

地质矿产信息研究成果(70)

矿产资源评价和矿业经济分析

方法与实践

主编 曹新元 张新安

中国地质矿产信息研究院

一九九七年四月

矿产资源评价和矿业经济分析

方法与实践

文世澍 王建兵 马 冰 马建明

尹丽文 付庆云 刘增洁 闫卫东

吴以良 吴初国 张 莓 张新安 编译

曹新元 穆炳涛(按姓氏笔画为序)

中国地质矿产信息研究院

一九九七年四月

目 录

代前言	王家枢 (1)
-----------	---------

一、矿产资源评价

1. 矿产资源评价-过去、现在的看法和对未来趋势的展望	
De Verle Harris 著 文世澂译	(1)
2. 未发现矿产资源三阶段定量评价的基本原理	
Donald A Singer 著 张 莓 译	(12)
3. 有一种测量矿床产出概率的方法吗?	
L.J.Drew 等著 吴初国 译	(23)
4. 矿产资源定量评价中未发现矿床的预测-委内瑞拉和波多黎各的实例	
Dennis P.cox 著 张 莓 译	(34)
5. 用寿命周期模型和经验模型评估美国石油潜在供应量	
D.Harris 等著 尹丽文 译	(43)

二、矿产品供需形势分析

6.21 世纪的化石燃料及其他能源资源	
P.H.Bourrelier 等著 刘增洁 译	(57)
7. 预测矿产品需求量的最新趋势跟踪模型	
G.C.Pan,D.P.Harris 著 尹丽文 译	(74)
8. 美国燃料月消费量预测的状态空间法和多变量回归法的对比	
Kyungcho Bae,D.Harris 著 吴以良 译	(84)

9.欠发达国家金属使用强度的典型分析

P.R.Lohani J.E.Tilton 著 马 冰 译 (100)

三、矿业经济

10.矿地产评估

L.C.Raymond 著 闫卫东 译 (110)

11.投资-价值模型：模型参数估算之原理和方法

Willia P.Blacutt 著 马 冰 译 (132)

12.实物资产的选择权评价

Jose Luis Mardones 著 吴以良 译 (144)

13.国际矿业税收问题与对比-加拿大的一种观点

Dale L Hall 等著 张新安 译 (158)

14.矿业财政制度的国际对比

K.Brewer 等著 王建兵 译 (173)

四、矿产资源核算与可持续发展

15.综合经济与环境卫星帐户

Carol Carson 著 马建明 译 (187)

16.国内生产总值的绿色修正

K.Hamilton 著 马建明 译 (204)

17.矿产资源核算：问题与美国经济分析局的初步评价

Carol Carson 著 曹新元 译 (219)

18.对“矿产资源核算：问题与美国经济分析局的初步评价”的评价与批评

Deverle Harris 和 Michael Rieber 著 曹新元 译 (259)

19.可持续生产和消费模式的挑战

G.H.布伦特兰著 张新安 译 (271)

20.可持续发展和矿产资源

Raymond F Mikesell 著 张新安 译 (275)

21.量度巴西矿产采掘业的可持续收入

C.Eduardo F.Young 等著 付庆云 译 (277)

五、矿产资源管理

22.21 世纪初公众对矿产资源的态度和政策

W.David Menzie 著 穆炳涛 译 (282)

23.矿业经济与环境

R.Poulin 等著 穆炳涛 译 (289)

24.非洲矿业投资-澳大利亚的一种观点

Dennis Oneill 著 王建兵 译 (296)

25.为石油工业设计最优化的管理政策

Timothy Ch U Kalu 著 刘增洁 译 (299)

26.市场经济条件下最优化回收政策的分析

Fidel Ezeal-Harrison 著 王建兵 译 (310)

27.发展中国家小规模采矿企业的改造和成功发展

Jeffrey Daridson 著 付庆云 译 (317)

28.美国矿产和采矿业的财务分析

L.Dheeriya 著 马 冰 译 (328)

代 前 言

当前，地矿部门处在建设新体制，开拓创新业的重要时期，作为部门重点发展的地质勘查和矿产开发业，正按照市场经济规律，向建立市场经济运行机制的方向发展，为了便于人们进一步了解国外在这方面的研究情况，地矿部信息院翻译出版了这本专辑，共包括 28 篇译文，是从国际上三种著名的学术刊物，即《自然资源论坛》(Natural Resources Forum)、《不可再生资源》(Nonrenewable Resources)和《资源政策》(Resources Policy)，1993-1996 年间刊登的众多论文中精选出来的。这些由权威学者撰写的文章基本上反映了当代世界上关于矿产资源评价、矿产品供需形势分析、矿业经济分析、矿产资源核算与可持续发展在理论、方法与实践方面的最新进展与成果。这里，我们特别提请读者注意双下几个问题：

1.关于矿产资源评价中的经济分析问题

传统的矿产资源评价，主要是利用地质学和概率学方法对现有地质资源进行分析推定，说明地下未知的矿产资源潜力或矿产资源财富的估计值。根据评价成果、制定地质矿产勘查计划和土地利用规划、规划地区经济发展和预测不同条件下矿产资源的可供性。以往的各种资源评价工作，不进行价值评估，自然不涉及经济分析问题，但随着社会发展和用户对资源信息的需求，如土地利用决策、生态管理和环境管理等需要，矿产资源评价的内涵在扩大，资源评价不仅要估算矿产储量，而且要估算其市场价值或社会价值。在已知资源供应量和未来需求的条件下，矿产资源的开发成本若高于预期的未来价格，评估的资源量便不具社会价值，如果评价的资源只有在目前生产矿山储量枯竭或未来需求增加时才变为经济可采的，那么，所评价的资源的社会价值要按时间贴现原则降低。因此，经济学将与地质学和概率学一道成为矿产资源评价的三个支柱性学科。关于矿产资源评价的这一重要方向和方法，西方国家如美国和加拿大，已经得到实际应用。

2.关于矿地产价值评估问题

我国修改后的矿产资源法已经颁布实施，矿权(探矿权和采矿权)有偿转让制度已形成国家法律。矿地产或矿产资源资产是矿权经济属性的具体表现，矿地产或矿

产资产价值评估则是实现矿权交易的重要基础和关键。从地质勘探程度上，存在着不同阶段的矿地产，从普查阶段、勘探阶段到开发阶段的矿地产，其所含的矿产资产(储量)的级别亦有很大差别，导致购置价值出现很大差异。影响矿地产价值评估的因素很多，其中有矿产品市场、财务市场、股票市场、矿地产市场和地质工程等。此外还包括外部宏观经济因素(利率和通货膨胀率等)及社会因素和立法因素。矿地产价值评估中，还包括不含探明储量的矿地产评估、含探明储量的矿地产评估和公司评估等不同层次，许多专家提出了不同的价值评估方法。由此可见，矿地产价值评估或矿产资产价值评估是十分复杂的，许多国家正在努力完善矿地产评估体系，以维护矿权交易双方的权益。在我国，有关这方面的工作还处于起步和推动阶段。因此，所提供的译文资料是有参考意义的。

3.关于将矿产资源价值核算纳入国民经济核算体系问题

矿产资源价值核算纳入国民经济核算体系问题自 80 年代中期以来引起各国政府、国际组织和有关专家的重视，并在资源核算理论和方法的研究方面取得重大进展。矿产资源核算，特别是价值量的核算，能够全面地、客观地反映一个国家或地区范围内的矿产资源潜力，可以为国民经济发展，为社会可持续发展的战略决策提供资源依据，并使人们易于全面而详细地认识资源状态和经济状态的相互关系，较准确地预测资源对社会中长期经济发展的保证程度。应注意的是，这里讲的矿产资源核算与前述的矿产资源评价在内涵上是有差别的：资源评价，是把未探明储量作为资产来评估，资源核算，目前只核算探明储量。通过用增量储量对资本投资、储量存量对资本存量、储量耗竭对资本折旧的类推法，将矿产储量价值及其耗竭纳入国民经济核算体系之中。美国是最早开展矿产资源核算的国家，从所翻译的材料中可以看出，对矿产资源核算如何纳入国民帐户，包括有关的理论和方法问题都是有争论，而且有激烈争论的，全面了解这方面的情况，对于建立我国矿产资源价值核算体系及又如何将其纳入国民经济核算体系会有裨益。

地矿部信息院对国外矿产资源评价和矿业经济分析理论、实践与方法进行了长期跟踪调研，并在研究过程中正逐渐形成适合我国国情的理论与方法。本专辑是对当今世界上矿产资源评价和矿业经济的理论评价系统调研，也是制定我国矿产资源政策的背景基础之一，希望能对我国开展有关工作有所裨益。需要说明的是，本专辑还存在不足与遗憾之处，特别是，由于参与翻译工作的同志较多，所涉及的专业面

也较宽，一些译文中难免有不甚贴切的地方，虽然编者尽量作了修改和统一处理，但肯定仍有不少不尽人如意的地方，恳请鉴谅，并希望各方面专家和领导不吝批评指正，对今后需进一步探究的问题提出宝贵建议，以期使我们今后的工作更见成效。

王 家 枢
一九九七年四月

矿产资源评价—过去、现在的 看法和对未来趋势的展望

(对资源评价方法及其未来演变的评述)

De Verle Harris

引 言

虽然矿产资源评价用语的详细定义在实践中可能是不同的，但一个通用的在当前及近期的未来评价中广泛采用的定义如下：矿产资源评价系用概率说明未知矿床社会财富的一个或更多个指数，这些矿床的存在及其特征是藉助地学、经济学和概率学对现有地质资料进行分析而推定的。因此，在理论上，矿产资源评价的三个支柱学科是：地学、经济学、概率学。

在历史上运用的评价方法有很大的差异。因此，一个矿产资源评价方面的学生或许会指出，许多被认为是评价的研究给出了某一资源描述项(如矿床个数)的概率评价，并且在评价中并不涉及经济学，因为这里根本没有价值评估问题。

这个假设的学生的思考是有目的提出的，它可作为一种工具来进一步说明评价的定义和经济学的作用。首先，在该定义中使用的是“财富指数”而不是“价值”，因为资源信息的用户是根据到底要使评价支持何种决策来确定什么应当是财富的衡量标准。如，如果决策仅需金属的估计值，则财富指标也将是金属量的估计值。可是，决策制定者要求，财富指标应该是市场价值或社会价值，而市场价值或社会价值均需要进行经济分析。其次，经济学始终是评价中应考虑的一个因素，甚至在评价结果是非价值的时候也是如此。

对于一个具体地区，一个地质学家对未发现矿床个数的估计受到他或她的经验的影响，而这种经验是关于已知矿床的经验，已知矿床是一个经济体。况且，支持评价的吨位-品位模型是建立在实际和经济两种数据基础之上的。用于建立吨位-品位模型的绝大多数资料或许并不存在，有意义的只有勘查的经济动力，而勘查活动的推动和设计是为了发现经济可采的矿产地。当然，由于地质资料的局限性，以及地学和勘查工艺的应用并非尽善尽美，某些非经济矿产地也在探查经济矿床中被发现了。

由于矿产资源评价方法随时间的发展已发生了相当大的变化，它们反映了对评价之三大支柱的不同侧重和用户对资源信息的不同需求。评价方法的某些变化，也因社会问题以及资源信息使用方式的变化而发生。对这些社会问题的性质和时限将在下节介绍(对动因与方法相互作用的分析)，它们可用于回答如下问题：

我们的现状如何？

我们是如何到今天这一步的？

未来如何？

让我们先探讨前面两个问题。

我们的现况如何?

决定因素

对这个问题的回答在一定程度上不同地区或国家不同，因为每个地区或国家，其政治经济体制、社会经济发展水平、矿产在国民经济中的作用和环境意识程度，均有一套不同的环境背景。

美国：混乱、冲突和矛盾

在美国，矿产资源评价问题正陷入一个混乱、冲突和矛盾的旋涡。一方面，目前我们受益于评价方法和评价辅助工具在多方面不断出现的许多改进，例如地质模型和矿床模型，以及地质学家在完成艰巨的评价工作中所使用的方法(图 1)。另一方面，科学家们在应当怎样进行和是否应当进行评价上存在巨大的分歧。

随着人口的增长和社会复杂程度的增强，社会决策越来越需要更多更有效的信息来支持，然而同时，也有许多会使评价偏离正轨的强烈意见，它们试图对评价方法提出质疑，或者对进行评价的地质学家们提出怀疑(图 1)，其中一些批评和提出的问题或不正确，或过分夸大，但其它一些也值得认真思考。此外，这种争论成了一部分地质学家的“避雷针”，他们虽来自不同专业但却普遍对利用地质学进行社会决策持反感态度，尤其是当地质学的应用涉及到其关于未知地质体的定量说明的时候。

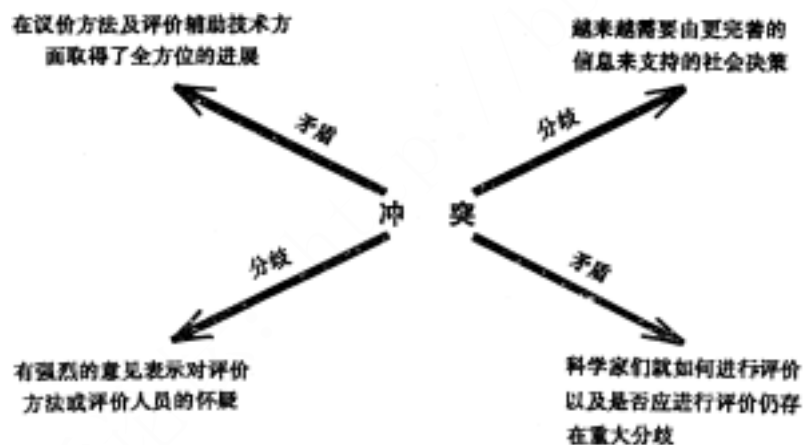


图 1 美国矿产资源评价的现状

专业与科学问题

在争论和论战中涉及如下基本的专业和科学问题：

地质学者应该估计未发现矿产资源吗？如果不能，应该谁来干？如果应该，应怎样做？评价应当仅是定性的吗？例如一个通常指示矿床存在有利条件的标志？或者应当是定量的吗？

如果要进行定量评价，应该怎样评价？应当使用专家评价法还是主观概率法？或者，应当利用客观的多元统计模型？

评价应当以过程分析为基础吗？或者，评价是否应该以与控制区的地质类比方法为基础？

应利用地质专家小组吗？如果利用，那么评价应以正式的还是以非正式的形式来组织？专家小组中不同专业的人员应如何搭配？

应该建立专家系统并用于评价吗？

本文的主要重点

本文不可能对上述问题中的任何一个做出哪怕是简短的评述，更不用说对这些问题的解决方法进行探讨了。本文的范围限于研究我们是如何进展到目前这一步的，并提出有关未来发展方向的建议。下一节评述矿产资源评价方法发展的历史过程，该总结还对在定义和改进评价方法上所付出的大量辛苦工作尝试做出较为全面的评论。根据需要，该评述有所取舍，主要力图说明能导致形成新理论或方法的突破性进展，即所谓的转折点；因此本文并不能说是一篇关于评价方法方面文献的全面总结。

评价方法的历史演变：我们是如何到今天这一步的？

方法演变的基本决定因素

现行的资源评价方法及实践反映了如下主要因素间复杂的相互作用的演变结果：

希望评价是客观的；

地学应用于潜在矿产资源的预测；

对未发现矿产资源的定量估计值，需要说明其不确定性；

变化着的社会-资源问题。

上述四个因素随时间相互作用的主要型式见图 2。

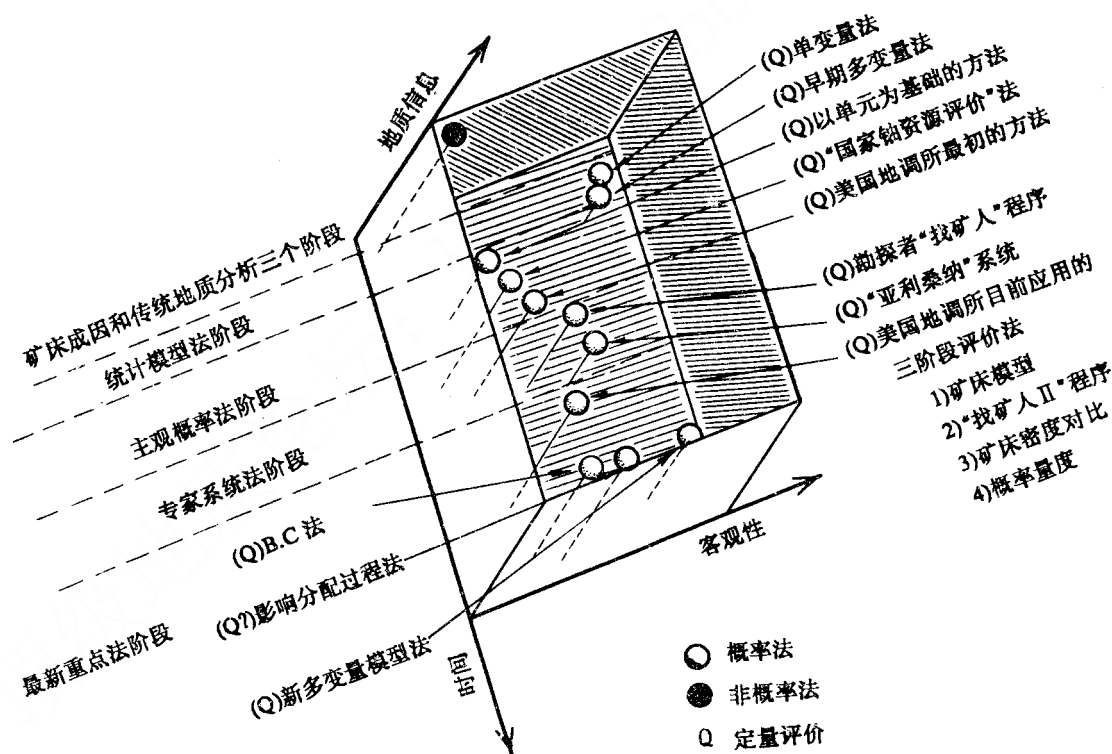


图 2 说明评价技术演变的示意图

图 2 的机制

座标轴 图 2 是说明矿产资源评价方法进展的一个高度简化的表示形式。这是一个箱式的表示方法，其三个轴是：时间(垂直轴)、分析的客观性(水平轴)、地质信息及分析水平(该轴投影超出页面)。

每种方法或应用均以带柄的圆表示。可得出概率结果的方法以空心圆表示。圆圈上的柄长表示评价方法以综合的地质信息和分析为基础，而柄短表示评价所依据的地质信息不足。没有柄意味着在分析中未利用地质信息。

评价方法的时间分期 该箱式图的纵轴由虚划分开，它表示如下主要的方法更新及发展阶段：矿床成因和传统地质分析法、统计模型法、主观概率法、专家系统法和最新重点。

这些方法将在下一节简单介绍(对动因与方法相互作用的分析)。

专门方法 在箱顶是勘查潜力矿床成因与传统地质分析法，以长柄实心圆符号表示。虽然这些资源评价的先驱者们具有广泛的地质知识，但他们得出的仅是矿产资源的定性评价结果。在图 2 的右侧表示 5 个阶段内专门方法及应用的信息，例如，一种应用的名称，像 NURE，和字母“Q”，它表示那些能得出定量(数字)结果的应用。

主要形式

随时间而波动-努力追求客观性与综合的地质分析 图 2 所示的第一个主要型式是那些随时间(从箱顶到箱底)的波动，它表示专门方法从定性地质应用到客观分析的转变。这个周期性反映了客观性与地质数据和分析的综合性之间的斗争，偏向于客观性一侧的周期通常伴有地质信息及其分析的削弱。然而这种削弱随时间逐渐弱化并在最后阶段消失，因而最新的方法都同时既是客观的，在地质上又是相当综合的，并且是定量分析。

评价的目的在变化 在贯穿整个图 2 所示的不同方法时代中所采用的方法，受到评价动机随时间显著变化的强烈影响。按由老至新的出现顺序，评价共有如下的动机：资源保障；区域勘查的经济可行性；资源有利性；用运筹学(OR)方法使勘查计划最优化；基础设施成本、效益分析；铀的潜在供给；土地撤让和土地利用；生态管理。

下一节扼要评述各不同的方法时期，并集中分析评价目的对各时期内评价方法演变的影响。

对动机(使用)和方法相互作用的分析

现代矿产资源评价的前驱是矿床成因论和经济地质学，在传统上它们用于评估假设的矿产储量，而且是未发现矿区的潜在储量。一系列专门的研究，如总统材料政策委员会(即佩利委员会)1952 年所进行的专门研究，定性地描述了国家矿产资源满足预期的需求之保障程度，尤其是那些关键或战略矿产的保障程度。矿产资源评价方法，正是起源于希望以定量估计取代定性描述。这属于评价方法的第一个阶段，即起源：矿床成因和传统地质分析阶段，以下即进入第 2 个阶段，即统计模型法时代。

区域勘查的经济可行性 诺贝尔奖获得者 Maurice Allais 1957 年的工作，是资源评价研究的一个新纪元，是较早的一篇关于资源评价的文献。他最早将泊松模型和对数正态数学模型分别运用于矿区个数分布和矿区价值分布研究，而成为著名的资源评价专家。

显然，Allais 工作的动机是，希望能够定量描述具明确风险的勘查工作的经济行为。为实现这个目标，需采用概率模型，建立简单的勘查模型并采用经济价值评估方法。这与矿产资源和潜在勘查成果的传统定性描述相比，发生了巨大变化。

资源有利性 继 Allais 的开拓性工作之后，相当多的学者又发表了大量关于矿山、矿区和矿化点个数统计分布的数学模型研究的论文。然而，由于地质学家感兴趣的是矿产地的地质条件，他们很快着手研究多元统计模型，并将其作为将定量的地质信息与各资源描述指标联系起来的方式。这些研究的动机是，希望能够用客观估计的概率或资源描述指标来描述资源形成的有利性。

使用运筹学方法使勘查计划最优化 Allais(1957)指出，矿产勘查是“一种典型的可使用运筹学方法，风险经济理论以及博弈学方法的领域”，该评述在那时受到重视，这可从早期的矿产

勘查运筹学(OR)模型中表现出来。这些 OR 模型包括矿床产出的概率模型(如,负二项分布和泊松分布)和搜索算法(如网格钻探和搜索理论)。

小结 该时代,即统计模型阶段,是地质学家学习统计方法的时期。特别是,地质学家领悟到,存在着客观的(数学的)方法,可以用于估计各资源描述指标的概率。当熟悉这些方法之后,由于剥去了其神秘性,地质学家自然而然地在模型运用及其所得结果的有用性方面变得更加挑剔。地质学者得出的基本结论是,尽管结果是严格导出的,然而因为模型缺乏地学依据,所以这些结果在地质上几乎一点价值也没有。

由此,开始往第三阶段发展,即主观概率时代。

对专家判断的需要 经济地质学方面的专家对早期地质统计模型在地质上过分简化并且缺乏灵活性大加指责。然而,主观概率方法的采用主要是为了适应一种新的现象,即需要矿产资源信息来支持实时的社会决策和政策评价。一般地讲,对这些要求做出反应,给你的时间是相当短(最多数月),因此,作出反应的唯一可行的方式是利用地质专家的判断。由于这个判断是关于未发现矿床产出的,所以有较大的不确定性。为了记录这种不确定性,需要用主观概率表示资源描述指标的可能的未知状态。

基础设施成本、效益分析 基础设施建设投资主要是以社会成本和效益的综合比较为基础的。如果在建基础设施将跨越赋存有潜在矿产资源的地区,那么在社会成本和效益的综合分析中必须考虑资源潜力的地理方面。这是因为,潜在矿产资源及其开采成本都常常在广阔地区内发生较大变化。因此,加拿大政府在选择途经不列颠哥伦比亚省和西北地区的基础设施线路时进行的综合经济分析中,几种矿床类型的矿床个数及其吨位-品位的以单元为基础的(方格为基础)概率描述成为参加分析的一项重要输入信息。随后,由福特基金会资助的墨西哥北索诺拉的基础设施研究中,用远景区带代替方格。

铀的供应潜力 欧佩克在 70 年代的行动导致对国内铀资源发生极大关注。相应地,在资源评价的主观概率时代,出现了 NURE(国家铀资源评价)方法的发展,这个方法被设计成能用来评价铀禀赋,而不是以现时价格计的可发现资源,然后把这种对禀赋的估计当做输入信息用于以期贷价格进行的资源经济分析中。所以,该方法的设计包括比资源评估者们熟悉的规模更小品位更低的矿床。这个使研究复杂化的做法是需要的,因为政策的制定者需要估计当未来价格高达为现时价格的 3 倍时铀的供应潜力。

“国家铀资源评价”的教训包括:当评价在价格非常高的条件下进行以支持对潜在供应量的估计时,会产生更多的复杂性;需要培训评估人员;某些地质学家考虑研究地质条件以支持评价,而同样这些地质学家不愿意进行评价工作本身的研究;不合作的地质学家可能推翻评价方法。

土地撤让与评价方法 一项最终对评价方法产生巨大影响的倡议是,美国国会责令美国地调所评价阿拉斯加的矿产资源,以帮助国会制定有关土地撤让的决策。美国地调所的阿拉斯加评价项目标志着评价方法中一个重要手段的诞生:矿床吨位-品位模型的使用以支持评价。这项计划及以后进行的工作最终使美国地调所整理出了一揽子的矿床模型,这一揽子的矿床模型支持着其正在使用的“三阶段评价法”。这些模型的运用反映出如下原则:一名地质学家,若未考虑矿床数所代表的吨位和品位分布,就不可能对矿床数量得出有意义的估计值。

人类判别不确定事件能力的信心受到挑战 主观概率法的早期应用反映出一种自信,认为人类的行为可以象一名直观统计员一样。由此,人类可以成为大自然不偏不倚的观察者,而且人类对一个事件轻而易举的召唤与该事件自然发生的相对频率相合拍。人类可以象直观统计员一样行事的信念最初受到 Tverssky 等(1974)的质疑,他们指出,人类判定不确定事件采用的是

直观推断,而这些推断不可避免地带有偏见。几乎同时,Sachman(1974)向传统的特尔菲主观概率评价表的适用性提出疑问,他的理由是心理因素在其中有影响,例如从众的本能。此外,Harris和Carrigan(1981)指出,在某种情况下,地质学家有意地对未发现矿产资源给出保守的估计。历史表明,随后的研究会缓解这些早期研究成果的作用,但其直接反应为:调整主观概率法以排除偏见及障碍;研究其它方法如专家系统和客观(数学)方法。由此,评价方法步入了专家系统时代。

动机 设计有关矿产资源评价专家系统的两个主要尝试是:由美国地质调查所支持的“找矿人”系统和由美国能源部支持的亚利桑那州评价系统(AAS)。两个尝试均是由一个借助计算机系统解决定量地质分析的共识推动的。除此共性而外,它们的动机和系统有很明显的区别。

亚利桑那评价系统 亚利桑那评价系统(AAS)开始是作为定期的国家铀资源评价计划(NURE)的补充而立项的,用以支持铀潜在的供应量估计。除上述的共同动机外,推动AAS发展的动机是希望减少主观评价中直观推断的偏差和避重就轻的现象,并希望把地质学家从经常做主观推论中解放出来。该系统的设计或能符合地质学家的逻辑结构,以致在校正后,地质学家能够通过回答由AAS提出的关于重要地质变量特定状态概率的问题来评价某地区的铀矿禀赋。AAS接受地质学家的输入信息后,可以计算 U_3O_8 的概率分布。

“找矿人”系统 “找矿人”系统是由MYCIN系统发展起来的,而MYCIN为一个早期的医疗诊断系统。“找矿人”系统使用了专门设计的计算机软硬件,以帮助建立复杂的以定律为基础的逻辑关系。据此,建立了很复杂的使地质证据与矿床存在相联系的模型,例如斑岩铜矿床或黑矿型块状硫化物矿床模型。“找矿人”模型虽在对某些方面很优秀和有用,但对实际矿产资源评价几乎没有帮助。

教训 从专家系统创议中得到的有价值的教训是,专家系统在评价中是有用的,但是以矿产资源评价为目的的设计、建立和校正较为困难,而且需要大量的精力和财力。因此,围绕着专家系统研制学院式评价程序的努力由于联邦资助的减少而停止了,而NURE的终结是导致联邦资助下降的原因。由此,第4阶段告终,进入第5阶段,即最新重点时代。

土地利用决策 目前美国进行的绝大多数矿产资源评价是为了帮助制定土地利用决策。显然,这种评价的动机与供应潜力的评价有很大区别:评价区面积较小,资源的地理位置很重要,可用于评价的时间通常很有限,以及仅以现行价格评价资源。在这些情况下,不需要评价矿产禀赋,可以使用已发现矿床的吨位和品位数据。这些情况造成的一个后果是,美国地调所利用其三阶段评价法和有经验的地质学家的判断完成了绝大多数的土地利用评价。

重要的最近研究或示范项目 可能对未来评价水平的提高作出贡献的最新研究或示范项目已在如下领域展开:评价辅助手段,矿床类型和评价区;统计处理和图形识别;矿化的空间范围;评价培训;地学家团队的电脑智能和影响分配过程;特征样品(IS)外推法以评估矿化岩石的体积和考虑明确的勘查信息;综合环境和矿产资源评价。该清单中的命题重叠较少。以下几节将对每个命题简要评述。

辅助手段,矿床类型和评价面积 本文的主题之一是为社会决策提出的主观概率应尽可能地近似于客观概率。这类概率只有在对它们的估计受到实际赋存矿床的信息的限制与支持,并且评价人员接受的是古典概率理论和评价方法的训练时才不同于可信度概率。因此,辅助手段对改进未来评价很重要。已成为或正在研制的重要辅助手段包括:补充(修订的、新的)的矿床模型;美国地调所的“找矿人”系统和矿床数值模型;空间密度和概率量度研究;勘查数据库。

评价的基本任务之一是确定赋予评价区的矿床类型。如果该地区尚未勘查,则必须根据

地质体和环境确定矿床类型。这项任务的难度由于地质矿床模型的建立而大大降低了。这些模型经过修订和扩展，成为很重要的评价辅助工具。

通常，矿床类型的确定是主观的。但是，“找矿人”系统作为一种类型的专家系统，可以用来确定或者帮助地质学家确定矿床类型。McCamncon(1994)指出：

在“找矿人”系统中，地质学家输入某一地区发现的信息，选择矿床模型或矿床样本以供研究，该程序对输入的发现信息和选定的模型或实例进行比较，最后提示出相似之处和不同之处以及尚缺乏的信息。这些结果为地质学家提供对一个地区地质情况允许存在的那些矿床类型进行鉴别的基本原则。

统计处理和图形识别 地质矿床模型现在是将来仍将是评价方法的一个很重要的组成部分。然而，当时间、数据和资源允许时，它可由统计处理和图形识别加以补充以鉴别异常区。如此分析对于地质学家随后估计矿床数和确认异常区是否存在可能是有益处的，这些异常区或许指示着通过最初对岩层出露区和地质环境的鉴别未能给以预先考虑的矿床类型。在过去的20年中，大量极富潜力的方法问世。其中有证据模拟加权法；特征样品法，如成因理论、信息合成和分对数概率分析的使用；用典型相关进行的有利性分析；异常分析；空间因子分析；多变量与区域化变量法的综合方法。显然，这些方法的使用可以通过与地理信息系统和图象处理系统的联合使用而大为简便又得到强化。

矿化的空间范围 最重要也最困难的评价工作之一是在观测到的地质条件与矿床个数之间建立起关系。尤其困难的是说明成矿的空间范围。无论矿床个数的估计是由客观(多元地质统计)模型还是由资深地质学家的主观概率来完成，有关已充分勘探的地区的地质资料经过详尽分析后是十分有助于这类估计的，例如 Bliss 等(1992)所研究的矿床密度。Drew 和 Menzie(1993)最近有关概率量度和亲缘矿床的研究描述了一种对评价可能大有辅助作用的方法。特别是，他们分析了矿床密度与诸如侵入杂岩体规模的重要地质决定因素之间的关系，以及矿床类型相互间的及其与基本地质决定因素间的空间关系，显然，这些研究对于矿床类型的确定和资源描述项的评价都是很有价值的。

评价培训 对主观概率文献的全面评述表明，当事件简单并且有关以概率描述的事件有信息反馈时，专家可能是良好的客观概率评估者。虽然这类反馈对于某些应用是可能的，但对于矿产资源评价来说是不实用的，这仅仅是因为需要许多年勘查结果才能提供有关反馈信息。但是，经验表明，对斑岩铜矿床来讲，经济地质学家能够可靠地估计矿床存在的概率。虽然该结果本身自然是重要的，然而它还有另外的益处，因为它指出了一个完善主观概率的方法：利用已知资源区，在方法上培训评估人员并由模拟反馈来改进概率评价。

地学家团队的电脑智能与影响分配过程 最新的决策技术在改进以专家们的知识和判断为基础的团队决策的功效率和可靠性方面具有巨大潜力，在决策需要汇集各种信息和多学科专业技能时更是如此。这一技术是利用电脑智能(EB)和影响分配过程(IAP)；它需配备独立计算机终端网络，这样每个学者就可不具名地通过他或她的终端交流学术思想、数据和判断。这会通过促进信息和学术思想的无障碍交流而有助于提高可供所有参与者使用的团体知识水平。影响分配指的是如此网络系统提供的由某个学者向他认为对于某个特定问题有更深入研究的另一位学者传达他们对该问题的学术思考的能力。EB 和 IAP 的最大贡献是，当所研究的对象相当复杂时，它能够被分解成几个重要的主要部分，因而对它们的判别在后来又可适当地再组合起来。当事实如此时，电脑智能会根据所研究对象的各组成部分的状态以及它们与该对象整体的关系而运行。然后，电脑智能的成果成为输入随后的影响分配处理的资料。EB 和 IAP 可能使不同学科的专家们为了同一个目的共享他们各自的专业知识，并且可使他们各自所指的意見结合起来以

取得最佳效果。

扩充的本征样品法 直到最近，与地质专家的主观评价相比，客观评价一直被先验地认为缺乏地质意义。现在该种情况已不再属实，原因是客观方法经最近的发展已大量增加了客观评价的地质内容。一种有用的方法是所谓的本征样品(IS)理论。IS 理论和方法的发展和使用的目的是，圈定被称为 IS 的样品单元，它们是这样一些区域，即其中地质条件被评价为与某一特定矿床类型成因的地质条件相一致。在 Harris 和 Pan(1991)所完成的实例研究中，这些 IS 单元是为浅成热液金-银矿床而设计的。这次实例研究检查了能把内在样品的地质条件与矿床个数联系起来的各种模型。近来 IS 方法扩展到对用由浅成热液过程生成的矿化岩石体积所做的无偏见估计。

综合环境和矿产资源评价 生态管理强调，需要把矿产资源评价扩展到一般的矿产品或能源产品之外，以包括全部地球资源，这样以减轻由潜在的资源开发而造成的环境破坏。特别是，当某些岩性地层单位偶然与某种矿产资源有地理上和地形上的关系时，它会减少若开发该资源而产生的污染物。例如，当碳酸盐岩区处于金属矿床的下游时，它可能与金属矿床产生的某些化合物完成化学结合，而使本会形成河流或地下水污染物的化合物沉淀下来。显然，这样的岩性地层单元的存在是该区域矿产资源评价的一个重要因素。在科罗拉多州，已完成了这么一项综合环境和矿产资源评价的示范工程。这标志着未来矿产资源评价的一个重要方向，这样的评价有助于土地利用决策和生态管理。

未来用户的需要

展望

未来用户的需要将根据国家或地区的社会经济条件和问题而变。虽然用户的需要可能由于面临同类问题而有所趋同，例如保护环境，但趋同的速度是很慢的。

发展中国家或地区的评价

对于发展中地区，现在和将来的矿产资源评价都会在一段时间里继续与促进投资和经济发展紧密相连。在这些情况下，评价将是理想的矿产政策分析和制定的基础，并可以圈定有利的资源区块以吸引勘查和开发投资。

具有强烈环境意识的高度发达国家

概况 在具有强烈环境意识的高度发达的国家里，矿产资源评价的要求在现在和将来都会取决于政府在土地利用决策与生态管理中的作用。

美国 为美国公共土地管理而进行的矿产资源评价是为了支持生态管理的需要。何为这些需要是极其不确定的，原因是关于政府机构实施新的生态管理措施的方式方法尚缺乏明确界定。况且，此时还不知道共和党领导的国会和参议院会在生态管理措施方面作出什么样的变动。由于措施的影响广、复杂且难以认识，所以它与科学管理相反，常使自身陷入政治化的境地。如果生态管理政治化了，那么何为评价或者如何评价将变得无足轻重。

然而，科学的生态管理也许会对所有自然资源如矿产、森林、生物和环境资源的评价寄予厚望。而且，为了与管理目标相符合，并促进评价各种利用方式和经济活动所带来的社会效益和成本，价值尺度必须是评价应采用的。现今完成的评价(矿产、森林、生物、环境)无一能满足这样的需要。

对于未来的展望—十项建议

建议 1

在美国，为了支持土地利用决策或科学的生态管理，采用一个更为贴切的价值尺度即社会价值是早晚的事，或许很快。社会价值，若要确定得恰当，就应在矿产资源评价的基础上对经济活动的预期时限加以考虑。

在给定已知资源的供给量和未来需求量的条件下，一处矿产资源的开发成本若高于预期未来价格，那么评估的资源数量便不具社会价值。此外，如果评价的资源的开采必须推迟到目前生产矿床耗竭或者未来需求增加以使其变为经济可采矿床之后，那么该评价资源的社会价值要按时间贴现原则降低。

建议 2

由于以地质为基础的对潜在资源的概率描述是其社会价值中唯一一个极其重要的因素，因而对社会价值的评估将会要求团队的和系统的方法。评价社会价值将需要如下之一：(1)扩充现行的方法，如美国地质调查所三阶段法(当前，美国地调所正在扩充其三阶段评价方法以估计近似的社会价值)，或(2)建立一种专为评价社会价值设计的新方法，它既要包含地质方面，而且还借用市场的观念。

建议 3

评价为社会决策而进行；因此，所采用的评价方法应当根据情况尽可能地严格并具客观性。由一名地质学家完成非正式无组织的简易评价的时代应当一去不复返，理由是，这样的评价不可能在所涉及的社会决策方面有所建树，也不会顾及社会对于保证决策的可靠性和降低其偏见的要求。

建议 4

已经或正在证明客观方法可以对于某些类型矿床进行地质上可靠的矿产资源定量评价。用纯“客观”方法固定资源区和估计资源量，需要大量的地质数据及时间；因此，这样的评价是有选择进行的。多数用于支持土地利用决策或生态管理的评价，可根据需要，由专家判断法来完成。

建议 5

未来的定量评价，无论是客观的还是主观的，都会充分利用地理信息系统、统计处理和图形分析来支持评价工作。

建议 6

以地学专家的判断为基础的评价将建立在对过程类型的思考、经验和地质类比的综合研究的基础上。虽然过程分析与地球科学十分兼容，并且是一个有用的科学推理范例，但对于评价来说，单单是过程分析不能充当一种基本的独立方法来使用，原因是：(1)科学知识不足；(2)地质信息缺乏；(3)需要的数据很多，时间很长。

建议 7

如果在一个命题中把主观概率不太严格地定义为可信度，那么在进行关于土地利用或生态管理的社会决策时主观概率作为其基础在理论上是不妥当的。为了赢得社会对矿产资源或者任何其他事物的信任，主观概率应尽可能地逼近“客观概率”。

主观概率作为客观概率的近似值排除了随意的估计。相反，评价人员应是其领域的专家，

具有关于概率的知识，并且能通过与有明确的地质和资源信息的地区进行适当的类比得到有益的帮助。

建议 8

服务于社会决策的主观评价应以若干专家为基础，他们把各自相关的专业知识(经济地质、地球物理等)用于一项评价项目，而所用的方法应确保可使不同的多学科专业知识能有机地结合起来。

建议 9

为取得完善的和更加可靠的评估，应研究和更多地使用类比区并且以有助于评估未勘查资源区的格式编制地质和矿产资源信息。这些信息包括远景区、矿区和矿化点；勘查信息；矿床密度；地质矿床模型；矿床吨位及品位数据。

建议 10

将来，对于一项非常特殊的评价任务，将会采用小型的、定制的、实时的正式参考系统，它们可以单独地使用，也可以作为一个较大系统的一部分使用。这些系统将用于以下方面：建立并支持地球科学专家们在推导近似于客观概率的主观概率过程中所使用的方法；帮助对比区与评价区的比较分析，这是由定制各系统的组成部分以及仅研究两个地区的地质差异实现的；帮助总结和分解由彼此不同的地学专家作出的判断。

为社会决策进行评价的一项基本原则

一个评价计划的结构设计及其方法的特点总是考虑如下因素来确定的：最终用户，特别是决策问题及决策产物；地学现状；可得的地学数据；预算、时间和可得资源。

这些因素相互间及其与其它因素间的作用见图 3。想要说明的主要思想是，图中所示的评价要素或直接，或者间接地发生关系。例如，注意图中黑粗线连接成一个不规则四边形，各角的内容如下：评价方法(右上角)；决策产物(右下角)；决策问题或特点(左下角)；吨位及品位模型(左上角)；

该黑粗线说明这四个主要因素之间高度的相互依赖关系。也应注意，由评价方法向右引至预算的一条线段，并且预算和决策问题经常是由外部条件决定的。显然，预算和决策问题在为社会决策制定服务的任何方法的设计中都是极其重要的考虑因素。这些因素由外部条件决定，这一事实在某种程度上说明，一个最优化的评价方法是以这些限制因素为条件的。

当评价为支持社会决策而进行时，采用的评价方法必须与完成这些决策所需的信息相一致。因此，纵观整个时间或社会经济制度，评价方法正如他们应当的那样，随着这些环境的变化而不断变化。例如，国家铀资源评价方法与目前美国地调所使用的三阶段评价法之间有显著差异，其部分原因是，需要 NURE 系统估计高价格是现行价格的 3 倍时的潜在供应量，而目前美国地调所的评价是近期或当前价格条件下进行的，用于土地利用决策的。这些不同的决策造就了很不相同的评价辅助方法，例如吨位和品位的分布。此外，评价任务会相当于决策问题和评价辅助方法而有显著变化。

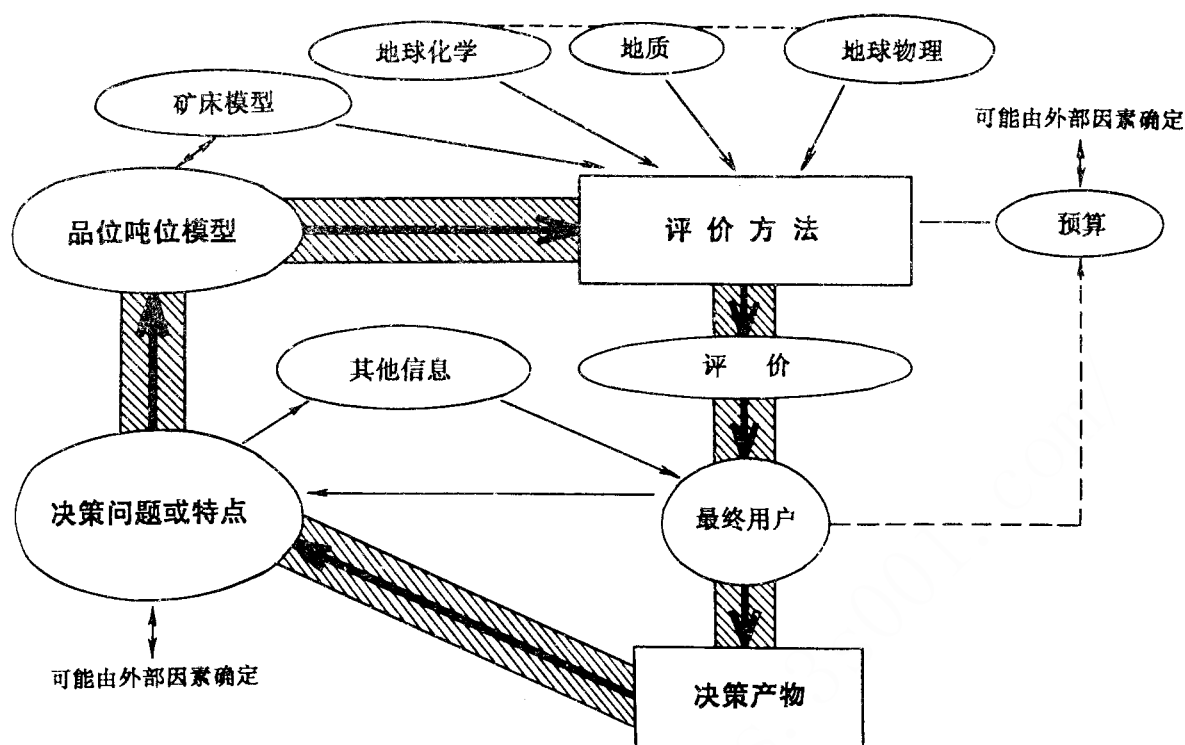


图 3 为社会决策进行的矿产资源评价：基本的内在关系

结 论

未来的矿产资源评价肯定会不同于过去，因为社会问题在变化，科学认识及地学信息也在不断增加。社会的复杂性在增加，当然矿产资源使用的社会问题的复杂性也会增加；所以，未来的事业将会更加需要有不同专长的地质学家、经济学家、数学家和计算机专家之间的通力合作。矿产资源评价工作者虽正面临挑战，但其未来应该是令人振奋和充满希望的。

未发现矿产资源三阶段定量评价的基本原理

Donald A.Singer

自 1975 年以来,我们利用所谓的三阶段定量评价的方法,对总面积为 500 万平方公里的 27 个区域进行了不同比例尺的矿产资源评价。在这些评估中,(1)据地质条件允许产出的矿床典型圈定远景区,(2)用品位-吨位模型预测金属量和某些矿石特征,(3)预测未发现的各类型矿床的个数。

对一种或几种类型矿床，划出允许其产出的边界线，以便使一个矿床在该边界线之外的概率可以忽略不计，即概率小于 $1/10$ 万到 $1/100$ 万。

将矿床数目估计个数与品位-吨位模型相结合,是把地质学家的资源评价转变成可供经济学家使用的语言的基本方式。

矿床个数的估计值清楚地表示了在划定的区域内某些确定的但个数未知的未发现矿床产出的概率(或可信度)。矿床个数估计是按矿床类型进行的,并且必须与品位-吨位模型相吻合。对于这些估计的其它准则包括(1)已充分勘查区域矿床的产出频率,(2)局部的矿床外推,(3)对异常区和矿化点计数且指定概率,(4)成矿作用过程限制因素,(5)伴生矿床类型的相应频率,(6)区域的空间限制。在大多数情况下,估计数往往是主观的,如同气象学、赌博以及地质解译一样。

在三阶段评价中,估计数在本质上是吻合的,因为圈定的区域与描述性模型相吻合,品位-吨位模型不仅与区域内已知矿床吻合,而且与描述性模型相吻合,矿床个数的估计值也与品位吨位模型相吻合。所有可得的信息均运用于评价中,并且所有的不确定性均清楚地表示出来。

引 言

矿产资源定量评价的目的是,预测某地区不同情况下矿产的潜力。利用资源评价,我们可以设计勘探计划,考虑不同的土地利用方案,规划经济发展以及预测不同条件下矿产的可得性。一般地讲,问题的重点是预测未发现矿床。因为矿床是未发现的,所以不确定性是该问题的一个有机组成部分。

第一篇卓有成效研究该问题的文献是 M.Allais(1957)所著的关于阿尔及利亚撒哈拉矿产勘探潜在收益的文章。近来已出版了许多有关的文章,它们利用了各种各样的矿产资源定量评价方法,采用了不同的形式。

本文我介绍了一种形式的非燃料矿产品矿产资源定量评价,它几经改进,并在 27 次以上的不同评价中得到使用。本文目的是打算为读者提供一些构成该类型评价基础的基本原理,而这些原理在其它形式的定量评价中或许是有用处的。

美国地质调查所自 1975 年以来就一直应用现在所谓的三阶段定量评价方法。这种方法最初的目的是提供以一种形式上与经济分析相吻合的形式的定量资源信息,以便使矿产资源的价值可与其他竞争性土地利用的价值相比较。这种评价形式在早期用于解决阿拉斯加土地分类问题,后来,增加了通过模拟与概率评价相结合的能力。

利用三阶段定量评价,已评价了多种比例尺的约 500 万平方公里的范围,涉及美国北部、中部和南部不同地质环境和不同研究程度的区域。在三阶段评价中(图 1), (1)按地质条件允许产出的矿床类型圈定远景区, (2)利用品位-吨位模型预测金属量和某些矿石特性, (3)预测各类型的未发现矿床个数。有一张地质图是必要的,并且最好能有矿化点地球物理、勘查以及地球化学方面的资料,来圈定许可不同类型矿床赋存的区域(图 2),这些资源必须同有关产在各种地质环境中的矿床类型的资源相结合。

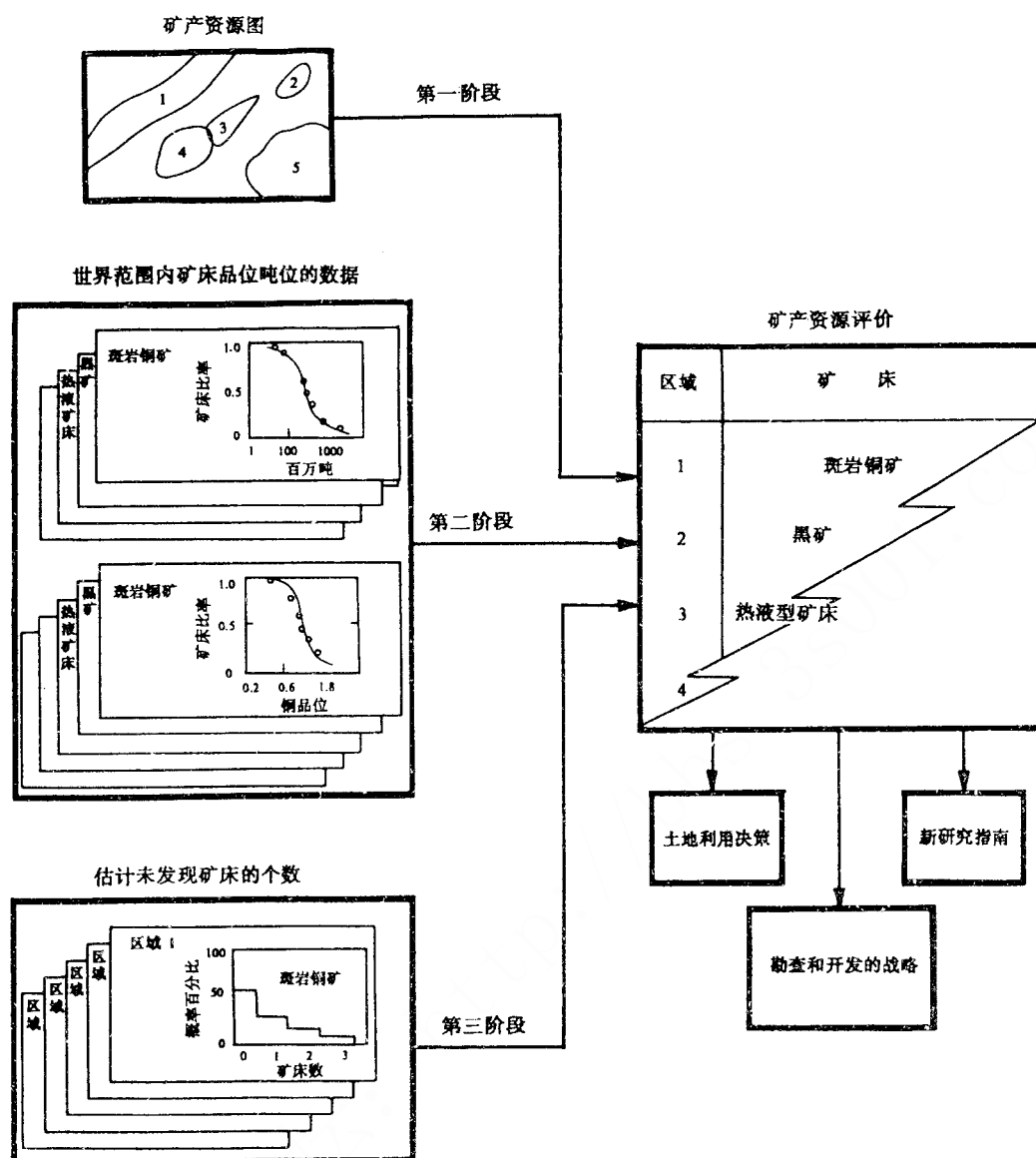


图 1 三阶段定量矿产资源评价流程图

矿床品位-吨位模型在资源定量评价和勘探规划中是有用的。掌握关于不同类型矿床潜在价值的观点，对于价值的某些想法和完善的勘探规划是很关键的。Sangster(1986)指出，品位-吨位模型，当与矿床个数估计值相结合时，是把地质学家关于资源评价的语言翻译成能使经济学家理解的语言的罗塞塔石(1799 年在埃及罗塞塔发现的碑石，用象形文字，古埃及俗体文和希腊经三种文字写成，由此可解释古埃及象形文字，这里隐喻深奥的辞典-编者注)。在三阶段评价中，以前建立的品位-吨位模型一般可以利用，除非当地矿床与总体有显著的差异。

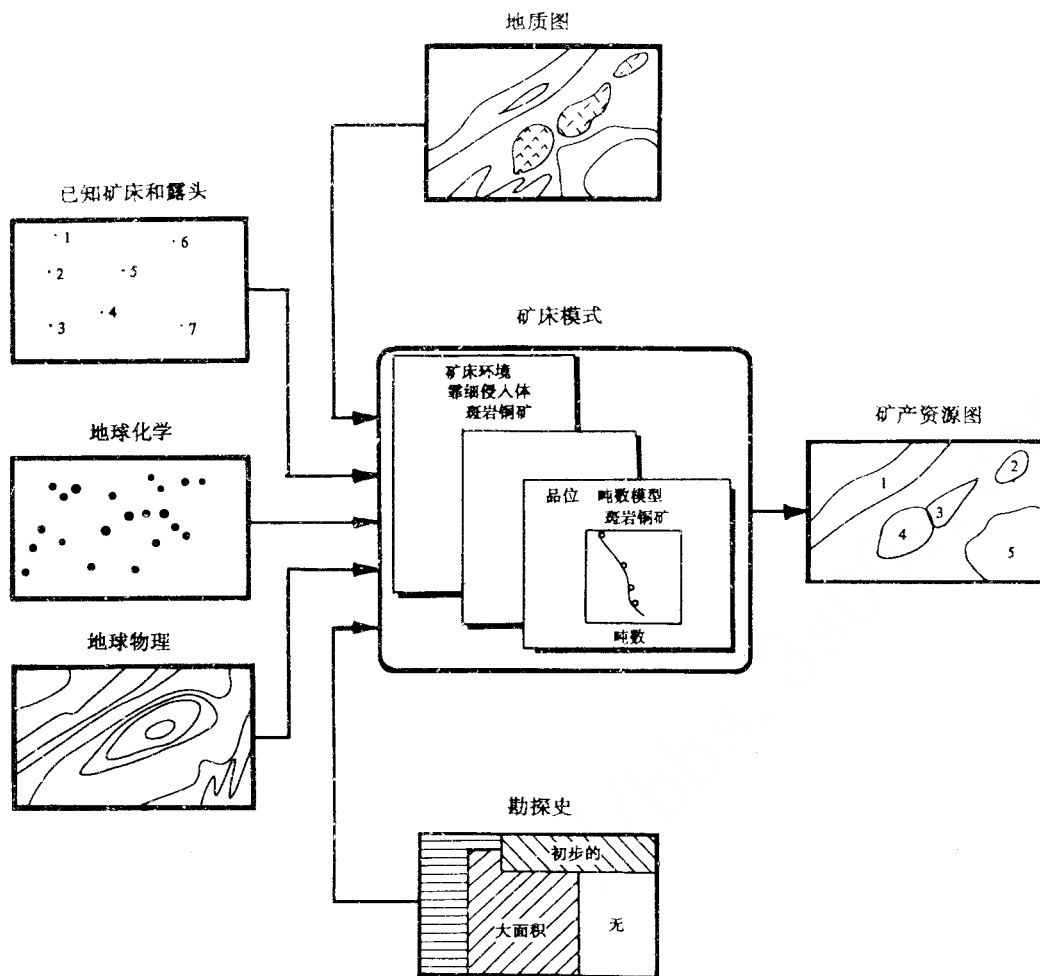


图2 矿产资源评价中综合运用各种信息的矿床模型的示意图

未发现矿床个数的估计以概率形式表示，以便阐明与该估计有关的不确定性。进行这些估计要着重考虑未发现矿床个数的估计个数与品位-吨位模型之间的关系：为使评价符合实际，两者必须吻合。

矿床模型类似于粘合剂，它将有关地质学、矿产地、地球化学和地球物理等各方面的信息结合起来运用于矿产勘查和资源评价中(图2)。矿床模型的质量直接关系到制定勘探计划和完成更加理想的资源评价的能力。在以下章节中，我将讨论在三阶段评价及矿床模型中应用的一些重要概念。

矿床模型

大多数已发表的关于三阶段评价的文献，主要依靠两类模型—描述性模型和品位-吨位模型。最近有些学者利用了表示单位面积矿床个数的第三种模型。建立一种矿床模型的最重要部分或许是计划阶段，在该阶段对模型目的和可能用途的考虑决定该模型的特征。理想情况下，矿床模型提供必要且充分的信息以区分无矿环境和可能的矿化环境，区分各种已知矿床类型以及区分矿化点和矿床。在 D.A.Singer 等(1988)的三阶段评价中，矿床模型在第一阶段即圈定远

景区域用来对矿化和无矿环境进行区分并对已知矿床的类型进行分类，而在第三阶段即矿床个数估计中用来将矿床与矿化点区分开。为了完成这些工作，需要使用有关所考虑地区的各种各样的地学信息(图 2)。

使这些各种信息结合起来的键是矿床模型。经充分论证的矿床模型允许地质学家把矿床类型与地质环境联系起来。矿床是一个具备足够规模和品位的矿化点，在最有利的情况下，它或许能成为经济可用的资源。这就是三阶段评价中靶区总数。因为每个矿床都或多或少地有别于其它矿床，所以模型必须超越纯粹描述性单个矿床范围而要代表更多的矿床。具有共同变化和特征的矿床群可以称做一个“类型”，进而代表该类型的一种模型便可建立起来。

描述性模型有两部分。第一部分描述已发现矿床所赋存的地质环境；第二部分描述这些矿床的识别特征。第一部分在圈定远景区过程中起主要作用，因为它所描述的是该矿床类型的综合地质背景。第二部分则有助于将已知矿床和矿化点按类型分类，这有利于远景区的圈定。在某些情况中，没在地质图上表明的地质环境，要凭借已知矿床及矿化点的类型来识别。矿床模型的编制构成了矿床的一种分类。通过集中研究最易从地质图上判读的特征、围岩岩石学和构造背景，这种分类安排使得模型的使用简便易行。

品位-吨位模型的形式是各个类型的已充分勘查矿床所显示的吨位和平均品位的频率分布。它们作为模型用于估计地质背景类似条件下的同类型未发现矿床的品位和吨位。尽管这种类型的模型至今已发展了 15 年，但最近发表的 69 个品位-吨位模型是集可用于资源评价的模型之大成。这些模型以累积频率图和统计图的形式来表示。根据数据的中值和标准方差绘制出最佳拟合的对数正态曲线。就各个矿床类型来说，这些模型有助于确定有别于矿化点或弱成矿作用的矿床。

品位-吨位模型的建立涉及多重步骤，其第一步是识别出一组已充分勘查过的矿床，这组矿床应属于准备为之建模的矿床类型。通常也要准备一种描述性模型，该类中各个矿床的特征可与该描述性模型进行比较，以确定所有矿床属同一矿床类型。采集各个矿床的数据包括，可能具有经济价值的每种金属或矿产品的平均品位，以及根据总产量、储量和可能最低边际品位上的资源量得出的相应的吨位。对吨位的所有进一步的参考使用都遵从这个定义。这些数据代表对每个已知矿床禀赋的估算。最后确定的模型代表着所有未发现矿床的赋存条件。发表的品位-吨位模型的统计数字表明，绝大多数模式其吨位均具对数正态分布。此外，主要矿产品的吨位和品位之间的显著相关关系并不常见(表 1)。在某些模拟模型的构成中，需要诸如有关频率分布和相关关系的信息。

实际上，以相同边际品位研究同类型不同矿床的品位和吨位几乎是见不到的。事实上，边际品位的信息很少有报道。在采集资料阶段考虑的第二个问题是采样单元应如何取。品位和吨位适用于矿区、矿床、矿山和矿井的各种变化范围。在许多情况下，某些矿床保存有过去的生产数据，某些矿床有最新的资源量估计值。在构建品位-吨位模型时最常见的错误是把某些矿床过去的生产数据与其它矿床的资源数据混淆在一起。在品位-吨位模型中所使用的全部数据代表相同的采样单元是至关重要的。矿床和矿区的数据相混淆，或过去的生产数据与最新的资源量估计值相混淆，经常产生双峰的或至少是非对数正态的分布，并且可能把相关关系引入到该混合采样单元的人为变量中。用混合采样单元的数据构建的模型会产生有疑问的估计值，因为观察到的吨位和品位的频率与各个采样单元的矿床个数的比率成正比，并且不可能代表评估中需要估计的未发现矿床数的比率。

这些模型在资源评价中的运用有助于明确应如何扩充这些模型。不能辩明某个特征的存在概率与多种特征的共存概率之间的差别会在这些模型的使用中造成问题。例如：可能的是，每

个特征都存在于一种类型的大多数矿床中，但同时这些矿床中只有少数或根本没有哪个矿床能拥有所有这些特征，将这些矿床特征量化是在按类型对已知矿床进行统计分类中必要且充分的后续步骤。相同的量化信息，对于区分矿化环境和无矿环境是必要的，但并不是充分的；使无矿环境的特征量化对于确认矿床特征来说也是必要的。对于单位面积矿床个数模型，以及对有益于三阶段评价的矿床特征量化的努力而言，矿床模型的构建必须使这些模型与现有的描述性模型和品位吨位模型相吻合。否则，导出的资源评价结果的内部一致性便不能成立。

圈定区域

表 1 主要矿产品吨位的对数正态分布检验和吨位、品位相关关系的检验统计

矿床类型	吨位斜度	吨位峰值	柯-斯(里理弗斯)概率	矿床个数	吨位与主要产品的 相关系数
阿克苏型铁矿	0.46	1.07	0.131	66	-0.168
层状重晶石矿	-0.20	-0.98	0.634	25	-0.019
别子型块状硫化物矿	0.77	-0.41	0.012	44	0.123
碳酸盐型矿床	-0.55	-0.24	0.909	20	-0.222
克莱梅斯型钼矿	-0.89	0.17	0.688	9	-0.013
卡姆斯托克型低温热液脉矿	-0.16	0.21	0.539	41	0.041
克里德型低温热液脉矿	-0.21	-0.68	0.840	27	-0.373
矽卡岩型铜矿	-0.02	-0.41	1.000	64	-0.303
塞浦路斯型块状硫化物矿	0.14	0.74	0.513	49	-0.089
远源沉积 Au-Ag 矿	-0.51	-0.57	0.859	10	-0.553
纯橄岩型 Ni-Cu 矿	-0.32	-0.83	0.362	22	-0.540**
低温热液锰矿	-0.24	-0.02	0.979	59	-0.276
低温热液石英明矾石金矿	-0.35	-0.69	0.985	9	-0.160
霍姆斯塔克型金矿	-0.04	0.27	0.189	118	-0.088
热泉型金矿	-0.58	0.36	0.821	17	0.379
热泉型银矿	-0.06	-0.98	0.625	20	-0.042
矽卡岩型铁矿	-0.01	-0.2	0.602	169	-0.070
喀斯特型铝土矿	-0.32	-0.33	0.088	41	0.123
科马提岩型 Ni-Cu 矿	0.23	-0.91	0.053	31	-0.470**
黑矿型块状硫化物矿	0.09	-0.45	0.474	432	-0.168**
斯兰黑矿型块状硫化物矿	0.47	-0.69	0.240	23	-0.030
红土型铝土矿	-0.06	-0.59	0.353	122	-0.047
红土型镍矿	0.17	0.85	0.360	71	-0.310**
低硫化物含金石英脉	0.15	-0.38	0.457	333	-0.298**
楚加奇低硫化物含金石英脉	-0.14	-0.70	0.589	29	-0.120
上涌型磷酸岩	0.09	-0.22	0.163	60	-0.148
暖流型磷酸岩	0.43	-0.48	0.657	18	-0.536
金-铂族金属砂矿	-0.40	-0.93**	0.597	65	-0.347**
铂族金属-金砂矿	0.03	-0.56	0.068	83	-0.423**

透镜状铬铁矿，较大	0.47**	-0.07	0.020	174	-0.014
透镜状铬铁矿，较小	0.55**	0.13	0.025	435	-0.254**
多金属交代矿床	0.05	-0.72	1.000	52	0.160
多金属矿脉	0.25	-0.93**	0.140	75	-0.277
斑岩铜矿	-0.16	0.32	1.000	209	0.108
与矽卡岩有关的斑岩铜矿	0.50	-1.04	0.485	18	0.078
斑岩铜-金矿	-0.06	-0.24	0.339	40	0.099
斑岩铜-钼矿	0.56	0.18	0.501	16	0.436
斑岩钼矿，低氟	0.03	-0.17	1.000	33	-0.229
交代型锰矿	0.42	-0.96	0.188	37	-0.257
交代型锡矿	-0.40	-0.55	1.000	6	0.259
流纹岩主岩型锡矿	0.04	-0.11	0.435	132	0.359**
萨多低温矿脉	0.37	-0.46	1.000	20	-0.132
砂岩主岩型铅锌矿	-0.01	-0.40	0.537	20	-0.111
密苏里型沉积铅锌矿和阿巴拉契亚型锌矿	-0.13	-0.96	1.000	20	-0.055
沉积岩主岩型金矿	0.61	0.57	0.923	39	-0.090
沉积岩主岩型铜矿	-0.02	-0.56	0.571	57	-0.029
沉积喷气型铅锌矿	-0.25	-0.81	0.570	45	0.087
沉积锰矿	-0.08	-0.74	1.000	38	-0.113
蛇纹岩主岩型石棉矿	-0.29	-0.06	0.310	50	-0.133
滨海砂矿型钛矿	-0.29	-0.19	0.243	61	-0.162
硅-碳酸盐型汞矿	0.49	-0.48	0.382	28	0.077
单一锑矿	0.09	-0.03	0.133	81	-0.219
单一锑矿，浸染状	0.04	-1.10	0.983	23	0.137
云英岩型锡矿	0.20	-1.48	0.481	10	-0.353
矽卡岩型锡矿	-0.09	-1.82	0.558	4	-0.808
锡矿脉	-0.15	-0.90	0.037	43	-0.195
同造山期-同火山期镍铜矿	-0.07	-0.70	0.602	32	-0.260
不整合型铀矿	-0.32	-0.62	0.132	36	-0.122
火山岩主岩型磁铁矿	0.08	-0.75	0.538	39	-0.015
火山成因锰矿，古巴	-0.74	-0.17	0.383	93	-0.216
火山成因锰矿，塞浦路斯	0.26	-1.04	0.496	7	-0.265
火山成因锰矿，弗朗西斯科	0.37	-0.07	0.444	184	-0.110
火山成因锰矿，奥林岛	0.09	-0.16	0.477	17	0.210
火山成因铀矿	0.11	-0.24	0.732	21	-0.346
矽卡岩型钨矿	-0.54	-0.11	0.759	28	-0.178
脉型钨矿	-0.12	-1.24	0.293	16	-0.333
矽卡岩型铅锌矿	-0.06	-0.93	0.816	34	-0.045
总数(67 种)	有效数 3	有效数 2	有效数 0	4350	有效数 9(-8 +1)

注：**在 1%的水平上有效

S.G.Lannky(1948)通过与其它区域赋存已知矿床的相似地质背景的类比圈出可能发育有特定矿床类型的区域。为了绘出这些区域的边界线，必须有一张地质图，而且掌握矿化点的、地球物理的、勘探的和地球化学方面的资料是比较理想的(图 2)。这些资料必须与预期发育不同矿

床类型的地质环境的信息结合起来。

一种圈定远景区的策略是从已知矿床向外移动边界线。这或许被认为是成矿有利区的圈定方法。在三阶段评价中，我们尽量圈定允许矿床产出的区域。虽然有利成矿区是允许矿床产出的子区域，但它们却代表着完全不同的概念。只有在勘查比较全面，涉及了所有可能的区域并且完全有效时(这是一种非常罕见的情况)，两者的边界线才会重合。另外，因为很难确定一种为大家所普遍接受的操做规则，所以不同人常以不同的方式使用有利成矿区的圈定方法。已知矿床和矿化点可以用于确定和扩大允许矿床产出区，而不是约束它们。

为了满足一致性，要圈定地质条件允许一种或多种指定类型的矿床存在的区域。这些区域叫做允许产出区，它是根据从矿床模型得出的地质特征划定的，而这些矿床模型自身则是通过对区内外已知矿床的研究得出的。确定允许产出边界线应使所圈类型的矿床产在圈定区之外的概率可以忽略不计，即小于 $1/10$ 万到 $1/100$ 万。利用此定义，可以将允许产出区进一步分成二个或更多个小区域，它们具有不同类型的信息，或者可能赋存不同数量的未发现矿床，如哥斯达黎加浅成热液金矿脉的数量，或阿拉斯加斑岩铜矿床的数量。圈定边界线的其它不很严格的定义也有所使用，但是它们存在二个缺陷：它们难以定义以满足一致性的要求，它们也许会把含有罕见的大型矿床的区域排除在外。漏掉罕见大型矿床的代价会导致对允许产出区域可忽略误差的定义有利的贝叶斯平衡决策(误分类成本的最小化)。

土地域内可含或不含已知矿床。仅依据地质条件、不成功勘查的经验，或超过某一规定厚度的无矿覆盖层的存在，便可从这些土地域中排除某些区域。因此，基础的资料是地质图，以及据地质和地球物理信息外推得出的盖层下地质单元的展布。地球化学、已知矿床和矿化点的信息有助于鉴别成矿环境，并在某些情况下会排除一些区域。例如，低硫含金石英脉常与砂金矿伴生；如果砂金矿不存在，那么就可能没有生成低硫化物、含金石英脉型矿床的成矿环境。

就圈定预测区和识别哪些区域是不同类型矿床的允许产出区来说，一张地质图是主要的信息源。第二个最重要的信息源或许是拟评价区内或附近已知矿床和矿点的登录。由于矿床描述不完整，往往很难识别许多矿点和某些矿床的类型，但是如果能够识别那些类型，则增加对圈定的该矿床类型允许产出区的信心。矿点可能会指明可能的矿床类型，并且对其它区域中什么是可能的成矿类型起到限定作用。然后，按类型可把矿床的分布分类，可用于检验该矿床类型允许产出区圈定的准确性，而不是用作为圈定预测区的决定因素。水系沉积物地球化学可暗示矿床类型，并有助于圈定某些矿床类型的地球范围。地球物理资料用于识别覆盖层下允许成矿的岩石单元的展布，以及识别填图空白区内的岩石单元；在某些情况中，地球物理资料可识别有利的岩石单元，如热液蚀变岩。水系沉积物和岩石地球化学资料二者都可为大范围区域评价提供类似的信息。

圈定范围是按一种或多种矿床类型存在的可能性完成的，而这些可能性是通过与其它地方类似地质背景中的矿床的类比来推断出的。矿床模型为地质背景和矿床类型的联系提供了工具。无论何时这类区域的边界首先依据填图或推断的地质信息来确定。只有在确实证明一种矿床类型不存在于本区的情况下，最初的边界才能缩小。就某些矿床类型来说，大范围勘查或许可提出这样的证据，但对于许多矿床类型来说，非得加密钻孔才能剔除一些区域。

一个区域被认定是允许产出的并不意味着该区域有任何特别有利的成矿条件，它也不指示若该矿床存在就会在那里找到的可能性。发现矿床的概率涉及到大量的不确定性因素，诸如：未来的经济条件、勘查方法新进展、矿床的埋深和覆盖的类型、以及勘探者的决策，这些超出本文研究的范畴。

在某些情况下，成果图或工作用图的比例尺要求在圈定区中应该进行一定的综合研究。例

如：在最近对内华达州资源的分析中，矽卡岩产于 2 公里宽的深成岩体中，要圈定与深成岩体有关的远离侵入体的矿床，如多金属交代区，环绕侵入体要圈定 10 公里宽的区域，这是因为 2 公里宽的区域在 1/100 万比例尺的图上几乎无法识别。在圈定区域中对矿床类型的分组并不意味着矿床类型在品位-吨位模型中或在矿床个数估算中也要分组。

品位和吨位

矿床勘查和矿产资源定量评价中的关键部分是对未发现矿床规模的估计。一般来说，提出该问题需要使用品位-吨位模型，因为矿床大小可能变化的主要原因是矿床类型的差异造成的。

在资源定量评价中，品位-吨位模型起到两方面的作用。首先它们有助于一个区域中已知矿床的分类，因此有利于圈定地区。其次它们提供有关评价区中未发现矿床潜在价值的信息，因此是对这些资源进行经济分析的关键。在讨论品位-吨位模型的应用之前，最好先提出关于经济过滤剂效应、边际品位、偏斜吨位分布、以及侧重矿床规模上有偏差的采样等方面的问题。

我们很难收集到足够的规模小、品位低的矿床的样品，因而不能得出其品位-吨位特征。因此可以想见，由于经济学原则的考虑许多矿床类型的样本会变得不完全。经济过滤剂效应在应当忽略的低品位小吨位组合品位-吨数图形中应该是显而易见的。D.P.Harris(1984)对新墨西哥州铀矿床的分析表明，若使用全部资料，品位和吨位之间为正相关；若删除小型矿床资料，两者为负相关；若排除使样本不完全的经济作用，两者无相关关系。就未由经济滤选的几乎所有品位吨位可能的分布来说，出于经济学原则剔除低品位和低吨位矿床会在剩下资料中造成负相关关系。如果各矿床类型的所有矿化(矿床和矿化点)的品位和吨位间的真实相关关系是反向的，那么经济过滤剂删除低品位小吨位矿床的效应也不会将该相关关系掩盖，甚至可能增强其相反的相关性。在已发表的品位-吨位模型(表 1)中，负相关极为少见，这表明经济滤选不够严谨。事实上在这些模型所使用的矿床中或许有 40%在时下是不经济的。例如，就斑岩铜矿来说，在其品位-吨位模型中所用的矿床，至少有 50%还未开发，尽管它们大多数在 15 年前就勘探过。33 个低氟斑岩钼矿床中约有 90%仍未开发。在加利福尼亚州和俄勒岗州，以前开采的 435 个豆荚状铬铁矿床中的大多数当时仅靠被补贴才能开采。Cox 和 Singer(1986)的图解展现了规模小且低品位矿床的实例。

Taylor(1985)把矿床中品位对数正态分布的理论意义与实例和经济分析结合起来以说明边际品位在实际上怎样影响矿床的平均品位和吨位的。他断定，矿床的边际品位必须接近矿床内品位的中值才能从每吨矿石回收合理的金属量，而该合理的金属量应高到足以开采并形成空间的连续性。他也观察到许多矿山的边际品位都位于矿床的中值品位或其附近。因此，虽然吨位和平均品位的高度可变性可能起因于边际品位的变化，但实际上，由于经济的原因、开采邻近区段的需要，以及由于研究矿床内部品位正态分布的结果，采矿者往往把边际品位于相当狭窄的范围内。然而，例外情况也是有的，这是因为采矿方法的差异可对生产成本产生重大影响，如对金矿来说，采矿和堆浸的成本很低。虽然需要进一步工作以确定边际品位与这些模型的关系，但在采矿方法相同的情况下，边际品位对品位-吨位模型的影响可能并不像意想的那样明显。

金属供给潜力受最大型矿床类型中极少数最大的矿床的支配(图 3)，正如 Singer 和 De Young(1980)所指出的，他们也指出品位和吨位间的负相关关系是非常会见的。因此大多数低品位矿床很可能不具有巨大的资源量；剔除几个低品位或小吨位矿床不会严重降低大多数矿产品供给潜力的预测质量。当确认品位-吨位模型中许多矿床明显不经济时，能够把一些较小的矿床

纳入到大多数矿床类型模型中似乎无任何实际用处。如果低品位矿床具有很大的规模，如果可能有了新的低成本采矿法，低品位矿床则可能具有经济意义。

对石油勘查的研究清楚地表明，大油田往往发现在勘查过程的早期。如果在矿产勘查中情况也是如此，那么以局部资料建立的吨位模型可能会使该区中其余未发现矿床的吨位估计发生偏差。Singer 等(1981)指出，在一给定的地质和勘查环境中，较大的斑岩铜矿应该比较小者发现得早，而以实际勘查资料检验该假设的研究是很少见的。

对加利福尼亚汞矿床发现顺序的分析清楚地表明，较大的矿床往往发现在勘查早期。这一过程的直接后果是，在勘查中间阶段确定的矿床规律的频率分布，往往高估大型矿床的频率而低估未发现小型矿床的频率，即基于某个区域不完全勘查的矿床规模分布可能向有利于未发现的大型矿床偏斜。对其它类型矿床大小的发现顺序的检验是完全合理的，但应该在同样的勘查程度和地质背景中进行分析。例如，出露基岩区的勘查先于隐伏矿床勘查的情形应该单独考虑，因为在勘查的最初阶段无论是小型的还是大型的隐伏矿床都不会被找到。如果对新近发现的矿床未做储量外推的说明，则在利用该矿床资料时也必须对储液金-银矿脉模型，那么应估计未发现矿区的数量。这些模式以空间距离规则构成，如黑矿型块状硫化物模型中复合矿化为 500 米间距规则。未发现矿床数量的估计中必须相同。在研究区域中其品位和吨位已发表的矿床作为已发现矿床来计算，然而，未发表的估测矿床则作为未发现矿床来计数，以避免重算。

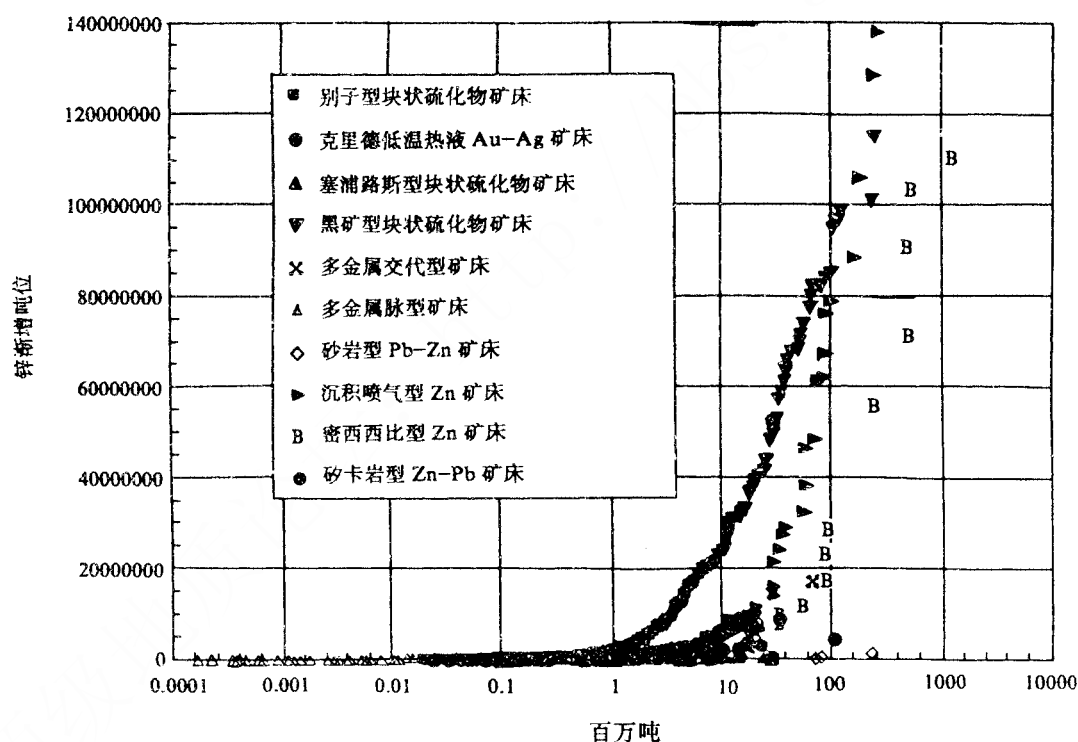


图 3 决定潜在金属供应的最大型矿床模型中的吨位最大的矿床

就估计未发现矿床数量来说，尚没有确定的方法。可以有几种以经验和逻辑为基础的方法可直接使用或作为估计的准则。每个方法代表某种形式的类比。这些方法中最具有生命力的是矿床模式形式，其中已充分勘查地区每单位面积各类型矿床数量是有统计的，而且推导出的频率分布，或直接用于估计，或间接在其它方法中用作准则。虽然 Allais(1975)使用了这种估计未发现矿床数量的方法，但在他的分析中许多类型矿床被混在一起。在与描述性和品位-吨位模型相吻合的这类模型中仅有几个例子现已发表。Cox(1993)论述了该模型在估计委内瑞拉

金矿脉数量中的应用。该法的一个变种是利用线性回归法以使加利福尼亚超镁铁质岩区域的大小与已知的透镜状铬铁矿矿床的数量相联系。应用这种线性回归法对阿拉斯加南部和哥斯达黎加未发现的透镜状铬铁矿矿床进行过概率估计。

局部矿床的外推法涉及将研究区中已充分勘察的地段的矿床密度(单位面积的矿床数)推广运用到研究区欠勘察的地段。一般来说,这种方法导致未发现矿床数量的点估计值预测,除非可以合理地假设频率分布,例如对阿拉斯加汞矿床所做的论述。虽然基本区域无需全部勘察,但是必须估计已发现矿床数和已勘察区所占的比例。该法的一个变化是利用有关某类型矿床吨位分布的资料,还利用在研究区内已发现的较大矿床的信息。

对异常区和矿化点计数并指定概率的方法,已经过长期实践,不过一些实例仅在最近才见于文献。通过从充分勘察区得到的经验或者通过对充分勘察区的统计分析,有时可以根据不同类型证据的一致性来估计实际上可成为矿床的异常区和矿化点所占的比例。

近来有人提出一种提供准则的新方法,其可称为“过程约束”。其基本前提是,某一矿床类型的形成所需多种地质作用的组合越是可能,该矿床类型就越可能成立。因此有关一个区域已发生的(或许发生的)地质作用的信息提供了关于矿床类型是否存在的相关频率的重要信息。

有关矿床类型的相关频率对于指导预测未发现矿床数是有价值的。例如,大家普遍相信在多金属矿脉和斑岩铜矿床两者共生的地区,多金属矿脉的数量大于斑岩铜矿床的数量。因此在允许成矿区域中,两种矿床类型可能同时出现时,我们便会预期,多金属矿脉的估计数量要大于斑岩铜矿床的估计数量。

某些类型矿床周围的蚀变带及矿化带的规模非常大,以致于它们有时可用于在圈定区域中设定可能存在有多少矿床的上限。这些空间界限已非正式地用于某些评价。

当估计未发现矿床数量时,必须考虑以品位-吨位模型所代表的矿床数量与地球上可能存在的矿化点数量之间的差异。估计人员必须明确,他们对矿床数的估计,是在对相应的品位-吨位模型完全理解的情况下完成的。对于与品位-吨位模型相吻合的矿床估计数,估计矿床中有近半数应大于模型的吨位和品位中值;实际上,品位一般并不是关心的重点,因为甚至矿化点也常具有与矿床相似的品位。估计矿床的半数应大于模型中值的要求解释了最常见的估计错误,因此那种估计会不正确地反映高于吨位模型中说明的最小吨位的矿床的数量。矿床个数的估计必须与品位-吨位模型中“矿床”的数量相吻合,而不必与其中“矿化点”的数量相吻合。

在大多数三阶段评价中,最终的估计是主观进行的,而常常把一个或多个已描述过的方法当作准则。各种不同的估计准则提供了对假定反复的有效的核对。

实际上,一组对矿床类型具有渊博知识的科学家一般利用专家评估法,求意见一致的情况(并向当地专家咨询)。所用的两个一般性策略是:(1)对具体矿化点、远景区、指示特征分别给定概率,然后将结果综合;(2)评价人员根据地质情况与被评价区相似的其他已充分勘察过的地区的经验,利用赋存不同数量矿床的区域在总面积中所占比例对新地区进行估计。在每种情况下,这些科学家必须权衡所有地学和勘察信息。在更多的评价准则和矿床密度模型可使用之前,依靠矿床学家进行主观评价似乎应该是谨慎的,因为他们会把他们的经验和观察带人评价过程。

这里所用的主观概率,叫做可信度或命题概率。这种评价方法最广泛的科学运用是气象学,其可信性一直很高:其所预测事件发生的相对频率与估计概率非常接近。主观评价最古老或许也是最普遍的形式是赌博。例如:Stern(1991)指出,在国家橄榄球联赛中,实际获胜边际分布对预测点散布具有零中值,说明非科学家也能做无偏见的主观评价。地质学家通常进行的评价,不是明确定量的,而是主观的并具有不确定性,例如评价地质横剖面地下边界线的位置。

这些取自不同领域的实例证明,至少在某些条件下,主观评价可以无偏见并且可信。气象

学中几十年的主观和客观预报为怎样改进在矿产资源中进行主观评价过程提供了有价值的借鉴。Murphy 和 Winkler(1984)发现多人一致预测方案比几乎所有单独的预测人员方案更富成效,而且当客观预测是提供给主观预测人员的信息的组成部分时,多人一致预测的结果是最成功的。在他们推荐的方法中包括:(1)更有效地使用多种信息源,(2)激励预测人员改进预测工作,(3)正规步骤以协助预测人员以概率形式定量表示不确定性,(4)迅速和广泛的反馈预测效果。除非通过培训练习,迅速和广泛的反馈信息也许很难在矿产资源评价中应用。

本文强调主观评价并利用客观准则,这是因为,作者认为,迄今为止在评价和发现矿床个数时并未证明客观定量方法是有效的。三阶段评估法是一种形式的产品,而不是一种方法,因此,我们不排除其他方法,只要它们与其他部分的评价工作相一致。

结 语

三阶段定量评价法的基本优点是其内在的一致性。在三阶段评价中,估计值是内在吻合的:圈定的区域与描述性模型吻合,品位-吨位模型不仅与区域内已知矿床吻合,还与描述性模型吻合,矿床个数估计值与品位-吨位模型吻合。

评价中的一致性建立描述性模型和品位-吨位模型时所要求的内在一致性的直接结果。单位面积矿床个数的新模型和现有模型的其它定量延伸形式也必须与现有模型吻合。即,这些新模型必须以符合描述性模型并与适当的品位-吨位模型吻合的地质环境中的矿床为基础建立。矿床模型的这些新版本,模型总体上的定量表示,以及未发现矿床个数评价准则或直接方法的提出只,要它们与评价中使用的其它模型吻合,都会是成功的。

有一种测量矿床产出概率的方法吗?

L.J.Drew 等

传统上是用矿产资源评价对某些地区内关键和战略矿产品的物理存量进行评估,以及评价这些矿产品供应中断的后果。近来,它们又被用来评估上述地段未发现的矿产财富,以便评价这些土地作非采矿用的机会成本。矿产资源评价是一门多学科的领导域,它涉及地质学、经济地质学(描述模式)、统计学和管理科学(品位吨位模型)、矿产经济学、运筹学(计算机模拟模型)的方法要素。本文研究的目的是要证明矿床的产出概率不仅有助于“充实”产出新矿区为小概率地区的评价,亦有助于“充实”产出新矿区为非无效大概率地区的评价。

前 言

区域矿产资源评价可以对某些地区探明的和未发现的矿产资源作定性或定量的评价。过去主要用这种评价评估矿产资源存量,作为估算未来矿产品供应保证程度的基础。多年来,所谓

的“关键和战略”矿产品如铬、钴、锰等备受关注。以前的评价常包括探明资源的定量报告和未发现资源数量级的定性报告。最近，资源评价已被用来帮助对公共土地进行分类。在许多情况下，在这些决策方面主要的问题是未发现的矿产资源有关的。那种定性的矿产资源评价过于含糊，难以满足决策者的需求，当那些土地被专门辟作为娱乐用地或作为野生区时，决策者需要评估那些从未发现矿床中生产矿产品的机会成本。决策者需要更明确有关现存未发现矿产资源数量的报告，这导致定量矿产资源评价方法的发展。定量矿产资源评价是对特定地区未发现矿产资源财富进行质和量的估算。

向量化转变需要提出一些方法，以描述矿床重要特征、评估矿床产出概率的标准、概述未发现矿产数量等。特别是，这些方法包括描述性矿床模型，它们为圈定允许矿床产出的地区提供了标志，还包括品位吨位模型程序以估计未发现矿床的数量，也包括计算机模拟程序，以计算研究区内不同类型矿床中产出的各类金属的总量。

本文目的是要通过一种地质过程和产物的大框架检验矿产资源评价，以便了解这样一种见解能否为提出量度标准提供基础，以有助于估算地质体中不同类型矿床的产出概率。我们也简单地探讨了这些量度标准是如何与现行矿床模型联系起来的，以便为验证所提出的测量标准建立一个基础。岩浆弧及其产生的火山-深成杂岩体可作为检查这种方法的实例。我们在本文中简要分析了：(1)火山深成杂岩体的规模。(2)火山深成杂岩体的剥蚀程度，和(3)杂岩体侵入中心的数量和特征，作为提出不同种类矿床的产出概率量度标准的基础。

在分析侵入中心时，我们将引用线性代数原理来研究该侵入中心周围可能产出的不同类型矿床产出概率间的系统联系。就与侵入中心有关的矿床而言，斑岩矿床及其亲缘矿床多金属脉矿、矽卡岩矿床、多金属交代矿床，这些联系都是正相关的(空间正相关)；但是，我们认为，同样这些的线性代数原理也可用来表示彼此无关和具相同岩相特征的矿床间的联系，即表现为空间滞后正相关。

火山-深成杂岩体规模与矿床产出概率

用来估计可产于某一地区内某种类型的未发现矿床数量的工具之一就是矿床空间模型。这些模型由两部分组成：(1)矿床密度或产在某些标准测量区内(控制区)的某种特殊类型矿床的概率，和(2)离散分布，它描述控制区内矿床的模型。提出矿床密度的关键要求是给确定控制区的原则定义。这些原则必须以与这些矿床有广泛联系的地质特征为基础，这些特征可以从区域地质、地球化学、地球物理研究中识别出来。

假如我们正在评价的是陆相沉积的安山岩及其伴生的石英二长岩的钙碱性火山-深成杂岩体，那么我们至少应考虑表 1 所列出的矿床。与火山岩有关的矿床类型的矿床密度是通过确定产于详细勘查过的火山岩层序中的这 7 类矿床各自的数量提出的。同样，与火山-深成杂岩体侵入体部分伴生的那些类矿床的矿床密度模型也可通过计算产于杂岩体侵位“根部”或毗邻根部的那 5 种矿床各自的数量提出。然后，所得出的矿床密度和区域地球物理调查数据一起用来估算与隐伏侵入体有关的矿床的矿产总价值。

表 1 钙碱性火山-深成杂岩体中候选的矿床类型

与火山岩有关的矿床类型		
模型编号	名	称
25a	热泉型	Au-Ag 矿

25b	克里德(Creede)浅成热液矿脉
25c	卡姆斯托克(Comstock)浅成热液矿
25d	萨多(Sado)浅成热液矿脉
25e	浅成热液石英-明矾石金矿
25g	浅成热液锰矿
27a	热泉型 Hg 矿
与侵入岩有关的矿床类型	
模型编号	名 称
20c	斑岩 Cu-Au 矿
21a	斑岩 Cu-Mo 矿
18a	与矽卡岩有关的斑岩铜矿
19a	多金属交代矿床
22c	多金属矿脉

G.T.Spanski 等(1991)曾用此方法估算了 Cascades 地质区未发现斑岩铜矿床的数量。评价的关键是，(1)提出部分地区局部矿床密度模型，和(2)与大型火山-深成杂岩体中侵入体部分有关的地球物理特征的识别。这些地球物理异常的规模和形态各异，既反映出在平行弧方向的特征(线性异常)，也反映出垂直弧(等距异常)方向的特征。线性异常的长度为略作 50-150 公里，与某些已知含有斑岩铜矿床(表 2)的深成岩体的长度类似。表 2 中的各侵入岩体至少含有一个斑岩铜矿床。这可以合理地认为，10 个斑岩铜矿床是与这样一个侵入体有关的斑岩铜矿床数量的上限。因此，在未遭受强烈剥蚀之前这样一个侵入体的矿床密度，可能是每平方公里侵入体分布有约 0.000X 到 0.00X 个矿床。

表 2 一些赋存有斑岩铜矿床的深成杂岩体的规模

深成岩体	深成岩体长度(公里)	深成岩体宽度(公里)	资料来源
美国蒙大拿州 Boulder 岩基	100	30	Meyer 等(1968)
加拿大不列颠哥伦比亚省 Guichon 岩基	80	32	McMillan(1976)
加拿大不列颠哥伦比亚省 Babine 侵入岩体	106	45	Carter(1976)

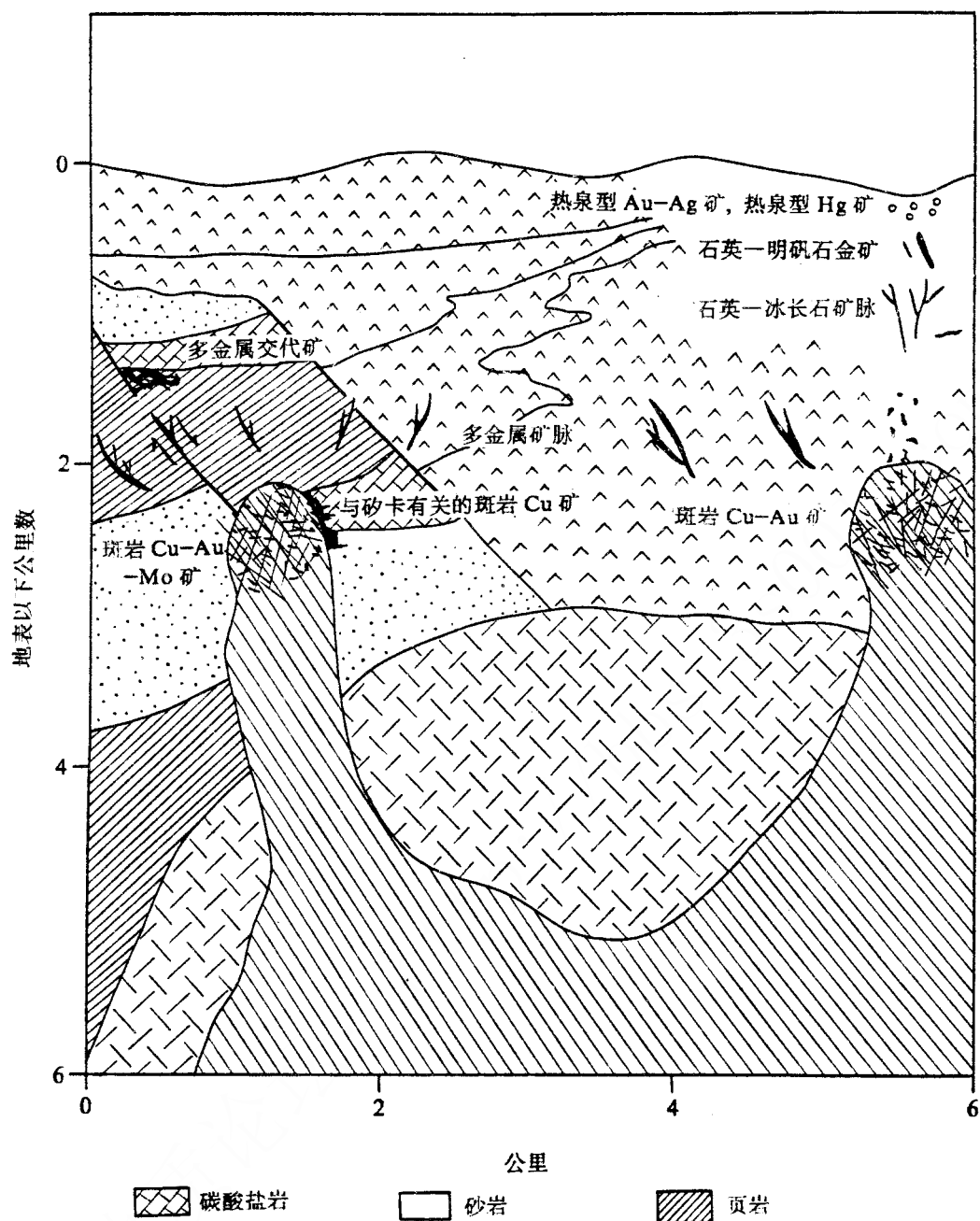


图 1 定位于地壳浅部的斑岩铜矿型侵入体 qm: 石英二长岩 ph: 斑岩
v: 火山岩流 df: 岩屑岩流 s: 火山碎屑沉积岩 t: 凝灰岩 h: 角岩

剥蚀程度和矿床产出概率

考虑一个下伏有陆相沉积安山岩及其伴生的石英二长岩侵入体的钙碱性火山-深成杂岩体的地区，作为土地分类决策的一部分，已经评价其未发现矿产资源量。那么作为评价这一地区的第一步，是把可能产在该区的矿床候选类型编成一张表(表 1)。虽然在这种地质背景中(陆相

钙碱性火山-深成杂岩体)可以出现所有这些矿床类型,但仅对部分类型进行评价;这取决于三方面因素:(1)为了评价选定垂直深度,(2)火山深成杂岩体已遭剥蚀的程度,和(3)侵入体定位环境。评价中选择矿床类型的适用性,是一种作用于杂岩体特定深度及不同背景(围岩和构造)下的成因作用的结果。

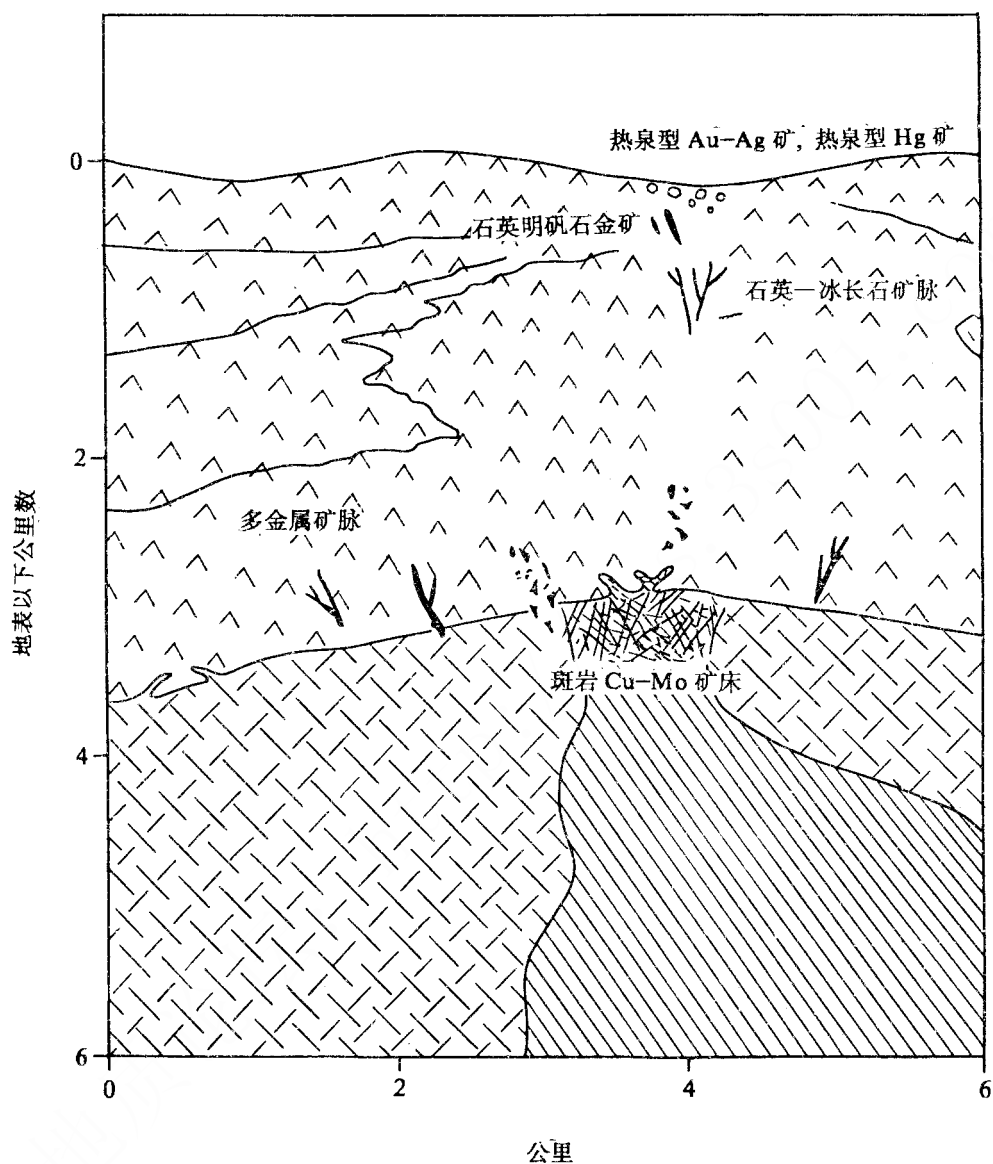


图2 定位于地壳较深部位的斑岩铜矿的侵入体 qm: 石英二长岩 ph: 斑岩
v: 火山岩流 df: 岩屑岩流 s: 火山碎屑沉积岩 t: 凝灰岩

图1表明两个斑岩侵入体定位在相对浅的地壳处。右边的斑岩体定位在同源岩浆火山岩中,左边的则侵位在与火山-深成杂岩体毗邻的古老沉积岩中。在这张图中,火山—深成杂岩体仅遭轻度剥蚀,表1中认为与侵入岩有关的矿床类型是不可能产出于评价的垂直深度范围内的。假如杂岩体遭受强烈的剥蚀,那么表1中认为与火山岩有关的矿床类型也不大可能被保留下来。图2说明了斑岩侵入体定位在地壳较深处时的情况;杂岩体遭受剥蚀的程度与评价的垂直深度也将影响被评价的矿床类型。

对于资源评价者来说,问题在于确定评价地区遭受剥蚀的深度以及与现代剥蚀面有关的何

等深度范围这两组矿床才有可能产出。虽然剥蚀速率表现出很大的地区差异性，但调查平均剥蚀速率的快慢可有助于揭示火山-深成杂岩体的不同层面。S.A.Schumm(1963)根据沉降作用所引用的平均剥蚀速率为每百万年 30-110 米。P.Heald 等(1987)报道了矿石顶端的埋深和浅成热液贵金属矿脉的垂直矿化范围。他们的资料揭示浅成热液矿作用的基面位于火山-深成杂岩体内 500-1600 米的深度范围内。即使相当慢的剥蚀速率(30 米/百万年)也会在 50 百万年内把火山-深成杂岩体剥蚀 1600 米的深度。

这个初步计算表明，浅成热液贵金属矿床在它们形成的 50 百万年内将暴露于地表并且被破坏掉，除非在特殊条件下，或者是剥蚀速率出奇地缓慢或者是火山-深成杂岩体免遭剥蚀。表 3 列出了关于第三纪浅成热液贵金属脉矿根据放射性测量法确定的成矿年龄资料。这些资料支持大多数火山-深成杂岩体在 50 百万年内将被剥蚀到所含浅成热液贵金属脉状矿床之下的观点。

表 3 第三纪浅成热液贵金属脉矿矿区的成矿年龄

成矿年龄(5 百万年)	矿区个数
0-9.9	10
10-19.9	19
20-29.9	5
30-39.9	1
40 及更早	1

矿床与侵入中心的空间关系

火山-深成杂岩体的规模及矿床空间模式能为估计斑岩体系产出的个数提供依据，并且关于杂岩体剥蚀程度的信息能帮助确定与杂岩体的喷出岩部分伴生的矿床能否被保存下来。另外，评价内容还必须包括研究区内地质历史时期有关斑岩体系活动时产生的各种类型矿床数量(脉型、矽卡岩型、交代型、角砾岩筒型、斑岩网脉型)产出概率的估计。亲缘矿床产出的数量和类型在一定程度上还取决于传送热流的火山通道(断裂和裂隙)及与热液系统发生反应的围岩类型。资源评价者面临的任务是要依据地质资料判断该地区的斑岩体系是否曾经活动过，该体系携带的金属又是如何在围岩中扩散和/或怎样被围岩捕获的。某些线性代数中的概念在估计产在毗邻斑岩中心的矿床的产出概率时可以用来帮助进行资源评价分析。为达到这一目的，我们提倡一种依据应用一套有序的矿床产出概率的框架和/或与之等量的期望值框架的系统。该系统采用矢量表示(图 3 到图 8 代表其中的部分)，使矿床产出概率(期望值)集合形象化。它打算为资源评价者在工作中提供一个指南。

图 3 所示两个平面，代表研究区有贯通裂隙和碳酸盐岩存在。贯通裂隙垂深至少 0.5km，且在侵入中心伴生的热液体系系统活动期间是开放的。碳酸盐岩平面含有矽卡岩

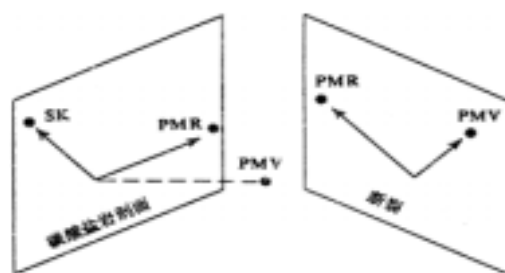


图 3 矽卡岩型(SK)、交代多金属型(PMR)及

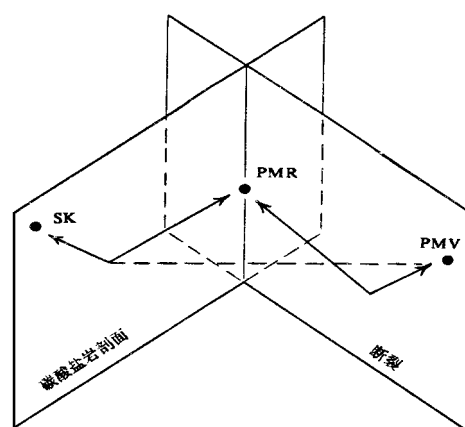


图 4 PMR、SK 和 PMV 型矿床产出相对可能性图解

矢量(SK)和多金属交代矢量(PMR),图解表示这些类型矿床的产出与研究区中碳酸盐岩或其他易反应岩石的存在之间是有联系的。PMR 矿床也在断裂平面中,图解说明这些矿床是在热液流体“渗出”后,遇有碳酸盐岩,并在一个比形成矽卡岩矿床温度更低的温度区间形成的。矢量特征表示多金属脉状矿床(PMV)也位于此平面中。

对应于生成 SK 或 PMV 矿床,要生成 PMR 矿床就必须既有碳酸盐岩又有裂隙存在的过分要求就失去了自由度(图)。如果一种热液体系能生成的每类型矿床只不过是一个的话,那么自由度丧失就暗示在斑岩热液成矿体系中,PMR 矿床应该比 SK 或 PMV 矿床生成的少。我们可用期望值来论述,对于某个斑岩矿床产出的特定地区,多金属交代矿床的数量[E(PMR)]要比矽卡岩型[E(SK)]或多金属脉状矿床型[E(PMV)]的数量少,符号上表示为:

$$E(PMR) < E(SK) \quad (1a)$$

$$E(PMR) < E(PMV) \quad (1b)$$

或是因为局部地质条件所致,或是因为开采条件所致,矿床既可组合在一块,也可分开,因此观察到的矿床数量可能会与这种期望表达式值有所不同。这是由于定义的矿床多解所致,并支持关于工作定义的要求。

如果我们假设断裂在含金属的斑岩岩株(诱发侵入体)附近比在碳酸盐岩中更常见,我们就认为 PMV 矿床在某个允许预测地区会比 SK 矿床产出更频繁:

$$E(PMV) > E(SK) \quad (2)$$

在容矿岩石允许每种类型矿床都可以产出的条件下,那么我们还可以写出一个更大的不等式。如在碳酸盐岩中可以形成矽卡岩型和交代型矿体时:

$$E(PMV) > E(SK) > E(PMR)$$

下一步我们可以引入斑岩矿床产出的期望值,表示斑岩矿床与亲缘矿床的关系(见图 5)。在这幅矢量图中,每个矢量的长度表示产于该斑岩体系中矿床期望值的大小(见方程 3)。研究工作必须估算出这些矢量的相对长度。

一种可能的方法是使用过去探明的不同类型矿床的观察到的频率比;例如,斑岩矿床发现率[所有类型的铜矿(PPYCu)、铜-钼矿(PPYCu-Mo)、低氟钼矿(PPYMo)、和克莱梅克斯型钼矿(PPYMocc)]与 PMR 矿床发现率之比大约是 5 : 1。斑岩铜矿(PPYCu)与 PMR 矢量长度之比示意性地绘于图 5 中,也反映出这样的比例。该图中表明的其它矢量长度也以同样的方式绘出。

尽管从理论上讲不同类型的已发现矿床个数的比值可通过图 5 中的矢量长度估计;但为了实际测量这些长度,我们必须知道(1)用了确定什么构成矿床的工作规则,和(2)样品偏差是否扭曲了所观察到的不同类型矿床产地的比值。确定矿床的工作规则是必需的,因为大自然并不常把矿床分割成清晰可辨的分离体,因为地质学家、采矿工程师、矿产经济学家也并不常单独登录具体各矿床的资料。有好几种样品偏差可以影响矢量长度的可视比值。首先,不同类型矿床相对投资吸引力的差异将导致在探明样板矿床有选择性地表示出那些有投资吸引力的矿床。其次,区域地质条件也影响矢量长度,例如:某一区域中石灰岩的数量可引起矽卡岩型和交代型矿床在某一地区要比另一地区相对地更常见。侵位标高和剥蚀程序也会影响这个比率。最后,选择矿床的错误分类也会导致相对矢量长度估计值出现偏差。

和斑岩铜矿型侵入中心伴生的矿床至少包括如下模式:(1)斑岩铜,(2)斑岩-铜-与矽卡岩有关的矿床,(3)多金属交代矿床,和(4)多金属脉状矿床。矽卡岩型铜矿不包括在内,因为它们与斑岩体系无关。在“斑岩-铜-矽卡岩有关的矿床”模型中所使用的确定矿床的操作规则意味着,与一个斑岩铜矿一起产出的“斑岩-铜-矽卡岩有关的矿床”不会超过一个。而且,此定义还意指一个斑岩铜矿是一个“斑岩-铜-矽卡岩有关的矿床”存在的必要条件。

同样，用于建立多金属交代矿床模型的矿区也暗示与一个斑岩铜矿床有关的多金属交代矿床(从模式意义上讲)也极少超过一个。而且，一个斑岩铜矿是否就是一个多金属交代矿床存在的必要条件还不清楚。PMV 矿床的工作定义-“采用彼此之间相隔 1km 且至少有 100 吨的矿石量”-意指与一个斑岩铜矿相伴生的 PMV 矿床不止一个。这个工作定义允许我们确定那些可与斑岩铜矿模式伴生的矿床的数量的上限。因为这种矿床是由彼此间相隔 1km 的各采区联合构成的，所以可以说每一个矿床至少要占 1 km^2 的面积。经验资料和环绕斑岩体系的热流体的理论模式表明，PMV 矿床产出带的半径为 3 至 7km。如果我们比较一下 PMV 矿床产出带的面积和每一多金属矿脉所占的最小面积，就可计算出与斑岩铜矿床伴生的多金属矿脉数量的上限。这样一种计算表明，该上限数为 9 至 49 个矿床。经验数据表明，该范围中的较低部分可能就是一个合理的上限。

因为多金属矿脉并不是特别吸引人的勘探靶区，也因为人们早就开采了这种类型的矿床，所以我们可以假定，此类矿床比由“多金属矿脉模式中的矿床数量”与“斑岩铜矿中的这类矿床数量”对比所表示的产出概率相对更常见。还有，局部地质条件也将影响斑岩铜矿体系中的各种矿床的相对丰度。例如，在亚利桑那州表现为每 7 个斑岩铜矿床才会有 1 个“斑岩铜-与矽卡岩有关的矿床”，这个比例能否适用于别的斑岩带还不清楚。因此，尽管不同矿床模型中矿床数量之比和根据矿床和斑岩体系规模计算出来的上限是有用的矢量长度的第一级近似值，但仍然需要通过对多个斑岩带中矿床的建模来对这些矢量长度作更精确的测量。

总之，作为第一级近似值，看来斑岩铜矿体系中的产出概率(如图 5 所示意)通常有如下联系：

$$E(\text{PMV}) < E(\text{SK}) < E(\text{PPY}) < E(\text{PMV}) \quad (4)$$

这种联系意味着在斑岩体系成矿作用允许的正常情况下，可以预期 PMR 矿床是最不可能产生的矿床类型，而 PMV 矿床是最有可能生成的矿床。

资源评价者必须知道在同一成矿体系内(如，斑岩体系)，一种类型的矿床的形成条件通常情况下与其它类型矿床是相关的。评价者不应当只认为在某一地区仅会有单一矿床类型产出，除非另外详细说明。相反，评价应当按照矿化体系与围岩作用所能产生的全部矿床类型的集合来考虑。评价者还必须

了解矿床成因有关的许多问题，如 PMV 矿床的成因迄今尚未完全弄清楚。很明显，一些用来建立品位吨位模型的 PMV 矿床与斑岩铜系统无关。有可能把该模式进一步划分成与斑岩体系有关的脉矿模型和碎屑型沉积变质地体中的银-铅-锌矿脉模型两类。

从这种角度讲，资源评价者应了解流行的关于矿床成因和分类的各种观点及其随着时间的变化，并通过获得有关这些工作知识而受益。正岩浆学说认为岩浆是金属和搬运流体的唯一来源；而它的对立观点则认为金属和搬运流体起源于围岩。争论一直在这两种观点之间来回摆动。非岩浆作用观点认为，侵入的火成岩仅提供热源，驱动由含有离子络合物的大气降水组成的对流槽，离子络合物萃取并携带金属至沉淀场所。资源评价者不得不用这些观点来解释矿床及矿点的数据，并用它们来推断某地区尚待发现的矿床类型。关键的一点是，资源评价者可从研究区内有几个小型 PMV 矿床存在这一事实中得出什么样的结论？这些矿脉是尚待发现的斑岩-矽

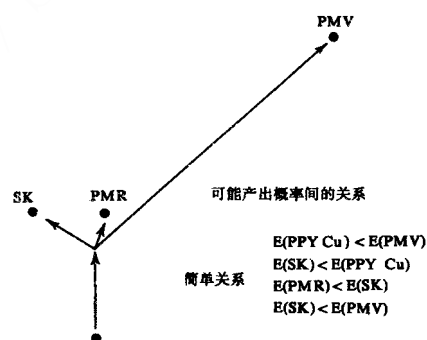


图 5 图解表明斑岩铜矿系统中各类矿床之间可能的关系，矢量长度按比例示意矿床期望值大小

卡岩-交代-矿脉成矿系统的一部分还是热液对流槽的产物?这儿的热液对流槽引起大气降水穿过含有蒸发盐岩层的地层(金属源)的循环作用;蒸发盐岩层为搬运流体提供一种氯化物和/或硫化物的来源。

矿产资源评价领域中的研究人员正在尽量辩明一些观点和原则,希望通过它们能够解释那些形形色色的似乎毫不相干的关于矿床及矿化点特征的信息。人们很容易被矿床特征的变化迷惑,特征的变化取决于围岩和构造的排布以及它们与对流热液槽中所含物质的相互反应。这种反应的影响是不同的,于是产生这样一种观点,即没有两个完全相同的矿床。资源分析家必须把经济地质学家关于矿床成因的想法转变成对评价未发现矿床类型及可能的规模有用的模型和规则。

这些模型和规则必须灵活,这样资源评价者就可以考虑这么一个观点,即在各种构造中赋存有矿床的围岩从现象上可以混淆某些矿床类型的出现。因为资源评价者承担评价某地未发现矿产资源的工作,他或她就不得不处理那些冲突的矿床成因假说中固有的不确定性。资源评价者并不是把一个矿床的存在当作是给定的并试图确定其成因,即不进行由“里”向“外”确定矿床成因的工作。相反,资源评价者必须从某地区有待发现的矿床“外面”开始,向“内”着手而找到一个评价问题的答案。

B.L.Reed 等(1989)在评价阿拉斯加州 Seward 半岛未发现的脉状锡资源时使用了一种类似于本文所提出的关于赋存有斑岩铜矿体系的火山-深成杂岩体的模型。在这次评价中使用的一个主要工作要素是决策树(图 6),它代表了侵入中心侵位的可能环境。使用这种决策树在评价中得到了一致的结论(表 4)。以下事实证明一致性相当好:预期的矽卡岩型矿床的个数在每一概率水平上大于交代矿床的预期个数;预期的云英岩型矿床的个数也均大于预期的脉状矿床的个数。

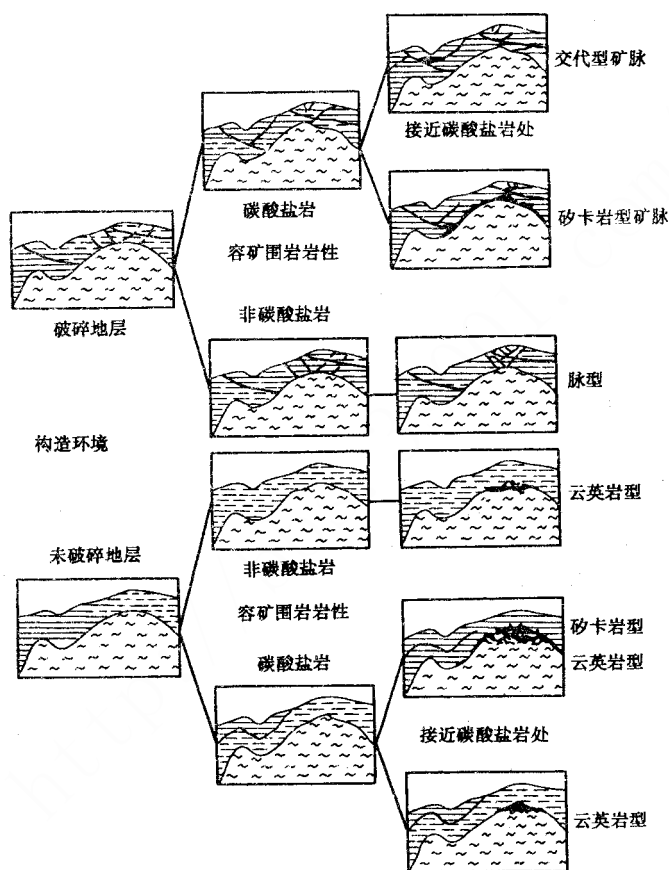


图 6 决定树状图解。表示可能与花岗岩侵入体、构造、围岩有关的对于脉状锡矿的垂直剖面

表 4 不同置信度水平下估计的矿床个数

矿床类型	探明数量的矿床至少存在的概率		
	90%	50%	10%
矽卡岩型	5	9	15
交代型	1	2	4

云英岩型	2	3	5
脉型	1	2	4

为斑岩体系建立一个综合模型

图 7 表示评价斑岩体系的一个综合模型。图中基面包含有 3 个矢量。这些矢量间的角度(, , - , 等)表征了形成斑岩矿床的作用过程的独特性。虚线分开的单一矢量的实线部分表示形成过程中带入物质的差异。注意,斑岩铜矿体系(PPY_{Cu})和斑岩铜钼体系都是由不同带入物质的同一作用形成的(如熔融原岩类型不同)。换种说法,这两种矿床在形成过程中具有共同的“根”,用以将其划分成独立种类差异反映出俯冲带熔融岩石化学上的连续性。

图 7 还反映了这样一种观点,即与斑岩铜矿(PPY_{Cu})相比,低氟斑岩钼矿($PPY_{Mo(f)}$)是由略有不同的俯冲过程(以角度 表示)和不同物质输入所形成的。表示克莱梅克斯型斑岩矿床特征的矢量,以大得多的角度 排列,这代表了这么一种观点,即这些矿床形成于远离大陆边缘俯冲结束之后的一个独特的非造山环境中。

图 7 反映的另一种观点是:尚没有已知的任何一座克莱梅克斯型矿床($PPY_{Mo(f)}$),伴生着规模足够大的 PMV、SK 和 PMR 矿床,这里的规模足够大的是可以在表示这些亲缘矿床的任何现有的品位吨位模型中。但是,也没有明确的原因说明为什么克莱梅克斯型斑岩钼矿床不应该伴生有亲缘矿床。结果,一群亲缘矿床被放在图 7 中 $PPY_{Mo(c)}$ 矢量的顶点。这就提醒评价分析家要注意这种伴生可能存在的可能性,在许可区评价中,应该考虑这类斑岩矿床的产出这种联系。问号标在这群矢量的末端,表示这种伴生的假想的性质。

资源分析家还必须认识到,一旦确认允许某给定矿床产出并且能估计出一个非无效的产出概率,应有可以提示关于其它类型矿床的附加说明。这种隐含意义可以是有利的指示,如对于一个已知产出有斑岩铜矿的地区,则可以评价说该地区允许产出 PMR 或与斑岩有关的 SK 矿床。这种隐含

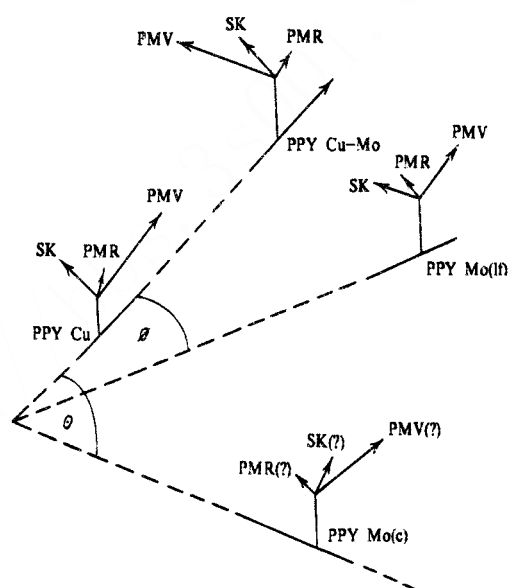


图 7 斑岩系统相关矿床类型可能的产出概率关系图解。
矢量长度按比例示意产出的期望值

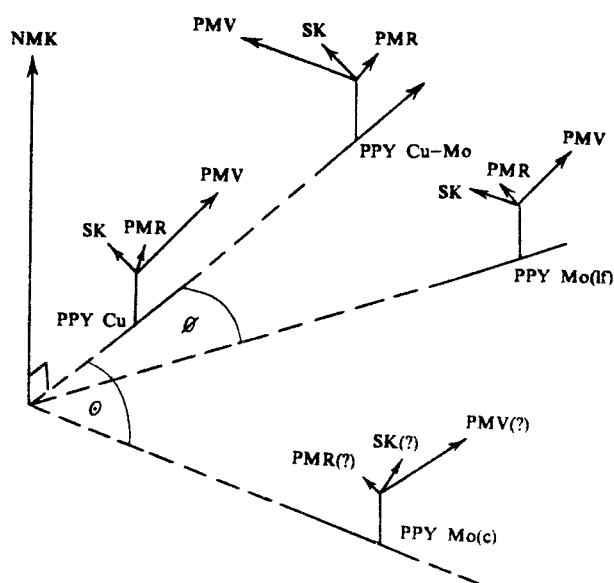


图 8 非岩浆成因类型矿床与斑岩矿床
系统间的不相关关系图解

意义也可以是不利的指示,如果两类矿床的形成过程在很大程度上相互抵触的。如果 PMV、SK、PMR 矿床是否是由对流热液槽形成的不能肯定(这种对流热液槽搬运和携带的全部组分和金属都来自围岩,即没有岩浆源的组分,岩浆仅为驱动流体对流提供热能而别无他用),那么这些亲缘矿床的非无效产出概率就意味着在其产出概率与斑岩矿床的产出概率之间有联系。在图 8 中,描述这种情况的 NMK(非岩浆族)矢量以直角(相互独立)排列,直到包含四个斑岩体系的基面。

采矿区内评价与未发现区评价的对比

资源评价者面临的最艰难的任务之一就是确定迄今尚未发现之矿化体系的非无效产出概率。这里,一个矿化体系的定义是,热液体系作用于其所侵入的围岩的结果的总和,即,对流热液系统与围岩相互作用所能形成的所有不同类型矿床的集合。由风化作用(砂矿)和次生富集作用(如,与某些斑岩铜矿伴生的辉铜矿层)所引起的矿床的再分布也是这种矿床集合的一部分。

对于确定未发现矿化体系的非有效产出概率,最常见的看法是,一个矿化体系只有最顶部才是出露的。这可能是一个小多金属矿脉,或是斑岩体系中的一块蚀变矿体,或者还可能是一个沉积喷流锌铅矿区很远端的一部分,如重晶石层或赤铁矿层。另外一种看法适用于出露的矿化体系附近的冲积盖层覆盖的地区,它有可能是一隐伏成矿体系(断层下盘),或者是一个成矿体系的一部分,在覆盖层下有存在的可能性。一个未发现矿化体系存在的可能性也可根据客矿构造、围岩成分、侵入体(热源)或关联的深大断裂来推断。

评价者经常面临的任務還有,“充实”已知矿化体系范围内的评价,以及评价研究区内矿化体系未发现部分的产出概率。在这两种情况下,图 3-8 是一种有用的评价指南。

当研究区内地质资料足以推断发现一个新的采矿区概率很小时,产出概率之间的联系就可用来“充实”矿产资源评价的内容。例如,如果建立了关于斑岩铜矿和矽卡岩矿床之间的互容性的话,资源评价者应该纳入多金属矿脉甚至包括多金属交代矿床存在的非无效产出概率,除非能证明这几种类型的矿床不能出现。资源评价者应对研究区内产出的、与某一特定矿化体系伴生的所有亲缘矿床的产出概率加以检验,然后利用可利用的资料排除一部分产出概率。危险的是,评价者可能会因为没有发现某种类型的矿床而对该亲缘矿床的产出作出过分的限制。同样,当估计一个新的采矿区的产出为非无效概率时,评价者应当利用这些产出概率间的联系对未发现矿区作完全评价,包括估计该成矿省中的所有亲缘矿床的。

结 语

矿产资源定量评价是估计某一地区尚未发现的矿产财富的质量和数量。它们受地区特定自然条件的限制。也就是说,正如房地产评价者必须评估地皮价值及其附着建筑物的价值一样,矿产资源评价者必须评估地表之下隐伏的尚未发现的矿产资源的价值。过去,这种评价是用来估计一个国家某些类型矿产原材料供应中断时的承受能力。今天,矿产资源评价则更多用来为估算当一块土地不用来采矿而辟作公园或野生区时的机会成本提供依据。

组成矿产资源评价领域的全部技术要素来自一些彼此独立的学科群,但多学科的矿产资源评价领域的核心是一组描述性模型和统计模型,这些模型把矿床概括为具有共同特征的物体的

集合。描述性模型与地质学原理密切相关，它是评价研究区内某一类型矿床或一组矿床是否有可能产出的基础。统计模型(品位吨位模型)概括了产在各类矿床中的金属的种类和数量。可使用计算机模拟模型按一地区金属产出的类型计算所有未发现矿产财富的总价值。

在本研究中,我们提出了一些用于估计与岩浆弧及其形成的火山-深成杂岩体伴生的各类矿床的产出概率的测量方法。如果驱动岩浆弧发育的构造作用有规律的话,我们可预期,所形成的火山-深成杂岩体的规模以及杂岩体内侵入中心的数量也会呈现规律性。初步资料表明,火山-深成杂岩体侵入岩部分内的斑岩铜矿床的产出概率在每平方公里 0.000X 和 0.00X 个矿床之间。由于不同类型矿床是在火山-深成杂岩体的不同层位定位的,所以杂岩体遭剥蚀的程度将影响可能产于该地区的矿床类型。正常的剥蚀速率将在 50 百万年内剥蚀掉这些杂岩体中与火山岩部分伴生的矿床。

最后,本研究根据一系列不等式(一种测量手段)检验了与侵入中心有关的不同类型的矿床的产出概率彼此是如何联系的。斑岩体系的这种测量方法(“亲缘”矿床类型及其产出概率)的特征,与多数其它与岩浆有关的体系一样,在很大程度上都取决于与热液系统相接触的岩石(围岩)类型。在平均地质条件下,可以认定,斑岩体系所形成的多金属矿脉要比斑岩矿床多,斑岩矿床比矽卡岩矿床多,矽卡岩矿床比多金属交代矿床多。

资源评价者必须从研究区内可能产出所有亲缘矿床的位置开始,该研究区内要有一给定的矿床系列端元的产出,然后再对某单个类型矿床逐一排除,而不是单独评价某一个矿床类型。无论评价者面前的任务是准备“充实”一个待发现新采矿区概率很小的地区的评价,还是去评估具有所有亲缘矿床的未发现矿区的产出概率,都应当采用这种方法。

矿床产出概率除有正相关联系外,还可有一些为负相关联系。这种情况在相互排斥的矿床类型间尤为典型。此外,构成某一成矿体系的亲缘矿床也许还具有相同岩相的特征。

矿产资源定量评价中未发现 矿床的预测——委内瑞拉和波多黎各的实例

Dennis P.Cox

美国地质调查所依据矿床模型进行矿产资源定量评价。评价体系由三阶段组成：
(1)选出适当的矿床模型,并在地质图上划出允许各个类型矿床产出的可能分布区域,
(2)为各个矿床模型建立品位-吨位模型;(3)预测各类未发现矿床的数量。本文主要用两种方法即矿床密度法和靶区计数法对未发现矿床进行预测。

在矿床密度法中,矿床预测是根据与充分勘探地区的对比进行评价的,那些充分勘查地区有与研究区相似的地质条件,且具有已知单位面积矿床密度。对于资料很少或根本没有资料的地区来说,矿床密度法行之有效。该法用于评价委内瑞拉未发现的低硫含金石英脉矿床。

矿床预测也可由这样的方式进行:对诸如矿化点、地球物理或地球化学异常区或勘探区的靶区计数,然后给每一个靶区指定一个概率,这概率能代表构成品位-吨位分布中一个端元的未发现矿床。该法对于那些有详细的地质、地球物理、地球化学和矿

产地的详细资料的区域有效。波多黎各斑岩铜-金矿床就是用该法进行评价的。

引言

美国地质调查所根据矿床模型进行矿产资源评价工作。矿床模型是以简易的形式对数据的总结，描述的是一组具有相似地质特征的矿床。矿床模型的依据是世界范围的文献和观测，它们包含着矿床共有的地质特征及其地质环境的信息。

矿产资源评价分三阶段

第一阶段：根据研究区的总体地质条件，选出适当的矿床模型，并圈出允许各类矿床产出的地区。这些允许矿床产出区要根据矿床模型中描述的建造环境来确定。

第二阶段：对于每个矿床模型，总结世界范围内有关矿床的品位和吨位的资料。通过运用类推法，区域内的未发现矿床在品位和吨位上应与世界范围内普遍情况相似。就许多类型矿床而言，这些资料可用于建立美国地调所公报 169 号和 2004 号中介绍的品位-吨位模型。

第三阶段：估计允许矿床产出区各类型未发现矿床的数量，这也是矿床评价的最难点。这是本文的主题。

任一给定区都有一个一定的但未知的未发现矿床数。对未发现矿床的估计是以分布百分位来表示，它的形式与通常使用的百分位是反向的或相互补充的。因此第 100 个百分位指定给零个或更多个未发现矿床的估计。例如，第 10 个百分位指的是此数目的未发现矿床出现的概率约为 10%。估计的矿床应与第二阶段中选定的品位/吨位模型相吻合。也就是说，如果估计有 10 个矿床，那么平均来说，5 个矿床的吨位应该大于该类矿床的吨位中值；5 个矿床的品位应该高于该类矿床的品位中值。

矿产资源评价三阶段法方案的经验表明，参与工作的地学家们对估计未发现矿床感到最为困难。经常的抱怨是，除非使用漫长且昂贵的勘探之外，所做的估计是无法验证的。所以未发现矿床的预测人员极少从增加经验中获益，正如气象预报人员，或体育比赛预测人员一样。本文介绍一些指南，用以增强这类预测的信心，并且说明在委内瑞拉和波多黎各(图 1)两实例中这些指南的使用。

关于未发现矿床的估计，有许多种方法。在本文中我们评论了两种方法：矿床密度法和靶区计数法。前者依据与已充分勘查区的类比来完成估计，这样的勘探区有已知的单位面积矿床的密度，而且其在地质上与研究区相类似。已知区的矿床个数可作为研究区内可能存在的矿床个数的一种指标。经过与研究区内已知矿床和矿点的个数相比，未发现矿床的个数能够得以预测。某些矿床密度可能接近最大密度，如日本的北陆地区已充分勘查过的块状硫化物矿床。这可为研究区中未发现矿床的估计提供一个上限。矿床密度法应该适用于几乎没有资料的地区。我们用委内瑞拉低硫化物含金石英脉的评价来说明这种方法。



图 1 波多黎各和委内瑞拉研究区位置

估计也可由靶区计数法来完成，计算靶区如矿化点、地球化学和地球物理异常或勘查区的个数，然后给各个靶区指定一个概率，此概率代表构成品位-吨位分布中一个端元的未发现矿床。这些概率的总和是未发现矿床估计数的期望值或中值。该法在具有详细的地质、地球物理、地球化学和矿化点资料的地区是有效的。波多黎各未发现斑岩铜-金矿床的评价是用来说明此方法的一个实例。

三阶段评价法产生三个或更多个概率分布，即矿床数量分布、吨位分布和品位分布。用计算机模拟求出这些概率分布的模式可得出研究区中未发现矿床中含金属量的概率估计值。

委内瑞拉：矿床密度法

由美国地质调查所和委内瑞拉-圭亚那地盾上的矿业技术有限公司完成的一项为期 5 年的矿产资源研究计划，最后形成了一幅比例尺为 1 : 100 万的新地质图和地球物理数据汇编，一份有 500 个记录的矿床文件登录和一份矿产资源评价报告。该地盾含有一个太古界麻粒岩变质体(伊马塔卡杂岩体)和一个下元古界花岗岩-绿岩(图 2)。上覆有一套局部变质的沉积和火山岩套，它们由陆相碎屑岩和大量未变质的火山灰流凝灰岩组成，并被非造山花岗岩深成岩体侵入。这些火山岩和深成岩在图 2 表示的地区未出露，但火山岩可能与作为变质沉积岩而聚集成的单元有关。最年轻的沉积岩套由下-中元古界陆相碎屑岩(罗赖马组)组成，局部被花岗岩和碱性杂岩体侵入。资源评价主要依据下列矿床模型：麻粒岩

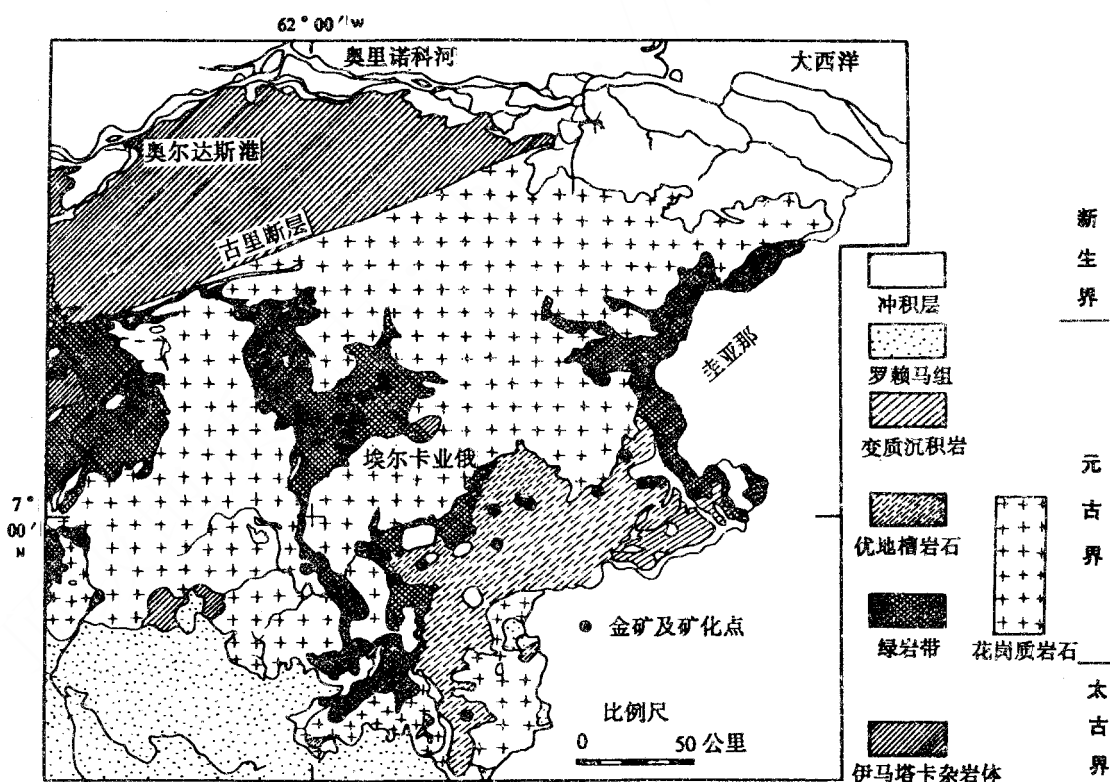


图 2 委内瑞拉地盾东北部地质图，说明低硫化物含金石英脉矿床和某些矿点的分布，
允许矿床产出的地区是那些下伏有绿岩带和优地槽岩石的地区，即图中灰黑色区

地体区中的阿尔戈马型含铁矿建造；绿岩带中的低硫化物含金石英脉和黑矿型块状硫化物

矿床；上覆火山和沉积岩中的碳酸盐岩、金伯利岩岩筒和云英岩锡矿床；表生环境中的红土型铝土矿、沉积高岭土和各类砂矿床。

低硫化物含金石英脉矿床是绿岩带和优地槽岩系绿片岩相变质岩剪切带中的脉及脉系。金与微量黄铁矿及其它硫化物一起产于石英-碳酸岩脉石中。由 J.D.Bliss(1986)汇编的低硫化物含金石英脉矿床的品位-吨位模型见图 3 所示。该模型依据世界范围内 313 个矿床的资料，其中主要为显生宙的矿床。低硫化物含金石英脉矿床是已知分布最广泛的矿床类型；它们产于世界范围的变质优地槽地体的绿岩带中。在澳大利亚维多利亚州、加拿大新斯科舍省的麦格玛地体和美国加利福尼亚州克拉马斯山及东内华达山山麓，低硫化物含金石英脉矿床的产出密度为每 1000 平方公里 24.3 ~ 5.4 个，见表 1。

