

信息中心系列成果(十七)

《国家基础性、公益性地质调查需求分析及对策研究》成果之二

# 国外矿产勘查形势与发现

项目主管单位：中国地质调查局

项目承担单位：国土资源部信息中心  
中国地质调查局

项目负责人：刘树臣 谭永杰

本报告执笔：王绍伟

国土资源部信息中心

二 一年四月

## 前 言

受中国地质调查局的委托，国土资源部信息中心与地调局协作实施《国家基础性、公益性地质调查需求分析及对策研究》项目(项目编号 200019100010012)。根据任务书要求和项目总体目标，项目组编写了项目设计，于 2000 年 11 月 5 日经专家论证通过。项目研究重点：一是世界上典型国家地质调查工作的现状与走向；二是国内地质调查需求分析调研；三是跟踪世界矿产勘查新发现及新技术、新方法和新理论。同时，要求项目组及时提供阶段性研究成果，供各方面使用。通过 6 个月工作，我们掌握了不少新进展和动向，拟陆续整理编印出版。

《国外矿产勘查形势与发现》为项目的第二份出版成果，特约国土资源部信息中心王绍伟研究员执笔完成。本报告参阅了 600 余篇国外文献，数据和事实扎实可靠，是近年世界矿产勘查的“实况集锦”。

报告分三部分。第一部分介绍国际矿产勘查与投资概况，回顾了 1998 - 2000 年矿产勘查投资概况，分析了世界主要矿业大国的矿业产值及我国的地位，讨论了矿业的前途问题。报告提出了一些很有意义的论点：在“高技术”将改变世界的 21 世纪，社会发展仍需要大量的矿产资源和矿产品；“新经济”只能与旧经济并存，而不是取代，矿业及其所支撑的生活方式将是 21 世纪“新经济”的一个组成部分；矿业发展的一个重要挑战是要与信息化的世界关联起来，必须再创自己，以继续吸引投资和人才。第二部分系统介绍了油气、铜、金、铂、铅锌、金刚石等主要矿种近期矿床发现和资源扩大情况，对主要国家和地区进行了重点介绍，并对重要矿床的储量、品位、成因类型等作了较详细报道。第三部分介绍了近年发现的九个大型特大型矿床，对其发现历史、找矿思路、勘查技术应用作了简介。

王绍伟同志长期从事国外地学和矿产勘查信息的系统监视、收集和分析研究，并从 1984 年起，每两年撰写一篇有关“近年国外矿产勘查概况及发现的重要矿床”综述材料，迄今共编写八份报告，刊登在《地质科技动态》上。他为本项目撰写的报告也是以往系统工作的延续，在此特致谢意。

# 目 录

## 前 言

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 一、国外矿产勘查与投资概况.....                                  | 1  |
| (一)矿业在 1998 和 1999 年处于 相对停滞状态 2000 年有所回升.....       | 1  |
| 1.矿产产销量变化.....                                      | 1  |
| 2.储量和资源保证状况.....                                    | 2  |
| 3.矿产产值.....                                         | 3  |
| 4.关于我国在矿业大国中的位次问题 .....                             | 4  |
| 5.关于矿业前途的一些问题 .....                                 | 5  |
| (二)油气勘查投资于 1999 年明显下降后有所回升，固体矿产勘查费用减势趋缓，可能接近谷底..... | 8  |
| 1.油气勘查.....                                         | 8  |
| 2.固体矿产勘查.....                                       | 11 |
| (1) 勘查费用.....                                       | 11 |
| (2) 勘查与矿地收购.....                                    | 16 |
| (3) 勘查回报.....                                       | 16 |
| (4) 大、小公司在发现矿床中的作用及矿产发现率.....                       | 18 |
| (5) 一些专家对勘查的回顾与看法.....                              | 19 |
| (三)政府及一些组织的有关活动.....                                | 22 |
| 二、一些主要矿种矿床发现和资源扩大简况.....                            | 26 |
| (一)油气.....                                          | 26 |
| (二)铜矿.....                                          | 33 |
| (三)金矿.....                                          | 40 |
| (四)铂族金属矿.....                                       | 47 |
| (五)铅锌矿.....                                         | 51 |
| (六)金刚石.....                                         | 53 |
| (七)其他矿产.....                                        | 59 |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 三、近年发现的几个重要矿床.....                                                | 64 |
| (一)里海北部哈萨克斯坦海域卡沙甘特大型油田和俄罗斯海域“北部”大油田的发现<br>.....                   | 64 |
| (二)理论模式在西澳元古宙耶尼纳盆地尼夫蒂 铜矿床发现中做出了贡献.....                            | 65 |
| (三)南非博塔维尔空白(间断)带 一系列金矿床的发现.....                                   | 66 |
| (四)区域化探发现异常，经反复勘查找到 马里莫里拉大型金矿床.....                               | 67 |
| (五)澳大利亚西部太古宙绿岩带“史密斯奶奶”金矿区 20 年来持续勘查开发，最近发现了迄今规模最大的“小袋鼠”大型金矿床..... | 68 |
| (六)美国阿拉斯加州特大型“红狗”铅锌银矿不断扩大并在外围找到另一成矿系统.....                        | 69 |
| (七)葡萄牙阿尔茹什特雷尔千年古矿区 老硫铁矿矿山勘查开发多金属矿.....                            | 72 |
| (八)加拿大马斯科克斯铂族金属矿区、加拿大 伊勒湖钯矿床、西班牙阿瓜布兰卡和芬兰孔蒂亚尔维等铂族金属矿床的发现与勘查.....   | 73 |
| (九)毛里塔尼亚北部赖吉巴特克拉通发现含金刚石金伯利岩.....                                  | 79 |
| 主要参考文献.....                                                       | 81 |

## 一、国外矿产勘查与投资概况

### (一)矿业在 1998 和 1999 年处于相对停滞状态，2000 年有所回升

总的说来，1998 至 2000 年世界经济仍在增长，不过自 1997 年下半年东南亚爆发金融危机以及紧接着出现亚洲较大部分地区、俄罗斯和巴西的金融危机以来，对全球 1998 和 1999 年经济产生了较明显影响。出现金融危机的国家，有的在 2000 年经济已趋回升，有的仍未完全摆脱危机影响。在这种形势以及美国处于所谓的“新经济”连年发展中，1998 和 1999 年的矿业总的来说处于相对停滞状态，2000 年似有所回升(尤其是石油工业)，但看来自 2000 年晚期以来，世界经济的增长速度已明显放缓，可能会对矿业产生一定影响。

#### 1.矿产产销量变化

据英国《采矿杂志》(周刊)1999 年 9 月 24 日报道，世界矿业每年约采 250 亿吨原料，占国内生产总值 5%以上。世界一次能源的 92%以上是依赖于化石燃料矿产的。

就整个世界而言，目前矿业产值中占大部分的是燃料矿产，尤其是石油和天然气。据美国《油气杂志》报道，1997 年世界原油产量增长 2.6%，而据英美石油公司(BPAmoco)《能源统计评论》统计结果产量增长 3.1%。据美国《油气杂志》，1998 年世界石油产量(7340.5 万桶/日)仅比 1997 年增加 1.3%。1999 年产量为 7180 万桶/日，下降了 2.1%，2000 年则增加 3.7%。而据英美石油公司《能源统计评论》，1999 年世界原油产量下降了 2.3%，降至 34.52 亿吨。据法国《阿拉伯油气》杂志，1997 年世界天然气产量为 2.2983 万亿  $m^3$ ，据法国《石油战略》杂志，1998 年为 2.3360 万亿  $m^3$  (约增 1.7%)，1999 年为 2.4025 万亿  $m^3$ ，增加 2.8%(据英美石油公司统计为增加 2.5%)。

1997 年 11 月至 1999 年 2 月是 1986 年以来油价跌落最明显的时期，1999 年 2 月平均跌至 9.47 美元/桶，后逐渐回升。1997 年世界出口原油平均价为 18.38 美元/桶，1998 年油价平均为 12.28 美元/桶，下跌 33%。1999 年平均油价为 15.40 美元/桶(从 10 美元左右至 25 美元/桶)。OPEC 一揽子原油价 1999 年平均为 17.27 美元/桶，2000 年平均 27.17 美元/桶。在 2000 年早期油价有所回落后，2000 年中至 11 月油价剧涨，大部分时期每桶超过 30 美元，此后逐

步回落，至 2001 年初每桶在 25 美元上下。这一、两年油价上涨与 OPEC 的限产保价政策密切相关。1997 年至 2000 年天然气价格变动情况基本与油价一致。

1998 和 1999 年世界能源消费停滞。1998 年下降 0.1%(共消费了 84.77 亿吨油当量)，是 1982 年以来首次下降。1999 年只增 0.2%，而过去 10 年平均年增 0.9%。1999 年世界石油消费量增 1.6%至 34.62 亿吨，天然气消费增 2.4%至 20.64 亿吨油当量。煤消费下降 5.1%至 21.30 亿吨油当量(产量下降 6.1%至 21.03 亿吨油当量)。核能消费增 3.8%，水电增 0.9%。1999 年全球一次能源总消费量为 85.34 亿吨油当量，其中石油占 40%，煤 25%，天然气 24%，核能约 8%，水电约 3%。2000 年世界石油消费量增 1.1%。美国能源情报署最近估计世界能源总消费量从 1997 年至 2020 年将增加 60%，其中发展中国家增加 121%。世界天然气用

量将增加 104%，电力消费净增 76%。该

署还估计，至 2020 年的 20 年中，美国对天然气的需求将上升 62%，石油上升 33%，电力上升 45%。

2000 年世界粗钢总产量 8.120 亿吨，比 1999 年的 7.832 亿吨约增长 3.7%。最近铜和铁矿石的产量和需求也有增长，尤其是铜。据英国《采矿杂志》报道，1981—1985 年铜的年均需求增长率为 1.5—2%，1986—1995 年为 2—2.5%，而 1996—2000 年则增至 4.5—5%。

据英国地质调查所出版的第 22 卷《世界矿产统计》，1980—1998 年世界矿山产量：铝土矿、

铜、镍增加超过 50%，金产量翻番，金刚石增 2 倍。相反，某些对健康有重大危害的矿产产量

明显下降，如 1980 年以来石棉产量减半，汞产量低于 20 年前的 1/3。铅和萤石矿山产量也下

降。最近 5 年重要的贱金属产量增势强劲，铜每年增 6%。

据俄罗斯原自然资源部部长 . . 奥尔洛夫 1999 年撰文称，对贵金属和有色金属当前的和预测的形势所作的计算表明，到 2025 年的世界金属产量预测年均增长率(%)为：金 1.6，银 2.2，铜 2.3，镍 1.5，铅 0.5，锌 2.5。

## 2. 储量和资源保证状况

按照目前世界矿产开采水平，总的来说，证实储量可保证开采 20—40 年，某些矿种的保证年限还要长得多(如石油为 40 年，天然气近 60 年，煤 200 多年)，如果加上预测资源，保证年限还会增加 50%以上。总的来说，矿产开采量在迅速增长，计算的储量也以年均 1.5%的速度增加，这与全球人口增长率大体相当。

这种储产关系的保持，靠的是超前的地质勘探工作以及采用新的矿产采选冶技术。

目前世界油气储量与资源量的增长情况将于本文下节有关油气勘查部分专门叙述。据美国《采矿工程》杂志 2000 年 5 月号报道，几种重要金属目前的世界储量基础(我国现称“基础储量”)是：金 7.15 万吨，银 43.5 万吨，铜 5.9 亿吨，锌 3.9 亿吨，镍 1.27 亿吨。

### 3. 矿产产值

矿产产值不仅与产量且也与价格直接相关。近年未见全球年矿产总值的系统报道，下面介绍几个矿业大国的矿产值。

苏联解体后，美国已跃升为世界头号矿业大国。美国 1995 年原矿总产值约为 1235 亿美元，其中原油、天然气和煤(即化石燃料矿产)合计产值为 849 亿美元。非燃料矿产产值为 386 亿美元。加工后的非燃料矿产品产值为 3864 亿美元。1996 年美国燃料矿产值增长明显。1997 至 1999 年的情况见表 1。

表 1 美国 1997—1999 年矿业产值 (单位：亿美元)

|            | 1997 年 | 1998 年 | 1999 年 |
|------------|--------|--------|--------|
| 加工后非燃料矿产值  | 4130   | 4150   | 4220   |
| 非燃料原矿产值    | 405    | 401    | 391    |
| 其中：非金属     | 274    | 295    | 298    |
| 金 属        | 131    | 106    | 93     |
| 煤          |        | 200    | 189    |
| 固体矿产合计     |        | 601    | 580    |
| 煤及石油、天然气合计 | 1068   | 843    | 933    |
| 原矿总产值      | 1473   | 1244   | 1324   |

由表 1 可见，美国原矿总产值于 1998 年下降至 1995 年水平后，1999 年又有较明显回升，其升降主要取决于油气价格的涨跌。非燃料矿产产值总的略有下降，这主要是由于金属矿产值下降明显，而金属产值的下降与一些重要金属的价格下跌有明显关系(近 10 年跌幅见表 2)。非金属矿产产值则仍呈上升趋势。总的来说，非金属矿价格变动幅度比金属矿小些。这两年煤的价格也有所跌落。

2000 年美国原矿总产值尚未见报道，但因油气价格涨幅大，一些重要金属价格也有所回升，估计原矿总产值会有较明显增长。2000 年全球矿产总值亦会

增长。

表 2 一些重要金属 1989—1999 年价格一览表

| 金属(平均价格) | 1989 年 | 1999 年 | 变化(%) |
|----------|--------|--------|-------|
| 铜(美分/磅)  | 130.95 | 75.91  | -42   |
| 铅(美分/磅)  | 39.40  | 43.72  | +11   |
| 锌(美分/磅)  | 82.10  | 53.48  | -35   |
| 金(美元/盎司) | 382.58 | 279.91 | -27   |
| 银(美元/盎司) | 5.50   | 5.25   | -5    |
| 镍(美元/磅)  | 6.05   | 2.73   | -55   |

加拿大 1997 至 1999 年的矿产产值见表 3，其变化趋势与美国基本一致，只是由于金刚石矿山投产(增加 5.817 亿加元)，导致 1999 年非燃料原矿产值略高于 1998 年。1999 年固体矿产产值为 277 亿加元(约占 GDP3.7%)，比 1998 年增 2.3%。

表 3 加拿大 1997—1999 年矿产产值(单位：亿加元)

|         | 1997 年 | 1998 年(修正) | 1999 年(初步)             |
|---------|--------|------------|------------------------|
| 非燃料原矿产值 | 171.22 | 169.77     | 170.44(比 1998 年+0.4%)  |
| 其中：非金属  | 56.96  | 65.28      | 72.35(比 1998 年+10.8%)  |
| 金 属     | 114.26 | 104.5      | 98.09(比 1998 年-6.1%)   |
| 燃料矿产产值  | 327.21 | 273.62     | 364.22(比 1998 年+33.1%) |
| 原矿总产值   | 498.43 | 443.39     | 534.66(比 1998 年+20.6%) |

俄罗斯仍是世界很重要的矿业大国，1995 年原矿总产值为 1150 亿美元，稍逊于美国。据俄罗斯自然资源部原部长 。 。奥尔洛夫 1999 年文章，俄罗斯近年原矿产值为每年 950—1050 亿美元(原文注明未计砂砾、石料等“广泛分布的普通矿产”。我们估计此类矿产总的年产值也会有数十亿美元)。

#### 4.关于我国在矿业大国中的位次问题

关于我国在矿业大国中的位次问题，国内有关报刊曾有一些提法，我们对



此曾在我中心出版的《地质矿产信息》1999 年第 23 期“美俄两国近年原矿产值及我国在世界矿业国中的位次问题”一文中，依据实际数据说明我国矿产总产值不仅远低于目前占世界首位的美国，而且与俄罗斯也有相当大的差距。还要说明一点的是，在美俄矿产总产值中，油气占很大比重，油气产量远高于我国，因此随着油价高涨，我国与美俄的差距会更趋扩大。我们在此还想就另一种新出现的有关提法予以简单讨论。2000 年 2 月号的英国《采矿杂志》(Mining Magazine)上，刊登了我国国际贸易促进会冶金委员会一位人士的短文，认为我国在世界固体矿产(包括煤、金属和非金属矿，下同)生产国中已超过美国而占第一位，文中提到产值数据源于《Mining Journal》1999 年中的一次调查，我国固体矿产值为 514 亿美元，而美国为 480 亿美元。《国土资源情报》2000 年第 4 期“小消息”栏曾译报此信息。英国《Mining Magazine》2000 年 12 月号关于我国矿业的一篇专文中也引用了此短文。这两个数字和关于我国占第一位的提法与我们所了解的情况不同。关于美国 1998 年和 1999 年的固体矿产产值由我们上述表 1 中已可看出应分别为 601 亿美元和 580 亿美元，而非 480 亿美元。这些是美国内政部联邦地质调查所发表的数字，英国《Mining Journal》1999 年和 2000 年中关于北美部分的年评增刊和美国《采矿工程》杂志 2000 年 5 月号和 6 月号报道的也是这一数字。这一数字比该短文所注明的我国煤、金属和非金属矿合计产值 514 亿美元也高出 66 亿或 87 亿美元，更何况我国 1999 或 1998 年固体矿产总产值是否合 514 亿美元也颇值得怀疑。据 1999 年 9 月我国地矿部门机关报有关文章提到当时我国矿业年产值已超过 4000 亿元(人民币)，按人民币与美元比价，大体可认为约 500 亿美元，但该文章提到的这一总产值看来包括了原油和天然气产值。另据 2000 年我部《国土资源公报》的数据，1999 年全国矿产采选业产品销售收入 3733.92 亿元，约折合 460 亿美元。如将油气产值扣除，则固体矿产年总产值还不到 400 亿美元，显然与美国的 601 亿或 580 亿美元差距就更大。

## 5.关于矿业前途的一些问题

在世纪之交和经济全球化以及“新经济”出现和发展的形势下，对于作为传统产业的矿业面临的问题和挑战，地位和前景，究竟是不是“夕阳工业”，以及如何达到持续发展等有不少议题。

． ． 奥尔洛夫指出，自然资源(矿产是其中非常重要的部分)是人类文明发展的基础。国家经济和政治独立，应有的生活环境，以及人民的繁荣幸福，在许多方面取决于国家的自然资源。矿产消费量在稳步增长。人类生活质量的水平首先取决于能源的保证程度，目前能源中百分之九十以上来自能源矿产。

他还在最近发表了题为“经济全球化条件下的俄罗斯矿物原料基地”一文，认为经济全球化是现实，在 21 世纪不可避免。他提到矿物原料基地在全球人类中的作用和地位问题，可利用的主要因素、负面影响、目前全球化规模，并对俄罗斯在这方面的状态和能做些什么提出了一些意见。

油气资源在国际政治、经济上的极其重要性一直是显而易见的，中东问题和 OPEC 就是突出的例子。在争夺固体矿产资源方面，目前很明显的例子是非洲一些国家如刚果(金)、塞拉利昂和安哥拉等国的内战，甚至是多国介入的战争。

加拿大多伦多金罗斯黄金集团公司勘查副总裁 R.W. 谢弗(Schafer)提到，新全球经济出现新的电信产业、电子商务、基因工程及其他时髦产业，“高技术”时代将在 21 世纪改变世界！然而人们日常生活对物质的需要，是要人们用物质制造出来的。即使那些生活在因特网和蜂窝电话环境中的人，也要依赖矿产资源的供给才能生活舒适。矿产品是他们爱用的机件的关键组份。人民、国家和经济需要矿产和矿产品。“新经济”只能与旧经济并存，而不是取代它。矿产采选冶将更有效、更干净和更少影响环境，但是对矿产资源生产的需要将永存！矿业也在变化，必须继续研究推进矿产发现、开采和提取技术，使经营途径能有革命性变化。矿业及其所支撑的生活方式将是新世纪“新经济”的一个组成部分。矿业是“新全球经济”基础的一部分。

世界数一数二的固体矿产公司英国里奥廷托联合锌公司主任经济师 D. 汉弗莱斯，不久前在一次会议上谈到“新经济”对矿业(指固体矿产矿业)的影响。他指出的一个影响是股市投资者对矿业的看法，认为矿业获利需很长时间，对这一古老工业的前景缺乏信心。他估计 5 年前矿业在全球股市中约占 5%，目前已降至占 1%(应该指出最近一段时间西方股市不断暴跌，高科技股市纳斯达克指数尤甚，说明美国所谓“新经济”在发展过程中有相当泡沫成分，现在调整中——本文编写者注)。他认为矿业界也应向投资者说明矿业是持续性的、持久的，仍能有吸引人的回报，矿业界也能够提高自身能力，有能力做到这一点。他认为原材料是仍旧要使用的，金属仍是需要的。“新经济”活动事实上惊人地依赖传统原料，美国过去 10 年使用的矿产就明显增加，电子产品是要用铜、用电的。“新经济”对不同矿种、不同地区的影响可能有不同，但总是促进全球发展，因而对矿产和金属的需求来说也是有利的。世界上穷国远远未满足其需要，仍为矿产保留了相当大的需求远景。他根据统计资料提到，当一个国家向人均每年 GDP 5000 美元这一水平上升时，原料消费量的增长趋于最快。他认为矿产基地不是可以容易地“再生产”的，优质长寿命的资源是难找的，不过一旦找到将在很长时期内可作盈利经营的基础。他认为所有经济是多样、复杂地交织在一起的，新老可共存和共同发展，不是取代，更多的是改变。他也提到

在财富的生产上，知识的产生与开发利用起着越来越大的作用，要更重视智力资产。

对加拿大西北地区金刚石矿床发现和开发有重要贡献的咨询地质师 H.T. 达默特在题为“矿产资源开发——我们新的挑战”的 2000 年杰克林讲演中提到现在矿业已与 10 年前不同了，发生了一些事件，迫使矿业界要工作得更好、更快。这些事件包括：大多数矿产品的实际价格下跌；公司持股人回报低并且在减少；矿业通过合并、合伙和联合在大规模重组；黄金的角色从起支持货币的作用到成为只是一种商品；当地居民问题的重要性增长及“可持续发展”的惊人的强制性。现在要求资源公司尊重所在国的社会、道德和社会价值并且更加负责任。

世界第 5 大金矿公司 Franco 2 Nevada 公司首席执行官 P. 拉森在 2000 年春一次会议上指出，近年矿业信誉受损，投资者转向高科技股(这不仅是 1997 年布雷克斯公司布桑金矿勘查项目丑闻事件影响及矿产品价格低问题，或者重大发现少的问题)。多伦多股票交易所指数变化说明矿业(指固体矿产矿业)和贵金属股票价值的急剧下跌。4 年前金属和矿产及金银合起来占该交易所的 22<sup>+</sup>%，2000 年春只占 6.5%。对矿业界未来的一个重要挑战是要与新的通过因特网交易的世界关联起来，矿业必须再创自己去继续吸引投资和人才，矿业需要金钱和下一代毕业的天才。矿业公司也在合并、兼并、经营合理化、联合和降低成本，在技术快速进步的发展中的世界经济里开发新市场。光合并是不够的，主要是要提高竞争力，做得更好、更有利。Rio Algom 公司首席执行官 P.M. 詹姆斯在同一会上做了关于矿业可持续发展的发言，指出要将经济、环境、社会发展机会统一结合于经营战略以达到其经营目的。现在除注意环境问题外，还要重视社会问题，取得社会和公众认可。力求处于积极进取、成本有效和负责任状态，这样才能在竞争中取胜。在该会议上，加拿大自然资源部部长 R. 古德尔指出，矿业对加拿大经济很重要，是深深植根于加拿大历史的。矿业界必须通力合作，驱除那种认为矿业主要是过去的事的虚妄错误观点。这种观点认为，矿业是支持我们度过 20 世纪的旧经济的一种残余，在新的以知识为基础的因特网交易经济中其重要性已缩减。他指出“我们的愿望是要人们知道我们是世界最好的矿业国，是最高技术的，最爱护环境、最对社会负责任和生产率最高、最有竞争力的”。这些状态对于 21 世纪矿业处于一种朝阳而不是夕阳工业地位是非常关键的。矿业要向持怀疑态度的公众和媒体证明，矿产开发可以一种负责的、可持续的状态进行。矿业界在新技术上有大量投资，在走向以知识为基础的经济方面已有显著进展。加拿大《北部矿工》编辑 V. 丹尼尔森也在会上发言指出，矿业面临这一传统产业要在新经济中找到地位的挑战。目前矿业被社会、环境、

政治和技术等不确定性所包围。要重视技术和智力成就，向社会提供更多利益和提高环境管理水平。需要促使自己成为高技术产业，成为新经济的一个组成部分，要宣传，要更好运用因特网。

石油公司和矿业公司的并购仍在继续。矿业公司 1998 年并购交易额超过 250 亿美元，1999 年为 190 亿美元，其中超过 1000 万美元的有 100 项，2000 年并购仍在继续，1—9 月已达 175 亿美元，最近在进行的重要并购活动是(南非)英美公司与德比尔斯公司的合并和英国里奥廷托公司收购澳大利亚阿什顿矿业公司。矿业界的这些最大并购活动与石油界合并后的英美石油公司(BPAmoco)和埃克森美孚公司(Exxon Mobil)具有 5200 亿美元的合计市场资本价值相比(里奥廷托公司市场资本价值约为 240 亿美元)真是小巫见大巫。与 2000 年属于高科技产业的美国在线公司与时代华纳公司的合并(价值 1820 亿美元)也不可同日而语。据 H.T.达默特认为，矿业公司兼并后情况变好、基本未变和反而不好的约各占三分之一。不少公司在调整经营战略，调整结构，采取有关措施。

“新经济”对一些矿产的需求会增长，如对能源矿产、铜、钽(钽、铌矿的价格最近一年来翻了一番，尤其是钽，已从 1997 年的每磅  $Ta_2O_5$  40 美元，升至目前的 150 美元左右)等等。矿产的电子交易(如能源矿产、铜、一些非金属矿产等的网上交易)有的已经开始，有的在线交易市场亦已接近开始。矿业设备的电子采购等也已开始。电子商务市场能为矿业提供明显的降低成本和产生价值的机会。

## (二)油气勘查投资于 1999 年明显下降后有所回升， 固体矿产勘查费用减势趋缓，可能接近谷底

总的说来，由于 1998 年以来矿业处于相对停滞状态，矿产勘查费用也在缩减。2000 年油气勘查投资已有所回升，固体矿产勘查费用减势进一步趋缓，现正接近当前这一勘查费用起伏周期的谷底。

### 1.油气勘查

如上所述，1997 年 11 月至 1999 年 2 月是明显的油价跌落期，1998 年世界原油产量仅比 1997 年增 1.3%，1999 年比 1998 年下降了 2.1%(或 2.3%)。与此相应，世界油气勘查和生产投资也有相应变化，其增长率于 1998 年减慢到 3%(达 1100 亿美元)，而其前 3 年年增长率为 10—20%。1994 至 1998 年油气上游产业投资共增 56%，年均增 12%。1999 年明显下降，2000 年回升较明显，预计 2001

年将继续明显增长。

本系列文章前曾报道，有资料估计 1994 年世界油气勘查与生产投资共约 800 亿美元，其中约 35%(约 280 亿美元)用于勘查。另有资料估计 1994 年世界油气勘查与评价费用为 220 亿英镑(约合 340 亿美元，未包括俄罗斯与中国陆区本国的工作)。法国石油研究院曾估计 1996 年世界(不包括中央计划经济国家)油气勘查与生产投资达 860 亿美元(1994 年为 710 亿美元)，为 1982 年以来的最高水平。该院调查结果 1997 年为 1060 亿美元，1998 年为 1100 亿美元，1999 年剧减至 885 亿美元，预计 2000 年将达 985 亿美元，回升 11.3%。据 A.安德森公司估计，世界油气上游产业费用 1999 年下降 22%至 620 亿美元(美国下降 29%至 250 亿美元)，2000 和 2001 年将上升。1999 年上游产业资本花费减 5%至 920 亿美元，勘查费下降 34%至 134 亿美元(美国下降 36%至 48 亿美元)。开发费下降 20%至 413 亿美元，已证实矿地收购超过 300 亿美元，未证实矿地收购较少。1998 年全球勘查费近 200 亿美元(较 1997 年略高)，1999 年较接近 1995 年水平。1995 年至 1998 年一直增长。据 J.S.赫罗德公司估计，世界油气上游工业费用 1999 年为 750 亿美元，其中发现与开发占 640 亿美元，已证实矿地收购 110 亿美元；2000 年增 14%至 860 亿美元，其中发现与开发为 710 亿美元，已证实矿地收购 150 亿美元。据萨洛蒙公司对 177 家油气公司统计结果，1999 年世界油气上游产业费用为 831 亿美元，2000 年增 11.4%，达 926 亿美元。

美国油气工业 1990 至 1997 年实际勘查与生产费用及增加的油当量见表 4。

表 4 美国 1990—1997 年油气勘查与生产费用与油气增长量

| 年份        | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 费用(亿美元)   | 186.8 | 176.8 | 144.2 | 150.1 | 161.0 | 166.1 | 207.0 | 273.7 |
| 增加油当量(亿桶) | 60.5  | 40.6  | 48.3  | 46.4  | 58.0  | 63.4  | 64.8  | 70.1  |

另有资料报道，美国油气勘查与生产费用 1997 年为 285.9 亿美元，其中钻进与勘查 227.3 亿美元；1998 年油气上游产业资本费用 285 亿美元，其中钻进与勘查费用 228 亿美元；1999 年分别为 200 亿美元和 166 亿美元。预计 2000 年剧增至分别为 260 亿美元和 214 亿美元。

加拿大油气勘查与生产费用 1997 年为 118.9 亿美元，其中钻进与勘查 79.4 亿美元；1998 年分别为 117.3 亿和 81 亿美元；1999 年为 115.6 亿美元和 79.9 亿美元，预计 2000 年分别升至 138.8 亿美元和 95.9 亿美元。澳大利亚私人公司油气勘查费用 1996 2 97 年度为 8.529 亿澳元；1997-98 年度增至 9.813 亿澳元，其中海区增加 25%，达 7.490 亿澳元，陆上减 8%至 2.323 亿澳元；1998-99

年度下降至 8.678 亿澳元，其中海区 6.854 亿澳元，陆上 1.824 亿澳元；1999-2000 年度减至 7.041 亿澳元，其中海区 5.940 亿澳元，陆上 1.101 亿澳元。挪威 1997 年油气勘查费用为 4.41 亿美元，1998 年为 7.34 亿美元(其 [KG(\*9)] 中调查费用 [KG]) 1.17 亿美元，勘查钻探与评价钻探 6.17 亿美元)，1999 年降为 4.78 亿美元(其中调查费 0.36 亿美元，勘查钻探与评价钻探 4.42 亿美元)。埃及 1999 年油气勘查费用(合资公司与外国公司)由 1998 年的 6.327 亿美元下降 47.4% 至 3.325 亿美元，而开发费用增长 14.8%，达 9.997 亿美元。

世界物探服务市场 1998 年约为 52 亿美元，1999 年减 19%，2000 年头 7 个月仍有所缩减。

据美刊报道，世界油气钻进(勘查钻与开发钻)1995 年为 57555 口，总进尺 9665.2 万 m；1996 年为 59566 口，总进尺 9620 万 m；1997 年达 68553 口，总进尺 10890.5 万 m；1998 年减为 55695 口，总进尺 9031.6 万 m；1999 年更减少至 49063 口，总进尺 7991.9 万 m。估计 2000 年总井数回升至高达 70940 口(其中美国 29994 口)。世界油气钻进工作的回转钻机数在 1999 年 12 月至 2000 年 12 月的一年里增长 26%，勘查与开发回转钻机由 1757 台增至 2212 台。另据法国石油研究院调查，世界油气勘查与开发井数(不包括中国、独联体国家和东欧)1997 年为 52187 口，1998 年 41856 口，1999 年 35423 口，预计 2000 年为 45968 口。美刊报道的美国 1994 至 2000 年油气钻井完井数见表 5。

表 5 美国 1994—2000 年油气钻井数和总进尺

| 年份   | 总井数(口) | 总进尺(万 m) | 勘查井数(口) |
|------|--------|----------|---------|
| 1994 | 21999  | 3989.1   | 3758    |
| 1995 | 21695  | 3593.2   | 3384    |
| 1996 | 23649  | 3884.7   | 3299    |
| 1997 | 28424  | 4731.3   | 3210    |
| 1998 | 22950  | 3968.9   | 2608    |
| 1999 | 18180  | 3323.8   | 2037    |
| 2000 | 25945  | 3867.3   | 3029    |

加拿大 1997 年油气钻探钻井 16484 口，比 1996 年增四分之一，1998 年为 10781 口，1302.7 万 m，1999 年为 12500 口，1333.5 万 m，预计 2000 年为 16566 口。

