

# 现代矿产资源储量分类与资源储量估计

国土资源部咨询研究中心

李裕伟

# 报告内容

1 世界矿产资源储量分类沿革
2 世界主要矿产资源储量分类系统
3 我国99年国家标准同国际通行标准的对比
4 资源量与储量
5 矿产普查与推断资源量
6 编写报告时资源量的归类准则
7 现代储量计算方法
8 可行性研究
9 工业指标

# 1

# 世界矿产资源储量分类沿革

早在现代矿业出现之前，就有人考虑如何规范矿产资源资产。由于在找矿和采矿过程中，作为矿产资源资产的矿石的数量、质量和可靠程度是在不断变化的，因此如何建立一套对资产的表述方式就成了一个涉及矿主和采矿人之间利益关系的重要问题。早在**1556**年，法国人**Georgius Agricola**就提出了要研究这种关系。

矿产资源/储量分类是现代矿业的产物。但在现代矿业产生后的相当长时间内，矿产勘查并没有资源/储量分类标准。其主要原因是在矿业发展的最初50年内，所开采的是浅部的高品位的矿石，矿床、矿体易识别，易采选，市场风险小，矿业权交易规模不大，投资关系简单，这时的市场对矿产资源/储量不需要很复杂的表述。

随着现代矿业的发展，矿业生产要素市场规模越来越大，投资关系越来越复杂，找矿风险越来越高，因此，出现了对矿业权实物资产（资源量、储量）进行准确表述，用以规范市场行为的要求，使同样类型的资源／储量具有同等的商品规格，以便这些资产能在市场中进行公平交易。

**1902**年，由伦敦采矿、冶金协会，对英国采矿者将视野内能直接观察到的露头、采场和坑道中的矿体定为“可见矿量”（**visible ore**）的部分。据工程揭露情况分为**2**级：已圈定矿量和未圈定矿量，这是分类的雏形。

**1909**年，行将就任美国总统的胡佛（**Herbert Hoover**）出版了《采矿总则》一书，在书中他将矿石储量分为证实的（proved）、概实的（Probable）和远景的（Prospective）三类。这是首次从对矿床的查明程度进行矿产储量分类。

1910年第11届国际地质大会提出用A、B、C表示各级储量；1913年在第12届国际地质大会上，除分为证实储量、概实储量、可能储量外，还首次据开采技术条件进行了分类，成为以后按经济准则分类的基础。

1943年，美国地质调查局颁布了《测定的（Measured）-指示的（Indicated）-推断的（Inferred）资源量指南》，首次提出了资源量是对矿床的地质查明程度的概念。1944年，美国地调局和美国矿业局又联合提出了“矿产储量”的概念，把符合技术经济要求的相应资源量定义为证实储量（Proved Reserve）、概实储量（Probable Reserve）和可能储量（Possible Reserve）。 至此，建立了由资源量和储量共同组成的矿产资源/储量分类的概念，关于资源/储量分类的基本术语及其相互关系也基本确立。应该指出的是，在这一阶段，无论是资源量，还是储量，都是指的原地总矿量。

# 世界资源/储量分类大事记

★ 1556 法国人Georgius Agricola 提出制定对作为商品的矿产进行规范的表述，以协调矿主和采矿人的利益关系。

★ 1902 英国伦敦冶金采矿协会提出已圈定矿量和未圈定矿量

★ 1909 胡佛提出证实的、概实的、远景的三类储量

★ 1910年第11届国际地质大会提出用A、B、C表示各级储量；1913年在第12届国际地质大会提出了证实的、概实的、可能的三种储量类型。

★ 1915 南非Witwatersrand盆地砾岩型金铀矿储量分类

★ 1920 比属刚果Shinkolobwe铜矿储量分类

★ 1928 苏联开始提出储量分类

★ 1943 美国开始提出储量分类

★ 1950 东欧社会主义国家储量分类

★ 1959 西欧国家储量分类

★ 1959 中国第一个储量分类

★ 1960 铀的军事用途减少，商业使用增加，开始制定储量分类

★ 1973~1986 提出McKelvy箱，美国地调局首次建立完善的西方矿产资源/储量分类系统

★ 1976 中国第二个储量分类

★ 1981 加拿大建立矿产资源/储量分类系统

★ 1978~1979 联合国提出第一次矿产资源/储量分类方案，1981年Fettweis分类方案

★ 1996 UNFC（联合国第二次矿产资源/储量分类方案）

★ 1999 中国第三个储量分类

★ 1999~2004 JORC （澳洲分类方案）

★ 2001 UN统一协调固体矿产、油气和铀矿的分类

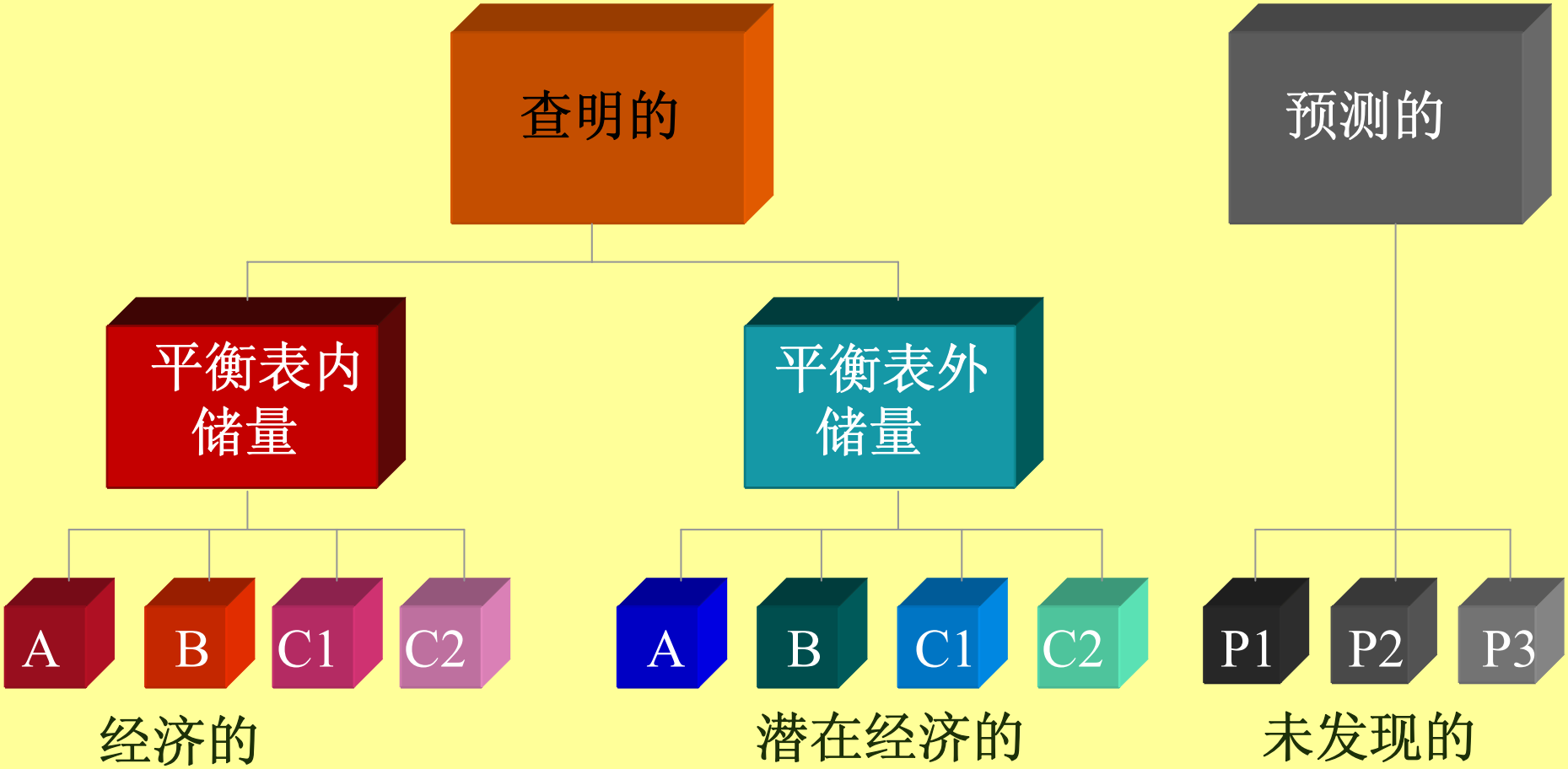
★ 2005 CRISCO 完成了矿产资源储量报告国际模版

# 2

# 世界上几种主要资源/储量分类系统

# 苏联/俄罗斯
# 矿产资源储量分类系统

# 苏联/俄罗斯储量分类方案



# A

探明明的已知原地储量。矿床的边界通过探槽、钻孔、或地下坑道圈定。矿石的质量和性质具详细了解程度，可足以满足开发立项所要求的可靠性。

# B

探明的一定程度已知的原地储量。矿床的边界通过探槽、钻孔、或地下坑道圈定。矿石的质量和性质具详细了解程度，可足以满足开发立项所要求的基本可靠性。

# $C_1$

通过探槽、钻孔和坑道构成的稀疏网格估计的原地储量。这一类型还包括A和B类储量的毗连部分，以及非常复杂、无论用多密的工程网格也难以圈定矿床的储量。通过分析或与同类已知矿床进行类比，对矿床的质量和性质具初步了解程度。对矿床开发的一般条件已了解。矿石的吨位俱矿体的走向长度、倾向长度和平均厚度确定。贫矿块段的边界值据统计确定。

# $C_2$

据极稀的网格，用很少的数据估计的储量。矿体的边界主要是通过同邻近类似矿床的对比，在已知的地质构造内外推的。矿体的品位和矿物性质是据岩心样品，并同该地区类似矿床进行对比确定的。储量据有限的数据，有时仅据单孔外推。此类型包含了同一矿床毗邻A、B、$C_1$储量的外推部分。

# $P_1$、$P_2$、$P_3$

预测的资源量。通常据区域的地质、地球物理、地球化学和遥感数据进行估计。

1. 这个分类系统显然遵循了**1910**国际地质大会矿产储量分类系统框架。
2. 两类（表内、表外）四级（Ａ、Ｂ、Ｃ１、Ｃ２）的分类框架在苏联、东欧、中国等东方国家产生了长期的影响。
3. 重级别轻类型，重网度控制轻经济效益是这个分类系统的主要缺陷。

| RESERVE/RESOURCE GROUPING BY DEGREE OF GEOLOGICAL ASSURANCE AND ECONOMIC VIABILITY | | ОБЩИЕ ВЫЯВЛЕННЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ<br>TOTAL IDENTIFIED MINERAL RESOURCES | | | UNDISCOVERED RESOURCES<br>ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Measured Resources<br>Измеренные ресурсы - A+B | Indicated Resources<br>Исчисленные ресурсы - $C_1$ | Inferred Resources<br>Предполагаемые ресурсы – $C_2$ | | | |
| Economic reserves<br>Балансовые запасы | ТЭО-1 Feasibility study | Proved Economic Reserves<br>Достоверные запасы<br>**111** | Probable Economic Reserves<br>Вероятные запасы<br>**112** | Possible Economic Reserves<br>Возможные запасы<br>**113** */ | | | |
| | ТЭО-2 Pre-feasibility study | Probable Economic Reserves<br>Вероятные запасы<br>**121** | Probable Economic Reserves<br>Вероятные запасы<br>**122** | Possible Economic Reserves<br>Возможные запасы<br>**123** */ | | | |
| Subeconomic resources<br>Забалансовые ресурсы | ТЭО-1 Feasibility study | Subeconomic Resources<br>Забалансовые ресурсы<br>**211** | Subeconomic Resources<br>Забалансовые ресурсы<br>**212** | Subeconomic Resources<br>Забалансовые ресурсы<br>**213** */ | | | |
| | ТЭО-2 Pre-feasibility study | Subeconomic Resources<br>Забалансовые ресурсы<br>**221** | Subeconomic Resources<br>Забалансовые ресурсы<br>**222** | Subeconomic Resources<br>Забалансовые ресурсы<br>**223** */ | | | |
| Potentially economic resources<br>Потенциально балансовые ресурсы<br>(Geological Study) | | Measured Resource Base<br>Измеренная ресурсная база<br>**331** | Indicated Resource Base<br>Исчисленная ресурсная база<br>**332** | Inferred Resource Base<br>Предполагаемая ресурсная база<br>**333** | Surmised Resources<br>Прогнозные ресурсы $P_1$<br>**334-d** | Hypothetical Resources<br>Прогнозные ресурсы $P_2$<br>**334-h** | Speculative Resources<br>Прогнозные ресурсы $P_3$<br>**334-s** |

*/ For specific geologic deposit types and mineral commodities).

Marginal Resources

俄罗斯新的分类标准草案

据 Denisov and Kavun, 2003, VIEMS

Reserves

Sub-economic Resources

Potentially economic Resources

* Special Case

| | | Measured A+B | Indicated C1 | Inferred C2 |
|---|---|---|---|---|
| Economic | TEO1 | 111 | 112 | 113* |
| | TEO2 | 121 | 122 | 123* |
| Sub-Economic | TEO1 | 211 | 212 | 213* |
| | TEO2 | 221 | 222 | 223* |
| Potentially Economic | Geological Study | 331 | 332 | 333 |

# 西欧矿产资源储量分类

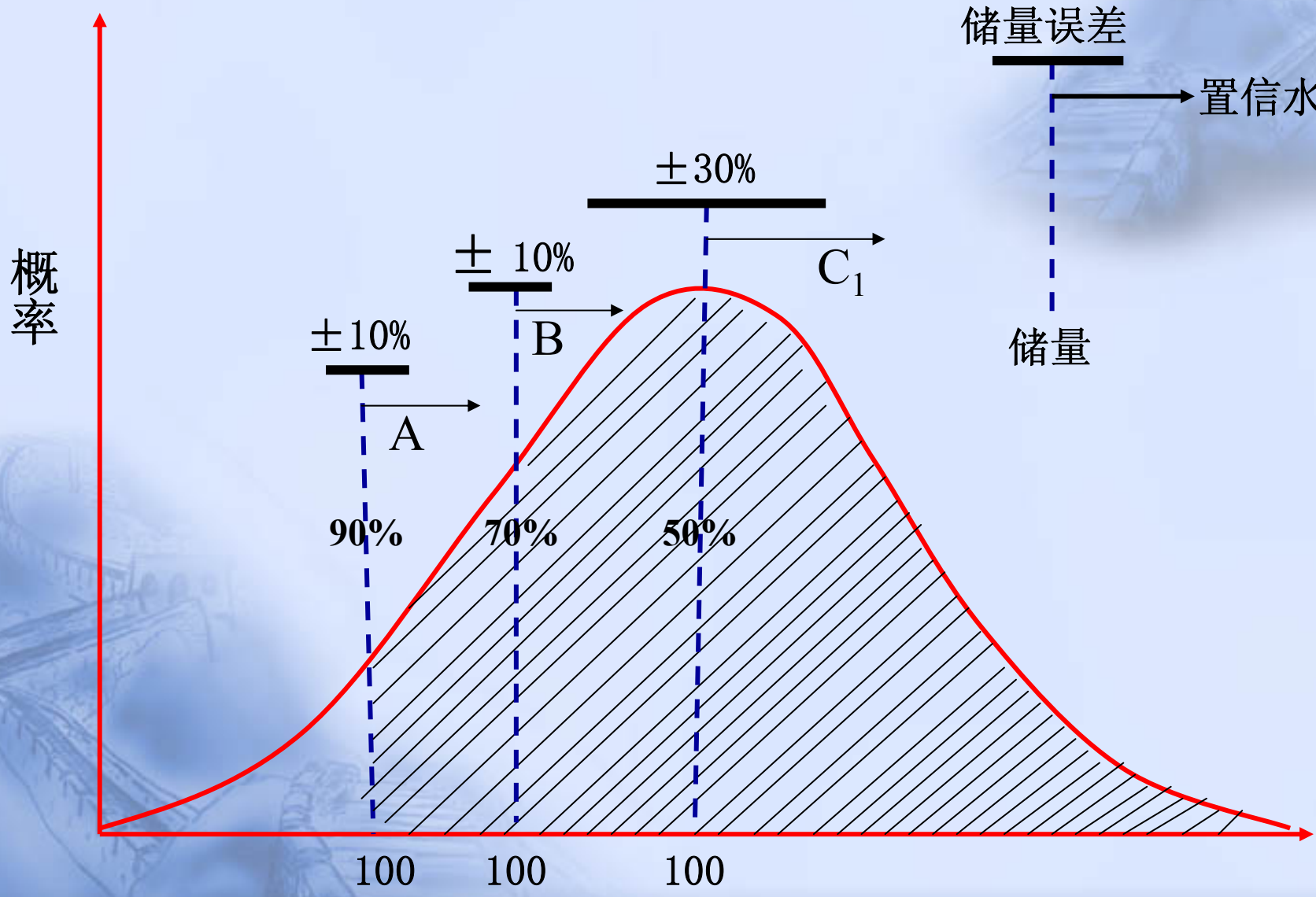
西欧于1959年提出一个4级矿产储量分类：

A级储量：坑道圈定，误差边界± 10%，置信水平90%

B级储量：坑道配合密集钻孔圈定，误差边界±10%，置信水平70%

$C_1$级储量：据钻孔与可靠的地球物理信息计算的储量，误差边界±30%，置信水平70～ 50%

$C_2$级储量：据稀疏钻孔与可靠的地球物理信息计算的储量，或地质外推的储量


储量误差
置信水平
±30%
± 10%
±10%
C1
B
A
概率
90%
70%
50%
100
100
100
储量（万吨）

# 西欧各级储量精度解读

设：所计算的储量数值为R=100万吨，则：

A级储量 = R ± R ×10% （实际储量＞ R 的概率为90%） R = 90～110万吨

置信概率 90%

B级储量 = R ± R ×10% （实际储量＞ R 的概率为70%） R = 90～110万吨

置信概率 70%

C级储量 = R ± R ×30% （实际储量＞ R 的概率为50%） R = 70～130万吨

置信概率 50%

1959年西欧分类中的“储量”指的是原地总矿量，当时全世界的分类都还没有把“储量”视为是一个可采的概念。

西欧分类的误差和置信度的概念是基于概率论定义的。用概率的术语来定义储量后来越来越成为一种趋势，当前油气资源/储量定义已全面概率化，固体矿产的资源/储量定义也在正在向这个方向发展。

90年代以后，随着西方国家矿业活动日益全球化，欧已不再使用这一分类系统，而使用基于JORC矿产资源储量分类系统。

# 美国矿产资源／储量分类系统（政府分类）

20世纪70年代初，时任美国地质调查局局长的麦克凯维（McKelvy）提出了一个包括查明资源、未查明资源、已采出矿石和非常规资源在内的矿产资源/储量分类模型，称之为“麦克凯维箱（McKelvy Box）”。这个麦克凯维箱，对西方的矿产资源/储量分类产生了很大的影响。

**1974～1980**年，由美国地调局和美国矿业局联合推出并逐步完善了西方第一个正规、系统的矿产资源/储量分类系统，它是一个双表分类方案：第一表表示资源量-储量分类关系，第二表表示资源量-储量基础分类关系。

美国地调局的分类体系采用了以下三个资源量和储量术语：

**储量（Reserve）**

**储量基础（Reserve Base）**

**资源量（Resource）**

美国地调局的矿产资源/储量分类是一个二维系统，分类因素由“地质的”和“经济的”两个坐标构成，其术语为：

地质坐标：

测定的（**Measured**）

指示的（**Indicated**）

推断的（**Inferred** ）

经济坐标：

经济的（**Economic**）

边界经济的（**Marginal Economic**）

次经济的（**Sub-economic**）

# 美国地调局
# 矿产资源/储量分类系统

美国地调局的矿产资源/储量分类用两张表表示：

资源量-储量分类表

资源量-储量基础分类表

# USGS矿产资源/储量分类系统（表2）

采出区

RESOURCES OF (commodity name)

[A part of reserves or any resource category may be restricted from extraction by laws or regulations (see text)]

AREA: (mine, district, field, State, etc.) UNITS: (tons, barrels, ounces, etc.)

| Cumulative Production | IDENTIFIED RESOURCES | | | UNDISCOVERED RESOURCES | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Demonstrated | | Inferred | Probability Range (or) | |
| | Measured | Indicated | | Hypothetical | Speculative |
| ECONOMIC | Reserves | | Inferred Reserves | | |
| MARGINALLY ECONOMIC | Marginal Reserves | | Inferred Marginal Reserves | | |
| SUB-ECONOMIC | Demonstrated Subeconomic Resources | | Inferred Subeconomic Resources | | |

储量区（储量基础中可采出的部分）

次经济资源量区（查明资源量中全部的次经济资源量，包括整体次经济的和储量基础中稍带的次经济的）

Undiscovered Resource area

其他矿产

| Other Occurrences | Includes nonconventional and low-grade materials |
|---|---|

Author: Date:

# USGS矿产资源/储量分类系统（表2）

RESOURCES OF (commodity name)

[A part of reserves or any resource category may be restricted from extraction by laws or regulations (see text)]

AREA: (mine, district, field, State, etc.) UNITS: (tons, barrels, ounces, etc.)

| Cumulative Production | IDENTIFIED RESOURCES | | | UNDISCOVERED RESOURCES | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Demonstrated | | Inferred | Probability Range (or) | |
| | Measured | Indicated | | Hypothetical | Speculative |
| ECONOMIC | Reserve | | Inferred | | |
| MARGINALLY ECONOMIC | Base | | Reserve Base | | |
| SUB-ECONOMIC | | | | | |
| Other Occurrences | Includes nonconventional and low-grade materials | | | | |

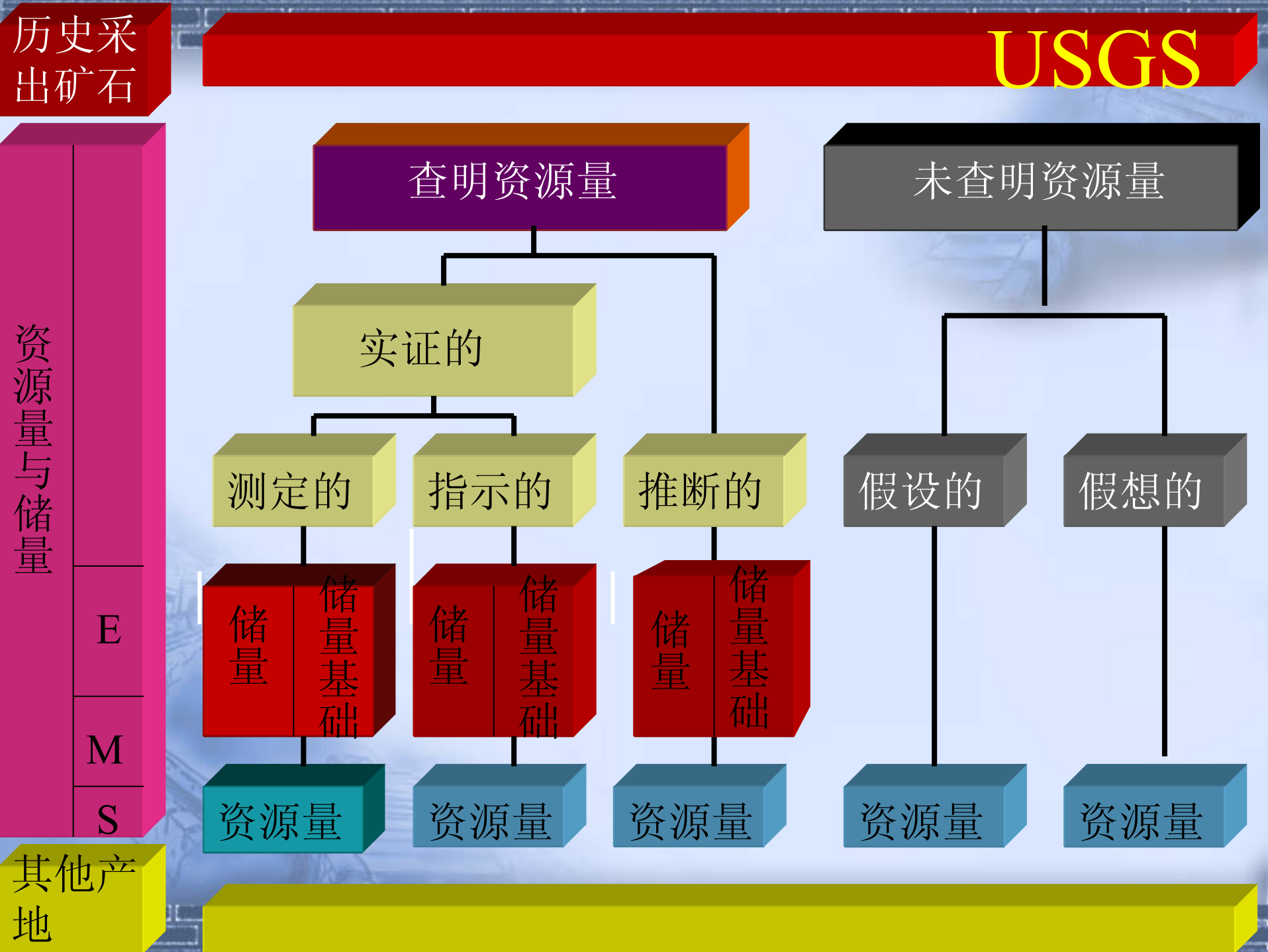
储量基础区（查明资源量中，经济的和边际经济的部分，以及捎带的次经济的部分）

未查明资源量区

次经济资源量区（查明资源量中，整体次经济的部分）

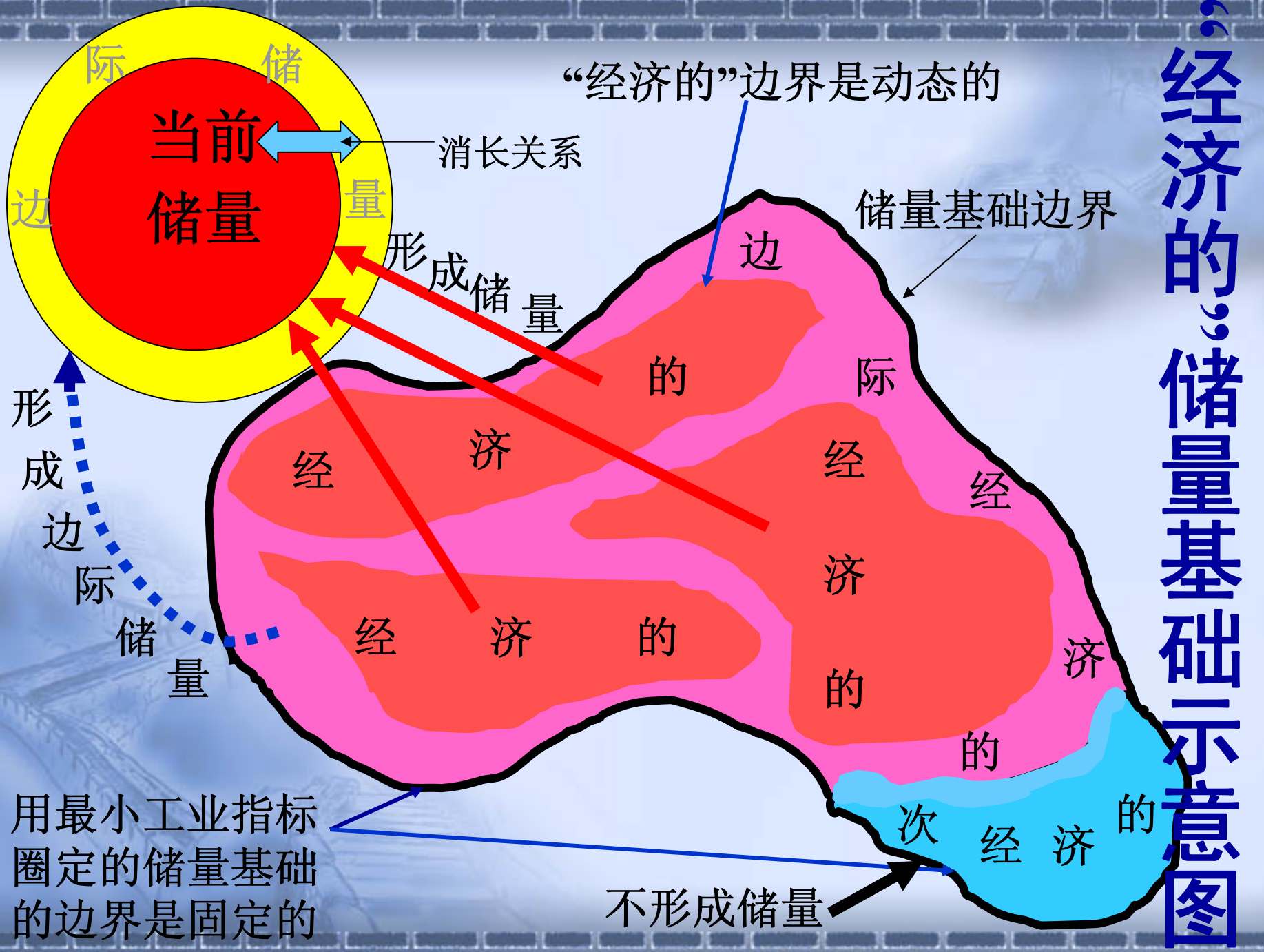
其他产地

Author: Date:


历史采出矿石
USGS
资源量与储量
E
M
S
其他产地
查明资源量
未查明资源量
实证的
测定的
指示的
推断的
假设的
假想的
储量
储量基础
储量
储量基础
储量
储量基础
资源量
资源量
资源量
资源量
资源量

储量基础（**Reserve Base**）是美国地调局和美国矿业局使用的一个特定概念：“储量基础是在当前采矿实践条件下，用最低的物理和化学指标圈定矿量。储量基础包括当前经济的资源量（储量）、边际经济的资源量（储量）、次经济的资源量。”

# “经济的”储量基础示意图


当前储量
消长关系
边际储量
“经济的”边界是动态的
储量基础边界
形成储量
形成边际储量
边际经济的经济
经济的经济
次经济的
用最小工业指标圈定的储量基础的边界是固定的
不形成储量

**美国的资源量分为储量基础和次经济资源量两大部分，其确定方式为：**

1. 首先确定一个合理的可行论证的范围，对该范围内资源量进行可行性论证。可行性论证的范围应该是一个矿山开发的基本空间单位，可以是大矿床的一个矿段，也可以是整个矿床。