委内瑞拉允许低硫化物含金石英脉矿床产出的面积为 13,000 平方公里(图 2)，会有下元古界绿岩，长英质变凝灰岩，镁铁质和超镁铁质侵入体。该内 27 个已知低硫化物含金石英脉矿床的品位和吨位数据与品位-吨位模型(图 3)吻合。Bliss(1986)为了把独立矿床与已知矿床的延伸部分区别开，使用了主观法则，即规定独立矿床相隔 1 英里(1.6 公里)。基于其围岩(虽然时代不同)的相似性，可以假设在这个允许矿床产出区中的矿床密度与澳大利亚、新斯科舍省和加利福尼亚州的类似。如果这正确，那么该地区应当赋存有 56-70 个矿床(表 1)。因为已有 27 个矿床是已知的，所以可认为尚有未发现矿床 29-43 个。这个估计数是合理的，因为该区中 50 个已知矿点因缺乏品位和吨位信息可当作可能的未发现矿床。如果未来钻探证明全部或部分矿点的品位和吨位与模型吻合，那么它们即可被认为是矿床。

表 1 4 个地区中低硫化物含金石英脉矿床产出密度与
委内瑞拉未发现矿床估计个数之间的关系，各地区均标准化为 13000 平方公里

	矿床数量
美国加利福尼亚州克拉马斯山(4.3/1000 平方公里)	56
加利福尼亚内华达山麓(4.6/1000 平方公里)	60
澳大利亚维多利亚州(5.0/1000 平方公里)	65
加拿大新斯科舍省麦格玛地体(5.4/1000 平方公里)	70
委内瑞拉的允许矿床产出区	
27 个已知矿床加 50 个矿化点	77
27 个已知矿床加 36 个未发现矿床	63

4 个参考区的面积均标准化为 13,000 平方公里来计算矿床个数，这是委内瑞拉允许矿床产出区的面积。

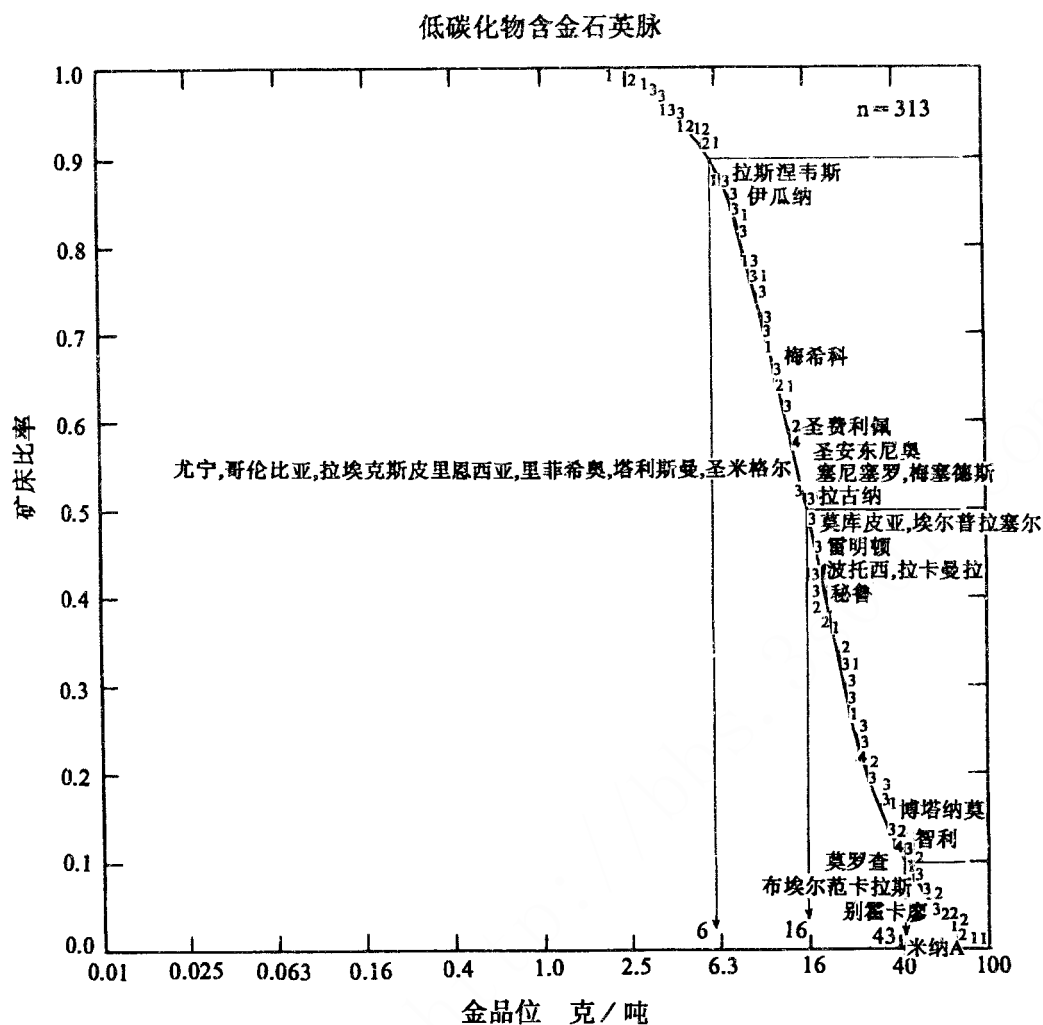


图 3 低硫化物含金石英脉矿床的品位-吨位模型, 据 Bliss(1986)。

曲线上的小数字表示取自数据范围内独立矿床的资料。委内瑞拉的低硫化物含金石英脉矿床, 按照其过去产量和储量的吨位和品位, 在曲线上标出。

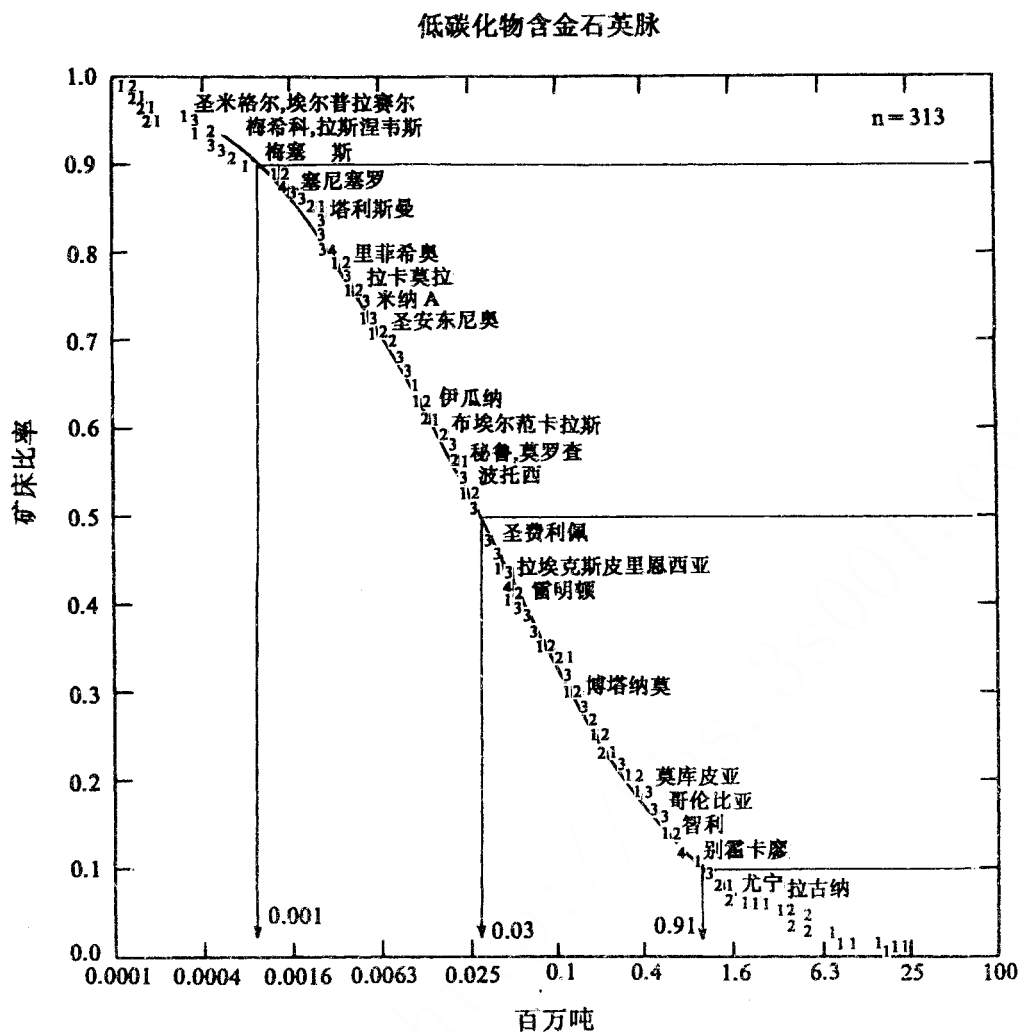


图 3(续)

用这些数字为准则，研究小组做出了未发现矿床个数的主观估计。可以预计在第 90 百分分位处该可能分布区含有 20 或 20 多个未发现的低硫化物含金石英脉矿床，在第 50 百分分位处含有 40 或 40 多个矿床，在第 10 百分分位处含有 50 或 50 多个矿床，它们与品位/吨位模型曲线吻合。相应于这一分布的矿床个数中值或预期值是 36 个。将此数与 27 个已知矿床相加，得出总数为 63，与 4 个参考区的标准化的数值相当吻合。

矿床密度法的这类应用，对于使用高深统计学的评价技术来说，仅仅代表了一种初步的方法。仅此 4 个控制区的样本不足以显示矿床密度的真实变化程度。在显生宙控制区和早元古界的研究区之间地质相似性的假设，其可靠性是有疑问的。太古宙脉状金矿床，在许多方面与低硫化物含金石英脉矿床相似，但其吨位明显大于显生宙的相应矿床。或许与时代有关的地质作用影响着吨位和矿床密度。需要更好的数据以及对地质作用更明确的理解，才能保证这些课题的广泛研究计划是合理的。

波多黎各：靶区计数法

对波多黎各岛进行的 1:20 万比例尺的矿产资源评价集中研究斑岩铜矿、浅成热液金矿、红土型镍矿及其它类型矿床的未发现资源。圈出大片地区作为允许斑岩铜矿床产出的地区，其中又圈出一小块有利于斑岩铜-金矿床形成的地区。因为该有利成矿区有大量详细的信息可供使用，也因为其矿床模型具有高度可信性，所以对未发现的斑岩铜-金矿床做了独立的评价。该估计是以 1:5 万地质图、肯奈科特有限公司所提供的航磁图和地球化学图为依据的。

有利成矿区中斑岩铜-金矿床具有下述特征：

1. 第三纪富含石英细晶基质的英云闪长岩斑岩岩株侵入白垩纪变玄武岩或始新世火山岩和沉积岩(图 4)。

2. 热液蚀变作用显著，钾质蚀变在中心部位，向外过渡到青磐岩化蚀变。某些矿床有矿帽和(或)绢英岩化或泥质蚀变外带。

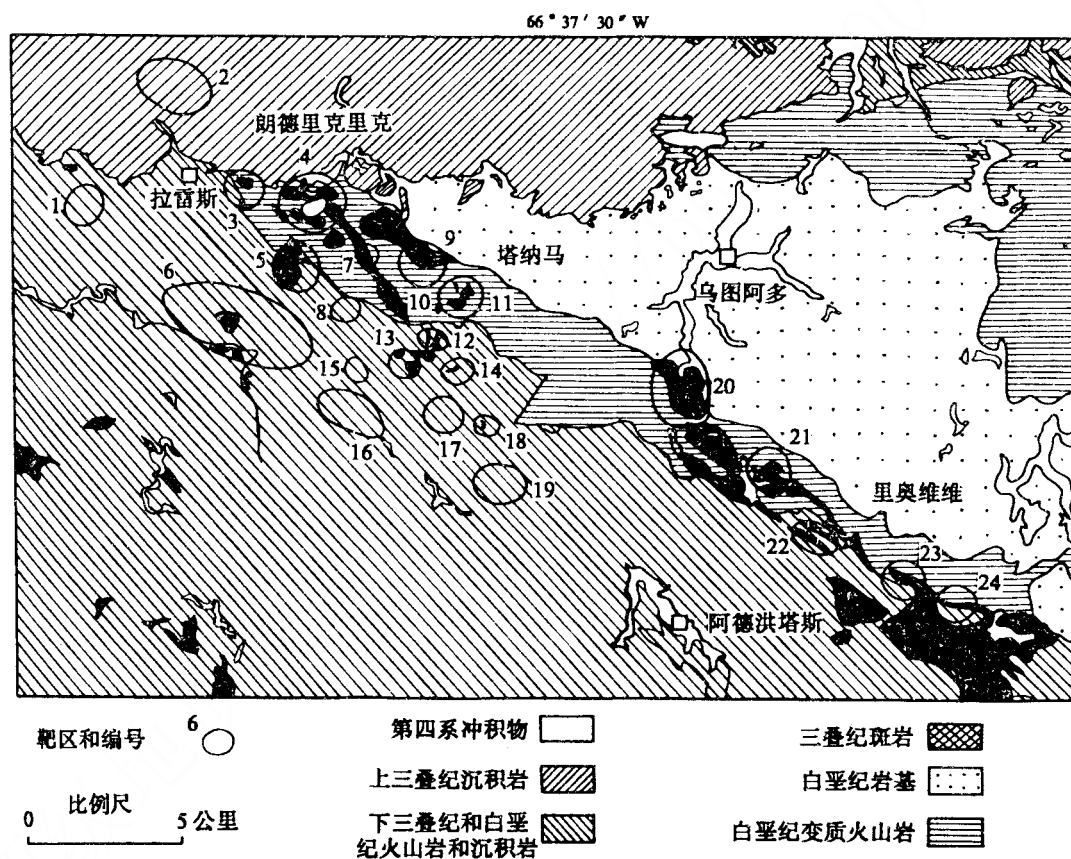


图 4 波多黎各拉雷斯-乌图阿尔-阿德洪塔斯地区地质图，表示出主要的斑岩铜-金矿床和靶区。图中的数字见表 2 的介绍和估计数

3. 黄铜矿以及磁铁矿或黄铁矿与石英共生于网状细脉中。含辉钼矿网脉稀少。
4. 边缘型小多金属脉(含黄铜矿、闪锌矿、方铅矿及银和金)，可产于远离斑岩矿床几公里以外的地方。
5. 高航磁异常与该岩株有关，并由该矿体中磁铁矿化而加重。
6. 在某些地区(埃莱乔)，中心磁高区被磁低区环绕，地磁区是由边缘绢英岩化和粘土化蚀变

带中黄铁矿交代磁性铁矿物引起的。

7.对水系沉积物进行的化学分析表明，铜和金异常伴有较弱的钼异常。或许由于活水稀释作用，某些矿床并不具有水系沉积物异常。最强的异常出现在一个规模较小的矿床(朗德里克里克)附近。边缘有弱的锌、银和锰异常，这可能起因于多金属矿脉。

两个勘查最充分的矿床，塔纳马和里奥维维，是 60 年代钻探的。它们的吨位、铜品位和金品位(表 3)与 Singer 和 Cox(1986)的斑岩铜-金矿床品位-吨位模型吻合。

图 4 和表 2 说明，有利成矿区内的 24 个靶区可能含有未发现铜-金矿床。对于每个靶区，指定了一个概率，即该靶区包含有一个其品位和吨位与 Singer 和 Cox(1986)的品位-吨位模型相吻合的未发现矿床的概率。这一指定是主观的，其依据是该靶区是如何显现出上面所列的 7 个特征或者此可能分布区中已知矿床的可比区域。

塔纳马和里奥维维(11 号和 22 号靶区，图 4)都含有与模型相吻合的已公开吨位和品位的矿床，指定它们为零概率，因为那里不可能有另外的未发现矿床存在。指定埃莱乔(12 号靶区)为高概率区，因为尽管该靶区的吨位和品位尚未公开，但据肯奈科特有限公司的钻孔资料而绘制的图件表明，该矿床几乎肯定属于该模型。朗德里克里克(4 号靶区)含有一个矿石级小矿体，大小约为 70×250 米。指定朗德里克里克靶区为低概率区，因为其吨位太小不适合于此品位/吨位模型。

指定东克里米那尔斯(9 号靶区)为高概率区，因为该区的角砾岩体伴有强烈的绢英岩化蚀变，浸染状黄铁矿，且铜含量异常，这与肯奈科特勘查公司提供的航磁图上的一个大面积低磁异常区。这些数据暗示深部有大型斑岩体系，还指定皮莱塔斯(2 号靶区)为高概率区，它被大约 300 米厚的渐新世沉积岩覆盖。该区有航磁异常且在形式上与其东南部斑岩铜-金矿体系所造成的高异常相似。该靶区是沿里奥维维、塔纳马-朗德里克的走向(图 4)产出的，位于塔纳马西北 11~12 公里处。这个距离与塔纳马与里奥维维之间的距离近似。这 7 一事实支持了皮莱塔斯区矿床产出的高概率。该类矿床之间的间距有规律性，即 15 公里，沿加拿大不列颠哥伦比亚省克内尔构造带此类矿床即有这么一种规律分布。

表 2 中表明的概率和为 3.5。这等于该允许产出区内斑岩铜-金矿床的预期个数。在第 90 百分位估计有 2 个矿床，第 50 百分位估计有 3 个矿床，第 10 百分位估计有 5 个矿床，第 5 百分位估计有 8 个矿床，第 1 个百分位估计有 10 个矿床，均与其地质条件、估计的概率、预期的矿床个数、根据 Root 等(1992)的方法计算的概率相吻合。表 3 说明了矿床个数的估计值，由蒙特卡洛模拟计算出的金属量估计值，以及有利成矿区已知和未发现矿床的原位毛价值。

本研究中靶区计数法的应用依靠的是几位在此领域断续工作 30 多年的经济地质学家的经验；概率估计是主观的。为了使更多的研究人员使用该技术，由于中间的某些人也许缺乏这类经验，所以更好、更为量化的矿床模型是有必要的。

表 2 图 4 所示波多黎各拉雷斯-阿德洪塔斯地区有利成矿区的地质、地球物理和地球化学特征，以及斑岩铜-金矿床有利成矿区块中未发现矿床的概率

靶区 号码	名称	地质条件	航磁异常	矿产地	水系沉积物地 球化学	概率 (O)
1	马哥斯	Tv，出露不好	高值 5，直径 500-1000 米，揭示火成侵入体存在	无已知矿产地	ND	0.01
2	皮莱塔斯	被拉雷斯灰岩覆盖，位于塔纳马朗德里克里克带	高值 4，直径 500-1000 米，与已知矿床的特征相似	无已知矿产地	ND	0.50

3	拉雷斯伊斯特	Tv 露头不好	磁高区	无已知矿产地	ND	0.01
4	朗德里克里克 Ti 岩株, 小面积钾化	高低复合型异常	石英网脉中含黄铜矿, 证实有 Cu>0.4% 的 500-1000 万吨矿石	Cu>1000 Au0.006-0.01, 有 Mo、Zn、Pb、Ag、Mn	异常>0.10	
5	马提尔德	Ti 岩株, 无蚀变, 出露差	大面积高值	无已知矿产地	Cu>0-300, Zn300-500	0.05
6	帕拉塔诺斯	Tv, 大范围青磐岩和绢英岩化中有小侵入体, 两个明显未蚀变的 Ti 岩株	大面积低值 1.5×6 公里; 西侧与蚀变吻合, 高值与 Ti 岩株吻合	小脉中有黄铜矿	Cu300-1000, Zn100-300, 下游有 Mo 异常	0.30
7	库普克里克	Kv, Ti 岩株, 钾化	小面积高值	石英-磁铁矿网脉, 铜染; 一个钻孔中有矿石品位的 Cu	Cu>1000 Au0.006-0.01	0.10
8	里奥皮埃德拉斯	Tv 为主, 露头差	高值	无已知矿产地	Cu70-300	0.01
9	东克里米那尔斯	Kv 为主, 小的 Ti 岩体, 大量角砾岩 (0.6×1.5) 公里, 绢英岩化	大面积低值, 1.5×2 公里, 区内切有高值	露头中铜含量高达 0.34%	Cu>300-1000, Zn300-500, Au0.006-0.01, Mn>2500	0.6
10	库普克里克东	南 Ti 岩株, 局部钾化	弓南翼为高值	无已知矿产地	Cu3000-1000	0.10
11	塔纳马	Ti 岩株侵入 Kv, 北侧钾化, 向南见绢英岩化和泥质蚀变	强高值	已知的斑岩铜-金矿床	Cu300-1000 (东北部), Zn 弱异常	0.00
12	埃莱乔	Ti 岩株, 钾化, 周围是有绢英岩化和泥质蚀变的 Tv	孤立的高值被低值包围	已知的斑岩铜-金矿床, 储量未公布	Cu>0.300, Mn>2500, Zn 弱异常	0.95
13	塞罗拉米拉	Ti, 出露不好	高值	无已知矿产地	Cu>70-300, Zn100-300	0.05
14	东埃莱乔	未出露	高值	无已知矿产地	弱异常	0.01
15	西波尔蒂罗	Tv 露头差	小范围高值, 西侧被低值包围	无已知矿产地	ND	0.01
16	瓜亚波杜尔塞	Tv, 蚀变	无显著特征	无已知矿产地	Cu70-300	0.01
17	巴罗塞科	Ti, 露头差	高值	无已知矿产地	弱异常	0.01
18	上塔纳马	Ti, 露头差	无显著特征	无已知矿产地	Cu300-1000, Mn>2500	0.20
19	塞罗拉罗索	Ti 岩株	高值	无已知矿产地	Cu70-300	0.01
20	里奥阿莱西博	大的复合 Ti 斑岩株	高值	脉中的黄铜矿和黄铁矿	Cu70-300, Au0.006-0.01, Mn>2500, 有 Zn、Ag	0.20
21	皮雷亚斯	Ti, Kv 和 Tv	南侧见孤立的高值	脉中的黄铜矿和黄铁矿	Cu300-1000 Mn>2500	0.20
22	里奥维维	Ti 岩株侵入于 Kv 和 Tv, 广泛蚀变	两侧见透镜状高值区	已知的斑岩铜-金矿床	Cu300-1000 (南侧)	0.00
23	埃尔布兰科	小的 Ti 岩株	高值	铜染	弱异常	0.01
24	贾卡	小的 Ti 岩株	高值	铁砂卡岩	Au0.006-0.01 Cu 弱异常	0.05

注: Tv: 第三纪火山岩和沉积岩; Ti: 第三纪斑岩侵入岩; Kv: 白垩纪火山岩; Ki: 乌图阿多岩基的白垩纪深成岩; Tkd: 第三纪和白垩纪闪长岩侵入体; 水系沉积物地球化学值以 PPm 计; Cu 铜; Zn 锌; Au 金; Ag

银；Fe 铁；Mo 钼；Mn 锰；Cp 黄铜矿；Py 黄铁矿；mt 磁铁矿；ND 表示无数据，（O）为未发现矿床概率。

表 3 矿床估计个数，用蒙特卡洛模拟算出的估计金属量，以及波多黎各已知和未发现矿床的原位毛价值

	未发现矿床	已知矿床		
		90% 概率	50% 概率	10% 概率
每个矿床的矿石量(百万吨)	139 和 100	25	100	400
铜品位(%)	0.7 和 0.8	0.35	0.5	0.72
金品位(PPm)	0.38 和 0.2	0.2	0.38	0.72
矿床个数	2	2	3	5
铜金属量(百万吨)	1.7	0.6	2.4	7.4
金金属量(吨)	71	32	180	580
原位毛价值(亿美元)	26	16	70	230

注：原位毛价值以铜为 1.00 美元/镑、金为 300.00 美元/盎司计算。

对波多黎各进行的地球化学研究说明，在斑岩铜-金矿床周围的水系沉积物和土壤中，钼、金及其它元素呈复杂的分散模式。现在知道，水系沉积物中铜异常的出现并是矿床存在的必要标志，但土壤中广泛分布的金异常是矿床存在的充分标志。要确定具有给定地质、地球物理或地球化学特征的矿床的概率，需要更多的资料。为此必须衡量确定是某个矿床和某个无矿区的那些性质是否存在的概率。Chang 等(1992)讨论了这类矿床数据贝叶斯统计方法在资源评价中的利用。

结 语

我们所谈论的技术是重要的，因为它们对资源评价过程提供了地质限制条件，保证了评价人员不“只是瞎猜”。然而，如上所述，这些技术并不成熟，需要大量的数据收集和验证工作，才能有把握加以使用。

勘探经理和政府政策制定者应该可能得到最好的估计结果；在该研究领域内富有经验并熟知矿床的地质学家是这些估计的基本保障。美国地质调查所正在进行一项积极的项目，以便建立更好的矿床模型，包括矿床密度模型，并提供能够更好地解释地质、地球物理和地球化学数据的方法，从而使未发现矿床的估计更臻于成熟。

用寿命周期模型和经验模型 评估美国石油潜在供应量

D.Haris 等

本文报导了估计美国石油潜在供应量的两种方法：1.根据直到 1987 年的石油产量

数据建立的寿命周期模型分析；2.以石油发现速度为基础的经验曲线分析。根据这些分析,美国(本土 48 个州加阿拉斯加州)石油潜在供应量(最终可回采石油)估计为 2220 亿桶。这一潜在供应量估计值的参考依据是石油价格约为 20 美元/桶(1989 年美元固定价)。

引言

科学家们一直在继续评估美国未发现的常规石油资源或最终可回采常规石油资源,自 1980 年起,已进行过 5 次这样的研究,各项研究的估计值列于表 1,他们是利用各种资源评估方法求得的,这些方法包括地质分析和类推,产量法和发现趋势外推法,主观概率法和油田分析。相比之下,本文所介绍的估计值是用寿命周期模型和经验模型求得的。

表 1 近年美国可回收原油资源的评估值

作者和年份	累计产量 (× 10 亿桶)	储量 (× 10 亿桶)	储量增长 (× 10 亿桶)	未发现可回采资源 ^a (× 10 亿桶)	最终可回收资源 ^a (× 10 亿桶)	参考价格 ^b (1989dollars)
M.T.Halbouty 和 J.d.moody,1980	112	49		L=35 M=77 H=182	M=238	
R.Nehrlng 等, 1975	151		L=16.4 M=36.2 ^c H=65.8	L=14.4 M=19.6 H=32	L=182.0 M=207.0 H=249.0	\$58.90
美国地调所 (1981)	121	31.4	M=23.4	L=64.3 M=82.6 ^d H=105.1	L=240.1 M=258.4 H=280.9	31.8 ^e
Shell,1983 (Rozendal,1986)	151 ^f	35 ^{f,g}	30 ^{f,g}	M=55 ^f	M=271	
美国地调所/矿 产服务局, (1989),	143	29.5	21.7	L=20.7 M=34.8 ^d H=53.8	L=215.2 M=229.3 H=248.3	经济可采: 价格从 1990 的 17.6 美元/桶 以年增 4%的速度增 长到 2012 年的 41.8 美元/桶
				L=33 M=49 ^h H=70	L=227.2 M=243.2 H=264.2	可采

注释: a 对 M. T. Halbouty 和 J. D. Moody 的工作, M 是期望值; 对 R. Nehrlng 等 L, M 和 H 分别是 10%, 50%和 90%。G. L. Dolton 等人(1981)年提出的和 R. F. Mast, L 和 H 分别是 5 和 95 的百分估计值, M 是中值。

b 根据国民生产总值的内在价格通货膨胀指数

c R. hrllng 提出的估计值包括提高石油回采率

d 未发现的经济可采的石油资源

e 作者报告推断的

f 包括液体天然气

g 包括从第三级提高回采方法可回采的储量

h 未发现的可回采石油资源

利用寿命周期模型评价矿产的潜在供应量的最早倡议者是 M.K.Hubbert(1967,1969,1974), 他用导出的数理模型描述了石油发现的时间分布.根据这个模型, Hubbert 预言美国国内原油产量(阿拉斯加州除外)1969 年将达顶峰.历史已证实这预测惊人的准确,但实际仅相差一年。用同样的模型, Hurbbert 估计美国本土最终可回采石油是 1706 亿桶。由于 Hurbbert 的开创性工作是在大约 30 年前完成的(最后更新和重作是在 1974 年),我们此项研究是根据更长时期,更完整的生产产量记录(直到 1987 年)重新核算了寿命模型分析,提出关于美国石油潜在供应量的预测。



图 1 美国石油产量(亿桶)

Hubbert 在 1974 年也曾用以发现速度为变量的指数模型评估美国本土 48 个州的最终可回采石油资源.那个分析得出的评估值类似于他用寿命周期模型估计的评估值.但是用指数模型估计的评估值受到了大量的指责(Harris, 1977, 1984),因为它与实际数据不相符并且未用统计方法。我们此项研究借用了 Hubbert 的关于发现率的数据(截至 1971)和 ROOt(1980)的关于发现率的修正数据(截至 1977.9),目的是为了适合经典经验模型,在经验模型中,累计钻井工作量是经验值,累计发现率是根据经验修正的实测值。与寿命周期模型的产量数据不同,经验曲线模型利用的发现率数据在 1988 年前一直未更新。

利用产量的寿命周期模型进行评估

寿命周期的概念

D.F.Hewett(1929)在关于金属生产周期的文章中首次提出了矿产工业中寿命周期的概念。寿命周期基本上意味着矿业的某些特征,例如,发现或产量的特征是四个阶段,即:初始阶段(出生),迅速增长阶段(青年),平衡阶段(中年),减产或下降期(老年),枯竭期(死亡)。当产量来自单一类型矿床,且没有采用新技术时,这类模型能很好地描述某些矿山(油田),矿区,盆地直至地区或国家的矿产品产量的时间分布(Harris, 1984)。

生产的寿命周期模型是以时间函数表示的耗竭和技术的动态变化,这样,时间函数的数学公式必须能灵活地表示从发现到枯竭的全过程,在给定一个适合的数学公式的情况下,矿产(包括石油)潜在供应量的估计要求符合寿命周期模型,并且评价无限或一定价值时一体化的时间函

数。

研究方法

选择寿命周期的数学模型是重要的任务，因为数学模型可明显地影响石油潜在供应量的估计值。除了需要一个数学模型描述从发现到枯竭的全过程外，目前还没有一种理论能使模型的数学公式是确定的。此项研究考虑三个可变的数学模型：衍生数理分析模型，衍生戈珀兹模型和正态曲线模型。此外，模型估计的方法反映了预测的前景：尽管模型描述了寿命周期，但在估计模型参数时，更为重要的是模型符合时间序列的后一部分而不是前一部分。如时间序列预测中的

趋势外推法一样，用合适的模型进行外推可以预测将来的产量。据此，美国最终可回采石油资源是以下两个数量之和：直到 1987 年的累计产量和模拟的从 1987 年到未来的全部资源量。

为了与预测方法一致，将每个模型的特点显示出来，只从与模型高度一致的那些数据中选择数据估计模型的参数，提供选用的数据包括近期数据。根据 J.V.Gregg 等(1968)的方法，它是通过将时间序列数据曲线的斜率与模型的曲线比较，除去一致性不好的那些早期数据而获得的。数据的斜率是通过计算求得：1.移动数据窗口通过产量-时间序列曲线(图 1)，计算每个窗口分布的截距 a 和斜率 b 的最小平方估计值，这样建立关于 a 和 b 的时间序列，2.建立 a 和 b 函数的时间序列，这是数学模型需要的，如戈珀兹模型以便建立了一个线性关系模型(例如 $\text{Log}b/a$ 时间序列值就绘出降曲线，当数据符合戈珀兹模型时，曲线为线性趋势)。每个模型分别要进行上述过程。模型比较通过方差分析，方差是根据用于估计模型参数的数据计算的。

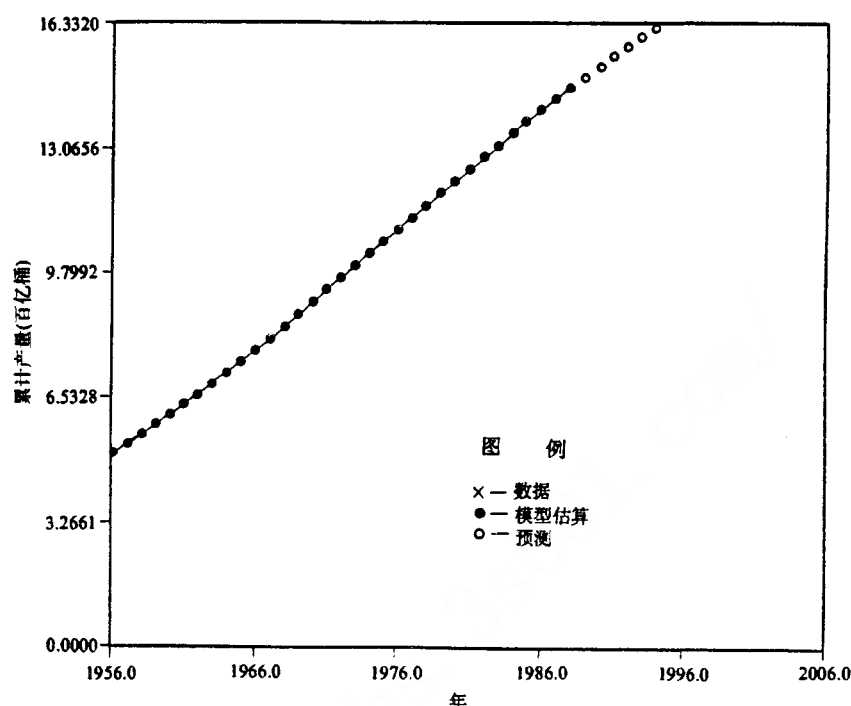


图 2 实际产量和用数理模型估算的累计产量

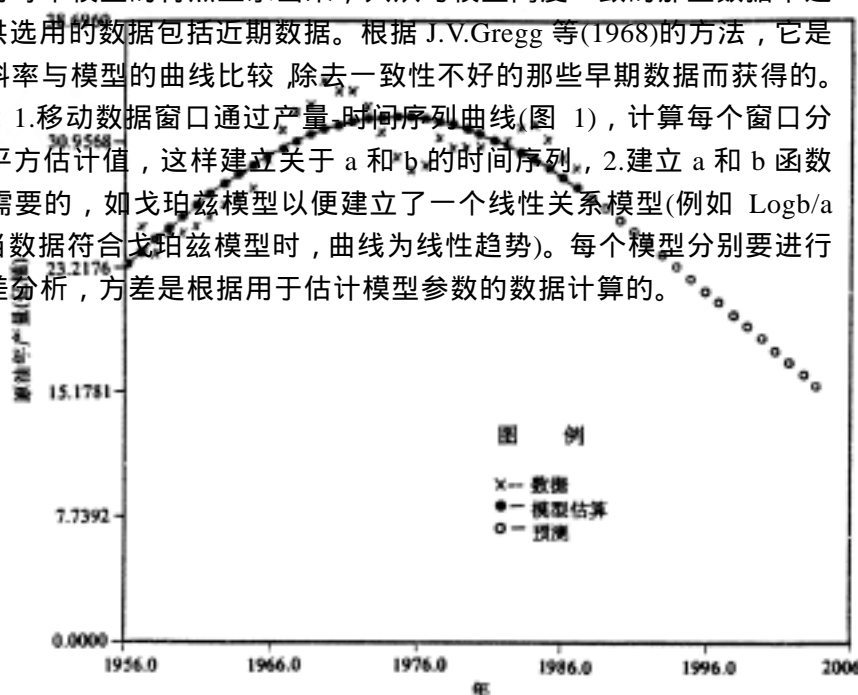


图 3 实际和据衍生数理模型估算的年产量(1956—1988 年)

由于寿命周期模型(衍生数理分析模型, 戈珀兹模型和正态曲线模型)是非线性的, 他们的模型参数不能直接用回归分析方法估计。可是正态曲线取对数可转换成为二次方程, 用多元回归分析可估计二次方程的参数。正态曲线参数可从二次方程参数中再求得(Harris, 1986)。衍生戈珀兹模型和数理分析模型的参数可由他们适宜的完整曲线(戈珀兹模型, 数理模型)估算出来, 通过适当的转换, 戈珀兹模型和数理曲线模型可被表示为修正指数法, 参数估计可用最小二乘法。

数理模型

数理模型有下面的公式:

$$t^* = 1/(a - br^t), \quad (1)$$

式中 Q_t^* 为 t 期间的累计产量, $t=1$ 代表 1956 年, a, b, r 为待估计的未知参数。公式可改写为:

$$Q_t^* = K/(a^t - b^t r^t)$$

其中 $a = a/K$ $b = b/K$

由于 $Z_t = 1/Q_t^* = a - br^t$, 未知参数(a, b 和 r)可利用 Z 的时间序列和 J.V.Gregg 等(1968)介绍的方法进行估计, 即修正指数法 $a - br^t$ 的参数估计的最小二乘法求近似值的过程。1956 年以前的数据除去, 保留 1956 年至 1987 年的累计产量数据, 根据(Q_t^* 时间序列的斜率, 求修正指数法的参数。适当的数理模型是:

$$\bar{Q}_t^* = \frac{1 \times 10^{11}}{0.4617 + 1.5924(0.948)^t} \quad (2)$$

就方程 2 中的 t , 年产量的寿命周期模型由 Q^* 导出

$$\hat{Q}_t = 9.7176 \times 10^{10} (0.9408)^t \times \left[\frac{1}{0.4617 + 1.5924(0.9408)^t} \right] \quad (3)$$

图 1 示出用于估算这些模型参数的美国石油产量的时间序列数据, 方程 2 和方程 3 分别适合累计产量和年产量, 见图 2 和图 3。两条曲线图都分别显示与实际相符。均方差(MSS)由实际和估算的石油年产量计算得出:

$$MSS = \sqrt{\frac{1}{32} \sum_{t=1}^{12} (Q^t - \hat{Q}_t)^2} \quad (4)$$

其中 32 代表用于拟合模型的数据集中的年数。对于这个数学模型，均方差 (MSS)=169,385,000 桶。

利用寿命周期分析法预测的美国石油潜在可供量是截至 1987 年的累计产量与从 1987 年到未来整个寿命周期估计值之和。对于衍生数理分析，潜在可供量等于数理模型渐近值 $1/a$ 减去 $t=32$ (对应 1987 年的 t 值) 的预测值加上截至 1987 年的累计产量，或

$$PS = 216.6 \times 10^9 - 145.4 \times 10^9 + 145.5 \times 10^9 = 216.7 \times 10^9 \text{ bbl}$$

戈珀兹模型

著名的戈珀兹模型为：

$$Q_t^* = e^{a-br^t} \quad (5)$$

令 $Z_t = \ln(Q_t^*) = a - br^t$ ，未知参数 (a、b、r) 可用 Z 的时间序列和 Cregg 等 (1968) 介绍的关于求修正指数 $a - br^t$ 参数的最小二乘法估计近似值的过程进行估计，除去 1936 年以前的数据，保留 1936 年至 1987 年 52 个观察点的数据 (累计数据)，根据这些时间序列数据 Q 的斜率估计模型参数。

合理的戈珀兹模式为：

$$\hat{Q}_t^* = 1000e^{19.7584 - 3.3557(0.9764)^t}$$

(6)

$t=1, \dots, 52$, 代表 1936-1987 年。

由戈珀兹公式对时间求导，得到年产量的寿命周期模型为：

$$\hat{Q}_t = 81.3815(0.97604)^t e^{19.7584 - 3.3557(0.97604)^t}$$

(7)

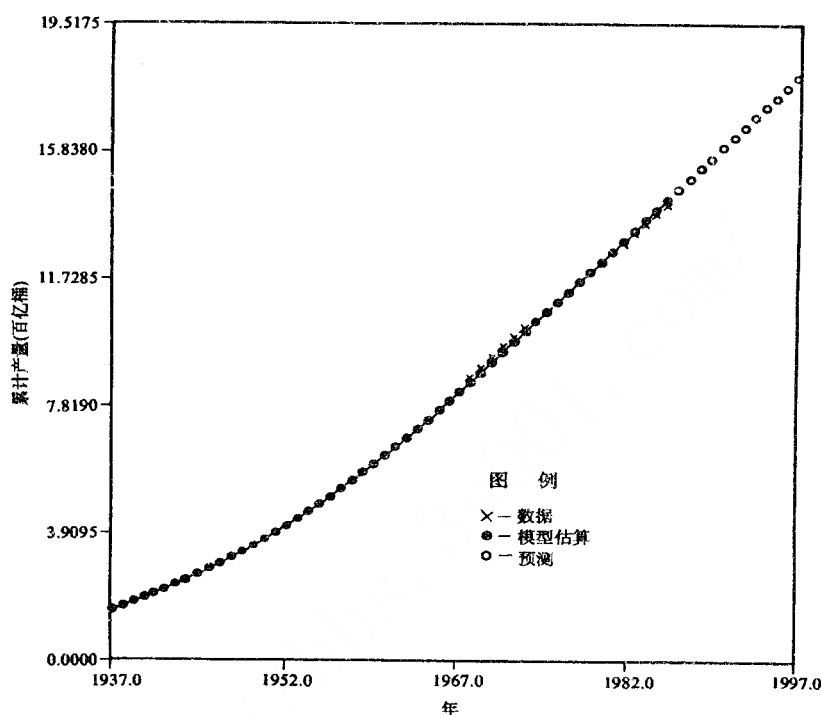


图 4 实际的和据戈珀兹模型估算的累计石油产量

$t=1, \dots, 52$, 代表 1936 年-1987 年

图 4 和图 5 分别表明戈珀兹模型与累计产量数据吻合, 衍生戈珀兹模型与年产量数据吻合。戈珀兹模型完全符合累计产量数据, 但是拟合的戈珀兹衍生模型似乎后 15 年的预测值超出了实际年产量(见图 5)。戈珀兹衍生寿命周期模型估计的均方差(MSS)为 18060500 桶, 它比数理分析的均方差约多 1000 万桶, 表现检测和方差分析表明, 作为美国石油产量的寿命周期模型, 戈珀兹衍生模型不如数理模型。

用戈珀兹衍生寿命周期模型估计的潜在可供量, 是戈珀兹模型的渐近值减去 $t=42$ (1987 年)时戈珀兹模型的预测值加上截至 1987 年的累计产量:

$$PS = 381.0 \times 10^9 - 147.2 \times 10^9 + 145.5 \times 10^9$$

$$PS = 3793 \text{ 亿桶}$$

正态曲线模型

正态分布概率密度函数可通过将方程乘以测量常数 K 而转换为寿命周期模型, 用 t 表示随机变量:

$$Q_t = (K / \sigma \sqrt{2\pi}) e^{-(1/2)[(t-\mu)/\sigma]^2} \quad (8)$$

方程(8)两边取对数, 得到 t 的二次方程:

$$\ln Q_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 \quad (9)$$

式中:

$$\begin{aligned} b_0 &= \ln[K / \sigma \sqrt{2\pi}] - \mu^2 / 2\sigma^2 \\ b_1 &= \mu / \sigma^2 \\ b_2 &= -1 / (2\sigma^2) \end{aligned} \quad (10)$$

在这个公式中, 可以用多元回归分析估计参数 b_0, b_1, b_2

$$\ln \hat{Q}_t = 20.7750 + 0.05412t - 0.0006487t^2 \quad (11)$$

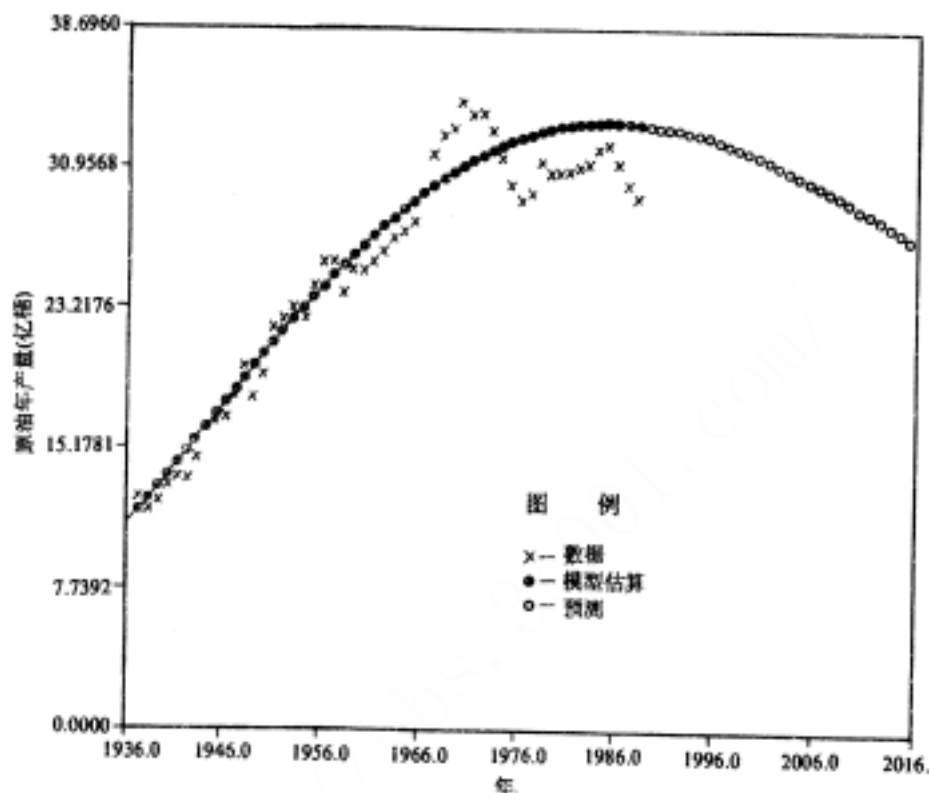


图 5 实际的和据衍生戈珀兹模型估算的石油年产量(1936-1988 年)

调整的平方相关系数(R)为 0.97，说明这个模型能完全与年产量的对数值相符合。

这个模型与大部分数据完全符合，并且数据分布于模型曲线的附近，比其他模型符合程度好(见图 6)。将正态曲线迭加成 t 的二次方程所需的这种转换反过来又可以用来再获得有关正态曲线的参数：

$$\hat{\mu} = 41.7142 \quad \hat{\sigma} = 27.763 \quad \hat{K} = 226,600,000,000$$

$$\hat{Q}_t = \frac{226.6 \times 10^9}{27.763 \sqrt{2\pi}} e^{-(1/2)[(t-41.7142)/27.763]^2} \quad (12)$$

t=1 为 1936 年，式中 Q_t 为石油产量，单位为桶。

t=1 为 1936 年，模型曲线表明在 1977 年 7 月石油产量将达高峰，这约比实际产量高峰年推后了 10 年(见图 6)。可是实际生产高峰年出现恰巧紧随着一个剧烈的下降峰。石油生产的剧增和剧减降低了高峰年的实际意义，从而导致 1978 年出现了“正常化”的石油产量高峰。

与预测前景一

致，由正态曲线模型预测的石油潜在供应量(PS)为完整正态曲线的渐近值(2266 亿桶)减去 t=52(1987 年)的估算值加上直到 1987 年的累计产量，即：

$$PS = 226.6 \times 10^9 - 146.0 \times 10^9 + 145.5 \times 10^9 = 226.1 \times 10^9 \text{ 桶。}$$

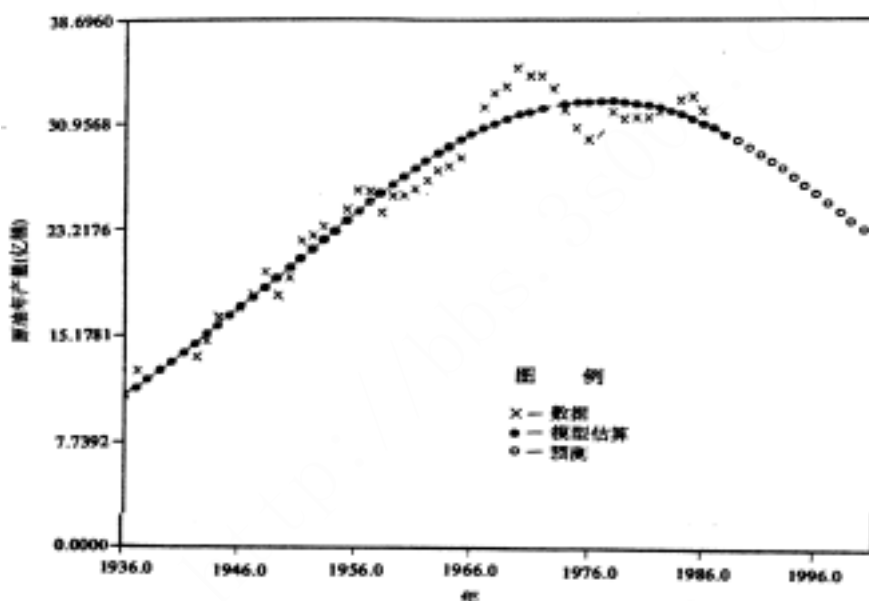


图 6 实际的和根据正态曲线寿命估算的原油年产量(1936—1987 年)

用发现速率的经典经验模型进行评估

背景

以经验数据为基础的系统预测技术已取得进步。经验模型使系统进行的一些测量值 Y 与经验观测值 X 联系了起来。众所周知和广泛采用的经验模型是一个简单的指数函数，这里参考的是经典经验模型：

$$Y = AX^b \quad (13)$$

式中 A 和 b 是参数，就这个经典模型而言，经验率观测值 定义为 $=2^b$

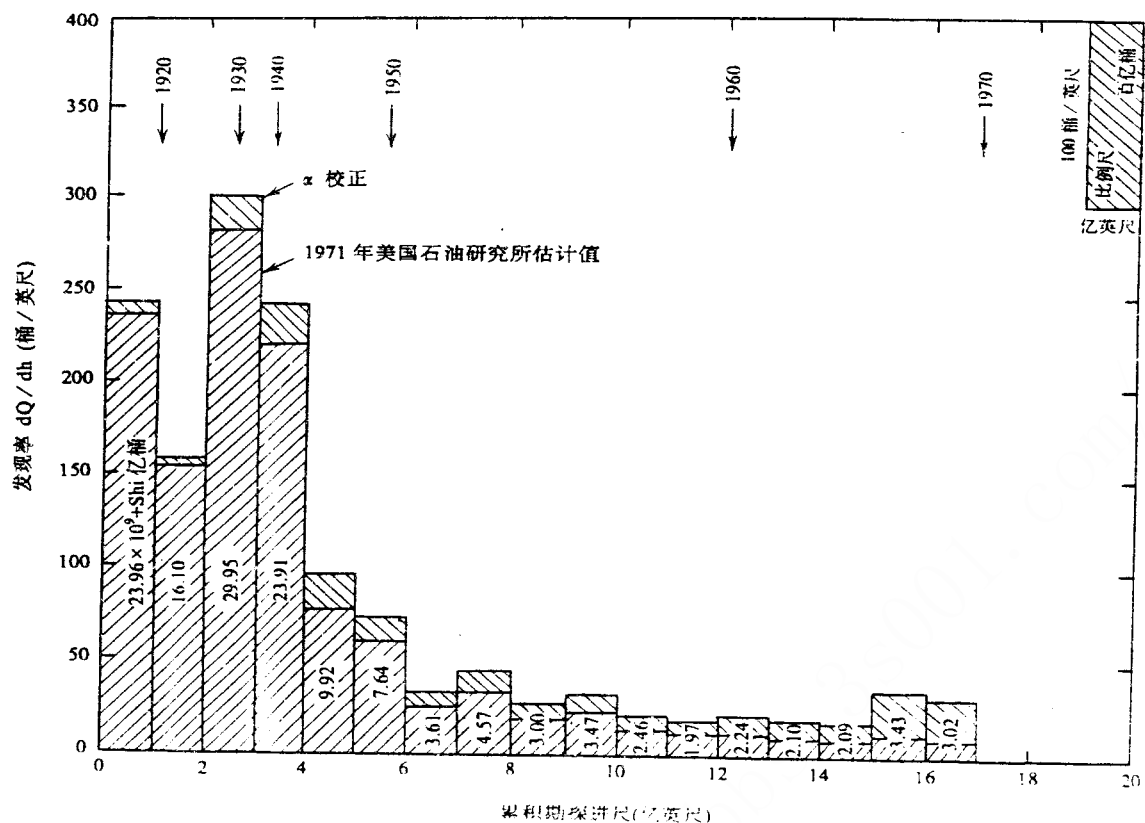


图 7 1860 年到 1971 年美国本土每亿英尺的钻探的平均石油发现量(资料来源: Hubbert, 1974)

经验模型曾被广泛用于工厂和公司的管理中。例如,冶炼厂,每吨产品的累计停工时和每吨产品的累计工时曾模拟为累计产量的经验函数关系,对于地下开采的矿山,每吨矿石每人的累计工时和每吨矿石每人的累计停采小时曾经模拟为累计矿石产量的经验函数关系。经验模型其他的一些应用方面还有如估算汞资源量(Cargill 等, 1980), 预测价格(Harris 等, 1987), 和预测矿产品的使用强度和需求量(Harris 等 Jeon, 1987; Harris, 1986; Jeon, 1989; Suslick 等, 1990)。自从 1936 年首次发表经验曲线理论以来,具有比经典经验模型更复杂数学公式

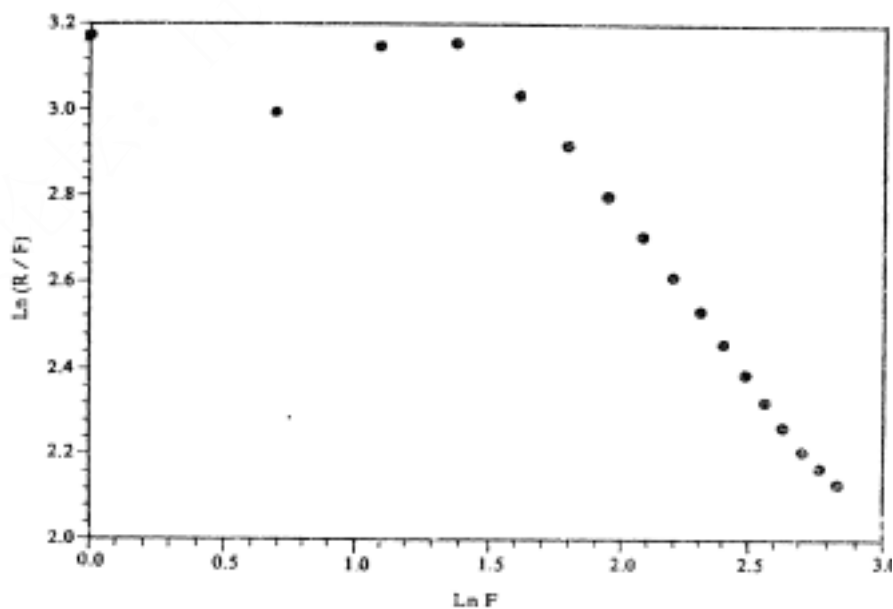


图 8 经验测算 R/F (累计平均发现率) 和经验测量 F (累计钻探进尺) 的对数-对数图, 使用 Hubbert 关于美国本土 48 个州的数据(1860—1971 年)

的几种经验模型已经提出来了。

首先，我们将经典经验模型用于 Hubbert(1974)收集的关于美国本土 48 个州石油钻探每英尺的石油发现率数据(图 7)。Hubbert 用这些数据拟合了一个负指数曲线，并以评价无限石油钻井的完整曲线的数值估算美国最终可回采石油资源，估算的值约为 1700 亿桶，Hubbert 的分析结果受到批评，因为模型与数据相差甚远，并且使用的方法拟合正指数模型(Harris, 1977、1984)。在本节中，我们将检验另一个更适合的模型：经典经验曲线模型。用 Hubbert 关于发现率的数据论证经验曲线模型。然后根据 Root 关于直到 1977 年 9 月的发现率修正数据估算出第二条经验曲线。根据 Root 的数据建立的经验曲线模型一般是用来估算美国本土 48 个州石油的潜在可供量。用这个经验曲线模型估算石油潜在可供量需要：(1)假设到 1977 年美国本土 48 个州的勘探经验图形已建立，(2)未来最小可接受发现率的估计值。

Hubbert 收集的数据建立的经典经验模型

参数估算 设 r 代表钻探工作量为 f 英尺的探明石油量，单位为桶， R 是累计钻探工作量 F 英尺的累计探明石油量，定义 R/F 的比值为经验测量值 Y ，定义因变量为累计钻探工作量 F ，对于这项应用的经典经验模型为：

$$Y = AF^b \quad (14)$$

参数 A 和 b 估计可利用由 Hubbert 提供的 r 和 F (图 7)数据产生的关于 Y 和 F 的数据来估算。 Y 和 F 数据的对数曲线(如图 8)除了开始的三个点外具有明显的线性特征，因而，除去开始的三个点的数据，根据其余数据估计经验模型参数，得出：

$$Y = 509,700,000 F^{0.07346} \quad (15)$$

由定义 $Y = R/F$

$$R = 509,700,000 F^{0.2654} \quad (16)$$

如表 2 所示，由方程 16 计算的估计值与由 Hubbert(1974)描述的实际石油探明量可很好的比较。

根据每年发现率重建经验模型评估石油的潜在可供量 尽管方程 16 给出了累计勘探工作量与累计发现量的关系，但是当没有可选的相关的 F 值时，用它估算石油潜在可供量就受到限制。将方程 16 微分，转换为与时间相关的衍生方程，并重建方程以利于描述每年的发现率(桶/英尺)；

$$\frac{dR}{dt} = r = (.2654) \cdot (509,700,000) \cdot f \cdot F^{-0.7346} \quad (17)$$

用 f 除方程 17 得到年发现率方程；

$$r/f = (.2654) \cdot (509,700,000) F^{-0.7346} \quad (18)$$

假设 r/f 被定义为经济可采区，这样可利用方程 18 估算 F ，然后评价方程 16 根据得出的 F 可求得石油潜在可供量的估计值。例如，假设对于已给出预测的未来价格，则每英尺 10 桶的产油量预计是经济的。这个产率对应石油钻井全部工作量为 5,105,550,000 英尺，相应石油探明量约为 1922 亿桶。

由方程 18 得：

$$F = [10.0 / (0.2654) \cdot (509.7 \times 106)]^{-1/0.7346} = 5,100,500,000 \text{ft} \quad (19)$$

由方程 16 得：

$$R = 509,700,000 (5,105,500,000)^{0.2654} = 1992 \text{ 亿桶} \quad (20)$$

利用各个 r/f 比值，重复上述计算， r/f 与由经验模型求得 R 值的的相关关系可以绘出来，如图 9 所示。图 9 中的曲线图表明预测前景与 Hubbert 绘出的曲线图完全不同，因为它表明了潜

在可供量与每年的石油发现率和今后的价格是有关的。

以 Root 经增扩和修正的数据为基础建立的经典经验模型

数据和模型估计。按照已公布的截至 1977 年 9 月的数据，Root(1980)将石油发现量的基础数据钻探 10^8 英尺的石油增量从 17 扩大到 20，这些数据与 Root(1980)作的已修正的未来石油储量估算值以及所有已报道的探明储量一起绘于图 10 中。图 11 是由图 10 中的数据重建为经验比值(R/F)和经验(F)的对数-对数曲线，如同 Hubbert 的数据建立的经验模型。这条曲线在前四个钻探增量之后显示出明显的线性关系，去掉前四个 $\ln(R/F)$ 和 $\ln F$ 观测数据，保留其余数据进行回归分析，产生下面的结果：

$$\ln(R/F)=21.4815-0.7991\ln F \quad (21)$$

相关系数的平方值为 0.9997

上式可转换为：

$$R=2,147,877,000F^{0.2009} \quad (22)$$

和

$$F=\left\{\frac{r/f}{431,508,575}\right\}^{-1/0.7791} \quad (23)$$

方程 22 和 23 一般用来在选定发现率 r/f 值时估算 R 。这些估算值绘于图 9 中，由 Hubbert 的旧数据求出的经验曲线模型计算出的估计值一起绘于图 9 中。这两条曲线比较表明钻探获得的增加的资源信息与 1972-1977.9 期间储量实际增长的影响。

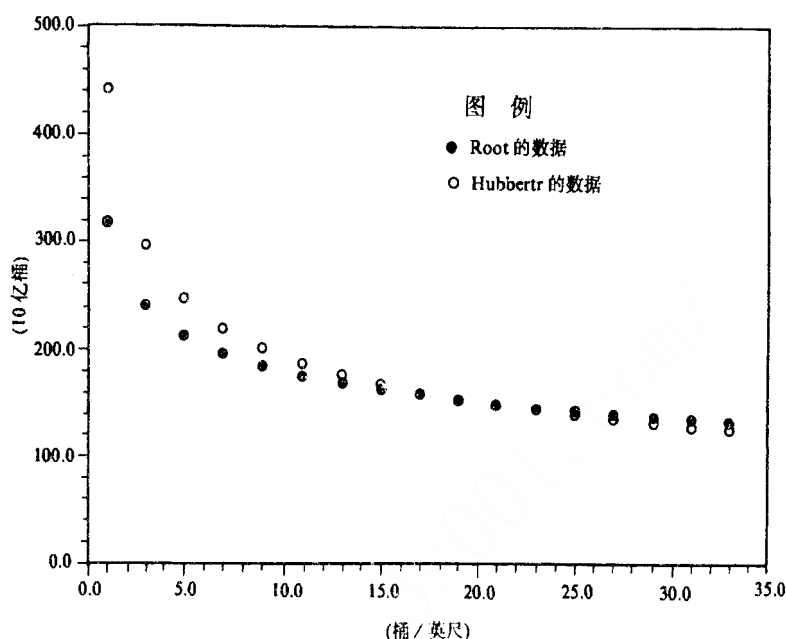


图 9 对选定的未来年发现率

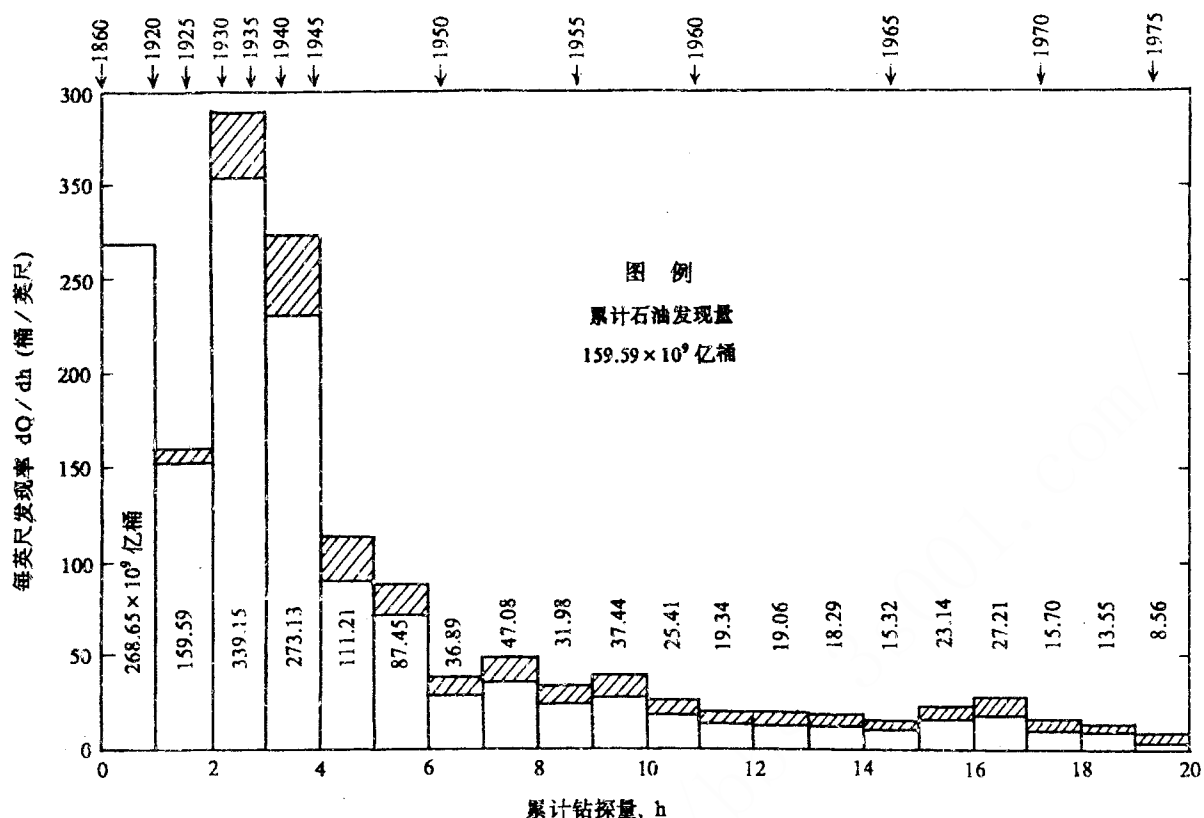


图 10 美国每 10^9 英尺钻探量的原油发现量估算值(1860—1977.9)(Root, 1980)

简述为, Root 修正并扩展的数据得出的新信息的作用是为了对于低发现率, 相应减小模型估计值 R , 对于高发现率, 为了稍微增加预测模型估计值 R 。对于发现率在 16—23 桶/英尺范围之内, 两个预测模型估计值 R 基本相同, 因为 Root 的修正值是基于更完全的信息得出的, 所以由他的数据建立的经验曲线估计出的值被用于下文的分析中。

表 2 经验模型估计值与实际石油发现量对比

累计钻进尺(亿英尺)	累计发现量(10 亿桶)	
	实际值	用经验模型估计的值
4	93.92	97.79
5	103.84	103.76
6	111.48	108.90
7	115.9	113.45
8	119.66	117.54
9	122.66	121.27
10	126.13	124.71
11	128.59	127.91
12	130.56	130.90
13	132.8	133.71
14	134.9	136.36
15	136.99	136.88
16	140.42	141.28

给定价格条件下,未来原油产率的估计。假设美国石油最终价格预计可达 45.5 美元/桶(1989 年美元不变价)。1970-1974 年美国国内石油平均价格为 10.8 美元/桶,与之相比较,最终石油价格是此价格的 4.2 倍。以石油价格 45.5 美元/桶可初步估计发现率,我们作一个完全假设:油价上升可能出现发现率按比例下降。如图 8 所示,用于估计油价为 45.5 美元/桶时发现率下降的基本发现率有些不确定性。由于在图 10 中 Root 报导的发现率是根据实际报道的探明储量加上预测的将来可能增加的储量,因而在预测将来储量及近期发现的油田时的误差大于早期探明量的误差。由于这个原因,忽略后期钻探石油增长率,取钻探石油增长率为 18 和 19 时的平均发现率为石油价格为 10.8 美元/桶时的基本发现率,即:14.5 桶/英尺。

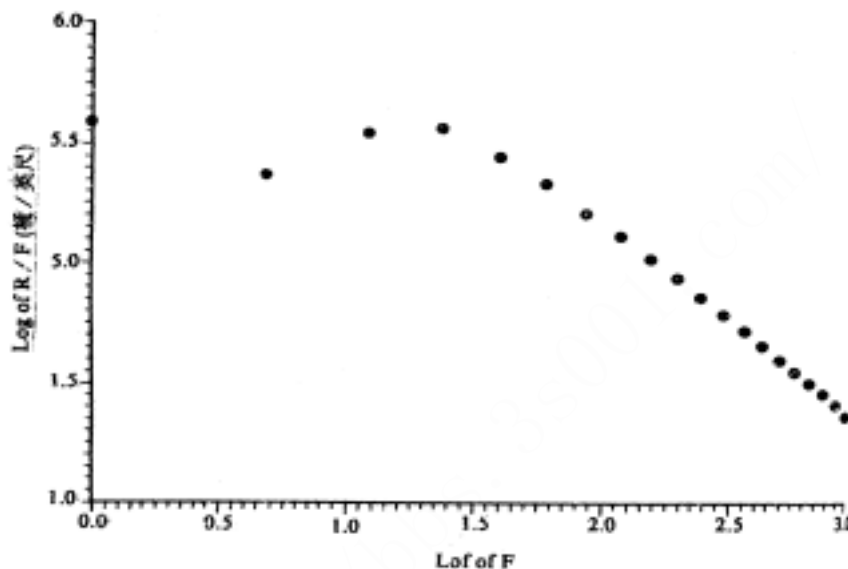


图 11 经验测算 R/F(累计平均发现率)和经验 F(累计钻探进尺)的对数-对数图

选定油价时石油潜在供应量的估计。以 14.5 桶/英尺为基本发现率,假设油价为 45.5 美元/桶,下降的发现率估计为 3.45 桶/英尺,将这个发现率代入方程 23,得出估算的钻探进尺为 13.578×10^9 英尺,根据这个钻探量,由估计方程 22 得出 $R=2330$ 亿桶。类似上述计算,对应于石油价格为 19.8 美元/桶, 25.5 美元/桶, 37.9 美元/桶, 和 50.5 美元/桶, 得出 R 估计值分别约为 1890 亿桶, 2010 亿桶, 2230 亿桶, 2390 亿桶。为了便于比较,对于在 Root 修正数据时期,完成 20 亿英尺钻探量, R 估计值为 1587 亿桶,这与实际报道的探明量比较吻合。

对结果的讨论

本文研究得出的预测结果归纳于表 3。由戈珀兹衍生模型估计的供应量 3790 亿桶是不可取的,因为戈珀兹衍生模型与三个寿命周期模型完全不相符,而且,其预测值分别与数理分析寿命周期模型和正态曲线模型的估算值(分别为 2170 亿桶和 2260 亿桶)明显不一致。由于正态曲线模型比衍生数理分析模型更符合历史数据,因而由正态曲线模型求得的估算值 2260 亿桶比衍生数理分析求得的估算值 2170 亿桶更可信。

由经验曲线模型求得的估算值不能直接与寿命周期模型求得的估算值比较,因为: 1. 经验模型未包括阿拉斯加州, 2. 估算既需要有关将来钻探的发现率(桶/英尺), 还需要有关累计钻探水平, 3. 发现率数据库直到 1987 年一直未更新。为了比较,假设到 1987 年更新的发现率数据并不明显改变经验曲线模型的参数,因为截至 1977 年有关美国本土 48 个州的大量历史数据已获得。此外,假定阿拉斯加州的最终石油可回收资源量为 282 亿桶,这个最新估计值是由美

国地调所和美国矿产服务局(1989)预测的。最后，我们假设：将来每年的发现率完全可由平均发现率(14.5 桶/英尺)除以将来油价与 1970-1974 年期间平均油价(10.8 美元/桶)之比值估计求得。这样对于对比寿命周期模型和经验模型来说，未来石油价格仍是个问题。

以绝对意义上讲，未来石油价格是不可知的，因为在寿命周期模型中价格的影响是隐含的，意味着用寿命周期模型评估对应的将来的石油价格是未知的。可是尽管对应的价格数值大小是未知的，但从理论上讲，价格必然反映价格水平和趋势，其影响这个时期的石油勘探，开发和生产。在建立正态曲线模型和寿命周期模型中，历史数据的时间跨度是 52 年从 1936 至 1987 年。在石油禁运前，这个时期的石油价格基本特征是长期稳定在低价位，跟着出现高弹价位时期，此后是一段价格浮动期，其实际油价仍高于早期价格。

表 3 石油潜在供应量估计值概要

模型	本土 48 个州(亿桶)	全美(亿桶)	参考价格(1989 美元不变价)美元/桶
衍生数理模型		2170	未知(推断 19.8)
戈珀兹衍生模型		3790	未知(推断 19.8)
正态曲线		2260	未知(推断 19.8)
经验曲线 ^a	1890		19.8
	2010		25.5
	2230		37.9
	2330		45.5
	2390		50.5

注 a 据 Root(1980)修正的数据

人们可以认为，70 年代后期石油超高价格是异常的，因为它代表石油市场被欧佩克集团控制，因此在建立模型时，这个时期的油价应忽略不计。而另一方面，因为这个时期的石油价格确定影响了石油的勘探，开发和生产决策，因此又不能完全不考虑。基于这一点，我们选 1970 至 1989 年期间的石油的实际平均价格作为寿命周期模型的一个似乎合理的参考价格，即 19.8 美元/桶(1989 年美元不变价)。据此，这个价格作为用寿命周期模型估算石油潜在可供量的参考价格。

为了将经验曲线模型估计值与寿命周期模型估算值进行比较，对于经验曲线模型，假设 19.8 美元/桶为将来油价，10.8 美元/桶作为钻探增量 18 和 19 平均发现率为 14.5 桶/英尺时的石油价格，用 19.8 与 10.8 之比值除以上述发现率，得到最终发现率为 7.92 桶/英尺，对于 $r/f=7.92$ 由评价方程 23 得出钻探量为 4,799,784,000 英尺，这个钻探量时由评价方程 22 估计美国本土 48 个州的石油潜在可供量 R 约为 1892 亿桶。这个数量加上 Mast 估计的阿拉斯加的 282 亿桶，全美国石油的潜在可供量约为 2174 亿桶，相应石油参考价格约为 20 美元/桶，这个数量与数理分析寿命周期模型估算值(2167 亿桶)十分接近，比正态曲线寿命周期模型估算值(2261 亿桶)少 87 亿桶。

当解释这个结果(2174 亿)时，我们必须接受一个假设，即可以估计和粗略估计的将来适当的发现率为 7.92 桶/英尺，因为这个发现率高度依赖于利用下述条件的适应性：1、19.8 美元/桶为寿命周期模型隐含的参考价格，2、14.5 桶/英尺为 1970 至 1974 年平均石油价格为 10.8 美元/桶时适合的发现率。由表 3 所示，用经验曲线模型估算的石油潜在可供量估算值随石油参考价格波动而变化，例如：参考价格为 25.5 美元/桶，可供量估算为 2292 亿桶。综合考虑三种方法(衍生数理分析模型，正态曲线模型，经验曲线模型)的估计值，我们主观地选定估计值 2220

亿桶为美国石油的潜在可供量，参考价格为 20 美元/桶(1989 年美元不变价)，这个估算量在数值上十分接近 Mast 等人估算的中值(2293 亿桶)(见表 1)；可是，如果在本文中推断的参考价格约 20 美元/桶是适合的，那么，这个经济参考值就不同与 Mast 等人(1989)使用的经济参考值：以 1989 年美元不变价计，石油价格将从 1990 年的 17.64 美元/桶增加到 2012 年的 41.8 美元/桶。考虑这些不同的经济参考值，Mast 等(1989 年)的估算值比这项研究的估算值要保守得多(例如，经验曲线模型估算参考价格为 45.5 美元/桶时，石油可供量估计值为 2612 亿桶(238+282)，参考价格为 37.9 美元/桶时，石油可供量的估计值为 2512 亿桶(2230+282)。

21 世纪初公众对矿产资源的态度和政策

W.David Menzie

引 言

近代历史塑造着公众态度，而公众态度影响着政策制定者。对近代历史耿耿于怀可能导致政府诸如那些仍在准备继续战斗的将军们，制定出与社会实际面临的问题相背离的政策。公众态度的变化常以新的空想或暗含某些假设的简单观念的流行为标志，它们渗透到我们思想的每一个角落并左右着我们对世界大事的看法。

在整个 20 世纪，公众对矿产资源的态度一直在关注矿产资源供给的保证和安全性与合理保护矿产资源和其他自然资源之间摇摆。政策上的这些摇摆反映了公众态度与时事的相互作用上。由于最近冷战的结束，美国经济结构的转化和城市化的不断加深，我们对矿产资源和其他自然资源的态度已发生了深刻的改变。然而，我们一些新的认识是以一些可能并不反映实际情况的隐含假设为根据而形成的。在本文中，作者简要回顾的 20 世纪公众对矿产资源的态度和政策，并分析了当前支撑矿产资源的公众态度的一些新的空想。如果我们的公众态度建立在错误的隐含假设和最近的经验上，那么这些认识就不可能成为制定我们矿产资源管理政策的可靠基础。

对 20 世纪公众对矿产资源的态度和政策的简要回顾

公众对矿产资源的态度摇摆不定是 20 世纪美国的特点。20 世纪初，随着美国从一个具有广阔待开发土地的农业社会向城市工业化社会的转变，社会对自然资源的看法也发生了巨大变化。虽然公众普遍认为美国绝大多数矿产资源足以满足其增长着的工业的需要。但却愈益重视资源保护。公众的支持，促使更多的公有土地因资源保护而闲置不用。

在第一次世界大战期间，由于增加工业生产以支援同盟国军队，美国人发现我们并未在所有需要自足的矿产上都拥有足够的数量。正值 20 年代世界性的产品过剩，我们意识到了对矿产的依赖性，这实在令人啼笑皆非。战争的结束，减少了军械、军备方面的需要，并恢复了正常的贸易活动，结果导致大部分矿产品供过于求。

在 30 年代“大萧条”中，由于工业生产急剧下降，对矿产的需求减少了。在几乎整个 20 年代和 30 年代，大多数美国人都不担心矿产资源的供给。30 年代后期，美国 and 英国，依仗其矿产相对丰富而自鸣得意。但德国、日本和意大利，则根本不能得到满足，他们试图通过扩张领土来扩大其经济和政治的影响范围并补充其矿产资源以支撑其工业。

第二次世界大战期间，由于美国首先作为同盟国的物资供给者而后成为一个交战国，所以其国内的矿产生产再次兴旺起来。第二次世界大战标志着原子时代的到来以及对放射性矿产产生了明显的兴趣。1946 年，国会成立了原子能委员会(AEC)，并于 1948 年设立了一项计划，对发现铀矿予以奖励。原子能委员会还为政府的铀矿勘查和研究提供资金。

美国由于第二次世界大战变成了一个多种矿产品的净进口国。由于冷战和朝鲜战争的开始，公众增加了对获得国外矿产来源和国内矿产供给的充足程度的担心。中华人民共和国的成立和随之而来的中国钨矿来源的中断，以及朝鲜战争的出现(朝鲜也是一个重要的钨矿来源)，加剧了公众对美国矿产供给来源易遭破坏的担心。这些担忧促使美国建立了政府勘查贷款计划(即 1950 年国防生产法案的探矿者贷款计划)，重新重视政府储备并且成立了佩利委员会(即总统材料政策委员会，1952)。该委员会编定一份报告来说明国家矿产形势并针对矿产供给方面的问题提出建议。然而，朝鲜战争后，出现的是矿产过剩而不是短缺，因而社会对矿产供给来源的关注减退了。到 1956 年，甚至铀也出现了供过于求的局面。

在 50 年代后期和 60 年代早期，得到国外来源的战略矿产是公众对矿产关注的焦点。60 年代后期，在东南亚的军事活动给美国造成了财政问题。出售国家战略储备物资在资金上支持了越南战争。为了支持美元的地位，政府制定了一项地质及工程研究计划以解决与黄金生产有关的问题。也是在 60 年代，公众觉悟到现代工业社会的环境代价。

从地区上看，在东部产煤的各州，由于出台了管理采矿业的新法规，矿山恢复变成了一个重大问题。从全国看，1964 年“荒原法”(也称野生区法)的通过促成大量公有土地被列为禁止资源开发地。1970 年资源回收法案的出台建立了一个国家材料政策委员会，其许多提案(国家材料政策委员会，1973)反映了公众对环境及其与矿产政策的关系认识的不断提高。

在 70 年代早期，公众对全球环境及矿产供给(来源)的认识大大提高了。当时，罗马俱乐部发表了一份报告“增长的极限”，它运用计算机模型，把世界作为整体来研究人口、工业生产、食物生产、自然资源以及由于增长造成的污染间的相互关系。该报告同 M.King Hubbert(1969)关于国内石油产量下降的预测和 70 年代初第一次石油禁运一起，使人们看到国内和世界资源正在以不能持续的速率消耗着并对此备加关注。

在 1974 年，国会成立了“国家供给与短缺委员会”，以调查资源枯竭、对国内原料来源依赖性的增加、市场应付短缺的能力以及联邦政府处理材料问题的能力等问题。70 年代后期，随着多数矿产资源价格下跌，这种忧虑有所缓解，同时社会对预测资源枯竭的某些假设产生了怀疑。

的确，在 70 年代后期，公众对矿产的关注主要集中在公有土地最适当的利用而不在矿产供应的保证问题上。尤其关注的是如何处置阿拉斯加州的公有土地，在阿州，联邦政府确立了州政府和阿拉斯加土著人的权利要求。在某些地区内，人们开始更加关心国内矿业的竞争力和矿产供给的保障程度。

在 80 年代早期，公众对“资源战争”和全球资源竞争的恐怖加重了。例如，某些观察家称，矿产资源是导致苏联入侵阿富汗的因素之一。更大的关心焦点是苏联企图采取行动阻断美国国外矿产供给的来源，这些矿产是美国防御体系的关键组成部分或是美国经济健康运行的重要物质产品。

在 80 年代中期,由于 80 年代早期的经济衰退和矿产品价格的持续低迷,美国矿业经历了一次重大的结构调整。美国公众开始把矿业有时还有制造业看做是“夕阳产业”,它们随着美国步入后工业社会和信息化经济将越来越不重要。

80 年代后期和 90 年代早期,公众的关注转到了土地利用问题和全球社会可持续性问题上。与 70 年代早期相比,此时人们已不再关心矿产资源供给是否能满足人为的需要,而开始关注地球是否能供养未来的人口。在美国国内,公众对矿产资源的争论集中在两个焦点:(1)公有土地是否应加以管理以适于单一用途或多重用途,(2)1872 年的通用矿业法是否能成为管理矿产勘查和生产以及对公有土地上的矿产设定合理租金的充分依据。

当前公众对矿产资源的态度及有关的空想

由于 80 年代后期冷战结束,矿产短缺不复存在,美国继续从工业化经济向信息化经济转变,美国人对人与自然界关系的认识经历着重大转变。我们生活在一个不断城市化的社会里,从超级市场购买包装好的有时是特别处理过的食品,而我们往来于超级市场所驾驶的机器却越来越复杂,以致无法修理,而且其制造材料的来源也远离我们。我们个人与自然的联系主要是借助于娱乐或大众传媒,即有关自然的节目或新闻报道。我们对能提供清洁空气和水的自然界的依赖远比对食物和物质产品的享受更为注意。我们更愿意把我们自己看做是大自然的保卫者而不是其财富的享用者。

我们以新观点来看待人类与自然界和自然资源的依存关系,也采用着与这些新世界观相关的新的空想。“空想”一词通常是指寓言或虚构的故事,但我对它的使用是指试图对与新世界观相联系的某些基本事实进行概括的简单传说和信念。这些不实之词经常成为隐晦的假设,它们构成我们态度的基础并制约着我们对重大事件的看法。当前社会关心如何管理好自然界,虽然在这方面有许多可赞扬的功绩。但仍应谨慎从事,仔细检查我们所采用的不实假说,以确信它们并未对自然界及其与我们的关系进行了过分的简化。

我们新的世界观所依据的一个空想是,矿业和制造业是夕阳产业,并且对于后现代信息时代的美国不再重要。的确,在 80 年代早期经济处于衰退的深渊,矿业公司也均经历着严重的商业困境,当时“商业周报”出版了一期题为“矿业的死亡”的特刊。但是,1991 年,经过大调整后的矿业在 5.68 万亿美元的国民经济总产值中,国内非燃料矿产原材料就占到 310 亿美元(美国矿业局,1992)。加工材料占到 2970 亿美元。在贸易方面,美国在原料和加工材料方面进口了 360 亿美元,出口了 310 亿美元。在国民收入上,非燃料矿产品的生产和初级加工约占国内生产总值的 5%,并且非燃料矿产加工产品与原矿的国际贸易仅呈微弱逆差。

当我们分经济部门并以支付的工资高出最低工资的百分比作为衡量来考察各行业的工作性质时(表 1),我们看到,从事矿业工作的人得到较高的报酬。一般来讲,采矿是一项自动化程度高和资本密集型的活动,因而有比较高的劳动生产率和工资率。由于劳动生产率高,采矿较少创造直接工作岗位。然而,旧金山的联邦储备银行最近的一项研究指出,美国山区矿山的每一个直接岗位就提供 2.8 到 5.2 个间接岗位,而其他行业的一个直接岗位约提供 2 个间接岗位。矿业直接提供了不多的高工资岗位并以比其它产业更高的比率提供了其它岗位。

采矿是包括勘查和发现矿床、开采、加工和冶炼以及用矿物原料设计、制造产品在内的互相联系过程中的一环。此外,还包括材料研究和采空地的恢复。因而采矿业是与其他高工资行业相联系。最后,在上述“矿物循环”中单个环节的许多活动或是促进先进技术的开发或是先

进技术的使用者。矿产勘查愈益依赖先进的地球物理仪器，如手持电磁仪和能精确确定采样点的全球定位系统，测量地球磁场的航空设备，以及卫星遥感装置等。

表 1 不同经济部门工资高于最低工资的工人百分比

服务业	85.1	零售业	85.9	农 业	88.9
政府部门	95.3	批发业	96.5	财务部门	97.4
制造业	97.5	建筑业	98.9	运 输 业	99.0
矿业	99.8				

勘查工作得到的数据在各种计算机环境下用大规模数据综合处理系统处理，象地理信息系统。在很多情况下，实际采矿工作受计算机控制以使成本最低。采矿使用新设备、新技术(如钻探方法)和新工艺(如矿石的对磨)。金属矿物的加工和冶炼是一个高技术领域，已出现了闪烁冶金(快速冶金)、堆浸、生物选矿以及溶解萃取及金属电解沉积(电积)等新方法。在将来，我们可预期，随着新的监测装置的开发和我们对污染物富集和分散的自然过程的更多了解，采矿场地的恢复技术将更加进步。

当地质学家和矿产经济学家指出矿产资源在国民经济中起着重要作用时，常遭到反对，认为国内矿产生产并不特别重要，因为日本和德国的现实证明，不生产矿产资源也可以建成强大的以制造业为基础的经济。象其他不实之词一样，这种看法也有一定道理。日本和德国确实拥有强大的以制造业为基础的经济。但是，日本和德国所采取的战略是否适合美国经济却不清楚。虽然讨论这一点超出了本文范围，但略作考察则是有益的。

正如国家研究委员会的矿物与金属工业竞争力委员会(1990)指出的，金属产量和消费量的分布取决于矿产资源禀赋、矿业公司的投资政策和政府的政策。象日本或德国领土不大的国家与象美国的大陆级国家相比，矿产资源总体禀赋当然存在重大差异。然而，这种差别常常未被重视，这部分是因为很多人表示同意这样一个二级的空想，即美国的整个国土已得到充分的矿产勘查，而且所有主要矿床均已发现。

虽然美国绝大部分裸露地区均已由探矿人员进行过调查并(或)已用现代方法进行了探查，而且现已开采矿床的金属品位低于许多欠发达国家的矿床，但是有些相当重要地区还未进行大范围的勘查。这当中包括阿拉斯加州、“大盆地”地区的大部分(由被沉积物盖层覆盖的山前侵蚀平原组成)和中西部的北部部分地区(为相对较薄的一层冰川碎屑所覆盖)。虽然这些矿床在目前的技术水平下开发成本会很高，但随着价格的变化，基础设施的建设和(或)新的探矿和采矿方法的使用，这种情况将会大为改变。

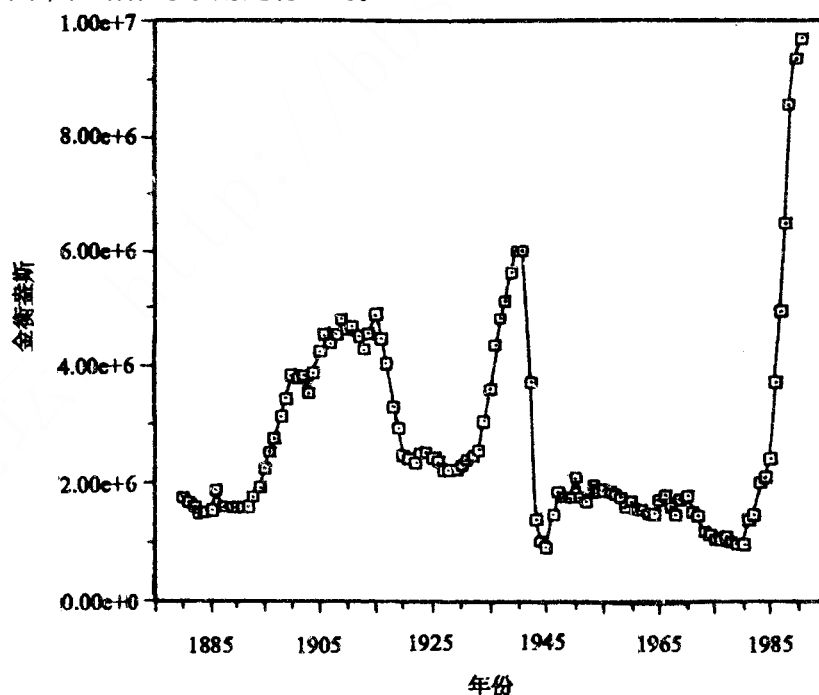


图 1 1880-1991 年美国金产量

美国采金历史说明了这一点。图 1 表示美国自 1980 年以来金的产量轨迹。尽管历史上金产量至少有过两次高峰，可是目前美国金产量正处在高于以往任何时候的颠峰水平。当前金生产水平源于三个重大变化：70 年代早期放开了金价；60 年代后期美国矿业局和工业界开发了低品位矿石堆浸提金的新方法；由于 60 和 70 年代工业界、学术界和美国地质调查所所做的工作，认识了具有重要意义的新的金矿床类型。

对以沉积岩为容矿岩石的“卡林型”矿床和热泉型金矿床重要性的认识大大扭转了 70 年代后期和 80 年代国内的勘查战略。若前事可鉴，我们便可以期望我们的采矿和选矿方法有新发展和突破并可期望将来会认识新的矿床类型。

地质禀赋只是决定金属生产和消费的一个因素，政府的政策也起着重要作用。在美国，政府的政策以及政府与企业之间的关系明显不同于日本和欧洲。历史上，象法国、芬兰和瑞典那样的一些依赖进口的欧洲国家，它们的矿业公司与其政府一直存在着十分密切的联系。在日本，矿业公司也与政府密切联系。这些联系最明显表现在政府对其本国公司在取得国外采矿权上所给予的支持。例如，日本的金属矿业事业团在技术上和资金上支持在国外从事勘查项目的日本矿业公司。日本政府会对勘查钻探成本补贴高达一半，对其他勘查支出成本给予高达三分之二的补贴。若美国矿产业采取日本和欧洲式的策略，那么不仅要承受较大的进口依赖压力，还要涉及重大的政策变动。

支持矿产资源社会态度的第二个空想是，因为矿产品实际价格随时间而下跌，并且目前矿产供给不足，所以矿产供给问题不是一个后现代社会所关心的问题。这一空想也有一些道理。对世界多种矿产资源的调查表明，现代矿产供给量与预计消费量相比而言大致类似于 15 年前的情形。然而，目前矿产供给充足的感觉可能是暂时的，因为矿产供给不仅是存量而且是流量的概念。

储量(即“手边的”并在当前经济、技术条件下可供利用的矿物量)同边际储量、证实次经济资源量(仅在价格较高或能使其生产成本降低的条件下才能利用的矿物量)、推断储量(根据假定的连续性估计存在的储量)、推断边际储量和推断次经济资源量一起，构成查明资源量。未发现资源量包括两部分，其一是，经发现便可在当前条件下经济生产；其二，在当前价格和成本条件下是次经济的。虽然未发现资源不能直接衡量，但对其可用各种技术方法进行估计。

矿产勘查过程促进未发现资源向各类查明资源“流动”(转化)。经济条件和采选技术的进步促使储量、边际储量和证实次经济资源量之间的转化。矿产勘查带动未发现资源向查明资源和储量转化。勘查过程在很大程度上取决于我们对当前采选技术的理解。没有采选技术和矿产勘查的不断发展，未发现资源向查明资源和储量的转化就会停止。

对资源供给充足是暂时的这么一个理解的第二个原因是，欠发达国家经济发展正在加速。一项对亚洲高速增长的几个国家某些矿产视消费量的调查表明，如果这样的发展持续下去，对矿产的需求可能会有较大提高。图 2 是亚洲

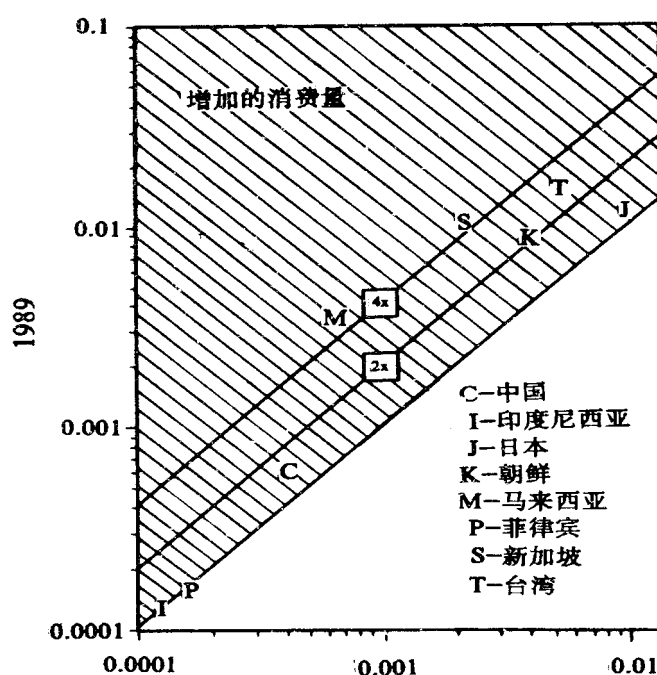


图 2 亚洲八个国家和地区 1979 年和 1989 年人均铜消费量 (吨)。涂黑部分表示人均消费量的增加，未涂黑部分表示人均消费量的下降。

八个国家 1979 年和 1989 年人均铜视消费量图。日本、印度尼西亚和菲律宾三国的消费量沿图中涂黑部分与未涂黑部分的分界线依次下降，该分界线是不变人均消费量线。日本的消费量标在该线相对较高的消费量处，人均铜消费量约 0.01 吨。印度尼西亚和菲律宾的铜消费量落于该线位置较低处，人均铜消费量约 0.0001 吨。日本的消费量与其他一些经济发达国家如美国和作为整体看待的西欧大致相同。韩国、新加坡和中国台湾省 1989 年人均铜消费量大致与日本相同。这三者消费量相对 1979 年有很大增加。在同一时期内，这三个国家和地区由于奉行自由市场经济政策，经济都发展很快。马来西亚和中国，自 1979 年至 1989 年人均铜消费量也大幅度增加，不过均未接近日本、韩国、新加坡或中国台湾省的消费水平。虽然中国不搞自由市场经济，但在这方面明显地正在采取某些步骤：一些部局已转变成国有公司并创立了一些经济特区以刺激经济发展。中国正在经历着一个经济迅猛发展的时期。

虽然发展中国家可能采用比工业化国家目前使用的更有效利用材料的新技术，但从发展中国家的经济增长可以得出一些关于未来矿产资源需求的重要推论，以供被维护社会稳定的问题所困扰的世界领导者们使用。人口统计学家长期以来一直强调，稳定人口最理想的方式是改善发展中国家人民的生活及教育条件。经济发展之涵义与资源需求密切相关，因而长时间以来得到地质学家和矿产经济学家的关注。直到最近，欠发达国家预计的经济增长和相伴而生的矿产需求的增长还未成为现实。然而，我们可以设想，在有些发展中国家，市场经济的推行预示着经济的发展和矿产需求的增长。矿产经济学家预测，若干种矿产的需求增加将来自亚洲、拉丁美洲和东欧的发展中国家。

支持矿产资源的社会态度的第三个空想是，因冷战的结束，美国自身不再需要关心矿产品的国际供应和贸易问题。由于苏联解体，似乎不再有什么会对美国获得“战略和关键”矿产构成威胁。然而，这并不是说世界矿产的供给和贸易对于美国不再重要，而恰恰意味着关注的重点可能由国防部转移到国务院和商业部。

首先，欠发达国家要达到可持续社会的目标必需发展经济。矿产资源可能代表着开始发展的国家所能使用的少数几种“速动资产”之一。矿产资源的开发可能有助于承担基础设施建设的成本，并能提供高薪工作。矿床不可避免的耗竭会给发展中国家造成重大问题，如矿业部门的高收入所造成的不公平。虽然矿产业在经济发展中盛衰不定，但经济学家认为，通过矿产收入的再投资和发展私人经济有可能避免矿产开发的某些负面效应。

对世界矿产资源可供性应保持充分了解的第二个原因在于矿床在其规模和地理位置上的分布。一个大型矿床比一般矿床大许多倍，发现和开发一个大型矿床可能造成世界贸易格局发生变换。这种变化可能影响美国在国内和国际上的利益。最近一个例子涉及到锡市场。

在 80 年代早期，有三个因素共同作用造成了国际锡市场和锡生产国的危机。第一个因素是在巴西发现了超大型冲积(砂)锡矿床。第二个因素是中国加速开发其七十年代发现的锡矿床。这两个新供给者大大削弱了当时垄断组织的控制。第三个因素是国际锡理事会(ITC)维持高锡价的政策，国际锡理事会的这个政策刺激了巴西、加拿大、马来西亚和英国的边际经济矿床的生产。1985 年 10 月，国际锡理事会宣布，它将停止支持锡价。在随后的几个月里，锡价大跌了 65%。

锡价这种陡然的下降，在许多拥有边际经济矿床的国家中造成了严重的社会问题。在英国，政府不得不重新考虑其有关对英格兰西南部矿山给予补贴的政策。在马来西亚，锡矿山矿工(其中许多有中国血统)的失业相当严重。在玻利维亚，Comibol 一个国有矿业公司，被迫把很多矿山关闭了，而这些矿山本雇佣着玻利维亚劳动力中相当大的一部分。

这些国家应付锡价急剧下跌所造成的混乱局面的能力相差很大。在英国，因为其拥有雄厚的、多样化的和发达的经济基础，该问题依靠现行的政府计划，便可以解决。在马来西亚，高

速发展着的经济缓解了锡价急剧下跌的冲击，并降低了多数民族马来人和少数民族华人之间关系再度紧张的可能性。然而，在玻利维亚国营的不发达经济中，锡价暴跌造成了大量失业。玻利维亚锡矿工人的失业给美国造成了麻烦，因为原来的锡矿工人为了维持生计大量转业去种植可可。

在 80 年代后期，美国国务院、国际货币基金会和世界银行曾考查过重振玻利维亚经济的种种方式。由于玻利维亚具有矿生产的传统，因而矿业似乎是振兴经济合适的起点。然而，过去 30 多年来矿业一直由国营公司控制。其政府机构如玻利维亚地质调查所(本能提供区域地学信息以吸引私人矿业公司投资)，在那时已严重瘫痪。为重振矿业，一些国际机构和美国政府机构，如世界银行和美国贸易和发展计划局等，提供贷款和技术援助来协助玻利维亚实现其矿产资产的私有化和恢复那些能为吸引私人企业提供必需矿产信息的政府机构。

结 论

美国人对矿产资源的公众态度从历史上看已反映出近代经济的、社会的和政治的环境。因此，美国的矿产资源政策也同样反映出了那些过去的经历。对 20 世纪社会关注焦点的回顾表明，公众关心的问题常常与社会实际所面临的很不合拍。在新世纪即将来临之际，社会对自然资源的态度正在发生重大转变。社会上出现的许多认识是值得称赞的，但是作为这些认识基础的一些假设对于自然和经济环境来说却过于简单化了。在另一些情况下，这些认识可能会被最近的经验所影响。尽管自然条件确实会限制未来的机会，但未来将展现出比最近经验显示的更加广阔的机遇。矿产资源政策制定者要有丰富的知识和经验来研究自然秉赋和全方位的经济、社会和政治环境，以免在我们制定新世纪的矿产资源政策时出现失误。

预测矿产品需求量的最新趋势跟踪模型

G.C.Pan D.P.Harris

本文提出的一种根据历史数据进行矿产品需求的短期、长期预测的新方法已取得进展。该方法称为最新趋势跟踪模型，它是以一般线性模型为基础通过加权法和调整近似值法建立的。LTT 模型是关于数据的分布和统计特性的函数。最新数据求得最大加权值，较早数据求得较小的加权值。LTT 模型运算是通过叠代算法进行的，将数据组连续的分成学习组和检验组，每组数据估计出每个 LTT 模型并检验它。然后根据数据的分布和估计方差将最新的估计式综合产生一个最终估计式。用两个实例验证了 LTT 模型，一个是关于美国铝消费量预测，另一个是关于美国铜消费量预测。

引 言

预测一个服从强循环和非循环变化的时间序列给预测者提出了一个二难选择。一方面，最新数据一般含有关于该时间序列近期值最有价值的信息。另一方面，在或接近这个时间序列终点，当一个强脉动存在时，最新的数据就有问题了，因为不知道离开过去的趋势到底是完全周期性的，还是标志着一个新趋势的开始。无论怎样，预测者必须判断这些最新数据特征所代表的意义有多大。在统计学上，这是个加权问题，它包括考虑数据的分布(例如数据处于时间序列的位置)和数据的统计学行为。当预测者需要验证模型时，另一个问题又产生了。

在或接近时间序列的终点时，如果一个强脉动存在，通过比较预测数据与实际数据来验证模型尤其成问题，这些实际数据被排除在用于估计模型的数据组之外。毫无疑问，除非模型含有所有影响相关变量的全部因素，否则，当近期周期值被取消的情况下建立的模型实际上不同于由全部数据建立的模型。这种情况使得用传统方法根据最新数据检验模型很成问题。本文将介绍一个方法，在没有损失重要数据的条件下来验证模型。

本文不太关注这些复杂现象的模型结构问题，而是在给出模型结构后，更为关注改进预测的统计分析和方法。据此，通过处理以下两个问题，而出现了统计解式或统计方法的改进：(1)根据数据的分布和数据特征进行数据加权，(2)在没有失去最新数据的条件下，评价模型，建立预测的可信度。在本文中，我们介绍了一个统计方法，称为最新趋势跟踪法(LTT)，该方法有利于根据数据的分布和数据的特征进行加权并初始化数据使之适应学习数据组。我们提出了这种方法以确定模型的可信度并通过嵌入多变量模型对事后预测提供更大的稳定性。

用两个预测验证了 LTT 模型实，一个是预测铝消费量，另一个是预测铜消费量。

反映数据分布和特征的一般线性模型

根据上述讨论，我们断定，一个模型应该考虑数据的两个重要特征，以便发现时间序列的最好趋势并保证预测具更大的可信度。数据的两个重要特征是：数据分布和数据特征。在此定义两个术语：学习组，由用于建立模型的那部分数据组构成，检验组，由用于检验模型的那部分数据组构成，被检验的模型是由学习数据组建立的。假设：

$$\pi \cup \pi' = \Omega (\text{全部数据组集合}) \quad (1)$$

$$\pi \cap \pi' = \phi (\text{空集})$$

对于一种给定的矿产品的时间序列，设

$$\pi_i = \{t/i+1 \leq t \leq \tau_0 + i\} \quad (2)$$

$$\pi'_i = \{t/\tau_0 + i + 1 \leq t \leq \tau\}$$

式中： $1 \leq i \leq n$ ， $i=0,1,2,\dots$ ， n 是预测数据点的总数， τ_0 是某些间断点。这样每一对 $\{\pi_i, \pi'_i\}$ ($i=1,2,\dots,n$)，式中 π_i 是全部数据组减去第一个 i 观测点)都满足方程 1。考虑线性模型：

$$y = X\beta + e \quad (3)$$

式中 y 是一组 $n \times 1$ 观测矢量, X 是一个关于 m 个独立变量已知观测值的 $n \times m$ 全阶矩阵, β 是一组 $m \times 1$ 未知参数矢量, e 是一个 $n \times 1$ 随机分布误差矢量, 例如 $e \sim N(0, \sigma^2 I)$ 分布, 注意 $\hat{\beta}$ 的最小平方加权估计值是:

$$\hat{\beta} = (X^T W X)^{-1} X^T W y \quad (4)$$

$$\text{Var}(\hat{\beta}) = (X^T W X)^{-1} X^T V X (X^T W X)^{-1} \quad (5)$$

式中 $W = \sigma^{-2} I$, $V = W^{-1}$, $\sigma^2 = \text{Diag}(\sigma_1^2, \dots, \sigma_n^2)$, 它是一个数据分布和数据特征函数。方程 4 和 5 的估计只利用学习组, 它包括 n_1 点。现在让我们探讨用检验组预测各点的方法, 设:

$$u = x\hat{\beta}$$

式中矩阵 X 有 n 行。如果我们把它分成:

$$u = \begin{pmatrix} \tau_0 \\ \tau - \tau_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix} \quad \Sigma = \begin{pmatrix} \tau_0 & \tau - \tau_0 \\ \tau - \tau_0 & \tau - \tau_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{pmatrix}$$

然后利用下面的模型, 即标准正态分布理论, 我们可求得下面的公式:

$$y_n | y_n \approx N[u_2 - \Sigma_{21} \Sigma_{11}^{-1} (y_n - u_1), \Sigma_{22} - \Sigma_{21} \Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{21}] \quad (6)$$

式中 y 是一个具有属于学习组元素项的矢量, y' 是一个具有属于检验组元素项的矢量。在假设已知方差 σ^2 的条件下, 上述所有的估计值和预测值都可以求得, 遗憾的是实际上一般是未知的。利用一个已给出的样本的统计方差 S^2 作为 σ^2 的估计值是合理的, 如果我们假设 $\sigma^2 = \sigma^2 I$ 及

$$S^2 = (y - X_{\pi} \hat{\beta})^T (y - X_{\pi} \hat{\beta}) / (\tau_0 - m + 2) \quad (7)$$

式中 X 仅包含那些属于学习组的样本点。

关于一般的 σ^2 , D.V.Lindley 等(1972)求得的估计值可考虑作为 σ^2 的估计值。

最新趋势跟踪模型

在前一节我们提出了时间序列的一般模型, 它是通过在某个间断点把数据分成两个亚组和 y' 来进行的, 其中 y 和 y' 分别为学习组和检验组。检验组可以用于检验由学习组建立作为预测模型的模型。尽管这种方法在预测中广泛使用, 但当模型用于预测时, 它确实是一个二难选择。特别是最新数据, 其 y' 组数据不能用于模型参数的估计, 这样做的目的是为了在超出 y' 时能检验模型。或者可否用 y 和 y' 组数据重新估计模型? 如果 y' 是一个很大的数据组, 就更倾向于根据组合数据组重新估计模型。当然, 这样做就意味着要用没有检验的模型进行超出 y' 的预测。LTT 模型作为这两种方法之外的一种备选方案, 在本节中, 用一系列已分亚组数据 y_i 和 $y'_i (i=0, 1, \dots, \tau_0 - 1)$ 重点讨论, 这两个亚组在上一节已定义过。下一节将阐述 LTT 模型在预

测中的应用。

基本数学关系

首先，将数据组分成两个亚组 π_0 和 π'_0 。假设我们已得到模型(方程 3)的估计式 4 和 5，该数据组的特殊部分：

$$y_{\pi_0} = X_{\pi_0} \hat{\beta}_{\pi_0}^{(0)}$$

式中 $\hat{\beta}_{\pi_0}^{(0)}$ 是根据数据组 π_0 由方程 4 估算出的 β 的估计值。对于属于 π'_0 组的元素项的预测由关系式 6 给出，条件是根据已给出的 y_{π_0} ：

$$\hat{y}_{\pi'_0} = u_2^{(0)} - \sum_{21} \sum_{11}^{-1} (y_{\pi_0} - u_1^{(0)}) \quad (8)$$

接下来，我们再将数据组分成两个新的亚组 π_1 和 π'_1 ，按照前述程序我们得到估计式：

$$\hat{y}_{\pi_1} = X_{\pi_1} \hat{\beta}_{\pi_1}^{(1)} \text{ 和 预测式: } \hat{y}_{\pi'_1} = u_2^{(1)} - \sum_{21} \sum_{11}^{-1} (y_{\pi_1} - u_1^{(1)}), \text{ 现在划分 } \hat{y}_{\pi'_0}, \hat{y}_{\pi'_0} = \frac{1}{\tau_0 - 1} \begin{pmatrix} \hat{y}_1^{(0)} \\ \hat{y}_{\pi'_0}^{(-)} \end{pmatrix},$$

并形成矩阵 $\hat{y}_{\Omega_1}^{(0)} = \begin{pmatrix} \hat{y}_{\pi_0}^{(-)} \\ \hat{y}_{\pi'_0} \end{pmatrix}, \hat{y}_{\Omega_1}^{(1)} = \begin{pmatrix} \hat{y}_{\pi_1} \\ \hat{y}_{\pi'_1} \end{pmatrix}$

定义 Ω_0 和 Ω_1 如下：

$$v_{01}^2 = [y_{\Omega_1} - \hat{y}_{\Omega_1}^{(0)}] \Psi_{\Omega_1}^2 [y_{\Omega_1} - \hat{y}_{\Omega_1}^{(0)}], v_{11}^2 = [y_{\Omega_1} - \hat{y}_{\Omega_1}^{(1)}]^T \Psi_{\Omega_1}^2 [y_{\Omega_1} - \hat{y}_{\Omega_1}^{(1)}]$$

式中组 Ω_1 包括除了第一点之外的所有时间点（第一个数据点排除在进一步考虑之外）， Ψ_{Ω_1} 是一个其元素下标属于 Ω_1 组的对角线矩阵， y_{Ω_1} 是 Ω_1 组中含有原始值的列矢量。

利用前面的结果，检查第一阶段的趋势跟踪模型，根据第一阶段的两部分数据得到 LTT 模型为：

$$\hat{\beta}^{(1)} = \alpha_{01} \hat{\beta}^{(0)} + \alpha_{11} \hat{\beta}_{\pi'_1}^{(1)} \quad (9a)$$

式中 $\hat{\beta}^{(0)} = \hat{\beta}_{\pi_0}^{(0)}$ 并且

$$\alpha_{01} = \frac{v_{01}^{-1}}{v_{01}^{-1} - v_{11}^{-1}}, \alpha_{11} = \frac{v_{11}^{-1}}{v_{01}^{-1} - v_{11}^{-1}}. \quad (9b)$$

总之，假设 $I = 0$ 时这个计算过程已完成，数据组划分系列为：

$$[(\pi_0, \pi'_0), (\pi_1, \pi'_1), \dots, (\pi_{k-1}, \pi'_{k-1})].$$

定义在第 $(k-1)$ 阶段趋势模型的数学表达式为：

$$\hat{\beta}^{(k-1)} = \alpha_{0,k-1} \hat{\beta}^{(k-2)} + \alpha_{1,k-1} \hat{\beta}_{\pi'_{k-1}}^{(k-1)}, \quad (10a)$$

$$\hat{y}^{(k-1)} = X_{\Omega_{k-1}} \hat{\beta}^{(k-1)} \quad (10b)$$

式中 Ω_k 和 Ω_{1k} 与在方程 9b 中的定义相同, Ω_{k-1} 含有除了第 k-1 数据 (最老的) 点外的所有时间点, 用方程 10 的模式, 我们可对 Ω_{k-1} 组的各点进行预测如下式:

$$y_{\pi_{k-1}}' = u_2^{(k-1)} - \sum_{21} \sum_{11}^{-1} (y_{\pi_{k-1}} - u_1^{(k-1)}) \quad (11)$$

考虑对数据组进行第 k+1 次划分, 分成亚组 Ω_k 和 Ω_{1k} , 对于这一特殊划分, 利用数据组 Ω_k 给出 $\hat{\beta}_{\pi_k}^{(k)}$, 可以估计出一个新模型为:

$$\hat{y}_{\pi_k} = X_{\pi_k} \hat{\beta}_{\pi_k}^{(k)} \quad (12)$$

对于 π_k 亚组中各点的预测由下式给出: $\hat{y}_{\pi_k'} = u_2^{(k)} - \sum_{21} \sum_{11}^{-1} (y_{\pi_k} - u_1^{(k)})$.

$$\text{定义矩阵 } \hat{y}_{\Omega_k}^{(1)}: \hat{y}_{\Omega_k}^{(1)} = \begin{pmatrix} \hat{y}_{\pi_k} \\ \hat{y}_{\pi_k'} \end{pmatrix}.$$

$$\text{在方程 10 中的子矩阵为: } \hat{y}^{(k-1)} = \frac{1}{\tau_{0-k}} \begin{pmatrix} \hat{y}_1^{(k-1)} \\ \hat{y}_{\Omega_k^{(0)}} \end{pmatrix}.$$

在第 k 阶段新的跟踪模型的参数为:

$$\hat{\beta}^{(k)} = \alpha_{0,k} \hat{\beta}^{(k-1)} + \alpha_{1k} \hat{\beta}_{\pi_k}^{(k)} \quad (13)$$

式中 α_{0k} 和 α_{1k} 与在方程 9b 中的定义相同。

利用模型 13, 我们可以对 π_k' 亚组各点进行预测, 这个过程重复进行直到 $\kappa = \tau - \tau_0$ 产生 $\tau - \tau_0$ 个 LTT 模型:

$$\{\beta^{(1)}, \beta^{(2)}, \Lambda, \beta^{(\tau-\tau_0)}\} \quad (14)$$

未知时间点的预测

除了前面定义的学习组和检验组之外, 我们再定义一个预测组:

$$p_i^* = \{t | t+i \leq t \leq t^*\} (i=1, 2, \Lambda, t^* - t), \text{ 式中 } t^* \text{ 是已知数据点的总数, } t^* \text{ 是超出已知数据组}$$

预测的最远点。利用下面的叠代算法可对 π_i^* 组各点进行预测。

为了方便, 假设在以后的模型中 $\Sigma = \sigma^2 I$ 。我们首先从第一阶段开始 ($i=1$), 利用上节所述的跟踪模型的一般方式, 我们可以得到一组模型, 每个模型都对应一个 k 值, 即:

$$\{\hat{\beta}_{\pi_1}^{(1)}, \hat{\beta}_{\pi_1}^{(2)}, \Lambda, \hat{\beta}_{\pi_1}^{(\tau-\tau_0)}\}。 \text{ 利用这些模型将产生关于 } \pi_i^* \text{ 组各点的一组预测为:}$$

$$\{\hat{y}_{\pi_1'}^{(1)}, \hat{y}_{\pi_1'}^{(2)}, \Lambda, \hat{y}_{\pi_1'}^{(\tau-\tau_0)}\}, \quad (15)$$

式中 $\hat{y}_{\pi_1'}^{(k)} = X p_1' \hat{b}_{p_1}^{(k)}, k=1,2,\Lambda, t-t_0$.

$$\text{定义: } s_{1k}^2 = [y_{\pi_1'} - \hat{y}_{\pi_1'}^{(k)}]^T \psi_{\pi_1'}^2 [y_{\pi_1'} - \hat{y}_{\pi_1'}^{(k)}] \quad (16)$$

式中 $k=1,2,\dots, \tau-\tau_0, \psi$ 是一个加权矩阵, 则参数矢量的第一个综合估计式可构成如下:

$$\beta_1^* = \sum_{k=1}^{\tau-\tau_0} \gamma_{1k} \hat{\beta}_{\pi_1}^{(k)}, \quad (17)$$

式中: $g_{1k} = s_{1k}^{-2} [\sum_{j=1}^{\tau-t_0} s_{1j}^{-2}]^{-1}, k=1,2,\Lambda, t-t_0$.

据此, 第一阶段 π_1^* 组各点的预测可由下式给出:

$$\hat{y}_{\pi_1^*} = X \pi_1^* \beta_1^*. \quad (18)$$

注意对于超出已知数据组 y 的预测需要预测的解释性变量值。定义:

$$c_k = [x_{\pi_k}^T W_{\pi_k} x_{\pi_k}]^{-1} x_{\pi_k}^T W_{\pi_k}^2 x_{\pi_k} [x_{\pi_k}^T W_{\pi_k} x_{\pi_k}]^{-1},$$

那么, 在 $\hat{y}_{\pi_1^*}$ 中每个已估算的元素项的方差可由公式 19 计算

$$d_{\tau+q}^{(1)} = \sigma^2 X_{\tau+q}^T C_1 X_{\tau+q}, q=1,2,\Lambda, \tau^* - \tau, \quad (19)$$

式中 $C_1 = \sum_{x=1}^{\tau-\tau_0} \gamma_{1k}^3 c_k$ 和 X 是一个包含所有解释变量观测值的列矢量。

下一步, 把 $\hat{y}_{\pi_1^*}$ 的估计数据归入 $\hat{y}_{\tau+1}^{(1)}$ 检验组中, 把他们视为已知数据以便于第二阶段的预测能够进行。然后, 把 $\hat{y}_{\pi_1^*}$ 的第一元素项 $\hat{y}_{\tau+2}^{(2)}$ 归入检验组中并把它视作已知数据, 以便于进行第三阶段的预测, 如此可获得第 i 阶段的参数矢量的估计值:

$$\{\hat{\beta}_{\pi_1}^{(1)}, \hat{\beta}_{\pi_1}^{(2)}, \Lambda, \hat{\beta}_{\pi_1}^{\tau-\tau_0}\}.$$

利用这些模型可获得在 π_i^* 组的各点预测值:

$$\{\hat{y}_{\pi_1'}^{(1)} \hat{y}_{\pi_1'}^{(2)}, \Lambda, \hat{y}_{\pi_1}^{(\tau-\tau_0)}\}. \quad (20)$$

s_{ik}^2 和 γ_{ik} 的定义与方程 16 和 17 相同 $k=1,2,\dots, \tau-\tau_0$, 那么, 这一阶段的参数矢量综合估计由下式给出:

$$\beta_i^* \sum_{k=1}^{\tau-\tau_0} \gamma_{ik} \hat{\phi}_{\pi_i}^{(k)} \quad (21)$$

据此，可获得这一阶段 π_i^* 组各点预测：

$$\hat{y}_{\pi_i} = X_{\pi_i} \beta_i^* \quad (22)$$

在 λ_{ik} 中每项的方差计算如下：

$$d_{t+q}^{(i)} = S^2 X_{t+q}^T c_i X_{t+q}, q = i, i+1, \Lambda, t^* - t, \quad (23)$$

式中 C_i 的定义与方程 19 相同。这个过程进行直到 $i = \tau^* - \tau$ 时终止。估计值 $\{\hat{y}_{\pi_1^*}, \hat{y}_{\pi_2^*}, \Lambda, \hat{y}_{\pi_{\tau^*-\tau}^*}\}$ 可由方程 22 得出，相应的方差由方程 23 计算出。

因此，根据这些估计值， π_i^* 组各点的最终预测可由下式给出：

$$\hat{y}_{t+q}^* = \sum_{j=1}^q g_j y_{t+q}^{(j)}, q = 1, 2, \dots, t^* - t \quad (24)$$

式中 $\gamma_j = [1/d_{\tau+q}^{(j)}] \left[\sum_{k=1}^q \left(1/d_{\tau+q}^{(k)} \right) \right]^{-1}$ $j = 1, 2, \dots, q$, $\hat{y}_{\tau+q}^{(j)}$ 是矢量 $\hat{y}_{\pi^* j}$ 的第 q 项元素。

对于这些点的估计值每一个相应的方差可由方程 25 计算出来

$$d_{\tau+q}^* = \text{Var}[\hat{y}_{\tau+q}^*] = \left[\sum_{k=1}^q 1/d_{\tau+q}^{(k)} \right]^{-1}, q = 1, 2, \dots, \tau^* - \tau. \quad (24)$$

点估计值(方程 24)和方差(方程 25)结合将产生关于 π_i^* 组各点的区间估计值。

因为在方程 23 中的 S^2 实际上是典型未知的，它必须从实例中估计。在这个模型中，由下面的公式估计方差是合理的：

$$\hat{\sigma}^2 = [(\tau - m + 2)(\tau^* - \tau)]^{-1} X \sum_{i=1}^{\tau^*-\tau} [y_{\Omega} - X_{\Omega} \beta_i^*] \quad (26)$$

在这个跟踪过程中，计算工作量看来太繁重了，不过用下面的等式可避免实际大量的计算，

即 $\beta_{\pi_i}^{(k+1)} = \beta_{\pi_{i+1}}^{(k)}$ ，式中 $k=1, 2, \dots$ ， $i=1, 2, \dots$ 。

选择加权函数

LTT 模型与普通线性模型主要差别之一是加权 (在 中的一项元素)，它被归入到回归模型中。当选择适当时，加权 w_t 和 y_t 的函数，它在时间序列中跟踪最新趋势的模型功能方面起着重要作用，R.D.Cook(1977)定义一个指数以衡量第 t 数据点对于估计的影响程度，即方程 3 中 μ_t 的一般最小二乘估计值。设 $\hat{\beta}_{(-t)}$ 表示第 t 个点被删除的 最小二乘估计值。下面的定义是由 Cook(1977)给出的：

$$\mu_t = \frac{\left[\hat{\beta}_{(-t)} - \hat{\beta} \right]^T X^T X \left[\hat{\beta}_{(-t)} - \hat{\beta} \right]}{ms^2}, t \in \pi, \quad (27)$$

式中： $s^2 = e^T e / (\tau_0 - m)$, e 是剩余矢量。方程 27 可简化为下面的形式

$$\mu_t = \left[\frac{h_t^2}{m} \right] \left[\frac{p(\hat{y}_t)}{p(e_t)} \right], \quad (28)$$

式中：

$$h_t = (y_t - x_t^T \hat{\beta}) / (s \sqrt{1 - d_t^*}), p(\hat{y}_t) = x_t^T (X^T X)^{-1} x_t \sigma^2, p(e_t) = [1 - x_t^T (X^T X)^{-1} x_t] \sigma^2$$

数量 h_t^2 是一个程度测量值，即第 t 点的观测值被认为是距假设模型离差， $p(y)/p(e)$ 比值衡量每个数据点的估计值 与潜在离差的相关敏感度。比值大表明相连点对于决定 $\hat{\beta}$ 时有很大的影响。方程 28 中的两部分测量值代表任何独立点对最小平方解都有完全的影响。

这里我们修正 Cook 的指数定义为：

$$\lambda_t = h_t^{-1} \sqrt{\frac{p(e_t)}{p(\hat{y}_t)}}, t \in \pi, \quad (29)$$

并选择 (t, y) 的函数式如下：

$$\psi(t, y) = \lambda_t / \Lambda, t \in \pi,$$

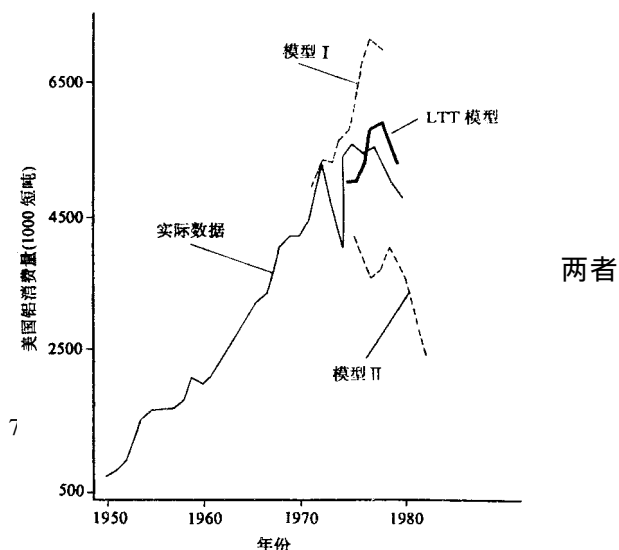
式中 Λ 为：

$$\Lambda = \tau_0^{-1} \sum_{t \in \pi} h_t^{-1} \sqrt{p(e_t) / p(\hat{y}_t)}.$$

$$\text{已知：} \quad \tau_0^{-1} \sum_{t \in \pi} \psi(t, y) = 1$$

(30)

方程 30 的加权反映了数据分布与数据特征两者的影响。



实例验证

在这一节中，我们用两个实例来验证所提议的 LTT 模型：美国铝和铜消费量预测。

美国铝消费

在这个实例中所用的数据是从 1949 年到 1981 年的每年美国铝的消费量。基本定义为： y_t 是美国人均收入， p_{ot} 是铝价格， p_{it} 是代用品(铜)的价格， t 是时间， d 是美国每年铝消费量。

考虑线性化的时间变量参数模型为：

$d_t = \gamma_0 f_{0(t)} + \gamma_1 f_{1(t)} y_t + \gamma_2 f_{2(t)} p_{ot} + \gamma_3 f_{3(t)} p_{it}$ ，式中

$f_{i(t)}, i=0, \dots, 3$ ，是描述跨越时间的系数变化的函数， $\gamma_{ik}, k=0, \dots, 3$ 是最小平方加权，其数值

取决于 f_i ； $\gamma_0 f_{0(t)}$ 是一个时间变量截距， $\gamma_1 f_{1(t)}$ 是人均收入的时间变量系数， $\gamma_2 f_{2(t)}$ 是一个铜价格时间变量系数， $\gamma_3 f_{3(t)}$ 是代用品价格的时间变量系数。

假设变量 y_t, p_{ot} 和 p_{it} 是独立变量(或弱相关变量)，可根据 d, y, p_o 和 p_i 数据的初步分析确定函数 f_0, f_1, f_2 和 f_3 ；

$$f_{0(t)} = b_0 + b_1 t \text{ (线性趋势)} \quad f_{1(t)} = a_0 + a_1 t \text{ (线性趋势)}$$

$$f_{0(t)} = e^{0.02368t} \text{ (指数趋势)} \quad f_{3(t)} = e^{0.02373t} \text{ (指数趋势)}$$

则：

$$d_t = \gamma_0 b_0 + \gamma_0 b_1 t + \gamma_1 a_0 y_t + \gamma_1 a_1 t y_t + \gamma_2 e^{0.02368t} p_{ot} + \gamma_3 e^{0.02373t} p_{it} \quad (31)$$

定义如下：

$$\begin{aligned} x_{1t} &= y_t, x_{2t} = t y_t, x_{3t} = p_{ot} e^{0.02368t}, & x_{4t} &= p_{it} e^{0.02373t}, x_{5t} = t, \\ x_{0t} &= b_0, & x_{1t} &= a_0, x_{2t} = a_1 t, & x_{3t} &= b_1, \end{aligned}$$

最后，用适当的代换，方程 31 可以表示为以下一般线性公式：

$$d_t = x_{0t} + x_{1t} + x_{2t} + x_{3t} + x_{4t} + x_{5t} + e_t$$

式中 e 为正态分布误差项。

数据组首先分成 p_o 和 p_i ： $p_o = \{t|1 \leq t \leq 24\}, p_i = \{t|25 \leq t \leq 33\}$ 。

使用数据组 p_o ，模型估计为：

$$\hat{d}_t = -755.8 + 315.7x_{1t} + 6.64x_{2t} + 1.097x_{3t} + 9.3x_{4t} + 55.9x_{5t}.$$

这一的方程 $R^2=0.992$ ，通过用 x_i 替代转换($i=1, 2, \dots, 5$)，模型按原始变量重建为：

$$\hat{y}_t = -755.8 + 315.7y_t + 6.64ty_t + 1.097p_{ot}e^{0.02368t} + 9.3p_{it}e^{0.02373t} + 55.9t.$$

利用这个模型对 p_o 组点预测结果见图 1。

这个数据组再分成 p_1 和 p_2 ：

$$p_1 = \{t|4 \leq t \leq 27\}, p_2 = \{t|28 \leq t \leq 33\},$$

式中 $t=1$ 代表 1949 年，利用数据 p_1 组，模型以原始变量表示为：

$$\hat{y}_t = -284.3 + 312.2y_t - 11.95ty_t - 45.26p_{ot}e^{0.02368t} + 22.1p_{it}e^{0.02373t} + 181.5t$$

图 1 美国铝消费量预测中最新趋势跟踪模型与一般线性模型对比

这个方程的 $R^2=0.986$ ，用模型 对 y_t 组各点的预测结果见图 1。

为了简化起见，在上一部分给出的方程中设 $\alpha=1$ ，并且只跟踪一步，按照这个跟踪技术过程，我们得到加权：

$$\alpha_0^2=0.67, \alpha_1^2=0.33.$$

最后，在这一阶段得出的跟踪模型为：

$$\hat{d}_t = -600.2 + 314.9y_t + 0.5ty_t - 14.2p_{ot}e^{0.02368t} + 13.5p_{lt}e^{0.02373t} + 97.38t.$$

使用这个跟踪模型，对于 y_t 组的各点进行预测，预测结果见图 1。表 1 列出了这些模型预测的所有结果及其误差，从表 1 我们可以看出 LTT 模型 比模型 和模型 有很大的改进，图 1 也反映了这种改进。跟踪模型通过把数据组分成每一新亚组建立，这种模型可用于将来美国铝消费量预测项目中。

表 1 用最新趋势跟踪模型预测美国铝消费量的预测结果(千短吨)

年份	模 型		模 型		跟 踪 模 型		实 际
	预测	误差(%)	预测	误差(%)	预 测	误差(%)	
1973	4550	9.40					4122
1974	4953	1.02					4903
1975	4814	33.76					3599
1976	5158	4.22	3728	24.67	4686	5.31	4949
1977	5376	2.54	3059	41.66	4612	12.03	5243
1978	5750	15.51	3103	37.67	4877	2.02	4978
1979	6314	25.83	3422	31.81	5359	6.79	5018
1980	6653	49.37	3031	31.95	5457	22.51	4454
1981	6520	56.88	1710	58.85	4732	13.85	4156

美国铜消费量

根据一般经济理论，假设铜年消费量是含铜耐用品产量、铜价格(p_t)、铜的主要替代品的价格(q_t)和技术变化(f_t)的函数。在本文中，我们希望有一个累积消费函数，这样就不需要估计每一种铜耐用品的消费函数。由此利用人均收入(y_t)近似表示所有含铜耐用品的消费量，就可以估计出一个方程。此外，用全要素生产率(f_t)近似表示技术变化。

选择用一个对数转换关系式，将解释性变量与消费量相联，这是由于所采用的时间序列的长度及前人的研究表明使用强度下降(每一美元的国民总产值的视消费量)所造成的。D.PHarris(1989)指出，W.Malenbaum(1978)所进行的验证工作揭示的使用强度的斜铃形曲线，可通过使用强度与人均收入之间的对数正态关系表示产生了一个简单的收入~消费量之间的对数转换模型。所选择的铜消费量模型是那个模型的归纳式，除收入外还包含各种解释性变量。

收集了 1939~1989 年间的美国铜消费量的数据，以及铜价格(p_t)数据，主要代用品的价格(q_t)数据，人均收入(y_t)数据，全要素生产率(f_t)的数据，它代表着技术变化，在本分析中，学习组 包括 1939 年-1968 年间的的历史数据，检验组 包括 1969 年-1973 年间的的历史数据，事后预测组 包括 1974 年-1983 年，分析得出以下模型：

$$\hat{d}_t = 10.15y_t^{0.3355\ln(f_t)-0.0457\ln(y_t)}f_t^{0.035\ln(p_t)-0.1457\ln(q_t)-0.1924\ln(f_t)}.$$

这个模型是在检验组 中最后一步跟踪产生的。事后预测期间的消费量估计值是按照前面一节介绍的方法计算出来的。

用 LTT 模型对于学习组 ，检验组 ，预测组 计算出的消费量的估计值与实际数据一

起见图 2。事后预测平均绝对误差(AAE)是 0.0883，这表明 LTT 模型是相当令人满意的。

结 论

根据历史数据预测矿产品的需求量和供应量对于制定矿产政策的决策是至关重要的。为了提高预测质量，在过去已经采用了许多预测方法，包括单变量法和多变量法。例如，各种寿命周期模型(M.K.Hubbert,1982)和矢量预测方法(D.R.Harris 等,1987)对于进行预测矿产品都是有用的工具。但是，当预测涉及到时间序列时，我们经常会遇到一个二难选择的问题：最新数据，他们是最在价值的信息，但是为了对由时间序列建立的模型进行有效的检验，必须把他们从学习数据组中去掉。去掉最新数据点意味着在预测未来时丢失了重要的信息。

本文提出了一种新方法，即跟踪最新趋势模型，目的是为了解决这一二难选择的问题，该模型已解决了上述难题。LTT 模型根据一般线性模型建立，用叠代法运作。在各叠代阶段，把数据组分成学习亚组和检验亚组。据此估计一组预测模型并把这些模型结合成一个综合模型，用于对未来时间点的最终预测。

用两个实例验证了 LTT 模型：美国铝和铜消费量的预测。这两个实例说明，在用时间序列法预测矿产品时，LTT 模型是有效的。这个模型也可用于预测石油和其他金属矿产品的需求量和供应量。

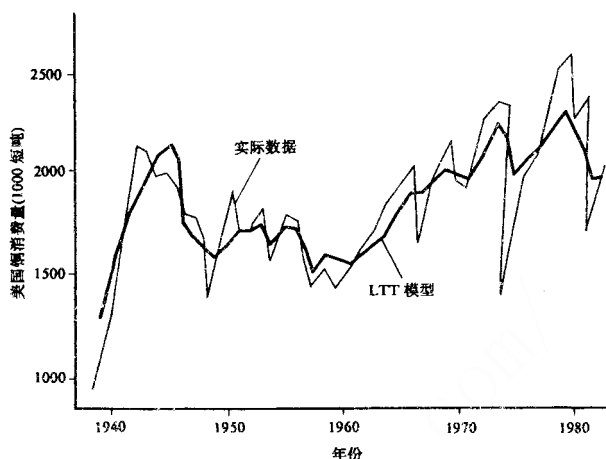


图 2 实际的和用 LTT 模型预测的铜的消费量

美国燃料月消费量预测的状态空间法和多变量回归法的对比

Kyungcho Bae DeVerle Harris

使用相同数据，分别用状态空间法和多元回归法预测了美国石油、天然气和煤炭的月消费量。然后将这些预测结果与一个检验期的实际消费量进行比较。无论对于事后的还是事前的预测，状态空间法的预测结果都优于多元回归模型的预测结果。状态空间预测比回归预测可更准确地反映数据变动的周期。在预测的平均绝对误差方面，用状态空间法也小于多元回归模型。

简 介

燃料消费量的多变量短期预测

在本文中，我们介绍用月数据的时间序列对美国石油、天然气和煤炭的消费量进行短期多变量预测的一个十分简化但严格限定的试验。设计本试验的目的是比较两种方法的事前和事后预测的准确性：多元回归法和状态空间法。

商业预测的观点

从商业经理们的角度看，对以后几个月燃料消费量的预测是进行有效管理所必要的。除用单变量法如指数平滑法所做的预测而外，管理部门希望能得到考虑了相关经济变量(如代用品价格或国民收入)情况的预测结果。假设时间和资源都不允许构建那怕是一个中等的经济计量的市场模型。在各种多变量预测方法中，非常不同的两个方法是：多元回归法和状态空间法。

多元回归是最广泛使用的统计方法之一而不需介绍。与多元回归不同，状态空间方法是比较新且通常为人所不熟知的一种多变量方法。状态空间是时间序列分析的一种。准确地讲，状态空间是时间序列分析的一种马尔可夫方法(Aoki,1987)。时间序列分析的一个较为人知的方法是单变量综合自回归移动平均法(ARIMA)。虽然多变量的 ARIMA 经过众所周知的 Box-Jenkins 单变量方法(Box 和 Jenkins,1970)的扩展，已是一种可供选择的多变量方法，但它要求丰厚的经验才能取得好的效果。然而更为重要的是，单变量或多变量的 ARIMA 模型能够当作状态空间模型来改建(Harvey,1989, Goodrich,1992)。

“商业预测系统 1990”的个人计算机 PC 软件——FMP(Forecast Master Plus)，在不需用户参与的情况下，能完成模型识别、模型估计和自动预测等功能。因此，甚至那些不谙练统计方法的人们也能利用 FMP 来做状态空间的预测。然而，那些熟识时间序列分析和状态空间法的人们能够在 FMP 所提供的统计信息的指示下驾驶自动差分化和模型识别。在本研究中，所有的差分化和模型识别都由 FMP 自动完成。在给出前提条件和一套经挑选的基本变量后，一个有价值的且有用的问题是：由标准回归模型得出的预测结果如何与由 PC 软件 FMP 完成的状态空间预测的结果进行比较？

合格的经济计量模型

在本文中，回归方程意指经济计量模型。我们使用该名词的原理是，纳入本研究回归模型和状态空间软件的基本变量是基于经济理论选定的。而且，用于预测的回归模型的选择也部分基于经济原理。最后，对经济计量模型的估计经常是以回归分析的形式进行的。然而，我们认为单一方程是经济计量模型最简单的形式，并且只在特殊情况下才能作为经济模型来接受。所以，我们并不把本研究当作对一般意义的状态空间和经济计量模型所进行的全面比较来展示。如以下章节(“方法比较的规则”)所指出的，给该试验设置的条件环境是极其特殊的，而且所做的比较仅仅对于那些特殊的环境才是相关的。

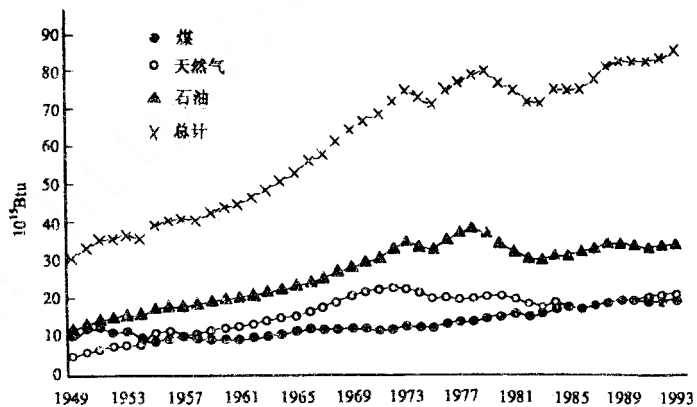


图 1 美国能源消费量

对于 FMP 完成状态空间预测所需变量数(5 个)的限制不利于建立一个市场模型,即表示市场两个方面的模型。不幸的是,由于仅建立消费方面的模型,我们可能会遇到识别上的问题。因此,我们认为给这次比较设置的条件从建立市场经济计量模型的观点来看是相当局限的。尽管如此,绝大多数商业预测使用很简单且经常是单变量的时间序列方法。当预测由多变量模型完成时,用最小二乘方回归所估计的经济是一个单独的方程式。所以,为这个试验而设立的条件对于大多数商业预测是相关的。