## 2.固体矿产勘查

### (1) 勘查费用

世界固体矿产勘查业在 1993—1997 年一直强劲增长之后, 1998 年起勘查费用连续下降。据加拿大金属经济集团(MEG, 前曾译“加拿大金属经济小组”)历年调查结果, 西方国家非燃料固体矿产(以有色金属和一些非金属矿产为主, 包括贵金属, 一般不包括铁矿和铝矿)非政府勘查的总投资如表 6。1998 年比 1997 年下降约 29%, 1999 年比 1998 年下降约 24%, 2000 年比 1999 年下降 7%(MEG 此表中所列数字与其历年公布数有些微调, 故 2000 年前数字与本系列文章以前报道及本文表 7 中所列略有出入)。由表 6 可见, 2000 年下降速度已趋缓, 看来已接近当前这一勘查起伏周期的谷底。

表 6 1993—2000 年西方国家非燃料固体矿产非政府勘查投资及其变化

| 年份   | MEG 估计勘查总预算(亿美元) | 与前一年变化(%) |
|------|------------------|-----------|
| 1993 | 25               | +14       |
| 1994 | 29               | +16       |
| 1995 | 35               | +21       |
| 1996 | 46               | +31       |
| 1997 | 52               | +13       |
| 1998 | 37               | -29       |
| 1999 | 28               | -24       |
| 2000 | 26               | -7        |

各地区勘查预算见表 7。

MEG 预计近期固体矿产勘查预算仍将继续处于低水平, 但它指出虽然金价继续低迷, 但贱金属和铂族金属价格自 1999 年中期以来明显上涨(世界经济情况较好, 对金属需求增长, 如 2000 年上半年对铜的需求增 8%)。预计这一趋势还会继续下去。不过 MEG 指出, 勘查预算的增加趋向于要比金属价格上涨滞后约 1 年, 因为要消除前一时期的后果和扭转大多数大公司削减勘查预算及缩减勘查部门的做法需要时间。

据澳大利亚政府部门统计, 该国私人公司固体矿产勘查费用自 1991-92 年度以来不断增长, 到 1996-97 年度为 11.484 亿澳元(金矿勘查占 63%), 1997-98 年度有所下降, 为 10.678 亿澳元(金占 61%), 1998-99 年度下降 21%, 至 8.381

亿澳元(金占 58%), 1999-2000 年度又下降 19%, 至 6.762 亿澳元(金占 55%)。不过自 2000 年中期以来下降速度明显趋缓, 政府部门预计今后两年贱金属勘查费用可能会增加, 而金矿勘查费用可能不大会增加。

据加拿大政府统计, 该国固体矿产勘查费用 1994 年为 6.28 亿加元, 1995 年 7.18 亿加元, 1996 年 8.95 亿加元(629 家公司), 1997 年为 8.04 亿加元(小公司约占 37%)。自然资源部统计了 548 家公司, 1998 年为 7.67 亿加元, 其中小公司 3.12 亿加元(约占 40%), 133 家大公司为 4.56 亿加元。约 140 家公司勘查费 100 万加元/年, 约占总勘查费用 87%。1998 年比 1997 年仅低 5%, 预计小公司会减少 16%, 1997 年实际数字是共 652 家公司, 其中小公司 494 家, 花 2.91 亿加元, 大公司 158 家, 花 5.06 亿加元。加拿大固体矿产勘查费用平均约占固体矿产矿业总投资的 15%左右。1997 年固体矿产矿业投资约 47 亿加元, 1998 年近 44 亿加元。但据最近公布的加拿大政府报告, 该国 1998 年固体矿产勘查费用为 6.56 亿加元, 1999 年(据 506 家公司及一些找矿人)为 5.01 亿加元(其中小公司为 1.37 亿加元, 约占 27%, 大公司为 3.64 亿加元), 预计 2000 年为 5.02 亿加元(其中小公司约为 1.65 亿加元, 占 33%, 大公司为 3.37 亿加元)。2000 年与 1999 年持平, 这在整个西方国家固体矿产勘查费用总的仍在下降的情况下是有一定指示意义的。

美国近年没有系统全面的关于整个固体矿产勘查费用的统计调查。

MEG1999 年调查数据统计了年勘查费用超过 290 万美元的 132 家公司, 此类公司数较 1998 年减少, 说明 1998、1999 年从事勘查的公司有所减少。各地区勘查费用均较 1998 年为少, 这可能是矿产品价格低, 投资者对为勘查提供资金更为谨慎, 矿业公司预算更加紧张, 以及东南亚和东亚金融危机延续的不稳定等的结果。除西太平洋地区退居美国之后外, 其他地区勘查费用多少的排序仍同 1998 年。1993 至 1997 年, 政治、环境和地质因素使勘查工作离开过去经过广泛矿产勘查的高度工业化地区(如澳大利亚, 加拿大, 美国), 而趋向勘查程度低的发展中地区(如非洲, 拉美, 西太平洋地区等)。1998 至 1999 年, MEG 估计发展中国家占世界勘查预算的百分比下降, 而在工业化国家略有上升, 这与矿产品价格低, 地区不安定(如中部非洲), 金融动乱(亚太地区)和布雷克斯公司布桑事件后投资者受损伤有关, 这些使得投资者的兴趣趋向矿产远景已确立区而离开政治风险更大的地区。

MEG 2000 年调查了 656 家年勘查经费 10 万美元的公司(1999 年实际调查了 670 家年勘查经费 10 万美元的公司), 按区域看, 除加拿大勘查费有明显增加和西太平洋区略有增加外, 其他区域均减少。上述 1998 年以来地区变化趋势基本上保持不变。拉丁美洲看来再次是勘查费投向的最有利地区, 占总可



得资金的 28.3% ,与 1999 年的 28.1%十分相近。澳大利亚仍占第二位 ,为 17.3% ,比 1999 年下降 2 个百分点。加拿大 2000 年勘查费用增加到 3.48 亿美元(1999 年为 3.099 亿美元) ,占世界总费用比例由 1999 年的 12.1%增至 14.9% ,这就超过了非洲。非洲从 1999 年占 14.7%减至 2000 年的 12.6%。美国仍占第 5 位 ,变化少 ,占 10%(1999 年占 9.8%)。西太平洋(包括东南亚)地区从占 7.7%增至占 8.5%。世界其他地区比例基本未变 ,1.967 亿美元中包括欧洲 9010 万美元 ,亚洲 3490 万美元 ,独联体国家 3390 万美元。加拿大勘查费用的上升被认为主要是金刚石和铂族金属勘查工作增加。下降比例最大的是非洲(-22% ,减 8400 万美元) ,其次是澳大利亚(-18% ,约减 9000 万美元 ,减的绝对值最大) ,第 3 位是拉美(-8% ,减 5750 万美元)。2000 年勘查费用最大的 10 个国家是 :澳大利亚 4.048 亿美元 ,加拿大 3.48 亿美元 ,美国 2.345 亿美元 ,智利[KG]]1.444 亿美元 ,秘鲁 1.394 亿美元 ,巴西 1.235 亿美元 ,墨西哥 9620 万美元 ,阿根廷 6920 万美元 ,印尼 6880 万美元 ,南非 5230 万美元。

表 7 西方国家 1995-2000 年非燃料固体矿产勘查投资

美国地质调查所最近几年调查研究了世界每年固体矿产勘查目标(靶区)的信息。1997 年约有 1200 个勘查目标(靶区) ,加拿大按靶区数占第 2 位 ,仅次于拉美 ,但预算额占西方国家(地区)第 5 位。1998 和 1999 年该所搜集调研的勘查靶区数分别为 1069 个和 1081 个 ,各地区勘查靶区数见表 8。

表 8 世界主要地区或国家 1998—1999 年固体矿产勘查靶区数

|        | 1998 年 | 1999 年 |
|--------|--------|--------|
| 加拿大    | 309    | 343    |
| 拉 美    | 278    | 286    |
| 非 洲    | 143    | 111    |
| 美 国    | 141    | 129    |
| 其他地区   | 80     | 87     |
| 西太平洋地区 | 63     | 39     |
| 澳大利亚   | 55     | 86     |
| 小 计    | 1069   | 1081   |

1999 年与 1998 年的靶区(项目)相比 ,加、澳增加 ,非洲和西太平洋地区下降。加拿大升占首位。勘查地点数与预算合计数不一致。澳大利亚预算数大而勘查点少 ,说明项目多处于费用大的勘查高级(可行性研究)阶段 ,相反 ,加、

美等国情况则说明小勘查公司活动多。

在 1998 年以来国外固体矿产总的勘查费用缩减的形势下,并非所有国家的费用都减少。除上述 2000 年加拿大回升外,瑞典 1998 年达创记录水平,1999 年下降,但 2000 年又回升(主要由小勘查公司驱动)。智利国营铜公司 2000 年预算也明显增长。巴西 2000 年头 3 个月发放的勘查许可证 9593 项(覆盖面积几达 10 万 km<sup>2</sup>),比 1999 年全年总数还高 26.2%。

美、加、澳、英、法、日等发达国家的矿业和勘查公司仍在国外进行大量勘查活动。1997 年美国公司的 71%金矿勘查工作在国外,1998 年升至占 75%。加拿大矿业和勘查公司 1991 年在 59 个国家进行活动,1995 年在 90 个国家进行活动,1999 年在 100 多个国家 3000 多个矿权地进行活动。1999 年该国大公司在海外勘查花费超过 6.4 亿加元,占其在国内外总勘查费用的 73%。90 年代该国小公司在海外的勘查活动也迅速增长。80 年代初以前大多数澳大利亚矿业和勘查公司活动集中在国内,80 年代晚期以来已改变,1995 年以来平均每年在 80 多个国家进行活动。据对其矿产理事会经常性成员公司勘查费用(约占澳勘查费用 80%)的统计,其在海外的费用从 1986-87 年度占总费用的 27%,增至 1998-99 年度占 45%。1999-2000 年度有所降低。南非和巴西、智利等发展中国家在海外勘查活动也有增加。

在不同种类矿产勘查费用比例方面,金矿勘查费用占的比例 1998 年猛降后,2000 年下降又很明显,跌到了 MEG1992 年统计以来的最低点,这反映金价持续低迷,而贱金属情况则相反。加拿大 MEG 历年调查结果见表 9。

美国地质调查所统计了 100 个重要勘查地的主要勘查矿种,结果见表 10。

表 9 1992—2000 年不同种类矿产勘查费用比例

| 年份   | 金勘查占的比例(%) | 贱金属勘查占的比例(%)   | 其他矿产勘查占的比例(%)    |
|------|------------|----------------|------------------|
| 1992 | 52.0       | 32.6           | 15.4             |
| 1993 | 48.7       | 35.2           | 16.1             |
| 1994 | 56.4       | 31.0           | 12.6             |
| 1995 | 58.5       | 31.8(其中铜 19.9) | 9.7              |
| 1996 | 60.9       | 30.8(其中铜 18.6) | 8.3(其中金刚石 6.3)   |
| 1997 | 64.9       | 27.1(其中铜 17.1) | 8.0(其中金刚石 6.1)   |
| 1998 | 55.1       | 33.0(其中铜 19.5) | 11.9(其中金刚石 9.4)  |
| 1999 | 51.9       | 34.7(其中铜 19.5) | 13.4(其中金刚石 10.0) |
| 2000 | 46.6       | 37.9(其中铜 18.8) | 15.5(其中金刚石 9.6)  |

表 10 1998—1999 年世界重要勘查地的勘查矿种

| 矿种  | 1998 年 | 1999 年 |
|-----|--------|--------|
| 金   | 57     | 59     |
| 铜   | 13     | 7      |
| 镍   | 8      | 4      |
| 银   | 7      | 8      |
| 锌   | 6      | 10     |
| 金刚石 | 4      | 5      |
| 其他  | 4      | 7      |

1999 年铜矿项目少，反映 1999 年铜价仍低，其他贱金属则与 1998 年持平或略涨。2000 年贱金属价格总体呈上升。非洲、美国金勘查比例高，拉美的金、银勘查比例高，加拿大和澳大利亚则贱金属比例较高。金刚石勘查主要在加拿大和非洲。此外需要特别指出的是 1998 年以来，尤其是 1999 和 2000 年，国外的铂族金属勘查活动明显增多。据 MEG 统计，找铂族金属矿的公司已由 1999 年的 38 家增至 2000 年的 64 家。钽矿勘查活动也增多。

据 Balfour 公司研究，1999 年国外宣布的非燃料固体矿产发现有 136 个，分布于 29 个国家。实际还有许多发现未宣布，而且也不包括已有矿山周边的发现。136 个发现中，有 75 个是金，37 个是银，32 个金刚石，29 个铜，28 个锌。此外还有锑、钴、铅、钼、镍、铂族金属、钛、钨、铀、宝石等。

MEG 调查的最近几年各个阶段勘查经费所占比例变化见表 11。

表 11 1992—2000 年各个阶段勘查经费所占比例(%)

| 年 份<br>阶 段 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 草根勘查       | 41   | 48   | 52.5 | 50.3 | 49.5 | 46.5 | 50.5 | 48   |
| 后期-可行性研究   | 43   | 35.5 | 29.4 | 31.5 | 33.1 | 33.5 | 31.7 | 32.5 |
| 矿场勘查       | 16   | 16.5 | 18.2 | 18.2 | 17.4 | 20.0 | 17.8 | 19.5 |

总的看来，1998 至 2000 年矿场勘查占的比例增高，草根勘查略有下降，但仍占很大比例。加拿大 1998 年草根勘查约占 3/4，程度高的勘查约占 1/4，1999 年则相反。智利国营铜公司 1999 年国内勘查预算中约 1200 万美元用于草根勘查，1000 万美元用于高级程度勘查。俄罗斯普查工作在地质勘探总费用中

占的比例大，通常为 50—70%，普查前的调查研究估计一般占总费用的 2—3%。2000 年草根勘查主要在拉美、澳大利亚和加拿大。1996—1999 年，各阶段费用中占最大比例的是金，2000 年金则只在晚期勘查和矿场勘查中占最大比例，在草根勘查中已不及贱金属。

## （2）勘查与矿地收购

资源问题是人类社会和国家所面临的最基本、最突出的问题之一。保护和合理开发利用资源极其重要，但首先是要有资源，确保资源供给。矿产资源是自然资源中最重要部分之一，而且它有其特点。总的说来，它是“不可再生”的，它蕴藏在地下，有待人们去寻找，去不断发现和查明，因此为了满足国家经济社会不断发展的需要，既要重视护矿，还要继续重视找矿、探矿。在国际经济走向全球化的今天，国内国外两种矿产资源都应明智地合理利用，但我国是一个现有矿产资源形势并不十分乐观而整体勘查程度还不很高(尤其是中、西部地区)的发展中社会主义大国，我们仍需继续重视本国的矿产勘查和矿物原料基地的发展问题。我们既要节流，也要开源。

矿业的基础是矿。矿产勘查、矿床发现是矿业的生命线。在勘查投资减少的时期，许多大公司倾向于收购一些已知的经过相当程度勘查的矿权地和探区，而不是进行找矿勘查。这种收购在一段时间内是可行的，但毕竟收购对象是有限的，有利可图的收购越来越难达到了。从历史上看，大多数收购并未提供出可接受的回报。勘查，草根勘查仍是十分重要的工作。有些大公司仍坚持这方面工作，具有较好的收获。勘查比通常所认为的更有效。当然，勘查获得新发现，造就了少数大赢家，而许多公司并未能发现真正有开采价值的矿床。相对来说，收购者较能控制自己的命运，但并不增加总的供给。

## （3）勘查回报

矿产勘查迄今仍是一项高风险的工作，就整体而言，矿业界的矿产勘查成功率相当低。不过从一些国家和大的地区来看，有些国家和地区最近二、三十年的勘查回报是相当丰厚的。

例如智利在 1969 至 1998 这 30 年中，投资于固体矿产基本勘查工作约 18 亿美元，导致 8 个铜矿山和 13 个贵金属矿床投产。矿产产量增长率惊人，30 年间铜的年产量增加 5.64 倍，从 66.7 万吨增至 376.4 万吨；金产量增 27 倍，从 1.827 吨增至 49.77 吨；银增 12.19 倍，从 95.65 吨增至 1

166.38 吨。有许多因素促成这种产量剧增，最重要的是这一时期持续的勘查成功。1969—19

98 年约 10.59 亿美元用于找铜矿，结果发现了 22 个新的重要铜矿床(包括埃斯康迪达，科亚瓦

西，洛斯帕拉姆布雷斯，扎迪瓦尔，埃斯康迪达北和坎德拉里亚)，估计合计含铜 1.24 亿吨

，价值 2066 亿美元，尚可含约 684.3 吨金和 13841 吨银，这些金银价值 89 亿美元。发现了 18

个

重要贵金属矿床，其中最主要的有印第奥、拉科伊帕、帕斯夸、雷富希奥和塞罗卡塞尔，合

计含金超过 1763 吨，银 12068 吨，以及约含 150 万吨铜，合计价值 213 亿美元。所有发现的这

些

铜和贵金属合计总的查明原地资源价值为 2368 亿美元。这些已投产的 8 个铜矿山合计开发投

资 68 亿美元，已产 620 万吨铜、约 39.1 吨金和 674.8 吨银，价值 107 亿美元。已投产的 13 个贵

金属矿山，合计开发投资 14 亿美元，已产 339 吨金、4316 吨银和 44 万吨铜，价值 47 亿美元。

已花费的开发投资共 82 亿美元，由此可见每 1 美元的勘查费投入已引发出 4.6 美元的开发投资

，发现并圈定的金属资源的潜在价值为 131 美元。目前矿业是智利的最重要的支柱产业

之一，产值几乎占 GDP 的 10%，年矿产出口总值达 80 亿美元，占出口收入近 50%。1999 年产铜 4

40 万吨(约占世界 40%)，金 40 吨。

在阿根廷、玻利维亚、智利和秘鲁的中安第斯地区，1969—1998 年的 30 年中，约有 33 亿美元用于该区贱金属和贵金属(主要指铜、锌、金、银)勘查，其中约 45%目标是贱金属，而较大部分是用于勘查新的贵金属矿床。发现和评价了 76 个价值超过 2 亿美元的重要贱金属和贵金属矿床，其中 24 个现已生产，5 个正准备投产，1 个已采尽。76 个矿床中 40 个是以铜为主的矿床，30 个是贵金属矿床，6 个是锌铅银矿床。从矿产类型来说，34 个是斑岩铜或铜金矿床，26 个是浅成热液贵金属矿床，4 个是多金属交代矿床，3 个是接触交代铜矿床，

2 个是火山成因块状硫化物矿床, 2 个是密西西比谷型贱金属矿床, 2 个是外来铜矿床(迁积氧化矿), 2 个是钙质矽卡岩铜金矿床, 1 个是中温热液金矿床。这些新一代矿山至 1998 年合计已生产铜 695 万吨, 金 595.3 吨, 银 7035.5 吨, 锌 23.6 万吨, 合计约值 186 亿美元。这 30 年内勘查圈定资源含 1.62 亿吨铜(估计值 2680 亿美元), 1600 万吨锌(164 亿美元), 4941 吨金(462 亿美元)和 63175 吨银(112 亿美元), 合计总原地资源价值 3440 亿美元。由此可见, 每 1 美元勘查投资已从生产中收回了其 5.6 倍的价值, 并已得以发现和圈定在地下的潜在价值 96.3 美元。

#### (4) 大、小公司在发现矿床中的作用及矿产发现率

在矿产勘查中, 大公司提供了勘查费用的最大部分, 且也发现了一些大矿床, 但小公司的影响增长。小公司和个体找矿人的勘查费用占的比例颇小, 但在所有发现中占了 50% 左右, 其中包括一些世界级的大矿床。爱尔兰 80% 以上的矿床是小公司发现的。

谁发现真正的大矿? 一种观点认为主要是小公司(指发现数目, 而非规模与价值)。不过 MEG 通过研究 1989—1999 年间 61 个重要有色金属矿床发现(每个原地价值至少有 10 亿美元, 且预可行性研究取得肯定结果, 这些发现总共值 2990 亿美元), 得出结论是大公司在找大矿床方面比小公司更有效, 而且这种矿床的发现率在过去 10 年里并未下降。

著名咨询地质师、前 BHP 勘查负责人之一的 H.T. 达默特在 2000 年获杰克林奖时的讲演中认为, 真正的矿床常常是大公司与一家小公司合伙发现的, 尤其是在贱金属大矿床发现中, 只有大公司能提供必要的资金, 能持久进行和应用适宜而较费钱的找矿技术, 而金矿则大小公司均有能力找, 小公司也可由股市集资。

他指出, BHP 公司曾研究了过去 50 年的 600 个矿床发现(贱金属, 贵金属, 金刚石, 煤, 铁), 结果表明 60 年代后期至 70 年代发现最多(尤其是 70 年代), 80 年代至 90 年代前期尚可, 且大体变化不大(主要是金矿发现大增, 别的下降), 90 年代后期下降, 这与进行勘查的地质区和国家的选择有关。世界铜矿发现在 50—60 年代中期增加, 60 年代以后总的下降(但有起伏), 铜的开采品位从 1970 年前后的 1.1% 降至目前不到 0.8%。这部分是因为溶剂萃取电积法(SX/EW 法)使得可以开采更低品位的矿石, 但最近确也未能发现过去那样大而富的矿床。铅、锌、镍的发现情况也大体如此。金发现多, 主要是在 80 年代与 90 年代前期。70 年代是贱金属与铀矿发现高峰期。认为这与价格变化有关, 且总的来说, 近年矿产发现率在下降。

他认为现在世界范围矿产发现率下降主要还不是由于大而富的矿体更难找、更费钱这一事实，而大多是由于继续在一些勘查程度已很高的国家投资勘查与开发，在这些国家得到的回报在逐渐减少。一个重要矿山从发现到投产一般要 8—10 年，现在就要考虑至 2010 年，要考虑地区选择，要考虑社会经济、环境和当地人就业问题，要考虑政治、技术和矿产市场问题，要考虑区域经活动荡、政治不稳定、内战和边界冲突，要制定出一些选择范围。此外也要研发技术，帮助找矿。到未经大量勘查的新的地质区、新的国家会有重要成功。

#### (5) 一些专家对勘查的回顾与看法

在铜矿及金矿勘查中，自 60 年代至 90 年代主要运用地质方法屡有重大矿床发现的美国斑岩铜矿专家 J.D.洛厄尔，在获得 2000 年首届 R.M.德雷尔奖(授予取得应用经济地质杰出成果者)时所做的题为“矿体是怎样找到的”的讲演时，讲述了其个人从业史，探讨了勘查费用与发现成本，勘查技术与矿床发现，勘查人员教育，以及勘查经费应如何提供等问题。1950 至 2000 年固体矿产勘查费用急剧增长，但这 50 年中的后一半时间发现率曲线平坦，表明发现成本剧增。这除了易发现的矿床已被不断发现外，还有其他一些原因，如勘查重点选择失误以及勘查效果变差等，但是具体勘查公司和勘查人员的找矿效果是有很大差别的。他提到在斑岩铜矿勘查领域到 1970 年时，以所有公司勘查总预算额被发现的矿床数除，则每一发现成本大致达到 1 亿美元。但在 1950—1960 年间，K.理查兹和 H.考特赖特的 6 个发现，平均每一发现成本仅为 200 万美元。而与洛厄尔本人有关的 1965—1981 年的 5 个发现(其中包括美国卡拉马祖、智利埃斯康迪达和扎迪瓦尔大型、特大型矿床)，平均每一发现成本不到 200 万美元。这 11 个发现是登山鞋(传统地表找矿、填图、对矿床成因的理解及运用勘查模式)和钻机加上最少量的高技术(地球化学调查、高精度分析测试等)而发现的。1993 年起他参与并于 1996 年发现的含金 233 吨的秘鲁佩埃里纳金矿床，其勘查成本亦仅约 200 万美元。D.斯蒂文斯 1996 年将勘查合理成本(发现一个经济矿床应当花费的钱数)定为以矿床原地总价值的 2%(对贱金属矿)和 4%(对贵金属矿)之间的费用发现储量或资源。

洛厄尔简略回顾了 1900 年以来固体矿产勘查技术的发展，其结果是：1900—1950 年，由找矿人提供探区(矿点)，在矿体附近填图与取样，大部分勘查由槽井坑探进行，钻探量少；1950—1960 年，提供探区，取样，地质填图，相当数量钻探，某些地面的和航空的磁测、电磁测量和放射性测量，某些早期地球化学工作；1960—1970 年，草根勘查成为普遍的事，区域物化探，激发极化法发展，一些普查钻，摄影地质；1970—1980 年，大多是草根勘查，更多区域化

探和物探，矿床建模，而传统地表找矿减少颇多；1980—1990 年，板块构造、遥感和计算机模拟成了时髦，但他认为板块构造说在固体矿产勘查中并无实际用途；1990 年—2000 年，室内高技术应用增长，野外工作减少，勘查成功率较差；2000 年起室内高技术工作愈益增多，发现成本增加。

他指出，技术的爆炸性的发展，使人们认为高科技方法在固体矿产矿床发现和勘查中也会有很大效果。但他认为事实并非如此。他指出，分析大多数实际发现的历史，就会发现高科技方法总的有效价值往往相当小。然而现在预算的大部分却用于计算机和尖端仪器、装备，且地质人员的大部分时间用在办公室里。他本人目前用于斑岩铜矿勘查的技术是：地质与蚀变填图及地表传统找矿，地球化学调查，试钻，地球物理调查，摄影地质或“陆地卫星”影像解译。他指出，在 1950—2000 年成功勘查技术中，磁力仪和电磁系统的不断发展，在 50 和 60 年代发现了许多块状硫化物矿体，放射性测量发现了铀矿，磁测发现了铁矿。地球化学方法的发展使后来的矿床发现曲线上升，化探发现了许多矿床。在 60 年代晚期，肯奈科特公司在美国西部和加拿大西部进行了大规模区域性的地球化学调查，应用这些技术发现了 14 个斑岩铜矿和钼矿系统。在此时期，对矿床地质的理解也有进步。

他还对固体矿产勘查人员的教育发表了看法，认为从培养找矿人员角度来看，应该更多地教授野外地质和调查(包括勘查实习)，要更多教授经济学、经营业务训练与实习、矿业财务，以及采矿学和冶金学。不要把学生培训成为矿床学教授，不要过多强调知识前沿。

他指出，过去矿产勘查由大公司出资的占大部分，但小公司也已变得日益重要。缺少预算和安全性的小公司不能随心使用计算机模拟和最新的高技术，常常只做野外工作，小公司也会有新思想，较易于到风险大的地区进行野外工作。他假定一些大公司发现的矿床都是通过钻探得到的，把勘查预算用钻探进尺除，得出最近发现成本为每米 1300 美元，而他在亚利桑那和智利的勘查项目平均是每米 75—150 美元。一个钻孔打到新矿体的机会为其 10 倍。

从 60 年代晚期起，洛厄尔开始组织承包，由他提供思想和管理，大公司提供资金并让他占有部分股权。这在当时是一革命性的想法，但现已是普遍做法。自 1993 年以来，他通常与大矿业公司组成合营项目，他提供管理，并握有股权，大公司提供资金的大部分。

他在讲演末尾小结时说：“我相信当勘查由实际的、面向野外的勘查人员使用成本低、效益高的技术来进行时，成功就会大得多。他们在金属价格低时找矿。他们懂采矿并能认识可采的矿体。他们不是特别专的或受教育程度特别高的人。他们在预算额小、规模小的队伍里工作。他们与地质锤、取样袋和钻机



有关，而不是与计算机和黑匣子有许多关系。另外也很重要是他们很走运，工作很勤奋”。

加拿大分析研究固体矿产勘查工作的专家 D.H. 麦肯齐 1997 年也指出，勘查成功的 5 个要素是：高超的科学技术技能，对勘查充满信心，由 5—8 名地质人员组成的具有创业精神的勘查队，勘查规划的经济指导原则，有利的政府政策。

H. 达默特在 1996 年一次讲演中提到成功的勘查地质人员的一部分“生就”的特点是：爱这门科学，给勘查实践以激情、热情和高度的能动性，态度非常积极、端正，是很有能力的领导者，能为自己创造出好运并使自己能在“正确的时间处在正确的地点”，必要时都愿承担风险和可能发生的失误的后果。另一部分“造就”的(在学校或工作中学到的)特点(技能)是：清楚的语言和书面交流能力，接触各类矿床，具有非常有用的广泛的经验，知道什么行得通和什么行不通，是讲究实际的和集中精力的人。

里奥廷托联合锌公司原欧洲总地质师、现为独立咨询师的 C.J. 莫里西 1999 年初发表了题为“矿产勘查改变中的面貌”一文，他认为勘查是满足世界对金属和矿产需求过程的开端。它是一项服务业，反映并因应它所服务的社会的变化，总是在寻找新机会、新思想、新手段和更好的经营之道。它认为过去 20 年左右固体矿产勘查主要变化有 3 个方面：勘查“气候”，指当地政府和社区对勘查的看法和态度，主要是苏联解体及许多国家修改矿业法和投资法等法规，使私人公司可进入，以及矿业面临的环境问题和社会问题；勘查人员思想和行为风尚；勘查方法的技术能力。他指出勘查资金在区域上有所转移(如北美等发达地区比例减小，拉美、非洲等地区增大)。许多勘查公司集中于高价值矿种(如金、金刚石，特别是在边远地区)。他分析了 1976 年以来西方 20 个最大的贱金属和贵金属矿床发现，指出发现中某些是新类型，说明仍有新的类型可发现，同时说明世界上一些地区矿藏特别丰富，已知的和勘查工作已很多的矿带和矿区仍有大的发现，有的比已发现的同类矿床还大和富。还说明我们关于成矿的知识还不够。在勘查方法方面，他指出许多勘查仍依靠 20 年前使用的方法。改进的方法和某些新方法理应使勘查比 20 年前更易于达到目的，但事实并不完全如此。影响最大的是数据处理能力的提高。还可在计算机屏幕上产生一些未发现的矿床群，但这有待到野外证实其存在，而这却几乎总是遭到失败(“虚拟勘探”和“数据开采”等技术在油气勘查中是有成效的。下面哈蒂格提到的澳大利亚情况也与莫里西的这一说法有些出入——本文编写者注)。野外调查是不能代替的。对野外地质人员来说勘查方法的主要变化大概是他们能获得的可用信息的数量和质量，关键的发展是可用卫星定位系统、地球化学、分析技术，

物探技术大多有明显改进，钻探进步则不如物化探等其他技术。

在 2001 年 2 月伦敦一次研讨会上，澳大利亚联邦政府投资管理机构的 U. 哈蒂格博士着重指出了澳大利亚矿业界在创新技术上的成就。在勘查方面，他提到过去 10 年使用了地球化学和地球物理建模及高分辨率数字成像发现的 120 个有价值的新矿床。他还指出，该国研发总费用中约 20% 用在矿业和与矿业有关的部门。

矿产资源大部分集中在大型和特大型矿床中，这些矿床价值巨大，找矿无疑要重视找大型和特大型矿床。P. 拉兹尼卡以统计结果为基础，倾向于认为大多数特大型矿床是一个给定类型中不同大小的所有矿床中在规模上处于顶峰位置的矿床，因此找到特大型矿床的机会一般来说随着较小矿床找到的越多而机会越大。当然，勘查优先方向应当指向可能有特大型矿床赋存的地区，但事实上过去有些特大型矿床是在一个地区勘查时早期就发现了，不过绝大多数也并非真正由科学预测和一开始就设计能绕过较小矿床的勘查而专门直接找到心目中的特大型矿床的。他最后说：勘查特大型矿床实际上像钓鱼那样，你要到预期会有你想钓的鱼而且这些鱼中可能会有条大鱼的地方去钓。D. 西尔弗最近也将勘查与钓鱼做了比较分析。

我们在此还需提一下 Quantec Geoscience 的 R. 戈登在英国《采矿杂志》2000 年 11 月号上提出的意见。他认为固体矿产勘查的基本方法学应借鉴石油工业几十年前已发现的问题和已得出的原则。他认为岩心、露头等的地质记录应该客观、可信，不能因地质人员有不同背景、理论或影响而做出不同的记录。需要有一永久的可重现的关于地下情况的记录，日后可再检查，可用来验证。还须客观地测量和记录地下(岩石)的地球物理性质(对固体矿产似可加上地球化学性质——本文编写者注)，包括采用井中方法，先进的三维地震技术以及三维大地电法成像技术等。对所有数据要进行科学的管理和处理，互相联系起来，作为对地质解释的制约。

在勘查队伍的组织与管理方面，不少人都提到要重视发挥创造性，重视创新，重视知识，重视人才，有人提出“智力和经验是维持下去的必需财富”；要组织多学科队伍；要重视团队组织，发扬团队精神；要运用经济杠杆(资助，经济鼓励，给予回报)；要适当运用外部力量(外雇，咨询，发包，合作，甚至通过网络公开征集建议)等。

### (三)政府及一些组织的有关活动

最近几年有更多国家实行开放政策，修改矿业法、税法等有关法规，吸引

外资，发展矿业。不过与前几年比，最近这两年这方面的势头似稍有减弱。环境保护要求愈益严格使矿业成本增高，风险加大。区域经济动荡，一些国家政治不稳定，以及内战和边界冲突更增加了风险。但矿业是一长期的基础产业，对某些国家来说尤为重要。一些国家政府和组织最近在有关方面采取了一些政策措施，制定并实施了一些计划。编制了一些地质矿产图件，对全国或区域的矿产资源进行了评估，建立并不断完善地矿信息库。