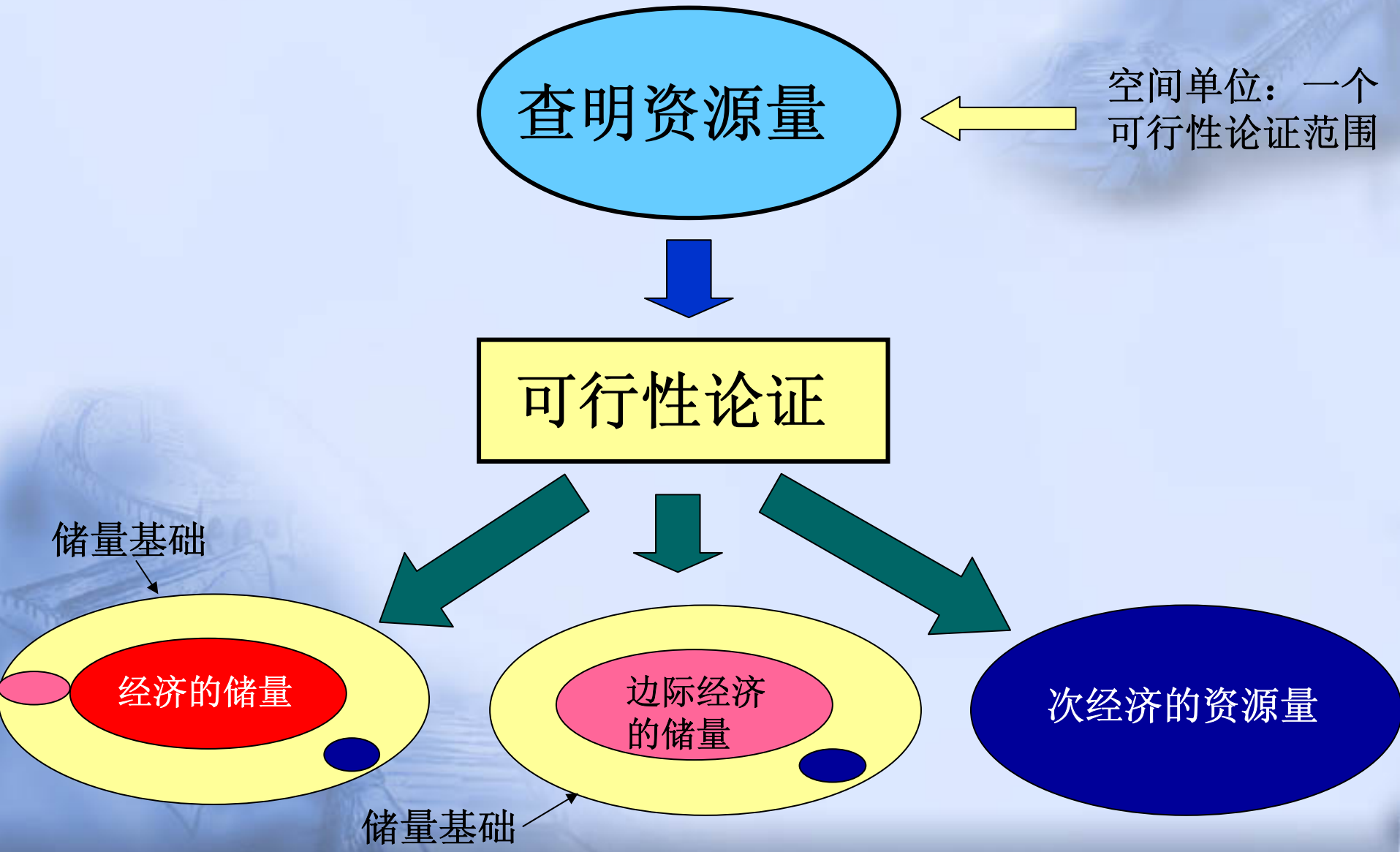
2. 如果该可行性项目，经论证为经济可行或边际经济可行，则将该论证范围的全部资源量上升为储量基础。储量基础可能包括经济的、边际经济的次经济的三种资源量。储量基础中的次经济资源量是很少量的，是所谓捎带意义上的次经济资源量。

3. 如果该可行性项目，经论证为经济上不可行，则将该论证范围的全部资源量划分为次经济的资源量，这就是所谓整体意义上的次经济资源量。次经济的资源量中不包含任何储量基础。

4. 储量基础中可采出的部分称为储量。

5. USGS分类不存在未经论证的资源量。

6. 在USGS分类中测定的、指示的、推断的三种资源量均可转换为储量（证实的、概实的、可能的储量）


查明资源量
空间单位：一个
可行性论证范围
可行性论证
储量基础
经济的储量
边际经济
的储量
次经济的资源量
储量基础

美国地调局的这一分类标准对矿产资源/储量的主要类型冠名为：

| | | |
|---|---|---|
| 测定的资源量 | 测定的储量基础 | 测定的储量 |
| 指示的资源量 | 指示的储量基础 | 指示的储量 |
| 推断的资源量 | 推断的储量基础 | 推断的储量 |

将经济坐标的状态加在资源量（储量）之前就构成了类型的全称。因此，在这个分类中不出现证实储量、概实储量、可能储量的冠名术语。

美国地调局的矿产资源/储量分类是一个政府分类，作为政府统计、对比、分析使用，美国的矿业公司、证卷交易所和银行并不使用这一分类标准。

# 美国地调局的分类对世界各国矿产资源/储量分类产生了重要影响：

1. 建立了资源量、储量基础和储量三套概念。但这三个概念在实践中很难操作。
2. 明确了“储量”是资源量中可经济回收的部分，相当于储存在地下，将来可以实际采出的物质。因此，冠以“可采”二字是多余的，这就如同没有必要把仓库中的货物称之为“可取货物”一样。但在此之前，矿业界都把“储量”视为原地全部矿量。这个新的“储量”概念后来被全球矿业界所广泛接受。

3. 提出了一个包含一切地壳有用物质的矿产资源/储量分类框架，即分类方案包括：

- 历史的：历史已采出的矿石量
- 当前的：当前保有的查明资源量和储量
  当前可能存在的但未查明的潜在资源量
- 未来的：已查明或未查明的将来可能成为矿产资源的地壳物质

这是一个“瞻前顾后”的、囊括一切的完备分类方案。

4. 分类方案定义了潜在资源量，为美国大规模开展矿产资源潜力评价提供了分类依据。
5. 提出的资源量的术语（测定的、指示的、推断的）及其定义被各国政府和矿业界广泛接受。

# 澳洲
# 矿产资源/储量分类系统
# （企业使用的分类）

澳大利亚是第一个制定矿业公司使用的矿产资源/储量分类正规标准的国家。西方国家在20世纪60年代之前，矿产资源/储量分类只有一些约定俗成的概念和做法，并没有正规的标准。由于60年代在澳大利亚发生了一系列勘探报告编写造假丑闻，迫使澳的矿业行业组织认真研究并开始正规的分类标准编制工作。

1971年，澳大利亚成立了由澳大利亚采矿和冶金学会、澳大利亚地学家学会和澳大利亚矿产理事会共同组建的澳大利亚矿产储量联合委员会（JORC）。该委员会经过长期研究，于1989年出台了第一个JORC矿产资源/储量分类标准，1999年和2004年出了新的版本。现在已成为全球除前中央计划经济国家外，矿业公司广泛使用的分类标准。

# 澳大利亚
# 矿产资源/储量分类系统

资源量和储量术语：

矿产资源量（**Mineral Resource**）

矿石储量（**Ore Reserve**）

# 澳大利亚
# 矿产资源/储量分类系统

## 分类因素术语：

地质的：

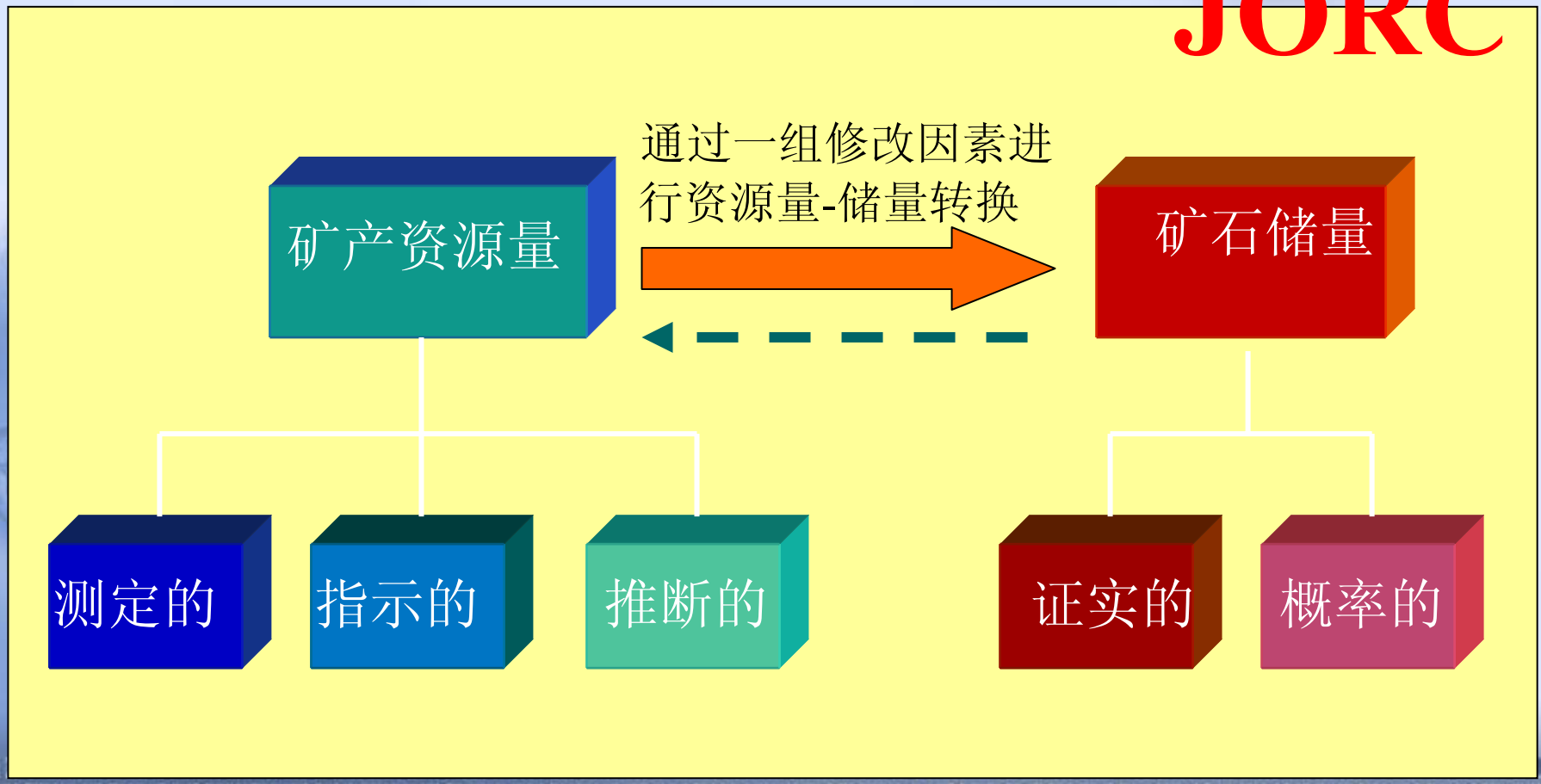
测定的，指示的，推断的

修改的（技术、经济、社会的）：

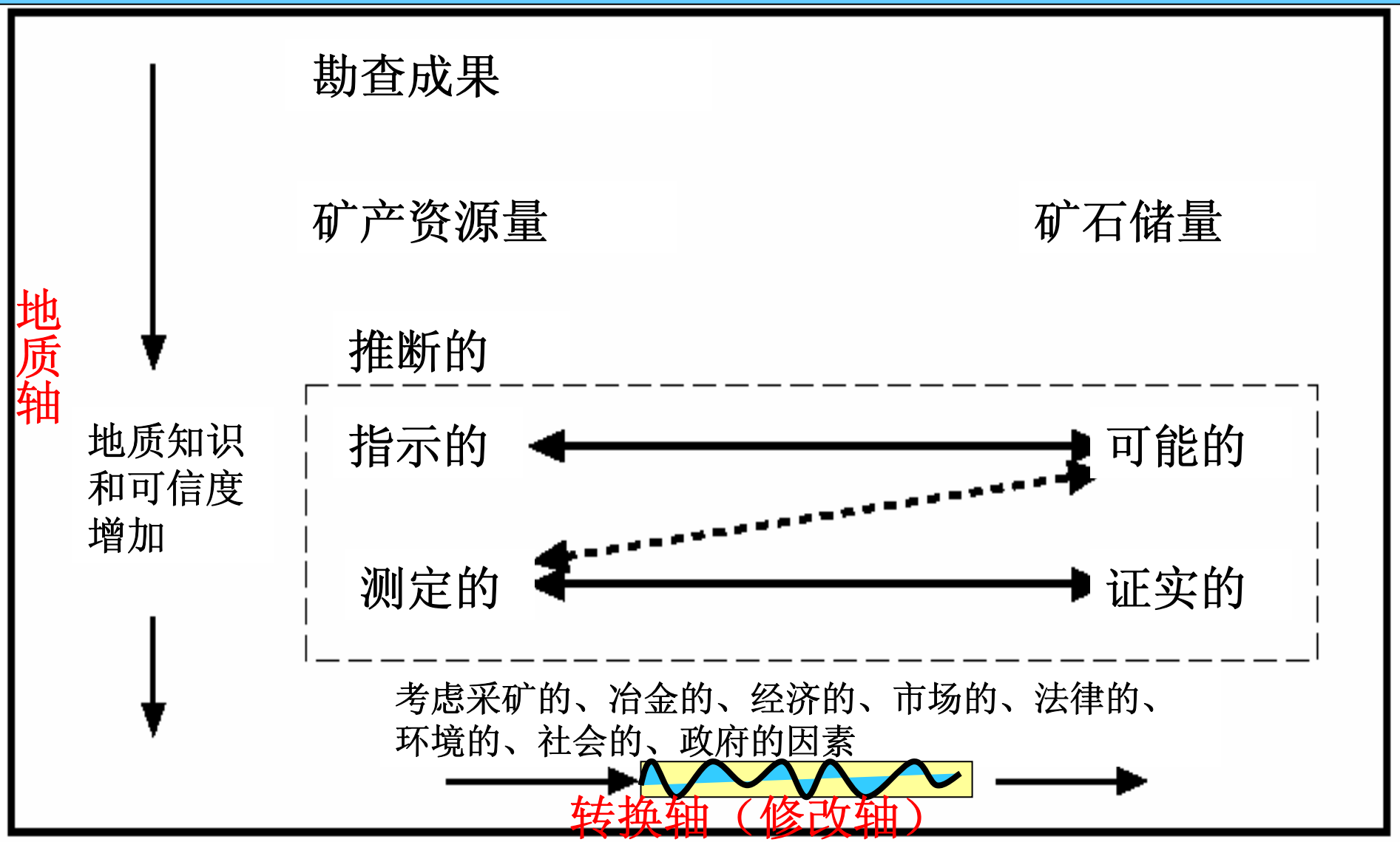
采矿的、冶金的、经济的、市场的、法律的、环境的、 社会的、政府的

# 澳大利亚
# JORC矿产资源/储量分类系统

JORC



# 从矿产资源量到矿石储量的转换（据 Australasian Code for Reporting of Mineral Resource and Ore Reserves)



澳大利亚JORC分类提出的这一资源量-储量分类和转换关系具有典型意义。目前世界上绝大多数矿业公司、证监会和银行都使用JORC的3-2分类法，即：3类资源量（测定的、指示的、推断的），两类储量（证实的、概实的），两者的转换关系如上图所示。

在澳大利亚和西方矿业公司、石油公司广泛使用的资源/储量分类中，有一个储量类型**Probable Reserve**，我国曾翻译为“概略储量”。这种译法不能正确反映这类储量的位置。**Probable Reserve**是一种仅次于**Proved Reserve**（证实储量）的储量类型，居第二位，具有较高的地质可靠性和经济可利用性，是矿山设计使用的主要矿量之一。而“概略”一词所表述的含义是：对所指对象重视程度低、调查程度低、了解程度低。如对某件事“概略了解一下”，“概略计算一下”，“概略说一下”，等等。**Probable Reserve**的英文原意是一种在概率意义下接近真实的储量，用“概略”二字对其命名是不合适的，建议将其命名为“概实储量（在概率意义下接近实际的储量）”。

# NEFC 和 CRISCO
# 矿产资源/储量分类系统
# （政府、企业通用的国际分类）

1990年，以澳、美、加、英、南非等为成员的采矿和冶金学会理事会（CMMI，现为国际金属采矿理事会，ICMM）开始编制一个国际的、既适合政府管理，又适合企业经营使用的矿产资源/储量分类框架。之后CMMI专门设置了一个“矿产储量国际报告标准委员会（CRISCO）”从事标准研究。

几乎在同时，联合国欧洲经济委员会（**UN-ECE**）于**1992**年开始独立编制**“UN**矿产资源和储量分类框架（**UNFC**）”。**1998**年，**CRISCO**和**UN-ECE**达成协议，两家密切协作，使两者的成果互相融合。

# UNFC

# 矿产资源/储量分类系统

# 联合国能源和矿产资源的框架分类（UNFC）

资源量和储量术语：

矿产资源量（**Mineral Resource**）

矿产储量（**Mineral Reserve**）

# 联合国能源和矿产资源的框架分类（UNFC）

分类因素术语：

经济的（**Economic**）：

$E_1, E_2, E_3$

可行性研究/采矿报告的（**Feasibility Study**）：

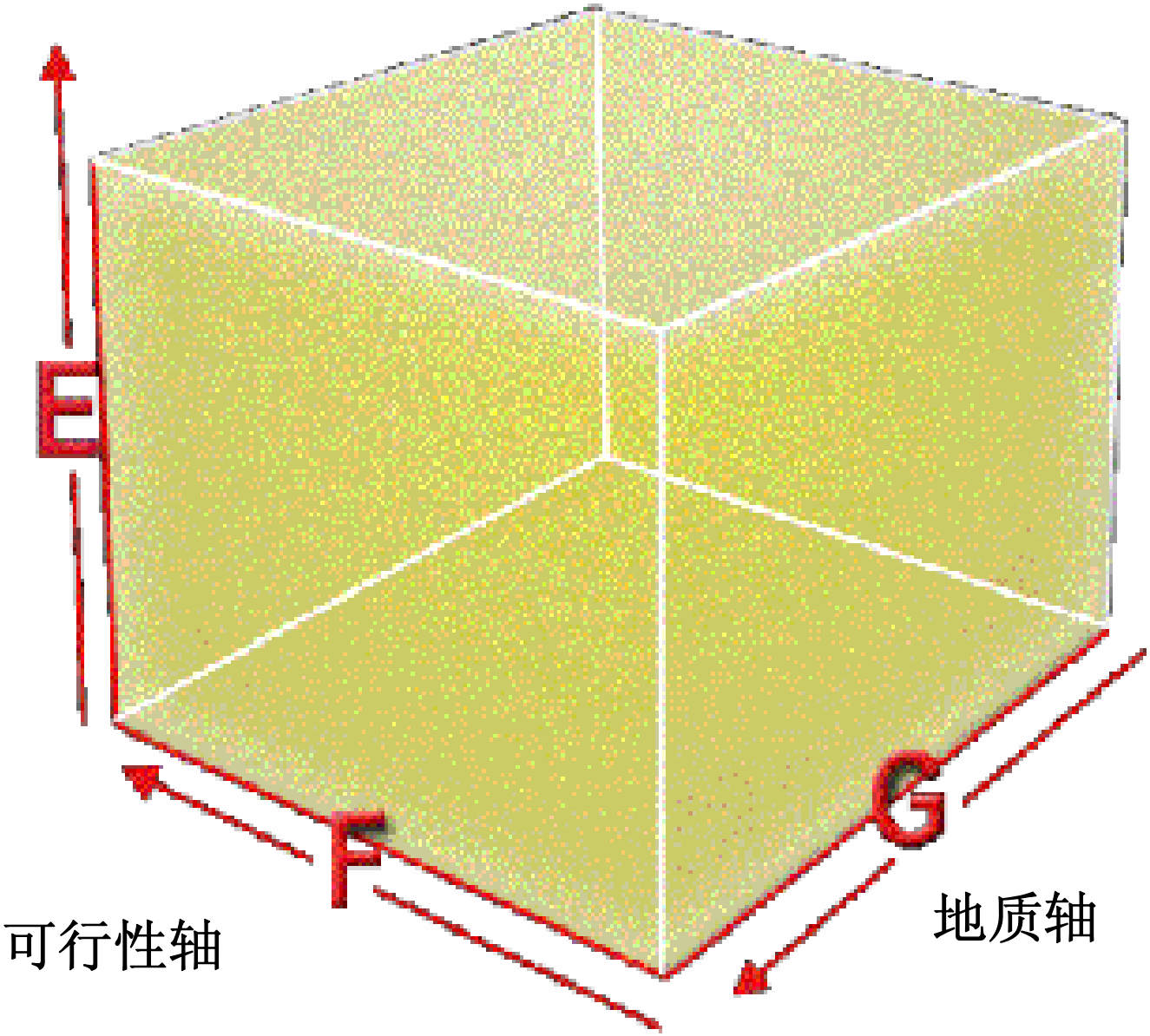
$F_1, F_2, F_3$

地质的（**Geologic**）：

$G_1, G_2, G_3, G_4$

经济轴

经济轴




可行性轴

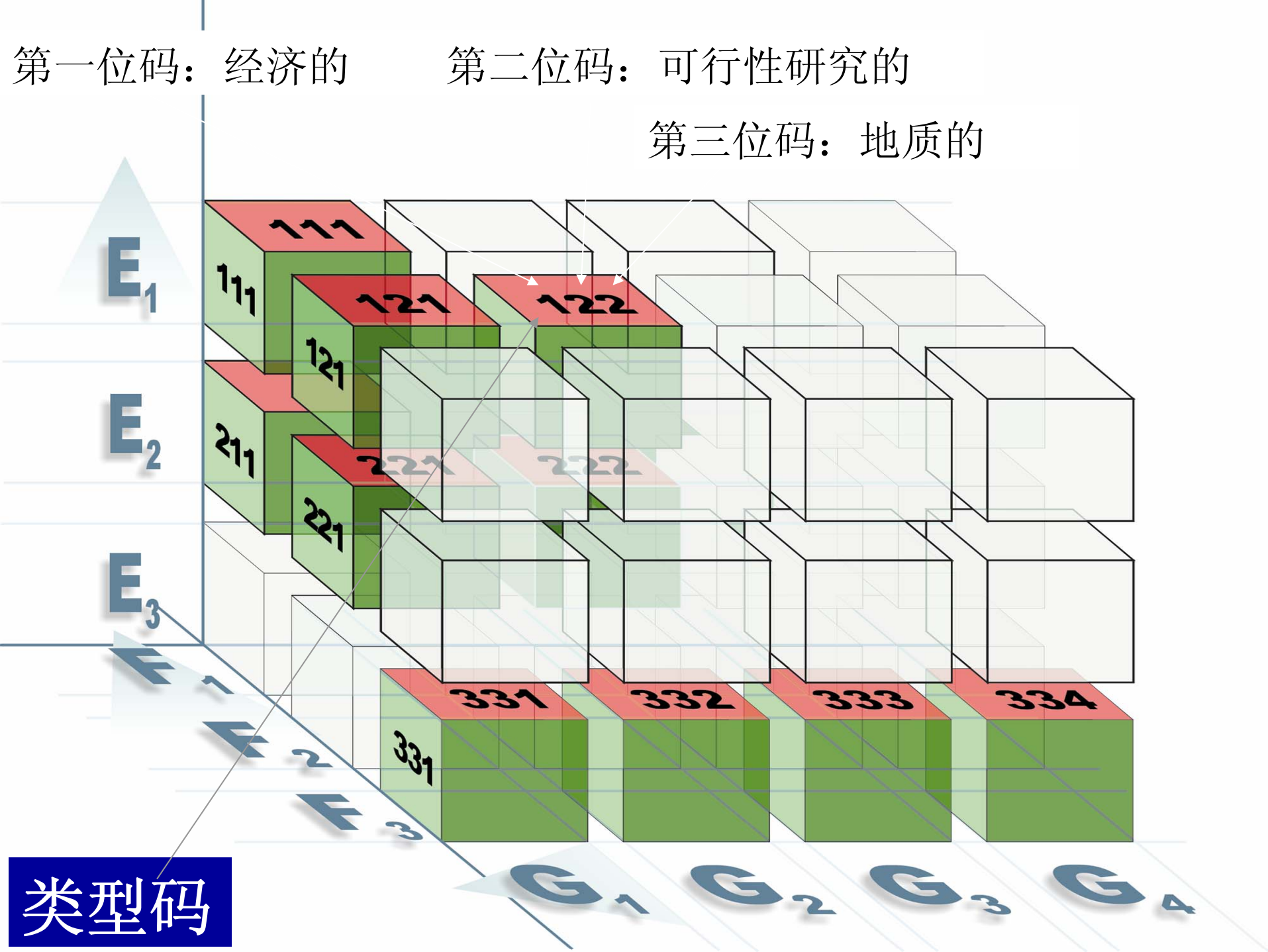
地质轴

# 分类因素级别

| Categories and subcategories | | | |
|---|---|---|---|
| **E1** | | **Economic** | **经济的** |
| | **E1.1** | Normal Economic | 正常经济的 |
| | E1.2 | Exceptional Economic | 期望经济的 |
| **E2** | | **Potentially Economic** | **潜在经济的** |
| | E2.1 | Marginal Economic | 边际经济的 |
| | E2.2 | Sub-Marginal Economic | 次边际经济的 |
| **E3** | | **Intrinsically Economic** | **内蕴经济的** |
| **F1** | | **Mining Report and/or Feasibility Study** | **采矿报告和/或可行性研究** |
| | F1.1 | Mining Report | 采矿报告 |
| | F1.3 | Feasibility Study | 可行性研究 |
| **F2** | | **Pre-feasibility Study** | **预可行性研究** |
| **F3** | | **Geological Study** | **地质研究** |
| **G1** | | **Detailed Exploration** | **详细勘探** |
| **G2** | | **General Exploration** | **初步勘探** |
| **G3** | | **Prospecting** | **普查** |
| **G4** | | **Reconnaissance Study** | **踏勘** |

第一位码：经济的　　第二位码：可行性研究的

第三位码：地质的




类型码

# 联合国能源和矿产资源的框架分类（UNFC）

| UN框架 / 国家系统 | 详细勘探 | 初步勘探 | 普查 | 预查 |
|---|---|---|---|---|
| 可行性研究/采矿报告 | 1 (111)<br>2 (211) | | 通常不出现 | |
| 预可行性研究 | 1 (121) + (122)<br>2 (221) + (222) | | | |
| 地质研究 | 3 (331) | 3 (332) | 3 (333) | 3 (334) |

经济轴代码：1. 经济的　　2. 潜在经济的

3. 内蕴经济的（经济-潜在经济的 ）

# 联合国能源和矿产资源的框架分类（UNFC）

用第一位码区分资源量和储量:

矿产储量：第一位码均为“1”

矿产资源量：第一位码不为“1”

# UNFC的十大资源量、储量类型

| | | |
|---|---|---|
| 矿产储量 | ● 证实的矿产储量 | 代码111 |
| | ● 概实的矿产储量 | 代码121+122 |
| 矿产资源量（除已形成储量外的其余资源量加上踏勘资源量） | ● 可行性矿产资源量 | 代码211 |
| | ● 预可行性矿产资源量 | 代码221+222 |
| | ● 测定的矿产资源量 | 代码331 |
| | ● 指示的矿产资源量 | 代码332 |
| | ● 推断的矿产资源量 | 代码333 |
| | ● 踏勘的矿产资源量 | 代码334？ |

# CRISCO

# 矿产资源/储量分类系统

**CRISCO**的分类标准包含了整个勘查报告涉及的各种规范，主要有：

- 国际矿产资源/储量分类标准
- 国际矿产资源和储量报告编写指南
- 国际合格执业人员（**Competent Person, CP**）行为准则
- 不同国家合格执业人员互认的条件

到目前为止，**CRISCO**提出的国际基本分类及与联合国分类框架**UNFC**的对比关系为：

| CRISCO | UNFC |
| --- | --- |
| 证实储量 | 111 |
| 概实储量 | 112 122 |
| 测定资源量 | 331 |
| 指示资源量 | 332 |
| 推断资源量 | 333 |

**CRISCO**认为，这几类资源量、储量可以融入联合国的**UNFC**分类框架。

在联合国分类框架**UNFC**中的**10**种矿产储量、资源量类型中，有**5**类与**CRISCO**的分类标准完全一致，而这**5**种类型（证实储量、概实储量、测定资源量、指示资源量、推断资源量），被大量的分类系统证明是矿产资源*/*储量市场运作和政府管理的最主要对象。因此，任何国际的、国家的、市场的分类，都应紧紧围绕这些主要的分类对象进行。

然而，**CRISCO**试图构建矿产资源/储量国际分类标准的工作尚未结束，它同**UN-ECE**的合作也尚未结束。我们应密切关注这一国际分类机构的工作进展及其对我国矿产资源/储量资产进入国际市场的影响。