试验的计算法

基本变量的选择

多变量预测事先假定一个能用于鉴定基本变量的方法,这些变量包括将要预测的变量(从属的或内生的变量)和能够执行预测的变量(独立的,外生的,或解释的变量)。关于这些变量应如何选择存在两种学派:1)经济理论,2)统计图表分析。这两个学派大致分别与经济学和应用统计学相对应。在本研究中,我们把经济理论当作选择基本变量的基础。准确地讲,因为燃料不是直接用于消费,所以相关的经济理论应适用于引致需求。虽然这两种方法都被限于使用这类基本变量,但是这些模型所选择的变量及其数学形式均由各自方法的最佳运用来确定。

与引致需求理论相一致,一种商品消费的数量 q 是该物品价格 p 、 m 个代用品的价格 ($r_i, i=1, \dots, m$) 和收入 I 的函数,如下式

$$q=f(p, r_1, r_2, \dots, r_m, I)$$

在本研究中, $m=2$, 所以每种燃料均会有两种代用品。因此,该试验的基本数据包括煤炭、石油和天然气消费量和价格以及国民收入的月观测资料(见图 1、2、3)。当然,在必要时,这些模型也包括这些基本变量的滞后值。

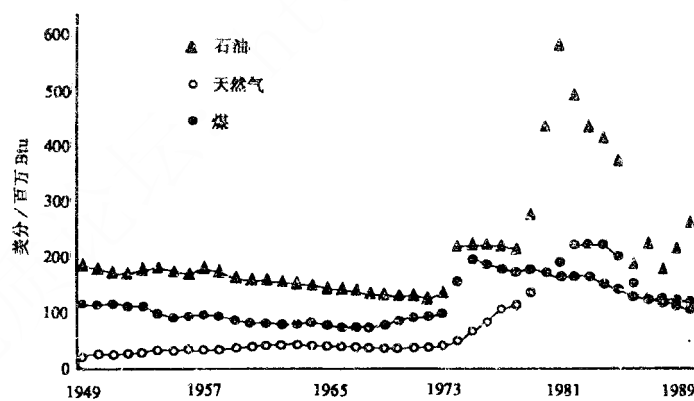


图 2 美国能源价格

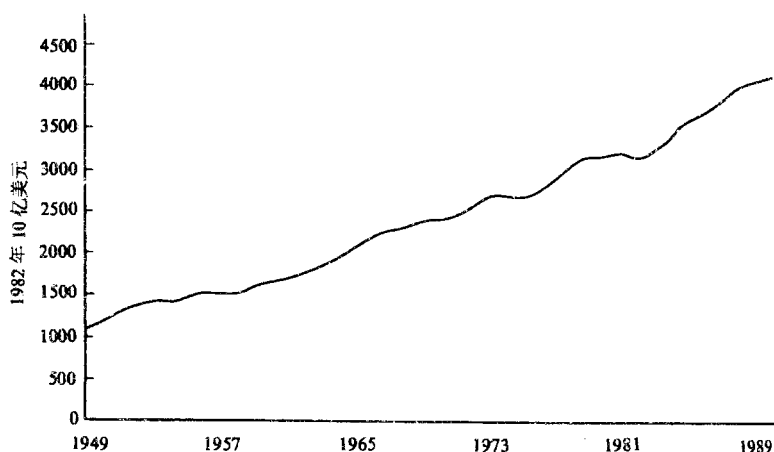


图3 美国国民生产总值 GNP

方法比较的规则

该试验的结果必须加以说明是因为对该方法的比较制定了如下规则：

- (1)同样的基本变量和同样的数据库必须既用于经济计量模型又用于状态空间模型。然而，从基本变量可推演出附加变量，例如通过对分配滞后进行加权而算得的推定价格变量。
- (2)每个模型所涉及的基本变量数目不得大于 5 个，即状态空间商业软件 FMP 的可允许的最大数目。
- (3)模型所使用的月数据的基准期是 1980 年 1 月至 1991 年 12 月。
- (4)1992 年 1 月至 1993 年 5 月是检验期。检验期的数据不用于模型估计。这使得利用检验期数据来检验两种方法的事前事后预测能力成为可能。
- (5)模型的准确性由检验期的平均绝对误差(AAE)来描述，即

$$AAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right|$$

对经济计量模型(多元回归)的选择性评述

推定价格

燃料消费存在强烈的季节性变化而且在一个月份中对于价格变化可能并不产生完全的反应，所以我们可能需要一个推定价格，即以往价格的加权平均值。因此我们估计了两种推定价格 p^* 和 p^{**} 。实质上，这两个价格是特设的分配滞后价格。通过把该滞后价格当作解释变量并且根据现期的和滞后的价格回归消费量，价格 p^* 便得以估计。带有统计显著系数的滞后价格包含在该推定价格中并且通过其回归系数归一化而得到加权值。价格 p^{**} 以类似的方式来估计，只是逐步回归考虑了所有可能的解释变量，包括代用品价格和收入以及自主价格的各种滞后。这里 p^{**} 是统计上显著的滞后价格的加权平均值，这些权数是归一化的回归系数。这些推定价

格变量对于每种燃料是分开估计的。

方程形式

逐步回归的完成取得了标准线性模型。附加的逐步回归获得了可经变换后而成为线性的方程形式，特别是线性对数函数、对数线性函数和对数对数函数。

估计和选择过程

推定价格和该从属变量的各种各样的滞后值都纳入到基本变量的范畴。然后实施逐步回归以挑选出具有最大的调整 R^2 值的回归模型，它遵循下列准则：

- (1)所有系数在 5%水平为统计显著。
- (2)系数的符号与经济理论推测的相一致：自主价格(或推定价格)的为负；收入的为正。
- (3)残差的自相关不显著。

当必要时，Cochrane-Orcutt 程序即一阶自回归校正法可用来使自相关减弱到最小。在不能满足上面所有的准则时，系数的统计显著性和自主价格(简单的或推定的)的符号是优先保证的。

经济计量模型的选择

观点

与选择准则相符合的回归分析得出了三个消费量方程，如后文所示，每个方程对应一种燃料即石油、天然气和煤炭。在每个系数下面的括号里是各系数的 t 统计(Bae,1994)。还提出了每个方程的 Durbin-Watson 统计量，它是用来对最小二乘方回归方程残差(误差)的自相关进行检验的；统计计量的优先值接近 2.00.Durbin-Watson 统计量的数值是在利用 Cochrane-Orcutt 程序校正后计算得出的。统计结果表明，从煤炭和天然气的经济计量模型得出的残差即使经过 Cochrane-Orcutt 校正仍然表现出低度的自相关。

一般来讲，这些估计模型不仅概念而且统计上也是合理的。每个模型都满足高度优先的选择准则。给定了大样本和解释变量统计独立性的假设后，所有系数和常数都是在 5%的水平上统计显著的。对于所有这三个模型来说，自主价格或推定的自主价格的符号是负的，而收入的符号是正的；这与经济理论的要求是一致的。

这里所描述的方程是以基准期的数据估计得出的。因此，这些方程将用于检验时期的事前和事后的预测。

石油消费量

$$O_t = 2196.9 - 0.0868PO_t^* - 0.5416Pg_t^{**} + 0.2705I_t$$

$$(9.33) \quad (-5.15) \quad (-2.42) \quad (4.3)$$

$$R^2 = 0.54 \text{ 和 } \text{Durbin-Watson} = 2.007$$

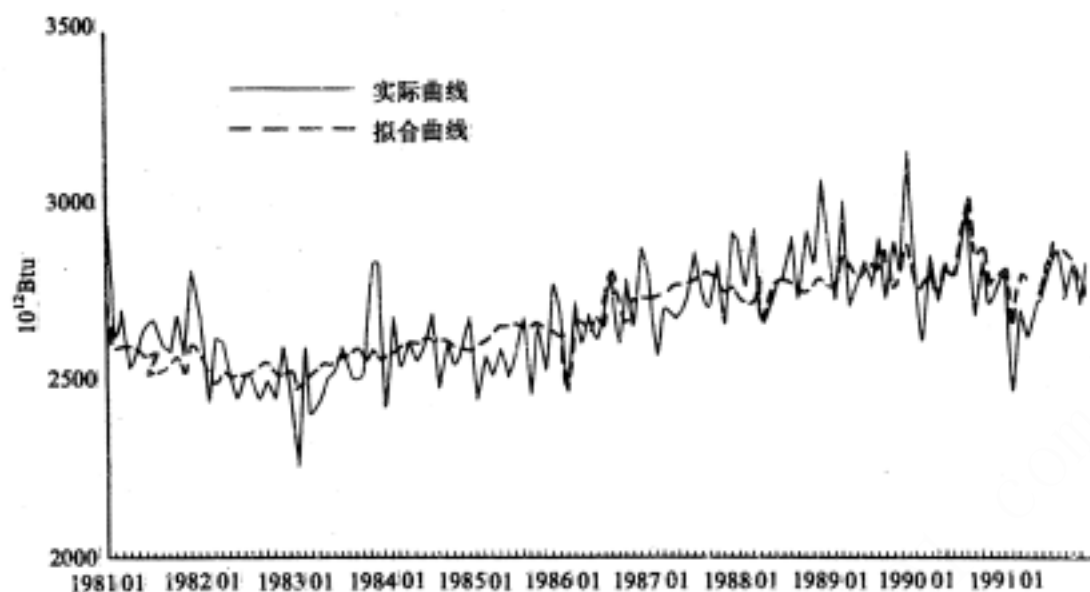


图4 对基本时期美国石油消费量的经济计量模型拟合

天然气消费量

$$G_t = -0.4415P_{gt}^* + 1.2852PO_t + 0.7808I_t$$

$$(-7.63) \quad (3.38) \quad (12.17)$$

$$R^2 = 0.75 \text{ 和 Durbin-Watson} = 1.249$$

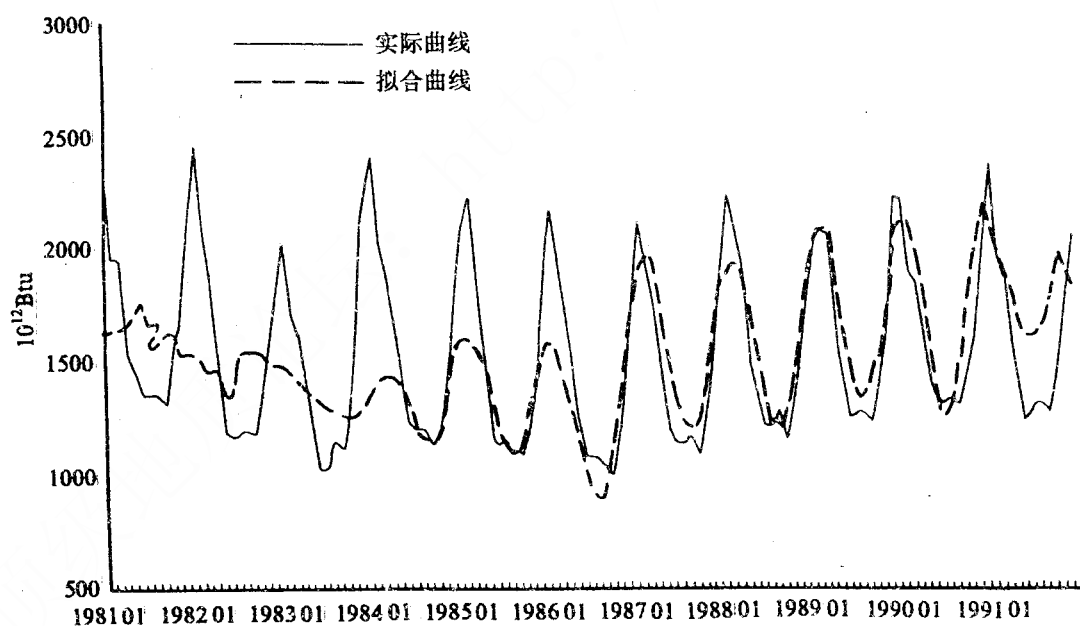


图5 对基本时期美国天然气消费量的经济计量模型拟合

煤炭消费量

$$C_t = -1.1041PC_t^{**} + 0.3271PO_t + 0.5552I_t$$

$$(-6.29) \quad (3.99) \quad (46.39)$$

$$R^2 = 0.68 \text{ 和 Durbin-Watson} = 1.65$$

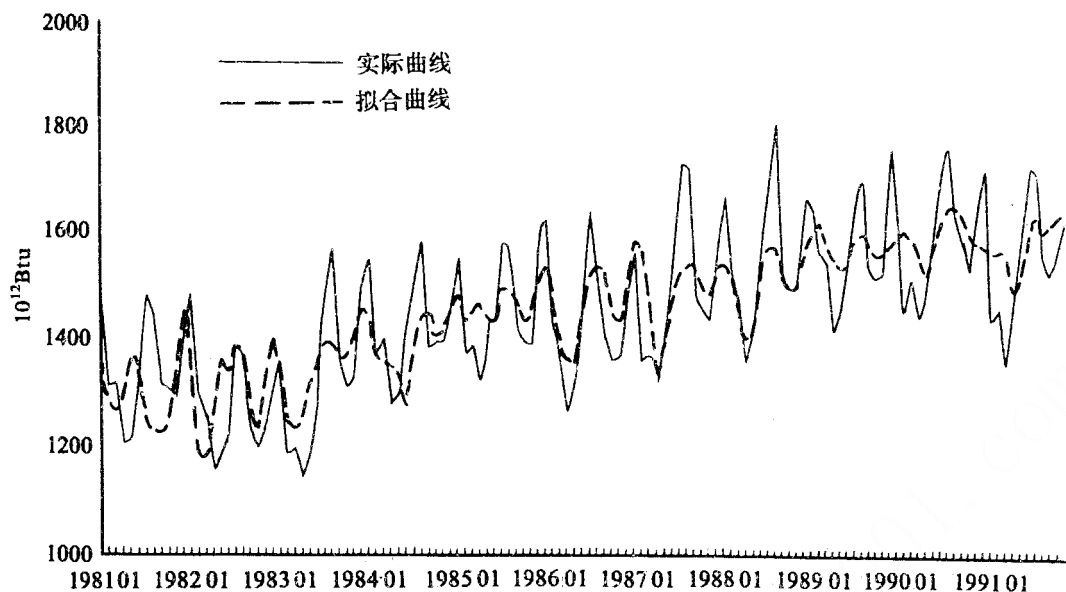


图 6 对基本时期美国煤炭消费量的经济计量模型拟合

模型对基准期数据的拟合

图 4、5 和 6 分别显示模型对石油、天然气和煤炭基准期数据的拟合。天然气模型与其实数据拟合得很好，特别是基准期的后半段。煤炭模型与其数据在整个基准期拟合一般。而石油模型在总体上拟合较好但对其周期的追索却相当差。

对状态空间方法和分析的评论

状态空间法简介

随机过程和平稳性 状态空间(SS)方法是基于平稳随机过程理论的时间序列分析的一个分支。平稳过程的随机特性不随时间而变，这使得利用现时的和过去的的数据建立这类过程的模型成为可能。对于非平稳的时间序列必须首先通过适当的差分或变换来使其变得平稳。

状态向量 SS 的基础是状态向量 Z_t 的概念。为了建起这个概念，让我们考虑观测变量 X_t 的 $r \times 1$ 向量。本研究中 X 包括有关研究中的燃料的基本变量。例如，对石油而言， X 由石油消费量、石油价格、煤炭价格、天然气价格以及收入组成。通常，这些 r 个观测变量构成状态向量 Z_t 的首列 r 元素。在状态向量含有这些可观测变量以外的变量时，这些附加的变量是一个或多个可观测变量的数值在时间 t 的条件期望。状态向量中变量的数目及其性质是由 SS 算法来确定的。

测量方程 一般来说，状态向量 Z_t 被认为蕴涵有预测其下个时期状态向量数值所需要的多变量时间序列的信息。可观察变量的向量通过一个叫做测量方程的关系式与状态向量 Z_t 联系起来：

$$X_t = HZ_t + e_t$$

式中 H 是 $r \times s$ 矩阵，其中首 r 行和 r 列组成单位矩阵 I_r ：

$$H = (I_r | O),$$

而且 e 是具有序列不相关扰动性质的 $r \times 1$ 向量， $E(e_t) = 0, \text{Cov}(e_t) = \text{协方差矩阵 } CV_{ee}$ 。

通过预测 Z 来预测 X 上面方程式仅仅揭示了状态向量 Z 与可观测变量向量 X 的关系。显然预测 X 需要先预测 Z；因此为了定义未来时期的状态向量 Z 要求一个转换方程。这个转换方程的细节是根据该系统所有变量是否需要预测或者根据所谓解释变量是否是外生变量(起决定作用的)而变。在后一种情况下，预测是以外生变量为条件的。

FMP 选择 本研究中，全部的 SS 预测用 FMP 完成，它是在个人计算机上使用的易于用户操作的预测软件。FMP 软件提供两种选择：1)除第一个以外所有变量都是外生变量，2)所有变量是内生变量。第一种选择用于事后预测，第二种用于事前预测。

用 FMP 进行事后预测 事后预测是通过利用检验期或预测期解释变量的已知数据对一个提前估定的模型进行评价来估计应变量的。用于事后预测的状态空间模型是通过 FMP 的第一个选择而得以估计的：方程中所有变量除第一个(应变量或准备预测的变量)以外都是外生变量：

$$Z_{t+1}=FZ_t+GY_t+Ke_t$$

式中，Y 是外生变量的 $m \times 1$ 向量，而 G 是 $m \times m$ 系数矩阵；

F 是转换矩阵；e 是误差向量；K 是前期预测误差的系数向量。

FMP 除基本变量外，还对构成状态向量 Z 的那些变量进行识别，并且估计矩阵 F、G 和 K 的元素，以下是它们的形式：

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_n & a_{n-1} & \dots & \dots & a_1 \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1m} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{m1} & g_{m2} & \dots & g_{mm} \end{bmatrix}, \quad K = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_n \end{bmatrix}$$

用 FMP 进行事前预测 事前预测的概念是，在检验或预测期内没有哪个变量的值是已知的。因此，尽管主要目的是预测应变量如石油消费量，但是包括基本变量在内的所有变量都必须同时预测。用 FMP/SS 进行事前预测是用第二个选择即所有变量是内生变量来进行的，导出的一般 SS 模型如下：

$$Z_{t+1}=FZ_t+Ke_t$$

其中，F 是转换矩阵；K 是修正矩阵；e 是前期预测误差矩阵。

FMP 确认状态向量 Z 的变量并估计 F 和 K 的元素，它们的通常形式如下：

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1m} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \dots & f_{mm} \end{bmatrix}, \quad K = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1m} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{m1} & k_{m2} & \dots & k_{mm} \end{bmatrix}$$

计算术

差分化与季节影响 象前述一样，用 SS 的多变量预测要求多变量的平稳性。差分化的类型(季节的，正常的)及其程度(0, 1, 2...)由 FMP 自动确定。

由于对燃料基本数据的观测是按月的，所以一些序列带有强烈的季节影响。因此，SS 系统不仅包括正常的组成部分而且还涉及季节的部分。FMP 反复估计 SS 系统中季节的和正常的模型以寻找两者模型间的最佳结合。

提前给定模型估计的预测技术方法 用 FMP 做预测需要季节的和非平稳的部分与通常的 SS 部分反复进行结合。这是由 FMP 自动完成的，然后它提出能代表整个时间序列即包含所有

成分的预测结果。

用于事后预测的估计 SS 模型

用于事后预测石油、天然气和煤炭消费量的并除去季节影响而成为平稳的 SS 模型如下：

石油消费量

$$O_{t+1|t} = 0.716O_t + 0.409PO_t - 0.150Pg_t - 12,128PC_t - 0.034I_t + 0.441e_t$$

其中 $e_t = O_t - O_{t|t-1}$ 是前个时期的预测误差。

天然气消费量

$$G_{t+1|t} = 0.681G_t + 1.695PO_t - 1.054Pg_t + 3.292PC_t + 0.182I_t + 0.537e_t$$

其中 $e_t = G_t - G_{t|t-1}$ 是前个时期的预测误差。

煤炭消费量

$$C_{t+1|t} = -0.209C_t + 0.289PO_t - 0.151Pg_t + 0.037PC_t - 0.112I_t - 0.151e_t$$

其中 $e_t = C_t - C_{t|t-1}$ 是前个时期的预测误差。

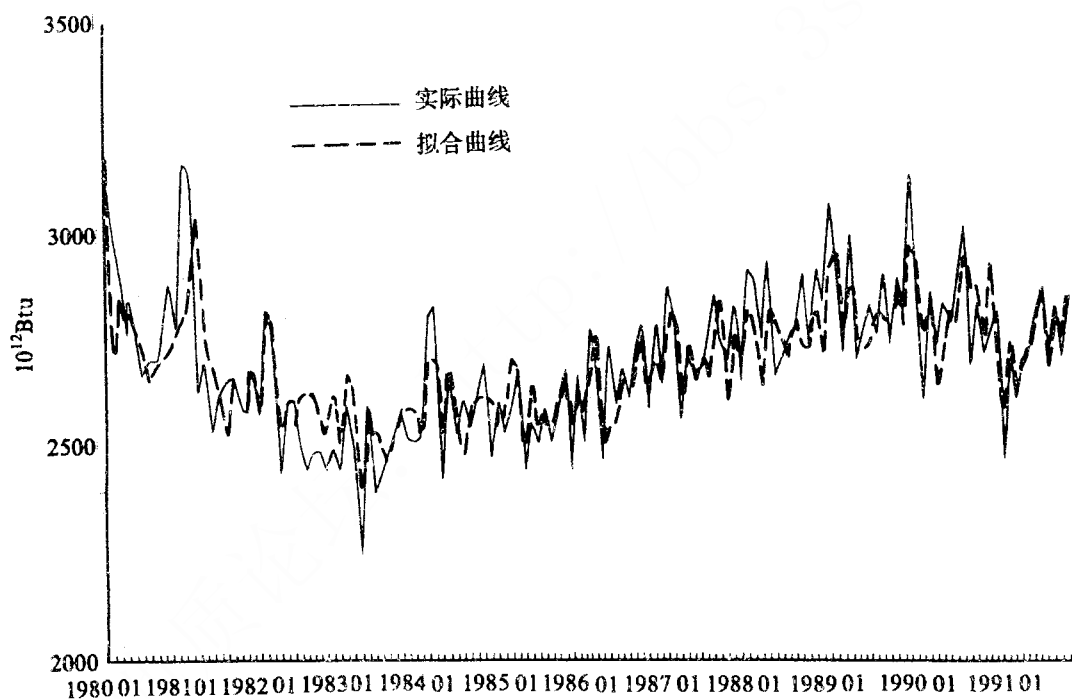


图 7 对基本时期美国石油消费量的状态空间模型拟合(外生的解释变量)

评论

估计的平稳 SS 模型的结构 这三种燃料的 SS 模型在以下四个方面与经济计量模型有所不同。第一，尽管燃料不同影响的方式也不同，但未来消费量受前期消费量的影响是：石油和天然气的为正而煤炭的为负。在经济计量模型中滞后消费量和其它可能的解释变量都有所包含，但是优越的 SS 模型根本不涉及滞后消费量。

第二，只有天然气模型所展示的自主价格和收入的系数与经济理论一致，而对于石油和煤炭，两者变量的符号与经济理论规定的相反。

第三，三种燃料的消费量受到前期消费量预测误差的影响。对于石油和天然气来说，当前

期预测低估实际消费量时，本期消费量的预测则增加。对于煤炭而言，预测误差是以相反的方式影响后期的预测。

最后，这三个模型都有显著的季节影响。这些季节的影响并不在估计 SS 模型中表示而是与由差分化丢弃的趋势一道由 FMP 软件归入到预测结果中。

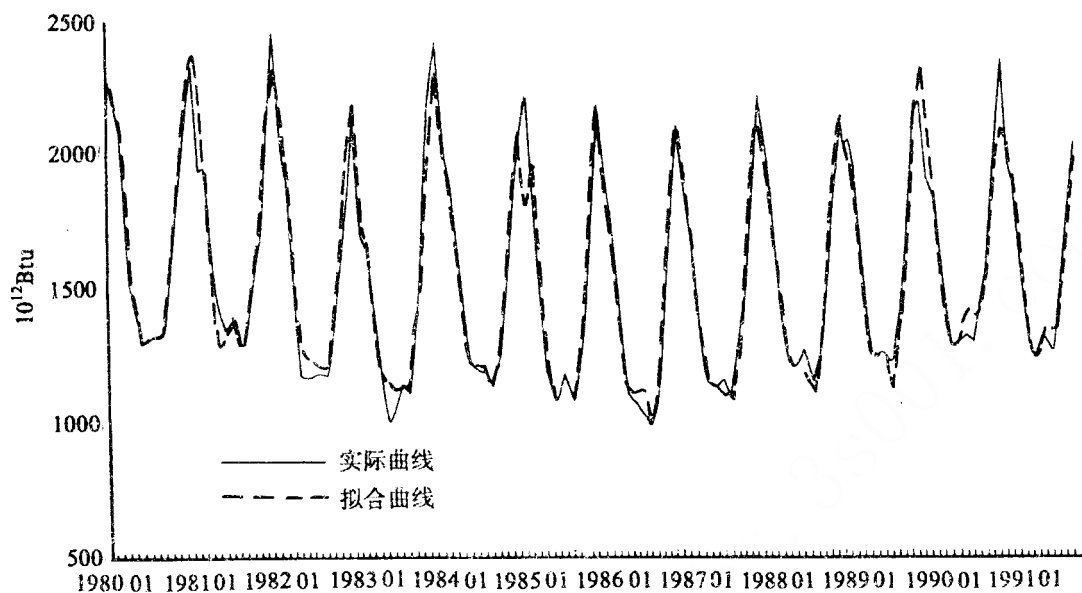


图 8 对基本时期美国天然气消费量的状态空间模型拟合(外生的解释变量)

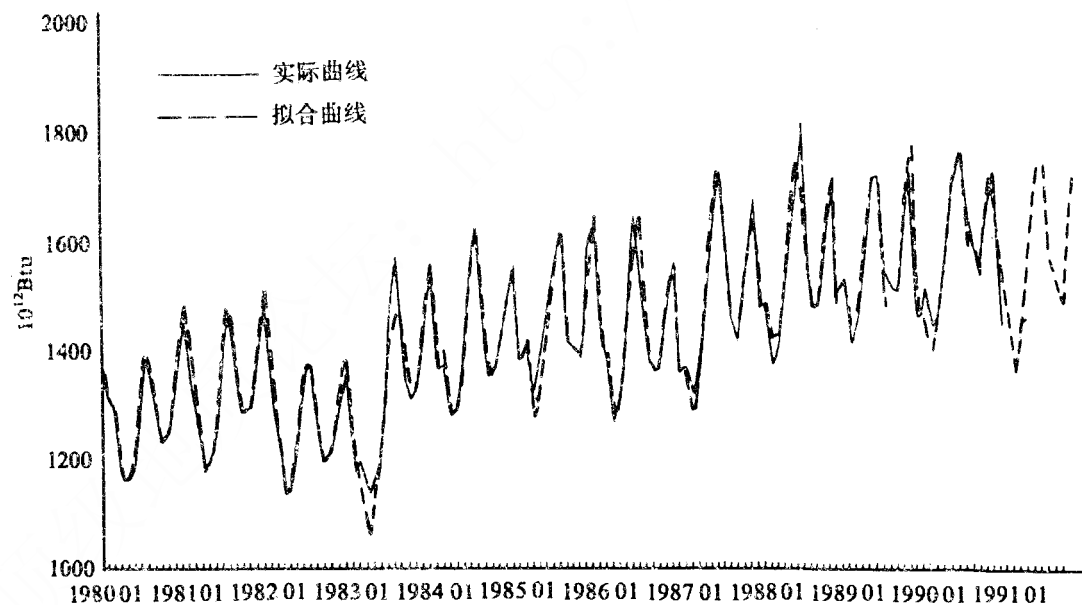


图 9 对基本时期美国煤炭消费量的状态空间模型拟合(外生的解释变量)

非平稳模型对基本时期数据的拟合 图 7、8、9 分别表示了石油、天然气和煤炭的实际和估计的消费量数值。对于石油 FMP 估计的拟合相当好，而对于天然气和煤炭则非常好。在各种情况下，由 FMP 估计的消费量数值比经济计量模型的更好地与实际消费量相拟合。

对检验期的事后预测

概要

对检验时期的事后预测是通过以检验期各解释变量的数值来评价经济计量和 SS 模型而完成的。由于根据定义实际消费量数值在检验期是已知的，所以每种方法(经济计量或 SS)的预测准确性是由比较实际的和预测的消费量数值来确定的。此外，对于每个模型，绝对误差的大小可以得出并用于比较两种方法的预测准确性。

预测值和准确性

用经济计量模型和 FMP 的 SS 模型对检验期石油、天然气和煤炭所做的预测结果分别见图 10-15。可以看出，用 FMP 所做的 SS 预测比由经济计量模型所做的更紧密地靠近实际消费变化的轨迹。而且，石油和煤炭的经济计量模型都始终高估检验期的消费量。平均绝对误差 AAE 的数值，如表 1 所示，证实了这些直观的比较。

表 1 事后预测：对检验时期预测的平均绝对误差

	经济计量	FMP 状态空间
石油消费	0.042	0.022
天然气消费	0.281	0.005
煤炭消费	0.077	0.046

经济计量模型与用简单价格的预测

一个类似于 P^* 和 P^{**} 的推定价格变量在经济计量模型中的使用可能会对含有一个或多个推定变量的模型外推到数据期以外，如在预测中，该模型的功效会怎样发挥产生疑虑。换言之，虽然含有推定价格的经济计量模型能较好地拟合基准期的数据，但是它在预测中的使用或许会对预测结果造成不可预知的影响。为了检查这种可能性，石油、天然气和煤炭的经济计量模型仅使用简单变量而重新估计，并且用这些

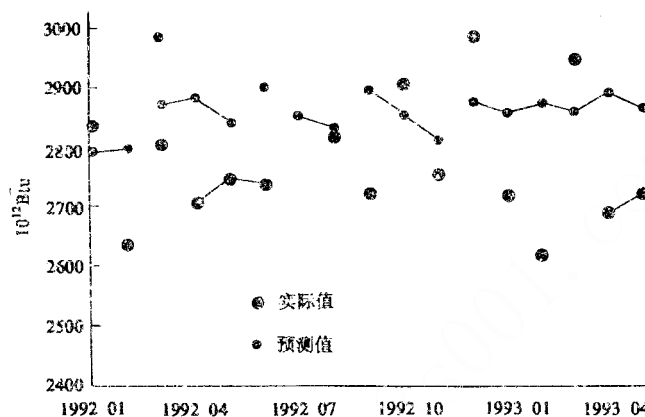


图 10 经济计量模型对检验时期美国石油消费量的事后预测

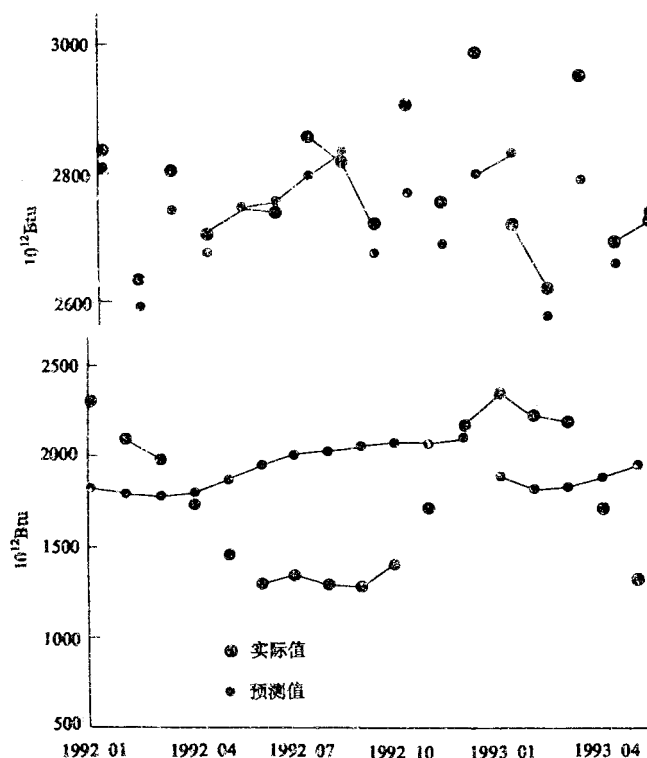


图 12 经济计量模型对检验时期美国天然气消费量的事后预测

模型对检验期做事后预测。经济计量的石油消费预测的绝对误差略小于使用简单价格的模型所造成的误差(0.040 与 0.042 相比)，但是天然气和煤炭消费量的经济计量模型预测的绝对误差则大于使用简单价格的模型的误差：对于天然气，0.538 与 0.281 相比；对于煤炭，0.086 与 0.077 相比。因此，我们有理由得出结论：推定价格的使用并不是该简单经济计量模型在事后预测中表现较差的原因。

事前预测

方法

在现实世界里，商业决策是以事前预测为基础的，因为未来对于每个人都是未知的。对检验期事前预测的模拟要求，1)该期的已知数值应当忽略，2)所有变量的值都要由一种无视实际检验期数据的方法来预测。

这种预测的具体细节对于经济计量和 SS 两种方法是有所差异的。对于 SS 而言，预测的执行仅要求 1)使用 FMP “所有变量是内生的” 的选择，在检验期上重新估计 SS 模型以及 2)该估计的多变量 SS 模型应该用来同时预测所有的变量。这通过使用 FMP 很容易做到。

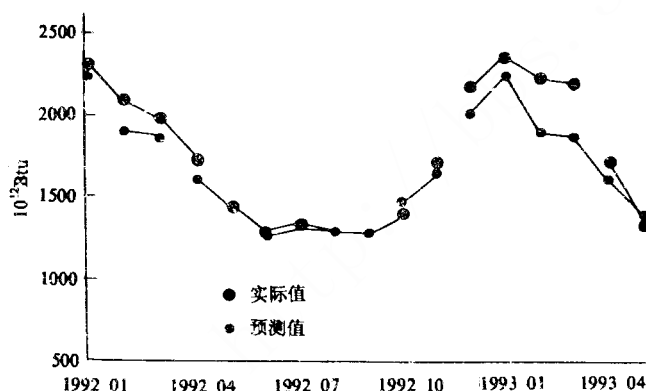


图 13 状态空间对检验时期美国天然气消费量的事后预测
(外生的解释变量)

利用经济计量模型对检验期进行事前预测要求(1)应当完成对解释变量的辅助预测，以及(2)已估定的经济计量模型应当以解释变量的预测值来评价。这便产生了如何预测这些解释变量的问题。以下三种方法与本试验有关：

- (1)在估计由至少一个变量驱动预测的趋势方程的同时，估计有适当的解释变量参与的回归方程。
- (2)利用时间序列方法，例如 ARIMA，单独地估计各个解释变量。
- (3)利用 SS 同时估计所有解释变量。

三种方法被采纳并针对该经济计量模型的外生(解释)变量来执行预测。选择这种方法的一个实际理由是 FMP 完成模型

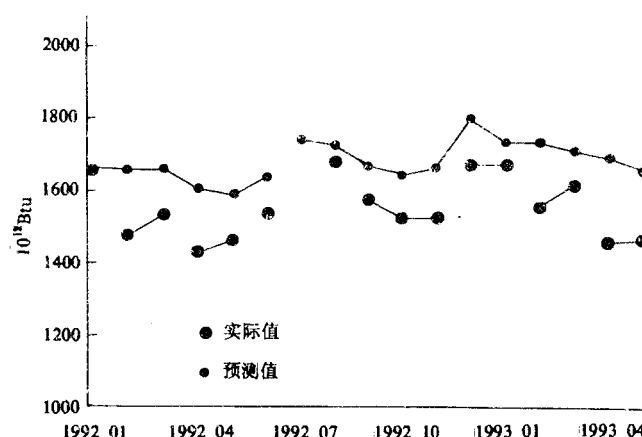


图 14 经济计量模型对检验时期美国煤炭消费量的事后预测

识别和估计是自动的，根本不需要分析者的输入。这就满足了对解释变量的预测应由无视检验期现时数值的方法业完成的要求。

用于事前预测的再估计 SS 模型

计算术 因全部变量已视为内生的，所以基本变量需要新输给 FMP。因为对变量数目的限制，三个 SS 模型需要分开估计，每个分别针对石油，天然气和煤炭。这样便出现下列三个矩阵方程：

对检验期的事前预测

预测结果的图形展示 图 16 和 17 表示石油检验期的事前预测，图 18 和 19 表示天然气检验期的事前预测图 20 和 21 表示煤炭检验期的事前预测。

石油:

$$Z_{t+1} = F Z_t + k e_t$$

$G_{t-1:t}$	0.0323	0	0	0	0	G_t
$PO_{t-1:t}$	0	0.990	0	0	0	PO_t
$PG_{t-1:t}$	0	0	0.9713	0	0	PG_t
$PC_{t-1:t}$	0	0	0	0.9751	0	PC_t
$I_{t-1:t}$	0	0	0	0	0.9900	I_t

+	k	e_t			
0.1405	1.3756	.2820	3.0598	-.0460	eG_t
-.0006	-.0010	.0002	-.0164	.0007	ePO_t
-.0001	.0003	-.0002	.0031	.0002	ePG_t
-.00001	.0002	-.0001	.0016	.0020	ePC_t
.0016	.0028	-.0005	.0469	-.0020	eI_t

天然气:

$$Z_{t+1} = F Z_t + k e_t$$

$G_{t-1:t}$	0.8190	0	0	0	0	G_t
$PG_{t-1:t}$	0	0.4243	0	0	0	PG_t
$PO_{t-1:t}$	0	0	0.8349	0	0	PO_t
$PC_{t-1:t}$	0	0	0	0.5738	0	PC_t
$I_{t-1:t}$	0	0	0	0	0.8349	I_t

+	k	e_t			
-.0002	-.0002	.0033	.0071	.0007	eG_t
-.0257	-.0849	.0091	.1270	.0044	ePG_t
-.0026	-.0928	.0037	.0392	.0015	ePO_t
.0015	.0059	-.0006	-.0082	-.0002	ePC_t
.0001	.0054	-.0002	-.0023	.00001	eI_t

石油消费量的比较

图 16 和 17 表明该经济计量模型的事前预测往往略过高估计，而 SS 的预测结果往往略过低估计。可以看到，在整个检验期，因为 SS 预测结果的周期比经济计量模型的预测周

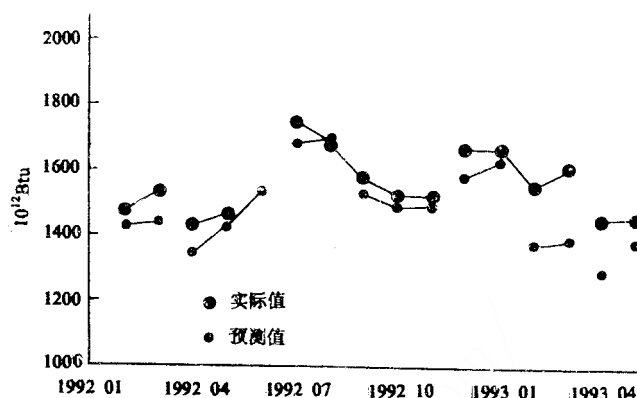


图 15 状态空间对检验时期美国煤炭消费量的事后预测
(外生的解释变量)

煤炭:

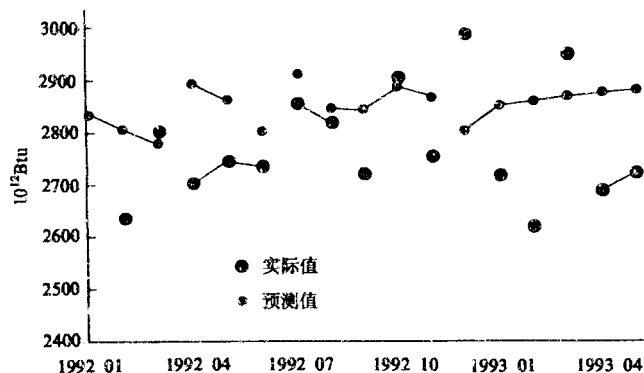


图 16 经济计量模型对检验时期美国石油消费量的事前预测(由多变量状态空间预测解释变量)

期更加贴近实际消费，所以 SS 的预测结果更有些诱人。平均绝对误差(见表 2)证实了 SS 预测的优越性：SS 误差(AAE)0.027 比经济计量模型的误差 0.034 小一点。

表 2 事前预测：对检验时期预测的平均绝对误差

	经济计量	FMP 状态空间
石油消费	0.034	0.027
天然气消费	0.221	0.047
煤炭消费	0.069	0.044

天然气消费量的比较

图 18 和 19 表明天然气的 SS 事前预测有明显的优越性，因为其预测值除在 1993 年 2 月和 3 月外与实际消费量明显贴近。即使对于 SS 预测与实际消费量差距最大的那几个月来说，SS 的预测也比经济计量模型的更接近于实际消费量。正如图形所暗示的，SS 预测的 AAE(见表 2)大大低于经济计量模型预测的(0.047 与 0.221 相比)。

煤炭消费量的比较

检验期的煤炭事前预测(图 20 和 21)显示出这两种模型的差距甚大的预测功效。虽然 SS 的预测结果会描绘出与实际消费量相同的周期，但该预测却低估检验期的消费量。在另一方面，经济计量模型的预测不是较好地追踪实际的消费周期，甚至显露出一些逆反的周期；但是经济计量预测并不是始终如一地高估或低估。以 AAE(见表 2)所表示的，SS 预测优越于经济计量模型的预测(0.044 与 0.069 相比)。

对未来的事前预测 本研究的未来意指 1993 年 6 月至 1995 年 12 月。未来的预测是通过使用合并数据(即基准期的和检验期的)来重新估计经济计量的和 SS 的模型而进行的。利用经济计量模型的预测是以 SS 对

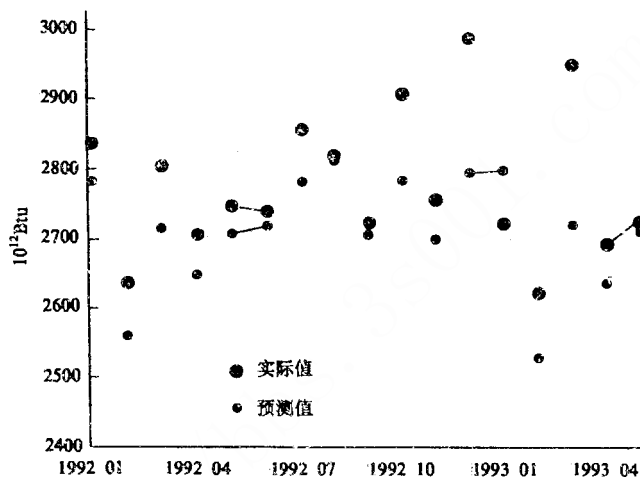


图 17 状态空间对检验时期美国石油消费量的事前预测(内生的解释变量)

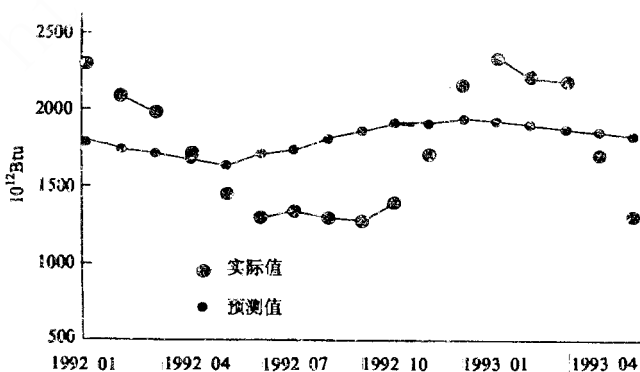


图 18 经济计量模型对检验时期美国天然气消费量的事前预测(由多变量状态空间预测解释变量)

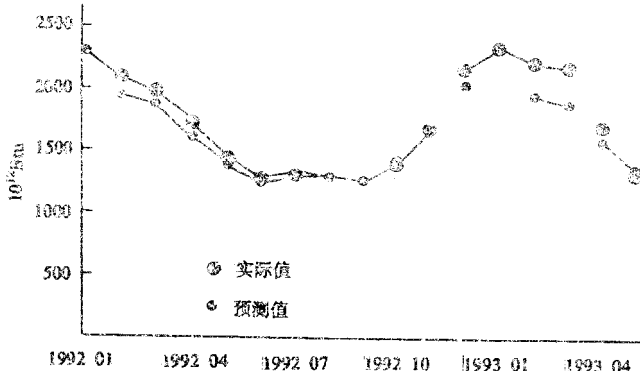


图 19 状态空间对检验时期美国天然气消费量的事前预测(内生的解释变量)

解释变量的预测结果来评估该再估计模型来完成的。SS 的未来预测仅依靠内生的选择并以合并数据重新估计 SS 模型，然后预测至 1995 年 12 月的整个系统。

累计 1995 年 12 个月的预测量得出 1995 年的年预测量。表 3 不仅相互对比了经济计量和 SS 模型的预测结果而且与美国能源信息局(EIA)1990 年的预测结果也形成比较。一般来说，SS 的年预测低于经济计量模型和 EIA 的预测。此外，经济计量模型的预测比 SS 模型的预测更接近于 EIA 的预测。但是，SS 模型在检验期能发挥出更好的事后和事前预测，所以 SS 预测比经济计量模型的预测更优越。

表 3 1995 年年度事前预测消费量(10^{15} Btu)

	经济计量模型	状态空间模型	EIA
石油消费	34.50	33.29	36.0
天然气消费	22.89	20.32	21.2
煤炭消费	20.57	19.15	20.7

结 论

这试验关于燃料的多变量短期预测的结果指出，使用状态空间模型所做的预测优于多元回归方程所做的预测。这个结论不仅对事后而且对事前的预测都是成立的。由状态空间做的对检验期的预测展现出比回归方程做的预测更近似于实际数据的周期性。而且，状态空间模型对检验期的预测误差，如 AAE 所衡量的，对于所有燃料并且无论是事前和还是事后的预测统统小于回归方程的预测误差。

本试验得出的这些结论只在符合对这两种方法预测功效的比较所制定的规则的情况下才是恰当的。准确地讲，基本变量数目被限定在五个，而且基本变量是根据引致需求的经济理论来选择的。此外，在各种可供选择的回归方程中，那些被选为优先的并用于预测的模型不仅需要满足统计的显著性检验而且需要满足经济学的原理。因此在某种意义上，回归方程是经济计量模型。当然，作为经济模型，它们实在太简单了，因为它们仅仅是单一方程的消费模型。虽然某些主要经济变量的符号与经济理论一致，

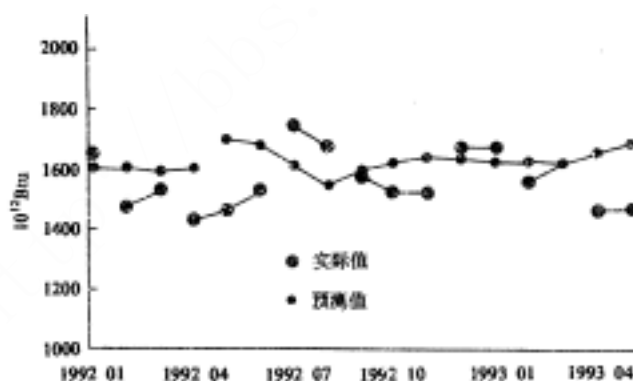


图 20 经济计量模型对检验时期美国煤炭消费量的事前预测(由多变量状态空间预测解释变量)

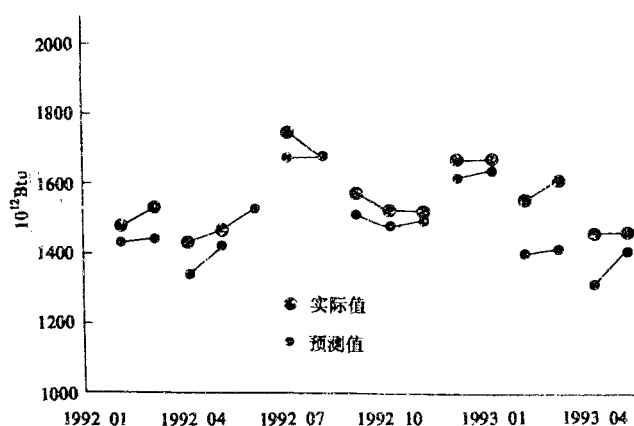


图 21 状态空间对检验时期美国煤炭消费量的事前预测(内生的解释变量)

但是回归方程的参数或许仍然反映消费和供给的交互作用。

从建立模型中得出的一个有趣的结果是，回归方程中自主价格和收入的符号都与经济理论的预想是一致的，但是除天然气以外，状态空间事后模型中变量的符号与经济理论的预想相反。然而，状态空间在本实验中的事后预测功效是优于经济计量模型的。当然这些模型在其它的许多方面也有差异，例如状态空间模型中的滞后消费量。模型结构的这些差异使得状态空间模型中经济变量系数的符号的相关性模糊不清。在事前预测的情况下，一个重要的结构差别是状态空间模型纳入了所有基本变量的前期预测误差。

本研究留下一个未解决的、明显而又有意义的问题是：如果能容纳的基本变量数目多到足以建立一个更加全面的经济计量的市场模型，那么经济计量模型和状态空间所做的燃料消费预测会如何比较？为研究这问题而设计的实验可能需要使用除 FMP 以外的其它状态空间软件，例如 SAS，才能容纳更大的基本变量群，不幸的是，如 SAS 这样的软件的使用要求具备在时间序列方法方面的坚实基础。虽然有许多合格的研究人员确实能够钻研这个有趣的问题，但是问题本身及其解答或许与大部分应用商业预测的相关性是相当有限的。利用多方程经济计量模型或扩展的状态空间 SAS 版本进行预测所需要的技术能力，经验和时间对于很多商业预测专家都是一个难以逾越的障碍。

欠发达国家金属使用强度的典型分析

P. R. Lohani J. E. Tilton

本文提出了一个欠发达国家钢使用强度的典型模型，其基础是这么一个假设，即倒转 U 形的使用强度曲线随时间向下移动，这是由节钢技术、材料代用和其他与时间有关的因素所造成的。研究结果表明，为了使消费者优先选用钢比较密集型的产品以补偿钢使用强度随时间的下降，要求实际人均收入年增长 1%。结果还说明，各国金属使用强度增长之间的变化，有一半不是那些与人均收入或时间密切相关的因素所驱动的，影响金属使用强度的变量目前尚了解不清。

在《资源政策》1990 年第 3 期中的一篇文章里，K. HHwang 及 J. E. Tilton 指出，关于欠发达国家的金属使用强度的变化趋势，存在着两个截然相反的观点。第一种观点认为，欠发达国家的金属使用强度将随时间而增加，因为这些国家发展了，这是所谓的消费者优先选择学派。第二种观点认为使用强度将随时间而下降，这是所谓的蛙式跳跃学派。由于欠发达国家的金属使用强度确实是有升有降，这取决于所考虑的国家、金属种类及时间段，所以可以说，这两个学派都有对的时候，也都有错的时候。

在那篇文章的最后，Hwang 和 Tilton 指出，在那些经济迅速增长（其标志是人均实际收入的增长）的欠发达国家，金属使用强度有可能呈上升趋势，而在那些经济增长适度或停滞的欠发达国家是呈下降趋势的。这一假说与对韩国钢消费量使用强度的分析相一致，韩国在经济迅速

增长期其钢使用强度上升了。但这项分析是仅限于对一个发展中国家的分析的。

本文我们提出了一个更综合的经验模型以保证所提出的这一假说，在模型中对消耗钢的主要欠发达国家进行了典型分析。在此简介后的第一节是关于此假说的理论框架，第二节介绍了用于检验此假说的一个简单的回归模型并讨论了分析中所使用的数据。第三节讨论了分析结果，最后一部分总结了本文的主要认识及其意义。

理论基础

一个国家在一给定时间期限内的钢的使用强度(用生产每百万美元的实际国民收入所消耗的钢的吨数来表示)，首先取决于产品的材料构成(PCI)或经济所生产的商品和服务的构成，其次取决于产品的材料构成(MCP)或在生产具体商品中所使用的钢和其他材料的数量。

$$IU=f(PCI, MCP)$$

因此，金属使用强度可以因收入的产品构成的变化，因产品的材料构成的变化，或因二者共同的变化而随时间上升或下降。而这些变化又是由一系列其他因素所驱动的。例如，部门内的迁移(如在制造部门内高技术商品重要性的增加)及部门间的变化(如服务业重要性的增加)可以改变收入的产品构成。同样，节省资源的新技术及材料代用可以影响产品的材料构成。

消费者优先选择学派认为，一个国家的金属使用强度与国家的经济发展水平(反映在其实际人均收入上)密切相关，这一关于使用强度的假说是由国际钢铁研究所提出(1972)，后来又由 W. Malenbaum 发展了这一学说。特别是，这一学派主张，随国家发展而出现的消费者偏爱趋势的变化将导致金属使用强度先上升后下降。图 1 中的 T_0 、 T_1 、 T_2 及 T_3 这 4 条曲线所表明的在金属使用强度和人均收入之间存在的这一倒转 U 形关系说明，贫穷的人当其收入增加时希望拥有更多的房子、公路和汽车，后来其消费倾向发生了变化，即一旦上述要求基本得到满足，则其愿望将转向更好的医疗服务、娱乐和其他服务等方面。

因此，消费者优先选择学派强调收入的产品构成的变化对使用强度趋势的影响，并且含蓄地假设，人均收入是所有导致金属使用强度随时间升降的重要变量的一个代表。

另一方面，蛙式跳跃学派则强调产品材料构成随时间变化的影响。该学派假设，欠发达国家将跳过那些过时了的技术而在生产商品和服务时利用最新、最现代的技术。例外，欠发达国家在建设其无线电通讯体系时，将象美国和其他发达国家那样优先选用光纤纤维

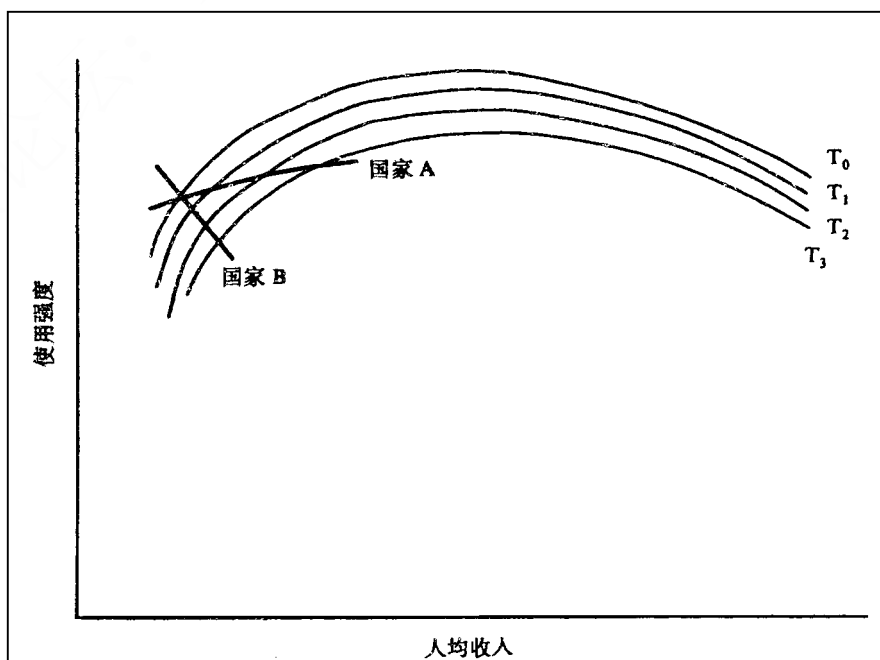


图 1 在使用强度曲线随时间而向下迁移的情况下 A 国和 B 国实际使用强度变化趋势。4 条浅色的曲线分别表明在时间 T_0 、 T_1 、 T_2 和 T_3 时使用强度和实际人均国民收入之间的关系。虽然这些曲线是向下迁移的，但在人均国民收入正在迅速增长的 A 国，金属使用强度是增长的，而在人均国民收入增长缓慢的 B 国，金属使用强度是下降的。

和卫星，而不是优先选用铜电缆。

因此，该学派预测，随着时间的演变，节约钢的新技术和材料代用将降低钢的使用强度。虽然该学派承认，材料的相对价格、研究和发展、政府政策及一系列其他因素会影响节钢技术和材料代用，但他们主张，时间是确定使用强度变化的主要变量的一个代表。

以 M.Radetzki (1990) 所进行的工作为基础，Hwang 和 Tilton 将消费者优先选择学派和蛙式跳跃学派这两种相反的观点结合了起来。他们假设，人均收入是影响收入的产品构成变化的那些变量的代表，而时间是影响产品的材料构成变化的那些变量的一个代表。

如图 1 所示，他们假定，在一特定时间内，在使用强度和人均国民收入之间存在着一种倒转的 U 形关系，曲线 T_0 、 T_1 、 T_2 和 T_3 说明了这一点。但是，随着时间的演变，这一关系是不稳定的，而相反，在正常条件下，将出现向上的偏移，这是由节约钢的新技术和其他时间相关变量所造成的，因此，只有当使用强度曲线向下的运动足以抵销其下移的趋势时，欠发达国家的钢的使用强度才可能增加。而这种情况只出现在那些人均国民收入正在相对迅速增长的欠发达国家。在图 1 中，深色的曲线 A 说明了一个人均国民收入正在迅速增长的国家其钢使用强度向上变化的趋势，深色曲线 B 说明了一个人均国民收入增长缓慢的国家其钢使用强度向下变化的趋势。

模型和数据

假设发展中国家在使用强度曲线上位于坡度向上变化的那一部分，则 Hwang 和 Tilton 所提出的假说可以用下面这个简单的模型来检验：

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 X_i + e_i \quad (2)$$

式中，

Y_i 为 i 国家在 1977 年-87 年期间钢使用强度的百分比变化，即， $Y_i = 100[(IU_{87} - IU_{77})/IU_{77}]$ ，式中， IU_{77} 为 1977 年中间 3 年的平均使用强度， IU_{87} 为 1987 年中间 3 年的平均使用强度。使用 3 年平均值的目的是减少周期性变化的影响；

X_i 为 i 国家在 1977-87 年期间实际人均国民收入 (PGNI) 的百分比变化，即 $X_i = 100[(PGNI_{87} - PGNI_{77})/PGNI_{77}]$ ，式中， $PGNI_{77}$ 为 1977 年中间 3 年平均的实际人均国民收入， $PGNI_{87}$ 为 1987 年中间 3 年平均的实际人均国民收入，使用 3 年平均值的目的是减少周期性变化的影响；

e_i 为偏差项；

α_0 和 α_1 为其值必须估计的未知参数；

参数 α_0 表示在 1977-87 年期间其实际人均国民收入无变化的一个发展中国家预期的钢使用强度的百分比变化。因此，它反映了在这期间使用强度曲线的迁移，以及那些以时间为代表的钢使用强度的所有决定因素的净影响。参数 α_1 表示，这 10 年间与实际人均国民收入每一个百分点的增长有关的钢使用强度的预期百分比变化。因此它反映了那些以实际人均国民收入为代表的所有决定钢使用强度的因素的净影响。

Hwang 和 Tilton 所提出的假说预期， α_0 将为负值，而 α_1 为正值，消费者优先选择学派预期 α_0 为零， α_1 为正值。蛙式跳跃学派预期 α_0 为负值， α_1 为零。

以表 2 ~ 表 4 中的数据为基础，计算出表 1 所示的关于 30 个欠发达国家 1977-87 年期间钢使用强度和实际人均国民收入的增长率。利用这些数据及普通最小二乘法回归分析方法解方程

(2)。我们选择对钢进行研究，部分原因在于，Hwang 和 Tilton 所分析的也正是这种金属。此外，钢是迄今为止使用最广泛的金属，约占全球金属消费量总吨数的 95%。最后，欠发达国家是钢的重要消费国，1977 年其占西方国家钢使用量的 17%，1987 年占 26%。

选择表 1 中所列的 30 个发展中国家进行研究的原因是，这些国家是重要的钢消费国，关于钢的消费量有比较可靠的数据，并且在所研究的时间段内属于市场经济国家。1977 年这 30 个国家占发展中国家钢总消费量的 81%，1987 年占 74%。

表 1 1977-87 年期间 30 个欠发达国家实际人均国民收入和钢使用强度的增长率(%)

序号	国家	使用强度增长率	实际人均国民收入增长率
1	尼日利亚	-18.47	-40.74
2	玻利维亚	-31.64	-36.23
3	赞比亚	-67.40	-35.29
4	萨尔瓦多	-15.51	-32.54
5	坦桑尼亚	-37.95	-31.67
6	伊朗	-73.69	-31.41
7	危内瑞拉	-14.35	-24.20
8	危地马拉	-42.98	-22.88
9	阿根廷	-11.68	-13.13
10	洪都拉斯	-49.40	-12.19
11	厄瓜多尔	-36.67	-10.83
12	津巴布韦	-41.63	-10.24
13	肯尼亚	-50.65	-6.19
14	秘鲁	-2.97	-5.47
15	哥斯达黎加	-56.91	-5.01
16	菲律宾	-28.99	-4.32
17	多米尼加	-48.71	-0.93
18	墨西哥	-28.83	2.11
19	巴西	-13.20	8.10
20	阿尔及利亚	12.84	9.80
21	哥伦比亚	18.91	10.77
22	孟加拉	5.07	11.11
23	智利	19.30	13.32
24	土耳其	7.38	14.02
25	突尼斯	21.10	16.12
26	印度	9.99	21.25
27	马来西亚	-17.04	30.12
28	埃及	108.58	30.92
29	巴基斯坦	70.77	35.21
30	韩国	5.98	87.47

资料来源：表 1 的数据是根据关于人口、人均国民收入及钢视消费量的数据计算得到的。人口数据引自国际货币基金出版的《国际财务统计年报》。国民生产总值数据引自世界银行的数据库(其数据用时价及本国货币表示。我们先用东道国的通货膨胀指数将其换算为 1987 年的不变价，然后用国际货币基金《国际财务统计年报》公布的当地货币与美国 1987 年的平均官方汇率将其换算为美元值)。钢视消费量数据引自国际钢铁研究会出版的《钢统计年报》。

选择 1977-87 年期间作为所研究的时间段的原因是，它可以避免 1973 年世界石油危机的直接影响，并且时间跨度足够长，可以捕捉到钢使用强度和人均国民收入的变化并足以进行统计分析。

分析结果

公式(3)给出了经验结果：

$$Y = -10.6 + 1.098X_i + e_i \quad (3)$$

(2.02) (5.57)

$R^2 = 0.51$

括弧内的数据为在其真实值为零的零假设的条件下参数估计的 t 值， R^2 是经调整的决定系数，表明各个国家钢使用强度增长率变化的比例，这可以由与时间和人均国民收入有关使用强度确定因素来解释。本公式中的变量 e_i 为观察偏差。

图 2 是这条估计的回归曲线，并相应地将这 30 个国家的数据投到这个图上。 β_0 和 β_1 的估计值有根据 Hwang 和 Tilton 提出的假说所预期到的痕迹，并且运用一次排队检验方法，这二者在 95% 的可信度水平上在统计上均是明显的（之所以使用一次排队检验法是因为没有理由认为 β_0 就是正值或 β_1 就是负值。因此，另一种假说是 $\beta_0 < 0$ ， $\beta_2 > 0$ 。如果运用二次排队检验法， β_0 仅在 90% 的概率水平上偏离零值）。 β_1 的估计值为 1.098，这表明，人均国民收入每增长 1%，钢的使用强度将增加 1.098%， β_0 的估计值为 -10.6，这表明，在 1977-87 年期间人均国民收入无变化的国家，其钢的使用强度将要下降 10.6%，即平均每年下降的幅度略高于 1%。

表 2 1976-78 及 1986-88 年期间 30 个欠发达国家的人口数据(单位：百万人)

序号	欠发达国家	1976	1977	1978	1986	1987	1988
1	安哥拉	16.52	17.03	17.56	22.40	23.10	23.81
2	阿根廷	26.49	26.93	27.37	30.73	31.12	31.51
3	孟加拉	80.82	82.72	84.66	100.62	102.56	104.53
4	玻利维亚	5.03	5.16	5.30	6.55	6.80	6.99
5	巴西	110.59	113.20	115.85	138.45	141.43	144.37
6	智利	10.51	10.66	10.82	12.33	12.54	12.76
7	哥伦比亚	23.96	24.43	24.91	28.94	29.47	30.01
8	哥斯达黎加	2.01	2.07	2.12	2.72	2.78	2.85
9	多米尼加	4.89	5.03	5.17	6.42	6.72	6.87
10	厄瓜多尔	7.24	7.45	7.67	9.65	9.92	10.20
11	埃及	37.87	38.79	39.82	49.61	51.26	51.90
12	萨尔瓦多	4.12	4.26	4.35	4.91	5.01	5.11
13	危地马拉	6.19	6.36	6.54	8.19	8.44	8.68
14	洪都拉斯	3.20	3.32	3.44	4.51	4.66	4.80
15	印度	627.96	642.58	657.34	781.25	797.53	813.99
16	伊朗	33.71	34.69	36.11	49.94	51.08	52.78
17	肯尼亚	13.85	14.35	14.88	21.16	22.94	23.88
18	韩国	35.85	36.41	36.97	41.57	42.08	42.59
19	马来西亚	12.55	12.84	13.14	16.11	16.53	16.92
20	墨西哥	63.69	65.42	67.11	80.18	81.86	83.59
21	尼日利亚	76.67	78.46	80.33	103.13	106.64	110.13
22	巴基斯坦	73.33	75.57	77.83	99.38	102.48	105.68

23	秘鲁	15.58	16.01	16.44	19.81	20.24	20.68
24	菲律宾	44.29	45.50	46.72	57.13	58.42	59.69
25	坦桑尼亚	16.41	16.92	17.44	22.46	23.22	24.00
26	突尼斯	5.75	5.90	6.06	7.44	7.62	7.80
27	土耳其	40.92	41.77	42.64	51.68	53.25	54.18
28	危内瑞拉	13.12	13.52	14.06	17.79	18.27	18.76
29	赞比亚	5.14	5.30	5.47	7.28	7.56	7.53
30	津巴布韦	6.33	6.52	6.72	8.41	8.64	8.88

资料来源同表 1

结果还表明，为了使发展中国家钢使用强度上升，在 1977-87 年期间其实际人均国民收入的增长率必须超过 9.7%(设公式 3 中的 Y_i 值为 0，解 X_i ，所代表的点是估计的等式交切于图 2 的 X 轴的地方，据此可计算出这一数值)。经济发展水平只有在此之上，与人均国民收入增加有关的消费者优先选用金属比较密集型的产品这一迁移的有利影响才能足以抵销节约资源的新技术和其他与时间有关变量所带来的不利影响。

表 3 1976-78 及 1986-88 年期间 30 个欠发达国家的人均国民收入(单位：1987 年不变美元)

序号	欠发达国家	1976	1977	1978	1986	1987	1988
1	安哥拉	2320	2370	2450	2670	2720	2450
2	阿根廷	2760	2880	2740	2470	2450	2360
3	孟加拉	150	150	150	160	170	170
4	玻利维亚	930	930	900	600	590	570
5	巴西	1860	1920	1900	2040	2070	2030
6	智利	1150	1230	1300	1260	1390	1520
7	哥伦比亚	940	990	1040	1110	1100	1080
8	哥斯达黎加	1600	1800	1790	1680	1620	1630
9	多米尼加	700	730	720	710	710	710
10	厄瓜多尔	1110	1200	1200	1070	1000	1060
11	埃及	480	520	520	680	650	660
12	萨尔瓦多	1320	1500	1390	970	920	950
13	危地马拉	990	1110	1090	820	810	830
14	洪都拉斯	860	950	980	800	820	830
15	印度	250	270	280	310	320	340
16	伊朗	4770	4940	3950	3230	3120	3020
17	肯尼亚	350	400	380	350	350	360
18	韩国	1500	1640	1810	2740	3090	3450
19	马来西亚	1300	1400	1450	1660	1790	1950
20	墨西哥	1550	1550	1640	1590	1620	1630
21	尼日利亚	350	370	360	220	220	200
22	巴基斯坦	230	230	250	310	320	330
23	秘鲁	1320	1290	1230	1200	1300	1130
24	菲律宾	590	620	640	560	580	630
25	坦桑尼亚	210	200	190	140	130	140

26	突尼斯	990	1000	1050	1160	1200	1170
27	土耳其	1080	1100	1100	1200	1260	1280
28	危内瑞拉	3300	3410	3250	2480	2550	2520
29	赞比亚	450	390	350	250	240	280
30	津巴布韦	740	670	640	620	570	650

资料来源同表 1

这些结果支持 Hwang 和 Tilton 所提出的假说，但既不支持消费者优先选择学派的观点(他们认为实际人均国民收入比较好地代表了所有决定着使用强度的重要变量)，也不支持蛙式跳跃学派的看法(他们认为时间比较好地代表了决定使用强度的所有主要变量)。

规格误差

但是，调整的确定系数(R_2)表明，除那些与时间和实际人均国民收入有关变量之外的其他变量，可以解释国家之间钢使用强度增长率变化的近一半。这说明，公式(3)中忽略了一些影响钢使用强度变化的重要变量，因此，该公式有诸多不足之处。

一般情况下，这一类型的规格误差可以导致带有偏见的及不一致的参数估计值，并且这比公式(1)中所包括的相互对立的问题更严重，或者说是更不规则的变量，后者只是简单地造成估计结果无效。无效也总比误导为好。这是因为，所忽略了关联变量的影响，在被忽略的变量与独立变量之一有关的情况下，将因为该变量所估计的系数值所反映或记录。

表 4 1976-78 及 1986-88 年期间 30 个欠发达国家人均钢视消费量(单位：公斤)

序号	欠发达国家	1976	1977	1978	1986	1987	1988
1	安哥拉	71.0	110.0	128.0	139.0	122.7	119.3
2	阿根廷	129.0	140.0	93.0	80.9	103.5	92.5
3	孟加拉	2.5	4.3	4.1	4.3	4.0	4.4
4	玻利维亚	14.9	20.0	20.9	6.2	12.2	6.0
5	巴西	98.0	107.0	106.0	104.9	105.9	81.1
6	智利	48.0	52.0	53.0	61.3	65.6	80.6
7	哥伦比亚	30.0	31.0	35.0	40.6	43.4	42.3
8	哥斯达黎加	68.7	80.7	79.2	43.7	17.8	32.4
9	多米尼加	24.3	27.2	22.1	11.1	13.3	13.0
10	厄瓜多尔	35.5	48.6	38.9	30.2	19.4	19.9
11	埃及	34.0	34.0	32.0	113.0	75.4	86.0
12	萨尔瓦多	16.0	26.3	22.5	15.3	10.3	11.2
13	危地马拉	23.7	25.5	30.4	14.0	10.2	10.8
14	洪都拉斯	21.3	24.7	21.8	11.5	9.1	9.5
15	印度	13.0	15.0	17.0	19.6	19.7	20.5
16	伊朗	147.0	170.0	192.0	35.5	28.9	29.3
17	肯尼亚	18.2	19.9	23.1	8.2	11.6	8.5
18	韩国	110.0	182.0	180.0	293.2	357.6	269.1
19	马来西亚	77.0	78.0	85.0	76.1	82.5	101.5
20	墨西哥	96.0	93.0	152.0	82.6	79.3	84.5
21	尼日利亚	25.0	46.0	53.0	27.4	29.5	4.2
22	巴基斯坦	6.3	8.8	7.2	17.2	16.5	17.9

23	秘鲁	34.0	37.0	30.0	26.1	33.2	33.0
24	菲律宾	31.1	35.8	31.4	15.8	26.6	24.7
25	坦桑尼亚	6.1	5.2	5.3	2.2	2.5	2.3
26	突尼斯	65.0	45.0	34.0	68.1	65.1	70.5
27	土耳其	94.0	112.0	81.0	103.4	126.3	122.2
28	危内瑞拉	229.0	299.0	237.0	146.5	180.2	169.5
29	赞比亚	7.8	9.8	5.5	3.8	0.3	0.7
30	津巴布韦	96.1	105.7	28.6	45.7	37.2	35.7

资料来源同表 1

但是，在我们的分析中，估计的 β_0 和 β_1 的系数值的目的是，记录与时间和实践人均国民收入有关的决定钢使用强度的所有因素的净影响，而所有这些均不在公式(3)之中。所以， β_0 和 β_1 的估计值既不带偏见，也不相互矛盾，因为这两个值均在 95%的可信度水平有统计意义，所以，无数性也不是一个重要问题。

除了忽略了相关变量及无关变量考虑在内之外，因为所假设的在独立变量及相关变量之间的相关关系或变量不正确，也会出现规格误差。这出现了两种可能性。其一，这里的变量(即使用强度的百分比变化和实际人均国民收入的百分比变化)之间的相关关系。可能不是线性的(确实，图 1 所示的使用强度倒转 U 形曲线说明，在发达国家和发展中国家，这种相关关系都不是线性的。但在本文分析中，只有在发展中国家存在着线性关系才是必要的)。虽然通过考虑相关变量的高次方或通过使用半对数关系或其他类型的非线性关系，有可能检验这种可能性，但我们没有这么做，因为图 2 中点(国家)的分布表明，对于我们所研究的国家来说，这一线性关系的假设是合理的。

第二，钢使用强度随时间的变化可能与人均实际国民收入的绝对值而不是其百分比的变化有关。在这种情况下，公式(3)中的相关变量应该反映所考虑的时间期限内金属消费量的增加或减少，单位为生产每百万美元(1987 年美元)的国民生产总值所消耗的钢的吨数，而公式(3)中的独立变量应

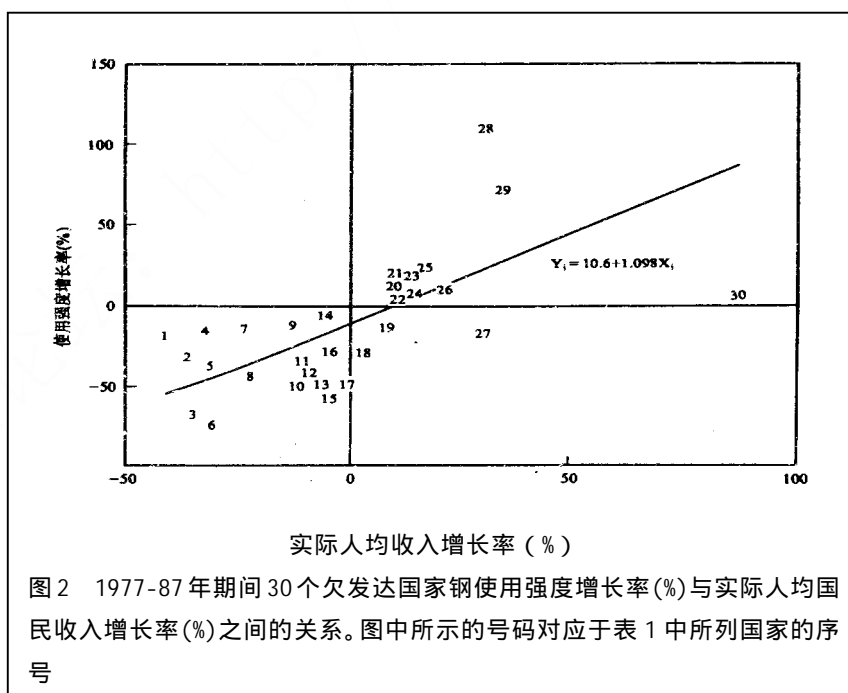


图 2 1977-87 年期间 30 个欠发达国家钢使用强度增长率(%)与实际人均国民收入增长率(%)之间的关系。图中所示的号码对应于表 1 中所列国家的序号

该反映人均实际国民收入的增加或减少，单位为不变美元值(1987 年美元)。但是，这么一个关系含蓄地设定，在任一给定时间段，金属使用强度和人均国民收入之间的关系是由一个倒转的 V 形曲线所代表的，而不是由图 1 所示的倒转 U 形曲线所代表，因为实际人均国民收入增加 100 万美元将导致使用强度也增加这么多的吨数，而不管一个国家离该曲线的高峰值多么近。使用

强度和人均国民收入之间存在的这么一个难以置信的突然中断(如,倒转 V 形关系所说明的不连续性,以及使用强度假说的拥护者们所提出的倒转 U 形关系的合理性),支持我们所选择的这么一种关系。

外围观察

图 2 说明,由公式(3)所给出的这一估计的回归曲线,可能过份地受两个外围观测值的影响,一是埃及(样品号为 28),二是韩国(样品号 30)。埃及,其钢使用强度增长的百分率比按照其实际人均国民收入的增长率所预期的增长幅度高得多,而韩国,其实际的使用强度增长率远远低于根据人均收入增长率所预期得到的结果。

为了评价这一可能性,我们再回头看看公式(2),在计算时先去掉埃及,再去掉韩国,然后再一起去掉这两个国家。结果见公式(4)-(6)。

去掉埃及:

$$Y_i = -16.3 + 0.718X_i + e_i \quad (4)$$

$$(3.38) (3.96)$$

$$R^2 = 0.34$$

去掉韩国:

$$Y_i = -9.0 + 1.276X_i + e_i \quad (5)$$

$$(1.67) (5.11)$$

$$R^2 = 0.47$$

去掉埃及和韩国:

$$Y_i = -13.1 + 1.096X_i + e_i \quad (6)$$

$$(2.76) (4.69)$$

$$R^2 = 0.44$$

这些结果表明,这两个外围观察(异常样品)确实影响着系数值,其影响程度远比其他样品为甚。在去掉一个留下另一个的情况下,更是如此。当两个国家均不考虑时,所得到的结果(公式 6)与两个国家均包括在内的结果(公式 3)差不多。

但是,在各种情况下(从公式 3 到公式 6),结果均表明,与时间和实际人均国民收入有关的变量影响钢的使用强度。因此,它们支持 Hwang 和 Tilton 所提出的假说。但是,事实上当只去掉韩国时,常数(e_0)的估计系数仅在 90%的置信度水平上才是显著偏离零的,这里也使用了一次排队检验,其略低于 95%的一般水平。此外,在所有 3 种情况下,调整的确定系数(R^2)表明,在各个国家钢使用强度变化的百分比之间的差异,由近一半是与那些非与时间或人均国民收入密切相关的变量所造成的。

异方差性和测量误差

这里所进行的这类典型分析常具有异方差性。为了评价这一可能性,我们进行了 Goldfeld-Quandt 检验以及 Breusch-Pagan 检验。这两个情况均不排斥在 95%置信度水平上的异方差性假说。

虽然我们利用的数据是所可能得到的最好的(分别是由世界银行,国际钢铁研究所,国际货币基金会所提供的),但测量误差存在的可能性仍是相当大的,尽管这几年有所改善。此外,所拥有的数据也并不一定是所希望的。例如,用于计算钢使用强度的数据反映的是制造商的原钢国内消费量,而不是最终消费和生产商品中钢的吸收量。因此,钢使用强度随时间会受贸易政策的影响,特别是那些强调钢密集型制造商品出口的政策。

本文中相关变量(钢使用强度的百分比变化)的测量误差,不会对我们估计的参数值带来带

有偏见的或自相矛盾的结果,只要这些误差有可以被取消的趋势(即,只要误差的预期值为零)。如果误差属于系统误差,即比较一致地低于或高于实际的相关变量值,则常数(β_0)的估计值也会同样地偏低或偏高。但是,本文的分析没有什么明显的可疑之处。

独立变量(实际人均国民收入的百分比变化)的测量误差确实会对我们估计的变量系数(β_1)造成带有偏见的或自相矛盾的结果。但是,偏差为负值。所以,以上所谈的结果仅仅是简单地低估了 β_1 值(如果存在测量误差的话),并因此而低估了实际人均国民收入有关的变量对钢使用强度的影响。

结 论

因为 70 年代中期发达国家金属消费量的增长突然放慢,金属生产公司和生产国把目光转向了欠发达国家,他们认为,欠发达国家是未来最有希望的新兴市场。一般认为,随着这些欠发达国家的发展,其金属使用强度将要增加,而同时,发达国家金属的使用强度将继续下降。

但是,发展中国家的金属使用强度并未一致性地随人均国民收入的增加而增加。本文所进行的对欠发达国家钢消费量的典型分析,支持了 Hwang 和 Tilton 对这个不一致行为所提出的解释。特别是,我们发现了这么一个趋势,即在人均国民收入每年增长 1% 的国家,钢使用强度增加。在这些国家,消费者购买偏好向钢密集型产品的转移可以抵销因节约钢的新技术、材料代用及其他与时间有关的确定钢消费量的因素所造成的使用强度下降的趋势。

本文结果为消费者优先选择学派和使用强度假说所提出的在钢使用强度和实际人均国民收入之间存在的倒转 U 形关系提供了支持。它们还说明,由于节约资源的技术和蛙式跳跃学派所强调的与实际有关的变量的影响,这一曲线将随时间的推进而象 Hwang 和 Tilton 提出的那样向下迁移。

虽然实际人均国民收入年增 1% 看起来相对适度并且比较容易实现,但这确实要求,经济增长要足以抵偿通货膨胀和人口增长。我们所研究的样品国家中,一半以上的欠发达国家的实际人均国民收入在 1977-87 年期间事实上是下降的,这里因为国际债务危机和其他严重问题困扰着其经济发展。只有在过去的那些限制经济发展的因素可以被克服的情况下,发展中国家才能在 90 年代实现其发展潜力,成为一个增长的金属市场。

本文的发现表明,在强调考虑与人均国民收入增长有关的收入产品构成变化的重要性时,消费者优先选择学派是正确的,在强调考虑由节钢新技术和其他与时间有关的变量所引起的产品材料构成变化的重要性时,蛙式跳跃学派是正确的,而在既强调收入产品构成变化、又强调材料构成变化的重要性时,Hwang 和 Tilton 所提出的假说是正确的。

但是,国家之间钢使用强度增长率随时间的变化中,仍有约 50% 不是能由那些时间或人均国民收入所代表的变量所解释的。这是我们仍需加强研究的领域。我们需要继续了解发展中国家金属使用强度的基本决定因素。

矿地产评估

L. G. Raymond

矿业中的价值评估有别于其它行业，原因是矿山和油井有一定的服务年限而不能看作永久资产。这就要求任何矿地评估都必须考虑在矿地租用期间能够收回投资。对于非采掘业来说，资本注销假定能够连续地把利润再投资以维持生产并产生投资收益。然而，一般认为，采掘业或者矿业却需要在矿地的整个服务年限中返还投资者利息和本金。正常情况下普遍能够做到这一点而且股息包括这两个款项。在矿地拥有巨大储量和服役年限接近无限可以认为是永久性资产情况下，投资利润一般可以同工业股票相比。

矿地产的价值评估最好是以经验估计和判断能力为基础。特别是在预测长期售价或者评价管理水平时更应该是这样。同样，依据相同的基础数据对矿床的开采时间，开工日期，利润率作出不同的假设有可能得出不同的结果。毫不奇怪，两个工程师，不管其能力如何，既使给定相同事实材料时，也不会意见完全一致，但是要达到交易目的，它们的结果应尽量接近以便确定一个相对合理的价值。估价取决于基础数据的来源口径和判断因素的合理性。从根本上讲，贱金属、硫、石油或其它矿产评估的原则基本相似。但是，就具体每一个矿种来说，工程师需要具备诸如产状、分布、开采和冶炼方法，以及销售方面的知识，以便于充分收集和分析这些事实数据，它们都影响矿地产的收益潜力。

矿地产现值

从根本上讲，矿地产的现值是按照现在的货币价值，未来由矿地产获取的收入总额。它不同于偿付期间未偿付投资可望获得的总利息的预期利益。因此，如果能准确地估算扣除生产、行政管理、资本、利息以及税赋等所有费用后矿地产在服务年限内的收益，那么确定现值就仅仅是一个简单的算术问题了。通常，服务年限在 20 或者 25 年的矿地产，这期间的收益贴现值相对较小。石油工业通常对生产的年现金流量而不是收益进行贴现，因为，就节省税目的而言，收益用作新的勘探和无形的开发并钻孔费用永远是低的。

矿地产评估的一个重要方面是要确定投入于整个商业活动的资金，包括(1)矿地产，(2)矿山设备和设施，(3)选厂的设备和设施，(4)流动资金。它也要确保期初投资和随后的投资必须能够在经营期内全部收回，同时整个经营期间必须每年都能从净收益中得到将来每一笔投资的预期利润率。如果将来的情况与之不符，那么评估是无效的。

现值的确定方法

可能是大多数矿业学校重视技术的原因，矿山的技术人员多使用 Hoskold 公式。然而，在工业和财务部门，一般使用直接贴现法。Hoskold 公式数学原理复杂而且不太适用于收益率变化的情况。更重要的是，Hoskold 使用了一个类似于一种永久性资产的矿地产服务期间整个期初投资的风险利率。使用这个概念的可能原因是，Hoskold 认为矿山服务年限终期积聚的偿债基金理论上是用来购买具有同样价值的另外一座矿山；如果是用偿债基金积攒的钱来购买，那么一系列矿山的年收益加在一起，就相当于一种永久性资产。这在理论上可能是正确的，但用于实践是不太可能的，特别是在经济矿体的寻找越来越困难，耗费越来越大的情况下更是如此。

在矿地产服务年限内保留一笔偿债基金以便矿地资产耗尽时投资者能得到返还资金，Hoskold 的这种理论在实际中是少见的。直接贴现法假设投资者得到未偿还资金利息而且积攒

的利息不会投入于偿债基金。这种方法可同非采掘工业的做法对比。

直接贴现法

多年来人们提出了各种各样的矿山价值评估公式，但可能最简单也是最实用的方法就是直接贴现法，它把将来的年收益贴现为现在的货币价值。此技术可适用于不同的收入，而且更重要的是，它最类似于正常的商业实践。直接贴现法在扣除返还给投资者的那部分资金后对原投资的未偿付资金仅使用单一利率。矿山服务年限期间每年的资金注销累加和就是原总投资，无须考虑利率。这类似于通行的资金注销程序。

就一个发展壮大而储量丰富的生产矿山来说，通常利率不会超过 8-12%。根据固有的风险因素把附加总额扣除，就把这样得来的现值简单地当做谈判的基点，那要冒很大的风险。

利用现值估价矿业股票

加上净流动资产、减去普通股以前的所有先前负债后，矿山或矿业公司因矿石储量丰富而将来可以得到一笔较高的股息现值时，这种评估就可以成为估价此种股票的基本方法。若某公司有长期盈利的记录，那么未来股息的现值可以根据历史记录计算。贱金属股票的实际市场价格似乎在金属价格低时价格-收益比高，而金属价格高时价格收益比低。某种股票的市场价格在任何时候都可能涨至评估值的两倍或更高，也可能跌至一半或更低，但总会返回至一个合理的现值。

评估报告的程序和目标

在矿业中，一般有三种类型的矿地产需要进行评估：

情况 1—新的或仅部分开发的矿地产的评估

情况 2—“正在开采”矿山的评估

情况 3—合并矿山的评估-情况 1 和 2 的评估程序同样适用于情况 3 下进行的合并评估。

任何矿山评估很重要的第一步就是要收集所有的事实数据。这些不仅包括矿石储量和采矿、地下及地面建筑条件，而且包括其它象基建费、生产成本、市场、竞争、管理、原材料、研究、发展、税赋、价格以及政策事务等。必须对这些事实数据进行分类，分析，并备齐以圆满地回答买方，卖方，或其它有关当事人的问题。典型问题有：

1. 要投资这个新项目，或在获利前提下买下此矿地需要多少钱？
2. 开始盈利需要多长时间？
3. 预期平均年收益是多少，这些收益的多大部分可用于偿付利息？
4. 合理筹资计划情况下需要多少时间能够“偿还”投资？
5. 预期获得多大的投资利润率？
6. 开发新的矿石储量的可能性有多大？
7. 投资者应该花多少钱购买矿地？

本节的目的是为了阐述适用于按逐步程序和组织矿山评估的多种方法和基本原则，并指出在处理这些基本数据时容易犯的一些错误。通过一个研究实例介绍应考虑的问题以及怎样处理数据。以一个假想的露天“M.B. 矿山”（本意是指矿业经济，无其它含义）作为实例，并假设它正处于从部分开发到实际开发转变的阶段。所有的示范材料都与该假想项目有关并属于其中的一部分。各种表格是有用的形式，工作簿是与该特定项目有关的列表并展示了一些基本的衍生表格。

应该指出的是，矿地产评估与整个矿山和选厂以及商业评估不一样，矿地产仅是整个生产经营投资的一部分，因此需要用到不同的核算术语和特殊的处理手段，特别是牵扯到法律的应用。

情况 1—新或部分开发矿地产的评估

考虑的因素

新或部分开发矿地的价值一般是根据未来收益贴现成的现值总额与减去将此矿地投入生产所需的实物资产，流动资金及其它成本的差值。在最后决定采选方法，地面建筑设施设置，冶炼所需交通以及准备一种有可售出产品以前，需要到野外进行详细的考查，以便确定还有那些可能遇到而加以改进的不利的实际条件。所以，一个部分开发矿地的评估基本上是在既使没有矿山设施，选厂，或其它地面设施存在情况下对已知矿石储量的未来开发可望收入的估算。需要工程知识和经验判断，因为几乎所有的因素都要估计。允许一定的偶然性。如果矿石储量还没有完全探明，那么就必须考虑一定的风险因素。

若没有生产经验指导新矿地，风险因素显然要大于一个正在开采中的矿山，因为它的开采和选矿方法以及成本已得出而且实际上已明朗了。所以，投资者或买方对这些新的或有远景的矿山上要求一个高的收益率一般是正当的。

评估值(估价者或评估师)通常要遇到诸如储量组成和需要多少矿石储量才能肯定一个项目等问题。他可能遇到探明储量、部分探明储量、地质储量或者“野猫”钻储量。事实上，唯一可以作为评估坚实基础的是属于探明范围的储量，因为其数量和质量都是证实了的。其它类型的矿石储量，必须假设或者考虑可能，无疑应属于推测范畴。但是，这些推测储量，可以成为买卖双方之间进行交易的基础。

理想情况下，矿地应有足够的备采储量以清楚地表明开采(收益期)能从收益中分期偿还投资，获得投资利润，并预示可以持续盈利开采。若矿石储量为然不能满足继续投资所需的开采年限，比如，15 到 20 年，那么这就需要评估者指出最终开发所需足够的矿石以偿还投资的推测依据或机会。如果赚头大，偿还期间能相应地小于上面提到的期限。

有时需要评估矿地本身不足以建设矿山。因此对于这些矿地来说，通常要在在市场上靠近开采中的矿山以便为有限的矿石储量开辟市场。所以可以基于未来所有权(联邦税界定后)或其现值或者未来(估计的)收益的现值进行评估。

矿石储量有限的矿地可以考虑其属于预测开发阶段；评估者因而必须根据他的判断建议投资者为进行可能生产的实际评估而进入开发阶段的勘探所花的合理费用。

确定新矿山价值的备忘录

以下步骤是组织商业评估的备忘手册：

1) 计算矿石储量并指明以下各分类储量的品位或质量：探明储量和推测储量(这需要初步估算成本和确定矿山边界品位)。

2) 估算可回收矿石储量，考虑象采矿贫化，采矿损失，以及采矿成本等因素。

3) 通过选矿流程图和冶金试验研究，计算选矿损耗和冶金回收率。

4) 根据矿山潜力估算产量，销售前景，以及限制因素，象供电供水等。

5) 根据年产量对储量进行分类，确定矿地或生产的年限。

6) 利用回收和选矿因素，计算可售出产品的总量。计算矿石或精矿，或可售出产品的“冶炼处理价值”。

7) 估算年平均销售价格和总销售量以及总的年毛收入。

8) 估算销售额(每吨计)、劳动力、材料和供应、及日常开支费用。

9) 估算营销(市场)、管理和中心办公室费用。

- 10)从销售收入中减去销售成本得到毛利润。
- 11)从毛利润中减去营销和管理费用得到在计算耗竭补贴及任何的利息支付以前的利润。
- 12)减去耗竭补贴和折旧得计算所得税的税基。
- 13)确定所得税。
- 14)估算课税后总的年净利润。
- 15)建立预算的现金流量表,包括生产期间贷款本金、利息和税额减免等的支付额以及折旧和耗竭补贴后期初投资的偿还额。
- 16)考虑生产遇到的特殊风险和灾害以及合理的投资效率,或所使用的贴现率。
- 17)估算除探明储量外有望获得的最大推测储量。
- 18)确定折旧以前的净收入,并扣除流动资金的收益,矿山、选厂以及设施投资收益,以及非矿地投资利润。这样就得到属于矿地产的剩余利润。
- 19)对整个生产期内的总剩余收益进行贴现,得剩余收益的总现值。
- 20)核算所有不可回收流动资金,象逐渐被废弃的零部件存货或应收帐款。
- 21)加上生产期末残值的现值。
- 22)核算矿地分期投资的所用费用以及探明矿石储量的所有费用。
- 23)与那些目前可选择的企业进行投资收益的对比。

影响潜在收益的因素

在考虑所有可能影响收益的主要因素时,必须以一种有用和省时的(如本文提供的)方式收集数据,因为在评估过程中由于各种各样的目的要用到其中的许多数据。

矿石储量和项目期限及支持性数据必须收集到,它们既能表明可回收矿石储量的数量和质量,又能指明在其应用于采矿中遇到的开发问题。须仔细考虑矿石品位的较大变化,它们可能严重地影响总收益,特别是在开发初期阶段,所以矿石储量应该分阶段(中段或水平)和品位列出以便拟出矿地特定部位的一份生产日程表。若有贷款,如需要的话,可能要指出在早期偿还阶段开采高品位矿石以加速偿还的可能性。要适当地涉及开采另外矿石的可能性。所有产出和选矿回收系数都必须以试验数据和体积系数为基础以说明可售出产品的吨位和质量。如果矿床的实际特征表明项目的生产能力有限,那么这些都应该清楚地阐述。

表1对确定经济系数比如实际开采速度和数量以及随采矿加深品位的变化趋势等有用。

然后计划采掘的总矿石量以便与生产成本预算和设备的投资成本相协调。

在本例中矿石储量计划基于25年全年开采的基础上,很大程度上是从市场方面考虑。

市场和未来价格水平是所有矿业项目未来收益的关键。要使相对于未来市场的估算具体化,产量和消费量(消费最终用途构成或者历史价格趋势)方面统计数据的分析可能是有用的。若营销复杂,在合理估算所需时间和项目开始以后预期市场份额(销售量)以前需要仔细研究和调查消费者以及竞争对手的情况。市场研究应该提供令人信服的证据表明产品的受欢迎度(品位,质量,等),这不仅对于金属产品重要,特别是大多数非金属产品更是如此。在高度竞争的市场上,贸易贴现是计算净销售收入额时很重要的方面。

表1 分中段或阶段的矿石储量列表

矿山中段 或采矿阶段号	可回采 矿石量	品位 或产能	吨价格
(A) 总量	23,000,000 平均	平均	\$5.02(B)

注：(A) 每一个中段或阶段的数据这儿都必须列出；(B) 矿山人员几乎要一直估算储量到百。
这里用的数字遵循同样的实际要求以备检查。最终数字完全接近精度要求。

如果可签定长期合同，那么就能较准确地确定将来价格。然而，一些长期合同含有伸缩条款以使价格同劳动力与材料价格的波动相适应。评估者必须经常根据评估时预测的供需情况估算未来长期价格水平。就一些大型项目来说，可能需要确定产量增加对产品市场价格的影响。同时由于运输可能限制市场范围和销售收入，所以有必要仔细研究运输费用。如果矿产品有长期价格稳定和持续上升的记录，那么可以假设生产费用的长时期变化必然伴随着产品价格的变化。这种情况可能发生在诸如黄金和石油等商品的身上。然而，其它的矿产品价格，在过去呈发生过剧烈的波动，例如铜。因此，对价格的预测必须建立在报告期间已知事实和趋势的基础上；但同时预测生产成本时必须结合通货膨胀导致的调整而进行修正。

市场潜力可能限制生产规模，但希望的偿债期以及矿山的实际限制同样也是可能的因素。如果没有限制，则可按最优化的经济收益率规划生产。

需要加快市场认可，考虑销售贴现和折扣会降低产品销售的收入。本文给出的例子中，平均销售利润或净销售收入为每吨 4.78 美元(而矿石原地价为 5.02 美元)。

投资成本只有在完整的矿山和选厂布置计划制定以后才能算出(表 2)。必须考虑(1)矿地上现存实物资产的使用,如果有的话,以及(2)新的设备和设施。下面各主项下还可详细列出细项：

- 1) 矿地成本
- 2) 投产前费用
- 3) 采矿建筑物，设备和设施
- 4) 选厂建筑物，设备和设施
- 5) 一般建筑物，设备和设施(包括住房，学校，娱乐建筑物，医院)
- 6) 所需流动资金

要使将来的数据在随后的成本分析过程中有用，象确定折旧基础，保值以及所得税减免等，需要把资本成本分成建筑物，建筑设备，和设备以及机器。

应该阐述涉及材料、劳动力价格以及其它开支等有关建筑费用估算方面的数据。所以，如果有通货膨胀趋向和基目推迟，所有的数据都应该调整。

期初流动资金可能占一个新项目的总资金或所需筹集资金的很大一部分。必须保证足够的流动资金来维持项目也就是说，提供资金“填充管道”或投入生产，包括储备或仓库中的原材料等；存货清单，调试期间原材料的使用，运往市场半成品或成品材料，以及工资额(应收帐款)及其它费用。表 3 是一个例子或备忘列表。

表 2 矿山和选厂设计生产能力(吨)

材料	矿石储量总量	年设计生产能力	日均产能，周 5 天 工作日，两班	时产能，每班 7.5 个小时
矿山经营矿石	23,000,000	1,000,00	4,000	240

表 3 流动资金预测年需求量(基本，吨/年)

类 别	年总量 \$
1. 存货目录	
原材料(月)	
供货(月)	

零部件(月)
进行中的工作(月)
(耗材和货币收益之间的)包括
工资额
原材料
供货
其它经营成本
2. 开办费和培训
工资额(月)
原材料使用量
供货使用量
其它生产开销
意外开支
3. 应收帐款
期初流动资金需求量

出于融资目的总资本需求可以简单地归纳如表 4，它可作折旧和折耗的指示并有助于收益平衡表的其它计算。

表 4 M. E. 矿山资金费用详细预算(美元)

	矿地 (矿石储量)	开办 [*]	建筑设施 [*]	建筑设备 [*]	机器设备 [*]	总计
生产前开销	1,900,000	198,000	333,000	9,000		2,440,000
采矿			106,000	10,000	710,000	826,000
选矿			994,000	45,000	2,470,00	3,509,000
					0	
杂支			475,000	25,000	301,000	801,000
总计	1,900,000	198,000	1,908,000	89,000	3,481,000	7,576,000
意外事故 5%						284,000
除矿地外						7,860,000
流动资金						1,300,000
融资所需总投资额						9,160,000

*包括工程，管理，和合同费用

见工作表 -A 和 -B 试验性财产评估结果

此数字小于矿地费用(\$9,160,000-\$1,900,000=\$7,260,000)代表使矿地投入生产所需资金，不算矿地费用

生产一种可销售产品的生产成本必须反映矿地开发经营中可能遇到的实际情况和困难。下面讨论各项生产成本：

1) 劳动力成本，包括全部配备人员需求或拟订工资单，建立一个基准以备计算这样一些开支，象公共责任，工人补偿费，固定开支，失业，联邦老龄福利，健康和意外保险，节假日费用，住房，医疗，娱乐以及外部交通。表 5 是一种拟订经营所需劳动力和工资额的有用的格式。

表 5 预算劳动力和年工作额(基本-吨/年)

	人数	时速度	总时间	规定工时收入	轮班差别	工资源
生产						

(a)采矿^{*}
(b)选厂^{*}
(c)一般地面工作^{*}
工程^{*}
营销, 管理, 和会计(1)
总计

*此处给出的是工作和劳动力范围内的详细列表

2)所需各种物资和供给都必须按年度估算。需要掌握生产和设备的第一手知识。表 6 给出了下文所述的总的项目。详细列表需要分表。

表 6 物资和供货量的详细估算(基本, 工作日吨/年)

类别	数量	单位价格	总计	运费和装卸费	工作总开销
原材料使用量 [*]					
供给品使用量 [*]					
零部件使用量 [*]					

*这里可能详细列出了各项开销预测, 并分属采矿, 选矿等。

3)杂项开支似乎包罗万象, 如表 7 所列以例于检查和估算。

表 7 日常开销预算(每年计)

开销项目	数量	计算基础 速度	其它	年总量	开采每吨 矿山矿石成本
电话电报					
文具和文印					
各种办公室用品					
旅差开销					
雇工培训					
工程技术人员					
研究人员					
财产税					
特许税					
火灾保险					
公共责任保险					
使用与占用保险					
医疗和急救					
住院治疗					
工资税					
工人抚恤金					
假期工资备付					
附加福利					
带薪假日					
健康和意外事故保险					
集体保险					
职业病保险					
退休金					
总计					

4)折旧(非一般, 普通, 特别的维护)涉及到所有的矿山和选厂生产。它仅仅包括主要设备和设施的更新费用, 它们在项目期末以前要磨损或废弃掉。这些开支对于维持生产是必须的, 但由于它们不是规律地出现, 所以需要建立储备。这种折旧是一笔重要的开支, 对项目的收益

影响很大。要使用合理的判断手段确定折旧率，考虑所涉及的全部设备和设施的寿命。可能在投产的头 3 年到 5 年还不能确定实际的替代开支，而且当矿石储量仅能维持有限的服务年限时进行更新也是不实际的，但是当需要维持正常的营业状态以收回设备和设施的投资时，仍要折旧储备以备更新(即使成本飞涨)。折旧费用还要满足废弃设备的更新。表 8 是一个一般性检查表，以保证此项在生产成本核算时能随时提供(这里所讨论的折旧，不是征税时用的直线折旧法，而仅只考虑购置的原始成本)。

5) 营销和管理成本单列，因为它们不属财产开销，在本例中，为每年 105,000 美元或开采每吨矿石 0.12 美元。

这里为简化计算，假设没有借款利率，但如果存在，这将影响现金流动和所得税计算。

表 8 折 旧

类别	成本 (美元)	非折旧部分 (美元)	可折旧部分 (美元)	折旧率 %	年折旧 (美元)
建筑物					
机械设备					
服务系统					
土地附着物					
总 计					

表 9 的检查单总结了所有生产开销项目。

所得税

所得税必须仔细地确定，特别是对诸如耗竭补贴，折旧以及生产前开支的摊销这样一些税款折扣额进行扣除。这些款项的影响对融资来讲是一个重要的因素。必须估算并扣除掉所得税以求得净收益额和确定投资的实际收益率。现行的税率必须从可靠的口径获得，税的计算和应用必须按规定的方式进行，因为有关矿产各国及各州不一且有很大变化。应用所得税知识可使我们正确处理折扣项，象耗竭补贴和折旧，容许利用免税期获得折扣。

表 9 生产成本和固定费用总计(基础：265 个工作日，900,000 吨能力)

成本类别	总年度开销 平均经营基础总计，美元	矿山开采 每吨矿石成本，美元
劳动力		
直接和间接	902,000	1,00
原材料)		
供给品)...	973,000	1.08
零部件)		
日常	83,000	0.09
单位耗竭	74,000	0.08
折旧(一般性和重置)	520,000*	0.58
营销和管理	105,000	0.12
总计	2,657,000	2.95

*此处单位耗竭提供了矿地所有期初投资收益率，这是由期初总成本除以矿地服务年限内开采出的可售出的矿石储量得到的。按年计为 $Y1,900,000/25.5\text{yes}$ 或按每吨计为 $Y1,900,000/25.5\text{yes}+898,800$ 吨(平均年产量)。

+此数字最好从特定工业的第一手知识得出：已知使用设备类型的寿命，已知根据淘汰经验确定的替代和调整量(这在某些处理不好的工业中重要)，根据通货膨胀的趋势作价格备付，在这个特例中，单位折旧数既包括选厂和设施期初(\$ 5.960,000)也包括替代和淘汰(\$ 7,300,000)投资的折旧。

某些知识还可保证从加速注销中获得最大利润，以及涉及这些项的贷款利率的税收折扣。

关于美国所得税的详情，将在 4.17 节中讨论。

本文所引用的 M. E. 矿山例子中，利用了加拿大的一个事例来说明免税期和其它诸如耗竭补贴和折旧的税收补贴是怎样产生不同的年收益的。对那些想对比美国和加拿大所得税的人说，下面是美国的一个实例：

美国所得税-折旧率的实例——出于估算联邦所得税的目的，耗折减免百分比是根据毛收入占产品销售额的百分比计算的，跟成本没关系。

就这儿涉及的产品来说，允许的耗竭补贴率是 23%(如果矿山是在美国)，耗竭补贴总额不超过应纳税收入的 50%。表 12.10 给出的计算联邦所得税的数据是从工作表 中得来的。在考虑外资时，既要考虑经营国又要考虑所在国的税收制度。

表 10 美国联邦所得税计算实例(根据工作表 年均数据计算)

产品销售获得的年毛收入	\$ 4, 302, 000
权利金(将被减去)	(无)
计算耗竭补贴率的基础	\$ 4, 302, 000
折扣: \$ 4, 302, 000 的 23%	989, 460
或可征税收入的 50%(最大)	
允许折扣	818, 500*
应纳税收入(耗竭以前)	1, 637, 700
减去允许的耗竭补贴额	818, 500
应纳税收入	\$ 818, 500
美国联邦所得税:	
一般税, \$ 818, 500 的 30% = \$ 245, 550	
附加税(\$ 818, 500-25, 000)的 22%=174, 570	\$ 420, 120

* \$ 818, 500 是所得税以前的净收入加上帐面耗竭补贴减去支付州税这一数额的 50%。

时间因素

时间因素对于投资者来说是最重要的因素，包括：

- 1)达到期初生产阶段的前生产工作所需时间。
- 2)使矿地达到设计生产阶段或生产率所需时间。
- 3)偿还投资或付清债务所需时间。

对上述问题的回答可使评估师(1)评估投产前的利息费用，(2)确定盈利前的拖延期并计算将来收益的现值；以及(3)指出筹集资金的困难或项目筹资的可能性。如果与时间相关的现金流分析表明投资者的收益可能在生产早期不合适或拖延时间太长，那么该项目筹资困难。若分析表明矿地在 3 到 10 年期间能够偿还自身投资，那么该项目就可以得到投资。

管理

管理和技能在矿业项目评估中是经常考虑的因素。这里的管理是指全体员工而言。在工作条件苛刻雇员流动快时，生产成本显示监督和管理费用高。如果一个公司首次开始一种新类型的商业活动，它必须容许花费一些时间和金钱来熟悉这种商业。有时这表现在提

为了更清楚地解释矿山评估的过程和固有的问题，引用了一个实例，它的矿石储量足以维持长时期的潜在利润，很有可能发现额外的矿石，但是边缘利润偏低，并且在竞争和对将来价格的影响方面有一定风险。

大多数矿业公司遵循标准会计实务，因此评估师应了解某些基本的会计程序以便准备和编辑数据时与标准的会计方法和实践一致。需要一个现金流量表来说明在实际生产过程中现金和非现金项的流通(见工作表)。

假设评估师选择一个 12%的投资收益率并且未来市场条件的基础是一种延续的商业活动，前景保守而不是一个持续式坚挺的繁荣期，为新矿地产价值准备一个初步的试验数字，如工作表 -A 和 -B。确定暂时帐面耗竭补贴折扣时这一步是必要的，以用来拟定重要的收支表(流程表)，它用于说明估算的净收益。工作表 -A 和 -B 给出了一个抵销矿地产开销的耗竭补贴额的初步估计值。

表 11 筹资方法对矿地产价值影响的对比(假设矿地在美国)

矿地产购买价格的指示当量值，美元	
1. 全部购买	990,400
2. 权利金基础上-净销售额的 5%	1,224,100

* 权利金值延期了三年

工作表 -A 平均净收入的初步估计

	美元/吨
净销售	4.78
销售成本，除折旧和耗竭补贴备付外	<u>2.17</u>
备付折旧和耗竭补贴以前的毛利润	2.61
折旧和耗竭补贴备付	<u>0.66</u>
毛利润	1.95
营销和管理开支	<u>0.12</u>
备付所得税以前的净利润	1.83
所得税备付	<u>0.61</u>
净收入(平均每年)898,000 吨	1.22-
	1,099,000

*这个数字的耗竭补贴部分(\$0.08)是通过计算得到的，由工作表 -B 程序检验。

工作表 -B 确定用于初步耗竭补贴数的矿地产近似值的资本化试验

根据 12%的资本化率计算的投资总额(系数 8. × \$1,099,000)	\$9,158,333
四舍五入为	\$9,160,000
估算的实物财产和流动资金费用	7,260,000
归属于矿地的初步数量(包括购买时其它所有矿地上的资产和开始盈利前所有利息)	\$1,900,000
减去购买矿地以前估计的勘探钻井费用	<u>188,900</u>
购买矿地所付初步价格	\$1,711,100

*这儿用的利润资本化是一个会计程序，核算一个继续经营企业在给定时间的商业值，其最重要参数是估算平均年收入。

工作表 是一个逐步实施的基本方法，说明项目的潜在收益和现金流动，可以用于所有三种商业评估实例。工作表 用于确定情形 1 矿地价值时，假设经过仔细分析所有相关因素后选择 1,900,000 美元(如工作表 所拟)作为一个可能的数字以满足购买者需要的潜在收益，现在就可以在详尽的工作表 的基础上试验其有效程度。

工作表 ——说明 M. E. 矿山的利润、现金收益和收入变化；项目
定在矿山使用年限内年产量 98,800 吨的基础上(美元单位以千计)

行号	开办期	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 25 年	年均	每吨
----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	----	----

1. 净销售额	1,311	3,496	4,371	4,371	4,371	4,371	4,371	4,371	4,371	4,302	4.08
采矿和选矿费用:											
劳动力, 直接和间接	451	902	902	902	902	902	902	902	902	902	1.00
物资和供给	486	973	973	973	973	973	973	973	973	973	1.08
日常和杂开支	<u>42</u>	<u>83</u>	<u>83</u>	<u>83</u>	<u>83</u>	<u>83</u>	<u>83</u>	<u>83</u>	<u>83</u>	<u>83</u>	<u>0.09</u>
备付耗竭补贴和折旧以前											
总采矿和选矿费用	979	1,958	1,958	1,958	1,958	1,958	1,958	1,958	1,958	1,958	2.17
耗竭补贴备付	37	74	74	74	74	74	74	74	74	74	0.08
折旧备付	<u>260</u>	<u>520</u>	<u>520</u>	<u>520</u>	<u>520</u>	<u>520</u>	<u>520</u>	<u>520</u>	<u>520</u>	<u>520</u>	<u>0.58</u>
2. 采矿和选矿总成本	<u>1,276</u>	<u>2,552</u>	<u>2,552</u>	<u>2,552</u>	<u>2,552</u>	<u>2,552</u>	<u>2,552</u>	<u>2,552</u>	<u>2,552</u>	<u>2,552</u>	<u>2.38</u>
3. 毛利润	35	944	1,819	1,819	1,819	1,819	1,819	1,819	1,819	1,750	1.95
4. 毛利润占净销售额的%									40.7		
营销和管理开销:											
营销	20	52	65	65	65	65	65	65	65	64	.07
管理	<u>20</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>.05</u>
5. 营销和管理总开支	40	92	105	105	105	105	105	105	105	104	.02
6. 所得税备付以前的净利润	-5	852	1,714	1,714	1,714	1,714	1,714	1,714	1,714	1,646	1.83
备付省税(若是美国, 为州税)	-	43	86	86	86	86	86	86	86	83	0.09
备付地区税(或是美国, 为联邦税)	<u>免税</u>	<u>开始,</u>	<u>3.5 年</u>		<u>521</u>	<u>589</u>	<u>628</u>	<u>645</u>	<u>568</u>	<u>464</u>	<u>0.52</u>
7. 所得税总计	<u>-</u>	<u>43</u>	<u>86</u>	<u>86</u>	<u>607</u>	<u>684</u>	<u>714</u>	<u>713</u>	<u>654</u>	<u>547</u>	<u>0.61</u>
8. 净收入	-5	809	1,628	1,628	1,107	1,030	1,000	983	1,060	1,099	1.22
9. 净收入占净销售的%										25.5	
10. 9,160,000 美元的投资											
利润率%											
(包括流动资金)										12.0	
11. 投资回收期-累积净收入											
加上备付耗竭补贴和折旧	292	1,695	3,917	6,139	7,840	7,860	(投资	利润)			
12. 从 8 行累计净收入(总计 \$8,025)	--5	840	2,432	4,060	5,167	6,179	7,179	8,025	(投资	利润)	

*由于税别经常发生变化而牵涉到多种选择, 所以没有澄清所有细节

工作表——矿地公平价值的贴现方法(美元, 25.5 年使用期限)

缴税折旧以后 帐面折耗以前的 净收入	流动资金收 益率(8%)	设备设施收 益率(12%)	总计	矿地残值 收入	贴现因素(矿 地投资收益 率为 12%)	矿地现值
32,000	52,000	357,600	409,600	(377,600)	0.89286	(337,144)
883,000	104,000	718,353	822,353	60,647	0.79719	48,347
1,702,000	104,000	724,659	828,659	837,341	0.71178	621,627
1,702,000	104,000	730,965	834,965	867,035	0.63552	551,018
1,181,000	104,000	737,270	841,270	339,730	0.56473	192,773
1,104,000	104,000	743,577	847,577	265,423	0.50663	12,912
1,074,000	104,000	749,883	858,883	220,117	0.45235	99,570
1,057,000	104,000	756,188	860,188	196,812	0.40388	79,488
1,179,760	104,000	762,494	866,494	313,266	0.36061	112,967
1,179,760	104,000	768,800	872,800	306,960	0.32197	98,832
1,179,760	194,000	775,106	879,106	300,654	0.28748	86,432
1,179,760	104,000	781,412	885,412	294,348	0.25668	75,553
1,179,760	104,000	787,718	891,718	288,042	0.22917	66,011
1,179,760	104,000	794,024	898,024	281,736	0.20462	57,694
1,179,760	104,000	800,330	904,330	275,430	0.18270	50,321
1,179,760	104,000	806,636	910,636	269,124	0.16312	43,900
1,179,760	104,000	812,942	916,942	262,818	0.14564	38,277

1, 179, 760	104, 000	819, 248	923, 248	256, 512	0.13004	33, 357
1, 179, 760	104, 000	825, 553	929, 553	250, 207	0.11611	29, 052
1, 179, 760	104, 000	831, 859	935, 859	243, 901	0.10367	25, 285
1, 179, 760	104, 000	838, 165	942, 165	237, 595	0.09256	21, 992
1, 179, 760	104, 000	844, 471	948, 471	231, 289	0.08264	19, 114
1, 179, 760	104, 000	850, 777	954, 777	224, 983	0.07379	16, 601
1, 179, 760	104, 000	857, 083	961, 083	218, 677	0.06588	14, 406
1, 179, 760	104, 000	863, 388	967, 388	212, 372	0.05882	12, 492
1, 134, 080	104, 000	869, 694	973, 694	160, 386	0.05252	8, 423
总计 29, 925, 00	2, 652, 000	20, 208, 195	22, 860, 195	7, 064, 805		2, 196, 255
减去未偿还流动资金现值						-42, 504
						2, 153, 751
加上经营期末残余现值						+44, 700
收入现值						\$ 2, 198, 451
矿地投资 2.5 年财产维持费费用						-298, 451
帐面矿地值						\$ 1, 900, 000
勘探钻孔费用						-188, 900
矿地购买价格						\$ 1, 711, 100

* 净收入总量加上工作表 \$ 1, 900, 000 帐面折耗总量

如 12 行所示，25 年全年生产和调试期的净收益总计可达 28, 025, 000 美元。另外，5, 960, 000 美元的原投资本和 7, 300, 000 美元递延资金投资通过每年备抵折旧收回，而 1, 900, 000 美元的矿地期初价值通过每年的备抵折旧收回。由于股东或投资者可能希望快速合理地收回投资，这在工作表 11 行有一个理论上的最小还付时间来说明，它指出了在第六年积累现金 7, 860, 000 美元才足以偿还基建、机器和设备方面的原投资本以及矿地期初投资。然而工作表 却说明现金支出在早些年不足以满足这种理论条件。在这个最短的还付期，可以假设周转资本主要为一种可以容易地在经济前提下转换成现金的形式。此经营也给出了预期的原投资本的 12% 的收益率。

在实践中，早期的股息很少考虑全部偿还。这种为了寻找新矿地而由其它开支引起的延期，势必降低现金流动投资偿还部分的现值。

把未来盈利贴现成现值-直线法

矿业项目现在已作为商业进行准备，其资金已投入到：(1)矿地财产，(2)矿山设备和设施，(3)选厂设备和设施，以及(4)流动资金。既然资金已投入，那么现在它就可以在整个生产期内通过工作表 所示的折旧和耗竭补贴，以及生产期末的残值来收回。

要达到证实矿地价值的目的，必须进行备付来贴现剩余的现金流量以便提供投资收益率(因为已经提供了投资利润)。

初步工作表中贴现现金流动的快捷方法常导致其值比实际经营高得多。原因是早期收入少不能收回投资的全部收益和收益率，另外是因为资金重置需求量不平稳。这样，净收入和净帐面投资就必须每年算出。

矿地价值的有效期证明如工作表 所示，其中净收入已贴现得出整个商业活动各个部门的投资利润率。

从工作表 中看到，贴现现金流量，对所有未偿付流动资金和生产期末矿地残值调整和显示一个 1, 900, 000 美元的值，因而证明收支表中的初步估计抵销了矿地投资。

在项目中某个部门的投资风险不大于其它部门的前提下，风险较高矿山企业中已普遍采用平均贴现率和风险率。随着资本需求的增加，现在需要分析和支持用于流动资金，选厂，矿山设备和储量的比率。为此，工作表 中引用的实例提供了各种风险率以便得到多少适应矿业经验的复合比率。盈利较高的孤立矿地的流动资金需求量似乎远高于近处的相似矿地，但风险是

一样的。同样，许多情况下选厂开销和设备费用(例如，对于整套承包)可以非常精确地估算，因此选厂的风险率当然可以考虑低于估算不可能达到同样精度的储量的风险。这些变化的风险率特别适用于生产成本已明显，详细的投资费用数据可供而储量已有限的继续经营项目。

确定矿地的现值

表 12 总结了矿地的公平市场价值或者购买价格。

表 12 矿地公平市场价值一览表

产量，吨	23,000,000
净销售总额	109,701,000
销售总费用：	
固定和可变成本 60,654,000	
折旧 7,290,000	67,944,000
缴税和耗竭补贴前的收入	41,757,000
所得税备付	11,832,000
成本法耗竭补贴净收入	29,925,000
减去以下投资收益率：	
流动资金(8%) 2,652,000	
设备和设施(12%) 20,208,195	22,860,195
矿地的剩余收入	7,064,8055
剩余收入的现值	2,196,255
对未偿还流动资金调整后	2,153,751
生产期末土地	+44,700
总现值	2,198,451
矿地投资的附带费用，2.5 年，@8%	298,451
矿地和储量价值勘探费用-帐面耗竭补贴	1,900,000
勘探钻孔费用	-188,900
矿地购买费用一项	1,711,100

Hoskol d 法贴现

一些矿地评估师仍然使用 Hoskol d 公式进行对比检查。使用过程中必须注意避免处理耗竭补贴和折旧时的错误，因为它使用了工作表。举出了使用基础数据相同但假设净收入不变的一个实例(这儿的工作表 与之不同)。

基本的 Hoskol d 公式如下：

$$V_p = \frac{A}{\frac{r}{R^n - 1} + r'}$$

式中 A 为年收入(\$1,383,700)，r 为再投资本偿还的“保险”利率(12%)，r' 为投入资本的风险收益率(12%)，n 为生产年限(25 年)。V_p 为未来收入的现在值或现价值(\$9,608,100)，R 为含 1 美元的利息的数(1+r 或 1.04)。

工作记录簿 资本化的未来年净收入估算法，据 Hoskol d

	每吨	平均年总额
净销售额	4.73	4,302,000
销售成本(不计耗竭补贴和折旧备付)	<u>2.17</u>	<u>1,958,000</u>
备付耗竭补贴和折旧以前的毛收入	2.61	2,344,000
备付纯耗竭补贴和折旧	<u>0.66</u>	<u>594,000</u>
毛利润	1.95	1,750,000
营销和管理	<u>0.12</u>	<u>104,000</u>
所得税备付以前的净收益	1.83	1,646,000
所得税备付	<u>0.61</u>	<u>547,000</u>
净收入	1.22	1,099,000
加上返回的单位耗竭补贴以及使用年限内选厂的摊销	<u>0.32</u>	<u>284,700</u>
Hoskold 法贴现的基价(假设收益率统一)	1.54	1,383,700
现值系数 25 年@4%和 12%=6.9438		
生产起初的总生产利润额 1,383,700 × 6.9438		9,608,100
开始生产时项目的总价值		<u>9,652,800</u>
加上生产期末残值的现值		<u>44,700</u>
减去投入生产的费用(不计矿地费用但包括勘探钻进的 188,900)		7,448,900
生产期初的矿地价值		2,203,900
购买时矿地产的价值(包括购置时所有的其它资产)		
盈利前延续的 2 1/2 年		1,819,496

盈利分析

盈利能力和价值对比的衡量标准

评估师可能有兴趣把估算的仙姑收益同相似的目前正生产的公司的实际收益或证券市场上现挂牌的或活动企业的收益对比。目的是为了表明在一定的风险水平上是否是合理的，值得投资的，收益率是否落在所预的合理的范围内，特别是在公众筹资时。比较的基础是假设投资在生产年限内为平均投资。这些原则的某些方面(营业比率或百分比)可从工作簿 中容易地得出。

- 1) 毛利润占净销售额的百分比，在生产期间平均大概为 40%。
- 2) 净利润占净销售额的百分比，在生产期间平均大概为 25.5%。
- 3) 缴税后的平均年净收益与总投资额相比，为 12.0%。
- 4) 偿付日期是在开工后的第六年。

表 13 对比了不同矿业公司收益能力的“尺度”。

任何对比必须充分利用大量的判断因素或有关经营知识进行。一个导致对比困难的因素是大多数矿业公司同冶炼加工联系在一起，因此不能同仅有采矿的项目严格对比。

其它影响“标准”或者收益能力对比的因素是：(1)金属价格的突然变化，(2)劳动力成本的陡然增高，(3)产能的突然扩延增长或产量的增加，以及(4)产品限制(例如石油和天然气)。

表 13 盈利能力的衡量标准或对比(矿业公司)，据 1967 年可供数据

进行交易公司清单	价格变化范围，\$	每股收益，\$	股息 \$	收益占股息的 \$	证券收益率%	毛利润占净销售的%	价格-收益比率	收益占价格的%
A	53-59	4.31	2.38	55	5.1	21.2	10.8	7.8
B	56-43	3.87	2.25	58	4.1	6.1	12.9	7.0
C	7-2	0.05	零	-	-	2.6	-	-
D	20-12	1.94	0.70	36	4.2	8.3	8.6	13.1
E	19-9	0.24	3%	证券-	-	-	-	-
F	45-55	4.75	1.52	32	3.8	12.2	8.4	12.2
G	37-25	2.31	1.70	74	5.4	32.5	13.6	7.5
H	56-40	0.30	0.50	-	1.0	4.1	-	0.6
I	37	1.64	0.80	49	1.7	25.8	29.4	3.5
J	70-44	5.33	2.20	41	3.8	-	13.0	9.4
K	80-62	5.04	3.40	67	4.8	12.5	14.1	7.2
与表 12.17 实例 M.E 矿山对比								
	78-5/8	9.90	6.60	60.0	7.6	40.7	7.9	12.6

作为价值检验的资本化

本方法通过下面的公式，选择了一个以便与投资者希望从相似的继续经营企业中获得收益

$$\text{价值} = \frac{\text{年利润}}{\text{利润率, \%}}$$

对应的收益率：

为求得矿地价值的试验数字，工作簿 -B 给出了一个实例。

资本化是估价无固定年限商业的一个好办法，因此不用于矿业评估，除非作为一个快捷的检查方法。它不贴现现金流量。

情况 2-继续经营矿山的评估

考虑的因素

一个继续经营矿山的公平市场价值基本上由未来年收益贴现值，加上生产期末的剩余值和净流动资产值，扣除所有附加资本成本及利息费用组成，若有的话。

通常，生产记录可作将来生产工作的基础而且由于实际的生产记录和经验排除了一些未知数。同样，矿地有一些有形资产如建筑物、矿山和选厂设备，由于其重要性以及将来生产的使用而必须进行评估以确定必要的调整来进行合理的折旧和确定新的资金需求量。其它矿地设施似乎没有但可考虑其残值。另外的非经营资产可用来盈利。

需要对矿山和选厂进行彻底的检查和研究以确定采矿，冶炼或其它生产要素，包括可能遇到的各种因素未来的变化。下面的备忘录可能有用：

确定继续经营矿山价值的备忘录

- 1)彻底清查财产，研究组织的历史和经验，并分析财产，生产和财务记录。
- 2)确定评估可能涉及到的特殊条件。
- 3)计算矿山剩余的可回收矿石储量并验证开发另外储量的可能性。

4)考虑采矿，运输和选矿损失的实际经验记录，确定矿石储量，可采量以及可售出产品的关系。

5)利用前述数据计算从矿石储量回收的可售出产品的总量。

6)确定年市场潜力或期望的生产率指明实际的或经济的限制，然后根据现存的矿石储量确定开采年限。

7)研究生产成本-过去5年期间的趋势,考虑直接的劳动力和原材料成本以及不可控制的和日常开支。

8)研究5年期间或更长时间的销售情况，按品位，顾客，总量和金额，转到部门的，分地区销售额；确定到达目的地的运费，如果销售成本包括此项的话。

9)研究生产收益表获取其它数据例如库存增加或减少量，销售成本，销售开支，日常管理开销和其它收入，减去其它费用，税收以前的净收益，联邦和州所得税，净收入。

10)研究实物资产按每项或类的年折旧率。

11)准备将来的平均年销售额，按销售量和销售额。

12)根据销售收入的未来趋势和生产成本，确定未来平均年净收益(税后考虑税收折扣)。

13)确定所有风险因素，贴现年利润求得可从矿石储量中获得的所有的将来年收益的现值。

14)制作一个详细的矿山、选厂设备和设施的存货清单，指明它们的条件以及对将来生产的用途。检查在矿石储量使用年限内这些实物资产的情况。

15)估算所有可用固定资本、实物财产再生产或重置成本(不包括土地)，并核定折旧及未来价值。新资金需求费用估算按良好营业状态计。

16)估算生产期末固定资产的残值。

17)确定所有非矿地的价值。

18)估算所有流动资金和仓库存货的价值。

19)估算所有无形资产的现值。

20)考虑管理和生产人员的能力。

21)通过贴现修正后的现金流量确定现值。此现值再加上净流动资产值和营业期所有剩余物品的现值。

22)加上非经营性资产的现值。

23)减去所有新资本投资和利息费用，若有的话。

实物资产的评估

一个正生产矿山拥有固定资产，所以必须确定其在将来生产使用的价值。这些资产可能包括：(1)土地或不动产，(2)建筑设施，以及(3)存货和供给品。矿地的不动产价值可以通过对比同种类型财产的现行或过去的销售情况来确定。存货和供给品的价值可通过使用价值或把它们重置为在矿地上的费用来定价。但是，建筑设施的价值需要确定建设同样建筑的费用然后通过剩余年限和使用价值折旧进行贴现。这需要对建筑物，设备和设施进行详细的检查以确定其磨损或废弃状态。只有通过这样的检查和再生产成本评估评估师才能估算将来生产需要增加的资金以及合理的折旧费用。此过程需要有经验的工程师和建筑费用评估师。详细计算总结可遵循表14的格式。

表 14 实物财产汇总表

再生产的估计成本	项目的未来价值
----------	---------

分类	新的，\$	减去折旧，\$	\$
土地			
开发			
建筑物			
器具设备			
机械和设备			
服务设施			
库存			
小计			
建筑期间或者所有新设施安置或恢复期间			
工程，建筑，税收，保险等的其他开支			
总计			

设施的用途

购买正在生产矿山者不会把钱投在对矿地未来生产毫无益处的设备和设施上。大多数矿山无论生产长短可能都有这种性质的大量设备和设施。那些对未来生产无用的项目可作为残值评估。

非经营性资产

矿业公会通过经营矿山以外的种种活动而获得利润，包括：

- 1) 销售证券(临时性)。
- 2) 租赁土地办农业。
- 3) 经营铁路。
- 4) 出售电力。
- 5) 出售水。
- 6) 出售尾砂。
- 7) 其它方面股票的收入。

然后评估者的任务就是单独确定与这些未来可能持续下去的非经营性收入不同的临时收入值。

一旦确定了所有“外源”收入的未来年利润，就可以根据前文所述的贴现法将其换算为现值。

无形价值(商誉，商标等)

有时无形资产价值必须加以考虑和估价。一个一体化的矿业公司，它生产一种已建立良好贸易信誉的商品品牌的金属锭。任何打算进入金属商业的新企业可能发现要想在贸易上占有相同的位置面临着销售方面的巨大阻力，所以必须依靠强有力的营销手段和一段时间的销售竞争才能在市场上站住脚并获得一个公平的市场份额。为了避免销售竞争带来的开销和及时保护现存市场份额带来的增加值，购买已占有市场份额的公司无疑价值不菲。

矿石发现远景的无形价值无论对于矿地的购买者还是出售者，在他们眼中可能都是一个重要的因素而且常常属于“交易”过程中谈判的焦点。管理和技术对于一个继续营业企业的价值来说也是一个重要的因素所以无疑应该加以考虑。这特别体现在对拥有严格管理矿地的积极的市场反应上。

汇总继续经营矿山的价值

假设 M.E. 矿山经营 15 年后经评估出售，在这期间发现了另外可开采五年的矿石储量。另

外，虽然经过对实物资产的仔细评估后表明购买者需要投入 120,000 美元新资金改善延期维护条件，公司仍能够维持其边缘利润，而且生产期末还可能有回收 800,000 美元的剩余残值。工程师估算矿石储量的价值，将来的生产成本和未来收益总额，如表 15 所示。

表 15 期初评估 15 年后 M.E. 矿山未来收益的估算

矿山可收回储量	吨	每吨可收回估算价值，\$
零星的矿石存货	295,000	2.58
采出的矿石	<u>13,205,000</u>	<u>5.39</u>
总计	13,205,000	5.40
矿石储量总价值 $13,500,000 \times 5.40 = 72,900,000$		
每年报告成本		
开发	0.10	
采矿	0.83	
冶炼	1.64	
日常	0.10	
耗竭补贴和折旧	_____	
制造成本总计	3.44	
营销和管理	<u>0.13</u>	
生产成本总计	3.57	
所得税估算值	<u>0.61</u>	
估计的吨销售成本和生产成本和税收	4.18	
估计的总销售费用 $13,500,000 \times 4.18 =$	<u>56,430,000</u>	
未来收益总额估算值	<u>16,470,000</u>	

在检查期间，发现 M.B. 矿山有一份以合同形式出售电力的非经营性收入项，由此合同每年可获得 10,000 美元的年净收入而持续 10 年，或总额为 100,000 美元。

通过分析公司资产负债表的数字来确定可收回流动资产量以及维持生产所必须的流动资金，因为购买者必须净流动资产向出售者付款。表 16 是公司的资产负债表和流动资产的估计值。

确定该继续经营企业的价值和购买价格

评估师可以将价值的所有基本要素汇总于工作表 V。

表 16 M.E. 矿山各资产负债表的流动资产价值，年报

资 产	按资产负债表	可收回价值估算值，
手中，银行里的现金	270,000	270,000
手中及运输中的可售出产品	640,300	640,300
产品销售应收帐款	53,800	43,000
应计未付利息	200	200
仓库供给品	340,000	225,000
投资	10,000	14,000
预付费用	25,000	25,000
固定资产扣除耗竭补贴	1,805,000	考虑为残值数
生产前支出	25,000	--
预付款和其它费用	35,000	30,000
资产总计	3,204,300	1,247,500
负 债		
流动负债	163,400	163,400
普通储备金	496,000	--

股本扣除贴现	2,544,400	--
盈余	500	--
	-----	-----
总计	3,204,300	163,400
总计可收回净流动资产量		1,084,100

购买者可投资 8,645,200 美元，加上所要求的新资本投资，总共 8,765,200。他可望获得 12% 的投资收益率并且在经营期末收回投资。

确定普通股票的内在价值

普通股的股票是商业中的一个股份，如果确定了一个非常公平的市场价值，那么在加上净流动资产减去普通股前的所有负债后，股票平均总价值应该在理论上代表所有未来股息的现值。然而，市场报价是公众在某个时间确定的普通股的价值，因此可能高或低于上面提到的股票价值。同样，股息一般不等于表 13 所示的总收益额。

股市行情可能因为下列因素而变化：(1)出售商品价格波动，(2)最近的勘探成功，(3)影响生产费用管理方法的改善和(4)未预料到的各种灾害。

虽然证券评估属于另外一个领域的内容，矿业评估者仍然应该具备一些知识来说明他所评估项目普通股的内在价值，以便同已开始经营的矿业公司的股票对比。表 17 说明了根据评估值确定的 M.E. 矿山一股本的市场价值。

假设在此项目中一个企业集团期初投入所有必须的资本(\$9,160,000)使矿地投入生产；他们建立了一个子公司并在内部发行了 110,000 股的股票。为与其它矿业公司对比，表 13 显示了这些数字。

工作簿 V--作为继续经营矿山的 M.E 矿山的公平市场价值的一览表

未来收益的现值 $13,500,000 \text{ 吨} \times 1.22 = 16,470,000$	
在 15 年期间按 12% 贴现 $\times \frac{6.8109}{15}$ 总利润为	7,478,400
加上生产期末残值-15 年后 800,200 按 12% ($\times 0.18270$) 贴现为	146,200
加上净流动资产量(据表 16)	<u>1,084,100</u>
总计	8,708,700
加上从非经营性资产中获得的收入现值 100,000 在 10 年后按 12% 贴现 ($\times \frac{5.6502}{10}$)	56,500
未来收入的现值总额	8,760,200
减去新的递延维修资本需求额	<u>120,000</u>
继续经营矿山的公平市场价值	8,645,200

表 17 M.E. 矿山继续经营其普通股的市场价值

继续经营矿山的现值总额(从工作表 V)	8,645,000
每股市场价值 $8,645,000 \div 110,000 \text{ 股}$	78.60
年收益 $16,470,000 \div 15$	1,099,000
每股年收益 ($\div 110,000 \text{ 股}$)	9.90
价格收益比率 $78.60 \div 9.90$	7.9
假定股息，年收益为 60%	6.00

情形 3 合并的评估

矿山工程师可能有机会参与涉及公司合并的评估工作。为此，他需要具备解决这个问题的方法以及所要研究因素方面的知识。

两个矿山企业或者一个矿山企业同其它一些工业企业的合并常常意味着这种合并将会产生优势互补效应。因此，这种合并所带来的好处如何相对于所带来的坏处加权衡量的。

评估中涉及到每个公司的商业评估，而且，如果需要的话，还涉及到两个公司股票交易的公平比率。除了必须衡量合并的特殊有利和不利外，其评估程序基本上与继续经营矿山实例类似。

影响公司间普通股股票兑换比率的因素

可能考虑的因素包括每种商业的特征，每个公司的生产历史记录，现在的收益，比较帐面净价值，以及每个公司的未来收益，后者是最重要的因素。下面是每个公司商业评估研究和决定过程中可能涉及到的各项因素：

1) 检查财产和设施。

2) 分析两个公司的矿石储量，可得性以及对未来收益的影响。

3) 分析生产，说明废弃的程度，总的营业状况，维护情况；还要考虑原材料来源和供给。

4) 分析财务记录：

(a) 公司历史。

(b) 财务状况。审查总的资产情况，可了解流动资产以及固定资产(象土地，建筑物，机器设备等)所占总资产的百分比，储量折旧保证程度，建筑物和设备的摊销。对比过去的资本价值并说明财产价值的变化。

(c) 流动资金。流动资产总额与流动负债总额之间的差额就是流动资金量。流动资金量应足以满足生产和售出期间的生产成本和使用。库存数字和流动资产总额之间应有一个相对一致的比例。

(d) 检查原材料库存记录，工作进展，以及成品。

(e) 分析贷款的到期日，以及其它所有可能影响股息偿付，流动资金，将来信贷和现金流量的限制性因素。指明未来收益的债务。

(f) 资本结构因素，例如未发行股票数和最近股票数量的增加，可能反映管理方面的问题。

(g) 股息记录，特别是与净收入总额有关的现金股息量，如果在年基价方面对比并联系股票总数起来可能显示这些。比较近些年来每个公司的收入。

(h) 市场分析和销售记录，推销方法，竞争状况，和销售合同可能影响利益和亏损或揭示将来的限制因素。

(i) 管理方法，例如组织，控制，雇员和董事合同，退休或抚恤金，以及分红方案都会对合并产生重大的影响，同时指明将来的每个公司的财务负债和合并对雇员关系的影响。

(j) 毛利润记录对于估算未来收益潜力也是一个有用的参考材料。

(k) 杂支，管理和营销开支可以说明通过合并节约的来源。

(l) 其它收入或收入中的其它扣项都应该加以研究，因为他们对商业的未来影响。

5) 分析每个公司的。普通股交易和公众对股票的估价可能有助于或者为最终确定兑换比率提供支持性的数据。

6) 把所有经济指标或因素放在应该可比的基础上, 可以正确地衡量每个因素。

7) 确定每个公司的收益和商业价值, 然后得出预期收益的比率。

8) 考虑税收使用。

前文的考虑应该能够说明合并公司是否双方现存设施互补或者重复。这些数据也将作为估算经济状况, 以及通过合并生产, 有机会提高购置、营销、产品多样化能力和税收优势的基础。所有益处都会提高合并公司股票的市场出售能力。

据此, 评估者可以确定(1)益处, (2)不利, (3)合意性以及(4)股票或证券兑换的合理汇率。

情形 4—征用时的评估

关于联邦、州或地方政府没收矿地充作公用的情形, 法院已经宣布了一份很有趣的仲裁和调解判例, 其中多数与矿业公司按市场评估程序得到的价值关系不大。法院的公判录常反映出法官、律师与陪审团之间在涉及矿地评估项目方面存在的激烈斗争。

每位评估师都知道, 当其确定矿地产的价值时, 需要计算从开采矿物中获得的未来收益。但是, 这些证据在许多法庭上就目前确立的举证法规来说总是不合适的。所以, 评估师们很纳闷为什么不能把所有的证据都拿到法庭上。涉及国家征用情形的大量抄本多数由有关讨论组成, 它指出该“价值”既不是总价值(购买者为加工矿石所付的费用)也不是土地的无担保值, 仿佛是没有矿, 而是两者之间的某个值。这种追求“两者之间某个值”的动机已使法官和陪审团们采用了一些异想天开的途径在法庭上较短的时间内去理解常常是相对非常复杂的评估问题。