美国国会和政府重视地质填图，1999 年 12 月 9 日总统再次签署国家地质填图法，议会两大党亦广泛支持。这次最近的再授权要使地质填图到 2005 财政年度经费增加 2 倍，达 6400 万美元。1992 年议会通过国家地质填图法以来，实施该计划已填制了 1900 多幅新的地质图。美国地质调查所进行了“1996 年全国矿产资源评价”计划，目前正在系统汇编和分析研究“有意义矿床”(对金、银、铜、铅、锌矿床来说，至少分别含 2 吨金，85 吨银，5 万吨铜，3 万吨铅，5 万吨锌)的资料。这 5 种金属的此类矿床数据库含有 1118 个单个矿床或矿区的资料，对这种规模的数据库进行维持、更新和分析要比管理“矿产资源数据系统”和“矿产可供性系统/矿产工业位置系统”的 10 多万个记录容易得多，而且它几乎拥有美国这些金属所有的过去产量和剩余的查明资源数量。这些矿床的剩余查明资源少于“1996 年美国全国矿产资源评价”中的未发现矿床的资源平均估计数，这说明大量的有意义矿床仍有待发现。在燃料矿产资源方面，美国地调所 2000 年又进行了美国及全世界未发现油气资源的评估(见后)。该所也进行了阿巴拉契亚大煤田(煤盆地)北部和中部的煤的数字化评价，内容包括灰分、硫分、发热量的分布，初始资源量，现有资源量，煤层底板等高线图，覆盖层厚度图等。美国地调所最近在研究组织其他国家联合进行全球未发现的非燃料矿产资源的评估可行性(首先进行铜、铂族和钾的评估)，提到要收集：已知矿床和矿点的位置、规模及地质类型资料；按矿床类型考虑的地质区带的区域地质图；矿产勘查史资料。评估还将与环境评价和社会价值评估结合起来，不仅供矿产勘查与开发用，也为生物多样性及敏感的环境保护用，土地利用规划用，以及考虑水资源与水质问题等(该所此举也有为美国独霸世界服务的意味——本文编写者注)。不过矿业界的一位代表认为这种评估虽有其价值，也可开始进行，但目前资料不足，用来评估的现有矿床模式也只是已知类型矿床的模式，不包括新类型，不能运用这种评估结果直接发现矿床，对找矿来说最有价值的是资料而不是评估结果。美国矿业界与能源部于 1998 年 6 月签定一项协议，进行矿产商业化前研究，目标有 7 项。美国一些州政府最近也决定为采矿提供税收优惠。

美国新能源部长 S. 亚伯拉罕最近指责了“前政府对美国长期的能源需求视

而不见，能源消耗猛增，能源生产下降，石油进口比例已高达 54%”。美国新政府将在 2001 年 4 月发表新的国家能源政策综合报告。报告将提出开发阿拉斯加东北部自然保护区的石油和允许开采落基山脉周围的天然气，放宽对输油管道和炼油厂建设的限制，以及谋求多样化的发电方式(包括增加燃气、燃煤、核能发电和水电)等。看来新政府在对待自然资源的开发利用与环保问题的态度上与克林顿-戈尔政府有所差别，石油界和矿业界对此已有评说。这里有小布什与石油业关系密切的背景，但在如何处理资源与环境协调发展的关系问题上，似仍值得研究。

前苏联一贯重视地矿工作。苏联解体后俄罗斯地矿部门和地质界仍不断强调地矿工作的重要性。俄联邦政府实施了“1994—2000 年联邦矿物原料基地发展计划”，近年来加强了区域工作。例如 1997 年完成 1 20 万地质测量面积为 22.5 万 km<sup>2</sup>，1998 年为 32 万 km<sup>2</sup>，1999 年计划完成 37.5 万 km<sup>2</sup>。近年也颇重视多目的地球化学填图，同时仍很重视成矿分析和预测工作。如组织有关单位专家制定了“俄罗斯铂”计划，并已在实施，完成了 1 500 万俄罗斯含铂性预测图等。还主要根据市场经济原则对金属矿产矿物原料基地进行系统重新评价。俄联邦国土资源部 2001 年预算(共 109.313 亿卢布)中直接用于满足联邦需要的地下资源、大陆架和大洋地质调查研究的占 36.1%，地质勘探工作的占 13.5%，两项合计占其预算总额的一半。

英国政府确定了对矿产可持续发展的做法。英国地质调查所新编制了煤资源图(全国比例尺为 1 150 万，煤田为 1 40 万)。加拿大矿业界和政府研讨了新千年的挑战，政府提出了金属和矿业的可持续发展政策。联邦自然资源部专门邀请加拿大地球科学委员会组织有关专家(其中 1 名来自澳大利亚联邦地质调查机构 AGSO)于 1999 年 7 月至 2000 年 4 月对加拿大联邦地质调查所的“矿产地质科学计划”的有关活动进行了外部评审，评审委员会已提出报告和建议。矿业界公布了关于发表、报告矿产资源量和储量的标准。一些省(区)继续采取措施鼓励矿产勘查与开发。西北区政府提出了果敢的非再生资源开发战略，以便从中获取最大利益。20 年前该地区靠采金和联邦政府出资推动经济发展，今后还要依靠金刚石矿开发及其下游产业、油气工业以及旅游业。在 2000 年新成立的奴瓦特地区(原西北地区东半部，新华社译“努纳武特地区”)，联邦与地区政府最近签定了协调地学信息协议，为实施协议设立了每年预算 130 万加元的办公室，该室将进行地区性的和局部性的综合填图，以及对现有矿产数据的数字化编纂。澳大利亚联邦地质调查机构(AGSO)正在继续进行地质填图和一些成矿区和含油气区的研究计划。塔斯马尼亚州在进行该州西部矿带研究计划，州政府拨款 500 万澳元(包括 410 万澳元给地质项目)，联邦政府亦为此拨出约

500 万澳元，矿带研究将进行一年半，计划于 2002 年公布成果。该州还在为促进勘查进行新一轮航空物探。西班牙一些地区政府也对调查和开发矿产资源很感兴趣。

南非政府于 1998 年 10 月发表了矿产与矿业政策文件，矿产资源与储量报告法也已完成。南非正在进行一项有关煤炭的研究计划。南非联邦地质科学委员会正在为毛里塔尼亚的“加强矿业部门机构项目”向该国的矿业与工业部提供项目的技术监理与咨询服务。该项目从 2000 年 9 月进行航空物探开始，至 2004 年结束，为的是加速毛里塔尼亚矿业部门发展，主要目的是提高吸引外资开发该国矿产潜力的竞争力，这要通过产生有关该国地质与矿产远景的尽可能大量的数据资料来达到。该项目有 3 个主要目标：加强地矿部门的组织机构，提高其能力，特别是在航空物探和地质填图更新及产生地质基础资料，以及应用计算机技术、运输和管理人员的培训方面；建立现代化的地质和矿产信息系统，交流基础地矿信息；在地矿部门确立环境管理能力。该项目的基石是更新地质填图。要分别与法国地质矿产调查总局和英国地质调查所合作重新对全国进行 1:50 万填图，对有特殊意义的一些地区进行 1:20 万填图。要进行 15.5 万 km<sup>2</sup> 的航空物探，主要在北部前寒武纪赖吉巴特地盾区。地质、航空物探、地球化学工作、卫星成像、地面磁法、野外取样和岩石分析将结合起来产生一个详细的数据库。项目总成本为 2030 万美元，现已通过世界银行(1500 万美元)、法国合作署(100 万美元)和伊斯兰开发银行(380 万美元)贷款以及该国政府另出的 50 万美元获得所需资金。

除一些国家与省、州(区)政府机构有关活动外，一些国际组织也有一些有关计划。例如，国际地质科学联合会和联合国教科文组织的遥感地质应用新千年联合计划；欧洲国家政府机构、采掘工业界和学术单位代表最近成立欧洲矿产资源研究与技术开发委员会，将确定矿产资源研究优先方向，并给研究者以指导；国际金属与环境委员会的全球矿业倡议组织(GMI)于两年前成立，现有国际上 27 家大公司参加，在成立同时就开始进行(或资助)一项重要研究——采矿、矿产与可持续发展；美国电力研究协会鉴于在 21 世纪煤在满足不断增长的电力需求方面起很大作用，提出了有关全球煤的研究计划(从 9 个研发项目开始)。

## 二、一些主要矿种矿床发现和资源扩大简况

### (一)油气

最近两三年世界油气总的证实储量变化不大,2000 年略有增长。陆上和海区仍不断有新油气田发现,其中较突出的在海区(包括深水区),盐下油气田的发现也值得注意。

据美国《油气杂志》1999 年 12 月 20 日号报道,世界原油储量自 1992 年以来首次下降,2000 年 1 月 1 日为 10160 亿桶(较前一年减 182 亿桶),天然气储量为 5146.2 万亿立方英尺(增 1.5 万亿立方英尺) 墨西哥油气储量明显下降。美国原油储量为 210.34 亿桶(减 6.7%),天然气储量亦下降为 164 万亿立方英尺。据该刊 2000 年 12 月 18 日号报道,2001 年 1 月 1 日世界原油和天然气储量分别为 10284.58 亿桶和 5278.5 万亿立方英尺,约分别比前一年增长 1.4%和 2.6%。据法国《阿拉伯油气》杂志 2000 年 7 月 16 日号报道,世界石油证实储量 1998 年底为 10520 亿桶,1999 年底为 10338 亿桶。世界原油储量自 1948 年至 2000 年增长很多,而 1990—2000 年则无显著变化(1985 年为 7072 亿桶,1990 年 10010 亿桶,1995 年 10000 亿桶,1999 年为底 10338 亿桶)。

美国地质调查所 2000 年对世界未发现油气资源做了估计,结果比该所 1994 年发表的估计数总的增加 9.5%,如不计美国则约增 5%。总的是对石油的估计数增加逾 20%,天然气估计数减少,结果见表 12。

表 12 世界未发现油气资源量(估计)

|      | 2000 年估计                                    | 1993 年估计(1994 年发表)             |
|------|---------------------------------------------|--------------------------------|
| 石油   | 7320 亿桶(不计美国为 6490 亿桶)                      | 5826 亿桶                        |
| 天然气  | 5196 万亿立方英尺(不计美国为 4469 万亿立方英尺,或 7780 亿桶油当量) | 5791 万亿立方英尺                    |
| 凝析油  | 2150 亿桶油当量(不计美国为 2070 亿桶)                   | 1022 亿桶油当量                     |
| 世界总计 | 18076 亿桶油当量(不计美国为 16340 亿桶)                 | 16501 亿桶油当量(不计美国为 15560 亿桶油当量) |

1998 年俄罗斯新发现油气田 39 个,其中最大的北萨姆堡油田拥有可采石油储量 2 亿多吨。新增储量估计为原油 2.3 亿吨,天然气 2500 亿  $m^3$ ,油气增

加的储量远抵不上开采量。

2000 年 1 月美国马萨诸塞州剑桥能源研究所全球油气资源研究室主任 R. 埃塞在一次会议上论述了国外 90 年代发现的大型油气田。总的来说,这 10 年发现的新油田比以前小且少,每年共为 40—90 亿桶,而目前年需 280 亿桶,预计 2010 年需 350 亿桶。世界原油产能 1995 年为 7300 万桶/日,目前 7900 万桶/日,预计 2010 年将达 9700 万桶/日。90 年代有 9 大油田发现(每个超过 10 亿桶): 墨西哥湾的“狂马”, 、 巴西的龙卡多尔和 Barracuda, 伊朗阿扎德甘, 哥伦比亚库西亚纳, 、 安哥拉“葵花”和“大丽花”, 阿尔及利亚 Oughroud, 墨西哥坎塔雷尔油田下的 Sihil 油田,有 12 个大气田发现(每个超过 5 万亿立方英尺): 俄罗斯什托克马诺夫, 俄罗斯鲁萨诺夫, 阿塞拜疆沙阿·德尼兹, 玻利维亚伊塔乌 2 圣阿尔韦托(1999 年发现), 挪威 Orman Lange, 阿曼 Sahil Rawl, 缅甸雅达纳, 、 印尼的 Peciko 和 Wiriagar 气田组, 巴布亚新几内亚 Hides, 、 澳大利亚西北陆架的 Perseus 和 Evans Shoal。90 年代发现中,有些是成群发现。油田中最重要的是在深水區(包括墨西哥湾、安哥拉,90 年代发现各约 70 亿桶,巴西近 60 亿桶),还有阿尔及利亚、伊朗、哥伦比亚库西亚纳 2 库皮亚瓜;气田成群的发现主要在墨西哥湾、挪威海、澳大利亚西北陆架,印尼,还有玻利维亚的最近发现,以及特立尼达多巴哥和埃及尼罗河三角洲。

过去 10 年约发现 600 亿桶石油,其中非洲和中东发现最多(280 亿桶),天然气的发现以东南亚为多(超过 180—200 万亿立方英尺)。预计下一个十年,会继续 90 年代晚期趋势,但步伐会加快,规模会扩大,从 90 年代初、中期的每年 40—70 亿桶至新世纪的 70—100 亿桶。自 90 年代中期以来,重要发现(油 > 1 亿桶,气 > 1 万亿立方英尺)从 1996 年 32 个,至 1998 年 40 个,到 1999 年 1—11 月的 44 个。深水钻探能力将增大,与最近的公司合并有关的勘查与生产费用的缩减将转为增加,一些勘查不足的有远景(尤其对天然气)区会开放,超重油生产现已经经济合算,到 2010 年可达 200 万桶/日,2020 年达 700 万桶/日(主要在加拿大西部和委内瑞拉)。下一个十年,石油勘查和开发热点地区领先的是世界深水區(西非、巴西、墨西哥湾),还有里海。此外有加拿大东部海区,阿尔及利亚和伊朗。对天然气来说,有卡塔尔,伊朗,加拿大东部塞布尔岛,尼日利亚,玻利维亚,埃及,阿曼,利比亚,澳大利亚西北陆架以及某些东南亚国家。

1998 和 1999 年国外较重要的油气田发现地有中东的伊朗、沙特阿拉伯、科威特、阿曼、也门、叙利亚以及以色列(海区);里海地区;墨西哥湾;非洲的西非安哥拉、刚果、加蓬、赤道几内亚、喀麦隆和尼日利亚,北非的阿尔及

利亚、摩洛哥、利比亚、突尼斯、埃及、苏丹；拉美的阿根廷、玻利维亚、巴西、哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁、委内瑞拉、特立尼达多巴哥、古巴；欧洲的挪威、英国、荷兰、意大利、西班牙、波兰、罗马尼亚；东、南亚的印尼、马来西亚、印度、巴基斯坦、孟加拉，以及大洋洲的巴新、澳、新。据《阿拉伯油气》杂志 2000 年 7 月 16 日号报道，1999 年世界发现的石油是 1991 年以来最多的：伊朗新油田普查井 4 口，增加 50 亿桶；沙特阿拉伯 2 口，增 20.5 亿桶；安哥拉 10 口，13.35 亿桶；中国 36 口，8.3 亿桶；墨西哥 14 口，7.62 亿桶；阿塞拜疆 5 口，7 亿桶；尼日利亚 7 口，4.05 亿桶，赤道几内亚 2 口，4 亿桶；巴西 45 口，3.53 亿桶；挪威 14 口，3.4 亿桶。

最近两、三年，伊朗陆上和海域均有重要发现。1999 年在胡泽斯坦省西南部距与伊拉克的边界约 10km 发现的阿扎德甘超大型油田(估计原地资源 260 亿桶，约 80 亿桶可采)，是该国 30 年来最大发现，也可能是 1999 年世界发现的最大油田。预计可日产原油 40 万桶，2001 年可开发。伊朗海区的南珀尔斯大气田除含 4 层天然气外，尚发现一含 50 亿桶油的油层。全国石油储量增至 930 亿桶，天然气 26 万亿  $m^3$ 。2000 年 4 月宣布在南部法尔斯省发现 Tabnak 大型气田，天然气超过 4450 亿  $m^3$ ，凝析油 2.4 亿桶，含油气构造长 42km，宽 5km，储层厚 750m，终孔深 3345m。8 月宣布在西部伊拉姆省发现 10.7 亿桶的 Changuleh 油田，布什尔省的 240 亿  $m^3$  的 Zireh 气田和 2000 多亿  $m^3$  的霍马气田。2000 年 8 月底又宣布在阿尔德比勒发现 Ghir-Dareh 油田(53.4 亿桶)和 Ghareh-Dorgh 气田(6000 亿  $m^3$ )。《阿拉伯油气》12 月 1 日号又报道在海区靠近南珀尔斯气田发现 Darian 油田，试井得到结果为约 3000 桶/日。

沙特阿拉伯 Aramco 公司在东部发现新的大气田，2000 年 5 月 19 日宣布：Al-Manjoorah - 1 井，在世界第一大油田加瓦尔油田西 30km，试钻得气 700 万立方英尺/日，凝析油 200 桶/日。1999 年 11 月报道该区 Nayban 井，试得 140 万立方英尺/日气，1400 桶/日凝析油，Shaden 1 井试得 800 万立方英尺/日气，90 桶/日凝析油，这两气田估计有凝析油 60 亿桶，天然气 1200 亿  $m^3$ 。《阿拉伯油气》2000 年 12 月 16 日报道，在加瓦尔油田南端(利雅得东 130km)发现 Mazaleej 气田，是 2000 年在东部发现的第 3 个气田，在最近发现的 Al-Ghazal 气田北约 28km，哈腊德西 85km，是 Aramco 公司天然气勘查计划在该地区的第 9 个发现。

1999 年初科威特曾宣布发现超大型的克拉马罗油田，可能拥有可与该国布尔甘油田(世界第 2 大油田)相比拟的石油资源，当时国外刊物也有认为工作尚少，不见得有如此巨大资源量，以后未见国外有更多报道。

里海地区最近的重大发现是北部哈萨克斯坦海域的卡沙甘大油田和俄罗斯



海域的“北部”油田(见后专门介绍)。里海中南部阿塞拜疆海域的沙阿·德尼兹构造, BPAmoco 公司打了 4 口井, SDX-1 井证实一个 17 万亿立方英尺(4811 亿  $\text{m}^3$ )和 7 亿桶凝析油的气田。在土库曼斯坦陆上最近发现了泰克泰克大气田。

墨西哥湾美国海域至 1999 年底已有深水(水深 > 1500 英尺)油气田发现 112 个, 其中 1999 年有 17 个。BPAmoco 公司在深水格林坎宁 826 区块“疯狗”探区的 GC 826 - 1 井, 水深 6734 英尺, 终孔深 22400 英尺, 打到油气层(主要是油)净厚 300 英尺, 资源量超过 4 亿桶油当量, 多达 8 亿桶油当量。BPAmoco 和 Mobil 公司在 1999 年 7 月宣布了墨西哥湾水区迄今最大的油田发现——“狂马”油田, 水深 6000 英尺, 总井深 25782 英尺, 至少有储量 10 亿桶油当量。三维地震技术和超级计算机使得勘查盐下油气较前容易。Anadarko 公司在 1998 年 7 月宣布发现“坦桑宝石”油田(有 1.4 亿桶油, 还试得气 2970 万立方英尺/日, 有 450 英尺连续产油气层, 终孔井深 14350 英尺, 预计 2000 年第三季度投产), 1998 年 10 月宣布发现的“山核桃木”(Hickory)油气田, 打到约 300 英尺产油气砂岩, 终孔井深 21600 英尺, 其中盐井段约 8000 英尺。这两个油气田均位于水深稍逾 300 英尺的浅水区。该公司自 1993 年发现“红木”油田(1996 年投产)以来, 参与钻探盐下成藏组合的 10 口井, 其中 5 口成功发现(1994 年“柚木”, 1995 年“玛瑙”, 1996 年“独居石”, 以及最近的“坦桑宝石”和“山核桃木”)。在墨西哥坎佩切湾的坎塔雷尔油田下发现有 14 亿桶油的 Sihil 油田。

西非安哥拉海域深水区继续有重要发现。自北往南, 谢夫隆等公司在第 14 区块于 1998 年发现本格拉和比利兹油田后, 2000 年又发现通博科油田(该区块的第 5 个发现); 2000 年 10 月又宣布第 6 个发现——洛比托 1 号, 水深 408m, 试井得 10200 桶/日, 35° API, 2000 年底又发现洛比 2 号, 打到 235m 高油柱(净出油层厚 61m)。在第 15 区块, Exxon Mobil 公司在 1998 年 10 月宣布发现迪坎扎油田, 第 5 个发现是 1999 年 7 月宣布的 Chocalho 油田, 水深 1147m, 总井深 2513m, 试井结果 4554 桶/日; 第 6 个发现是 1999 年 9 月宣布的 Xicomba 油田, 水深 1355m, 试井得 1435 桶/日; 第 7 个发现是 2000 年 6 月宣布的 Mondo 油田, 水深 740m, 钻深 2500m, 试井得 4200 桶/日; 8 月又宣布第 8 个发现 Saxi 油田, 水深 680m, 终孔井深 3200m, 试井得油流量 5400 桶/日, 26° API; 2000 年 12 月初报道第 9 个发现 Batuque- 1 井, 水深 725m, 终孔井深 3780m, 试得 5200 桶/日。第 15 区块远景可采储量已超过 30 亿桶。在罗安达西北 200 多 km 的第 17 区块, 埃勒夫·阿基坦公司与安哥拉国家石油公司 1999 年上半年发现了第 5 个油田——“郁金香”油田, 水深超过 1000m, 试得油流量 9000 桶/日, 开辟了一个新的远景区; 1999 年 9 月初报道第 6 个发现——“兰花”油田, 水深 1197m, 终孔井深 2500m, 打到 48m 油砂层; 10 月报道第 7 个大发现——“石

竹”1井,水[KG-\*8]深1357m,在“百合花”和“玫瑰花”油田间,试得油流量12800桶/日,34°API;2000年1月报道第8个发现——“山茶花”1井,水深1296m,距“大丽花”4号评价井6.5km,井深至海底面以下2300m,试得9000桶/日,23°API;2000年5月报道第9个发现“茉莉花”1井,水深1292m,试得10800桶/日,29°API,距“葵花”1井6.2km;9月报道第10个发现“四季蔷薇”油田,试得8740桶/日,20°API。第17区块有35亿桶油。BPAmoco公司在第18区块已有4个油田发现:1999年5月发现Platina,水深1400m,试得6500桶/日;7月发现Plutonia,水深1362m,试得5700桶/日;2000年6月发现Galio,距岸约185km,水深1283m,试得4770桶/日,34°API;12月报道第4个发现Paladio,水深亦在1200—1400m范围内,试得3980桶/日,31°API。目前第14、15、17、18区块共已约有100亿桶可采储量。

赤道几内亚G区块有一重要油田发现(称La Ceiba)Mbini 1井,水深约670m,终孔深2957m,从一厚约49m储油层中试得12401桶/日,30°API。距岸约22海里,在Zafiro油田东南200海里,是一过去未勘查盆地中的首次发现,可能是西非一重要海上油气区。

1999年1月报道,尼日利亚在尼日尔河三角洲中部OPL 216区块的Agbami 1井,水深1433m,在2500—3780m井段打到多层油层,原油低硫,34°-45°API,可采数亿吨油当量。1999年3月报道尼日尔河三角洲中部218区块有大发现,NNWA-1井,水深1282m,在2652—4464m井段有多层油层,合计净厚超过94.5m,可有数亿桶可采石油。

埃及从1999年10月至2000年11月,新发现的气田使该国天然气证实储量增长41.6%,由1.02万亿m<sup>3</sup>增至1.44万亿m<sup>3</sup>。在1999年7月1日至2000年6月底的年度中发现31个油气田(油田24,气田7),2000年7—11月又发现11个。阿尔及利亚的国家石油公司2000年发现6个油气田。

在拉丁美洲,1999年9月报道巴西石油公司在里约热内卢西南约165km的桑托斯盆地发现重要油田,油层产在3828—3834m及4092—4148m段,35°API,初步计算有6—7亿桶,在打第2口井,这是该公司3年前发现龙卡多尔油田(水深1853m,储量27亿桶,已于1999年初正式投产)以来的最大发现。该公司还创造了水深记录。1999年11月29日RJS-543井,水深2777m。据2001年初报道,该公司在圣埃斯皮里托州海域坎普斯盆地离岸约160km,水深2243m的一口井中,首次发现超过2000m水深的石油,该井终孔深5510m,有3个储油层,其中一层27m厚,于4450—4484m井段试井,得3000桶/日,35°API。

玻利维亚最近油气证实储量大增。1997年时天然气为1687亿m<sup>3</sup>,原油2.009亿桶,而2000年4月报道分别为9122亿m<sup>3</sup>和6.92亿桶。法国托塔尔石

油公司及其合伙公司在玻利维亚大乔科区域 区块的西 Tarija 的一口井发现 2066 亿  $\text{m}^3$  天然气和 1.6 亿桶油的大气田。圣阿尔韦托气田储量为天然气 1500 亿  $\text{m}^3$ ，凝析油 9000 万桶，现日产 660 万  $\text{m}^3$  气，1300 桶凝析油。

2000 年春，在特立尼达多巴哥东南海区，BPAmoco 公司又发现一个 570 亿  $\text{m}^3$  的气田(Manakin)，水深 222m，钻至 3560m，是该公司 3 年内在该区的第 3 个发现。10 月初又报道该公司在该国的第 4 个发现——“红芒果”气田，约 850 亿  $\text{m}^3$  气和 9000 万桶凝析油，约为 6.3 亿桶油当量，是该国最大发现之一。

在东、南亚，巴基斯坦最近在 Bhit、Sawan 和 Zamzama 发现大量天然气资源。据 1999 年初报道，在奎达东约 40km Zarghoon 南 1 井发现天然气，钻至 2172m，试得 1670 万立方英尺/日，估计潜在气资源 1415 亿  $\text{m}^3$ 。在信德省于卡拉奇北约 350km，最近也发现重要气田。Conoco 公司 2000 年 9 月宣布在越南南部头顿东南海区的 15 - 1 区块发现重要油田。2001 年初报道该公司又在其南 15 - 2 区块有重要发现，试井得 8500 桶/日油流量，使现日产 5 万桶的朗东(Rang Dong)油(基底裂隙发育花岗岩亦产油)的生产区明显扩大。印尼苏门答腊南部沉积层下的前第三纪花岗岩产有大的储气层。韩国东海 1 号气田 2002 年将工业生产油气，气田位于蔚山外 60km 陆架上的 Ullung 盆地，有储量 70—85 亿  $\text{m}^3$ 。该区 1970 年就出租，打一井后于 1976 年放弃。1983—1995 年又钻，未发现工业可采气。1996—1999 年再评价，1998 年发现。在大洋洲，澳大利亚最近总结了找油气发现情况以及促进海区油气勘查开发情况，在西澳海域等地继续有所发现。不过，西澳海域原来于 1997 年发现的科尔尼阿“油田”，初期估计有 10 亿桶或 6—27 亿桶油当量，钻进 11 口井后得出否定结论。新西兰北塔腊纳基海区 Pohokure 1 号井有重要发现，远景储量可有 142 亿  $\text{m}^3$ 。此前该区也已发现一些油气。巴布亚新几内亚的 Fly 台地首次发现 2 个油气田。

从这两、三年国外油气勘查和发现情况来看，海域及其中的深水区的工作继续增长，成果扩大，如 1999 年就有 25 个深水油气田发现。另一方面，陆上也仍有重要发现，突出的例子是伊朗，沙特阿拉伯和玻利维亚等也有重要发现。海域和陆上的盐下油气资源勘查也取得了更多成功，如墨西哥湾、里海、也门等。油气勘查技术也有进步，如三维地震方法的发展，4-C 地震法的应用，AVO 法的改进，核磁共振测井法的发展，四维地震法的应用，卫星遥感分辨率的提高，卫星遥感测油气渗出，一些方法的综合运用，计算机处理能力的提高，以及钻探技术的进步等。

在非常规天然气资源方面，煤层气的生产与勘查在扩大。美国的煤层气产量 1990 年为 50 多亿  $\text{m}^3$ ，1992 年超过 150 亿  $\text{m}^3$ ，1997 年约为 311 亿  $\text{m}^3$ ，占全国天然气总产量的 6%。1998 年又增为 337 亿  $\text{m}^3$ ，1999 年再升至 368 亿  $\text{m}^3$ ，占美

国天然气总产量的 6.5%。美国煤层气储量占其干天然气储量的 7%。美国 1998 年钻了 1306 口煤层气井，1999 年钻了 1265 口。

科学家早在 200 多年前就已知有天然气水合物，对其进行积极研究也已有 60 多年。在自然界，它在海洋(尤其是深海)和陆区(尤其是近极地地区)都有分布。第一个天然产出的天然气水合物气田是 1967 年在苏联西西伯利亚北部永冻带发现的。近年来，天然气水合物作为潜在能源的巨大潜力更是引起了广泛注意。进行了更多调查研究，包括海洋科学钻探。大洋钻探计划除已进行的以外，其 204 航次要于 2001 年 8 月开始在美国西部俄勒冈海域‘水合物岭’打 3 口井。资源匮乏的日本是最积极致力于天然气水合物作为资源开发利用的，并计划在 10 年内将进行商业生产。日本政府于 1995 年开始责成资源能源厅等有关部门展开调查。日本已钻 2 口重要的天然气水合物勘查研究井：在加拿大西北部马更些河三角洲与加拿大地质调查所合作的 Mallik 2L-38 井，1998 年进行，终孔井深 1150m，从 886m 至 952.5m 深取了水合物岩心；日本政府通产省于 1999 年 11 月起在静冈县御前崎外南海海槽的 945m 水深处钻一地层勘查井(根据 1996 年地震法测量后基于似海底反射层)，终孔井深 3300m。天然气水合物在海底面以下 200—270m 深处的砂岩中。于 2000 年 1 月确认该区海面下 2700m 的海底深处有天然气水合物。研究人员推测日本近海有天然气水合物的天然气储量 7.4 万亿  $m^3$ ，相当于日本国内 100 多年的天然气消费量，有关方面将于今后 10—15 年间详细调查其分布区域和储量。从 2002 年 1 月开始，日、美、加和德国着眼于商业化生产，将在加拿大马更些河河口附近永久冻土带进行开采试验。目前尚缺有效的开采技术，要作为一种资源安全利用，必须对地质、气象进行综合研究。美国也重视对天然气水合物的研究开发。美国国会进行了专门讨论，并于 2000 年 5 月通过“甲烷水合物研发法”，提供 4750 万美元供今后 5 年进行研发。法国与澳大利亚在 1999 年联合考察据认为是世界上最大的天然气田——新喀里多尼亚海域的甲烷水合物气田。由 La Atalante 号研究船进行研究，是澳大利亚地质调查机构(AGSO)与法国海洋开发研究所联合研究的一部分。该气田面积有 8 万  $km^2$ ，比 1998 年 5 月发现时认为的大得多。在喀里多尼亚西海岸外 240km，海底面下约 600m。科学家认为天然气来自更深数百米的油气田。需查明天然气是深部热成因来源还是浅部生物成因来源。如前一来源可成立，则将是首次实际证明常规油气田正在豪勋爵海丘(水深 1000—4000m)生成，可使其成为油气勘查一个目标。关于该项考察研究结果，有待跟踪了解。对于天然气水合物的非常的希望与挑战已有不少讨论。关于天然气水合物融化和采出可能引起海平面急剧下降等对气候和环境的可能影响也有论及。

油砂(焦油砂)和超重油的开发也有进展，尤其是 2000 年油价猛涨后，有更

多的油砂和超重油项目的开发已经经济可行。加拿大最近几年油砂项目投资预计达 250 亿加元。现有 59 个项目处在建设、设计或构想阶段，这些项目代表已宣布的 334 亿加元投资，已花费 66 亿加元，已批准 1996—2010 年 114 亿加元。油砂的油产量现约为加拿大原油产量的 34%(另据 1999 年初报道，油砂的油产量占加拿大原油总产量的 26%)，到 2007 年预期达 50%或更多，成本已从 1981 年约 25 美元/桶下降。委内瑞拉的巨大的奥里尼科带超重油资源最近已有一些项目投产，如其中有一项目现已日产 96000 桶，2001 年起将增至日产 12 万桶。

在油气地质学方面，丹麦北海的 Lulita 油田经研究认为石油是由中侏罗世煤形成的。煤的 Ro 大部分为 0.82—0.89，显微组分以镜质体为主。附近的 Harald 油田(含气较多)也被认为是由煤生成油。研究认为，墨西哥湾奇克苏拉布陨石冲击在墨西哥东南部形成了油气的储集层和遮挡层。在与油气勘查关系密切的地震地层学方面，认为下一步的飞跃是要与地貌学相结合，了解盆地是如何充填的。

随着海洋深水油气田勘查开发的进展，最近两年开发建造了几艘新一代钻探船。1999 年 2 月报道 Deepwater Pathfinder 号可在水深 1 万英尺(3048m)条件下钻探，船长 726 英尺，宽 138 英尺，高 66 英尺，拟在墨西哥湾钻探。Discoverer Enterprise 号设计井深可达 35000 英尺，水深可至 1 万英尺，船长 835 英尺，宽 125 英尺，排水量 10 万吨，1999 年晚期要在墨西哥湾开始工作。2000 年 5 月报道，Glomar C.R.Luigs 号超深水钻探船正在北爱尔兰建造，水深可至 12000 英尺(开始时至水深 9000 英尺)，井深能力为 35000 英尺。