# 石油与天然气资源/储量分类系统
# （国际通用分类）

油气的储量分类有两个主要的国际标准：

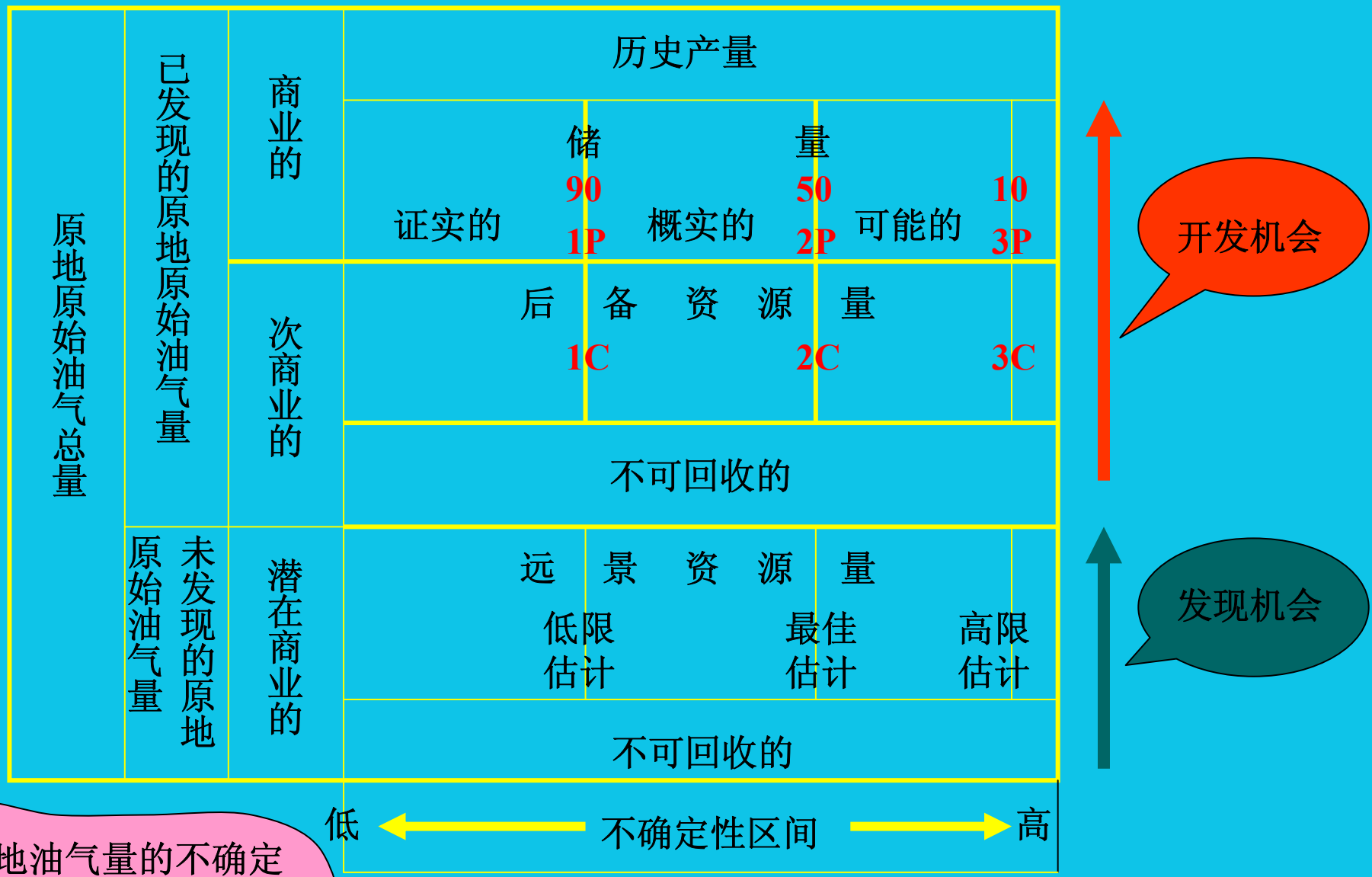
1. 由国际石油工程师学会（**SPE**）、国际石油大会（**WPC**）、国际石油评价工程师学会（**SPEE**）和美国石油地质学家协会（**AAPG**）共同制定的分类标准
2. 由联合国欧洲经济委员会（**UN-ECE**）制定的能源与矿产资源分类框架**UNFC**。

由于油气产业高度全球化，除挪威、俄罗斯、中国外，其他国家少见制定国家油气分类标准。

# SPE/AAPG/WPC/SPEE



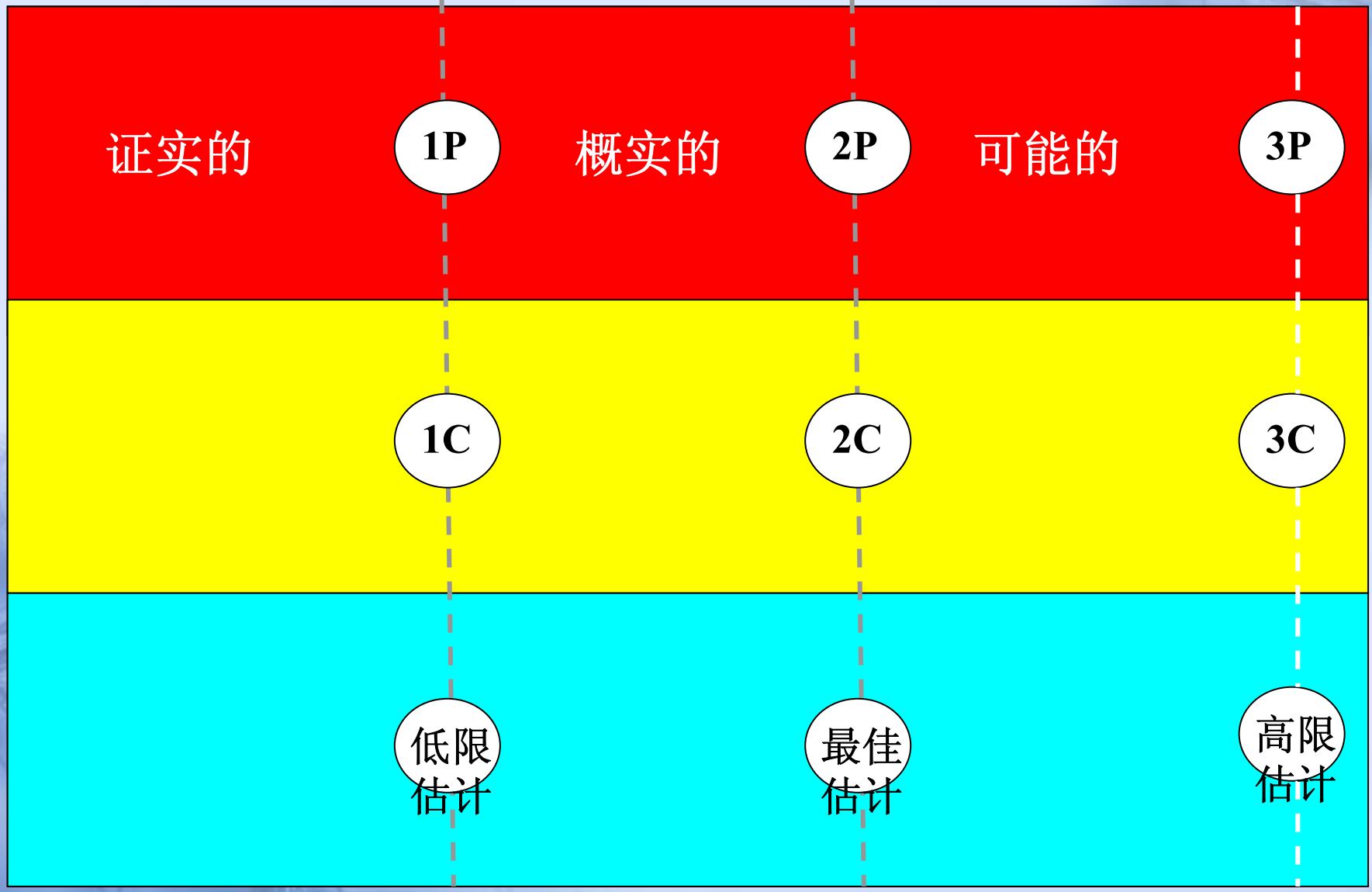
# SPE/AAPG/WPC/SPEE油气资源/储量分类（2007.1）



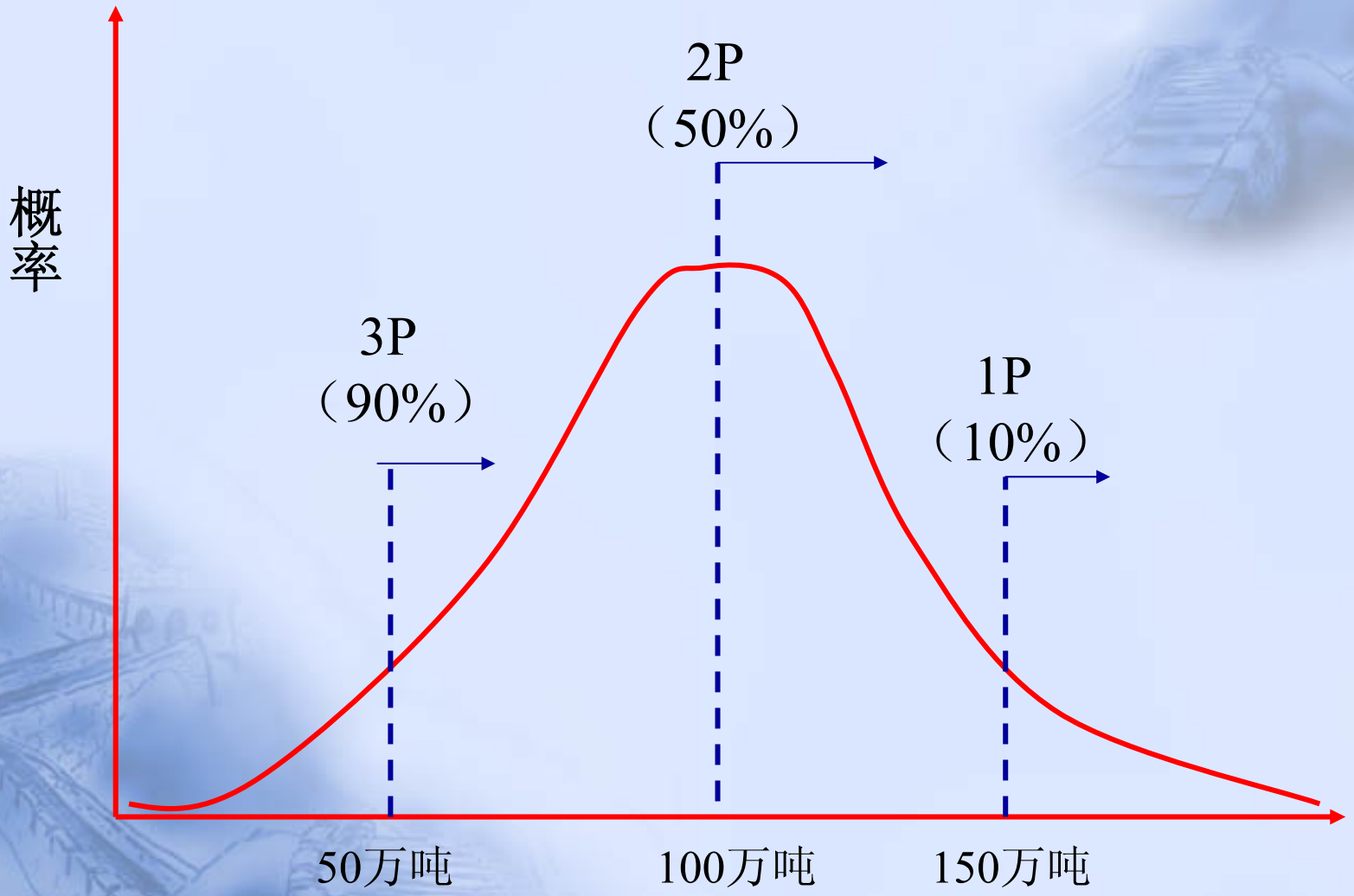
**SPE/AAPG/WPG/SPEE**的油气资源/储量分类有以下特点:

1. 重视对未发现资源量的类型划分
2. 对三个层次的类型（储量、后备资源量、远景资源量）均按不确定性分为三类：对储量，给出界限点**1P**、**2P**、**3P**，并给出了类型名称；对后备资源量，给出界限点**1C**、**2C**、**3C**，未给出类型名称；对远景资源量，给出了界限点（低限、最佳、高限），也未给出类型名称。
3. 同固体矿产分类相比,增加了“可能储量”。

# 不确定性界限点及类型名



# 石油资源量、储量的3P定义



油气分类由以下三个层次的资源储量组成：

储量（Reserve）——具商业意义

后备资源量（Contingent Resource）——具次商业意义

远景资源量（Prospective Resource）——未发现的资源量

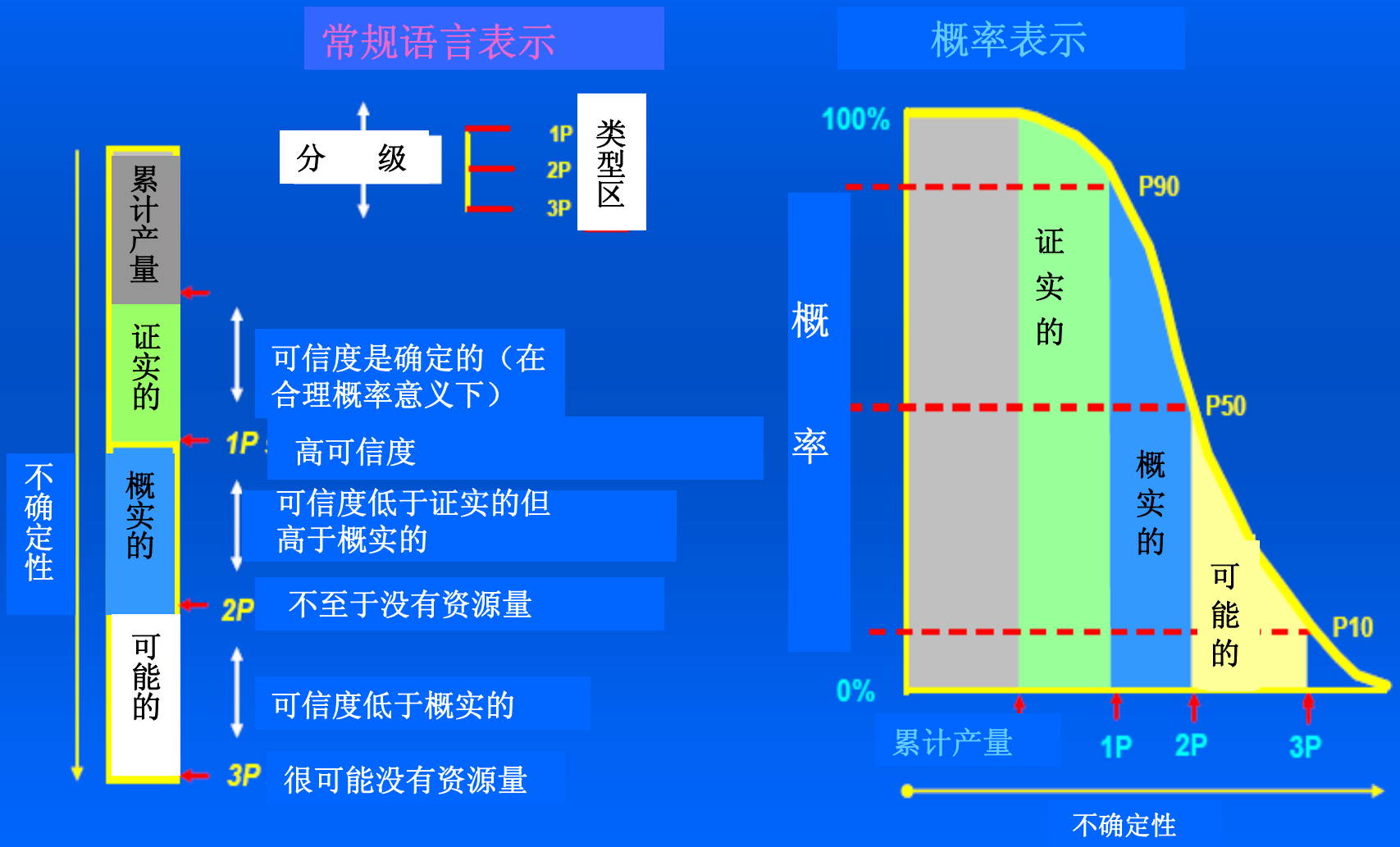
储量：

用三个P点作为不同类型储量的界限点，每两个P之间是一个类型区。所分隔出的三个类型由高到低为：证实储量、概实储量、可能储量。

如果用P表示储量，可得到累计的P储量：1P表示证实储量，2P表示证实储量+概实储 量，3P表示证实储量+概实储量+可能储量。

# 3P储量

## 油气资源储量的不确定性分类图解



# 后备资源量

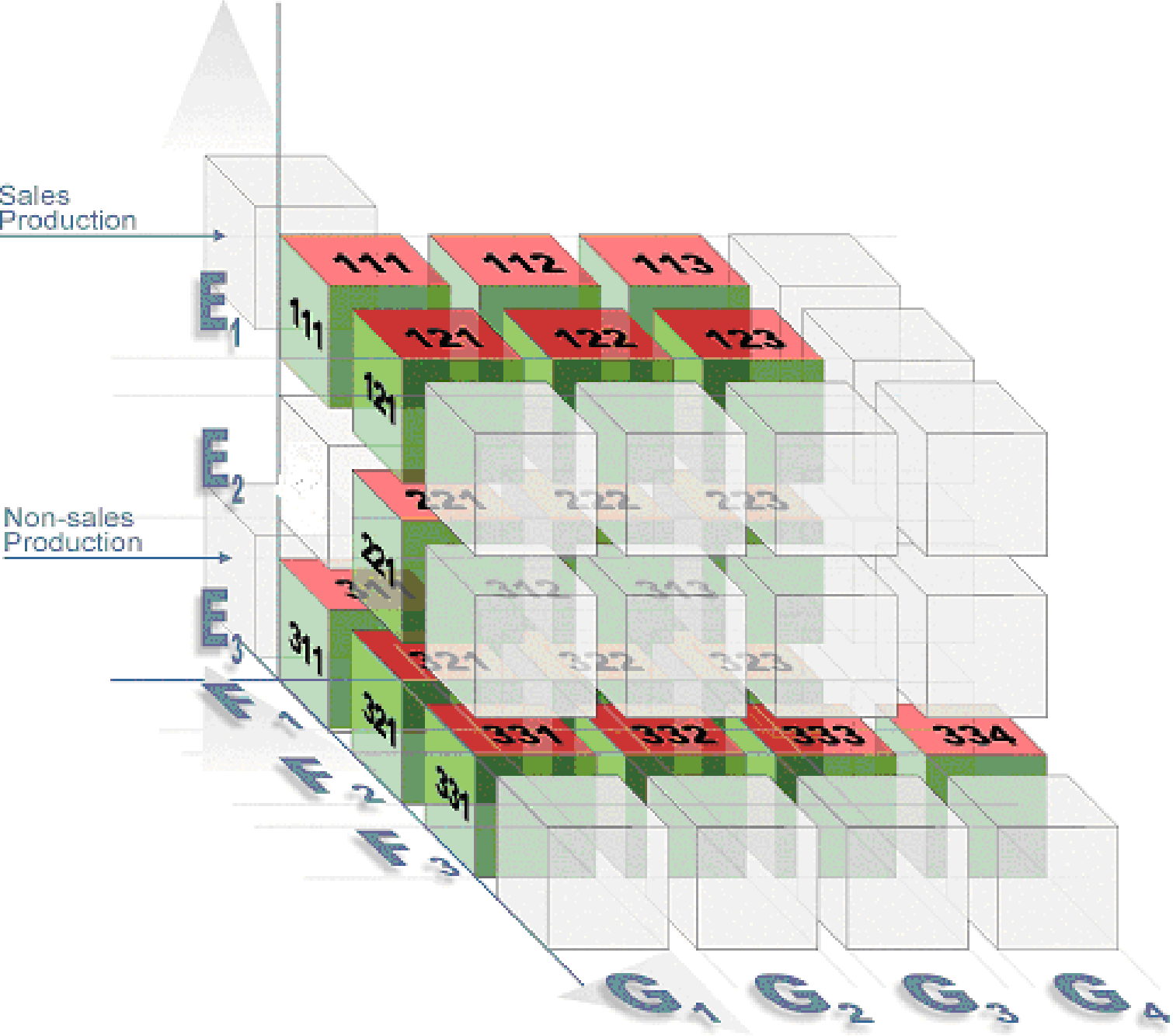
后备资源量是已查明的资源量，用三个C点作为不同类型储量的界限点。但2007年的分类没有为C点之间的资源量类型命名。可以认为，在1C和2C之间相当于测定的资源量，在2C和3C之间相当于指示的资源量，在2C和3C之间相当于推断的的资源量。有专家提出可非正式地把1C看成是测定的资源量，把2C看成是测定的资源量+指示的资源量，把3C看成是测定的资源量+指示的资源量+测定的资源量。

# 远景资源量

远景资源量是未查明的资源量，没有设置像P、C这类作为不同类型不确定性界限的点，而是直接命名了三个类型：低估计（Low Estimate）、最佳估计（Best Estimate）和高估计（High Estimate）。但在美国地调局的未发现油气资源评价中这三个估计分别对应于三个概率P点。

# UN-ECE
# 油气资源储量分类系统

# UNFC油气资源/储量分类



# UNFC油气分类三轴定义

1. 经济轴：

$E_1$：经济的 （Economic）

$E_2$：潜在经济的（Potentially Economic）

$E_3$：内蕴经济的（Intrinsically Economic）

# UNFC油气分类三轴定义

2. 可行性轴:

$F_1$：确证的（**Justified**）开发项目和生产项目

$F_2$：后备的（**Contingent**）开发项目

$F_3$：未确定（**Undifined**）开发的项目

# UNFC油气分类三轴定义

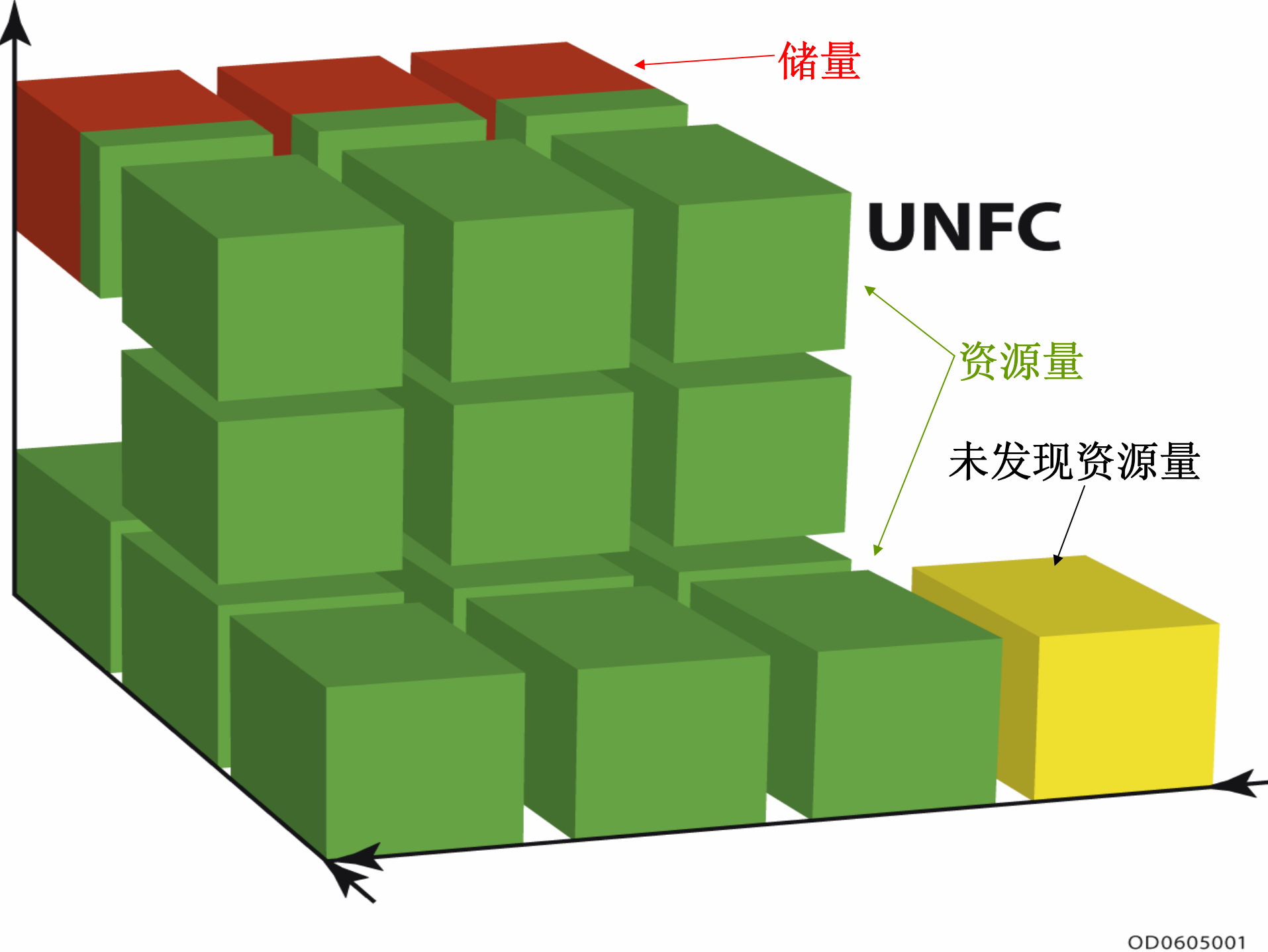
3. 地质轴:

$G_1$：合理确认的（**Reasonably Assured**）含油气地质条件

$G_2$：估计的（**Estimated**）含油气地质条件

$G_3$：推断的（**Inferred**）含油气地质条件

$G_4$：潜在的（**Potential**）含油气地质条件


储量
UNFC
资源量
未发现资源量
OD0605001

**UNFC将油气资源/储量划分为19类：**

储量： **111、112、113**

后备资源量：**121、122、123、221、222、223、321、322、323、331、332、333**

远景资源量：**334**

# 各国矿产资源／储量分类标准对比

| | 证实储量 | 概实储量 | 测定的资源量 | 指示的资源量 | 推断的资源量 |
|---|---|---|---|---|---|
| **USGS** | 经济的测定储量 | 经济的指示储量 | 经济的测定储量基础 | 经济的指示储量基础 | 推断的储量基础 |
| 俄罗斯 | **A+B (平衡表内)** | **C1 (平衡表内)** | **A+B** | **C1** | **C2** |
| 中国 | **111** | **121+122** | **331** | **332** | **333** |
| **JORC** | 证实储量 | 概实储量 | 测定资源量 | 指示资源量 | 推断资源量 |
| **CRISCO** | 证实储量 | 概实储量 | 测定资源量 | 指示资源量 | 推断资源量 |
| **UNFC** | **111** | **121+122** | **331** | **332** | **333** ? |

# 3

# 我国99年国家标准同国际通行标准的对比

# 中华人名共和国国家标准GB/17766—1999:固体矿产资源/储量分类

在经济全球化的形势下，矿产勘查和矿业开发的国际化程度越来越高，我国再也无法在一个封闭的、计划经济的分类标准下进行勘查活动。1999年的国家标准正是在这种形势下出台的。同现代各国和国际分类标准相比，我国99年矿产资源/储量分类标准有了很大的进步，主要表现在：

- 第一，99年国标建立了资源量和储量两个概念，用以代替单一的储量概念。储量是在数量上和质量上具有现实经济意义的矿量； 而资源量主要是具有地质意义的矿量，其经济意义有待进一步论证。这样确立的矿产资源储量类型，更符合市场经济的需要。

- 第二，99年国标确立了两个层次的可行性研究，是将资源量转化为储量的手段。这就在程序上说明了如何由资源量向储量转换的问题。可行性研究，是市场经济条件下的一个规范的、标准用语，由此决定了储量的规范性和标准性。

- 第三，99年国标留下了一些分类空间，可以对我国在计划经济体制下形成的，但无法包含在市场经济条件下分类体系中的资源储量进行归类。例如2S、2M类资源储量。通过后来的套改，证明这些资源储量在99年国标中是有位置可以安放的。

- 第四，99年国标淡化了勘探网度在确定资源量中的作用，把它由一个硬指标改变为软指标，有利于推进在市场经济条件下体现资源储量报告编制和评审的人才优势、知识优势和因矿制宜、因地（质）制宜的勘查工作原则，对于提高我国勘查人才（包括评审人才）质量、勘查成果质量和提高勘查工作效率，具有重要的战略意义和长远意义。

- 第五，99年国标的主要类型，111、121、122、331、332、333同世界各国最普遍使用的类型有着广泛的兼容性：

111 → 证实储量

121、122 → 概实储量

331 → 测定的资源量

332 → 指示的资源量

333 → 推断的资源量

- 第六，99年国标所定义的资源量，同我国过去分类标准获得的资源量基本可以对比，但在普查阶段获得的推断资源量，新老标准有较大的差别：99年国标强调普查阶段获取推断资源量的探矿工程的稀疏性、灵活性；而我国过去的标准则提出了明确的工程的间距和网度。

- 第七，99年分类使用了联合国的矿产资源/储量分类框架，使我国的各类资源储量能够通过这一框架同世界各国的资源储量类型进行对比和交流。

# 4

# 资源量与储量

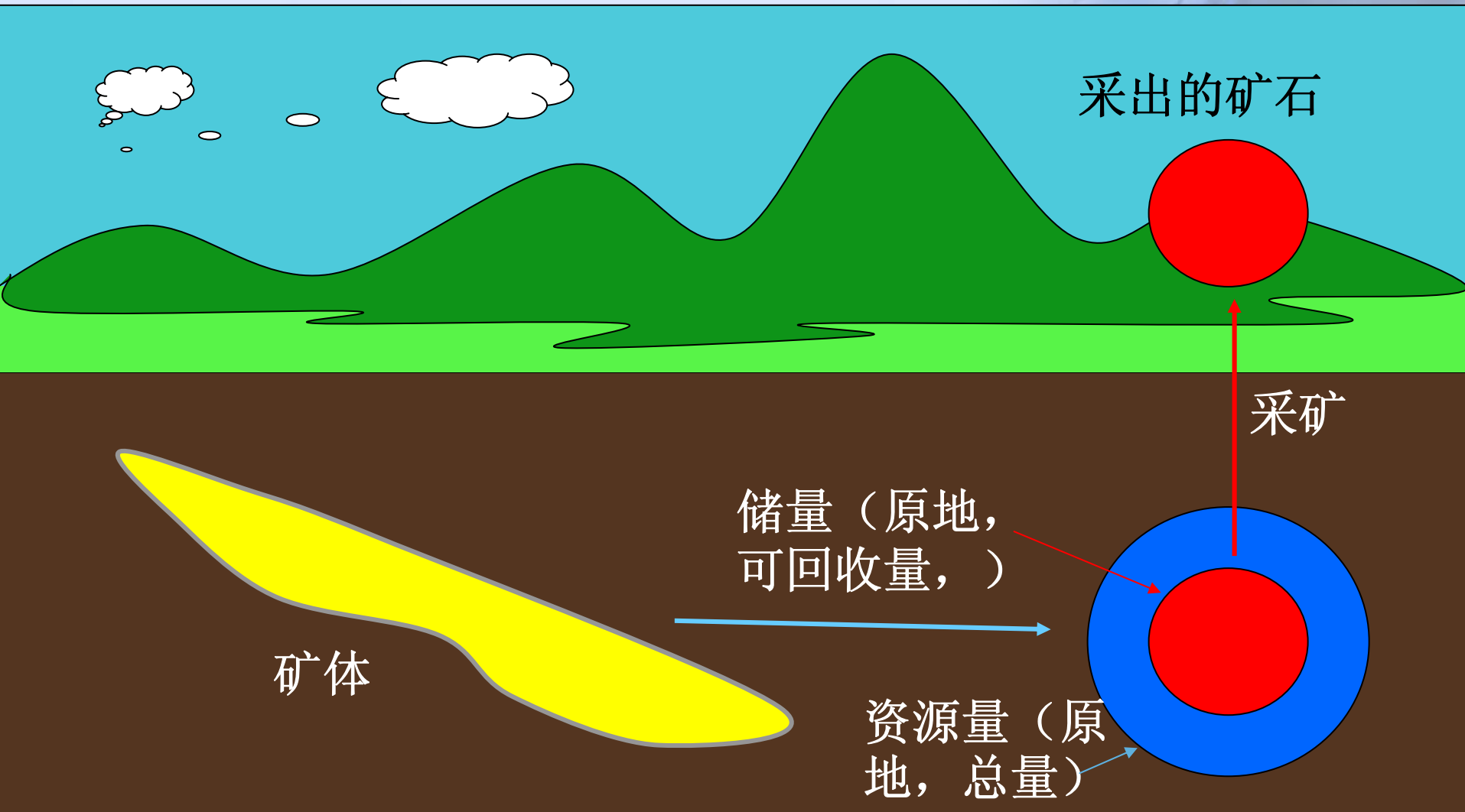
资源量是通过地质工作取得的矿量；储量是在资源量的基础上，通过可行性论证后可以经济利用的矿量。但这两类矿量的关系在矿业发展的早期比较模糊。最早只有储量的概念，并不区分哪些可以经济利用，哪些尚不可以经济利用。例如，我国直到1999年之前，并不区分这两类矿量，统称储量。俄罗斯到目前为止，仍然只有储量的概念，它包揽一切矿量，不论它是经济的还是不经济的，可采的还是不可采的。