一个矿地拥有者面对着一份“收入”但后来却发现“法庭不愿承认与可望的未来收入, 利润, 所有权, 以及矿地财产评估费用有关的证据”, 这也就不奇怪了。连法律界也承认这种混乱状况, 奥格尔的国家征用情况下的评估, 第 1 卷, 2 期, 165 页, 发现以下一段话:

“法庭一般拒绝……举出各种形式收入和效益数据的尝试。他们常常声称矿山和采石场的补偿数, 如其它征用情况一样, 是土地的市场价, 但采场和矿床可以考虑包含在土地市场价之内。相应地, 理所应当承认土地包含可估价的矿床, 但仲裁不可能把土地和矿床的价值分开。”

“从采石场生产获得利润的证据同样被当做一般商业利润对待, 否认证据的理由完全一样……”

“所以, 基于一段很长时间内的假设产能, 未来产品以及采场产品销售的固定费用的考虑是错误的。”

“法庭没能设立‘所取部分价值’任何房地产标准的事实所以陪审团必须几乎盲目地猜测此概念的含义。”

涉及征用的法律假设, 所有者因为遭受的伤害或征用和带来的土地破坏, 对于部分征用情况的剩余部分, 已付给了“公平的补偿”。由于法律一般根据判例来说, 所以要查阅早期征用情况的数百个例子并按地域找出不同陪审团仲裁的差异来必然陷入困境。

近些年来, 许多公共设施工程已经削减了大量未来可以利用的矿石储量。这些情况下应该考虑与房地产评估师不同的证人或矿地评估专家提供的事实。

在法庭上, 评估者扮演“专家证人”的角色而用来指导确定“价值”(上面提到的“两者之间的某个值”)。他的目的, 除了不违犯举证法规外, 就是清楚地说明从公司总价值中分离出来的属于矿地产的价值(与矿产采掘有关的事实或者理论上的公司)。现实情况中, 要求无评估知识的陪审员在听取专家证人的观点后提出他们对矿地市场价值的意见, 而且他们对展示的多数

限于举证法规的数据要产生自己的印象。理论上这是一种公平的处理方法，但事实上许多记录与理论不符。

法庭似乎倾向于采用公平补偿的方法，也就是一种涉及分离破坏的墨守法规的手段。通常，随着假想的分离破坏一般就有“以前和以后”的价值概念。这种方法试图证明征用以前的矿地公平价值，减去征用后剩余的公平市场价值，剩余值就是土地拥有者的损失总额(征用土地的价值加上没有征用剩下土地的损坏值)。两种情形下土地都是收益而不是可以获得的利润或者放在包里面的价值。遗憾的是，涉及因素太多难以推行被市场所接受的评估方法，所以对判例中使用的术语还只能表示满意。尽管可能发生不愿看到的结局，但遵循先例，又天真地想达到“良好解决”这种鱼与熊掌兼得的希望仍没有遭到尖锐的批评因而改革没有进展。

判例说明一般有三种方法可用于矿地产的情形。第一种涉及可比资产的销售价格，由于同类型矿地的出售不经常发生，因此他们很少面临同样的条件，所以这种方法似乎不适于多数有关可估价矿产的征用情况。第二种是成本法。如果刚好矿地是新的而且改良反映了它的最高最大盈利使用(当矿地被征用时很少是这样)，总成本就相当于价值。第三种方法涉及到矿地收入的资本化(不是商业收入)。换句话讲，除了选厂和设施投资收入损失以外法律允许补偿矿地损失，即使矿地投资收回是必须的。

所以，在征用情形下，需要并希望通过法律部门的指导，已接受的公平估价能与法律需要和谐统一。其它的实际因素可能是人为的，包括法官恰当地指导陪审团的能力，陪审团成员的背景，以及陪审员的能力。真正需要法律同行能把更统一的评估程序带到法庭上来。澄清现在基本评估程序使用过程中的某些混乱。

投资—价值模型：模型参数 估算之原理和方法

William P. Blacutt

引 言

近些年来在富资源的第三世界国家所发生的政治和经济变革，为国际矿业公司提供了更多的机会，现在这些公司已经有机会参与更多的矿业项目。但是，为了从大量备选方案中选出最好的项目，矿业公司必须查明影响提议项目投资价值的主要因素。换句话说就是，预期的财务收益是否超过了项目的风险？为此，本文提供了一种分析方法，这种方法综合考虑了影响项目价值的主要的经济和物理变量。这一方法称为投资—价值模型，可帮助决策制定人解决如下关键问题：

影响项目价值的主要参量是什么？

投资价值对价格、矿石品位、汇率、附加资本支出及基础设施成本的变化的灵敏性如何？

税收对项目利润率的影响如何？

目前的税率限制矿业开发吗?项目价值对基础设施成本的灵敏性如何?
关于产量水平的偏微分弹性变化是什么?
投资公司的规模对投资价值有何影响?
公司的经营结构(商业结构)影响项目价值吗?如果影响的话,影响程度是多大?
用投资—价值模型,可以定量分析这些问题。

理论框架

在金融界目前争论的一个问题是,风险管理是否会增加公司的价值。本文作者支持这种论点,即在存在不完善市场的条件下,按风险管理所创造的机会确实可以增加公司的价值。

不完善资本市场存在一个异常情况,即市场评估价值可以给出一个完全不同于净现值的资产价值评估。市场价值可以不同于净现值的一些可能的非对称现象是,最佳协合作用(最优逃逸),增长方案和多元化。战略多元化可以通过降低风险而增加公司的价值,这最终反映在其股东价值的增加上。套头交易战略是另一种风险管理方法,它也具有同样的效果。

有一种观点认为多元化战略对于公司是无所谓的,但经验结果表明,公司进行多元化努力的目的是扩大其市场价值。G.A.Campbell(1990)分析了美国铜工业面临不利的财务状况而采取的多元化和市场专门化战略。他的结论是,希望选择专门化而不是多元化战略的公司经理,是因为他的公司有充分的降低成本(劳动力、管理、矿石品位等)的机会。但是,他指出,多元化可以更好地使矿业公司准备未来的经济调整,使公司更强大。

一个矿业项目的投资价值并不是对矿业界内的所有公司来说都一样的。提议的一个项目的吸引力,当投资价值评估得出风险对公司的经济影响时而更发生变化。但是,由于公司是由股东拥有的,股东承担风险的后果,因此,风险的经济评估最终决定于资本市场。相应地,对一个项目投资价值的估计应该模拟并估计市场价值评估。

当现金流按资本成本贴现时,商业界普遍采用项目净现值作为一项有用的投资财务指标,但是,在进行投资评估时,仅依靠净现值的一个缺点是,当投资使公司风险及其资本成本调整时,项目净现值仅具有有限的价值。由于净现值不能单独使公司的商业风险与项目的商业风险联系起来,因此,本文未考虑商业多元化,这种商业多元化可能降低股东总体的风险,从而增加了项目的投资价值。

投资者希望能从公司证券中按行业的经济性质,公司的风险等级及其资本结构而取得一个最低收益率。这种投资者资金的收益率成为公司的资本成本。按照风险溢价模型(包括资本资产定价),公司风险和资本成本是直接相关的,可用下式表示:

$$R_j = R_{RF} + R_I + R_{RPj} \quad (1)$$

式中, R_j 表示j公司资产的预期收益; R_{RF} 为以实际值计的无风险收益率; R_I 为通货膨胀率; R_{RPj} 为公司的风险溢价。因此,使公司投资多元化了的一个项目降低了所要求的风险溢价,并由此降低了公司的资本成本。这种资本成本的变化是项目的一个特征。并且其价值(+或-)应该属于项目的投资价值。

D.P.Harris(1990)提出了一种称为投资—价值模型的综合性投资框架以证明这么一个主要假说,即一个项目的投资价值对于工业界内的所有公司来说并不都是一样的。投资—价值函数评价了公司内项目的经济价值。特别是,要对公司进行这个提议的项目前后的市场价值进行评估才能评价投资价值。要按照 K (公司估计的新资本成本)对公司的价值和项目的价值进行再评

估(即经修改的股东风险)。因此,投资价值 W 可以表示为:

$$W = V + NPV(K)$$

式中, V 是公司相应于修改的资本成本的初始价值的变化, $NPV(K)$ 为按由于项目投资形成的新资本成本 K 贴现了的项目净现值。

从理论上讲,公司应该执行那些 W 大于或等于 0 的项目,因为这些项目将增加公司的评估价值。但是,预算限制将迫使管理层运用经济过滤指标(即最小可接受的 W 值)去选择最有希望的投资机会。显然,投资价值的评估需要理解收益率(或资本成本)与风险之间的关系。

收益率与风险的关系

风险溢价模型作为资本市场模型的一个变种,其基本原则是,股东要求其资本投资必须有一个一定水平的收益,以补偿其所承担的风险。风险的程度变化很大,最低的是无风险(如,美国政府证券),最高的是那些高风险资产。因此,股东要求要按照这种投资所存在的风险的程度取得一个超过无风险收益率之上的溢价收益率。虽然在证券理论中传统上是采用风险溢价模型,但单个的公司也可以利用这种模型建立其收益率与风险之间的关系。

在证券理论中, j 公司的资产预期收益 R_j 可以用以实际值计的无风险收益率 R_{RF} 、通货膨胀率 R_I 以补偿风险的收益率(或风险溢价) R_{RPj} 来表示(见公式 1)。设 R^* 表示额定无风险收益率($R^* = R_{RF} + R_I$),则公式 1 可以表示为

$$R_j = R^* + R_{RPj} \quad (2)$$

假设风险的量度可以用公司价值的可变性系数 σ/V 来表示,这是公司价值的标准方差(σ)与公司预期价值(V)的比,公司预期价值由资本市场确定。设我们可以推断公司的风险溢价 R_{RPj} 是其风险排斥系数 β_j 与其变化序列 σ/V 的乘积,即 $R_{RPj} = \beta_j (\sigma/V)_j$ 。将 R_{RP} 代入公式 2 得出:

$$R_j = R^* + \beta_j (\sigma/V)_j \quad (3)$$

与中值(V)有关的标准方差(σ)伴随着较高度量的不确定性(或风险),因此而增加了公司所要求的收益率 R_j 。同样,与公司标准方差有关的公司预期价值 V 的下降将增加公司的风险程度,提高了所要求的收益率 R_j 。相反,涉及中值的小的标准方差表示风险低,因此而降低了 R_j 。

当公司执行新项目时,资本市场将通过对这种公司股票的需求及其价格反映出这些活动。例如,使公司业务多元化的一种投资将降低持有股票的风险,在所有其他条件均相当的情况下,这增加了对股票的需求,进而提高了股票价格并降低了新股东的收益率。在公司利润和其股息给定的情况下,较低的风险(不管是实际上风险就低还是仅仅是投资者理解这种投资风险低)将伴随较高的股票价格,从而增加了公司的市场价值并降低了其所要求的资本收益率。

资本成本与风险的关系

当投资者所要求的收益率变为公司的资本成本时,我们可以按公司的资本成本对公式 3 重新表示如下:

$$K = K^* + \beta_j (\sigma/V) \quad (4)$$

式中, K 为公司的资本成本, K^* 为无风险利率, β_j 为公司的风险系数; σ/V 为公司的可变性系数,即风险。风险优先理论及统计调查表明, β_j 为正值,因为风险的增加将使 σ/V 值增加,从而增加了 K 值。风险越高,公司的资本成本也就越高。在这一模型中,因执行项目而导致的经济后果可以用 σ/V 对 σ/V 的变化及 K 对 K 的变化来反映:

$$K = K^* + \beta_j (\sigma/V)$$

式中

$$\begin{aligned} V &= V(K) + NPV(K) \\ &= (\sigma^2 + \rho^2 + 2\rho\sigma\rho)^{1/2} \end{aligned}$$

r 为项目价值与公司价值的相关系数。

虽然新的资本成本 K 是由同一个资本成本关系所决定的(截距 K^* , 坡度 r), 但 K 一般不同于 K , 因为价值从 V 变为 V' , 公司的标准方差也从 σ_V 变 $\sigma_{V'}$ 。公司新估计的无风险调整价值 V' 等于其初始价值 V 与项目净现值 NPV 之和。新的价值标准方差 $\sigma_{V'}$ 要结合进两个附加的因子: 项目的标准方差 σ_P 与公司价值和项目价值之间的相关系数 r 。换句话说就是, r 表示项目可以为投资公司提供经济反周期性的程度。显然, 修改的公司价值标准方差 $\sigma_{V'}$, 当 r 小于 0 时将下降, 并且 $\sigma_{V'}$ 大于 σ_P ; 当 $r=0$ 时, V 的变化性简单地是初始公司价值和项目价值可变性之和。当然, $\sigma_{V'}/V$ 可以增加, 也可以减少或保持不变, 这取决于 V 。NPV、 σ_V 、 σ_P 及 r 值的大小。

基本上可以认为, 资本价值关系是投资—价值模型中一个关键的变量, 因为它将所提议项目的经济特征与公司总的价值和风险相联系起来了。

投资—价值模型

项目的投资价值 W 为公司价值变化(ΔV)与按修改的资本成本评估的项目净现值之和, 修改的资本成本是在投资于项目并归入公司后估计的资本成本: $W = \Delta V + NPV(K')$ 。总的看, W 大于或等于 0 的那些项目是可以接受的投资。一句话, 投资价值 W 为投资决策提供了一个简单而综合的经济准则:

$$W = \Delta V + NPV(K') = V(K') - V(K) + NPV(K') \quad (5)$$

式中,

$$\begin{aligned} K' &= K^* + (r \sigma_P / V), \\ V' &= V(K) + NPV(K), \\ &= (\sigma_V^2 + \sigma_P^2 + 2r \sigma_V \sigma_P)^{1/2} \end{aligned}$$

以上是投资价值综合评估的基本框架。显然, 一旦选择了所要求的公式和方法, 则 W 值的计算就无关紧要了。但是, 一般理论模型不能直接或容易地说明 W 值是如何随具体的物理和经济确定因素的变化而变化的, 要说明这些变化需要为 W 提出一个扩展的模型, 它应说明理论模型对物理和经济确定因素变化的响应。

本文我们应一个假想的玻利维亚大高原日产 500 吨的地下锌矿山采矿及选矿项目来具体说明这个投资—价值模型。除了考虑在政治和经济稳定地区的项目评估所要求的物理及经济参数外, 这一模型还必须考虑项目在玻利维亚执行所遇到的政治风险变量。其中一些政策风险变量包括: 最近矿业税收制度方面的变化, 综合环境法规的颁布, 货币政策(如汇率)以及税收屏障(如折旧)。所以, 一套特定参量的选择不仅要符合理论, 也要符合项目所处地方所适用的条件, 这是由通过敏感性分析所选择的附加变量值所确定的。相应地, W 的理论模型扩展成为项目之经济 and 物理决定因素的函数, 公司的初始价值 V 及价值变化性 σ_P^2 为可变参数。

投资—价值模型的灵敏性函数逼近法

对理论模型中存在的各种可能变量的组合来说, 用一个敏感度函数来求得公式 5 的结果并进行统计分析, 这个灵敏度函数说明如何用随公式 6 的物理和经济变量变化的评估方法(公式 5)计算 W 值, 假设 V 及 σ_V^2 值(公司的初始价值及价值变化性)是已知的:

$$W = f(p, q, t, tx, inf_r, inf_p, inc, er, r, sdp; V, \sigma_V^2), \quad (6)$$

式中,

p 为锌价格(美元/磅)

q 为锌平均品位(%),

t 为年矿石产量(千吨)

tx 为利润税税率(%),

Inf 为基本设施资本支出(百万美元)

inf 为根据基础设施资本支出是可折旧的(1)还是不可折旧的(0)来确定的绝对变量,其值为 1 或 0,

inc 为递增资本投资(百万美元)

er 为世率(玻币/美元)

r 为公司价值和项目价值之间的相关系数

sdp 为项目净现值的标准方差(百万美元)

V 为公司的初始市场价格(百万美元)

σ^2 为公司价值的初始变化性(百万美元)

如果已知或已估计出,矿业公司可以分析关键参数变化对项目投资价值的影响,但公司的参数(V , σ^2)须给定。用逐步回归分析来检查这一敏感性公式。一个对数—对数关系可给出更好的结果:

$$\ln(W+C)=A+\sum_{i=1}^n \beta_i \ln(X_i),$$

式中, C 和 A 为常量, β_i 为用对数表示的物理和经济变量(x_i , $i=1, 2, \dots$)的系数,任何一种对数—对数关系均要求所有的数据均位于正态域中。因此,可将一个常量增加到相应变量(W)和 3 个独立(说明性的)变量(inf, inc 及 r)中。

$$W=\left[\frac{(\exp(A))p^{\alpha_1}q^{\alpha_2}t^{\alpha_3}(inf\ p+1)^{\alpha_4}er^{\alpha_5}}{tx^{\alpha_6}inf\ r^{\alpha_7}(inc+1)^{\alpha_8}(r+1)^{\alpha_9}sdp^{\alpha_{10}}}\right]-c$$

正如理论研究所说明的那样,敏感性变量 W 与价格、品位、产量及汇率直接有关,但与税收、基础设施支出、递增资本投资(如环境设备)、公司价值和项目价值之间的相关程度以及项目净现值的标准方差呈逆相关关系。 W 对说明性变量的准偏弹性(因为其未考虑常量 C 和 1,所以称为准偏弹性)或敏感性,由指数 β_i 来表示。

一般说来,用准偏弹性所量度的对投资价值影响最大的两个主要因子是锌价格及矿石平均品位,其次依次是产量,项目风险(用标准方差 sdp 表示),相关系数,这些因子的重要性取决于公司规模。这些结果已证实了一个传统观点,即矿业活动的进行主要是由预期产品价格及矿石储量质量所驱动的。此外,该模型表明,一般来说,较大的公司不会为这一规模的项目所吸引,因为任何可能的效益或亏损的影响都是很小的。

模型关系和参数的估计

上节介绍了将资本理论,财务特征及项目性质转化为一种数字关系来估计项目价值的理论和方法。本节我们估计投资价值模型(公式 5)的关系和参数。

相关变量和参数包括一个典型矿业公司的初始及新资本成本,项目的净现值和变化性,公司的市场价及变化性,公司价值与提议的项目之价值间的相关系数。

显然,资本成本关系 $[K=K^*+(\sigma^2/V)]$ 对投资—价值模型来说是关键的,并必须首先算出。现在能够估算参数 K^* 及 σ^2/V 以前,必须先估计一组公司的 K 值及 σ^2/V 值。对于这一组的每个公司,用在纽约及美国股票交易所上市的公司证券的市值来求出资本成本 K ,中值 V 及价值的标准方差 σ^2 。对这些集合数据进行统计分析以估计资本成本和风险关系的未知参数 K^* 及

:

$$K=K^* + \left(\frac{K^*}{V} \right) \quad (4)$$

初始目的是用矿业公司有关的数据以估计公式 3 或 4 的未知参数,但由于 80 年代矿产工业的调整,这一战略变化了。最初选择来求公式 4 的那套矿业公司,用业务活动涉及许多行业的 15 家公司代替了(见表 1)。用不同行业的证券求资本成本与风险之间的关系的合理性在于以下假设:(1)投资者不是自发地购买股票的(即,投入资本的承诺是由证券业内的预期风险所驱动的);(2)在同风险类别内,投资者选择证券的余地相当充分;(3)同风险类别内的股票可被认为是有限制的替代品;(4)矿业公司可以多元化并必须按较大的市场考虑其投资。此外,转向较为广阔的证券市场还有其他意义:由这些大公司所产生的资本成本风险可能是比较稳定的,这有利于资本成本的估算。另一方面,对于公司使用相应的化式须涉及到外推,公式 4 的使用要求这么一个假设,即矿业公司就风险对资本成本的影响而言属于同一类。

资本成本参数 从理论上说,长期投资项目的贴现率应该为资本成本(COC)。当使用现行市场利率评价一种专门来源的成本时,这些专门成本的平滑加权平均是求 COC 的一种可接受的近似方法,因此,所采用的贴现率,即加权平均资本成本(WACC),应考虑与每种来源资金有关的成本,包括普通股票,优先股票以及公司证券,见下式:

$$WACC = \frac{\sum_i k_i \cdot n_i \cdot p_i}{\sum_i n_i \cdot p_i},$$

式中, k_i 为以现行市场价格为基础的专门来源的资金(如股本、债务)的资本成本; n_i 为专门财务手段的数目(如股票,证券,优先股票等); p_i 为特定财务手段的现行市场价格。

对本文所研究的公司来说,1990 年的长期债务按其总资本结构的 3% 以下的平均值进行核算,因此,在大多数情况下,税收屏障类型的失真可以降到可忽略不计的程度。此外,没有一家公司保持大量的未付优先股股票。在这种情况下,各个公司的资本成本可以简化为股票成本(普通股票)及保留收益的成本。本文我们使用戈登股本成本模型(见公式 7)来估计每个公司的资本成本:

$$k_e = \frac{D_0}{P_0} + g, \quad (7)$$

(7)式中, K_e 为公司的股票成本, D_0 为每股的现行股息, P_0 为现行市场股息价格, g 为预期股息增长率。虽然在戈登模型中, g 为股息增长率,但本文仍使用每股收益以估计 g 值,因为每股收益可以更准确地反映市场条件。此外,求导公式 7 的假设使得我们既可以使用股息增长率,也可以使用收益,因为按照假设,他们是相等的。

我们按年度系统收集了 1981-1990 年间证券业界的各公司的每股收益(EPS),最高和最低的股票价格,未偿还股票的数量等数据,选择以年度为基础而不是按季或月为基础,可以减少各数据内在的周期性变化。用财政部发表的国民生产总值价格通货膨胀指数,将票面价格的 EPS 及股票价格转化为 1990 年不变美元值。使用下式可以估计公式 7 中的 g 值,即股息增长率:

$$EPS_t = EPS_0(1+g)^t \quad (t \text{ 为时间}),$$

$$\ln(EPS)_t = \ln(EPS_0) + t \ln(1+g), \text{ 并且}$$

$$\ln(EPS)_t = A + b(t)$$

这样就可以用系数 b (即斜率)来求得增长率 g :

$$b = \ln(1+g), \text{ 从而}$$

$$g=\exp(b)-1$$

表 1 资本成本和风险之间相关关系的估计

公 司	1990 年中 值(百万美 元)	价值的标 准方差(百 万美元)	相关系数 变化性	量定的 COC(%)	估计的 COC(%)	作为风险函数的资 本成本的回归计算 结果
Smucker(SMU)	575	25.35	0.044	11.0	10.2	常量：0.067771 Y 估计值的均方差 为：0.039995 R^2 为 0.734517 观察个数：15 自由度：15 系数 X 为： 0.767882 系数的标准误差 为：0.0128038 函数关系为 $K=0.067+0.77(\text{变化性系数})$
Rubbermaid(RBM)	2, 828	231.11	0.082	15.9	13.1	
Consolidatedpa(CNP)	1, 895	165.21	0.087	14.7	13.5	
LawsonProducts(LP)	366	32.60	0.089	12.9	13.6	
AbbottLaborato	15, 588	1490.00	0.096	16.4	14.1	
BandagInc.(BND)	1, 134	109.00	0.097	15.6	14.2	
Hormel(HRM)	1, 210	118.90	0.098	11.2	14.3	
Pfizer(PFI)	11, 991	1223.60	0.102	11.9	14.6	
Material(VLM)	1, 738	178.63	0.103	11.8	14.7	
Wrigly(WRI)	1, 893	223.83	0.118	18.9	15.9	
Lilly(LIL)	17, 172	2333.90	0.136	11.2	17.2	
Merck&Co(MRC)	29, 312	4432.30	0.151	19.8	18.4	
TheGap(GAP)	1, 969	383.39	0.185	28.0	21.7	
HasbroInc.(HSB)	1, 317	368.60	0.280	20.4	28.3	
St.JudeMedical(SJM)	837	301.10	0.360	38.4	34.4	

注：公司栏中的括弧内为图 1 中的公司缩写名称

公司市场价值及其变化性的估计 用年平均股票市场价格(高值与低值的两种方案)及未偿付股票数量的乘积来计算公司的价值 V_t ，以 1990 年不变美元计，对于那些在 80 年代市场价值经历了上升或下降趋势的公司，价值的算述平均值不符合这一模型，因此 V 值必须用一个线性模型来模拟：

$$V_t = V_0 + \lambda(t) + \epsilon_t$$

(8)式中 V_t 为时间 t 时公司的预算价值， t 为年度时间期限($t_0=0$ ，1981)， ϵ_t 为随机误差值。用回归分析估算参数 V_0 及 λ 。

对于那些 V 值用最小二乘法模拟的公司来说，其相应的变化性为：

$$\sigma_v^2 = (S.E.)^2 \left[1 + \frac{1}{n} + \frac{(t - \bar{t})^2}{\sum (t - \bar{t})^2} \right]$$

式中， $S.E$ 为公式 8 估计的标准误差(通过最小二乘法分析)， n 为数目数据期限。然后可以在 $t=9$ (即 1990 年)时估算公式 8 和公式 9。

资本成本函数 对表中的各个公司可以用公式 7.8.9 估计其 K 、 σ_v 及 V 值， K 对变化性系数求回归(σ_v/V)，可得出下式的资本成本公式：

$$k = 0.067 + 0.77 \left(\frac{\sigma_v}{V} \right) \quad (10)$$

(3.29)(5.59)

其中括弧内的值为 t 统计。公式 10 的 R^2 为 0.73。这一公式将资本成本与风险定量地联系起来进行投资决策。因为我们假定用于求导公式 10 的矿业公司属于同一类型的公司，这一关系使得我们可以估算出象 Phelps Dodge, Asarco, Magma, Amax, Newmont, Helca, Inspiration Resources, Placer Dome, Battle Mountain Gold, Homestake, Cyprus 等公司 1990 年的平均资本成本为近似于 15%。用 15% 的平均资本成本作为贴现率计算所假想的矿业项目的净现值(NPV)。

一些财务分析机构，包括价值线投资调查公司(Value Line Investment Survey)及标准蒲尔氏公司(Standard & Poors Co.)，均发表一个参数值，即 β 值，该值量度了各公司相应于总体市场的风险程度(市场的 β 值定为 1)。 β 值小于 1 意味着该公司的风险低于复合市场。相反， β 值大于 1 意味着公司比总体市场存在着更大的风险。有意义的是，这里所求出的各公司的风险或变化性系数与价值线投资调查公司及标准蒲尔氏公司所报道的 β 值比较相吻合(见图 1)。

新资本成本的估计

为了评价项目投资后的 W 值，必须估算新的资本成本。在公司执行一个新项目时，投资价值 W 反映出了公司价值的变化(ΔV)及按新资本成本估计的项目净现值[($W = \Delta V + NPV(K)$)]。

表 2 美国矿业各行业标准化的指数值(1990 年不变美元)

年份	锌	铅	铜	银	金	钾盐	粘土	化学矿	采煤
1981	0.237	1.730	0.947	1.534	-0.847	2.407	0.248	-0.838	1.296
1982	-0.220	0.530	-0.534	0.170	-0.985	0.532	-1.457	-0.976	1.541
1983	-0.323	-0.506	-0.712	1.759	-0.687	-0.359	-0.923	-0.772	0.759
1984	-0.256	-0.991	-0.928	0.330	-0.822	-0.034	-0.456	-0.752	0.638
1985	-0.715	-1.090	-0.972	-0.846	-0.823	-0.756	-0.804	-0.756	0.041
1986	-0.932	-1.225	-0.977	-1.372	-0.242	-1.156	-0.426	-0.293	-0.505
1987	-0.796	-0.400	-0.414	-0.647	0.524	-0.947	0.038	0.368	-0.713
1988	-0.155	0.247	1.029	-0.148	1.028	0.079	0.959	1.362	-0.924
1989	0.695	0.534	1.418	-0.218	1.312	0.197	1.358	1.287	-0.991
1990	2.485	1.157	1.143	-0.584	1.540	0.026	1.486	1.372	-1.151

以前计算的统计分析值(百万美元，190 年不变值)

中值	382	324	2979	398	1873	211	1340	85.72	16.39
变化性	39464	10657	1148502	17182	1353885	7101	30786	177.49	5.04
标准方差	199	103	1072	131	1164	84	175	13.32	2.25

时间 t 时的标准化指数值为： $[(\text{时间 } t \text{ 时行业的值} - \text{行业中值})] / \text{该值的标准方差}$ ，行业的此值= $(\text{时间 } t \text{ 时的单位产量} \times \text{时间 } t \text{ 时的单位市场价格})$

变化系数、标准蒲尔氏和价值线 β 值

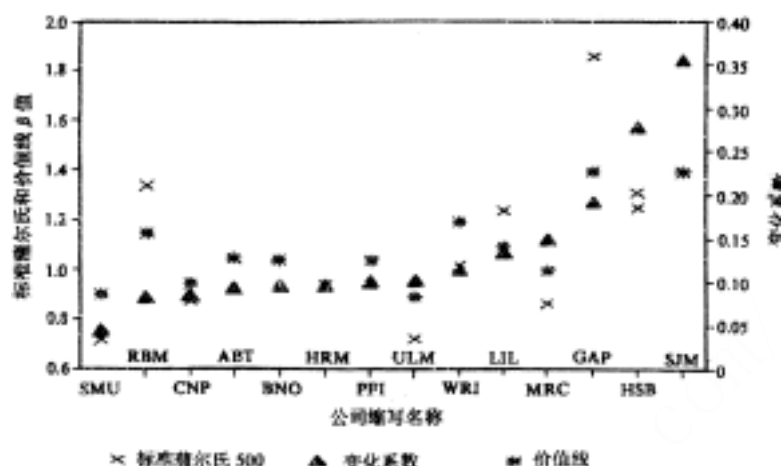


图 1 1990-1991 年度的风险量定值

注：资料来源为：美国矿业局 1985 年、1989 年及 1990 年版的《矿产品概要》；美国矿业局《矿产年报》1982-1989；《商业调查》，1991 年 1 月及 1991 年 4 月号

新的或修改的资本成本 K ，通过公司价值变化性系数的变化(由投资于矿业项目而造成)而量定了风险的变化：

$$K = K^* + \left(\frac{\sigma_V}{V} \right),$$

式中，

$$V = V + NPV,$$

$$= (\sigma_V^2 + \sigma_P^2 + 2r_{VP})^{1/2}$$

及 V 的估算需要求出 3 个附加参数：项目净现值的中值，项目净现值的变化性 σ_P^2 ；公司价值和项目价值之间的相关系数 r 。当然，也必须说明或估计这些附加参量。

相关系数的估计 求相关系数是一个复杂的工作，因为没有有一个准确的方式以确定这一参数。在本文中， r 的估计是以矿业公司及提议的项目相应于总体经济变化的商业结构为基础的。因为所提议的项目涉及到三种不同的产品(锌、银和铅)，相关系数的估计被进一步地复杂化了。

公司价值和提议的项目价值之间的相关系数从理论上讲可以在 -1.0 到 1.0 之间变化。1.0 意味着完全的逆相关关系，即执行项目提供相当明显的多元化利益。相反，-1.0 意味着正相关关系或没有多元化利益。如果准备进行投资的公司已经相当地多元化了，则 r 值将很小。对于非多元化的公司， r 值可以很高，也可以很低，可以是正值，也可以是负值。

多元化及非多元化公司的选择要求对金属、农业、建筑、化工和能源部门的几个行业的商业循环进行评价。商业循环的基础是市场单位价格(1990 年不变价)及年产量的乘积。对于金属行业，这些值是用将美国某种金属产量的总单位矿山产量与单位产量的市场价格相乘而求得的。但是，为了避免由于工业规模所引起的扭曲，相关系数的估计是以标准化单位为基础的(见表 2)。此外，对许多产品来说，用标准化单位求得的一般模式不会因将二次产量数据排除在外而改变。

标准化指数使得可以将工业周期作为一个加权总量累积，以产品 i 对公司收入的贡献为基础。因此，相关性分析的基础是由标准化加权值(SWV)所表示的总体循环：

$$SWV_t = f_i(SUC_i)_t \quad (11)$$

$$(SUC_i)_t = \frac{(V_t - u)_i}{(\sigma_v)_i}$$

式中， f_i 是时间 t 时公司(或项目)收入在 i 工业中所占的百分数； $(SUC_i)_t$ 为时间 t 时的标准化的单位矿产品 i ； V_t 为时间 t 时 i 工业的产值(1990 年不变美元)； u 为 1981-95 年期间 i 工业的中值； $(\sigma_v)_i$ 为工业价值的标准方差。按照这一步骤，可以对金属矿床及选定的矿业公司求出一个加权的价值序列(见图 2)。然后，将项目的

公司和项目的标准化值 BoI 项目、BMG 金矿、Cominco 公司

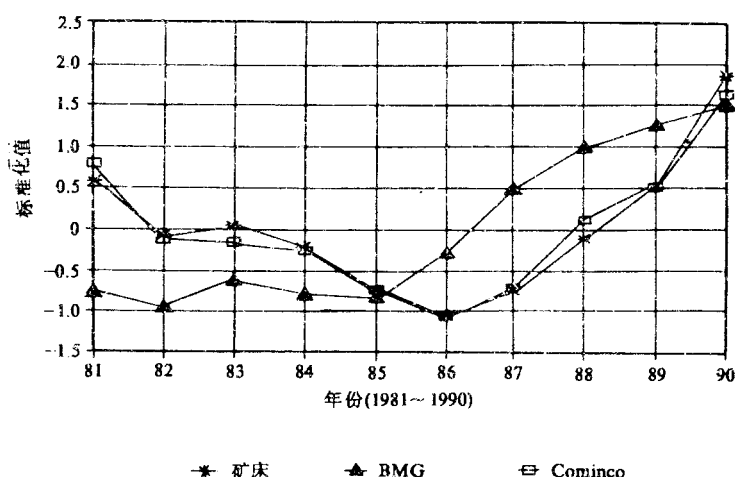


图 2 据以推导相关系数的公司和项目的标准化值，1981-1990

合成商业循环相应对公司循环求回归，则可以得出相关系数。

世界锌、铅需求量在很大程度上是运输业和建筑业所驱动的，而建筑业和运输业的商业循环又是一种全球现象的一部分。此外，在玻利维亚国内对这些产品的需求是可以忽略不计的。因此，假设估计的美国市场的商业循环是可以运用于该玻利维亚的多金属矿床的。对于玻利维亚这个假想的多金属矿床，商业循环的估计是以地质参数(即品位和吨位)及锌、铅和银的市场价格为基础的。按照美国地调所提供的地质资料及通过与玻利维亚大高原正在开采的类似矿床的对比看出，锌是主要经济产品，其次是银，最后是铅。对于基础情况，假设矿床的平均品位为 Zn10%，Pb1%，Ag150ppm。在锌价 60 美分/磅、铅价 30 美分/磅、银价 4 美元/盎司的基准情况下的项目毛收入中将分别由 85%的锌、10%的银和 5%的铅构成。然后，在分析中采用一个价格范围以考虑周期性的经济变化。就矿业公司而言，要选择在多元化程度上的可变性。为明了起见，讨论 Cominco 有限公司、Asarco 公司及巴特尔山黄金公司这三个例子。

公司价值和此玻利维亚多金属项目价值之间的相关系数，对 Cominco 公司来说为 0.9，对 Asarco 公司为 0.75，对巴特尔山黄金公司为 0.4。显然，此多金属项目对这些公司来说将能提供所希望的逆周期性。因为银和铅合起来才占项目毛收入的 15%(基本情况)，所以，仅这些产品对潜在的多元化利益没有太大的影响。

表 3 假想的该玻利维亚多金属矿床的技术特征、经营成本和资本投资

技术参数：开采类型	充填法开采
选矿方法	浮选(Zn-Ag 和 Pb-Ag)
矿石产量	年产 14 万吨
矿山服务年限	15 年
锌矿石品位	10%
锌精矿品位	55%
锌选矿回收率	90%
锌产量	年产 12600 吨
铅矿石品位	1%
铅精矿品位	45%
铅选矿回收率	71%
铅产量	年产 994 吨
银矿石品位	150 克/吨
银总回收率	80%
银产量	每年 16.8 吨
矿山位置	Sud Lipez 地区(大高原西南部)
经营成本：基础设施	合 0.62 美元/吨矿石
矿山	合 19.25 美元/吨矿石
选矿	合 5.72 美元/吨矿石
运输	合 9.66 美元/吨矿石
熔炼	合 3.36 美元/吨矿石
其它	合 18.78 美元/吨矿石
经营成本总计	合 57.39 美元/吨矿石
资本投资：基础设施	131 万美元，合每吨生产能力 2620 美元
采矿建设	663 万美元，合每吨生产能力 13260 美元
选矿设备	310 万美元，合每吨生产能力 6201 美元

周转资金，2 个月	74.91 万美元，合每吨生产能力 1498 美元
资本投资总计	1178.96 万美元，合每吨生产能力 23579 美元

注：基础设施成本以总开采量 210 万吨计算(每年 14 万吨，服务年限 15 年)；

熔炼工作外雇或承包出去(如，日本，欧洲和北美)

灵敏性函数参数的估计

计

用投资价值模型对玻利维亚这个假想的日产 500 吨的多金属矿坑采选矿作业进行了经济评估(见表 3)。求导投资—价值模型的步骤包括：(1)对各个独立变量，选定其最可能的变化范围(见表 4)，(2)按各种可能组合的净现值，评估项目，(3)求出一套统计分析的结果。对于所有变量各种可能的组合，用修改过的美国矿业局 MINSIM 计算机程序进行经济评估。

对基准情况数据集($V=5000$ 万美元， $=539$ 万美元)的经济评估得出：

$$\ln(W+50)=4.3743+1.4033\ln(p)+0.7832\ln(q)+0.5159\ln(t)-0.1656\ln(tx)-0.1104\ln(infr)+0.235\ln(infp+1)-0.0896\ln(inc+1)+0.2265\ln(er)+0.3622\ln(r+1)-0.5589\ln(sdp).$$

此式的 R^2 值约为 0.96。特别明显的说明性变量(各独立变量在 1%的水平上从统计上看都是很明显的)的证据，意味着每个变量均与 $\ln(W50)$ 有着明显的统计相关关系。并且在没有多共线的情况下，模型与数据吻合得比较好。

表 4 计算净现值和投资-价值模型时所采用的变量的数值及其变化范围

变 量	单 位	数 值						基本情况
p(锌价格)	美分/磅	50	60	70				60
q(锌矿石品位)	%	7	10	13				10
t(年产矿石吨数)	1000 吨	98	126	140				140
tx(利润税税率)	%	20	30	50				30
infr(基础设施成本)	百万美元	1.310	2.620	3.930				1.310
infp(基础设施政策)		0	1					1
inc(递增资本投资)	百万美元	0.0	1.853	2.780				1.853
er(汇率)	玻币/美元	2.00	4.00	6.00				4.00
r(相关系数)		-0.7	0.0	0.4	0.7			0.0
sdp(净现值的标准方差)	百万美元	4.0	5.0	7.0	9.0	12.0		5.0

以乘积的形式表达此式，得出：

$$W=\left[79.376\frac{p^{1.4033}q^{.7832}t^{.5159}(\inf p+1)^{.0235}er^{.2265}}{tx^{.1656}\inf r^{.1104}(inc+1)^{.0896}(r+1)^{.3622}sdp^{.5589}}\right]-50$$

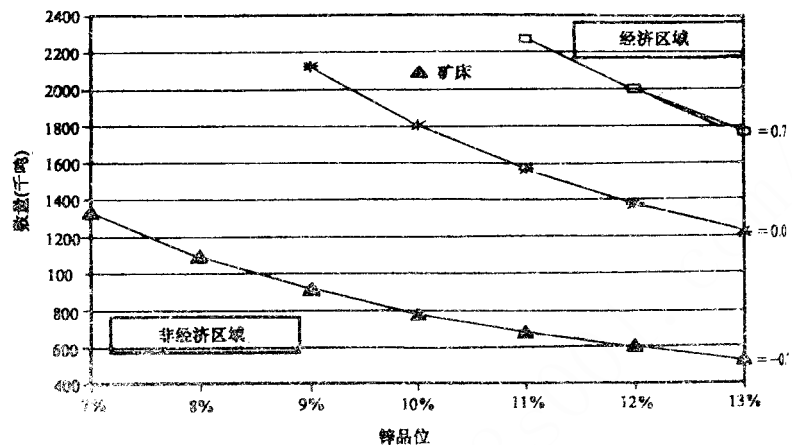


图 3 经济过滤器作为相关系数、矿床规模和矿石品位的函数

若我们设加到投资价值模型中的变量(50)表示一个假想公司的市场价值(单位:百万美元),则 W 与 50 之和可以解释为是投资于项目之后公司的预期价值。在这种情况下,偏弹性(指数)将量定相对于特定独立变量变化 1% 时公司总价值的百分比变化或敏感性。例如,实施项目后公司的价值($W+50$)所显示的价格弹性等于 1.4003,即锌价格增长 1%,将使公司的新价值($W+50$)增加 1.4003%。另一方面,项目净现值的标准方差每增加 1%, $W+50$ 将下降 0.5589%。虽然投资价值变化 W 的实际偏弹性不同于 $W+50$ 的实际偏弹性,但总趋势或敏感性程度是相同的。例如,价格和矿石平均品位是对投资价值有最大影响的两个因子。

图 3 说明,对于一个市值为 5000 万美元的公司来说,只要相关系数等于或小于 0.2,此多金属矿床仍是一个潜在的投资机会,但是,若相关系数为 0.7(即项目未对公司提供明显的经济多元化效益),则投资于此项目只有在锌品位近于 12% 时才是可行的。

结 论

一个矿业项目的投资价值对矿业界内的所有公司来说并不都是相同的。当投资的价值评估评价了风险对公司的经济影响时,项目的吸引力会发生变化。在投资价值模型中,一个综合性的投资框架评价了项目在公司总体范围内的经济价值(W)。 W 说明了以资本市场和公司的商业结构为基础的风险和多元化的影响。一个假想的锌矿业项目证明了这些结果。特别是,对于规模中型,拥有所需技术知识和技能并且目前未涉足于锌生产的公司来说,投资于这个假想的玻利维亚大高原的以锌为主的多金属矿床是比较有吸引力的。

实物资产的选择权评价

——对一座有经营弹性的铜矿山的应用

Jose Luis Mardones

管理弹性可以增加项目的价值,但是,由于传统的价值评估方法无法量度,所以很少考虑这部分收益。经营弹性作为选择权而发挥作用,例如利用价格的涨落来节约成本。未定债权分析,一种以财务选择权理论为基础的技术,利用管理弹性与选择权相类似的行为来估计其价值。我们把这种技术用于一个铜矿项目,该项目包括采矿、浸滤和电积等工艺,结果说明,按跨时期边际品位最优化模型,当铜价格每次发生意外变化时,管理弹性均改变边际品位方案。

矿业投资易受价格频繁变动的影响。在矿山服务年限内价格的变动可以引起价格期望值的改变,继而按未来价格变化趋势的新估计值,为矿山生产制定出新的最优化方案。根据经济或技术条件的变化,改变矿山经营的管理弹性可增加该投资项目的价值,然而因为这部分价值不能用传统的贴现现金流量评估法量定,所以一般不予考虑。

或有反应，如根据价格或技术变化而起作用的管理弹性，可以利用以财务选择权理论为基础的新方法加以评价。本文利用未定债权分析(CCA)或衍生资产价值评估法(DAV)来计算因采用管理弹性而增加的价值。这种方法也可用来估计一个投资项目变化无常的风险情况。这里以包括开采、浸滤和电积过程在内的一个铜矿项目为例来说明该方法的应用。

在本应用实例中，估价的经营弹性具体表现在当铜价格发生意外变化时，调整边际品位策略的可能性。在矿山的寿命期内，一旦各个时期的边际品位被规划好而且生产能力也已设计好，在价格期望值发生变化时，一般会出现使边际品位最优化的某些弹性。本文提出了对经营边际品位连续最优化的评价方法。

本文应用的是由 Jacoby 和 Laughton(1987)提出的衍生资产价值评估法(DAV)。该方法是以未定债权分析法或选择权价值评估法为基础发展而来的。将 DAV 法应用于铜矿山，所使用的是现实的经营方案，如为了控制采矿、浸滤以及精炼生产能力之间的平衡而对边际品位进行调整的弹性。本文拓宽了由 K.Lane(1988)年提出的边际品位模型的应用，即从用作规划工具推广到供矿山管理者使用的管理工具。该模型考虑了非均匀的期望价格，随矿坑加深而不断增加的运输成本以及每个时期一个开采区段的更高的回采率。该模型还包括临时储备的方法选择问题。

本文分三部分。第一部分介绍选择权价值评估的方法。第二部分介绍边际品位模型并将其作为规划工具用于铜矿项目。第三部分把选择权价值评估方法与边际品位模型结合起来用作管理工具。

选择权定价

投资项目中的管理弹性，比如针对价格变化相应地进行调整以节约成本，可以被看成是一种选择权。购买一项资产的财务选择权是这么一个手段，它赋予一种按以前确定的价格购买某一数量该资产的权利，但这并不一定是选择权持有人的一种义务。如果该资产的价格比前定的预购价格有所升高，该买卖选择权便会进行交易以利用贱买贵卖的机会。实物选择权的结构与此类似，因为通过采取某种行为后，它所能提供的是(本实例中)节约成本的机会而不是一种义务，这意味着收益将会大于其成本，而此收益取决于矿产品的价格。

用传统的贴现现金流量评估法无法评估登记在一种资产上的选择权的价值，因为这些选择权与该基本资产的价格呈非线性关系，也因为它们带有易变的风险结构。这种非线性关系可以在净现值算法中使用蒙特卡罗模拟进行研究，它是从不确定变量的全分布出发来取得每年现金流量的全分布。然而，当风险曲线因届时已发生的事件逐期变化时，便无法知晓使用什么贴现率才能得出每年现金流量的现值。

选择权价值评估公式最初是由 Black 和 Scholes(1973)利用套利理论提出来的，这不需要评估多变的风险和估计贴现率。该方法的目的是要阐明持有一个选择权的收益率也可以通过该选择权上所登记的基本资产与一种无风险资产的动态组合来求得。选择权的价值必定等于这一组合的价值，因为在所有情况下其收益率都与该组合的收益率相等。假若该等式不成立了，便会出现套利的机会，即可以赚得价差而不冒任何风险的机会。

Black 和 Scholes 的分析公式能用来评估简单的选择权价值。为了评价自然资源项目，Black 和 Scholes 公式已做出修改并由许多学者采用。对于评估复杂的选择权，必须使用数值计算方

法，因为没有分析解法。

选择权定价的第三种形式是使用蒙特卡罗模拟法，在该方法中，对风险的贴现是以输入变量(如铜价格)为背景值，在此基础上进行的，这种对风险的处理方法往往可以简化对不确定性的解法。P.Boyle(1977)利用 J.C.Cox 等(1976)“还原到风险中性世界”这一命题，提出了一种以蒙特卡罗模拟为基础的选择权定价法。Jacoby 等的 DAV 法是在详细研究 Boyle 的方法的基础上形成的，并且使之应用于对投资项目的评价。该方法利用了以较为基本的变量为背景贴现风险这样一种简单的程序，来掌握风险随时间变化的情况，而这种变量的风险曲线是比较简单的。这便是本文所使用的方法，即把一个项目作为复杂选择权的组合物来评价。

使用这一评估方法，能够得到因矿石边际品位的调整而引起的产量反应或可模型化的任何其它的管理反应，也能够求得通过边际品位调整的可能性所创造的该项目价值的增量，最后还可看到铜矿项目的风险变化性曲线。

信息模型

Jacoby 和 Laughton 所提出的 DAV 法，在基本的不确定变量水平上进行对风险的贴现，这些变量往往简化了对不确定性的解法。信息模型就是阐述对这些基本变量不确定性的解法。在本文中，主要的不确定因素是铜价。Jacoby 和 Laughton 没有把便利收益当作比例股息来估价，而是采用了纯贴现产品债券的概念。这种债券在到期时，须支付该产品届时应得的价格。产品债券并不产生便利收益，它到期时的价格等于该产品期满时的价格。

价格过程是以未来预期价格而不是以产品现货价格本身来说明的。该资产是一种铜债券。为便于解释，该资产可以用一套铜债券来说明，而它们各自的期限均在项目前景的每个时期中，但严格地讲，仅需要一种铜债券有较长的期限，即长于项目的前景。

实际上，在市场上进行交易的产品债券并不多。为了计算产品债券在虚拟市场上进行交易的价值，Jacoby 和 Laughton 假设资本性资产定价模型(CAPM)是成立的。他们估计了价格趋势，然后通过对债券到期价格(等于产品，如他们所研究的石油，在各个到期日的价格)的贴现，来计算产品债券的内在假定的市场价格。在各个时期所使用的贴现率用 CAPM 法来估算。从形式上讲，他们需要假设在金融市场上现有交易资产应涉及所有可能的产品债券，这样金融市场才是完全的。

在市场交易包括长期债券时，对铜价格初始期望值的期限构成是根据市场信息或者专家估计来估定的。价格的易变性也可以由长期交易的铜债券的市场行为、历史上的价值或者专家意见来估计。

价格易变性的图形可以看成是一成不变的，那么现期价格的意外升降就会导致所有未来铜价格的期望值出现按比例的变化。价格出乎预料的涨落是市场条件下的一种永恒的变化。虽然未明确讲明，但是市场专业人员认为，在长期均衡力量的作用下，绝大多数市场上的价格都表现出向某一长期中心趋势线靠近。这种向中值的回落可以通过使易变性图形随着时间按指数律衰减来得到。易变性衰减的时间度标决定着向价格中值回落的时间度标。

评估

此后，这样的价格过程被用于蒙特卡罗模拟中，以推导铜价格的模拟曲线。但是，因为存在着系统风险(又称不可避免风险)，因此价格的这种趋势需要进行贴现。然后根据每一条贴现过的(或确定性等值的)价格曲线，便可以推算出该项目在各个时期的现金流量，继而各个时期的现金流量的样本均值也便可以算得了。这些便是按风险调整的净现金流量的期望值。然后，利用无风险的贴现率在时间上贴现这些现金流量预期值。项目的价值就是各个预期的现金流量的现值的总和。

具体步骤如下：

查明给项目带来不确定因素的本资产以及这些资产在市场行为方面的差异(这些资产必须要在市场上进行交易)。

说明使现金流量与资产价格相联系的现金流量公式。

用系统价格风险贴现资产价格过程曲线。

进行模拟以获得资产价格的定期分布(每期意指相关的现金流量所在的时期)。

使用现金流量公式，求得各个时期现金流量的分布。

从各时期现金流量分布，求得每期现金流量的中值或预期价值。

用无风险贴现率贴现每期现金流量以求得其现值，然后把所有的现值相加，最后便可以得出项目的价值。

等价不变贴现率

项目的风险特征可以通过算出适合于各个时期现金流量的等价不变贴现率(ECDR)来进行分析。ECDR 的定义是这么一种不变比率：它会把现实的预期现金流量净值(即未经风险调整)贴现为计算价值(现值)。为整个项目计算 ECDR 也是可能的。把一系列现实的预期现金流量值(未经风险调整)作为整体贴现为其的计算价值(现值)，所用的就是这个不变的贴现率。

这个指标只能以事实为依据才能求得。实际的贴现率是随机的。ECDR 可能甚至在所有的项目中都不存在，因为用来求出它的内部收益率的方程可能并没有实际根据。

一个项目现金流量的 ECDR 系列是贴现率本身固有的结构，因为借用净现值(NPV)算法，这种固有的结构也会给出相同的项目价值。得出这些贴现率的详细步骤是：

进行一次 NPV 式的模拟，其中资产价格趋势不能用无风险贴现率替代。

估计资产价格和现金流量的定期分布，并计算现金流量的中值。

由 NPV 模拟而得到的各期现金流量与由 DAV 模拟而得到的各期现金流量的现值之比，是对于风险的量度，因为应用于 NPV 算法来贴现各期现金流量那套贴现率，通过构建可以得出与用 DAV 法得出的相同的现值。

总而言之，评价一个选择权或一个项目的技术方法就是贴现投入变量(在本例中是指铜价格)的风险，这种贴现比较容易确定，并且同把研究项目作为一个整体相比，它所使用的是一个更为简单的模型，下一个步骤是运行蒙特卡罗模拟，其中铜价格的随机过程已按风险予以贴现。再下一个步骤，如在蒙特卡罗模拟中的通常作法，是得出各期现金流量的分布，并从中计算中值。项目的现值就是，以无风险的贴现率贴现各期现金流量中值所得到的现值之总和。

以选择权为基础的方法要优于传统的贴现现金流量的方法，因为它更着重于研究风险，并且能够对管理的应变效应有所评价。在存在经营弹性以及不确定性较大时，当需要更精确地评估项目的价值时，这种方法是有效的。对于极好或极坏的项目而言，利用很简单的方法就可以评价它们。

我们把该方法应用于正在智利开发的，包括采矿和选矿、一个浸滤厂和一个电积厂的氧化铜矿项目。计划该项目经营 10 年，露天开采，假设铜价为每磅 1 美元，不过，如果价格再低的话，开采不了 10 年。还包括矿山耗竭后中间品级矿石的储备。该矿山的开采方案要求每年开采 160 万吨铜平均品位 1.5% 的氧化铜矿石，年产约 2 万吨的精铜(优质阴极电解铜，A 级铜)。

矿山规划中的边际品位

边际品位是对品位的划定，以此为依据，界定哪些物质从矿坑采出并送往选矿厂，哪些需要堆放起来，这里使用的边际品位模型是从 K.Lane 的模型发展而来的。它是确定最优化边际品位策略的一种叠代式模型。该最优化策略是为矿山整个服务期而规划的一套边际品位，并且是以跨时最优化的形式确定的。

边际品位的最优化涉及到最大限度地使用三个阶段的生产能力，即采矿和选矿、浸滤及电积精炼。这三个阶段的生产能力在它们诸个就位后被看作是固定不变的。

生产能力和最初的边际品位策略，是在规划阶段，根据预期价格、成本、吨位-品位分布以及储量而同时确定的。这一初始边际品位策略有时也被称为规划边际品位或设计边际品位，但这是一套品位，每个品位分别用于每个时期。

一旦产能到位，但仍存在一些弹性，即在价格期望值改变时，调整边际品位策略。根据外界变化可以调节的这套边际品位有时也被称作生产边际品位；矿坑设计或开采计划则不做调整（除非环境发生极大变化，这里我们不涉及）。我们对 Lane 的模型进行改进，使之不仅用于规划阶段，而且可用作管理决策工具。

我们没有使用动态规划方法，因为它需要太长的计算时间。实际上，决策树上每个结点都代表着铜价格的一个可能的动向，并且，对目标函数的评价是依据对项目在那个时期的现金流量所做的贴现现金流量评价而进行的。每个可能的状态都必须以上个时期作为开始，沿着选定的高价值分支返回来完成评价。

但是在这里，我们使用了一个最优化模型来直接寻找各个阶段的最优化决策，以使各期开采的价值贡献最大化。对价值的贡献包括该期现金流量净值和一个机会成本项，后者代表未来可能的状态。此机会成本包含，由本项目占用的资本可能在其它有同样风险水平的投资中所能得到的收益，再加上一项代表着由于价格改善带来了未来资本收益而产生的矿山价值随时间的变化的收益。

要求在各期资源开采所创价值实现最大化，确定各期最优化的边际品位。

经营决策跨时期的问题

我们介绍了在规划阶段确定边际品位策略的方法，每当遇到价格突变时我们就重复这个方法。各阶段的矿山价值在边际品位最优化模型中是不可少的。但矿山价值恰恰是该模型所研究的，而且它有赖于所选择的未来品位。因此本方法因为该边际品位模型的内在特性而以 NPV 概念为基础采用对矿山现值近似的办法，然后进行叠代。

这个叠代过程开始于在需要确定最优化策略的前题下，对项目现值的最初估计。然后，在各个时期中，调整矿山的本期价值；它会随资源不断的耗竭而下降。时间和资源耗用的效应应当加以考虑，以调整跨时期的矿山价值。

在矿山枯竭时，该项目的本期价值应当为零，或者是等于设备残值的某个正数。如果枯竭时的价值不等于该残值，那么所使用的最初估计则需要由所得的枯竭价值与预期残值间的差的现值来校正。

矿山现值是叠代的结果，直至这个最终的价值差可以忽略为止。跨时期的最优化过程是以动态规划的最优化原则为基础的（虽然它是一个反复叠代的最优化过程而不是一个动态过程）。最优化原则认为，最优化策略所应有的特性是，对于任何的状态和最初决策来讲随后的决策必须是最优的。

概括而言，现阶段边际品位决策依赖于对本期矿山价值的估计。为了评价本期的矿山价值，有必要估价直到矿山枯竭为止的完整的边界品位策略。

边际品位模型

各个时期最优化的边际品位是从 6 套品位方案中选择而定的，即 3 个经济边际品位和三个均衡边际品位。这 6 个边际品位是在不同生产能力的约束下价值最大化的结果，从这个意义上讲，它们都是经济品位。

经济边际品位代表着刚好在可以送给下游加工的边际上的物质。例如，具有矿山边际品位质量的物质恰好可交付选矿和精炼阶段使用。如果价值上涨，则可以容许较高的单位成本，并且选矿加工更低品位的物质也是可以的。该论点假设对选矿和精炼的生产能力没有限制。

均衡边际品位是指使用满负荷生产能力的一对品位，而且它随这两个阶段各自的生产能力而定，也依吨位-品位分布所指明的物质的质量而定。该均衡品位不因价格或成本的改变而改变。

设计完善的经营计划应该把所有生产能力利用到最大限度。用于选矿和精炼的均衡品位或许会选定，因为这两个阶段是资本最密集的。然而，价格突变可能会为均衡品位变成经济边际品位提供便利条件，结果是一些生产能力不能利用。

本期价格和预期价格决定着 6 个品位中哪个被选为各个时期的最优品位。针对整个矿山服务年限的这 6 个边际品位就是最优的边际品位策略。

除了确定哪些物质送往选矿厂或哪些物质送往废石堆所使用的边际品位弹性以外，该模型允许达到设计能力的矿山具有开采速度的变化，而且也研究将中等品级的物质储备起来的可能性，当将来矿山接近枯竭的时候，这些物质可以从储备中取出来供给选矿厂使用。假设矿坑设计或开采计划是固定的。

结果

在本节中，我们提出作为初始规划工具使用的边际品位模型的结果。在下一节中，我们介绍在未定债权分析的结构中是如何进行评估的。对于不变的预期价格，经济品位常常会随时间下降，如图 1 所示。纵轴表示边界品位，横轴表示从第 1—第 11 年的经营年份。

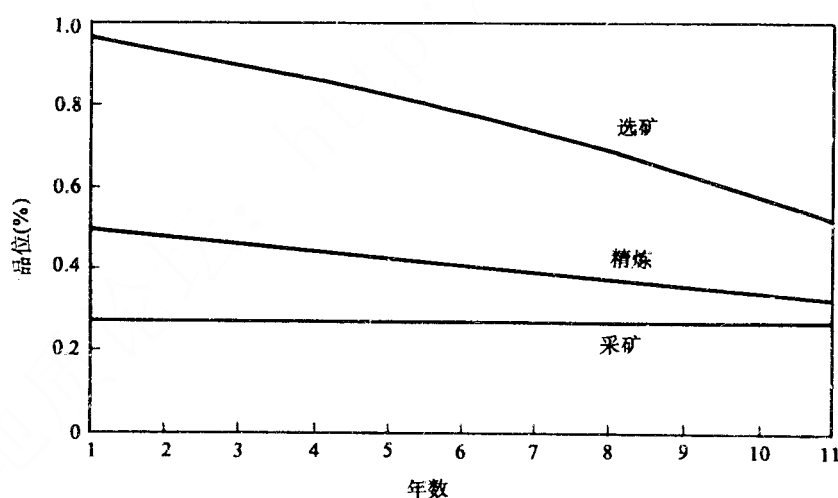


图 1 假定不变价格为 70 美分/磅时，采矿、选矿及精炼阶段的经济边际品位

每个极限能力都有一个经济品位，在这一特殊的项目中浸滤阶段是最受限制的。

就均匀的或不断下降的预期价格曲线而言，适用于采矿、选矿和精炼能力极限所得的经济边际品位显现出一个严格的下降趋势(不包括采矿的经济边际品位在内，它对于不变预期价格也是稳定的)。此结果反映出这样的事实，即在跨时期最优化问题里货币的时间价值在只有一个极限能力时便会促使选矿阶段快速运行生产。

然而，在预期价格随时间不断上扬的情况下，经济边界品位可能展露出上升的数值。这是因为，随着预期价格的上升，矿山如果不开采(即，矿山以同一储量在未来一个时期的价值)，

那么其价值可能增加。此情形出现于预期价格上升对价值的正效应比各时期贴现率的负效应更为重要的时候。

当这一机会成本随时间上升时，经济边际品位也增加。这些有效的反应在文献里并不经常给予考虑。文献仅局限在关于不变预期价格的简单事例上。在另一方面，图 2 所表示的均衡品位曲线并不是均匀的，因为它依赖于在开采次序中各区段表现出的有些不同的吨位-品位分布。

均衡品位曲线不随任何价格矢量而变化，因为它只取决于选矿部分的生产能力，而这些能力在整个项目服务年限内保持不变。

本期的和预期的价格决定着 6 个品位中哪个被选为各期的最优品位。设计完善的经营方案应该把所有生产能力利用到最大限度。用于选矿和精炼的均衡品位或许在绝大多数情况下会选定，因为这两个阶段是资本最密集的。然而，价格突变可能会为均衡品位变成经济边际品位提供便利条件，结果是一些生产能力不能利用。

图 3 所示的是最优化边际品位策略是，本研究中在不变预期价格给定为每磅 70 美分的条件下几乎每个时期选矿和精炼两阶段所适用的均衡边际品位。只有在第 10 和第 11 年，即矿山运行的最后两年，粗曲线所示的边际品位才成为选矿阶段的经济品位。

尽管经济品位连续下降，但以均衡边际品位而不以经济品位作为最优的边界品位却可能干扰最优边际品位的单调趋势。

注意到在预期价格非常低的情况下会发生的事情是有意义的。经济品位相当高，生产能力

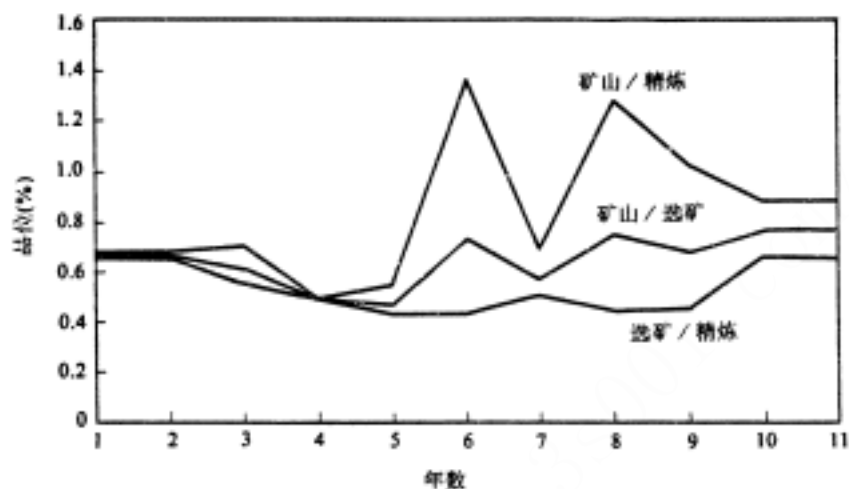


图 2 假定不变价格为 70 美分/磅时，每对生产能力的平衡品位

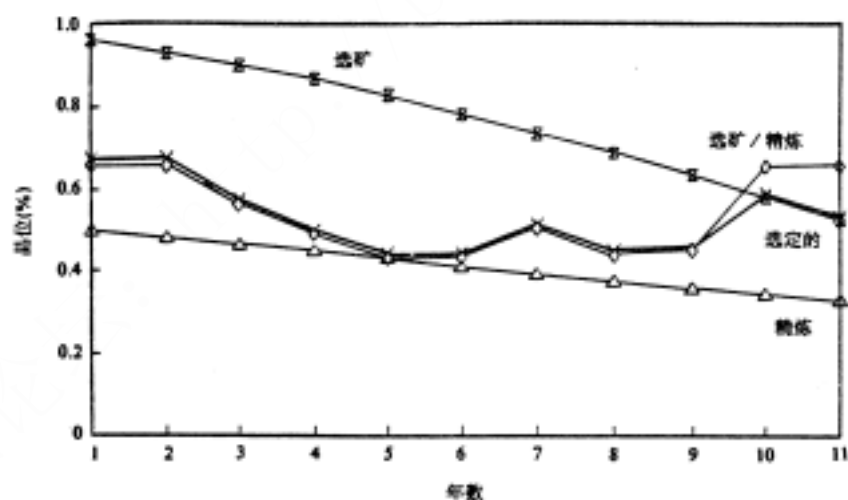


图 3 假定不变价格为 70 美分/磅时，选定的边际品位：第 9 年以前的选矿和精炼平衡品位，第 10 年以后的选矿经济品位

间的规划平衡被打破，而且均衡品位也不能象往常那样经常选定。一保或另一个生产能力更经常地运转到极限。这个观测到的结论是，当一个不同的生产能力极限或一对生产能力极限变为实际的限制因素时，选定品位便会更高，并且在各时期间升升降降。在最后两个时期里，该选定边际品位常常上升，反映出对更低品位的开采甚至可能是不经济的事实。

图 4 表示 4 个不同的不变预期价格情况下的最优边际品位策略。在预期价格很低时，各生产能力间的平衡被扭曲，边际品位大幅上升，如图中每磅 40 美分曲线所示。对于每磅 60 美分而言，品位仅在某些年份中有所上升。对于每磅 80 和 100 美分而言，品位仅在第 10 和第 11 年有所变化。既然在这些情况下精炼能力是几乎每个时期的极限生产能力之一，金属的产量水平受价格至少是某些预期价格变化的影响并不很大。

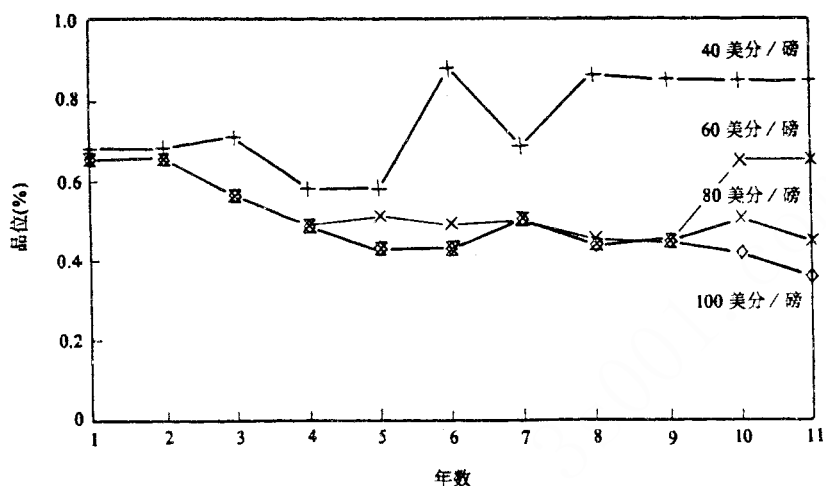


图 4 当不变价格分别为 40 美分/磅、60 美分/磅、80 美分/磅时，所选择的品位

图 5a 是从矿山到选矿厂、到储备库和废石堆场的物质流量；图 5b 是从矿山和储备库返回到选矿厂的物质流量。后者仅发生在矿山枯竭或近枯竭之后。物质流量的大小取决于所选择的边际品位。在图 5 所考虑的情况下，每磅 1 美元的不变价格导致对预先储备物质七年时间的选矿利用。该项目的前景通常由于较高的预期价格而延长。对于每磅 70 和 100 美分的曲线而言，矿山在 11 年后耗竭，但是用储备物质的生产在预期价格为每磅 100 美分的条件下还会继续七年，而对于每磅 70 美分而言仅可延长一年。

作为经营弹性的 边际品位

最后，我们介绍将未定债权分析应用于该项目评估所得到的结果，包括边际品位的主动管理。用蒙特卡罗模拟评估该项目的价值。此方法通过各自的概率加权，考虑了所有可能的价格变化情况，而且它还估计了与这些价格变化相关的边际品位及产量变动。

根据选择权评估法，风险按价格水平贴现。所得到的项目风险水平即为由该方法所得出的一个结果。这里的风险水平叫做等价不变贴现率(ECDR)，因为在传统的贴现现金流量法中使用

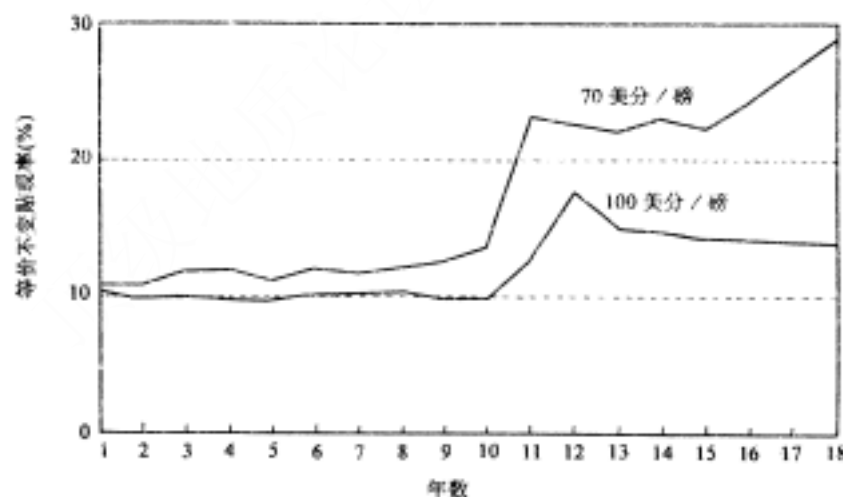
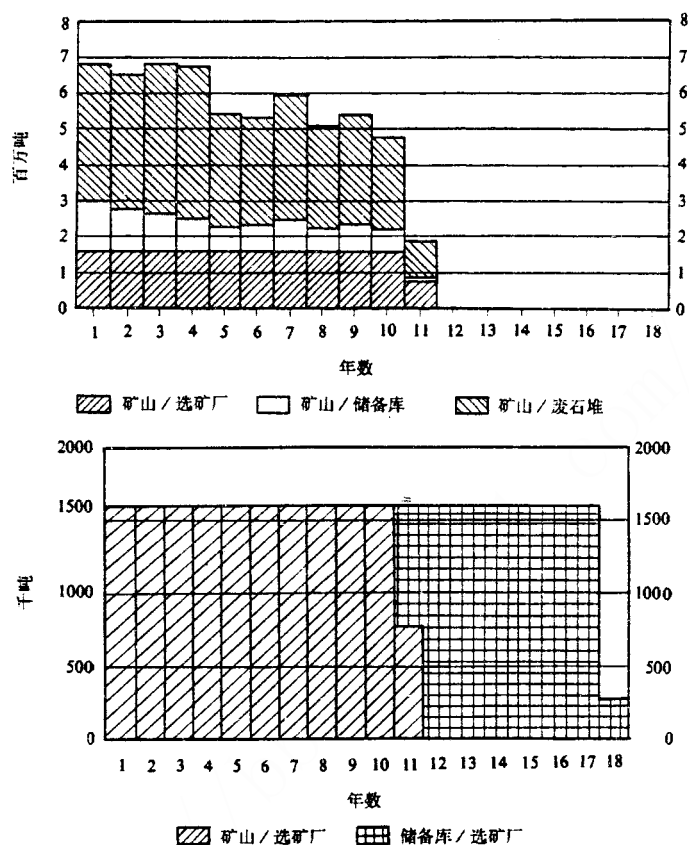


图 6 不变价格为 70 美元/磅时的等价不变贴现率(ECDR)



这些贴现率，可以得到与以选择权为基础的 CCA 法相同的结果。

风险曲线

图 6 是在每磅 70 美分和 100 美分两个预期价格的条件下对该铜项目每年生产的风险水平所做的估计。本研究中，估计铜价格变化的标准方差为每年 20%。对于这两个预期价格水平，风险曲线极为相似，但正象所预期的，较低价格时风险更高。

矿山与储备库 第 10 年后，即矿山在大多数可能的价格情况下几乎已全部耗竭，并开始处理储备物质时，风险有一个突然的升高。这一阶段比处理采矿物质具更高风险是因为矿石品位大大下降。虽然矿山成本已经投入，但实际上选矿加工只在价格相对高时才能进行。

吨位-品位分布 在服务年限内，即前 10 年中，ECDR 并没有很大差别。这种结构归因于每个时期的特性，其特性的差别主要依各个采矿块段的吨位-品位分布而定，对于该特殊矿山而言，差别比较小。请注意，选矿对精炼的均衡边际品位在头 9 年是选定的，其波动在比其它两个均衡品位更窄的范围里。(见图 2)。

铜价格的易变性 在风险之系统的或非多样化的部分是相同的时候，以 ECDR 测算的风险曲线对于不同的铜价格变化程度而言近乎一致。为了验证这一结果，我们在不变中值为每磅 1 美元的情况下以两个标准方差 20% 和 30% 来执行模拟。以变化更大的价格完成的模拟得出了更高的净现值，反映出有更多的使边际品位策略最优的可能性。

弹性的价值

使边际品位最优化的弹性价值可以通过运算选择权模拟模型而得以估计，在这里边际品位模型是否使用两可。此特定矿山对于每磅 70 美分的预期价格曲线表现出 6.3% 的附加价值，但对于每磅 100 美分的预期价格曲线仅表现出 2.4% 的附加价值。

后者的价值相当小，而且该估计值低的精确性向完成一个全部选择权定价所需成本提出质疑。另一方面，边际品位经常的变化使浸滤工艺流程中的回收水平下降，而所造成的损失本应由弹性价值的现值得到抵销。这两种论点对于相对均匀的矿山如本文所涉及的矿山而言都是合理的。然而，有较大吨位-品位分布差异的矿山为最优化策略提供更多的机会，并且在这种情况下弹性价值应当更高。此外，一个较为不均匀的矿山即使在没有价格意外的情况下也可能经常使得规划边品位策略随时间变化，从而造成回收率下降。那些损失或许随价格的变动所增加的不很多。

这些结果意味着，如果该项目的价值是 1 亿美元，那么改变边际品位策略则可能增加 630 万美元的价值(在价格中值为每磅 70 美分，标准方差为 20% 的情况下)。

本文所评估的生产弹性不包括追加投资的可能性，例如更换设备。它只包括对已安装生产能力(包括现有的采矿设备)使用的最优化。生产能力使用的最优化可从促使矿山开采速度的变化，促使浸滤厂和精炼厂中物质流量的变化，以及促使从采矿到浸滤、废石堆和储备库所运送矿石的边际品位的变化。更换采矿设备或扩充生产能力(或许在更加认为价格变化是永恒的时候)可能会增加更多的弹性价值。开采计划的调整由于需要附加投资，所以是另一个未在本研究中考虑的弹性因素，它也可能是一种价值。由于这些原因，我们或许低估了可供本项目经理使用的弹性的范围。

总之，选择权方法比传统的贴现现金流量的方法更为精确，因为它更着重分析风险并能够评价管理经营反应。当这些反应重要，不确定性更强，用较为简单的方法评估既不容易被接受又不能轻易放弃的项目时，它就更加有用。

附录：经营选择权

在价格经历了未能预测的变化时，对矿山边际品位调整的可能性意味着生产水平可以相对于初始规划进行变更。因此，可变成本、销售收入和现金流量也相应地发生变化。

边际品位公式

各变量的定义是：

价格

p：单位金属量的价格

可变和固定成本

k：每单位金属精炼的可变成本

h：每单位矿石选矿得可变成本

m：每单位矿化岩石采矿的可变成本

f：每年的固定成本

F：机会成本，包括项目资本成本，以及如果资源在本期加以保留而且下期经济条件好转，本可能跨期获得的资本收益

比率

x：作为矿石的矿化岩石的比例

y：在选矿流程中矿物的产出率(典型的回收率 80%-90%)

g_x：矿石比率，或成为矿物的矿石之平均品位，以矿石中铜金属量来表示

g：矿物矿石比率，或用于定义矿石的矿化岩石的边际品位

q：具有品位 g 的矿化岩石的数量

经济边际品位

g_m：采矿经济边际品位

g_h：选矿经济边际品位

g_k：精炼经济边际品位

各时期现金流量

c：每单位矿化矿物的现金流量(利润)

平衡边际品位

g_{mh}：采矿/选矿的均衡边际品位

g_{hk}：选矿/精炼的均衡边际品位

g_{mk}：采矿/精炼的均衡边际品位

表 1 说明，x 代表将矿化岩石转化为矿石的技术系数。比率 g'-y 代表从矿石转化为金属的技术系数。比率 x-g'-y 是矿化岩石直接转化为金属的技术系数。为了表述方便，假设有 1 单位矿化岩石，所以，系数 x 代表矿石的数量，比率 x-g'-y 代表可回收的精炼铜的数量，比率 g'-y 代表各时期的现金流量或从 1 单位矿化岩石所得到的利润的表达式是：

$$c=(p-k) \cdot x \cdot y \cdot g'-x \cdot h-m-f$$

其中 f 项表示在每年固定成本 f 中花费在加工单位矿化岩石的百分数。

这一基本公式说明再采选 1 单位矿化物质所得到的利润。

采矿的经济边际品位与价格成反比而与选矿和精炼成正比。这些公式的微分可见于 Lane 和 Mardones 更详细的文献中。

$$g_m = \frac{h}{(p-k) \cdot y}$$

选矿经济边际品位也与固定成本 f 和机会成本成正比：

$$g_h = \frac{h + (f + F)/H}{(p-K) \cdot y}$$

精炼经济边际品位依与 g_h 同样的变量而定但形式有点区别。注意选矿产出率 y 在这里不出现：

$$g_k = \frac{h}{p - k - (f + F)/k}$$

均衡边际品位

采矿/选矿的均衡边际品位由矿化岩石中矿石的百分比 x 与选矿能力 H 和采矿能力 M 的商之间的等式来给出。当每年采出 M 单位岩石时，这两部分的生产能力会达到它们的极限，每年生产出 H 单位的矿石。因此，从单位矿公岩石生产出的矿石数最 x 必定是 H/M ：

$$x = \frac{H}{M}$$

利用由选矿物质增量的累计品位分布得出的 x 和 g 之间的关系，此均衡值 x 决定采矿和选矿能力间的均衡边际品位 g_{mh} 。

该关系说明矿化岩石中矿石的比例 x 是在边际品位 g 以上各个品位的百分矿物量之和：

$$x = \int_g^{\infty} q \cdot dg$$

并且在平面 g/x 上是一个下倾的曲线。

采矿/精炼的均衡边际品位表示对应的边际品位之商的可回收矿物，用每单位矿化岩石 $(x - g' - y)$ 表示，等于精炼和采矿能力的下列关系：

$$x - g' - y = \frac{K}{M}$$

边际品位 g 和由 g 给定的矿化岩石中所含的精炼铜 $(x - g' - y)$ 间关系是一个下倾的曲线，这说明在单位矿化岩石中铜的含量随不断上升的边际品位而递减。曲线的斜率为 $-q - g - y$ 。

对应的边际品位之上的可回收矿物，用单位矿石 $(x - g' - y)$ 表示，等于精炼和选矿生产能力间的下列关系：

$$g' - y = \frac{K}{H}$$

因此该关系是一个上倾的曲线，其斜率是逐渐下降的，为 $q - (g' - g) - y - x$ 。

最优化的均衡边际品位

g 值低说明绝大多数矿化岩石可作为矿石看待，而很少部分作为废石。但是，矿石的平均品位 g 则较低，在给定选矿一个不变的极限生产能力 H 的情况下，从矿石产出矿物的生产率是低的。采矿能力不会运转到其极限。有效的极限能力将属于选矿。对于高 g 值确实有相反的情况，因为它暗示着高度的灵活性，而且对于一个给定的采矿能力 M 而言，虽然矿石的产出率低，但是它的平均品位 g 却是高的。矿物回收率低是因为其平均品位虽然高但矿石数量少。

选矿能力不能达到极限，而极限能力属于采矿。因此，总有：

$$g_m < g_h$$

有了这个结果，我们便能够以这两个极限能力和均衡品位的关系为依据来推出计算最优边际品位 G_{mh} 的法则：

$$\begin{aligned} G_{mh} &= g_m \text{ 若 } g_{mh} < g_m \text{ [} < g_h \text{]} \\ &= g_h \text{ 若 } g_{mh} > g_h \text{ [} > g_m \text{]} \\ &= g_{mh} \text{ 其它情况} \end{aligned}$$

当采矿和营销为极限能力时，利用同样的推理：

$$\begin{aligned} G_{mk} &= g_m \text{ 若 } g_{mk} < g_m \text{ [} < g_k \text{]} \\ &= g_k \text{ 若 } g_{mk} > g_k \text{ [} > g_m \text{]} \\ &= g_{mk} \text{ 其它情况} \end{aligned}$$

档选矿和营销为极限能力时：

$$\begin{aligned} G_{hk} &= g_h \text{ 若 } g_{hk} < g_h \text{ [} < g_k \text{]} \\ &= g_k \text{ 若 } g_{hk} > g_k \text{ [} > g_h \text{]} \\ &= g_{hk} \text{ 其它情况} \end{aligned}$$

总有效最优边际品位是这三个 G 品位之一。它所能表明的是，对于相似于对数正态的经验分布而言，总有效的最优边际品位总是位于中间的那个品位。

请注意，为了计算 g_h 和 g_k ，有必要估计机会成本 F 。计算机会成本的一个方法是，假设一个初始值，然后估计出一个完整的边际品位策略，该策略是一系列边际品位，涉及直至储量枯竭的矿山前景中的每个时期。在枯竭期，其残值现值应为零。如果不是，就要调节 F 的初始值并且再重复这个过程。

边际品位策略

边际品位策略是一套完整的边际品位序列。尽管这完整的策略并不重要，但估计机会成本的算法却离不开它，公式中 F 项的存在反映这样的事实：我们的目标是使将来利润的现值最大化而不是使每个时期的现值最大化。

机会成本 F 是由投入在项目中的资本成本（ $\delta \cdot V$ ）以及如果该资产不消耗而将在时期 t 所本应获取的资本收益（ dV/dT ）组成的。后一项可估计为向前一个时期的现值与现在尚存的同等资源的现值之差。

定义：

V_i ：第 i 年初剩余资源的现值

W_i ：第 i 年底同一剩余资源的现值

然后， i 年的机会成本可以估算为：

$$F_i = \delta \cdot V_i + (V_i - W_i)$$

估算第 $i+1$ 年现值 V_{i+1} 的法则如下：

用已算得的 F_i 的值来估计第 i 年的有效最优边际品位。然后，第 i 年的现金流量可根据下式求得：然后，第 $i+1$ 年初的现值由下式算出：

$$W_{i+1} \quad V_{i+1} = V_t^{(1+\delta)C_t}$$

估计现值 W_{i+1} 的方法是相似的，其区别是因为认为 W_{i+1} 是第 $i+1$ 年底（应有与计算 V_{i+1} 时相同的保有资源水平）的现值，那么该估计所用的经济参数必须是第 $i+1$ 年内的，但是那些参数有

赖于 F'_{i+1} 的值, 而 F'_{i+1} 又有赖于 W_{i+1} 的值(撇号意指 F 值的 W 数列)。这里有一个循环关系, 而这可由一个内部逐步逼近法来解决。首先, 我们利用 $V_i - W_i$ 作为 $V_{i+1} - W_{i+1}$ 第一次估计来计算:

$$F'_{i+1} = \delta W_i + V_{i+1} - W_{i+1}$$

以这第一次对 F'_{i+1} 的近似来估计第 $i+1$ 年的有效最优边际品位。然后, 第 $i+1$ 年底的现金流量可以解出。然后, 用下面的公式来计算第 $i+1$ 年底的现值(或对这一现值的第一次近似):

$$F'_{i+1} = \delta W_i + V_{i+1} - W_{i+1}$$

需要作一次调整, 假设 W_{i+1} 的值必须与 V_{i+1} 相同的剩余储量相对应。但是在初始计算中不可能如此, 因为我们对 W_{i+1} 使用了不同的经济参数, 确定了一个不同的最优边际品位。令 r 是在时期中消耗的储量, 并令 r' 为在 W 数列中该时期内消耗的储量。那么 $(r - r')$ 是 W 数列相对于 V 数列消耗的过量资源。所消耗的每单位过量资源使剩余资源的价值减少 dW/dr (绝对值)。让我们不失一般性的假设它等于 dV/dr 。该值可以估计为 $(V_{i+1} - W_{i+1})$, 因为 W_i 是第 i 年底某一剩余资源的价值, 并且 V_{i+1} 是在同一时期($i+1$ 年开始时)储量已减少 r 的资源的价值。

总之, 对初始 W 系列中储量的过剩使用进行校正的方法是:

$$\mu = (r - r') \frac{V_{i+1} - W_{i+1}}{r}$$

对于 W_{i+1} , 该公式变成:

$$W_{i+1} = W_i(1 + \delta) - c'_{i+1} + \mu$$

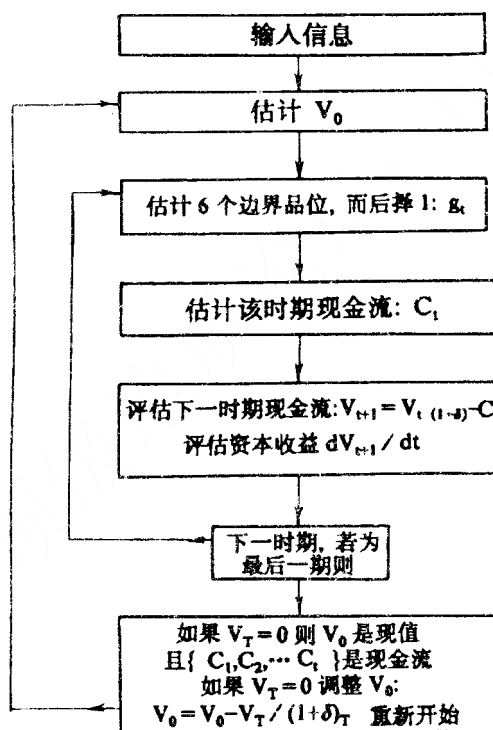


图7 边际品位模型流程图

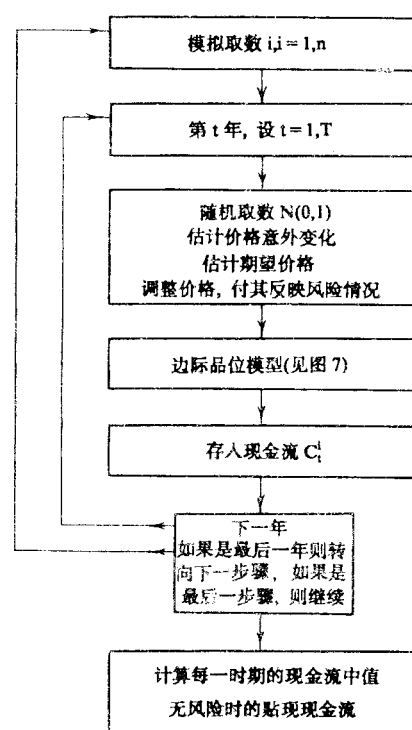


图8 包括边际品位最优化在内的选择权价值评估流程

以此数值，内部逐步逼近法的新叠代便可开始，直至收敛为一个稳定的数值。当资源枯竭时， V 和 W 的现值应当为零。如果不为零，计算 F_i 的整个过程必须重复，以调整 $F_i(F')$ 的初始估计值。调整它的一个有效方式就是从前几次的估计值推测出贴现的剩余数值。图 7 和图 8 表示边际品位策略估计的流程，以及包括边际品位最优化在内的评估过程。

表 1 矿业过程的三个组成阶段

阶段	基本产出物	数量	每单位产出物的	产出物年产能产量可变成本
采矿	矿化岩石	l	m	M
选矿	矿石	x	h	H
精炼	金属	$xg \quad y$	k	k

国际矿业税收问题与对比 ——加拿大的一种观点

Dale L Hull 等

本文介绍了最近对加拿大矿产和金属工业及其矿产投资的国际竞争性研究的定量结果。所发表的信息和分析引自 1991 年成立的加拿大政府—矿业联合工作小组(由政府间矿产工业小组 IGWG 赞助——此处的政府指的是加拿大的省政府)的工作成果。其主要工作是研究加拿大几个省的矿业税收问题。更为重要的是，此项工作试图评价在一些重要的竞争国矿业界所必须承担的总税负——以具体项目为基础，在从勘查直至精炼作业的所有各阶段。本文重点是矿业税收的国际对比，但同时还强调了与加拿大矿业投资竞争力有关的一些非税问题。

工业税收

所有国家在其税制中均包括许多种税收，影响所有工业的位置和生产决策，包括矿业。在一般情况下，这些税收包括联邦和省或州的公司所得税，省或州的采矿税(或称权利金)，增值税或其它销售税，燃料税，财产税等等。

一个国家是否由于其税制与另一个国家相比处于不利的竞争地位，难以评价。法定税率(即便是公司所得税)难以评价，其它一级政府所征收的税常常会影响所得税计算的税基。在税制明显不同的联邦各州之间的对比更为复杂。因此，在有些情况下，一个国家不同的省/州可能适用于不同的税收体制。

加拿大资源税收的分配

按照加拿大宪法，税收方面主要的立法权归属于省政府。其结果是，在加拿大各省/地区之

间税收的差异如同不同国家的税收差异那样明显。

在加拿大进行采矿作业需向三级政府付税：联邦；省或地区；地方。联邦和省政府对采矿经营的利润征收所得税。省作为矿产资源的所有人对矿产有管辖权，故而他们有权控制和管理在其领域内发现的矿产资源，并以所开采矿产的经济租金的形式直接征税。省按采矿税和/或权利金的形式征收经济租金。

采矿税的税基是采矿收入，不包括加工或矿石选矿、熔炼及精炼的收入。对贱金属和贵金属以及某些工业矿物(如煤、石棉、钾盐)征收采矿税(相当于权利金)。对于不执行采矿税的矿产由省征收权利金。

各个省/地区还有许多种影响采矿作业的收费。这些税费包括执照税(消费税/货物税)、销售税、燃料税、雇员税(工资税)和资本税。地方政府征收财产税。

利润税和权利金：贱金属项目

在 80 年代中晚期多数重要的工业化国家均进行了税收改革。在美国这一改革过程甚为突出，美国联邦税制的调整导致税基范围的拓宽及公司所得税税率的减少。对矿业的优惠鼓励措施并未调整，虽说最初曾提议取消对矿业的优惠。因此，对美国的矿业公司而言，税制改革的总体后果是减少了所得税税负。

在加拿大，对矿业公司而言，税制改革并未产生象美国和其它工业化国家那样有利的结果。在联邦一级，虽说公司所得税税率下降了，但耗竭补贴的取消、资本成本补贴率及投资税额减免的减少以及现行使用法则的执行和大公司税的采用，足以抵销了所得税税率下降的好处还有余。所幸的是，加拿大所特有的全部通过股票制度在这项税收体制改革中得以幸存(但业已调整)。全部通过股票机制可以允许胜任的勘查和开发支出的公司扣减转让给勘查和采矿公司全部通过股票的投资者。总的看，加拿大税制改革的实际影响各省不同，这取决于改革后省一级的行动。

在评价不同体制下矿业投资的相对吸引力时，矿业项目所承受的税负是一个重要的标准。边际税率分析可用于对比不同国家的相对税负，但这项工作尚嫌不足，可作为第一次或初步的研究分析。对法定税率进行可以用百分比表示的扣减或补贴的调整，可以计算边际税率。例如，加拿大联邦公司所得税的基本税率为 28%。加上 3% 的附加税使税率升 28.8%(原文如此，实际应为 28.84%)，但 25% 的联邦资源补贴(相当于美国的耗竭补贴，在计算联邦所得税时相对于采矿税申请扣减)将一法定税率降为 21.6% 的边际税率。

在省一级(不列颠哥伦比亚省例外)，可按相同的办法计算边际所得税税率，用相应于联邦资源补贴的 25% 的省资源补贴调整。同时，计算边际的采矿税税率时要进行选矿补贴的因子调整(用于计算在矿坑的收入，依据是在选矿阶段之前的利润数字)。一般情况下，省一级政府允许选矿资产最初成本 8% 的选矿补贴的扣减，这是以最低 15% 最高 65% 的采矿利润为条件(不列颠哥伦比亚省采矿税法定税率相对较低，但不允许使用选矿补贴)的。

对于一个特定的国家，通过将适用于采矿业作业的单个税率累加，即可得到合计的边际税率。例如，安大略省采矿收入的边际累进税率等于联邦边际所得税税率(21.6%)、省边际所得税税率(10.1%)、边际采矿税税率(7~17%，取决于利润率情况)之和。因此，安大略省采矿收入的边际累进税率为最低 38.7%，最高 48.7%。表 1 列出了加拿大几个省矿业项目的总边际税率。

表 1 1994 年加拿大联邦和省/地区的边际税率

(数据截止到 1994 年 4 月)

	低(%)	高(%)
不列颠哥伦比亚	49.0	49.0
曼尼托巴	41.4	52.8
新不伦瑞克	41.9	49.7
纽芬兰	33.6	35.2
新斯科舍	38.9	46.4
安大略	38.7	48.7
魁北克	32.5	43.6
西北地区	34.8	40.8
育空地区	36.6	49.4

边际税率的对比也可以推广到国际上，一些国家矿业项目边际税率的范围见表 2。

表 2 中所列出的税率考虑到了许多国家的具体税收条款。例如，澳大利亚的权利金费率各产品不同，变化范围为从毛收入的 2~5%到净收入的 20%。巴西对所有的可分配收入收 15%的预扣税，墨西哥收资本税。美国税收法规中包括了耗竭补贴，其补贴率为毛精矿收入的 15~22%，各产品不同。

边际税率或法定税率说明了多少利润(百分数)作为税收付出，在项目服务年限内是否以及何时付税。在有些国家，如加拿大，税收优惠适用于好多年。“免税期”各国不同，这取决于税收优惠的可能性。

边际税率不能反映加速注销、免税期及延期付税的时间价值。而这一切均可大大地省税钱。加拿大矿业部门受惠于许多有利的前缘优惠，包括勘查及生产前支出 100%的注销以及加速资本成本减让。例如，加速资本成本减让使得可以在缴纳所得税之前从矿山收入中完全注销掉采矿资本的成本。象这些在加拿大和其它国家存在的前期优惠意味着一家矿业公司在在一个矿山服务周期的前几年可以不支付前述的计算出的边际税率。因此，边际税率分析本身不是一种对比项目全时期不同国家相对税负的准确方式。

表 2 一些国家的边际所得税/权利金费率

	低(%)	高(%)
澳大利亚(新南威尔士州)	37.7	46.4
澳大利亚(昆士兰州)	35.3	38.9
澳大利亚(南澳州)	35.9	35.9
澳大利亚(西澳州)	35.9	41.8
巴西	57.0	57.0
智利	35.0	35.0
墨西哥	44.0	44.0
印度尼西亚	37.3	37.3
美国(阿拉斯加州)	29.7	33.8
美国(亚利桑那州)	31.2	31.2
美国(内华达州)	25.1	34.3

这些考虑要求另外一种分析方法，使各种税制的变化性相协调，由此可以进行税负的对比。为了计算对项目整个服务年限内施加的税负(由此而避免了使用这种误导的边际税率分析)并且考虑到前期优惠以及对不同税基征收的税，加拿大自然资源部(NRC)使用了一种“较好的方法”，即各个竞争国家利润的平均有效税率。这些计算包括利润为基础的税以及权利金，平均有效税

率的定义是支付的所有税收的净现值与可税收入的净现值之比，用百分数表示。

分析的基础是计算一个贱金属项目将发生的税收支付现金流。出于下面所要谈的一些原因，我们规定了一个具有以下参数的基准情况：3 年的前生产期；生产期 10 年；50% 的股本筹资；10% 的利率；6 年的债务偿付期，以可得现金流为基础；无形资产(勘查和开发支出)对总资产的比率为 50%；7.5% 的贴现率反映资本的加权成本。基准情况的结果见图 1。

在基准情况图 1 中，用 10% 的税前内部收益率进行税收计算，因为就这一水平的项目利润率而言，不同国家相对税负的差异将会对投资决策有重大影响。在较高的利润率情况下，不管是那个国家的税制，税后内部收益率都超过投资者的栅栏率。在这种情况下，投资决策就将以除有效税负差异之外的一些投资标准为基础，例如，一个自夸有 50% 税前收益的项目根本不可能仅因为税收考虑而被拒绝。事实上，这么一个项目仍将给出一个高于任何一个所研究国家投资方案的税后内部收益率。在目前矿产品市场萧条的条件下，这一收益率反映了现金矿产投资运作的“现实”，而不是投资者对具有这些特征之矿山的“预期”。

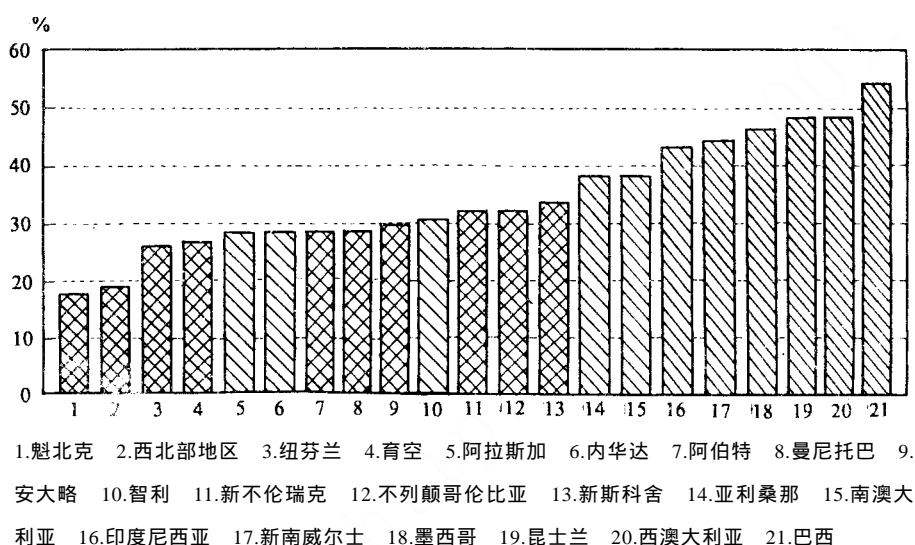


图 1 贱金属项目的平均有效税率(基准情况：10% 内部收益率)。为税前内部收益率，矿山服务年限 10 年，贴现率为 7.5%。计算中仅考虑了所得税和采矿税/权利金。考虑到在 1994 年 4 月以前最新的税收调整(资料来源：加拿大自然资源部采矿处)。

在图 1 中，加拿大好几个省在世界排名中居于有利的地位应归因于若干考虑，首先，虽然在加拿大的采矿利润不可避免地要执行较高的法定税率，但应纳税的净现值都较小，因为只有在回收了资本成本后才发生赋税。第二，勘查和开发支出可以立即注销，直到正现金流实现。在大多数其它国家，这些无形资产(特别是前生产开发支出)所能够得到的税收处理并不是如此有利，如有的国家在 5 年之上的时期内注销。第三，加拿大采矿税税制是对较小的税基征收的较高的边际税率，其所形成的税负要小于许多对较大的税基征收较低的税基的国家。

就此点的分析并不是一成不变地被接受的，因为图 1 的结果有许多基本的假设。不同的关于项目利润率、资本成本结构、矿山寿命，利率和贴现率参数的假设将明显地改变国际排名。平均有效税率对利润率假设特别灵敏。一般而言，税收当局在设计其矿产税制时面临两个选择，或者是有利于给出一般内部收益率的项目而对多余的“超常利润”征收税费，或者相反，加拿大政府的选择是，偏爱具有“正常”利润率的项目。为了说明在较高的项目利润率时税负的差异，我们编制了图 2 的基准情况，用 25% 的收益率代表 10% 的内部收益率。

在项目利润率为 25% 时，加拿大各省/地区的矿业税收制度在国际上的竞争力与其它相竞争

的国家相比已不再象 10%内部收益率模型时那么有利。但总体看，纽芬兰省、西北地区、魁北克省，育空地区及曼尼托巴省在加拿大居于最有利的地位。他们的税率在高利润率及低利润率两种情况下均位于所研究国家(州、省)有效税负较低的那一半。他们比澳大利亚的昆士兰州及西澳州、印度尼西亚、墨西哥和巴西具有较强的竞争优势。加拿大其余的省在所研究国家中位于较高税率的半部，但仍比墨西哥和巴西有竞争力。

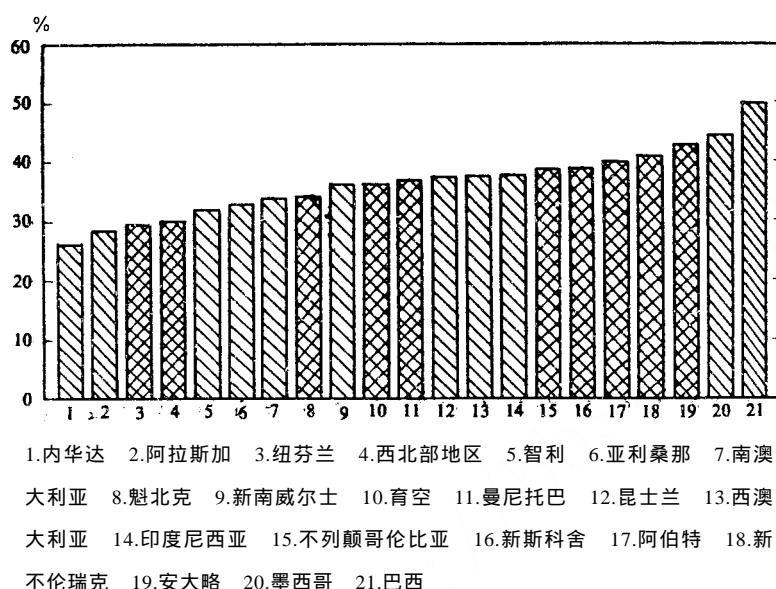


图 2 贱金属项目的平均税率(内部收益率为 25%)，其它同图 1

非利润税和政府强制性收费

许多专家曾分析了加拿大矿产工业界的法律服从成本。法律成本包括：雇员税(工资税)(加拿大和魁北克退休计划，失业保险，工人赔偿等)；劳动法律成本(强制性带薪假期等)；燃料税；环境服从成本；其它服从成本(健康和安全)；其它成本及税收(市政，搞教育，土地利用，水利用)。此项分析的基础是加拿大 5 个省/地区 10 处采矿作业的数据：不列颠哥伦比亚省、安大略省、魁北克省、新不伦瑞克省及西北地区。业已发现，自 1988~1992 年，法律成本的增加要远远快于经营成本的增加。另一方面，在同一时期，燃料税、劳动法律成本、市政税、水税、土地利用税在总经营成本中的百分数略微增加，这是因为工人赔偿和失业保险佣金增加了。

相反，自 1988~1992 年，环境服从成本大幅度增加了，构成了非利润税增加的一个主要部分。在 1988 年环境服从成本仅占总经营成本的 0.8%。到 1992 年环境服从成本翻了一番，中总经营成本的 1.9%。这一增加主要是因为采用了更严格的矿山许可及矿地恢复要求。

销售税

销售税大致分为两类：增值税(VAT)及销售和使用税。

1.增值税。增值税一般通过一种偿还和补贴制度以确保此税不施加于商业投入。大多数增值税制度对于出口也是零税率。结果是，生产者不付销售税，但会发生一些管理成本。加拿大

的阿伯特省、西北地区及育空地区(省/地区不征收销售税)和魁北克省(省的销售税与联邦商品和服务税相协调)、智利、印度尼西亚、墨西哥和秘鲁属于此类。虽然南非出口免征增值税,但对所有的交易均征收非常低的地方收费。

巴西征收增值税,但出口不免税,出口执行 13% 的销售税。因为出口者不能将此税转嫁给消费者,考虑到市场的全球性,出口者被迫自己承担此税。

2.销售和使用税。与增值税税制不同,按销售和使用税的税制,商业投入需付税。结果是,税率和/或部门专门减免对一家公司所随的实际税负有明显影响。

除了出口免税外,还有不少国家(省/州)通过具体投入豁免向矿业部门提供一些减免,如安大略省(勘查和采矿设备)、纽芬兰省(采矿设备)、新不伦瑞克和新斯科舍省(选矿设备)及澳大利亚(采矿设备和用于制造商品的设备/材料)。

不列颠哥伦比亚省、美国的内华达州和新墨西哥州及巴布亚新几内亚未给矿业投入以豁免。但对于产量给予全部或部分的销售税减免。在不列颠哥伦比亚省及巴布亚新几内亚,出口免税。内华达州及新墨西哥州矿山产量免税。

阿拉斯加、亚利桑那州及犹他州对投入及产出均征税,但税率相对不同。

雇员税及与就业有关的收费

加拿大自然资源部对雇员部及与就业有关的收费的分析的基础是对各个国家(省/州)生产 1 磅铜的税收-成本的分析(见图 3)。为便于对此,此项作业不包括溶剂萃取电积法作业。本分析基于 Brook Hunt 合伙公司关于以下几个方面的数据:(1)1993 年每人/小时开采的铜,(2)1993 年工作的平均小时数,(3)1991 年的平均工资,(4)1993 年为计算利润分成目的的净收入和雇员数(智利)。

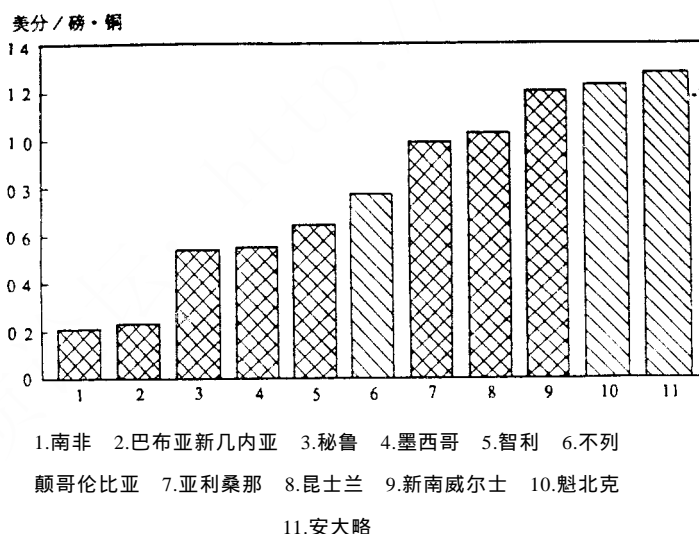


图 3 1993 年的雇员税和与就业有关的收费(所有矿山均不包括溶剂萃取电积法作业,并用生产率进行调整。使用了 1991 年的工资数值。生产率以年平均的每小时采出的铜为基础。安大略为地下铜矿山;魁北克为矿业界平均值;不列颠哥伦比亚省为露天矿;亚利桑那州为 1992 年之露天矿)

对每磅铜征收的雇员税和与就业有关的收费的美分数字,南非和巴布亚新几内亚最低,其次是秘鲁和墨西哥,智利和加拿大的不列颠哥伦比亚省分别为第 5 及第 6 位。

美国的亚利桑那州、澳大利亚(昆士兰和新南威尔士州)、加拿大的魁北克和安大略省在每磅铜约 1 美分处组成一个集团。由于美国的公司一般有义务为其员工提供私人医疗保险(在收入

声明中作为支出出现，而不作为雇员税或与就业有关的收费填写)，因此，这里亚利桑那州的成本数字看来是低估了。

秘鲁和墨西哥有竞争力的地位，部分是由于在计算时排除了利润分成方案(它们包括在有效利润计算中)。在秘鲁，强制性利润分配比工人年工资多两倍，在墨西哥可多三倍。

矿山场地柴油燃料的使用(消费)税

除巴布亚新几内亚和巴西之外，所研究的所有体制均对柴油燃料征收一种使用部。但是，有些国家(省/州)通过一种非公路使用退税/免税而给采矿工业以专门的减免。因此，矿山场地非公路燃料实际上是免税的(图 4)。这种减免不包括将矿产品从矿山场地(精矿厂/熔炼厂)船运到港口所用的燃料的燃料税。

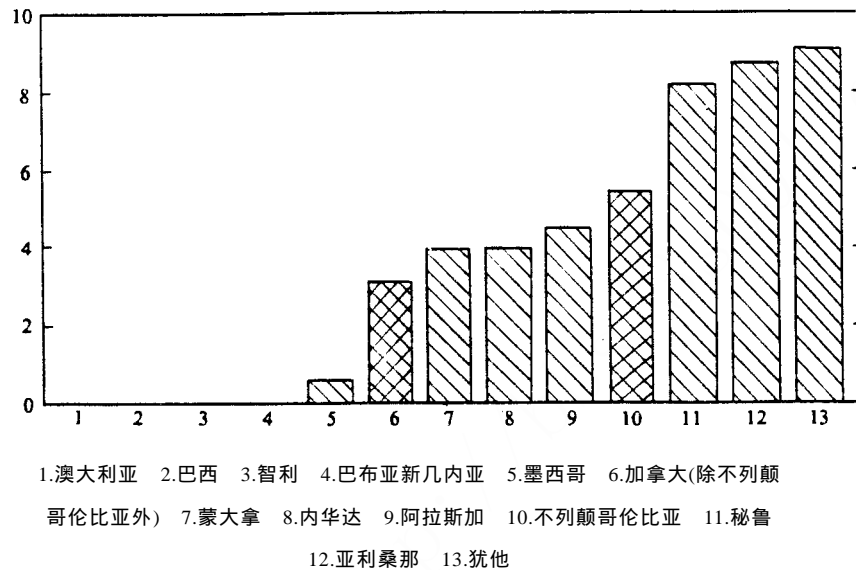


图 4 1993 年矿山场地燃料税有效税率的国际对比(资料来源：加拿大自然资源部)

在加拿大，联邦和省政府均对柴油燃料征收使用税。但除不列颠哥伦比亚省以外所有各省均向矿业提供一种非公路用柴油燃料之燃料税的退税。联邦不存在这种退税/免税。

美国同加拿大一样，联邦和州均可征收使用税，并且没有与联邦使用税有关的退税或免税。在有些州，州征收的全部或部分使用税有非公路使用退税/免税。

在智利，矿业公司可以用所付的所有燃料使用税抵扣增值税税责。在澳大利亚，矿业公司被授予全部免除联邦燃料使用税。澳大利亚各州不收燃料使用税。

巴西和巴布亚新几内亚对燃料不征收使用税，而美国的犹他州和秘鲁的燃料税对矿业公司没有任何的专门处理。

资本税

不少国家(州/省)征收资本税，考虑到矿业行业资本密集性的特点，这种税收特别重要，其中有些地方的资本税包括在前一部分的平均有效税率计算中，如加拿大的大公司税。所研究的征收资本税的其它国家包括智利、墨西哥和秘鲁。

在加拿大联邦一级征收大公司税，对公司超过 1000 万美元的资本按 0.2% 的税率征税。

不列颠哥伦比亚省(100 万美元及以上的可税缴付资本的 0.3%)、萨斯喀彻温省(可税缴付资本的 0.6% 加 2% 的公司资本附加税——以销售值为基础，仅适用于资源公司)、曼尼托巴省(可税数的 0.3% 加 1000 万美元以上可税量的 0.2%)、安大略省(可税缴付资本的 0.3%)、魁北克省(缴付资本的 0.56% 的三分之二——实际税率为 0.37%)也按不同的税率征收资本税。

在智利，每个城市均对工业和商业企业的资本征收 0.25 到 0.5% 的年度税(1993 年 7 月最多为 42760 美元)。资本的定义是资产减去债务，不包括不能代表有效投资的所有帐目。

在墨西哥，公司净资产 2% 的年度税作为一种最低税被确定下来。税基是纳税年曾持有资产的平均值减去它在墨西哥其它地方有居所的有关业务的债务的平均价值(这基本上是净价值)。只有在应纳税额超过纳税人定期的所得税税责时才支付这种资本税。

秘鲁征收两种资本税：商业股本税(2%，对公司净价值计征，可抵扣支付的最低所得税)和最低所得税(20% 的可税收入或 2% 总资产的较高值减去 2% 的商业股本税，总资产中不包括分给工人住房和社会保险的资产、折旧净值)。

在这些征收资本税的国家经营矿产资源勘查开发，与不征收资本税的美国、南非和/或澳大利亚相比，在竞争中处于不利地位。

综合总税负

前面分别对利润税和非利润税的分析对总体国际税收竞争力给出了有用的信息，但这并不是全面的。由于各竞争国税收结构之间存在差异，所以在一个国家具有的那点非利润税方面的竞争优势可能会被利润税方面的竞争劣势所全部抵消还有余。因此，除非有了各个国家更完整的有关非利润税的资料，否则仍难以进行充分的综合税收分析，按支付给政府的总税额确定一个明确的排序。

收集了有限几个国家(省/州)在 1984 ~ 1991 年间总纳税额的数据：加拿大的不列颠哥伦比亚省、安大略省、魁北克省，美国的亚利桑那州和澳大利亚(所有联邦与州税收的累计)。在这期间平均每年所支付的利润税及非利润税的总额，用销售额的百分数来表示(见图 5)。

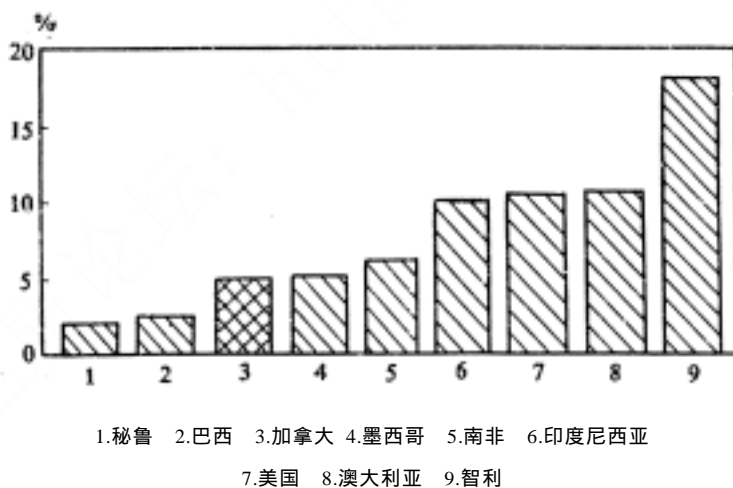


图 5 一些主要矿产生产国矿业部门(省/州)的总税负对比(数据反映自 1987 ~ 1991 年这些国家矿业全行业平均每年支付的税额。资料来源：加拿大自然资源部采矿处)

在这期间，加拿大魁北克省、不列颠哥伦比亚省和美国亚利桑那州对矿业项目征收的总税收收入(占销售额的 6.5 ~ 9%)主要是来自于非利润税而不是利润税；加拿大安大略省及澳大利亚税负较重(销售额的 10.5%)，但大部分是与利润有关的税。

小结

本文对加拿大相对的总利润税及非利润税税负的研究结果是并不完全的，因为有关非利润税的数据不完全。但是，环境服从成本已被认为是加拿大一种新的及主要的成本款项。有利的一面是，联邦和省政府均对国际矿业界所关心的问题做出了反应。例如，不列颠哥伦比亚省、曼尼托巴省及纽芬兰省最近修改了其矿业税收制度，提供额外的前期优惠。同时，魁北克省继续提供一种最有进取心的矿业税制；公司可以取得可偿还的税额减免(相对于省采矿税之前缘优惠的价值，指的是由于可税收入不足，公司无法申请此项优惠)。

矿业方面的其它国际对比

矿山恢复

自 80 年代晚期以来，矿山恢复成本的税收处理受到了矿业界及政府的充分重视。之所以如此有两个主要原因：矿地恢复成本急剧增加，因为矿业公司要对逐渐增加的环境因素作出调整；政府正处于强制性恢复计划的前期资助过程中。

在加拿大，1994 年 2 月预算案的结果是，按照规定的捐献及政府强制性的恢复信托基金在计算所得税时是可以扣除的。但是，此项基金的收入每年将纳税；所有的撤出均将包括在受益人的可税收入中。捐献、收入及撤出在计算矿业公司的资源减让(相当于美国的耗竭补贴)时不予考虑。

在美国，对于纳税年所发生的环境破坏的估计未来恢复支出，允许进行一种“会计储蓄”型的扣减。与加拿大赞助理论的主要差别是，公司只是将一项恢复储蓄放在一旁，并不实际需要进行现金支出。因此，美国的制度不象由第三方掌握的一种资金，不能保证当发生恢复生产时有资金可得。但值得指出的是，美国对于核设施拆除成本有强制性的资助备付。

提供了专门的法规以确定可扣减量，对矿山场地恢复成本和核设施拆除成本进行申请。对于未来矿山恢复成本的现行扣减，出于税收目的建立了一个复杂的储备制度，基本上说，美国的制度提供的扣减值可以与加拿大预算案之后可得的扣减值相比。

在南非，对规定的矿山恢复信托基金的捐献是可以扣除的，并且此项信托基金的收入也允许在免税基础上发生。但是，对此项信托基金多余的捐献不能回收，但可以适用于纳税人拥有的其它矿山场地的拆除和恢复。

澳大利亚允许对矿山场地恢复的支出扣减，但只是作为现行发生的支出扣减。

目前墨西哥不要求矿业公司发生矿山恢复的前期支出。但是，可以理解为若需要此项成本，则有“专门法规”允许对规定信托基金的联邦或州强制性支付进行扣减。但是在这一方面，法律未说明什么具体问题。

智利规定，其矿业公司的恢复支出可以象加拿大预算案通过之前一样处理，即对矿山恢复支出仅可以作为发生的当期支出扣减。迄今对恢复的前期资助没有任何法律要求。但是，在智利，法律的变化是迅速的。

欧共体各个成员国都有其自己国家的财务规章。因此，各国均按其自己的方式解决与矿山恢复有关的财务问题。德国和荷兰对恢复成本提供了最有利的税收条款，而爱尔兰有最严格的税收条款；在爱尔兰，矿山恢复成本一般按现时支出扣减，只要矿山仍在生产。而在德国和荷兰，矿山恢复成本在其发生年是可扣减的，但同时，这两个国家均允许建立可免税的恢复储蓄。

总之，我们的发现说明，美国要求建立严格的会计储蓄户头，但允许纳税人在以下两者之间作出选择：一是预期扣减，其价值实际上低于未来的矿山恢复成本，二是在恢复时对成本全部扣减。南非有较为有利的条款，但要求公司对矿山恢复支出提供前期资助。在澳大利亚只有实际发生的支出是可以扣减的。在其它国家，矿山恢复问题仍在变化之中，墨西哥仍在起草有关此项事务的税收规章，并且可能要求公司提供履约保证金。看来欧洲几个国家要求通过保证金或储备提前资助恢复工作。目前，除澳大利亚和智利之外，大多数国家关于提前资助矿山恢复成本均有较为有利的税收条款。

土地准入

象许多其它国家一样，加拿大联邦政府及多数省和地区政府均采用了保护区政策。这些政策要求加拿大的各生态区要由一个指定的保护区来表示，并有助于加拿大履行其在各个国际公约和协议(如联合国生物多样性公约)中的责任。

目前，各种保护区仅在加拿大 4.9%的土地面积禁止采矿活动。加拿大与其它大多数矿业国的对比情况见图 6。这指的是 1992 年的情况。大多数国家均确定了比较高的目标，并且目前正努力扩大保护区面积，因此这种情况在下一个十年将会发生很大的变化。在加拿大，到 2000 年，各种倡议将使禁止采矿的地区面积达到 12%。加拿大是幸运的，因为有一个经过检验的过程，保证这一目标以有序的方式实现，并充分考虑到矿产权益。

在加拿大，许多省/地区均将矿产和能源资源评价作为这个建立新园林(保护区的重要组成部分)过程的一个基本成分。结果是，建立园林的方式是，保证环境目标的实现以对可能的矿产开发方案的影响最小为代价。加拿大自然资源部在这个过程中作出了巨大努力，如在加拿大北部，自然资源部努力使各机构建立园林保护区的提议全部落空，在其它地方，自然资源部的努力是改变了提议的公园边界(如东阿尔姆——大努湖，瓦格湾)。

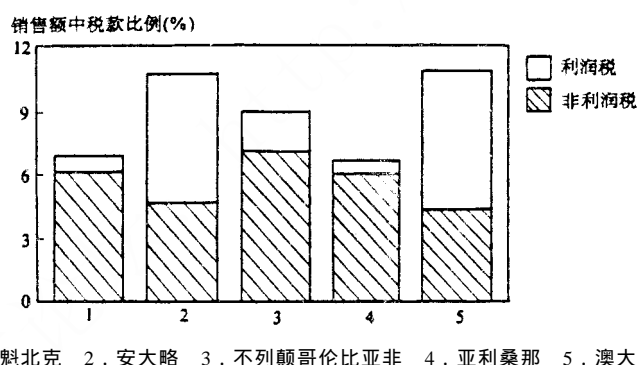


图 6 某些国家指定保护的陆地面积的百分比(数据来源：1992 年世界发展报告)

除了因保护区而撤出的土地外，另有 6%的土地面积出于各种原因而对矿产活动关闭，包括土著人土地，军用土地，城市开发，公路和铁路。其中主要的是土著人申请地、权利或居住地。

因为在加拿大北部，这种禁止采矿的土地主要与土著人申请地与居住地有关，因此目前的限制进入在许多情况下应该被认为在性质上是暂时的。许多所涉及的土著人团体渴望参与其土地上的经济矿产开发。事实上，在有些情况下，这些土地又重新向矿业界开放(通过内部协调安排)。

土地申请权的最终解决之后将会有有一个有竞争力稳定的资源管理制度，在这个制度框架内矿业将能够得以生存。第一国际国家首席大使 Ovide Mercedi 指出，“土著人在矿业中参与的增加将是通向社会的许多途径之一，可推进自给自足、加强第一国际的自我管理”。联邦自由党政

府也已指出，解决土著人土地申请权问题是政府很关心的问题。

最近，Nanavut 的 Jungavik 土著人部落与加拿大政府签订了一个土地权合同，这为土地权如何最终起作用提供了一个重要的实例。这一合同将导致建立一个新的 Nanavut 自治区，有自己的立法权。80% 以上的土地将是皇室土地，但 Lnuait 人将购买取得一些地表权和地下权。就地下权而论，Lnuait 人业已选择了一些有矿产潜力的地区。这是一个好的标志，标志着 Lnuait 人对经济发展(特别是矿业开发)将采取一种积极的态度。

对这一问题的进一步分析表明，按可供矿产勘查和开发的总土地面积计，加拿大仍处于世界领先地位。加拿大目前可得的面积是智利的 12 倍以上，将近为墨西哥的 5 倍，约与美国相同。而澳大利亚有 26% 的土地面积或者是难以进入，或者是禁止开发，并且另外有 22% 的土地面积还受到建立国家公园或其它类似限制的威胁(据澳大利亚矿业工业委员会)。

勘查支出的税收处理——国际对比

本研究中所讨论的国家(包括加拿大)对勘查和开发支出的税收处理相对是比较相似的。一般而言，勘查和开发支出可以在发生年扣减或在以后资本化和摊销(期限和方法各国存在差异)。但是，有些国家迫使公司当期扣减，而另一些国家允许移前或移后扣减。最有竞争力的处理方式是作为现行支出扣减并在未来有最大的灵活性。因此，表 3 按吸引力递减的顺序列出了一些主要的矿产生产国对勘查和开发支出的处理方式。

表 3 说明，加拿大对勘查和开发支出提供了一种最有利的税收处理方式，在报告费用时有较大的灵活性。据认为，可以无限地将未扣减的勘查和开发支出移后的可能性对矿业界来说是一项很重要的鼓励措施。

以对各个矿产生产国勘查的税收处理的分析为基础，加拿大对勘查的优惠并不比其他国家少。但是，不能否认，在过去 20 年间，加拿大联邦所得税对勘查和采矿的税收优惠越来越缺少活力。结果是，加拿大的国际竞争地位正在受到其他在近几年明显改善了其投资气候的国家的威胁。

加拿大的矿产勘查趋势与国际对比

毫无疑问，加拿大非石油矿产勘查支出从 1987 年和 1988 年的历史最高值大幅度下降了，在 1987 年和 1988 年的支出高峰主要是因为自 1983 年到 1991 年 3 月 1 日实行的一种专门的对加拿大矿产勘查的税收优惠制度，即全部通过股票筹集制度。加拿大矿产勘查支出与金属价格的关系见图 7。

百万加元和价格指数

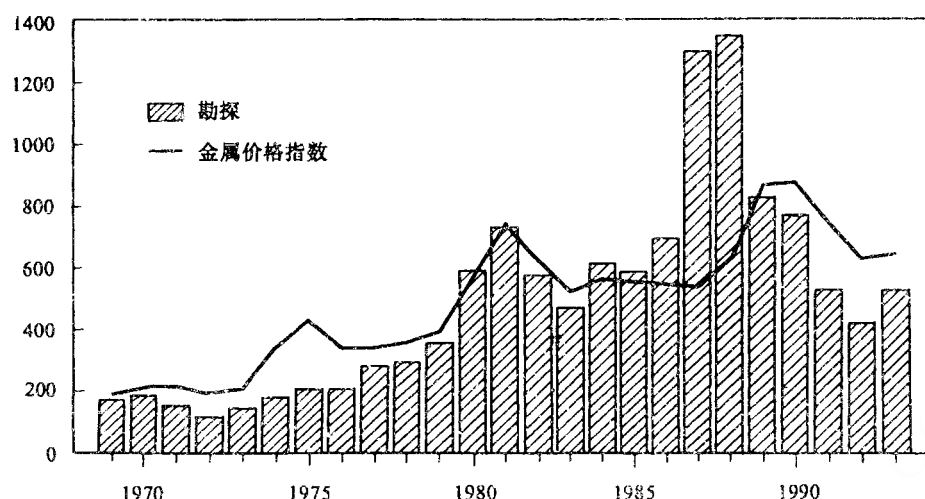


图 7 加拿大矿产勘查支出与金属价格指数的关系

图 7 表明,除 1987 及 1988 年外(全部通过股票筹资制度的黄金时代),在加拿大的勘查支出与世界金属价格之间有着比较明确的相互关系。

1992 年与 1993 年的勘查支出特别低,这可能是由于当时金属价格特别低的缘故(而金属价格偏低至少部分是由目前的世界经济滑坡所造成的)。就某些金属而比(如镍、铝和铀),价格下降是由前苏联以很低的价格抛售所造成的。在金属价格有明显改善以前加拿大和世界范围的矿产勘查支出不可能明显增加。

媒介在近几年试图将加拿大勘查支出的下滑与加拿大公司大量外流到拉美联系起来。看来这有些夸张了。加拿大矿业公司在别的国家进行大型勘查项目并不是什么新事物。加拿大公司几乎在全球各个大陆均有足迹。

表 3 一些重要的矿产生产国对勘查和开发支出的税收处理

国家	勘查	开发	注释
加拿大	按现行支出扣减或可以无限移后	同勘查	
澳大利亚	按现行支出扣减,或者在没有足够收入时可以无限移后,除非在二者之间作出了选择	在 10 年间或在矿山年限内扣减(直线法)	对 1985 年 7 月 1 日之后的发生的支出可作出选择
津巴布韦	按现行支出扣减或移后扣减,直到实现收入	可以在生产开始年扣减。以后,在发生年扣减或在矿山估计年限内申请扣减	
巴西	按现行支出扣减或在不低于 5 年内按直线法资本化和摊销(每年进行货币校正)从矿山开始经营起计	同勘查	纳税人有权选择
菲律宾	可以在费用化和成本耗竭补贴之间作出选择(不可逆选择)	同勘查	
墨西哥	现行支出扣减,或按 10%的速度用直线法每年摊销	同勘查	纳税人可选择
南非	从采矿收入中全部扣减,若采矿收入不足以吸收此扣减,多余部分可以抵扣任何其他采矿收入	在发生年允许扣减。只准对公司的采矿收入扣减	只能当新矿山开始生产时才可以扣减
印度尼西亚	25%的余额递减法	同勘查	

美国	可以作为现行费用扣减或相对于产量资本化和摊销	全扣减或相对于产量资本化和摊销	
智利	可以在 1 ~ 6 年内按直线法注销	在 5 年以上按直线法摊销	在成本发生年开始或在公司开始出现毛收入时开始，取二者发生较晚者
巴布亚新几内亚	在收入年扣减；通过将剩余值除以 5 或矿山估计年限(较小的时期)来确定	在收入年扣减；通过将剩余值除 10 或矿山估计年限(较小时期)来确定	
秘鲁	按矿床年限用年度百分比摊销或全扣减(从最低产量成为法定时计)	作为当期支出全部扣减或在 3 个财年内摊销	

对加拿大较大的矿业公司的年报进行分析更支持了这个看法，即自 60 年代或更早，许多公司就将其勘查预算中的一大部分(有时超过 50%)投向外国项目。到 80 年代中期，多数大公司均将其勘查预算中较高的一部分投在加拿大的项目上，因为 70 年代末发展中国家的国有化浪潮有所复苏并且加拿大通过了全部通过股票筹资制度，由此在法规上发生了有利的变化。

到 80 年代末和 90 年代初，随着许多发展中国家(特别是拉丁美洲)政治稳定性及外国投资法规自由化的增加，加拿大的公司再次对这些地区发生了兴趣。但有意义的是，这次对拉美地区的新兴趣，看来兴趣点是转移了：主要兴趣是购买已知的矿地产，而不是风险较高的草根勘查阶段的矿地产。在 80 年代中期以前大多数矿地就已被发现了，如 La Coipa, Quebrada Blauca, El Indio, Choqhelimpe, Audacollo, Collahuasi, el toqui, El lince, Zaldivar 等大型的世界级矿床。由于这一地区的政治和经济不稳定，这些矿地产被遗忘了好多年，使得其开发或者是不可能，或者是不经济。许多有声望的矿业分析家称，在智利购买铜矿地产的热潮导致了招标采购。El Abra 矿床是一个例子。

尽管谈论最多的是智利，但据金属经济小组的年度勘查预算调查结果，加拿大仍是一个有吸引力的矿产资源勘查开发投资地区。1993 年加拿大居世界第三，所调查公司的勘查预算超过 2.95 亿美元(实际支出数量不详)。只是美国和澳大利亚比加拿大吸引了更多的勘查投资。

此外，1993 年加拿大在智利勘查的公司的勘查预算达 3160 万美元，而美国公司仅为 1300 万美元，澳大利亚的公司 1070 万美元。虽然加拿大的公司在智利的勘查支出最多，但这 3160 万美元仅占同样这些公司在加拿大矿产勘查支出的 2.207 亿美元的 14.3%。

另一方面，金属经济小组的调查说明，加拿大的矿业公司在美国的勘查支出约为 8650 万美元，这一数字约是其在智利的勘查支出(3160 万美元)的 3 倍。调查还说明，1993 年美国的公司想在加拿大进行约 1680 万美元的勘查投资，澳大利亚的公司想在加拿大进行约 2350 万美元的勘查投资。因此，这两个国家的公司想在加拿大投资 4030 万美元勘查投资，而在智利仅为 2370 万美元。

贱金属储量在下滑

在加拿大，贱金属储量下滑的问题常被作为是加拿大矿产勘查水平特别低并且矿业遇到了严重麻烦的一个证据。但是这一下滑可能与总体勘查水平的下降并没有特别密切的关系。更可能的是因为近几年矿业界的注意力转移到贵金属(60 ~ 70%是金)的勘查上了(见表 4)。

表 4 1985 ~ 1992 年加拿大贵金属及贱金属勘查在总勘查支出中所占的百分比

	贱金属(%)	贵金属(%)
--	--------	--------

1985	20	65
1986	14	76
1987	11	83
1988	13	82
1989	23	67
1990	31	60
1991	40	52
1992	47	39

显然,在 80 年代后半期,加拿大贱金属的勘查处于相对较低的水平上,但自 1987 年起逐渐回升。贱金属勘查支出低不可避免地导致加拿大贱金属矿床的发现个数少,因此储量下降了。

加拿大自然资源部分析了自 1974 年 1 月 1 日起加拿大镍、铜、锌和铅储量的逐年变化。这些矿产的储量在 1981 年最高,此后大幅度下降(见图 8)。

贱金属储量的下滑平行于在 80 年代末之前的贱金属价格指数的下降。即便在 80 年代贱金属价格达到历史最高水平(镍于 1988 年达到历史最高水平,铜和锌在 1989 年)时,在加拿大这些金属的储量并未增加(仍保持稳定),这可能是因为现有的储量已足以支持计划的产量水平了。

但是,尽管贱金属储量自 80 年代初以来开始下滑,但储量并不是未来生产能力的良好指标。储量指现营矿山及承诺生产的矿床中的证实和概略可采矿石。但未考虑由于低价格而搁置或因财务困难而关闭的矿业项目中的矿石。

此外,在加拿大总有许多矿床出于各种原因好多年得不到开发但最终成为可盈利矿山。无疑,历史将会重演。一些明显不经济的矿床正等待有朝一日得到开发。其他有前景的矿床仍未得以开采,主要是因为拥有这些矿床的公司有财务问题。另一些矿床被搁置起来未能开发,是因为开发它们进行生产不符合公司现行策略或不能满足公司的目标收益率。最后,有时对搁置的矿床作出开采决策,这常常是由于暂时关闭的矿床周围发现了额外的矿石储量(如最近在 Kidd Creek 及 Myra Falls 矿床周围找到了大矿富矿)。

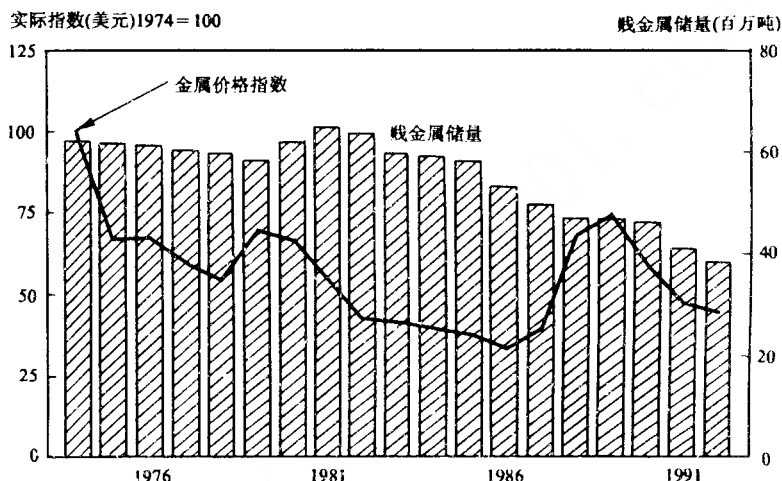


图 8 贱金属价格指数与贱金属储量

(金属包括铜、锌、镍和铅。储量的定义是,现营矿山及承诺生产的矿床中的证实和概略可采矿石。资料来源:加拿大自然资源部)

怀特霍斯矿业倡议和加拿大的矿业问题

在 1992 年秋季于西北地区怀特霍斯召开的联邦-省矿山部长会议年会上，加拿大矿业协会建议，对矿业感兴趣的各方面当事人应加以合作跟踪矿业界所关心的问题，协调一致，为使加拿大矿业出现一个新景象而共同努力。

这一建议得到了部长们的支持，并且这一协商共同努力的过程也已被确定下来，即达成了怀特霍斯矿业倡议。其成员包括许多土著人和环境组织、工会、矿业界及联邦和省两级政府的代表。此倡议的愿望是确保加拿大矿产和金属工业的竞争力。

成立了 4 个问题研究组处理各方面所关注的问题：环境(许可程序及法规交叉重叠现象，可持续发展)；土地准入(防止未评估矿产潜力就撤出土地不准矿业用，多用途土地利用)；财务和税收(针对矿山恢复和非利润税)；工作场所/劳动力/社会(健康和安全，培训，矿业城镇的可生存性)。

这 4 个问题组为各有关当事人提供了一个广泛参与的机会，建立一种新的方法。借此矿业活动可以在更广泛的社会和经济意义上起作用。这些问题组的最终报告及其推荐意见已在 1994 年 9 月的矿山部长会议上详加介绍。

结 论

本文说明，在评价任何国家矿业所承受的相对税负时，分析家除法定和边际税率外，还应着眼于其他的一些方面。以利润为基础的税收所施加的相对税负对于项目利润率的程度很灵敏。在低利润的情况下加拿大各省的体制与其他国家相比处于有利地位，但在高利润情况下对矿业公司并不特别有利。但是，正是在低利润水平的情况下各国税制之间的差异是投资决策的一个重要因素。我们发现非利润税已很显著，并且将随着政府对日益严格的环境问题作出反应而增加非利润税税负。

本文还对矿山恢复法规(矿地恢复支出的税收处理)、勘查优惠及勘查支出的税收处理进行了国际对比。加拿大仍是国际矿业公司一个重要的勘查靶区，并且将来仍将是一个重要的矿产生产国。最后，加拿大已通过怀特霍斯矿业倡议，建立了一个独特的协调过程以解决加拿大未来矿业的突出问题。

矿业财政制度的国际对比

K. Brewer 等

本文对比了加拿大、美国、澳大利亚、巴西、智利、印度尼西亚、巴布亚新几内亚、秘鲁、南非和赞比亚的矿业税收制度。计算了一个假想的矿业项目在不同国家所需承受的有效税负以及税率对盈利率、通货膨胀、产品价格同期变化的灵敏性。我们评价了各种税收处理方法的优缺点，并分析了美国和加拿大税制改革的方向及其对矿业部门的意义。

本文对这 10 个主要的矿产生产国 1986 年 3 月执行的某些财政制度进行了评价。重点是以收入为基础的税收及这些税收如何在不同的情况下操作。收入为基础的税收不是矿业公司所需支付的唯一税收，但从公众政策角度看，其最为重要。这些税收常被用作是工业政策的一个工具：即，政府常用以收入为基础的税收去影响经济发展方向。即便在那些没有明确的工业政策的国家，以收入为基础的税收也常常是政府干预私人企业的一个重要手段。它们对资源配置有重要影响。

为了了解税收对一个行业竞争力的全面影响，我们还必须考虑其他类型税收的影响，包括销售税、货物税、资本税、关税等。这些税收是重要的，但在本文研究中未包括在内。

本文主要关心的是，查明和分析在特定经济环境下某些类型的税制行为和结构起因。例如，在通货膨胀期间，哪种税制使有效税率增加？为什么？税制如何处理诸如矿业的周期性特征之类的问题？这些措施有效吗？