## (二)铜矿

设在美国图森的矿业投资服务公司调查了目前分布在 65 个国家的 502 个有价值的有资源估计的铜矿探区，其中 63%在美洲，22%在澳大利亚，其余在非洲和欧洲。该公司计算世界这些铜矿探区的平均矿石量为 1.09 亿吨，拉美最大，为 1.66 亿吨，北美 1.153 亿吨，澳大利亚 9800 万吨，欧洲 9700 万吨，非洲 6100 万吨。就品位而言，世界平均为 0.66%，非洲最高，为 1.77%，欧洲 1.13%，拉美和澳大利亚接近世界平均数，北美 0.46%。所含铜量欧、非、拉美平均超过 100 万吨，北美接近此数的一半。拉美在数量和质量上使其成为勘查工作高涨区。

国外铜矿勘查的主要类型与地区基本与过去一些年相同，工作最多、成果最著的是斑岩型(包括与之相关的矽卡岩型)铜(铜金、铜钼)矿。另一方面，国外最近在前寒武系分布区继续有一些较重要铜矿发现或扩大，其中有些尚无关

于矿床类型的报道，有些类型矿床(如奥林匹克坝型)的找矿工作也在试探中。

斑岩型矿床勘查主要集中在环太平洋带和特提斯带(古地中海带)。

智利的距特大而富的在采的埃斯康迪达矿床开采区 5km 的埃斯康迪达北矿床，据 80 年代中至 1997 年钻的 302 个勘查孔结果，有硫化矿：推定资源 6.76 亿吨，铜品位 1.03%(以 0.45%为边界)，推测资源 7.96 亿吨，品位 0.76%，合计硫化矿含铜 1300 万吨；氧化矿：推定资源 1200 万吨，含 0.76%酸溶铜(0.34%为边界)，推测资源 1.31 亿吨，0.73%酸溶铜，合计氧化矿含铜 105 万吨，总计有铜 1400 万吨。埃斯康迪达矿床自 1990 年投产以来，几经扩建，1999 年 7 月 1 日至 2000 年 6 月 30 日这一年度铜产量近 92 万吨，已成世界铜产量最大的矿山，近期还将扩至年产 120 万吨。该矿山从投产至 1997 年中，铜平均品位为 2.7%，后下降，预期至 2003 年入选铜品位约为 1.5%。目前该矿床尚有储量：硫化矿 20.91 亿吨，铜平均品位 1.08%(即含铜 2258 万吨)，氧化矿 2.19 亿吨，酸溶铜品位 0.63%(即含铜 138 万吨)，合计铜金属储量 2396 万吨。现有总资源为：硫化矿 33.5 亿吨，铜品位 0.98%(即含铜 3283 万吨)，氧化矿 3.51 亿吨，品位 0.56%(即含铜 197 万吨)，混合矿 3.72 亿吨，铜品位 0.71%(即含铜 264 万吨)。铜资源总计 3744 万吨。1996 年发现的斯彭斯矿床经 400 个金刚石钻孔 10.6 万 m 钻探和 1.1km 平窿坑探结果，露采范围的储量已增至 4 亿吨，铜品位 1%。最近智利国营铜公司又在北部第 4 大区发现托基铜矿床，有资源 4 亿吨，铜品位 0.5%。最近几年智利与斑岩铜矿有关的勘查工作的一个特点是发现和勘查了一批大的铜的氧化矿床，其中也有所谓“外来”(迁积来的)铜氧化物矿床。这与堆浸和溶剂萃取电积(SX/EW)法提取铜的技术发展有关。如特索罗矿床有可采储量 1.53 亿吨(氧化矿)，铜品位 0.96%，矿山寿命可有 21 年。附近埃斯佩兰萨矿床有 1.5 亿吨硫化矿，铜品位 0.81%，金 0.46 克/吨，还有 1000 万吨氧化矿(0.62%铜)。智利北部洛马斯巴亚斯矿床附近的“幸运铜”矿床经可行性研究有 8 亿吨氧化矿石，可年产 9 万吨电解铜。Antucoya 矿床有氧化矿储量 3 亿吨，铜品位 1.3%。4 年前在 Cordillera de Domeyko 地区发现的加比低品位氧化矿可年产 10-11.5 万吨铜，靠近楚基卡马塔的加比南矿床有资源 4 亿吨，铜品位 0.54%。

秘鲁有些大型斑岩铜矿的储量或资源量有所扩大，如托克帕拉矿床 1999 年储量为硫化矿 7.7 亿吨，铜品位 0.74%(即含铜 570 万吨)，另有可堆浸储量(主要为氧化矿)19.31 亿吨，铜品位 0.2%(含铜 386 万吨)，另有查明资源 2.47 亿吨(含铜 168 万吨)，总计含铜 1120 万吨。像智利那样，秘鲁也发现有大型斑岩金铜矿床，如米纳斯康加矿床(见本文后面“金矿”一节)。秘鲁与斑岩铜矿有关的矽卡岩铜(或铜金、铜多金属)矿颇发育，且规模颇大，有的则为大型斑岩-

矽卡岩型综合矿床。巨大的安塔米纳矽卡岩型铜锌银钼矿床最近已开发，2002年要达到年产 29.5 万吨铜，24 万吨锌，2860 吨钼，233 吨银。可露采储量已增至 5.59 亿吨，品位为铜 1.24%，锌 1.03%，银 13.71 克/吨，钼 0.03%，即含铜 690 万吨，锌 575 万吨，钼 16 万吨，银 7660 吨，还有 4.85 万吨铋。另有约 5 亿吨近似品位的资源。在安塔米纳西北 140km 有马吉斯特雷尔矽卡岩加斑岩铜钼矿床，该地石英二长岩中有浸染状铜钼矿及矽卡岩铜钼矿。1969-1973 年曾对矽卡岩带进行过研究，算得矿石资源 181 万吨，含铜 2.04%，钼 0.03%，银 13.4 克/吨，1997 年重新进行评价，结果有资源量：矽卡岩矿石 1.08 亿吨，铜品位 1.34%，钼 0.03%，银 6.5 克/吨(即含铜 145 万吨，钼 3.2 万吨，银 700 吨)，斑岩中有 2.7 亿吨，铜品位 0.51%，钼 0.04%，银 4.1 克/吨(即有铜 138 万吨，钼 10.8 万吨，银 1100 吨)，合计含铜 283 万吨，钼 14 万吨，银 1800 吨。在著名的廷塔亚附近，新近查明的 Antapaccay 铜金斑岩-矽卡岩矿床，推测地质资源 3.83 亿吨，铜品位 0.89%，金 0.16 克/吨，即含铜 340 万吨，金 61 吨。距廷塔亚 8km 的 Coroccohuayo 矽卡岩铜矿有确定、推定和推测资源 1.55 亿吨，铜品位 1.57%，金 0.16 克/吨，银 6.3 克/吨，即含铜 243 万吨，金 25 吨，银 976 吨。

厄瓜多尔东南部最近 5 年发现几个斑岩成矿系统，现集中在 3 个系统勘查，由美国斑岩铜矿专家 J. 洛厄尔管理。其中圣卡洛斯斑岩系统据 25 孔(近 6000m)钻探，可含约 10 亿吨矿石，铜平均品位 0.4%(或 4 亿吨，铜品位 0.7%)。

1998 年报道美国西南部亚利桑那州发现了马格马斑岩铜矿床，这是该州多年来首次重要铜矿发现。美国西南部和墨西哥的一些已开采的著名大型斑岩铜矿床，目前仍保留相当大的储量，尤其是新增了不少可堆浸的氧化矿储量。例如墨西哥的卡纳内阿矿床，现尚有储量 16 亿吨，铜品位为 0.61%(即含铜 976 万吨)，另有 15.5 亿吨可堆浸矿石，铜品位 0.26%(即含铜 403 万吨)，合计含铜约 1380 万吨。该矿床 1998 年堆浸、SX/EW 法年产能力为 3.5 万吨铜，预期 2000 年达 8.5 万吨/年。

据 1998 年俄刊报道，蒙古特大型额尔德尼图音鄂博斑岩铜钼矿床 20 年来已开采和处理 3.2 亿多吨矿石，生产 200 多万吨铜、3 万多吨钼，矿石铜品位已从 0.89%降至 0.68%，但尚有巨大储量(储量加预测资源量及已采出产量总计约有矿石 28 亿吨，含铜约 1300 万吨，钼 36 万吨)。本系列文章 1999 年曾报道该矿床生成年代经  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  法测定为 2.074 亿年  $\pm$  250 万年，属中侏罗世，最近又经 Re-Os 法测定认为仍应是 2.4 亿年(二叠纪末)。BHP 公司自 1996 年起在蒙古南戈壁省勘查的奥尤托尔戈伊(意为“绿松石山”，在乌兰巴托南 650km)斑岩铜矿床(据说是 BHP 公司 1997、1998 年发现的)，已打 23 个金刚石钻孔，确

定了矿化带。现由加拿大的伊文霍矿业公司在继续勘查，2000 年钻探计划目标是勘探次生富集铜矿带，已扩大了规模，且发现在  $3 \times 2\text{km}$  的区域内有 4 个含金铜斑岩系统。在蒙古南部还有已知的产在南蒙古泥盆-石炭纪岩浆弧的察干苏布尔加斑岩铜矿床以及其西的哈尔马格台斑岩铜钼矿床。在这里我们要再次顺便指出：对于有绿松石产出的地点很值得注意寻找铜或铜金、金铜矿床。额尔德尼图音鄂博矿床是古代开采绿松石的地方，美国内华达州近年发现的一个隐伏大金矿产在“绿松石岭”。

这家伊凡霍公司还与缅甸国营矿业公司合营在缅甸中部望濂萨贝山和基辛山矿床采铜，1998 年底投产(用堆浸和 SX/EW 法)，2000 年产 26711 吨电解铜，2001 年要产 3 万吨。还计划开发其南约 10km 有 10 亿吨资源的礼勃山矿床，扩大产能至每年 15 万吨。这些矿床无明显氧化带，由原生和次生硫化物带组成，且无明显的铁质杂质，是很大的有经济价值的辉铜矿-铜蓝产地，与典型的斑岩铜矿有所差异。

印尼西伊里安的滕巴加普拉(埃尔茨贝格2 格拉斯贝格)矿区斑岩2 矽卡岩铜金矿床组 2000 年勘查又增矿石储量约 2.02 亿吨。2000 年底该区保有总的证实和概略储量增至 25.1 亿吨(1997 年底为 21.7 亿吨，其中格拉斯贝格矿床本身有 18 亿吨)，平均品位为铜 1.10%，金 1.04 克/吨，银 3.40 克/吨，即有铜 2761 万吨，金 2610 吨，银 8500 吨。此外有地质资源 13.95 亿吨，含可回收到的铜 690 万吨、金 700 吨。格拉斯贝格矿床南侧 1996 或 1995 年发现的也属于该矿区的古京利亚尔矽卡岩-交代型矿床储量已增至 3.2 亿吨，铜品位 1.41%，金 1.41 克/吨，即含铜 450 万吨，金 450 吨，该矿床另有资源 3.07 亿吨，品位为 1.22%铜当量。值得一提的是，在该矿区最初的埃尔茨贝格矽卡岩铜金矿山所在地新近认出有与埃尔茨贝格侵入体有关的斑岩铜金矿化，现在继续进行圈定钻探，有 1-2 亿吨可采资源远景。

本系列文章 1999 年报道的菲律宾南部棉兰老岛 90 年代发现的世界级坦珀坎铜金矿床，是一较低品位斑岩铜矿上叠加了高硫化浅成热液矿床。该国有相当一部分斑岩型矿床与浅成热液型矿床关系密切。也是在棉兰老岛，在岛东北端北苏里高省的 Boyongan 探区，2000 年起正在钻探一隐伏斑岩矿化系统，几个钻孔在闪长斑岩侵入体中打到较厚较富矿化(有钻孔打到 365m 孔段 0.81%铜、1.9 克/吨金)的结果表明可能是一重大的新的铜金矿发现。钻探是在古泥石流中发现有矿化网脉状斑岩转石及物探表明第四纪盖层变薄区进行的。

我们在 1994 年《地质科技动态》第 10 期已报道泰国北部廊开府的普龙矽卡岩2 斑岩型铜金矿(已求得铜金属量约 100 万吨，铜品位大于 1%，此外有金 27 吨，还含铁、银、钼)。外刊 1999 年报道在该国北部黎府附近的 Puthap 铜



矿地的 Put-1 号矿体有储量 4400 万吨，铜品位 0.5%，可露采，用堆浸及 SX/EW 法，其总资源量为 8400 万吨，铜品位 0.42%；Put-2 号矿体有推测资源 3200 万吨，铜品位 0.4%，两矿体合计含铜 48 万吨。

老挝万象东北 100km 的 Phu Kham 有推测金氧化矿 1000 万吨(金品位 1 克/吨，地表至 20m 深)，金帽下至 75m 深为铜氧化矿带，推测资源 4000 万吨，铜品位 0.5%，往下硫化矿铜、金推测资源有 8500 万吨，铜品位 1.1%，即含铜约 110 万吨。在老挝东南部沙湾拿吉省，里奥廷托公司发现了铜品位约 4% 的铜矿化，目前 Oxiana 资源公司在该地勘查，称 Sepon 铜金矿项目。主矿体有推测资源 4140 万吨，铜品位 2.4%，即含铜约 100 万吨，还含金 100 吨。可用 SX/EW 法年产电解铜 4 万吨，金 3.7 吨。该项目所有 5 个矿床金矿化均为高品位矿化，分布近地表。该公司拟用 1 年时间于 2001 年完成可行性研究。未见关于老挝这两个铜金矿床的类型的明确报道。

巴基斯坦查盖地区大约 4 年前发现的 Recodiq 斑岩铜金矿床，估计资源 12.96 亿吨，铜品位 0.5%，金 0.35 克/吨。

伊朗中部的萨尔切什梅斑岩铜矿床，目前尚有矿石资源约 10 亿吨，铜品位 0.7%，伊朗西北部的松贡铜矿，资源约 8.6 亿吨，铜品位 0.6%，还含钼。伊朗东南部扎黑丹北约 15km 的 Kuh-e-bar 区发现有斑岩铜矿，边部有含金砂卡岩。

关于斑岩铜金矿床地质方面，最近 S.M. 罗温斯发表一篇关于论述“还原性”斑岩铜金矿床是经典斑岩铜矿模式的一个变种的文章。一般认为斑岩铜金矿床是从高度氧化矿液中形成的，但存在另一些具有典型斑岩铜金矿床特征却是在较还原性矿液中形成的明显证据的矿床。这类“还原性”斑岩铜金矿床缺少原生赤铁矿、磁铁矿和硫酸盐(硬石膏)，但含丰富的深成磁黄铁矿，通常有富碳矿液，含大量 CH<sub>4</sub>，且与含钛铁矿的还原性 I 型花岗岩类相伴。此类矿体一般贫铜而富金，成矿年代广泛，从晚太古宙至第三纪，产于会聚板块边缘。重要例子有澳大利亚博丁登晚太古宙铜金矿床，加拿大魁北克晚太古宙克拉克湖矿床(有矿石 4400 万吨，铜品位 1.76%，金 2.08 克/吨，还有钼)，美国阿拉斯加州晚白垩世诺克斯堡矿床(金储量 200 多吨)，美国内华达州中第三纪科珀坎宁矿床(已产铜约 10 万吨，金近 80 吨，银近 470 吨)。

在砂页岩型铜矿勘查工作方面，最近两年国外报道较少。刚果(金)的滕凯-丰古鲁梅铜钴矿床经工作认为可先采氧化矿石 8500 万吨，铜品位 3.19%，钴 0.29%(即含铜 270 万吨，钴约 25 万吨)。总资源量 5.2 亿吨，铜品位 3.6%，钴 0.28%，即含铜 1870 万吨，钴 145.6 万吨。该地尚有很大勘查远景。刚果(金)的科尔韦济矿山在考虑开发尾矿堆，有尾矿 1.1 亿吨，含铜 1.32%，钴 0.32%。西澳大利亚的沉积岩中的纳夫蒂层控铜矿床含铜金属 160 万吨，虽规模并不特

别大，但其发现与扩大过程有一定意义(详见后面专门介绍)。2000年在加拿大纽芬兰东部的博纳维斯塔半岛前寒武纪红色砂砾岩系所夹的厚 20-40m 的灰色细砂岩和粉砂岩层中，发现有层状铜银矿化露头，采样结果为真厚 25.5m，平均含铜 0.54%，银 7 克/吨；其中 13.5m，含铜 0.93%，银 13.02 克/吨。已圈出一沿走向长 700m 的铜钴银土壤地球化学异常。

国外有关块状硫化物矿床勘查工作的报道，最近两年主要是关于一些已知矿床规模的扩大或外围(包括深部)矿体及矿床的发现，以及最近几年新发现矿床的详细勘查。

报道较多的是加拿大前寒武纪火山成因块状硫化物矿床。如安大略省提敏斯附近基德克里克矿床。该矿床的产量加保有储量已超过 1.483 亿吨，铜品位 2.33%，锌 6.20%，铅 0.22%，银 85 克/吨，即含铜 345.5 万吨，锌 920 万吨，铅 32.6 万吨，银 1.26 万吨。目前矿山已采至 2100m 深，拟延深至 3100m，使其成为世界最深贱金属矿山。第一期拟于 2004 年延至 2700m，这一深度范围可开采 1570 万吨矿石(铜品位 2.82%，锌 5.74%，银 58 克/吨)。第二期于 2009 年延至 3100m，此范围可开采 1050 万吨矿石(铜品位 2.2%，锌 5.27%，银 97 克/吨)。矿山寿命可从原来到 2005 年延至 2020 年。该矿山 1999 年采出矿石 240 万吨，产铜 67400 吨(精矿含铜量)、锌 96300 吨(精矿含锌量)。1999 年底保有证实加概略储量 2950 万吨。加拿大魁北克省马塔加米区又有重要发现，诺兰达公司自 1956 年发现以来，在该区坚持 40 余年持久勘查，不断有所发现。在马尼托巴省和萨斯喀彻温省交界附近弗林弗隆矿区，哈得孙湾矿冶公司自 1928 年以来，先后已有 29 个矿山投产。现有 3 个矿山在生产，2 个在开发，其中一个是在 Callinen 矿山附近发现的，称“777”铜锌矿床(储量 1330 万吨，铜品位 3.32%，锌 5.78%，银 37.7 克/吨，金 2.7 克/吨，即含铜 44 万吨，锌 77 万吨，银 500 吨，金 36 吨)，埋藏较深。弗林弗隆矿区 McIlvanna Bay 铜锌铅金银矿床的资源也已扩大至 1450 万吨。

芬兰的皮海萨尔米铜锌矿床自 1996 年起调查深部，使矿山储量增至 1700 万吨(由原 1050m 深延伸至 1400m 深)，铜品位 1.1%，锌 2.1%，黄铁矿 38%。1998 年开采量为 150 万吨矿石，矿山寿命延长 10 年。

秘鲁最北部的大坦博矿床系火山成因块状硫化物矿床，位于距秘鲁与厄瓜多尔边界 50km 范围内，距派塔港 100km。1978-1979 年由秘鲁政府机构与法国地质矿产调查总局一起发现。迄今已在 4 个探区打 402 个钻孔(6.67 万 m)，其中 TG-1 矿体的氧化帽有矿石 810 万吨，金品位 5.2 克/吨，银 48 克/吨(即含金 42 吨，银约 390 吨)，其下硫化矿资源 6400 万吨，铜品位 1.7%，锌 1.4%，金 0.7 克/吨，银 31 克/吨(即含铜 108 万吨，锌约 90 万吨，金约 45 吨，银 1980

吨，此外还含铅近 20 万吨)。1999 年夏，在距 TG-1 矿体 500m 处发现 TG-3 矿体，估计有资源 1.1 亿吨，铜品位约 0.7%，锌 1%，金 0.7 克/吨，银 19 克/吨(即含铜 77 万吨，锌 110 万吨，金 77 吨，银 2090 吨)，以上两矿体合计含铜约 185 万吨，锌约 200 万吨，铅近 20 万吨，金 164 吨，银 4460 吨。预可行性研究已于 2000 年 7 月完成，2001 年 4 月要完成可行性研究。在这两矿体南约 11km 处最近又发现 B5 矿床(富铜、银、金)。

在铜镍硫化矿勘查方面，美国德卢斯基性为主的层状杂岩体底部的勘查工作仍在进行。NorthMet 项目有矿石 4.11 亿吨，铜品位 0.2%，镍 0.07%，铂 0.07 克/吨，钯 0.25 克/吨，金 0.04 克/吨，现在进行半工业试验。PolyMet 项目有 14.5 亿吨资源，约 8 亿吨可露采，铜品位 0.43%，镍 0.11%，钴 0.006%，金 0.06 克/吨，银 1.5 克/吨，铂 0.116 克/吨，钯 0.437 克/吨。其他有关此型矿床勘查情况可参见后面有关铂族金属矿床和镍钴矿床的叙述。

在一些前寒武系分布区，正在勘查一些重要的铜矿床，但这些矿床的类型归属大多尚无明确报道。巴西巴拉州的卡拉雅斯地区，除原已发现的萨洛博特大型铜矿(资源量 19 亿吨，铜品位 0.65%，还含不少金)在进一步工作，拟建一年产 20 万吨铜矿山外，还自 1996 年至 1999 年为勘查索塞戈铜矿床已花费约 2100 万美元，打 121 个钻孔，圈定 2.19 亿吨矿石，铜品位 1.14%，金 0.34 克/吨(即含铜 250 万吨，金约 75 吨)，且尚可扩大，主矿体资源可有 3.5 亿吨，铜品位超过 1%，有可能增至 4 亿吨。该区的阿莱马奥铜矿床在进行可行性研究，钻探已圈定矿石 1.65 亿吨，铜品位 1.5%，金 0.9 克/吨，即含铜 247.5 万吨，金 138.5 吨。澳大利亚著名的芒特艾萨铅锌银铜矿床，深部 Enterprise 地下高品位矿体经勘查已延深至 1800m，已投入生产，含证实储量 1820 万吨，铜品位 4.6%，概略储量 480 万吨，铜品位 4.1%，合计含铜超过 100 万吨。澳大利亚昆士兰州塞尔温铜金矿山附近在圈定一新矿化体，估计资源有 3 亿吨，铜品位 0.39%，金 0.53 克/吨。一些公司在赞比亚铜矿带外进行找矿，有的已有重要收获。在赞比亚西北部，在铜矿带西 220km 的卢姆瓦纳铜矿床，1995 年已进行过预可行性研究，有 10.17 亿吨矿石，平均含铜 0.73%(以 0.2%铜为边界)，即含铜 740 万吨，或 5.20 亿吨矿石，平均含铜 1.06%(以 0.6%铜为边界)，即含铜 550 万吨。矿化产在片岩和片麻岩中，主要为黄铜矿、斑铜矿和黄铁矿，有辉铜矿和显著的金、钴和铀。部分可露采，已求得证实和概略储量 2.018 亿吨，铜品位 0.83%，即含铜 168 万吨。澳大利亚的加丹加资源公司在铜矿带以外有 5 个找矿许可区，合计面积 1250km<sup>2</sup>，其中有铜锌矿点(有的为火山成因块状硫化矿)，铜金矿点(可能有斑岩型)，认为赞比亚在已知铜矿带外有发现世界级矿床的非常现实的可能性。澳大利亚的奥林匹克坝铜铀金银矿山已扩建成年产 20

万吨铜、4600 吨  $U_3O_8$ 、2.4 吨金、26 吨银的能力，还要扩至年产 24.5 万吨铜。其他一些国家也在注意寻找此类矿床。加拿大西北地区最初由加拿大地质调查所区域工作发现的类似的 NIC0 和 Sue-Dianne-Bowl 带，有资源 1.286 亿吨，含 0.071% 钴，0.052% 铜，0.08% 铋，0.54 克/吨金，还有钨。其中 Sue 2 Dianne 矿床有确定和推定资源 1490 万吨，铜品位 0.78%，金 0.02 克/吨，银 3.22 克/吨。比利顿公司与 Redmond 公司一起正在瑞典北博滕的“铜湖”铁氧化物、铜钴矿地进行勘查。1997 年 Redmond 公司航空测量发现一系列磁异常，对一些异常进行钻探打到的岩石被解释为在地质上类似于奥林匹克坝型矿化。比利顿公司还与 Equinex 公司联合在赞比亚蒙布瓦矿权地找此类矿床。

### (三)金矿

这两年黄金价位较低，1999 年金价下降 12%，以后继续低迷，国外金矿勘查工作较前几年有缩减。一些已发现的矿床和已知矿区的工作在继续，有的储量和资源有扩大，也有一些新发现，不少是在外围坚持勘查的发现。值得注意的是有些矿床是相关多成因的复合矿床。

老地层分布区金矿勘查仍有颇多收获。加拿大魁北克省西北部拉龙德金矿区有新发现。该区 1990 年开始大规模勘查，3 号竖井资源有 2650 万吨，金品位 4.5 克/吨，银 79 克/吨，铜 0.37%，锌 4.92%，即含金近 120 吨，银约 2190 吨，铜 9.8 万吨，锌 130 万吨。在加拿大奴瓦特地区兰金因累特北 20km 的梅里亚迪纳西矿地，澳大利亚西部矿业公司等自 1995 年起花 4400 多万加元，经 12.5 万 m 钻探，查明 5 个矿石带(最近又发现一带)，已知有矿石资源 2360 万吨，金品位 8.5 克/吨，即含金 200 吨，远景可能达 310 吨，产在太古宙含铁层和基性火山岩中。在该区的梅多班克矿地，2000 年中期还发现第 5 个矿床(矿化与火山岩和绢云母、碳酸盐、黄铁矿相伴，在该区属新类型)，该矿地已有资源 1124 万吨，金品位 5.73 克/吨，含金 64.4 吨。奴瓦特地区的霍普湾金矿地，在北极圈北 160km，为典型的太古宙绿岩带金矿带，由变质基性火成岩(主要为变质玄武岩)和变质沉积岩组成，与太古宙花岗岩和片麻岩毗邻，有大的南北向剪切带，后者有明显控矿作用，特别是在有明显挠曲及与背形褶皱相符合处。已有 3 个矿床：波士顿矿床，资源 570 万吨，金品位 13.1 克/吨，即含金 74.7 吨；多里斯矿床(脉型)，210 万吨，金 17.8 克/吨，含金 37.4 吨；马德里矿床，500 万吨，金 5.3 克/吨，含金 26.5 吨，三矿床合计含金 138.5 吨。

美国著名的霍姆斯塔克金矿床在开采 124 年、产出 1240 吨黄金之后拟于 2000 年内闭坑，现深部尚有少量资源，但因矿体不连续，开采困难。

巴西北部距贝伦约 400km 于 1995 年发现的 Cheya Tudo 和 1996 年发现的 Cipoero 金矿床，合计已有 6040 万吨矿石，金平均品位 1.4 克/吨，即含金约 85 吨。

澳大利亚西部耶尔冈地块有不少金矿床储量和资源增长。卡尔古利附近的卡罗休伊坝矿床 1998 年底资源量增长 84%，达 4010 万吨，金品位 1.7 克/吨，即含金 68 吨。1993 年在拉弗顿区条带状含铁层中发现的剪切带型“朝阳坝”矿床，可露采资源已增至 2780 万吨，金品位 4.3 克/吨，即含金约 120 吨，预计采坑规模达 1000 × 700m，深 460m。最初作为红土型金矿发现和开发的博丁登金矿床的硬岩金 2 铜资源(旺杜北和旺杜南矿床，包括确定、推定和推测资源)总计已增至 4.41 亿吨，金平均品位 1.08 克/吨，即含金 476 吨，还可产出 40 万吨铜。在西澳大利亚州的东部金田区，德尔塔公司自 1981 年成立并发现“史密斯奶奶”矿床以来，一直在该矿床附近持续勘查，不断发现新矿床，最近更发现金储量达 220 吨的“小袋鼠”(Wallaby)矿床(详见后面专门介绍)。西澳大利亚威尔德拉矿地的 Thunderbox 矿床经 5.4 万米反循环钻探和 2.9 万米金刚石钻探，已圈出 3000 万吨资源，金品位为 2.2 克/吨，已开始进行预可行性研究。西澳大利亚 KCGM 公司的“超大金矿坑”(Superpit) (目前年产量约 22 吨金)储量扩大，1999 年 6 月底有 1.585 亿吨，金品位 2.3 克/吨，即含金 364 吨，另有资源估计为 870 吨。在西澳大利亚皮尔巴拉地块，澳联邦地质调查机构研究人员在 25 亿年老的岩层中发现了浅成热液型金矿化。

南非维特沃特斯兰德含金盆地博塔维尔“空白”(间断)带的勘查工作仍在继续，已求得一些储量和相当大的资源量(详见后面专门介绍)。坦桑尼亚北部太古宙绿岩带维多利亚湖金矿带中的布利扬胡鲁矿床，产在绿岩带内主要由基性和酸性火山岩组成的内弧中，金储量已由 1999 年底的 233.3 吨增至 326.6 吨，金品位 15 克/吨，矿化沿走向长 4km，深 2km，还有延长和扩大远景，预计 2001 年 2 季度投产。产在该金矿带内主要由含铁层和沉积岩组成的外弧中且赋存在条带状含铁层中的盖塔矿床(距姆万扎 90km)，曾是一小的井采金矿，2000 年底储量已增 41%，有矿石 6350 万吨，金品位 3.8 克/吨，含金 241.3 吨，资源增至 1.112 亿吨，金品位 4.1 克/吨，含金 456 吨。矿床已于 2000 年 6 月投产，设计年产能力为 15.5 吨金。先露采，至 350m 深后再井采。储量和资源扩大主要是 1996 年通过土壤地球化学异常在盖塔矿山西南不远处发现了产在闪长岩内的尼扬坎加盲矿体，现估算其近地表可露采部分有矿石 2860 万吨，金品位 4.9 克/吨(含金 140 吨)，在较深部另有 1200 万吨，金品位 8.1 克/吨(含金 97 吨)。马里西部前寒武纪绿岩带中的莫里拉金矿床近年勘查进展较快，储量和资源量有大的增长，已于 2000 年 11 月开始生产(详见后面专门介绍)。马里

萨焦拉矿床(矽卡岩较发育)是通过 1987-1988 年土壤地球化学测量发现的,已于 1994 年投产,现有金储量 140 吨,矿石总资源量超过 1 亿吨,含金 280 吨。其北 25km 的亚泰拉矿床金资源量已增至 79 吨(金品位 2.1 克/吨),预计 2001 年投产。日本金属矿业事业团最近在马里巴马科东南约 150km 处发现一金矿床,是通过一项区域调查工作,经过 3 年勘查后发现的,面积 0.4km<sup>2</sup>,已完成 11600m 钻探,品位高。1993-1996 年毛里塔尼亚地质调查所与法国地质矿产调查总局在该国西部中段赖吉巴特山脉西端太古宙绿岩带中发现一个原先未知的世界级金成矿区 Tasiast 和 Tizirit,首批槽探样有 14m、9.81 克/吨金,8m、6.31 克/吨金和 13m、3.92 克/吨金的。埃及东部沙漠南部哈马什地区的金铜石英脉经最近研究认为属于斑岩型和浅成热液型。布基纳法索、加纳、尼日尔也有一些金矿在勘查中。

俄罗斯伊尔库茨克州金矿资源丰富,博代博地区过去 150 年已采出约 1200 吨金,主要采冲积砂金,现在评价并开始开采残坡积矿,还要评价过去开采时弃置的尾砂(“人为砂矿”),这些砂矿规模也颇大。也要开采岩金矿,主要有两类: 黑色页岩中大规模细脉浸染型石英硫化物金矿,如本系列文章前两篇(1996, 1999)中介绍过的晚元古宙岩系中的中温热液型特大型“干谷”金铂矿床,含金 1550 吨左右,平衡表内储量 1029 吨(金品位 2.76 克/吨),70%金呈游离状,大规模开采十分有利,但需大量投资,该矿床还含铂约 250 吨; 少硫化物含金石英型,规模较小,品位高(金 5-15 克/吨)。

澳大利亚新南威尔士州古生代卡迪亚山斑岩铜金矿附近的深部里奇韦矿床总资源量有 7700 万吨,金平均品位 1.8 克/吨,铜 0.65%,即含金 138.6 吨,铜 50 万吨,其中批准开采储量 3200 万吨,金品位 2.7 克/吨,铜 0.76%,已在试采。

西班牙北部的埃尔巴耶金矿是低硫化浅成热液金矿与稍早期矽卡岩金矿复合的矿床,现已年产金 3.1 吨。

太平洋周边地区以及世界其他地区勘查中、新生代浅成热液为主的金矿和金银(铜)矿,斑岩型金矿、铜金矿和金铜矿,矽卡岩型金矿和铜金矿,以及卡林型金矿等类型矿床的活动,其收效仍较显著。值得注意的是有些矿床本身是有关的两种甚至三种类型矿化复合(叠加)而成的矿床,或是在紧邻处相互伴生的矿床。