真正对资源量和储量在概念上进行明确地区分和定义是美国地调局1943年的矿产资源/储量分类标准。在这个标准中，提出了三类资源量、三类储量，资源量是储量的提取基础，储量是资源量中的被划分出来的经济有效部分。

资源量是用一个较低的工业指标圈定和计算的全部原地矿量。所谓较低工业指标应考虑在某个未来时间内，因采选技术的提高可能利用的矿石，因矿产品价格上涨可能利用的矿石。未来某个时间一般为20～30年，这是联合国和美国地调局在这种情况下通常使用的年限。资源量一旦确定，通常不会再有变化。

储量是在进行技术、经济、环境、法律等因素进行论证的基础上，对那些能够采取出来的物质所定义的一个矿量，虽然也是原地矿量，但它在数量和质量上等同于已采出的矿石。因此，储量是一个存储在地下的可采出的矿石的概念，它同已采出矿石的唯一区别是存在位置不同：一个在地下，一个在储矿场。只有这样定义和理解储量，才能保证在市场经济条件下，储量同矿石这两个概念的准确衔接。

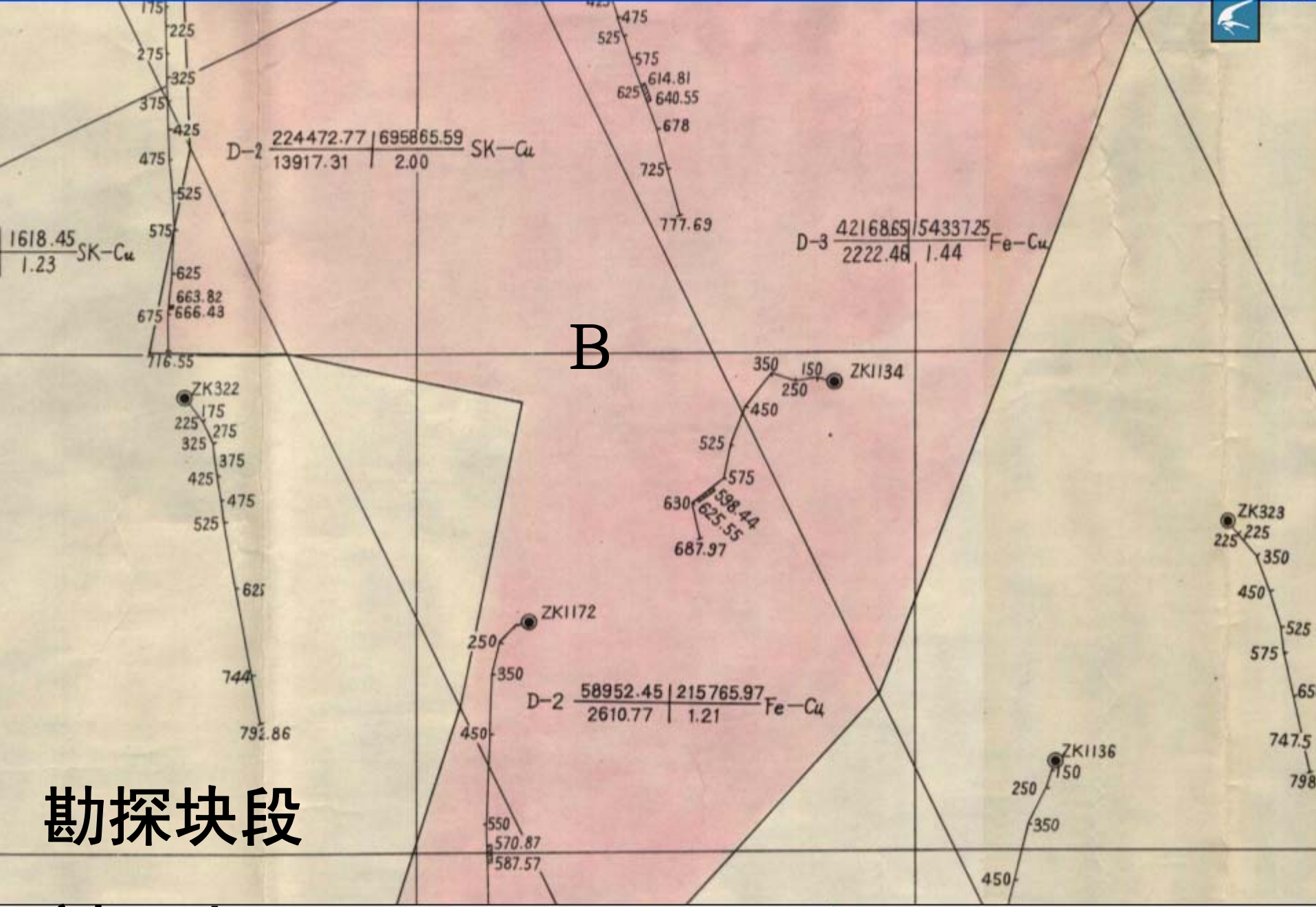
# 资源量对储量
# 原地总量对可回收量



由于储量同采出矿石挂钩，采出矿石同市场挂钩，市场同价格挂钩，而价格是时时波动的，因此储量也是时时波动的。将储量同资源量分离，既体现了矿量在地质意义上的稳定性，也体现了矿量在市场意义上的动态性。这是用资源量和储量两个概念来表示矿产资源受到矿业界和矿政管理部门广泛欢迎的原因。

# 资源储量的空间单位

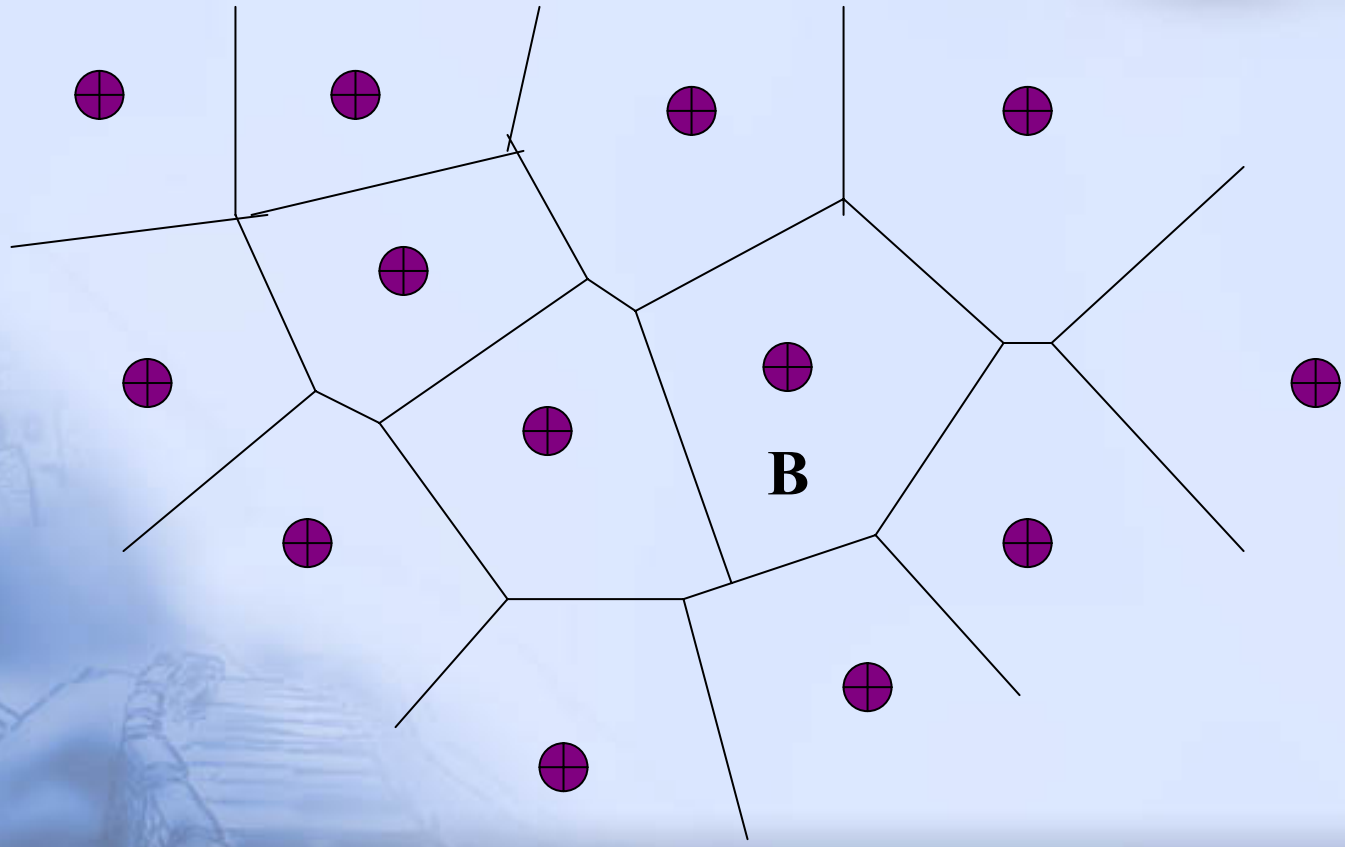
对资源量的空间单位没有严格的限定。由于资源量反映的是地质工作的精度，因此它在某种程度上同勘查阶段挂钩，即在普查区，所获得的是推断的资源量，在详查区，所获得的主要是指示的资源量，在勘探区，所获得的主要是测定的资源量。但这事一种宏观的、统计的关系。在实际操作中资源量的空间单位可以使各种各样的块段，如勘探块段、克里格网格块段、距离倒数法网格块段等。


B
D-2 224472.77 | 695865.59 / 13917.31 | 2.00 SK—Cu
1618.45 / 1.23 SK—Cu
D-3 4216865 | 5433725 / 2222.48 | 1.44 Fe—Cu
D-2 58952.45 | 215765.97 / 2610.77 | 1.21 Fe—Cu
ZK322
ZK1134
ZK1172
ZK1136
ZK323
175
225
275
325
375
425
475
525
575
614.81
625
640.55
678
725
777.69
625
663.82
675
666.43
716.55
350
150
250
450
525
575
630
598.44
625.55
687.97
744
792.86
250
350
450
550
570.87
587.57
225
350
450
525
575
747.5
798
250
150
350
450

勘探块段

（剖面法）

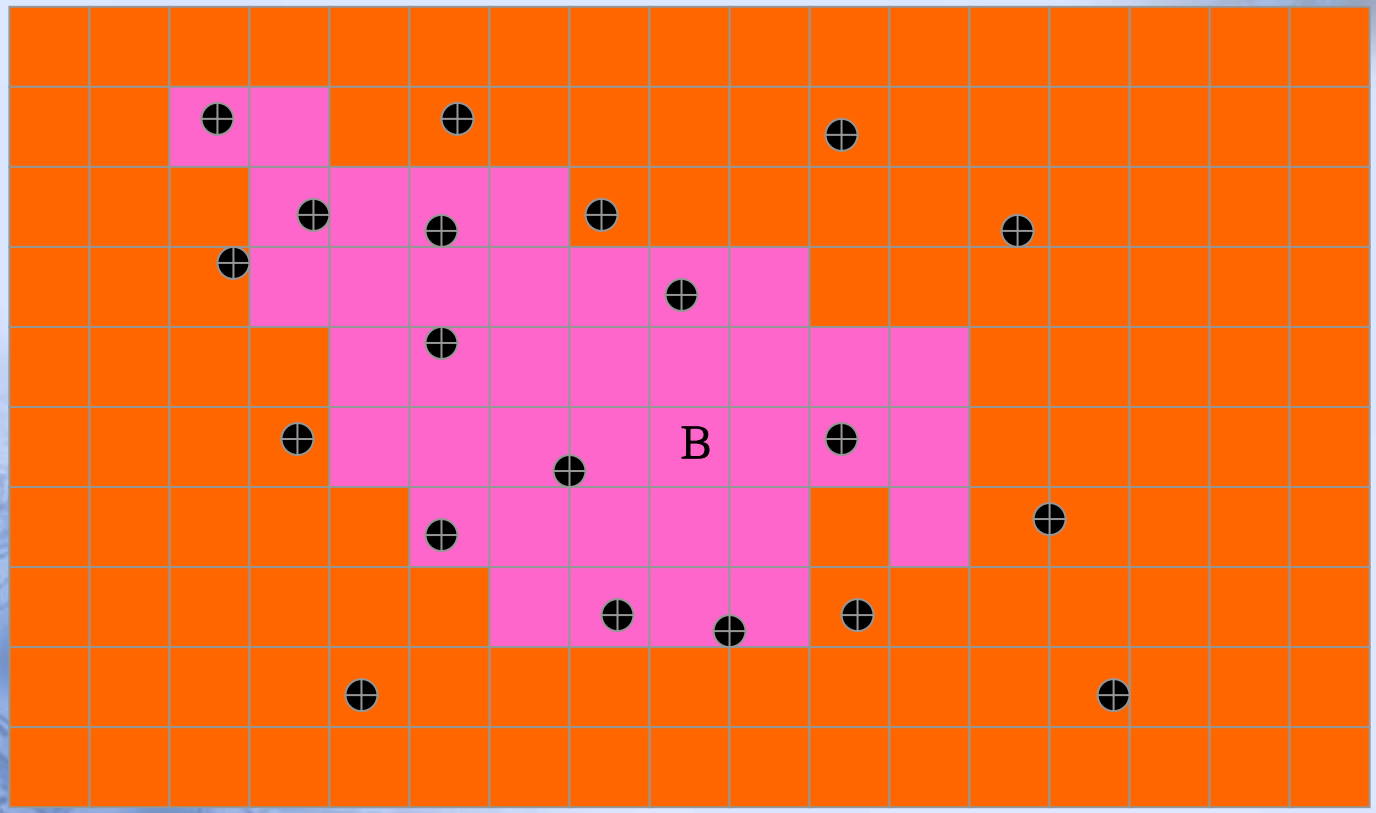
# 多边形块段（最近地区法）




块段B的品位=钻孔Z1的品位

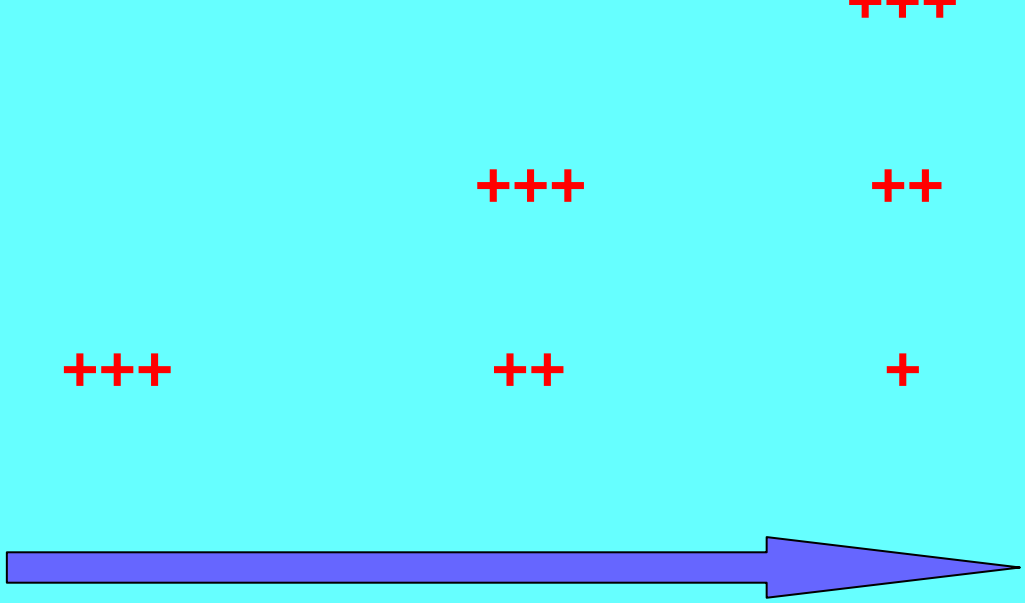
# 网格块段

（距离倒数法、克里格法、人工神经网络法）



# 不同勘查阶段可能产生的资源量

| | 普查 | 详查 | 勘探 |
|---|---|---|---|
| Measured | | | +++ |
| Indicated | | +++ | ++ |
| Inferred | +++ | ++ | + |



# 资源储量的空间单位

一个勘查阶段区是一个特定勘查阶段划分的勘查区，如普查阶段区、详查阶段区、勘探阶段区，我们可以简化为普查区、详查区、勘探区。每个阶段区，一般是一个独立的勘查项目范围。按照勘查工作循序渐进原则，勘查区的包含关系应该是：普查区包含详查区，勘探区包含普查区。

# 资源储量的空间单位

勘查阶段区和资源量的基本关系是：普查区内的资源量应全部视为推断的资源量，详查区内的资源量应全部提升为指示的资源量，勘探区内的资源量应全部提升为测定的资源量。由于每个勘查区的资源量是为可行性研究或编制矿山生产计划服务的，因此局部块段提高或降低类型级别是没有意义的。资源量以勘查阶段区为单位，并总体上达到相应的资源量类型，不追求个别块段的是否达到或超过该勘查区的类型，是99年国标同我国以往标准的重大区别。

- 但是，在勘探或详查阶段用克里格法估计高级别的测定的资源量、指示的资源量时，按照设定的资源量归类准则，可能同时出现三类资源量。这三类资源量反映了落入每个克里格块段的样品数多少。要尽可能使同一类资源量整体上连成一片，形成测定的、指示的、推断的资源量三大空间格局。如果出现三类资源量大量相互交错的复杂情况，则表明勘查工程部署不合理。局部的、小的交错是允许的。

# 按正常勘查阶段安排矿产勘查获得的资源量

| | 普查 | 详查 | 勘探 |
|---|---|---|---|
| 测定资源量 | | | +++ |
| 指示资源量 | | +++ | + |
| 推断资源量 | +++ | + | + |

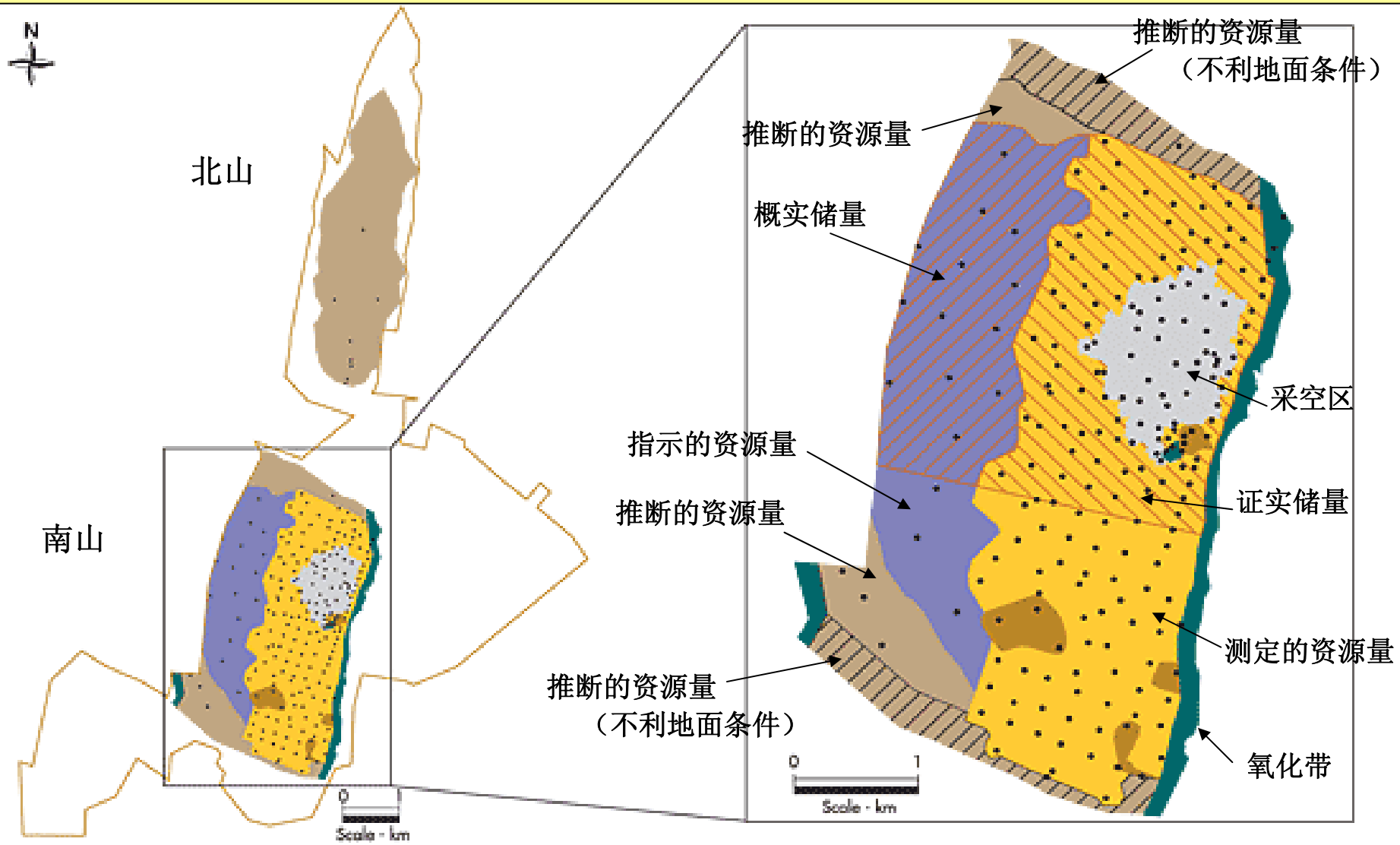
从资源量分类的角度，只尊重实际的控制程度：控制程度较高的分到较高的资源量类型，控制程度较低的分到较低的资源量类型，而不论其来自何种勘探阶段，以何种空间块段的形式出现，数量又多大。因此，只要有一个空间块段，它满足某个类型的控制要求，将它分入该类型就是合标的。

但是从勘查工作管理和可行性研究来说，有两条基本原则：第一，每一个特定的勘查阶段应有一种主要的资源量；第二，每一种资源量应尽可能地集中在一定的空间范围。如果严重违背这两条基本原则，那么从勘查工作管理部门将进行追究；在实施可行性研究时该项目将可能由于不同类型资源量分布不合理或某些类型资源量数量不足而变得不可行。

# 储量的空间单位

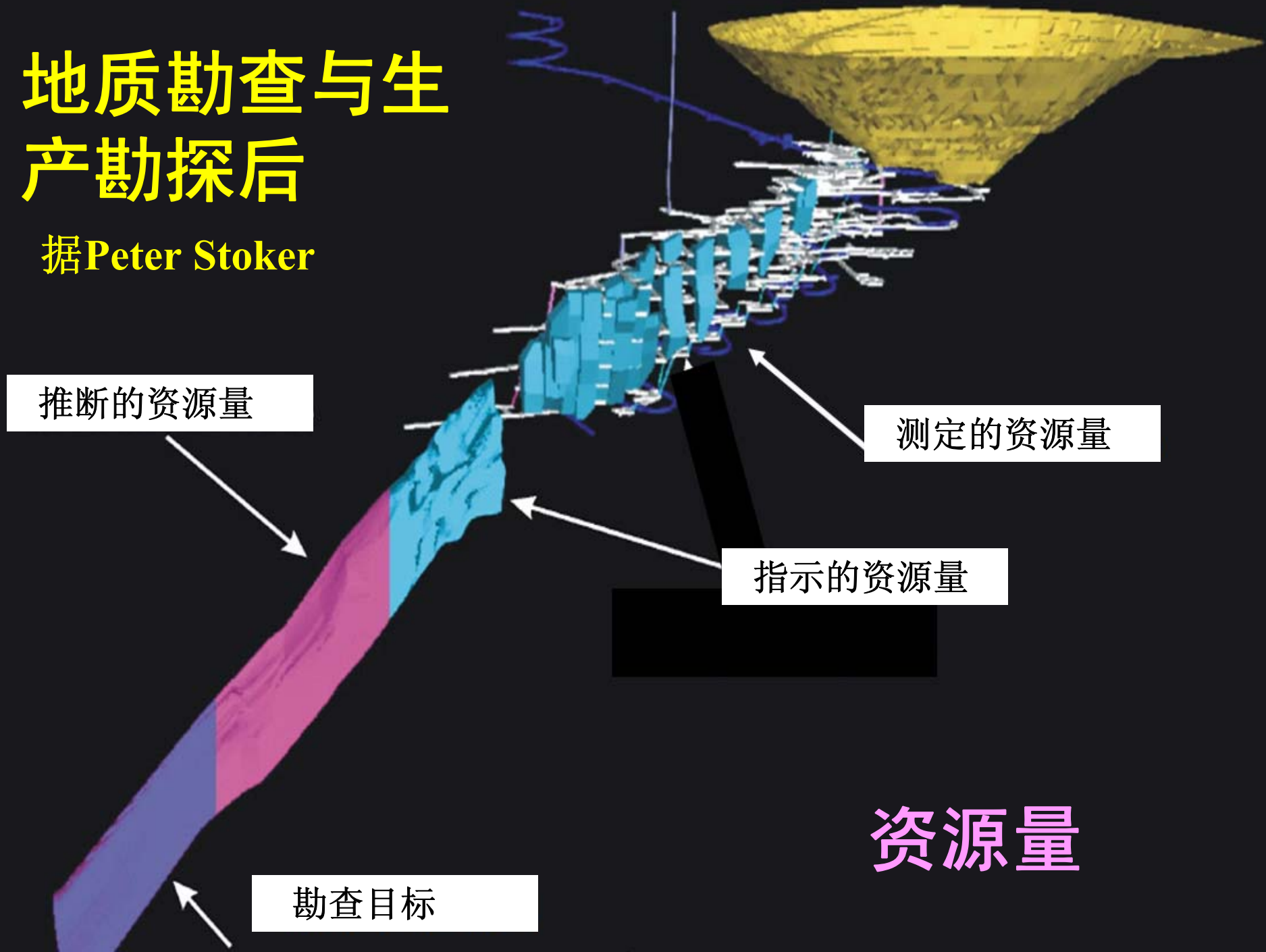
储量是矿山设计与开发的依据。储量是由资源量转换而来的，因此其空间单位与资源量一致，可以使勘探块段、多边形块段或网格块段。但矿山设计和开发要求同一类型的储量块段在空间上分布合理，在数量上满足要求。这两条虽然是对储量的要求，但如前所述，在获取资源量时，也就是在勘查工作部署时就应充分考虑。

# 布什维尔德大岩墙津巴布韦MIMOSA铂矿床资源量与储量分布图



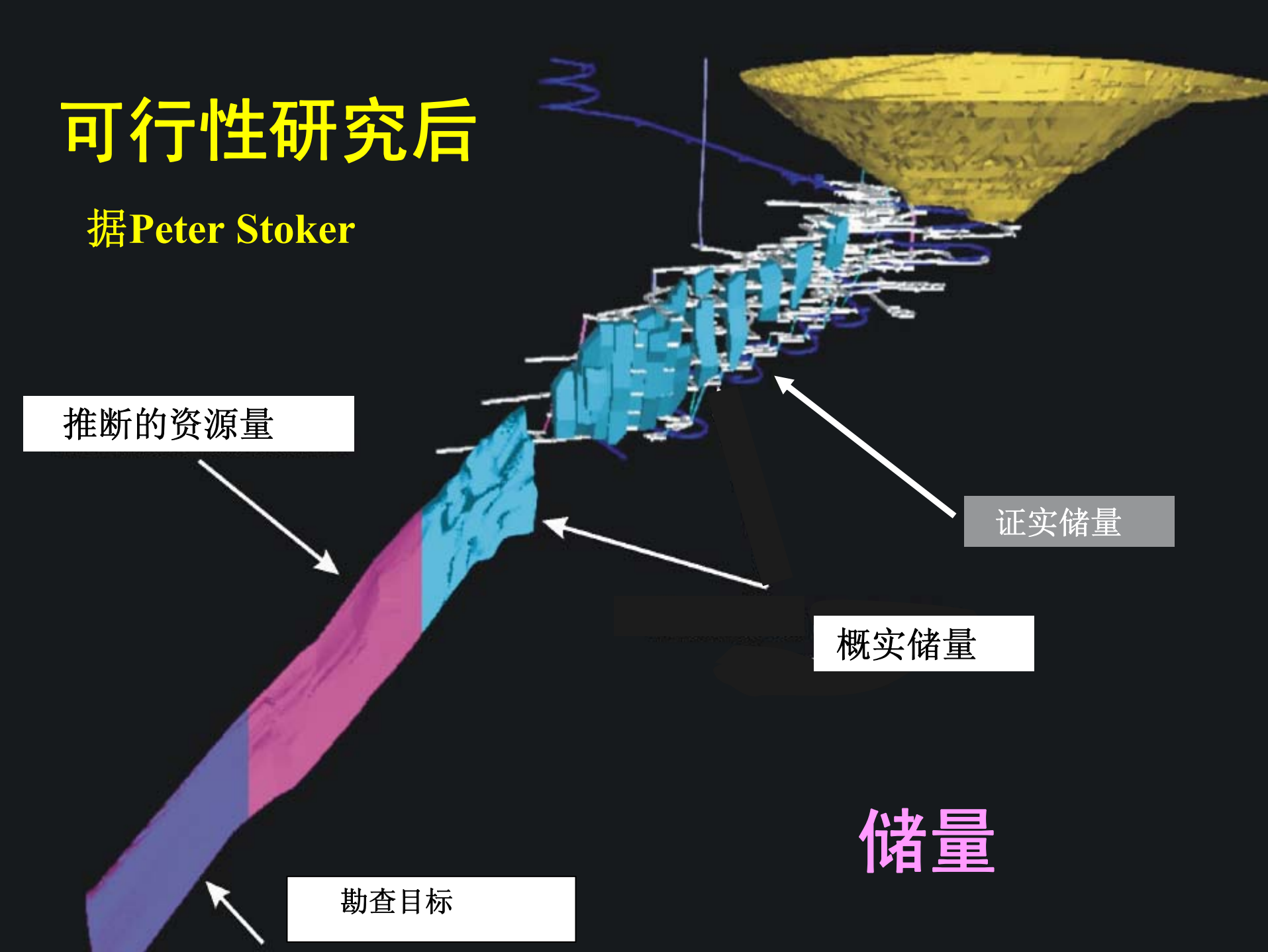
# 地质勘查与生产勘探后

据Peter Stoker



# 可行性研究后

据Peter Stoker



# 5
# 矿产普查
# 与
# 推断资源量

推断资源量是在普查阶段取得的矿产资源成果。在**UNFC**分类框架中“普查”和“推断资源量”是地质轴上可以相互替换的等价词。**99**年国标对推断资源量勘查程度作了比较宽松、比较灵活的要求，这是符合联合国矿产资源储量分类框架和所有市场经济资源储量分类对推断资源量勘查程度的表述的。