本文避免将各个国家的税负进行绝对对比，因为绝对税率的结果特别难以解释，并且还常常会给人以误导。

矿产收入的税收处理是一个复杂而敏感的问题。所得税中相对较小的变化可能会对一给定项目的可行性或投资类别产生明显的影响。税收制度可以严重影响一个国家矿业开发的数量和类型。所以，一些国家对所得税条款进行的广泛修改导致矿业开发发生了巨大变化。

美国的税制改革基本上已完，此后加拿大及其他国家也采取了类似的行动。美国的经验对其他国家有较大的影响。作为美国最大贸易伙伴的加拿大，其受美国税制改革的影响最甚。加拿大财政部长在“加拿大税制改革指南”中指出，“最近发生在加拿大以外国家的税制方面的变化为我们审查修改税制提供了新的动力。特别是，美国的个人所得税及公司所得税的税率均调低了。我们的税制也必须采取与之同步的措施，这样才能使加拿大公司与我们的主要贸易伙伴相比仍具有竞争力”。

考虑到降低税率的需要，加拿大及其他国家税制改革的总方向是清楚的。税收标的拓宽了，如同美国那样。不过，加拿大财长还指出，“加拿大和美国税制是不相同的。加拿大的税制改革不一定必须重复美国的变化”。因此，虽然一般均承认加拿大目前的税制面临着调低税率拓宽税基的问题，但加拿大采取了特别的措施以实现这些目标，使之能够更好地满足加拿大经济发展的需要。

研究方法

所采用的方法是将各个国家的税收制度运用于同一个矿山模型所形成的财务结果。不断改变关于模型的假设条件以研究税收对不同经济条件的灵敏性。

我们通过与加拿大几家私人矿业公司的讨论，提出了这个假想的矿山模型。其基础是在加拿大不列颠哥伦比亚省所发现的露天开采铜-金矿山的成本条件。矿山模型的基本情况是：总体价格稳定；确定的金属价格可使项目在其服务年限内将给出 15% 的税前内部收益率。假设该矿山需要独立开发，即该矿山不是由拥有除本项目之外收入来源的大公司所开发的。并且还假定，该项目是 100% 股本筹资的（未举债筹资）。

本研究还使用了矿产所得税法规的计算机模型。总的看，本文考虑的主要是所得税，对权利金（以生产量或其他类似变量为基础的税收）未过多涉及。

本研究模拟的税收法规包括：

加拿大

联邦所得税；
魁北克省公司所得税
魁北克省采矿税；
安大略省公司所得税；
安大略省采矿税；

曼尼托巴省公司所得税；
曼尼托巴省采矿税；
不列颠哥伦比亚省公司所得税；
不列颠哥伦比亚省采矿税；

美国

联邦所得税；
阿拉斯加州所得税；
阿拉斯加州采矿税；

犹他州所得税；
犹他州采矿税；

澳大利亚

联邦所得税；
昆士兰州权利金(适用于芒特艾
萨矿业公司)；

巴布亚新几内亚

公司所得税；

秘鲁

公司所得税；

巴西

公司所得税；

南非

公司所得税；

智利

一类税；
房产税；
附加税

租约税；

赞比亚

公司所得税；
采矿税。

印度尼西亚

公司所得税；

将此矿山模型按这些不同税法的条款进行详细的税收计算。将具体要素对税收标的影响进行归类并对比。例如，本文对比了不同国家资本成本回收的条款对征税标的规模的影响。这一部分通过比较不同税法所允许的税收扣减和减免条款，着重分析各税制之间的结构差异。用此分析结果解释下节所观察到的税收行为上的差别。

下一步是计算有效税率。有效税率的定义是纳税额的净现值除以项目净现金流的净现值，它表示项目所创现金作为税收支付出去的比例。对于投资者来说，这是一个重要的变量，并可用于所有的预期模拟分析，故选择这一参数值进行分析。

有效税率可用于衡量因改变矿山模型而产生的税负的变化。例如，改变关于矿产品价格的假设，可以分析在不同的利润条件下有效税率是如何变化的。同样，也可以分析通货膨胀和产品价格周期性对有效税率的影响。

税率及征税标的

我们特别注意到了征税标的的构成及其数量。不同国家的税制在征税标的的大小(即应税收入的定义)方面的差异比在数量的差异还要大。此外，征税标的的构成，能够说明在不同经营条件下税制行为的变化多样性。为此，首先要提供对比征税标的基础并区分出造成其差异的因素。

表 1 不同国家矿产所得税收的结构

国 家	最高边际税率(%)	税收标的占经营性现金流(%) ^a
秘鲁	57	35.5
美国 ^c	54.2	22
澳大利亚	49	27.2
南非	46.2	37.3
加拿大 ^d	45.3	27
印度尼西亚	45	28.4
巴西	45	28.4
赞比亚	45	16.4
智利	40	40.6
巴布亚新几内亚 ^b	35	52.0
中值	46.2	31.0
标准方差	6.0	10.0
标准方差占中值比例	+/- 13%	+/- 32%

注：a. 根据矿业项目在 20 年的生产年限期间税前内部收益率为 15% 计算，现金流和征税标的均经贴现。

b. 巴布亚新几内亚税制最高边际税率高达 70%，只有在矿山的盈利率在极高的情况下才可能发生，由于在本文所考虑的利润率范围内这一最高边际税率实际上是不适用的，因此其适用的边际税率选为 35%。

c. 犹他州和阿拉斯加州的算术平均值。仅考虑联邦及州所得税。

d. 魁北克、安大略、曼尼托巴和不列颠哥伦比亚省的算术平均值。仅考虑了联邦及省所得税。

所采用的一种方法是通过列出所确定的最高边际税率和税基(征税标的)大小来对比不同国家的税制。表 1 说明，造成各国税制明显差异的是税基而不是税率。这 10 个国家，税基的变化范围从占经营性现金流的 52%(巴布亚新几内亚)到仅仅 16.4%(赞比亚)，而最高边际税率的变化范围从 57%(秘鲁)到 35%(巴布亚新几内亚)，后者的变化幅度小得多。

对所研究国家的各个税收体制，该表列出了其最高边际税率和税基(以占经营性现金流的百分比表示)。经营性现金流的定义是，经营收入减去按照会计惯例和所有的所得税法以相同方式处理的一切有关支出。例如，在征税和会计核算时，工资、津贴、能耗及其他此类费用均是全部可以扣减的。因此，在计算经营性现金流时可从收入中扣除这些款项。相反，资本成本分配、勘查和开发支出、其他各级政府所征税费，不同国家在税收扣项中的处理办法是有区别的。因此，在计算经营性现金流时未将这些款项从收入中扣除。对理论上的付税额及经营性现金流均进行了贴现，这样就可以在分析结果中说明时间差异的影响。

税基是由许多因素确定的，如资本款项可允许注销的比率，所提供的与投资有关的优惠的价值以及其他此类款项。所以，对税基的确定因素进行更详细的分解是有必要的。对表 1 进行更深入的分析，结果归于表 2，以便说明专门优惠和扣项对税基的影响。扣项和优惠大致可归为 3 类：资本成本回收，与投资有关的优惠，其他优惠和扣项。

资本成本回收仅指要求偿还矿山实际投资额。因为在模拟所有的税制时用的都是同一个矿山模型，所以，在所有情况下投资额及投资时间安排是相同的。表 2 第一栏中数值的差异，全部是由允许扣减的时间期限不同所造成的。较早扣除，贴现后的结果当然比晚扣减更有价值。例如，在那些允许加速注销的国家(如智利、南非和赞比亚)，资本成本回收的数值达到占贴现的经营性现金流的 53%。而相反，在那些不允许加速注销，即对资本成本注销有更多限制的国家(如美国联邦所得税)，资本成本回收额仅占贴现的经营性现金流的 48%。

一种税收制度所提供的与投资有关的优惠指的是那些与投资数额直接有关的优惠。例如，

投资税收减免一般是扣除资本支出的一个固定百分数。这类中的其他款项还包括：投资补贴，未折旧资本基础的调整，追加耗竭补贴(扣项)。各国在使用这些优惠方面变化很大。有些国家，如澳大利亚、智利、巴布亚新几内亚和秘鲁，没提供这些优惠。相反，在巴西和赞比亚，这些优惠是税制的一个重要组成部分。加拿大税制可能是最复杂的，在联邦和省所得税方面未提供什么太多的优惠，而其采矿税的征收方面，这种优惠比较突出。

“其他优惠和扣项”类目包括各种款项，其中最重要的是，对已付的其他层次税收的扣减。在我们所研究的大多数国家，矿山均要向好几级政府缴纳所得税和采矿税或权利金。在计算应税收入时，一些联邦一级政府的所得税在计征时将地区或地方政府已征的所得税作为可扣减支出处理。最混乱的是美国，其在征联邦所得税时已征的州所得税全部可从应税收入中扣除，同时，在征州所得税时又可将联邦所得税全部从应税收入中扣除。比较常见的情况是只有一个层次的税收是可扣除的。在加拿大，计征联邦所得税时省所得税不能要求从应税收入中扣除，但允许进行一种理论上的扣减，即资源补贴(相当于以美国为代表的耗竭补贴)。其他国家所提供的各种少量的扣项和优惠也包括在这一类别内。例如，印度尼西亚税制提供了一种相当于税率特许权的扣项，即包括在这一类中。

表2最后一列的“会计规则”说明由财务核算确定的扣项总额占项目经营性现金流的比例。几乎所有税制的基础均是这么一种思路，即会计收益(略经调整)是征税的最适当的标的。“会计规则”那一行说明了应税收入和会计收益之间的关系并区别出了它们之间的差异。用加拿大标准会计规则计算了项目的会计收益，并以与税收优惠和扣减相同的方式将支出归了类。

所有各税法所提供的资本成本回收的扣除当然要比会计规则提供得多，这说明，所有税制均允许对资本成本进行一些加速折旧处理。这种税收处理可以解释为是所有税制所提供的一种特许优惠。换句话说就是，几乎所有税法均承认，在征税时会计折旧规则不是一个适当的支出扣除原则。

造成在会计收入和应税收入间存在差异的一个主要原因是投资优惠。与投资有关的优惠是税收制度人为给予的扣项和补贴，在会计模型中没有与之相对应的条目。所以，在提供的与投资有关的优惠最多的国家，其可税收入和会计收入之间的差异最大。

表2 税收优惠及各类扣项占项目经营性现金流的百分比，贴现的净现值

国家法规及税收	资本成本回收(%)	与投资有关的优惠(%)	其他优惠和扣项(%)	扣项与优惠总和(%)	征税标的(税基)(%)
加拿大平均值					
联邦所得税	52	8	15	75	25
省所得税	52	8	11	71	29
省采矿税	48	30	0	78	22
美 国					
阿拉斯加州					
联邦所得税	48	7	25	80	20
州所得税	49	2	21	72	28
州采矿税	38	0	31	69	31
犹他州					
联邦所得税	48	7	23	78	22
州所得税	49	0	27	76	24
澳大利亚昆士兰					
联邦所得税	51	0	22	73	27
巴 西					

公司所得税	49	27	0	76	24
智 利					
一类税	53	0	0	53	47
房产税	53	0	4	57	43
附加税	53	0	7	60	40
印度尼西亚					
公司所得税	51	8	13	72	28
巴布亚新几内亚					
公司所得税	48	0	0	48	52
秘 鲁					
公司所得税	52	0	12	64	36
南 非					
公司所得税	53	6	4	63	37
租约税	53	5	0	58	42
赞 比 亚					
公司所得税	53	14	17	84	16
采矿税	53	32	0	85	15
会计规则	44	0	22	66	34

前已说明,“其他优惠和扣项”栏中的主要条款是其他各级税收的备付。“会计规则”行中包括相当于支付给地方政府的最高贴现的付税额的一个数值(澳大利亚昆士兰州权利金)。因此,会计收入和应税收入之间的对比最好在中央联邦政府一级进行。即,由于会计收入考虑了地区政府的税收(但不是国家政府的税收),所以其最好与联邦水平上确定的可税收入对比。在除智利、秘鲁和巴布亚新几内亚以外的所有国家,中央联邦政府一级的税基均小于会计收入。

总的看,应税收入比会计收入小得多,这说明,多数税收制度均是与会计模型相差得很大。

税基的时间结构

表 2 中的信息是可信的,因为所有数据均已贴现到初次开工生产的日期。贴现的过程是有用的,因为据此可直接对不同时间段内的情况进行对比。但是,有些信息也在贴现过程中丢失了,因此我们列出了项目服务年限期间内逐年的税基(征税标的)构成情况(见图 1~4 图)。如,有几种税收制度实际上在生产刚开始时有一段较长时期的免税期,因此,其税基的贴现值是不确切的。

图 1~4 说明了按照加拿大联邦所得税,美国联邦所得税(适用于犹他州),智利附加税和赞比亚公司所得税税制,所计算的在项目服务年限内逐年的税基构成。显示了逐年的经营性现金流,各阴影区分别表示应计折旧资产,勘查及开发支出及其他扣项。在“应计折旧资产”类目中包括所有与资本投资有关的扣项,如资本成本回收及与投资有关的优惠。在“勘查和开发支出”类目中包括应扣除的勘查和开发支出以及与此有关的优惠。“其他扣项”主要是其他税收的应计扣减。空白区代表项目的应税收入。

这些图表明,此模拟项目在经营的前十年每年的经营性现金流为 7100 万美元。在经营的后十年,由于矿石品位下降,每年现金流降至 2700 万美元。这是老矿山的典型特征,即经营后期生产成本增加。还要指出,这里采用了税收最小化的方法,以便充分地利用税收优惠和扣除。即在可以选择时,假设纳税人的选择是使可能的有效税率最低。选择这 4 个图上所说明的税制以说明税收处理的变化范围。例如,在图 1 和图 2 中,说明了加拿大及美国的联邦所得税情况。选择这些税制是因为其税基相似(分别占贴现现金流的 25%和 22%)。但加拿大税则允许迅速注销勘查、开发和资本成本,意味着前 3 年加拿大的矿山不需缴纳联邦所得税。相反,在美国犹他州,这些费用需在较长时间内摊销,因此其不能受惠于免税期的规定。当然,在经营后几年加

拿大矿山的应税收入将比美国犹他州多。因为其应税扣除已用完了。

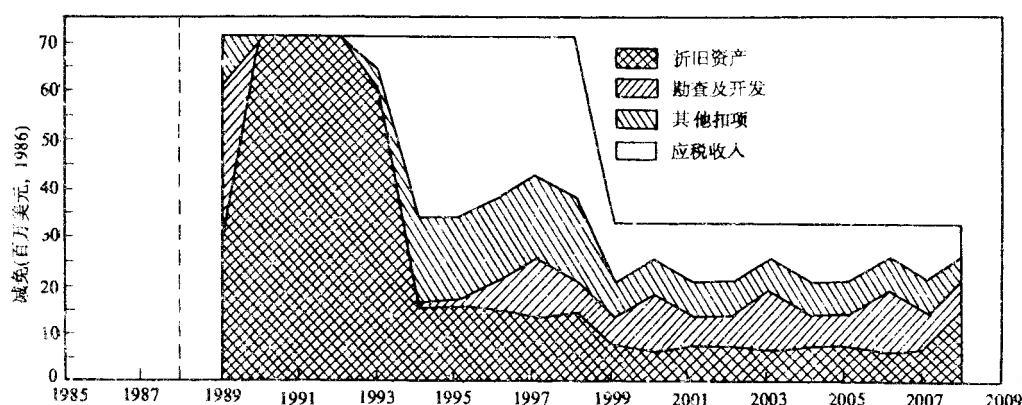


图1 加拿大(不列颠哥伦比亚、安大略、魁北克省)：联邦所得税，优惠对税收标的的影响，以露天铜-金矿山为例，基准情况下的收益率为15%，独立经营

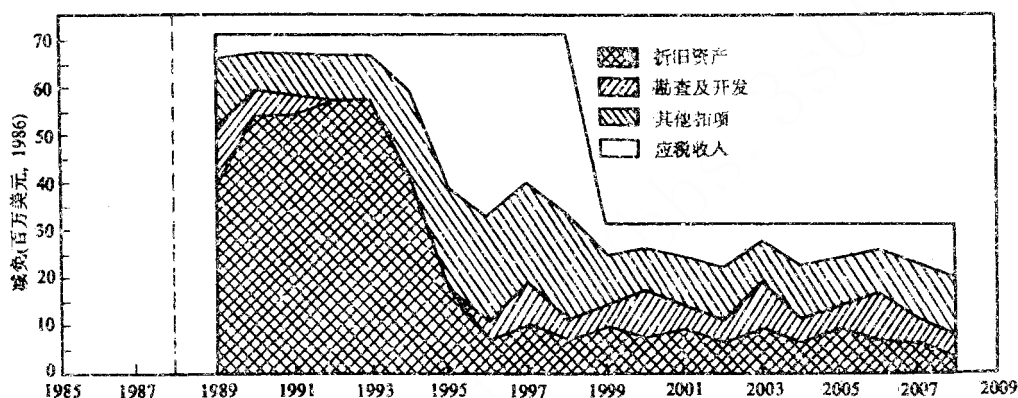


图2 美国犹他州：联邦所得税，优惠对税收标的的影响，以露天铜-金矿山为例，基准情况下的收益率为15%，独立经营

图3和图4的情况相差最大。按智利的附加税，税基接近于会计收益。智利允许对资本成本加速折旧，但未规定与投资有关的优惠。结果是，税基相当于经营性现金流的40%，

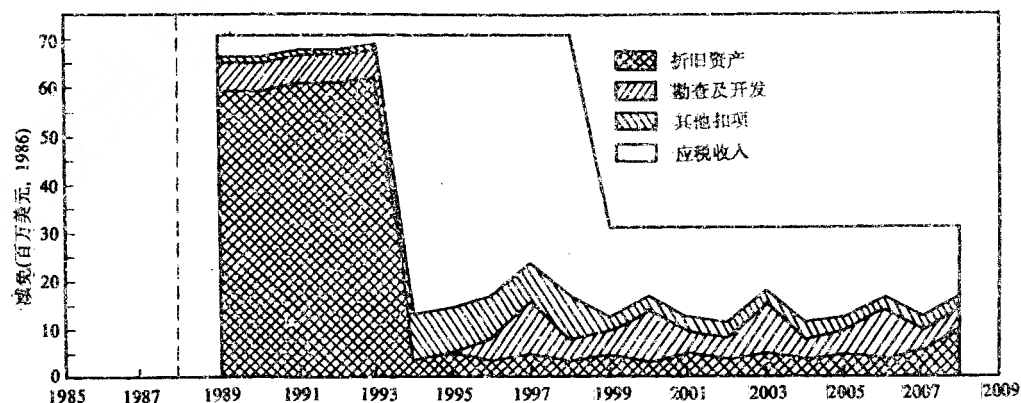


图3 智利：附加税，优惠对税收标的的影响，以露天铜-金矿山为例，基准情况下的收益率为15%，独立经营

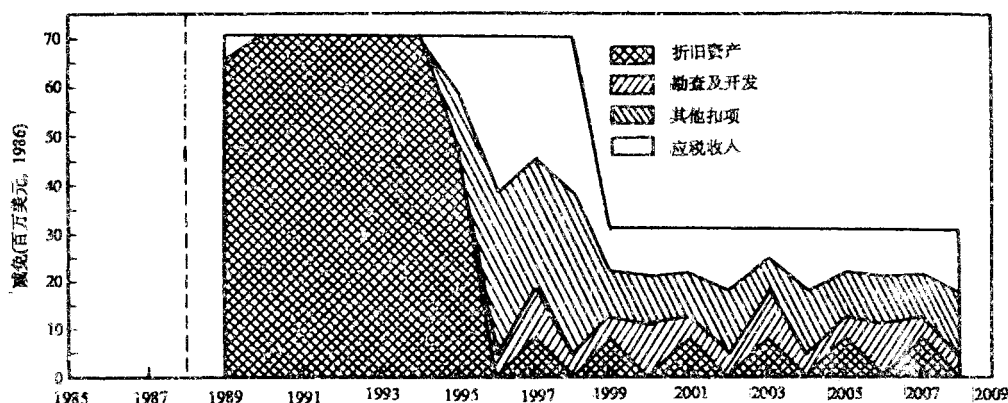


图4 赞比亚：公司所得税，优惠对税收标的的影响，以露天铜-金矿山为例，
基准情况下的收益率为15%，独立经营

相反，赞比亚公司所得税既允许对资本成本进行加速折旧处理，又提供了与投资有关的优惠，其税基仅相当于经营性现金流的16%。

改变基准情况假设时有效税率的灵敏性

本节的研究重点是从税制结构转向税收结构对不同经济条件下的有效税率的影响。计算了基准情况下的有效税率，但这些结果的信息含量并不大。基准情况的假设条件实际上是不现实的，也未选择本文所包括的税制去直接对比税负。但基准情况的分析结果是有用的，它是灵敏性分析的基础。在本节中我们系统分析了在放松不现实的基准情况限制条件时的情况，并对比了由此而得出的有效税率的结果。并由此而分析了利润率、通货膨胀率和产品价格周期变化的政策意义。

有效税率对项目利润率变化的灵敏性

评价税制行为的一个重要准则是其所对公司或工业利润率变化的反应，不管一个公司税制是累进性的、递退性的还是中性的，它对社会中资源分配的方式均有明显影响。提高经济效率，鼓励资源的最优化配置，是世界范围内税制改革运动的两个主要目标。这些目标的实现与一种税制对待项目的方式关系密切，因为其影响到利润率水平。

对于累进税制，其有效税率直接随利润率而变化。即一家公司越能盈利，其应纳税款占其现金流的比例就越高。相反，利润较低的公司其税负(以有效税率衡量)较轻。乍看起来，这么一个税制是有吸引力的，因为它将税负与支付能力联系了起来。对于个人税收来说，这是一个有效的目标，但是，还存在被征税公司收入对累进基础的经济影响的疑问。

对累进税制一个关键的责难在于，在经济向好时期，其实际上是不鼓励提高经济效率的。由于那些收益最好的公司，其资金中的更大一部分需纳税，由此，这些公司扩大规模的能力降低了。从总体经济发展方面说，这意味着公司不太乐意研制和采用新技术。累进税制往往还会产生这么一个结果，即较高利润率的公司和仅有边际利润的公司其税后收益将差不多，这也可能降低对提高生产率的兴趣或对新兴领域的投资。

累进税制一个最直接的优点是政府可得到好处，按照这类税制，经营好的公司付税额自动

增加，政府不需改革税制就可以增加收入。另外，经营业绩不好的公司对这种累进税制也是有兴趣的，因为这时其所适用的实际有效税率要低于执行递减税制或中性税制。

对于递减税制来说，有效税率随盈利率的变化出现反向变化。即，利润率下降时有效税率增加，反之亦然。最常见的情况是纯粹的以产量为基础的权利金：从量计征，不随盈利率变化的固定收费。

从理论上说，递减税制的一个优点是政府提供了稳定的收入来源。付税额不取决于公司的经营状况，任何情况下应纳税额的数量都是一样的。经营状况好的公司喜欢这种税制，因为这时其适用的有效税率低于执行中性或累进税制的税率。

但事实上，所认为的递减税制的这一好处是很难实现的。不仅不一定有稳定的收入，在税收征收上可能还会发生较大变化。固定税负将迫使公司在利润率降低期间停止经营。此种税收增加了任何项目缩减规模的风险，按递减税收，一个在税前基础上边际的项目按税后基础评价可能就是全然不经济的。投资风险的增加还可能导致资本支出水平的降低。价格起伏较大的行业，如矿业，更是如此。

为了研究矿产税制是如何对公司利润率的变化起反应的，我们进行了一系列模拟分析（见图 5、图 6）。并对于每个国家，将其低利润率和高利润率的结果与基准情况进行对比。基准情况是，矿山模型的税前内部收益率为 15%。通过控制矿石品位，低利润及高利润情况的税前内部收益率分别为 5% 和 25%。图 5 按有效税率降低的顺序绘出了澳大利亚、智利、印度尼西亚、巴布亚新几内亚和秘鲁的模拟结果。基准情况下的有效税率指数定为 100。以基准情况为标准来说明高、低利润率的情况。例如，澳大利亚昆士兰州的有效税率在低利润率条件下是基础情况下有效税率的 3 倍多。在高利润率情况下，有效税率比基准情况的低 23%。在所研究的税收制度中，昆士兰州的税制是最具有递减性的（考虑到在所分析的税收中仅有昆士兰州包括了产量权利金，所以这一结果不令人惊奇）。图 5 中所说明的 5 个国家的税制均是递减性的，尽管递减的程度有所不同。

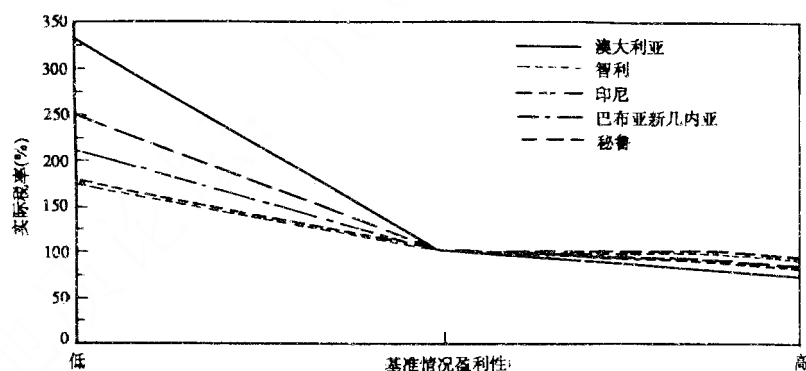


图 5 不同假定盈利率下的实际税率

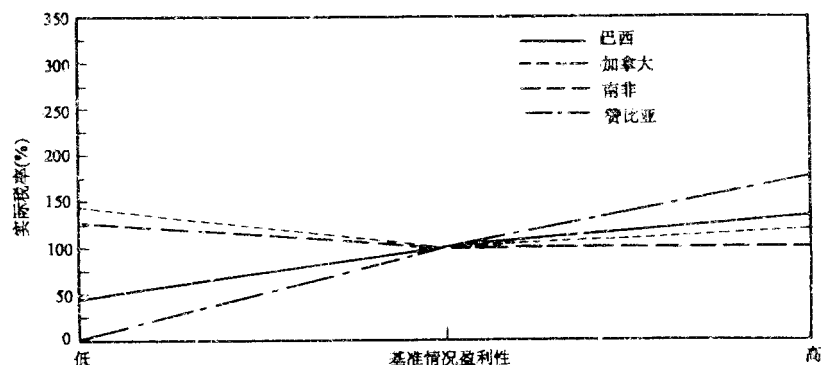


图6 不同假定盈利率下的实际税率

图6说明其余几个国家有效税率和利润率之间的关系。赞比亚的税制其累进性最强。若矿业项目的内部收益率只有5%，在赞比亚将不收税，但在高利润情况下(内部收益率25%)，其有效税率比基准情况高出75%。巴西也是一种具有明显累进性的税率。若进行全部模拟，则美国的税制也具有累进性。

通过对比，加拿大和南非的税制可称为是中性的，但在技术上这两个国家的税制均不称为中性税制。设计一个中性的税收制度是十分困难的。在所研究的税制中，没有一个税制是真正中性的。

不同税制其不同类型的行为是由不同税制的具体结构所造成的。当税制成分对利润率不灵敏时通常会出现累进税制。这包括澳大利亚昆士兰州的权利金，尽管其他结构也可能出现类似的结果。例如，印度尼西亚的税率特许权，其就起到了累进性的作用。这一特征降低了矿山前十年期间的边际税率。一座盈利的矿山更可以受惠于这一条款，但不太盈利的矿山，在前十年的特许权期间没有可税收入，因此受影响不大。因此，结果是降低了盈利矿山的有效税率，而对不太盈利矿山影响不大。

有效税率对通货膨胀率变化的灵敏性

我们所进行的第二个模拟系列是分析通货膨胀率对国家税制运作情况的影响。所选择的模拟分析允许在项目服务年限内所有的价格和成本均上升5%，以这种方式，实际内部收益率仍保持为15%，并将模拟结果直接与基准情况进行对比。由于所有的价格和成本一起变化，受影响的只有资本款项。在这种条件下，通货膨胀率将具有比较大的影响，这取决于项目的资本强度(本节的看法也适用于矿业之外的其它资本密集型的行业)。

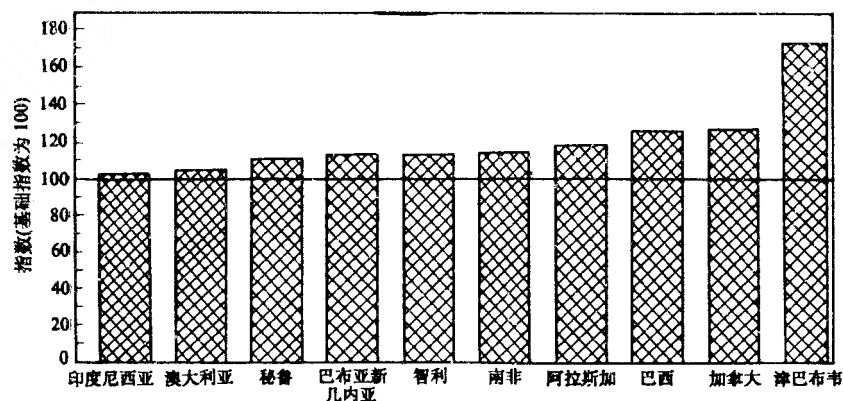


图7 通货膨胀率5%时的实际税率与基准情况下的实际税率(指数=100)比较

注：实际税率为纳税额占税前现金流的百分比(贴现率为3%)

图 7 说明了模拟结果,并与基准情况进行对比。各税制基准假设情况的有效税率指数为 100。当通货膨胀率为 5%时,按照印度尼西亚的税法几乎没有什么影响,但若按照赞比亚的税制,有效税率将增加约 70%。除印度尼西亚和澳大利亚以外,引入较低水平的通货膨胀率,在所有税制条件下均将使有效税率增加,美国也将是如此,但这里未进行模拟。

税制对通货膨胀的灵敏性主要是由于使用了以会计制度作为资本款项税收处理的参考制度为基础的历史成本。在所研究的所有税收制度中,实际资本成本本质上均不允许作为可扣减支出,因为所有的税制均使用资本资产的历史购置成本作为其标的。即,公司记录下其资本资产的历史购置成本,并在一定年限内允许其作为可扣减支出逐年摊销。通货膨胀一般情况下既提高了收入也提高了成本,但对于以历史成本为基础的扣减(如折旧)没什么影响。因此,通货膨胀率越高,折旧相对于收入就越小。显然,由于这一扣除值下降,有效税率增加。当然,通货膨胀对资本密集型的公司影响更大,因为这些公司要求分期摊销的支出中,较大的一部分是与资本有关的。

为避免对实际扣除额的不利影响,一种税制应以现金流为基础,不能以收入为基础,或应该有对实际通货膨胀条件进行资本成本补贴调整的机制。所研究的税制中没有一个是具有这种机制,但多数均包括一定的对通货膨胀进行补偿的规定。就所提供的保护的程度的而言,一般是以特设的形式进行,是任意的调整,有很大的随意性,而并未考虑其对通货膨胀的灵敏性。例如,赞比亚税收条款规定,对任何未偿还的资本成本,均允许 10%的协议补偿,而不管通货膨胀率是 2%、20%还是 200%。在几种减轻通货膨胀影响的措施中,比较常见的一种方式投资补贴和/或税收补贴条款。

这些类型的调整的影响是降低了有效税率,并使税制对通货膨胀更为灵敏。注意,在图 7 中,受通货膨胀保护最多的税制,即赞比亚、巴西和加拿大,其矿山模型因引入了 5%的通货膨胀率而受影响最大。通货膨胀灵敏性同总税收折扣(它们不随通货膨胀变化)的比例有关。通过提供一种特设的优惠,一个税制可以降低税收标的,这自然使有效税率下降——假设其他条件不变。但是,剩余的税收标的(虽然由于有特设优惠而较小)相对更依赖于以历史成本为基础的款项,如折旧。这使得税制对通货膨胀非常灵敏,并且毫不奇怪,在通货膨胀模拟时有效税率将明显增加。但要注意,对通货膨胀的杠杆比最高的税制,在零通货膨胀时其有效税率是最低的。

那些通过制定特设通货膨胀保护和投资优惠的税制,均是有意或无意地在一定通货膨胀率条件下能最好地发挥作用。这是基准情况税负对比(或与此有关的其他模拟)之所以容易出现误导的另一个原因。当设计的一个税制是在某一通货膨胀率范围内时,其实际实施将明显不同于通货膨胀率变化的情况。其基准情况模拟假设没有通货膨胀,在这些条件下,一些税制(特别是赞比亚)会产生非常低的有效税率,但若在模拟时考虑到通货膨胀,税负的排名将会出现明显的变化。

有效税率对产品价格周期性的灵敏性

采矿业一个最突出的特征是,矿产品具有明显的价格周期性,对于许多矿产品,年内价格升、降 30%的幅度是常有的事。矿产工业其整个的利润率水平在一段时间期限内可以与其他部门相比,但其盈利率逐年的变化幅度往往会相当大。这是一个至关重要的因素,因为收入的变化性将导致许多国家矿业部门所适用的实际税率增加,使其与其他部门相比在竞争中处于不利地位。

所设计的最后一项模拟分析是研究价格周期性对所分析国家有效税率的影响。基准情况假设产品价格稳定。所增加的这项价格变化意味着模拟一项及时的投资。设定当价格周期性上升

期间矿山投产，因此其前几年的利润极高。然后价格回落并逐渐趋向平稳。所设计的价格周期变化仍使项目的内部收益率与基准情况相比无变化，因此，这两个模拟结果可以直接对比。所采用的价格周期见图 8。还考虑了采用其他价格周期进行模拟，但这些模拟结果从政策角度看意义不大。

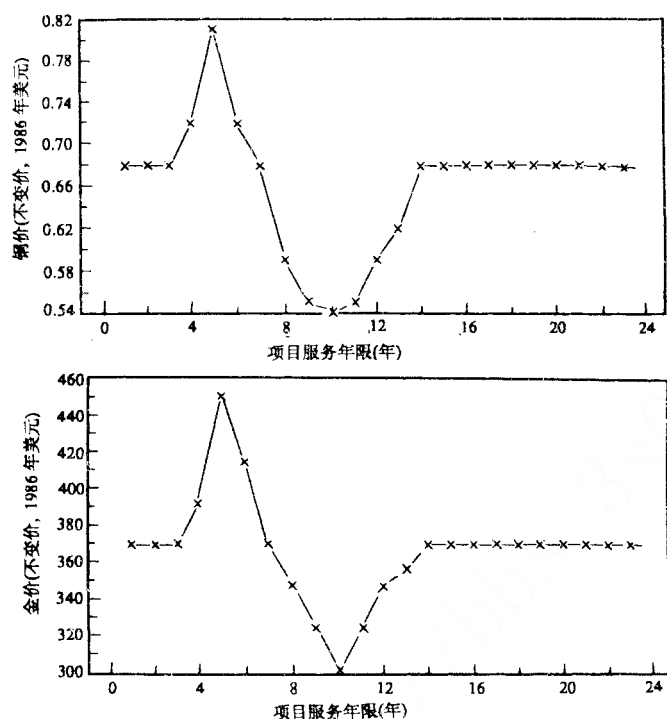


图 8 假定的铜、金周期性价格变化(以露天铜-金矿山为例)

模拟结果见图 9。此图说明了，在给定这一价格周期的情况下，各个税收制度的有效税率的变化。例如，引入了价格周期，使美国阿拉斯加州的有效税率与基准情况相比下降了 10%。相反，在澳大利亚，引入价格周期将使有效税率略有增加。

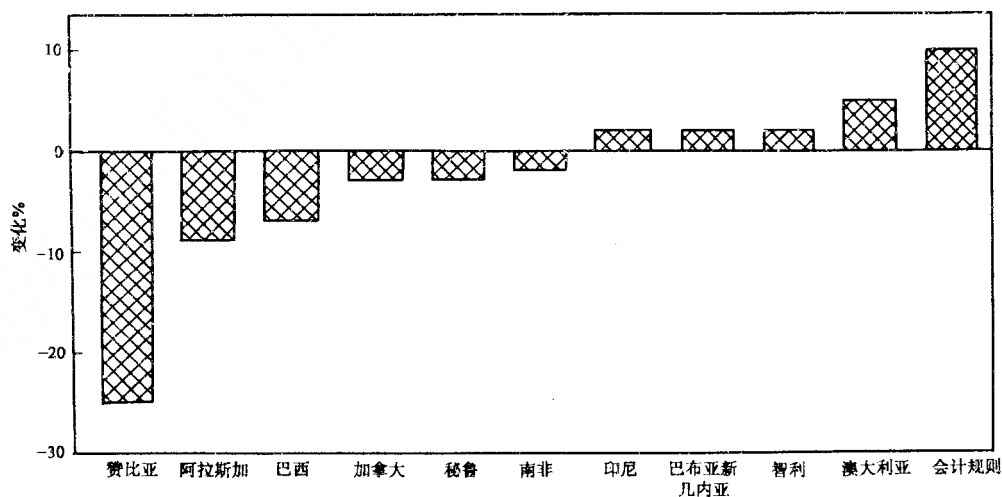


图 9 有效税率指数对价格周期性变化的灵敏性(实际税率为纳税额占税前现金流的百分比，贴现率为 3%)

总的看,与其他模拟情况所表明的灵敏性相比,价格周期对有效税率的影响相对不大(赞比亚情况特殊,因为其公司税与采矿税之间存在着一种特殊的关系。由于有亏损移后结转条款,大量税收被延交,从而使有效税率大为下降)。不过,了解税制在价格周期性变化的情况下的运作情况是很重要的,因为最近许多国家的税制改革的一部分正是引入了这种类型的变化。这些变化将对那些具有平均价格周期变化的工业部门产生影响,即税收上的偏离。

确定税制对价格变化的灵敏性时,一个关键变量是资本资产的处理。计税时折旧规则固定的那些税制,当价格不稳定时其将产生比折旧规则灵活的税制为高的有效税率。从这个意义上讲,折旧规则死板和灵活指的是纳税人改变在计税时所要求的折旧数量的能力。刚性制度最好的一个实例是由传统会计规则所规定的那种制度。即,按照估计的服务年限和公司资产的历史资产,规定每年的专门折旧数量:所记录的支出额与公司收入无关。

为了说明刚性折旧制度对有效税率的影响,图9中包括了按加拿大会计规则的收入作为税基的模拟情况。在基准情况和价格周期性变化这两种情况下分别对矿山模型进行了模拟,并给出了会计收益结果。将一个一致的税率运用于两套结果,得出两套应纳税额。据此来计算有效税率。要指出的是,尽管在两个情况下项目内部收益率是相同的,但在有价格周期性变化时项目的有效税率将比基准情况高10%。

造成这一现象的原因得从扣减的时间上找。无弹性的制度,在折扣的时间安排上没有灵活余地。对一家正经历价格变化的公司而言,这意味着在市场疲软期间无法要求足够的扣项。而在下一个市场坚挺期又得不到任何赔偿,因为可要求折扣的收入的数量是固定的。其净影响是延长了折旧期,这必然降低了折旧的时间价值,增加了有效税率,相反,有稳定收入的公司将能够逐年按规定折旧,因此,未延长折旧期。因此,两个具有相同内部收益率的项目,因为其收入产生的时间不同,也会使其有效税率出现较大差异。

一个补救措施是允许要求加速折旧。这可使公司有权在较盈利期间申请更多的折旧额。在收入减少期间,相对降低所要求的折旧,这样,其净影响是使周期性行业的公司与其他公司在竞争时处于一个更公平的起跑点上。另一个可能的解决办法是允许公司将其亏损无限期地移后结转;但这个方法实际执行起来有很多问题。

对价格具有周期性起伏的部门,其税收处理是一个麻烦的问题,在目前的税制改革中它也正是各国所急于考虑解决的一个问题。在美国,资本消耗率正在下降,加拿大也是如此。其原因在于,加速折旧对资本密集型投资来说是一项补贴,会在经济决策制定时出现偏差。情况确实如此,但取消加速折旧将会使象矿业这样的周期性的资本密集型的行业在决策制定时出现另一种偏差。

美国和加拿大税制改革的方向

经过几年的激烈争论,现在看来加拿大和美国所得税税制的改革过程已基本完成,至少在联邦一级是如此。虽然曾讨论过一些很有进取心的计划,但最终的结果并不十分乐观。矿业部门之税制改革的主要条款是:加拿大和美国降低最高公司税税率;撤销美国和加拿大的投资税收补贴和加拿大的资源耗竭补贴;在美国,执行公司最低税制度。在美国,对折旧方案及对勘查和开发支出的税收处理规定的调整,并不象其自己所预期的那样对矿业有明显影响,虽说矿业界对此前这方面的提案相当关心。此外,百分比补贴(耗竭补贴)制度得以保留下来了。但是,其主要的影响在于感到税负增加了,因为改变了公司最低税制度。这些变化使得税制更为复杂

化了,总体上评价美国税制改革对矿业的影响更加困难。在加拿大,取消资源补贴,降低资本成本折扣率,从降低名义税率角度看对矿业也不会有明显影响。但加拿大保留了新矿山资产和重大扩建项目加速资本成本减让的条款及勘查支出加速注销的条款。

美国和加拿大矿产部门的所得税制度,税制改革上其结构是相似的,在操作上是合拍的。都规定了大量的投资优惠措施,并且均是略微累进性的,对通货膨胀和价格周期性都比较灵敏。

从政策角度看,美国和加拿大的这些变化对矿业有何意义?按新的制度,许多盈利矿山的有效税率均要低于按以前的制度。这些矿山将受惠于税率的下降,并且不会因取消优惠而受到严重不利影响。但是,在美国,不太盈利的矿山其有效税率将可能增加,主要是因为改变了最低税制度。因此,变革的净影响是该制度在盈利率方面的累进性变得不太明显。其次,取消投资税收优惠是一个严重的不利影响。因此,在美国和加拿大,改革后的税制对通货膨胀的灵敏性下降,第三,因为资本成本回收制度未进行重大调整,因此,矿产所得税制仍保留了其可以处理价格周期问题的能力,但在美国,最低税的出台在这方面有些影响。

新税制具有几方面的优点。由于降低了税制的累进性,其实质是奖赏成功而不是奖赏努力(即税制有利于盈利矿山),这与声称的经济政策目标相一致。一般认为,能够鼓励资源在部门内和部门间更有效地分配的政策,可以促进经济增长。在目前通货膨胀率较低的情况下,取消固定的投资优惠(如投资税收补贴)并不会太有明显影响。当通货膨胀使得税收对资本密集型投资产生严重偏见时,这些优惠可对此行业提供赔偿。但是当通货膨胀率低时,这些优惠将使资本密集型行业产生非常低的有效税率。

改革后的税制也有些缺点。由于美国和加拿大的税制均未提供通货膨胀调整条款,所以其不适应于有通货膨胀的情况。取消优惠的情况下若再遇上通货膨胀将会出现极大的压力。

结 论

各个国家税制改革争论的重点重新集中于比较税收体制及税收对经济的影响这些方面来。本文调查了各类矿产所得税制度,以便分析这些税制是如何组织的及其所包含的政策意义。我们模拟了各个税制,然后将同一个矿山模型运用于不同矿山经营条件下进行模拟,并将结果进行对比。模拟中所选择的变量是:盈利率,通货膨胀率和产品价格周期。

我们通过分析有效税率和盈利率之间的相互关系发现,所研究的大多数税制均是累进性的,虽然其累进的度不同。即,有效税率随利润率的增加而增加,随利润率的减少而减少。少数几个国家的税制是递减性的。即,有效税率随利润率的增加而减少,随利润率的减少而增加。没有一种税制是真正中性的(不管税前利润如何,有效税率均不变),但有些制度是接近中性的。

有效税率和盈利率之间的关系非常重要,因为其影响着社会的资源分配。累进性税制可能不利于人们投资于新兴的或发展很快的经济部门(因为发展快盈利率就高,这样得按较高的有效税率纳税),因此而损害了总体的经济增长。递减性税制对于关心税收收入稳定的政府来说,是很有吸引力的,但这也有问题。首先,递减性税制因增加了矿山暂时关闭的可能性而增加了税收收入的变化性。其次,递减性税制因增加了投资者的风险而事实上将降低了总投资额。造成累进性的一个主要原因是存在投资优惠条款,而在许多国家正在考虑撤销这些条款。缩小所得税税率的变化幅度也可能具有这种影响。

目前发达国家的通货膨胀问题不象过去那么严重。因此,有一个趋势是在税制中取消保护公司免受通货膨胀的税收影响的措施。以历史会计成本为基础的税制,在通货膨胀期间会产生

较高的有效税率。矿业作为一个相对资本密集型的工业部门，对通货膨胀特别灵敏。本文所进行的模拟已证明了这一点。

当然在低通货膨胀的条件下减少税收的通货膨胀保护可能是合适的，但若通货膨胀率上升，象矿业这样的部门其有效税率将会突然地急剧增加。因此，在低通货膨胀率情况下对所有部门同等对待的一种公司税制，在高通货膨胀时将出现明显的偏差。

矿业有别于许多其他行业，因为矿产品价格是有周期性变化的，研究说明，矿业部门所持有的价格周期将使之有效税率高于其他不受价格周期影响的行业。造成这一结果的结构原因在于资本成本回收的税收处理。当资本成本的摊销期延长时，价格周期对有效税率的影响更大。在许多关于税制改革的争论中，有一种呼声是延长资本成本的摊销期。如果对矿业部门来说果真采取了这些措施，矿业与其他工业部门相比在竞争中将处于更不利的地位。

综合经济与环境卫星帐户

Carol Carson

(美国经济分析局局长)

引言

国民经济帐户的现行系统——包括国民收入帐户与实物帐户、投入——产出帐户以及平衡表，无疑是分析与决策的首要工具。这些帐户自 50 年前产生以来，一直在进行改进、扩展和更新以反映经济变化和适应不断发展的分析和政策要求，进一步深入研究，本文及其姊妹篇“矿产资源核算：问题和经济分析局的初步评价”（也收入在本文集中——编者注）展示了由经济分析局所做的关于包含经济与环境相互影响的核算框架的新工作。为此该核算框架提供了与分析这些相互影响有关的新分类，并扩大了现行帐户资本的定义以包括自然资源和环境资源。该核算框架采取一种卫星帐户形式——一种补充帐户，而非替代现行帐户。

本文描述了这一新工作的分析与经济核算背景，卫星核算框架总的看法以及完成这一核算框架的长期计划。由于本文引入了一个既有经济范畴又有环境问题的主题，因此对那些熟悉经济问题（和经济核算）的读者来说文中的某些部分或许是初级的——甚至过于简单——而文中的其他部分对那些熟悉环境问题的读者来说也许是基本的常识。

姊妹篇讨论了矿产资源核算的概念和方法论问题，描述了矿产存量的评价以及过去数十年间矿产存量的变化。文中从技术上较详细地描述了准备这一新评估所采用的选择性评价方法、原始数据以及核算程序。

数年来，国民经济帐户已从概念、原始数据和评价方法的讨论和评论中受益。综合经济与环境卫星帐户期待同样的探讨与评论，就像经济分析局的新帐户那样，我代表经济分析局欢迎你们的评论。

综合经济与环境卫星帐户

经济与自然环境在许多方面相互影响，这些相互相互影响提出了一些分析问题。

国民财富包括自然资源，如油气储量和森林，它们被用于生产。那么，这些资源以什么样的速度被消耗？

矿业生产者的收入包括钻机、采矿设备以及其他附属设施与设备的收益和矿产资源的收益，那么矿产在其中应占多大比例？

经济活动通过勘探和技术进步增添了证实的自然资源存量。生产中自然资源的消耗有多少已被这些增量所补偿？

家庭、政府和企业都花钱来维护或恢复环境，他们的花费中有多大份额是为了保护环境呢？

经济活动向空气和水中排放废物，导致环境恶化，提高了社会成本，如木材产量和鱼捕获量下降，清洁成本提高。这些成本意味着什么？那些部门承担？

关于经济与环境相互影响的这些问题的答案常常是基于一些片面的和有时甚至是相互矛盾的信息之上，因此应在一个系统的框架内确定并量化这些相互影响以作为更有根据的分析和决策基础。本文介绍的综合经济与环境卫星帐户，它可以帮助满足这样的要求。综合经济与环境卫星帐户是一种补充帐户，其结构与现行经济帐户相比更能完全地表示经济与环境的相互影响，综合经济与环境卫星帐户是建立在现行经济帐户基础之上，而不是取代现行帐户，同样，综合经济与卫星帐户的计量单位也不取代现行经济帐户中的计量单位，如国内生产总值(GDP)。

经济分析局于 1992 年开始此项工作并完成了本文和有关矿产资源核算的姊妹篇。作为一项使其经济帐户现代化的长期计划的一部分，经济分析局开始研究两种帐户形式以补充现行的国民帐户。补充帐户之一称之为卫星帐户，其目的是专门核算自然资源的存量及其变化。经济分析局下一步要介绍的另一个补充帐户是关于研究和发展的。卫星帐户所起的作用与他们总的结构见附录。

当 1993 年克林顿总统作为其 4 月 21 日地球日讲话的一部分，给予“绿色国内生产总值量”开发以高度重视时，自然资源卫星帐户方面的工作被给予更多的促进，并拓宽了范围。该项计划把自然环境的变化合并入国民收入和财富的计算中。那时经济分析局许诺在一年内提出对自然资源耗竭的初步评价。

卫星帐户是什么？

卫星帐户是设计用来扩大国民帐户的分析能力，而又不至于使国民帐户过分繁琐或妨碍其总体目的的框架。在这个作用上，卫星帐户以一种适合于特定分析焦点的内在一致的方式组织信息，而且卫星帐户仍保持着与现行国民帐户的联系。更进一步，因为卫星帐户是补充而非替代现行帐户，它为理论探索和方法论的改进提供了余地，所以它们是经济核算的一个实验室。

为使其灵活应用，卫星帐户可以采用一些不同于现行帐户的定义和概念。例如：可以根据一个比现行帐户更为广泛的资本形成概念建立一种卫星帐户。这种灵活性正在经济分析局有关综合经济与环境帐户和研究与开发帐户方面的工作中得到应用。另一方面，这些卫星帐户按设计使用了不同的概念和定义；它们仍与现行帐户保持一致。

卫星帐户可以把经济中某一种定方面的详情或其他信息添加到现行帐户中；例如：卫星帐户可把货币和实物数据结合在一起。卫星帐户可以部门收集中间和最终消费方面的信息，对信息进行不同处理。例如：一个卫星帐户可以集合企业培训方面的费用数据——在现行帐户中作

为中间消费和家庭及政府的与教育有关费用，以便分析教育在经济中的作用。它们可以采用一个新分类而非原来的分类。例如，卫星帐户可以把“教育研究”方面的费用研究为研究费用的一部分，即使在现行帐户中这部分费用包括在教育费用中。

与卫星帐户有关的术语和概念反映了建立卫星帐户的整个国家的经验，这些卫星帐户主要是基于一个特定的基础之上，涉及像健康、教育、农业、研究与发展以及环境这样一些领域。

《1993 年国民帐户系统》，新版的国际指南，其中一章提供了卫星帐户的一个总体框架，描述了如何在某些卫星帐户非常有用的领域使用这个框架，这一章确实表明卫星帐户作为一种分析工具的时代的到来。

本文是第一部分讨论了综合经济与环境卫星帐户的分析与经济核算的背景，而且对环境卫星帐户的联合国系统做了总结，随后对经济分析局的帐户进行了改革。本文的第二部分介绍了综合经济与环境卫星帐户的主要特点，描述了可得到的数据来源清单，考虑了新帐户的使用。文章的最后部分描述了经济分析局开发卫星帐户的长期工作计划，这项计划的第一阶段就是这两篇文章

综合经济与环境核算的背景

分析背景

作为两个性质截然不同的领域去谈论经济和环境是一件简单的事情。例如，可以认为，经济是自然的一部分，因为人类在生产食物和建造住所时的经济活动几乎等同于动物类似的活动。简而言之，经济被定义为与收入、生产、消费、积累和财富有关的人类活动(尽管还在继续讨论界定的范围，例如关于“生产”这个词)。“环境”这个词指的是人类环境，它由生物资源、地下资源、土地及相关的生态系统资源、水和空气所组成。从经济的观点出发，环境可以认为由一系列自然资源和环境资产所组成，它们为经济提供了一个可辨认的重要的物质和服务流。

经济在许许多多的方面使用这些生产性的自然资源。例如，从证实的储量采出的原油用于生产石油产品，湖和海洋中的清洁水用于渔业、造纸和电力生产。由这些环境资产提供的物质和服务的经济使用可分成两大类。当自然资源的使用永久地或暂时地减少了其数量，这些自然资源的使用被认为包含一种利益或服务的流，资产量的减少称为耗竭。例如在此使用的分类中，生物学资源用作食物、纺织原料、建筑材料和燃料。水用于饮用、冷却、加工和灌溉。

当自然资源的使用降低了其质量，资产质量的下降称为退化。这些质量的使用包括土地从一种用途转化为另一种，如森林土地不完全的开发。森林土地的开发导致作为森林土地的土地经济价值的下降，因为作为野生动物区和旅游地，与退化有关的娱乐服务减少了。在另一个质量使用方面，自然资源用作残余污染物质的处理场所，这些物质是生产的副产品。

自然资源的使用仅描述了经济与环境相互影响的一部分，还有反馈影响。物质平衡和能量核算突出了自然资源的使用及其使用带来的反馈影响，这样，他们就抓住了经济与环境之间的全部相互影响。至于自然资源，从储量中采出的原油减少了将来从现行油田中可以采出的原油数量，同样，过分捕捞现在的渔业资源将会减少未来渔业的产量。

过于环境资产，反馈更为复杂，常常对其他行业和消费者造成影响。例如，当企业使用环境物质与服务及生产中的劳动力与资本时，还产生一些残留物，如铅、镉、一氧化碳和二氧化硫，他们被处置到环境中。在某个点，环境能够吸收这些残留物，超过这个点，严重的环境退化就会影响环境为经济提供原料(和吸收残留物)的能力。例如，空气和水质量下降可以导致经

济反馈,使木材产量和鱼捕获量减少,工厂和设备折旧率提高,增加清洁成本,健康支出增加,另外,或者是因为政府的规定,或者是因为处理环境不再能吸收的残留物的需要,企业和其他行业必需花费投入以减少和控制污染。

综合经济和环境核算的目的是提供经济与环境之间相互影响的一幅图画。像已经指明的那样,尽管这个框架有许多元素,很复杂,但是按照定义,它不包括环境本身的许多变化和相互影响,——例如鱼和哺乳动物废弃物的处理,地面和海洋中的植物将二氧化碳自然地转化成氧。这些帐户突出了这样一个事实,即经济的可持续性取决于环境的可持续性,而且他们还提供数据帮助我们分析经济与环境资产的成本和收益。一致的和详细的核算经济与环境之间的相互影响提供了一个总体框架,以在许多方面综合环境专家、经济学家和其他学科分析者的工作。

经济核算背景

经济界的会计师们早就意识到因考虑自然资源和环境所引发的问题。问题之一,在姐妹篇中也做了评论,就是经济帐户是否应该反映平行现象,平行现象在折旧和耗竭之间的企业核算中是显而易见的(折旧是生产中工厂和设备的使用所产生的一种费用,耗竭是生产中自然资源的使用所引起的一种费用)。尤其是,因为按照美国税法中的收益,矿产资源的耗竭一直是应课税的,也由于税收返还表用作国民收入和产品帐户的收益及其他财产收入组成部分的来源数据,所以对帐户中耗竭的处理需做出明确的规定。最初,耗竭与折旧对称处理,但是对平行于建筑物和设备中投资的处理的矿产资源存量的增量未做入帐。由于不满于这种不对称的处理,1947年开始取消了耗竭入帐。

六十年代末和七十年代初,环境核算问题作为社会核算广泛利益的一部分出现。由 James Tobin 和 William Nordhaus 所做的关于调整传统经济帐户以适应休闲时间、城市化的不适、自然资源耗竭、人口增长及其他方面的福利的变化的工作,产生了经济健康的晴雨表。然而,涉及非市场活动的这种计量的表面上无限的范围,不确定性和主观性限制了这些社会指示器的应用和影响。此种计量的纳入大大减少了传统经济帐户在分析市场活动方面的应用。随后应重视更易辨认的和直接有关的市场问题,如与环境保护和恢复有关的费用(和称为防护的费用)限度,这个限度在经济帐户中是可辨认的。

七十年代中期,为响应环境保护,经济分析局在国家核算框架内评估减少与控制污染支出方面走在前面。而且由于预感到将来可能要发生的事情,将这些评估的框架看作是一种卫星帐户的雏形。减少与控制污染的评估集中于某一个感兴趣的利益范围,且提供详细数据,这些详细数据加重了总的国民收入与产品帐户所表述内容的负担。

自八十年代初以来自然资源与环境核算的进展可以从美国积极参与的国际合作方面的成果和相关文献加以总结。为此 1982 年可作为一个适当的开始。那一年,联合国环境计划署被授权提出环境核算的方法准则。在其早期工作中,联合国环境计划署试图阐明经济发展和环境之间的联系以把环境与资源管理问题综合进经济决策框架中。随后,联合国环境计划署和世界银行在 1983-1986 年主办了一系列研修班以探究环境与自然资源核算的现状。总的思路是,尽管经济学家一直在考虑生产和消费的“外部成本”,但他们并没有考虑对资源系统作为一个整体的影响,其结果是最终某人将不得不承担‘外部成本’。一个更广泛的意见是,将环境成本在生产过程中内部化,为此正确地计算成本和收益,明确区分实际收入和由耗竭或退化引起的资产的减少是必不可少的。相应地,各研修班的重点集中在传统经济核算的缺点上,国内生产总值没有适当地反映实际收入,因为环境保护成本被当作产生的收入,因为自然资源的耗竭和退化没有使其由现行收入来承担。对这些缺点提出许多补救措施,但是还缺乏可行的方法和好的数据,某些建议甚至还是相互矛盾的。

八十年代中期, 尽管缺乏综合环境与经济核算评价的经验, 但研究团体和信息资料却在增长。法国、挪威、荷兰在实物核算模型方面进行了研究, 他们把成本—收益和成本—效益工作综合于环境政策领域。最后, 加拿大、英国、日本和澳大利亚在补充传统帐户方面均做了初步工作。联合国和世界银行与墨西哥和巴布亚新几内亚的统计学家共同进行了示范研究。除此之外, 一些研究者——如 Henry Peskin 与美国环境保护局一道对切萨皮克湾做了研究; 世界资源研究所的 Robert Repetto 及其同事对中国、哥斯达黎加和菲律宾做了研究, 并写出了许多环境核算方面的文章。

同时, 对联合国的国民帐户系统(SNA)——许多国家在准备他们的经济帐户时所遵从的国际准则, 进行了修订。一个主要问题就是修订版的国民帐户系统(SNA)将能对国民帐户的缺点作多大程度的改正。

世界环境与发展委员会 1987 年的报告——《我们共同的未来》促进了这一讨论, 给出更多理由探究为指导政策和决策提供合适工具的统计计量。这份报告主题集中在可持续发展上, 即满足现在的需要而不损害满足未来需要能力的发展。因为人们逐步认识到把经济发展问题与环境问题分离开来是不可能的, 许多发展形式破坏了发展所依靠的环境资源, 环境的退化逐渐损害了经济发展, 因此, 根据这一报告, 联合国大会建立了环境与发展委员会。

到 1989 年已经清楚, 自然资源和环境核算许多概念和实践问题方面的歧异观点已定。作为不断发展的修订工作的一部分, 保持国民帐户系统(SNA)的基本变化最终在国际上形成统一意见是不可能的。因此, 建议现修订的国民帐户系统(SNA)与环境所考虑的因素相联系, 如资产的定义与范围, 并寻求综合经济与环境核算的一个卫星帐户。联合国承担了手册的编写工作以提供用于建立卫星帐户的指南。

随后, 这一方法在几个论坛上得到支持。1991 年 5 月, 在国际收入与财富研究联合会的一个特别会议上, 经济学家和环境专家讨论了联合国手册的初稿。1992 年 6 月, 在里约热内卢举行的联合国环境与发展大会在其 21 世纪议程中包括一个建立综合帐户系统的计划, 作为现行系统的补充。21 世纪议程强烈要求准备经济帐户的国家机关承担这项工作, 力促联合国广泛分发该手册, 以改进这个手册。1992 年 10 月, 在审查修订版的国民帐户系统的一次会议上, 经济学家总体上欢迎把环境联系起来的办法以及修订版中有关卫星帐户的部分章节, 根据联合国手册这些章节探讨了综合经济与环境帐户。1993 年 2 月, 联合国统计委员会批准了修订的国民帐户系统(SNA)。该委员会在突出修订的国民帐户系统的重要特征时, 特别提到修订的国民帐户系统提出了涉及经济与环境之间相互影响的基本成分。

联合国环境与经济核算系统(SEEA)

如手册中描述的那样, 联合国环境与经济核算系统(SEEA), 是一个灵活的, 可扩展的卫星系统, 它利用实物平衡方法来表述经济与环境之间的全方位相互影响, 联合国环境与经济核算系统(SEEA)依赖于 1993 年国民帐户系统, 并被设计为与其一起使用, (下称 SAN 1993)。与国民帐户系统一样, 联合国环境与经济核算系统(SEEA)主要与生产、收入、消费及财富的环境含义有关。

联合国环境与经济核算系统(SEEA)有四个阶段, 每个阶段连续地提供一个比较综合的经济与环境相互影响的核算。四阶段的表述需要研究理论、登记和扩大数据来源、对不同的分析需要修改执行。起点是国民帐户系统 SNA 1993, 它综合了环境核算需要的几个特点。

A 阶段分发或提供从环境方面与经济活动和资产有关的附加细节。例如, 这一阶段集中在防止或恢复环境退化的实际支出上。它包括自然资源资产存量及其变化的详细分类。最后, 还包括部门间的联系以反映自然资源的供应和消耗。自然资源的消耗--耗竭和退化--可以按部门、

投资分成中间消费；也可以按家庭和政府，进出口分成最终消费。

B 阶段以 A 阶段的实物数据开始。它从实物上表示出环境与经济之间的相互影响，它提供实物数量乘以价格，从而得到经济帐户中的经济价值。这些实物帐户在自然资源核算和原料与能耗平衡核算之间架起了一座桥梁。如此，B 阶段把实物量与货币价值联系起来。

C 阶段提供经济与环境之间相互影响更为综合的和明确的计量。这样做，首先要通过使用所选择的价值评估方法，即选择那些价值与市场联系的方法，在国民帐户系统 SNA 1993 和传统核算系统中使用的价值评估方法。所选择的评估技术包括基于维持成本或维持环境资产至少现有水平必需的成本的估算；以及基于应急评价或为减少自然资源耗竭或降级而支付的某意愿的评价。其次，这样做，还要有对国民生产、投资、收入和财富计量方面的环境影响的更明确的介绍。联合国环境与经济核算系统(SEEA)A 阶段和 B 阶段(以及国民帐户系统 SNA 1993)记录了作为资产价值变化或作为生产因素中收入分配变化的环境影响，这些变化没有明确地影响国内生产总值，最终需求或净国内产值。

D 阶段包括联合国环境与经济核算系统进一步扩展。这些扩展的目的是为进一步的分析应用打开了一个窗口，且他们还需进一步的研究。它们包括家庭生产及家庭生产中娱乐的和其他无法定价的环境服务的使用。

综合经济与环境卫星帐户框架

经济分析局的综合经济与环境卫星帐户(IEESA)是根据联合国环境与经济核算系统(SEEA)中所积累的经验建立的。这种经验与七十年代社会核算的两个教训是一致的。首先，这样的帐户应集中在一组特定问题上。其次，假如评价中某种应用概念形成的早期阶段和统计存在不稳定性(即使评价限制在对市场活动的影响上)，这种评价就应在一个补充的或卫星框架内进行。

结构特征

综合经济与环境卫星帐户的结构以反映经济与环境相互影响为主要目的。这些相互影响是能与市场活动相联系的，并以市场价格或其代表进行计价。他们以对生产、收入、消费和财富的影响的形式而被表示出来。

这些帐户有两个主要的结构特征。首先，自然资源和环境资源像生产性资产那样对待。这些资源，与建筑物和设备一起，作为国家财富的一部分来对待，来自其中的物质和服务流被鉴别出来，它们对生产的贡献被计量出。其次，这些帐户提供了与理解和分析相互影响有关的支出与资产的大量细节。全面执行的综合经济与环境卫星帐户可以确定按行业、按收入类型、按产品来确定自然资源和环境资源的经济贡献。最终，分地区的帐户增加了一个重要的分析方面。

作为生产性资产处理的自然资源和环境资源 一个例子可解释为什么要象经济帐户中的生产性资产那样对待自然资源和环境资源，这个例子已被大大简化，值得注意的是例子中只显示了某个帐户的一面，且集中在合计上，使用了描述性的而非技术上准确的术语。在这个例子中，来自生产的所有收入或进入“工资”或进入“利润”中。工资被记作赚得的，然而，利润-即减去劳动和其它经营费用的总收益，又被“折旧”项所减少，这里折旧是一项必须留出以支付生产中资本消耗的支出数量。如此对一个行业和全部行业而言，工资加上利润和折旧等于国内生产总值(GDP)。

在传统帐户中，经济被表述如下：

工资	6,000
----	-------

加：利润	3,00
折旧	1,000
国内生产总值	10,000

因为折旧包括在国内生产总值中，所以国内生产总值不是一个可持续的收入计量，即如果一个国家消费了其所有国内生产总值，那么它就会降低未来一代人可得到的生产能力，因为它消费了本应留出以支付资本消耗的支出数量。事实上，国内生产总值中“总的”指的就是那个特征。作为对一个可持续的收入较好的计量，传统帐户提供了净国内产值，它通过国内生产总值减去折旧计算求得。

国内生产总值	10,000
减：折旧	1,000
净国内产值	9,000

传统帐户中的资本限制在建筑物和设备上。在综合经济与环境卫星帐户中，自然资源与环境资源被看作与建筑物和设备有类似的特点：劳动与原材料被用于生产它们，在一段时期内它们产生一个服务流，为此，综合经济与环境卫星帐户包括这些资源，并与建筑物和设备一起，作为国家财富的一部分，并且给予他们像传统帐户中的建筑物和设备一样的待遇。综合经济与环境卫星帐户涉及自然资源的处理(如矿产储量)和传统帐户中建筑物及设备的处理之间有三点不对称。在传统帐户中，(1)从利润中减去折旧以确定真实的或可持续的利润，而耗竭则不是这样处理的；(2)从国内生产总值中减去折旧以估算净国内生产总值，而耗竭则不是这样处理的；(3)工厂及设备存量的增加作为资本构成被加到国内生产总值中，而矿产储量的增量则不是这样处理的。

矿产储量的耗竭同工厂和设备的折旧一样，是必需留出以支付包括在生产中消耗矿产资源的支出的数量。如果一个石油公司赚到 3000 美元利润但消耗了 100 美元矿产储量，那么真实经济利润是 2900 美元，利润数量高于资产的耗竭。在综合经济与环境卫星帐户中，利润数量高于其资产的耗尽。因此在综合经济与环境卫星帐户中，估价由被由作耗竭的利润的数量组成。像折旧那样，从利润中减去这个耗竭数量并作为一个单独的成分登记，因而涉及到第一个不对称点。进一步而言像折旧那样，从国内生产总值中减去耗竭而得到净国内产值。这样做涉及到第二个不对称点。

工资	6,000
加：利润(IEESA)	2,900
折旧	1,000
耗竭	100
国内生产总值(IEESA)	10,000
减：折旧	1,000
耗竭	100
净国内产值(IEESA)	8,900

注意承认耗竭降低了利润，改变了国内生产总值的构成，但国内生产总值本身的水平并未减小，与传统帐户中的净国内产值相比，承认耗竭也降低了净国内产值。

在综合经济与环境卫星帐户中，矿产储量的增量(如由于投资于技术进步引起储量增加或由于勘探使储量增加)像建筑物和设备存量的增加一样，作为资本构成对待。储量的增量没有出现在传统帐户中，因此，为了把他们当作资本构成对待，应把它们加到国内生产总值中。在综合经济与环境卫星帐户中储量的增加提高了资本构成、利润、国内生产总值和净国内产值。承认储量的增量就涉及到第三个不对称点。如果储量增量总计为 150，那么经济被如下表述：

工资	6,000
加：利润(IEESA)	3,050
其中，矿产储量资本构成	150
折旧	1,000
耗竭	100
国内生产总值(IEESA)	10,150
减：折旧	1,000
耗竭	100
净国内产值(IEESA)	9,050

与传统帐户相比，国内生产总值的组成和水平均有不同，这样，综合经济与环境卫星帐户给出了一个反映其资源基础变化的行业生产的概况。与传统帐户的计量相比，综合经济与环境卫星帐户净国内产值的计量是可持续收入的一个更好计量，因为它把矿产储量以及建筑物和设备的变化综合在一起。综合经济与环境卫星帐户中 NDP 的计量与传统帐户中的 NDP 相比，是高还是低取决于储量耗竭或增量那一个更大，这将随资源和时期的不同而变化。对所有自然和环境资源的这种估算有助于确定 DOP 现有水平是否能被国家的自然资源基础所保持。

突出相互影响的细节 在 IEESA 中，分解其标准经济核算类目以显示突出经济与环境相互影响的细节。例如：费用支付细节显示家庭、政府和企业维持或恢复环境的支出。资产细节显示了非住宅的固定资本的标准类目中环境管理(保护、开发和水供应)与废物管理计划(卫生服务、空气和水污染的减少与控制)。

导致形成 IEESA 的这两个主要的结构特征的评价的必要条件在 IEESA 表中是显而易见的，甚至就在本文的表中也是明显的。表 1 为一个资产帐户，表 2 为一个生产帐户，均使用了联合国环境与经济核算系统中描述的已修订的表格形式。

资产帐户

综合经济与环境核算要求计量与资产有关的存量和流量，这些资产表述在一个资产帐户中。一个资产帐户就像一个平衡表，它最终在某一方面表述了存量或拥有的资产。(因为一个资产帐户限制在非金融资产内，它不能象平衡表一样包括债务和净值)。然而，一个资产帐户也显示一段时期内与资产有关的流量。

IEESA 为相关资产提供了一个完整的核算--即他们显示了与那些存量变化相关的存量和流量。表 1 中第(1)栏是期初存量的估算。第(2)-(5)栏表示的是反映存量不同类型变化的流量的估算：首先是一个净总值，然后是三个流量：由折旧(更正式的经济核算术语为固定资本消费)、耗竭或退化引起的存量下降；由以新建筑物和设备形式的资本构成、存货增加及自然和环境资产存量的增加而引起的存量增加；由于价格变化和资产量的变化而非经济活动(例如自然灾害)所引起的价值变化。第(6)栏是期末存量估算。

表 1 描述了经济分析局试图将其包括在 IEESA 资产帐户中的非金融资产，表中的行一般承袭国民帐户系统 SNA 1993 和环境与经济核算系统 SEEA 的次级分类，但是某些细类重新组织以扩大生产界线和资产定义。非金融资产分为制品资产，开发的自然资产和环境资产。制品资产，主要是重复传统收入和财富帐户中非金融资产的范围，被分成固定资产和存货。开发的自然资产可分为耕作的生物资源，证实的地下资产和已开发的土地，环境资产分为未耕作的生物资源，未探明的地下资产，未开发的土地、水和空气。(最后两个是按储量变化的经济影响分类的)。

制品资产和开发的自然资产 为了更加突出经济与环境相互影响，与传统的收入和财富帐户相比，表 1 提供了有关自然资源与与环境有关的制品资产的更详细数据。在制品资产中，非住宅的固定资本分成环境管理(保护、开发和供水)和废物管理计划(卫生服务、空气和水污染

减少与控制)。有关农产品的详细清单见表 1。

表 1 IEESA 资产帐户 1987 年(十亿美元)

	行	期初 存量 (1)	变 化				期末 存量 (6)
			总计量 (2)	折旧耗竭 降级(3)	资本构成 (4)	再评价及其 他变化(5)	
生产资产							
制品资产							
固定资产							
住宅性建筑与设备、私人和政府的							
固定的非住宅性建筑与设备、私人和政府的							
相关自然资源							
环境管理							
保护和开发							
水供应设备							
污染减少与控制							
卫生服务							
空气污染减少控制							
水污染减少控制							
其他							
存货							
政府							
非农业							
农业(收获的谷物和除牛小牛外的牲畜)							
谷物							
大豆							
所有小麦							
其它							
已开发的自然资源							
耕作生物资源							
耕作固定自然增长资产							
饲养、制革、牵引等牲畜							
牛							
鱼类							
葡萄园、果园							
森林							
自然增长产品在增量							
饲养用于屠宰的牲畜							
牛							
鱼类							
小牛							

作物及其它生产植物、未收获		
证实的底土资产		
石油(包括天然气液体)		
天然气(包括天然气液体)		
煤炭		
金属		
其他矿产		
已开发的土地		
承担建筑的土地(私人)		
农业用地(除葡萄园果园)		
土壤		
娱乐土地和水面(公共的)		
森林及其他林地		
非生产/环境资产		
未耕作的生物质资源		
野生鱼类		
未耕作的森林的木材及其他植物		
其他未耕作的生物质资源		
未证实的底土资产		
未开发的土地		
水(存量变化的经济影响)		
空气(存量变化的经济影响)		

备注“na”表示“无数据”。 *登记的计算值为负值。

1. 存货的评价不同于按政府存货及被分别表示的牛和小牛的数量而计国民收入与产品帐户的评价，在全部完成的 IEESA 帐户中，农场存货仅包括已收获的谷物。

2. 所有栏中的评价由产生初始存量大致评价的评价方法得出。(所选择的进一步讨论见文中)

注意：简头表明登录是不适用的。

在耕作的生物资源中，表 1 还提供了传统帐户的详细数据，如耕作的固定自然增长资产(例如：牲畜)和未包括在传统帐户中的类别(例如：森林)。

表 1 中探明的地下资产和耕地的处理不同于环境与经济核算系统中的处理。证实储量一般定义为被证实有高度确定性的那些储量-通过试验钻孔和其它实验数据-在目前经济技术条件下是可以回收的。在环境与经济核算系统中，证实储量被划为非制品资产。表 1 中这些资产，与耕作的自然增长资产一起被包括在“开发的自然资源”类别中。正如将在生产帐户中所表示的那样，加到这些资产存量中的资本组成-通过把未开发的或未耕作的资产加入已开发的自然资源类别中，并把价值也加到那一类中-以一种类似于加到建筑物和设备存量中的资本组成的方式来处理。

采用这种处理是因为当需要支出以证实或开发它们时合理描述证实储量和耕地作为“非生产的”自然资源是困难的，例如：“开发”农业用地必须投入以把未耕作的土地地区转化成商业上有价值的耕地，这些耕地在许多年内会产生回报。湿地，如果它们要变成耕地，必须疏干、平

整并清除植被。在成为证实储量以前，未探明的矿产储量也需要试验钻孔、工程研究支出及其它勘探和开发投入。

对这些已开发的自然资产和制品资产类似的处理促进了对自然资产的资本形成和更常规的资本形成一致的处理，如对建筑物与设备的投资。在这种处理方式下，例如就像矿产储量被证实那样，被生产的资产的总价值-建筑物和设备以及证实的储量的价值-被包括在资本构成中。类似地就像油田机械被折旧那样，与机械有联系的证实储量被耗竭。

表 1 中的和可相对比的环境与经济核算系统表述中的已开发的资产的其他主要区别在于对土壤的处理。在环境与经济核算系统中，土壤-即农用土地的生产性土壤-与农用地分开处理。在表 1 中，土壤是农用土地的一个亚类，因为农用土地的价值与土壤的价值是不可分割的。可得到的估算表明土壤退化或耗竭对美国农业生产率和土地价值的影响是非常小的。然而，虽然土壤没有分开处理，但却是分开表示的；因为土壤的侵蚀通过对水的质量的影响而对环境质量产生重要的影响。

环境资产 这一类包括不同于已开发的自然资产的具有重要价值的自然资产，其中他们一般用作原料投入以其自然状态进入生产，或作为中间产品或作为投资。例如，未耕作的生物资源，如从海洋中捕获的金枪鱼，被包括在环境资产中，而耕作的生物资源，如一个渔场中生产的石鱼包括在已开发的资产中。环境资产的其他类别还有未耕作的土地，未探明的地下资产、水和空气。

未证实的地下资产的内涵扩大了地下资产的定义以包括储量。这些储量，尽管还未探明但由于其位置和地质特点，其经济价值超过了其他未开发的土地，当投入资本以证实这些资产后，他们就从非生产的资产变为生产的资产。这个地下资源的广义定义将有助于矿产资源利用的长期计划和分析。证实储量的存量，像钻压的存量一样，可以通过附加投资来扩大，因此，公司手头要保留有由现行市场价格、发现成本和利率所支配的储量的存量。因此对矿产资源全面的分析不仅需考虑证实的而且也应考虑未证实的储量。

耕地与未耕作土地之间的区别类似于证实的和未证实的地下资产的区别，耕作土地--如农业用地，公园用地，建筑用地-包括在开发的自然资产中，而未耕作的土地--如湿地和森林地(未作为林地)包括在环境资产中。农业用地在其用作耕地之前必须进行开发，而湿地则用于废物处理服务，以其自然状态被经济利用。按类型可再分类的水和空气以娱乐的和废物处理服务的形式为经济提供服务。

尽管这些环境资产不同于制品资产和已开发的自然资产。但像下面生产帐户中指出的那样，增加到这些资产存量中的投资与增加到建筑物和设备及已开发的资产中的存量中的投资是对称处理的。例如，这些投资包括污染减少和控制以改进空气和水的质量及提高废物处理能力，或至少补偿目前存在的退化/耗竭(它们也登记在生产帐户中)。这些投资代表着经济方面的决定即把其资源用于改进空气和水的质量的投资上，而非建筑物和设备的投资上，增加到清洁的空气和水的存量中的投资应计入在内，就像增加到制品资产和已开发的资产存量上的投资被计入在内一样。

评价：范围、来源和方法 表 1 中 1987 年的评价应被看作是近似的量值或目前可得到的最好评价。(评价是针对 1987 年的，其原因是 1987 年是可得到数据的最后年份，这些数据来自每五年一次的经济统计，在许多情况下作为一个水准基点以进行来回评价)。在大多数情况下，只能得到一个估计值而非一个范围，表的许多单元不含评价，评价的质量起伏很大。一般情况下，当评价从生产性资产移到非生产性资产时，评价的质量和可得性就会下降，反映出得出这种评价过程中的不断增加的理论上的和经验上的困难。这种评价最好被看作是对将承担的工作

的一种计量；在这里表述他们的目的是作为一个领域的路线图，其中来源数据和方法必须得到开发或改进。

在制品资产内，对污染减少建筑物和设备的非住宅性的存量的评价用同样的永久详细目录技术来进行，这些技术用来产生经济分析局现行的资本存量评价。

对这些存量的评价获得了容易辨认的用于减少污染的非住宅性的投资。当公司和工厂改变他们的生产工艺(或设备)以体现污染减少特点时，这些投资中的污染减少的部分被容纳在其可辨别的程度上。然而，辨别是困难的，对污染减少的存量的低估也是存在的。对政府存货清单的评价来自未出版的国民收入与产品帐户数据。对于联邦政府所拥有的存货，评价是基于联邦机构的存货清单数据。对州和地方政府而言，评价是基于他们对非日用品的购买水平。假定其存货为 1 个月的购买量。农业最终产品是国民收入与产品帐户中现行存货数据的扩展。(依据 IEESA，未收获的谷物也作为中间产品表示)，得不到对家庭部门有意义的整个部分的存量的评价，如在耐用消费品和住宅性资本中的污染减少设备(例如装在汽车上的污染减少设备和家中的化粪池系统)。

在已开发的自然资产内，大部分评价是现行的国民帐户数据的扩展。现行帐户只包括了牲畜的评价，未区分出为繁殖，制酪或役使而饲养的牲畜(耕作的固定自然增长资产)和为屠宰而饲养的牲畜(自然增长产品的中间产品)。在表 1 中，根据基于美国农业部数据的假设对此做了区分。对葡萄园和果园价值的评价是基于美国储备局的农业土地价值的评价和统计局葡萄园和果园土地英亩数的评价。渔业存量价值的评价或这些存量变化的数据还未得到(它是经济分析局计划中第 2 阶段的内容)。

对森林土地上树木的价值的评价是基于由美国森林服务局太平洋西北部研究站提供的立木价值的评价。立木价值的评价又是基于对森林纯租金的概念，它与森林土地截然不同，而且主要是从伐木权付费的私人市场数据中得到。例如，他们应相当于一片土地上木材销售的现行贴现值减去伐木、准入、运输和加工成本。美国公共的和私人的森林土地上的所有木材--都包括在这一类中，其它森林土地上的木材包括在非生产性环境资产中。这种有点专横的区分部分是根据理论分析，部分是根据数据来源的可得性。在某种意义上说国家森林中的所有木材都被管理，尽管依森林地带的不同管理范围不同，从主动的，如植树，到相对被动的，如自生自长，防火及轮作收获。实际上，“耕作的木材土地”的确切定义的数据是得不到的。

对证实的地下资产，所说明的评估指的是其出现范围的高值和低值，加上姊妹篇中对用于准备评价的数据来源和方法的描述。这个评价代表了与评价非再生自然资源的一般方法有联系的不同范围。

“已开发的土地”类别中的评价其质量是不平均的。农业土地价值的评价相对要好，是基于美国农业部农场不动产价值估计值减去经济分析局农场建筑物价值的估计值。美国农业部土壤评价反映了以额外肥料成本计算的土壤耗竭退化和生产率下降的年度影响。包括在表 1 中作为上面有建筑物的土地的一部分的住宅性土地的评价也具有适当的质量。对上面有建筑物的其它私人土地的评价质量不敢保证。联邦储备局通过基于从一系列来源的不动产价值的估计值中减去经济分析局对非住宅性建筑价值的估计值，得到对这些土地价值的估计。联邦储备局对不动产价值的估计部分是以综合性不强的价格指数为基础的；例如，他们似乎没有恰当地包括矿产地、森林地或工业建筑和土地的价值。经济分析局非住宅性建筑的评价是基于永恒的存货清单方法-具有假定的折旧方案和重置成本指数，因此不同于包括在不动产评价中的建筑物的现行市场价值。尽管在较长的时期内，永恒存货清单评价有好的质量，但在不动产价值下降或快速增加期间，他们也许会产生不合理的结果，并且由于自然资源资产价值未包括在不动产价格指

数中，因此根据相对于商业的和其他土地价值的自然资源价格变化，已开发土地的总价值将会被过高或过低估计。

联合国环境与经济核算系统建议国家公园划归为未耕作的土地，因为是它们的保护，而非它们的使用是政府管理的主要作用。然而，因为这些公园被普遍地维护、改进以及被消费者用于娱乐，所以表 1 中它们被包括在娱乐土地中。对娱乐土地资本构成的评价基于联邦政府对公园的维护和修理费用，州和地方的支出是得不到。假定这些支出确切地补偿了娱乐土地的退化/耗竭；对娱乐土地，可得到的唯一评价就是维护和修理费用。做出这个假设只是为了由表格显示对投资和退化/耗竭评价，并不意味着对退化/耗竭的实际价值的任何评价(在下一部分中描述经济分析局工作计划的第 Ⅱ 阶段，包括依赖于损失评价和娱乐评价的工作以构筑对娱乐和环境舒适程度的市场价值的评价)。

对环境资产来说，与对已开发的土地和地下资产证实的储量最不确定的评价相比，对环境资产评价更不确定。的确，表中大部分内容，尤其是对可再生自然资源，其数据用“na”来表示意为“得不到数据”，未开发的土地及其相关的生态系统的存量、未证实的地下资产、未耕作的生物资源(野生动物和鱼、植物和森林)的评价都是得不到的。

与非再生资源证实储量的核算相比较(有关经济文献可回溯 50 年)，许多再生资源的评价方法和理论研究还不够。评价再生自然资源本来就比评价非再生自然资源要困难，其原因在于，再生资源，如苗木和野生鱼群，常有一个商业的或生产的价值以及有一个舒适或娱乐价值，通常不能确立其所有权，他们不能被出售，他们能再生，这样他们的使用不一定产生其产量或其存量价值的净减少。

尽管有这些困难，近年来再生自然资源环境收益评价仍取得迅速的进展，因为经济学家要跟上制定法律法规和政策对环境损失和影响进行计量的需要，经济分析局所做的把这些新概念和计量变成一个连贯的国家框架的进一步的工作严重依赖于美国政府其他部门专长，例如国家海洋与大气管理局，环境保护局、美国农业部和美国内政部。

联合国环境与经济核算系统建议不评估空气(它的确是全球性的共同财产)或水的价值，相反它建议评价应限于这些资产的变化，即它们的退化和恢复它们的支出。对这些资产，表 1 中只列出了空气及水退化和恢复或防止他们退化的支出的总值。

美国 1980-1991 年空气和水污染减少的工厂和设备存量

文中描述了美国 1980-1991 年空气和水污染减少的工厂和设备的总存量和净存量。这些总存量和净存量有助于保护空气和水免于由于污染物泄出的固定的和不固定的工业源而产生的降级。

1991 年，其总存量大约是 1835 亿美元(表 A)。以 1987 年美元不变价，1991 年总存量为 1650 亿美元，大约占有所有固定的非住宅非农业企业资本实际总存量的 2%。在 1980-1991 年间空气和水污染减少工厂与设备实际总存量以每年 2.6% 的速度增长。非制造业存量的增长超过了制造业存量的增长，主要反映了污染减少工厂和设备由于电子设备的花费。空气和水污染减少工厂与设备实际净存量-即减去折旧以后-从 1980-858 亿美元上升到 1991 年的 913 亿美元。

污染减少工厂与设备存量的评价对研究市场生产和经济福利是有用的。它们有助于确定污染减少支出如何影响价格、总资本成本及资本的收益率。它们也有助于大致计量通过污染减少已被避免的空气和水质量降级的价值。

1980-1991 年污染减少工厂与设备评价采用了永久盘存法：过去的污染减少工厂与设备流量(资本费用)被累加，丢弃的设备被扣除，根据资本货物的寿命，得到污染减少工厂与设备的总存量。从总存量中减去累加的折旧计算出净存量。1980-1990 年总存量和净存量评价以不变价和现

行成本进行-即，采用 1987 年价格(对不变成本)和当年价格(对现行成本)。

关于发生的污染减少工厂与设备支出确切数据来自统计局污染减少成本与支出调查。而电子设备数据主要来自统计局工厂与设备调查的污染减少补充材料；污染减少补充材料报道了三个行业-电子行业、石油和矿业污染减少工厂与设备的支出。“污染减少补充材料”是基于一个公司基准报道污染减少工厂与设备，但对电子行业(不像石油和矿业)，这样的数据有一个近似的基准。对矿业及对除矿业和电子业以外的非制造业的污染减少工厂与设备评价采用间接方法：并使用许多数据来源，包括污染减少补充材料，和由美国石油研究所及“矿业统计”所做的环境保护支出调查报告。

表 1 中对空气与水的质量退化和未开发土地的评价，只是作为标志，它假定维护支出完全补偿退化：它们是这些媒介污染总成本的总体估计值。空气、水及未开发的土地污染的评价是环境保护局对美国公共的及私人的污染控制活动直接成本的估算。空气污染的评价包括空气污染和辐射的年度成本。水污染评价是维持水质量的年度成本，包括饮用水。未开发的土地污染评价是与超基金、有毒化学品及农药有联系的年度成本。恢复或防止环境退化的成本估计值(像以前指出的那样，这些成本作为资本构成看待，他们补偿了空气、水和未开发土地的退化和耗竭)以现行的污染减少与控制支出和污染减少设备与建筑存量的服务流(估计的净存量的收益加折扣)。(注意，这些直接污染减少与控制成本不同于后文讨论的环境清洁和废物处理服务成本。这些成本是因污染而引起的间接成本，形式包括健康成本、较高的维护和修复支出或较长距离的旅程才能到达清洁休闲场地)。

表 A 非农企业中按主要工业集团，当前成本和不变成本评价，
1980-91 空气和水污染减少工厂和设备总存量和净存量

总存量					净存量
所有 非农 行业	制造业				
	总 计	耐 用 品	非 耐 用 品	非 制 造 业	
现价十亿美元					现价十亿美元
1987 年不变价十亿美元					

生产帐户

综合经济与环境核算的下一步就是把资产帐户流量与生产帐户流量适当结合起来。由于这个综合，生产帐户通过登记耗竭和退化的方式明确地包括自然资源的使用和生产中的环境服务，它还通过登记对已开发自然资源存量的增量的投资，或对恢复环境资产存量的投资，明确地包括自然资产和环境资产存量的增量。

表 2 综合了国民帐户系统 SNA 1993 中供应和使用表格的特点。表中有 4 个象限(一个空的，除一个总计外)，它们均用双线分开。一个总计栏在最右边，一个总计行在底部。左边和右上的象限显示了在行端命名的物品和服务的使用。得出按总的商品产出计算的总的用途。左上与右下象限显示了在每一个栏顶部命名的按行业中间产品的用途和生产因素，得出按总产量计算的总的供应量。

一个更典型的供应与使用表格显示了具体行业 and 商品细节-经常是一百或更多类型的行业 and 商品。为此目的，这个细节已并成一个“其他行业”栏(第 3 栏)和“其他”行(第 6 和 13 行)。并提供了细节，尤其是关于环境分析部分的细节。这样一个表格对生产、收入和消费提供了一

个概览，就像下面的段落中突出描述的那样。

左上象限中 1-4 栏记录了其他商品生产中按国内行业划分商品的用途-即中间使用。5-9 栏记录了最终需求类别商品的应用，这些类别构成了国内生产总值，包括按家庭和政府的最终消费。7 栏记录了对表 1 中“资本构成”栏的评价(制品资产记录在 1-13 行，已开发的自然和环境资产记录在 14-24 行)。

表 2 IEESA 生产帐户 1987(十亿美元)

	行	行 业				最终使用(DOP)						总 的 商 品 产 量
		农 业 林 业 渔 业 (1)	矿 业 设 施 水、卫 生服 务 (2)	其 他 行 业 (3)	总 计 (4)	最 终		国内 总资 本构 成 (7)	出 口 (8)	选 口 (9)	DOP (5+6+7 (10)	
						消 家 庭 (5)	费 政 府 (6)					
商品												
制成品——	1											
资产	2											
固定资产	3											
环境管理	4											
污染减少与控制	5											
其他	6											
存货	7											
政府	8											
非农业	9											
农业	10											
其他	11											
环境清除与废物处	12											
理服务												
其他	13											
自然和环境资产	14											
固定资产	15											
耕作的生物资源：	16											
自然增长												
证实的地下资源	17											
已开发的土地	18											
未耕作的生物资	19											
源：自然增长												
未证实的地下资源	20											
未开发的土地	21											
水	22											
空气	23											
存货增量	24											
(自然增长产品)												
总计中间输入	25											
增值												
雇员补偿贷	26											
企业间接税	27											

社团收益和其他财产收入	28											
固定制成品资产折旧：建筑和设备	29											
环境管理	30											
污染减少与控制	31											
其他	32											
固定自然资产和环境资产耕竭与折旧	33											
增长产品：固定的	34											
证实的地下资产	35											
已开发的土地	36											
未耕作的生物资源：	37											
未证实的地下资产	38											
未开发的土地	39											
水	40											
空气	41											
总的增加值 (GDP 行 26+27+28+29+33)	42											
折旧、耕竭、降级	43											
净增值(NDP 行 42-43)	44											
总工业产量	45											

备注：

“na”表示“得不到”。

#作为经济分析局经济帐户全面现代化的一部分，这些评价取决于国民帐户系统和环境与经济核算系统的一体化。

篇头表示登记是不适用。

GDP---国内生产总值

NDP---净国内产值

在左边的象限中，11-13 行显示作为中间投入的其它商品(即-除了资产)的应用。这些商品由环境清除和废物处理服务(12 行)和“其它”(13)的支出所组成。各行业使用的总的中间输入位于 25 行。26-41 行记录了增加值或收入。26-28 行记录了以雇工补偿费、企业间接税费、公司所得税和其他财产所得税形式的增加值。29-32 行记录了来自表 1 的固定资产的使用，包括用在环境管理行(30 行)和污染减少及控制行(31 行)中的建筑物和设备折旧。33-41 行记录了自然和环境固定资产的使用，分别显示 8 种资产每种的耗竭与退化。

表 2 中介绍的估计值是基于表 1。就像表中“na”-(无数据)指出的那样，在 IEESA 生产帐户完成以前，还存在许多价值评估和计量问题。而且，完成评价工作将使经济分析局的国家帐户适应现代需要，并跟国民帐户系统相一致。例如，把政府建筑、设备和存货的费用作为资本构成对待补充了国家帐户系统的一个特点。在表中，“#”号指示了反映 IEESA 的工作和国民帐户系统相关的变化的评价。

除像表 2 这样的生产帐户外，联合国环境与经济核算系统还需要类似的数量表格。而且因为许多环境问题对待定地区或行业有其基本影响，因此在经济分析局地区和投入-产出计划中，综合国民帐户总计的扩展是一个重要的进步。

新帐户的应用

综合经济与环境帐户是一个十分令人关注的问题，期望也许不同于实际结果。其中有些观

察者,尤其那些从依赖资源的发展中国家进行的研究中外推的观察者,有这样一个预期的结果,即帐户将显示出目前计量的美国经济增长不是可持续的,因为最终决定经济增长的自然和环境资源的存量正在被用尽。这个预期也许是因为仅把问题集中在耗竭和退化而排除了自然和环境资源的增量。

IEESA 将有助于确定各种自然和环境资源的应用。然而,以前要说出它们的总价值是否有净减少或净增长是困难的。例如:下述情况的确属实,即某些资产存量的经济价值如金枪鱼正在下降,其他环境资产的存量如木材存量因人工植树和自然生长,大于补偿砍伐、火灾和土地转化,而一直在增长。类似地,由于开发,湿地的损失继续超过湿地恢复的数量,自七十年代中以来,对清洁空气和水的投资的不断增长率似乎导致了空气和水质量的净改善,许多空气和水质量检测如空气和水污染物的周围浓度,已显示有改善。

因为这些补偿变化,可以想像当表 2 中所有登记,或如果不是所有的,至少是足够避免结论建立在片面结果上的登记完成时,该表中将说明 IEESA 的净国内生产总值(NDP)有点不同于传统的净国内产值。

然而,关于特定自然资源和特定行业、产品或地区的信息将提供关于不同规章,税和消费型式的可持续性和影响的有价值的理解。在美国,这样的信息在许多政府问题上已被证明是有用的。

经济帐户没有提供标准的数据。它们或者报道市场价值或着报道市场价值的代表。如果一个产权问题导致了对一种资源的低估和过分开采,那么,一套综合经济帐户将不会揭示“正确的”价格或“正确的”存量水平。然而,它们将提供对此问题进行客观分析需要的数据,例如,关于存量价值变化和归因于资源的收入份额。

经济分析局关于自然资源和环境核算的计划

经济分析局的计划要求 IEESA 的工作与使其经济帐户现代化的工作一起进行。自五十年代以来,经济分析局的国民帐户现在正在进行第一次有重大改变的重新设计。这个重新设计是沿着国家帐户系统 SNA 1993 的思路进行的,以一套分部门的综合流量和资本帐户为特征。经充分研究的资本帐户与平衡表一道,是一套综合间接核算的基础。有关这些帐户的理论工作和与自然资源环境有关的更为专业的工作是相互支持的,而且,为了做出涉及各类资本间平衡的合理的政策选择,人们需要有一个总资本存量的概念,包括自然资产和制成资产,始终均应包括在内并进行恰当地评价。

经济分析局已为 IEESA 制定了一个三阶段计划,其第一阶段已经完成。

第一阶段:总体框架和典型评价

IEESA 的总体框架设计基于现行的国民帐户,并与包含在新的国际国民帐户系统中的准则相一致,是关于一个卫星帐户系统和相关的环境与经济核算系统。

在其最初的工作中,经济分析局注意力集中在矿产资源,包括具有稀缺价值的油气、煤、金属及其他矿产。就像在其姊妹篇中描述的那样,按照国民帐户系统的要求,重点放在证实储量上,价值评估的基础是市场价值,给定的矿产资源的处理类似于现行帐户中固定资本的处理,这些矿产资源需要投入去证实,并在长期的时间内提供“服务”。

典型评价包括补充经济分析局国民财富帐户和国民收入与产品帐户中的存量和流量。这些典型评价提供了一个自然资产存量及其变化的综合情况。它们还使得可以分析几种不同的评估

资源存量增量及耗竭的方法的实际结果。所选择的方法代表了经济分析局最佳评价和框架的技术分析。这些评价和框架用现行数据来源和方法是可行的。

第二阶段：可再生的自然资源

这项计划要求把帐户扩展到可再生资源，如：森林、鱼类存量和水资源。进行这些评价比矿产资源要困难得多，因为它们必须基于不太明确的理论和较少的数据来进行评价。

第三阶段：环境资产

这项计划涉及许许多多环境资产方面的问题，包括清洁空气和水退化的经济价值或娱乐资产如湖泊和国家森林的价值。很清楚，它需要在基础的环境和经济数据以及理论和方法方面取得重大进展，也需要科学界、统计学界和经济学界人士的共同努力以求得此评价值。

国内生产总值的绿色修正

K.Hamilton

对有关绿色国民帐户文献的综合评述表明，是否要修正总产值或净产值，或提出某些修正，几乎没有一致的看法。继 Weitzman 之后，人们提出了一系列模型以检查生物资源、非均质资源、资源发现、环境服务、碳排放和家庭防护费用在国民帐户中的处理结果。关键结论是扩大包括非市场环境服务的帐户，导致对福利而非产品的测算(虽然净国民产值是起点)，环境服务的水平是这种福利测算的一个组成部分。将这些结果与标准国民帐户进行比较。人均财富和储蓄率的新型绿色测算在测定可持续发展的进步上比国民产值的修正有更多的政策联系。

绿色国民帐户的支持者认为新的或修正的国民核算合计可以用于改变与环境有关的政策和更广泛的具有环境后果的经济政策。R.Repetto 等(1989)为这一思路提供了一个好例子。

他们指出自然资源和其他有形资产〔在现行国民帐户中〕处理中的这种差别强化了把经济与“环境”错误地分成两部分，由此导致政策制定者以经济发展的名义，忽视或破坏环境。

明确的目标就是建立能满足新的政策目的的新型帐户。

就新的绿色国民帐户合计的定义来说，主要动力可以追溯到 J.R.Hick(1964)收入的概念上：即纯收入是超过资产消费的那部分收入。通过给比国民帐户系统(SNA)更为广泛的资产下定义，包括销售的和非销售的自然资源两种，绿色核算方法为把环境纳入到经济论述主流中提供了可能性。因此，绿色国民帐户提出的可影响政策的各种变化是否改变或把政策改变到何种程度是一个重要问题。

除宏观经济稳定通货膨胀和失业(传统国民帐户对这些问题表达更深刻)的紧迫问题以外，注重长远的政府政策，其优先考虑的应该是对财富的创造和保持。这就是“可持续发展”定义的核心。这个过程对发达国家和发展中国家有不同的含义，这里制成资产占发达国家财富的重要部分，而自然资产是发展中国家财富的主要部分。很清楚，我们的测算系统必须开始更直接地处理总财富(自然资产和制成资产)的测算，财富创造或破坏相应的短期指标将是净储蓄的绿色测算。对有关增长和发展的政策来说本文的结论之一就是绿色测算合计将是重要的信号，但或许不是以最初想像的那样形式(即作为可持续收入的测算)。

绿色国民帐户的与政策有关的关键性评价是本文的一项重要内容。但是有关如何使国民帐户成为新型绿色帐户的许多问题还未得到解决。这些问题的解答与绿色国民帐户政策的实用性问题紧密相联。

值得注意的是，未解决的问题远超过对特定的次级帐户是否应做特定的修正这个问题。绿色帐户文献中还有一些问题，即某些测算，如对环境破坏的评价，是否应从传统国内生产总值(GDP)中加上或减去它们以得到新的绿色合计。还有一些问题，即当我们还没有测算环境衍生的服务流的价值，减去环境破坏的价值是否有意义。本文的大量篇幅是，何种关于绿色国民核算的正规的模拟方法，象最初由 Weitzman(1976)、Hartwick(1990)和 Maler(1991)设计的那样，可以告诉我们有关这些问题的某些情况，当模型方法因过分格式化和不现实受到批评时，作为经济学其他部分的正式模型，它们在国民核算中却起着同样的作用：“为严密地思考某一问题提供一个框架。

广义的资源与环境核算有多种形式，包括实物自然资源帐户、污染排放帐户、环保费用帐户和修正的国民核算合计。对本文的目的来说，“绿色国民核算”将仅限于提出修订的合计，以评价商业自然资源的耗竭和自然环境的恶化。

本文主要分三部分：(1)关于绿色国民帐户文献的综述；(2)绿色核算模拟方法的某些结果；(3)绿色核算政策意义的评价。

关于绿色核算合计提议的评述

在介绍文献中不同的绿色核算方法之前，检查现行国民帐户中反映出的自然资源和环境的方式是有必要的。这里分为两个部分：商业自然资源，有市场价格；环境资源还游离于市场系统之外，如清洁的空气或野生生物。

当直接在帐户中测算商业自然资源时，在这个意义上，与其开采有关的增值被计入国民收入，这些资源的经济价值作为资产，含蓄地表现出来。一种地下资源矿床或立木森林作为资产的价值与从其开发产生的经济租金流有关，对一个已知的资源矿床，这种租金用资源的市场价格与其开采/收获的总边际成本之间的差值来衡量，这里总边际成本包括正常的资本收益。因此资源租金是资源部门经济盈余的一部分，不能直接测算。所以人们也不测算一个资源矿床由于开采而产生的经济折旧价值，这意味着资源耗竭未进入净产值(NNP 或 NDP)的计算。而国民帐户系统(SNA)中平衡表帐户的准则要求评价地下资源或固定的自然资源，把这些资产价值一年一年的变化记录为一个帐户，也不再改变净产值的估算。

在帐户中更间接地测算环境资源。在这个程度上有一种与环境资产有关的商业活动，如旅游或狩猎，则这种活动的增值作为国民产值的一部分出现。但是人们没有明确评价基础资产，即原始湖泊或荒地。当环境质量恶化时，这些后果以各种形式间接地表现出来：旅游业收入的损失(例如，当湖泊被污染时)；农业生产率和生物资源的损失；因污染破坏建筑和其它资产增加了修理和维护它们的成本；例如当水被用于生产活动之前必须净化时，增加了投入成本；发病率和死亡率提高的结果增加了健康费用，并降低了生产率；当事故发生时，如原油溢散必需清除时，资源从其他有价值的使用中转移。帐户中存在所有这些后果，他们并非是直接地和明确的表现出来的。

政府资源政策的一方面直接在帐户中反映出来：由于商业资源常为政府拥有，通过出租给予企业采矿权，因此政府打算通过权利金的方式来收取资源租金，这些权利金明确计入帐户中。

但更广泛的环境政策仅以间接方式表现出来。不管是通过规章还是通过市场基本手段，旨在减少污染和保护生态的政策，均影响着中间支出水平，以及环境保护设施投资与传统生产资产投资之间的比例变化。与以市场为基础的政策措施有关的价值将反映在帐户中，就污染税来说，如间接税，或就排放许可证来说，如投资(及平衡表帐户中的相应资产)。国民产值的增长率无疑受环境政策的影响。

假如有一条贯穿绿色测算文献的网，其就是环境与自然资源的使用代表了资产消费，标准国民帐户的关键问题之一就是这种消费未反映在收入与产品的测算中。然而，本文明确论述了关于自然资源和环境的帐户中目前唯一不明确的内容。

以其作为背景，需要用某些符号描述构成绿色国民帐户合计的各种方法：

ES=环境服务	RD=资源发现
ED=环境破坏	DEP=资源的耗竭
DE=防护费用	NFA=净金融资产
IR=投入的资源租金	TA=有形资产

下面简要介绍和评价关于环境国民核算的主要流派。先介绍三个基本特点，随后解释和评价这几个关键点。根据它们是否改变 GDP(传统定义的国内生产总值)、NDP(传统的净国民产值)或国民平衡表帐户中测算的国民财富(NW)，包括对自然财富的测算，有助于归纳这些方法。

gGDP、gNDP 和 gNW 是新的绿色合计：

$$gGDP = GDP + ES \pm ED_1 - DE - IR \quad (1)$$

$$gNDP = NDP + RD - DEP - ED_2 \quad (2)$$

$$gNW = NFA + TA_H + TA_N \quad (3)$$

式中 ED_1 和 ED_2 代表评估环境破坏的不同方法。我们按顺序考虑等式(1)-(3)的组成项。

ES：H.Peskin(1989)鼓吹通过测算环境服务扩大 GDP，主要考虑的是废物处理服务，这是由环境免费提供的。然而，生产者没有付费就使用了这些服务，从这个意义上说，则它们的价值反映在利润和 GDP 中是有争议的。

ED_2 ：可以加上或减去环境损害，Peskin 认为把生产者利用的与环境服务有关的消极外在因素看作是从 GDP 中的一个扣除项。A.Harrison(1989)的观点则相反：因为总产值包括规定的资产消耗，传统 GDP 是低估了的，因为没有测算环境资产的消耗。他特别提到要求评估总环境恶化的美元价值，包括由于目前环保支出而被防止的环境恶化值。

DE：防护费用是家庭和政府承担的环保支出。可以认为家庭的环境支出没有增加福利，而仅仅维持现状(例如未因环境恶化而得病)，政府的环保支出(如废物管理支出)在性质上基本上是中间支出。

IR：S.EI Serafy(1989)提倡从 GDP 中扣除投入的资源租金，其表明一种非再生资源的实际收入是租金投资部分的恒定收入流，这部分租金来自于某项基金的利用(一项恰如其分的计划将保证超过投入部分的租金等于基金耗尽点的收益)。J.M.Hartwick 等(1993)指出，这相当于由于开采引起的资源存量现值的变化，即它是一个真正的用户成本。

RD：对净国民产值测算来说，Repetto 等(1989)推想，为了保持产品和财富帐户之间的一致性，把净国民产值扩大到包括自然资源，自然资源发现的全部价值应纳入到它们被发现期间的净产值中。Hartwick(1990)提出了一种模型，把资源发现加到净产值中。M.L.Weitman(1976)正式指出一种未预料的资源发现的确增加了可持续的产品和收入的数量，但少于在它们被发现期间资源发现的全部价值。

DEP：自然资源的耗竭是 Repetto 等人(1989)提出的净产值的主要修正。耗竭是核算期间(净

价格法)取得的资源租金的总值,或在土地侵蚀情况下是放弃生产的现值。Repetto 指出 Hotelling 规则可以用来评估这种资源耗竭的价值,即在有效的市场中,资源租金将以等于利率的速度增长。联合国(1993)提出使用用户成本法或净价格法来评估资源耗竭。

ED₂:作为从总产值中扣除环境损害的另一种方法,P.Bartelmus 等(1989)建议把环境损害作为资产消耗从净产值中扣除。这种资产消耗的价值是把环境资产恢复到核算开始状态的成本。R.Hueting 等(1990)提供了另一种方法,其中环境损害的价值是为实现环境可持续使用所需要的成本(而非仅仅保护其原始状态)。联合国指南(1993)建议,有条件地评估环境恶化的价值,但没有讨论这种评估如何或是否作为整体可应用于环境。

NFA:对国民财富的测算来说,净金融资产是总财富的一个重要组成部分。对一种开放经济来说,金融资产与债务之间的差值或等于国外资产的净债权或等于净外债。欧佩克成员国资源租金在欧洲和北美的投资规模表明了当国内投资机会受到限制时该类型财富的重要性。

TA_H:人造有形资产是大家通晓的再生产资本要素:机械、设备、建筑和基础设施。Hartwick 法则说明,在合适的替代性条件下,再生产资本中投入资源租金许可在前途未卜的未来中保持一种不下降的财富的消耗趋势。增加人造资产以与自然资源的减少相称,因此,保护财富符合 D.W.Pearce 等(1989)提出的弱可持续性准则。

TA_N:自然有形资产按商业资源(矿产、能源、森林和鱼类)和环境资源(自然资源提供的非市场服务,包括废物处理和休闲价值)的美元值测算。A.Scott(1956)首先提出包括商业资源的扩大的国民平衡表帐户。这样做的问题包括规定恰当的测算范围(证实的储量能够准确测算,即那些在现行价格和成本条件下生产可获利的储量),在没有政府控制的资源矿床市场的情况下,推算这些矿床的价值。Hamilton(1991)论证说明人均国民总财富有助于可持续性的测算。Pearce 等(1988)指出在某种主要的自然资产和人造资产之间只有有限的可替代性,他赞成作为可持续性的一个条件是至少维持某些自然资产不变或增长。

关于绿色国民核算的多种方法也反映在国家统计局的活动中。Hamilton 等(1993)为了设计新的绿色帐户,考虑了巴西、加拿大、法国、德国、荷兰和挪威所做的工作。美国经济分析局通过一个‘综合经济与环境卫星帐户’,扩大了国民帐户平衡表,此外,这个帐户还列出环保支出。

关于绿色核算的文献几乎没有一致意见。这是对此问题采取的一种更正式的态度主要动因。这又使人们评价前述文献的主要思想。

绿色国民测算模型

通过提出一个简单问题,即当经济目标是使消费最大化时,我们为什么要核算国民产值中的消费和投入,Weitzman(1976)为资源,环境和国民产值之间关系的一个富有成效的调查方法提供了理论框架。

Weitzman 对此问题的回答是,如果我们假设处于一个最理想的动态竞争的经济社会中,那么国民产值计作现阶段消费和投入的总和,如果取不变价和现值,国民产值沿着最理想途径正好等于消费的现值-即 Weitzman 称之为未来消费的“不变相当值”。R.Solow(1986)指出,国民产值从假定的初值的增量等于从初期到现在资本的累积乘以贴现率-因此国民收入和产值可以表达为总财富的收益,这是 Hicksian 关于收入概念。

这两种结果都是基于一种经济最优化模型,具有确定的技术,没有外贸。基本概念是把现

消费值加大到超过一种无限水平,对某种固定贴现率来说遵从资本的净积累等于生产减去消费这种动态约束形式。最理想控制理论的一个关键结果就是一个特定的函数-Hamilton 的现值-在整个计划过程中,通过满足一系列条件和动态效率条件,最后在每一点处把这个现值增加到最大限度。结果产生令 Weitzman(和 Solow)感兴趣的那些模型,这种 Hamilton 函数正好等于净国民产值(NNP),即消费加上净资本积累。

在这些模型的上下文中导致了对 NNP 也许更为简单的解释:NNP 是一位计划者遵从一定的效率条件,最终选择在每一点把消费现值增加到最大限度。这是将在后述中利用的基本概念。该方法的一些主要实例见 Hartwick(1990 和 1992)Maler(1991),在这样一个框架内,他们既考虑到资源耗竭也考虑到环境恶化。Hamilton(1993)用同样的方法更为重视国民帐户中资源耗竭和发现的处理。

本节论述了许多结果,主要引自 Hamilton(1993、1994)的研究成果,以最优化控制模型的使用为基础,阐述经济、环境和自然资源之间关系,以及对我们的核算系统的意义。下列模型的技术细节见附录。要调查的问题包括:(1)生物资源,(2)非均质的资源矿床,(3)资源发现,(4)作为一种具实用性的资源和一种生产投入的环境服务,(5)温室气体,(6)家庭防护费用。这个项目表涵盖前述部分中出现的许多棘手问题,并非是要设计一个兼备所有单独影响核算体系的总模型,它是 Maler(1991)的基本方法,而是要论述一系列独立的模型。

这些模型所共有的就是“实用”现值,是一种消费的函数,及某些模型中使环境服务在超过一种无限时间水平上尽量完善,实用的贴现率是不变的,生产具有一种固定的新古典主义的生产作用的特征,国家核算恒等式为该系统提供基本动态约束:生产等于消费加投入。这些模型被高度综合,具有一种单一的实用作用和一种单一的生产作用,产生一种相似的结果。

这一节的最后将论述 1985 年墨西哥绿色国民帐户的大量实例,还要把 Van Tongeren 等人(1993)在研究中使用的技术与这些模型中提出的设想做对比。

模型 1:生物自然资源

在这个模型中,我们假定要收获一种生长的生物商业自然资源并将其用于生产。这产生了同样的 NNP 测算,就像 Hartwick(1990)推论的测算那样,模型中假定资源(和产生实用)被直接消费。有一个资源采掘/收获的非零成本,其价格等于其边际产品的价格。为了论述这个问题和下列模型,给出下列符号定义:

C=消费	R=资源采掘/收获量
K=资本存量(制成资产)	R_R =资源价格
F=生产量	f=采掘/收获成本
S=资源存量	f_R =边际采掘/收获成本
g=资源的净自然增长	

这个模型基本的核算等式为: $K=F-C-f$ 和 $S=-R+g$

这里“打点”的变量表示关于时间的变化率。因此 K 表示净投资。通过把这些受核算制约的实用现值最大化,得出关于 NNP 的下列表达式为:

$$NNP=C+K-(P_R-f_R)R+(P_R-f_R)g$$

注意 P_R-f_R 就是单位资源租金,价格减去边际成本。这个表达式可解释为:当有一种生物商业资源,把净资产计为传统 NNP(消费加投入),减去现行资源租金值,加上以其租金率评估的资源净增长。当然后两项是测算以租金率评估资源存量的增长/下降。在稳定状态下这一项等于零(即收获等于净增长)。

模型 2:可耗竭资源的非均质矿床

在有一种单独的均一的可耗竭资源的情况下,在前述 NNP 表达式中最优化控制模型给出设定 g 等于零而得到的结果。在这种情况下,通过从传统 NNP 中减去现行资源租金值得到正确的净产值测算。

而对一些非均质资源矿床,一种更有意义和更符合实际的情况是各有其自己的开采成本,但是资源本身是均一的--石油也许是一个好例子,这里近岸的、远岸的、轻的和重的油矿都有不同的成本构成。我们假定有 N 个这样的矿床,从每一个矿床中提取的石油量为 R_i , f_{Ri} 是边际成本, f_i 是第 i 个矿床开采的总成本。那么该模型要使实用的现值达到最大化,受核算的制约条件为:

$$S = -\sum_{i=1}^N R_i \text{ 和 } K = F - C - \sum_{i=1}^N f_i$$

所产生的 NNP 的值如下:

$$NNP = C + K - \sum_{i=1}^N (P_R - f_{Ri}) R_i$$

就一种均一资源来说,这是一种自然扩大的结果:式中把每一个资源矿床的租金总和均从传统 NNP 中减去,以得到真正的净产值。因此为使核算正确,当这种类型的不均一性普遍存在时,因此,绿色国民帐户必需追踪单个资源矿床的开采和成本。

这个结果对 Hartwick 和 Lindsey(1989)的结果提供了一种重要的选择,他们认为北美石油耗竭的价值可用北极海油田单位租金来测算,即石油的边际成本是生产中最贵的成本项。以这种方式算出的石油耗竭价值相应要小。该模型提出的方法是把每一个资源矿床都看作为一个单独的供应源,并具有自己的单位租金水平(然而,单位租金增长的百分比必须满足 Hotelling 规则)。那么矿床可得到的不同单位租金变成与不同质量的农田租金类似,Ricardo 首先注意到这一点。

模型 3: 可耗尽资源的发现

Hartwick(1990)论述了一种资源发现的非随机模型,以一种发现成本函数 r 为特征,这个函数与发现的资源量和要开发的资源剩余存量有关。在国民帐户中资源发现的结果处理与 Repetto 等(1989)采用的处理结果相同。其中以其全部租金率把资源发现纳入到 NNP 中。然而,如果发现成本函数与累积发现有关,而非剩余存量,会产生一种不同的结果。定义:

D =资源发现

U_D =边际发现成本(U 是总发现成本)

现在的问题是遵从下列核算条件的实用现值最大化:

$$S = -R + D \text{ 和 } K = F - C - f - V$$

用这个公式,所产生的 NNP 的表达式为

$$NNP = C + K - (P_R - f_R)R + U_D D$$

所以,净产值变为传统 NNP,减去现行资源租金值,加上以边际发现成本评估的资源发现。后一项可以看作一种类型的投资。

模型评述之所以重要,是因为在矿产地质中确定发现成本与资源剩余存量之间的关系几乎没有直观要求或基础,而把这些成本与累积资源发现联系起来使人们想到依靠一种连续的资源发现过程要付出更高的代价。

模型 4: 环境服务

在这个模型中问题是环境服务流的处理,它为消费者提供直接的有用资源并作为一种生产

投入。污染排放减少这些服务，自然再生过程增加这些服务。污染排放与生产水平有关，且环保投入降低了污染排放。因此新的变量为：

B =环境服务流

b =减少排放的边际成本

e =污染排放(与生产有关的)

a =环保投入

P_B =环境服务的价格(消费者支付的边际费用)

可把环境服务 B 看作是由某种非市场资源提供的服务流如清洁空气。测算单位是任意的，事实上由某种物理计量来代表，如一种空气质量指数。环境服务的关键点是它们是自然的(即非制成的)和不可占用的。环境服务的变化由一个简单微分方程控制：

$$\dot{B} = -ae + m(B_0 - B)$$

方程表明，环境服务水平因污染排放以某种速率减少，以 m 速度增加，且与现行环境服务水平和某种假定的原始环境状态水平 B_0 之间的差值成比例。 B 就是每单位时间环境服务水平的净变化-依据排放和再生的相对大小， B 不是正值就是负值。这个模型假定环境服务是与一种暗含的环境资产存量有联系的环境服务；污染排放减少这种存量，且其可自然再生。

因此该模型变为：使实用最大化(当作消费和环境服务的一个函数)，服从上述环境服务方程和核算等式， $K=F-C-a$ 最大化产生的结果就是一种经济福利的测算(MEW)：

$$NEW = C + K - be + b \frac{m}{a} (B_0 - B) + P_B B = C + K + b \frac{m}{a} + P_B B$$

在第一个表达式中，我们得知减少的边际成本是评价福利减少的恰当方式，其与污染排放和环境再生有密切联系。(注意 $\frac{m}{a}(B_0 - B)$) 是以“污染等量”测算的环境再生)。这个表达式说明，除了环境服务变化值以外，还有一种价值也应归于所提供的环境服务水平-因为这些服务是非市场服务和不可占用的，这与前述模型处理的自然资源不同，所以这个表达式是测算福利的表达式，而不是一种净产值概念。注意 $C+K$ 是传统的 NNP ，所以 NNP 仍是测算福利的起点。

在第二个表达式中， B/a 是环境服务的变化率，仍以污染当量测算。这个变化率用污染减少的边际成本来评估。当污染排放超过环境所能吸收它们的速率时，此项将是负值，表示福利的一种净减少。

模型 5：CO₂ 问题

当一种可耗竭资源是减少环境服务流的一种污染排放源时，如何使福利最大化？这是 CO₂ 问题的关键，这里忽视本问题中的砍伐作用，可耗竭资源指的是化石燃料。扩展的国民核算模型结合前述模型的某些特征，加上某些独特的特征：

环境服务受前述模型的微分等式所控制。构成这个微分方程的是大气中二氧化碳的一种存量模型，燃烧化石燃料的污染排放增加了这种存量，就像被隔绝在深海中的 CO₂ 那样，它以某种自然速率消散。那么环境服务与大气中二氧化碳存量的规模呈负相关关系。

假定化石燃料是可耗竭的，没有资源发现，开采并用于生产的成本中是昂贵的。

环境服务为消费者提供实用，但不进入生产功能中。

污染排放与化石燃料使用有关，且随环保支出而降低。

在这种背景下，要求的唯一新的解释是：

be_R =从额外的一个单位资源减少排放的边际成本

在这个模型中，把实用现值最大化，其受环境服务和核算约束方程($S=-R$ 及 $K=F-C-fa$)的变

化支配。所产生的经济福利的测算为：

$$\begin{aligned} \text{MEW} &= C + K - b_e + b_m/a(B_0 - B) + P_B B - (p_R - f_R - b_{eR})R \\ &= C + K + bB/a + p_B B - (p_R - f_R R + b_{eR} R) \end{aligned}$$

这些表达式的第一部分说明把福利作为传统 NNP 测算，减少排放的价值，加上再生的价值，加上环境服务水平的价值，减去化石燃料提取净租金的价值。这与前述模型有一种明显的相似性。最大的差别在于单位资源租金项。把它计为价格减去提取的边际成本再减去减少一个边界二氧化碳排放单位的成本。当我们把消费和环境服务交替换位，这后一项可解释为一项碳税率——一项要求使实用最大化的皮格维(Pigovian)税。这样，资源使用与碳排放之间的联系使化石燃料矿床价值降低了，是因为单位有效租金的减少，这是直观的。

第二个表达式是一种变量项的简单重排，以突出这样一个事实，即把福利作为消费加上投资，加上环境服务的水平价值和净变化率，减去资源租金，加上一种从最理想的碳税中得到的收益价值。

模型 6：家庭防护费用

这个模型回到环境服务处理问题，不计资源开采和使用问题。假定家庭仅间接从环境服务中受益，通过防护费用可以减轻环境恶化的影响。模型中把实用作为消费和环境收益的一个函数来表示防护费用，把这些收益依次假定为环境服务流和防护费用水平的一个函数。模型要求的新定义如下：

=环境收益

h =家庭防护费用

d_h =边际防护成本

为了简便起见，假定环境不可再生，这样 $B = -ae$ 描述环境服务的变化。如前所述，排放与生产水平有关，并随环保支出而降低。

在这个模型中把实用的现值最大化，且从属于前述环境服务和核算约束方程 $K = F - C - h - a$ 。产生的经济福利测算为：

$$\text{MEW} = C + K - b_e + d_h$$

就像环境服务的第一个模型(模型 4)，福利测算以传统 NNP 为始，然后减去以减少的边际成本评估的污染排放价值。此项与环境服务水平价值项相当，与前述模型相应，是这个表达式中的最后一项：以边际防护成本评估的环境收益水平。这正如 Smith(1991)所论述的，其明显与用防护费用来评估环境收益的概念有关。

关于 NNP/MEW 模型的结论

这一套独立模型对思考国民核算与自然环境之间的关系提供了有用的指导。所有的结果都以传统 NNP 为起点，对国民帐户来说，其鼓舞人心，并且为更好地估算真实的收入或福利提出许多修正方法。因为环境服务是非制成品，不能通过市场出售，修正过的净产值测算导致涉及到环境服务的模型，其最好被解释为福利核算——环境服务流通量的一种明确价值是这些模型各自的一种特征。

对可耗竭自然资源来说，对标准 NNP 的修正如下：

减去现行资源租金(评估价值为价格减去开采的全部边际成本)

对非均质矿床来说，减去现行资源租金的总量。

把发现支出当作投资。

对生物资源来说，NNP 的修正如下：

加上资源的净自然增长，以租金率评估的(在收获超过自然增长时其为负值，在稳定状态时其为零)。

对环境服务来说，要把环境服务流通的价值，(按家庭愿意付出边际的费用测算的)加到传统 NNP 中，然后再：

减去污染排放，以减少污染的边际成本评估的。

加上环境再生，也是以减少污染的边际成本评估的(在稳定状态，这些项相等，因此可以取消)

对使用产生排放 CO₂ 的化石燃料来说，以 NNP 为始，加上环境服务流通的价值(下面将讨论如何估算此项)和这些服务的变化率，然后再：

减去资源租金

加上碳税的价值

对家庭防护支出来说，以传统 NNP 为始，减去以边际减少成本评估的污染排放值，然后再：

加上以边际防护成本评估的环境收益值。

就置于文中的这些结果来说，把它们与目前国民帐户如何处理这些问题和绿色国民核算文献中提出的建议进行比较是有意义的。

关于可耗竭资源的问题，这些模型提出，在得出 NNP 时，除了制成资产的折旧以外，未减去资源耗竭，标准国民核算是错误的。要评估这种耗竭，现行资源租金的基础似乎是倾向 Repetto 等(1989)的方法，然而，就像 Hartwick(1990)指出的那样，测算资源租金的大部分实际做法是从市场价格中减去开采的平均成本(与边际成本相对的)以得出单位租金值。但是如果做下列假设，偏差或许很小，从理论上讲是正确的：(1)就像模型 2 假设的那样，有许多资源矿床都有其独特的开采成本；(2)对任何已知的资源矿床，核算期间第一个和最后一个生产单元之间的开采成本差值很小。这些模型中起重要作用的净价格评估方法，与 EL Serafy(1989)的用户成本方法相比，完全是这些模型中固有的一种最理想结果。这些模型中一个关键功效条件是 Hotelling 规则，单位资源租金有一个等于资本边际产值的增长百分比--在这些条件下，用户成本就等于现行资源租金(即净价格)。

考虑到可耗竭资源发现的处理，这些模型与 Repetto 等(1989)和 Hartwick(1990)的模型均不一致。这些作者以完全租金率评估资源发现，而本文论述的模型提出以边际发现成本作为评估资源发现的真实基础。在这一方面，它至少是类似于标准国民帐户中的处理，在标准国民帐户中大部分勘探费用被作为投资对待-然而，这里不是边际成本，而是评估平均发现成本的价值，(平均发现成本等于勘探总成本，包括“干井”，除以发现量)

对生物资源来说，这些模型不同于国民帐户系统(SNA)，应把商业品种超过收获的净自然增长的余额纳入到 NNP 中，而应从 NNP 中减去收获超过增长的余额，两者均以现行租金率来评估这种差别在于把资源在这些模型中作为生产性资产对待。这个模型结果与 Hartwick(1990)的方法相一致。

对环境服务来说，由于要估算非市场资产所提供的服务，这些模型完全超出了 SNA 的范围，这些模型总的改进是把环境服务的价值纳入到传统 NNP 中，而应从传统 NNP 中减去，通过污染排放价值减去环境再生价值得出的净环境破坏值。其在广义上类似于 Peskin(1989)的建议，但涉及到模型中的评估基础和净环境破坏的应用问题，其在许多细节上不同--尤其是，如果环境质量正在改善，那么这些模型就增加福利测算，在方法上都差不多，如就生物资源来说，--超过收获的生物资源净自然增长的余额将增加模型中的 NNP。

说到化石燃料，其作为一种可耗竭资源，也作为 CO_2 的一种排放源，这个模型结果中的一个新成分就是提出一种碳税值，应把它计为 NNP 的一部分。在这一方面，模型与 SNA 是一致的，因为 SNA 中的污染税作为间接税出现，因此以增值形式出现。当然这个模型表明污染税是一种最理想的碳税值，它正好平衡了边际成本和少排放的收益，应把它加入到 NNP 中。

关于家庭防护费用的处理，那些结果很难解释：家庭的防护费用不是模型中的建设消费。这个模型提出边际防护成本(防护费用)可用来评估环境服务。

回到评估帐户中环境破坏的总问题，这些结果给予以费用为基础方法的支持者以有限的支持，如 Bartelmus 到(1989)和 Hueting Bosoch(1990)。然而，这些模型以减少排放的边际成本评估污染排放，边际成本可能大大偏离平均成本，并且也用这个同样的比率评估环境再生，环境再生是一项以费用为基础的方法中完全忽略不计的成分。

可测算性

对探究核算问题最优化模型应用的一种常见的批评是这些结果均以影子价格表示，它们典型地包含边际成本或边际产值的测算。因此，这些模型对国民核算是否提供任何实际指导值得人们探究。

在评估资源耗竭时，关键要素是资源租金的测算，计作为资源的市场价格减去其提取/收获的边际成本。如上所述，非均质资源矿床的模型揭示出一种实际的评估方法是要预测每一种矿床类型的资源租金，这里矿床按提取成本分类-这将会有助于使平均成本与边际提取成本之间的偏差缩小到最小。也可把这种逻辑扩展到生物资源。当然这意味着测算耗竭需要深入细致的资料。

出现的最明显的一些问题是在环境服务的评估中，测算问题分成下面几大类：

测算单位：这些模型都忽视了这样一个问题，即对环境服务来说，何为恰如其份的定量测算，也许必需表示不同类型的服务，如按空气质量和水质量的指数。根据得到的增进空气质量改善的成本才能表示边际减少成本，如按指数测出的空气质量，家庭愿意为环境服务付费的价格同样可基于质量指数增长的变化。

空间解法：除真正的全球问题如温室效应以外，大部分环境问题是局部性的或地区性的。因此最理想的污染减少量可随地方条件(这些条件会影响环境再生率)或甚至随地方的优先权有很大的变化。

总计：原则上我们要评估整个国家现有的环境服务。实际上，如果我们曾在这些服务付费意向的基础上评估，那么相对于其他消费选择，我们想要知道消费者怎样给这样一些服务量估价。经济学家用以评估环境舒适的大部分方法(旅游成本法、享乐定价、使用-回答法、应急估价等，见 Baden 和 Kolstad(1991)，与特定的计划或资产有关。确定如何合计一种业务量的价值而不重复计算将是一种挑战。

减少排放成本和愿意付费意向：这些模型需要付费意向(技术上是环境服务的边际实用与消费的比率)和评估方法的边际减少成本。一旦大量污染已被清除，减少曲线典型地显示边际成本急剧增加。环境服务的需求曲线可能被扭曲，这样消费者为一个额外单位的环境服务付费意向的边际意向或许大大低于因一个单位环境下降而得到补偿的意向。

因此根据这些模型评估耗竭的可能性不那么乐观，帐户中综合评估环境服务的潜能是悲观的。然而，评估特定的环境服务或许是实际的，如城市中的空气质量，其服从一般的成本效益原则，就环境政策来说，或许产生有用的见解。

应加上一种防止误角的说明，其涉及贴现和资源耗竭。这些模型要求 Hotelling 规则作为一个效率条件，如前所述，因此评估耗竭等于现行租金。实际上，就地面资源有效的定价来说，

几乎没有根据，对此 Adelman(1990)仅提供一条最近证据。因此实际上，以一种非零贴现率作为一种用户成本来评价资源耗竭是适当的。

实例：1985 年墨西哥调整的国内生产总值

表 1 墨西哥 1985 年生态国内产值(EDP)(十亿比索)

GDP	47391702
折旧	5331186
NNP	42060516
石油耗竭	1469930
净森林耗竭	164165
砍伐损失	763649
EDP1	39662772
土壤侵蚀	448880
固体废物	197269
地下水耗竭	191568
水污染	992456
空气污染	1655916
EDP2	36506653

资料来源：据 Van Tongeren 等(1993)

为了使这些结果更具体，且把绿色国民核算的理论和实践进行对比，到目前为止已经执行的最完善的绿色核算研究可争辩的内容值得检查，正如 Van Tongeren 等(1993)所论述的。表 1 描述了在墨西哥实践的关键结果。

这个表的前三行表示标准国民核算合计：GDP、制成资产折旧及两者之间的差值 NDP。石油耗竭以现行租金率计价，假定石油发现作为勘探投资包括在标准 GDP 中。净森林耗竭就紧随其后(是收获超过增长的数量)，以资源租金率计价，再其后是上面未讨论的一个术语：砍伐损失的价值。这些砍伐损失价值相当于土地价值的下降，当土地从一种更多的生产性使用(如森林土地)转变为较少生产性使用，典型地是牲畜经营和转变农业-这一方面的评估在 Hartwick(1992)的文章这有较详细论述。

NDP 与前述商业资源耗竭的组成部分的差值被定义为 EDP1，生态国内产值的第一个变种(这个术语借用于联合国(1993))。

表中的下面项目相应于环境的退化。土壤侵蚀要按提供肥料以恢复损失的生产率的成本计价。要把地下水作为一种可耗尽资源对待，是以恢复成本计价(注入成本)。水和空气污染以恢复一种可接受的环境质量水平的成本来计价。再减去这些项目的净结果就是 EDP2，它比传统 GDP 低 23%。

我们了解到墨西哥的这个核算实践比前述模型中描述的计算有更广泛的范围。石油和森林资源的处理与这些模型中的提法相一致。对比中最有意义的方面是污染处理。首先，扣除空气和水污染的价值相当于使用平均值而非边际减少成本值。其次，这些扣除值相当于达到一个“可接受的”环境质量水平的成本值，而非最理想的水平。第三，没有项目表示环境服务流的价值。

不应把涉及污染处理的这些评论看作是过渡批评。如前所述，很难对付涉及非市场资源的测算问题。但是确实需要问一下，当还未估算和包括环境服务的基础流时，扣除减少污染排放的价值是否有意义。

政策意义

许多政府日益关心目前经济发展的途径，包括自然环境开发，在多大程度上影响他们国家未来收入的潜力。而且许多政府一直考虑和促进发展的可持续性，以响应布伦特兰委员会(1987年的世界环发会议)和联合国环发委员会 21 世纪议程(1992 年巴西里约地球首脑会议)的要求。

如上所述，资源和环境核算形式的变化可带来和引起一系列潜在的政策应用，这些应用从部门所关切的事如提炼部门生产率的测算，到污染排放与经济活动之间关系的广泛问题(和如何制定政策以减少排放)。然而，就像在序言中争论的那样，有一个绿色核算应必须能够回答的基本问题：发展和增长是可持续的吗？政策意义随着对这个问题的回答而来。

许多人认为获得 Hicksian 或可持续的收入测算在本质上是重要的。然而，这并不是像绿色收入测算与关于可持续发展政策有联系所说的同一件事情。

部分问题是对国民收入水平来说产生一个新数字并不容易变成有关发展可持续性的一种政策信号。事实说明一个绿色国民收入系列比传统测算低 10%，但事实本身并没有告诉大家应遵循什么样的政策法规，尤其因为涉及到可耗竭资源，绿色收入必定低于标准收入计量。大部分财务部门和发展计划人员用变化率来表明经济将要在何处响应政策刺激因素和是否正在响应政策刺激因素。绿色国民收入的增长率是否可提供一种有用的政策信号仍是未解决的问题。例如，如果我们想像一个国家具有一个固定的标准国内生产总值 GDP 的增长率，没有制成资产的折旧，那么对绿色国民收入的增长率来说它将遵循：(1)如果资源和环境耗竭的价值每年是不变的，那么绿色国民收入将快于 GDP 增长；(2)如果资源和环境耗竭的价值是 GDP 的一个不变的部分，那么绿色国民收入的增长率必然等于 GDP 的增长率。因此这样两种收入测算的增长率的一种偏差不会自动转变成一种关于可持续性的信息。

绿色国民收入潜在地测算可持续的收入。但是其本身并未回答这样一个问题，即储蓄率是否能足以无限地维持这种收入。

如果国民帐户的绿色修正包括国民财富测算的扩大，如 Scott(1956)和 Hamilton(1991)提出的，包括生物和非生物资源存量的价值，那么人均总财富变成一种可持续性的有用指标，如果这个比率是不降低的，那么发展是可持续的(或弱可持续的，如 Pearce 等(1989)论证的，因为假定制成资产可高度替代自然资源)。这样，对总财富 W 和人口 P，可持续性标准为：

$$\frac{\frac{d}{dt} \left(\frac{W}{P} \right)}{\frac{W}{P}} \geq 0?$$

这种测算有几个几个需要的特征，包括分别核算自然资源水平变化的可能性，这种自然资源替代可能性很小。分解这个测算以说明财富增长和人口增长截然不同的影响也是可能的。

$$\frac{\frac{d}{dt} \left(\frac{W}{P} \right)}{\frac{W}{P}} = \frac{W}{w} - \frac{P}{p}$$

当人均国民收入的趋向(用绿色或传统测算)说明有关短期经济行为的某些情况，测算人均财富的趋向使人们更清楚了解财富创造和人口增长的汇合如何影响未来人均收入的潜力。

扩大的财富帐户简洁地把自然资源存量的实物变化问题(包括资源发现和生物资源的增长)与这些资产价值变化联系起来。然而，他们是数据密集型测算，他们的构成最终取决于关于把存量价值与当前流量联系起来的困难决定等。

净储蓄测算财富的变化率，因此可提供有关当前可持续性政策影响的指标。如果在因自然资产的耗竭和恶化而修正之后，储蓄率是正值，那么发展是弱可持续发展的。Pearce 和 Atkinson(1992) 测算修正的净储蓄为：

$$S_n = GNP - C - G - D_r - D_n$$

式中 C 是消费， G 是政府当前支出费用， D_r 是制成资产的折旧， D_n 是自然资产的耗竭。Hamilton(1993)提出，既然重点是关于可持续发展，因此也应认为教育支出是对未来的储蓄。因此对当前的教育支出 E ，真实的储蓄变为：

$$S_g = GNP - C - G - D_r - D_n + E$$

经济理论上并没有一个迹象表明一个 25% 的净节约率必定比一个 2% 净节约率要好。然而，约等于零或负值的净节约率将清楚地指出发展不是可持续的。

图 1 提供了一个真实储蓄率的例子，这是世界银行的初步计算。真实储蓄率的下定义如上，自然资产的耗竭计为一种假定的商业资源生产的租金率，加上每个国家 CO_2 排放的全球损失的估值；然而，教育费用未计为储蓄。非常明确的是次撒哈拉非洲一直处在不可可持续发展的进程中。相反经合组织国家真实的储蓄率是正值，但是 1973 年石油危机时急剧下降，到 1991 年下降到正常的 6.3% 以下。

因此绿色净储蓄计算可以说明对增长和发展政策有用的某种情况。影响储蓄的所有政策尤其是财政政策和公共开支，都与其有关。由于绿色核算面临这个问题的新信息是自然资产耗竭的一种测算，由于有许多这种价值被作为政府的自然资源权利金，这就提出了许多问题。权利金方案在什么程度上收取可得到的资源租金？政府用权利金在做什么？必须明白的是，自然资源的利用实际上是一种资产的清算。如果这种清算的收益没有投资在其他生产性资产中，那么财富就会减少。

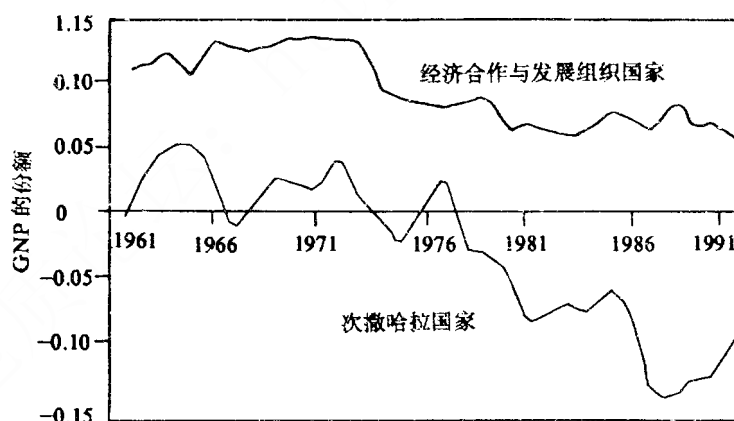


图 1 真实储蓄率(资料来源：世界银行)

考虑到净储蓄也可以使涉及基于自然资源出口产生增长的政策一目了然。现行帐户出口减去进口的价值是净外汇储蓄的一种测算，当现行帐户平衡是正值时，它就增加了总的储蓄。然而，一部分出口价值由资源耗竭组成，如上所论证，资源耗竭包含一种资本成分。因此从绿色核算的观点看，通过出口自然资源提高储蓄的政策对传统国民核算提出的净节约没有影响。

就可持续发展来说，支持发展政策可以认为是绿色国民核算存在的理由。当可持续的国民收入的测算有它们的地位时，最相关的绿色合计就是总财富和净储蓄。净储蓄率与相伴的政策信号一起，为朝着还是背离可持续性发展的趋势提供了一种当前的测算。

结 论

要使本文完善,值得考虑的是把这些模型纳入到绿色核算的政策意义的讨论中。也就是刚才所讨论的对朝着还是背离可持续性发展的目前趋势的衡量来说,净储蓄是最有用的绿色合计。关于净储蓄率的计算这些模型说明了什么?