美国最近两年此类矿床勘查工作以在内华达州为最多,主要是已知矿床的扩大和现有探区的继续勘查。该州东北部 90 年代发现的高品位肯·斯奈德低硫化浅成热液金银矿床,1998 年底的证实和概略储量为 247 万吨,金品位 38.4 克/吨,银 439 克/吨,即含金 94.5 吨,银 1080 吨,比 1997 年底增 36%。矿床

总资源可有金 124 吨, 银 1430 吨, 已正式产金。该州西北部著名的浅成热液型斯利珀金银矿山尚有 1.65 亿吨矿石, 金品位 1.4 克/吨, 即含金约 230 吨, 另有银约 750 吨。该区的 Converse 矿床有推定资源 4370 万吨, 金品位 0.8 克/吨(即含金 35 吨), 推测资源 3130 万吨, 品位亦为 0.8 克/吨(即含金 25 吨), 合计含金 60 吨。内华达州“凤凰”矿床是北美最佳的未开发金铜银项目之一。它位于巴特尔山镇西南 20km, 矿体产在与侵入岩株相伴的矽卡岩化沉积岩中。经加密钻探后有证实和概略储量 1.56 亿吨, 金平均品位 1.21 克/吨, 即含金约 190 吨, 其中可火冶矿石的品位为金 1.53 克/吨, 银 11 克/吨, 铜 0.17%; 可堆浸矿石金品位 0.89 克/吨, 银 7.2 克/吨。除金外, 尚可提取出约 1100 吨银, 数万吨铜。项目可行性研究定于 2000 年 6 月完成。卡林金矿带 80 年代发现的赖恩(Rain)矿床, 1987 年圈定可露采矿石 2250 万吨, 金品位 1.8 克/吨, 后发现西北延伸部并采金储量 4.9 吨(品位 7.7 克/吨)。矿化为含金(热液)角砾岩, 这在卡林带是独特的。在加利福尼亚州的索莱达山, 1998 年有确定储量 75.2 吨金, 1230 吨银。在 1999 年 7 月完成了 77 个钻孔(9700m)的钻探工作, 储量有扩大。该州北部麦克劳克林含汞的热泉型金矿床 1985 年起开采, 当时预计可生产出 90.2 吨金。1996 年停采, 加工处理金矿石, 预计持续至 2002 年晚期, 至 2000 年 2 月已炼出 93.3 吨金。科罗拉多州著名的克里普尔克里克矿区的克雷森金矿床, 矿化产在侵入于前寒武纪片麻岩和花岗岩中的第三纪爆发岩筒杂岩中, 金与黄铁矿伴生。到 1998 年底完成约 4000 个钻孔(总进尺超过 64 万米), 1999 年有证实和概略储量 1.69 亿吨, 金品位 0.9 克/吨, 含金 152 吨, 另有非储量矿化物质含金 155.5 吨。总的资源有 4 亿吨矿石, 金品位 0.9 克/吨, 即含金约 360-370 吨。阿拉斯加州西南部弗拉特附近 1995 年发现的与侵入体有关的多林溪金矿床, 金资源有 357.7 吨(矿石 5700 万吨), 在继续评价。该州尚有“金顶”(Golden Summit)和“真北”(True North)矿床, 前者有金 50 吨, 后者氧化带含金 40 吨, 深部尚有硫化矿。

美国怀俄明州西南角的“南山口”花岗岩2 绿岩带南翼的迪基斯普林斯2 俄勒冈比尤特第三纪古砂金矿规模很大, 美国地质调查所估计金资源可达 886 吨, 在经济有利条件下可露采。

加拿大西南部不列颠哥伦比亚省的“繁荣”(Prosperity)矿床有证实和概略可采储量 6.31 亿吨, 铜品位 0.25%, 金 0.46 克/吨, 即含铜约 160 万吨, 金 290 吨。该省 1988 年秋发现的侏罗纪埃斯凯克里克(Eskay Creek)矿床是世界品位最高的金银(多金属)矿床之一, 现有储量 136 万吨, 金品位 57.6 克/吨(含金 78.3 吨), 银 2492.5 克/吨(含银 3390 吨), 且含不少铅、锌、重晶石等。该矿床系海底热泉型矿床, 是火山成因块状硫化物型至浅成热液型的过渡性产物,

包括含金多金属硫化矿，富金黄铁矿网脉和层状金银重晶石矿床。自 1995 年 1 月起生产，至 1999 年底 5 年累计已产金近 40 吨，银 1835 吨(其中 1999 年产金 9.6 吨，银 407 吨)。由于投产后继续进行了成功的勘查，矿山现有的储量基础比投产时还多。金累计产量加目前保有储量合计约为金 118 吨，银 5225 吨。最近在加拿大专门召开了关于此类矿床的研讨会。

墨西哥是进行中、新生代浅成热液型、斑岩型、矽卡岩型等金矿床勘查工作较多的国家。1996 年后小公司在奇瓦瓦州发现的绍萨尔矿床是该国最大的尚未开采金矿之一，系高硫化浅成热液型氧化的金矿床，含金 112 吨(金品位 2.21 克/吨)，还在试探扩大中。该州西南部的多洛雷斯金矿，经钻探推定和推测资源有 6720 万吨，金品位 0.96 克/吨，银 53.6 克/吨，即含金 64.5 吨，银 3600 吨。圣路易斯附近的圣佩德罗金银矿床有矿石 6400 万吨，金品位 0.62 克/吨，银 24.5 克/吨，即含金 40 吨，银约 1570 吨。索诺拉州的穆拉托斯金矿床，1993 年起勘查，1997 年查明确定加推定资源 6830 万吨，金品位 1.57 克/吨，即含金 107 吨，仍在继续勘查中，资源有望扩大。高硫化金矿化呈层控状产在长英质火山碎屑岩和玢岩岩流中。蚀变分带明显，核部为含金石英和叶蜡石，往外为高岭石 2 伊利岩 2 迪开石粘土，最外是绿盘岩化。该州的马吉斯特雷尔金矿，1999 年 8 月计算资源结果有金 15.8 吨(金品位 1.35 克/吨)，最近钻探到高品位金矿。该州的 Alamo Dorado 银金矿床，现有资源 7950 万吨，银品位 46 克/吨，金 0.18 克/吨，即含银 3657 吨，金 14.3 吨。

危地马拉的危地马拉城西北 140km 处，1998 年发现的马林矿床和危地马拉城北 50km 的坦博尔矿床都是浅成热液金矿床，现均在勘查。哥斯达黎加北部的 Crucites 山金矿地经勘查已有确定加推定资源 5890 万吨，金品位 1.19 克/吨，银 3.45 克/吨(即含金 70 吨，银 203 吨)，推测资源 1450 万吨，金品位 1.04 克/吨，银 3.45 克/吨(含金 15 吨，银 50 吨)，合计含金 85 吨，银 253 吨。

哥伦比亚的安戈斯图拉金矿床位于布卡拉曼加东北约 60km，已完成 5.2 万米岩心钻探，有资源 5350 万吨，金品位 2.39 克/吨，银 7.96 克/吨，含金 126.8 吨，银 426 吨(一说有金 150 吨，银 570 吨)。

秘鲁亚纳科查金矿系一组矿床，是与火山岩带有关的大金矿。1993 年投产，1995 年产量跃至 17.4 吨，1997 年产金 26.44 吨，1999 年产金 51.6 吨，成为世界第三大金矿山(仅次于印尼格拉斯贝格与乌兹别克斯坦的穆龙套)。亚纳科查储量和资源也在不断勘查中扩大。1999 年就钻进了 16.5 万米。目前金储量有 1340 吨，其中 La Quinna 矿床(与冰碛有关的砂砾构成)有金储量 420 吨。最近又在扩大勘查。过去开采浅部的，现增加勘查较深部的较高品位氧化矿和硫化矿。已发现 El Tapado 和 Corinayo 矿床。在 La Quinna 砂砾质矿床下和其



他地方亦见铜金硫化物。按目前产量，亚纳科查储量可采 20 年。另在利马东南 540km 阿雷基帕省平均品位 1.59 克/吨的 Luicho 低硫化浅成热液金矿，还要进行 2 万米反循环钻探。在基鲁维尔卡银矿山附近的 Tres Cruces 金矿有资源 3100 万吨，金品位 2 克/吨，仍可扩大。米纳斯康加斑岩型金铜矿床有资源 5.31 亿吨，金品位 0.8 克/吨，铜 0.3%，还含钼，即有金 425 吨，铜 150 万吨。

智利的帕斯夸金银矿床加上延伸至边界东侧阿根廷的拉马部分，为高硫化浅成热液矿床，现有储量 2.62 亿吨，金品位 2.03 克/吨，银 66.3 克/吨，即含金 531 吨，银 17370 吨。此外尚有金资源 187 吨，合计有金近 720 吨。最近两年增加的矿量主要在阿根廷部分。智利北部发现的火山岩容矿的佩尼翁浅成热液金银矿床已投产，现有证实加概略储量 480 万吨，金品位 8 克/吨，银 125.6 克/吨(即含金 38.4 吨，银 603 吨)，此外有资源 480 万吨，金品位 11.2 克/吨，银 190 克/吨，即含金约 54 吨，银 922 吨，合计有金 82 吨，银 1525 吨。智利中北部马里昆加区的塞罗卡塞尔主要属斑岩型的金铜矿床，正在进行可行性研究，证实加概略储量增至 10.35 亿吨，金品位 0.69 克/吨，铜 0.26%，即含金 714 吨，铜 270 万吨，可露采。资源量为 12.5 亿吨矿石，含金 850 吨，铜 350 万吨。

阿根廷的贝拉德罗金银矿床，位于智利帕斯夸金矿东南 6km，主要属浅成热液型，产在角砾岩系统中，是 1997 年(或 1998)年发现的一个大型矿床。现有证实加概略储量 9250 万吨，金品位 1.78 克/吨(含金约 165 吨)，银品位 24.3 克/吨(含银 2250 吨)。总资源 2.206 亿吨，金品位 1.2 克/吨，银 22.9 克/吨，即含金 265 吨，银约 5050 吨。该国还发现了瓜尔卡马约砂卡岩型金-贱金属矿化与浅成热液复合矿床。该国南端的塞罗班瓜尔迪亚金银矿床已投产，第一年(1999 年)产金 10 吨，银 50 吨，矿石储量的金品位为 10 克/吨，银 113 克/吨。该矿床已知资源有金 124 吨，银近 1500 吨，该地区还很有远景。

印尼西伊里安格拉斯贝格 2 埃尔茨贝格铜金矿区是目前世界最大的金矿山，1999 年产金 93 吨。印尼东部哈马黑拉的 Gosoweng 浅成热液金矿床，是在一个无采金历史和金矿化记录地区进行草根勘查发现的。在那里新认识了一些浅成热液矿脉系和至少 2 个低品位斑岩型铜-金矿化中心。Newcrest 公司 1992 年开始勘查，8 月开始水系地球化学踏勘，11 月发现异常。1993 年 3 月发现斑岩矿化，9 月发现第一个露头，11 月又发现一矿脉系。1994 年初开始普查，6 月发现富矿，8 月又发现一矿脉系。1995 年 4 月钻探，1996 年 3 月推测资源 100 万吨，金品位 29 克/吨，银 45 克/吨。印尼西爪哇的蓬戈尔(Pongkor)矿床是一个经表生富集的上新世浅成热液金银(锰)矿床，位于雅加达西南 80km，由国家矿业公司进行系统勘查发现，是通过分散流地球化学测量找到的。矿床于 1988

年发现，该区无老窿和采坑。还进行了物探、槽探、39000m 钻探。至 1991 年证实，储量至少有金 98 吨(品位 16.4 克/吨)，银 1026 吨(品位 171.2 克/吨)。1994 年开始生产。

菲律宾吕宋岛本格特省曼卡延著名的勒班陀矿山附近，1995 年发现维多利亚浅成热液金矿床。勒班陀是历史悠久的铜金矿山，系一硫砷铜矿 2 金矿脉(有 90 万吨铜，122 吨金)。80 年代初以来勘查工作已在沿现矿山走向往东南不远处发现一世界级埋藏颇深的“远东南”富金斑岩铜矿，并于 1987 年进行了可行性研究。维多利亚金矿位于“远东南”矿床附近。该金矿在发现后进行了一年半的地下开拓工作，于 1997 年投产。1998 年从处理的 63.4 万吨矿石(金品位 7.84 克/吨)生产出 4.53 吨金 3.56 吨银 2000 年 1 月维多利亚矿床储量为 616 万吨，金品位 7.22 克/吨(含 44.5 吨金)，铜 0.33%(含铜约 2 万吨)，另已圈出资源 1112 万吨，金品位 7.98 克/吨(含金 88.7 吨)。今后两三年将增至年产金 6.2-8.1 吨，还要开采和处理铜矿石，铜、银产量也将有大的增长。

越南中部岬港西 140km 的福山矿床现正在勘查，为一金银多金属(含一些铅锌等)矿床。在越南北方河内西北 80km 的 Nui Phao 多金属矿地是 80 年代由越南地质调查局发现的，并在块状硫化矿体上打了 16 个钻孔，勘查至 1992 年因预算匮乏而中止。矿地含工业品位的钨(白钨矿)、萤石、铜、金和铋。1996 年起由加拿大一公司进一步勘查，1999 年初查明 600 × 300m 与块状硫化矿有关的铁帽，于 2000 年秋完成其附近地面物探，圈定一 2km 长、数百米宽的异常，认为是一个大的多金属矿化带，围绕白垩纪花岗岩体边缘延伸，大间距的 20 个钻孔钻探结果，打到退变砂卡岩及平均厚 20-50m 的矿化带，已公布的一个 200m 深钻孔分析结果是：0-19m 为氧化产物—— $WO_3$  0.54%，萤石 12.3%，铜 0.8%，铋 0.24%，金 0.58 克/吨；48-90m—— $WO_3$  0.52%，萤石 16.8%，铜 0.17%，铋 0.1%，金 0.42 克/吨；113-121m—— $WO_3$  0.38%，铜 0.13%，铋 0.07%，金 0.19 克/吨。估计原生矿可能超过 9000 万吨，物化探和地质填图与采样还在该矿地内查明另外 3 个矿化的靶区。

日本菱刈浅成热液金矿床附近又找到新的金矿化，由 3 个层状透镜体组成，金品位 25-55 克/吨。

蒙古 1999 年产金 10 吨。在乌兰巴托北约 120km 的博鲁金矿项目，可行性研究结果有推定和推测资源 2550 万吨，金品位 2.8 克/吨，即含金 71.4 吨，冲积砂矿中另有 5 吨金。

伊朗西北部塔卡布之北有产于前寒武纪沉积岩中的浸染型金矿床，邻近高度蚀变的弱矿化的渐新-中新世花岗岩类岩株，肉眼不见金粒，已有概略储量 250 万吨，平均金品位 10 克/吨。

土耳其西部 Kisladag 项目的金矿化与中粒安山质晶质凝灰岩有关，高品位矿赋存在一弱矿化的微闪长岩侵入体边缘构造控制带内。钻探结果表明有一较高品位斑岩系统存在。露采区有矿石 7910 万吨，金平均品位 1.33 克/吨(即含金 105 吨)。由 1.6 万米钻探得出总资源 1.814 亿吨，金品位 1.14 克/吨，即含金 206 吨，预可行性研究定于 2001 年 1 月完成。

希腊东北部塞萨洛尼基附近的奥林匹亚斯多金属矿，1998 年进行可行性研究，现有证实加概略储量 1152 万吨，金品位 8.97 克/吨，银 137.6 克/吨，铅 4.6%，锌 6.09%，总的有金 103 吨(一说金储量 118 吨)，银 1585 吨，铅 53 万吨，锌 70 万吨。金总资源有 127 吨。

罗马尼亚西部梅塔利费里(意为“金属”)山地金银碲矿化发育，金四边形地区(约 600km<sup>2</sup>)可能已产金 1000 多吨，是世界上最富的浅成热液金矿区之一。德瓦北面的罗希亚蒙塔纳矿地最近几年在勘查(包括 Cetate、Cirnic 等矿床)，2000 年又完成 49773m 地下和地表钻探及 3541m 地表和地下取样计划，2001 年 2 月报道资源已增至 3.44 亿吨，金品位 1.3 克/吨，银 6 克/吨，即含金 447 吨，银 2060 吨。其中确定加推定资源为 2.96 亿吨，金品位 1.4 克/吨，银 6 克/吨，即含金 414 吨，银 1776 吨，正进行可行性研究。矿化产在侵入白垩纪沉积岩和火山沉积岩系的遭热液蚀变的次火山英安岩侵入体中。该国正在勘查的切尔泰伊矿床，已有金资源 90 吨，银 700 吨。

#### (四)铂族金属矿

铂族金属(PGM)是战略物资，其在许多化学作用中的催化功能无可替代。汽车制造业需用 PGM 制造催化转化器以维持尾气排放标准，这一需求只会增长。PGM 是大多数燃料电池系统核心部分质子交换膜的必不可少的组成部分。汽车和住宅燃料电池将是 PGM 巨大的新市场。一系列高科技产品都不能没有 PGM。如多层陶瓷电容器、蜂窝电话中的重要元件和个人计算机都要用 PGM。1999 年是 PGM 创记录的一年，求大于供，尤其是钯的工业用量大增。2000 年市场继续牛气十足，价格高涨，生产和勘查投资增加，勘查扩大、加速，有些小公司也转向勘查 PGM 矿。钯 1997 年总供给为 225.5 吨。1999 年为 250.7 吨(其中来自俄国的约占 65%)，而 1999 年总需求为 291.4 吨，其中用于汽车尾气催化器的为 152 吨(1996 年仅约为 72 吨)，目前电子工业用钯约为 78 吨。2000 年 2 月钯的自由市场价高至 850 美元/盎司，后下降，但 2000 年头 5 月平均价为 585.06 美元/盎司，比 1999 年高 71.3%。到 2000 年 8 月初钯价突破 850 美元/盎司，后回落至 10 月底的 750 美元/盎司，年底前后超过 900 美元/盎司，2001 年 1

月 11 日竟达 1115 美元/盎司,2 月中回落至 1000 美元/盎司以下,3 月底近 750 美元/盎司。而在 1997 年钯价只接近 120 美元/盎司。1999 年铂的总需求量为 174.1 吨(比 1998 年增 4%),珠宝首饰制造用量达到创记录的 89.5 吨,主要是中国需求增加 50%以上。总供给 148.6 吨(比 1998 年减 10%),是 1994 年以来最低水平。总的来说铂价涨幅不如钯价突出,1999 年平均价为 373.01 美元/盎司,比 1998 年增 0.1%,1997 年 4 月流行行情亦为 370 美元/盎司。2000 年铂价也剧涨,头 5 月平均 474.87 美元/盎司,比 1999 年高 27.3%。2000 年 2 月达 573 美元/盎司,8 月更升至 12 年来新高 613 美元/盎司,后有所回落,10 月底约为 580 美元/盎司,年底前后至 2001 年 1、2 月一般达 600-615 美元/盎司,3 月底为 577 美元/盎司。总的来说,PGM 市场规模(从贸易量和处理重量上)较小,原来不及金市场的 1/10。2000 年 6 月外刊报道,世界铂年总需求量刚超过 30 亿美元,钯则刚超过 60 亿美元,而金约为 370 亿美元。过去铂价与金价涨落基本同步,现金处于 20 年来低价位,而对铂及整个 PGM 的生产厂商则形势极有利。

从 PGM 的产量与资源情况来看,矿床主要属于层状镁铁质、超镁铁质侵入杂岩型,在偏基性为主部分多与较明显的铜镍硫化物矿化有关,在偏超基性岩石为主部分则趋向与铬铁岩有关。这是常规的 PGM 矿床类型,此外还有砂铂矿床等。世界上约 96-99%的 PGM 产量来自层状杂岩的 5 个矿区:南非布什维尔德(PGM 与铬铁岩及部分铜镍硫化矿有关),俄罗斯的诺里尔斯克(PGM 与富的铜镍硫化矿有关),美国斯提耳沃特(PGM 为主),加拿大萨德伯里(富的铜镍硫化矿及 PGM),津巴布韦大岩墙(性质较近布什维尔德)。在 1997 年 154.5 吨的世界铂供给中,布什维尔德产 115.2 吨,诺里尔斯克 20.2 吨,萨德伯里 4.85 吨,斯提耳沃特 2.61 吨,大岩墙开始生产(2.1 吨),其余 9.54 吨中包括俄国库存出售及哥伦比亚砂矿。在 225.5 吨的世界钯供给中,诺里尔斯克产 62.2 吨(另由库存出售 87 吨),布什维尔德产 56 吨,斯提耳沃特 8.16 吨,萨德伯里 7.58 吨,大岩墙 1.56 吨,其他矿床 3 吨。上述 5 大矿区估计铂、钯资源合计 61428 吨,其中布什维尔德 49970 吨(占 81.4%),诺里尔斯克 2 塔尔纳赫 5980 吨(9.7%),大岩墙 4320 吨(7.0%),斯提耳沃特 940 吨(1.5%)(有资料提到该区总资源约有 6000 吨的——本文编写者注),萨德伯里 218 吨(0.4%)。非常规类型 PGM 主要来自:蛇绿岩、阿拉斯加型侵入体、科马提岩型硫化镍矿、斑岩铜矿、黑色页岩(有的与热液有关)和铜页岩,以及其他一些热液型为主的矿床,如南非的脉型热液 PGM 矿床,澳大利亚北部地区元古宙铀-金 PGM 矿床,极区乌拉尔古老酸性火山岩中的金钯稀土元素热液矿化,乌拉尔的含 PGM 的金-黄铁细晶岩-泥化岩石中多时代形成矿床,俄罗斯贝加尔湖南深断裂带的碱性花岗岩中的新型 PGM、金、银矿化,以及南非和俄罗斯碳酸岩杂岩中的 PGM 矿化等。

蛇绿岩中 PGM 矿化的主要例子有阿尔巴尼亚的米尔迪塔，俄罗斯东萨彦东南部新型锡-金(汞)-PGM 矿化(还含铜、银等)以及东萨彦尊-霍尔巴和后贝加尔伊罗京达与古老蛇绿岩有关的黑色页岩中的金-PGM-石英-硫化物黄铁细晶岩建造的有重要工业价值的 PGM 矿化(含 PGM0.1-7.3 克/吨)。黑色页岩中的有俄罗斯伊尔库茨克州的“干谷”金铂矿床(含铂资源 250 吨)等。铜页岩中的有波兰二叠纪铜页岩，斑岩铜矿中的有马来西亚沙巴马木特矿床、巴布亚新几内亚的矿床和保加利亚的 Elacite 矿床等。

在美国蒙大拿州斯提耳沃特 PGM 矿山所在地区，19 世纪时找矿人曾在当地小河中淘金，在附近发现有岩金矿床。后租地找铜镍矿。到 20 世纪 20 年代才认识到有 PGM。直至 1979 年才在基性超基性层状杂岩体中发现 J-M 钯铂矿层(平均厚 2.4-3.05m)，岩体由辉长岩、苏长岩、斜长岩、橄长岩及一些纯橄岩、辉石岩组成，年龄约 27 亿年。沿走向已追索约 45km，沿倾斜延伸超过 1.6km。1979 年起勘查，经数年探矿、试开发，于 1986 年投产。1994 年起扩建，1996 年产 PGM7.9 吨，1997 年 11 吨，1998 年 13.8 吨，2000 年将达 22 吨左右。加上在斯提耳沃特矿山西约 18km 的东博尔德项目建成后，整个矿区到 2001 年目标为年产 37 吨。1998 年底有证实和概略储量 3360 万吨，钯+铂品位 2.5 克/吨(钯铂 = 3 : 1)即含钯加铂 818 吨。此外尚有资源约 3000 万吨，品位亦如此，矿山寿命至少还有 40 年。

加拿大安大略省伊勒湖原生钯矿床早在 60 年代发现，几经勘查后于 1993 年投产，连年亏损，1998 年起经采取措施，转变战略，加强勘查，加上钯价上涨，现资源扩大，已有明显生机(见后专门介绍)。该省萨德伯里东北约 60km 的“河谷”矿地进行了 3 期钻探，几个钻孔的分析结果为铂 0.49-1.66 克/吨，钯 1.74-5.17 克/吨，金 0.13-0.38 克/吨，仍在继续工作中。萨德伯里以西的东布尔湖矿地(辉长2 斜长岩中)亦在进行勘查。加拿大奴瓦特地区巨大的马斯科克斯层状基性超基性侵入杂岩体的 PGM 勘查工作已在进行，远景很大(见后专门介绍)。

如前关于铜的一节所述，美国德卢斯层状杂岩体低品位铜镍铂族金属矿床的勘查在继续。

巴西东北部塞阿腊州福塔雷萨港西南 250km 的布兰卡山的钯铂矿床产在超基性层状杂岩中，岩体面积 150km<sup>2</sup>，含铬铁岩，钻探结果良好，PGM 含在一些铬铁岩层中，所采 226 个样品中，有 120 个的 PGM+金超过 5 克/吨(铂 2.09-18.14 克/吨，钯 1.19-23.14 克/吨，金 0.011-0.408 克/吨)，54 个样品超过 10 克/吨，18 个超过 20 克/吨。

玻利维亚东部 Rincon del Tigre 层状杂岩体年龄约 9.9 亿年，厚达 4.6km，

下部(约占 2/3)为超镁铁质,中部(近 1/3)镁铁质,上部有数百米长英质岩石。贵金属产在磁铁矿辉长岩上,上部为富铜硫化物部分,目前还只找到次经济 PGM 矿化,铂最高含量 0.4<sup>+</sup>-0.6<sup>+</sup>克/吨,钯最高 1<sup>+</sup>克/吨,还有些金。据认为类似格陵兰的年轻的斯凯尔嘎德岩体。

新西兰南岛朗伍德层状基性超基性岩体(32 × 4km)已打钻孔最佳结果为含 PGM 0.81 克/吨,厚 2m。Anglam 岩体面积约 35 × 14km,位于中间构造带最南端延伸处,现亦在进行 PGM 找矿工作。

最近在也门 Suwan 层状超镁铁杂岩(出露 33 × 3-7km)分布区也发现铜镍钴和 PGM 异常。

俄罗斯诺里尔斯克总公司的绝大部分产量来自西伯利亚诺里尔斯克地区,其基性超基性岩体年代属二叠、三叠纪,与大面积暗色岩有关,赋存有非常巨大且富的铜镍铂族金属矿床。该公司 1999 年产镍 22.16 万吨,铜 40.26 万吨,钴 4500 吨,铂 26.12 吨,钯 81.79 吨,总产值 750 亿卢布(约合 30 亿美元),比上年增 12.6%。镍和 PGM 的产值约各占 40%,铜占 16%,钴占 2%,利润 5.31 亿美元。

芬兰 PGM 勘查最近取得相当好的成绩(见后专门介绍)。

南非继续在巨大的布什维尔杂岩体内一些地段进行 PGM 勘查,对梅林斯基及 UG-2 铬铁岩层均在勘查(如默西纳项目等)。津巴布韦大岩墙内的哈特利矿床经勘查并投产后,最近因故停产。该矿床南面的大岩墙中的恩盖济矿床有资源 1.099 亿吨,含铂 1.94 克/吨,钯 1.53 克/吨,铑 0.16 克/吨,金 0.25 克/吨,镍 0.09%,铜 0.06%,其中约 6220 万吨为确定与推定资源。一说有资源 1.31 亿吨,PGM+金品位 3.5 克/吨。

我们曾在 1990 年《地质科技动态》第 18 期报道过印度在奥利萨邦普巴纳-巴拉帕达地区的红土中发现高品位铂矿化,还含钴和镍,是在找红土下的超基性岩时发现的,当时工作还很少,但认为进行全区调查可能发现大的 PGM 矿床,后未见继续报道。据 1999 年 9 月外刊报道,90 年代初印度地质调查所在奥利萨邦包拉 2 璠萨希铬铁矿带发现的一种新型 PGM 矿化,已经该所与法国地质矿产调查总局的合作研究,认为矿化限于一宽阔的火成角砾岩带中,后者位于目前的铬铁矿矿山的顶板一侧。角砾岩中的较大的铬铁岩-蛇纹岩碎块不含矿,PGM 以及铜镍硫化物和富铁铬铁矿仅产于角砾岩基质中,系统填图、地表和地下采样以及试钻已证实了 PGM 矿化的连续性,迄今已估算推定加推测资源超过 1400 万吨,铂加钯边界品位为 0.5 克/吨。由一些钻孔得出 2m 长 Pt+Pd 合计品位为 5-6 克/吨,金品位约为 0.15 克/吨,铜介于 0.1-0.4%。已鉴定出 18 种铂族矿物,大部是 Pt、Pd、As、Sb、Te、Bi 的化合物,以细粒分散颗粒赋存于基质中,

与贱金属硫化物和富铁铬铁矿伴生。地质标志有力表明该探区 PGM 总资源比已估算的大。

除上述赋存于规模较大的层状基性超基性侵入杂岩中的常规 PGM 矿床的勘查外，还有其他一些勘查项目，如俄罗斯乌拉尔索洛维耶夫山地“陡谷”高品位(23.8 克/吨)铂矿在进行勘查并取得进展，矿化由 3 条平行的铬铁矿条带组成，深 48-49m，其中一条有肉眼可见铂。俄罗斯东萨彦奥斯帕2 基托蛇绿岩中有 PGM 和镍矿化，PGM 赋存在铬铁矿及冲积物中。1999 年初报道蒙古农工部长称在蒙古乌布苏省西北部发现了重要铂矿床，具体情况不详。西班牙 1993 年在该国西南部很小的基性超基性岩体中发现了有价值的阿瓜布兰卡镍铜 PGM 矿床(见后专门介绍)。

## (五)铅锌矿

各种主要类型矿床均有勘查工作，其中以沉积喷气型和火山成因或火山岩容矿块状硫化物矿床型项目较多。勘查工作多为已发现矿床的继续勘查，勘查成果中以已知矿床的扩大较为突出。

D.F. 桑斯特等人最近对沉积喷气型铅锌矿床划分了三个亚型：1 型，占 53.5%，硫化物是唯一喷气组分；2 型，占 33.1%，硫化物与燧石、菱铁矿/铁白云石和(或)重晶石是喷气组分；3 型，占 13.4%，为 1 型和 2 型任何组分加丰富的铁氧化物矿物和(或)有关的富铁氧化物沉积岩。他们统计发现：84%的沉积喷气型铅锌矿床下面无不整合的底板补给带或喷孔组合；63.6%产在元古宙地层，16.8%在泥盆纪；Pb+Zn 中值品位在 1、2 型为 9-10%，3 型为 5%(约 1-20%)；中值规模 3 型 3300 万吨，1 型 700 万吨，2 型 800 万吨。

在沉积喷气型矿床中，美国阿拉斯加特大型红狗铅锌银矿近侧 1999 年又有新的重要发现——阿纳拉阿克矿床(见后专门介绍)。加拿大育空与西北地区交界的已发现而未开发的霍华兹山口大型铅锌矿(资源 1.105 亿吨，锌品位 5.3%，铅 2.4%，还有银、镉)，正在考虑进一步工作。澳大利亚昆士兰州著名的芒特艾萨铅锌银铜矿山北面继希尔顿大型矿床投产数年后，其北的乔治菲希尔大型铅锌银矿床(前称“希尔顿北”矿床)亦已投入开采。保加利亚巴尔干山脉西部的克雷米科夫察碳酸盐岩容矿沉积喷气铁(锰)2 重晶石2 硫化物矿床，曾于 1953-1957 年勘探，有 2.5 亿吨铁矿石(褐铁矿+菱铁矿+赤铁矿)，2900 万吨重晶石(整个矿床有超过 6000 万吨  $\text{BaSO}_4$ )，1040 万吨铅矿化(含铅 1.2%)，还有银、铜、锌、汞、锑、砷。爱尔兰世界级纳凡铅锌矿床于 1970 年发现，至 1999 年底已采出约 5000 万吨矿石，锌平均品位 8.4%，铅 2.1%(即采出矿石含锌 420

万吨，铅 105 万吨)，尚余资源 3280 万吨。最近深部勘查在矿体西南方增加了 1350 万吨矿石资源，锌品位 8.9%，铅 1.8%。在 Tara 公司矿地外相连地段另有 1000 万吨矿石(锌品位 9%，铅 2%)，将于 2001 年投产。纳凡矿床兼有沉积喷气型和火山成因块状硫化物型矿床特点，最近又有人认为也有密西西比谷型的一些特征。

伊朗中部位于亚兹德东南 90km 的迈赫迪耶巴德铅锌矿床系碳酸盐岩容矿世界级密西西比谷型矿床，主矿层深 250-350m。数年前曾打一口 275m 深矿井。现为伊朗与澳大利亚合营项目。据 66 个金刚石钻孔(23585m)结果，以 6%锌为边界，有推定资源 4250 万吨，锌品位 10.1%，铅 2.6%，银 73 克/吨(即含锌 429.2 万吨，铅 110.5 万吨，银 3100 吨)，还有推测资源 5400 万吨，锌品位 10.2%，铅 2.4%，银 27 克/吨(即含锌 550.8 万吨，铅 129.6 万吨，银 1460 吨)。合计有锌 980 万吨，铅 240 万吨，银 4560 吨，还有重晶石 1000 万吨。现正进行可行性研究。伊朗西北部赞詹城西 90km 的安古兰铅锌矿亦属此类型，有矿石 825 万吨，含锌达 30%，现正在开采，可年产 40 万吨氧化矿(含锌 33%)。