UNFC将普查和推断资源量视为可相互替换

仅指资源量应达到普查程度。普查和推断的资源量是两个概念：1.在普查阶段产生的资源量是推断的资源量，但普查还产生其他非资源量的找矿成果；普查成果包含推断的资源量，但推断的资源量不能代替全部普查成果；2.有的推断资源量不是通过普查，而是通过探求更高类别的资源量时顺便产生的。

# UNFC分类对普查阶段地质工作程度要求的表述

“普查”是通过逐步缩小远景区的面积，系统寻找矿床的过程。所使用的方法是露头研究、地质填图，以及一些非直接的方法，如地球物理、地球化学研究。可以部署有限的探槽、钻孔和取样。普查的目的是确定所发现的矿床是否能成为下一步勘查工作的靶区。普查阶段所获得的是推断的资源量，它是通过对地质的、地球物理的和地球化学的结果进行解释的基础上估计的。

# JORC分类对推断资源量地质工作程度要求的表述

推断的资源量是矿产资源量的一部分，对其吨位（矿石量）、品位和矿物成分的估计具低可信度。推断资源量据地质证据估计，对地质的连续性和/或品位的连续性是假定的，而未予验证。推断资源量所依据的信息是从露头、探槽、井坑和钻孔中采集的，它们得数量有限，采样质量和可靠性都具不确定性。

# USGS分类对推断资源量地质工作程度要求的表述

推断资源量是在超出指示的资源量和/或测定的资源量范围之外的矿床部分，具有假定的连续性的基础上，据地质证据估计的。推断的资源量可以有，也可以没有样品或测量数据的支持。

# 俄罗斯的$C_2$

据极稀的网格，用很少的数据估计的储量。矿体的边界主要是通过同邻近类似矿床的对比，在已知的地质构造内外推的。矿体的品位和矿物性质是据岩心样品，并同该地区类似矿床进行对比确定的。储量据有限的数据，有时仅据单孔外推。此类型包含了同一矿床毗邻A、B、$C_1$储量的外推部分。

由以上对推断的资源量地质工作程度的三个表述可以看出：

1. 普查项目要估计矿床的吨位（矿石量）和品位，但可信度低。

2．矿体和品位的连续性是假定的。

3．地质填图、地球物理、地球化学结果的解释是估计推断资源量的主要依据，辅之以有限的露头和坑钻工程取样数据，以资验证。

同以上地质工作要求相比，我国过去的普查（D级）储量的地质工作程度显然偏高，因此333同大多数D级储量不能直接挂钩。它的地质工作程度大致处于333与332之间。这个差异，在矿业权评股转让和政府资源储量统计时应该考虑。

今后不应该把过去的D级储量作为333的参照对比物，而应按99年国标的要求，形成真正符合333要求的普查工作要求的资源量类型。

# 矿产普查的性质与特点

1. 矿产普查主要是一个以发现矿床为目标的过程，而不是一个以探查资源量为目标的过程。在矿产普查中，主要使用的是地质填图、地球物理和地球化学手段，探矿工程和取样在这个阶段主要起验证和大致估算矿量的作用。
2. 因此，资源量的多少并不能完全反映矿产普查成果的价值。根据地质、地球物理、地球化学和有限的工程取样信息，对矿床勘查远景进行评价，才是矿产普查的主要任务。

# 矿产普查的性质与特点

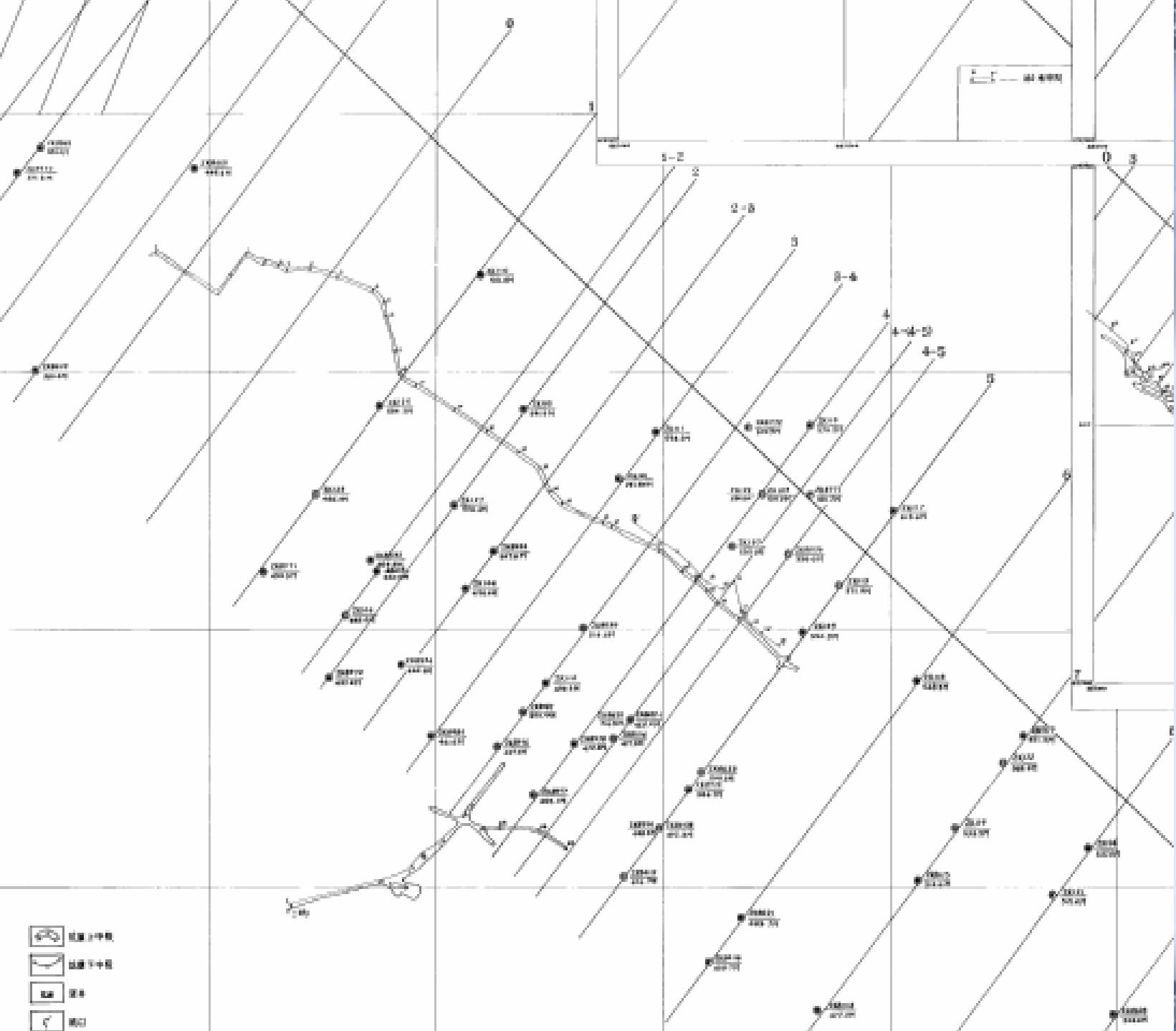
3．在矿产普查阶段，对矿体和品位的连续性是假定的。所谓连续性，就是所圈定的矿体边界。这就表明，普查所圈定的矿体边界主要是据地质、地球物理和地球化学信息推断的，而非用工程系统控制的。这就是说，我们没有必要在普查阶段用一个网度来一条线一条线、一个孔一个孔地衡量是否控制住了矿体，因为　它不是这个阶段要做的事。

# 矿产普查的性质与特点

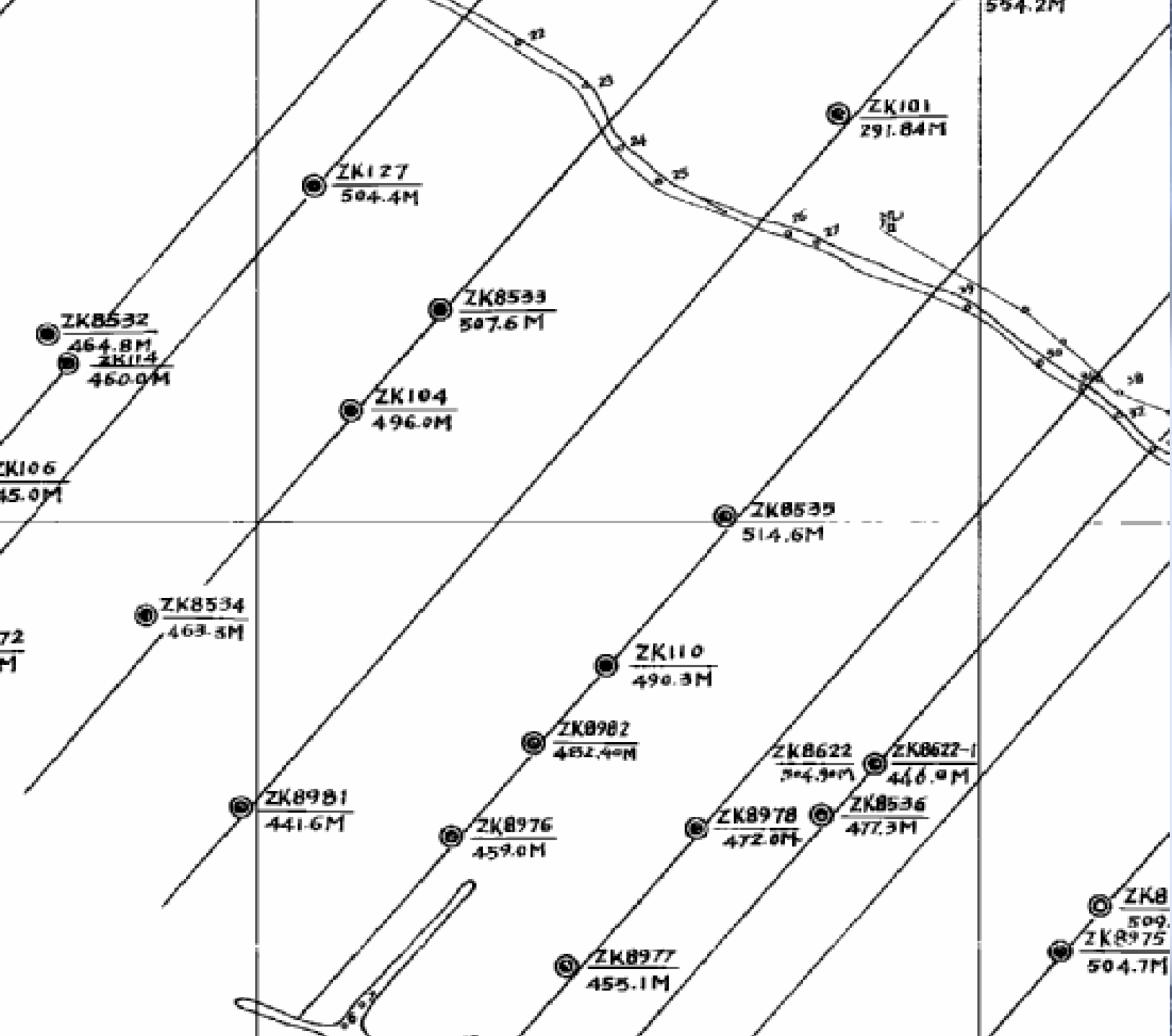
4．普查是最具知识性、经验性、挑战性的一个勘查阶段，是地质学家智力竞争的主要舞台。在普查过程中能否找到矿，如何找到矿，要充分发挥地质学家的能动性。因此，普查阶段要把地质学家对矿床地质的思考和物化探异常的解释放到首位，有限的工程起到验证作用。在这种情况下所得到的连续性是假定的，所获得的资源量是推断的。

5. 普查是为近一步勘查部署服务的，而不是为资源的利用服务的。因此，由普查获得的推断资源量，应该很快被后续更高的资源量类型所覆盖。在整个资源量构成中，推断的资源量应该占比较小的比例。但我国的情况是，过去全国普查所获得的D级储量占总储量的1/2到2/3，且长期的不到近一步的勘查，更没有开发利用。这就表明过去普查阶段所获得的矿量同普查阶段的功能不符。

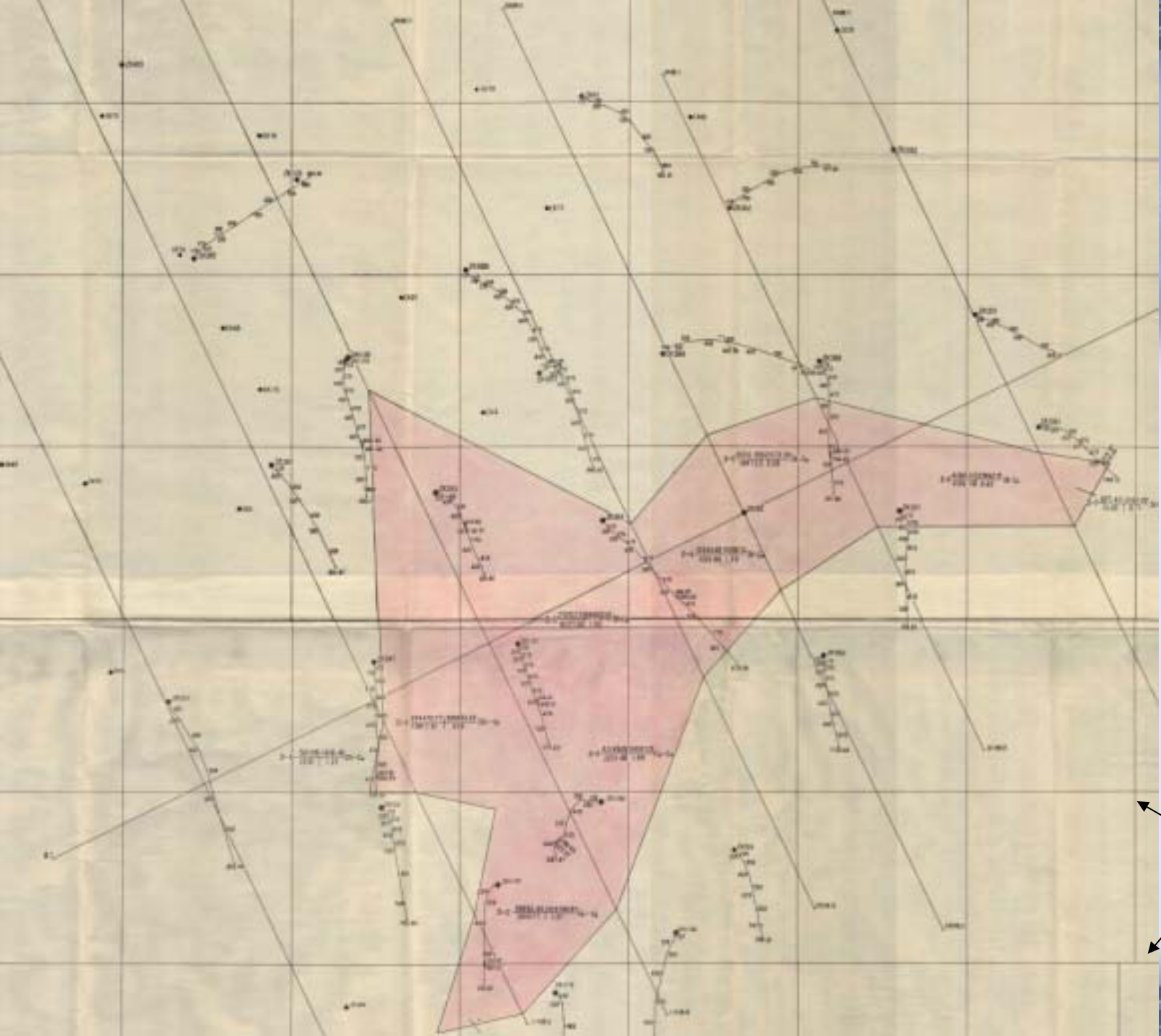
# 推断的资源量估计实例



# 夹皮沟金矿普查工程部署

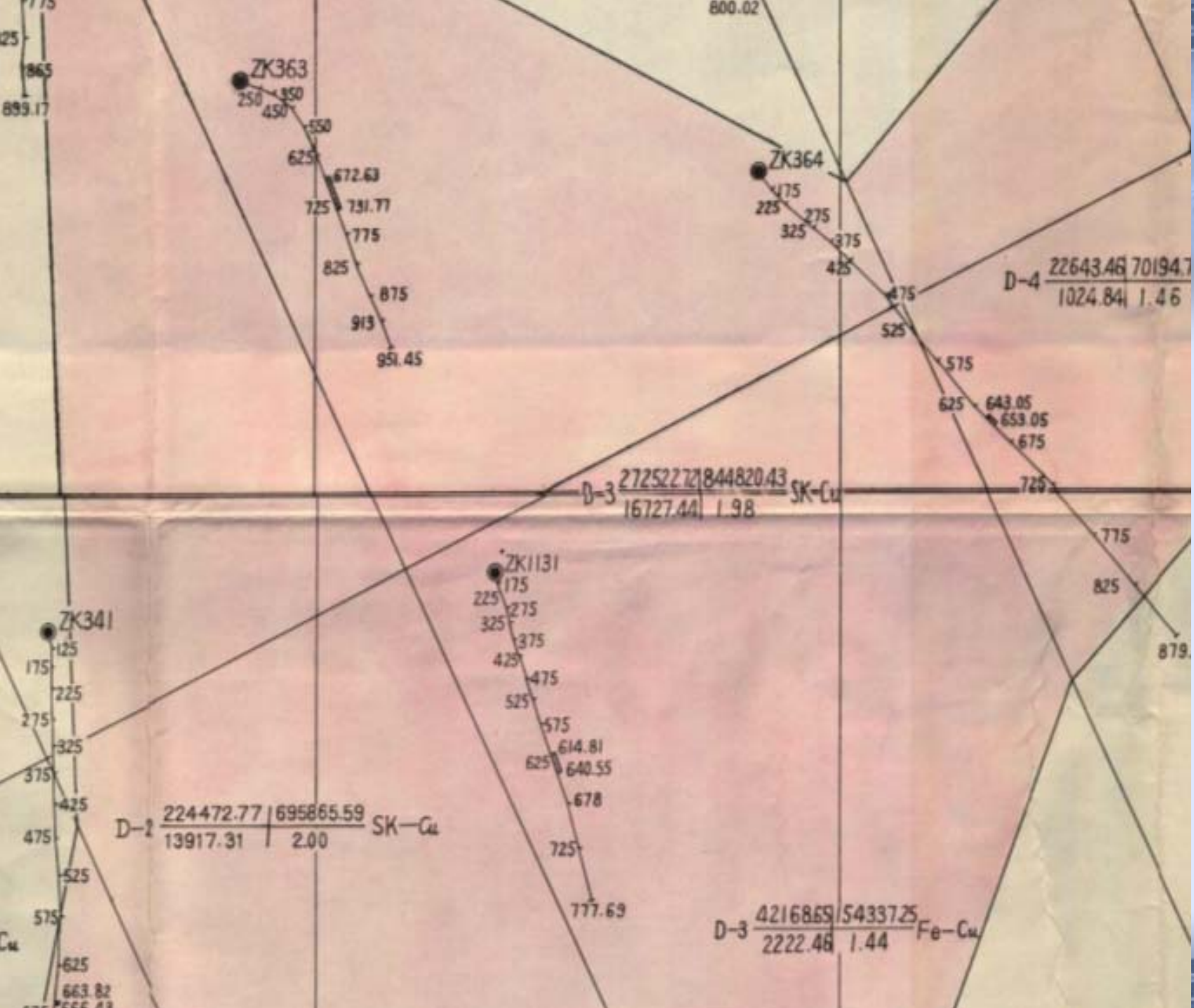



# 夹皮沟金矿普查工程部署

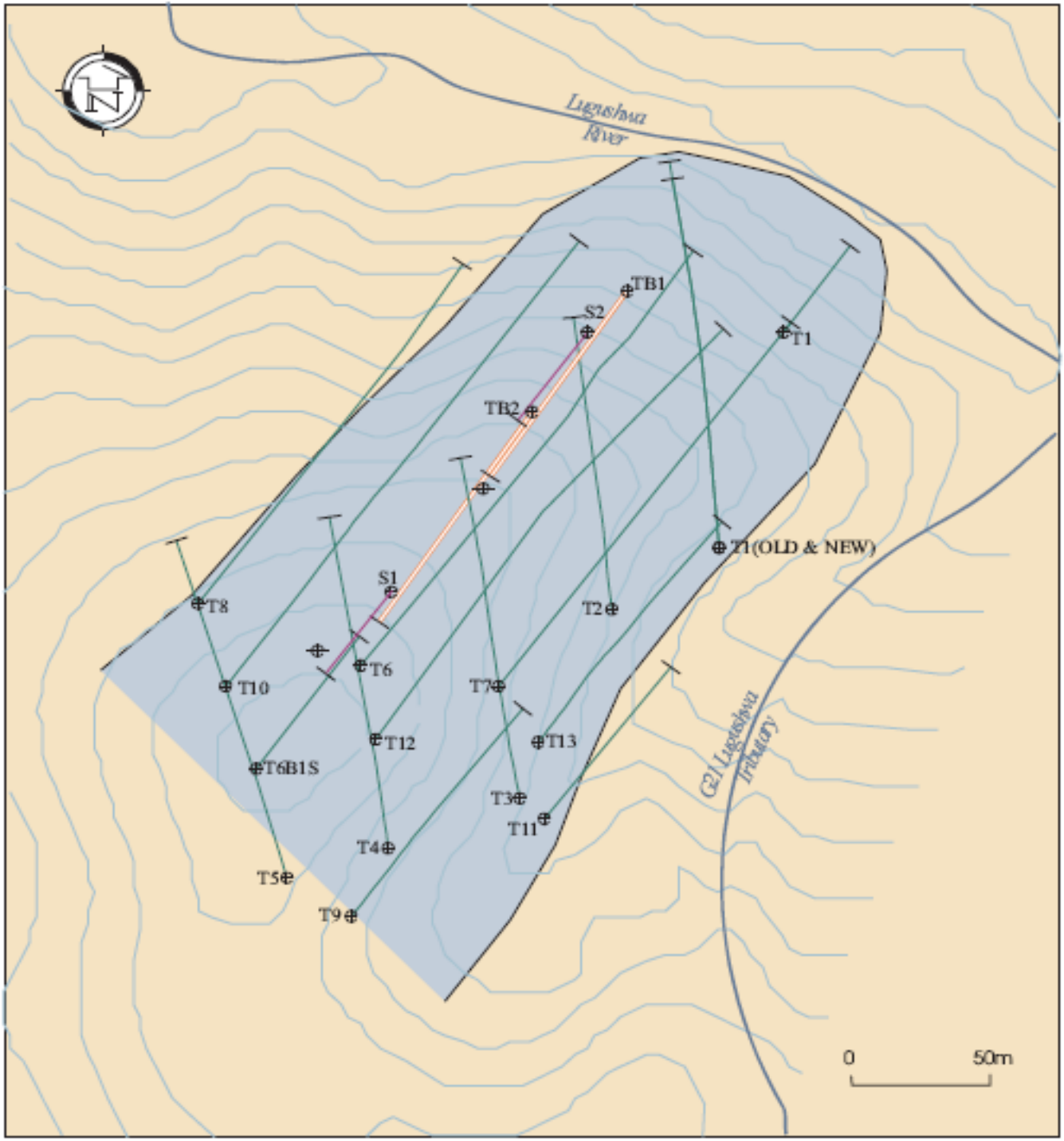


# 龙门山铜矿普查工程部署及储量计算平面图

200m




# 龙门山铜矿储量计算平面图

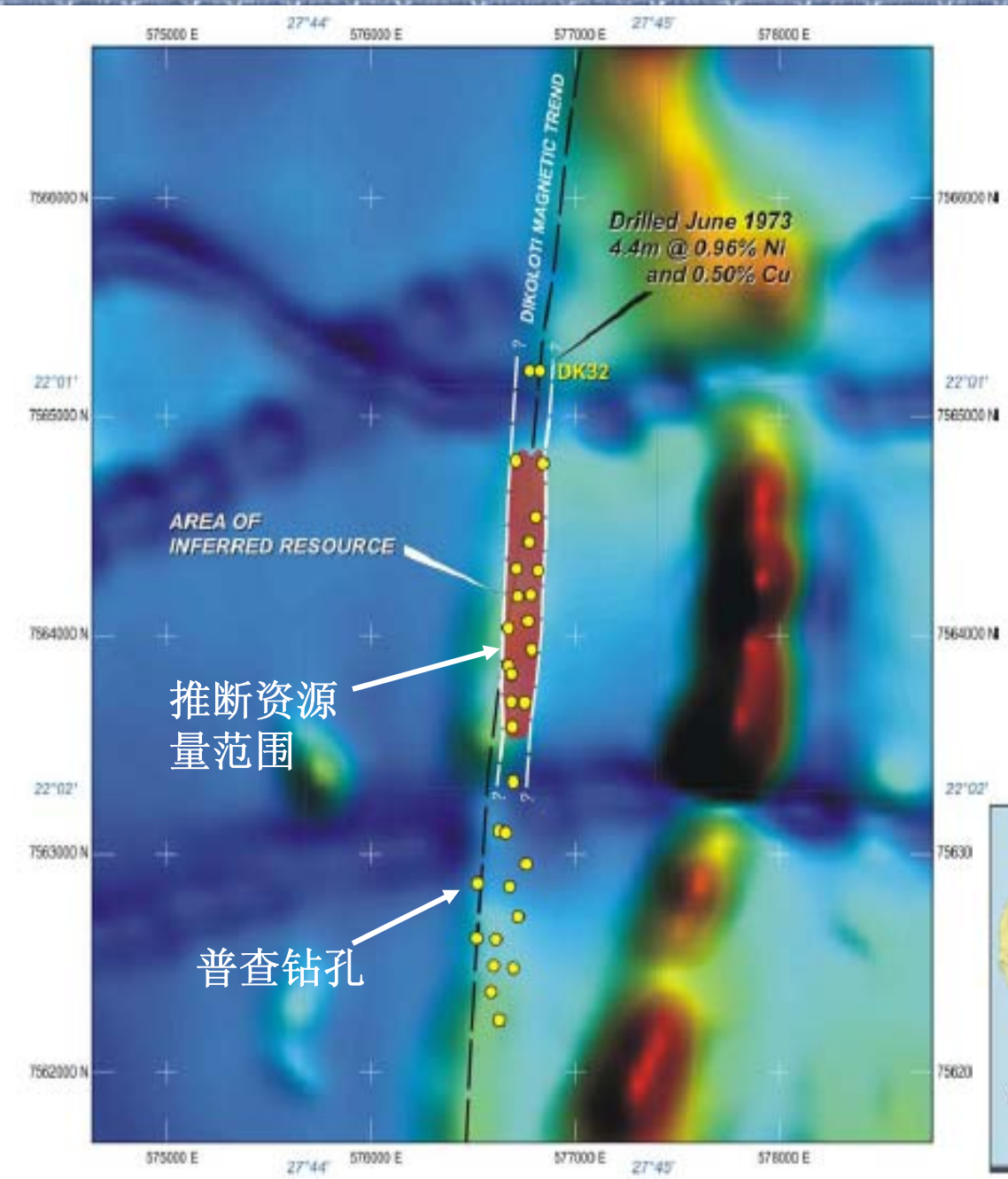



# 刚果Lugush金矿床G20-21普查工程部署

# 刚果Lugush金矿床G20-21矿体普查

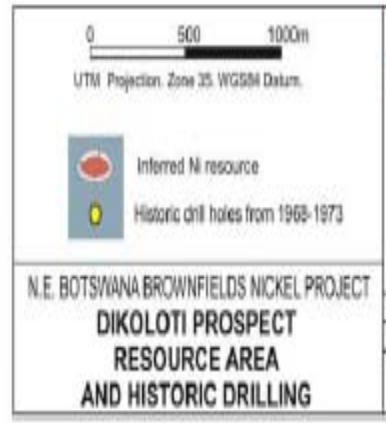
- 1962年开展过20m×20m化探。
- 1966-67年，在化探异常区挖了6个探槽。
- 1972年打了两个钻孔。
- 1978-79年，又挖了9个探槽。
- 圈出矿床大致范围
- 矿石量：1380万吨；品位：3.1g/t
- 估计推断的资源量：Au 183.5万oz（58.72t）

# 博茨瓦纳DOKOLOTI镍矿普查与推断资源量









# 博茨瓦纳DOKOLOTI镍矿普查

- 1963年化探发现。
- 1968～1973共打了32个钻孔。
- 利用历史资料，按照JORC分类标准估计推断资源量。
- 普查区走向长度2000m，确定推断资源量计算走向长度1300m，此范围内16个钻孔。
- 取镍品位0.5%，获得推断资源量120万吨；取镍品位0.8%，获得推断资源量90万吨。