关于商业自然资源,有几点结论。首先,开采和收获的价值,像从模型中的净产值扣除那样,也应从传统净储蓄中扣除以得到真正的储蓄。提取和收获评价的基础应该是资源租金率,即价格减去边际成本(尽管实际上,资源租金率可计作为一种用户成本,即资源资产在其服务年限期间租金流的现值变化)。对产生温室气体的化石燃料来说,一种碳税值减少资源租金,于是净储蓄计算中应该用比全租金值小的某种租金值。应把资源发现作为一种投资来处理,以边际发现成本评估-因为资源勘探费用大部分已被看作是国民帐户中的投资,这对净储蓄计算没有意义。

更有意义的是,这些模型提出,应把生物资源净自然增长的价值纳入到净产值中。储蓄的意义在于应把以租金率评价的资源自然增长加到净储蓄中。因此,有些国家提高其净储蓄率的一种方式就是种植更多的森林和其他生物资源(当然这在一定程度上假设那些生物资源的未来价值在模型中存在,而在实际生活中不存在)。如果生物资源的净增长超过收获量,那么,真实的储蓄超过传统净储蓄的测算是可能的。

回到非市场环境资源问题上来,在对污染排放或对环境质量的再生做出任何修正以前,应把这些模型提出的环境服务水平纳入到传统 NNP 中,这是产生一种福利测算要求的基础。这种服务流无疑与环境资产的一种存量有联系,因此从一种储蓄观点来说,可争辩的是减少提供的服务水平了产生任何环境变化是动用储蓄金,而环境再生是一种类型的“自然储蓄”,很象把生物资源增长看成为储蓄一样。因此,如果合适的价值被分配到环境服务流上,那么这些环境服务就可像获得净储蓄测算的生物资源那样处理。

上面对进行环境核算的成本和收益做了简要介绍。显然建设绿色帐户可能要花许多钱,尤其是如果采用一种复杂的框架,花费许多力量来评估一些难事,如为环境质量付费的意向或边际减少排放成本。但是对许多国家来说,尤其是发展中国家,一种有节制的测算真实储蓄率的努力可使人们在大范围上受益:减少政府支出、改进从资源开采和收获得到的收益的管理、或促进私人储蓄,由此制定的任何政策都将可能产生大的效益。

可以使绿色国民帐户与政策产生关系,但并非以最设初想的方式。了解人们真实的收入水平本质上是重要的,但对政策只有间接用途。了解人们真实的储蓄水平,包括国内的和国外的储蓄,可以直接提出一系列涉及到未来的收入是否是可持续性的政策。

附 录

以下是本文介绍的一个模型的推导,即涉及污染排放和污染减少的模型 4:

在这个模型中,生产由 $F=F(K,L,B)$ 求出,式中 K 是制成资本, L 是劳动力, B 是环境服务。 C 表示消费, a 表示污染减少费用。排放由 $e=e(F,a)$ 得出, $e_a < 0$ 。对固定贴现率 r 来说,最大化问题为:

$$\max \int_0^{\infty} U(C, B) e^{-rt} dt$$

服从条件：

$$K = F - C - a$$

$$B = -ae + m(B_0 - B)$$

除 r 以外，假设所有变量均随时间变化。这个问题的控制变量是 C 和 a ，Hamilton 的现值为：

$$\begin{aligned} H &= U + r_1 K + r_2 B \\ &= U + r_2 (F + C - a) + r_2 (-ae + m(B_0 - B)) \end{aligned} \quad (1)$$

这里 r_1 和 r_2 是共同状态变量，一种解法的一阶条件是：

据 Hartwick(1990)，我们这个模型的经济福利测算为 $MEW = H/U_C$ ，因为 H 计为实用，计为消费单位的福利是被消费的边际实用所除的 Hamilton 现值。我们也给实用函数引进简化线性假设，因此：

$$U = U_C C + U_B B$$

定义 $b = -1/e_a$ ；这是污染减少的边际成本。将此代入公式(1)得出：

$$MEW = C + K - be + bm/a(B_0 - B) + U_B/U_C B$$

注意 U_B/U_C 恰是实用最大化的消费者为一个边际单位环境服务支付的价格，其在本文正文中表示为 P_B 。其他模型结果的推导与此非常类似。Hartwick(1990)和 Hamilton(1993)论述了商业自然资源的结果。

矿产资源核算：问题与 美国经济分析局的初步评价

—关于矿产资源核算中理论和方法问题的讨论

Carol Carson

在自然资产中，石油、天然气、煤炭及非燃料矿产的特性与包含在传统经济核算体系中的资产尤为相似。因此，长期以来，与对待其他资产一样，人们将矿产作为进行某种对称核算处理的候选对象并不奇怪。这种处理是综合经济与环境核算卫星帐户(IEESA)的核心，也是上篇论文的主题。矿产资源以资本的形式进行对称核算的失败，因矿产资源的开发过度和开发不足以及与生产率和预算有关领域不完全的分析和政策决策，而一直受到人们的指责。

第一篇论文注意到，在传统经济帐户中对建筑物及设备等资产的处理和对自然资产的处理之间有三个非对称点。首先，在传统经济帐户中不存在与建筑物及设备存量增量的帐户登记平行的自然资产存量增量的帐户登记。其次，也没有与获得建筑物及设备产生价值增量的帐户登记平行的以国内生产总值(GDP)来测算的自然资产对现行生产贡献的明确的帐户登记。最后，并不存在与为求得净国内产值(NDP)(NDP 被一些人作为可持续生产的简单手段)而设立的建筑

物及设备折旧的帐户登记平行的自然资源存量耗竭的帐户登记。

传统经济帐户中给予矿产资源的这种处理在几个方面是不规则的。首先，公司在‘勘查’矿产储量花费大量的时间和其他资源，就象建筑物和设备一样，这些储量将在许多年内产生一个服务流(量)。当公司探明这些储量时，他们必须与新的建筑物和设备的投资一样进入公司的资产负债表中。这些储量新的增加也要被投资者认可，并在公司的股票价格上有所反映。其次，尽管没有做出其贡献的明确的帐户登记，国内生产总值中包括象煤炭或石油等某种矿产价值的增加量：在某种意义上，矿产价值增量被生产的其他要素所“占用”，并包括在地租、权利金和投入资本拥有者的收益中。最后，虽然传统经济帐户中没有自然资源损耗的帐户登记，公司和投资者在评估公司的价值和他们当前收益水平的可持续性时，同样会认识到资源的耗竭。

经济学文献中对矿业中自然资源的处理的争论由来已久，当存在矿产资源和投资资本的对称处理这一概念的事实时，缺少对价值增量、耗竭和存量进行评估的可行的市场价格就一直是一个令人困惑的障碍。财产权问题、不完整的信息、交易的不对称及矿权付费的结构导致了一种要么没有可遵循的价格，要么价格严重不完整或不具代表性的状况。正是部分由于这种状况的原因，传统经济帐户中将矿产资源的增量价值作为自然的一种恩赐，既不对其增加量，或者耗竭、存量进行流量帐户登记。也不对其财富帐户进行登记。

对矿产资源明确帐户登记的忽视同样也关系到经济帐户以外的问题，缺乏耗竭登记或市场价格，加上普通财产权，意味着这种帐户没有认识到过度开发的问题。由于国家的大部分矿产资源在公共土地上，因此，这种可能性就特别重要(然而，就象新英格兰渔业现存问题所揭示的那样，这个问题关系到范围很广的其他资源)。这种忽视同样被引以为生产率分析中问题出现的缘由。尽管在生产率研究中最基本的生产要素包括土地、劳动力和资本，但一般来说自然资源在生产率分析中起多大作用还没有确定。最终，缺乏联邦土地上自然资源存量和存量变化的计量(标准、程度)不利于最理想的联邦预算决策(如，Wirght,1990;和 Boskin 等，1985)。

正如前述，这篇文章是关于 IEES 的两篇论文中的第二篇。它提供了对矿产资源的增量价值、耗竭、重新评估和存量的初步评估，以及这种评估对国家生产、收入和财富评估的影响。本文始于矿产资源核算主要概念和方法问题的总结。然后，描述可用于 IEES 对矿产评估的各种不同的方法，最后给出了采用这些方法对石油、天然气、煤炭、金属和其他矿产进行评估的结果。附件提供了数据来源和方法的资料。表 1-5 在文章的结尾：表 1.1-1.6 表示对 1947-1991 年石油的公开存量、增量、耗竭和重新评价调整的评估结果；表 2.1-2.6 表示对 1947-1991 年间天然气评估的结果；表 3.1-3.6 给出了对 1958-1991 年间煤炭的评估结果；表 4.1-4.4 给出了对 1958-1991 年间金属矿产的评估结果；表 5.1-5.4 给出了对 1958-1991 年间其他矿产的评估结果。

理论与方法

在讨论矿产资源、或更广义上的自然资源 and 环境的理论和方法问题时，经济分析局遵循两个基本原则。首先，卫星帐户中的处理必须与经济理论的原理保持一致。其次，卫星帐户中必须包括一些与现行帐户中不同的概念和定义，以达到表示经济与环境相互作用的目的，但是另一方面他们又必须与现行帐户保持一致。卫星帐户提供在分析自然资源和长期经济增长时进行调节的灵活性，但是与现行帐户的一致性将允许包含矿产资源的该卫星帐户与现行经济帐户相联系，并且依赖现行经济帐户，包括投入产出和区域性帐户。

这里讨论的理论和方法问题将分为两个主要部分。第一部分讨论矿产资源核算；第二部分

主要涉及评估问题。

核算问题

储量增量的处理 与建筑物和设备一样，对探明矿产资源进行对称处理需要了解对资本形成引起的存量增加和耗竭引起的存量减少的处理。资本形成记录资本的最初生产，及资本存量的增加；折旧记录与其使用有关的资本存量的减少，反映在国民生产净值(NDP)中。在资产的整个服务年限内，折旧总值等于原始投资的价值。

在经济核算中，就象商业核算一样，任何出自帐簿的必须回到帐簿。这种商业核算的要求是为什么对自然资源耗竭的估算没有被纳入到官方对国民生产净值估算中的原因之一。早在1942年，美国商务部允许在国民生产净值估算时，矿产和木材的耗竭补贴可从国内生产总值中扣除。然而，矿产的发现并不包括在资本形成和净产值中。正是由于缺乏进入这种资本形成的登记，1947年耗竭补贴被取消。

尽管这种核算需要增量和减少的对称处理，许多经济学家仍然呼吁恢复1942年的处理，即有耗竭登记没有增量登记。这一呼吁至少基于三方面的考虑，在下面的章节中将其进行逐一评价。

首先，耗竭登记至少应部分对传统帐户中矿产资源处理的考虑有所反响。如果其目的是产生一种反映GDP中矿产资源的耗竭的NDP的计量，为得到一种可选择的NDP而进行耗竭补贴将提供这样的计量。正如前述，虽然它还不能被详细确定，但GDP中已包括矿产资源的贡献。耗竭估算的扣除会给出可持续性的不完全计量，即表示矿产资源保有存量的耗尽。

这种不完全的计量，无论是在总和中还是分部门中，都不能详细确定矿产资源对国民收入、产量、消费、财富的贡献的可持续性。没有增量登记，用以单独计算一个可替代的NDP的耗竭补贴可能会产生关于一个国家生产和财富可持续性的错误信号。如，仅考虑被核算的耗竭，不过，一个国家储量的增加速度超过耗竭减少的速度(通过勘探和开发、提高回收技术)将会产生可替代NDP低于传统NDP。尽管存在储量实际增加这一事实，这一较低的NDP暗示着该国家正耗尽其资源。现行的生产水平建立在损害将来生产的基础上。

其次，资源存量增加的价值量评估非常易变、不确定，有时变化很大。资源价格的易变性、矿业技术的更新以及现有储量的最终回收率的不确定性都影响矿产储量的价值。然而，这种评估的易变性是否比现知的投资，特别是存货投资(传统帐户中最易变的成分)的易变性更大，这一点还不清楚。

第三，缺乏将储量增量作为GDP中资本组成的热情的最可能的原因是储量增量与资本存量的增量有很大的不同。这种差异加上储量增量的易变性将限制帐户在传统宏观经济分析中的应用。将矿产资源的大幅度增加纳入到GDP中，如在阿拉斯加北坡和欧洲的北海地区，对国民财富是重要的增加，对经济活动具有重大影响；但是这种影响不同于投资建一个新的工厂。虽然都增加财富，但对涉及建设新厂的生产要素而言，已经付了费，而资源对于现行消费而言是可获得的。相反，对矿业公司和土地所有者来说，许多与增加探明储量有关的财富的增长以土地价值和股票价格增加的形式出现，为使这些资源对于现行消费具可获性，需要矿山或矿井的生产者出售他们的产品。

许多关于矿产储量增加的易变性和差异性的考虑容易被将这些价值置入卫星帐户中的处理弄得混淆，这种卫星帐户允许在主帐户以外对矿产资源进行综合分析。将自然资源纳入卫星帐户允许研究人员在不损害传统帐户应用的前提下有进行试验的灵活性。此外，在IEESA中，矿产价格易变性的影响主要限于再评估帐户，对现行收入、生产和消费的估算只具有有限的影响。

固定资本或存货的处理 虽然经济理论家已将自然资源看作某一类资本，但关于将资源是作为固定资本还是作为存货处理，他们的意见是不一致的。这似乎有点奇怪，因为探明的矿产储量看起来符合固定资本的典型特征：需要消耗原材料和劳动力去生产生产性资产（迂回生产），这将在长期内形成一个生产流。固定资本所有者的租金组成当期由于使用而造成的资产价值的减少和以资产现值投资于其他方面所能获得的收益。另一方面，存货作为投入和最终产品的缓冲储备，用以稳定生产和避免销售额的下降。作为一种规律，存货一般在一年或一个核算期内出售。虽然，在决定存货水平时利息或股息费用是一个考虑因素，但与固定资本相比，其重要性就差远了。

将矿产储量当作存货处理的部分合理性来自于对他们不同于固定资本这一认识，即它们实际上是在生产中被耗尽的一套生产要素。然而，正如一部新机器的产出一样，从一座新油田或矿山开采出的产量是相当不确定的，将随着未来需求、技术、价格、成本的变化以及替代投资方案的收益率而随时间变化。此外，尽管从表面看机器的某一部分在生产中没有被消耗掉，但其零件或服务年限却在生产过程中确切地被消耗掉了。这种“消耗”反映在其价值的下降，或设备的折旧。

为强调探明储量的可重置性，一些分析人员将这些储量作为存货对待。尽管是这种目的，与在建筑物和设备固定投资一起对矿产储量进行对称处理，将作为 IEESA 分析中探明储量“可再生产性”的暗示。

探明储量或总资源量 在现行经济条件下，可回收的矿产资源的数量并不是确定的。储量一般根据与评估有关的确定性程度分类。例如，探明石油储量指在现行经济条件和技术条件下，被地质和工程资料所证实的可回收的估算的实物数量。在现行经济条件下采收情况不太确定的储量归为“概略储量”或“推测储量”。对尚未发现的储量的总量也可进行评估，这就是“未发现”储量。在核算矿产时究竟包含那种级别的储量，有许多不同的看法。核算只涉及探明储量？还是也核算“概略”、“推测”，或甚至“未发现”储量？

强调探明储量的作者倾向于只核算探明储量，因为其他类别的储量不确定性太大。就象在前篇论文中提到，美国经济分析局最后倾向于包括未探明储量作为“非生产性/环境”资产，但是这里所阐述的矿产储量仅限于探明储量。

在评估未探明储量时处理不确定性的方法之一是采用“选择”价值。未探明储量可以被明确地买卖，在这些交易中使用的价值或选择价值可用以求出用于评估国家储量总存量的平均选择价值。然而，进行这种评估的操作方法还未确定。

价值评估问题

缺乏有关矿产资源价格的完整数据意味着矿产资源对收入、生产、消费和财富的贡献及价值通常不得不依靠某些方法，以产生其市场价格的近似评估。进行这种评估有两个因素。首先，从其他生产要素中区分出原地资源的贡献-它无疑是包含在可营销的矿产品的价格中。第二，确定适当的单位价格以评估资源存量价值和存量变化(包括增量、耗竭和重新定价)的价值。

此外，在一开始就确定某些术语是有用的。第一，“租金”指的是扣除可变成本后生产要素的收益。“毛租金”简单地指毛收入减去中间产品的支出和雇员报酬(不要将这种环境下的租金与在国民收入和产品帐户中的个人租金收入相混淆)。第二，“投资资本”指的是公司或行业投资的建筑物和设备。

确定资源的收益率 单位资源(如 1 桶石油)的价格，反映扣除其生产过程中使用的产品和服务成本后的劳动、投资资本和资源的收益率。确定地下 1 桶原油的价值，第一步是确定租金(在

这种情况下指资源租金)和矿业投资的资本化价值。在工业界,如石油开采业,一般可以获得有关可变成本的可靠数据,因此,至少在理论上,要求得总租金就相对容易。下一步是确定属于投资资本的和属于资源的毛租金的比例。

理论上,投资资本和地下石油所有者的租金等于每种资产由于在现阶段使用(分别为折旧和耗竭)而引起的价值减少量加上油井(投资资本和地下原油)现值投资其他方面所能产生的收益。计算该租金的一个现实的方法将是观察这些交易的市场价格;然而经常是没有任何交易,而可观察到的发生的交易常常不代表石油的全部价值。结果是,下一节所描述的各种方法采用间接技术去评估投资资本收益的市场价值。他们将地下原油的收益作为一个余值来导出。

资源存量和耗竭的评估 资源存量的价值评估和与开采有关的存量价值减少的价值评估是复杂的,因为开采是长期进行的。除非这种资源的价格或价值上升得足以抵消备选投资方案所能得到的收益(包括通货膨胀的额外费用),否则实际上未来对资源的开采就不如今天对其开采。理论上,存量的市场价值等于存量租金未来流量的现行贴现值,而耗竭是与现阶段开采有关的存量的价值减少。将资源现行单位租金转换为适用于存量和耗竭评估的单位价值,需要关于未来开采方案、价格和利率的资料。不幸的是,这种资料一般无法获得。在缺乏市场价格的情况下,对资源值的评估要么需要凭借经济理论,使用一系列明确的假设,要么仅仅是经验性估算。

计算资源现行贴现价值所要求的要素的经验性估算困难重重,其原因部分是矿产品市场的易变性。至少在检验他们预测的准确性时,过分简化的假设表现得与计量经济观测一样好,而且假设相对容易理解。

矿产资源估价的方法

经济分析局针对资源存量及其变化一耗竭、增量及重新评估采用四种估价方法进行了评估。这些方法基于三个变量的估计:(1)以经济中所有投资的平均收益率为基础的投资资本的正常收益率;(2)以石油工业中资本存量市场价值为基础的资本收益率;(3)探明储量存量增加的单位资本成本。反映了经济分析局在现存源数据和框架下对最佳估算的评价。表1提供这些方法的代数描述。

现行租金评估法

可以使用的最简单的假设是哈罗德·霍特令的发现,即扣除开采成本的非再生自然资源的边际价格(单位资源现行租金)将会以等于正常利率的速度随时间而增长(换言之,资源的真实价格将会以实际利率的速度增加,因此,没有必要贴现)。在单位租金以高于(低于)另一种替代投资方案的收益率的任何速度增长的情况下,开采速度的登记(退出)和增加(减少)将一同重新确定资源租金平均增长率。如果这种观点成立,那么资源存量的价值与资源何时开采无关,并等于资源的单位现行租金乘以资源量。正如下面所要讨论的,在长期内,矿产资源单位租金(象大部分以投资为目的的有形资产)将会以等于正常贴现率的速度增加可能是真实的。然而,非平衡期也有可能是很长的。不过,若预测的矿产品价格和技术的变化没有问题,这种简单的假设可得出比其他方法更好的结果。

下面两种方法假设:在一定时期内,单位租金将以利率的速度增加;他们就简单地用现行单位租金去评估资源和耗竭。

第一种方法，即现行租金法，利用对投资收益率的正常或平均估计值来评估与矿业投资资本有关的租金，然后以余值的形式得出资源租金。这种方法对重置成本、市场价值及与矿业投资资本有关的净存量的评估运用这一平均的、经济界广泛使用的投资收益率，再加上折旧以评估投资资本的“正常”租金。所采用的收益率为 6%，近似于 1991 年以前的 45 年间公司股票和证券投资的平均收益率，它即是对可得的替代投资方案收益率的估计。估价资源租金和价值的步骤是：

1.毛租金等于总收入减去现行经营支出(现行经营支出指那些将矿产从矿床中处理到矿井口或矿山口所发生的费用)。

2.资源租金等于毛租金减去资本租金(折旧与资本的正常收益率)。

3.资源单位租金等于资源租金除以所开采的实物量。

4.资源价值等于单位租金乘以储量实物量。增量和耗竭为单位租金分别乘以增加的和被开采的实物量。

5.重新评估(价格变化的影响)作为一个余值来计算：现年末的资源价值量减去上年底其价值量，加上年内耗竭，再减去年内增加量。

这种方法的优点是相对简明易懂，而且只需要少许的假设前提。其主要不足是必须假设一个适当的收益率。在确定此适当收益率时，除一些概念性和经验性问题外，由于矿业的特殊性，收益率的预先设定不允许出现相对较高或较低的矿业投资收益率。

一个变更的方法--现行租金法，通过在资源储量价值中减去资本的市场价值(包括实物支出和资本化支出)而得出资源租金。计算单位租金的程序是：

1.单位毛租金等于毛租金除以开采的实物量。

2.矿产储量(资源及相关的投资资本)的总价值等于单位毛租金乘以储量实际量。

3.资源的价值等于储量的总价值减去投资资本净存量的现行重置价值。

4.资源单位租金等于资源价值除以储量实物量。

这种方法的优点是它不必需要一个关于与资源有关的投资资本收益率的明确假设。

贴现价值评估法

如果假设资源租金没有上升到足以补偿资源所有者选择另一种备选投资方案所能获得的额定收益，未来租金流必须被资源租金增长率与额定利率之差来贴现。正如前面所提到的，通过贴现，同一美元价值在不同时期有不同的现值，因此，通过贴现值评估法需要(除一个假设的贴现率外)关于未来租金流的一系列假设。

经济分析局在运用这一方法时，采用了三个简化的假设，以使储量的每一批增量不必在整个经济服务年限内分别进行跟踪。首先，在整个油田服务年限内，假设探明储量增加的开采量每年是一样的，而且假设存量中的每批增量对耗竭的影响都是一样的。其次，假设新储量在 NIPA 的油田或矿山折旧的相同时间段中以某一固定速度被开采：1972 年前为 16 年，其后为 12 年。最后，开采被假设为发生在年中，并且采用现行租金法中所描述的单位租金来评估。

两个实际的贴现率(3%和 10%)被选择来说明一个较大范围的贴现率对储量增量、耗竭和存量的影响。因此，选取相对高的和相对低的贴现率以包含在进行贴现时所采用的许多其他贴现率。3%的贴现率用来近似表示时间优先贴现率。10%用来近似表示企业投资的长期实际收益率。

单位资源租金贴现值评估的程序是：

1.贴现因子通过实际贴现率估计值(额定利率减资源租金增长率)和 NIPA 对矿井或油井寿命的估计值得出。

2.单位租金等于贴现因子乘以通过基于矿业中资本存量价值的现行租金法得出的单位毛租金。

重置成本评估法

重置成本法从毛租金中扣除新增储量单位成本，将资源租金作为一个余值。用探明新储量的单位成本代表投资资本在毛租金中的份额。先评估地下每单位原地资源的价值，然后从原地资源价值中减去通过投资来替代它(重置成本)的成本，其余值就是资源租金。这种方法用现行开采速度估计将来的生产量，假设的贴现率为 6%(这里概略描述的方法基于 M.A Adelman 所采用的技术，他用此法评估资源租金、耗竭和石油天然气资源价值)。由于缺乏生产成本数据、出售储量的交易数据和评估所有其他矿产的那些市场价值的技术方法，重置成本法仅用于评估石油和天然气。求得单位资源租金的程序为：

1.桶因子(用来计算地下每桶石油的价值)等于储量的耗竭速度除以实际贴现率与耗竭速度之和。

2.单位资源租金等于单位毛租金乘以桶因子再减去单位勘探和开发成本。

交易价格评估法

当石油和天然气公司寻求接替因生产而被耗竭的储量时，他们就面临着“是找还是买”的两难抉择。他们要么通过勘探来探明新的储量，要么购买已被其他公司所探明了的储量。本文将探明储量的购买价格看作为“交易价格”，因为它代表在实际交易所支付的价格。通过勘探来探明新的储量的成本称为“发现成本”。平均来说，并且忽略购买和勘探间不同的税收待遇的情况下，发现成本将等于交易价格。

表 1 矿产资源价值评估方法的代数描述

定 义

<p>现行租金方法 1 (基于资本的平均收益率) $GR = TR - COE$ $RR = GR - (rNS + DEP)$ $r = RR / QE$ $VR = r(QRES)$ $DEP = r(QE)$ $VA = r(QADD)$ $REVAL = VR(t) - VR(t-1) + DEPL - VA$</p>	<p>合计价值符号的含义 TR=总收入 CO=其他开采费用, 包括雇员报酬、原料消费, 生产企业一般管理费。 GR=毛租金 RR=资源租金 NS=以现行重置成本估计的资本的净存量 TV=年内购买的储量价值 V=探明储量价值(资源和固定资本价值) VR=资源存量价值 VA=年增量价值 DEP=折旧 $DEPL$=年耗竭价值 $REVAL$=存量价值价格变化的影响 $\\$ ADD$=在探明储量的油田内钻探油井而发生的年度勘探和开发费用(包括开发杂项支出) =净贴现现值</p>
<p>现行租金方法 (基于资本存量价值): $GR = GR / QE$ $V = GR(QRES)$ $VR = V - NS$ $r = VR / QRES$</p>	<p>数量符号的含义: QE=年内所开采的资源量 $QRES$=储量存量 $QADD$=年内增加到储量中的资源数量 (通过新的发现、现存矿产地的扩大、评估储量的修正) TQ=年内所购买的储量的数量</p>
<p>贴现净现值*: $\phi = \sum_{j=1}^r \frac{1/T}{(1+i)^j - 1/2}$ $r = [(V-NS)/(QRES)]$</p>	<p>单位缩写符号的含义: GR=单位总租金(GR/Q) r=单位资源租金</p>
<p>重置成本法*: $bf = [(QE/QRES)/((QE/QRES)+r)]$ $r = bf [(TR-COE)/Q] - \\$ ADD/Q$</p>	<p>利率和其他款项: r=实际利率, 或贴现率 N=资源的服务年限(如油井或矿山), R/Q j=当年 T=资产的服务年限(NIPA 常规) a=储量下降速度, Q/R bf=桶因子</p>
<p>交易价格*: $GR = (TV/TQ)$ $r = GR - (NS/QRES)$</p>	

* 在所有方法中使用的 $DEPL$ 、 VA 、 $REVAL$ 都采用现行租金法 中同一公式计算。

如果可能的话, 对评估储量而言交易价格更理想。但反过来说, 这种交易是不常有的, 因为公司一般都自己发现他们的新储量。因此, 发生的少数几笔交易不能轻易地用来一般性地评估储量总的价值。

这里所介绍的对石油和天然气资源价值的估算引于各大能源生产公司的公开数据所形成的交易价格。求单位资源租金的步骤为:

1. 资源及其与投资资本有关的单位毛租金等于购买探明储量矿权的总费用除以购买的储量实物量。
2. 单位资源租金等于单位毛租金减去油气工业中与投资资本有关的单位净存量。

对矿产资源的价值评估

采用上述四种方法对主要矿产资源在 1958 年-1991 年间的资源储量价值及其变化进行了估算(交易价格法和重置成本法用于 1947 年-1991 年间的石油和天然气)。所评估的矿产包括燃料矿产(石油、天然气、煤、铀)、金属矿产(铁矿石、铜、铅、锌、金、银和钼),其他矿产(磷、硫、硼、硅藻土、石膏和钾盐)。在矿产产量中石油和天然气占有最大份额。之所以选择除油气外的上述矿产是由于具有稀缺性,产值相对较高。

不管采用何种方法,由各种方法对美国矿产存量的估算所形成的图形大体相似。

自 1958 年以来,矿产储量增量的价值趋于超过其耗竭的价值。以现价美元计算的探明矿产储量存量的价值有所增加,但以不变美元(1987 年)计算则变化不大(图 1 和图 2 及表 A)。

这些生产性资产存量随时间的变化较大幅度地反映了其资源租金的变化。资源租金增加伴随着对勘探更多的投资和采收技术的提高;而某些资源租金的下降则伴随着勘探活动的减少和边际油田和矿山的关闭。

探明储量在生产性资源经济存量中占相当大的部分。依估算方法的不同。1991 年,这些矿产资源存量价值相对于基础设施、设备和存货的价值增加了 4710-9160 亿美元,或 3%-7%。

探明矿产资源存量比与矿产资源有关的投入设施和设备的存量更具价值。1991 年,地下资产存量的价值是相关投入设施、设备和存货存量价值的 2-4 倍。

对耗竭、增量及资源存量的价值进行估算提供了一幅相差很大的收益景象。与使用现行帐户中测算的收入和资本存量计算的收益率相比,1958-1991 年间以 IEESA 为基准的矿业资本平均收益率低达 4%-5%,而不是 23%(表 B)。所有私有资本的收益率都从采用现行帐户计量的 16% 下滑到使用矿业 IEESA 的方法计算的 14%-15%。

虽然,各种不同方法计算出的趋势是相似的,但估算出的变化范围是较大的。对存量、耗竭和增量的最高估算来自基于资本存量价值的现行租金评估法,而最低的估算出自基于资本平均收益率的现行租金评估法。

探明储量存量从 1958 年的 1030-1820 亿美元增加到 1991 年 4710-9160 亿美元。以不变美元值计,存量表现小幅度的忽升忽降,但在整个期间内,变化不大:实际存量从 1958 年的 5440-10770 亿美元略微下滑到 1991 年的 5300-10300 亿美元。不同矿产情况不完全相同,并反映出产品价格和成本、国际矿产品价格易变性、环境法规日益苛刻、罢工以及其他各行业特有因素的影响。

对于石油,尽管不时有人担心美国会完全耗竭其资源,但在整个期间内,增量还是抵消了耗竭量。其原因是根据现行价格、成本和利率,各石油公司在较高的净收益的驱动下,增加勘探和提高回采率技术的投资以‘生产’探明储量存量来满足现在的和中期的需求。以不变美元计,石油和天然气增量和耗竭量变化趋势的一个拐点是 1970 年,当年发生阿拉斯加石油大罢工。

对于煤炭,增量超过了耗竭量,导致整个时期来其存量的不变美元价值总体上升。就其他矿产而言,存量模式有变化,金属矿产存量价值的下降反映金属矿产收益的大幅度下降。

1991 年的矿产储量存量增加了 3-7%,生产性有形财富达到 136370 亿美元(其中私有非住宅设施和设备为 544400 亿美元)。矿产储量在自然财富估算中所占比例随时间有所下降;在 1958 年,矿产储量使可再生产性有形财富增加 9%-17%。这一下降反映出多种因素,包括国民经济对国外资源依赖程度的增加和燃料与其他矿产使用效率的提高。

虽然工业界对勘探和开发矿产资源作了大量投资,但与矿产资源本身的价值相比,与油田和矿山有关的投资资本还是相对较小。1991 年,地下资产的价值是与其有关的矿业投资资本的 2-4 倍。生产性自然资产的这些存量的增加提供了一幅既包括资产又包括矿业收益的更综合的

景象。

对称于建筑物及设备的自然资源的处理提供了另一幅完全不同的矿业收益率的景象。1958-1991 年间,采用现行帐户中收入和资本存量(将财产型收入除以设施、设备和存货的重置价值)计算的矿业收益率平均为 23.1%。IEESA 的估计采用了更完善的方法,在财产型收入中扣除耗竭加上财产型收入的增量,这使资源存量价值加入到建筑物、设备和存货价值中。IEESA 估计的收益率为 3.5%-5.2%,因采用的评估方法而不同。容纳矿业资源的效果是如此之大,以至它使所有私有资本的收益率从 16.1%下降到 14.0-14.9%。而 IEESA 的收益率则提供了相当不同的矿业投资社会收益率和工业生产的可持续性的景象。

正如以上提到的,对资源储量的最高估算出自基于矿业投资资本存量价值的现行租金法。采用此法对 1991 年地下资产估算的价值是 9160 亿美元。1991 年地下资产的最低价值为 4710 亿美元,出自基于投资资本正常收益率的现行租金法。现行贴现值评估的结果在 6380-8120 亿美元之间。

重置成本法与交易价格法只用来计算石油和天然气。尽管进行了大量的平滑,交易价格估算仍非常易变和不稳定。而在所有方法中,重置成本法则计算出的天然气价值最低。交易价格估算出的石油价值最低。

一些地下资产的估算,特别是运用基于投资资本正常收益率的现行租金法估算的结果,资源存量价值和存量变化非常小。在某些行业中,特别是金属工业中,估算值是负值(在表中以星号标注)。这些负值表示,这些工业的毛租金是如此之低,以致于如果全部要素收益都计为市场产量,任何一个假设的在此工业部门的正常资本收益率的做法都会对资源产生一个负的剩余租金。某些人可能会想象出一个替代方法,即假设正常收益加上耗竭补贴,然后得出一个与资源有关的投资资本的负的余值。

附录：数据来源和方法

美元现值评估

石油和天然气

价格与数量 石油和天然气基本产品价格为平均井口价格,取自美国石油研究所(API)。天然气的井口价格包括归属于液体天然气(NGL)的租金,依据生产条件的不同,液体天然气在开发中分离出来。石油产量取自 API 和能源部(DDE),包括原油和租地中凝析油的产量,都以百万桶计算。天然气产量为从 API 与 DOE 处获得的营销产量。营销产量还没有经历液体天然气开采过程。石油天然气的总收益等于价格乘所生产的数量。

原油与干气的储量估算是依据 API 和 DOE。石油与天然气的储量因单独报道的液体天然气化储量而被扩大。增量等于据 DOE 和 API 计算的增量加上没有被报道流量核算的存量的任何剩余变化。在最近 40 年间,由不同的储量估算方法产生的估计值的不连续性余值有所上升。

所采用的基本商品价格数据为年度平均价格。然而,商品价格大的波动使其不稳定,因此不适合于估算投资者在决定长寿命资产(如矿产储量)的适当价格时可能期望的平均或预期收益。为平滑这些估算,一个年度平均价格的 3 年时滞平均值被作为年中市场价格。

成本 现行生产费用、按价税和超额利润税的数据取自 API 关于石油和天然气支出(SOGE)的报告,以及 1972-1981 统计局石油和天然气统计数据(ASOG)。“发现成本”是通过每增加单位储量的 3 年平均开发支出来取得。原始数据取自 SOGE 和 ASOG。SOGE 所没有覆盖的年份,成本估算使用指示级数进行内推。

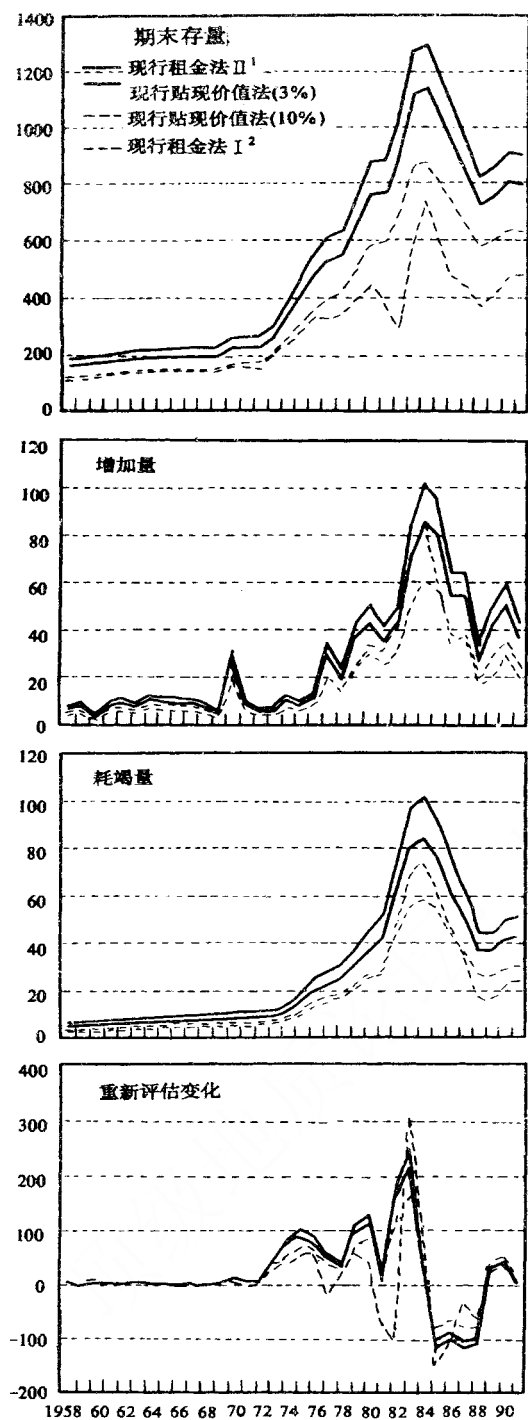


图 1 地下资产的存量及其变化(美元现值,10 亿)

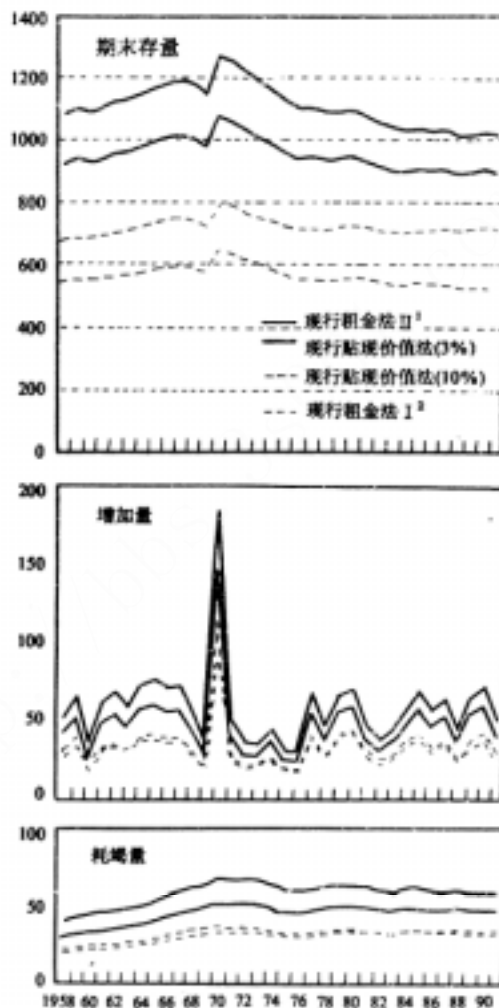


图 2 地下资产的存量及其变化
(1987 年不变美元,10 亿)

- 1.根据资本存量价值
 - 2.根据投入资本的平均收益率
- (美国商业部,经济分析局)

表 1.1 石油资源、增量和耗竭的价值,现行租金法
(收益率)(美元现值,10 亿元)

年份	期前 存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量(3)	重新评 估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4) (5)
1947	...	2.4	1.8	...	26.1
1948	26.1	5.7	3.0	6.1	34.9
1949	34.9	4.5	3.5	5	37.4
1950	37.4	4.1	3.0	3	38.
1951	38.8	6.4	3.2	-1.5	39.6
1952	39.6	3.5	2.8	-3.9	36.3
1953	36.3	4.3	3.0	1.2	38.9
1954	38.9	4.0	3.2	3.6	43.2
1955	43.2	4.6	3.9	4.2	48.2
1956	48.2	4.6	3.9	-1.3	47.6
1957	47.6	3.5	3.8	-1.0	46.3
1958	46.3	4.1	3.6	4	47.2
1959	47.2	5.2	3.5	-5.6	43.3
1960	43.3	3.3	3.3	-1.1	42.1
1961	42.1	3.5	3.3	-6	41.8
1962	41.8	2.9	3.3	-5	40.8
1963	40.8	3.1	3.6	1.6	42.0
1964	42.0	3.6	3.6	-7	41.3
1965	41.3	4.0	3.5	-1.4	40.4
1966	40.4	3.9	3.7	-6	40.0
1967	40.0	4.1	4.1	2.5	42.5
1968	42.5	3.3	4.2	-1	41.6
1969	41.6	2.8	4.3	4	40.5
1970	40.5	16.7	4.6	3.1	55.7
1971	55.7	3.3	4.7	1.0	55.3
1972	55.3	2.1	4.4	-1.8	51.2
1973	51.2	3.6	5.4	28.5	77.9
1974	77.9	3.8	5.8	10.9	86.8
1975	86.8	3.5	7.3	21.7	104.7
1976	104.7	4.2	10.0	19.8	118.7
1977	118.7	13.4	10.7	2.7	124.1
1978	124.1	9.8	11.3	15.4	137.9
1979	137.9	7.1	12.9	60.4	192.5
1980	192.5	19.0	18.9	102.8	295.4
1981	295.4	20.6	22.8	5.2	298.5
1982	298.3	19.8	38.6	102.9	382.4
1983	382.4	54.9	54.7	99.0	481.6
1984	481.6	62.1	51.6	-38.0	454.1
1985	454.1	43.9	43.5	-122.0	333.1
1986	332.1	16.1	30.2	-91.9	226.1
1987	226.1	23.1	10.7	-83.9	144.7
1988	144.7	6.1	7.1	-63.4	30.2
1989	80.2	6.0	7.0	12.8	91.9
1990	91.9	9.2	10.3	32.5	123.3

1991	123.3	5.3	13.0	11.1	126.8
------	-------	-----	------	------	-------

表 1.2 石油资源、增量和耗竭的价值，现行租金法
(资本价值)(美元现值，10 亿元)

年份	期前 存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评 估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4) (5)
1947	...	3.0	2.3	...	31.3
1948	31.3	6.7	3.5	6.4	40.9
1949	40.9	5.5	3.1	2.3	45.6
1950	45.6	4.9	3.6	-2	46.8
1955	46.3	7.8	3.9	-2.3	48.5
1952	48.5	4.5	3.6	-3.2	46.1
1953	46.1	5.5	3.8	1.8	45.7
1954	49.7	5.2	4.1	4.8	55.5
1955	55.5	5.8	4.8	3.8	60.3
1956	60.3	6.0	5.0	-1	61.0
1957	61.0	4.7	5.0	7	61.4
1958	61.4	5.7	5.0	3.3	65.4
1959	65.4	7.4	5.0	-5.3	63.6
1960	62.6	4.8	4.9	-3	62.3
1961	62.2	5.2	4.9	-1.0	61.5
1962	61.5	4.3	4.9	-6	60.4
1963	60.4	4.5	5.1	5	60.8
1964	60.2	5.2	5.1	-7	59.5
1965	59.5	5.9	5.1	-1.3	58.9
1966	58.9	5.6	5.3	-1.5	57.7
1967	57.7	5.7	5.7	1.1	58.8
1968	58.8	4.6	5.0	-8	56.8
1969	56.8	5.8	5.9	0	54.8
1970	54.8	23.7	6.5	9.7	80.7
1971	80.7	4.9	6.9	2.0	80.6
1972	80.6	3.3	7.0	1.5	78.4
1973	78.4	4.7	7.0	18.7	94.9
1974	94.9	6.0	9.0	30.1	121.9
1975	121.9	5.5	11.5	33.0	149.8
1976	149.0	6.1	14.4	14.1	164.8
1977	164.8	19.6	13.6	9.3	178.1
1978	178.1	14.7	17.1	19.2	194.9
1979	194.9	10.8	19.2	71.2	257.2
1980	259.2	26.2	26.1	105.2	362.5
1981	362.5	30.2	33.5	37.0	396.2
1982	396.2	26.3	51.4	125.7	496.9
1983	496.9	65.4	63.1	82.1	379.3
1984	579.3	74.2	61.7	-44.1	547.7
1985	547.7	55.4	54.8	-112.6	425.6
1986	435.6	21.9	41.3	-90.4	325.9

1987	325.9	34.2	30.6	-88.3	341.2
1988	241.2	15.9	18.5	-51.1	187.5
1989	187.5	16.4	19.3	30.8	215.4
1990	215.4	20.2	22.6	37.6	250.6
1991	250.6	10.3	25.0	5.8	241.7

表 1.3 石油资源、增量和耗竭价值使用 3%贴同率的现行贴现值方法
(美元现值, 10 亿美元)

年份	期前 存量 (1)	增加 量 (2)	耗竭 量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4) (5)
1947	...	...	1.8	...	26.8
1948	26.8	3.3	2.8	5.7	35.6
1949	35.0	4.4	2.5	2.1	39.0
1950	39.0	3.9	2.8	-1	40.0
1951	40.0	6.2	3.1	-1.7	41.4
1952	41.4	3.6	2.9	-2.7	39.5
1953	39.5	4.4	3.0	1.7	42.5
1954	42.5	4.1	3.3	4.2	47.5
1955	47.5	4.6	3.8	3.3	51.6
1956	51.6	4.8	4.0	-1	52.2
1957	52.2	3.7	4.0	6	52.5
1958	52.5	4.5	4.0	2.9	56.0
1959	56.0	5.9	4.0	-4.4	53.5
1960	53.5	3.8	3.9	-3	53.2
1961	53.2	4.2	3.9	-9	52.6
1962	52.6	3.5	3.9	-3	51.6
1963	51.6	3.5	4.0	3	51.5
1964	51.5	4.1	4.1	-6	50.9
1965	50.9	4.7	4.1	-1.1	50.4
1966	50.4	4.0	4.2	-1.3	49.3
1967	49.3	4.5	4.5	9	50.3
1968	50.3	3.7	4.6	-8	48.6
1969	48.6	3.1	4.7	-1	46.9
1970	46.9	18.9	5.2	8.4	69.0
1971	69.0	3.9	5.3	1.5	68.9
1972	68.9	2.6	5.5	1.1	67.1
1973	67.1	4.0	5.6	15.9	81.3
1974	81.3	5.1	7.2	25.6	104.8
1975	104.8	4.7	9.2	38.1	128.3
1976	128.3	5.2	11.6	20.4	142.3
1977	142.3	16.5	12.6	7.9	154.1
1978	154.1	12.4	13.9	16.4	169.0
1979	169.0	9.1	16.1	61.6	223.6
1980	223.6	22.1	21.4	91.6	315.9
1981	315.9	25.4	21.5	33.2	346.0
1982	346.0	22.2	42.3	109.1	435.9

1983	435.0	55.0	54.0	72.2	308.3
1984	500.3	62.5	51.0	-38.1	482.7
1985	481.7	46.6	45.7	-98.6	383.9
1986	383.9	18.5	34.4	-80.2	287.9
1987	287.9	28.8	35.5	-77.7	213.6
1988	213.6	13.4	15.6	-45.0	166.4
1989	166.4	13.0	16.7	27.2	191.1
1990	191.1	17.0	19.0	33.2	222.4
1991	222.4	8.7	21.0	4.4	214.5

表 1.4 石油资源、增量和耗竭价值使用 10%贴现率的现行贴现值方法
(美元现值, 10 亿美元)

年份	期前存量(1)	增加量(2)	耗竭量(3)	重新评估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4) (5)
1947	...	...	1.1	...	19.8
1948	19.8	3.4	1.8	4.4	25.8
1949	25.8	2.8	1.6	1.7	28.8
1950	28.8	2.5	1.8	1	29.5
1951	29.5	4.0	2.0	-1.0	30.6
1952	30.6	2.3	1.8	-1.9	29.1
1953	29.1	2.8	2.0	1.4	31.3
1954	31.3	2.6	2.1	3.1	35.0
1955	35.0	3.0	2.5	2.5	38.0
1956	38.0	3.1	2.6	0	38.5
1957	38.5	2.4	2.6	4	38.7
1958	38.7	2.9	2.6	2.2	41.3
1959	41.3	3.8	2.6	-3.0	39.5
1960	39.5	2.3	2.5	-2	39.2
1961	39.2	2.7	2.5	-6	38.8
1962	38.8	2.2	2.5	-4	38.1
1963	38.1	2.3	2.6	2	37.9
1964	37.9	2.7	2.6	-5	37.5
1965	37.5	3.0	2.6	-8	37.1
1966	37.1	2.9	2.7	-9	36.4
1967	36.4	2.9	2.9	7	37.1
1968	37.1	2.4	3.6	-6	35.8
1969	35.8	2.0	3.0	-2	34.5
1970	34.5	13.2	3.3	7.5	54.9
1971	50.9	2.5	3.6	1.0	50.8
1972	50.8	1.7	3.6	5	49.4
1973	49.4	2.8	3.6	11.6	60.2
1974	60.2	3.6	4.7	18.8	77.9
1975	77.9	3.3	6.0	20.7	95.8
1976	95.8	3.6	7.7	14.9	106.7
1977	106.7	11.7	8.4	6.0	116.0
1978	116.0	8.8	9.2	18.8	127.7

1979	127.7	6.4	10.8	46.2	169.7
1980	169.7	15.6	14.3	69.7	240.7
1981	240.7	18.0	18.8	24.9	264.7
1982	264.7	15.7	29.2	62.9	334.1
1983	334.1	38.9	37.2	55.1	391.9
1984	391.9	44.2	35.7	-27.6	372.8
1985	372.8	33.0	32.1	-75.4	298.3
1986	298.3	13.1	24.3	-62.6	224.6
1987	224.6	20.4	70.2	-59.5	167.2
1988	167.2	9.5	11.0	-34.9	138.8
1989	138.8	9.7	11.0	21.3	150.2
1990	150.2	12.1	13.5	26.0	174.8
1991	174.8	6.1	14.9	2.5	168.5

表 1.5 石油资源、增量和耗竭的价值，替代成本法
(美元现值，10 亿美元)

年份	期前存量(1)	增加量 (2)	耗竭量(3)	重新评估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4) (5)
1947	...	1.3	1.0	...	14.2
1948	14.2	3.1	3.6	3.5	19.2
1949	19.2	2.1	1.2	-2.4	17.7
1950	17.7	1.9	1.4	.1	18.3
1951	18.3	2.7	1.4	-2.5	17.2
1952	17.2	1.6	1.3	-.8	16.7
1953	16.7	1.8	1.2	-.8	16.4
1954	16.4	1.8	1.4	3.1	19.8
1955	19.8	2.2	1.9	3.4	23.6
1956	23.6	2.2	1.9	-.4	23.6
1957	23.6	1.8	2.0	.9	24.4
1958	24.4	2.3	2.0	1.6	26.3
1959	26.3	3.2	2.1	-.5	26.7
1960	26.7	2.1	2.1	.2	26.9
1961	26.9	2.1	1.9	-2.7	24.3
1962	24.3	1.7	1.9	-.2	23.9
1963	23.9	1.8	2.1	.6	24.2
1964	24.2	2.3	2.3	2.4	26.6
1965	26.6	2.8	2.4	1.3	28.2
1966	28.2	2.8	2.7	1.0	29.4
1967	29.4	2.8	2.8	-.1	29.2
1968	29.2	2.1	2.7	-1.7	26.9
1969	26.9	2.2	3.4	6.5	32.3
1970	32.3	11.9	3.5	-1.5	39.4
1971	39.4	2.2	3.2	-1.3	37.2
1972	37.2	1.4	2.9	-1.7	34.0
1973	34.0	1.9	2.8	9.2	42.3
1974	42.3	2.0	3.1	7.7	49.0

1975	49.0	1.2	2.6	-4.3	43.4
1976	43.4	2.0	4.8	18.1	58.7
1977	58.7	7.9	6.3	14.1	74.4
1978	74.4	6.7	7.8	21.7	95.1
1979	95.1	4.8	8.7	37.2	128.4
1980	128.4	10.9	10.9	51.1	179.5
1981	179.5	11.9	13.2	4.5	182.6
1982	182.5	12.2	23.8	66.8	237.9
1983	237.9	33.5	33.4	53.8	291.8
1984	291.8	40.0	33.2	-5.4	293.2
1985	293.2	20.9	28.6	-73.9	219.5
1986	219.5	11.7	22.1	-42.4	166.8
1987	166.8	18.2	16.2	-49.9	119.8
1988	119.8	10.0	11.6	.5	118.7
1989	118.7	9.5	11.2	8.4	125.4
1990	125.4	8.7	9.7	-14.2	110.2
1991	110.2	3.3	8.0	-27.6	77.8

表 1.6 石油资源、增加量和耗竭量的价值，交易价格法
(美元现值，10 美元)

年份	期前存量(1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4) (5)
1977	...	10.8	8.6	...	93.7
1978	93.7	7.5	8.7	20.9	113.4
1979	113.4	7.2	13.2	42.7	150.2
1980	150.2	16.6	16.5	2.7	154.0
1981	154.0	12.4	13.8	-5	152.1
1982	152.1	9.4	18.4	-21.5	121.7
1983	121.7	8.8	8.8	-40.3	81.4
1984	81.4	10.4	8.5	-11.1	72.0
1985	72.0	7.0	7.0	-6.1	66.0
1986	66.0	4.1	7.7	-4.2	58.2
1987	58.2	5.8	5.1	-23.1	35.7
1988	35.7	1.4	1.6	-22.3	13.2
1989	13.2	1.2	1.5	4.3	17.2
1990	17.2	1.6	1.8	20.0	37.1
1991	37.1	2.2	5.3	11.1	45.1

表 2.1 天然气资源、增量和耗竭的价值，现行租金法（收益率）（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1947	...	(*)	(*)	...	(*)
1948	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1949	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1950	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1951	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1952	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1953	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1954	(*)	(*)	(*)	(*)	1.1
1955	1.1	.3	.1	1.0	3.1
1956	3.1	.3	.1	-.5	2.7
1957	2.7	.2	.1	-.3	2.6
1958	2.6	.3	.1	1.5	4.1
1959	4.1	.3	.2	.5	4.8
1960	4.8	.3	.3	2.9	7.7
1961	7.7	.6	.4	1.8	9.7
1962	9.7	.8	.5	1.3	11.2
1963	11.2	.9	.7	2.4	13.9
1964	13.9	1.0	.8	.2	14.3
1965	14.3	1.0	.8	-.7	13.9
1966	13.9	.9	.8	-.7	13.3
1967	13.3	1.0	.8	.8	14.3
1968	14.3	.6	.9	.2	14.2
1969	14.2	.4	1.0	.6	14.2
1970	14.2	1.9	1.1	.8	15.8
1971	15.8	.5	1.1	-.2	15.0
1972	15.0	.3	.8	-2.9	11.6

1973	11.6	.2	.8	3.0	14.0
1974	14.0	.2	.6	2.3	15.8
1975	15.8	.4	.8	5.6	21.1
1976	21.1	.7	2.1	18.4	38.2
1977	38.2	2.3	3.6	14.9	51.7
1978	51.7	2.3	4.1	9.2	59.1
1979	59.1	3.9	5.4	20.3	77.9
1980	77.9	6.3	5.2	7.8	86.7
1981	86.7	.8	.7	-45.6	41.3
1982	41.3	3.0	3.0	20.2	61.5
1983	61.5	10.1	11.0	100.9	161.6
1984	161.6	15.6	18.5	51.1	209.8
1985	209.8	10.6	14.1	-65.4	140.9
1986	140.9	10.0	11.3	-34.6	105.1
1987	105.1	6.9	9.3	-24.0	78.6
1988	78.6	-.4	3.6	-44.3	30.3
1989	30.3	2.1	2.2	-5.5	24.7
1990	24.7	4.1	3.7	10.1	35.3
1991	35.3	2.8	3.2	-3.8	31.1

* 表示由于负的资源租金，此登录所计算的价值为负值。因为负的资源租金被简单地作为其他支付因素后的核算资源租金，因此其价值用*号来表示。这里对单个矿类来说，基数年(1987)的资源租金为负值。1987-89年3年期平均的资源租金用1987年的来代替，以以达到不变美元评价的目的(表8.1-8.4)。这里1987-89年平均为负值，基数年的零价格被用于不变美元值评价中。

表 2.2 天然气资源、增加量和耗竭量的价值，现行租金法（资本价值）（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1947	...	0.3	0.1	...	6.1
1948	6.1	.5	.2	.7	7.2
1949	7.2	.4	.2	.1	7.5
1950	7.5	.5	.2	-.1	7.7
1951	7.7	.6	.3	.1	8.1
1952	8.1	.5	.3	.3	8.6
1953	8.6	.9	.4	1.5	10.6
1954	10.6	.5	.5	2.2	12.8
1955	12.8	1.4	.6	2.0	15.7
1956	15.7	1.7	.7	.5	17.1
1957	17.1	1.4	.7	.5	18.2
1958	18.2	1.4	.8	1.8	20.7
1959	20.7	1.6	.9	.1	21.4
1960	21.4	1.2	1.1	2.4	23.9
1961	23.9	1.6	1.2	1.8	26.0
1962	26.0	1.9	1.3	1.5	28.1
1963	28.1	1.9	1.5	1.1	29.7
1964	29.7	2.1	1.6	-.1	30.1
1965	30.1	2.2	1.6	-.5	30.1
1966	30.1	2.0	1.7	-.8	29.6
1967	29.6	2.2	1.8	.7	30.7
1968	30.7	1.3	1.9	-.2	29.9
1969	29.9	.8	2.0	-.4	28.2
1970	28.2	3.8	2.2	1.1	30.9
1971	30.9	1.0	2.3	-.3	29.4
1972	29.4	.9	2.2	-.3	27.8
1973	27.8	.6	2.2	3.0	29.2
1974	29.2	.9	2.4	7.5	35.2
1975	35.2	1.7	3.2	15.1	48.9
1976	48.9	1.8	4.8	22.0	67.8
1977	67.8	4.3	6.9	19.9	85.1
1978	85.1	4.6	8.3	18.5	99.9
1979	99.9	7.7	10.6	29.1	126.1
1980	126.1	13.7	11.3	17.2	145.6
1981	145.6	12.1	10.6	-8.4	138.8
1982	138.8	16.7	16.9	78.8	217.3
1983	217.3	22.3	24.2	111.5	326.9
1984	326.9	25.7	30.5	22.0	344.1
1985	344.1	20.6	27.4	-42.0	295.3
1986	295.3	21.5	24.1	-33.3	259.3
1987	259.3	14.9	20.3	-51.8	202.3
1988	202.2	-1.8	14.7	-51.4	134.2
1989	134.2	12.4	13.1	-4.1	129.5
1990	129.5	16.1	14.3	5.7	136.9
1991	136.9	12.2	14.0	-2.3	132.8

表 2.3 天然气资源、增加量和耗竭量的价值，采用 3%的贴现率的现行贴现值法（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量(1)	增加量(2)	耗竭量(3)	重新评估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4)(5)
1947	...	...	0.1	...	5.2
1948	5.2	.4	.2	.6	6.1
1949	6.1	.3	.2	.1	6.4
1950	6.4	.4	.2	-.1	6.6
1951	6.6	.5	.2	.1	6.9
1952	6.9	.4	.2	.2	7.3
1953	7.3	.7	.3	1.3	9.1
1954	9.1	.4	.4	1.9	11.0
1955	11.0	1.1	.5	1.8	13.4
1956	13.4	1.3	.5	.4	14.6
1957	14.6	1.1	.6	.4	15.6
1958	15.6	1.1	.7	1.6	17.7
1959	17.7	1.3	.7	.1	18.3
1960	18.3	.9	.8	2.1	20.4
1961	20.4	1.3	1.0	1.5	22.3
1962	22.3	1.6	1.1	1.3	24.1
1963	24.1	1.5	1.2	1.0	25.4
1964	25.4	1.7	1.3	-.1	25.7
1965	25.7	1.7	1.3	-.4	25.8
1966	25.8	1.6	1.3	-.7	25.3
1967	25.3	1.7	1.4	.6	26.2
1968	26.2	1.1	1.5	-.2	25.6
1969	25.6	.6	1.6	-.4	24.2
1970	24.2	3.0	1.7	1.0	26.5
1971	26.5	.8	1.8	-.4	25.1
1972	25.1	.7	1.8	-.3	23.8
1973	23.8	.5	1.8	2.5	25.0
1974	25.0	.8	1.9	6.4	30.3
1975	30.3	1.4	2.6	12.9	42.1
1976	42.1	1.5	3.9	18.8	58.5
1977	58.5	3.6	5.5	17.0	73.7
1978	73.7	3.9	6.8	15.9	86.6
1979	86.6	6.5	8.7	25.2	109.6
1980	109.6	11.7	9.4	15.0	126.9
1981	126.9	10.2	8.7	-7.2	121.2
1982	121.2	14.1	13.9	68.9	190.2
1983	190.2	18.7	20.0	97.9	286.9
1984	286.9	21.6	25.2	19.3	302.6
1985	302.6	17.3	23.8	-36.8	260.3
1986	260.3	18.1	20.1	-29.2	229.1
1987	229.1	10.6	16.9	-45.8	179.0
1988	179.0	-1.5	12.4	-46.0	119.1
1989	119.1	10.4	11.0	-3.7	114.9
1990	114.9	13.5	12.0	5.1	121.5
1991	121.5	10.3	11.8	-2.2	117.8

表 2.4 天然气资源、增加量和耗竭量的价值，采用 10%的贴现率的现行贴现值法（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1947	...	...	0.1	...	3.9
1948	3.9	.3	.1	.5	4.5
1949	4.5	.2	.1	.1	4.7
1950	4.7	.2	.1	0	4.8
1951	4.8	.3	.1	.1	5.1
1952	5.1	.3	.2	.2	5.4
1953	5.4	.5	.2	1.0	6.7
1954	6.7	.3	.2	1.4	8.1
1955	8.1	.7	.3	1.4	9.9
1956	9.9	.9	.4	.4	10.8
1957	10.8	.7	.4	.4	11.5
1958	11.5	.7	.4	1.2	13.0
1959	13.0	.8	.5	.1	13.5
1960	13.5	.6	.5	1.5	15.1
1961	15.1	.8	.6	1.2	16.4
1962	16.4	1.0	.7	1.0	17.7
1963	17.7	1.0	.8	.8	18.7
1964	18.7	1.1	.8	0	19.0
1965	19.0	1.1	.8	-.3	19.0
1966	19.0	1.0	.9	-.5	18.7
1967	18.7	1.1	.9	.5	19.3
1968	19.3	.7	1.0	-.2	18.8
1969	18.8	.4	1.0	-.4	17.8
1970	17.8	1.9	1.1	.9	19.5
1971	19.5	.5	1.2	-.4	18.5
1972	18.5	.5	1.1	-.3	17.5
1973	17.5	.3	1.1	1.8	18.5
1974	18.5	.5	1.3	4.7	22.5
1975	22.5	1.0	1.7	9.6	31.4
1976	31.4	1.0	2.6	14.0	43.9
1977	43.9	2.6	3.7	12.7	55.5
1978	55.5	2.7	4.5	11.8	65.5
1979	65.5	4.6	5.8	18.9	83.2
1980	83.2	8.2	6.3	11.6	96.7
1981	96.7	7.2	6.0	-5.2	92.7
1982	92.7	9.9	9.6	53.1	146.1
1983	146.1	13.3	13.8	75.6	221.2
1984	221.2	15.3	17.6	15.4	234.2
1985	234.2	12.3	16.0	-28.2	202.2
1986	202.2	12.8	14.2	-22.2	178.7
1987	178.7	8.9	12.1	-35.4	140.1
1988	140.1	-1.0	8.8	-36.7	93.6
1989	93.6	7.4	7.8	-2.9	90.3
1990	90.3	9.6	8.5	4.1	95.5
1991	95.5	7.3	8.3	-1.8	92.6

表 2.5 天然气资源、增加量和耗竭量的价值，替代成本法（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1947	...	(*)	(*)	...	(*)
1948	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1949	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1950	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1951	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1952	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1953	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1954	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1955	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1956	(*)	.2	.1	(*)	1.8
1957	1.8	.1	0	-.5	1.3
1958	1.3	.1	.1	.2	1.6
1959	1.6	0	0	-.9	.7
1960	.7	.1	0	.8	1.5
1961	1.5	.1	.1	.5	2.0
1962	2.0	.3	.2	2.6	4.7
1963	4.7	.4	.3	1.4	6.1
1964	6.1	.5	.4	.9	7.2
1965	7.2	.5	.3	-1.0	6.4
1966	6.4	.4	.4	.2	6.6
1967	6.6	.3	.3	-1.8	4.9
1968	4.9	(*)	(*)	(*)	(*)
1969	(*)	(*)	(*)	(*)	1.0
1970	1.0	(*)	(*)	(*)	(*)
1971	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1972	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1973	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1974	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1975	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1976	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1977	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1978	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1979	(*)	(*)	(*)	(*)	27.6
1980	27.6	3.4	2.8	25.7	53.9
1981	53.9	2.3	8.0	-5.8	48.3
1982	48.3	5.5	5.5	33.0	81.2
1983	81.2	7.5	8.2	31.9	112.5
1984	112.5	9.0	10.7	9.7	120.5
1985	120.5	7.1	9.4	-22.8	95.3
1986	95.3	8.0	9.0	-6.9	87.5
1987	87.5	6.8	9.2	.6	85.6
1988	85.6	5.9	6.6	-23.1	61.8
1989	61.8	5.9	6.2	.5	62.0
1990	62.0	7.7	6.8	2.3	65.1
1991	65.1	5.8	6.6	-2.2	62.1

*表示由于负的资源租金，此登录所计算的价值为负值。因为负的资源租金被简单地作为其他支付因素后的核算资源租金，因此其价值用*号来表示。这里对单个矿类来说，基数年(1987)的资源租金为负值。1987-89 年 3 年期平均的资源租金用 1987 年的来代替，以以达到不变美元评价的目的(表 8.1-8.4)。这里 1987-89 年平均为负值，基数年的零价格被用于不变美元值评价中。

表 2.6 天然气资源、增加量和耗竭量的价值，交易价格法

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	重新评价变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1977	...	7.7	...	129.5
1978	129.5	6.3	20.3	144.8
1979	144.8	12.2	46.7	186.8
1980	186.8	24.8	7.0	198.1
1981	198.1	20.4	10.0	210.6
1982	210.6	21.4	-25.7	184.6
1983	184.6	10.1	-42.7	141.0
1984	141.0	10.1	-12.3	126.8
1985	126.8	7.4	-5.6	118.7
1986	118.7	9.6	-1.7	115.9
1987	115.9	6.5	-32.3	81.2
1988	81.2	-0.6	-33.0	42.7
1989	42.7	4.2	1.5	44.0
1990	44.0	5.5	22.5	67.2
1991	67.2	8.1	16.3	82.3

表 3.1 煤的资源、增加量和耗竭量的价值，现行租金法（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	9.8	0.2	0.2	-0.1	9.7
1959	9.7	.2	.3	1.8	11.5
1960	11.5	.1	.3	1.2	12.5
1961	12.5	.4	.3	.4	13.0
1962	13.0	.5	.4	1.3	14.4
1963	14.4	.7	.4	1.7	16.3
1964	16.3	.7	.4	-.5	16.2
1965	16.2	.7	.4	-.4	16.0
1966	16.0	.6	.4	-.8	15.3
1967	15.3	.5	.4	-1.3	14.1
1968	14.1	.5	.4	-1.3	13.0
1969	13.0	.4	.3	0	13.1
1970	13.1	.5	.4	2.5	15.6
1971	15.6	.5	.4	-.3	15.3
1972	15.3	.5	.5	1.4	16.8
1973	16.8	.6	.5	8.0	24.9
1974	24.9	1.5	1.0	16.5	41.9
1975	41.9	2.3	1.7	18.9	61.5
1976	61.5	3.0	2.4	13.0	75.1
1977	75.1	4.2	2.5	.7	77.5
1978	77.5	.6	2.1	-9.9	66.2
1979	66.2	11.8	2.6	7.9	83.3
1980	83.3	6.9	3.0	4.9	92.2
1981	92.2	2.4	3.0	.4	91.9
1982	91.9	5.9	3.3	5.9	100.4
1983	100.4	.1	3.4	6.1	103.2
1984	103.2	6.1	4.8	22.4	127.0
1985	127.0	7.7	4.9	4.6	134.4
1986	134.4	7.5	5.1	4.0	140.7
1987	140.7	4.4	5.4	3.2	143.0
1988	143.0	5.8	5.3	-5.2	138.3
1989	138.3	4.5	5.3	-2.5	134.9
1990	134.9	7.0	5.6	1.2	137.5
1991	137.5	4.6	5.3	-2.4	134.4

表 3.2 煤的资源、增加量和耗竭量的价值，现行租金法（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	22.7	0.5	0.5	-0.2	22.4
1959	22.4	.5	.6	.9	23.2
1960	23.2	.3	.6	.7	23.6
1961	23.6	.7	.6	.5	24.2
1962	24.2	.9	.6	.5	25.0
1963	25.0	1.0	.7	.6	26.0
1964	26.0	1.2	.7	-1.1	25.4
1965	25.4	1.1	.7	-.9	24.9
1966	24.9	1.0	.7	-.9	24.2
1967	24.2	.9	.7	-.9	23.6
1968	23.6	.9	.7	-.1	23.8
1969	23.8	.7	.7	1.1	24.9
1970	24.9	.9	.8	2.7	27.7
1971	27.7	1.0	.8	3.2	31.1
1972	31.1	1.1	1.0	2.9	34.1
1973	34.1	1.3	1.1	10.9	45.2
1974	45.2	2.6	1.7	20.3	66.4
1975	66.4	3.6	2.6	24.4	91.8
1976	91.8	4.6	3.6	18.6	111.3
1977	111.3	6.8	4.1	10.4	124.5
1978	124.5	1.2	4.0	5.5	127.2
1979	127.2	22.3	5.0	10.1	154.6
1980	154.6	13.3	5.7	11.3	173.5
1981	173.5	4.8	6.0	9.7	181.9
1982	181.9	11.5	6.4	6.1	193.0
1983	193.0	.2	6.3	7.3	194.2
1984	194.2	9.6	7.4	3.0	199.4
1985	199.4	11.5	7.4	.7	204.3
1986	204.3	11.0	7.4	-.2	207.7
1987	207.7	6.3	7.6	-2.1	204.2
1988	204.2	8.2	7.5	-7.7	197.2
1989	197.2	6.4	7.5	-4.7	191.3
1990	191.3	9.7	7.8	-2.4	190.8
1991	190.8	6.5	7.5	-1.3	188.6

表 3.3 煤的资源、增加量、耗竭量的价值，采用 3%贴现率的现行贴现值法（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	19.4	0.4	0.4	-0.1	19.2
1959	19.2	.4	.4	.8	19.9
1960	19.9	.2	.5	.6	20.2
1961	20.2	.6	.5	.4	20.7
1962	20.7	.7	.5	.4	21.4
1963	21.4	.8	.5	.6	22.2
1964	22.2	.9	.6	-.9	21.7
1965	21.7	.9	.6	-.8	21.3
1966	21.3	.8	.6	-.7	20.7
1967	20.7	.7	.5	-.7	20.2
1968	20.2	.8	.5	-.1	20.4
1969	20.4	.6	.6	.9	21.3
1970	21.3	.7	.6	2.3	23.7
1971	23.7	.8	.7	2.7	26.6
1972	26.6	.9	.8	2.5	29.2
1973	29.2	1.1	.9	9.4	38.7
1974	38.7	2.2	1.4	17.5	57.1
1975	57.1	3.0	2.1	21.0	79.1
1976	79.1	3.8	2.9	16.1	96.1
1977	96.1	5.7	3.3	9.2	107.7
1978	107.7	1.0	3.3	4.8	110.3
1979	110.3	18.8	4.1	9.4	134.4
1980	134.4	11.2	4.7	10.2	151.2
1981	151.2	4.0	5.0	8.6	158.9
1982	158.9	9.7	5.3	5.7	169.0
1983	169.0	.2	5.2	6.5	170.4
1984	170.4	8.0	6.1	3.0	175.3
1985	175.3	9.7	6.1	1.1	180.0
1986	180.0	9.2	6.2	.3	183.4
1987	183.4	5.3	6.4	-1.5	180.8
1988	180.8	6.9	6.3	-6.4	174.9
1989	174.9	5.4	6.3	-4.2	169.7
1990	169.7	8.2	6.5	-2.0	169.3
1991	169.3	5.5	6.3	-1.2	169.3

表 3.4 煤的资源、增加量、耗竭量的价值，采用 10%贴现率的现行贴现值法（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	14.3	0.2	0.3	-0.1	14.1
1959	14.1	.2	.3	.5	14.6
1960	14.6	.1	.3	.4	14.9
1961	14.9	.4	.3	.3	15.3
1962	15.3	.5	.3	.3	15.8
1963	15.8	.5	.4	.4	16.4
1964	16.4	.6	.4	-.6	16.0
1965	16.0	.6	.4	-.5	15.7
1966	15.7	.5	.4	-.5	15.3
1967	15.3	.5	.4	-.5	14.9
1968	14.9	.5	.3	0	15.0
1969	15.0	.4	.4	.7	15.7
1970	15.7	.5	.4	1.7	17.5
1971	17.5	.5	.4	2.0	19.6
1972	19.6	.6	.5	1.8	21.5
1973	21.5	.8	.6	7.0	23.7
1974	28.7	1.6	.9	13.1	42.4
1975	42.4	2.2	1.4	15.8	59.0
1976	59.0	2.7	1.9	12.2	72.1
1977	72.1	4.0	2.2	7.2	81.1
1978	81.1	.7	2.2	3.7	83.4
1979	83.4	13.3	2.7	8.1	102.0
1980	102.0	7.9	3.1	8.4	115.2
1981	115.2	2.8	3.4	6.9	121.6
1982	121.6	6.8	3.7	5.0	129.8
1983	129.8	.1	3.6	5.1	131.4
1984	131.4	5.7	4.3	2.9	135.7
1985	135.7	6.9	4.3	1.6	139.9
1986	139.9	6.5	4.4	1.0	143.1
1987	143.1	3.7	4.5	-.7	141.6
1988	141.6	4.9	4.5	-4.5	137.5
1989	137.5	3.8	4.5	-3.4	133.4
1990	133.4	5.8	4.6	-1.5	133.1
1991	133.1	3.9	4.4	-1.0	131.5

表 4.1 所有金属资源，增加量和耗竭量的价值，现行租金法（效率率）（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	28.9	-0.1	0.2	1.0	29.6
1959	29.6	0	.2	.5	29.8
1960	29.8	-1.3	.4	10.1	38.2
1961	38.2	1.3	.4	-.7	38.4
1962	38.4	1.4	.4	.5	40.9
1963	40.9	1.0	.4	9.9	44.8
1964	44.8	1.3	.5	4.1	50.7
1965	50.7	1.6	.5	.4	52.1
1966	52.1	1.5	.4	1.1	54.3
1967	54.3	1.2	.4	-5.8	49.3
1968	49.3	1.2	.5	1.5	51.6
1969	51.6	-.1	.7	5.3	56.1
1970	56.1	1.3	.8	2.2	58.8
1971	58.8	1.5	.6	-5.3	54.3
1972	54.3	.6	.7	2.7	56.9
1973	56.9	-.3	.7	10.4	66.3
1974	66.3	1.8	.7	4.7	72.1
1975	72.1	-1.4	.6	.2	70.2
1976	70.2	0	.0	10.7	80.2
1977	80.2	.5	.5	-39.6	42.4
1978	42.6	.3	.4	7.2	49.7
1979	49.7	0	.1	-34.4	15.2
1980	15.2	(*)	(*)	(*)	(*)
1981	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1982	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1983	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1984	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1985	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1986	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
1987	(*)	2.2	.2	(*)	38.5
1988	38.5	4.8	1.0	47.9	90.1
1989	90.1	7.7	1.8	29.7	125.6
1990	125.6	8.6	2.3	10.1	141.9
1991	141.9	6.6	2.2	8.2	154.5

表示由于负的资源租金，此登录所计算的价值为负值。因为负的资源租金被简单地作为其他支付因素后的核算资源租金，因此其价值用×号来表示。这里对单个矿类来说，基数年(1987)的资源租金为负值。1987-89 年 3 年期平均的资源租金用 1987 年的来代替，以以达到不变美元评价的目的(表 B.1-B.4)。这里 1987-89 年平均为负值，基数年的零价格被用于不变美元值评价中。

表 4.2 所有金属资源，增加量和耗竭量的价值，现行租金法（资本价值）（美元现值，10 亿美元）

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	60.8	-0.1	0.5	0.8	61.0
1959	61.0	-.1	.5	2.3	62.7
1960	62.7	-2.1	.7	1.9	61.9
1961	61.9	2.1	.7	1.9	65.2
1962	65.2	4.1	.7	1.8	70.4
1963	70.4	1.6	.7	2.7	74.0
1964	74.0	3.5	.8	2.0	78.7
1965	78.7	2.5	.8	1.9	82.2
1966	82.2	2.4	.9	1.4	85.0
1967	85.0	2.3	.8	1.8	88.4
1968	88.4	2.3	.9	2.3	92.1
1969	92.1	.2	1.1	3.6	94.8
1970	94.8	2.4	1.2	4.3	100.3
1971	100.3	3.8	1.1	4.2	107.2
1972	107.2	1.3	1.2	4.2	111.5
1973	111.5	-.1	1.3	7.8	118.0
1974	118.0	2.2	1.4	16.5	135.3
1975	135.3	-1.9	1.5	21.6	153.6
1976	153.6	.7	1.7	18.8	171.3
1977	171.3	2.9	1.6	13.1	185.7
1978	185.7	1.4	1.7	-9.3	176.1
1979	176.1	1.6	1.6	-9.1	167.0
1980	167.0	-2.2	1.4	-15.4	148.0
1981	148.0	-4.8	1.2	-28.2	113.8
1982	113.8	-3.3	.4	-33.9	76.1
1983	76.1	-2.3	.7	42.2	115.2
1984	115.2	-6.2	1.1	39.3	147.2
1985	147.2	7.3	1.4	31.4	184.5
1986	184.5	9.2	1.6	23.2	215.3
1987	215.3	9.2	2.2	22.5	244.8
1988	244.8	10.9	2.9	-.8	251.9
1989	251.9	14.6	3.6	7.2	270.1
1990	270.1	14.1	4.1	0	280.1
1991	280.1	13.6	3.9	-1.8	288.0

表 4.3 所有金属资源，租金量和耗竭量的价值，采用 3%贴现率的现行贴现值法
(美元现值，10 亿美元)

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4)
1958	52.0	-0.1	0.4	6.7	52.2
1959	52.2	-.1	.4	1.9	53.6
1960	53.6	-1.7	.5	1.5	52.9
1961	52.9	1.7	.5	1.7	55.8
1962	55.8	3.3	.5	1.7	60.2
1963	60.2	1.5	.6	2.5	63.3
1964	63.3	2.8	.6	1.9	67.3
1965	67.3	1.0	.7	1.7	70.3
1966	70.3	1.9	.7	1.3	72.7
1967	72.7	1.9	.6	1.6	75.6
1968	75.6	1.8	.7	2.1	78.8
1969	78.8	.2	.9	3.0	81.1
1970	81.1	1.9	1.8	3.7	85.8
1971	85.8	3.1	.9	3.8	91.7
1972	91.7	1.1	1.0	3.6	95.4
1973	95.4	-.1	1.1	6.9	101.2
1974	101.2	1.8	1.1	14.4	116.2
1975	116.2	-1.6	1.2	18.8	132.3
1976	132.3	.6	1.4	16.4	147.9
1977	147.9	2.4	1.3	11.7	160.7
1978	160.7	1.1	1.4	-7.8	152.7
1979	152.7	1.4	1.3	-7.6	145.2
1980	145.2	-1.0	1.1	-15.2	129.0
1981	129.0	-4.1	1.0	-24.6	99.4
1982	99.4	-2.8	.4	-39.6	66.7
1983	66.7	-2.0	.6	37.0	101.1
1984	101.1	-5.2	.9	34.5	129.5
1985	129.5	6.1	1.2	28.2	162.6
1986	162.6	7.0	1.3	21.1	190.2
1987	190.2	7.7	1.8	20.6	216.7
1988	216.7	9.2	2.4	.1	223.6
1989	223.6	12.3	3.1	6.9	239.7
1990	239.7	11.8	3.4	.5	248.6
1991	248.6	11.5	3.3	-1.2	255.6

表 4.4 所有金属资源，增加量和耗竭量的价值，采用 10%贴现率的现行贴现值法
(美元现值，10 亿美元)

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	38.3	-0.1	0.3	0.4	38.4
1959	38.4	-.1	.3	1.4	39.5
1960	39.5	-1.1	.3	.9	39.0
1961	39.0	1.1	.3	1.4	41.1
1962	41.1	2.1	.3	1.5	44.4
1963	44.4	.8	.4	1.8	46.6
1964	46.6	1.8	.4	1.6	49.6
1965	49.6	1.3	.4	1.4	51.8
1966	51.8	1.2	.5	1.0	53.6
1967	53.6	1.2	.4	1.3	55.7
1968	55.7	1.2	.4	1.6	58.1
1969	58.1	.1	.6	2.2	59.8
1970	59.8	1.2	.6	2.2	63.2
1971	63.2	2.0	.6	3.0	67.6
1972	67.6	.7	.6	2.7	70.3
1973	70.3	0	.7	5.3	74.9
1974	74.9	1.3	.7	11.0	86.4
1975	86.4	-1.1	.8	14.2	98.7
1976	98.7	.4	.9	12.6	110.9
1977	110.9	1.7	.8	9.2	121.0
1978	121.0	.8	.9	-5.5	115.4
1979	115.4	1.0	.9	-5.3	110.2
1980	110.2	-1.3	.8	-9.8	98.3
1981	98.3	-2.9	.7	-18.7	76.0
1982	76.0	-2.0	.2	-22.6	51.2
1983	51.2	-1.4	.4	28.6	78.0
1984	78.0	-3.7	.6	26.6	100.2
1985	100.2	4.3	.8	22.6	126.4
1986	126.4	5.5	.9	17.4	148.3
1987	148.3	5.5	1.3	17.2	169.7
1988	169.7	6.5	1.7	1.3	175.7
1989	175.7	8.7	2.2	6.1	188.4
1990	188.4	8.4	2.4	1.0	195.3
1991	195.3	8.1	2.3	-.3	200.8

表 5.1 其他矿产资源、增加量和耗竭量的价值，现行租金法（收益率）
(美元现值，10 亿美元)

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	15.0	0.2	0.1	0	15.0
1959	15.0	.2	.2	.8	15.8
1960	15.8	.1	.2	.8	16.6
1961	16.6	.3	.2	.7	17.3
1962	17.3	.3	.2	.6	18.1
1963	18.1	.3	.2	.6	18.8
1964	18.8	.5	.2	.1	19.1
1965	19.1	.5	.3	-.1	19.3
1966	19.3	.5	.3	.3	19.8
1967	19.8	.4	.3	-.1	19.7
1968	19.7	.2	.3	-1.6	18.0
1969	18.0	0	.2	-2.1	15.7
1970	15.7	.1	.2	-1.8	13.8
1971	13.8	.2	.2	-1.7	12.1
1972	12.1	.2	.1	.8	11.4
1973	11.4	.1	.2	1.3	12.6
1974	12.6	.2	.2	3.8	16.5
1975	16.5	.3	.3	4.0	20.4
1976	20.4	.4	.5	4.6	24.9
1977	24.9	.7	.6	1.7	26.8
1978	26.8	.9	.5	-.5	26.6
1979	26.6	.6	.6	2.5	29.2
1980	29.2	-.1	.6	3.0	31.4
1981	31.4	0	.6	.9	31.7
1982	31.7	-.2	.4	-5.2	25.9
1983	25.9	-.1	.5	2.7	28.0
1984	28.0	-.1	.5	4.1	31.4
1985	31.4	.8	.6	-1.4	30.3
1986	30.3	.6	.4	-2.1	28.4
1987	28.4	.1	.4	4.6	32.8
1988	32.8	.2	.5	-.3	32.2
1989	32.2	.4	.5	.7	32.8
1990	32.8	.2	.5	.7	33.2
1991	33.2	.3	.5	.9	33.9

表 5.2 其他矿产资源、增加量和耗竭量的价值，现行租金法（资本价值）
(美元现值，10 亿美元)

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	18.8	0.2	0.2	0	18.8
1959	18.8	.2	.2	.5	19.3
1960	19.3	.2	.2	.7	20.0
1961	20.0	.3	.2	.9	21.0
1962	21.0	.4	.2	.7	21.8
1963	21.8	.4	.2	.5	22.5
1964	22.5	.6	.3	-.1	22.8
1965	22.8	.6	.3	.2	23.3
1966	23.3	.5	.4	.4	23.9
1967	23.9	.4	.4	.4	24.3
1968	24.3	.2	.4	-1.0	23.2
1969	23.2	0	.3	-1.5	21.4
1970	21.4	.2	.3	-1.4	19.9
1971	19.9	.2	.2	-1.0	18.9
1972	18.9	.3	.2	-.5	18.4
1973	18.4	.1	.3	1.7	19.9
1974	19.9	.3	.3	5.0	24.9
1975	24.9	.4	.5	6.9	31.8
1976	31.8	.5	.6	5.4	37.1
1977	37.1	.9	.8	2.5	39.7
1978	39.7	1.2	.7	1.2	41.3
1979	41.3	.8	.8	4.4	45.6
1980	45.6	-.4	.9	7.1	51.3
1981	51.3	-.5	1.0	6.6	56.4
1982	56.4	-.9	.8	3.5	58.2
1983	58.2	-.9	.9	2.1	58.5
1984	58.5	-.8	1.0	.9	57.5
1985	57.5	.7	1.0	1.1	58.4
1986	58.4	.5	.9	.7	58.7
1987	58.7	0	.9	.1	57.9
1988	57.9	.2	.9	-.4	56.7
1989	56.7	.7	.9	.4	56.9
1990	56.9	.4	.9	.5	57.0
1991	57	.4	.9	.1	56.6

表 5.3 其他矿产资源、增加量和耗竭量的价值，采用 3%贴现率现值法
(美元现值，10 亿美元)

年份	期前存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	16.1	0.2	0.1	0	16.1
1959	16.1	.2	.2	.4	16.5
1960	16.5	.1	.2	.6	17.1
1961	17.1	.2	.2	.7	18.0
1962	18.0	.3	.2	.6	18.7
1963	18.7	.3	.2	.4	19.2
1964	19.2	.5	.2	0	19.5
1965	19.5	.5	.2	.2	19.9
1966	19.9	.4	.3	.3	20.4
1967	20.4	.3	.3	.4	20.8
1968	20.8	.2	.3	-.9	19.9
1969	19.9	0	.3	-1.3	18.3
1970	18.3	.1	.2	-1.2	17.0
1971	17.0	.2	.2	-.8	16.2
1972	16.2	.2	.2	-.5	15.7
1973	15.7	.1	.2	1.5	17.1
1974	17.1	.3	.3	4.3	21.4
1975	21.4	.3	.4	6.0	27.4
1976	27.4	.4	.5	4.7	32.0
1977	32.0	.7	.6	2.2	34.3
1978	34.3	1.0	.6	1.1	35.8
1979	35.8	.6	.7	3.8	39.7
1980	39.7	-.3	.8	6.2	44.7
1981	44.7	-.4	.8	5.8	49.3
1982	49.3	-.7	.7	3.1	51.0
1983	51.0	-.8	.8	1.9	51.3
1984	51.3	-.7	.9	.9	50.6
1985	50.6	.6	.8	1.1	51.5
1986	51.5	.4	.7	.7	51.9
1987	51.9	0	.7	.2	51.3
1988	51.3	.1	.8	-.3	50.4
1989	50.4	.6	.8	.4	50.5
1990	50.5	.3	.8	.5	50.6
1991	50.6	.4	.8	0	50.2

表 5.4 其他矿产资源、增加量和耗竭量的价值，采用 10%贴现率的现行贴现法
(美元现值，10 亿美元)

年份	期前存量 (1)	增加量(2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量(1+2-3+4) (5)
1958	11.9	0.1	0.1	0	11.9
1959	11.9	.1	.1	.3	12.2
1960	12.2	.1	.1	.5	12.6
1961	12.6	.2	.1	.6	13.2
1962	13.2	.2	.1	.5	13.8
1963	13.8	.2	.1	.3	14.2
1964	14.2	.3	.1	0	14.4
1965	14.4	.3	.2	.2	14.7
1966	14.7	.3	.2	.3	15.1
1967	15.1	.2	.2	.3	15.3
1968	15.3	.1	.2	-.6	14.6
1969	14.6	0	.2	-1.0	13.5
1970	13.5	.1	.1	-.9	12.5
1971	12.5	.1	.1	-.6	11.9
1972	11.9	.1	.1	-.3	11.6
1973	11.6	.1	.1	1.1	12.6
1974	12.6	.2	.2	3.2	15.9
1975	15.9	.2	.2	4.5	20.4
1976	20.4	.3	.3	3.6	24.0
1977	24.0	.5	.4	1.7	25.8
1978	25.8	.7	.4	1.0	27.1
1979	27.1	.5	.5	3.0	30.1
1980	30.1	-.2	.5	4.8	34.1
1981	34.1	-.3	.6	4.5	37.7
1982	37.7	-.5	.5	2.4	39.1
1983	39.1	-.6	.5	1.5	39.6
1984	39.6	-.5	.6	.7	39.2
1985	39.2	.4	.6	1.0	40.0
1986	40.0	.3	.5	.7	40.4
1987	40.4	0	.5	.2	40.1
1988	40.1	.1	.5	-.1	39.6
1989	39.6	.4	.5	.3	39.7
1990	39.7	.2	.5	.3	39.7
1991	39.7	.3	.5	0	39.4

表 A.1 所有底土资产资源、增加量和环境量的价值，现行租金法（收益率）

年份	美元现值，10 亿元					美元 1987 年不变值，10 亿元			
	期初存量 (1)	增加量 (2)	耗竭量 (3)	重新评 估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4)	期初存 (6)	增加量 (7)	耗竭量 (8)	期末存 量 (6+7-8) (9)
1958	102.6	4.6	4.3	2.8	105.6	544.4	31.4	25.9	550.0
1959	105.6	5.9	4.4	-2.0	105.2	550.0	39.5	27.3	562.2
1960	105.2	2.6	4.5	13.9	117.2	562.2	24.1	27.7	558.5
1961	117.2	6.0	4.6	1.5	120.1	558.5	33.9	28.2	564.2
1962	120.1	6.9	4.8	3.2	125.4	564.2	34.6	29.0	569.8
1963	125.4	6.0	5.3	9.6	135.8	569.8	32.9	30.3	572.5
1964	135.8	8.2	5.5	3.2	141.7	572.5	39.4	31.1	580.7
1965	141.7	7.9	5.5	-2.3	141.8	580.7	42.3	32.1	590.9
1966	141.8	7.4	5.8	-.6	142.7	590.9	39.9	34.1	596.6
1967	142.7	7.2	6.1	-3.9	140.0	596.6	40.2	36.0	600.9
1968	140.0	5.9	6.2	-1.2	138.4	600.9	31.7	37.3	595.3
1969	138.4	3.4	6.5	4.1	139.5	595.3	22.6	38.5	579.5
1970	139.5	20.5	7.1	6.8	159.7	579.5	112.7	40.4	651.8
1971	159.7	5.9	7.0	-6.5	152.1	651.8	28.4	39.9	640.4
1972	152.1	3.7	6.5	-1.4	147.9	640.4	21.7	40.2	621.8
1973	147.9	4.2	7.6	51.1	195.7	621.8	22.9	39.6	695.1
1974	195.7	7.6	8.3	38.2	233.1	605.1	26.2	38.1	593.2
1975	233.1	5.1	10.7	50.3	277.8	593.2	20.4	36.4	577.2
1976	277.8	8.4	15.7	66.6	337.1	577.2	18.2	36.0	559.5
1977	337.1	21.0	17.9	-17.6	322.6	559.5	40.8	36.3	564.0
1978	322.6	13.8	18.4	21.5	339.5	564.0	27.3	37.3	554.0
1979	339.5	23.5	21.6	56.7	398.1	554.0	41.5	37.9	557.6
1980	398.1	33.9	27.2	43.5	448.3	557.6	45.0	38.3	564.3
1981	448.3	31.1	26.3	-73.7	379.4	564.3	32.6	38.0	558.9
1982	379.4	43.9	43.6	-94.5	285.2	558.9	26.7	37.1	548.6
1983	285.2	68.7	68.1	314.7	600.6	548.6	28.8	36.0	541.3
1984	600.6	36.3	74.5	128.9	741.3	541.3	39.4	38.1	542.7
1985	741.3	62.1	62.3	-146.7	594.4	542.7	40.4	37.6	545.5
1986	594.4	33.8	46.4	-110.2	471.6	545.5	30.3	36.7	539.1
1987	471.6	36.8	36.0	-34.8	437.5	539.1	37.1	36.4	539.8
1988	437.5	16.4	17.5	-65.3	371.1	539.8	25.5	36.6	528.7
1989	371.1	20.6	16.9	35.1	409.9	528.7	34.1	35.7	527.1
1990	409.9	29.1	22.4	54.6	471.2	527.1	38.8	35.7	530.3
1991	471.2	19.6	24.2	14.0	480.6	530.3	25.0	35.6	519.7

表 A.2 所有底土资产资源、增加量和环境量的价值，现行租金法（资本价值）

年份	美元现值，10 亿元					美元 1987 年不变值，10 亿元			
	期初存量 (1)	增加 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4) (5)	期初存 (6)	增加量 (7)	耗竭量 (8)	期末存量 (6+7-8) (9)
1958	181.9	7.7	7.1	5.9	188.3	1077.4	52.7	43.6	1086.5
1959	188.3	9.5	7.2	-1.5	189.3	1086.5	65.3	45.9	1105.9
1960	189.3	4.3	7.4	5.5	191.6	1105.9	34.5	47.3	1093.1
1961	191.6	9.9	7.5	4.0	198.0	1093.1	61.4	48.1	1106.4
1962	198.0	11.6	7.8	3.9	205.7	1106.4	68.4	49.5	1125.2
1963	205.7	9.5	8.2	5.3	212.3	1125.2	58.8	51.7	1132.3
1964	212.3	12.6	8.5	0.0	216.4	1132.3	73.6	53.4	1152.6
1965	216.4	12.3	8.6	-0.7	219.4	1152.6	76.0	55.0	1173.6
1966	219.4	11.4	9.0	-1.5	220.4	1173.6	71.4	58.6	1186.4
1967	220.4	11.5	9.3	3.2	225.8	1186.4	72.2	64.1	1197.1
1968	225.8	9.4	9.6	0.2	225.8	1197.1	56.1	63.9	1189.3
1969	225.8	5.6	10.0	2.8	224.2	1189.3	35.9	66.4	1158.8
1970	224.2	31.0	11.0	15.3	259.5	1158.5	184.1	69.7	1273.2
1971	259.5	10.9	11.4	8.1	267.1	1273.2	52.1	69.0	1256.4
1972	267.1	6.9	11.7	7.9	270.3	1256.4	36.8	69.6	1223.6
1973	270.3	6.7	12.0	42.2	307.1	1223.6	35.3	68.9	1190.0
1974	307.1	12.1	14.9	79.4	383.7	1190.0	44.4	66.1	1168.3
1975	383.7	9.4	19.2	101.1	475.0	1168.3	30.8	62.9	1136.1
1976	475.0	13.6	25.2	88.9	552.3	1136.1	30.1	62.3	1103.9
1977	552.3	34.4	28.9	55.2	613.1	1103.9	67.8	62.6	1109.1
1978	613.1	23.1	31.8	35.0	639.3	1109.1	45.8	64.4	1090.5
1979	639.3	43.2	37.7	105.6	750.4	1090.5	67.3	65.5	1092.3
1980	750.4	50.7	45.5	125.3	881.0	1092.3	71.4	65.7	1097.9
1981	881.0	41.7	52.3	16.7	887.1	1097.9	46.7	65.4	1079.3
1982	887.1	50.3	76.0	180.2	1041.6	1079.3	37.7	62.8	1054.2
1983	1041.6	84.6	97.3	245.2	1274.2	1054.2	44.7	60.6	1038.3
1984	1274.2	102.5	101.8	21.1	1296.0	1038.3	56.8	64.2	1030.8
1985	1296.0	95.5	92.0	-121.4	1178.1	1030.8	69.5	63.2	1037.1
1986	1178.1	64.1	75.3	-100.1	1066.9	1037.1	56.0	61.6	1031.6
1987	1066.9	64.6	61.5	-119.6	950.3	1031.6	64.6	61.5	1034.6
1988	950.3	33.4	44.6	-111.5	827.6	1034.6	42.5	62.2	1014.9
1989	827.6	50.4	44.4	29.6	863.2	1014.9	65.0	61.1	1018.8
1990	863.2	60.5	49.7	41.5	915.5	1018.8	72.1	61.3	1029.6
1991	915.5	43.1	51.3	0.4	907.6	1029.6	50.3	61.2	1018.7

表 A.3 所有底土资产资源、增加量和环境量的价值，采用 3%贴现率的

现行贴现值法

年份	美元现值，10 亿元					美元 1987 年不变值，10 亿元			
	期初存量 (1)	增加 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4)(5)	期初存量(6)	增加量 (7)	耗竭量 (8)	期末存量 (6+7-8) (9)
1958	155.6	6.1	5.6	5.0	161.1	921.6	42.0	34.6	929.4
1959	161.1	7.6	5.7	-1.1	161.9	929.4	52.0	36.5	946.0
1960	161.9	3.4	5.9	4.5	163.9	946.0	27.5	37.5	935.1
1961	163.9	7.9	6.0	3.5	169.3	935.1	48.9	38.2	946.4
1962	169.3	9.2	6.2	3.5	176.0	946.4	54.5	39.3	962.6
1963	176.0	7.5	6.5	4.6	181.6	962.6	46.8	41.0	968.6
1964	181.6	10.0	6.7	0.2	185.1	958.6	58.7	42.4	986.0
1965	185.1	9.8	6.8	-0.4	187.7	986.0	60.6	43.7	1003.9
1966	187.7	9.1	7.1	-1.2	188.5	1003.9	56.9	46.5	1014.8
1967	188.5	9.2	7.4	2.8	193.1	1014.8	57.5	48.7	1024.0
1968	193.1	7.5	7.6	0.1	193.1	1024.0	44.7	50.7	1017.4
1969	193.1	4.5	7.9	2.1	191.8	1017.4	28.6	52.7	991.3
1970	191.8	24.7	8.7	14.2	222.0	991.3	146.7	55.3	1089.1
1971	222.0	8.7	9.0	6.9	228.5	1089.1	41.5	54.8	1074.7
1972	228.5	5.5	9.3	6.4	231.2	1074.7	29.3	55.2	1046.7
1973	231.2	5.6	9.6	36.1	263.4	1046.7	29.7	55.2	1020.3
1974	263.4	10.2	11.9	68.2	329.8	1020.3	37.4	52.9	1004.0
1975	329.8	7.9	15.4	86.8	409.2	1004.0	25.9	50.3	978.7
1976	409.2	11.4	20.3	76.6	476.9	978.7	25.3	50.3	953.1
1977	476.9	28.9	23.3	48.0	530.5	953.1	57.1	50.5	959.8
1978	530.5	19.4	25.9	30.5	554.5	959.8	38.6	52.3	945.9
1979	554.5	36.4	30.9	92.4	652.4	945.9	56.6	53.7	949.6
1980	652.4	42.8	37.3	109.8	767.7	949.6	60.1	53.9	956.7
1981	767.7	35.1	42.9	14.9	774.8	956.7	39.3	53.6	942.6
1982	774.8	42.4	62.6	157.3	911.8	942.6	31.7	51.7	922.8
1983	911.8	71.2	80.6	215.5	1117.9	922.8	37.6	50.2	911.0
1984	1117.9	86.3	84.1	19.6	1139.6	911.0	47.8	53.1	906.5
1985	1139.6	80.4	76.6	-105.0	1038.4	906.5	58.5	52.6	914.1
1986	1038.4	54.0	62.7	-87.2	942.4	914.1	47.2	51.3	911.3
1987	942.4	54.3	51.3	-104.2	841.4	911.3	54.3	51.3	916.0
1988	841.4	28.1	37.5	-97.6	734.4	916.0	35.8	52.3	900.6
1989	734.4	42.4	37.3	26.5	766.0	900.6	54.7	51.3	904.1
1990	766.0	50.9	41.8	37.2	812.4	904.1	60.7	51.5	913.6

1991	812.4	36.6	43.1	-0.1	805.4	913.6	42.3	51.4	9.309
------	-------	------	------	------	-------	-------	------	------	-------

1. 由于这种方法计算存量时采用简化的假设，期末存量不必等于期初存量加上增加量减去耗竭量。在大多数年份差异很小。

表 A.3 所有底土资产资源、增加量和环境量的价值，采用 10% 贴现率的

现行贴现值法

年份	美元现值，10 亿元					美元 1987 年不变值，10 亿元			
	期初存量 (1)	增加 (2)	耗竭量 (3)	重新评估变化 (4)	期末存量 (1+2-3+4)(5)	期初存量 (6)	增加 (7)	耗竭量 (8)	期末存量 (6+7-8) (9)
1958	114.7	3.9	3.6	3.8	118.8	674.6	27.0	22.3	680.4
1959	118.8	4.9	3.7	-0.6	119.3	680.4	33.5	23.6	692.7
1960	119.3	2.2	3.8	3.1	120.8	692.7	17.7	24.3	684.7
1961	120.8	5.1	3.9	2.8	124.8	684.7	31.5	24.7	693.3
1962	124.8	6.0	4.0	2.9	129.7	693.3	35.1	25.4	705.4
1963	129.7	4.9	4.2	3.5	133.8	705.4	30.2	26.5	710.0
1964	133.8	6.5	4.3	0.5	136.4	710.0	37.8	27.4	722.8
1965	136.4	6.3	4.4	0.0	138.3	722.8	39.0	28.2	736.0
1966	138.3	5.9	4.6	-0.6	139.0	736.0	36.6	30.1	744.0
1967	139.0	5.9	4.8	2.3	142.3	744.0	37.0	31.5	750.6
1968	142.3	4.8	4.9	0.1	142.4	750.6	28.8	32.8	745.4
1969	142.4	2.9	5.1	1.3	141.4	745.4	18.4	34.0	726.1
1970	141.4	15.9	5.6	12.0	163.6	726.1	94.4	35.7	798.5
1971	163.6	5.6	5.8	5.0	168.4	798.5	26.7	35.4	788.1
1972	168.4	3.6	6.0	4.4	170.4	788.1	18.9	35.7	767.7
1973	170.4	4.0	6.2	26.8	195.0	767.7	21.0	35.7	751.8
1974	195.0	7.2	7.8	50.8	245.2	751.8	26.5	34.4	743.5
1975	245.2	5.6	10.1	64.8	305.5	743.5	18.3	33.1	728.4
1976	305.5	8.1	13.4	57.3	357.5	728.4	17.9	33.2	712.7
1977	357.5	20.5	15.4	36.8	399.4	712.7	40.4	33.5	720.8
1978	399.4	13.7	17.2	23.2	419.1	720.8	27.3	34.8	713.4
1979	419.1	25.7	20.6	70.9	495.1	713.4	40.1	35.8	719.7
1980	495.1	30.3	25.0	84.6	584.9	719.7	42.5	36.1	728.9
1981	584.9	24.8	29.4	12.3	592.7	728.9	27.8	36.7	721.6
1982	592.7	30.0	43.2	120.8	700.3	721.6	22.5	35.7	709.3
1983	700.3	50.4	55.6	166.9	862.0	709.3	26.6	34.6	702.8
1984	862.0	61.0	58.8	18.0	882.1	702.8	33.8	37.1	701.9
1985	882.1	56.9	53.8	-78.4	806.8	701.9	41.4	36.9	710.4
1986	806.8	38.2	44.3	-65.6	735.1	710.4	33.4	36.2	710.8
1987	735.1	38.4	36.6	-78.2	658.7	710.8	38.4	36.6	717.3
1988	658.7	19.9	26.5	-74.9	577.1	717.3	25.3	37.0	708.2
1989	577.1	30.0	26.4	21.3	602.0	708.2	38.7	36.3	711.3

1990	602.0	36.0	29.6	30.0	638.4	711.3	42.9	36.5	719.0
1991	638.4	25.6	30.6	-0.6	632.9	719.0	30.0	36.4	711.5

1.由于这种方法计算存量时采用简化的假设,期末存量不必等于期初存量加上增加量减去耗竭量。在大多数年份差异很小。

资本存量 资本存量、折旧和投资估算取自经济分析局(BEA)。经济分析局根据不同的标准工业实践确定矿业投资和资本。经济分析局的投资包括资本设备、设施和所有勘探开采的费用,甚至包括被经营者看作现行支出的那些费用。NIPA 的资本和投资评估作为石油与天然气开采的费用总和而获得(SIC 13)。在四位数 SIC 计的标准化工业类目 1321 液化天然气中,资本的比例被从这一级数中剔除,因为这一资本没有使用在石油与天然气的开采过程中。另外,液体天然气-SIC 13 中的一小部分,是一个下游工序。SIC 13 中其他四位数成分的资本存量被看成是石油与天然气开采所需资本的一部分;如石油与天然气勘探服务, SIC1382 被作为石油与天然气开采的投入。

1959年-1991年间石油与天然气的NIPA投资级数采用钻探成功油井的费用与钻探成功气井费用的比率被分成石油开采与天然气开采。1947-1958年油井与气井费用之比采用成功的油井与成功气井数来估算。然后,用这两种投资级数进行石油开采和天然气开采资本存量与折旧现值和不变值美元估算。

表 B 可供选择的 1958—1991 年间平均收益率(%)

	据 NIPA	据 IEESA			
		现行租金法	现行租金法	现行贴现值 (3%)	现行贴现值 (10%)
矿业	23.1	5.2	3.5	4.0	5.0
总的私有资本	16.1	14.9	14.1	14.4	14.8

其他矿产

对于其他矿产的估算,由于数据的不一致与只有少量非水准基点年数据使其存在许多的困难。现存的数据经常被相互矛盾地分类,或者对级数变化的界定过时了。如,统计局的数据——他们是仅能获得的关于生产、成本、和收益的唯一综合性数据——以 SIC 为基准;经济分析局关于资本存量的数据也以 SIC 为基准,但比统计局的数据更有集合性;而矿业局和能源部关于储量、产量和价格的数据又以商品为基准。

价格与数量 对大多数矿产而言,所采用的基本商品价格是据矿业局或能源部的、3 年时滞平均的产值除以所生产的金属和其他矿产品数量。对于其他矿产,采用可得到的关于价格、生产量、或产值的综合数据,去求出关于价格或产值的被遗失的数据。现行生产的总收入等于平均价格乘生产量。

对矿产储量规模的不同定义使构筑一个关于储量的连续时间级数存在相当多的问题。在 1978 年以前,不管是探明储量还是推断储量,矿业局都定义为经济储量;而在 1979-1986 年间,储量基础成为优先定义,它由探明的(并非推断的)经济储量、边际经济储量和部分次经济储量组成;1987 年以后,仅仅将探明经济储量归为储量界定范围内。仅仅最后一种定义大致与石油和天然气的探明储量相吻合。所以版的评估显示出逐年的如此大的变化——即使在储量定义未发生变化的期间,经济分析局力图为这些矿产设计一个连续的、或至少被平滑的时间级数。经济分析局级数采用基于不变产量-储量比率和公开储量的判断规模的变化平均数的加权平均(铀矿储量估算是将能源部的远期成本种类进行综合以构筑一个连续时间级数的不同方法为基础的)。

成本 生产成本——开采的现行可变成本包括购买服务——的连贯数据取自统计局的矿产工业数据和经济分析局的水准基点投入-产出数据。

资本存量 在 1958-1991 年间的统计年份内，关于工厂投资、设备、和勘探与开发的数据是据统计局的矿产工业统计(Census of Mineral Industries)。然后，用这些投资数据在经济分析局产生的评估更为详细的水平上，构筑矿业界工业特定的资本存量估算。

不变美元值评估

在对石油、天然气、及其他矿产进行不变美元值评估时，将 1987 年作为基准年。对资源租金的基准年估算在以下方法中用来计算不变美元值级数：现行租金、贴现值，在更短期内，还有交易价格。对每种方法，1987 年耗竭价值的单位资源租金乘以耗竭量和增加的实物量后，分别等于耗竭价值和增加的价值。资源存量的不变美元价值等于 1987 年单位资源租金乘以年末储量。

对“矿产资源核算：问题与美国经济分析局的初步评价”的评论与批评

DeVerle Harris Michael Rieber

为与国际上对国内生产总值(GDP)帐户进行绿色调整的努力保持一致，美国商业部经济分析局试图建立矿产耗竭的卫星帐户。本文批评了经济分析局基于 Hotelling 关于耗竭的纯理论的资源耗竭的单位租金测算法。在对作为矿产价格真实模式的 Hotelling 理论彻底批判后，文章介绍了与对二次回收、勘查、储量/资源定义和其评估/开采的处理有关的某些实际问题。对原油和天然气及非燃料矿产而言，共生产品和残余物的具体的应用问题使经济分析局的假设和努力变得更为复杂。

前 言

评论与批评的对象？

此评论与批评是由 C. Carson(1995)发表的两篇介绍美国商业部经济分析局工作的文章所引起的(本文集收入这两篇文章的译文—编者)：

综合经济与环境卫星帐户

矿产资源核算：问题与美国经济分析局初步评价

Carson 认为，通过用储量增量对资本投资、储量存量对资本存量、耗竭对资本折旧的类推法，将矿产储量价值与耗竭登录于国民帐户是正确的、可行的。国民帐户中的这种耗竭借项用来表示因生产矿产品而导致的矿产财富的减少对社会造成的损失。

最初，我们只是想对 Carson 有关经济分析局用于对储量存量价值进行评估的现行租金法在

经济理论上是正确的这一观点进行批驳。然而，所提议的卫星帐户引起了其他两个重要的问题：经济分析局为储量安上一个价值所采用的核算方法的合理性、经济分析局核算和评价的方法如何调节某些矿产和燃料矿床的一些特殊而又重要的性质。为丰富对这些问题的理解，下面的章节对与一些有关的面上问题进行了非常概括的评论。

从面上看经济分析局的倡议

经济分析局的综合经济与环境卫星帐户，是开始于 10 年前为建立“绿色”国民帐户的广泛的国际运动中的一项特殊的努力成果，这一运动的中心主题是针对国内生产总值的一个已知缺陷，即通常所认为的“GDP 不能合理地代表实际收入，因为环境保护成本是作为产生的收入处理的，因为自然资源的耗竭与退化没有算在现行收入帐户中”。

传统的核算方法被认为是导致政策扭曲的原因：“对自然资源和其他有形资产处理上的此种差异...强化了经济与‘环境’间假的二分法，使得政策决策者以经济发展为借口忽视或歪曲后者”。由此，形成了以下看法：“新的或经修正的核算总计能用来改变与环境有关的政策和与环境后果相关的更广义的经济政策”。就矿产而言，对国民帐户进行“绿化”意味着该帐户要反映出由于开采引起的矿产财富的减少(耗竭)而导致的社会损失。Carson 称，经济分析局关于自然资源卫星帐户的工作，在 1993 年 4 月 21 日地球日克林顿发表演讲——“要高度重视研究将国家环境变化纳入国民收入与财富的计算之中的‘绿色’GDP 测算方法”——后，得到了进一步推动，其范围也拓宽了。

从一般理论上讲，对环境资源和自然资源的价值与使用进行综合经济核算对社会是有益的，也是社会所期望的。然而，基于不完整的信息资料或不正确的前提而进行的绿色核算，对社会是有害的，因为它可能导致优化的资源配置；如因高代价抉择或毫无必要地为下一代人保存某一资源而提前放弃某些特定自然资源；此外，燃料和非燃料矿产的贸易是国际性的而非仅限于国内，而为美国提议的卫星帐户又不能将另一个国家所发现的替代矿床作为本国被耗竭的类似矿床的补偿来登入贷方。自然资源的“绿色”核算有可能给出口矿产的发展中国家和提供出口市场的发达国家以错误的信息。出口资源的发展中国家并没有因此而变得更内在地贫困。

国民帐户的“绿化”涉及一些重要而复杂的问题，诸如可持续发展、代际间的公平、可耗竭自然资源的数量、人为资本对可耗竭自然资源的可替代性等。“绿色”核算已经用来对各国家的财富进行排序，世界银行负责环境持续发展方面的副总裁 Ismail Serageldin 说：“为获取这种国家排序，世界银行的经济学家从常规国民收入的‘绿色变种’开始，将一个国家商品和服务的总产出的价值减去机械的折旧和自然资源的耗竭。这种新的数字反映了世界银行呼吁人们注意常规核算的缺点和界定‘给予下一代与我们相同的机会或最少同等的资本的可持续发展的概念’”。科学家们并不赞同这些问题及其在国民核算中的执行。对这些概念与问题的有用检验超出了本文的范围，本文集中讨论经济分析局用于矿产储量评价的现行租金法。然而，下面的讨论有益于论述与更广泛主题相关的三个重要问题。首先，在“绿色”核算完成之前，需要做大量研究工作。其次，为使“绿色”核算具有使用价值，必须考虑特定自然资源的经济及技术特征。实际上，K. Hamilton(1994)似乎倾向于在具体矿床的层次上进行核算。第三，经济分析局和其他人对 H. Hotelling(1931)耗竭纯理论的使用以作为评价储量的一个基础，是某个经济理论被不适当应用的相当有影响的例子。尽管是被很技巧和广泛地引用，这种理论与对实际矿产储量的评价没有关联。因此，以此理论为基础的核算技术方法是不对的，也不可能导致形成最优化的社会经济政策。

经济分析局核算方法对矿产工业的重要性

Carson(1995)指出了经济分析局核算与评价方法对矿产与燃料资源所有者与生产者的重要意义,即:

缺乏对耗竭的帐户登录或市场价格,与共同财产权一起,可能意味着核算帐户没有确定过度开发。

...缺乏对联邦土地上自然资源存量及其变化的测算,导致了非最优化的联邦预算决策。

很明显,由于其对土地利用规划、准人和税收的潜在影响,那些拥有和生产矿产资源或在联邦土地上进行勘探的人不会对经济分析局核算与评价的方法不闻不问。

经济分析局的核算对消费者的重要性

经济分析局的资源核算方法假借矿产生生产者对所有消费者都产生了潜在的影响。原因是,正如 Carson 所暗示的那样,公共土地上矿产生生产的管理和法规通过某些限制或税收,如资源耗竭税来执行。而且,除非假设政府比私有公司更明智地投资,否则精心设计的耗竭补贴将产生比政府耗竭税的开支更多的可再生产资本、更大规模的勘探与开发去替代矿产资产,或两者之间的折复。这些行为的结果包括增加成本、降低国内矿业规模、失业、通过初始资源材料循环生产过程从其他材料中获取合成材料代用品。因此,使基于此核算的资源核算与管理最为合理是很重要的,原因在于他们平衡着当代和下一代人的社会成本与效益,以防损害或降低矿产生产量。在理论上,虽然人都希望达到这一目的;然而,其成功困难重重。这里,我们着重讨论 Carson(1995)所介绍经济分析局采用的现行租金法存在的问题。

第一部分:经济分析局现行租金法储量评价的概念和技术问题

批评

Carson 引用 H. Hotelling(1931)的可耗竭资源理论作为用于对矿产储量存量进行评估的现行租金法的理论基础。简单地说,这一理论认为:可耗竭资源对其所有人的价值通过其开发得以最大化,因此边际租金(边际收入减去边际成本)随时间推移按利率(r)增长。这就是所谓的 r 规则。我们并不是对 Hotelling 阐述的考究性及其在经济理论中的地位有什么疑问。然而,我们的确对其是否是实际矿产储量评估的基础产生了疑问。为便于证明 r 规则,Hotelling 通过假设,创造了一个如此简单的世界,以致于得出的理论与作为对真实的矿产储量进行评估的基础没有关联。接下来的章节将评论真实边际储量存量租金不服从 r 规则这一事实。考虑到这一事实,我们难于理解为什么每个人都应用基于 r 规则的评估方法。虽然,Carson(1995)不认为这是任何人的发明,但根据 Hamilton(1994)的介绍,其他一些人已经对此意图有过建议。如果所有因子相等的话,基于 r 规则的评估方法必定对储量存量进行过高的评价。那么任何对矿产数量或因开采矿产而致的净减少数量的社会测算必然产生类似的高估。矿产资源税、耗竭补贴和政策都可能受到影响。

背景

经济分析局现行租金法

这些方法评价储量存量只是简单地通过以现行单位资源租金乘以储量单位数量。Hotelling 的耗竭纯理论被引用来作为不计未来生产预测(存量的流量)和与未来租金有关的时间贴现的正当理由。对纯理论与矿产品价格和成本历史事实相关联的有限范围的理解集中表明,经济分析局现行租金法明显地导致对储量存量的过高评估。下面章节从可耗竭资源的纯理论角度评论 Carson 所引用的这些关系,以检验一下现行租金法。

可耗竭资源的纯理论简介

H. Hotelling(1931)所建立的并由 O. C. Herfendahl (1967)详尽阐述的这一理论,其长期的看法说明,给定几个非常极端的假设,当其生产随时间分配时,可耗竭资源

(此处原稿缺 2 页)

Carson 的现行租金法是否有用很大程度上取决于全期实际边际租金和租金的行为。在上节“可耗竭资源纯理论的简介”中,描述了 r 规则作为为经济分析局采用的不计生产的时间分布和未来租金在时间上的贴现的现行租金法的挡箭牌的重要性。现在,当租金在全期内不变并为 R ,而不是按 r 规则增加,储量存量的价值 V 就为:

$$v = \sum_{t=0}^T [R(1+r)^{-t}] = R(P/ArT)$$

这里, (P/ArT) 为现值年金因子。

而同一个储量存量的价值,经济分析局的现行租金法则得出 $V=R(T)$ 。因此,当未来租金在全期 T 内相等时,经济分析局的现行租金法就会导致一个 $[T/(P/ArT)-1]$ 100% 的过高评价。当然,过高评价的百分比的大小随 r 和 T 而变化。当 $r=0.10$ (Carson 指出 10% 被常用来近似表示商业投资的长期真实收益率) 和 $T=10$ 年时,存量被高估 63%。 r 不变而 $T=15$ 年时,存量被高估 97%。如果税收或其他与矿产有关的政策基于这种对地下存量(存货)的过高评估时,矿业振兴似乎有希望,一些储量将会消失。

r 规则的结果是,在耗竭纯理论范围内,价格在全期中以低于利率的速度增加。为说明这一点,边际租金由其组成替代: $MR=mr-mc$, 这里 mr 和 mc 分别为通常所指的边际收入和边际成本。而且,当理论上需要时,市场是处于完全竞争状态, $mr=P$ = 产品价格。另外,从长远看, $mc=AC$ = 单位成本,即 Hotelling 所做的另一个假设。将这些代式代入一般规则,并重新安排指标项,我们得出:

$$P_t = (P_0 - AC)(1+r)_t + AC$$

这里 P_0 和 P_t 为基数期($t=0$)与 t 期的产品价格。方程右侧的第一个指标项 $(P_0 - AC)(1+r)_t$ 以利率 r 的速度增加。第二项 AC 为常数。然后推导出两项之和 P_t 的增加速度必定为正数且小于 r 。因此,边际租金的 r 规则意指矿产品的价格随时间的推移以低于利率的速度增加。

上述推导必然引出以下命题:假如实际价格不随时间的推移而增加,则边际租金不可能随时间而增加。这一点是有用的,因为我们不可能观察边际租金,但是我们的确掌握用以推导边际租金行为的价格数据。此章节的下部分概要性地回顾对证明其经济稀缺性(不断增加的价格与单位成本)的矿产品价格的分析,假如耗竭的纯理论为实际矿产资源和市场的有用模式,对可耗

竭的资源来说，这种稀缺性必然存在。

在其对 Hotelling 可耗竭资源理论进行的仔细阐述中，Herfendahl (1967) 断定“我很少认识到存在基于我们将要完成的评估之上固定的价格上升，或者在相对的不久将来成本将大幅度上涨”。Barnett 和 Morse (1963) 经验性地证明，从 1890 年到 1957 年实际单位成本（劳动力成本、单位矿生产的资本成本）明显地下降。在我们的研究中，资源稀缺性假设被实际价格趋势（要么是无涨落的要么是下降的）进一步证实为是矛盾的。而且，耗竭自然资源的价格指数的时间级数相对于非耗竭的价格指数的是下降的而非上升的，这是对稀缺学说一次更有力的反击。Barnett (1979) 的进一步研究在世界范围（除社会主义国家外）内证明了这些趋势。

M. A. Adelman 其成果被 Carson (1995) 修改以证明资源租金的重置成本评估，特别是对石油的评估—是低原油价格的一个坚实预言者。在 1966 年他呈送给美国采矿工程师协会的论文中，Adelman 坚决主张“已压抑原油价格近 10 年的潜在的供过于求似乎还要持续另外 15 年... [以及] 原油成本的差距 [将导致] ‘价格的长期下降’”。Adelman (1986) 将 70 年代的价格飞涨看作是“自 1973 年以来的现行石油价格及其变化不可能用稀缺性或稀缺性的变化来解释”。1973 年以前，北美以外的成本趋于下降而非上升。

在其另外一篇文章中，Adelman (1986) 估计原油短期竞争底价为 8 美元/桶，长期为 5 美元/桶。Adelman 指出，已开发储量区的石油价格为 5-7 美元/桶，估计地下未开发储量为 3.5 美元/桶。由于这些都是名义美元，虽然不是指特定的油田或老油区，原油成本仍呈显下降之势。他的观点—石油价格与其成本关系不大—被引用许多年，且在 Adelman (1991) 的一篇文章中表达得特别强烈。

现在，据报道，英国石油公司 (BP) 当前发现和开发新石油储量的成本仅为 4-5 美元/桶，自 1989 年以来这些成本（代表着补充储量存量的成本）下降了一半，而且还在继续下降。按储量计，BP 是世界上第二大私有石油公司，并且排在所有石油公司的第 16 位。应该注意的是，上述报道的 Adelman 的发现与开发成本比 1995 年的实际成本高出 1-2 美元/桶。由于成本的差异还没有考虑 9 年间价格通货膨胀因素，因此，实际上石油存货（储量）的成本还要下降得更大。

假如 Carson 有关矿产稀缺性和不断增加的边际租金必须以原油为基础，则历史与 Adelman 定期考察的结论表明，对与过去的 30-35 年，实际上它提供了一个反例。下面所要讨论的天然气历史提供了另一个更为糟糕的例子。

证明这一规则所需要的 R 规则不能是评估的基础

给定上述证据与证明这一规则所需要的过分的、不实际的假设（所需证明的规则即边际租金以利率的速度增加），Hotelling 的理论不能用来证明采用现行单位租金简单地乘以储量数量的对储量存量的评估是正确的。实际因素，包括人的独创性，不允许而且也不会允许在可预见的将来租金以利率的速度上升。根据一些相关的调查结果，边际租金要么稳定不变要么下降。这意味着对储量存量的评估不可能避免要对生产与相关租金时间贴现进行预测。

对 Carson 的两个现行租金法的检验

尽管存在上述概念上的困难，还可以认定储量存量用租金法 或租金法 评估。正如 Carson 全期评价图所示，租金法 给出了最高的价值，而租金法 却给出了最低的价值。下面章节将检验每个方法中价值的构成，以作为决定到底采用哪种评估方法。

对租金法 和 的批评

给定下列定义：

V =储量存量的价值；

GR =总租金；

q =年产量；

Q =储量存量；

NS =以现行重置成本估价的净资本存量的价值；

r =资本所需的收益，以百分比表示。

根据上述定义和 Carson 的观点，租金法（方程 1）和（方程 2）将 V 定义为：

$$V = (GR \cdot rNS \cdot D)(Q/q) \quad (1)$$

$$V = GR(Q/q) \cdot NS \quad (2)$$

为分析这些方法的差异，设产量为常数，即 $q=Q/T$ ，这里 T 为储量存量的服务年限，且年折旧 $D=NS/T$ 。将其代入方程 1 得出：

$$V = GR [Q/q] \cdot TnNS \cdot NS$$

这表明租金法的评价不同于租金法是由因子项 $TrNS$ 所引起的， $TrNS$ 是使用资本存量 NS 的成本。因此，租金法得出的 V 不是 Carson(1995)所指的资本的租金这一净成本。这是两种方法间明显的差异，也保证了由租金法得出的 V 值明显地高于由租金法所得出的 V 值，特别是当矿产生产需要更大的资本支出时。

设想我们给定的评价是由经济分析局某一租金法所进行的。由于没有任何一种方法将未来租金贴现为现值，无疑租金法在理论上最正确。这是由于租金法试图去从储量分离出租金；而租金法因包括实际工厂资本的收益的价值，不正确地高估了储量价值。这导致了非真实的储量价值。

这里，必须指出 3 个重要问题。首先，假如必须采用经济分析局的现行租金法进行评价，那么最适宜的方法是租金法。其次，这一方法得出 Carson 所描述的这些方法评价的最低结果。最后，实际上由租金法得出的储量存量的低价值仍然太高。他们之所以被夸大，原因是他们没有代表储量租金的现值。这也是因为可耗竭资源的纯理论不是一个足以有效的理由以回避对将来生产的推测和相关未来租金对现值的贴现。

优先选用租金法是以没有贴现为条件的

正如本文第一部分所指出，Carson 所陈述的回避将来租金的时间贴现的理由是不能接受的。假如储量评价是根据贴现在预期未来租金进行的，而且假如用于社会目的的储量评价使用的贴现率等于 r ，那么租金法所给出的对这些租金的定义比租金法更为合适。就这些情况，租金法所做的租金贴现将构成对资本的双重贴现。结果是，优先选用租金法是以对现值不贴现的评估为条件的。

第二部分：经济分析局的核算 ——某些相关经济因素

废旧金属

经济分析局方法中废旧金属如何对待是一个很重要的问题，原因是，一些金属商品，从废旧金属中回收的金属已大约占国内产量的一半。某些废旧金属还存在重要的国际交易市场。从理论上说，金属的回收在一定程度上削弱了某些金属资源不可再生的一面。因此，如果卫星帐户的目的之一是测算采矿所引起的自然财富的耗竭，那么耗竭的测算应该是从废旧中所回收金

属的净价值。由于 Carson 在其文章中没有提及废旧金属,人们不禁要怀疑它可能计入在制造业而非耗竭中。虽然就象传统上使用的国民帐户一样,这种核算可能无关紧要,但对达到卫星帐户的目的是非常重要的。一般地说,特别是对特定矿产而言,忽视废旧金属导致产生对自然矿产财富耗竭的夸大性认识。

勘查

Carson 介绍的采用资源租金法 进行的核算以将总租金(GR)定义为总收入(TR)与总成本(CO)之差开始。CO 被定义为“其他开采费用,包括劳动力补偿、材料消耗、和与现行生产有关的管理费开支”。Carson 没有提及勘查成本。这是否意味着这种成本在 GR 的计算和后续的资源租金计算中被忽视了?如果如此,那么资源租金的测算是无用的或者说是一件坏事,其原因是它是被歪曲了的。自然地,假如测算的租金不是发现成本和所有导致新发现的失败了的勘查项目成本的净值,那么,当不计勘查项目时,所测算的租金将表现为一个正值。因此,勘查成本和失败的勘查项目(它是资本风险的反映)的处理是一个重要问题,但 Carson 没有讨论它。

由于品位、规模和位置的差异,在单个矿床的层次上说,Ricardian 租金明显地存在。然而,就工业层次上讲,当考虑了勘查成本和风险时,资源租金的存在就有问题。或者,假如它的确存在,那么也只是暂时现象,当供需达到新的平衡时就会消失。对矿业全行业运作的研究未能说明矿业存在着什么非正常收益率,这是一个更有力的证据,说明在工业层次上租金并不存在。

某些理论问题与误区

耗竭与过度开采

假定我们撇开在特定的矿产和燃料产品中应用的复杂性,而大致地考虑经济分析局所采用的资源耗竭理论。Carson 暗示这些帐户在确定公共土地的过度开采和减少“非优化联邦预算抉择”方面是有用的。然而,并没有提供有关这些帐户如何用于取得这些成果的详细材料。据认为某一特定时间的存量包括地下资产。假如数量永久或暂时减少及退化;假如存在质量的下降,耗竭也就发生了。但不清楚的是谁去测算这种退化,用什么标准测算,又怎样测算。高品位的矿石采用传统方法开采;而低品位矿石则采用堆浸法,但这并不意味着经济意义上的退化。混淆财富、资源和储量这些概念的趋势使问题更复杂了。耗竭可以取其广义,也可以取其狭义的技术的含义。

与此类似,Carson 文章潜在的一个主题是矿产的生产导致社会的某种损失,因为它耗竭了自然财富,综合社会核算必须反映这种损失,就象其反映空气和水质量下降一样。然而不清楚的是,Carson 所谈的耗竭和储量价值在描绘由对自然矿产财富的开采而引起的社会损失时到底起怎样的作用。正如采用他所介绍的方法进行的评估,耗竭的发生与自然财富的规模和经济环境并无关联。在采用租金法 时,由于此法没有得出工厂资本成本和勘查成本的净值,社会损失就成了矿产品市场价值的一大部分。由于这一主张有可能具有某些严重的含义,它值得进行比 Carson 所给予的更多的说明和合理分析。

考虑一下这种情况,即某一矿产品的巨大自然财富被大量生产,而且它能 100%地回收。实际上,矿产生产引起的这种自然财富的耗竭是无关的或不明显,而实质上经济分析局的核算将会把产量价值的某些部分作为一种社会成本对待。再考虑第二种情况,即自然财富规模小,且从废旧物中回收的金属也有限,因此使实物耗竭和最后枯竭在理论上存在可能性。然而,设想这种产品有几种代用品,其中至少有一种不仅是技术上好的代用品,而且还很丰富(较大的潜

力)。在这种情况下,存在实物耗竭,而枯竭只是一种可能性,但是由于代用品在技术上可行且丰富,对社会而言耗竭的结果是无关紧要的。那么耗竭在这两种情况下到底应该是指什么?耗竭是不是与自然财富的规模和代用品的可得性无关的产品市场价值的某些部分?这一方法是不成熟的,而且还忽视了在资源稀缺性理论和测算方法方面所进行的几十年的努力。

在理论上,耗竭项应该反映总资源存量,而不仅仅是流动的(储量)存货。因此,仅对产量和现行储量存量的价值进行的检验只可能提供很少的关于说明作为对社会损失的一种测算耗竭应该是指什么的资料信息。

某些使其应用复杂化的储量存量因素

Carson 的现存存量仅仅是在河流中用闸和大坝构筑的“水池”或“湖泊”。水池、湖泊,或探明储量的理想规模是经济上期望的存量。Mikesell (1994)和 Hamilton (1994)似乎支持这一观点。在大部分情况下,什么是其上游并不清楚,什么又是其全期需要的下游(消费)只是可猜测的。对于上游部分, Menzie (1995)说,“矿产开发的过程导致在各种类型的证实资源中形成未发现资源的流量。经济条件和加工技术的变化使得流量在储量和边际储量间流动...”。假如经济(包括税收和耗竭)政策,或法规限制阻止了勘查与开发的连续性,那么丰富的供应会有中断。在需求方面,我们缺少对组成存量(上述例子中的水池或湖泊)下游的未来需求的判断。所需存量的规模是其他因素中预期价格、适当收益及资本机会成本的函数。这些因素与工业界(或其他)所做储量及资源的评价一样,发生着变化;这些变化可能与某一自然财富的耗竭的社会成本没有多大关系。Carson (1995)所认识到的储量存量实际上是一种存货,“探明储量存量-就象钻井压机的存货-能通过附加投资得以扩大;因而,公司将在手头保有由现行市场价格、发现成本及利率所支配的储量存量”。应注意储量是一种存量,而储量和存量都是一种存货。

虽然,需要在现行经济和技术条件下探明储量的较高的可靠性和可生产性,但历史证明的则是另外一码事。况且,对未探明地下资产的评估经常是一些保密信息,对大部分矿产和燃料商品而言得不到此类信息。例如,在 1973 年和 1980 年间,由于奥里诺科重油不再划入资源类别中,使委内瑞拉的原油储量增加了三分之一。到 1982 年,由于价格的下跌,大部分这些储量的增量又都消失而进入资源类别中。

存货(存量)可能是被人为修改了的或非自然的。在阿拉斯加北坡新的储量存量规模变得显眼之后,美国本土的探明储量勘探和开发的速度下降了。就美国石油工业作为一个整体而言,则截然不同于幸运的北坡的所有者和生产者,新的非自然的存量(新存货)规模有些过分。当多余的量的被“耗竭”后,美国本土地区勘探和开发的速度又开始恢复。非自然存货的这一特点也可以 Carson 关于阿拉斯加石油大发现中难题观察到。她关于北海原油储量易变性的例子简单地指出了自然的和非自然的存货或存量间的差别。我们也应该回顾 1975-1976 年间美国天然气短缺及对其使用的限制和永久匮乏的预测的情形。取消管制性价格,和后来对管道控制的放宽使得第一次出现天然气“兴旺”的局面;但人们很难抛弃天然气短缺的认识。随着后来储量的增长,现在(1995)人们称道天然气对环境的贡献。天然气在铁路运输上的应用刺激了需求量的增加和过剩存货或存量的耗竭。就全球而言,新地方新油田和老地方更多油田的发现削弱了石油输出国组织(OPEC)的力量,也唤起了对美国能源安全的疑问。

煤以位置、热值、含硫量、灰份和水份的差异而不同。在一定空气污染控制法规下,伊利诺斯盆地中某些煤炭就不能被商业性地开采;后来,它们不再是储量。就位置而言,美国煤炭产量的增加主要来自阿巴拉契亚煤田而非西部(尽管西部具有更低的坑口成本,其大部分仍在资源类别中)。西部未开发煤炭租地中大量煤炭已引起了国会的质询。完全惶惑的是 70 年代对煤炭-能源的预测,预测认为对西部煤炭的消费量将大量增加。

假定非燃料矿产的可采性，探明储量就是现行的和预测的矿产品价格的函数；而价格又有助于确定边际品位和人选品位。前者确定废石的边界，后者决定不同于废石的采出的矿产量。由于矿体很少是均质的，矿产品价格的变化可能导致对某一矿床的采富弃贫。全期中，这种实践降低剩余部分的平均品位，除非价格上升或成本下降，否则这一部分将不再是储量。

可采储量和商业油井更成问题。在所有矿化物质被完全采光之前的很早阶段，矿山就已闭坑。随着数年以后，新技术或较高价格的出现，就象老油田一样，它们可能被重新取用。由于油井是在石油被采光很早前就关闭的，那么大约还有 60% 的储量仍然呆在地下。

这些变化与储量，特别是作为存量的可采储量或油井的概念是一致的，这妨碍了对简单资源租金理论的使用。

可持续的矿产开发

耗竭估算的推理不会提供任何可持续性的评价。这意味着需要太多太多的确定性 Carson(1995)描述可持续“发展为既满足现代人的需要，同时又不损害满足下一代需要的能力”。姑且不论隐含的代际间财富假设及其公平分配及展望未来到底延伸多远的理论需要，对这种陈述中稀缺含义的检讨仍是有用的。

Carson 推算中的可持续发展好象包括耗竭、枯竭和环境退化，并以此抵消一部分矿产生产产生的财富。推算出未来数年净现值以此抵消一部分当代财富的增加或总财富，这说明人们知道退化、耗竭和枯竭将是什么、它将持续多久、其时间线路形式及适当的贴现率。对资源的最终规模有一个明确的把握也将是有益的。为了简便，我们忽略降级(退化)和枯竭，而集中关注耗竭。那么，人们如何知道多大的耗竭率是合适的？

现值评估所需的贴现率因公司和矿产的不同而异；一种贴现率并不能适用于所有情况。对某些采矿类别而言，所说的 10% 的真实贴现率可能太低。许多矿业公司仅仅高出投资级别，它们经常是跨国公司(经常产生与储量有关的问题)；剩余的大部分为劣等证券级的。零贴现率对现在和无穷无尽的未来赋予相同的权重。它意味着某一将来未出生和未怀上的孩子与今天被剥夺生活必需的孩子同等重要。

Carson 的储量存量可能与资产寿命有关。这不能受惯例制约；但可能易发生变化。就铜而言，人们只需考虑亚利桑拉州 Pinto 河谷矿山寿命的沿续、Morenci 矿山北西向的延伸、San Manuel 的“新的”地下 Kalamazoo 矿体、及新墨西哥州 Tyrone 矿山的可能再生。当然这些矿山在闭坑数年有可能受到溶剂萃取-电积法的影响。Kalamazoo 矿山被内定了 10 年的寿命，但是规模更大的露天矿山 Morenci 延伸了更长时期。至少，耗竭率和现值评估必须符合可区分的现实情况。

评价与开发

假如象折旧一样，降级和耗竭算在由矿产生产带来的现行收入帐中，那么价值必须被指定。假设由于垄断市场价格不适合，或假设资源或储量被过度开采，那么必须寻找非市场替代评价。Carson(1995)提出应急评价和享乐评价。就这种技术的现状而言，这将明显而简单地增加卫星帐户另外一层不确定性。

如果折旧帐户及延伸的耗竭帐户总加起来为资产或矿床寿命期间初始投资的价值，那么必须寻找适合燃料和非燃料矿产的与此一致的方法。这些包括原油、粗铜、作为副产品的矿产及多金属矿产。概念上，共同成本必须被分割，而且早年间勘探和开发费用与现行储量修改和生产有关。作为一个例子，一定时期的开支需要归咎于对原油的接替。对于汞矿，甚至即使可以得到全期完整的成本数据，过去的耗竭量和资源租金款项与现在也没有什么关系；原因在于对其生产被宣布为有害，其销售也受到严格的限制。假如储量增加被对称运用，那么同时增加的