印尼 Kelapa kampit 铅锌银矿床产在沉积岩中，总的查明的矿化地段长 7.5km，对其中的 2.5km 进行勘查，得出推定资源 1340 万吨，锌品位 6.59%，铅 4.02%，银 59.86 克/吨。总资源超过 3500 万吨。一说有锌 160 万吨，铅 100 万吨，银 1524 吨。印尼苏门答腊北部的达伊里(Dairi)铅锌银矿地(Sopokonil)经最近几年勘查(包括钻探)，认为有沉积喷气块状硫化物型，亦有碳酸盐岩容矿密西西比谷型。矿化主要产在 30-140m 厚炭质页岩和粉砂岩中。主要在 2 个探区工作：Anjing Hitam 探区为页岩容矿层状块状硫化矿，已打 21 孔，圈定沿走向长 600m、沿倾斜约 250m(深近 400m)、厚 3-30m 的矿体(沿各方向矿化仍未到边，尚可扩大)，估计含推定资源 750 万吨，锌品位 16.7%，铅 10.3%，银 14 克/吨，推测资源 250 万吨，锌品位 11.3%，铅 6.8%，银 13 克/吨。其北约 2.5km 为 Bongkaras 探区，亦在钻探，为块状硫化矿，品位与前一探区相近。

在火山成因块状硫化物矿床方面，西班牙阿瓜斯特尼达斯矿床首次生产出矿石，有推定资源 1270 万吨，铜品位 1.7%，铅 1.9%，锌 6.2%，银 60 克/吨，即含铜 21.6 万吨，铅 24.1 万吨，锌 79 万吨，银 787 吨。葡萄牙阿尔茹什特雷尔矿区在进行可行性研究，在原来采硫铁矿的几个矿床圈定了一些铅锌和铜储量(见后专门介绍)。20 年前，印度地质调查所在印度北方邦喜马拉雅山脉山麓丘陵带的阿斯科特块状硫化物矿床地区进行过填图、钻探、坑探和冶金试验，得出推定和概略储量 500 万吨，锌品位 7%，铜 3%，铅 4.5%，还有大量银和金。矿床位于大褶皱的两翼。该矿地现为一加拿大公司收购。矿化沿走向长至少有 10km，远景资源可有 3000-5000 万吨矿石。



在秘鲁南部的阿雷基帕附近有 2 个矿化带，每个带至少有硫化矿资源 7500 万吨，1999 年下半年开始进行钻探，已圈定 2700 万吨资源，锌品位 2.5%，铜 1.2%，银 26 克/吨。位于秘鲁著名的盛产铅锌等金属矿的帕斯科矿区地质走廊的圣格雷戈里奥铅锌矿床(交代型?)是一世界级矿床，是该国最大的未开发锌矿床，已圈出的 7000 万吨矿石，锌品位 7.33%，铅 2.19%，银 17.7 克/吨，即含锌 513 万吨，铅 153 万吨，银 1240 吨。巴西阿里普瓦南已知有产在火山岩层中的 Arex 和 Valley 块状硫化物矿床，后者 1999 年计算有 1165 万吨矿石，锌品位 6.3%，铅 2.3%，铜 0.07%，银 65 克/吨，金 0.25 克/吨。Arex 的资源量与 Valley 相似。现仍在该区进行航空和地面电磁测量及化探与钻探工作，并在距这两矿床约 10km 处发现一个新的锌和金富集带。墨西哥科阿韦拉州的 Sierra Mojada 矿地的“红锌平卧层控矿体”资源增至 7640 万吨，锌品位 8.22%(不包括新发现的 2km 延伸)，即有锌 628 万吨；“白锌平卧层控矿体”估计有 730 万吨，锌品位 20.52%(即含锌 150 万吨)，各向均仍可延伸。

## (六)金刚石

世界金刚石产量从 1990 年的约 200 万克拉，增至 2000 年预计为 1.2 亿克拉。第二次世界大战后增长很快。1999 年世界金刚石矿山产量 1.11 亿克拉(1998 年为 1.2 亿克拉)，产值 72.53 亿美元(比 1998 年增 8%)，金刚石首饰出售值 560 亿美元。博茨瓦纳、俄罗斯、南非等国的一些原生矿床(含金刚石金伯利岩)产值大，澳大利亚阿盖尔含金刚石钾镁煌斑岩矿床产量大，但因总体质量较差，故产值不是很大。加拿大西北地区格拉湖区埃卡蒂矿床已于 1998 年 10 月投产，使该国进入了金刚石生产国行列。1999 年产 250 万克拉，产值 4.22 亿美元，一下就占世界第 4 位。国外一些已勘探矿床正在准备开发，一些矿床和探区在继续勘查，有些新发现或扩大，也有一些新区在开展区域性找矿工作。据加拿大 MEG 统计，1997 年至 1999 年西方国家固体矿产勘查总费用中金刚石勘查费所占比例逐年上升。

加拿大的金刚石勘查工作仍占重要地位。该国最近两年又发现一些金伯利岩体，其中不少含金刚石。主要发现地仍在西北地区及其东侧的奴瓦特地区。据 1998 年 4 月报道，当时加拿大已发现金伯利岩体(主要为岩筒)约 450 个，其中约 250 个在原西北地区，从该国各地区以后发现报道看，该国迄今已发现的金伯利岩体有 500 个左右。西北地区和奴瓦特地区已发现金伯利岩体合计有 300 个左右，已知有经济价值的金刚石矿床也多集中于此(主要在斯莱夫克拉通)。不仅在西北地区 10 年前最初发现含金刚石岩筒的格拉湖区，而且在其西南(克

罗斯岩体群)、东南(肯尼迪湖区)、北面(杰里科、维多利亚岛)以至东北方远至巴芬岛均有发现。不仅有岩筒,还有岩墙和岩床状岩体,且有几个时代的金伯利岩。加拿大这些地区发现的岩体虽一般地表面积较小,但经济潜力不小,含金刚石的颇多,300个岩体中至少约15个(包括岩墙)已知有经济远景,成功率1/20,是世界上成功率最高地区之一。

DiaMet 和 BHP 公司的埃卡蒂矿区租地内至2000年晚期共发现136个岩体(核心区面积1820km<sup>2</sup>发现97个,外围“缓冲”区面积2040km<sup>2</sup>发现39个),这两年发现的熊牙岩筒(在熊猫岩筒北900m)面积1公顷,品位1.2克拉/吨;考拉北岩筒0.63克拉/吨;瞪羚岩筒面积2公顷,品位0.59克拉/吨;凤凰岩筒面积0.6公顷,品位1.41克拉/吨;比拉鱼岩筒0.4公顷,2.33克拉/吨;山猫岩筒0.6公顷,0.83克拉/吨,价值每克拉139美元。埃卡蒂矿山生产金刚石出售所得平均每克拉值165美元(开采前原计算为130美元/克拉)。1998年12月采到1颗47克拉的金刚石,1999年初采到1颗重69克拉的大金刚石,后继续采收到大金刚石,包括1颗182.6克拉的低质量宝石。矿山自1998年10月开始生产至2000年11月14日已生产500万克拉。该矿山原计划开采5个岩筒,现计划增加开采熊牙和鸽子岩筒。2000年秋BHP公司通过航空重力梯度测量在格拉湖区认定了22个新的勘查目标。

Aber/Kennecott 公司在埃卡蒂东南约35km的戴维克矿地,可行性研究已完成,有证实和概略储量2570万吨,品位4.2克拉/吨,每克拉值74美元,57%储量在A-154南岩筒。一说总的经贫化的可采储量有1.015亿克拉(2560万吨,品位3.96克拉/吨,仅为地下420m中段以上确定和推定资源),另有推测资源2980万克拉(1250万吨,品位2.38克拉/吨),储量加推测资源合计共含金刚石1.37或1.33亿克拉,计划年产630-700万克拉(年采150万吨矿石),预期2003年投产。

“山区”矿业公司等肯尼迪湖矿地主要的AK2 5034岩筒采573吨大样的结果品位为1.71克拉/吨,最大颗粒10克拉、4.9克拉、4.85克拉,有7颗>3克拉,42颗>1克拉。最近两、三年又发现一群小而富岩筒,其中赫恩岩筒有矿石686万吨,469吨样品平均品位约1.8克拉/吨,最大颗粒3.37克拉和3.16克拉,平均价值约65美元/克拉。

Lytton 公司杰里科矿地在耶洛奈夫东北约420km。其中一个岩筒已进行可行性研究,含可采储量253万吨,品位1.19克拉/吨(资源650万吨,品位0.82克拉/吨),金刚石价值75美元/克拉,拟于2003年下半年投产,附近还有一些目标。

1996年在耶洛奈夫东北约225km、埃卡蒂矿山南约110km的卡姆塞尔湖矿

地斯纳普湖西北发现了含金刚石的金伯利岩墙，据至 2000 年 7 月的勘查结果，可采 3950 万吨，经贫化平均品位 1.7 克拉/吨，即可采 6700 万克拉，金刚石平均价格 118 美元/克拉，分布面积  $3.2 \times 3.1\text{km}$ ，垂深可至 1km，可采至 750m 深，矿山寿命 20 年，希望在 2001 年晚期开始生产，预期 2004 年可全力生产。西北岩墙和东南岩墙总的推定和推测资源为 4560 万吨，品位 1.9 克拉/吨，即有 8640 万克拉。还在进行地震勘查、航磁测量和钻探，有望扩大远景。

除上述 5 个矿地外，西北地区和奴瓦特地区的其他地方亦在勘查并有发现。在杰里科矿地北约 110km 的 Tenacity(霍德河矿地)金伯利岩体钻探岩心中回收不少金刚石。科罗内申湾南 75km 埃普沃思的 Knife 金伯利岩筒也含金刚石。奴瓦特 Ric 矿地找到金伯利岩床，维多利亚岛前已发现 5 个岩体(已确定其中至少 3 个岩体含金刚石)，1999 年又新发现 2 个岩体，在继续勘查。巴芬岛杰克逊因累特矿地已圈出 16 个岩筒，13 个岩筒所采 1.6-2 吨样品中均含金刚石，5 个岩筒采的 1669kg 样得 1.42 克拉金刚石。在 2 号岩筒见有一颗 0.77 克拉的金刚石。在 Bradeur 半岛已知出露的 3 个岩筒处淘沙回收一颗重 3.3 克拉的金刚石。

加拿大艾伯塔省中北部野牛山地区阿什顿公司已发现 35 个金伯利岩体，多数含金刚石，但目前尚未确定具开采价值的岩体，2000 年 3 月发现的 K252 岩筒所采的 1.3 吨钻孔样得 0.85 克拉直径  $> 0.8\text{mm}$  的金刚石，合品位 0.662 克拉/吨，是 35 个岩体中最好的结果。该岩筒与过去 34 个发现不同，它磁性弱，是航空电磁法确定目标后，进一步用地面电磁法、重力、地震资料圈定的。萨斯喀彻温省科尔讷堡地区虽已发现金伯利岩体超过 80 个，但品位较低，尚未找到可采矿床。目前该地区年勘查费用超过 500 万加元。现认为，原来用 X 光荧光法进行分析可能使发现的金刚石数明显减少，因该区许多金刚石荧光性差。在科尔讷堡金伯利岩带南端的斯塔岩床状岩体，是由分布在  $2\text{km}^2$  范围内的多层原生火山碎屑相组成，厚 30-150m，迄今钻探结果估计超过 2 亿吨，其上为 80-125m 厚未固结的冰碛物，钻孔小样平均品位有 0.28 克拉/吨和 0.31 克拉/吨的，最大的一颗是一边长 2mm 的金刚石碎片。

加拿大中部找金刚石工作已进入第二轮。安大略北部詹姆斯湾低地 Attawapiskat 西 90km 的维克多岩筒是 1988 年 Monopros 公司发现的由 16 个岩筒组成的岩筒群中最大的一个。地表面积约 15 公顷，年代为早侏罗世。1994 年又发现 2 个小岩体，现公司在该区已有 20 个岩筒。在发现头几年，指示矿物说明该地可能价值不大，故转移至加拿大西北地区工作。几年前公司又返回该地，对维克多岩筒采小大样结果令人鼓舞，330 吨样获得 109.9 克拉，品位 0.33 克拉/吨，金刚石价值为每克拉 154 美元，现在采 7000-10000 吨大样。1993-1997

年在该岩筒群西南约 100km 处发现凯尔湖地区 5 个岩体，有岩筒和岩墙，打过钻，发现含金刚石。在科克伦湖地区也已发现约 30 个金伯利岩体(岩筒或岩墙)，大部分含金刚石，但品位低。在魁北克省西北部的托恩盖特山金伯利岩岩墙系，是 90 年代初政府及大学研究者发现的，1999 年至 2000 年采样发现岩墙金刚石含量较高(0.153 克拉/吨和 0.157 克拉/吨，有直径超过 3mm 的金刚石)，在继续工作。

格陵兰现有 3 项找金刚石计划在进行。在西部 Kangertussaq 附近，1997 年以来已发现 50 多个金伯利岩墙、岩床和岩脉，现集中注意 21 个地点，已准备好在 3 个地区钻探。

澳大利亚北部地区的默林金伯利岩金刚石矿床已在开采，矿床规模虽不大，但质量较佳。在该矿床已回收到一颗 41.95 克拉金刚石，是该国迄今发现的第 2 大金刚石。附近水系中发现有金刚石，在进一步调查。在西澳大利亚金伯利地区 Beta Creek 的 Ashmore 2 号金伯利岩筒，552 吨样品得 115.87 克拉金刚石，最大颗粒 5.8 克拉，总的从 4793 吨样中得 410.4 克拉，约  $1/4 > 0.5$  克拉。西澳著名的阿盖尔 AK1 钾镁煌斑岩筒露天坑下钻探又发现一含金刚石钾镁煌斑岩体，将进行采样。西澳大利亚埃伦代尔区是钾镁煌斑岩体发育区，金伯利金刚石公司在该区的布利纳(Blina)冲积金刚石矿点，3 个采样坑采样结果分别是：21.31 克拉/220 吨样，12.51 克拉/310 吨样(其中一颗重 4 克拉且质佳的宝石，是埃伦代尔区已知最大的)和 8.32 克拉/120 吨样。另外，该公司最近还由阿盖尔金刚石矿山公司购得埃伦代尔矿地(约 1000km<sup>2</sup>，包含 35 个以上含金刚石钾镁煌斑岩岩筒，其中埃伦代尔 4 号地表面积 0.76km<sup>2</sup>，埃伦代尔 9 号 0.47km<sup>2</sup>)，并进行了采样。在自地表至 2m 深的所掘坑内采了 415 吨大样，结果得 125.69 克拉金刚石，金刚石裹在铁质结核中，公司计划到 2001 年 6 月完成可行性研究，预计至 11 月投产。根据以前采大样得到的总共 5465 克拉金刚石的评价结果，平均每克拉值 100.40 美元。澳大利亚东部古生代褶皱区所产的金金刚石的原生来源问题仍未真正解决。最近有人对新南威尔士州惠灵顿所产金刚石进行研究，认为有两组金刚石，A 组与含金刚石金伯利岩和钾镁煌斑岩有关，是在前寒武纪克拉通下岩石圈中橄榄岩幔源中形成的，B 组是在俯冲板块中形成的。

俄罗斯阿尔汉格尔斯克州“滨海”含金刚石岩筒发现已 20 年。该区格里布岩筒资源已增至 9840 万吨，品位 0.69 克拉/吨，即含金刚石 6890 万克拉，平均价值每克拉 79 美元。该州整个罗蒙诺索夫金刚石项目有金刚石价值 120 亿美元。与之相比，加拿大西北地区拟开发的戴维克项目有金刚石约值 70 亿美元。俄罗斯西伯利亚雅库特纳肯金伯利岩的金刚石矿床发现是该国近年金刚石勘查的重大收获，这是在该区找中生代金伯利岩 30 年无结果后，转向找古生代中期

金伯利岩才取得的成功。

南非普雷米尔矿山的开采已进入第 2 个世纪，现仍在钻探，预可行性研究结果尚有资源约 1.7 亿吨，含 8300 万克拉，尚可采 20 年。在克利普斯普林格尔有 2 个岩墙在开发，1998 年 8 月投产，每克拉金刚石平均可值 112 美元，已求得的储量为 360 万吨，平均品位 0.47 克拉/吨，每克拉 100 美元。

博茨瓦纳自 60 年代以来，至少已发现 11 个金伯利岩群，约含 150 个岩筒，已开发 3 个世界级矿山。该国中部奥拉帕矿山是自 1955 年起找矿 12 年后于 1967 年发现的。1971 年开采，1978 年产 500 万克拉。面积 117 公顷，已采 1.84 亿吨矿石，至 1999 年 8 月共产 1.29 亿克拉。最大的金刚石有 271 克拉。1999 年处理 955 万吨矿石，回收 909 万克拉，品位 95 克拉/100 吨，现正在扩建，计划年产 1200 万克拉，已采至 130m 深，但至 260m 深仍有证实储量。地表钻探已钻至 600-700m 深，在研究并采可能性。总的储量加资源有 6.02 亿吨，平均品位 53 克拉/100 吨，即含 3.22 亿克拉(至 600m 深)。目前矿山寿命还有 30 年。其东南约 40km 的 Lethhakane 矿山 1999 年产 88 万克拉(处理矿石 343 万吨)。该国南部的朱瓦能矿山位于哈博罗内西 125km，1973 年发现，是该区 7 个岩筒中最大的一个，年龄 2.45 亿年(为奥拉帕的 3 倍)，面积 53 公顷。1982 年投产，设计年产能力 300 万克拉，1998 年产量超过 1200 万克拉。1999 年处理矿石 906 万吨，获得 1140 万克拉，产值 11.4 亿美元，矿山尚可采 30 年。全国金刚石产量从 1980 年约 500 万克拉至目前约 2000 万克拉。该国东部 5 个岩筒中，正在开拓 Tswapong 矿山。科孔区 3664km<sup>2</sup>找矿租地内有 18 个已知金伯利岩产地，其中 7 个含金刚石。该国中部杭济区科贝(Gope)租地区位于卡普瓦尔克拉通中部，在科贝西面。早期区域工作发现一些零散的指示矿物，后选了 41 个靶区进一步进行土壤地球化学取样和地面磁测，发现 5 个岩筒(均见微粒金刚石)。80 年代初鹰桥公司发现 2 个岩筒，并于 1982 年与德比尔斯公司组成合营项目，进行重砂测量，采约 25000 个样，结果又发现 2 个岩筒、4 个岩墙，后 Tinto 公司工作又发现一个岩筒。直至 1996 年一项评价计划之前，并未完成评估其金刚石含量的工作。评价计划的调查工作包括详细土壤地球化学取样、钻探和打一竖井采大样。1997 年 5 月完成预可行性研究。1997 年发现 4 个金伯利岩筒，采过小样(得到的最大金刚石重 0.24 克拉)，做过区域航磁测量，重新处理数据，揭示出有 159 个潜在目标可供检查。1998 年起进行可行性研究，查明 Gope 25(面积 10 公顷)和 136(3-4 公顷)金伯利岩筒可有 4870 万吨资源，平均品位 19 克拉/100 吨，开采需移去上覆 78m 厚沙层，还有高度敏感的环境问题、基础设施问题以及许多社会问题(如土著居民移民)，在目前金刚石价格条件下，开采无利可图。科贝矿地区往东南的莫洛波矿权区有 8 个找矿许可地，约 3582km<sup>2</sup>。

1978-80 年鹰桥公司发现 38 个岩体(在察邦区),31 个在莫洛波矿地。后另一公司又找到 20 个,合计 58 个。在其中的一处许可地,有 28 个岩筒(一半由鹰桥公司发现),其中 11 个含金刚石,包括 M-1 岩筒(鹰桥公司发现,面积 180 公顷,是世界最大的岩筒之一),进行过较详细工作,打过钻,属火山口相,品位不高。后又一公司钻探发现 6 个金伯利岩体。1998 年阿什顿公司在该国西北部恩加米项目工作,发现 14 个岩体。

津巴布韦南部兹维沙瓦内附近发现 3 个金伯利岩筒,有资源 1650 万吨,品位 0.90 克拉/吨,在进行可行性研究。

70 年代在莫桑比克靠近赞比亚边界尊博区和北部隆加河区发现含金刚石岩体,还查明有冲积金刚石矿床。1980 年在马尼安巴盆地发现金伯利岩。

在西非几内亚阿雷多尔冲积金刚石矿,1934 年法国人已开采。现 Trivalence 公司租地的冲积矿资源有 1910 万吨,品位 0.07 克拉/吨,在生产。还有一些地段未勘查。此外,公司在该租地内已查明 12 个金伯利岩体(在 1996 年租地前已发现 11 个岩筒及许多岩墙、岩脉,均含金刚石,但无经济价值)。公司于 1997 年 5 月进行航磁测量,发现 55 个靶区可以进行地面检查。发现 K7 岩筒最大(地表 9.5 公顷),还有 K21、K23 岩筒。K23 岩筒地表 5.2 公顷,采大样结果品位为 0.7 克拉/吨,要进一步钻探。一家英国公司最近在利比里亚的波山矿地找到 3 个金伯利岩体,当地手工采冲积金刚石砂矿已约 50 年,但一直未找到原生来源。最近西非金刚石勘查中的重要事件是在赖吉巴特克拉通(主要在毛里塔尼亚北部)展开区域性找金刚石工作并已发现含金刚石金伯利岩体(见后专门介绍)。

巴西马托格罗索州茹伊纳区矿地(200km, 2)从 5 个金伯利岩体中取小样均含金刚石。MinMet 公司在巴西米纳斯吉拉斯州科罗曼达尔金刚石矿地至少已发现 30 个金伯利岩侵入体,在一岩体沿坡往下处发现一些金刚石。

委内瑞拉瓜尼亚莫地区于 60 年代晚期开始从冲积砾石层中生产金刚石。1982 年地质人员在 Cordero 区发现一金伯利岩体群,由 20 多个岩床状岩体组成,占面积约 100km<sup>2</sup>。金伯利岩富含金刚石,新鲜岩石 Rb-Sr 法测年结果为 7.1 亿年(过去风化样曾得 17 亿年的结果)。金刚石中榴辉岩型矿物组合占绝对优势。

法属圭亚那赋存有金刚石是 30 年代首次报道的,早期认为其来源是砾岩和硬砂岩。达钦(Dachine)探区位于圭亚那地盾的居尔·伊尼尼绿岩带中,是 70 年代中期法国地质矿产调查总局在那里发现冲积金刚石之后引起兴趣的。当时由于不存在金伯利岩指示矿物而未进行大量勘查工作。1995 年起美国一公司对达钦地区进行了调查,其地质人员查明了一种非金伯利岩的原生金刚石来源。

这是一种超镁铁质含金刚石岩石，地表延伸长至少 5km，宽 350-1100m。采大样得出每 kg 有 77 颗金刚石(以微金刚石为主)，但 > 1mm 的局部富集。矿化基岩上覆分选差的冲积层，品位达 4 克拉/m<sup>3</sup>。金刚石的物理和化学研究结果提供了其来源于榴辉岩的证据。采样也表明其指示矿物组合显然与金伯利岩和钾镁煌斑岩不同：镁钛铁矿、铬透辉石和钙钛矿均不存在，而铬铁矿核部与金伯利岩和钾镁煌斑岩的特征相比，较贫钛而富锰。法国雷恩大学卡普德维拉等人经研究指出，在地幔深部熔融形成的原始的无水科马提岩岩浆渗透到元古宙古达钦岛弧下的水化岩石圈中，这些岩浆在那里获得水和金刚石，然后与较冷的地幔楔底部起作用，温度和密度明显下降，带着金刚石被推到地表。他们相信在火山碎屑科马提岩中发现金刚石不仅为南美圭亚那克拉通，而且也为西非克拉通的不可思议的金刚石产地提供了一种可能的解释(以前曾有人认为这些地表呈现为滑石片岩的岩石是变质的金伯利岩)。不过最近在该矿地处理 715 吨多的含金刚石超镁铁质岩的小大样(从 10 个探槽采的)后，分析结果令人失望，所得金刚石大多在 1-1.18mm 至 1.18-1.7mm 级，且常有大量包裹体，目前无进一步工作计划。

由上可见，金伯利岩型原生金刚石矿床(一般为岩筒，也有少数岩墙和岩床)是主要找矿对象。但也仍有一些国家和地区在进行金刚石砂矿(冲积砂矿和滨海砂矿)的勘查和开发工作。纳米比亚的滨海砂矿过去 50 年已采 7000 多万克拉金刚石，地质人员估计资源可有 30 亿克拉。印尼加里曼丹的 Cempake 古河床采大样结果为 1323 克拉/9000 吨，金刚石价值 200 美元/克拉。1999 年上半年投产，开始阶段年产 3.5 万克拉，以后为 7.5 万克拉/年。总的说来，有工业价值的钾镁煌斑岩型原生金刚石矿床为数颇少，主要代表是西澳阿盖尔矿床。西澳埃伦代尔区此型的一些岩筒最近也在进一步勘查并计划开发。研究认为，印度的默奇格万矿床也属此型。斯塔公司最近在美国阿肯色州派克县的钻探已圈出 4 个钾镁煌斑岩的火口 2 火山通道，要采 1 万吨大样，物探结果尚有第 5 个岩筒。几年前对该州著名的供游览的“金刚石坑”公园的含金刚石钾镁煌斑岩筒进行的初步钻探，结果认为至 183m 深可有矿石 9300 万吨，含金刚石至少 1570 万克拉，实际上也可有开采价值。另一方面，含金刚石的橄榄石钾镁煌斑岩与金伯利岩较相似，有些学者认为两者也可归属一个大类，而世界上有些地区的金伯利岩实际上也部分具有橄榄石钾镁煌斑岩的特征，这些都值得我们注意。

## (七)其他矿产

在镍钴矿床方面，镍铜硫化物矿床和红土型镍钴矿床的勘查工作均在进行。

在硫化物矿床方面，主要为岩浆型镍铜(钴)矿床，除上述有关铜、铂族金属矿床中已述及者外，1993 年发现的加拿大拉布拉多沃伊塞湾镍铜钴矿床 1999 年在继续勘查，自 1996 年 8 月 Inco 公司拥有该项目以来，至 1999 年底已在各有关租地钻探 16.5 万米。最近在“卵圆形矿段”东南约 5km 于 Ryan's pond 附近查明一矿化带，其地质情况与位于“卵圆形”矿段东侧的“东深矿段”颇相似。新矿化带各方面均可延展，已得分析结果平均镍品位 1.3%、铜 0.7%，钴 0.04%，厚 29.5m，深约 1600m，要继续钻探。沃伊塞湾矿床现有总资源 1.367 亿吨，镍品位 1.59%，铜 0.85%，钴 0.09%。其中确定加推定资源 1.23 亿吨，镍品位 1.66%，铜 0.87%，钴 0.09%。总资源中包括“卵圆形”、“东深”、“远东深”、“东南延伸”上带和下带、“发现山”上带和下带、“西部”，以及“北东深”等矿段，共含镍 217.4 万吨，铜 116.2 万吨，钴 12.3 万吨。确定加推定资源中含镍 202.2 万吨，铜 107 万吨，钴 11 万吨。该矿床产于中元古宙奈因深成岩套中早期形成的橄长岩中(年龄 13.4-12.9 亿年)。该矿床发现和查明前，人们还不认识重要的镍铜矿床有与斜长岩-橄长岩-花岗岩-铁闪长岩火成岩套伴生的。加拿大最近在勘查的还有奴瓦特地区南部兰金因累特附近的弗格森湖镍铜铂钯钴项目，经最近钻探已知有推测资源 3244 万吨，铜品位 0.86%，镍 0.59%，钯加铂 1.26 克/吨。1997 年查明萨德伯里附近的凯利湖矿床有 1050 万吨矿石，镍品位 1.77%，铜 1.34%，铂族金属 3.6 克/吨。

南非的 Tati 镍公司产量将翻番，经 1998 年起的成功勘查已有推定资源约 1.7 亿吨，镍品位 0.29%，铜 0.2%，其中储量为 4800 万吨，镍品位 0.59%，铜 0.34%。

澳大利亚西部矿业公司将扩大太古宙芒特基斯硫化镍矿山产量。该矿床于 1994 年投产，当时有证实和概略储量 3.42 亿吨，镍品位 0.65%，即含镍 222.3 万吨。系低品位全露采矿床，该公司一些新的红土型镍矿床均尚未开采，认为技术可行(如应用加压酸浸和溶剂萃取电积法)，但成本过高。

澳大利亚新南威尔士州麦夸里港西南通过物探和钻探发现一镍钴钨硫化物矿床，约含 1240 万吨矿石，品位为 1.53%镍当量，或含 8 万吨镍、1.1 万吨钴和 500 吨钨，这是意外发现的大钨矿，附近又钻获 40 吨钨。

美国密苏里州马迪森钴矿项目有推定资源 560 万吨，钴品位 0.27%，镍 0.43%，铜 0.50%。

在红土型镍钴矿方面，新喀里多尼亚戈罗总资源有 3.7 亿吨，镍品位 1.6%，钴 0.17%，即含镍 592 万吨，钴近 63 万吨。该岛 Koniambo 项目资源增长，有 1.51 亿吨，镍品位 2.58%，预计 2001 年底完成预可行性研究。该岛波哥大矿地 Nakety 项目含确定和推定资源 5240 万吨，镍品位 1.53%，钴 0.11%，另有推测



资源 7310 万吨,镍品位 1.42%,钴 0.12%。西澳大利亚的穆林穆林有 2.11 亿吨,镍品位 1.04%,钴 0.08%,另有 6800 万吨资源。印尼哈马黑拉岛红土型镍钴矿推定和推测资源增至 2.038 亿吨,镍品位 1.37%,钴 0.11%,即含镍 279 万吨,钴 22.4 万吨。印尼东部还有一些岛屿红土型镍钴矿资源也很大。非洲科特迪瓦的比昂库马2 图巴有 430 万吨镍、30 万吨钴资源,正在进行可行性研究。

芬兰盖米铬铁矿矿床将由露采进入井采,现年产矿石约 100 万吨,精矿生产能力约 40 万吨/年,证实和概略储量约 7000 万吨,另有资源约 1.5 亿吨。

澳大利亚东部昆士兰州西北部的朱利亚克里克钒矿有资源 8000 万吨,含 20 万吨  $V_2O_5$ 。赋存在海底沉积的灰岩和粘土混合层中,下伏为油页岩。油页岩有资源 42 亿吨,其中有 6m 含 0.45% $V_2O_5$ 。

在钒钛磁铁矿方面,波兰东北部苏瓦乌基斜长岩体中,三十多年前发现的产在深部的苏瓦乌基矿床群,有铁钛钒氧化物矿床和铁铜镍硫化物矿床。其中 Krzemianka 矿床 1957-1990 年打了约 100 个金刚石钻孔(平均深 1900m),1962 年发现,估计储量约 10 亿吨,铁品位 27%, $TiO_2$  7%, $V_2O_5$  0.3%,矿体深 800-1800m。Udryn 矿床储量约 2.5 亿吨,品位近似,深 800-1300m。伊朗南部 Kahnootj 矿床硬岩矿床部分共有矿石 2 亿吨,约 8.5%为钛铁矿,8.5%为钛磁铁矿,砂矿部分有 1.53 亿吨,含 5%钛铁矿和 4.5%钛磁铁矿。

在钛锆重矿物砂矿方面,澳大利亚东南部默累盆地重矿物砂矿于 80 年代初发现,总资源 49 亿吨,重矿物平均含量约 2.8%。现在勘查仍处初期阶段。南澳大利亚 Mindarie2 Mercunda 资源翻番,有 4390 万吨,重矿物品位 3.35%(50%为钛铁矿,22%为锆石,8-10%为金红石)。

印度的重矿物砂矿早就在南端的泰米尔纳德邦和喀拉拉邦有发现和开采。奥里萨邦也有发现和开发。印度现有钛铁矿资源高达 2 亿吨( $TiO_2$  50-60%),在泰米尔纳德邦东南部,澳大利亚一公司拟开采一些重要矿床,在土提科林港西南 30-50km 的 3 个矿床总资源有 1 亿吨重矿物(其中钛铁矿 6100 万吨),其中一个矿床有资源 3.7 亿吨(重矿物含量 8.9%),另两个矿床合计资源 6.1 亿吨,重矿物平均含量 11%。

莫桑比克“走廊带”重矿物砂矿,分布在马普托往东北约 190km 的席布托附近,由 10 个矿床组成,总推测资源 140 亿吨,重矿物平均含量约 6%,主要为钛铁矿,锆石、金红石较少。仅最大的 1 号矿床就含确定加推定加推测资源 87 亿吨,重矿物含量 > 8%,含 3.18 亿吨钛铁矿,其中确定加推定资源 26.8 亿吨,含约 1.15 亿吨钛铁矿。已完成 661 孔钻探(33000 多米),到 2000 年 5 月还要打 230 个钻孔。1999 年 7 月已完成预可行性研究。矿床分布在距海岸约 40km 的陆上,矿化自地表至 100m 深。开始将年产 37.5 万吨氧化钛渣(以后将增至