# 澳大利亚Charters金矿中区主要含矿构造

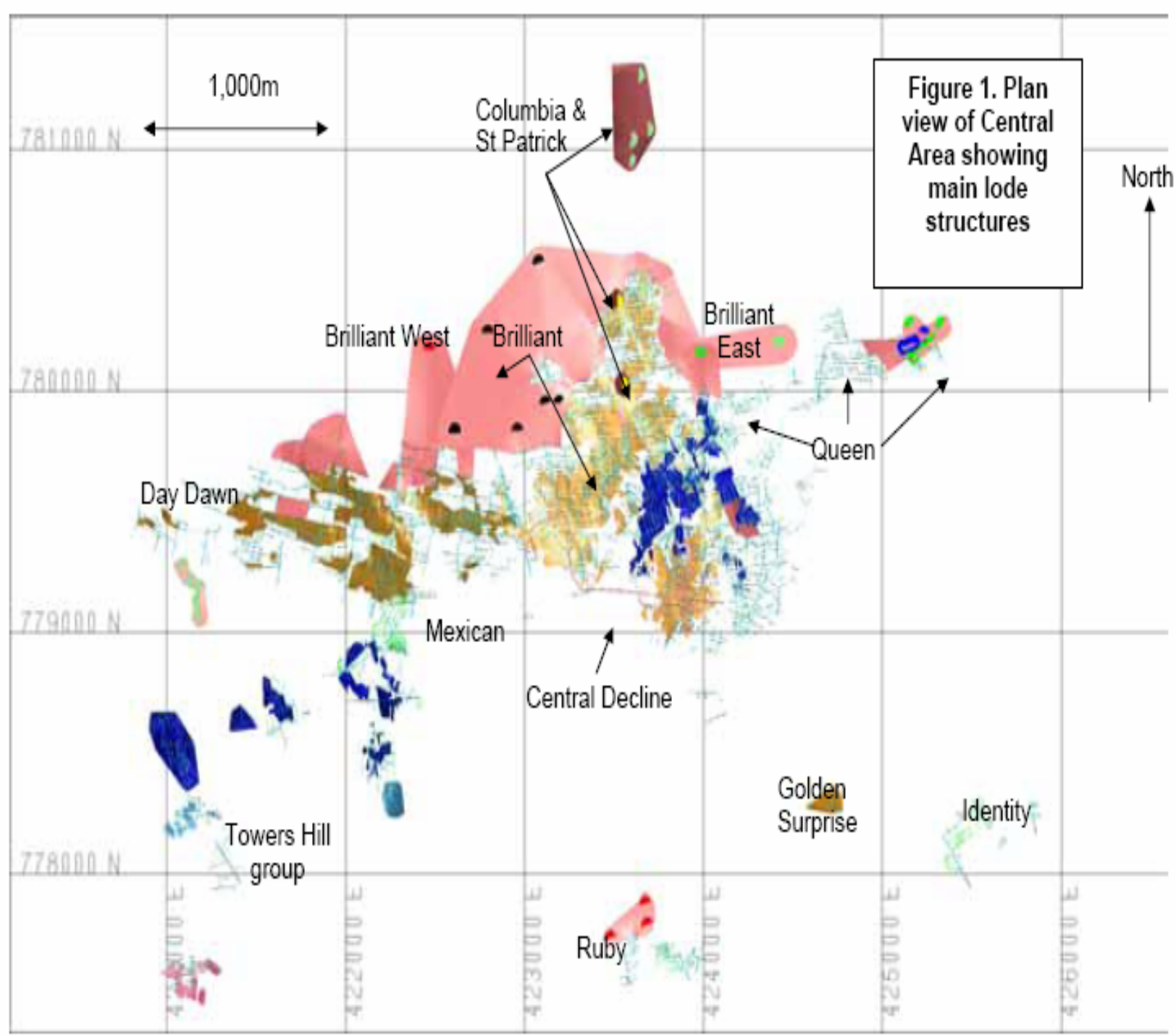
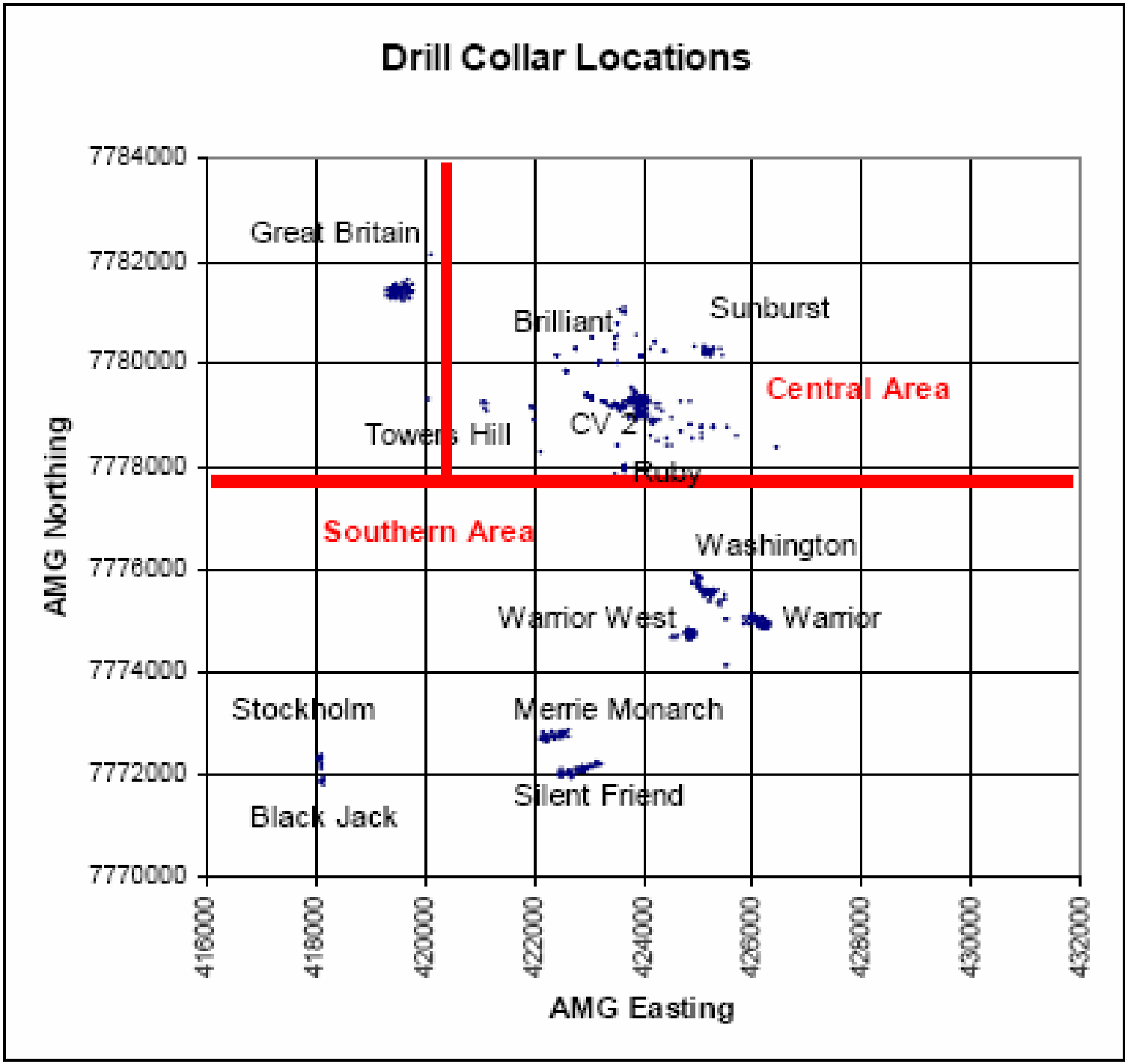



Figure 1. Plan view of Central Area showing main lode structures

# 澳大利亚Charters金矿钻孔分布图



# 澳大利亚Charters金矿外推的推断资源量估计

- 澳大利亚**Charters**金矿是个大型金矿田，共**33**条矿脉，对其中**22**条估计推断的资源量。
- **Charters**金矿已进行露天和地下开采，开采深度**1000m**，估计矿化深度**3000m**。
- 地表和地下累计施工了**1800**个钻孔，共钻进**147000m**。
- 本次对已知矿体的深部和外围进行推断资源量估计。
- 估计采用了**1550**个有效的样品段。

# 澳大利亚Charters金矿外推的推断资源量估计

- 推断资源量估计按照JORC标准进行。
- 推断资源量估计的具体方法是：

1. 利用矿山生产勘探数据建立三角网数字地形模型，高程为品位值；
2. 计算大于3g/t的样段的平均品位；
2. 据该模型确定金矿脉的走向和深部延伸；
3. 矿区已开采到1000m，将1000～1200m范围作为推断资源量的垂向范围；
4. 计算落入这个范围内的资源量，即为推断资源量。

# 澳大利亚Charters金矿外推的推断资源量估计

- 估计结果：

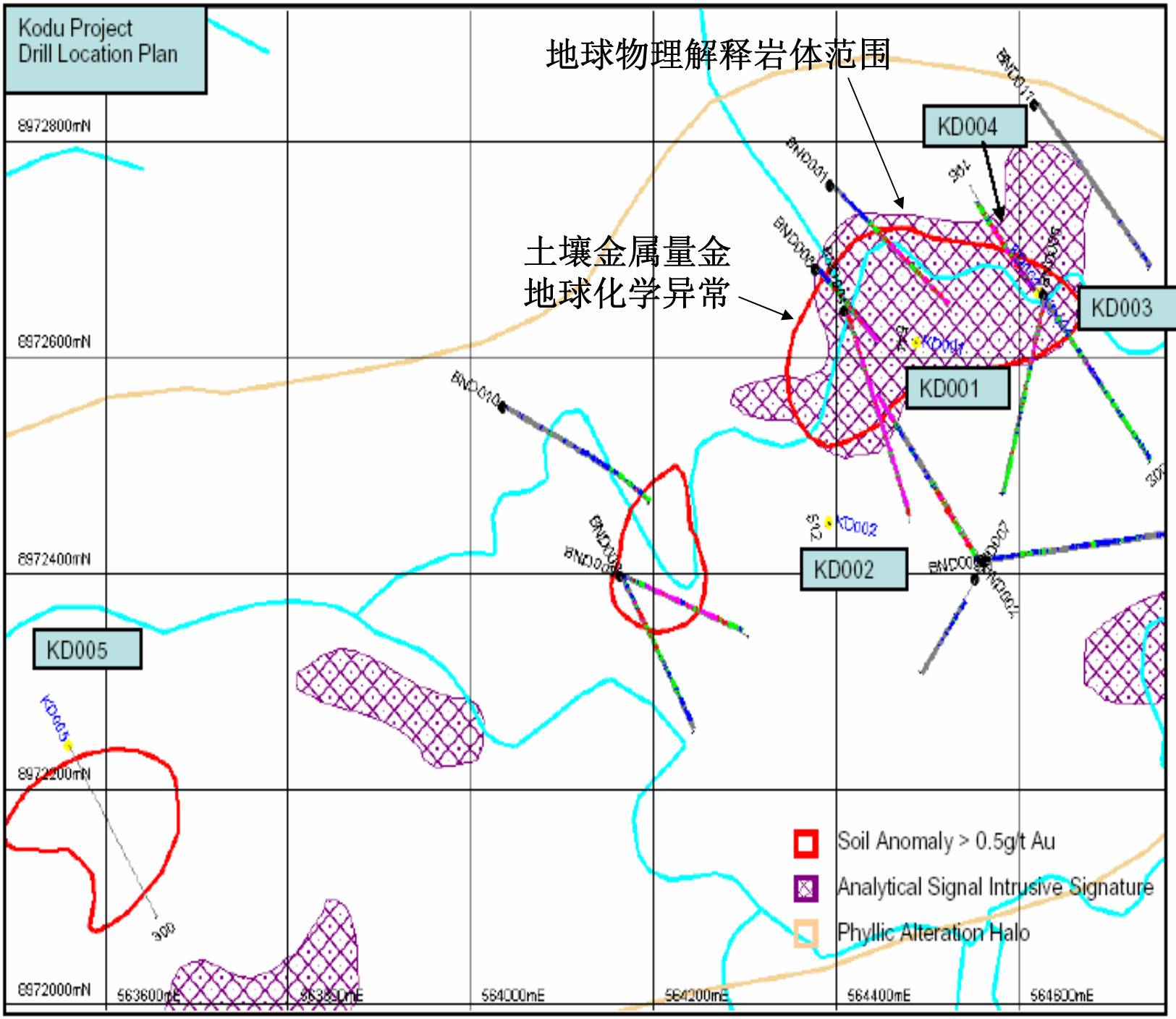
（边界品位**3g/t**，平均品位**13.5g/t**）：

中区：**Au**推断资源量**400**万**oz** （**130t**）

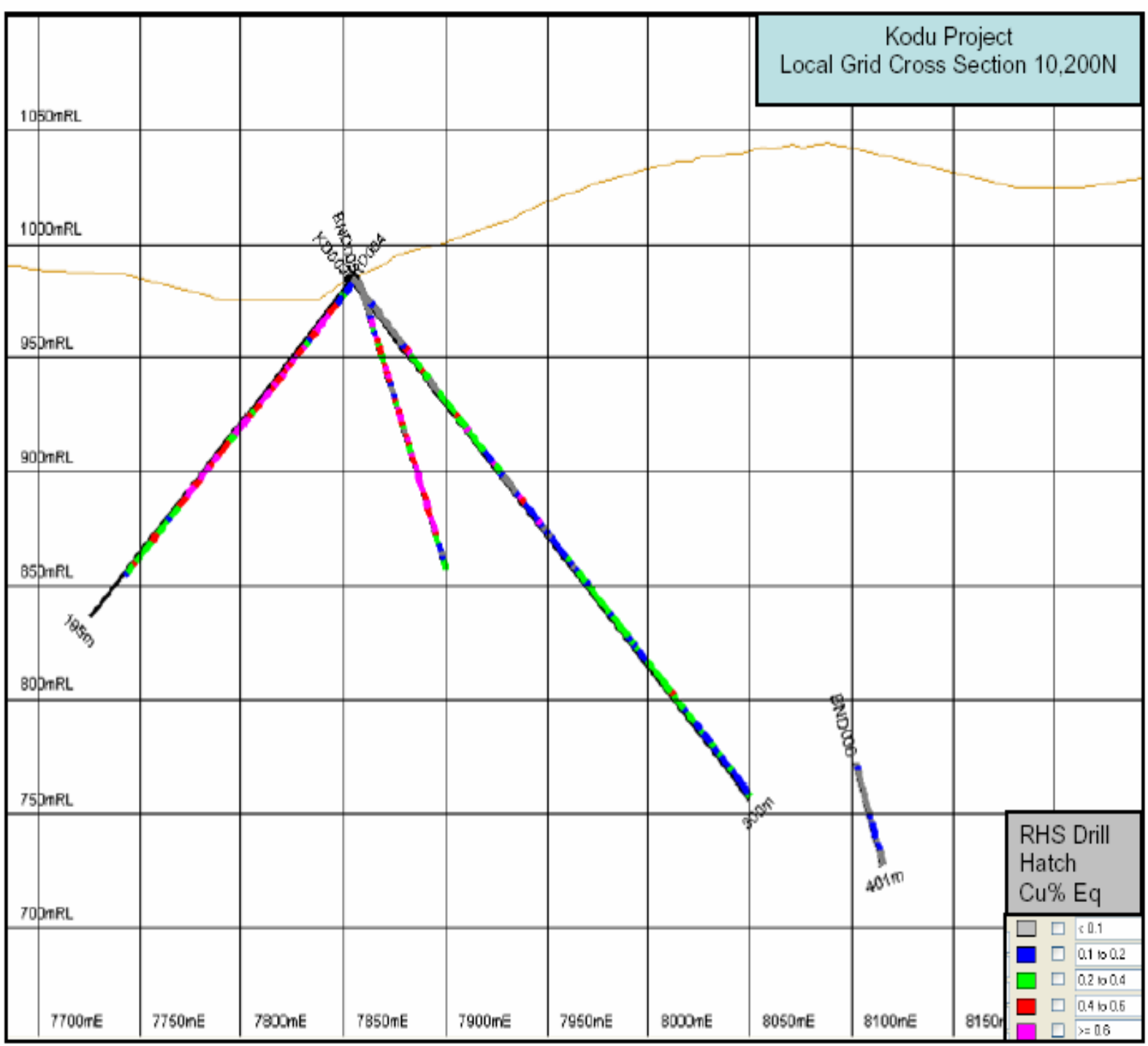
南区：**Au**推断资源量**600**万**oz** （**190t**）

# 澳大利亚Charters金矿外推的推断资源量估计

这种计算推断资源量的方法是一种“模型推断法”而非简单的外推法。还有许多多样化的方法。国外的储量审计师，对推断的资源量一是审计其数据真实性和数据质量，二是审计其报告内容是否符合有关要求（NI-43-101），三是审计报告编写者提出的计算推断资源量的方法、模型或准则是否科学合理。我国的储量评估师要同国外互认，必须具备这方面的知识和经验。




# 巴布亚新几内亚Kodu斑岩铜金矿床普查与推断的资源量估计




# 巴布亚新几内亚Kodu斑岩铜金矿床普查与推断的资源量估计

# 巴布亚新几内亚Kodu斑岩铜金矿床推断的资源量估计

- BHP于1992年化探发现该矿床。
- 1994～95年BHP施工7个钻孔。
- 1996年据其中的5个钻孔计算了推断的资源量：

  Au:52吨

  Cu：34万吨

# 6

# 编写报告时资源量的归类准则

我国过去的储量归类准则依靠规范确定。勘探类型、勘探网度、储量级别（ABCD）是一体化的关系。矿产勘查、储量评审都是依据这个一体化的准则进行。网度是衡量勘查工作是否达到要求的焦点，勘查地质专家、储量评委都对网度负责。

99年国家标准不再遵循类型－网度－ABCD的思路，没有把这些写入分类标准和有关规范，而是将其列入参考性内容中。但是在执行过程中，无论是储量报告的编写者，还是评审者，在实际操作中仍然受到老的规范的深深影响。

国际通行的做法是：矿产资源／储量分类标准给出了各类资源量的要求，如何判断计算对象达到哪个类型的要求，需要编写资源量报告的地质人员自己提出一套归类准则，这个准则应符合有关分类标准（如JORC）的规定。因此，怎么才算达到资源分类要求，它的准则是什么，是地质人员要做的事，而不是规范要做的事，这是我国老的规范体系同国际通行做法的重大不同点。

加拿大采矿、冶金和石油学会2003年颁发的“矿产资源量和储量估计最佳实践指南”中要求：

“……应将资源量划分为三个类型。应该足够详细地说明所使用的分类准则，以便其他人能重复该分类过程。”

在NI-43-101的技术报告编写提纲中，有专门的一节“资源量分类”，要求资源量报告编写者提出自己的归类准则。准则因人而异，合理科学就行。下面介绍几个实际的准则。

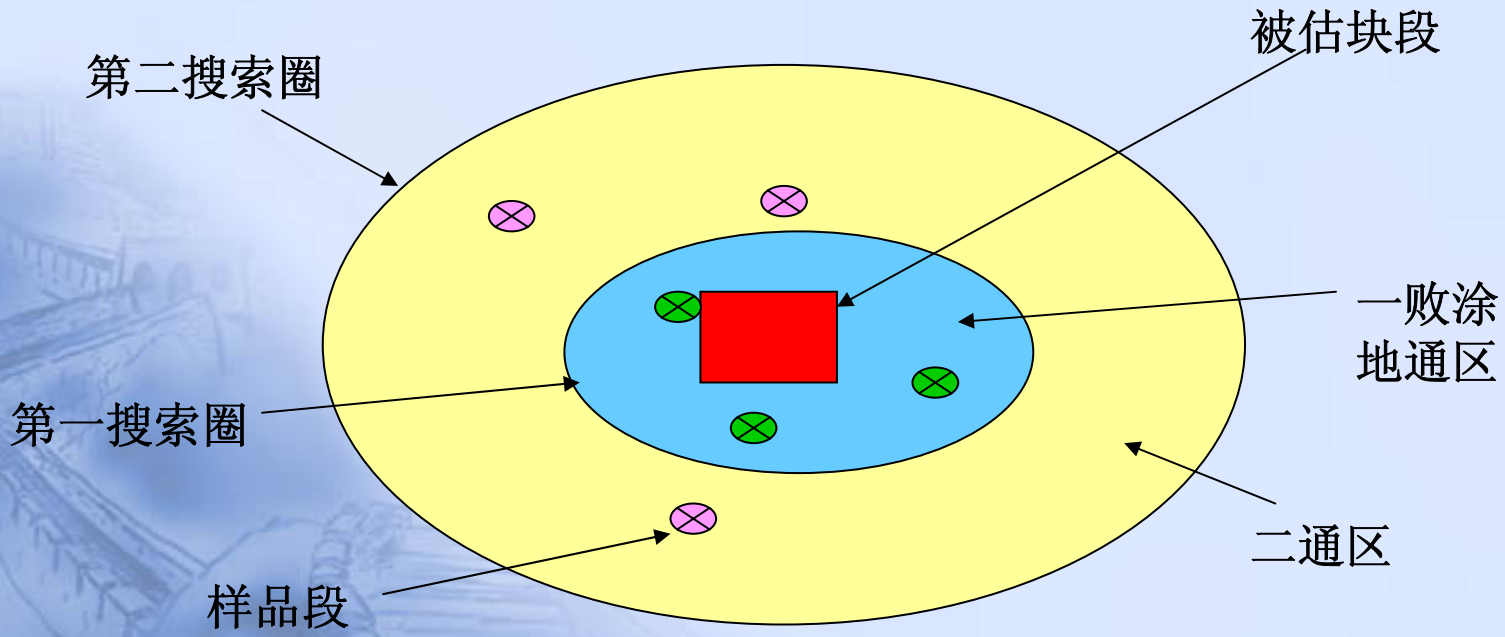
# 玻利维亚Don Mario金矿资源量分类准则（2005）

## 经验法

- 测定的资源量：地下开采，矿体已被开拓，段高15m，坑下钻孔25m网格取样。
- 指示的资源量：矿体未开拓的其他部分（实际上在地质勘探时已达到指示的资源量）。

# 哥伦比亚Angostura金矿资源量分类准则

## 地质统计学变差函数法（Greystar资源公司，2006）



# 哥伦比亚Angostura金矿资源量分类准则

| 一通与二通参数取决于各矿石类型的变差函数 | 一通 搜索半径（m） | | | 二通 搜索半径（m） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 沿走向 | 沿倾向 | 沿垂向 | 沿走向 | 沿倾向 | 沿垂向 |
| 脉状 低品位 | 55 | 55 | 55 | 110 | 110 | 110 |
| 高品位，主区 | 27.5 | 5 | 27.5 | 55 | 10 | 55 |
| 高品位，**Veta de Barro** | 15 | 5 | 15 | 30 | 10 | 15 |
| 堆积带 低品位 | 55 | 12.5 | 55 | 110 | 25 | 110 |
| 高品位 | 27.5 | 2 | 27.5 | 55 | 4 | 55 |
| 浸染带 低品位 | Only one Pass | | | 55 | 55 | 55 |
| 高品位 | Only one Pass | | | 27.5 | 2 | 27.5 |

# 哥伦比亚Angostura金矿资源量分类准则

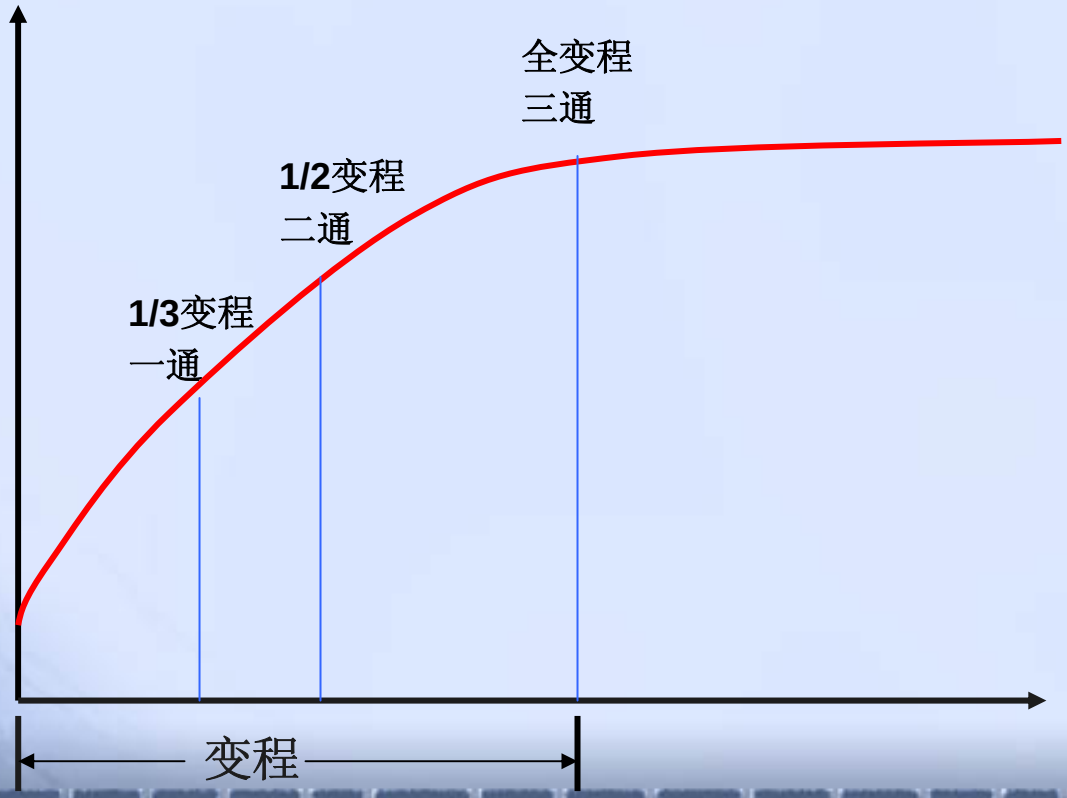
测定的资源量：一通块段，即在一通区内搜索到足够的样品计算资源量的那些块段。

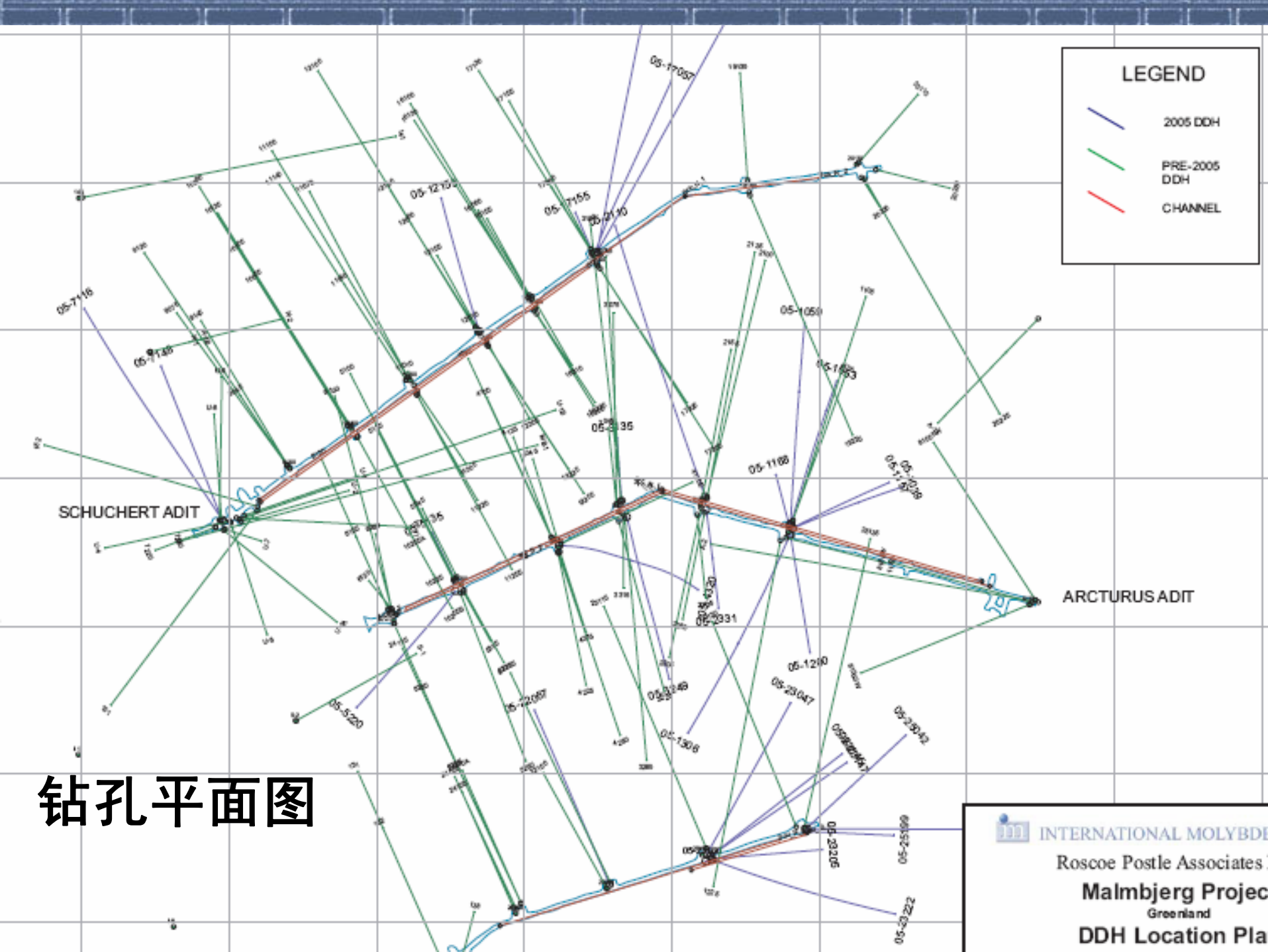
指示的资源量：二通块段，即在二通区内才能搜索到足够的样品计算资源量的那些块段。

# 格陵兰Malmbjerg钼矿床资源量分类准则

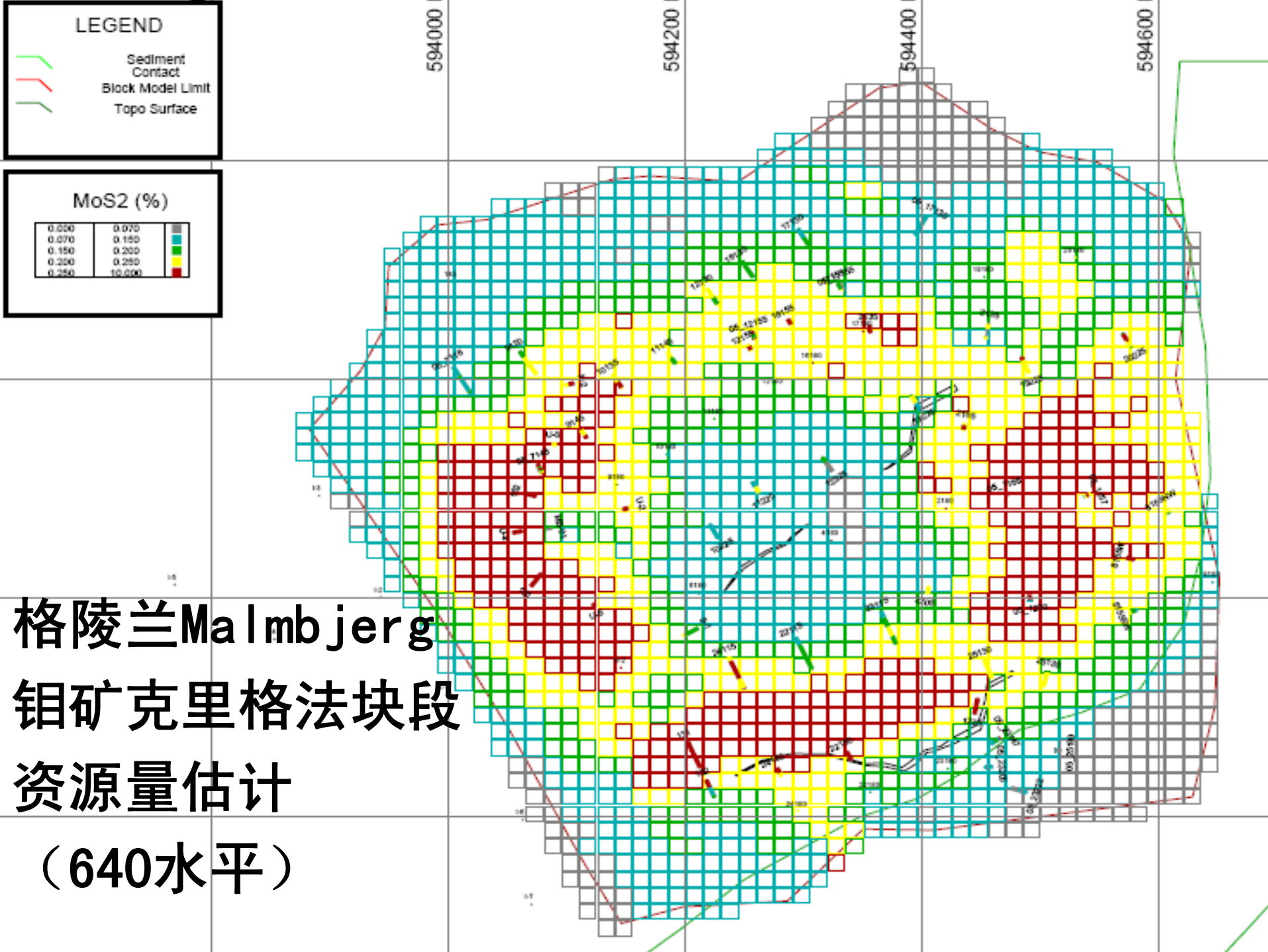
## 地质统计学变差函数法

按变差函数变程设置一通、二通、三通。




LEGEND
2005 DDH
PRE-2005 DDH
CHANNEL
SCHUCHERT ADIT
ARCTURUS ADIT
INTERNATIONAL MOLYBDE
Roscoe Postle Associates
Malmbjerg Projec
Greenland
DDH Location Pla