问题则包括勘探和开发费用的计时、原料消失的反计时、及对由失败钻井和不成功钻井所产生信息的分析等。

Carson(1995)争辩道“所发生的可观察到的交易往往没有代表石油的全部价值”。的确如此；Adelman(1986, 1991)指出交易价格一般是，而且已经数年远远高于每桶的替代成本。经济分析局现行租金法明显地夸大了耗竭。在 1991 年 27 亿桶原油产量的基础上，加上伴生凝析油(Beck, 1993)和 Carson(1995)的 1991 年耗竭费用，租金法和给出的每桶耗竭费用分别为 4.85 和 9.65 美元。在一选择性价格的基础上，Adelman 和 Watkins(1995)估算 1992 年美国原油储量的市场价格仅为 3.61 美元/桶。然而，就美国和其他具非管制性油气部门的市场经济国家的石油和天然气而言，选择性定价只有在存在大量的年度观察时才有用。虽然稀缺性被作为资源租金的基础，但经济分析局现行租金法中的耗竭不是以稀缺性为基础的。然而，这种租金是以垄断为基础的；以可采性和地理位置为基础。假如对某种资源的过度开采被解释为所有者(或税收当局)无力收取资源租金，那么全球的原油可能会大范围地出现开采不足。由于这些都不符合完全的市场、完整与系统的认识，或纯竞争机制，即使是对石油而言，基于 Hotelling 的资源分析也不能持续下去。

过度开采

在任何一定的价格体系下，就象开采的现行与未来成本一样，矿产资源或储量过度开采的概念意味着人们相当准确地知道资源或储量的限度。而且，这一概念可能意味着更多的东西。假如规模一定，那么市场价格必定是错误的或与稀缺性因素不符。假如价格一定，那么包括未发现资源的规模必然是可估算的。即使是在缺少耗竭的条件下，储量和已知的资源也是经常变化的。对未发现资源的评价和与其总量向市场或社会价值的转换有关的问题是复杂的。

W. D. Menzie(1995)介绍了这么一种看法，即美国已经完全探明了其矿产，也许更重要的是所有矿床均已被发现，这作为其文章的一个二级的不实之词来介绍的(本文集也收入此文——编者注)。为支持石油和天然气，美国地调所(1995)估计未发现的大的油藏(至少 1 百万桶)总计达 240 亿桶，或为剩余资源量的 21.3%；而未发现的大的天然气藏(至少 60 亿立方英尺)总计为 21.3 万亿立方英尺，或为剩余资源量的 19.9%。此外，对美国石油资源最新的评价表明油田的增长对资源做出了巨大的贡献。这种增长使得估算石油和天然气资源耗竭的社会成本的简单方法归于失败。

应用中的某些问题：联产品、共产品、副产品和残余物

展 望

人们越接近实际燃料和矿产，应用的问题就越某些。当更真实观察矿产与燃料实际生产时，这种相关性就很明显。

原油与天然气

一般认为，原油是通过差异蒸馏所改变的液体与气体的混合物，而且也可重新组合制成无数的有用产品，其中汽油、煤油、柴油和油渣仅仅是最为人知的。原油的价值主要取决于其转化难易程度和所能生产更贵重产品的数量多寡。轻的、易于生产汽油的原油比那些重的、生产更多油渣的原油更有价值，但是价值的比例是随时间而变化的。

原油也可能含有数量不等的盐、水、硫，镍和钒。在加工前或炼制过程中，这些组分中的某些可能要，另一些必须要被处理掉。而且原油可能含有天然气，也可能与其共伴生。

天然气一般为几种烃类的混合物，可能含有数量不等的天然气液体、硫化氢、二氧化碳和氦气、以及其他少量矿物。与原油一起生产的天然气富含乙烷，而与石油生产无关的天然气则

富含甲烷。与其价值一样，两种气体的市场也不一样。

勘查和开发及其相关支出一般是用来发现烃类，而与石油及天然气，特别是与具特定性质的原油及天然气的发现无关。在发现之前，所有对新油田野猫井的认识只是推断存在烃类。油气发现只是证明资源有或没有伴生气的原油或天然气。在所有工作完成后，假如油井以商业速度生产，那么天然气或石油的特性才能被鉴别。甚至加密钻探和油田开拓也能引起人们的惊讶。因此，与大多数失败钻井费用一样，许多勘探和开发费用倾向于与相关产品发生关联。故未探明地下资产的价值可能包含一个大的错误，其中包括资产的确认。

对于美国已知资源和储量，石油和井口伴生气为共生产品，但是在世界其它许多地方，这种气体可能是被烧掉的伴生产品；因此，使基于联合国的核算原理受挫。

世界范围内大约 75% 的硫作为石油精炼和天然气调整的副产品，虽然没有考虑一定的可采的黄铁矿和弗拉什硫矿地，这仍是一个矿产补充的例子。另外一些硫，如硫酸，是作为贱金属冶炼的副产品生产的。

由于缺乏更严厉的限制温室气体的法规，二氧化碳可以安全地排放，其价值为零。然而，在需要惰性气体维持或刺激采收率的油田附近，二氧化碳能被收集、压缩和管道运输。其结果是这种气体具有价值，成为一种可耗竭的资产。

天然气液体，与初级汽油近似，比与其相关的天然气更具价值。即使是在天然气被重新注入到地下的时候，它们则总是被回收。然而，在市场强劲时，精炼气能被分离并出售；当市场疲软时，它可作为精炼锅炉燃料使用。对作为原油成分的精炼气的评估是困难的。

直到现在，美国含有大量氦气的天然气井仍然是被指定作为政府氦气保留区一部分的。假如氦气和天然气不能自由地生产，作为探明或未探明的地下资产的它们，其价值又何在？假如由于法律的修订，它们突然都能被生产，那么这种资产的价值现在又是什么？氦气价值现在又何在？

非燃料矿产

评估和评价石油与天然气储量与资源，特别是“未探明的地下资产”过程中存在的问题，与评估和评价非燃料矿产相比还是少多了。Carson(1995)的分析以石油和天然气作例子，而非燃料矿产储量与资源评估有关的问题被掩盖过去了。似乎对非燃料矿产而言，“一种尺度适合所有情况”的核算准确性更小。这里也只提供少数几个例子。

黄铁矿之所以有价值且被开采是因其含硫或铁。依据市场条件和政府的优先考虑，某种元素或另一种是不必出售的副产品。那么对矿体及其耗竭的评价是一个变化的概念。

钼被作为主要产品而开采。它也作为铜矿开采的共生产品或副产品(在选矿厂的钼分流槽中被分离出来)。在美国，当钼价下跌时其原生矿山被关闭，此时，这被认为是永久性的。然而铜矿生产中钼的生产在继续。随着钼的需求进一步下降，某些分流槽也被关闭。当价格随着需求量增加回升时，首先是一些分流槽，继而是目前矿山又开始重新生产。对这些矿山的耗竭进行核算将是困难的。就共生和伴生生产的钼而言，其生产则主要取决于对铜的需求。甚至连耗竭的概念都是肤浅的。在此联系中过度开采就不是一个合理的概念。

通过政府法令，铅，特别是石棉在美国的消费受到禁止，因此就毁掉了它们的储量、探明储量和未探明的地下资源。以前数年发生的耗竭又是什么价值？铅将继续作为多金属矿的副产品被生产，其耗竭则取决于与铅无关的因素。

没有耗竭而使其储量消亡的最深刻的例子是汞矿，10 年以内，它就从商品的地位转变成有毒废料的地位。美国许多含汞矿床已开采多年；最后一个关闭的矿山是 5 年前。然而，在美国大约 6 个金矿山(汞是其重要的副产品)，汞的生产仍在继续，有时金矿床位于其汞晕圈旁。假如产品变成了废物，耗竭核算又怎样进行？假如处理有毒汞废物的成本太高，金矿就必须关闭。

那么在金矿耗竭帐户上又怎样反映出这种情形？

石膏在美国很丰富，而在日本很稀缺。由于空气污染的控制，在两国都用石灰石来代替石膏。在美国，因其无价值人们花费成本处理石膏；而在日本被加工成墙板并以一定价格出售。基于联合国的耗竭核算惯例看起来不适合在一致基础上处理这种储量。

最后，佛罗里达的一些磷块岩含有铀。铀的分离只是在高铀价期进行。这种铀的生产取决于农业对共生磷块岩的需求而非能源因素。当磷块岩矿山关闭后，就象铀储量的限度一样，对铀的耗竭核算也就存在问题。佛罗里达的磷块岩矿床因矿床类型而不同爱达荷的。在区域市场上，爱达荷的矿床较少具有区位优势。在成本基础上，佛罗里达的矿床可在世界市场上竞争。不管是根据耗竭核算还是可持续性的一些概念，用同一种简单的方法去既评价佛罗里达又评价爱达荷的储量是无益的。

结 论

正如常规定义，GDP 帐户既不适合于对由其开采、加工或使用引起的矿产资源存量耗竭，也不适合对环境退化进行核算。经济分析局对矿产资源的核算是定价矿产资源存量和估算通过这些矿床生产引起存量耗竭产生的社会损失的一种努力。不幸的是，经济分析局的现行租金法在理论和其延伸应用上都是欠缺的。甚至是作为卫星帐户的基础，所介绍的这些方法也不能提供一个适合分析国民财富或社会财富的基础。这并不是说环境方面的考虑不重要，或我们不应该关心合理(国家性或全球性)定义的耗竭。当能表明资源租金存在时，没有理由认为为什么社会就不能是一个债权人。同样，破坏者必须支付环境的和其他社会成本。但是，要使结果有益，基本原理与评价必须有效和符合实际。

显然，应该呼吁，矿产资源核算的理论和方法在其应用之前需要进行大量的研究。未经充分研究，经济分析局的方法对美国运用得出的逻辑结论可能就是矿产储量，特别是资源的一种打折扣的报道。这样，开采和开发活动将会转移到别处，矿业中可察觉到的污染和附属部分由此而出口了，这将使这些基础工业的经济利益丧失殆尽。

可持续生产和消费模式的挑战

G. H. 布伦特兰

布伦特兰夫人，挪威前首相，世界环境和发展委员会主席，1987 年在挪威召开的世界环发会议上发表了著名的布伦特兰报告，首次明确提出了持续发展的理论。时隔 5 年，在巴西里约召开的地球首脑会议，通过了 21 世纪议程。所有这些均对人类的进程产生了深远的影响。里约会议还成立了世界环发委员会，开展了几次活动，召开了几次会议，会议的论文由联合国出版

的刊物《自然资源论坛》专辑发表，布伦特兰夫人亲自为专集的出版写了一篇导论性文章，这里简要摘译出，希望有助于对持续发展理论的了解。

布伦特兰夫人开篇即指出，现在是我们为迎接可持续生产和消费模式的挑战而寻找对策的时候了，特别是对于工业化国家来说。我们将不得不限制不可再生资源的消费，否则持续发展的目标将难以实现。北美平均每人的消费量是印度及中国的 20 倍，是孟加拉的 60-70 倍。世界范围内总体上维持北美这一消费水平几乎是不可能的。事实上，如果全球 70 亿人所消耗的能源和资源都象西方发达国家那样多，那么为了满足我们的需要，我们将需要 10 个地球，而不是一个。

我们所面临的一个二难选择是，所有国家都要尽力来实现两个相互冲突的目标：改善环境质量以及保证高水平的经济活动，这样明天的社会将为多数人带来更美好的希望。但是，我们还知道，我们无法一直将目前的生产和消费模式维持下去。

世界环发委员会的努力是，试图在全球范围内形成一个对持续发展概念的统一理解。但我们还认识到，如果我们的结论是，国家和地区必须降低其生活水平，那么这一全球变革将难以得到支持。

增长内涵的变化

有些人认为，为使全球消费量达到一个可持续的水平，工业化国家生活水平的下降是不可避免的。但是，世界环发会议并没有做出结论说这些措施是必须的或者说是人们所希望的。全球变革要求繁荣经济，规模投资、社会化大生产和技术革新。减少经济活动既不会带来变革，也不会带来全面就业。

我们的基本结论是，经济增长的内涵必须改革。我们的经济将必须减少对有限的自然资源的依赖并从而减少废物的产生。

传统观点是，经济增长意味着使用越来越多的自然资源生产出越来越多的商品并从而给已经十分脆弱的环境施加越来越多的压力。维持这种类型的经济增长方式并不是我们所希望的，从就业或环境的角度看，也并不需要这种增长方式。

同时，必须深入分析消费并按照可持续性对其进行分解。既然是物质商品的消费，也应该在可持续性发展尺度上进行排序。一些商品可以无度地消耗，而那些稀缺物品的消费量必须逐步减少。

减少未来几代人可选择之路的做法必须引起我们的重视。

同时做到这两点有可能吗？在挪威，从 1980 年以来，私人商品的消耗量增长 7%，而私人服务的消耗量增长 40%。我们的战略是，使增长的需要与变革的需要吻合起来。在下个十年，增长可能是在服务领域内发生，而不是在商品的生产和消耗领域内发生。

推动可持续发展的措施

近些年来，国际环境协议，有力的政府支持，慎重的管理和经济措施的使用以及积极的公众参与，在挪威有效地减少了向空气、水体及土壤中的废物排放量。自然和文化遗产保护地也得到了更为充分的重视并得到了比以前好得多的保护。

我们需要尽最大努力减少对环境的压力。我们还需要创造一个能够鼓励工业界研制可持续技术和加快技术革新换代的环境。

在一些领域，环境业已得到了明显的改善，但还有很多要做。政府的政策是需要的，信息和教育也是不可缺少的。

为清洁环境付费

污染者付费原则已在一些领域内应用，以便为不可持续的消费筹集资本，这一原则还可以更普遍地运用，这可以产生许多有利的影响。如何预料这一成本会增加，有远见的工业领导人将相应地制定经营政策，研制新的产品和工艺。已经研制了一大批新产品，找到了巨大的市场并使消费者和环境大为受惠，提供了就业机会，繁荣了市场。

如果我们要实现可持续的消费模式，个人也必须准备为其消费的环境成本而付费。这意味着使用私人汽车将要付更多的费用，废物处理，下水道排污及能源使用的付费也将增加。在有些国家，取消对使用不可持续能源或保护国内资源的补贴，将导致这一费用增加。就我们所知，这种增加并不是常见的。

税收刺激消费变革

我们不仅要取消对不可持续的做法(生产和消费实践)的补贴，还要重新考虑整个的税收结构。我们可以采取的一个比较有希望的步骤是，消除能源消费量增长与国民生产总值(GDP)增长之间的相互影响。例如在挪威，自1980年以来能源消费量(不包括海上活动和海洋运输)基本没有变化，而同期GDP增长了20%。国家将石油的使用从重油转向轻油并转为水电。还可以通过不同的税收处理方法来实现。因为，增长的内涵在挪威是不断变化的。离开重质燃料，使挪威的SO₂排放量减少60%以上。消费模式往正确的方式发展了。其进一步的成功将取决于国家如何有效地就新措施达成一致意见。

国家尚未充分利用将一些税负从利用太少的资源(如劳动力)向利用太多的资源(如有限的自然资源)的部门转嫁的有利影响。但是，如果只有一个或几个国家单方面地引进“绿色收费”，则其有可能丧失竞争力，导致更多的失业。

在世界上，挪威执行了最高的碳税制度。事实上，这比其他国家高出的太多了，如果其它国家不采取类似的措施，我们将被迫往回退一小步。

欧洲联盟的提议是，将每桶石油约3美元的碳税在2000年提高到每桶10美元，这是全欧“绿色收费”行动的第一大步。遗憾的是，这一提议很可能被推迟。如果欧洲的行动取决于美国的做法，则西方国家将推迟其自己的现代化进程。“绿色收费”将增加对清洁能源的需求，加快技术进步的步伐。

可持续消费的挑战

我们正在向后工业化社会过渡。我们应该带着希望和乐观的态度而不是用担心和忧虑的态

度来看待这一过渡过程。这不是一个损失与否的问题，而是一个新机遇，一个从数量到质量的转变。

转向可持续消费的挑战将检验我们的领导能力以及我们谈判新一代国际(环境等)协议的能力。新协议将必须以团结一致、休戚与共的原则为基础。它们必须强化国际法则，并进一步研究财务和机构机制(筹资和机构设置)。

用世界环发委员会的话来说，我们必须“用更少的生产出更多的”。我们迄今还没有充分利用各种可能性，通过减少生产单位产量所需能源和原材料的消费量以及通过收费及类似措施鼓励提高能源利用效率和回收等来减少对环境的压力。

离世纪之交剩下的时间已不多了，我们必须在此之前取得重大进展，为满足 21 世纪的需要，我们列出了“变革日程”的五个基本要素，或者说是挑战。

1. 为将来几代人留下足够的环境空间

我们必须为将来几代人留下足够的环境空间，必须认识到我们所居住的这个世界吸收工业界副产品的承载能力是有限的。我们可以以一种更公平的方式分享这些资源并仍为所有人留下足够的资源以实现一个可接受的生活质量标准。

公平当中必须包括发展中国家。通过研制新技术，更有效地利用能源、水和原材料，工业化国家的大多数人也可以维持其物质生活标准并同时实现一个更好的生活质量。

我们必须摒弃那种“使用并抛弃”的心理而提倡那种更综合的使用方法。这要求研制使用年限更长的产品，应容易修复及重复使用，必须避免使用稀缺的或有害的产品。产品的生态标签上必须标明成分及使用年限。必须加强对自然遗产和文化遗产的保护工作。

我们必须推动鼓励开发网络，通过网络调动公众，利用媒介传播知识，加强对环境和开发问题的教育工作。

2. 逐渐用可再生能源替代不可再生能源

我们必须就实现这一目标达成一致，包括尽可能地开发研制提高能源效率的技术。能源和其他自然资源的价格必须反映环境成本。工业化国家应立即第一步采取 CO₂ 税这种反映环境成本的办法。目前各国还在彼此观望，都指望别人先吃螃蟹，担心自己先采取行动而失去竞争优势。

发展中国家应通过财务机制和技术援助得到大量的支持，提高使用可再生资源的能力，如太阳能和风能。

但是，在许多国家，税收水平太低了，即使进行了通货膨胀调整，美国目前油价仍低于 1979 年及 1980 年，仅仅是挪威或意大利的 1/4。这么一个价格水平不鼓励节能。

3. 使经济政策与法律和自然限制相吻合

我们应着手全面修改经济模型，使持续发展不仅是一个目标，而且是一个驱动力。必须拓宽增长的理论，使之包括可再生资源不可再生资源的使用。我们必须采用行政管理 and 经济手段推动可持续性的消费模式。对于跨国界的所有生产及资源使用，必须制定国际环境要求(标准)，必须寻找解决由产品运输及最终处理所导致环境问题的途径。在国家一级，必须始终如一地按污染着付费原则收费以便使价格反映环境效益、质量及使用年限。工业界如何将其环境目标综合进其政策和计划中，并且这些目标的执行必须是最高管理层的责任。绿色经营和环境审查理论是相应的解决办法。国际标准化组织最近研制了质量控制系统和方法，评价公司的环境性能。公共机构必须站在前列，做出一个好的榜样，在其购买政策中必须考虑环境因素。

4. 为运输规划设计一种新一代的措施

必须为城市社会设计性能优越的运输网。新就业机会的形成，服务机构及商店的建立应以

近距离原则为基础：它们应位于尽可能接近消费者的地方。

必须发展可持续的城市，必须设计先锋示范城，其运输网应以清洁的空气质量及低噪音水平为标准。

5. 将生产和消费模式中所形成的废物总量减少到最低水平

原则上说，到 2010 年应有可能回收所有的废物。所有国家均应立项研究“无废地方社区”。这么一个项目应给生产商、零售商及消费者，以便总体上大规模减少废物总量。在 2000 年前应该研制处理所有有害废物的安全方法，确保这些废物不再向发展中国家出口。

努力方向

需要联合行动以实现这些目标。

所有这些任务，均需要一种联合的、协调一致的行动方能实现。如果可持续的消费可以成为衡量我们社会进步的一个重要标准，那么，对今后几代人来说，就有了希望。

可持续发展和矿产资源

Raymond F. Mikese II

自 1992 年 6 月在巴西里约热内卢召开了地球首脑会议以来，大量论述可持续发展的著作及论文出笼，并同时成立了不少国际性或地区性组织以推动持续发展工作，包括联合国可持续发展委员会及美国总统克林顿成立的美国联邦可持续发展委员会。如要使可持续发展成为一个客观存在，而不只是一个空洞的口号，那么将需要给它下个明确的定义，确定一些定量表述的目标以及量度相对于这些目标来说是进步了还是后退了的一些指标。进行分析处理时，最困难的领域之一是可耗竭资源，本文将分析可持续发展理论如何适用于燃料及非燃料矿产资源。当然，持续发展是一个宏观经济问题，因为它涉及到所有的资源，包括厂房及设备、技术知识、人类技能以及基本的环境资产，这些都是维持商品及服务生产及下几代人的总体生活水平所必须的。可持续的经济发展之路要求一个临界水平的实际资本投资、技术知识及人力资本，并且需要保护环境基础。

但是，可持续发展必须主要是在微观经济水平上通过诸如环境污染减缓、恢复退化的土壤及森林、保护可耗竭资源以及寻找用可再生资源替代可耗竭资源的途径之类的活动来推动的。包括 Robert Solow(1993)在内的许多经济学家所鼓吹的一个普遍原则是，当代人留给下几代人的自然资源基础的资本价值至少应该等于其继承自上代人的资源基础的资本价值。将这一原则运用于矿产方面，将出现一些问题，包括矿产年度耗竭的价值评估，人为资金对耗竭性资产的可代用性，将耗竭的资本价值转移给下一代人的机理。

一些环境学家指出，可持续发展要求将矿产的使用速度限制在其可再生代用品可研制的速度之内(如 Meadows 等，1992)。这表明，对每种矿产都存在着一个最优化的耗竭途径，而这一途径要通过政府对产量的控制来实现。我们无法知道这些矿产存量的实际数量，因为资源存量

不仅包括证实储量，而且还包括目前的次经济储量及假想和探定资源量，而所有这些每年都是变化的。我们大致知道每年消耗多少矿产资源，并且对今后几十年间储量的耗竭速度有各种预测方案，而这些预测结果大多数均被证明其误差太大。对于每种矿产，目前使用量与储量之比随着新的矿床发现、新技术以及价格和成本变量的变化而变化。因此，我们无法通过估计按目前耗竭速度矿产资源存量将在何时耗竭完这种方式来查明如何与下几代人合理分享矿产资源这一问题。

另一种提议的方法是，对每一代人所使用的每种矿产收取一笔费用，这笔费用应等于其可持续发展的代用品的费用。这可能会导致远在自然矿产资源耗尽之前就投资于可持续发展的代用品的开发。或许，每种矿产可持续发展的价值可以通过一种对这种矿产征收的税来确定，并且这种税还需要按代用品预期价格随时间的变化而随时调节。但是，为什么在代用品可以经济地使用替代天然矿产之前就鼓励开发代用品？正常情况下，市场将确定何时应开发和使用代用品。政治干预矿产的供应有可能导致某一种矿产品的突然稀缺，但在这种情况下调整期一般都很短。例如，在 1978 年扎伊尔钴供货中断之后，喷气机用钴的代用品在钴价暴涨之后马上被研制出来。

矿产的实物存量被每一代人不完全地耗竭，虽然在许多情况下可能发现额外的证实储量。但是，如果发现了等价值的一个附加储量，则开采并不代表资本价值的一种损失。通过节省及再投资资本折耗而不是消耗掉它也可以为下一代人保持储量的资本价值。通过保持储量的资本价值，可保证下一代人能够得到等于这一代人从储量中获取的收入。但是，这一主张假设，来自于矿产耗竭的收入所赞助的重置资本将构成耗竭性矿产的一种代用品，这种情况正如库伯-道格拉斯生产函数所表明的那样。从另一个角度看，这一主张假定，通过将年度矿产耗竭投资于重置资本及技术，下一代人将不会被矿产的耗竭所限制，仍可生产相同数量的商品及服务。

对重置资本是否可以替代自然资本的争论，导致产生两个关于可持续性条件的学派。一个学派要求一个恒量的资本存量，另一个学派除此之外还要求一个恒量的自然资源存量。虽然人们认识到基本的环境资产如大气、水及土壤没有什么可替代的，但我认为，随着时间的推移，重置资本对于生产过程中的矿产投入的可替代性是很高的，并且通过维持一个恒量的矿产资本存量，可以保证产出的可持续性。

投入时间和资本并随着技术的进步，目前生产中所需要的几乎所有矿产，其代用品均可以被研制出来。在生产一种商品或提供服务的过程中，需要矿产的投入，这种投入的矿产可以被替代；也可以研制出新的产品提供基本相当的服务，而在生产这种新产品时不需要稀缺的矿产。最困难的问题可能是按资本和其它资源考虑在一定成本水平上寻找化石燃料的代用品以确保未来几代人可以维持生产。但是，能源代用品正在取得不断的进展，并且太阳可以提供取之不尽用之不竭的能。此外，提高能源利用效率的新技术，也取得了长足而迅速的发展。

维持矿产资源的资本价值

我们应该如何确定一个矿床的耗竭价值？为了维持下几代人得到同样数量的资本价值，我们需要将来自矿业项目的收入中的多大比例再投资及储蓄？在此，我们假设，从来自矿产耗竭的收入中所储蓄的每一个单位重置资本的收益率，等于在将来所有时间内一个单位矿产的收益率。一个矿产项目的收入等于产品销售的总收入减去与该项目有关的资本成本及劳动力成本。通过将矿产生产的年净收入的一部分储蓄起来，并且按复利每年累积，这样就将形成一个基金，这笔基金足以使未来几代人产生与开采矿产所得净收入相同的一笔净收入（耗竭后）。但是，只有

这一年净收入的现值才需要被储蓄和再投资，因为未来几代人在矿产储量耗竭之前根本不必要动用这笔基金。如果全部的年净收入都以复利累积，则未来几代人所继承的资本总量将远远超过其所需要的数量，并且其所得到的耗竭后收入超过当代人所得到的耗竭后收入。这些关系可以用数学公式加以表述。

设年净收入 R 由两个要素构成，一个要素是收入 X ，另一个要素是资本耗竭 $R-X$ 。 X 是构成矿床所有人收入的那部分年净收入 (R)，而 $R-X$ 是那部分必须储蓄起来并再投资且每年按照复利累积形成基金的那部分 R 。这一基金应足以保证每年都能循环往复地产生一个 X 的收入。 $R-X$ 是 R 的现值，它可以用 $R/(1+r)^n$ 表示，式中 r 为利率， n 为矿产储量的年限。由此可以得出。 $X=R(R/(1+r)^n)$ 这样，第 n 年在利息为 r 的情况下，每年 R 的现值可表述为。

量度巴西矿产采掘业的可持续收入

Carlos Eduardo Frickmann Young 等

本文介绍了巴西矿产耗竭的估计值，及其对量定 1970—1988 年间矿产部门的可持续收入的意义。简要评述了两种可供选择的方法：净价格法和用户成本法。巴西矿产采掘业可持续收入的测算值是用这两种方法计算出来的，取得的结果差异很大。用户成本法得到的测算结果与常规测得的收入为相同数量级，差值可用开采的时间水平解释。另一方面，用净价格法计算的可持续收入值有很大的浮动，反映了矿产储量基本估算方面的差异。

近些年来，对经济增长的传统测算方法，由于关心环境可持续性意识的增强，已经越来越受到重视，开始重新推敲起来这些方法来，遗憾的是，对可持续性的经验测算跟不上理论的发展。尽管国际上多次尝试建立环境核算体系，但广泛使用的“可持续发展”一词并未能与“可持续收入”（即与可得自然资源相匹配的增长）的预测和讨论相适应。

找到一个可行的‘可持续收入’的定义是向着将环境问题纳入国家帐户的重要的第一步。问题触及到核算体系的要害，由于自然资源的耗竭和减少几乎没有按照市场价格评估。而且，自然资源的耗竭和减少只作为经济收益的纯来源对待，不计入自然资产损失。因此，环境的全国核算所面临的问题是，要找到一种将代表现在和未来社会资产变化的自然资源存量增加值和减少值纳入到传统帐户中的方式。

自然资源价值评估引起了新古典微观经济学派从“使价格合理”角度的关注点。这个观点被 H.Daly(1990)讽刺地总结为“一旦价格合理，环境问题就‘解决了——不是宏观经济学的问題”。而事实上，正当 Daly 接下来讲时，自然资源的利用确实从宏观经济角度提出了一些重要问题。问题关系到资源未来的可供性及其如何反映在宏观经济行为综合指标中，如国民经济核算制度(SNA)。此外，任何从宏观经济水平估计使用资源的影响的方法都应来自一种理论上合理的收入的概念。其结果是，计算收入及其总值的新方法将随着引进自然资源评价估技术而出现。

本文的目的在于测算巴西矿产资源的耗竭及其对测算国内产值的意义。下一节讲述在国民

经济核算制度中通用的有关收入的定义及其处理非生产性资产方面的不足之处。第三节介绍提议的一种新的核算框架；然后讨论由于自然资源耗竭引起的资产流失的可供选择的方法，并分析巴西矿业生产的成本耗竭的估产值。最后，分析了成本耗竭测算的原则。

收入概念

增值是国民经济核算的合成变量，三种方法——产量法、收益法和支出法——构成核算框架的基本要素。在产量法中，增值等于总产值减去该生产所需的中间消费；在收入法中，增值等于生产要素自然增长的总报酬；在支出法中，增值表现为最终商品和服务的消费、投资和出口。收入、产出和支出的概念代表着观察生产过程的不同方式，但它们的值按定义则是相同的。

核算的另一个重要原则是收入(income)与收项(receipts)的区别。收入代表财富的变化(资产的积累)，而收项(反义词是支出)代表资产的交换或转移。K.Boulding(1949)认为：

收项或支出作为一种中间结果并不改变资产总值，因为在交换过程中，等值交换是一个基础核算惯例。收项或支出仅表示资产形式的变化...收入是从非流动变为流动资产，支出是从流动变为非流动资产...货币收入是资产总增长的货币价值。实际收入是以实际值计的资产总增长。

正是这个差别支撑着探讨用于计算来自自然资源开发的收入的方法。最清楚的例子莫过于矿产资源的开采：这种活动增值的估计值是作为毛产值和中间消耗之间的差值求得的。中间消费构成投入和生产运转的开支和其它现行支出，但不包括生产要素支出(广义的劳动力和资本)。然而，矿产开采和销售并意味着总资产存量的增加。矿产资产存量的货币价值的减少必须从占有者获得的收入中扣除。它不能成为上述定义的收入的一部分。如果到核算期之末，开采者消耗掉其全部净收项，那么他们的资产总存量就降低了。因此，按照定义，他们的支出已超过收入。这意味着，只有在资源是无限的情况下常规核算程序才可以认为是合理的。

环境与自然资源核算研究已经越来越呼吁重视这个弱点。争论的主要焦点是由现有国民经济核算制度酿成的误区，即自然资源连续耗竭越强烈，产出增长越快，就是说它们毫不考虑开采的可持续性。正如 R.Repetto 等(1989)指出的：‘一个国家矿产资源可以耗尽，森林可以伐尽，土壤剥蚀尽，水体全部污染，野生动物和鱼类被捕杀殆尽，但测算的收入却一点也不受这些消失掉的资产的影响。’

为了可虑由于生产造成的自然资源的经济损失和避免收项与收入的混淆，国民经济核算系统必须修改补充。

一种新的核算框架

虽然一致要求修改国民经济核算制度，在陈述如何修改的具体建议时，出现了各种各样的争论。

首要的争论是在采用哪种环境评价核算体系方面观点不同，各种差异很大。小至认为仅对现有系统作些小的修改即可；大到雄心勃勃地要彻底改变国民经济核算制度。新版的国民经济核算制度说明(联合国，1993)趋向于使用卫星帐户，设想增添环境问题而不改变传统的国民生产总值核算的核心。将自然资源包括在资产范畴内和建立一种记录非生产决策引起的资产价值变化的登录方法，为一种综合了环境与经济核算的卫星帐户(美国经济分析局，1994)奠定了基

础。这个框架被命名为综合环境经济核算制度(SEEA)(联合国, 1993)。

通过展示综合实物的及货币值信息的资源利用分类帐户, SEEA 发展了原来的国民经济核算制度。资源减少或耗竭与经济活动的使用有关, 其存量的变化用平衡表计算。经济活动引起的资源耗竭和减少的成本从传统国民经济净值(NNP)中扣除, 这就定义出了一个新概念, 即国内经济产值(EOP)。非经济活动造成的平衡表变化帐以一種使经济总财富而不是净国民产值受影响的方式记录在一个专门的调节帐户中。

两个以综合环境经济核算制度为基础的试验性研究已经完成, 一个是针对墨西哥的(Van Tongeren 等, 1993); 另一个是针对巴布亚新几内亚的(Bartelmus 等, 1993)。很可能未来的经验研究会更紧密地遵从这些先驱研究论述的框架。

测算可持续收入

综合环境与经济核算是定义一个可选择核算框架的最重要指南。但是, 它不能解决另一个基本的争论, 即估计自然资源减少和耗竭所必需的评估技术。货币价值是建立实物与经济单位之间的联系的基础。不过, 自然资源的市场价格(或与它们有关的外部性, 外部活动)通常并不存在。估计诸如大气和水污染现象中耗用成本的主要问题的难点就在于这些价值的确定。

有市场价格并不能全部解决估计包括矿产资源在内的不可再生资源的耗竭成本问题。经济学理论认为, 一种资产的价值应等于从最有效利用资源中预期得到的净收入的现值:

$$V_t = \sum_{\tau=0}^{n_t-1} \frac{1}{(1+d)^\tau} \cdot p_\tau \cdot q_\tau \quad (1)$$

式中:

V =(初始)时间 t 时资产现值,

n =到时间 t 时预计的开采期,

d =贴现率,

p =到(未来)时间 τ 时预期的单位租金(本文理解为每单位资源收益与成本间的差值),

q =到时间 τ 时预计要采出的资源量。

大部分理论工作集中于努力用最优化控制模型来协调资源核算问题。上述预期变量的未来价值用一种财富最大化的方法确定(该财富是作为贴现的社会消费测算的)。然而, 在一理想市场条件全面预测未来需要这么一个通常的假设(所谓理想市场即为可以观察到类似 Hotelling 法则的行动), 还需要估计产量和成本, 这削弱了该理论在大多数实际情况中的应用。

经验研究必须要对付未来资源价格与成本的不确定性, 而这是一个理论模型中并不常见的问题。已提出过两种评估资产耗竭以确定可持续收入的主要方法: 净价格法和用户成本法。二者都将自然资源耗竭作为资产损失处理, 都试图找出一个可与 Hicks 的实际收入标准对比的收入的新定义, 即: ‘一个人的收入是他在周内能消费的, 并且期望在周末过得与周初一样的好’。

两种模式不同之处在于它们如何处理未来经济租金(每单位产量)期望值。净价格法假设一种最优化的开采途径, 单位租金因 Hotelling 效率法规提高。相反, 用户成本法则假定未来的单位租金等于现值。下面几节简单介绍一下各种方法。

净价格法

这种方法，以核算期间资源存量的变化乘以产品的市场价格、净生产成本和调整的价格变量来测算资源的净价格。理想情况下，这个净价格应是资源所有人的 Hotelling 租金。在这种情况下，单位租金的预期增长率应等于贴现率。最终结果应相当于零贴现率：

$$V_t = \sum_{\tau=0}^{n_t-1} \frac{1}{(1+d)^\tau} \cdot [(1+d)^\tau \cdot p_\tau] \cdot q_\tau = S_0 \cdot p_0 \quad (2)$$

式中， S_0 是资源初始存量(实物单位)，预计此存量在最后一个期末完全枯竭。

耗竭成本按两个时期之间存量价值之差来测算，据公式(2)：

$$DEP_t = - V_t = S_{t-1} \cdot p_{t-1} - S_t \cdot p_t \quad (3)$$

用这种方法的经验研究均是利用对存量和开采量的实际估算值，然后将其货币化，存量的净变化是每年增加的矿床(矿点，净修正值，增长或重置)减去折扣(耗竭、减少或砍伐)，年内变化要进行调整。

世界资源研究所已将这种方法用于一些国家实例研究中，如印度尼西亚，哥斯达黎加，菲律宾。但是，世界资源研究所的方法受到了许多批评。

首先，Hotelling 定律经验应用的合适性似是争论的一个焦点，如 K.Hamilton(1992)指出，

遗憾的是，Hotelling 理论所需的假设，即已知规模的均匀资源的不变开采成本，并不适用于现实世界-即使 Levhari 和 Liviatan(1977)所采用的更符合实际的假设，也会导致最优开采计划，其租金必定以低于贴现率的速率增长。

而且，在这个方法中，Hotelling 法规不适合用，因为它是净价格，即价格减去平均成本，则不是所考虑的实际租金(价格减边际成本)。如果生产规模有不变收益，那么用平均净价格作为代替，能对净国内产值作出准确测算。

由于矿业部门经常进行重大的再评价和有新发现，存量价值的变化很容易超过耗竭，或者是正值，或者是负值。因此，根据世界资源研究所的方法测量 NNP 的新手段，对与开采无关的巨大波动很灵敏——低于或超过传统的国内净产值。

如果新发现仅作为调解项处理，将核算期之间的存量价值联系起来，而且所显示的结果既不作为现在收入，也不作为产值，这个问题可以解决。这种校正符合综合环境与经济核算方法，并且最近许多研究已经采用，如巴布亚新几内亚的实例研究。

在那项实例中，净价格法可视为用户成本法(下边要讨论)的一个特例，即贴现率为零或耗竭意味着资源的立即耗竭。这个观点将在下面的章节中讨论。

用户成本法

根据 El Serafy(1989)的意见，自然资源的耗竭在概念上不能当做折旧，因为它并不涉及固定(生产)资本的使用。开采非再生资源所获得的收入来源于资产销售，非投资行为，不能作为增值(总值或净值)，即不能说这是黄金的“现行产值”，而应该说这是一种开采。实际上，从国内生产总值中应该扣除的是用户成本，而在矿产生中是并不是明确的，但它表示了资源枯竭时对后代人利益。根据 Keynes(1973)：

用户成本构成现在与未来之间的联系之一，...它是现在使用对未来利益牺牲的预期值，这种牺牲与边际要素成本和边际收入的期望值共同确定了其生产规模。

另一方面，按照净价格法，如果开采是无成本的，并且如果所有租金都当做资本消费，那

么仅依靠可耗尽资源的经济增值应为零。在这种极端的情况下，租金等于毛收入。

El serafy 呼吁改变 Hick(1946)关于真实收入的定义，即不会使未来更糟的现在消费的量。在这种情况下(El serafy, 1989)：

有限系列的资源销售收益必须转化为一种无限系列的真实收入，这样两个系列的资本化价值相等。从销售的年收益中，必须查明能够用于消费的那部分收入。剩余部分，即资本的要素，应年复一年地留做投资之用，目的是在资源服务期限内，以及在资源采尽之后都能创建一种源源不断地持续在与“真实”收入同样水平的收益。

留做资本补贴的纯收入部分实际上是用户成本，不应包括在国内生产总值内。可持续收入不是试图维持自然资源的不变的价值，这在地质学上和生物学上都是不可能的，而是要求在对将来可能产生相当于该自然资源直到采尽为止所产生的收入流量(不是收项)的实物资本。

按正规术语，El serafy 的建议相当于假定在等式(1)中的单位租金和开采水平预计不变：

$$V_t = p_t q_t \sum_{\tau=0}^{n_t-1} \frac{1}{(1+d)^\tau} \quad (4)$$

耗竭成本由该资源耗竭时(如 n_t 时期之后)预计(净)收益损失的贴现值给定：

$$DEP = -\Delta V_t = p_t q_t \frac{1}{(1+d)^{n_t}} \quad (5)$$

注意：用户成本法对贴现率(d)和耗竭时期(n)非常敏感。哪个变量值高都会造成对用户成本的估计偏低。该方法因此反映了资源的实际短缺，因为只有当实际采掘进度意味着资源即将采尽时，从传统产值中的扣除额才比较大。另一方面，净价格法要求从一种可采尽资源所获得的全部盈余都从收入中扣除，不管该资源的可得性如何。

事实上，净价格法可当做用户成本法的一种特殊情况。即如果耗竭期或贴现率有一个为零。第一种情况($n=0$)，意味着采掘表示资源将马上耗竭。第二种情况($d=0$)则与代际之间公平分配的观点(Price, 1993)相符合两种情况中，由再评价或新的发现所造成的变化不能归入用户成本中，它相当于总租金。因此，可持续收入用开采中所涉及的生产要素成本(劳动力和资本)排他性地定义了。这造成似非而非的情形，好象只有当开采变得成本增大时可持续收入(每单位矿产)才增加。实际情况是，若不计采矿活动的所取得的所有租金，是赋存有矿床的国家与那些没有这种利益(一种“收入边际”，)的那些国家相比的优势就不复存在。

较为普及的优势也未能消除用户成本法中不确定性的问题，用极为简单的方式处理租金预期值显然是不现实的。的确，这种方法受到的主要批评是没有任何明确的陈述能回答为什么价格和开采成本随时间变化时而预期用户成本应该不变。

二十一世纪的化石燃料及其它能源资源

P. H. Bourrel ier 等

本文研究了下个世纪可得的能源资源由于勘探、技术进步和消费所造成的总资源

量和成本的变化情况。关于化石燃料的信息最可靠,论及它们的文献资料也最多最好,这种燃料在目前的能源构成中近于占 80%。已知和推测资源可以按成本合理地分类分级,并且还可以估计未来的变化。我们提出两种消费方案:对比参考方案和在上一届 1992 年世界能源联合会会议上提出的生态驱动方案。我们的方案考虑了里的会议确定的双重目标,即实现可持续发展和最大减少污染排放对气候的影响。

按这个前提,我们认为,最具成本效益的包括铀在内的矿产资源,在下个世界将逐渐耗竭。其结果是边际成本增加相对较慢。但我们预先提出了一项有关控制消费和利用可再生能源资源的强硬政策。

我们指出,需要对节能和能源转换的可能性进行更好的成本分类。另外还需评价生态影响和矫正措施的成本。我们认为,中长期的难题将主要来自低的能源价格和需求承诺之间的矛盾。地缘政治冲突的危险仍将是一个严重的问题。

引言

能源市场长期变化反映供求平衡状况。供应又取决于资源和可能限制其使用的生态制约因素。

就其本质而言,需求预测是动态的,随着人口增长和经济发展使预测不断提高。利用能源保护政策来控制需求增长的意见只是最近才被提到议事日程。其结果是产生了随政策实施方式而定的各种不同方案。

资源和生态制约因素取决于地球供给(资源)和容纳(废物)的能力。在这种能力之资本化的过程中,新知识和高技术起着决定性作用。在这一等式的生态方面,特别是在评价全球现象如温室效应方面进展

本文中我们的

素为背景的资源需

我们的评价方

成本进行分类。这

将转移到成本更高

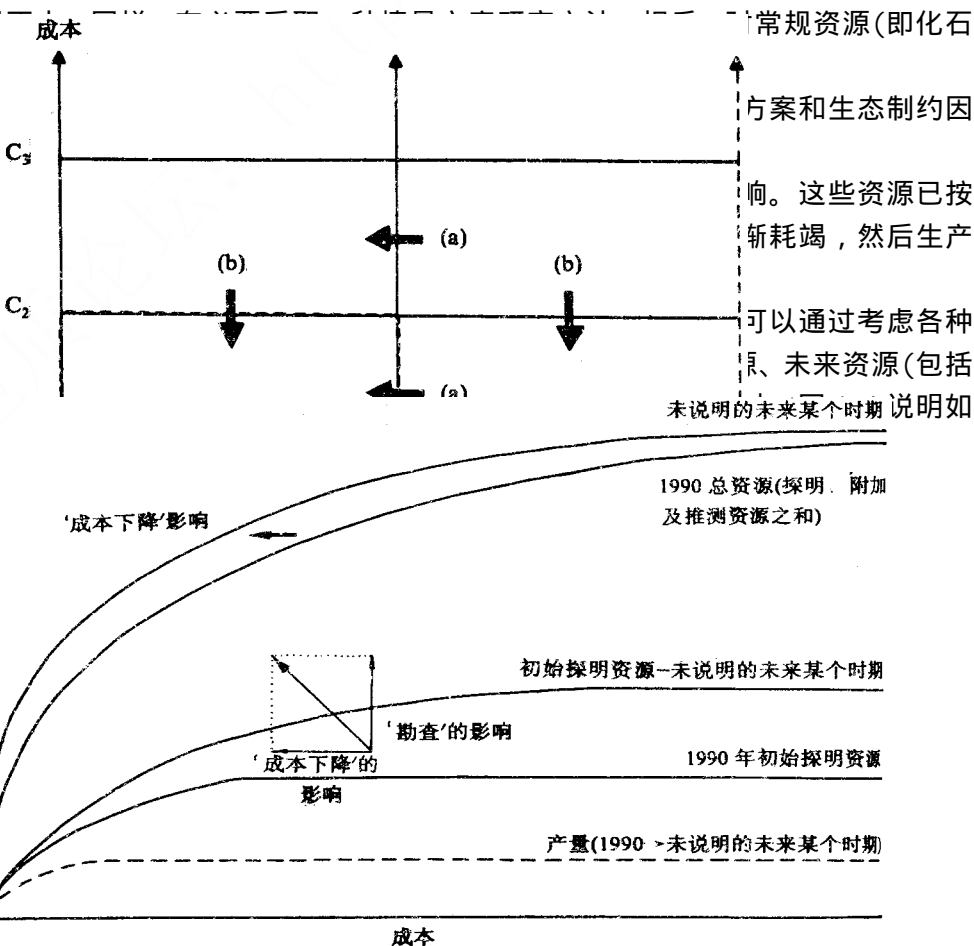
这种方法是专

能流量的成本而容

勘查和技

何描述这

目录



(a) 勘查的影响(1990年)和技术进步的未说明的未来某个时期资源量的变化的影响

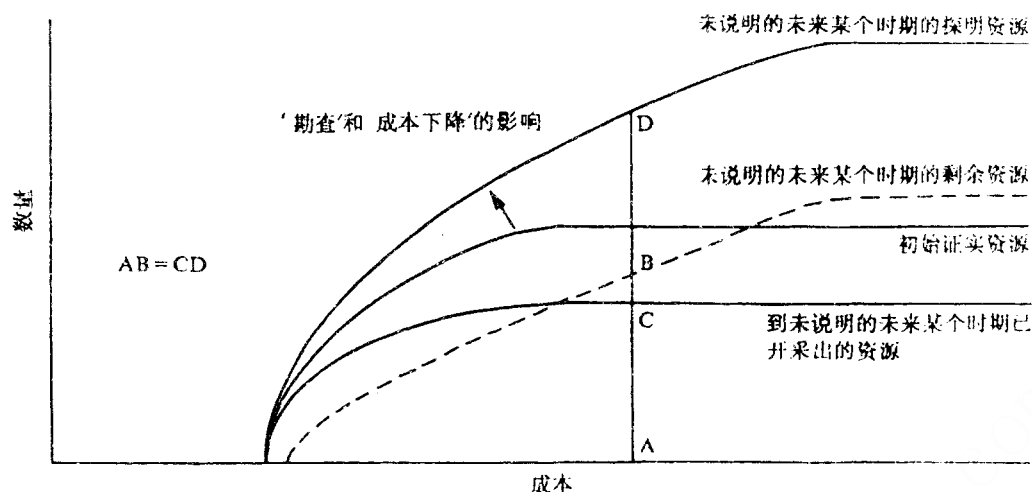


图3 剩余资源的确定

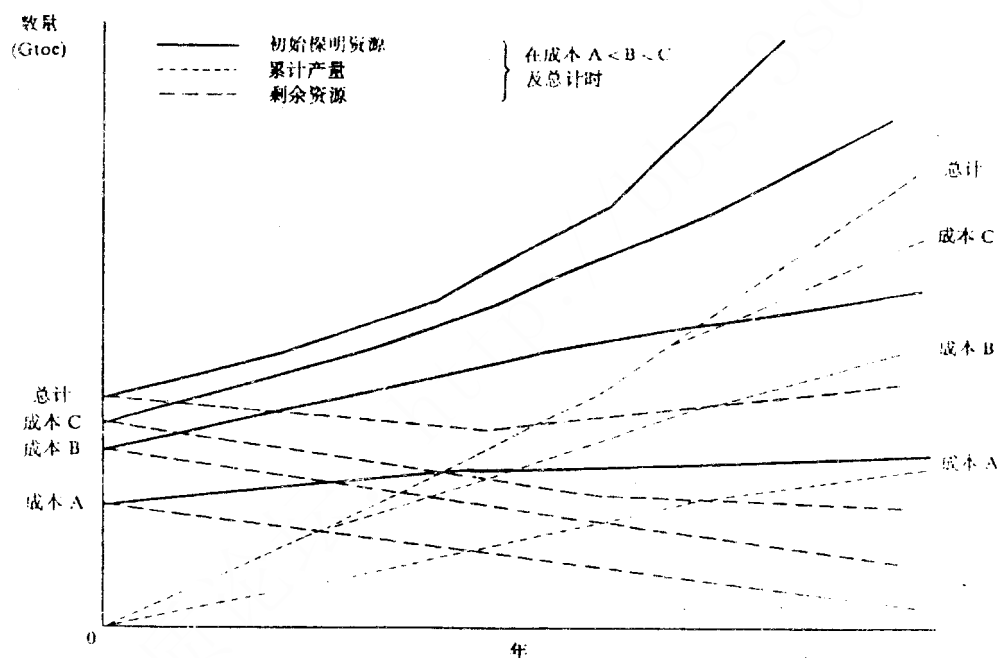


图4 初始探明资源、累计产量和剩余资源量按成本的分布和随时间的变化

每一种能源资源的探明储量(即已知的、探明的、在目前经济条件下能回采的资源)均已估计出并且数据业已发表。只要按惯例,就可以按成本对探明储量进行比较直接了当的分类分级。但这取决于储量和资源之间的成本界限在哪儿而定。该界限会随着成本低的资源的耗竭而向上移动或随着技术和勘探进步使成本低的资源更具吸引力而向下移动。

我们以起码经过加工的通常可以销售的能源形式来评价资源,然后把它们换算为按能源当量计的参考术语。

推测资源

估计总资源(即探明的、附加的和推测资源之和)猜测的成分更多,特别是如果我们考虑那些没有做勘查工作或详细经济评价的高成本资源时更会如此。但是,最近对有机物演化和矿床

形成的地质认识已有了进步。结果我们可以在误差为一个数量级的范围内预测这些资源的数量，但实际上生产成本仍得推测。

评价数量和生产成本时一个重要的因素是回采率，即原位数量与可以实际回采的数量之间的比率，此比率通常是较低的。比率的任何变化均将对资源的变化产生显著影响。

对交货费用我们使用的一个方法是燃料或转换能源被运输到工业化国家最近的消费中心所需费用

就是说在市场平衡已经建立易运输燃料的全球价格已确定的那些地方。结果是，这些费用不能代表距产区近或距产区很远的消费者的实际费用。

未来的资源

我们需预测在不同时期(例如 2010、2050、2100 年)可保证的资源。为此我们应对目前探明资源(包括目前经济条件下没有经济意义的资源)增加或减去一个值。首先，我们必须加上由于勘探和技术进步的结果而增加的量，同时再减去同期的消费量。

对勘探和生产中技术进步的可能性我们已有合理的可靠的预测。因此，我们可评价随着时间的推移由推测资源量转变为保证的资源数量。但这种估计取决于这么一个假设，即生产者根据他们的决定和财政能力来干。应减去的量取决于需求方案和所耗资源的成本分类。

目前的化石燃料资源

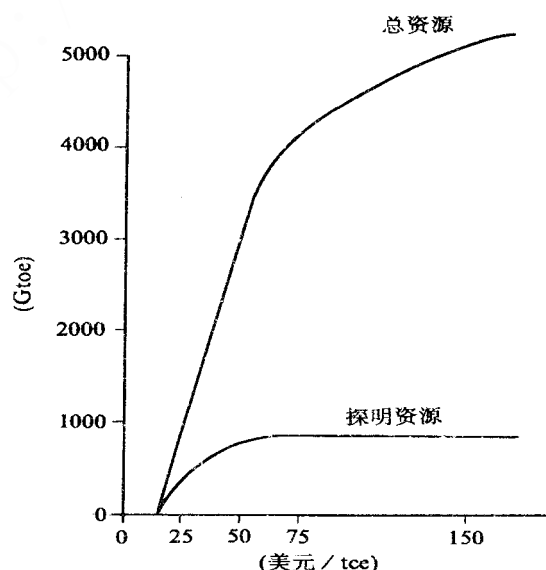
煤和褐煤(图 5)

煤和褐煤资源通常不按成本分类，因它参与国际贸易的比例很小，因为大多数资源地处偏远，运输费用较高和国家基础设施要求大。因此我们的估计受地缘政治不确定性程度的影响-即一个国家发展基础、关税政策及其对开采矿产资源的态度的不确定性。

我们把不同品级的煤和褐煤归并在一起，虽然他们的热值不同(低灰分煤大于 7.5 热值/公斤；一些褐煤和泥炭小于 4 热值/公斤；原位湿品热值各为该值的一半)。用吨煤当量表示的总量是我们按成本分类的估计值。我们的探明储量与世界能源委员会(WEC)的统计数据相一致；对没有提出估计值的国家，世界能源委员会公布的附加资源修订后有所增加。我们保守地估计了最高的两级成本并在其生产成本中增加了传统运输费用(陆运、海运)。我们假定在就近的工厂把褐煤转换为电能，接着用输电线传输。

我们没有考虑泥炭资源，因为泥炭通常很难利用，用作能源没有竞争力。泥炭沼泽面积超过 4 亿公顷，有 6000 多亿吨原位资源量但可回采的少于 100 亿吨。

石油(图 6)



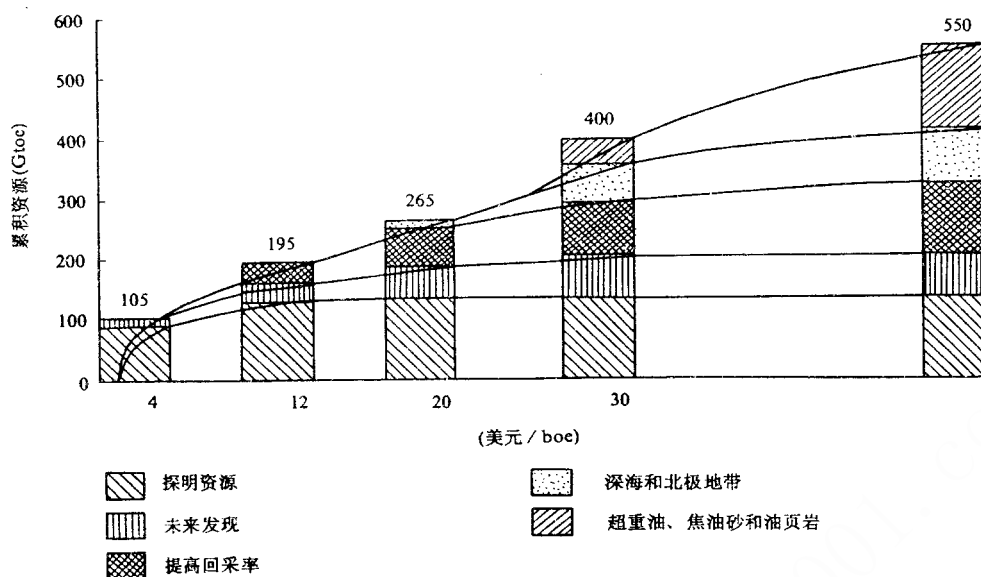


图6 石油资源 (资料来源: LFP)

除未来的探明储量和未来发现量，我们可区别出以下石油资源：

1. 由于二次采收率的有效提高而增加的石油：二次回采法适用只有一次回采开发的油田，特别是中东油田和提高石油采收技术 (EOR)。
2. 非常规资源，例如深海和北极地区伴有超重油、焦油砂和油页岩。我们提出的数据只在一个数量级范围内有效，原因有二：所预测的资源类型只作了很少的勘探工作，开采方法还不成熟。

对第一种类型，我们选择了五种生产成本 (0-4、4-12、12-20、20-30 和 >30 美元/桶)，(1) 成本 4 美元/桶以下位于中东的石油储量和资源为常规石油，超过 30 美元/桶的焦油砂和油页岩为非常规资源；(2) 除了“政治意愿”的决定之外，20 美元/桶象征着到今天为止的工业技术发展情况。

天然气 (图 7)

法国油气研究所 (IFP)

利用同石油相同的方法评价了世界天然气资源。因此估计值显示出相同类型：探明储量、未来发现、深海和北极地区，以及非常规资源。这些资源都如石油一样以每吨油当量 (toe) 和相同的成本类别 (美元/每桶油当量，\$/boe) 表示。由于增加天然气回采率实际上并不可能，因此资源的增长一般均包括在已证实的资源之

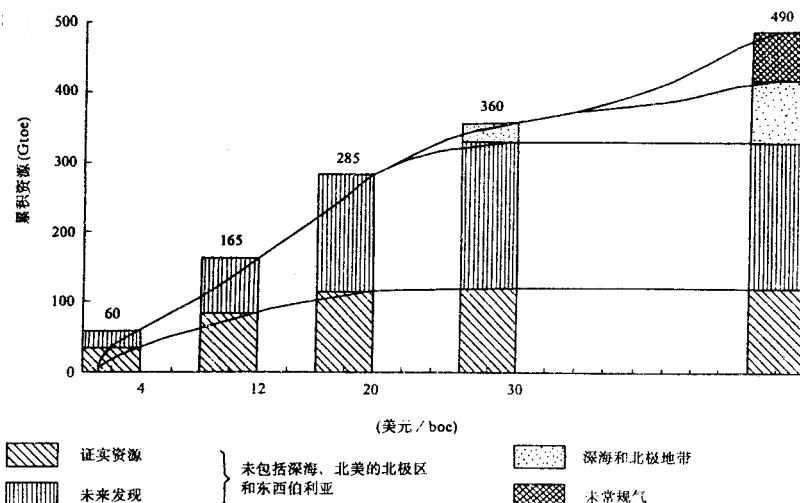


图7 天然气资源 (资料来源: LFP)

内。

另外非常规气涉及特定的地质建造-低渗透性砂岩、裂缝粘土、深部裂解气、煤层甲烷和甲烷水合物，都不同于非常规的油藏。全世界的资源清单也远非完全的。

我们在生产成本中已增加了经管道或液化的运输成本。

图 6 和图 7 说明，虽然石油和天然气资源同在一个可比的数量级上，便石油资源在最高和最低的成本栏中比天然气多。成本为 4 美元/boe 以下的天然气资源，因为运输成本高而处于不利地位。由于非常规石油资源绝对规模上的原因，成本 30 美元/boe 或超过 30 美元/boe 同样不利的说法是成立的。天然气储量的增加几乎完全依赖勘探，而石油储量的提高则依赖提高回采率。

总的化石燃料资源(图 8 和 9)

图 8 给出以每桶油当量表示的所有化石燃料的资源曲线。为了使对比有意义，应该考虑执行成本上的差别。通过实例，我们在图 9 中说明了相对于大的热电设备的总资源。在对煤进行加权时取了负值，通过 5%的效率差别，配售、燃烧装置及灰分处理的额外成本来进行。

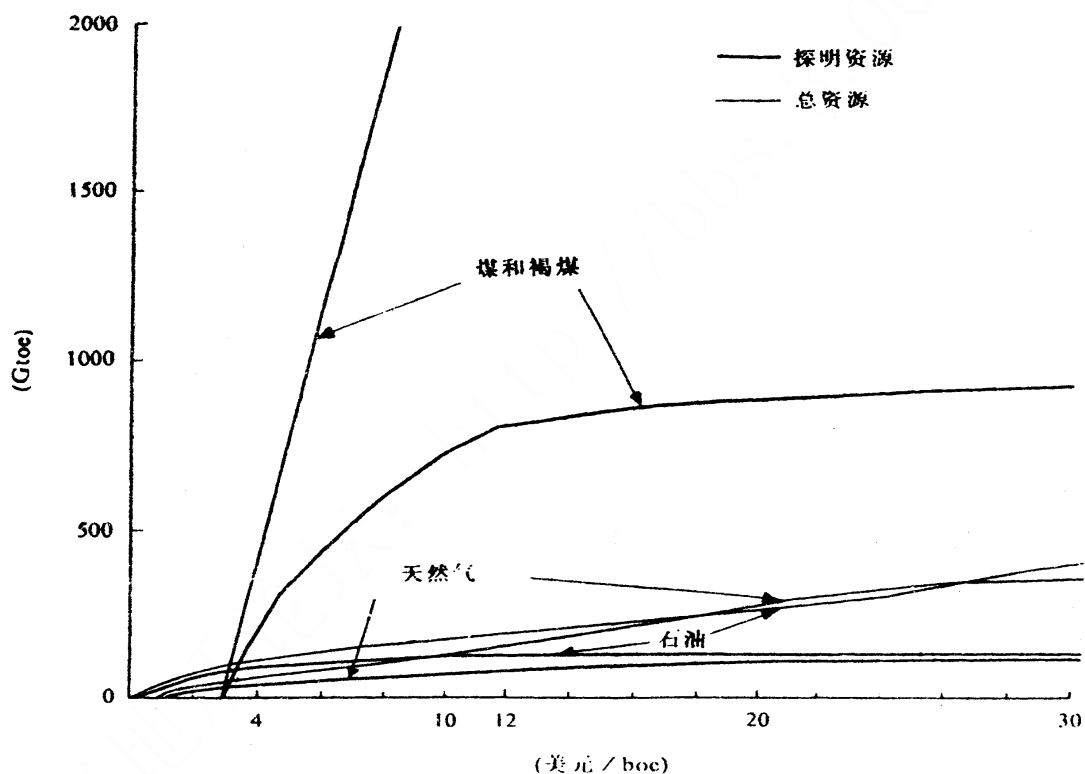


图 8 化石燃料资源

21 世纪的化石燃料资源

未来资源

煤和褐煤(图 10)在今后 20 年,由于若干因素的影响,生产率将提高。机械化的发展(特别是长壁式开采)将导致地下矿山的连续传输和机械化采掘。节省规模和更简易的、更有效的洗煤技术也将起决定作用。对于运输,通过设备和管理主要是煤利用的迅速提高将获得最高收益。

如以前一样,劳动力成本在煤生产成本中占较大比例,为使矿工继续工作需要加薪。结果,技术进步引起的成本降低将由工资费用的可能增加而抵消了。因此我们假设生产成本只下降 10%。现在很少致力于勘探工作,所以我们假设探明资源将以中等速度增长。

通过 60 年的努力,在自动化方面取得了重大进展。地下气化将会发展,但它不会对能源构成有太大的贡献。运输将可能成为最有希望的突破性环节,例如,水合煤或转换为效率高的电力传输。出于同样原因,对于今后 20 年的预测,我们假定成本和探明资源量增长均为中等速度。

石油(图 11)对于成本低于 4 美元/桶的石油生产很少或没有成本降低影响。30 美元/桶或超过 30 美元/桶的石油资源包括两种生产类型:(1)按石油工业技术生产诸如深海、北极地区 EOR 及超特重油和原位焦油砂和油页岩

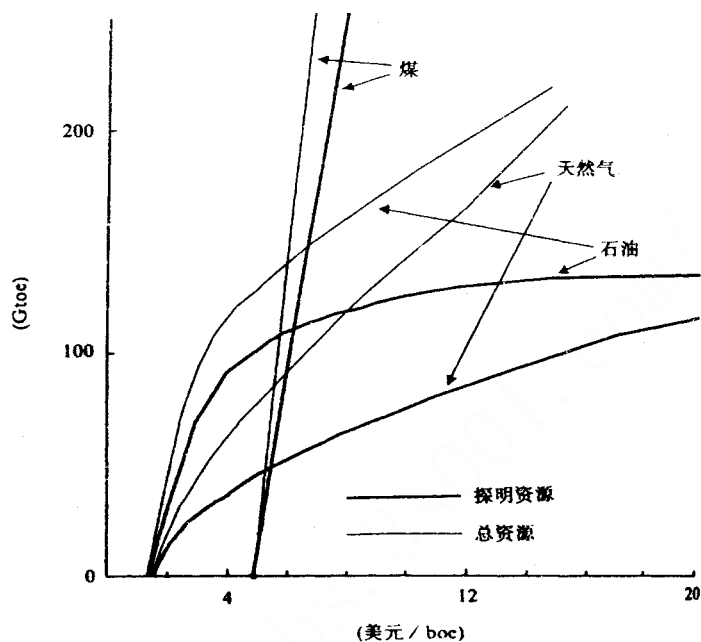


图 9 化石燃料资源:当等量成本用于大锅炉和热电厂

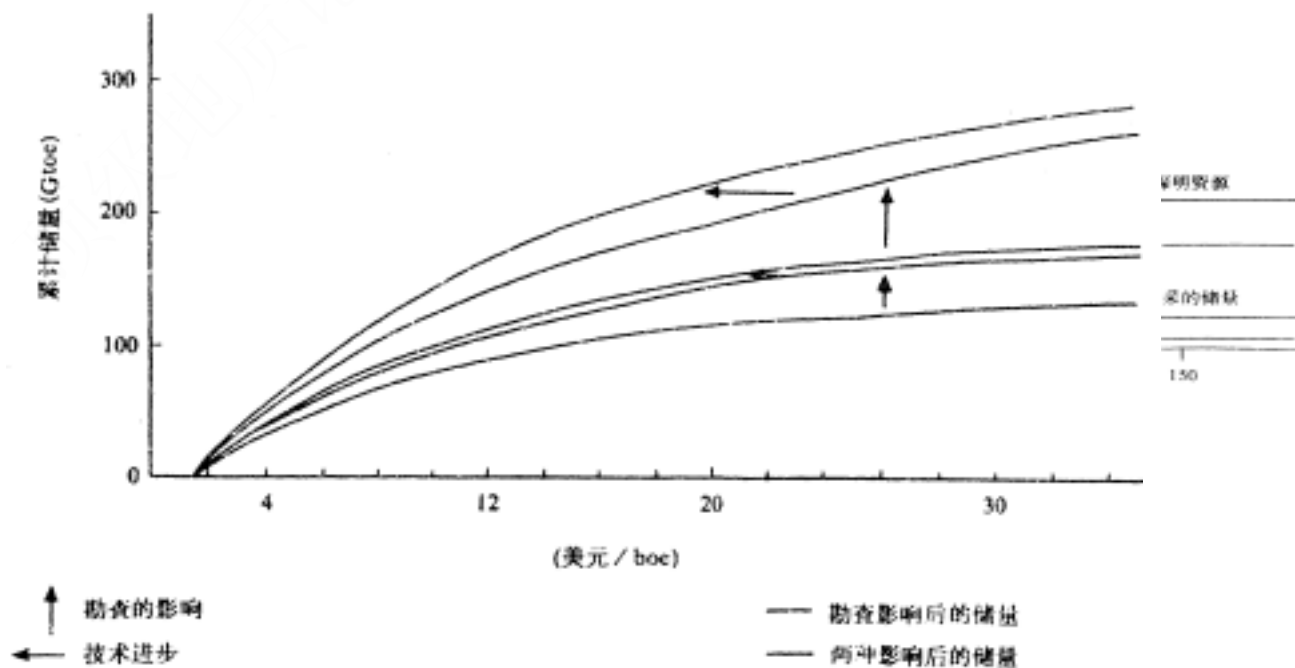


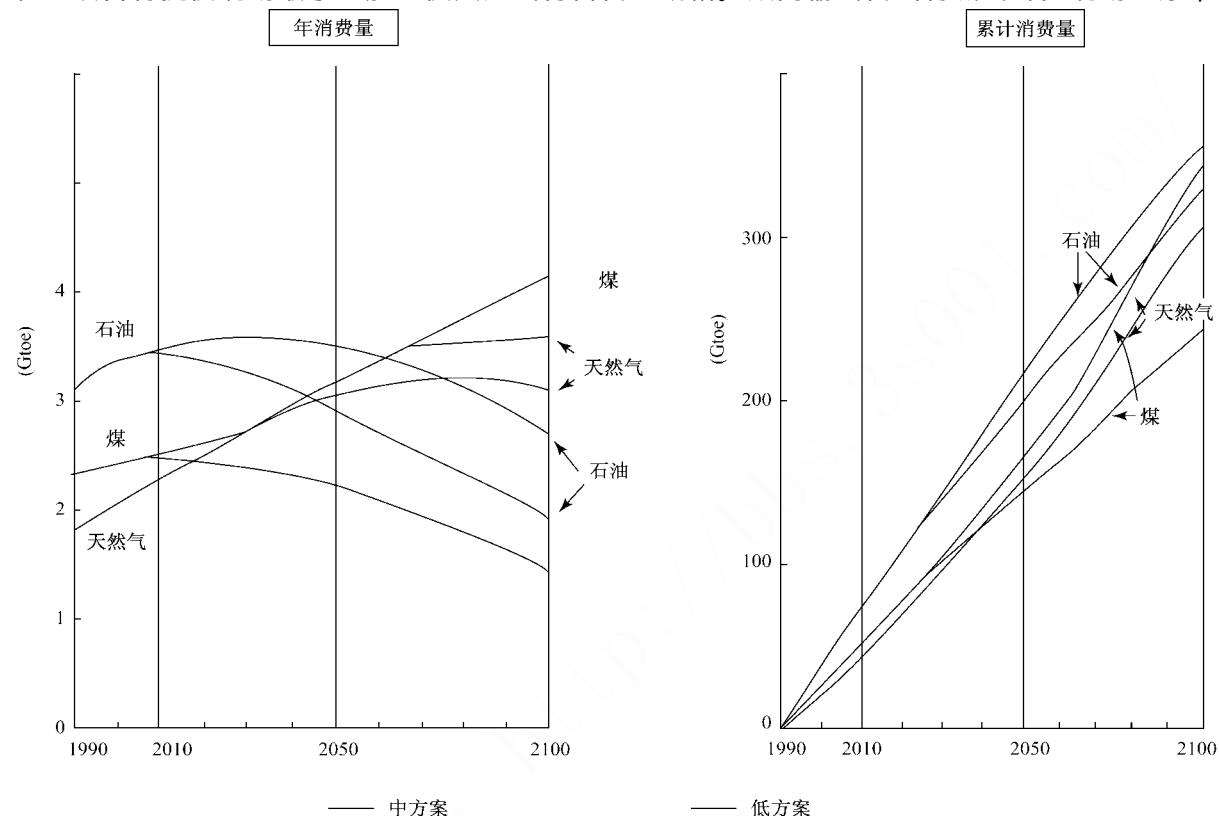
图 12 1990-2050 年探明天然气储量

的技术进步这些成本能削减 30%或更多(1)数据获得、盆地评价和储层表征；(2)钻井和水平钻井最优化；(3)深海生产技术。

天然气

(图 12)，以上情况同样适用于天然气，除了其特殊特征已知较少之外。投资和运输成本要比石油高得多；运输通常指特定的前期加工过程，例如液化、天然气的液态提取物、净化和脱水。

我们只预期运输成本适度地降低，但加工成本将明显降低，特别是中等规模的海上油田。轻量设备将提供现场最小量加工使天然气符合管道规格。双向输气管线将减去许多现场工序，



能够使结合的液态气直接运回陆地。这些技术进步将主要涉及成本为 12-20 美元/桶油当量的资源。

图 13 化石燃料消费量

消费方案

我们考虑了两种消费方案(表 1 和图 13 和 14)。低方案为，二氧化碳排放量长期稳定在现在水平，到 2100 年前后为目前排放量的 20%。除天然气之外的化石燃料的消费量将会较低。加上核能和可再生能源资源，总的能源消费量可能超过 130 亿吨油当量，而目前为 90 亿吨油当量。这就需要将人均消费量降低 15%并需要采取非常强硬的保护政策。

表 1. 世界能源消费

a. 年消费量(十亿吨油当量)						
	目前	2010	2050 年		2100 年	
			低方案	中方案	低方案	中方案
石油	3.1	3.5	2.9	3.3	2.0	2.8
天然气	1.8	2.3	3.0	3.2	3.0	3.5

煤	2.3	2.5	2.1	3.0	1.4	4.0
总计	7.2	8.3	8.0	9.5	6.4	10.3

b. 累计消费量(十亿吨油当量)

	1990-2010	1990-2050 年		1990-2100 年	
		低方案	中方案	低方案	中方案
石油	60	180	200	300	360
天然气	40	140	150	200	320

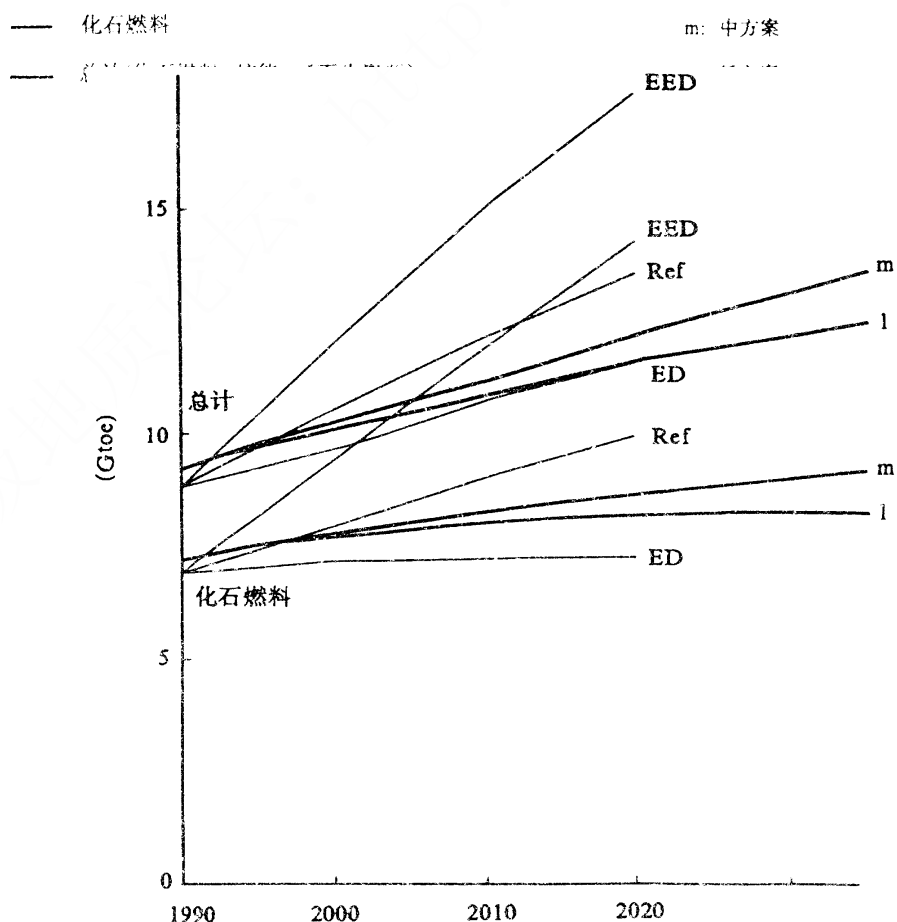
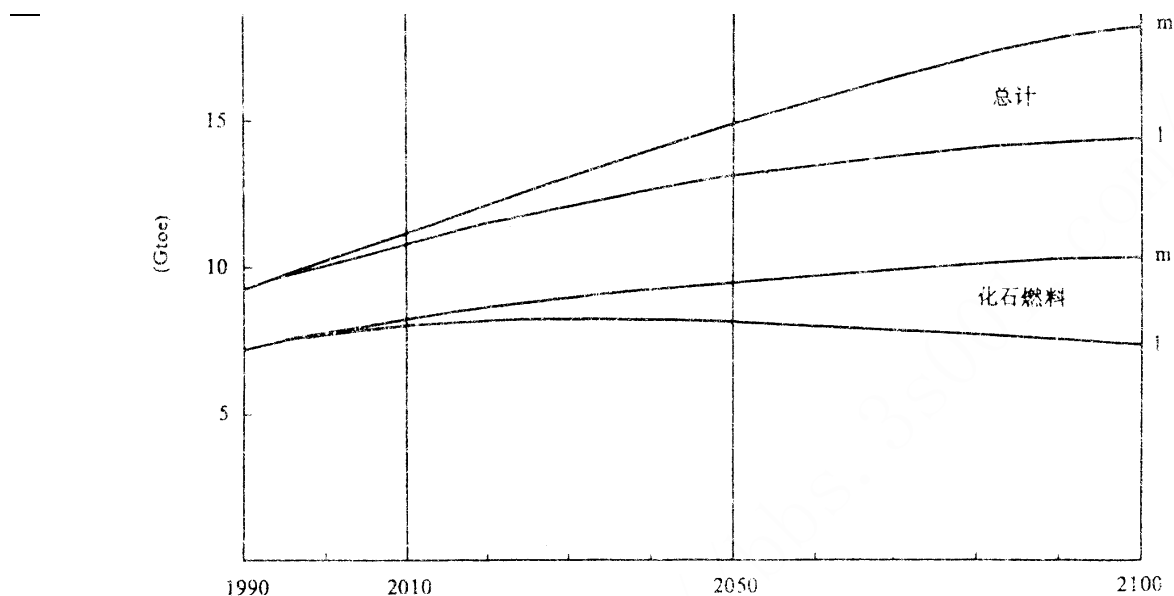


图 15 年消费量：两种方案与世界能源委员会 3 种情况的对比。m，中方案；
l，低方案；Ref，参考方案 ED，生态驱动方案；EED，加强经济发展方案

中方案中，二氧化碳排放量相对小幅度增长是可以接受的。人均消费量稳定或略微下降将足以达到此目标。

对于中期而言，这两个方案差别并不太大，我们的目标是现实的。这个目标将处于 1992 年世界能源委员会预测的 2020 年消费量的方案(图 15)中参考方案和生态驱动方案的中间。参考方案预测为 97 亿吨油当量(其中油 37、气 28 和煤 32)，而生态驱动方案的预测为 75 亿吨油当量(油 27、气 23 和煤 25)，与我们分别预测的 81 亿吨油当量和 85 亿吨油当量是可比的。

除了参考方案之外，世界能源委员会还使用了一种“加强经济发展”的方案，该方案预计到 2020 年化石燃料消费量为 129 亿吨油当量。所有类型能源加在一起将超过 170 亿吨油当量，其中煤和石油的量超过 45 亿吨油当量。10 年前发表的平均方案预期的是这种增长，但与哪种方案都不相同。

另一方面，关于中长期化石燃料消费量明显降低的假设与实际仍不相同。一些方案，如由 B. 迪森提出的一个方案，认为将由化石燃料向可再生能源资源快速转变，这需要全世界范围的积极努力。此外，世界能源委员会调查中一个最有意思的结果是，到 2020 年前后非化石燃料的增长范围很窄：从 36 到 42 亿吨油当量。

两种方案都正确考虑了有关可持续开发的问题。他们基本都指出，到 21 世纪末期累计石油及天然气产量将在 3000-3600 亿吨之间。

煤的消费情况将有所不同。比较保守的方案中，2010 年后煤的消费将逐渐减少。中方案中，随着石油及天然气消费量的稳定，煤消费量将增加，而后在世纪末由于廉价资源的耗竭而降低。世纪末的累计煤的消费量反映出这种差别：2200 亿吨对 3400 亿吨，取决于环境制约因素。

剩余资源

煤和褐煤(图 16)。即使按中方案假设消费量增加，2050 年后将普遍由成本为 15-25 美元/吨煤当量和 25-25 美元/吨煤当量栏的资源储量来供应。原则上 15-25 美元/吨煤当量这一档看起来已足够，当然这意味着集中于几家最有竞争力的供应商、运输设备方面的大量投资和可能的地缘政治局势。在各方案中，在煤生产者之间的竞争均将很激烈。这种压力将施加于没有保护性市场的成本为 50 美元/吨煤当量档次的生产者。成本以在主要消费中心煤的交货费用表示。

石油(图 17 和 18)。在中消费方案中，为了满足需求，边际资源的成本将会出现相当大的偏移，肯定在 20 美元/桶以上。

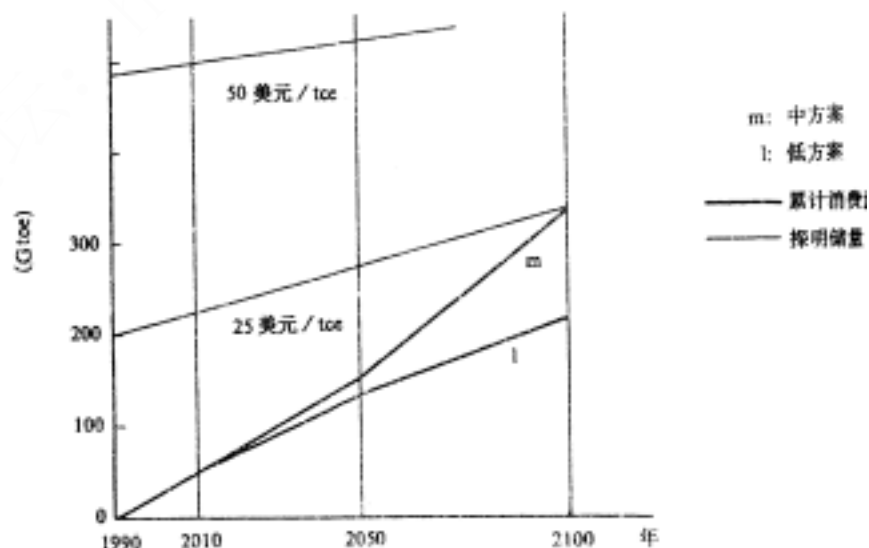


图 16 煤：探明资源和累计消费量

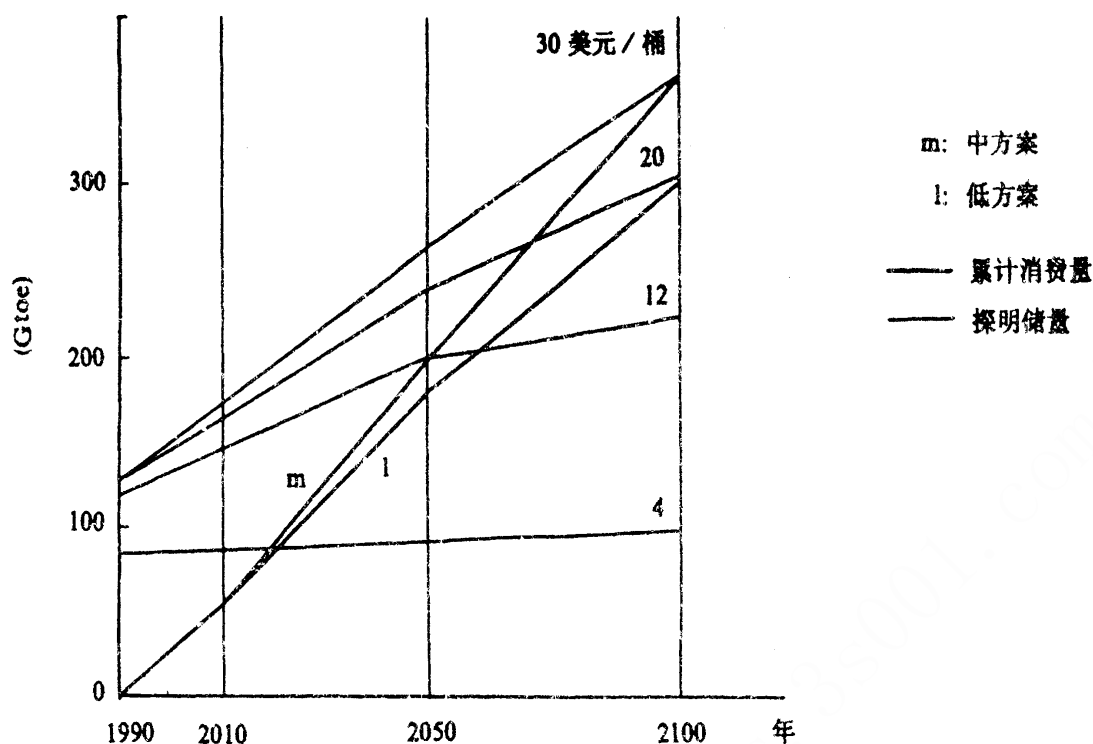


图 17 石油：探明资源和累计消费量

现在让我们仔细看一下图 18。正如前面所提到的，我们必须作出有关生产如何分类的假设，特别是有关最低一类资源的成本上限。如果资源在没有地缘政治限制的情况下按成本增加的顺序开发生产的话，4 美元/桶以下那一档的资源将在 2020 年前后耗竭。成本为 12 美元/桶那一档的将在 2050 年前后耗竭，到 2100 年就几乎没有成本在 30 美元/桶以下的石油资源剩下来。尽管由于勘探工作和生产技术进步的结果而增加了资源，情况也是如此（注意资源曲线斜率）。因此边际成本将是图 18 右侧较低的那条曲线。

事实上，假设最廉价的中东石油的生产既受生产国也受进口国的限制是更为符合实际。生产者将试图延长他们油田的年限及其市场，增加他们的所得，而进口商将努力限制并分出其风险。

我们绘出了以下列限制因素为基础的曲线：

1. 4 美元/桶以下的资源：10 亿吨油当量/年。

2. 较高成本档次的资源：对每一档次的较高成本

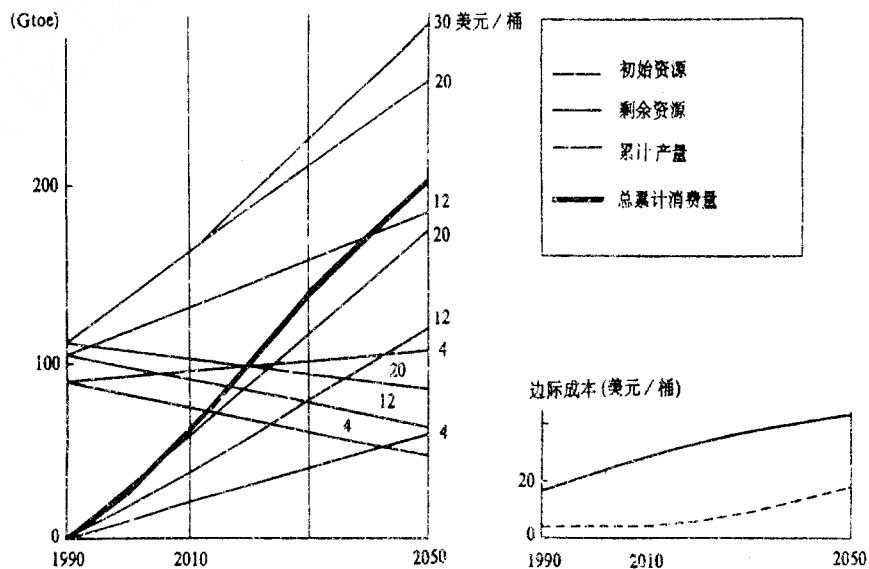


图 18 石油：初始探明/剩余资源及累计产量，中方案

类,保持最低 50-100 亿吨油当量作为每一高档的储量。

因此,从 1995 年以后我们应争取 12-20 美元/桶的资源,2010 年以后为 20-30 美元/桶的资源。边际成本曲线将象图 18 右图上边的那条曲线。这两种曲线间的差别在一定程度上代表了地缘政治影响(生产者卡特尔和资源多样化)。

在相对稳定的消费方案中将出现这种情形,并将激化但并不是最大化的资源转换。我们已经指出,2010 年后高成本资源将增加,结果是目下将集中消耗每桶石油的成本超过 20 美元/桶的资源(现在石油工业的重点是集中注意增加 20 美元/桶以下成本档次的资源)。

在低方案中的主要区别在下世纪下半叶期间出现石油消费量下降似乎与资源和低成本的储量逐渐耗竭相一致。

相比之下,如世界能源委员会的加强经济发展方案(2020 年 46 亿吨油当量)这样的石油消费高增长方案,将对资源产生巨大压力并导致世纪中叶之前边际成本的迅速增长。

甚至在中消费方案中,2050 年的剩余储量将由 3 种成本档次的资源组成:4 美元/桶以下(400 亿吨油当量),4-30 美元/桶之间(总量相同),超过 30 美元/桶。这就意味由于严重的不稳定性使资源成本曲线展开了。在低消费方案中这种展开不很明显。

天然气(图 19). 在 2050 年以前世界天然气需求将可以由低于 30 美元/桶油当量的资源来满足,较中等方案甚至低于 20 美元/桶油当量。国际天然气贸易需要发展相当大以便能可靠地获得这些资源。发展将意味各种原因的限制:偏远的位置、某些消费市场的饱和,过份的地缘政治干预。这是对全开放的国际天然气市场的限制,并且 2100 年前我们将可能不得不依赖高成本

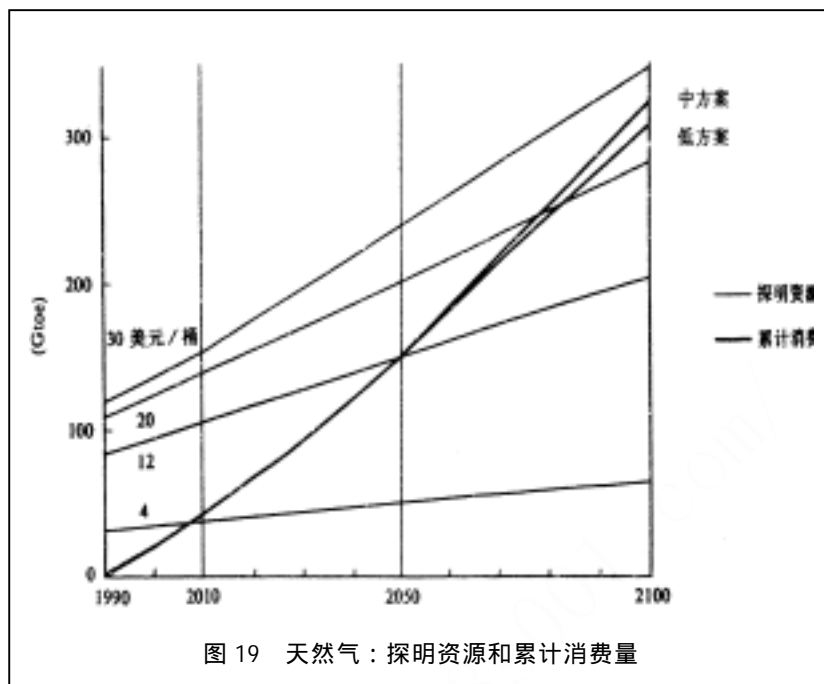


图 19 天然气：探明资源和累计消费量

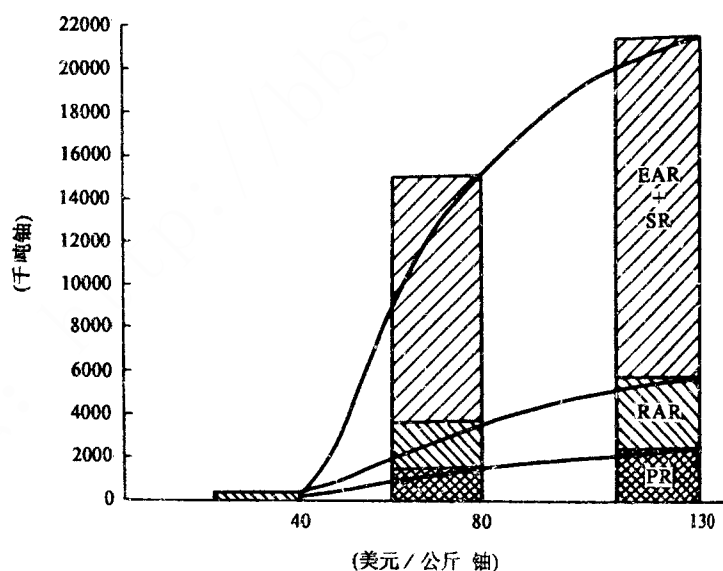


图 20 铀资源。PR, 探明资源; RAR, 合理确定资源; EAR, 估计附加资源; SR, 附加推测资源

的天然气资源。

其它能源资源

核级(图 20 和 21)

每年由原子能局/经济合作和发展组织/国际能源局在调查问卷的基础上将市场经济国家的铀资源予以登录。据认为,调查的 169 个国家蕴藏有约 640-1600 万吨铀,中值为 1080 万吨铀(金属量)的推测资源。分析了 13 个中央计划经济国家;估计他们的潜力总计为 330-840 万吨铀,资源类别未说明。

图 20 表示世界四种成本为 130 美元/公斤铀以下的类型铀资源的评价:探明、合理确定、估计附加和推测资源。非常规铀资源如黑色页岩和海相磷酸盐岩中的铀,约有 700 万吨铀未包括在内。

已知资源的经济可用部分的储量快速耗竭将引起铀价格升高并促进勘探。在市场经济国家和现在已知资源相应的可利用的储量将在 2005 年耗竭。因此应以现在的速度继续勘探以补充消耗的储量。

在 20 年的时间段内,将主要在以下方面取得进展:采矿作业机械化规模的扩大,矿石准备、反应试剂的当地生产、沥滤技术进步、自动化和工厂实时控制。

未来技术进步将首先涉及燃料能源效率,特别是降低每千瓦小时天然铀的消耗。在轻水反应堆使用混合氧化物燃料将对新铀的需求有重大影响。这种反应堆的开发将取决于成本和再加工燃料制造厂的可得性。进展也取决于部分浓缩铀是否可由再加工产品(钚和铀)替代。

预计到 2010 年铀的回收利用将达 5%到 13%,2000 年拥有 5000 吨的装机容量-相当于 10000 吨天然铀。激光浓集以现在 0.25%的释放速率将节省 18-20%。快速增值反应堆至少能增加天然铀能量值的 50 倍。

目前,世界核发电能力的开发规划是以短周期反应堆使用铀为基础的。考虑到所产生的 10000 吨油当量/公斤的能源当量,消费量在 2050 年将达 550-850 万吨铀。

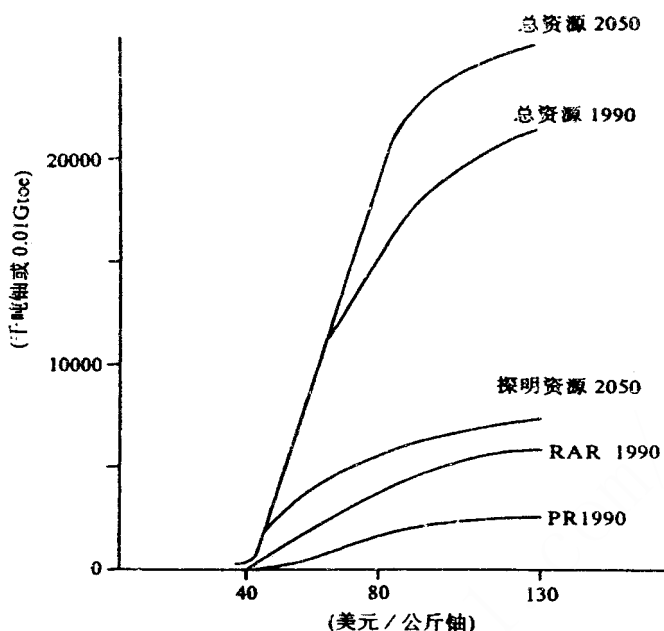


图 21 铀资源：1990-2050

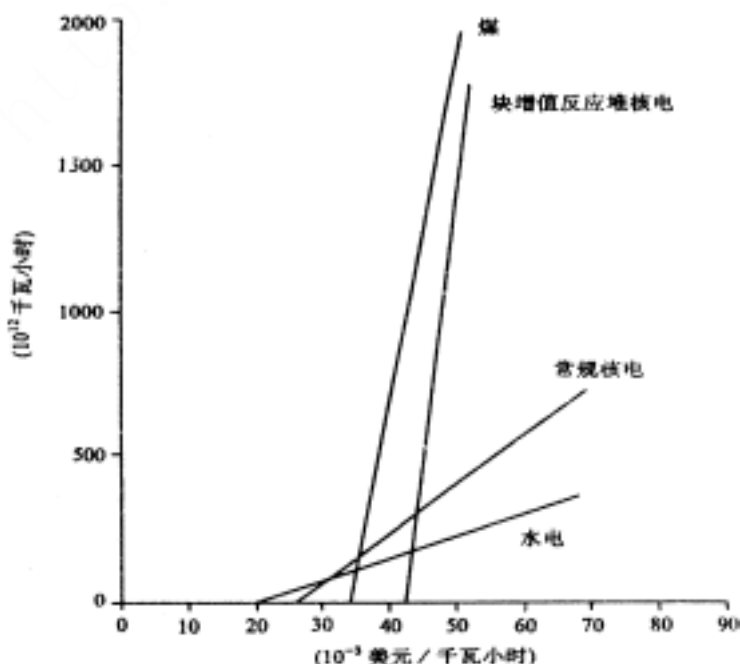


图 22 来自矿物燃料的总电力资源

图 22 表示以十亿千瓦小时(Twh)表示的和简化的常规基础计算的热电资源。我们设 60%的煤资源、10%的油气资源和 100%的核能资源用于发电。为了方便换算,在煤火电厂我们假设净化烟道气要额外加 20%的成本。我们也推测三分之一的核能发电厂是在已创立核电站的国家(如法国和日本),而三分之二是在很少利用的国家(美国和发展中国家)。对快速增值反应堆产生的电力我们要增加 50%的额外成本。最后我们认为三分之二的电由基低负荷(大约 8000 小时/年)产生,三分之一在 3000 小时/年。

新的和可再生的能源资源

新的和可再生的能源资源的预测是很难的,因为这种类型能源通常较分散,难以储存和运输。此外,通常缺乏资料。而且他们不是在商业圈内进行贸易的。

因此我们必须指出这类资源不同于其他矿石存量。我们必须试图估计与不同的传统能源价格水平下竞争的能够投入使用的量。这种能源资源将相应地降低化石燃料的需求。

未来这种资源转换的估计非常不确定,因为在不同的成本条件下其数量是不定的,取决于许多因素。这些因素包括技术进步和总体经济体制的进步(例如农业形势和网络政策)以及集中开发他们的政治愿望(没有强大的工业)。

水电 使用如下三个特征性的数字描述水电:

1. 总的理论上的生产能力: 3000 万千兆瓦小时/年
2. 可利用的生产能力: 1300 万千兆瓦小时/年(可得技术, 不计环境障碍),
3. 已有和在建的水电站: 220 万千兆瓦小时/年

理论上的生产能力和可利用的生产能力之间存在着一种与原位储量和可回采矿量之间相同关系。但因为潜在的水电站在工业化国家已得到很好的开发,对许多仍未开发的电站,电力市场问题和筹资能力方面的问题很严峻。我们没有足够的资料对仍未开发的大约 1100 万千兆瓦时/年由最无经济价值到最具经济意义的资源进行分类,或评估能源价格提高和技术进步对这些资源的利用的影响。

由年投资能力我们可估计增长率,考虑仍未开发水电资源的国家的潜在销售量。问题是我们的考虑的投资不仅是针对利用瀑布,而且也要考虑传输系统。

地热能 严格说来,地热能是不可再生的,但它可被看作是已知资源的延伸。按现行价格能被利用的能源来自非常集中的火山带的含水层。已装和在建的电力达 70 亿瓦。随着低温能源直接应用于暖气,这至少相当于 1300 万吨油当量/年。估计技术上可生产的资源在 8800 亿吨油当量,其中已证实的为 600 亿吨油当量。我们面临如同水电一样的开发问题。地热能的发展由市场销路和有关国家的筹资能力控制,但在这种情况下技术进步是一个更为重要的因素。

如果证明生产可行,深部岩石的地热能可能成为巨大的潜在资源。期望在技术进步的 20 年后,我们应能够用超过 15 美分/千瓦时的成本分段对这些资源进行分类。时间因素在技术发展中将是决定性的,因为包括一些如此巨大的资本支出只能是逐渐的。

木材和生物能 世界范围内技术上可开发的木材资源(作为可再生的能源资源)估计为 42 亿吨油当量/年。我们只能作一个成本类别来评价其开发时机,但这需要地区调查的深入研究。现行消费预测较中等:木材 12 亿吨或 4.5 亿吨油当量。其中只有一部分在商业范围销售。因此我们可以预测大多数木材资源不能够在目前经济条件下流通。现在部分木材消费量-特别要考虑涉及人口-不可再生的地区资源在减少。

除木材之外,其他生物资源包括木质废料和垃圾。世界能源委员会的能源资源调查估计被消费的生物能超过 10 亿吨油当量/年。

由农业生产(如甘蔗和谷物)或木质纤维素产生的生物燃料值得研究。虽然他们目前没有经

济意义,但随着技术进步和化石燃料的税收政策-将免征生物燃料二氧化碳排放税,最后生物燃料终将具有经济意义。

太阳能和风能

尚未能用作动力的太阳和风能资源巨大但高度分散。考虑目前技术和经济上可行的应用,所提出的能源资源如下:

太阳热能:17000 万吨油当量/年

分散的太阳电能:4500 亿千瓦时/年

集中的太阳电能:2300 亿千瓦时/年

风能:大约 3000 亿千瓦时/年

新的和可再生能源资源小结

可再生能源资源可分为两种类型。第一类包括木材(和其他非商业资源)和水能,技术上可利用资源为 70 亿吨油当量/年,消费量为 13 亿吨油当量/年。按成本类别对尚未利用的资源进行分类需进一步加以研究。

第二种类型是新的能源资源。这些尚不能利用的新的资源潜力实际上是无限的,但现在只有一小部分(大约 3 亿吨油当量/年)似乎有些经济意义。

对于这两种能源类型,技术进步将是关键的。通过大的电网或直接输送到当地消费者手中这样的方式来降低生产和配电成本将比许多化石燃料成本的变化要重要的多。在今后 20 年期间内这种改进是可以确定的,但这种差距很大,使得这些新的可再生能源资源达到可利用开发程度将需很长的时间。在未来很长时间内,由于低成本的化石燃料的耗竭,非常规能源资源将占世界产量的很大比例。

但每一种能源类型各自将占多大比例?将使用什么样的生产技术和分配系统?对环境和持续发展将有什么影响?答案在很大程度上取决于对环境保护制定的价格,即法规和税收。

结论

生态成本和节能“储集层”

地球资源的局限性包括两方面的限制因素。首先与生产有关,如较低成本的资源逐渐耗竭。第二种涉及处置,如环境的承载能力,特别是空气,吸收废物和排放物而没有不利影响的能力,就变得越来越有争议。

因此我们必须与资源的动态变化性一起考虑限制因素(特别是生态的)和需求的动态变化性。只有最近才充分认识了生态限制因素的重要性。地区污染可以定性地予以评估,从技术上解决防止污染的方法已有很大发展,可考虑改正措施对成本的影响。但在两方面有许多不确定性,即:使用化石燃料的全球环境影响及对核能的接受程度。

我们的知识是有限的,在一二十年内可能还是如此,我们仍不能评价这种影响以及确定预防措施和改进措施的成本。

其中一个重要的问题是与二氧化碳排放有关的价格标签。在所有情况下,以全球气候影响为基础评价成本,如果不是不可能,也将是十分困难的。但如果分离、吸收和储存二氧化碳的工艺能在工业规模上实施,我们就能把我们的估算建立在预防方法成本的基础上。这将使煤消费量有实质增长成为一个可行的假设。

同时,我们可以只期望预防策略。无论怎样的假定,我们都不能预见下个世纪限制因素和

目标将如何发展。

关于能源消费强度(即能源消费量与国民生产总值的比率)将如何变化,已有许多专家进行了大量的研究。另外,已开始探索节能“储集层”。还有,成本档次是变化的,我们可以按成本的增加分类分级。至于资源,研究表明,节约的机会比我们最初想到的要多得多。技术进步的动态变化使机会又大为增多了。

价格信号和杠杆效应

在现行自由经济条件下,调整主要是由价格来实现的。但必须区别两种价格类型。第一种是由生产者所收取的价格,以补偿他们的生产消耗。长期内这些价格将以和探明这些资源的边际成本一样的方式变化。

作为一般原则,这些价格不随税收和任何其他类型的国家收费而提高,例如在那些国有化的情况下所强加的费用。这是因为,政府对边际开采课以重税不感兴趣。过去经常因补贴而使价格降低,如欧洲生产的煤,但最近有取消补贴的趋势。

理论上讲,政府干预的目的在于,保障最盈利资源的开采收入中的一部分进入国库。它的作用只是间接的,通过其对可得的资源流量的数量级的影响而起作用。这可使减少的边际资源发生变化。

第二种价格是由消费者支付的价格;这可能包括对污染物排放所加征的大量税费。如果运用外部成本“内部化”的原则,对环境影响的关心可能意味这些税收有明显增长。正是从这个意义上考虑,有些国家提议征收二氧化碳排放税,而且个别国家已经付诸实施。

技术进步提供了对政府鼓励 and 价格信号做出反应的方式

展 望

在中长期,比方说到 2050 年,技术进步将使我们能够克服供应中制约因素。由于能源效率提高,消费量将下降,将的进步已指日可待。勘查突破和成本降低将是非常有可能的。

除了我们已放弃的高增长消费方案,现有的油气资源可以满足二十一世纪前半叶世界的需要,价格也不会有大幅度的升高。铀或低成本的煤同样不会有问题。

但仍有几个问题尚无答案。一项有效的能源保护政策将如何执行?在生产成本和价格较低时如何促进全球范围内可再生资源的利用?应实行什么样的优惠、法规和税收政策(外部成本内部化)?环境目标应如何确定及其应如何变化?我们如何对待南半球和北半球间的地缘政治紧张形势对能源生产和供应的影响?

在未来更长的时间内,最低成本的石油和天然气资源的耗竭将使价格升高到 40 美元/桶油当量以上。结果,新的和可再生的能源资源(可能包括核聚变)的大规模开发将成为经济上可行的。如果排放标准不是很严格(中方案),煤的使用量应增加,特别是如果以负担得起的成本建立起大规模储存二氧化碳的设施的话

毫无疑问,通过一个世纪的努力,将在世界范围内发现和完成技术解决方法。如果煤和核能在很大程度上可与可再生能源资源一起使用,这种方法将是廉价的。如果不是这样,即使经济上可以接受,能源体系也将是昂贵的。

矿业经济与环境

R.Poulin 等

不加限制, 矿业活动可能会从负面影响环境并由此给矿业公司以外的其他人造成损失。解决这一外部性问题, 可以采取各种管理手段, 如征收排污税、补贴、以命令方式规定排放量以及使用可交易的排放许可证等。在污染者和受害者之间就生产和赔偿水平进行磋商的手段仍然是一个较为从理论出发的选择。不管采取何种管理手段以使外部成本转化为内部成本, 结果都会导致成本升高, 这就会对矿业公司的决策产生影响。资料工作在传统上注重找矿, 而现在已扩展到环境领域。实际生产过程可以得到调整来满足长期稳定地解决废物处置问题的需要。从矿业整体而言, 环境管理可能导致资源的贫化、某些矿产品价格的升高以及矿产品生产国之间竞争力的扭曲(失真)。

采矿即从地下采掘不可再生的资源。因此, 它至少要牵涉到自然环境的某些不可逆的变化。这类影响的不利程度取决于如何界定不可逆变化。环境影响可以用从绝对意义上的与早先的现状进行比较的方式来衡量, 也可以使这些影响与同这些影响并存的收益进行比较的方式来衡量。这两种方式的差别反映了 T.Regan(1981)所阐述的自然环境伦理观和“使用自然环境”伦理之间的不同。

若环境影响以绝对意义来衡量, 这便意味着任何对自然状态的改变都是有害的, 因而人类目前的活动都是不理想的。这种推理是不现实的, 因此, 本文采用第二种方法。作为人类利用环境资源的一种形式, 矿业应当按照有关的效益和成本来考虑, 而且, 对这些因素的分析应构成矿业以及与矿业有关的决策的基础。本文将分析采矿的效益与成本, 并分析一些关于矿业中环境问题的经济方面。

采矿的效益与成本

考虑一座已经历了勘查、可行性研究和法规审批这一整个痛苦过程的矿山, 并不考虑因环境因素的介入应做的相应调整。一般认为, 该矿山的效益包括, 按产品市场需求生产出了矿产品、取得了收入和资本, 促进了就业、出口、地区发展、培训和技术转让等。同样, 成本包括工资、供应品、建筑、金融和较为抽象形式的环境影响等。无论效益还是成本都不一定直接与矿山本身相联系。为矿山修建的道路可能也为他人所用, 对并未出资修路的某人来说, 这是一种额外的效益。另一方面, 矿山可能任酸性废水流入河道而造成鱼类资源的破坏, 从而影响下游渔民的生计。对于给渔民造成的这种损失该公司不会有所顾及。这类影响一般称为“外部性”, 因为它们产生于决策单位(如公司)的外部, 是由决策单位内部的决策造成的。较为正规的说法是, 在一个经济力量的活动给另一个经济力量造成未得到补偿的财富损失(或无付出的收益)时, 外部不经济性或经济性便会产生。

环境管理的类型

对人类活动的环境影响进行管理已被证明是一件相当复杂的事情。前面的例子表明，环境问题与下列情况有关：(1)对于环境赐予我们的某些利益没有市场可循，(2)产权关系不明确，(3)交易成本高(即信息的、利害关系磋商的和履行合同的成本)，和(4)不可逆性。虽然环境政策几乎全都围绕直接管理来制定，这种管理依赖对废弃物和废液排放所确定的定性和定量标准，但是，经济学家们很久以来一直主张使用其他可用的方法。这些方法包括建立环境“使用”市场、征收排放税、实施可交易的排放许可证制度和采取旨在降低排放量的补贴措施。这些方法都是基于这样一个概念，即对于社会来说，应存在某一最优化的外部效果水平，在该水平上，一个经济活动的总效益与总成本之差是最大的，换言之，即净效益最大化。

污染者和受害者就双方都可接受的活动水平(依着眼点不同，也可以是受害水平)达成协议的原则从直觉上具有相当重要的意义，特别是在某些假设条件下，因为它可以不考虑事先分配产权的问题。这设想来源于这个事实，即当一种生产活动(采矿)导致了影响他人的危害时，生产的社会最优化水平不同于(低于)能给这个污染者带来利润最大化的生产水平。该社会最优水平可以通过污染者能够给与受害者以补偿和反过来受害者为了免于污染之害能够资助污染者的设想来取得。很明显，这里存在某一点。在该点上，利害关系取得平衡，这决定着双方都能接受的经济活动的最适水平。从图 1 可明显看到这一点。 Q^* 为最优化的经济活动水平，在该点上个体的边际净效益与边际外部成本相等， $PB=EC$ (相应的废物量 W^*)。因环境的

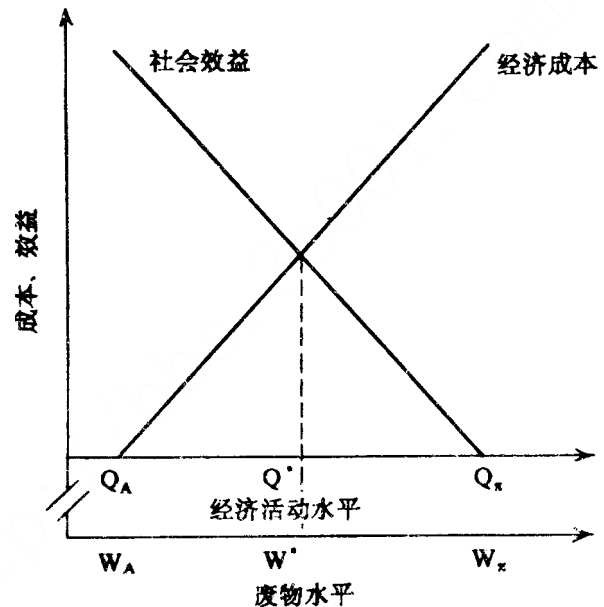


图 1 具污染和有利承载能力的经济活动的最优化水平

吸纳能力，某种经济活动有可能不对环境造成永久性损害。在图 1 中， Q_A 即这样一点，在该点，环境的吸纳能力达到最大，而超过该点，环境最初的平衡若不加以治理就不能恢复。

这可能就是解决环境问题的那种“自由市场”的手段。这里做了许多使问题简单化的假设，当假设去掉时就会出现许多问题。“市场”解决手段赢得了许多偏爱放任自由的基本经济思想的人们的欢心。但是，甚至连该解决方式的首倡者 Ronald Coase 也承认，这种手段依赖特定的假设，它们使这个想法在实践中难以实现或不可操作。这些假设假定，产品市场是完全竞争性的，不存在交易成本(即针对问题所进行的资料收集，当事人间的谈判和履行所达成的协议的成本)，各利益方都有明确的地位，而且没有那一方以仅仅为了得到补偿而有意要加以污染的手段来钻空子。去掉一些如上的假设是可能的，但即使这样，问题依然存在。W.L.Baumol 等(1982)已指出，当受害者数量很大时，按 Coase 手段设想的赔偿受害者的方式就不是一种有效的解决办法。

第二类管理方法涉及对污染的征税，就是通常所谓的“排污费”。这种设想源于社会最优化污染水平这样一种概念。A.C.Pigou 于 1920 年在福利经济学(Economics of Welfare)中最早提出的污染税概念，是以污染者所造成的损害程度为基础的一种税，它可做为使私人成本和社会成本一致起来的一种机制。因其为一种排放税，故有利于污染者减少其污染的排放，而且如果能得出一个正确的损害函数并用来确定税费，那么其结果将是社会最优化的生产水平和降低的污

染水平。与排放标准的管理相比,排放税手段的好处在于它可能实现更加有效的污染控制。这种税收的意义可从另一角度表述:该税所征收的是使用环境“服务”的价格,并且该税模仿了市场的机制,因为环境“服务”的日益稀缺性会影响损害函数,因而也影响所征的税额。这种税虽存在,但极少使用。其原因可溯及征收的额度,与确定损害函数相联系的不确定性以及不愿改变现状的“墨守成规”的习惯。尽管损害函数不能精确地确定,但污染税的办法还是能用来降低污染的。在很多情况下,污染税在整个司法范围内的实施不可能一视同仁,因而反对污染税的情况时有发生。缴税的污染者与不缴税的相比会缺乏竞争力。一个解决办法就是象出口部门那样,采用征税与弥补性补贴相结合的办法。交纳保证金将成为对矿业项目的一项基本要求。它可以确保,如有必要,在项目期满时,这笔基金可用于复垦。若在项目结束时环境状况可接受,这笔保证金是可退还的,因此对限制污染可能是一种起鼓励作用的手段。在这意义上说,这种保证金是在项目之初应支付的但在项目结束时可退还的一种税项。

旨在降低企业排放量的补贴可以减轻来自每个企业的污染,但会引起更多企业进入该行业,从而可增加总的排放量。由于该行业中企业数量增加了,即使每个企业的污染减少,但总排放量的升高相当于加深了总的污染程度。

可交易的排放许可证制度是后面将论及的另一种管理方式——制定环境标准的延伸。它的出发点是基于污染许可证的发放。许可证的总数规定了政府认为可接受的总的污染排放水平。这些许可证可在某个市场上交易,因此,那些在减少排放量方面具有最低边际成本的污染者为了出让所持的许可证或者避免购进全部的许可证就会主动减少排放量。与对排污收费相比,许可证制度有几个优点。第一,在发现减少污染尚未达到预期水平时,它无需调整对排污税的征收。如此反复调整对企业来说可能要付出巨大代价,对行政管理来说也很麻烦。第二,在许可证制度下,预期的污染水平可在一开始就订好,以避免以后因通货膨胀或经济增长而需要的调整。第三,许可证制度也给企业减轻了因盲从某些硬性标准而造成的负担,而且在初始许可证是免费配给的情况下尤为如此。第四,一套基于可交易的许可证的制度能够更容易地适应地理条件上的差异,因为这些差异要求各种不同的污染降低水平。第五,与十足新颖的排放收费方式相比,使许可证可交易只是在一个熟知制度中做出的一个小小的变动而已。

我们讨论的最后一种管理的类型是一种传统的方式,它通过对排放的数量或质量或这两方面制定标准以期达到限制排放污染的目的。这种管理方法起源于公共卫生的法规,并在这方面非常有成效。然而,将其当做一种普遍方式来应用时就出现许多问题。其原因是,这些标准的制定经常是任意的,除非偶然,它一般不会取得与最适外部效果水平相符的生产水平。再者,局部自然环境特定的吸纳能力未被考虑在内。尽管如此,以排放标准的管理由于其一致性而无任何偏袒,所以仍在继续发挥作用。

上述各类管理方法的任何一类都会或多或少地遇到“谋取租金”的不良行为的问题。谋取租金是指用任何试图逃避市场竞争的方式来改善个人或集团的福利的行为。在这里,租金不仅仅指资源租金,而且,例如,还可以指由于某些企业设法躲避环境成本而带来的利润。当公共团体的举措给予某人以垄断的权力或配额,或为不使进入某行业设置障碍时,这类问题就发生了。当企业能够在平均成本以上要价时,租金便能够获得。就环境政策来说,如果企业有可能对进入本行业设置障碍,例如环境法规的制定,那么产生租金的机会就出现了。美国硫的排放问题就是这方面的一个例证。其国家的目标是减少工业(主要是电力公司)硫的总排放量。经济理论表明,以市场为取向的控制手段(无论排放费还是可交易的排放许可证)能刺激企业净化烟尘或使用低硫煤。不幸的是,这就会将高硫煤的生产企业置于明显不利的地位。美国东部煤矿(因在当地具竞争性,所以仍产着高硫煤)的从业者和业主们积极进行院外活动并设法使立法者相信

所有新建工厂都应当安装减少排放的设备，而不考虑它们会排放多少硫量。这取消了对公用事业部门使用低硫煤的鼓励，并对美国西部低硫煤进入东部制造了显著的障碍。同时还使现有企业能盗取由此产生的租金，而这结果从社会观点看显然是严重缺乏效率的。就为了谋求特权而做的游说努力而言，院外活动费用的上限是由预期的可盗取租金来确定的。

控制污染手段的选择，应依所遇到的问题而定。很明显，在污染危害到人类健康或生命的情况下，要确定生命的“价值”从而找到最优化的生产水平是有一定困难的。因此，例如对供水中氰化物的控制通常是极其严格的。此外，环境损害的类型决定着相应的管理手段。对于大多数排放来说，征税或以市场为取向的手段可能通常是恰当的，而对于景观和噪声污染问题而言，法规的规定可能仍是较好的手段。

矿业中的环境问题

无论使用哪种可能的管理手段，对矿业及具体的矿业公司都会产生影响。从根本上讲，这些影响是由于较高级别的“外部成本内部化”而造成的，即一项矿业活动要比以前对其所处的环境支付更多的费用。实际上，这些影响涉及到在勘查、开发和开采过程中的信息收集、调整经营实践、改变矿石边际品位和耗用储量的时间安排。这些成本出现在一个矿业项目的各个阶段，其范围可从项目初期等候对环境评价的批准和缴纳恢复保证金的成本，直至生产成本的增加和项目结束时净化环境的成本。然而，这些成本无论在什么时候出现，都可以转化为单位矿产量的附加或额外成本中。

信息收集

上面概述的所有环境管理方法，在能够实施前，都需要投入并考虑相当多的针对项目不同时期的信息。“市场”解法要求谈判双方(污染者和受害者)应掌握充足的信息而为讨价还价做好准备(为此双方都要花费交易成本从而给讨价还价这种市场手段的实际应用造成困难)。污染税是以一个损害函数为基础的，而确定损害函数也需要许多信息。按排放标准进行管理的办法也需要信息，以此确定这些标准的尺度并监督对这些标准的遵守情况(这也适用于市场方法、排放税办法和旨在减少污染的补贴办法)。对于一个矿业项目而言，大量环境信息与开采前的地面状况有关。若该项信息不得不在已确定某项目有开发价值后才去收集的话，那么，收集该信息所需要的时间，会导致一个额外成本，它等于该时期累计勘查支出的附带成本。这意味着鼓励项目经营者在进行勘查的同时收集必要的环境信息，而且由于野外队工作效率的提高，这么一种鼓励被进一步加强了。

然而，使矿产勘查和环境调查相结合的优势可能因矿业部门的结构而复杂化了。相当常见的是，初步的“草根”勘查是由初级公司进行的，他们必须确信，在他们的工作中涉及环境信息的收集是有利可图的。从理论上讲，勘查信息和环境信息的质量均应当在矿地产的价格中有所反映，那些在这两方面都具有有价值信息的矿地产能得到一个溢价。如上所述，这种勘查和环境调查相结合的综合勘查的不足之处是，在勘查阶段收集所有有关环境的信息远非最优化的，因为多数勘查项目永远不可能成为矿山。资财有限的初级公司会特别关心成本。而且，在矿地产易主当中，环境信息可能会被丢失。问题是要找出一种方法，使收集额外的环境信息变得有利可图。

为了保证可信性，收集环境数据的工作在某种程度上还必须要求项目经营者从正常商业关

系的角度进行。例如，加拿大的电力公司曾发现公司自己对项目所做的一份环境评价内部报告大有可疑之处。这个问题是，如果对于一个项目而言环境因素起到决定作用的话，社会鼓励项目所有者试图低估环境影响。

经营实践的调整

采矿业中的标准过程是，开采矿石和废石，把废石和尾矿堆存于专门设计的地区(其中一部分可能用来回填地下采空区)，然后在采矿结束时恢复开采区。这是当前环境实践中普遍采用的方式。然而可以理解的是，这种传统的方式很可能受到环境成本的严厉挑战，因此而得到广泛的关注，结果回填技术变成了备受欢迎的方法，甚至露天矿山也是如此。回填技术方法涉及或者选矿厂进料和废物或者尾矿和废物的暂时储存，这可能是与矿石的两阶段选矿法相适应的。这种方法自然会受到矿石的膨胀系数的限制，这就是说不是所有采出的物质都能回填于采坑中。另一方面，它可使最有害的物质(如产生酸的废岩石)回填到其原来的位置。

这种方法的一个实例是加拿大育空地区法罗矿山(Gurragh 资源公司)在资源枯竭后的恢复。该工程计划重新加工处理其早先产出的尾矿并将其放回最终的露采矿坑，以保证开采场地的复垦。而最近产出的尾矿则用来铺路。按该计划，重新加工尾矿所得的收入可用于支付恢复的成本。但是，对这样的实际效果不能想当然，尤其是当处理那些为揭露矿体而剥离的无矿废石的时候。地下矿山普遍采用的以尾矿和废石回填的方法与露天矿山的相同，但其原意是要更多地回收因地下岩石稳定性的改善而获得的具矿石品位的物质。

骨料开采方式的改变是另一个实例。V.V.Tepordei(1985)称，美国有 113 座地下矿山只是为了骨料正在那里开采。由于不断地都市化带来的环境压力，使其选择了成本较高的地下开采方式。正在向郊区扩展而更接近于采石场的城市，由于提高了环境意识，迫使生产者将噪声、粉尘、废水排放等造成的环境成本“内部化”。正如 R.B.Ladoo(1964)所言，由于环境因素起到越来越重要的作用，某些生产者选择了地下开采的方式，即使这会使骨料成本上升。

价格及消费量的影响

不论外部成本内部化采用什么形式，都肯定会影响项目的基建成本和经营成本。为了克服这种影响并保持预期的投资收益率，矿生产者有两种选择。他们可以把高成本转嫁给消费者或提高边际品位来维持利润。前一种选择，只有在支付较高矿产品消费价格的人正好也是从环境政策改善中获得好处的人时，才是公平的。提高边际品位也意味着资源的更快枯竭，从而可带来滞后的价格上涨。

将增加的环境成本转嫁给消费者的前提是所有同种矿产品的生产者都必须使成本有相同的增量，这会造成市场货少价高的局面。增加的环境费用真正转嫁给消费者的情况可能出现在竞争受到局部因素限制的市场，例如市场进入的障碍等。

由于运输是大宗矿产品成本的重要因素，骨料可以证明这类市场进入机会的有限性及其给消费者带来的支出的增加。在美国，没有一个市场专供骨料进行交易。这类产品的平均运距是 80 公里，而且实际上有许多不同的小市场，价格变化高达 400%。因此，增加的成本可以转嫁给消费者。由于骨料需求的价格弹性很低(因为绝无合适的替代品并且骨料在建筑成本中只占零头部分)，因而价格上涨不会影响消费量。M.J.Sheridan(1967)已证明在科罗拉多州丹佛市由运输成本差异而被限制的市场中骨料价格的上涨。并对于阿尔伯达省埃德蒙顿市做了骨料价格上涨的估算。

边际品位和生产率的改变

环境成本能转嫁给消费者只在极少情况下才发生，而在任何充满竞争的国际矿产品市场中都不会出现这种情况(至少尚未对这种情况做过研究)。在国际市场上，生产者都不得不接受市场上流行的价格。若不采取任何措施，增加的环境成本就要取自净利润(有时称为产矿租金)。这会迫使矿业公司为了维护其利润边际去改变经营实践。

矿床是矿化岩石的聚集体，通常含有不同含量的有价值的物质。在矿山服务年限内的任何时期中，矿石的开采品位依生产的总体经济情况而定，并且边际品位的确定依据是矿山剩余服务年限内的净现值最优化(以依次降低的边际品位和/或不断变化的生产率为依据)。经营成本和基建成本的不断上升接下来导致提高边际品位，从而使经济可回收资源的数量减小。矿山寿命缩短，边际经济矿床变成非经济矿床。

从历史上看，由于技术进步能支持相当的规模经济和较低的单位成本，矿床边际品位已经下降。若考虑到降低品位可能带来的环境成本，我们就很可能要面临规模不经济，从而也导致提高边际品位。例如，加拿大一个大型露天矿山，Equity 银矿，由于其矿床有很大可能性发生酸性径流，为了使有关机构满意不得不缴纳了 3100 万美元的保证金，作为闭坑时环境成本的备付。单是用粘土覆盖，预计就要花费 3 万美元/公顷，且只有经验才能证明其覆盖的有效性。

资源的贫化

对经营成本和基建成本无直接影响的一种环境管理方式(命令式的)是土地使用规划。按定义，这种管理形式是把土地保留下来，而用于特殊目的，因此这种土地的使用是受到严格管制的，它只能用于所规定的用途。从这个意义上讲，含有有价值矿床的土地有可能因非矿产目的而保存起来，从而禁止对这些矿产的开发，所以导致资源贫化。

此外，资源贫化对充满竞争与较少竞争的产品市场的影响是明显不同的。在前者，一个或几个矿床的贫化不可能对市场价格有什么影响，其造成的供给缺口可由其他来源来补充。当然，从长远看，广泛的资源贫化将会影响供给，但这另当别论。在缺少竞争的市场中，资源的贫化就可能制约供给并使价格呈现抬升的趋势。

对于骨料，在小型的低级市场中，资源贫化的影响马上可以感觉出。例如，在城市化地区，不仅大规模采石而且从河流和沙滩开采砂石也是不被容许的。这些地区也正是需求量大并可能出现供应短缺的地区。在理论上，在较大的矿产品市场中可能也存在如此的情况，但由于影响价格的因素很多、市场规模相对较大以及至今实际遭受贫化的矿产数量相对较少，所以资源贫化的影响难以觉察出来。

E.W.Stearn(1980)提到马里兰州由于城市扩展和/或通过环境法规，已限制了其砂石矿床的开采。这些矿床出现在该州广大地区，且是优质骨料来源。然而，大规模贫化导致只有极个别产地才能开发。作为美国东部骨料运输模拟研究项目中的一部分，一项敏感性分析表明，那种形势下的马里兰州其骨料价格对运输成本是十分敏感的。对于一个天赋地质条件非常好的地区来说，这是很反常的现象。骨料的大范围贫化已使马里兰州处于骨料资源匮乏的境地。结果从其他州运进更多数量的砂石，导致了实际骨料价格的变化。

结 论

工业部门正越来越多地接受其对环境应负的一份责任，但公司能负责和应负责的程度是有

限的。原因在于，在缺少政府部门适当调节的情况下，公司只有一种有限的刺激因素来解决环境问题。政府的作用必然是要通过制定一套政策来保持开发与环境保护之间的平衡。

在前几节中，我们评述了在矿业中提高“外部成本内部化”的程度所产生的几种影响。政府为了取得上述目标而选定的手段非常依赖于管理当局所面临的问题的类型。非常遗憾，它还要依据各种利益集团强调他们自己不应受更严的环境法规限制的程度而定，矿业中通常的一个特殊状况是，现有的矿山和选矿厂在某一地区是唯一的产业，因而不能忽视土地的其他使用方式。

从较抽象的方面说，所有矿山最终都要承受上升的环境成本，仍是一种长远上才可能发生的事，而且各个国家也不可能出现相似的环境成本加剧的情况。可以概括地讲，环境成本的大小可能大大影响国家各类产品的竞争能力。在每项政策制定时必须充分认识国家政策和国际政策的相互关系。

矿业的经济活动水平不仅与环境约束条件有关，而且矿床的发现率和供求关系也都是重要因素。然而，不断增强的环境成本的“内部化”对矿业造成的压力以及对发现的矿床一定可以得到准许而投入生产所持的怀疑态度，将引起矿业逐渐向世界上环境限制较少的地区转移。从实质上看，这是不加控制便会造成污染的工业的呼声，而对这呼声的企盼需要有一个深刻的社会道德意识的提高。

非洲矿业投资-澳大利亚人的一种观点

Dennis O Neill

自 1985 年起，在非洲经营的澳大利亚勘探和采矿公司的数量大幅度增加。本文分析了 20 多家澳大利亚公司对非洲发生兴趣的原因。1992 年，澳大利亚公司在非洲的矿产资源勘查和评价的支出约为 1600 万美元，用于新矿山开发和扩建的支出超过 1.3 亿美元。到 1992 年底，共有 20 家澳大利亚公司在 16 个非洲国家进行矿业投资，主要分布在西非和南部非洲，当然现在就更多了。本文通过对 1991 年在非洲投资的和据称对非洲有兴趣的澳大利亚矿业公司的问卷调查，总结并分析了投资者在政策和法规方面的要求。总的说，澳大利亚公司对在非洲投资矿业是有信心的，尽管非洲展现给投资者的常常是一幅黯淡的画面。

到 80 年代初，非洲的矿山产量下降到仅相当于其 70 年代产量 68% 的水平，在这期间矿业的境况尚不如农业。在 80 年代矿业略有发展，但产量仍未能恢复到 70 年代的水平。在过去的 20 年间，35 个次撒哈拉非洲国家的矿产品产量直线下降。世界银行估计，这些国家每年的勘查投资为 1.15 亿美元(90 年代初水平，现在在显著增加)，其中大部分由政府支出，特别是埃塞俄比亚、加蓬、赞比亚和扎伊尔等国。从这一地区未开发的地质潜力看，世界银行建议其年度勘查投资应为 10 亿美元(1987 年美元)，相当于这一地区矿产品年产值的 15%。

在澳大利亚，1988 年国内非能源矿产的勘查投资为 6 亿美元，占其矿产值的 7.5%。但是，这些年来，澳大利亚的勘查支出波动很大，这反映了矿产品价格周期、风险投资的可得性和政治气候的变化。表 1 是澳大利亚过去十年中非能源矿产勘查支出的变化情况。

去哪里勘探？

最近，美国夏威夷的东西方研究中心的一份报告指出，在 90 年代初世界范围内 70% 的勘查支出将集中在美国、加拿大和澳大利亚。调查还表明，发展中国家的勘探支出将略有增长，主要是亚太地区。该报告查明，在 90 年代所调查的公司只会在一个非洲国家即博茨瓦纳进行勘探投资(注：这是东西方中心 1990 年的调查结果，目前的实际情况已证实东西方中心的结论是不确切的。1994 年拉美地区已成为勘查投资最多的地区，1995 年仍居榜首。非洲及亚太地区的勘查投资也有大幅度增长。这是这些发展中国家致力于改善投资环境的结果)。

走出澳大利亚

在 80 年代中期，澳大利亚掀起了一股新的周期性资源投资热，这股投资热的驱动力有二，其一是黄金勘查热，其二在澳大利亚股票交易所新上市的公司发行股票而筹集的股本资本。两年间，约 300 家公司为勘探机会而进行激烈的竞争。这些公司的资本化市场价值从几百万美元到几亿美元不等。

随着在澳大利亚对具有远景的勘查区的竞争日益激烈，一些资金雄厚的公司将目光放远，进入地质上更有吸引力、勘查成本更低的其它地区。

在这种情况下，公司转变了勘查战略，一些公司进入印度尼西亚、泰国、菲律宾、巴布亚新几内亚和南太平洋，另一些公司去了北美，少部分去了非洲。

除了北美，公司选择投资国家除看地质条件外，主要看的是较低的资本成本和生产成本，以及距离大市场的远近，稳定的政策和法规，以便克服这些发展中国家所固有的困难，包括长线联系跟不上、基础设施薄弱、经济和财政限制和管理经验不足等。

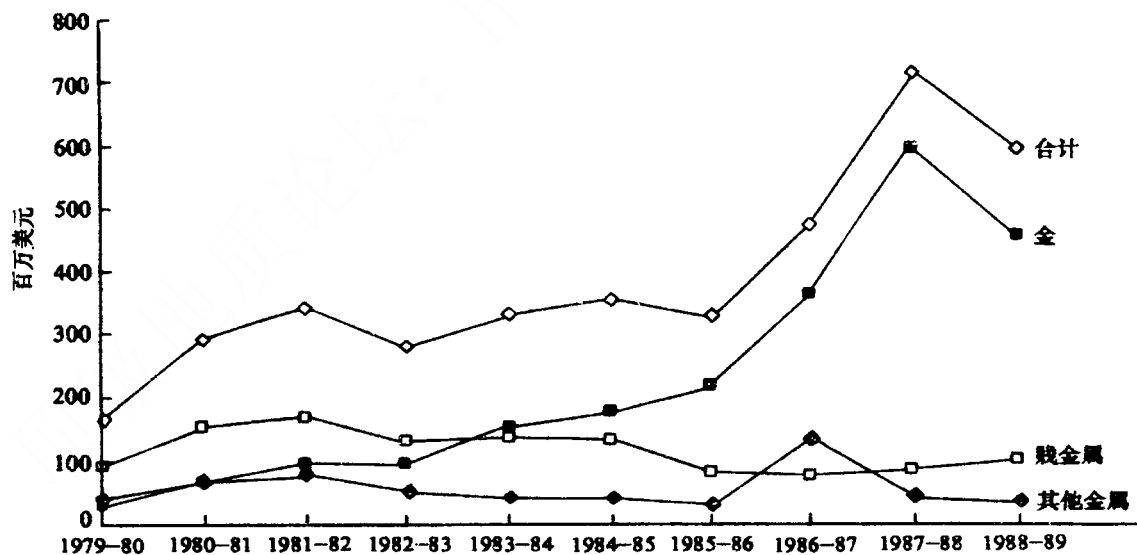


图 1 澳大利亚 1979-1989 年非能源矿产勘查支出变化情况

在发展中国家投资的较大风险被在澳大利亚购置或谈判取得探矿权时成本增加、经常性地被延误、以及企业取得世界级勘查机会时面临着十分激烈的竞争等因素抵销了。对于资金及人力有限的小公司来说，进行了有意义的勘查活动也只能捞几个小项目。小公司要生存，其勘查

成功率一定要高于大公司和资本雄厚的公司，这样他们就必须更注重选择投资地区。换句话说就是说，他们可以选择在竞争程度低的有远景地区经营。非洲正可以满足这一标准。

进入非洲

本文不打算分析或评论小规模采矿或个体采矿在促进非洲国家矿业部门发展中的作用，因为这并不影响澳大利亚公司选择所投资的国家时决策制定过程。不过，外国矿业公司与当地小矿山经营人之间的商业协定，可能会导致投资转移，并可能使大规模勘查活动受益。

1985 年只有一家澳大利亚矿业公司(布里齐石油公司)在非洲经营。1990 年初有 12 家，1993 年达 20 家。本文作者接触了每一个在非洲投资的澳大利亚公司，并请他们填写一份问卷调查表，调查各公司在选择在非洲投资于矿业项目时优先考虑的因素，包括政策、法规、社会、经济和文化等方面的因素的相对重要性。在与公司讨论之后，又扩大了所调查问题的范围，进一步要求公司回答一个新问题，即总的来看为什么投资于非洲而不是澳大利亚和北美。作者认为，其它走出澳大利亚去其它国家和地区勘查的公司，其观点与我们所调查的这些公司的观点接近。

问卷调查表是寄给公司首席执行官的，有的公司就是首席执行官填的表，另一些公司是由财务经理、勘查部经理填表的。因此，在问卷中也多少反映了填表人的职业背景。所以，财务部经理倾向于强调财政政策和投资标准，而作为勘查部经理的地质学家更倾向于强调考虑有吸引力的地质条件和以及与取得矿权有关的条件和矿业立法。

填写了问卷调查表的公司见表 1。所调查的公司中，既有澳大利亚的跨国公司，如西部矿业公司和 BHP 国际矿产公司(该公司总部在澳大利亚，但经营活动主要在旧金山)，也有一些较小的公司。在小公司中，有不少选择非洲作为最优先的开展经营活动的地区，甚至比其在澳大利亚的项目还优先，因为他们的资金有限，只能将注意力集中在少数几个项目上。因此，小公司的回答是，在短期看，在非洲经营比回到澳大利亚更有机会，更有吸引力。

调查结果

考虑到这次调查的性质以及所调查的公司数目相对较少，所以得出的并不是统计上十分可靠的结论。但是，答卷中所给出的普遍性回答可以比较合理地说明公司总的政策要求及公司最优先关注的方面。

表 1 1991 年在非洲的澳大利亚采矿公司

公 司	资本化市场(百万美元)	进入的非洲
国家 BHP 国际矿产公司	16000	埃及、加纳、象牙海岸、马里、摩洛哥、津巴布韦
西部矿业公司	3700	利比里亚
布里齐石油公司	210	几内亚
三角洲黄金公司	120	津巴布韦
Gwalla 国际公司	38	津巴布韦
泛大陆资源公司	100	几内亚
GoldenShamrock 矿业公司	16	加纳
多元矿产资源公司	10	坦桑尼亚
Boulder 黄金公司	7.2	斯威士兰
Aurldiam 联合公司	5.9	津巴布韦

澳大利亚 Molopo 公司	3.4	博茨瓦纳
澳大利亚海外矿业公司	1.9	博茨瓦纳
先驱资源公司	1.6	塞拉利昂
Striker 资源公司	0.9	博茨瓦纳
Takoradi 公司	0.5	加纳
北昆士兰公司	已变现	加纳

注：1. 公司的资本化市值指的是 1991 年 9 月计算的市值。若经营性子公司未单列，则列出其控股公司的市值。

2. 据信，北昆士兰公司已出售了其在加纳的 Konongo 金矿山中的权益。

所调查的公司的数量较少，对其规模、感兴趣的矿产品、投资风险的分佈等情况了解也较少，因此我们不可能详细地总结调查的结果，特别是其具体的勘探支出和在具体国家所寻找的全部矿产品。有些公司将这些信息作为商业机密，只提供了一般性的回答，其它公司还要求不发表这些信息。因此，本文所提供的信息并未完全覆盖所调查的在非洲投资的公司的全部业务范围和兴趣点。