100 万吨/年), 19.5 万吨高纯铁, 1.2 万吨金红石和 4 万吨锆石。可行性研究定在 2000 年 8 月完成。

美国怀俄明州卡姆登重矿物砂矿西北部分的钻探使储量近乎翻番。卡姆登有 3 亿短吨储量, 含 1200 万短吨重矿物。中有 740 万短吨白钛石和钛铁矿, 60 万短吨金红石和 180 万短吨锆石。新区称小本顿矿床, 初步估计有 2.3 亿短吨, 平均含重矿物约 3.5%(约 800 万短吨), 质量与卡姆登类似。

在锡矿方面, 巴西大锡矿皮廷加原生矿床证实储量 2.01 亿吨, 锡品位 0.176%,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0.223%,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  0.03%,  $\text{U}_3\text{O}_8$  0.03%,  $\text{ZrO}_2$  0.81%。地质远景资源超过 10 亿吨。从 2002 年前后开始的 15 年期间计划产锡 13000 吨(废石与矿石比为 0.31 : 1), 每年还将产 13800 吨铌钽混合精矿(35%  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  和 3.5%  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ )。秘鲁普诺省圣拉菲尔锡矿位于玻利维亚锡矿带的北端, 在开采, 1999 年 6 月计算储量有 1370 万吨, 含 5%锡, 0.2%铜, 预期今年增至 1500 万吨, 5 年内增至 2000 万吨, 使其成为国外最大锡矿山。

俄罗斯 1964 年在西伯利亚地台北部阿纳巴尔地盾发现的特大型托姆托尔稀土-铌矿床距埃别利亚赫 120km, 矿床颇富,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  8.2%, 镧系氧化物 15%, 钇氧化物 0.8%, 还含铈, 富集在风化的碳酸岩上 7-10m 厚的残积塌积壳中。稀土总含量有 4000 万吨, 钇可有 300 万吨, 还有大量铌, 据认为是国外最大的稀土矿床和铌矿床。

澳大利亚悉尼西北约 400km 的达博项目, 最近钻探结果有资源 8300 万吨, 含  $\text{ZrO}_2$  1.91%,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  0.138%,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0.448%,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  0.027%,  $\text{HfO}_2$  0.041%,  $\text{TR}_2\text{O}_3$  0.72%, 产在侵入粗面岩中, 面积  $900 \times 500\text{m}$ , 近直立, 矿化分布很均匀。

铀矿勘查总的有所萎缩。加拿大萨斯喀彻温省北部仍在进行铀矿勘查, 并有所发现和扩大。如最近 Dawn 湖项目在 La Rocque 湖附近于 280m 深处钻到  $\text{U}_3\text{O}_8$  高达 30%的矿石, 现在进一步钻探。麦克阿瑟河特大而富的不整合型铀矿 2000 年投产, 经地下钻探最近矿石储量增大, 品位增高, 从 1999 年底的 66.8 万吨矿石、 $\text{U}_3\text{O}_8$  品位 17.33%, 增至 2000 年底的 84.5 万吨矿石、 $\text{U}_3\text{O}_8$  品位 21.18%, 2000 年产  $\text{U}_3\text{O}_8$  5000 吨。马拉维的卡耶列凯卢铀矿床于 80 年代初调查, 经 8 年工作, 完成可行性研究, 认为开采不经济, 于 1992 年放弃。该矿床系砂岩容矿层状矿床, 有 6 个主要矿化体, 矿床含 11600 吨  $\text{U}_3\text{O}_8$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$  品位 0.15%, 现经再研究, 并考虑基础设施及技术等方面进步, 预计 2003 年可开采。据报道哈萨克斯坦全国铀储量有 92.6 万吨, 另有资源 165 万吨, 主要分布在南部。

巴基斯坦、孟加拉、哥伦比亚等国在进行一些煤炭勘查工作。中非等几个非洲国家、巴基斯坦和澳大利亚等在进行一些铁矿勘查工作。

南澳大利亚利克里克(Leigh Creek)镁项目在弗林德斯和 Willouran 山脉有

隐晶质菱镁矿沉积层沿走向分布 120km，从利克里克往西北，超过 20 层(层厚 0.3-3m)，钻探确定与推定资源 1.9 亿吨，MgO 44.3-46.5%。总资源 5.16 亿吨，MgO 42%。进行了可行性研究，已在试采。要利用此项目菱镁矿资源在南澳皮里港建一镁厂。加拿大魁北克省 Magnolia 镁项目利用石棉矿山蛇纹岩尾矿，经浸出、卤水提纯，生产氯化镁，再生产镁。

除金刚石以外的宝石矿床勘查方面，巴西、巴基斯坦、赞比亚均在进行祖母绿的勘查和开发。在过去两年中，在巴西米纳斯吉拉斯州 Piteiras 矿地钻探圈出 2 个含祖母绿带，并在加密钻探，将进行开发。据 45 个岩心钻孔结果，在 750×200m 面积上，有推定资源 78.9 万吨矿石，平均品位 112 克拉/吨，矿体平均厚 2.5m。该区自 1978 年起就生产祖母绿，当时发现了 Belmont 矿山，吸引了成千上万个个体采矿人。10 年后又发现 Capoeirana 矿山。Piteiras 矿地在上述两矿山之间，是运用 80 年代晚期 2 名德国宝石学家提出的理论(可在低变质程度下交代蚀变的超基性火山岩中形成)而找到的。这种交代带(称“黑壁带”)含金云母和黑云母，常与附近侵入体(前寒武纪花岗岩，侵入太古宙变质火山岩系)相伴，其高铬与铍值与岩心中含祖母绿相关。过去典型的是矿化与伟晶岩相伴。赞比亚基特韦西约 65km 的 Pirala 祖母绿矿山 1999 年 6 月初开始生产。巴基斯坦西北边疆省 Swat 祖母绿矿山正计划恢复开采。

马达加斯加在伊萨卢山脉南部伊胡西城南 110km 发现新的蓝宝石产地，是 4 年内第 3 个发现。另 2 个在岛南部的 Andranondambo 和岛北部的 Anbondromifehy。

坦桑尼亚北部 Merelani 的坦桑宝石(黝帘石，无水钙铝硅酸盐矿物，含痕量钒，显紫蓝色)于 60 年代晚期发现，可采推定资源 224 万吨矿石，品位为 22 克拉/吨，即近 5000 万克拉，所采宝石约 70%在美国出售，市场额为每年约 1 亿美元。琢磨的销售商品卖价可达 100-500 美元/克拉。1998 年中期以后又进行地质勘查。坦桑宝石与产在蓝晶石、黑云母、石墨片麻岩中的一个石香肠系有关，有多至 3 个很靠近的平行石香肠。主矿层已追索 2km(8 个钻孔打到)，深至 150m，石香肠系加上其条带状片麻岩包层厚 2-10m，在同斜褶曲枢纽处最厚。

### 三、近年发现的几个重要矿床

#### (一)里海北部哈萨克斯坦海域卡沙甘特大型油田和俄罗斯海域“北部”大油田的发现

哈萨克斯坦海域国际经营公司(OKIOC)由包括若干西方大石油公司在内的8个成员单位组成,具体由英荷壳牌公司经营。该财团在里海北部哈萨克斯坦海域至1999年底已花约6亿美元,主要用于地震勘探工作,在11万 $\text{km}^2$ 面积上,已收录2.6万多 $\text{km}$ 的二维地震测量资料。OKIOC在一约6000 $\text{km}^2$ 地带勘查,计划要打6口井。

2000年引人瞩目的一口井是卡沙甘东1探井,距哈萨克斯坦陆区著名的特大型田吉兹油田约80 $\text{km}$ ,位于田吉兹油田在海区的延续构造上,在阿特劳东南75 $\text{km}$ 。该区水深仅3-6 $\text{m}$ 。该探井的目标是卡沙甘碳酸盐台地(在一面积和远景储量为田吉兹油田3倍的构造上。田吉兹油田可采储量在60-90亿桶油当量),与田吉兹油田一样,对象是二叠纪盐层下的石炭2泥盆纪岩层,于1999年夏开钻,计划井深4500 $\text{m}$ 。在钻探开始9个月后开展油田填图。有关的西方财团于2000年5月中宣布在该地发现了一个拥有巨大石油储量的卡沙甘油田,面积480平方海里(约合1640 $\text{km}^2$ ),最初估计原地石油储量从80亿桶至500多亿桶,估计可采超过250亿桶。这可能是过去20年世界上最大的油田发现。该井计划进行2次试井,第1次已完成,试得600 $\text{m}^3$ /日原油,42-44 $^{\circ}$  API;20万 $\text{m}^3$ /日天然气。除该井外,2000年10月在距该井40 $\text{km}$ 处打卡沙甘西1探井,已钻至4982 $\text{m}$ 终孔,探到了油气,待试井。

卡沙甘油田是一重要的世界级发现。哈萨克斯坦总统纳扎尔巴耶夫宣称是500亿桶石油发现,当地官员称有80-500亿桶石油资源,但OKIOC谨慎地反对这种过早的兴奋。另据报道,根据地震勘探资料有猜测为300亿桶的。有报道远景储量约40亿吨的。

俄罗斯Lukoil公司2000年3月宣布,在里海北部俄罗斯海域,在离阿斯特拉罕170 $\text{km}$ 的“北部”租地(8000 $\text{km}^2$ , 2)的哈瓦林构造上,发现了其在里海的第一个油田,发现井终孔深4200 $\text{m}$ ,打到几层含油气层,估计约有3亿吨油当量。曾计划钻4口圈定井,前曾估计有43亿桶(近6亿吨)储量。

## (二)理论模式在西澳元古宙耶尼纳盆地尼夫蒂铜矿床发现中做出了贡献

澳大利亚西部矿业公司(WMC)于1972年在南澳以及西澳西北部元古宙盆地开始应用D.W.海恩斯提出的理论模式指导层状铜矿勘查。经不断探索,模式于1975年做了很大修改。该模式于1978年开始在西澳元古宙耶尼纳盆地应用,并导致1981年发现尼夫蒂铜矿床。

与盆地地层、盆地外形、源岩相及其在容矿盆地中的分布有关的地质要素,是该理论模式的重要组成部分。在勘查计划中,一般是一开始注意鉴定地层,接着确定有源岩产出的受断层控制的盆地边缘或确定盆地内源岩内的基底高地,再后是对源岩的分布和邻近推断的受断层控制的边缘或基底高地的岩相填图。源岩很可能是在盆地发育裂谷期形成的红色粗粒底部碎屑沉积物。这是该地区根据源岩岩相分布及厚度变化确定勘查目标的主要向导。目标一般位于盆地中基底高地之上或盆地边缘上的源岩中,在粗屑沉积物变薄或突然尖灭带附近。在目标区确定潜在容矿岩石后,用理论模式详细解释在目标区得到的物化探资料,并用它指导检查所确定的异常。此时一般要考虑硫化物分带、容矿岩石相变以及容矿岩石与所推断的源岩变薄或突然尖灭的关系。

1976年西澳地质调查所的讨论,1977年R.J.钦等人关于耶尼纳盆地地质的介绍,1978年对产在该盆地的著名的特尔弗金矿床及其周边的考察表明,该盆地隐伏的元古宙的沉积岩系中应有对层状铜矿床可能有利的源岩(库尔布罗砂岩)和容矿岩石(布罗德赫斯特组粉砂岩、页岩和白云岩)存在。对盆地的较详细研究始于1978年,该年4月开始对盆地西南部及其毗邻盆地进行广泛摄影地质解释,目的是确定可能有关的构造要素和基岩覆盖条件,帮助推断源岩和容矿岩石分布,以便选出最有意义区进行野外填图。1979年5月沿盆地西缘对库尔布罗砂岩进行踏勘地质填图,在该区进行物探(包括航磁测量)以及对铁岩砾石和推断的容矿岩石少量露头进行系统取样。1979年8月对隐伏容矿岩石单位的相关关系在盆地西南部进行了检查。在某些粉砂岩中发现了黄铁矿(大多已风化成褐铁矿)。某些有纹理粉砂岩和白云质粉砂岩样品含铜千分之几。于是得出结论:盆地西缘的布罗德赫斯特组理应含层状铜矿床。1980年8月通过对航磁数据的解释,沿盆地西缘确定了层状铜矿床的可能目标。磁测表明盆地西缘附近可能有大断层存在。该断层附近许多中、小型磁异常可能与层状铜矿化有关。1980年10月通过在尼夫蒂物探目标附近进行地质填图,发现了含铜和含铅锌的铁帽,后对铁岩砾石进行更详细取样,证实在尼夫蒂及其北的雷恩博矿点上有很大的铜、铅、锌异常存在。通过对尼夫蒂区异常和铁帽进行钻探,1981年

8月发现了孔雀石，1982年5月发现了层状黄铁矿-闪锌矿-方铅矿层和层控黄铜矿。

WMC 经勘查求得尼夫蒂铜矿床的硫化物矿石推定储量 1700 万吨，铜品位 4.9%，埋深 250-500m；以孔雀石为主的氧化矿石的确定储量 400 万吨，铜品位 3%，埋深 30-120m，即共含铜 93.3 万吨。硫化物组成层控透镜状矿体，由块状、浸染状和脉状黄铜矿和黄铁矿组成，产在向东南平缓倾伏的不对称向斜下凹附近的薄页岩层下有隐藻纹层的硅化碳酸盐岩中。次生矿化(孔雀石及少量蓝铜矿、赤铜矿、自然铜，往下过渡到辉铜矿)出现在向斜北翼的页岩和硅化碳酸盐岩中。该矿床既不同于勘查计划中原拟寻找的层状铜矿床，也不是铅锌铜筒状矿床，它有其本身特点。

尼夫蒂铜矿床位于皮尔巴拉东面耶尼纳盆地中，在黑德兰港东偏南约 350km，特尔弗金矿西约 70km。1998 年 11 月 Straits 资源公司由 WMC 购得此矿床，1999 年约采出 72.5 万吨矿石，铜品位 3.5%，经堆浸，用溶剂萃取电积法生产电解铜。目前该公司在尼夫蒂矿床的各级资源总计已约有 160 万吨铜。公司拟扩大生产，1999 年底完成可行性研究，计划年产 2.5 万吨铜(2001 年可达到)。经 1999 年以来继续钻探，氧化矿石和次生富集辉铜矿带分布范围扩大(沿走向、往深处及在向斜南翼)，其下硫化矿亦扩大至 7300 万吨，铜平均品位为 1.8%(即含铜 131.4 万吨)，往南、往西仍有延展，将进一步钻探。矿床资源量扩大远景仍很好。公司 2000 年在计划对开发硫化矿进行可行性研究，拟年产 5-7 万吨铜(精矿含铜量)，预期 2003 年投产。公司还在外围进行区域勘查。

### (三)南非博塔维尔空白(间断)带 一系列金矿床的发现

南非维特沃特斯兰德盆地(简称兰德盆地)是目前世界上已知的最大含金区。从 1887 年至 1998 年，该盆地的太古宙中兰德群(主要为含金铀砾岩)已产金 45500 吨(一说 15 亿盎司，即 46650 吨)。在该盆地西翼克莱克斯多普至韦尔科姆间地表含金岩系出现间断，即所谓的博塔维尔空白(间断)带，过去认为没有金矿远景。

盎格鲁瓦尔公司 1981 年起对该空白带的构造进行重新解释后，紧接着实施了一项历时 16 年的大型勘查计划(地表勘查面积约 800km<sup>2</sup>)。从 1981 年至 1997 年 7 月打了 97 个地表钻孔(平均孔深 3200m) 还进行了地震勘探，发现了森(Sun)金矿田，确定在 2000-4000m 深度间有 6 个矿层，勘查成本高(4500 万美元)。在森金矿田南延的位于南非自由邦的塔盖特(Target)矿田是 1992 年发现的。

1993 年筹集 9000 万美元进行地下勘查。在塔盖特区南侧为历史上已有的洛雷恩矿山。地下勘查包括从洛雷恩 1 号竖井最深中段(约 2000m 深)打一对斜井, 并进行地下钻探。到 1998 年 6 月已完成地下钻探 7.3 万 m, 计划为 10.6 万 m。1998 年底塔盖特有证实和概略储量 701 万吨, 金品位为 10.9 克/吨, 即含金 76.4 吨; 另有资源 4284 万吨, 品位为 8.5 克/吨, 即含金 364.1 吨, 合计有金 440.5 吨(一说 465 吨)。金矿多层, 便于机械化开采, 在南非金矿山中, 估计其生产成本较低, 约为每盎司 145 美元, 预期 2000 年晚期达到预计生产能力(年产 12.6 吨金)。塔盖特探区往北, 森金田南部有推测资源 1.574 亿吨, 金品位平均为 6.7 克/吨, 含金 1054.6 吨; 森金田北部有推测资源 1.516 亿吨, 品位 5.0 克/吨, 含金 758 吨。再往北为奥里比探区, 有推测资源 5210 万吨, 金品位 6.5 克/吨, 即含金 338.7 吨, 以上诸区合计含金 2591.8 吨。最近塔盖特探区北部资源估算量增大不少, 矿山设计生产能力已改为 15.5 吨/年, 矿山寿命可有 40 年。

#### (四)区域化探发现异常, 经反复勘查找到 马里莫里拉大型金矿床

马里西部的莫里拉金矿床位于首都巴马科东南约 180km, 矿床产于前寒武纪绿岩带中。矿体产在角岩化的沉积变质岩中, 主要为硫化矿, 有少量氧化矿和过渡型矿石。矿体呈靴状, 这种矿床模型在此绿岩带中是不典型的, 矿床现有可露采储量 2817 万吨, 金平均品位 5.82 克/吨, 即含金 164 吨, 剥采比约为 3.3 : 1, 另有资源 3348 万吨, 金平均品位 5.51 克/吨(以 1.3 克/吨为边界品位), 即含金 184.5 吨。矿床总计有金 348.5 吨, 目前价值近 30 亿美元。1999 年夏季开始建矿, 2000 年 11 月开始生产, 并于 2001 年 2 月 15 日举行正式投产典礼, 预计平均年产金 15.5 吨, 露采坑寿命 9 年。

1986 年至 1987 年, 由比利时政府出资对马里西部马西吉 1/4 图幅进行地质填图和矿产勘查。进行了区域土壤地球化学测量, 覆盖面积 12100km<sup>2</sup>, 取样密度为 0.5 个/km<sup>2</sup>, 分析 15 个元素, 200 ppb 金为阈值, 结果发现了若干金异常。莫里拉是在此项调查时由 3 个样品超阈值(最高达 450 ppb)而探测到的。有 7 个样品金超过 20ppb。莫里拉就被选作进行更详细的调查区。异常区无露头, 但有若干红土残余地高出周围地面达 10m。第一阶段以 1000 × 200m 网度进行化探取样分析。这项中间调查得出 5 个样品金 > 50ppb。接着进行详细跟踪调查, 取样网度为 400 × 200m, 后加密至 200 × 100m(覆盖 16km<sup>2</sup>), 共分析了 4371 个样品。金异常由 200ppb 等值线圈定, 其中有几个样品金值 > 2ppm, 这些样品

均位于铁质崖麓，其景观及金含量与马里南部的夏马矿床区相似。但是莫里拉无老窿，这在马里是不寻常的。挖了 10 个浅井，淘金试测结果表明其中 2 个井有可见金粒，马西吉项目约花费 150 万美元。

1989 年 BHP-Utah 公司获得该区勘查许可，但地质人员大概由于受关于马里该区域内金矿床典型情况的误导，根本未能了解莫里拉矿床的真实模型，钻探漏掉了大部分矿化，最后还不相信该地会有金矿远景。后兰德金资源公司收购此矿地，才使此矿地受到注意。经勘查正式查明了此矿床，且金资源不断扩大。最初是槽探发现 200 多米品位几乎为 9 克/吨的金，接着钻探打到高品位矿石。矿山在首次发现有远景经济价值后 3 年就建成。

### (五)澳大利亚西部太古宙绿岩带“史密斯奶奶”金矿区 20 年来持续勘查开发，最近发现了 迄今规模最大的“小袋鼠”大型金矿床

德尔塔黄金公司自 1981 年成立以来，已通过坚持不懈的系统勘查建立一些低成本产金项目和有大的远景的新项目，而繁荣昌盛起来。结果该公司已从一小的勘查公司发展成为澳大利亚最大的成本最低的金矿生产公司之一。公司在“史密斯奶奶”(Granny Smith)和卡诺纳贝尔(Kanowna Belle)属于澳大利亚最大和成本最低的最成功的金矿项目中的 2 个金矿床发现中做出了贡献。“史密斯奶奶”是公司第一个采金项目，也是迄今最成功的项目，1999 年下半年产金就超过 8 吨，成本为每盎司 196 澳元。

“史密斯奶奶”矿山在西澳大利亚卡尔古利东北近 300km、拉弗顿南 20km 处，位于太古宙绿岩带东部金田内。最初是德尔塔公司于 1984 年查明其为一大低品位金资源。此前找矿人 R. 史密斯已认识到该区的远景。公司查明的这一矿床就是以其妻子名字命名的，在发现时她刚好当了奶奶。该项目原来是德尔塔公司与 CSR 公司合营的，后者于 1987-1988 年撤出，而普雷瑟太平洋公司购得 60% 股份(其余 40% 为德尔塔公司)参与合营，并被证明是澳大利亚金矿业中最耐久和成功的项目之一。矿山于 1990 年 1 月投产。德尔塔公司还扩展了此合营项目，取得了在距矿山中心处理厂 35km 半径内地区进行勘查的权利。

“史密斯奶奶”矿床原来的 3 个矿体沿一南北向剪切带分布，共延伸长 3km 以上。储量的 60% 为氧化矿，40% 为原生硫化矿，后来进行的勘查计划发现了一系列可露采的卫星矿床——C. 哈罗德，“凤凰”，克林盖尔和高品位的“朝阳”矿床。“朝阳”矿床在中心处理厂南 34km，于 1995 年始采，后发现其品位增高、储量扩大，如 1999 年第 3 季度就采出 75.7 万吨，品位 7.37 克/吨。公司于



1995-96 年度产量增长 41%，达 284616 盎司(合 8.852 吨，现金成本每盎司 323 澳元)，1996-97 年度增 21%，达 343064 盎司(合 10.669 吨，成本每盎司 280 澳元)，1997-98 年度又增 61%，达 551255 盎司(合 17.144 吨，成本为每盎司 157 澳元)，成为该国生产成本最低的第 2 大金矿山。1998-99 年度产金 518115 盎司(合 16.113 吨，成本为每盎司 150 澳元)。1999-2000 年度预测产量超过 50 万盎司。

“史密斯奶奶”矿山投产时矿石储量为 2100 万吨，金品位 1.7 克/吨，当时预期可采收到约 100 万盎司(31.1 吨)金，现金成本为每盎司 285 澳元，寿命约 8 年。自那时起，矿山已超过预期，取得令人瞩目成功。这主要应归功于其勘查队的奉献精神 and 技能。随着最初 3 个矿体资源的枯竭，及时发现了接替的卫星矿床，延长了矿山寿命。1995 年 4 月矿山累计产金 100 万盎司，并预测到 2000 年尚能再产 65 万盎司。事实是到 1998 年 2 月已累计产金 200 万盎司，1999 年 4 季度累计已达 300 万盎司。目前形势更令人振奋，1998 年发现的大型“小袋鼠”(Wallaby)，或译“沃勒比”矿床就要开发，使公司拥有前所未有的雄厚的储量和资源基础，以及更长的开采寿命。这些矿床分布区大部分为第三纪至近代的红土、塌积和冲积物覆盖，露头零星，金矿化远景是由航磁测量结果指出存在大断层而显示出来的。

“小袋鼠”矿床是公司迄今最好最大的发现。矿床位于中心处理厂西 11km，在很有远景的凯里湖区。矿床已系统钻探至约 400m 深，由一系列浅的缓倾斜的叠覆的矿脉(复脉)组成，垂直分布范围超过 300m，可露采。通过 2000 年钻探，矿床储量已增至 6710 万吨，金品位为 3.3 克/吨，即含金 221.4 吨，延深至约 1km。复矿脉系含矿的氧化硅<sub>2</sub> 绢云母<sub>2</sub> 碳酸盐带，各带平均厚 3-25m，迄今已查明有 9 个带，围岩有砾岩层。这是一个大的矿化系统。已完成可行性研究，露采坑可年产约 32 万盎司金(近 10 吨)。矿山建设已在进行，预计 2002 年早期投产，而“朝阳”矿床可能于 2001 年底采尽。

#### (六)美国阿拉斯加州特大型“红狗”铅锌银矿 不断扩大并在外围找到另一成矿系统

美国阿拉斯加州西北部布鲁克斯山脉西段位于科布策北 145km 的特大型“红狗”铅锌银矿床，最初是飞行员鲍勃·贝克于 50 年代晚期起飞越德朗山区，发现伍利克河水系被显著的红褐色物质渲染时注意到的。1968 年他与当时在该区填图的美国地质调查所欧夫·泰勒尔一起注意观察了该地的铁帽和硫化物矿化(称为“红狗”矿点)，采了标本与分散流样。1970 年出版报告。1971 年美国

矿业局与一公司签约进行该区矿产资源调查,1975 年发表调查报告,后进行评价肯定价值,1978 年提交评价报告。“红狗”矿床产在早石炭世沉积燧石层中,属沉积喷气型。1982 年报道估计矿石储量(资源)有 8500 万吨,锌品位 17.1%,铅 5.0%,银 74.6 克/吨(即含锌 1453.5 万吨,铅 425 万吨,银 6341 吨),还有大量重晶石。“红狗”矿床到 1999 年已由 Cominco 公司开采 10 年,至 1996 年已累计产锌 180 万吨,产铅估计超过 40 万吨。1997 年“红狗”矿产锌精矿 61.32 万吨(含锌 55.2%),铅精矿 11.2 万吨(含铅 56.1%)。1998 年产矿石约 250 万吨。锌品位 21.4%,铅 5.2%,银 92.5 克/吨,即含锌 53.5 万吨,铅 13 万吨,银 231 吨。1999 年产锌(精矿含锌量)52.1 万吨,铅(精矿含铅量)8.89 万吨。锌精矿产量扩大至每年 110 万吨的选厂最佳化计划在按预定进程实施中。

“红狗”矿区本身在 1999 年以前由 4 个为构造分隔开的矿床组成,即主矿床、“山顶”矿床、阿加拉克矿床和帕拉阿克矿床。4 矿床合计现有资源 1.43 亿吨,锌品位为 16.1%,铅 4.3%,银 83 克/吨,即有锌 2302 万吨,铅 615 万吨,银 11870 吨。

德朗山区是一晚中生代褶皱逆冲带,矿区地层由早石炭世至中、晚石炭世沉积层组成。“红狗”铅锌银矿产在早石炭世的深水黑色页岩、燧石和碳酸盐浊积岩中。矿化的地层上的底板由深灰色钙质页岩和浅灰色钙质砂屑岩纹层组成,其上的炭质、硅质黑页岩是“红狗”及该区所有类似矿化点的主要含矿层位。这些矿床受成矿后低角度逆冲断层系的控制。“红狗”矿区的 4 个矿床有共同的构造位置。钻探结果表明它们位于近乎平行的向北倾的顶部和底部逆冲断层限定的褶皱的双重构造内的一些岩片中,岩片间又为逆冲断层分隔开。在“红狗”矿区有 4 个层控的沉积同期的交代矿床,它们从上到下由 3 部分组成:块状重晶石,硅质岩(系强烈硅化的重晶石或页岩),有硫化物矿脉的硅化页岩。每一部分可以不同程度矿化,由闪锌矿、方铅矿、黄铁矿和白铁矿交代体和脉体穿插而成。从伴生的蚀变、存在独立的同沉积构造及存在被认为是蠕虫管或虫钻孔形成的圆柱状构造,认为矿体是与围岩沉积作用同时形成的。

“红狗”主矿床及其南 0.8km 的“山顶”矿床是 20 多年前发现的。迄今所采矿石均来自主矿床,该矿床现有证实及概略储量 4640 万吨,锌品位 19%,铅 5.2%,银 101 克/吨(1997 年底时有 5060 万吨,品位几乎相同),剥采比 < 1。

“山顶”矿床有推定资源 960 万吨,锌品位 17.8%,铅 5.5%,银 117 克/吨。Cominco 公司于 1995 年开始在主矿床和“山顶”矿床外围进行勘查。这首先导致 1995 年在主矿床露采坑北约 400m 处,发现同类型的也是很大而富的可露采的阿加拉克(Aqqaluk)矿床,该发现是以详细地质填图、物探和少量早先的钻探发现的指示标志,加上对当地构造地质理解的发展为基础的。这项勘查计划使储量翻番,

且使关于在毗邻主矿床地带可能存在虽是分隔开但有关系的硫化物矿床存在的想法得到加强。阿加拉克矿床有可能储量 7290 万吨，锌品位 13.6%，铅 3.7%，银 65 克/吨，还有 <5% 锌的矿石约 3000 万吨，剥采比 1.3 : 1。1995 年时，“红狗”这 3 个矿床合计尚有储量 1.38 亿吨，锌品位 16.2%，铅 4.4%，银 82 克/吨。1996-97 年度勘查季节又在阿加拉克矿床北缘之下发现帕拉阿克(Paalaaq)矿床，有推测资源 1300 万吨，含锌 15%，铅 4%，银 90 克/吨。在帕拉阿克西北侧 1998 年钻探有一孔又打到 36m 含 9% 锌的井段(深度超过 600m)，是帕拉阿克深部带。

直到阿加拉克矿床发现前，由地质填图和钻探得来的关于主矿床北面找矿远景的相互矛盾的证据，致使认为该方向不属优先进行勘查的地区，但阿加拉克矿床的发现，改变了对北面盆地地区原先存在的否定看法。1996、1997 年的钻探结果和帕拉阿克矿床的发现，证实了在北面盆地有有利地层及其中所含硫化矿体由于构造作用而位于逆冲上来的底板岩石之下。这一结果开辟了一个大的新远景区。

1999 年在“红狗”矿山北约 10km 处发现大型平伏的铅锌银矿体——阿纳拉克(Anaraaq)矿床，其品位略高于“红狗”主矿床。该探区至 2000 年春已完成 9 个钻孔，8 孔见矿，厚达 73m，埋深约 650m，估计有资源 1200 万吨，锌品位 18%，铅 5%，银 90 克/吨。往北及往西南方向均未探到边，需更多钻探。阿纳拉克矿床的发现是公司地质和物探人员合作的结果。该区在 20 多年前已发现地表硫化物显示。1980 年前后试钻结果认为不够经济价值。1997 年公司进行重力测量，由硫化物显示处往西扩展。1999 年覆盖到后来发现阿纳拉克矿床处，查出有一大的重力异常。其时地质人员也已以矿化型式和构造保存条件等地质认识作指导，由硫化物显示处往西钻探，在重力异常圈定时，3 个在异常外缘已打的钻孔打到重晶石，其中一孔已打到构造底板上的厚度不大的块状硫化物带。各孔构造对比表明，底部逆冲断层局部变陡，认为矿床保存在底部逆冲断层的断坡上。又用了井下物探方法。发现孔于 679m 深处终于打到 16.2m 含锌 30%、铅 6%、银 150 克/吨的矿石。矿化亦属层控型，在其上有一巨大重晶石矿体(厚 60-100m，储量可能很大)，其间有断层及 90m 无矿页岩隔开。该矿体附近还有一些重力异常，有望发现更多矿床。区域勘查计划已确定若干可钻靶区。阿纳拉克矿床的发现具有特殊意义，它首次证明了除“红狗”成矿系统外，外围还另有成矿系统，且亦含有高品位矿床。

## (七)葡萄牙阿尔茹什特雷尔千年古矿区 老硫铁矿矿山勘查开发多金属矿

伊比利亚黄铁矿带是世界最大的火山成因块状硫化物矿带,已知含 17 亿多吨块状硫化矿石,沿此带(长 260km,宽 25-70km)已开发了约 60 个矿山,近年发现的矿床包括葡萄牙的阿尔茹什特雷尔(Aljustrel)、内维什科尔沃、拉戈阿(Lagoa)、萨尔加达(Salgada)、埃斯塔桑(Estacao)和西班牙的拉斯克鲁塞斯(Las Cruces)等。

阿尔茹什特雷尔镇位于葡萄牙南部,在 2000 多年前古罗马时代就是一采矿中心。19 世纪 30 年代到 20 世纪 80 年代该地为提取硫而开采黄铁矿,主要从阿尔加雷斯(Algarès)和莫因奥(Moinho)矿床开采,对所含的贱金属和贵金属则多未顾及。随着 80 年代初硫铁矿市场萎缩及其东南约 40km 新发现的内维什科尔沃铜多金属矿床的成功开采,推动了 80 年代中期对阿尔茹什特雷尔的注意力从黄铁矿转向铜矿。当时该矿山是国营矿业公司(EDM)通过由其控股的 PA 公司经营的。

在进行 6 年可行性研究和建设之后,PA 公司一常规浮选厂于 1991 年投产,主要是从莫因奥矿床生产铜、铅、锌精矿,但生产不到 2 年,矿山因亏损及债务而关闭,主要是由于金属价格低,品位控制不够及选矿流程不合适,但至今设施保存完好。

1996 年 11 月 EuroZinc 公司(前身为 Auspex 矿产公司与国际 Vester 资源公司)与 EDM 签定合营协议,取得了毗邻阿尔茹什特雷尔采矿租地的埃斯塔桑勘查租地的 60%的股权。埃斯塔桑是 1967 年葡萄牙地质调查所勘查部门发现的,当时地表打 8 个金刚石钻孔检查费泰斯(Feitais)矿床南延方向上的一个重力异常,4 孔打到富的块状硫化矿,含铜、铅、锌和金银。但后来极少工作,直到 1997 年 Auspex/Vester 与 EDM 一起钻 10 个钻孔才证实存在宽广的高品位锌矿体,真厚度 3.36-28.0m,一般含锌 6.01-10.2%,银 55.9-93.1 克/吨,估计埃斯塔桑矿床有 2000 万吨块状硫化矿石。矿化沿走向和倾斜均未到边,资源远景很大。

在进行埃斯塔桑钻探时 Auspex/Vester 公司(1999 年 4 月合并为 EuroZinc 矿业公司)还对阿尔茹什特雷尔矿山进行详细评价。公司地质人员通过对资料的详细检查,认识到该块状硫化物矿床存在清楚的分带性,以及在矿床内存在着大的高品位矿化环带,而且认识到这一高品位矿石带具有连续性高、矿量大的远景。认识到要使该矿床开采能获利,关键在于只采高品位部分,而不是象过去那样开采整个块状硫化矿体。1998 年 10 月曾完成阿尔茹什特雷尔再开采的

预可行性研究，估算为 1760 万吨矿石，含锌 5.81%，铅 2.06%，银 66 克/吨，寿命 12 年，包括从莫因奥采 460 万吨，费泰斯采 1300 万吨（锌 5.94%，铅 2.02%，银 66 克/吨，铜 0.24%）。这两矿山均已有坑道和基础设施。当时未计铜和金，因缺少金的分析结果，且最近在费泰斯新发现的铜矿带当时也还不知道。预可行性研究报告在费泰斯矿床设计地表钻孔 26 个（共 6000m），以试探矿床中部以及浅部边缘。费泰斯新铜矿带发现孔打到 52.4m 真厚度的铜矿石（含铜 2.64%），别的孔也打到铜矿带。铜矿带与原来的锌矿带间有几十米厚低品位黄铁矿矿石隔开，铜、锌带均尚可扩展。

莫因奥矿床原采硫，PA 公司也钻了 91 孔，算得资源 8900 万吨，含锌 3.18%，铅 1.15%，铜 0.86%。1999 年 10 月完成费泰斯矿床储量圈定工作（据 53 个金刚石钻孔，19000 多 m），并对过去钻孔进行了金银再分析。费泰斯储量扩大，并证实了高品位带连续和金银品位较高，还发现了前所未有的铜矿带。据 2000 年 6 月报道，阿尔茹什特雷尔可行性研究结果是，在费泰斯和莫因奥矿床可采的以锌为主矿石的证实和概略储量有 1380 万吨，品位为锌 5.53%，铅 1.77%，铜 0.26%，银 63 克/吨，估计资源（确定+推定+推测资源）有 2430 万吨，含锌 5.7%，铅 1.82%，银 63 克/吨；以铜为主矿石资源 890 万吨，含铜 2.07%，锌 1.01%，铅 0.32%，银 16 克/吨。毗邻的埃斯塔桑和加维昂（Gavaio）矿床尚有远景资源。

## (八)加拿大马斯科克斯铂族金属矿区、加拿大 伊勒湖钯矿床、西班牙阿瓜布兰卡和芬兰 孔蒂亚尔维等铂族金属矿床的发现与勘查

铂族金属矿床是最近几年国外矿产勘查的一个新重点，项目明显增多，成果不断出现，不过有的目前勘查程度还不高。现据资料情况和代表性选择以下几例作一简介，其中多数是可能对我国目前较有参考意义的岩体规模不大、矿床不很富且矿量也不很大的矿床。

### 1. 加拿大奴瓦特地区的大型马斯科克斯侵入体

加拿大奴瓦特地区西部前寒武系分布区有一属于世界最大镁铁质—超镁铁质侵入体之一的马斯科克斯层状侵入体，是目前世界上正在勘查的给人印象最深的新的铂族金属探区之一。马斯科克斯矿产公司最近勘查结果显示出该侵入体有成为世界下一个重要铂族金属来源地的远景。

该侵入体位于耶洛奈夫北 500km，在科罗内申湾科珀曼南 50km。加拿大国际镍公司（Inco）发现此侵入体，并在 50 年代中到晚期完成首轮地表找矿和钻探

工作。当时该公司在该区的勘查目的是发现硫化铜镍矿床，但因该公司 50 年代晚期在马尼托巴省发现了汤普森大镍矿，故未在马斯科克斯进一步工作。80 年代若干小勘查公司在该侵入体又进行一些地表取样和钻探，集中注意的是浅部硫化矿苗，且受计划规模小和租地面积小的局限。加拿大地质调查所在全国对基性岩浆岩地区的长期研究以及对全国这种地区含镍、铜、铂族金属矿床远景的知识库的不断充实、对西北地区有关资料的公布，导致对整个马斯科克斯杂岩及其北部地下延伸部分的租地与勘查。马斯科克斯公司于 1994 年开始收购该侵入体的矿产占有权，最终租用土地范围包括侵入体整个出露部分、其往北的地下延伸部分和南面的补给岩墙分布区。

马斯科克斯公司已进行了该岩体矿产远景的系统调查，包括进行航空物探、重力测量、UTEM(多伦多大学瞬变电磁系统)、CSAMT(可控源声频大地电磁法)、遥感，以及地质、岩石和地球化学调查。已将这些资料和其他已有资料综合成运用先进三维反演、GIS、可视化和三维综合采矿软件技术的数据库。发现了富硫化物带沿侵入体边缘延伸数十公里，并含高品位钯、铂、金、铜和镍。揭示了一些矿化赋存形式。已查明边缘带矿化的新的构造控制条件，确定了一批边缘带靶区，有的打到的矿段有 5.5m 厚，品位为铂族金属 16 克/吨，铜 7.6%，镍 3.2%。侵入体呈凹槽状，在凹槽龙骨部位(底部)可能赋存矿量大的岩浆型硫化物矿床。磁测数据计算机三维反演在帮助认定龙骨部位的靶区，且用穿透深度大的 CSAMT 法进行系统检验。最近已确定在 250m 深处有一 250 × 200 × 1000m 的导体。地球物理导体与地表显示的关联是钻探优先目标。侵入体往北的地下延伸，已经详细重力和磁法测量。已确定重力异常与侵入体的埋藏边缘相符合，且与磁力三维反演和 UTEM 电导体相关联的地方，可解释为深处有大的致密状硫化矿富集。自 1995 年以来公司还与加拿大地质调查所进行合作研究，内容包括进一步完善矿产勘查模式和探测侵入体与上覆溢流玄武岩的关系。

在科珀曼河以北，侵入体主体是一 NNW 向平缓倾伏的长漏斗状层状岩体，沿走向出露长 50km，宽达 11km。河以南基本上是一直立岩墙，往南延伸 75km，宽 150-500m。重、磁异常表明侵入体主体还往北北西在其上岩层和年轻盖层下延伸 250km，横断面也大得多。上覆溢流玄武岩(厚可达 5km)与伴生的辉绿岩墙群在马斯科克斯侵入体是同源岩浆和同时代的(元古宙，12.67-12.70 亿年)。马斯科克斯侵入体比世界上许多层状镁铁质-超镁铁质岩体规模大(除南非布什维尔德岩体)，而其成因模式和地球化学特征则与俄罗斯诺里尔斯克矿床明显相似。马斯科克斯岩体在地质上可分三单元：深部补给通道，外部接触边缘带和上覆层状岩系。南面补给岩墙含岩浆富集的块状、半致密状和浸染状富铂族金属的铜镍硫化矿(Pd+Pt 高达 30 克/吨)。东西边缘带自南而北加厚，从 60m 至

约 150m，有许多铂族金属<sup>2</sup> 铜<sup>2</sup> 镍矿点，是过去勘查对象，品位有超过 160 克/吨 Pd+Pt+Au 和铜+镍超过 20%的。它们是富硫化物岩浆由补给通道强力贯入的。层状岩系是超过 1800m 厚的超镁铁质和辉长质堆积岩，以前者为主，岩性带反复，纯橄岩和橄榄岩约占 1200m，有 2 薄层铬铁岩(分布面积至少 100km<sup>2</sup>)。侵入体上部铬铁岩层已发现有含 5 克/吨 Pt+Pd 的，肉眼观察岩性与南非布什维尔杂岩 UG-2 铬铁岩相同。

岩浆系统的规模和已知的延伸数十公里的硫化物矿化的品位，清楚说明该岩体的经济潜力，目前工作是用现代勘查模式和技术对巨大远景进行定量。现正开始一项大的钻探计划，并同时进行物探。

## 2. 加拿大安大略省伊勒湖原生钯矿床

加拿大安大略省西北部桑德贝北 85km 的伊勒湖(Lac des Iles)钯矿床是北美钯有限公司在采矿山。它是北美仅有的两个以生产铂族金属为主的原生铂族金属矿山之一(另一个为美国斯提耳沃特)。该矿山于 1993 年开始生产，1999 年产钯 2 吨，铂 0.149 吨。矿山连年亏损，是有名的令人头痛的矿山，对于是否值得开采，怀疑者众。美、加等地有句谚语：猪耳朵做不出丝钱袋。自 1998 年 K. 明蒂接任公司总裁以来，采取了新的适当的策略和一系列有力措施，锐意进取，加上客观上钯价自 1999 年以来的上涨，尤其是 2000 年的飙升，使得这一闻名的“猪耳朵”转变成了“丝钱袋”。

该区有记载的最初的勘查是 50 年代晚期一家小公司进行的，当时是找铜镍矿，因该区有超基性岩分布，认为有铜镍矿远景。公司还请有声望的咨询师 F. 乔西来帮其确定钻探靶区。1958 年打了 5 孔，未发现贱金属矿床。60 年代初，乔西给 W. 贝克等 3 名找矿人组成的小找矿公司提供资金，以分享找矿成果为条件，促进该小公司赴该区调查。当时该区仍未填图。他们于 1963 年 6 月开始工作，在跑第一条路线时，在超基性岩中发现了低品位铜镍矿化，采了样品分析铜和镍。贝克并嘱咐化验室注意是否有铂族金属存在，于是发现了与低品位铜镍矿化伴生的铂族金属，并有了新的找矿目标。他们在随后的普查中，确定了一基性岩体，从现在的主矿床(罗比带)位置呈 NNE 向延伸，进行了钻探，于 1963-1966 年发现了 8 个分开的矿化带。但该公司未能保证项目很好进行下去而搁下了。1974 年当地一找矿人访问地方矿业记录员办公室时，偶然注意到了这些已到期的勘查租地，他急忙租下并于当年转卖给多伦多的矿业促销商 P. 谢里登。谢里登通过一小公司对此项目进行勘查，打了 42 个钻孔。后来得克萨斯海湾矿产公司购得此矿地，又打了 80 个钻孔，但结果都不很好，不足以克服钯价低的问题，于是又转回谢里登手中。他通过另一小公司于 1985 年在该地继续

工作，甚至已大体准备投产，但未能获准开采，被迫放弃。1991 年秋 Kaiser-Francis 石油公司(1993 年更名为北美铀有限公司)收购此项目，于 1993 年开始生产，常规露采，传统浮选，矿山连年亏损，越亏越多，从 1993 年亏损 120 万加元，到 1997 年一年亏损 7020 万加元。

1998 年初明蒂上任时，对他的授权是“使矿山工作下去或者关闭掉”。他是有 20 年国内外采矿经验的采矿工程师，来公司前在育空一金矿工作。当时伊勒湖铀矿山在露采一矿量小、品位较高的矿体，年产铀不足 2 吨。明蒂当时认为铀市场总的供需基础形势还是有利的。到任后他立即组织一队人，对矿山运营的各个方面进行评价。首要的是审查储量和资源以及区域远景，以便确定项目总的远景。勘查经理 M. 拉维涅开始汇编所有现有数据资料，结果表明在已知矿化带外有扩大资源的远景。于是把注意的重点转移到较高品位矿体界限外的更广阔的低品位矿化晕，这些矿化将是未来整体开采的关键。明蒂开始了一项重要的勘查计划，目的是圈定足够资源，支持大矿量、低品位矿石开采。在当时矿山业绩凄惨的情况下，做出花 100 万加元于勘查的决定实非易事。不过由于当时在确定项目总的远景方面所需信息资料有严重缺口，所以这是必需的。该计划也使公司将在该区其他有远景地区联系起来，使公司拥有的勘查租地扩大 2 倍，达到 150km<sup>2</sup>。1998 年夏开始的观测研究证实了将这一在挣扎中的矿山转化为一低品位大矿量开采矿山的远景，并提出要进行更多钻探，接着又决定为了扩大生产进行完全的可行性研究。与此同时，生产上也有改进，增加了露采新设备，修改了选矿流程，提高了回收率，产量增加，销售工作也有改进。尽管 1998 年还有 1750 万加元亏损，但至少已处于可由铀价上涨而获利的地位。

伊勒湖杂岩体是安大略省西北部多个已知含铂族金属矿化的基性-超基性侵入体之一。该杂岩体面积仅约 30km<sup>2</sup>。拉维涅认为，虽则它与芬兰的铂族金属矿床和在阿拉斯加的一个小矿床有某些相似之处，但世界上缺少真正与其类似的有经济价值的矿床。对其勘查具有一些挑战性。布什维尔德型勘查技术用不上，而且含有矿化的岩石在地表看来并不特别吸引人，主要是要靠尽可能密地采基岩样，在钻探前对每种岩石采样。在杂岩体内大多数工作集中在“主杂岩辉长岩”侵入体上，在其中的罗比带和 1999 年发现的“朦胧带”。储量大部分集中在罗比角砾岩带中。该带已知长 918m，宽 815m，延深 650m，向西、向东南和向深部均尚可延伸。有 2 类矿化，中间为一受剪切的矿化辉石岩带(含第 3 类矿化)所隔开。剪切带北为北罗比带，含在走向北东的各种结构的辉长岩和辉长苏长岩中，看不见有硫化物，地表是一种看来无矿化的辉长岩，物探也几乎没有什么用，靠剥土后进行地表系统采样才不致漏掉矿化。剪切带南是主罗比带，产在异类岩石的辉长角砾岩中，一般含 2-5%硫化物，其品位随着离开与辉



石岩接触面而降低。接触带含有滑石化较强的高品位剪切矿石。辉石岩条片形成了矿床高品位部位，不过在其周围的低品位带中也有高品位的扁豆状矿化。1999 年主要集中在扩大罗比带内储量和资源，并提高其级别。原钻探计划总共定为 9 万米，由于结果令人鼓舞，最后完成了 15 万米(包括到 2000 年)，成本约 600 万加元。一件重要的事是在罗比带正东新发现了“朦胧带”。随着勘查的不断进行，矿床铯资源已由 1998 年的 40 吨，增至 1999 年的 156 吨，到 2000 年夏季则已超过 200 吨。据 1999 年 11 月报道，矿床的确定和推定资源有 9410 万吨，铯品位 1.66 克/吨，铂 0.18 克/吨，金 0.14 克/吨，铜 0.062%，镍 0.052%，即含铯 156 吨，铂 17 吨，金 13 吨，铜 5.8 万吨，镍 4.9 万吨。2000 年 5 月报道扩大的露采坑的证实和概略储量有 7420 万吨，铯品位为 1.64 克/吨，铂 0.18 克/吨，金 0.14 克/吨，铜 0.07%，镍 0.06%，即含铯 121.8 吨，铂 13.4 吨，金 10 吨，铜 5.2 万吨，镍 4.5 万吨。据 2000 年底报道，罗比带就有确定和推定资源 1.22 亿吨，铯品位为 1.63 克/吨(0.7 克/吨为边界)，即含铯 200 吨；储量 7200 万吨，铯平均品位 1.76 克/吨(0.85 克/吨为边界)，即含铯 127 吨。2000 年夏完成了扩建可行性研究，认为可于 2002 年起年产铯平均达 25 万盎司(约合 7.8 吨)，铂约 0.73 吨，金 0.56 吨，还有铜、镍和钴。成本为每盎司铯 160 美元，将是世界低成本铯产地。目前储量至少可保证生产 11 年。2000 年铯产量已增至 2.48 吨，头 9 月已有纯收益 3700 万加元。现矿山已在扩建中。2001 年初计算的矿床确定和推定资源有 1.456 亿吨，铯品位 1.57 克/吨，铂 0.17 克/吨，金 0.12 克/吨，铜 0.06%，镍 0.05%(其中剪切带铯平均品位高达 8 克/吨)，即有铯 228.6 吨，铂 24.8 吨，金 17.5 吨，铜 8.7 万吨，镍 7.3 万吨。此外有推测资源 1970 万吨，铯品位 1.6 克/吨，铂 0.17 克/吨，金 0.10 克/吨，铜 0.05%，镍 0.04%。矿床总资源有铯 260 吨，铂 28 吨，金 19.5 吨，铜 9.7 万吨，镍 8 万吨。矿床的证实和概略储量有 9620 万吨，铯品位 1.55 克/吨，铂 0.17 克/吨，金 0.12 克/吨，铜 0.06%，镍 0.05%，即含铯 149.1 吨，铂 16.4 吨，金 11.5 吨，铜 5.8 万吨，镍 4.8 万吨。矿床在侧向上和深部均仍未到边，要由 2001 年 5 月开始通过 6.5 万米钻探确定。

### 3. 西班牙阿瓜布兰卡镍-铜-铂族金属矿床

西欧是铂族金属大消费区，但无重要产地，因此目前的潜在产地经济意义也颇大。

过去 15 年在伊比利亚半岛勘查铂族金属的活动导致发现 2 种不同类型铂族金属产地——阿瓜布兰卡(Aguablanca) 镍-铜-铂族金属硫化物矿床和奥特加尔角含铂族元素铬铁岩。前者最有价值，虽规模小，但有经济和战略远景，后

者品位高，但量更少。

阿瓜布兰卡位于西班牙西南部，是 1993 年国有的 Presur 公司和大西洋铜公司(前里奥廷托矿业公司)在进行一联合金矿勘查计划时发现的。Presur 公司进行区域调查时，在出露有蚀变辉长岩上铁帽的地区发现了镍地球化学异常。大西洋铜公司进行了浅的冲击钻探和深的(至 550m)斜孔金刚石岩心钻探，以追索所见氧化帽向下延伸情况，以及确定硫化物矿化的分布。此项工作在阿瓜布兰卡辉长岩(圣奥拉利娅深成侵入杂岩的基性相)中发现了 2 个矿化体。圣奥拉利娅杂岩是沿一海西期背斜出露的一系列侵入体之一。这些侵入体大部分是造山运动期后的，既有基性又有酸性岩石，可从橄榄石辉长岩至碱性花岗岩，侵入于前寒武纪和早寒武世沉积变质岩和变质火山岩中。圣奥拉利娅由 2 个主要侵入体——规模大的圣奥拉利娅主侵入体和小的阿瓜布兰卡岩株组成。前者是一逆向分带侵入体，核部是花岗闪长岩和二长花岗岩，边部为石英闪长岩和英云闪长岩。阿瓜布兰卡岩株是在圣奥拉利娅主侵入体北部的一个小岩体，地表面积仅约 300 × 200-m，由堆积岩(主要是辉长岩和苏长岩，有些辉石岩和橄榄岩夹层)组成，核部渐变为角闪黑云闪长岩。铂族金属矿化含在基性堆积岩中。2 个矿化体近直立，有浸染状、半致密状和块状矿石。后者多与苏长岩和辉石岩及橄榄岩有关。辉长岩和苏长岩普遍蚀变为方解石+绿帘石+钠长石组合，超镁铁岩蛇纹岩化。矿石矿物为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿和黄铁矿。块状硫化矿石局部强烈角砾化。铂族金属矿物主要是碲铋矿、碲铂矿、碲镍矿固溶体系列的一些中间成员，颗粒常常很细。矿床平均品位为镍 0.7%，铜 0.5%，钴 0.02%，铂+铋+金 0.75 克/吨。铁帽品位为镍 0.4-0.7%，铜 0.4-0.7%，铂 0.5-1.0 克/吨，铋 0.5-1.0 克/吨。迄今钻探已推定地质储量 3000-3500 万吨，品位为镍 0.6-0.75%，铜 0.5-0.6%，钴 0.02%，铂 0.3 克/吨，铋 0.3 克/吨，金 0.15 克/吨。选冶结果令人满意。矿床现等待开发，主要视金属价格而定。该区域近年勘查工作很多，并导致一些矿床开发。阿瓜布兰卡矿床发现后，该区其他环带状火成侵入体(具有与圣奥拉利娅杂岩类似特征的)也成了镍、铜、铂族金属勘查的目标。

#### 4. 芬兰北部拉普兰地区铂族金属矿床

芬兰奥托孔普公司与南非金田有限公司的北极区铂合伙项目正在勘查芬兰北部拉普兰地区南部的铂族金属矿床，已在罗瓦尼埃米南的一些矿地钻探圈出近 90 吨铂族金属资源。它们委托澳大利亚一咨询公司进行波尔蒂莫和佩尼卡特基性-超基性侵入体的资源初步估算。估算的矿床都是奥托孔普公司以前已发现的目标。该咨询公司估计在波尔蒂莫侵入体内的阿赫马瓦拉和孔蒂亚尔维矿

床有资源 4920 万吨，平均品位为铂 0.34 克/吨，钯 1.40 克/吨，金 0.12 克/吨，镍 0.10%和铜 0.19%，即含铂 16.7 吨，钯 68.9 吨，金 5.9 吨。其中孔蒂亚尔维矿床有 2360 万吨，含铂 0.43 克/吨，钯 1.57 克/吨，金 0.11 克/吨，镍 0.09%，铜 0.14%；阿赫马瓦拉 2560 万吨，含铂 0.26 克/吨，钯 1.25 克/吨，金 0.12 克/吨，镍 0.11%和铜 0.24%。初步分析表明资源可露采。两侵入体中还有 5 个矿床，均在进行工作。认为波尔蒂莫岩体可能含多达 500 万盎司(155 吨)铂族金属的远景。附近的佩尼卡特岩体勘查表明矿石品位较高些。该项目在进行初步经济研究，预期 2001 年中完成。

### (九)毛里塔尼亚北部赖吉巴特克拉通 发现含金刚石金伯利岩

毛里塔尼亚北部太古宙赖吉巴特克拉通被认为是金刚石勘查的处女区。最近几年澳大利亚的阿什顿矿业公司(后与加拿大 DiaMet 公司合营)和加拿大的雷克斯金刚石矿业公司正在该区进行大规模草根勘查。南非德比尔斯公司在马里北部和阿尔及利亚南部在对赖吉巴特克拉通东部进行金刚石找矿，最近两年也开始介入毛里塔尼亚北部的金刚石勘查，主要是通过雷克斯公司合作。

阿什顿公司 1995 年起就在毛里塔尼亚北部进行勘查，并于 1998 年首次在该国发现金伯利岩和金刚石。此后上述另外一些外国公司以及毛里塔尼亚国家矿业公司(SNIM)也租地找金刚石。自那时起的工作已表明在该国占 1/3 的北部地区可能有若干具有经济价值的金刚石矿床。1999 年 5 月 DiaMet 公司与阿什顿公司在该国进行合营。它们在那里共拥有勘查许可地 20.9 万 km<sup>2</sup>。据 1999 年初报道，它们通过地面物探和踏勘采样至少已发现 6 个金伯利岩体，其中 3 个在阿德拉尔高原，钻探查明 2 个岩墙和 1 个岩床，总的至少在 3 个地点发现 6 颗小金刚石。阿什顿公司在马格泰尔(Maqteir)合营项目矿地打到一含金刚石金伯利岩体。2000 年初阿什顿公司完成了合营项目 18 万 km<sup>2</sup>中一些许可地的航空物探，5 月圈出钻探目标，在 MAQ-1 靶区完成 1 个 150m 深反循环钻孔，该孔穿过砂质覆盖层于 50m 深处打到金伯利岩，孔底仍在金伯利岩体中。其样品中获得 78 颗金刚石和金刚石碎片，合计重 2.86 克拉，估计某些碎片可能是超过 1.7 克拉金刚石晶体的一部分。发现一些指示矿物，经测试表明金伯利岩有进行金刚石勘查远景。物探和钻探结果表明 MAQ-1 为一面积约 8 公顷的岩筒状火山侵入体，将进一步钻探，DiaMet 公司到 2003 年 3 月止要花 1000 万美元于此矿地勘查。

雷克斯公司独自有租地 9 万 km<sup>2</sup>，不久前还与德比尔斯公司合营 1 万 km<sup>2</sup> 的阿克沙尔许可地。雷克斯公司于 1998 年早期开始区域系统取样。先进行了 10 万测线公里的航磁测量，在该克拉通中发现 100 多个磁异常，接着进行异常检查。1998 年 8 月宣布在哈马米租地找到 2 颗金刚石，后又宣布在一古河道地表砾石层样品中发现与镁铝榴石相伴的 16 颗直径大于 0.5mm 的金刚石(最大的重 0.03-0.05 克拉)，调查了存在冲积砂矿的可能性，并继续进行含金刚石金伯利岩区域找矿工作。1999 年 10 月初报道，雷克斯公司在泰努梅尔(Tenoumer)许可地发现金伯利岩筒，1 个月后再相距 7.5km 处通过对航磁异常进行槽井探发现了第 2 个金伯利岩筒，11 月份又发现第 3 个岩筒。总之，该公司 1999 年在阿姆兰井地区发现了最初的几个含金刚石岩体，并确立了另 3 个含金刚石和指示矿物的地区。据 2000 年 9、10 月份报道，该公司又在泰努梅尔许可区发现新的金伯利岩体。岩体磁性很弱，地质人员靠浅井与土壤地球化学取样发现，露头填图追索至少 300m，采了一些 50-100kg 样品，正在运入一台钻机。附近还有目标。据 2000 年 11 月和 12 月初报道，公司已在该国发现 9 个金伯利岩体，最近发现的一个为岩墙(长 1km，宽约 0.5m)，一端有小岩筒(80-100m 宽)，经采 60kg 小样，发现 2 颗微金刚石，另在图阿吉勒矿地发现 9 颗金刚石(0.02-0.08 克拉，平均 0.05 克拉)。2000 年 12 月中又报道该公司在泰努梅尔东面的租地新发现 8 个金伯利岩体(组成岩墙群，每群 1-4 条岩墙，厚 0.5-4m，出露且稳定延伸 300m 至 7km)，正在采样。目前雷克斯公司在其租地共已发现 20 个金伯利岩体，已分析从 12 个岩体采的样品，其中 5 个岩体有金刚石。

总的说来目前该区还处在区域草根勘查阶段，发现了含金刚石的金伯利岩体，但尚未肯定有经济价值金刚石矿床。不过其远景值得注意。

## 主要参考文献

- [ 1 ] 近年国外发现的几个重要矿床,兼述近年国外矿产勘查概况(续报之五),《地质科技动态》,1994,第10期。
- [ 2 ] 近年国外发现的几个重要矿床,兼述近年国外矿产勘查概况(续报之六),《地质科技动态》,1996,第10期。
- [ 3 ] 近年国外发现的几个重要矿床,兼述近年国外矿产勘查概况(续报之七),《地质科技动态》,1999,第1期。
- [ 4 ] D.W.海恩斯等,沉积岩容矿矿床的理论模式在西澳耶尼纳盆地尼夫蒂铜矿床及其毗邻的锌铅矿床发现中的应用,《国外地质科技》,1997,第8期。
- [ 5 ] 世界矿产勘查,《地质矿产信息》,1999,第13期。
- [ 6 ] 当前国外矿业公司在取得矿权地和增加矿产储量方面的战略——并购与勘查,《地质矿产信息》,1999,第17期。
- [ 7 ] . 奥尔洛夫,俄罗斯和世界矿物原料基地——21世纪展望,《地质矿产信息》,1999,第20期。
- [ 8 ] 美俄两国近年原矿产值及我国在世界矿业国中的位次问题,《地质矿产信息》,1999,第23期。
- [ 9 ] AAPG Explorer,Jan.2000,p.6,10,14.
- [ 10 ] Aljustrel's reincarnation,Mining Magazine,V.182,N.2,2000,p.88-91.
- [ 11 ] 55th Ann.Int'l Outlook,World Oil,Aug.2000.
- [ 12 ] Ann.Review,North America,Suppl.Mining Journal,V.334,N.8584,2000.
- [ 13 ] Dummett,H.T.Jackling Lecture:Mineral Resource Development--Our Near Challenges,Mining Engineering,V.52,N.7,2000,p.37-42.
- [ 14 ] Energy Review,Mining Journal,V.335,N.8593,July 28,2000,p.61-62.
- [ 15 ] Exploration,Suppl.Mining Journal,V.336,N.8619,Feb.2,2001.
- [ 16 ] Exploration,Andean Retrospective,Mining Journal,V.334,N.8589,2000,p.500-502.
- [ 17 ] Exploration Reward in Chile,Mining Magazine,V.182,N.4,2000.
- [ 18 ] Forecast and Review,Oil & Gas Journal,V.99,N.5,Jan.29,2001.
- [ 19 ] Foster,R.P.,Destination Africa,New Frontiers,New Mineral Exploration Opportunities,Int'l Mining and Minerals,V.3,N.2,2000,p.47-53.
- [ 20 ] Geologic Mapping,Geotimes,V.45,N.7,2000,p.27,30.
- [ 21 ] Granny Smith's Endurance,Mining Magazine,V.182,N.5,2000.
- [ 22 ] Kral,S.,CIM and PDAC--South African Gold;Mining in a dot.com World,Mining Engineering,V.52,N.7,2000,p.43-49.
- [ 23 ] Latin American Gold,Mining Magazine,V.183,N.2,Aug.2000,p.66-74.
- [ 24 ] Laznicka,P.,Quantitative Relationships among Giant Deposits of Metals,Economic Geology,V.94,N.4,1999,p.455-473.

- [ 25 ] Long,K.R.et al.,Significant Deposits of Gold,Silver,Copper,Lead and Zinc in the United States,Economic Geology,V.95,N.3,2000,p.629-644.
- [ 26 ] Lowell,J.D.,Dreyer Award:How Orebodies are Found,Mining Engineering,V.52,N.7,2000,p.31-36.
- [ 27 ] Morrissey C.J.,The Changing Face of Mineral Exploration,Trans. IMM,Section B,Applied Earth Science,V.108,Jan 2 Apr.1999,B2-6.
- [ 28 ] New Discoveries at the Red Dog Zn 2 Pb Deposit,Mining Engineering,V.51,N.11,1999,p.28-32.
- [ 29 ] New Horizons for Mining,Mining Journal,V.335,N.8607,Nov.3,2000.
- [ 30 ] Outlook 2001,World Oil,Feb.2001.
- [ 31 ] Overview of Worldwide Exploration Budgets(Part ),MEG Strategic Report,V.13,N.5,2000,p.1-5.
- [ 32 ] Overview of Worldwide Exploration Budgets(Part ), MEG Strategic Report,V.13,N.6,2000,p.12-19.
- [ 33 ] Rowins,S.M.,Reduced Porphyry Copper Gold deposits:A New Variation on an old Theme,Geology,V.28,N.6,2000,p.491-494.
- [ 34 ] Slight Recovery Foreseen in World E & P investments in 2000,Petrostrategie,Nov.6,2000,p.9.
- [ 35 ] Straits Resources Thinking Big,Mining Magazine,V.182,N.5,2000.
- [ 36 ] Stribny,B.et al.,Unconventional PGE Occurrences and PGE Mineralization in the Great Dyke:Metallogenic and Economic Aspects,Mineralium Deposita,V.35,N.2-3,2000,p.260-281.
- [ 37 ] Voisey's Bay Ni 2 Cu 2 Co Deposit,Sp. Iss.Economic Geology,V.95,N.4,2000.
- [ 38 ] Wilburn,D.R.et al.,Exploration,Mining Engineering,V.51,N.5,1999.
- [ 39 ] Wilburn,D.R.et al.,Exploration,Mining Engineering,V.52,N.5,2000.
- [ 40 ] World Crude and Natural Gas Reserves Rebound in 2000,Oil & Gas Journal,V.98,N.51,Dec.18,2000.
- [ 41 ] [KG-\*3] , . . . , 2
- [ 42 ] , . . . , 2000 , N.4,c.32-39.
- [ 42 ] , . . . , 2
- , 2000 , N.5-6,c.3-5.

除上列外，还系统查阅了 1998 年第 4 季度至 2001 年第 1 季度近百种国外有关刊物，其中引用信息较多的是：《AAPG Explorer》，《Arab Oil and Gas》，《E & MJ》，《Mining Engineering》，《Mining Journal》，《Mining Magazine》，《Oil & Gas Journal》，《Petrostrategie》，《The Northern Miner》，《World Oil》等刊物。