为石油工业设计最优化的管理政策

—— 一个可选择的框架

Timothy Ch U Kalu

本文阐明了为矿产资源工业制定管理政策时遇到的问题并为解决石油工业中的这些问题提供了一种二者选一的框架。但目前尚无确定哪一套政策手段可以消除生产者因经营水平引起的低效率的标志。本文提出两种指标，即成本鼓励政策计划(CIPE)和生产鼓励政策计划(PIPE)，以保证政策制定者总是可以以最低成本和代价选择一个最优化的(最有效的)策略。这些指标表明，最优化的管理政策战略，对于成本增加的公司，是通过制定产量增长措施来实现的，而对于产量增加的公司，是通过制定增长方法而获得的。

管理政策是由国家(或政府)为保证整个社会的最大效益有效地生产和消费某一自然资源而制定的一系列准则。以上定义的一个前提是，假定存在一种方法，使之能够确定所谓的社会财富函数，这正是国家所追求要使之最大化的。但是，事实上现在不存在这样的方法。

原则上，制定管理政策包括对涉及的每一个个体的兴趣作出符合道德的决定。但因为兴趣不同，自然要求有这样一种指标，来确定群体或个体是否会有更好的处境。在文献中已提出了一些标准，用于处理作为经济政策基础的那些复杂而又不可避免的价值判断问题。例如，V.Pareto(1927)提出的准则认为，如果某些成员的境况改善而其他成员的境况并未恶化，则社会财富提高了。另一方面，从 M.Kaldor(1939)和 J.R.Hicks(1939)针对有潜在收益和损失的情况提出一种标准：如果收益者得到的比损失者失去的更多，政府行为就有益于社会。但这些准则不太可行，因为所有这些准则均假定，人与人之间效用的对比是可能的，并且收入及财富的最初分配也是公平的。即便是 Bergson Samuelson 标准，对国家政策制定而言它更接近实际，但因为其要求个体或群体有机会表达他们赞成或反对决策者的建议，所以也不能提供一种系统的方法来确定应该最大化的社会财富函数。实际上，确定一个国家社会财富函数的问题，实质上是一个

政治问题，其中统治阶级或集团的优先权居支配地位。

除了缺乏确定人民财富函数以便设计政策的系统方法的问题外，在矿产资源产业方面还存在分析和设计框架的问题。矿产政策的财富导向提出，宏观经济原则也适用于设计矿产政策方案，但政府宏观经济分析时所要求的累积水平掩盖了一些重要问题，如政府行为对不同经济组织产生的成本与效益的影响。因此，自然而然地，能够对在市场经济条件下政府行为所产生的优惠鼓励和制约手段进行反映和分类方法的宏观经济学，可能更适于矿产政策分析。但遗憾的是，现在的适用于矿产资源生产和消费分析的宏观经济理论受市场结构综合症的限制——认为同一产业的都是按一种方式行事。将市场结构用来分析矿产政策越来越成问题，因为这些公司所借以运营的机构框架与市场结构理论所假设的框架有很大不同。例如，在许多石油生产国，石油工业不能恰当地被说成是竞争性的；即便可说成是寡头性的，但政府对石油价格和石油生产量的控制程度使寡头性这一假设也是不符合实际的。

基于上面所提到的现有矿产资源分析框架所存在的缺陷和确定社会财富函数(SWF)时的困难，我们在本文中提出一种可比的框架，这一框架不仅保留了矿产政策的财富导向，而且还为确定政府行为对生产者和整个社会的影响提供了基础。虽然设计的大多数矿产政策是用来同时管理消费者和生产者的行为的，但本文的焦点是对生产者和全社会的影响。因此生产效率是按照社会的期望定义的。此外，不可能讨论矿产资源，因为它们不是均一的商品，本文所提出的模型是以石油工业的数据为基础的。这意味着只要稍为修改该模型就可用于其它矿产资源。最后，为了证实制定的管理政策模型对石油生产的适用性，我们通过建立这个模型，说明了干预未加管理的石油工业的必要性，并且说明了政府管理上优惠措施的选择是如何纠正市场缺陷的，自由市场无法有效配置资源以产生满意的社会效果。

在下一节我们简单介绍了模型的主要假设。第三节详细描述了模型，第四节在模型框架中描述了不加管理和加以管理的石油工业的条件。因此该模型可用于提出一个指数，以便衡量为消除因行业中公司经营水平而引起的无效所需要的政策努力的数量。如后所示，为消除无效率所需要的政策努力最小化的那种政策包括确定了最优化的管理政策方案。

基本假定

根据本文目的，作出以下假设：

(1)一家石油生产公司的行为主要是由公司的成本和生产结构决定的，它不需要与本行业其他任何公司的成本生产结构相同。其意义在于，一家公司对某一政策的意见将不同于其它公司，这取决于其成本生产结构。因此一家公司的适当经营需要生产和融资决策的确定能使所有者的财富最大化。

(2)公司的资本结构是由股权结构预先确定的。在发展中国家这一点特别有意义，其石油公司的所有权是东道国政府和私人企业(特别是外商)之间的联合企业，并且政府出于政治原因决定将掌握多大比例的公司股本。这是国家确定 SWF 的一个途径。

(3)在任一给定时期内每单位产量(如每桶原油)的利润是由政府或政府机构预先确定的；这是国家或政治团体确定 SWF 的另一种途径。

(4)虽然生产率是由管理机构为公司制定的，但公司对产量水平有一定程度的控制权，因为它可以决定不使产量增加到管理机构允许的水平。

(5)公司对实际利用的满足其生产需要的资金数量有控制权。在负责管理石油公司活动的政

府机构不参与石油公司日常经营的那些国家，这一点非常重要(如在欧佩克成员国)。

(6)管理机构关心公司的有效经营和实现社会期望的经营水平。

模 型

考虑到前面所给出的假设，假定公司寻找一种经营条件，以便能保证：

$$P_t = K_0 C_t \quad (1)$$

式中， P_t 为单位时间内的产量； C_t ，单位时间内每桶石油的边际利润(MPB)； K_0 ，与联合风险经营合同有关的加权平均资本成本； C_t ， t 时期内使用的资本。

等式(1)是达到正常利润水平的条件——维持本行业资本和企业所必需的收益率。若 K_0 和 MPB 是预先确定的，则(1)式中的唯一的控制变量是使用的资本 C_t 和生产率 P_t 。因此，如果 MBP 对时间的微分等于零，公司将使它的所有者的财富最大化。即，

$$\begin{aligned} \frac{d\Pi_t}{dt} &= K_0 \frac{d}{dt} \left(\frac{C_t}{P_t} \right) = 0.0 \\ &= K_0 \frac{\frac{P_t dC_t}{dt} - \frac{C_t dP_t}{dt}}{P_t^2} = 0.0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$= P_t C'_t - C'_t = 0.0 \quad (3)$$

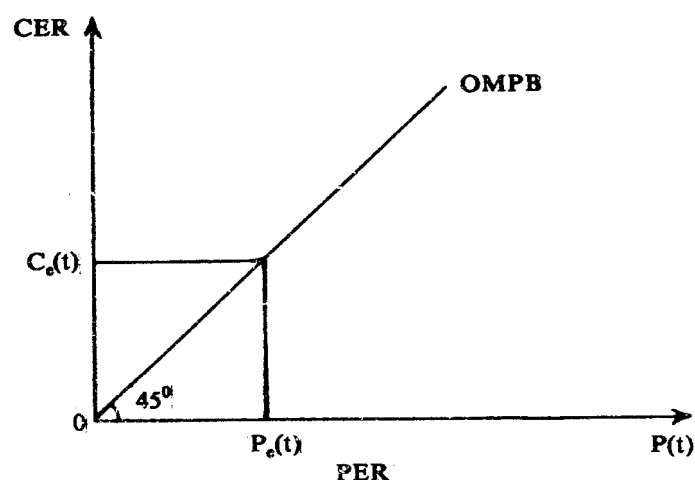
式中， $C'_t = \frac{dC_t}{dt}$ ；并且 $P'_t = \frac{dP_t}{dt}$ 。将等式(3)简化，得出

$$\dot{C}_t = \dot{P}_t \quad (4)$$

$$\text{式中, } \dot{C}_t = \frac{C'_t}{C_t}, \text{ 并且 } \dot{P}_t = \frac{P'_t}{P_t}$$

等式(4)说明公司所有者的财富将最大化，当支出控制率(这里称成本增长率，CER)等于生产增长率或生产扩建率(PER)。这种关系决定了最优化的 MPB(OMPB)，见图 1。

不加管理的和加以
管理的石油工业



不加管理的石油工业

等式(4)所确定的条件表示了任何石油工业中所最期望的经营状况。但在不完美的条件外,事与愿违的现象是很普遍的。所以除了(4)式中表示的条件下,还有另两种可能性:(1)当 C_t 比 P_t 小时和(2)当 C_t 比 P_t 大时。当一家公司可以条件(1)为特征时,该公司可归类为是一种产量增长公司;当属第二种条件时,可称为成本增长公司。典型地,一个不加管理的石油工业中,可发现三种公司类型:最有效公司(MEF)、成本增长公司(ACF)和生产增长公司(APF)。下面讨论这3类公司的详情及其特征。

最有效公司(MEF)

MEF的特征是,其融资与生产安排是公司获得正常利润——其机会成本使公司在本行业中以具有竞争能力。这是最有效的,因为在给定的机构框架中,公司能使所有者的财富最大化。从技术时说,公司可在图1的 OMBP 线上任何一点上经营,此时成本增长率(CER)与生产增长率(PER)相同。

成本增长公司(ACF)

一家典型的成本增长公司的成本生产结构如图2所示。与MEF不同,成本增长公司在 OMPB 线以上的点经营,因此获得的利润比正常利润多。例如,在图2中,一家具有 MPB_c 的成本增长公司的成本和生产增长率将分别为 $\dot{OC}_1(t)$ 和 $\dot{OP}_1(t)$ 。但在 $\dot{OP}_1(t)$ 保证正常利润的 CER 是 $\dot{OC}_c(t)$,而与 $\dot{OC}_1(t)$ 有关的 PER 是 $\dot{OP}_c(t)$ 。因为在 $\dot{OP}_1(t)$ 时与 OMPB 线有关的利润(点 A)比与 MPB_c 线有关的利润(点 B)小,所以 ACF 使每桶的边际利润比 MEF 可能获得的利润高。

在一个不加管理的石油工业中,阴影区是社会成本。从经济学的观点看,一家成本增长公司显然是无效的,因为它是以社会为代价使其所有人致富的。实际上,社会实质上支付的比对每单位 $\dot{OP}_1(t)$ 应支付的更多。更确切的是,按 Kaldor-Hicks 准则,阴影区面积比划点区面积大,这表明经营水平并不理想。

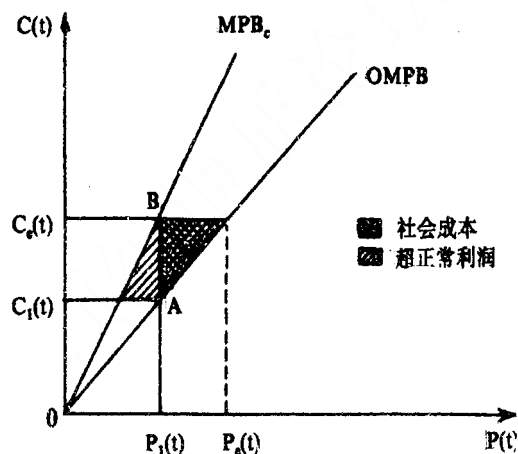


图2 成本增长公司对社会财富的影响

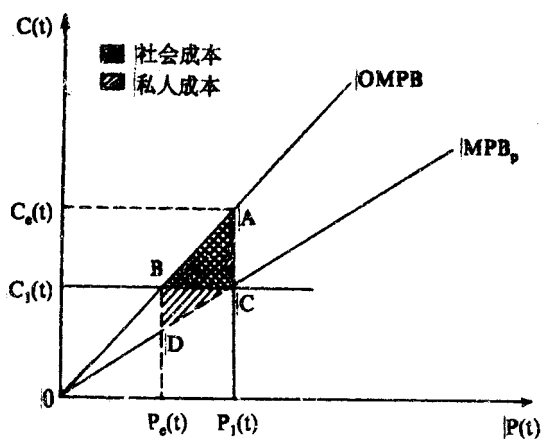


图3 生产增长公司对社会财富的影响

生产增长公司(APF)

图 3 说明了一家典型的 APF 的成本生产增长模式。虽然它是一个生产增长率超出其成本增长率的低成本公司，在 OMPB 线以下经营，因此它获得的比正常利润少(在 $\dot{OP}_1(t)$ 的生产增长率时 C 点比点 A 低)。由 $\dot{OP}_1(t)$ 的产量代替 $\dot{OP}_e(t)$ 的产量时，公司就经济上被强加了一个数量为 ABCD 的成本(无效益的)。但在这一成本中，ABC 是社会成本外，而 BCD 是由公司负担的私人成本，这是公司经营水平的结果。同样，对一个不加管理的石油工业来说，生产增长公司是无效益的。在这种情况下，损失的不仅是社会，而且还有公司。

加以管理的石油工业

管理矿产资源工业的主要目的是保证行业中公司经营的效率。由这么一种措施所导致的经营水平应是社会可接受的。根据我们模型的观点，这意味着政府应寻找的是使所有本行业公司达到 $\dot{OP}_e(t) = \dot{OC}_e(t)$ 的经营水平。这意味着，在上述 3 类公司中，政府的规章应旨在消除因 APF 和 ACF 的经营水平而引起的无效性。

设计最优化的管理政策

设计最优化的管理政策包括(1)确定目标，(2)决定使用的措施的类型，(3)决定实施程序和惩罚结构及(4)决定实现既定目标的最佳方法。

确定目标

如前所述，矿产资源政策的目的是保证按社会效益最大化的方式生产和消费资源。在本文模型的框架中，矿产政策是为保证本行业公司经营的效率而设计的。

确定政策手段

政策制定者通常可采取几种手段。这利于政策手段的选择以消除无效性。没有任何一种手段就可以解决问题，一般是联合使用多种方案更为有效。然而由于诸种手段中的某几种手段不是直接影响成本就是直接影响产量，在本文中我们把其视为两种类型：成本鼓励政策手段和生产鼓励手段。成本鼓励手段包括管理公司行为的成本减少和增加的措施。同样，生产鼓励手段包括管理公司活动的产量减少和增加的措施。一般情况下，从任何类型中选择一种手段将妨碍该类中其他手段的应用。

实施步骤和惩罚结构

一般情况下，管理政策设计的这些方面主要是由所选择的手段决定的。这表明，如果采用生产鼓励政策手段，则对不服从管理的惩罚措施是通过增加或减少税率而得到执行的。实施特别税或从价税均可。

确定最优化的政策策略

设计过程的这一侧面关心的是，确定实现既定目标所需努力最少的政策方案。就我们所知，确定管理政策设计过程这一侧面的指标尚不存在。因此，在下面我们将确定一个衡量消除矿产资源产业中的无效性所需要的政策努力的指标。

对于成本增长公司，我们再看看图 2，阴影区是比期望的生产增长率小的公司的经营造成的社会成本。事实上，由于与 $\dot{OP}_1(t)$ 相关的高成本增长率，为维持勘探、开发钻井和开采不受干扰所需要的 MPB 要高于最优化水平(即 OMPB)。为了纠正这种无效，可以有两种选择：成本减少鼓励(例如税收鼓励)将使 MPB_c 向 OMPB 下降。同样地，与 $\dot{OP}_e(t)$ 一致的直接增加生产

的鼓励将使 MPB_c 向 OMP_B 降低。如果我们用 $\Delta \dot{C}(t)$ 表示降低成本率至期望水平所需的变量，则

$$\Delta \dot{C}(t) = O\dot{C}_1(t) - O\dot{C}_e(t) \quad (5)$$

经(5)式除以 $O\dot{P}_1(t)$ ，我们为需要排除无效的努力的数量定义出一个指标，在此情况下，成本减少鼓励政策的效应(CIPE)为：

$$CIPE = \frac{\Delta \dot{C}(t)}{O\dot{P}_1(t)} = \frac{O\dot{C}_1(t) - O\dot{C}_0(t)}{O\dot{C}_1(t)}$$

需要排除无效的生产增长鼓励政策努力可相似地定义为：

$$\frac{\Delta \dot{P}(t)}{O\dot{C}_1(t)} = \frac{O\dot{P}_0(t) - O\dot{P}_1(t)}{O\dot{C}_1(t)} \quad (7)$$

使用成本减少政策还是使用生产增加鼓励政策二者的选择决定于两个指标(CIPE 或 PIPE)中哪个更小。再者，如果(6)和(7)相等，管理政策制定者或决策者就不在乎使用哪一种政策策略。

对生产增加型企业也可以图 3 为基础得出相似的指标。据此我们得出：

$$CIPE = \frac{(O\dot{C}_1(t) - O\dot{C}_0(t))}{O\dot{P}_1(t)} \quad (8)$$

$$\text{和 PIPE} = \frac{(O\dot{C}_1(t) - O\dot{C}_0(t))}{O\dot{C}_1(t)} \quad (9)$$

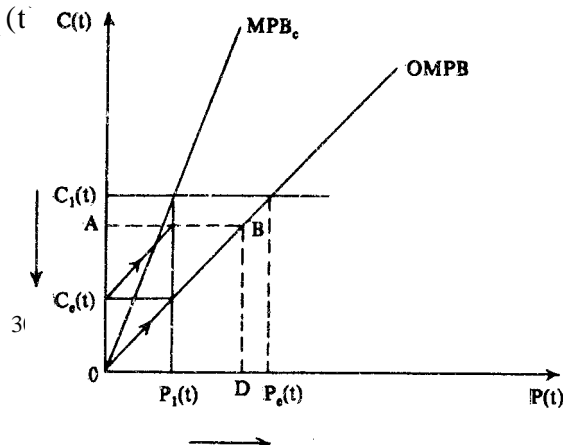
对诸个 ACF 和 APF 所给定的指标只在符号上不同，这些标准通常可使用绝对值符号写成：

$$CIPE = \frac{|(O\dot{C}_1(t) - O\dot{C}_0(t))|}{O\dot{P}_1(t)} \quad (10)$$

$$PIPE = \frac{|(O\dot{C}_1(t) - O\dot{C}_0(t))|}{O\dot{C}_1(t)} \quad (11)$$

由于等式(8)和(9)分别是等式(6)和(7)中的 CIPE 和 PIPE 的负值，因此同一套策略不能用于解决与 ACF 和 APF 相关的无效问题。

以图 4 为基础的 ACF 型公司的 CIPE 和 PIPE 数量的几何推导详见附录。结果表明，



使用成本减少鼓励政策排除由一个 ACF 引起的无效比使用生产增加鼓励需用两倍的努力。因此,在这种情况下,生产增长鼓励政策更适合于管理 ACF 公司。相反,成本减少鼓励政策则适合于管理 APF 公司(见附表 B)。

灵敏性分析

为了证实附录中得到的结果,编出计算机程序来确定模型参数变化结果的灵敏性。计算机结果概括在表 1 和 2 中。

图 4 成本增长公司的管理政策方案

表 1 表示当 MPB 大于或等于 1 时, CIPE 和 PIPE 的变化值。除了 MPB 为 1 之外,表中的间距相当于一系列 ACF 经营的范围。此外,由于 MPB 代表 CER 和 PER 之间的比例常数,已知 MPB 和 PER 就足以确定 CER。由上表我们注意到以下几点:

表 1 对于成本增长公司和最有效公司,成本鼓励政策努力(CIPE)和生产鼓励政策努力(PIPE)的灵敏性分析对每桶边际利润(MPB)及生产增长率(PER)的影响

政策努力类型	生产增长率(PER)	每桶边际利润 (MPB)成本增长公司					最有效公司
		10 美元	8 美元	6 美元	4 美元	2 美元	
成本鼓励政策 努力(CIPE)	0.005	10.000	8.000	6.000	4.000	2.000	1.000
	0.010	5.000	4.000	3.000	2.000	1.000	0.500
	0.015	3.333	2.667	2.000	1.333	0.667	0.333
	0.020	2.500	2.000	1.500	1.000	0.500	0.250
	0.025	2.000	1.600	1.200	0.800	0.400	0.200
	0.030	1.667	1.333	1.000	0.667	0.333	0.167
	0.035	1.430	1.140	0.860	0.570	0.290	0.143
	0.040	1.250	1.000	0.750	0.500	0.250	0.125
	0.045	1.111	0.890	0.667	0.440	0.220	0.111
	0.500	1.000	0.800	0.600	0.400	0.200	0.100
生产鼓励政策 努力(PIPE)	0.005	0.100	0.125	0.167	0.250	0.500	1.000
	0.010	0.050	0.063	0.083	0.125	0.250	0.500
	0.015	0.033	0.042	0.056	0.083	0.167	0.333
	0.020	0.025	0.031	0.042	0.063	0.125	0.250
	0.025	0.020	0.025	0.033	0.050	0.100	0.200
	0.030	0.017	0.021	0.028	0.042	0.083	0.167
	0.035	0.014	0.018	0.024	0.036	0.071	0.143
	0.040	0.013	0.016	0.021	0.031	0.063	0.125
	0.045	0.011	0.014	0.019	0.028	0.056	0.111
	0.050	0.010	0.013	0.017	0.025	0.050	0.100

(1)对于一个给定的 PER 值,MPB(或斜率)越高,CIPE 将越高;而 PIPE 将越低。例如,当 PER 为 0.005 时,相应的 CIPE 为 10,而 PIPE 为 0.1(或 1/10)-该结果证实了附录 A 中的所有 ACF 值。

(2)对任一给定的 MPB 值,PER 越大,CIPE 和 PIPE 的量就越小。例如,如果 PER 增加一倍,CIPE 和 PIPE 值将减少一半;和 PER 更多倍数的初始值也一样。但是,即使由 PER 的变化而引起 CIPE 和 PIPE 偶尔的变化,它们的相对值似将保持不变。例如,当 PER 等于 0.05(比初始值 0.005 高 10 倍)时 CIPE 的值比相应的 PIPE 值也高 10 倍。

(3)当 MPB 等于 1.0 时 CIPE 和 PIPE 相同,因此,使用哪一种策略无所谓。换句话说,当

不需要控制(即公司有效地运营)时 CIPE 和 PIPE 相等。

表 2 的解释与表 1 相似,但有一个例外,即由于适用于 APF 的 MPB 值有一个范围,CIPE 和 PIPE 之间的关系是相反的。这与附表 B 对 APF 型公司得出的结果一致。

从表 1 和表 2 可以得出,使用不同的 PER 和 MPB 结合,可能得出相同的 PIPE 值。例如,表 1 中,使用下列任一对数值:(PER=0.03,MPB=2),(PER=0.015,MPB=4),(PER=0.01,MPB=6),均可能得到相同的 PIPE=0.083。

表 2 对于生产增长公司 CIPE 和 PIPE,灵敏性分析对 MPB 和 PER 的影响

努力的类型	生产 增长率 (PER)	每桶边际利润 (MPB)生产增长公司					
		0.9 美元	0.8 美元	0.6 美元	0.4 美元	0.2 美元	0.1 美元
成本鼓励政策 影响(CIPE)	0.005	0.900	0.800	0.600	0.400	0.200	0.100
	0.010	0.450	0.400	0.300	0.200	0.100	0.050
	0.015	0.300	0.267	0.200	0.133	0.067	0.033
	0.020	0.235	0.200	0.150	0.100	0.050	0.025
	0.025	0.180	0.160	0.120	0.080	0.040	0.020
	0.030	0.150	0.133	0.100	0.067	0.033	0.017
	0.035	0.129	0.114	0.086	0.057	0.029	0.014
	0.040	0.113	0.100	0.070	0.050	0.025	0.013
	0.045	0.100	0.089	0.067	0.044	0.022	0.011
	0.050	0.090	0.080	0.060	0.040	0.020	0.040
生产鼓励政策 影响(PIPE)	0.005	1.111	1.250	1.667	2.500	5.000	10.000
	0.010	0.556	0.625	0.833	1.250	2.500	5.000
	0.015	0.370	0.417	0.556	0.833	1.667	3.333
	0.020	0.278	0.313	0.417	0.625	1.250	2.500
	0.025	0.222	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000
	0.030	0.185	0.208	0.278	0.417	0.833	1.667
	0.035	0.159	0.179	0.238	0.357	0.714	1.429
	0.040	0.139	0.156	0.208	0.313	0.625	1.250
	0.045	0.123	0.139	0.185	0.278	0.556	1.111
	0.050	0.111	0.125	0.167	0.250	0.500	1.000

小结和结论

本文中我们讨论了设计一般管理政策,特别是矿产资源政策的问题。提出了一个二者选一的框架,以为石油工业设计一个最优化的管理政策,这一框架并不是以经济理论学家的市场结构为基础的,同时就该模型参数进行了灵敏性分析。深入了解公司现行的成本生产结构(对本行业所有公司来说并不需要完全相同),是政策制定者有效制定石油工业最优化管理政策的关键。这些信息有助于确定应用哪种战略类型去排除无效性。这特别需要,因为大多数矿产资源工业

的公司不如制造业和服务业的公司多。

就模型参数所进行的灵敏性分析的结果的主要意义如下：

(1)如果一家公司是 ACF 型的，产量增长鼓励措施在纠正因其经营水平引起的无效性方面更有效。因为高成本对在不同时间已购置了大量固定资产的公司有影响；因此，如果生产率增加并随时间而增长，就可能合理地实现效率。而成本降低策略却仅适用于货币支出，其在总支出中所占比例不大。

(2)如果一家公司是 APF 型的，成本增长鼓励政策在排除由其经营水平引起的无效性方面比产量降低鼓励政策更有效。对此，一个主要的原因是生产降低鼓励政策将使一些资源成为多余的。事实上，这虽然有可能中止一些资源的利用而无需社会付出太多的成本，而其它如劳动力则因为工会的作用可能很难降下来。这意味通过这些措施降低生产比增加成本需要更大的努力，如强迫公司在高成本的油田经营。除了工会的活动外，用限制生产来增加公司效率从社会、政治和经济意义上讲都是没有吸引力的。

(3)当不需要控制即当公司已有效经营时，不存在在成本导向型和生产导向型措施之间进行选择的问题。这意味着没理由再去通过联合运用成本导向型和生产导向型措施来提高公司的效率。

(4)成本鼓励政策效应(CIPE)和生产鼓励政策效应(PIPE)及每桶原油边际利润(MPB)之间的关系表明，使用 MPB 代替 CER 或 PER 任一石油公司的效率均能受到的影响。

最后，必须强调，虽然这个模型现在被延伸去处理国际市场组织对一个石油公司的效率的影响，本文的意义在于特别为石油工业及矿产资源工业制定最优化管理政策的问题提供一个完全不同的见解。

此外，由于本文结果是以假定管理机构或政府寻求使生产公司实现效率为条件的，在效率这一目标不能实现或与其他目标相混时，对行业内的公司而言，本文所推荐的策略不能实现一个普遍接受的经营水平。

附录 A

成本增长公司 CIPE 和 PIPE 之间关系的求导

$$CIPE = \frac{OC_1(t) - OC_0(t)}{OP_1(t)} \quad (12)$$

但根据图 4, $OC_1(t) = \dot{C}_0(t)A$; 因此

$$CIPE = \frac{\dot{C}_0(t)A + A\dot{C}_1(t)}{OP_1(t)} \quad (13)$$

$$= \frac{\dot{C}_0(t)A + A\dot{C}_1(t)}{\dot{C}_0(t)A} \quad (14)$$

(因为 $OP_1(t) = OC_1(t)$) $= O + \frac{A\dot{C}_1(t)}{\dot{C}_0(t)A}$

在 $A\dot{C}_1(t)$ 趋于 0 的极限时, $CIPE = 1$ 。另一方面

$$PIPE = \frac{OP_e(t)OC_e(t)}{P_1(t)P_e(t)} = \frac{OC_e(t)A + A\dot{C}_1(t)}{2OC_e(t) + A\dot{C}_1(t)} \quad (15)$$

因为 $OC_e(t) = \dot{C}_0(t)A$

(17)

$$\frac{\dot{P}_1(t)\dot{P}_e(t)/\dot{C}_e(t)A}{2 + A\dot{C}_1(t)/\dot{C}_e(t)A}$$

但因为 $OA = BD$, $AB = OD$, 并且 $\dot{C}_1(t) = O\dot{P}_e(t)$; 则 $\dot{C}_1(t)A = D\dot{P}_e(t)$, 因此

$$\dot{P}_1(t)\dot{P}_e(t) = \dot{C}_e(t)A + \dot{C}_1(t)A; \quad \text{并且}$$

$$PICE = \frac{\dot{C}_e(t)A + \dot{C}_1(t)A/\dot{C}_e(t)A}{2 + A\dot{C}_1(t)/\dot{C}_e(t)A} = \frac{1 + \dot{C}_1(t)A/\dot{C}_e(t)A}{2 + A\dot{C}_1(t)/\dot{C}_e(t)A} \quad (18)$$

$AC_1(t)$ 超过 0 的极限条件时,

$$PIPE = 12 \quad (19)$$

按照图 4, 等式(14)和(19)的结果说明, 对于一家 ACF 型的公司来说, 利用生产导向型鼓励措施去消除无效性所需要的政策努力是利用成本鼓励措施的一半。

附录 B

生产增长公司 CIPE 和 PIPE 之间关系的求导

$$CIPE = \frac{O\dot{C}_e(t) - \dot{C}_1(t)}{O\dot{P}(t)_1} \quad (20)$$

从图 5(20)得:

$$CIPE = \frac{\dot{C}_1(t)\dot{C}_e(t)}{O\dot{P}(t)_1} \quad (21)$$

因为从图5, $OA = OD$ 并且

$$O\dot{C}_e(t) = O\dot{P}_1(t)$$

$$\text{所以 } A\dot{C}_e(t) = D\dot{P}_1(t)$$

并且

$$CIPE = \frac{\dot{C}_1(t)\dot{C}_e(t)}{2O\dot{P}_e(t) + A\dot{C}_e(t)} \quad (22)$$

$$\text{但因为 } O\dot{P}_e(t) = A\dot{C}_1(t)$$

我们得出

$$CIPE = \frac{C_1(t)A + A\dot{C}_e(t)}{2A\dot{C}_1(t) + A\dot{C}_e(t)} \quad (23)$$

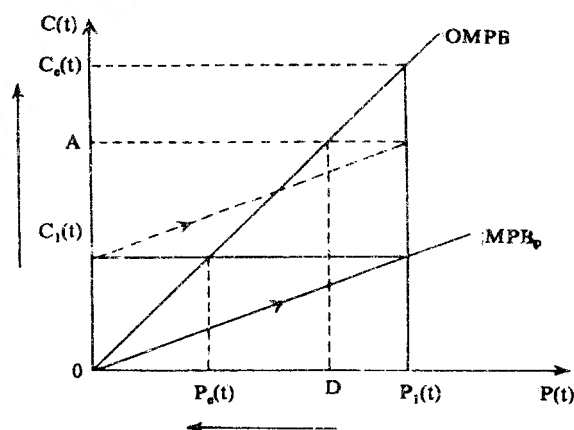


图 5 生产增长公司的管理政策方案

$$\frac{1 + A \dot{C}_e(t) / A \dot{C}_1(t)}{2 + A \dot{C}_e(t) / A \dot{C}_1(t)}$$

在当 $A \dot{C}_e(t)$ 趋于 0 的极限条件时, (23) 为:

$$CIPE = 1/2$$

对于 PIPE 我们有

$$\begin{aligned} PIPE &= \frac{\dot{P}_1(t) \dot{P}_e(t)}{O \dot{C}_1(t)} = \frac{\dot{P}_e(t) D + D \dot{P}_1(t)}{O \dot{C}_1(t)} \\ &= \frac{\dot{C}_1(t) A + A \dot{C}_e(t)}{\dot{C}_1(t) A} \end{aligned} \quad (25)$$

$$\text{只因为 } \dot{P}_e(t) D = \dot{C}_1(t) A = O \dot{C}_1(t)$$

$$= 1.0 + A \dot{C}_e(t) / \dot{C}_1(t) A \quad (26)$$

在当 $A \dot{C}_e(t)$ 趋于 0 的极限条件时, 26 为:

$$PIPE = 1.0$$

将等式(24)和(26)进行对比我们得出, 对于一家 APF 型的公司来说, 利用成本鼓励措施纠正无效性所需要的政策努力是利用生产鼓励措施的一半。

市场经济条件下最优化回收政策的分析

Fidel Ezeala-Harrison

在许多西方国家, 循环回收业尚方兴未艾, 但近几年来取得了不少新进展并执行和发展了一些回收计划。本文采用直接分析法, 论证实现最优化回收计划的方式, 这个政策将会导致一项长期的符合成本-效益原则的将会使整个资源和环境管理受益的计划。

由于固体废物处置的私人货币成本相对较低, 市场经济国家的家庭和公司没有多大动力进行回收工作, 结果是, 回收计划难以产生有效的收益。本文提出了一个在市场经济条件下实现最优化回收水平的模型, 并强调了一些为实现更有效的回收计划而需要执行的互补性政策措施。

自然资源使用的 Ayers-kneese 材料平衡法则(该法则认为, 涉及资源使用的所有人类活动, 无论是生产还是消费, 均仅仅是环境中物质的一种转变形式, 既不会破坏也不会完全用光资源, 但必须转化成以某种形式向环境中排放的物质, 无论其是固态, 液态还是气态的)意味着, 社会必须与环境其中不断聚集的固体废物的管理订约。社会活动只是改变资源的环境状态, 并不是实际上消耗它们; 它们将环境从一种比较理想的状态(现有初生环境资源)转变为一种比较不理想的(有害的?)状态, 即固体、液体或气体废物, 其具有严重的潜在负外部效应。这就要求废物管理, 不仅仅是尽量是潜在的负外部效应最小化, 同时还要降低其施加于社会财富和不断的资

源使用的成本。

在许多西方国家，回收业仍方兴未艾，但近几年发展较快并执行了许多不同的回收计划。在北美，组成了几个区域固体废物行动队，以新的方式推动自然资源的 3R 使用，即固体废物的减少、回收和再使用(这 3 个词的英文词头均为 R，故称 3R 使用)。这实际上就是回收政策。执行的一些计划还包括教育公众了解减少废物的方法，采用尽可能最大回收的体系，对可回收材料安装回收仓库等。

许多政府均明确了其降低固体废物排量的目标，即到 2000 年至少减少 50%。回收是实现这一目标的主要方式，它的目标主要是把废物从废物回填场地(这减少了土地利用)转移开以减少与废物回填有关的环境风险，以及减少自然资源的消费量。除环境目标外，回收还可以取得明显的经济收益。其中的一些经济效益是：减少了市场收集垃圾的费用，销售回收的材料收入，创造了就业机会。

对国际上执行的回收计划的评述

1991 年美国环境保护局估计，到 1995 年北美现有一半以上的废物回填场地将达到其最大容量能力。尽管这一说法有些疑问，但确实，固体废物处置的确存在着严重的环境问题。

日本废物回填的场地比较少，近几年他们广泛地推行了在环境上更为有利的固体废物管理。1989 年日本约回收了 40% 的固体废物，其中纸 50%，玻璃瓶 55%，食品及饮料罐 66%。该计划发起了一场重复利用运动，并使多数日本人开始注意保护和重复使用产品。为促进回收，强制性地要求日本人区分开可燃废物(约占总量的 72%)并把它们放在指定的废品仓库，然后用卡车运到焚烧炉。由此可减少废物的重量和体积，剩下的(约占最初总体废物量的 9%)在回填坑中掩埋。

加拿大和美国的经验表明，若消费者承担处置成本，则他们有动力重复利用废物材料或将它们放在废物集中中心。这样做他们可以避免处理费用，同时还通过提供了所需要的产品而取得了财政收益。其影响是，由回收材料所制造的产品价格与专门由初始原材料制成的产品的价格相比低许多，只要其质量不受严重影响。

当评价一个回收计划的潜在影响时，人们不能忽视增加材料供应对其市场的可能影响。如，强制性的回收法规使废旧金属的供应量增加，从而使回收材料的价格下降，这又不利于回收。

还必须考虑这些市场的需求方。回收产品的需求充分是必须的。在美国某些需要仓库堆存饮料罐的城市，有证据说明，虽然公司急于使用回收的玻璃和铝罐，但很少有公司知道拿回收塑料怎么办，因为塑料市场容量太小，大部分最后只能填埋。

还必须考虑需求随时间的变化。如，对轮胎回收的研究表明，回收废物产品的需求(在生产过程中作为原材料)将随时间而增加，同时供应量也将增加。社会也将提供越来越多的可供回收的废物产品以避免处理成本。研究表明，美国每年要处置 2.40 亿个废旧轮胎，填埋处置成本为每磅 0.10 美元。Tire 回收公司研究了一种新的回收方法，发挥了巨大作用。

废物回收生产出了加工材料，此外，还生产出了副产品，增加了额外的价值。

除了仔细考虑市场供应和需求因素外，回收活动的评价也不能忽视废物处理的技术方面。如铝的回收率高就在于其有成熟的工艺，而塑料回收率低在于难以用废料生产出优质产品。废铝质量均一，而废塑料质量很不均匀，混杂有大量非塑料物，难以加工处理。金属废料中的混杂物通过高温燃烧可以容易地排除，而塑料废料中的混杂物根本无法通过高温处理。

对废物生产者若无合适的优惠，则循环回收、焚烧与填埋的最佳混合使用就难以实现。美国国家固体废物管理协会 1989 年称，回收的百分比仍是相当低的。这主要是由于不合适的定价所导致的不适当的优惠措施所造成的。

美国近几年为改善环境而使用了一些经济手段。如新泽西州的某些地方，对固体废物生产者收费，使其反映真实的处置成本。这项计划执行于 1988 年 1 月。结果是，第 1 个月废物量就减少 25%，下几个月由于继续加强回收工作而进一步减少了所产生的废物量。华盛顿西雅图也执行了类似计划，结果也差不多。

由此可见，回收计划仍有很大的改进余地。我们设想了一项最优化的回收政策，其将导致一个长期的成本效益的计划，有利于整体的资源和环境管理。下面即简单介绍这个最优化的模型。

最优化回收模型

该模型的基础是这么一个前提，即社会不仅希望使其因自然资源的不断使用所产生的对环境的不利影响最小化，同时还希望不断地使其总财富最大化(当然要服从一定的限制条件)。关键的假设是，生产及消费活动的各个方面均是进入或取于环境的。由于这些活动是随时间而重复发生的，所以，社会必须设计最优化的管理方式。

我们所提出的模型分两阶段：首先，我们运用一种归一化财富最大化框架确定与不可逆经济进步相一致的自然资源使用的最优化回收水平，并分析实现这一目标的政策意义；然后我们用图解分析来说明这个有效的模型。我们设想一个由 K 个部门组成的典型的市场经济体制，其中，

N_i -单位时间期限内部门 i 总的自然资源消费量；

F_i -单位时间期限内部门 i 原生物质资源消费量的容量；

R_i -单位时间期限内部门 i 使用的回收材料的容量；

V_s^D -社会团体废物处置的总容量(总资源使用量的%)

V_p^R -重复使用/回收的私人部门固体废物的容量(总资源使用量的%)

V -单位时间期限内所产生的固体废物的总容量(100%)

按照定义

$$\sum_1^K (N_i = F_i + R_i) \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (\text{ia})$$

由此

$$\sum_1^K F_i = \sum_1^K (N_i - R_i) = \sum_1^K [N_i (1 - P_i)] \quad (\text{ib})$$

式中， $P_i = R_i / N_i$ = 各部门材料的重复使用率(或回收率)。并且，

$$V = V_s^D + V_p^R = V_s^D + \sum_1^K P_i N_i \quad (\text{ic})$$

可持续发展的政策目标意味着社会要求降低 F_i ，同时又不能牺牲社会财富。为了降低 F_i ，基本上有两种方式：降低各部门材料资源的总量(N_i)，和/或增加各部门的重复使用(回收)率(P_i)。但是，只有在降低部门经济活动水平或降低各部门经济活动的材料使用强度时才可能把 N_i 降下来。但是，在市场经济条件下，这些措施在目标实现方面是相互矛盾的并将导致失业。由此，社会只有一个方案可选择，即增加 P_i 值。但增加到什么水平？各部门均需要一个最优化的 P_i 值。

国家的目标是使社会财富最优化，这需服从公式(1a)和(1c)的条件限制。社会财富是社会可
从其自然资源消费中所得到的效用的函数：

$$W = W(U), W'(U) > 0, W''(U) < 0 \quad (2a)$$

$$U = U(\sum_1^k N_i), U'(\cdot) > 0, U''(\cdot) < 0 \quad (2b)$$

并且财富函数为：

$$W = W[U(\cdot)] \quad (3a)$$

式中：

W=每时间段内社会的财富水平

U=每时间段内社会的效用水平

将公式(1a)代入财富函数，并略加调整，可得出：

$$W = W[U\{\sum_1^k (F_i(1 + R_i/F_i))\}]$$

或，

$$W = W[U\sum_1^k (F_i(1 + \rho_i N_i/F_i))] \quad (3b)$$

这一最优化问题可用拉格朗日方式表示：

$$\begin{aligned} \text{Max}_{F_p} W[U\{\sum_1^k (F_i(1 + \rho_i N_i/F_i))\}] + m_1\{\sum_1^k (N_i - F_i - R_i)\} + \\ m_2(V - V_s^D - \sum_1^k P_i N_i) \end{aligned} \quad (4)$$

式中 m, s 为拉格朗日乘数

一阶方程式可用下式给出：

$$W' U' [-(p_i N_i/F_i) + 1 + (p_i N_i/F_i)] - m_1 = 0 \quad (5a)$$

$$W' U' F_i N_i/F_i - m_2 = 0 \quad (5b)$$

$$\sum_1^k (N_i - F_i - R_i) = 0 \quad (5c)$$

$$V - V_s^D - p_i N_i = 0 \quad (5d)$$

解方程(5a)和(5b)得，

$$F_i/F'_i N_i = m_1/m_2$$

假设 $m_1 = m_2$ ，即 N (国家资源消耗量水平)与 V (国家固体废物处置量)的变化对社会财富有相同的影响。这是因为，任何附加的资源消费量(或资源消费量的减少)所加在社会财富上的可能与废物处置(或增加排放)所加在财富上的数量相同。因此，

$$F_i/F'_i N_i = m_1 m_2 = 1$$

或

$$F_i^* = F'_i N_i > 0 \quad (6)$$

假定每时间段内各经济部门 i 的新自然资源使用量是最优化水平的。

此外，解方程(5c)和(5d)得：

$$V - V_s^D - p_i \{\sum_1^k (F'_i N_i + R_i)\} = 0$$

代入方程(6)，得

$$V - V_s^D - p_i \{\sum_1^k (F'_i N_i + R_i)\} = 0$$

据此我们可以求出各经济部门 i 的最优化回收速度为：

$$p_i^* = (V - V_s^D) / \sum_1^k (F'_i N_i + R_i) > 0 \quad (7)$$

上述结果表明，在市场经济条件下最优化回收目标是可以实现的。方程(7)意味着，这么一个目标是国家在时间期限内所产生的固体废物的数量(V)、废物处置水平(V_S^D)、资源管理对资源存量的现行储量的影响(F_i)、国家总自然资源消费量的规模($\sum_i^k N_i$)以及各经济部门所使用的回收材料的总量($\sum_i^k R_i$)的函数。

从这些结果可以推导出实现一项最优化回收目标的重要政策意义。可表示如下：

$$\partial p^* / \partial V = 1 / (F_i' N_i + R_i) > 0 \quad (8a)$$

即，经济中所产生的固体废物总量越高，最优化财富所要求的重复使用(回收)率就越高。因此，降低固体废物量是实现有效的回收政策的一个有效方式。

$$\text{此外, } \partial p^* / \partial V_S^D = -1 / (F_i' N_i + R_i) < 0 \quad (8b)$$

$$\partial p^* / \partial F_i = -N_i (V - V_S^D) / \{ F_i' N_i + R_i \}^2 < 0 \quad (8c)$$

$$\partial p^* / \partial N_i = -F_i' (V - V_S^D) / \{ F_i' N_i + R_i \}^2 < 0 \quad (8d)$$

$$\partial p^* / \partial R_i = -(V - V_S^D) / \{ F_i' N_i + R_i \}^2 < 0 \quad (8e)$$

可以预料，方程(8b)表明，最优化重复使用率受较大的废物处置量的负面影响。据此可以推断，由于废物处置既产生了污染问题，也带来了成本问题，减少废物处置将有利于往最优化回收政策的方向发展，方程(8c)意味着，资源管理方面的投资增加(这将导致更多的保护，以及对资源存量的当前储量的更多的补充)，将使所要求的重复使用率下降，

方程(8d)表明，随着社会消耗的自然资源的数量增加，所需要的重复使用率将下降，而消耗少时所要求的重复使用率要增加。这意味着回收的资源与初生资源在社会经济活动中是可以彼此代用的。因此，投资于回收同投资于开发初生资源一样，均会给国家带来许多潜在的效益。最后，方程(8e)证明，更多的回收将导致国家有一个较高的重复使用率。

微观成本-效益分析

为了将上述的宏观政策分析与自由市场体系的功能相联系，下面我们考虑微观成本-效益分析。

当对一个最优化的家庭和/或公司来说，废物处置的货币成本非常小时，他们将不努力执行环境上更有利的固体废物管理。在这种情况下，总能得出一个无效的后果，其废物处置的边际私人成本/效益将永远不会等于废物处置的边际社会成本/效益。这一点，不仅对废物管理政策，而且对设计促进有效地加强废物管理和环境保护的相关政策方法，均有重要的意义。

在一个志愿的非强制性的公司和家庭回收计划中，结合由税收资助的集中回填废物处置，一个一般的家庭/公司的废物处置成本非常小，仅限于将固体废物和其他废旧材料运往回收站时所发生的为数不大的一点运输成本。这时，不能指望一般的家庭/公司会采取努力尝试进行环境上更有利的废物管理。

虽然固体废物处置成本对政府来说高，对家庭/公司来说低，但回收成本对公司/家庭来说是比较高的。在固体废物储存的速度已威胁到环境的情况下，这种状况当然是不能令人满意的。

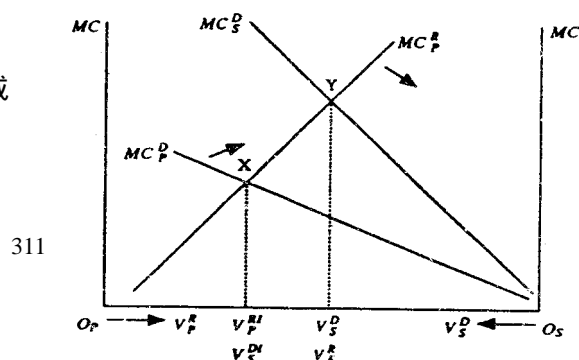
为了从微观上分析最优化回收政策的可行性，我们进一步假设：

- (1) 社会(S)由两个活动部门组成：私人部门(家庭和公司，P)和政府部门(G)；
- (2) 各部门可以自由地优先选择固体废物管理政策；
- (3) 固体废物管理必须采用以下两种方式，即废物处置(D)和重复使用/回收(R)。

定义如下：

MC_S^D = 固体废物处置的社会边际成本，

MC_P^D = 固体废物处置的私人部门边际成本，



MC_P^R = 固体废物回收的私人部门边际成本，

图 1 用图解示意性地说明了微观模型： O_P 和 O_S 分别表示 V_P^R 和 V_S^D 最初的百分比体积。考虑到 $V = V_S^D + V_P^R$ ，则随着 V_P^R 体积的增加， V_S^D 的体积将减少，反之亦然。

MC_S^D 和 MC_P^D 是 V_S^D 的正函数；但 MC_S^D 总是大于 MC_P^D 。同样， MC_P^R 是 V_P^R 的正函数。这些关系用曲线 MC_S^D 、 MC_P^D 和 MC_P^R 来表示。

X 和 Y 点分别表示 $MC_P^D = MC_P^R$ 及 $MC_S^D = MC_P^R$ 。对于作为一个整体的社会(一个方面)和私人部门(另一方面)来说，这是废物处置和回收的平衡稳定状态点。

在 X 点时，将被处置的量多达 V_S^{D1} ，而被回收的量仅为 V_P^{R1} 。对于 X 点右侧各种可能的废物处置和回收量的组合来说，处置比回收成本低很多，因此，私人部门将发现，在达到 $V_P^D = V_S^{D1}$ 这个点以前(包括这一体积)，选择处置废物是最优化的。

在 Y 点，家庭/公司回收要比处置废物花更多的钱，因此他们最优化地选择处置；较多而回收较少的废物。但是，只有 V_P^{R1} 将是可回收的，因为社会平衡(Y)仅表明了当社会边际处置成本等于私人家庭/公司边际回收成本时废物处置的体积。

对于任何旨在减少废物处置和/或鼓励更多的回收的废物管理计划而言，私人部门的选择点(X)均是无效的。这是因为，在这么一个选择点，对家庭/公司来说，废物处置的边际社会成本超过了废物处置的边际私人成本。

在这一模型中，可以很容易地推导出旨在实现社会最优化回收利用的关键的基本的政策倡议。首先，需要降低重复使用/回收成本，使 MC_P^R 曲线下移，由此使回收量向 O_S 拓展。第二，应该施行一项强制性的重复使用/回收计划，设计的此计划是取消在 MC_P^R 曲线上的各点处 V_P^D 和 V_P^{R1} 的折衷平衡。第三，有必要以这么一种方式提高私人部门的废物处置成本，即将 MC_P^D 曲线向上移，这样，象 X 这样的点将更向右侧，这项政策，将使一些市场经济国家(如美国和加拿大)目前实行的废物处置体制改革，同时对那些有关的道德灾害问题(如私人家庭/公司随意地乱丢废物)进行有效的政策管理。

图 1 有效的废物管理模型。在 X 点， V_P^{R1} 和 V_S^{D1} 是平衡的数量；在 Y 点时， $V_S^D = V_P^R$ ，这是最优化的数量 $O_P = V_P^R$ 的初始值， $O_S = V_S^D$ 的初始值

政策分析

迄今为止，从本文研究中所得出的实现一项有效的回收计划之长远目标的关键政策意义，是围绕着 3 个主要问题展开的：

- (1)更多地强调需要旨在加强保护和替代资源存量的当前储量的资源管理政策；
- (2)一项经慎重考虑提出的积极的固体废物减少运动是一个必要条件；
- (3)一项积极推行的强制性重复使用/回收运动是一个充分条件。

在市场经济国家，这将要求使用经济手段，使资源使用和处置的成本更多由私人部门而不是由公共部门来承担。

从这些政策意义方面看，指出下面一点是很重要的，即，虽然某些实物资源和终端产品可以充分使用/回收许多次，但还有一些根本就无法充分使用/回收，只能在初始使用后就丢掉。即使对那些可回收的材料而言，转变过程的损失及初次使用过程中的材料损耗，也使得人们不可能运作一项十分完善的回收政策。本文分析的一项最优化回收计划的前提，并不是建议实现

一项十分完善的政策。因此，社会应该谨慎地注意其所使用的原始材料资源的数量。

资源保护政策意味着更关心原始材料的使用。任何推行这一目标的严重措施，均意味着降低经济活动的速度，或降低经济活动的材料强度(单位经济活动所使用的材料的数量)。由于降低经济活动的速度与社会的长期目标相冲突，因此，针对材料强度打主意是一个更为可行的政策选择。可以通过将经济活动从材料密集型产品(如有形商品)向使用较少材料的部门(如服务)转移来实现这一点。还可以通过降低指定产品的材料强度(如，减少最终产品的包装量)来实现。因为原始自然资源的开采将导致各种环境(社会)成本，经济和环境效率将表明，生产者对于这些资源所支付的价格反映了这些成本。因此，降低原始自然资源成本的各种公共计划，只是人为地降低了其总成本，由此而否定了社会效率。

由于在管理交易和其他经济活动的定价体系方面存在缺陷，自由的市场经济国家的固体废物减少已经成为一个问题，生产者根据消费者的决策设计和销售产品，涉及到整个的定价机制。生产者制定其所使用的材料(原始的及回收的)总量的决策，消费者选择含有不同类型及数量的材料的产品。消费者还决定如何处置消费后的各种材料副产品。

对社会和环境效率而言，固体废物的“外部性”必须反映在作出处置决策(一般为私人部门要素，生产者和消费者)的用户处置成本中。为包括固体废物的处置成本，对家庭/公司征收的平滑一致费率的税应该是灵活的，以反映总的处置成本(私人加社会成本)。这些收费应该是灵活的，以反映总的处置成本(私人加社会成本)。这些收费的变化不能仅反映回填场地的稀缺性(如加拿大和美国许多地方的例子)，而且单位费(对每个家庭或公司征收的费)应该按照每个单位处置的材料数量而变化。这将鼓动这些单位削减其所产生的和/或抛弃的固体废物的数量。

使用回收材料的计划在很大程度上取决于它与原始材料相比的竞争力。在其成本等于原始材料价格的那个点之前，生产者(假设他是追求利润最大化的)将使用回收材料，因此，保证生产者以非常低的成本估价回收材料，是非常必须的。同样，消费者的重复使用率取决于与重复使用的旧材料相比取得新产品的相对成本。使新产品的价格反映其实际总成本(社会及私人)，可使老产品的重复使用更有吸引力。可以考虑对新产品征收某些类型的环境税。

总结和结论

目前所进行的鼓励回收的普遍努力，其基础是认识到连续地使用自然资源对环境有潜在的不利影响，并且希望使这种不利的影响最小化。为了探索实现回收计划中提高效率的方式，本文我们提出了一个模型，用最优化财富方法和从成本-效益平衡的角度来研究问题。

财富方法采用了一般化的财富最大化原则，用于确定回收及废物处置的成本均很昂贵的情况下回收的最优化水平。然后用这种方法推导出关于废物管理和资源保护的政策指南。针对目前这种较低的废物处置的私人货币成本的状况，进行了成本-效益分析，说明独立的因素不鼓励采用环境上更有利的固体废物管理办法。在这么一个体制下，回收努力会给出一个无效的和次最优化的结果，并且对环境有负面影响。应进行努力以确定一套潜在或补充在自然资源和环境管理方面现行的法规措施的综合准则。

固体废物处置对个人或公司而言似乎是免费的，但从社会角度看其并不是无成本的。这是自由市场条件下废物处置中市场失误的一个方面，在回收的私人和社会价值之间存在着差距这一事实即表明了这一点。只有在社会实现最优化回收水平时这一差距才能被取消。这表明，回收计划的一个关键部分是对社会中废物处置进行适当的定价。

发展中国家小规模采矿企业的改造和成功发展

Jeffrey Davidson

拥护小矿山的人们一直认为，在发展中国家，如果给小矿山以正确的指导和支持，小矿山能对农村地区的社会经济发展作出巨大的贡献。各国政府、商业矿业公司和捐助机构的态度由于受到许多地方的小规模采矿活动，尤其是极小规模的开发活动的随意性、非正规性的、且常发生危险和看来很浪费的特点的影响而看法不同。即使这种“手工式”的活动在许多国家中已经成为促进经济繁荣的一个主要因素，尤其对那些长期以来在环境与经济方面遇到诸多压力的国家。本文认为，不能忽视这种类型的采矿活动，因为这个问题是一个“双刃剑”，发展的潜力很大，但问题也不少。政府、非政府组织、私有部门和捐助机构等方面应对此表示明确的和持续的关注，努力使这类采矿活动合理化和正规化，增强其经济和技术效率、提高其社会效益并减少其弊端。

20年前，联合国经济与社会事务部首次发表了关于《发展中国家的的小矿山》(1972)的报告。此后，分别在墨西哥的尤利卡(1978)、墨西哥的塔斯科(1981)、芬兰的赫尔辛基(1983)、英国的伦敦(1987)、土耳其的安卡拉(1988)和津巴布韦的哈拉雷(1993)，召开过六次主要的国际会议，以及在肯尼亚的蒙巴萨(1980)和印度的加尔各答(1991)的两个重要的地区性专题研讨会。所有这些会议都着重研究这些国家的和国际范围内小矿山的前景和问题。世界银行也围绕小矿山问题召开会议并发表了主要观点。而1985年以后，联合国经社会自然资源委员会已经肯定了小矿山在发展中国家作为一项有效重要性政策。

20年之后，到底又有哪些进展呢？

回顾过去的经验发现，1972年就已明确的那些议题、问题和限制因素，今天仍是如此。在大多数国家，小矿山通常被人们所忽视了。许多国家政府和主要捐助机构对此所持的矛盾的心理和不确定的态度，其结果是，尽管此问题已引起了国际上的关注，也承认了其发展潜力，但小矿山仍一直未能列入国家发展的议事日程上。纵使有所努力和投资，主要重点放在减轻它对较大规模矿山、出口导向型的矿产开发和开采经营的“负面”影响。但是，最近越来越多的国家采取了尽管零碎确也积极的行动，试图改善一些这部分群体的最突出的问题。少数国家已经致力于采取更一体化的方法和更系统的政策，促进和加强小矿山的发展。

近来的努力主要集中在为小矿山确立合适的法律地位方面。同样重要的、而且更本质的方面包括：技术、经营、教育、金融与市场方面予以的支持需求，以及有关参与、生产、环境等方面棘手的政治/社会问题。

定义问题

怎样确切地定义一个小矿山经营问题，前人一直广泛地讨论，提出过各种各样标准，包括矿山产量、劳动生产率、企业的组织、技术水平及其它。事实上，一些国家已经在自己国家的法律中明确了小矿山的定义，有些是简明的(如秘鲁、加纳、智利)，有些相当复杂(如印度)，反映了不同的实际情况，即国情和矿情的不同。尽管能够明确地确定矿山主和企业家的共同目标时以提供法律和机构支持是个主要问题，但关于怎样构成一个小矿山的讨论总是很热烈和很困难的，无法取得统一的分类和定义，这已经妨碍了甚至还要妨碍其它重要问题的讨论，这些问题还都是小矿山未来健康发展的关键问题。

出于本文讨论的目的，我们对手工采矿和小规模商业性采矿作了大致的划分：前者指人力的或技术水平低的、极小规模的开发，有时指手工式的或“农民”采矿；后者指使用现代的及适用工业技术的小规模商业化的采矿。我们还承认，在二者之间也存在一种过渡的组织形式。

虽然兢兢业业的全时的“农民”(手工)采矿人确实存在，但大部分是一些分时、季节性的和投机性采矿人，他们视需要或欲望所驱使投入采矿业或退出采矿业。当新矿床容易开采、找到高价值的矿产时，如卢旺达的蓝宝石、巴布亚新几内亚(卡雷山)、巴西(罗赖马山)和菲律宾(达拉奥山)的金矿等，或者被限制的地区一旦对当地人开放时(如1991年，安哥拉的金刚石矿田；1989年，加纳的金矿田)，手工采矿人将会蜂拥而至。相反，当可采矿石储量枯竭时(如巴西的佩拉达山)，或一旦可进入的矿床不再允许进一步开采时(如巴西罗赖马地区亚马逊印第安保留区和博姆富图罗矿山)，手工采矿人就要撤退了。正是因为这种进进出出，手工采矿人一会儿干，一会儿又不干，起伏很大，少数全时的采矿人带来的一点点稳定被这些起伏搞得乱七八糟，这也难怪管理机关对此头疼了，将这种很小规模的采矿活动看作是一种不稳定的、临时的、特别的、无法管理和控制的活动。

“农民”手工式采矿是典型的低技术的，只限于近地表开采贵重矿产、战略金属、工业矿物和建材矿产。手工矿山和采场有可能合法登记过，也可能不是合法登记的。事实上，所有“非正式的”(非法的)采矿都是手工式采矿，虽然有些非法开采也具有高水平的管理和组织。

相反，除少数例外以外，半机械化的和机械化的采矿是有组织的和正式的活动。在拉丁美洲的所有主要矿业国家、部分亚洲国家和津巴布韦，由当地企业家或由正规合作社所进行的小型、半机械化的、商业性开采已经有很长的历史。遗憾的是，这种经验受到严格限制，在大多数有采矿活动的发展中国家，非常小型的手工采矿人的经营与大中型国有或外资矿山之间有明显区别，而小型的商业联合风险经营却很少或根本没有。

手工式采矿的二难选择

在世界各地，手工式采矿已经成为数以百万采矿人和他们的家庭的主要生计和当地农村经济发展的主流。在环境和经济的压力大时期，它满足了更大范围的人口的需求，它给人们提供了足够的钱财，避开进一步的困难。虽然在许多国家，手工采矿已被认为是一个重要、有时甚至是关键的经济部门，但它也有弊端。

许多这样的小矿山，由于活动的流动性和无常性，历史上就是缺乏组织性的，难以监督管理，以采矿效率低下为特征，并且是一个非正式的经济部门。这一特性已经造成无数个派生问题，包括损失矿产资源，破坏当地环境，不安全和恶劣的工作条件，临时性的和通常是很悲惨生活条件，矿工受到那些无耻的金融家、矿山管理人、矿产贸易商和执法的官员们的经济剥削，甚至事实上强占已有的社区和土著群体。由于大量手工采矿活动涉及高价值的、体积小的、

易于销售和出口的矿产品的开采，往往是违法的，不是非法开采，也是非法销售。政府机构已经证实问题很多，造成政府税收和外汇收入流失，随之而来的是暴力和犯罪。

手工式采矿的改造

拥护小矿山的人们已经指出，如果得到适当的组织和支持，手工采矿有潜力成为有关经济增值活动的基础，为国内制造业和加工业提供原材料。它能扩大农村地区就业和增加收入的机会，帮助支持农村地区的生活方式和社区繁荣，为地方经济和国家经济创造额外收入。它能够合理化和正规化，能做得更有效、更经济、更安全和使环境更好。换句话说，可以对手工采矿进行建设性的改造，并转变其性能，使之增加获利潜力，消除或至少弱化其弊端。

但是，手工采矿的“建设性”改组改造，对不同当事人而言，意味着不同的内容。对于手工采矿人，这只简单地意味着无任何管理和技术技能的提高，就能获得采矿权，容易筹集资金、得到设备和进入市场。对其他方面，目标可能是创造机会重组手工采矿活动，成为有组织的单位，适合于进行机械化或系统的、环境上更敏感的采矿活动，或建成一个技术上和商业上可行的本地小规模采矿工业，它能够成为当地人民以各种规模有效参与矿业的出发点。

这种改造的快慢与难易，将受到本国过去的矿业经验的影响。国内参加和拥有中小规模商业采矿部门的那些国家会率先开始。商业组织、经营的历史经验及法律和社会制度以及当地人的矿山所有权也存在，玻利维亚就是这种情况，技术改造和扩大手工生产的规模，因有熟练工人而加快了步伐，如从商业规模矿山裁减下来的矿工更懂得系统的、科学的开采的价值。

尽管有这些挑战，非常小规模采矿的改造和正规化进程已经在许多国家开始了。经验正在开始积累。初步结果表明改造并非高不可攀。政府、国际组织和地方机构与协会等资金与时间的投入是值得的。

小规模采矿部门的进展纵述

法律问题

主要进展之一是采矿权的法律承认，在一些国家，某种矿产品的手工开采，尤其是贵重和半贵重矿产，只是最近才走出非法的阴影。在另一些国家，手工开采不仅官方同意，而且正在受到官方的鼓励。巴西、加纳、菲律宾、津巴布韦、圭亚纳等国家已经修改或重新颁布了矿业法规及规章制度，给手工采矿活动以合法地位，赞比亚、斯威士兰、安哥拉、几内亚、贝宁、阿曼、埃塞俄比亚和纳米比亚正在拟定这样的新矿业法。但在一些国家，仍未采用系统的统一立法，仍执行那些零散的条文，主要集中考虑一些特殊问题。例如，苏里南最近延长了正式发给该国南部进行开采的手工采矿人的探矿权和采矿权；这一行动的主要目的在于保证承认政府在该地区的权力。

另一方面的努力是，在同一法律框架内，同时调节和推动大规模和小规模的采矿经营，但大小企业共存的可能性已经多次由于争采同一资源而被动摇(如巴西的博姆富图罗，智利的安达科约，圭亚纳的阿雷多，巴布亚新几内亚的卡雷山，菲律宾的阿马托克项目和委内瑞拉的比斯卡特拉，不一一列举。)

保证进入有远景的地区是手工采矿活动合理化和有序发展的关键所在。如果没有合理的开采机会，为了生活，手工采矿山人就会不得不置法律于不顾，也不管在地区已设置的权利。即使在手工开采已经合法的国家也如此。

政府必须准备除建立法律框架外，还需确定适合于小矿山开发的矿床和地区，包括初步评价按照不同水平开采的技术和经济的可能性。在这样的地区，应该保障手工采矿人的矿权。同时，手工采矿人脚踏实地的勘查，若找到新的大型矿床应该受到保护，在一定条件下矿权可以转让，应保护矿床发现人及社区。巧合的是，最近有关手工采矿的法律禁止采矿权的转让，但这一作为保护措施的特殊限制，在某些情况下是成问题的，如在小矿山采矿人将一座较大型矿床分成几个部分时，就可能妨碍其效率、经济和安全的回收。

销售

在一些国家(如巴西、纳米比亚、津巴布韦、圭亚纳和加纳)，在小矿山采矿人和跨国的或国有的矿业公司之间有时出现互补的和非竞争的互利关系。公司允许手工式采矿人开采其尾矿(经营矿山的废弃地段)，或其持特许权的边际地区，但双方协议是，全部或部分产量以公平价格卖给该公司。在津巴布韦，一些在大岩墙经营的铬矿合作社开采的是由大型矿业公司所拥有的特许权，并将全部或部分产量直接卖给该矿业公司。在加纳阿夸蒂亚矿山采金刚石的人，开采国有矿业公司的挖泥船难以进入的边缘地带。在纳米比亚的乌伊斯，多年来，土著人就一直把将锡矿石销售给矿业公司所属加工厂，这种关系曾在 1990 年使该公司所属的地下开采矿山免于倒闭，但最终由于最近关闭了选矿厂而倒闭了。

许多政府仍介入国内矿产生产的购销事宜。现有的国有矿产加工和/或销售公司普遍享有购买全部或部分国内的、不论大矿生产的还是小矿生产的矿产品优先权。并在国际市场上将其销售。这种管理越来越受到大中型矿山主的反对，他们愿意也有必要的能力直接与客户打交道。

一些政府完全脱离营销业务。玻利维亚和秘鲁最近关闭了矿业银行，其矿业银行的业务之一就是以稳定价格购买中小型矿山的矿石。但就小矿山，政府组织购买非贵重的矿产有时是至关重要的，尤其在那些与当地大中型矿山和加工厂不存在互补和互利关系的情况下。否则，小矿山主就会受当地和国际矿产贸易商的摆布，而这些商人对待小矿山总是不公道和不平等的。

大多数坚持下来的政府收购计划的重点是贵重矿产，尤其是黄金和宝石。这些收购计划通常要求将全部或一定比例的产品卖给国家银行，或卖给由国家特许的个体或公司购买者。这些计划在购买非正规采矿人、甚至合法经营的那些小规模采矿人的产量方面遇到许多困难。以往，通过合法渠道销售的产品非常小。这种状况在许多国家一直是主要问题，诸如尼日利亚、布基纳法索、扎伊尔、巴西、卢旺达、苏里南、中非共和国、安哥拉和委内瑞拉等。

凡政府已准备按外汇国际市场竞争的价格支付或按与国际自由汇率接轨的本地货币支付的地方，黑市交易就减少(如加纳、智利)。最近，坦桑尼亚银行调整了黄金的收购计划，按与先令的平行市场价格相联系的价格报价。圭亚那政府现在按自由市场价格购买黄金，并且一半用外汇支付。从根本上扭转了过去做法的是秘鲁，该国目前正在建立一个自由开放的黄金购销市场。

说到宝石交易，进展比较难以理清。1991 年，赞比亚政府发起和组织了第一次宝石拍卖，出席的买主来自所有大型切割中心，在使当地生产者公开销售方面成功参半。哥伦比亚试图规范本国绿宝石贸易，希望把波哥大建成绿宝石购销中心。在缅甸，政府最终从法律上承认，通过与国家签定两年的合资协定，可以小批拥有宝石产量，但国民必须让政府的收购机构优先选择他们的产品。以前，所有小作坊生产都是非法出售。

越南政府采取另一种方法。从 1988 年起个体采矿人开始追逐红宝石，估计有 1 万人介入。最近，政府与曼谷一家从事贸易和加工的公司签定合资协定，建立一套收购体系和当地加工厂，切割和抛光宝石荒料，出口到欧洲和亚洲各地。其合理性在于使宝石荒料可以进入公平的市场，也为国家提供了增值的就业和创收的机会。

股本筹资/联合经营

与创造一个受欢迎的法律和投资框架相配合，一些国家(如加纳、玻利维亚、菲律宾、SADC 等国)还得到了国际赞助完成地面航测和测量，组织地质信息，为进一步详查提供出发点。投资研究已经完成或正在完成，投资促进战略正在实施。这些努力已经成功地引来新的投资，而其中大部分集中在大中型项目。

一些大型的国际矿业公司已经开始与拥有矿权的或正经营有大矿床的潜力的金矿床的当地矿业合作社或社区接触。三菱公司表示愿意同巴西塞拉佩拉达的采矿人合作社合作。RTZ 公司与厄瓜多尔的圣路易斯合作社签定了协定。澳大利亚的 CRA 有限公司和巴布亚新几内亚的一个地方土地所有者股份集团为开采卡拉山的地表矿达成界标协议。这些关系有效地使大规模机械化开采替代了手工式的和小型工业矿山，并为地方采矿人和矿权人提供了分得部分收益的机会，以及新的培训和就业机会。

新近成立的、旨在进行矿业投资的独立国外投资集团应对小型商业经营的新的筹资可能性敞开大门。但是，到目前为止，这种筹资的最小规模限制约为 500 万美元。这个数似乎作为分界线，界定哪些工程有潜力获得商业回报，哪些工程的潜在回报不足以承担高风险。这里含蓄地表示 500 万美元以上的项目能够承担经营一个有效益的、能获利润的矿山运转所需的科学管理、工程技术人员与技术的费用。

还必须格外重视促进对那些较小的采矿人的投资，它们的需要总是被忽略。必须建立促进、实施和保证国内外资本投资于发展中国家小矿山经营的机制(例如建立地方股票交易所)。

项目筹资

历史上，像玻利维亚和秘鲁的矿业银行、智利的 ENAMI 这样的机构为国内小型商业采矿经营提供了资金。但是，这些银行本身不能进行商业经营；贷款成了补贴和补助。这种银行不能持久；秘鲁和玻利维亚都在去年关闭了矿业银行。ENAMI 作为小矿山的信贷机构的作用大幅度消减了。但它现在已下决心致力于寻找一种建设性的、可更生的方法，在资金方面帮助小矿山。

商业债权人只愿意为较大型的或设计完好的工程提供资金。尽管普遍不乐意为小矿筹资，也还是有少数开发银行在寻找创造性的另一种方案，并且找到了。例如亚洲开发银行致力于建立一个资本信贷基金和支持菲律宾小规模煤炭矿业开发计划。其项目包括确定小矿山采矿人，帮助其采矿实现机械化和合理化。泛美开发银行参与一个集团筹资，与安第斯开发公司、玻利维亚矿业银行和全基督开发合作组织一道，为玻利维亚南部的由采矿人合作社领导的工业矿物项目筹资，提供 200 万美元贷款使用。

国际慈善机构和宗教组织也积极为许多国家的小矿山提供信用资金。信用资金以借用的方法提供，通常提供给采矿者团体，如合作社和协会。多数情况下，资金都用于改进开采技术，并已经增加了生产率；有时也存在增加就业。自 1988 年，全基督开发合作社自己就提供了近 150 万美元的贷款给矿业合作社，用于矿山的恢复和机械化项目。

技术开发

近来，已经在许多发展中国家出现采选矿设备的更新。如津巴布韦开发了用于开采砂金矿石的柴油动力湿法处理机，一些大型矿业公司已经运用这种设备进行二次加工，小矿山采矿人则用于初始生产。该设备已经出口到非洲其它少数国家使用。在加纳，“小矿山计划”正在试验不同型别的摇床的木制流矿槽和重力注水控制系统，以提高金回收率，使其使用本地原材料。正在准备立项以促进其配售和使用。

重金属分离和砂矿回收系统的精选技术提供了一个难得的机会，由较小的北半球设备制造厂开发的、最先作为大型企业的勘查和检测工具销售的新设备，具有为大型手工采矿和扩大规模开采作为生产设备的前景。可惜的是，销售方面的努力尚未做到能使该技术在发展中国家里得到最大的应用。但是，即使这种技术在发展中国家当地可以买到，在许多发展中国家，手工采矿人个人也没有足够的财力购买这种进口的设备。

适于小矿山采用的工艺革新尚未推广到发展中国家，这是由于存在各种贸易、销售、执照特许、资金短缺等障碍。许多已经开发了并在发展中国家当地应用的技术革新，本国的小矿山还不知道。必须探索一些方法，铲除障碍，促进技术转让。

减轻不利的环境影响

与大规模采矿相比，由小规模采矿造成的环境风险的程度一直是个有争议的问题，但在出现矿产热的条件下，对环境造成严重负面影响的这种可能性却无须争论。在这种情况下，采矿人常常没有经验，置以前的矿权人或土地使用权人的权利而不顾。对生态环境的影响是集中的和直接的，是由特别的、无计划的、有时是危险的和不合理的乱采滥挖造成的。亚马逊平原的砂金矿开采就是如此，这里，水系由于混汞法随意使用汞已经造成污染，沿岸的环境由于不加控制地机械剥离，河岸和河床普遍被破坏。小型手工及机械开采都造成这类问题。

近些年来，在津巴布韦，一些河流沿岸的非法工匠采金活动蜂涌而起。政府意识到这已经造成环境大患，迅速转向建立法律框架，促进管理和减少沿公共水道手工采矿引起的环境破坏的法规框架。该法律给地方委员会以经济权限，控制和监督当地手工开采作业，并且开采权仅限于给当地居民。已经遇到来自地方委员会的一些阻力，这些阻力就是由于缺乏或不懂技术知识。如果这些问题能够得到解决，就可以建立起一种利于处理好未来开矿热潮形势的有效途径。

手工采矿现有的技术工艺和开采战略，已经可以减轻环境危害和影响。但是即使引入有关矿山实践和技术的革新都是不容易办成的。低成本的汞循环换热提纯技术，一些国家的手工采金矿人是可以得到这种技术的，但至今仍未得到重视或合理使用。即使在推广此工艺时经细心计划、分期执行(如哥伦比亚的索托马约的 GTZ 试验项目)，这种技术的采用最初也是受到抵制的。在这种情况下，适用技术的可得性及其成本并不是一个问题。虽然使用有害化学品及其工艺的技术和组织方案需要在野外进行和试验。在许多情况下，成功地减少灾害必须和政治意愿和教育紧密结合起来，要有合理的法规与技术方案。加纳政府认识到了这一问题，并同意手工采矿人可以不履行恢复法规，但应承担恢复废弃地区的最终责任。

妇女参与

妇女参与小规模采矿活动虽有增长，但仍比较有限。虽然妇女已进入小矿山的几乎所有方面，包括企业管理、生产、销售和服务方面，某些规定和因素仍对她们限制严格。除面临所有小规模采矿人所面临的共同困难外，妇女完全参与还面临另外的障碍，有时是法律的，更常见的是文化上的和社会方面的。

除一般化的和仅仅定性的情况除外，还不可能确定参加人数、甚至弄清妇女参与这个群

体的实际情况，即使有一点儿，国家统计中也尚未按性别调查参与的劳动大军。有关小矿山的社会经济方面的宏观和微观两方面都研究得很少，而性别情况和问题才刚刚开始明确提出来。如果妇女能够更好地利用这种活动带来的机会，也还必须清楚地确定最严重的制约因素，了解其对妇女能够参与的各种影响，以利最终加以中和消除。

要努力发展关于妇女参与这个群体的特别行动的国家政策，就必须认识和解决地方实际问题。政府的一个重要作用就是保证性别问题进入国家的政治议程。国家的积极行动在完成战略设想和实施、在形成允许妇女在各个层次上更多地、更有效地参与之前，先必须弥补资料的空白。

非政府组织、公共机构和私人部门也需认识到，他们应在这个进程中起到重要的和建设性的作用。进程的初级阶段包括：

- 收集和分析与小规模采矿有关的性别状况和问题。
- 确定、鼓励和组织目的在于互相支持、联系、自动、培训和提供服务的妇女团体。
- 教育一般公众、敏化专业人士，促进妇女受教育、劳动和在这个领域的就业机会。
- 提供关键的支持服务，促进妇女进入和有效的参与，如照顾儿童，保卫儿童和急救设备的安全地区、野外学校和位于矿区的扩展服务设施。

地方级的机构建设

手工采矿人 and 小业主已经自发地组织或由有创业精神的贸易商组织加入各类矿山协会。这些协会的目的不全相同，抱负也不同。最好的是以促进、支持、加强和保护各个国家的小规模采矿人的权利、福利和利益为目的而组织起来的。其中许多协会为成员提供关于技术、法律、销售、金融、管理和安全方面的信息和咨询；组织培训机会；代表成员的利益与政府沟通和谈判；为成员确定、评价和促进新的投资机会；为和平解决成员间的争端提供方法；为协会成员生产的矿产品保证更好的价格。

在一些国家，已经出现了强有力的组织合作运动。在玻利维亚，许多小规模采矿活动都是通过合作社组织起来的。采矿合作社自发地组织成为地区性和全国性的协会。这些合作社协会帮助成员获得信息、技术帮助、筹集资金、设备和占领市场，已取得程度不等的成功。巴西、中国台湾省、菲律宾、印度尼西亚、多数拉美国家、津巴布韦及其他一些非洲国家也有合作社组织。

地方和国家政府结合：马拉维、津巴布韦和加纳的部分实例

除各国所执行的加强小矿山的零零碎碎的努力外，目前既在草根行动方面，也在国家级开发方面尝试采取联合行动。这些相互结合往往采取地方项目和国家倡议相结合的形式，由国家政府和/或地方机构与非政府组织执行，并常常得到国际资助。所有这些努力既有成功之处，又存在有问题；但都表明，手工采矿的改造和改进是有可能的，尽管道路不容易或不平坦。现将几个这方面努力的例子简介如下：

马拉维

用传统的燃木窑焙烧石灰岩，生产的是低质石灰，同时严重破坏该国南部硬木森林资源。矿山部在技术中介开发集团帮助下，与当地的石灰岩采矿人团体一道，在琴库姆比建立试验性竖式窑。目的不仅要提高熟石灰的回收率和质量，而且要开发一种能燃烧、软木和由该国北部煤田运来的煤的、高效和经济的窑。项目的收益包括：替代制糖业进口的化学级石灰而节约了

外汇，保护了越来越稀缺的硬质木森林资源，何况一个成功的项目还能帮助稳定琴库姆比山区 1500 个以上的以烧石灰谋生的家庭的收入和生计。

成功的先驱研究结果是建成一座商业规模的炉窑，建设了一个地区加工中心，处理外来的原料和采石场生产的原料。对传统的原料处理方法稍加改进(用车运送代替人力搬运)就使生产率大有改善。尽管技术推广过程比当初期望的花费了更长的时间，附近的一些较大的小企业已经陆续安装了自己的竖式炉窑，没靠 ITDG 的技术或资金支持。仅节约燃料一项就证明采纳此法可取得明显的经济效益，而且预期还会出现更大的效益、更高质量的产品和改善收入。新型窑还为当地目前烧石灰及其他行业生产的耐火砖开辟了市场。

津巴布韦

1989 年，在津巴布韦东北部沙姆瓦矿区，建立了一个合同制金选厂和培训中心。中心是由技术中介开发集团援助、津巴布韦小矿山采矿人协会建立的。

这一地区的大多数小型手工开采作业是私人企业所有，这些人采矿的同时也从事其它赚钱的活动，只有极少数矿山主们以前有采矿经验，许多矿山主不住在矿山或矿山附近，而是雇佣当地人用他们的所有权经营矿山。研究了采矿区条件之后决定，要小矿山地区居住的农民矿工改善就业条件和生活质量，首先要提高生产水平，获取可能的资金。经确定，缺乏技术和管理才能，缺乏更有效的、机械开采设备和加工设备是主要的制约因素。

提议执行一些项目的目的在于弥补这些不足，包括技术咨询、开采资助和加工设备，技术与管理培训、信息传播等方面的措施。已建立一个加工厂，后来又进行改造和扩建，扩建工程由各个政府部门和英国地质调查所协助和提供资金；建成了一个钻机租用和爆破服务的机构；组成了一个黄金收购机构；开办了一个示范矿山。

虽然中心由小矿山采矿人协会勾画出了全国和全世界范围的轮廓，并非所有行动都按照计划进行，或按照预期的效益水平运转的。例如，加工厂自开工以来就受到一系列设计和经营上的问题困扰，问题最多的过去是并将继续是全时现场技术决策和支持条款。这些问题已经严重地限制了该项目对某地区采矿人的感召和影响。但中心对地方和对国家的支持已经证实，连续的努力和资金投入是恰当的。此外，中心已经成为全国其它地方学习的典范。该协会的一个地区性分支机构已经成功地在该国南部建一个新的采选矿中心谋得了欧洲经济委员会的资金支持。

加纳

自 1989 年，准许加纳人的小规模采金矿合法化以来，加纳政府的矿产委员会就积极介入促进、支持国内小规模采矿活动，并使之合理化。它主持并赞助执行了一项小规模采矿项目，最近获得了世界银行贷款的和来自 GTZ 的财政和技术方面的支持。该项目包括主管新矿山法和对矿山主提供技术和销售方面援助等方面的一系列活动。

随着开采权签发给加纳人合法化，实施了简化办理开采执照的过程。执照费与地方政府机构分享。该国南部已建立了八个区域中心，每个中心都配置一名采矿工程师(项目雇员)和一名矿山监察员(矿山部派)，登记矿权、提供技术咨询、鼓励地方矿山安全和有效生产。还就地建立一个自由化收购体系，参照国际市场价格，按外汇管理局汇率(相对于加纳银行的汇率)以当地货币支付。产品运到阿克拉的稀贵矿产销售公司直接售出，或卖给该地经注册的买主；产品价格的 3% 为政府留用，作为土地复垦基金。

这项工程运作的前四年中，就登记了近 400 个矿权，收购 4.5 万余盎司黄金。从 1989-1991

年，近 1.2 亿塞迪提交用作土地复垦基金，但尚未开展系统的复垦工作。对金刚石小矿采矿人实行了类似的支持和收购计划，虽然他们的合法地位早已确立。从小矿山收购的金刚石量由 1989 年的 15 万克拉猛增至 1991 年的 54 万克拉。虽然产量于 1992 年回落至 44.2 万克拉，小矿山的产量仍占全国的 90% 以上。小矿山生产的金刚石和黄金为加纳政府贡献了近 7000 万美元的外汇。

近来，此项工程进入一个新阶段，最新近工作是按示范工程的形式进行，建立了塔库瓦矿业中心，中心包括一个分析试验室，一个政府收购机构，矿业部办公室和一个永久性的示范加工厂。另一项活动是开发更有效的加工技术，目的在于提供按规定规格定制的、反映个体矿山资金和技术需求的一揽子设备。这项工作正在与一些当地制造厂合作进行。所有设备都将按现金出售和贷款偿还的原则提供。另一项近来开始的工作是，在中部地区建立了一个试验性信用社，提供设备贷款和流动资金。性别问题也引起很大重视，最近完成了关于妇女参与小矿山活动的初步研究。

虽然进步很大，但小的和大的矿山主们的抱怨声仍不断。集中的问题有：限制小矿山主利用好的地带，继续侵占商业性的采矿特许权，收购小矿山主盗采/盗窃的产品的问题，没有为那些有抱负的、有足够资金实力的、想要开发大型矿山的加纳企业家留有机会。虽然修改适用于大矿山的矿业法与投资法和创立小矿山法典的措施已经成功地鼓励了外国投资者和加纳人加强勘查活动和新矿山开发，而大量适于小矿山机械化开采的中间地带仍勘查不足。

根据迄今获得的经验，工程负责人决定，将区域中心减少到 3 个，使塔库瓦中心成为一个主要的培训、示范和管理机构。为减少购买与支付之间的时间拖延，计划让贵重矿产销售公司在 3 个中心设立收购办公室。在该项目指导和监督下，有关开发工业矿物的问题已开始讨论。最后，小规模采矿法的修改问题近来已经提出，重新修改有关上述的一些问题。

成功地改造所需要的现实条件

手工式或非正规的采矿经营转化成为商业上可行的规模经营是有可能的。同时为企业提供以下一些因素和条件能加快这一改造的过程，包括：

- 有远景的勘探地块的可得性；
- 执行明确的法律和法规框架，其中所有权利、义务和责任界定清楚；
- 许可证申请及报告要求不过分复杂和官僚行政；提供矿权保障；
- 启发一种让采矿人或企业家认为开矿是一种职业、他(她)的矿山是一种实业的心理状态，认定矿床是家产而去精打细算。
- 使小矿山采矿人能够得到按商业化方式经营矿山所要求的知识与技能，包括帐目管理和销售技能、有关的勘查、矿山地质、采矿方法、安全和选矿技术等方面的相当程度的知识；
- 进入离矿山距离合理的市场，这将按照地方贸易价格提供一个公平的收益率，出口矿产品时按照国际市场价格；
- 使用基本的质量合理的勘查、开采、材料装卸、加工和环境控制的工具和技术，包括人力或机械化的方法；
- 合适使用和维护的经验；
- 得到为开发矿山、安装适当的设备、开始生产、使产品进入市场、幸免于突发问题或延误产品支付问题等所需足够的资金；

· 对债务的筹资人和股份持有人的可操作的会计责任。

虽然地方企业扩大经营规模的主要障碍是缺乏完成机械化必须的资金，但对一项成功的改造来说，单有足够的资金不是充分条件，已有的经验表明，重要的是在全部这些方面共同努力。

初级公司能提供另一种现实的途径吗？

一些发起人曾指出，外国的初级勘查/矿业公司可以自己或通过与当地伙伴联合经营，迅速的在以前什么都没有的地方建立新的矿产地。但过去的有限经验表明，改造进程不是简单地向外外国矿业公司敞开大门就能缩短周期或人为启动。通过吸引外资促进小矿山的改造并不是有效的，原因如下。

其一，许多初级公司的主要兴趣是投机，即，查明潜在的有利益的矿床，储量稍加探明，然后即转让矿权，或者是在联合经营基础上与大矿山搞合资，或者卖给大矿业公司收取一笔现金再加上一份剩余权益。投机方法没有在任何地方建立起工业上和技术上可行的小矿山。如果有的话，是开发大中型的、现代化的和机械化的、由外国所有并管理的矿山。在发展中东道国依靠自己的倡议，没有当地伙伴主要的参与，开发小矿山投产成功的初级公司的实例极少。

一些初级公司和投资集团曾企图直接与当地伙伴合作开发新矿。他们建立了地方办公室，达成合股关系，或购买现营的矿山。但是许多问题困扰着，缺少取得许可证和采矿特许权及进口设备方面的明确的指南和管理程序，实际上使许多意图很好的努力都落空了，如由于官僚拖延和重新谈判会使进程中断几个月或者几年。外国公司与当地伙伴之间的、或采矿联合风险经营与地方当事人之间偶尔的争端，很多是按照政治原则而不是按法律原则解决的。很多项目也由于缺乏外国管理队伍的经验与资格而告失败，这严重影响了其作出技术和财务上明智决定的能力。

外国小公司既没有资金去承受长时间的拖延，或纠缠于过长时间的谈判，也往往没有政治能力缩短官僚审批的时间。他们有限的目标、财力的不足和管理方面的薄弱，已经降低了外国小公司作为推动小规模商业性矿业部门发展的一个有效方式的能力。

但是，在作决策、管理基础和风险分摊等方面，与当地的伙伴们联合这一策略需要比大公司更甚。因此，其帮助发展本国矿业部门的潜力仍是看好。正像对手工采矿这一子部门那样，成功的一个重要先决因素就是创造现实的条件。这些条件必须使地方压力对外来的参与和合作进程的影响减至最低程度，以使合作得到合理的机会发展。

其余的挑战

支持促进和加强小规模采矿活动的最有力的论点之一是它们能对农村的发展和农村生活标准的提高作出一定的贡献。这种采矿活动能为其它经济活动提供一个基础，能为发展社会基础设施的开发作出贡献，能极大地改善工人及其家庭和所在社区的生活质量。矿山工人在经济上有可能自立，并成为财富的净创造者，而且财富的大部分仍将保留在社区内。在许多地区，小矿山已经在农村社区的持续干旱、经济衰退、调整时期生存和发展中发挥着必不可少的基本作用。

对于许多个体和社区来说，手工式采矿提供了进入矿业的唯一可行的方式。但这并不是说

在所有情况下均应积极鼓励手工式采矿，也不应该禁止，甚至我们也没有这么暗示。而相反，努力的方向应在于尽可能地使之发展成为更有效、安全和正式的经营方式。这在国内尚无参与工业小规模采矿活动情况下尤为重要。

在许多国家，从事这项活动的机会在法律上是有保证的。对于小规模采矿改造而言，合法化是必要条件，但不是充分条件。它只为更建设性的行动建立了一个基础。各国政府还需重新建立投资者的信心，并建立现实的体制、财政和法律条件，让手工式的小规模采矿活动顺利改造并向更工业化规模发展，包括：

- 在矿业法、环境与安全法规、财政制度中承认手工采矿这一子部门与其他类型采矿有明显区别这一特征，并允许其存在，包括既为手工采矿人也为商业规模的采矿人提供矿权保证；
- 为解决矿业公司、政府与采矿人之间的采矿利益争端建立法律机制；
- 简化登记、报告和批准程序；
- 执行财税鼓励措施，如免税期和免收进口税；取消或限定外汇保留的限制；
- 为小矿山建立保留区。

随着政府撤出市场，就必须建立引导以公平价格或竞争价格出售产品的另外的或新的销售渠道，并促进其发展。这包括直接销售、与海外公司或其在当地方的子公司达成销售合同，培育和加强已有的地方并行市场。还必须作特别的努力，确定和吸引潜在的买主和合法进出口贸易商，购买特种矿石、金属和宝石。努力寻找特殊的途径引导这些商人更接近矿山。

要进一步鼓励各国政府认识到与地方及国际非政府组织紧密合作的可能性；扩大地方参与范围的可能性，包括格外关注教育和性别问题和机会等；建立技术支持体系的可能性；促成地方信用机构、国内再投资于该子部门、与国内外的私人部门合股以及环境责任、职业安全等方面的可能性。

外国私人部门在推进小规模商业化开采业的发展方面能起到积极作用，也能在改进和加强手工式采矿活动方面进行合作。他们自身直接进入小矿山被严格限制或没有存在的可能性，而他们在发展中国家中的存在却对小型生产起到积极的影响。合作与资助可采取多种形式，包括：与当地矿山企业建立联合风险经营，辅助性供应与服务的备付；与当地小规模采矿人建立互补的工作与市场关系；向政府和生产者输送专家；自愿将边际矿床或小矿山返回国家矿产清单；合作或独自发起示范工程、培训计划、矿山学校、小矿山主奖励和竞争等。国内外私人部门能在营销和增值行为中作为股份所有人、开发商、特许购买人、设备制造商和销售商参与。

地方与国际非政府组织的活动有潜力成为草根行动的最有效的途径。非政府组织可以大力推进信息交流和网络化(市场、资源、技术等)；技术开发及其野外示范和推广；加强地方采矿人协会和支持团体；培训和教育；对环境和妇女参与的问题作出反应；得到信贷和有限规模的贷款资金；投资促进和某些特定产品的营销及开发。

最后，国际捐助者、技术援助机构和开发银行这些历史上忽视或未发挥其组织和促进发展中国家小矿山的开发银行必须承担起一个更积极的作用，作为倡议人、项目执行人和/或促进人，在以下领域承担支持性的责任：关键问题和政策领域的基础研究、技术开发、矿产资源评价和数据采集、培训和仪器材料开发、信息交流和网络化、加强机构建设、筹资和投资促进。

美国矿产和采矿业的财务分析

L.Dheeriya

本文研究了过去 20 年间公开上市的矿产和采矿公司的财务情况。研究结果对于矿业界的经理和董事们来说是很有用的。借此他们可以用来将本公司的经营状况与全行业平均值进行对比。本文的研究目的不是作预测，而是作指导，特别是关于几个财务分析手段的运用上。80 年代末因其所负担的沉重债务而使矿产和采矿业发生了巨大的变化。这说明，在困窘的财务状况过去之后，矿业界或者是准备扩建或进行现代化改造，或者是为生存而斗争。

矿产和采矿业是世界上历史最悠久的行业之一。因此，对其进行研究可以揭示出时间演化、技术革新及环境变化对矿业财务状况的影响。正因如此，我们才进行了这项研究，重点是财务状况和未来潜力。其它研究人员所进行的与矿产和采矿业财务状况有关的研究多采用比率分析法或只是简单地讨论其财务来源。而在本文中，过去 20 年间采矿业的财务状况是用比率分析法和一份简化的现金流财务报表进行分析的。为了了解采矿业经营所处的商业环境，我们还将 1991 年采矿业的财务比率与其他主要行业的财务比率进行了对比分析。这些分析结果对于董事们来说是有用的，这可以使他们对矿产工业及其在前 20 年间的发展情况有个整体和全面的认识。采矿业界的经理们可以借此评价矿业在各种经济情景中的运营状况，并可将其自己的经营状况与矿业界平均状况及其他行业平均经营状况进行对比(应该指出，这些结果是根据过去的数字所得出的，这不一定是说明未来经营状况的一个良好指标)。

利用 COMPUSTAT 数据库，我们按照工业标准分类法则(SIC)收集了 1972-91 年间各行业的财务数据，包括：第 1000 类(金属采矿)、第 1040 类(金和银矿)、第 1044 类(银矿)、第 1090 类(其他金属矿)、第 1220 类(烟煤、褐煤开采)和第 1221 类(烟煤、露天褐煤)。时间期限和样本公司的选择完全取决于 COMPUSTAT 数据库中数据的可得性。所以，所选择研究的公司是有偏见的，即主要是在美国股票交易所公开上市的公司，而忽视了采矿业界中的那些非法人的、私人组织。不过，我们仍总共鉴别和分析了过去 20 年中 141 家公司的年度财务报表。将一类中的所有公司合起来计算出工业的平均值。换句话说就是，财政比率按公司的规模进行加权平均计算。资产负债表及收入表中的所有数据均简单地在公司水平上累加。

比率分析

财政比率常用在衡量公司质量指标的一些分析中；然后，一些比率值应在一定时间期限内进行对比。这常称之为比率的“趋势分析”，它能够确定过去的模式，也可被用来作为一种警告信号或预测手段。本文我们分析了矿产和采矿业的 4 类传统比率，即流动比、杠杆比、活动比和获利能力比(各种比率的定义可参见附件 2)。

流动比率

流动性指资产可以容易地转变为现金。资产的流动性很难估量，可用代表物来表示其相对水平：较窄的出标范围，该资产之二级市场的可得性，交易成本，收益与现行市场价格和易转让性的密切程度。为了本文研究的目的，规定流动性现金和非现金资产(包括可营销的证券，应

收帐目)的可得性,以便偿付短期债务(如年内应付款项和其他债务)。流动比率和速动比率是衡量相对流动性的标准。

流动资产除以流动债务即为流动比率,它衡量了一家公司偿付其到期债款的能力。短期负债(应付帐款,应付票据,长期债务中本期到期部分和流动负债)常用作比率标准,因为它们被认为是最紧急债务,需要在年内付清。流动比率表示一家公司所拥有的可以用来偿付 1 美元的短期负债的短期资产数量。当公司遇到债务时,流动比率越高,公司在偿付其债务时的缓冲余地就越大。流动比率的一个缺点或者说一个问题在于,大多数短期资产可能都是一些不能立即变现的资产,如库存等,这样就会给流动性一个错误的指示。为了克服流动比率的这一弱点,我们可以计算速动比率这一比值,即用“速动资产”(主要是现金、有价证券、应收帐款)除以流动负债。由于速动比率反映了可用于偿付

付债款的现金和近似现金的资产的直接可得性,所以比较好地指示了流动性。例如,速动比率 1

1 表明,一家公司有 1 美元的短期债务,就有 1 美元的现金或类似现款的资产。流动比率和速动比率理想的标准值分别应为 2 1 和 1 1。

计算了 141 家公司和矿业大类中各行业 1972-91 年年间的流动比率。图 1 和图 2 分别绘出了金属采矿业、金和银矿石采矿业、烟煤和褐煤开采业和矿业全行业的流动比率和速动比率曲线。

烟煤和褐煤露采业的偿债能力在过去 20 年间看来是恶化了,因为有证据表明其流动比率和速动比率在这期间有下降的趋势。采煤业的偿债能力问题不象其它采矿行业那么严重,因为其速动比率均大于 1,这表明在年内他们所欠的每个美元中,他们都拥有 1 个美元现金或类似现金的资产。金属采矿业在过去 10 年中的清偿力问题比较严重,但最近有得以改善的迹象。在过去 2 年中煤炭开采业的偿债能力受到动摇,这可能是由经济衰退所造成的。总的看,目前采矿全行业的短期偿债能力处于边际地位,其速动比率为 1.2,但要警惕,仍存在着速动比率降至 1 1 以下的危险。

杠杆比率

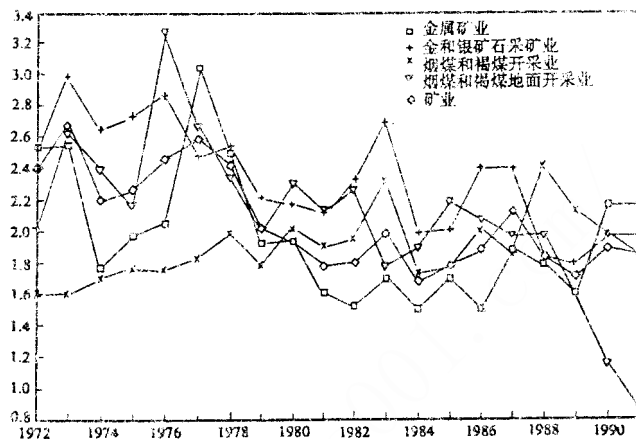


图 1 流动比率(倍数)

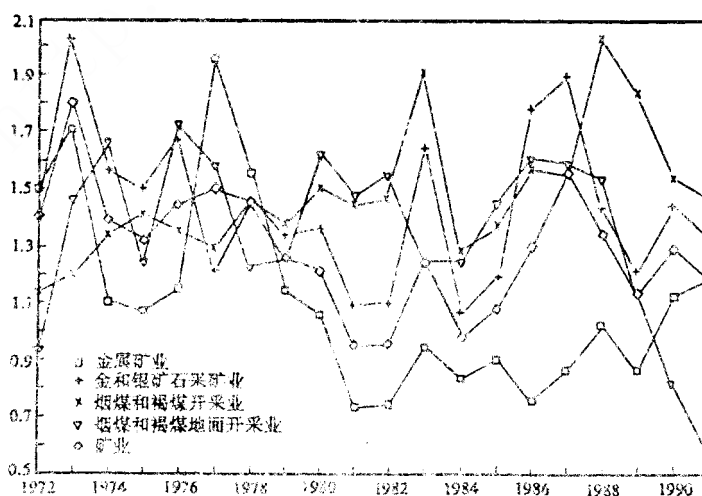


图 2 速动比率(倍数)

流动率和杠杆率能够指示潜在的可能会引起灾难性后果的问题。一般情况下，如果一家公司经营得不好，它就没有能力及时偿还债务。它可以依靠追加借贷来克服清偿危机。如果这些问题持续下去，偿还追加债务的问题将把公司推向更深的困境，并最终导致其破产。杠杆率衡量的是一家公司债务筹资的程度。一家公司之债务总额和债务在公司总资本结构中所占的百分比对于财务分析人员来讲是特别重要的，因为风险和收益总是并存及平衡的。无力支付利息和本金将导致破产。另一方面，当一家公司的收入足够多可以支付与债务有关的固定费用时，则股东收益率将因利用了长期债务而大为增加。

杠杆比率及其定义分别为：

$$\text{债务比率}(\%) = \frac{(\text{负债总额} - \text{股东权益})}{\text{总债务}}$$

$$\text{债务股本比率}(\%) = \frac{(\text{负债总额} - \text{股东权益})}{\text{股东权益}}$$

$$\text{固定费用盈利与利息比率}(\%) = \frac{(\text{固定费用} + \text{所得税} + \text{净收入} + \text{少数股权})}{\text{固定费用}}$$

债务比率表示公司长期筹资方案中(债务和股本)所使用的长期债务的程度。债务股本比率衡量的是债务和股本资金的相对作用。债务所占的比例越高，破产的风险越大。采矿业的杠杆比率(债务比和债务股本比)见图3、图4、

在1985年之前,烟煤和褐煤露天开采行业同黄金开采业的长期债务负担是明显不同的。从1976年到1982年,烟煤和褐煤露天采矿业的债务负担从占总资金的55%上升到80%，这主要是考虑矿山扩建和进行现代化改造。而另一方面,金矿业在15年间一直保持其40%的债务水平。1987年金矿部门增加借贷,但以后又基本稳定在50%。债务股本比率也反映了这么一个相同的趋势,即在全行业的资本结构中股本多于债务。

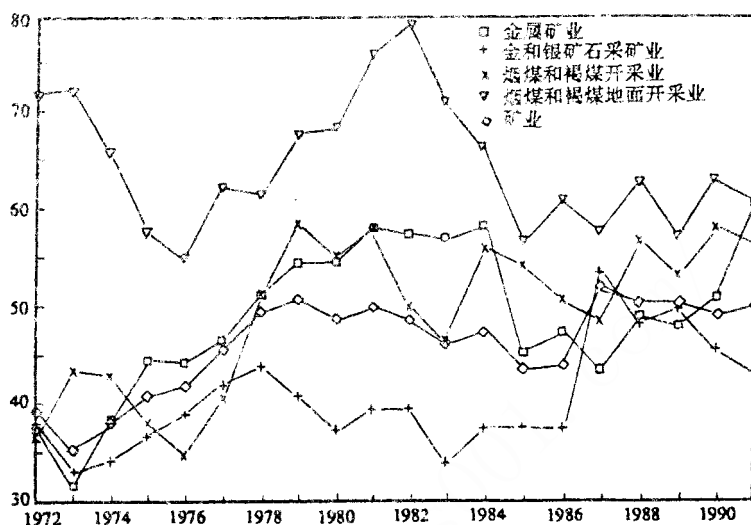


图3 负债比率(%)

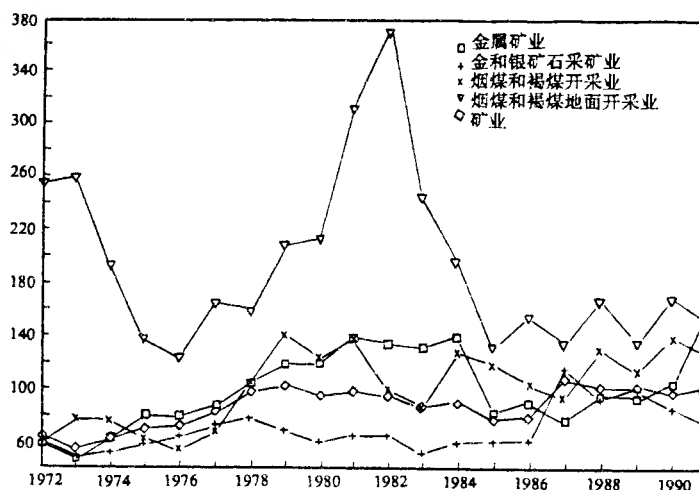


图4 债务股本比率(%)

通过分析固定费用盈利与利息比率可以看出追加借贷对财务状况的影响和破产的危险性。固定费用盈利与利息比率高，表示该公司有较多的利润以偿付其固定债务，如利息、租赁和租费。固定费用盈利与利息比率下降表明，利润将持续缩减，并将导致无力偿付股息，因为公司必须首先履行其法律债务。一个公司若要从举债筹资中获得利益，其固定利息支付和其它固定费用(如租费)支付必须要少于其经营收入中可以偿还的数量。固定费用盈利与利息比率越高，一家公司所可付的年度固定费用的次数就越多，公司股东将得到更多好处。

1985 年金属采矿业的固定费用盈利与利息比率变为负数，这一事实导致金属采矿业在这一年将长期负债率从 57%降至 45%(见

图 5)。对于采矿全行业来说，这一比率是一直在下降的，这可能是经济衰退的影响。最近几年这一比率的不断下降可能是一个警告信号，因为它将导致清偿危机，最终导致破产。为昂贵的债务再集资，或若有流动资金的话再偿还未付债务可能是在将来避免清偿能力问题的一条路。

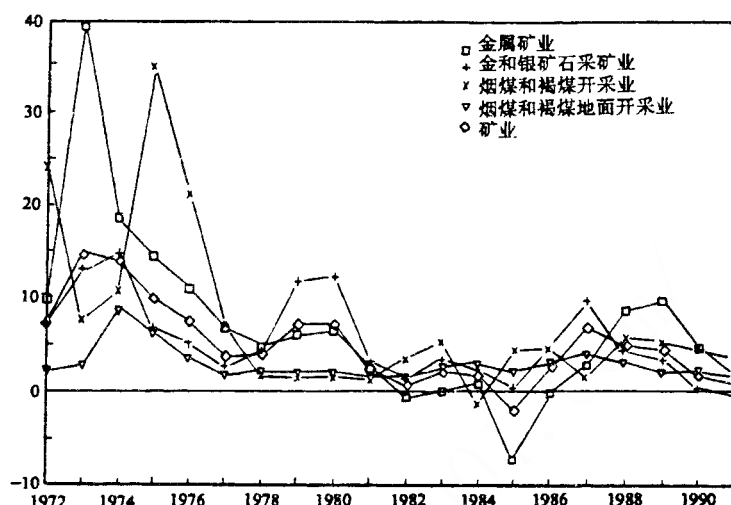


图 5 固定费用盈利与利息比率(%)

活动比率

一家公司的经营状况可以通过活动比率来衡量。这些比率表明了公司资源利用的管理效率。从传统上讲，所研究的资源包括：应收帐款、存货、长期资产和总资产。平均收款期是衡量应收帐款利用情况的一个指标。

帐款平均收款期表明了向客户要帐所需要的时间长短。它是由用应收帐款余额除以日平均赊销额所决定的。应收帐款平均收款期有助于衡量应收帐款的流动性。它还提

供了有关公司信贷政策的信息。例如，如果帐款平均回收期随时间而增加或高于该行业平均水平，就表明该公司的信贷政策是太宽厚了。另一方面，如果公司的信贷政策太严格，即平均收款期下降或低于该行业平均水平，则这意味着该公司要失掉客户，将够资格的客户拱手交给其竞争对手。

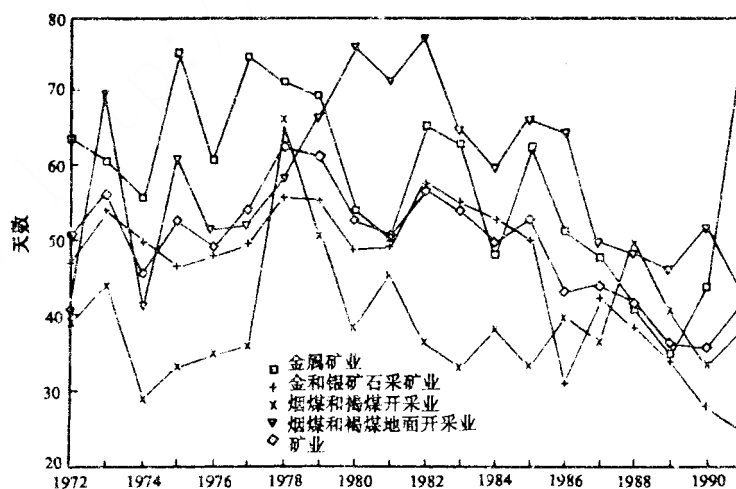


图 6 帐款平均收款期(天数)

为了确定应收款项的管理情况，应该将帐款平均回收期与公司所宣布的信贷政策作比较。如果帐款平均回收期持续高于公司所宣布的信贷政策，那么就需要加强收款工作了。一般情况下，在经济衰退期间，这一比率将增加，因为客户自己的销售额下降，其付款需要更长的时间。除煤和褐煤露天开采业之外，所有其它的采矿行业均经历了一个应收帐款平均收款期增加的过程。80年代末矿业全行业的收款情况均明显好于70年代(1981年的57天到1991年的42天)(见图6)。造成这一趋势的原因之一是，在经济衰退时期公司将更加强调盈利率。

库存周转期(以天计)表示从原材料到产品销售所需要的时间。它反映了公司管理和销售库存的效率。库存周转期低反映了公司管理库存有效并可以盈利；它还意味着削减存货，失掉订单，价格下跌和材料短缺。在采取任何行动之前都必须先解释库存周转期高或低的原因。在本文中，库存周转期(以天计)是用存货量除以日均净销售额来计算的。

烟煤和褐煤露天开采业的库存周转期要远远低于其它采矿部门(见图7)。80年代经营状况的这一指标有很大提高，但有迹象表明，90年代初由于经济衰退情况可能会恶化。

长期(固定)资产周转率和总资产周转率是用来评价投资于资产形成销售的管理效率的两种方法。固定资产周转率是净销售额除以固定资产，总资产周转率是净销售额除以总资产。固定资产周转率考虑的是公司在不动产、厂房和设备上的投资，对于资金密集型的公司比较有用。总资产周转率表明公司所有资产的管理效率。一般说，资产周转率越高，公司越能获利。若某公司的资产周转率相对于其行业平均水平很低，则意

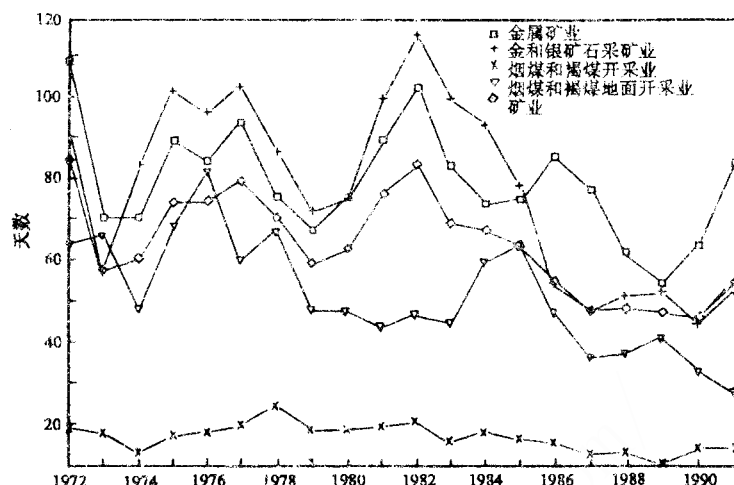


图7 库存周转期(以天计)

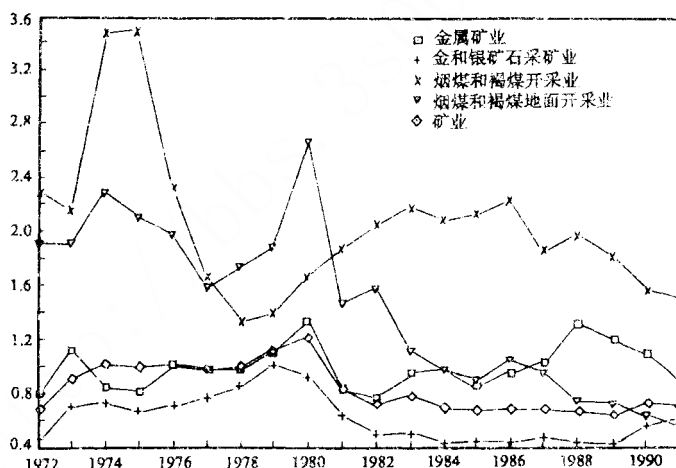


图8 固定资产周转率(倍数)

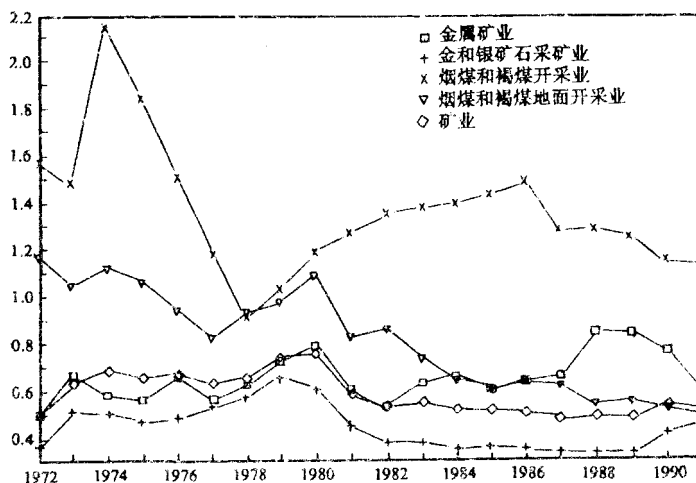


图9 总资产周转率(倍数)

味着销售工作很缓慢，或公司正在进行资产的现代化改造工作。长期或总资产周转率提供了更全面的公司经营状况(见图 8 和图 9)。

在所有各采矿部门中，煤和褐煤开采业的资产利用效率最高，金和银矿开采业最差。这是由于金和银采矿需要更现代化的设备，因此使得资产的实际成本贬值了。利用陈旧设备的历史悠久的行业其资产基础低，所以在一定的销售水平上，其资产周转率显示了较好的资产管理情况。

盈利率比率

盈利率比率反映公司经营业绩的底线。对管理层而言，所有的盈利率比率都是相关的。但对股东来说，其权益的收益率更为重要。净收入与销售额的比率和总资产收益率同样反映了公司一段时间内的获利能力。盈利率比率计算公式如下：

$$\begin{aligned}\text{净收益与销售额的比率}(\%) &= \frac{\text{普通股股东的有效净收益}}{\text{销货净额}} \\ \text{资产总额收益率}(\%) &= \frac{\text{普通股股东的有效净收益}}{\text{总资产}} \\ \text{股东权益收益率}(\%) &= \frac{\text{普通股股东的有效净收益}}{\text{股东权益}}\end{aligned}$$

净收入与销售额比率反映了考虑到所有收入和支出后的盈利率。资产总额收益率和股东权益收益率这两个比率表示公司管理其资产及其为所有人创利的效率。这些比率总结了一段时间内公司的财务状况。股东权益收益率对投资者来说非常有用，因为它可以与具有类似风险的另一种投资方案的收益率情况进行对比。

金属采矿业在 80 年代前半期经历了一段不盈利的时期(见图 10、11 和 12)。矿业各行业的利润率从 1986 年起开始提高，但最近又有所下降。下降是经济衰退的指示剂，因此对未来应更加保守。股东收益率的变化趋势与此相同，即在 80 年代中期无利阶段过后收益率提高了。股东投资的收益率在近几年逐渐下降，并将有可能持续下去。在当前的商业环境下，这一结果并不令人惊奇。除非盈利率(由股东权益收益率表示)能得以提高，否则采矿业将难以吸引新的资金，不论是人力资源还是货币资本。

总之，比率分析的结果表明，在近期内矿业界将出现财务上的麻烦问题，除非矿业界能够采取措施提高获利能力

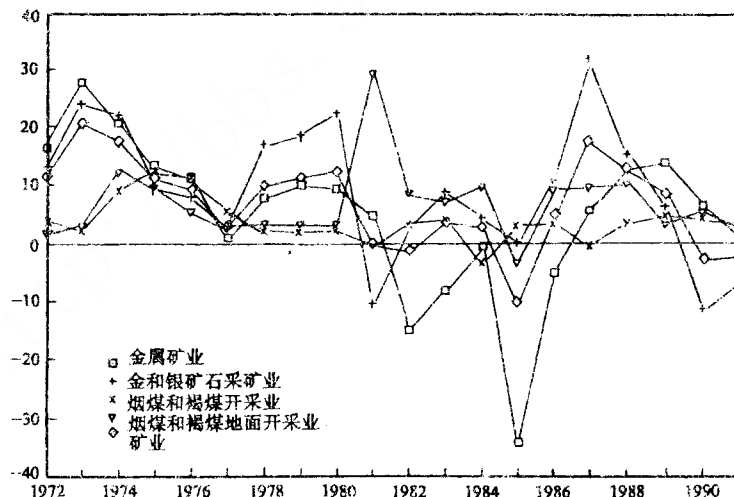


图 10 净收益与销售额的比率(%)

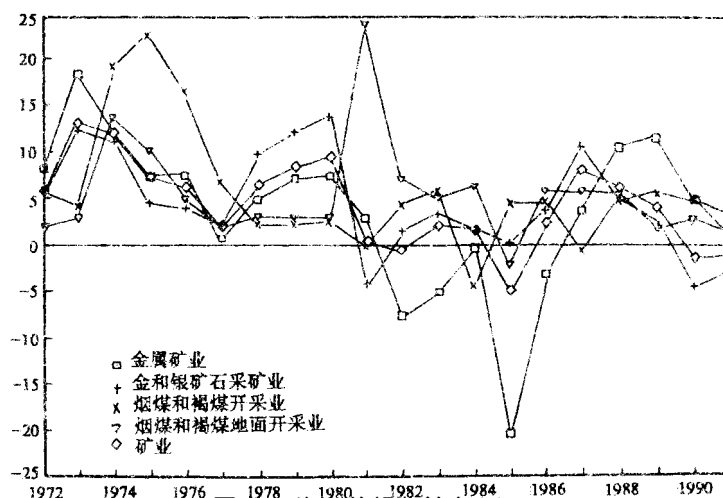


图 11 资产总额收益率(%)

和偿债能力(编者注：西方矿业界的财政困境在 90 年代初一直困扰着各矿业公司，但在 1995 年有根本性好转)。

现金流分析

分析矿业发展状况的另一种方法是，了解他们是如何挣得和花掉其资金的。现金流报表对于确定矿业界财务上是否谨慎以及是否会出现财务问题是非常有用的。为了使报表明了起见，我们看看下面这个例子。假设年初你拥有 100 美元的现金余额，年底有 180 美元。现金流报表将你的现金余额变化(80 美元)分解为以下几各类型：

- 来自经营活动的现金流；

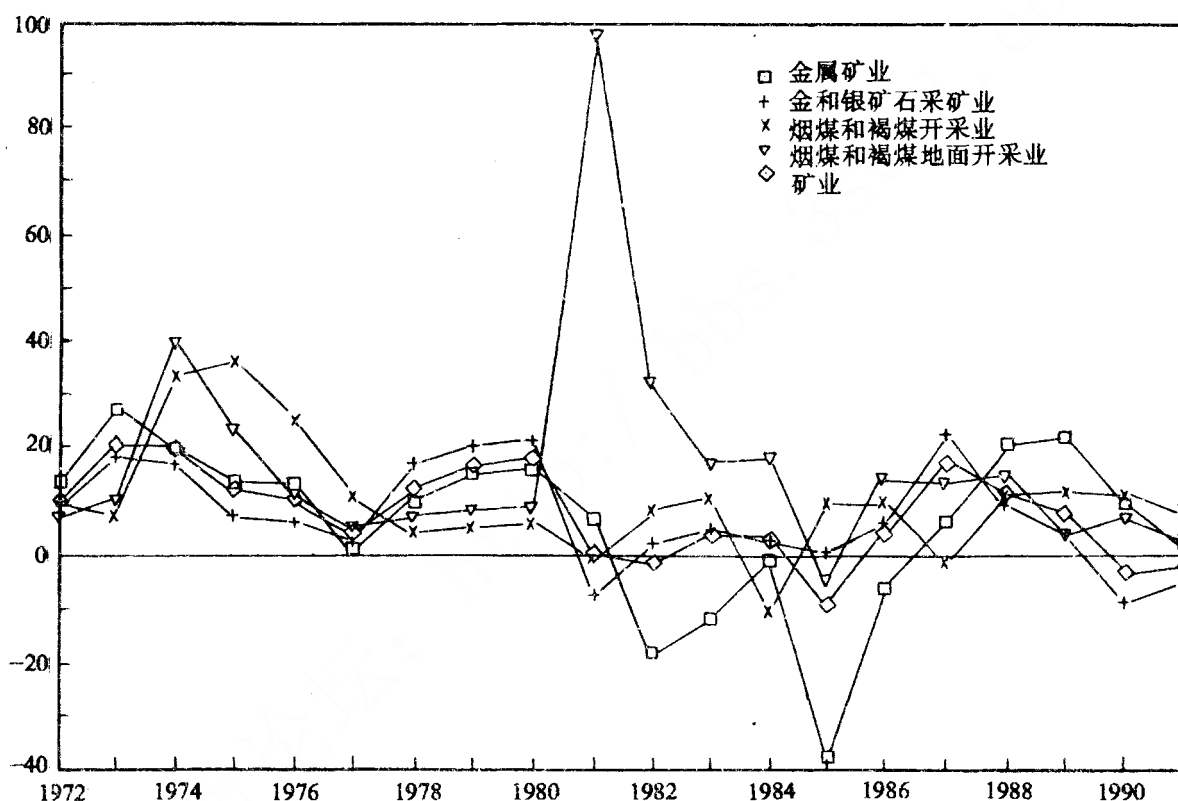


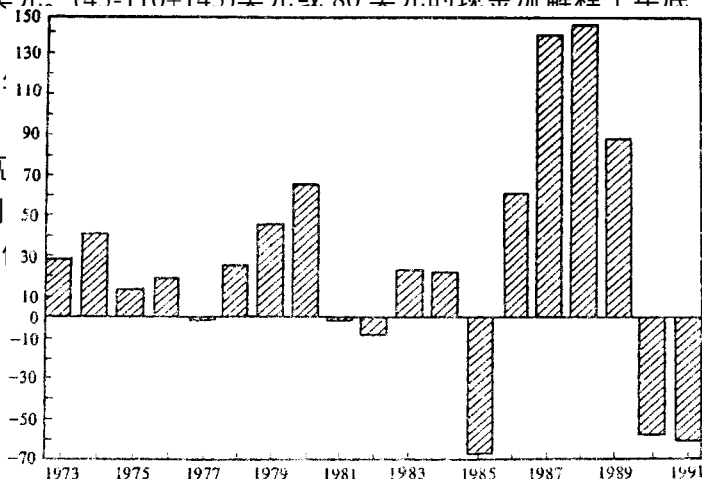
图 12 股东权益收益率(%)

- 来自投资活动的现金流；
- 来自筹资活动的现金流。

在这个例子中，80 美元的现金余额变化是这么造成的：从经营中获利 45 美元，购进高价设备花费 110 美元，从朋友处借到 145 美元。(45-110+145)美元或 80 美元的现金流解释了年底现金余额中所增加的 80 美元。

我们计算了在过去 20 年间矿业界每：活动的现金流。

矿业界在 70 年代总体上是盈利的(页少，并于 1985 年达到最低点。自 1985 到而开始下降(90 年代初)。现金流的形成和



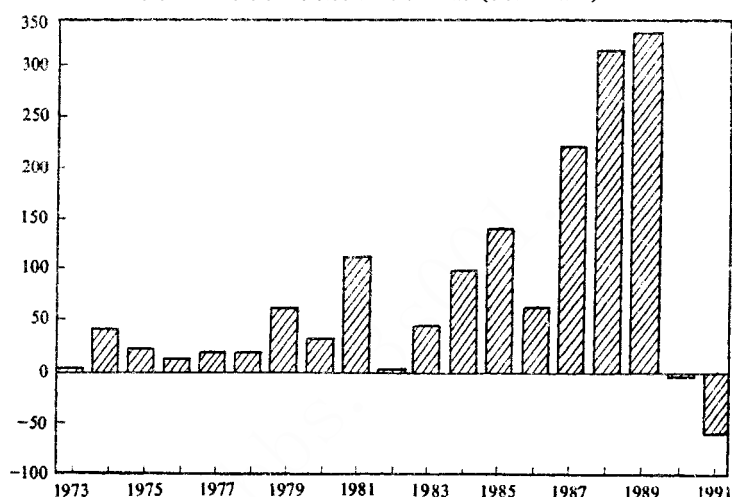
1985 年对于矿业界来说是不同寻常的一年，从盈利率比率、杠杆比率和流动性比率均可以看出这一点。在今后几年中，来自经营的净现金流可能仍将是负值，除非矿产品的整体销售情况转好(1994-95 年开始好转——编者注)。

净资本支出是公司在长期或固定资产上的支出。净资本支出稳定增长表明矿业在不断发展和扩建或逐步实现现代化改造。80 年代后半期矿业界的投资额度巨大，但在 90 年代初又开始大力压缩投资规模(见图 14)。80 年代中期矿业界增加借入款项，目的可能是为现代化改造而筹资。最近一些公司很可能被迫让产易股(出让股权)、改组改造或停业关闭。

80 年代末的巨额投资是否能解决矿业的财务问题尚待观察。

来自于筹资活动的现金流采取两种形式：新的借贷和/或发行新的股票。采矿业界在 80 年代后期借贷的数量很大，主要是为现代化改造筹资的(见图 15)。在 70 年代借贷数量相对少于 80 年代。1991 年来自筹资的现金流为负值，这是由于消减债务或刚偿还了高额债务。现在尚不明朗的是，作用于矿业界的财务杠杆的负面影响是否会有机会有效地利用这一杠杆作用。

图 13 来自经营活动的现金流(百万美元)



1991 年间其它工业部门的财务状况

为了更好地了解矿业部门的财务状况，有必要将其与在给定的时间范围内其它工业部门的财务状况进行对比。矿业与其它工业部门的对比可以揭示出矿业部门的优势和劣势方面。它还可以说明矿业部门的财务现象是否会在其它产业中出现。我们计算了其它十种行业(食品加工、化工、肥料、钢铁、机械、计算机、电子、汽车、货运和零售部门)1991 年的财务比率以确定其流动性、杠杆作用、活动性和获利能力，并将其与矿业部门的财务比率进行了对比。表 1 列出了所有各主要行业的财务状况，包括采矿业各部门。

表 1 1991 年矿业与其它行业财务比率的对比分析

	流动比率		杠杆比率			活动比率				盈利率比率		
	流动比 (倍数)	速动比 (倍数)	债务比 (%)	债务股 本 比 (%)	固 定 费 用 盈 利 利 息 比(%)	平均收 款 期 (日)	库存周 转 期 (日)	长期资 产周转 率 (倍 数)	总资产 周转率 (倍数)	净收益 与销售 额比率 (%)	资产总 额收益 率(%)	股东权 益收益 率(%)
食 品 加 工 (2000)	1.115	0.537	71.425	250.000	5.499	40.831	53.215	1.295	0.924	8.002	7.395	25.879
化工(2800)	1.322	0.716	65.771	192.000	2.983	66.881	57.937	1.564	0.939	3.848	3.611	10.550
肥料(2870)	1.301	0.720	85.368	583.428	1.293	58.523	55.734	1.183	0.802	0.606	0.486	3.322
钢铁(3310)	2.118	0.903	65.929	193.505	0.638	47.711	69.630	3.081	1.489	-1.701	-2.532	-7.432

机械工具 (3540)	1.426	0.670	81.964	454.447	1.086	59.533	67.743	1.470	0.922	-1.064	-0.982	-5.442
计算机系统 (3570)	1.410	0.953	61.404	159.091	1.605	102.67	62.909	1.847	0.845	0.601	0.508	1.316
电子(3670)	2.011	0.962	48.272	93.317	3.267	57.048	53.037	3.621	1.397	1.065	1.488	2.877
汽车(3711)	1.096	2.912	77.496	344.364	0.594	156.08	36.757	0.967	0.810	-1.814	-1.469	-6.529
货运(4210)	1.087	0.738	57.167	133.463	11.99	32.791	1.141	2.361	1.651	4.717	7.786	18.177
零售部门 (5311)	2.070	4.431	83.109	492.049	1.410	111.40	6.340	0.997	0.843	-0.533	-0.450	-2.662
金属开采 (1000)	2.155	1.183	60.464	152.932	1.889	75.870	84.082	0.876	0.583	1.561	0.910	2.301
金银矿石 (1040)	1.958	1.332	42.787	74.785	-0.43	24.644	52.921	0.603	0.442	-6.814	-3.015	-5.270
银矿石(1044)	9.805	7.830	30.647	44.189	-4.98	37.158	71.150	0.452	0.221	-35.97	-7.948	-11.461
其它金属矿 石(1090)	0.442	0.250	66.194	195.804	0.492	61.342	14.179	0.410	0.341	-1.182	-0.403	-1.191
烟煤采矿 (1220)	1.852	1.465	55.889	126.700	3.556	38.377	25.742	1.516	1.132	2.860	3.236	7.337
烟煤露采 (1221)	0.863	0.559	60.500	153.166	1.537	42.307	27.437	0.546	0.480	2.383	1.144	2.896
所有采矿行 业	1.844	1.195	49.792	99.173	0.847	41.878	54.461	0.694	0.510	-2.610	-1.330	-2.650

就流动性(清偿能力)而言,1991年采矿业的运营好于除汽车和零售业外的其它主要行业。采矿业的资本结构中,占近一半,而其它主要行业债务占60%以上。这是一个很理想的迹象,这表明矿业部门仍有能力借到更多的钱。但是,矿业部门的固定费用盈利与利息比率小于1,这表明矿业很容易陷入财务困境,如果不能偿还固定费用的话。有鉴于此,建议矿业应首先提高其获利能力,然后再考虑可能的发展。

矿业部门的短期资产利用情况(库存和应收款项)看上去要好于其长期资产的利用情况。其它行业的长期和总资产利用情况较好,这可能是由于其利用了更现代化的设备,资产基础小(例如钢铁、电子、货运和计算机等部门),但他们在回收应收款项和库存周转期方面表现相对较差。

1991年大多数行业(食品加工、化工和货运业例外)的盈利率较低。在这一年内,采矿业和零售业、钢铁、汽车、机械等行业,亏损严重。造成这种现象的原因之一在于,这些行业是资本密集型产业以及财务杠杆作用累积的负面影响。

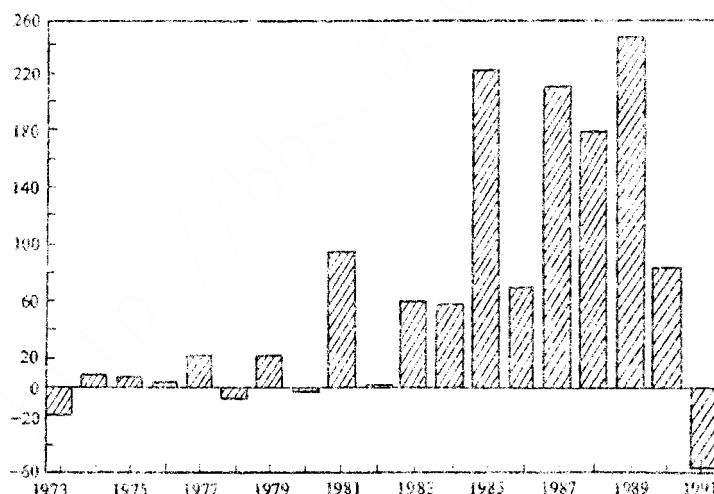


图 15 来自于筹资活动的净现金流(百万美元)

结 论

财政分析表明,矿业在80年代发生了巨大的变化。矿业部门在80年代末为进行现代化改造而借了更多的钱。90年代的矿业看来形势也不容乐观,因为它们背上了新的债务、加上过剩的生产能力和较低的盈利率情况(这是90年代的情况。1995年起出现了相对乐观的前景——编者注)。如果经济复苏得慢,则债务和资产的同步增长将严重阻碍和破坏矿业的发展。本文的研

究结论是一般性的，不适合于一家具体的公司。矿业部门如何克服增长了杠杆作用和与较低的利润率情况作斗争，我们将拭目以待。

附录 1 所研究的公司名单

金属采矿公司(SIC 1000)

- 1.AG Armeno Mines and Minerals
- 2.Aber Resources Ltd
- 3.Alaska Apollo Gold Mines Ltd
- 4.American Consolidated Growth
- 5.Armistice Resources Ltd
- 6.Atlas Construction and Development
- 7.Avino Mines and Resources Ltd
- 8.Benguet Corp
- 9.Bethlehem Resources Corp
- 10.Breakwater Resonrces Ltd
- 11.Caprock Cprp
- 12.Cleveland-Cliffs Inc
- 13.Consolidated NRD Resources
- 14.Curragh Inc
- 15.Cyprus Minerals Co
- 16.Formosa Resources Corp
- 17.Resources McMor Copper and Gold
- 18.Highwood Resources Ltd
- 19.Hudson Bay Mining and Smelting
- 20.Merlin Mining Company
- 21.Metropolitan Mines Inc
- 22.Midnite Mines Inc
- 23.Pacific Sentinsl Gold Corp
- 24.Scintilore Explorations Ltd
- 25.Standard Metals Corp
- 26.Timberline Minerals
- 27.Timberline Minerals
- 27.Cusac Industeies Ltc
- 28.DRX Ind
- 29.Dvidson tisdale Mines Ltd
- 30.Dickenson Mines Ltd
- 31.Eastmaque Gold Mines Ltd
- 32.Echo Bay Mines Ltd
- 33.Equity Au Inc
- 34.FMC Gold Company
- 35.Federsl Resources Corp
- 36.Firstmiss Gold Inc
- 37.Fischer Watt Gold Inc

金和银矿石采矿公司(SIC 1040)

- 1.Van Diemen s Co Ltd
- 2.Attn Aveca Aentertainment
- 3.Agnico Eagle Mines Ltd
- 4.Alaska Gold Co
- 5.Alta Gold Inc
- 6.Amax Gold Inc
- 7.American Barrick Resource
- 8.American Eagle Resource Inc
- 9.American Fibre Corporation
- 10.Anglo Swiss Industries Inc
- 11.Atlas Corp
- 12.Battle Mountain Gold Co
- 13.Belmoral Mines Ltd
- 14.Bond Intl Gold
- 15.Brush Greek Mining and Debelopment Co
- 16.Bull Run Gold Mines Ltd
- 17.Campbell Resources Inc New
- 18.Canyon Resources Inc New
- 19.Centurion Mines Corp
- 20.Citadel Gold Mines Inc
- 21.City Resources Canada Ltd
- 22.Consolidated Nevada Goldifields
- 23.Consolidated Professor Mines
- 24.Coral Gold Mines Inc
- 25.Cotnucopia Resources Ltd
- 26.Crown Resources Ltd
- 68.North American Metals Corp
- 69.North Lily Mining Company
- 70.Northgate Exploation Ltd
- 71.Morthwest Gold Corp
- 72.Nugget Exploration Inc
- 73.Pegasus Gold Inc
- 74.Piedmont Mining Co Inc
- 75.Placer Dome Inc
- 76.Plexus Resources Corp
- 77.Polestar Explotation Inc
- 78.Quartz Mountain Gold Corp
- 79.Quebec Sturgeon River Mines

38.Franklin Consolidated Mining
39.Galactic Resources Ltd
40.Gexa Gold Corp
41.Glamis Gold Corp
42.Gold Express Corp
43.Gold King Consolidated Inc
44.Gold Standard Inc
45.Golden Cycle Gold Corp
46.Golden Knight Resources Inc
47.goldex Mines Ltd
48.Granges Inc
49.Greenstone Resources Ltd
50.Hecla Mining Company
51.Hemlo Gold Mines Inc
52.Homestake Mining
53.Horizon Gold Corp
54.Inland Gold Mines Inc
55.International Corona
56.International Tournigan
57.La Teko Resources Ltd
58.Lac Minerals Ltd
59.Lesdville Mining and Milling
60.Levon Resources Ltd
61.Minven Gold Corp
62.Montana Precision Mining Ltd
63.Mother Lode Gold Mines
64.Muscocho Explorations Led
65.Newmont Gold Company
66.Newmont Mining Corp
67.Nord Pacific Ltd

银矿石公司(SIC 1044)

1.Clayton Silver Mines
2.Coeur D Alene Mines Corp
3.Intl Dusty Mac ecterprises
4.Rea Gold Corp

80.Republic Goldfields
81.Royal Gold Inc
82.Royal Oak Mines Inc
83.Silverado Mines Ltd
84.Sonora Gold Corp
85.Sphinx Natural Resoyrces
86.Stan West Mining Corp
87.Starmin Mining Inc
88.TVX Gold Inc
89.USMX Inc
90.US Gold Corp
91.Vanderbilt Resources Ltd
92.Viscount Resources Ltd
93.Whatf Resources : td
94.Yuba Westgold Inc

其它金属采矿公司(SIC 1090)

1.American Nuclear Corp
2.Bokum Resources Corp
3.International Muato Exploration Ltd
4.International Platinum Corp
5.Nord resources Corp
6.Uraniny Resources Inc

烟煤、褐煤公司(SIC 1220)

1.Ashland Coal
2.rochester and Pittsburgh Coal
3.Westmoreland Coal

烟煤、露采褐煤公司(SIC 1221)

1.AOI Coal Co
2.Addington Resources Inc
3.Gulf USA Corp
4.Nerco Inc

附录 2: 财务比率的定义

流动比率

$$\text{流动比率(倍数)} = \frac{\text{流动资产总额}}{\text{流动负债总额}}$$

$$\text{速动比率(倍数)} = \frac{(\text{现金} + \text{短期投资} + \text{应收款项})}{\text{流动负债总额}}$$

杠杆比率

$$\text{债务比率(\%)} = \frac{(\text{负债总额} - \text{股东权益})}{\text{总债务}}$$

$$\text{债务股本比率(\%)} = \frac{(\text{负债总额} - \text{股东权益})}{\text{股东权益}}$$

$$\text{固定费用与利息比率(\%)} = \frac{(\text{固定费用} + \text{所得税} + \text{净收入} + \text{少数股权})}{\text{固定费用}}$$

活动比率

$$\text{平均收款期(日)} = \frac{\text{应收款项} \times 360}{\text{销货净额}}$$

$$\text{库存周转期(日)} = \frac{\text{库存} \times 360}{\text{销货净额}}$$

$$\text{长期资产周转率(倍数)} = \frac{\text{净销售额}}{(\text{总资产} - \text{流动资产})}$$

$$\text{总资产周转率(时间)} = \frac{\text{净销售额}}{\text{总资产}}$$

盈利率比率

$$\text{净收益与销货额的比率(\%)} = \frac{\text{普通股股东的有效净收益}}{\text{货净额}}$$

$$\text{资产总额收益率(\%)} = \frac{\text{普通股股东的有效净收益}}{\text{总资产}}$$

$$\text{股东权益收益率(\%)} = \frac{\text{普通股股东的有效净收益}}{\text{股东权益}}$$