# 钻孔平面图




# 格陵兰Malmbjerg钼矿克里格法块段资源量估计（640水平）

# 格陵兰Malmbjerg钼矿床资源量分类准则

分类准则（RPA咨询公司，2005）

- 测定的资源量：一通的块段，且有20个（四象限）以上样品段归入此类。
- 指示的资源量：剩余的一通块段和全部二通块段归入此类。
- 推断的资源量：在上述两类块段之外的其他块段。

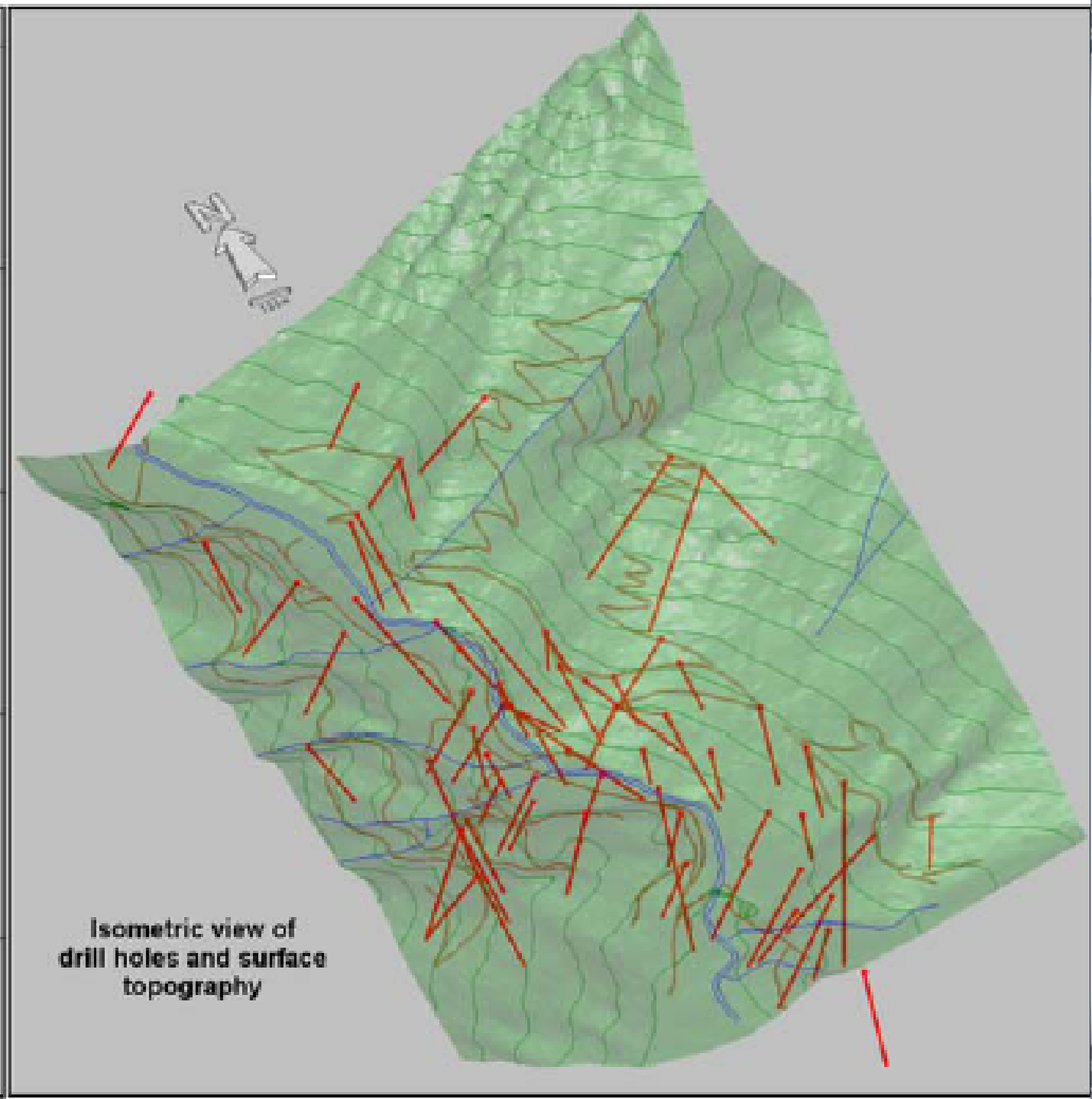
# 智利Vizcachitas斑岩铜钼矿床
# 资源量分类准则

使用克里格法计算资源量，对每个克里格块段的分类准则是（**GHG资源公司，2007**）：

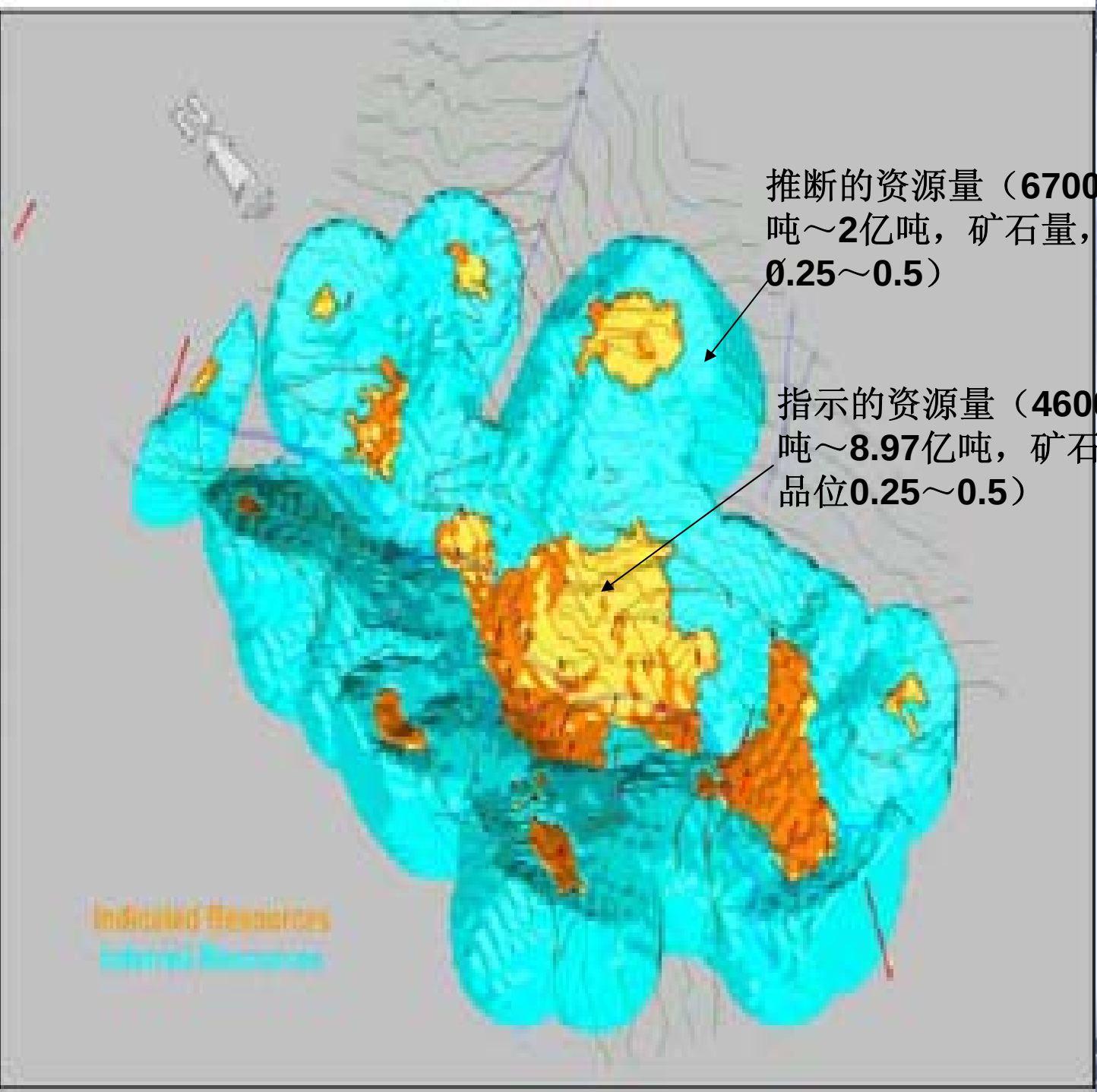
指示的资源量：在**100m**的搜索范围内至少有**3**个钻孔，相当于钻孔的平均间距为**175m**。

推断的资源量：不满足以上准则，但要求样品距被估块段的最大距离不超过**200m**。

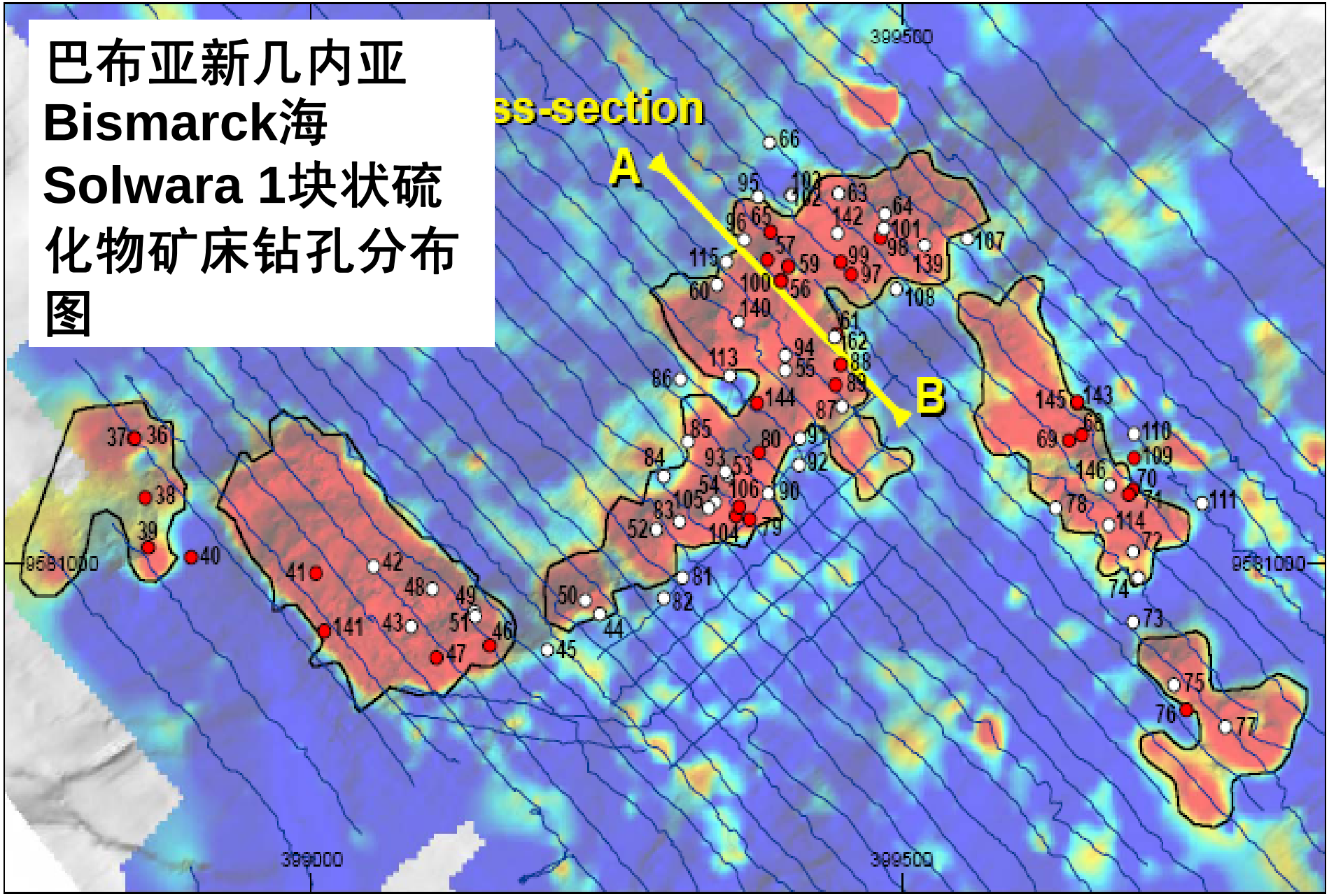
# 智利Vizcachitas斑岩铜钼矿床钻孔分布图

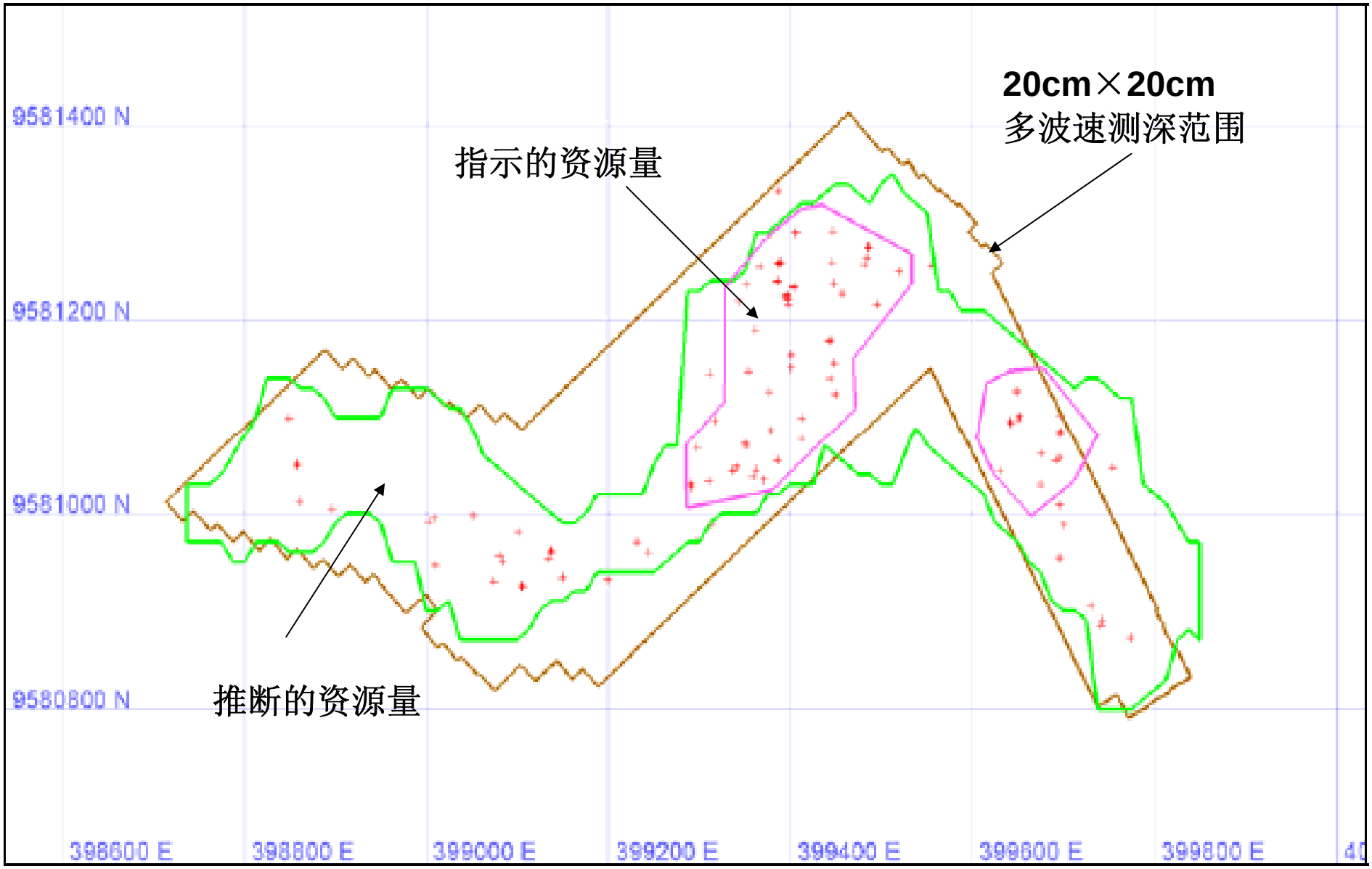


# 智利Vizcachitas斑岩铜钼矿床资源量分类图图



# 巴布亚新几内亚 Bismarck海 Solwara 1块状硫化物矿床钻孔分布图






巴布亚新几内亚Bismarck海Solwara 1矿床块状硫化物矿床资源量类型图（据 Nautinas Minerals Inc, 2008）

# 资源量分类准则（Nautinas，2008）

- 20cm×20cm多波束测量，强电磁异常。
- 指示的资源量：10m～50m钻孔密度，一通搜索，矿心采取率大于70%。
- 推断的资源量：一般钻孔间距为100m，最大可达200m，矿心采取率变化很大。所有的烟囱均归入推断的资源量，原因是烟囱样品破碎，可靠性差。
- 按此准则，获得指示的资源量87万吨，推断的资源量130万吨。

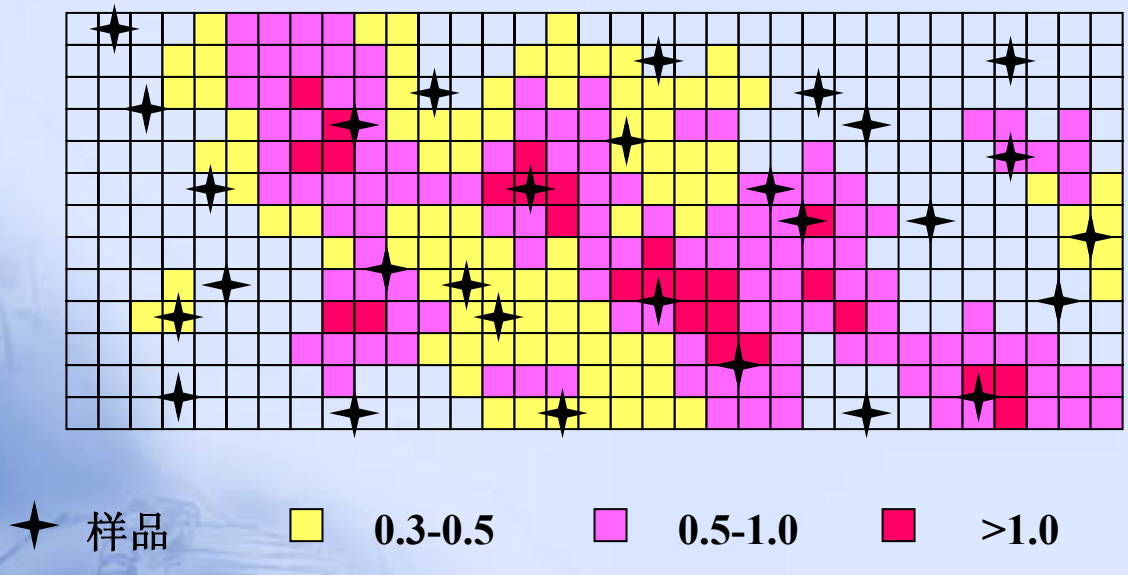
# 7

# 现代资源量计算方法

现代资源量计算方法主要是克里格法、距离倒数法和人工神经网络法。这三种方法都可以用来估计局域资源量，使矿山设计和生产更有针对性。因此，对于测定的资源量，必须使用这类方法估计，才能获得银行贷款和股市投资，其它方法均难以得到金融机构和股市的承认。

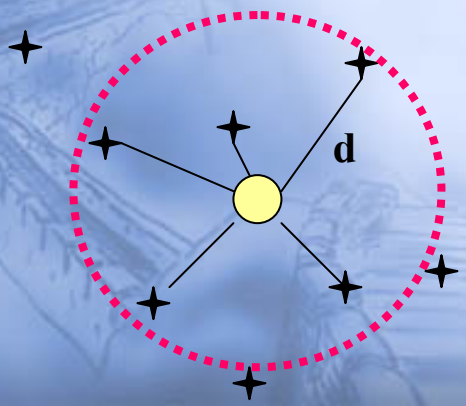
# 现代矿产资源量计算方法

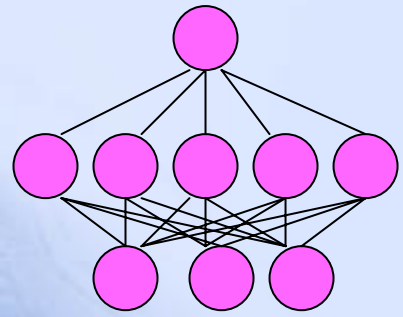
网格化插值是现代资源量计算方法的基本特征

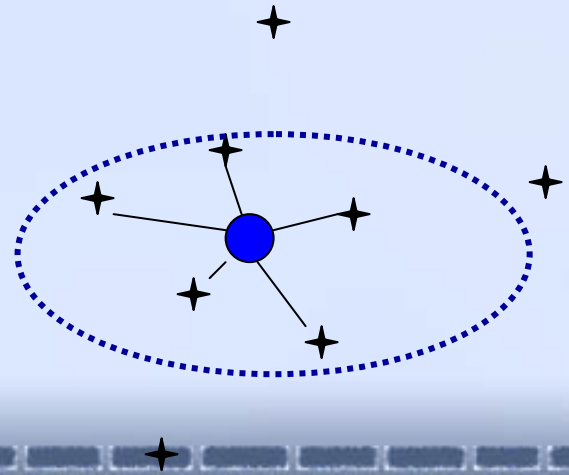


# 现代矿产资源量计算方法

可实现网格化插值的储量计算方法有：　1、距离倒数法；
2、克里格法；
3、人工神经网络





# 现代矿产资源量计算方法

克里格法：

规则网格插值
无偏估计
自估误差

$$Z_k = \sum \lambda_i x_i$$

# 现代矿产资源量计算方法

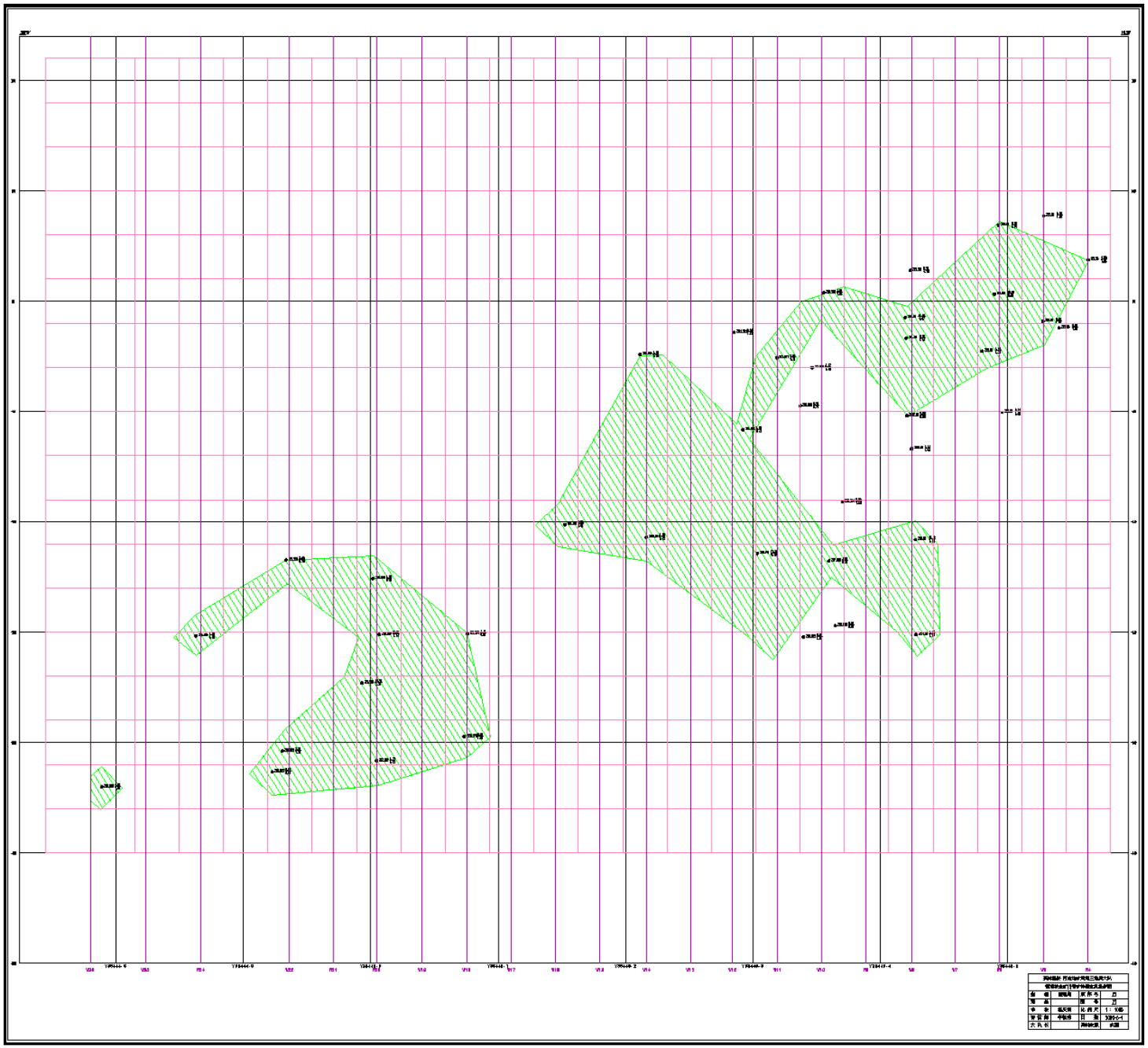
距离倒数法:

网格插值
计算简单
不自带误差

$$z_{d=} \sum k_i x_i /(\sum k_i)$$

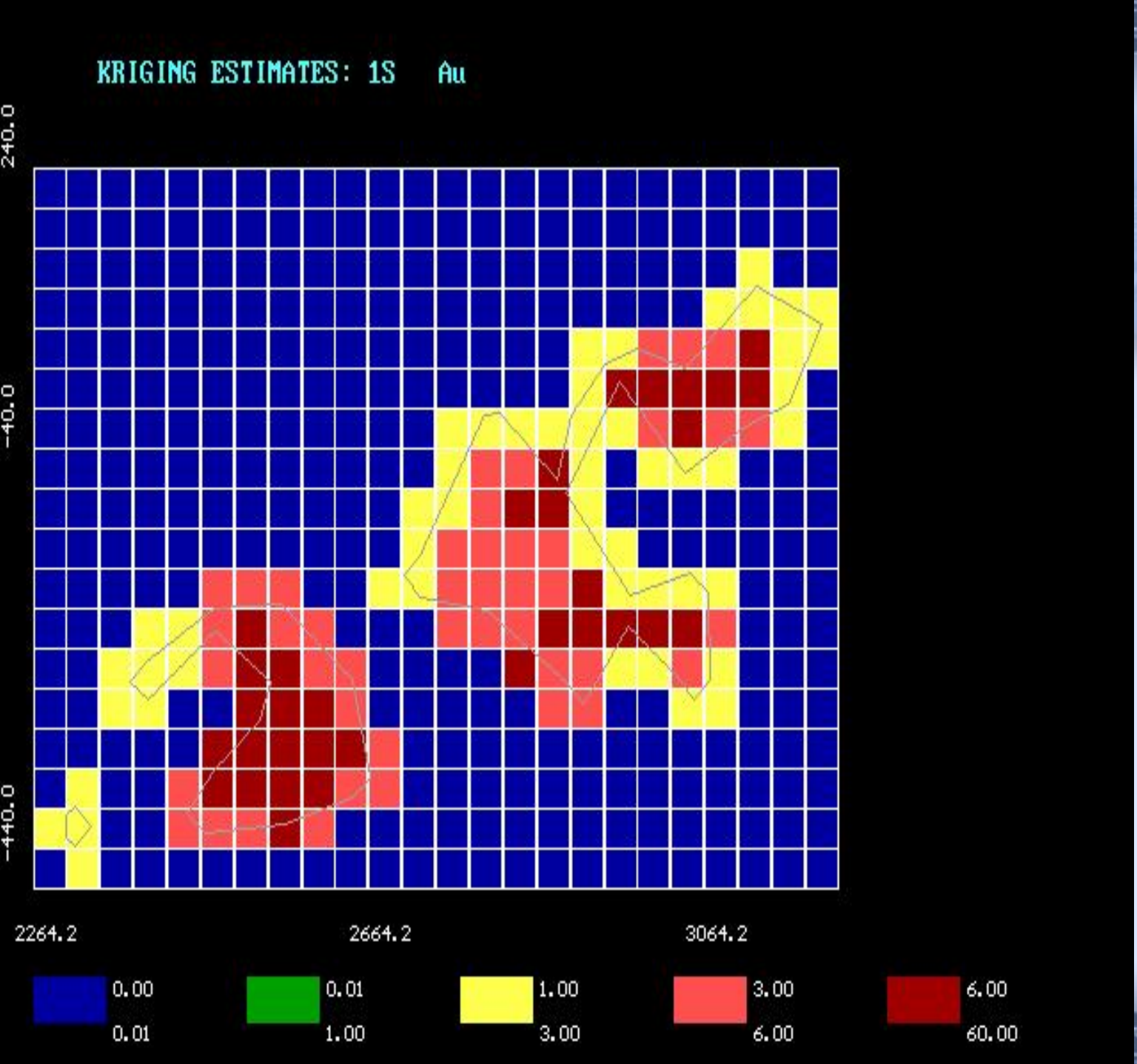
$$k_i = 1/d_i^{\,p}$$

# 银洞坡金矿1S号矿体垂直纵投影图



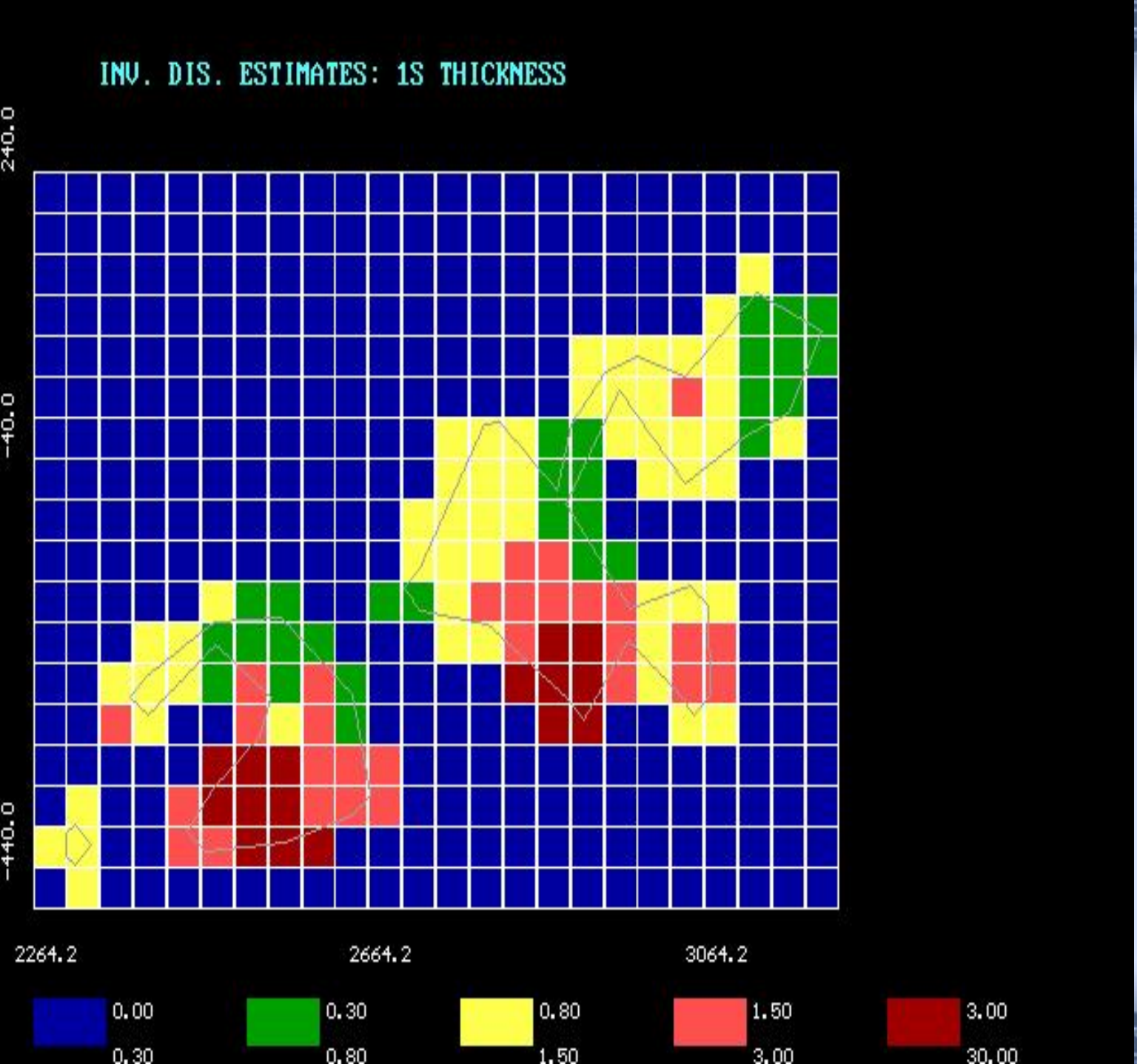
河南银洞坡金矿 1S 矿号体

垂直纵投影图



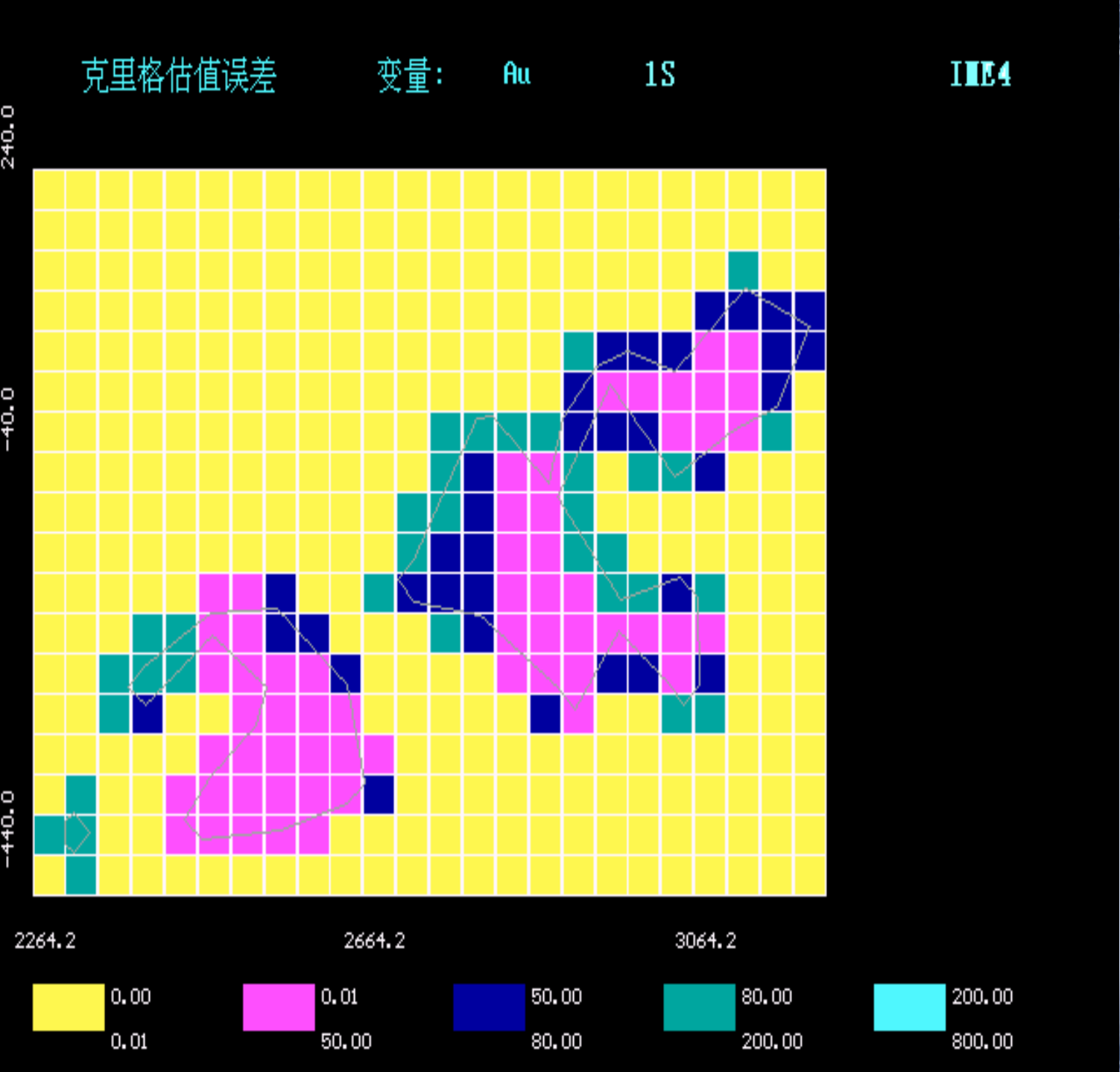

# 河南银洞坡金矿 1S 矿号体

## 金品位克里格法估值




# 河南银洞坡金矿 1S矿号体

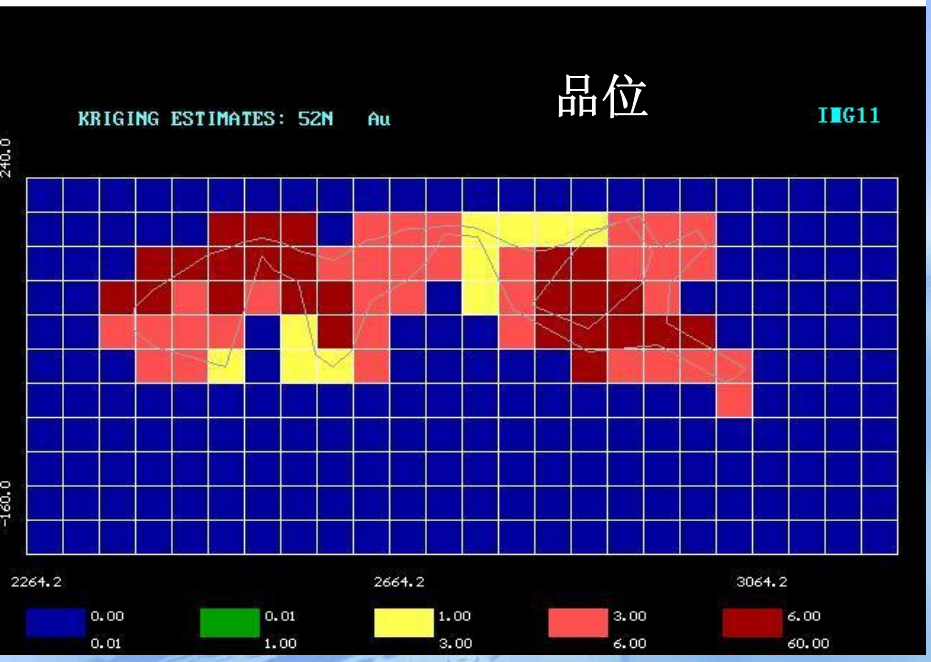
## 金矿体厚度距离倒数法法估值




# 河南银洞坡金矿1S矿号体

## 金品位克里格法估值误差

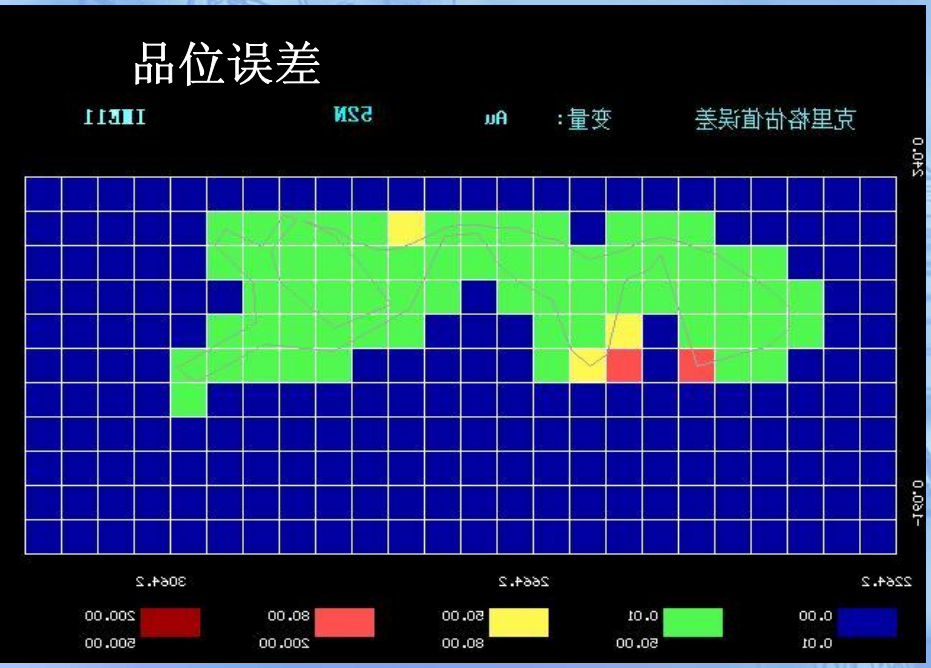
品位




厚度




品位误差



# 河南银洞坡金矿52北矿体克里格法品位、品位误差及厚度估计

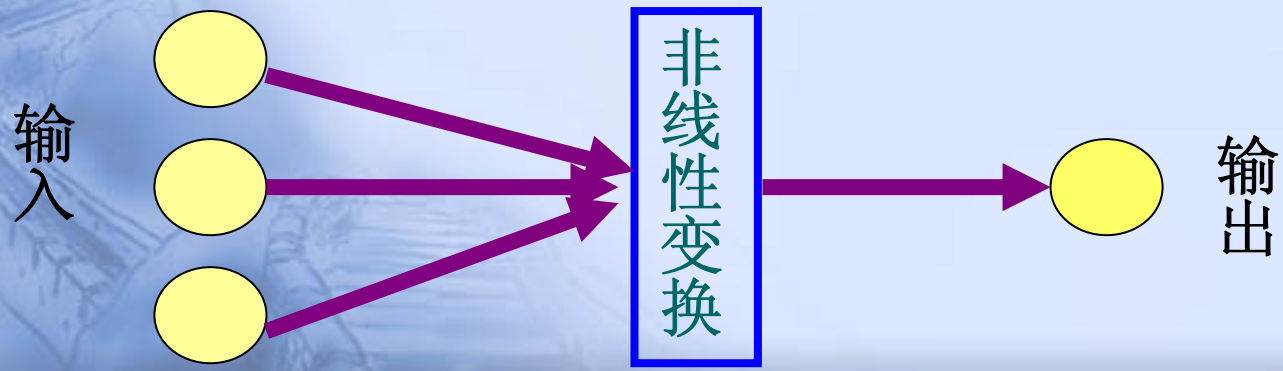
# 现代矿产资源量计算方法

## 人工神经网络法：

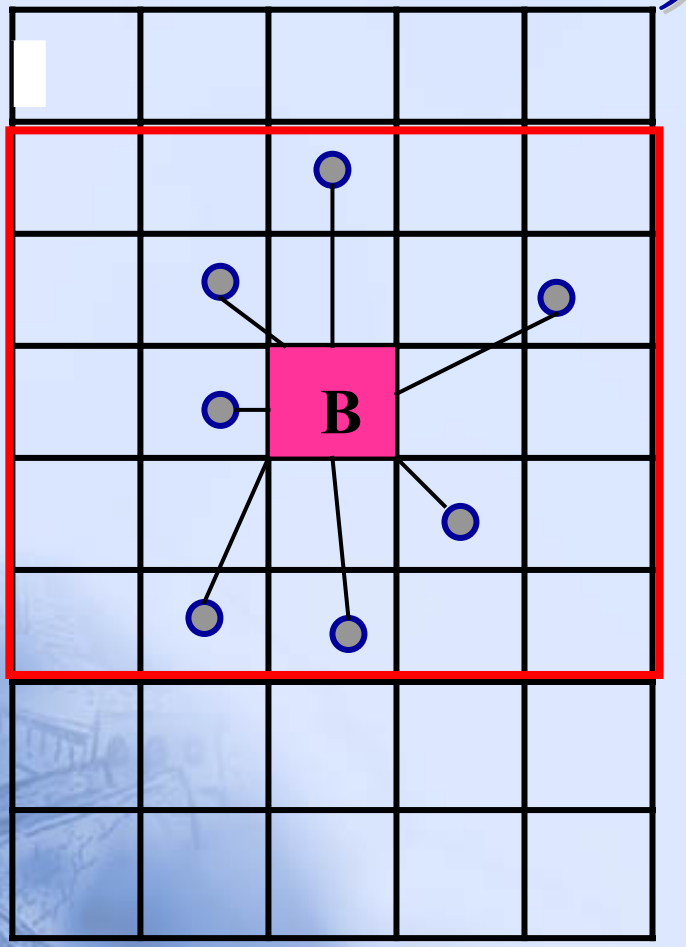
规则网格插值

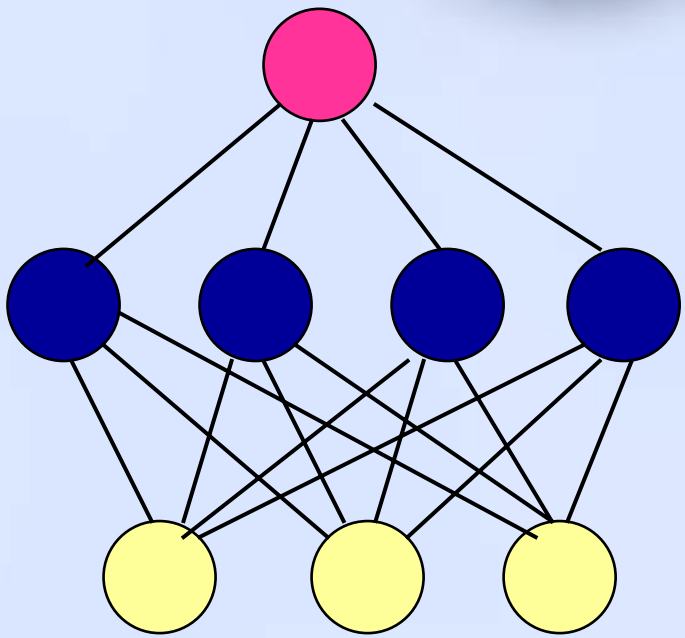
高度非线性，对已知数据点屈服程度高

不自带误差



# 人工神经网络局域资源量估计

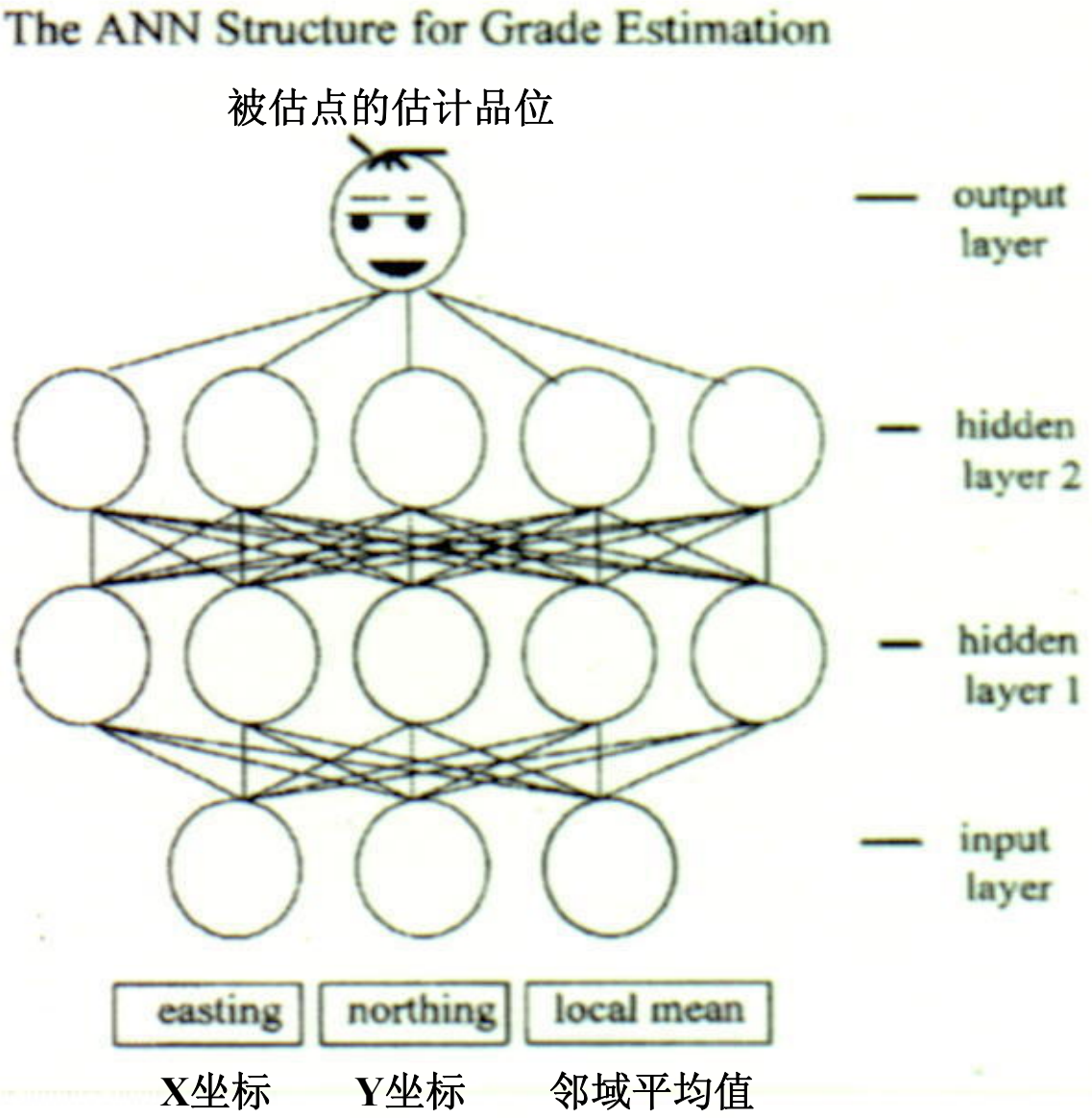


# 矿产储量计算

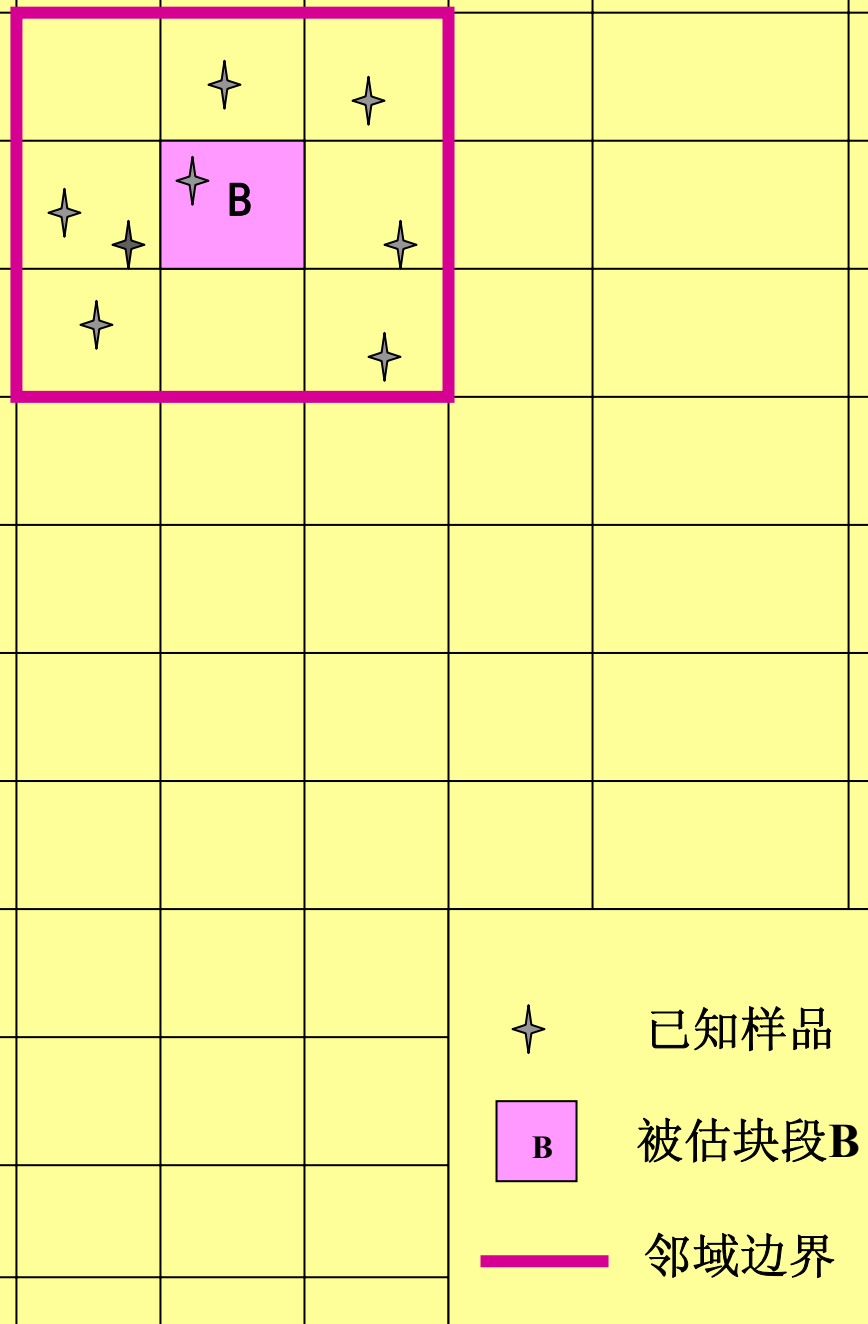
## 人工神经网络结构

（以河南金渠沟金矿为例）



# 人工神经网络储量计算

# 被估块段B的邻域设置



人工神经网络的估值结果同相邻的样品已知值高度接近（被估块段B）

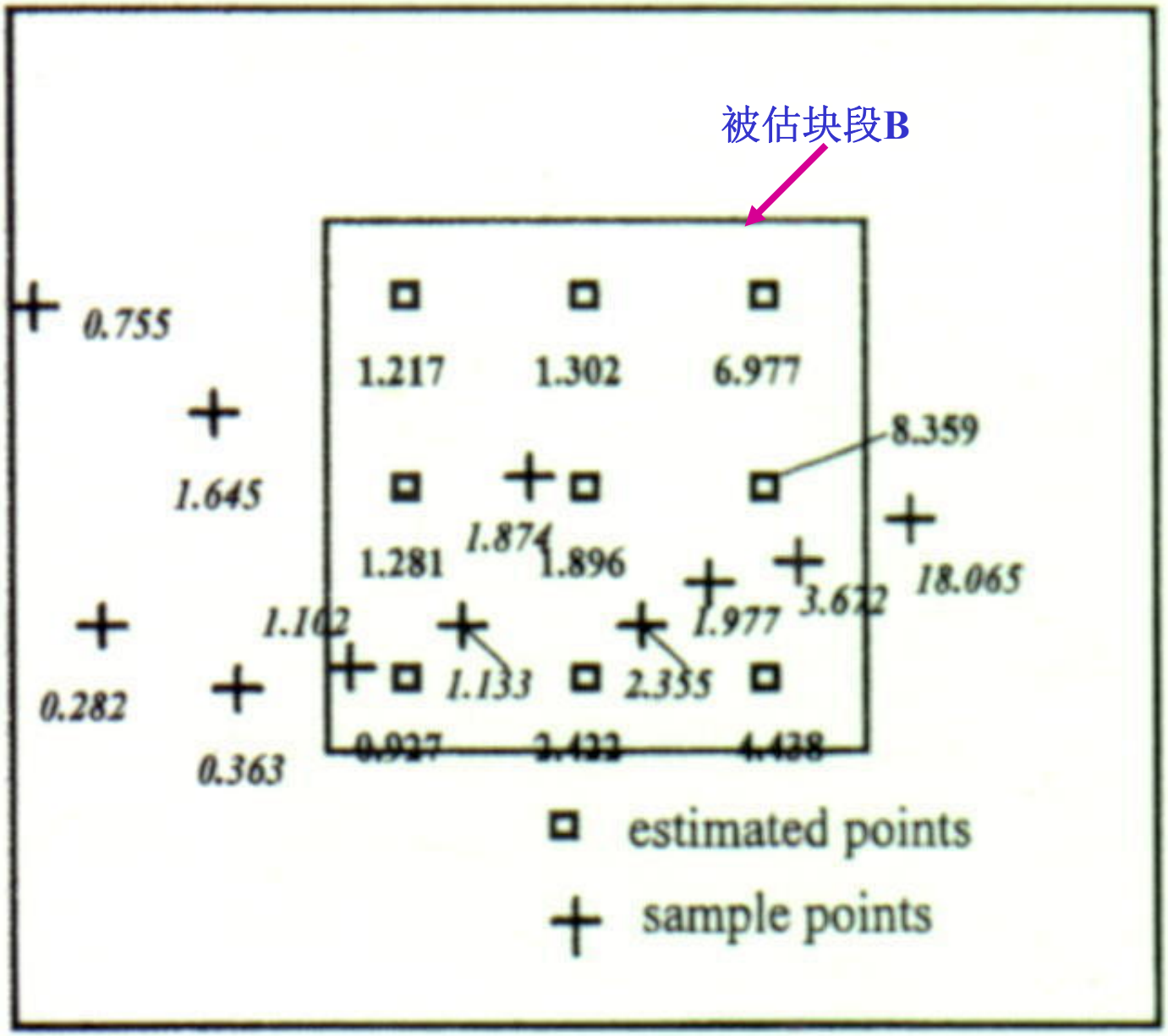


Table 1. The Learning information of the block shown in Figure 2

| Sample no. | Easting | Northing | Observed grade 观测值 | Estimated grade 估计值 | Error 误差 |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 18144.60 | 26058.27 | 1.645 | 1.114 | 0.531 |
| 20 | 18178.98 | 26056.50 | 1.847 | 1.868 | -0.021 |
| 40 | 18206.20 | 26053.62 | 18.065 | 17.962 | 0.103 |
| 41 | 18199.19 | 26050.96 | 3.672 | 3.654 | 0.018 |
| 42 | 18190.78 | 26047.75 | 1.977 | 2.206 | -0.229 |
| 43 | 18184.23 | 26045.26 | 2.355 | 2.206 | 0.149 |
| 44 | 18165.95 | 26046.87 | 1.133 | 1.155 | -0.022 |
| 45 | 18158.85 | 26044.46 | 1.102 | 0.828 | 0.274 |
| 46 | 18147.42 | 26043.36 | 0.363 | 0.635 | -0.272 |
| 47 | 18138.94 | 26042.65 | 0.282 | 0.605 | -0.323 |
| 105 | 18130.54 | 26067.21 | 0.755 | 1.078 | -0.323 |

Iteration times = 34828 S.D. = 0.2695

# 被估块段B的网络学习效果

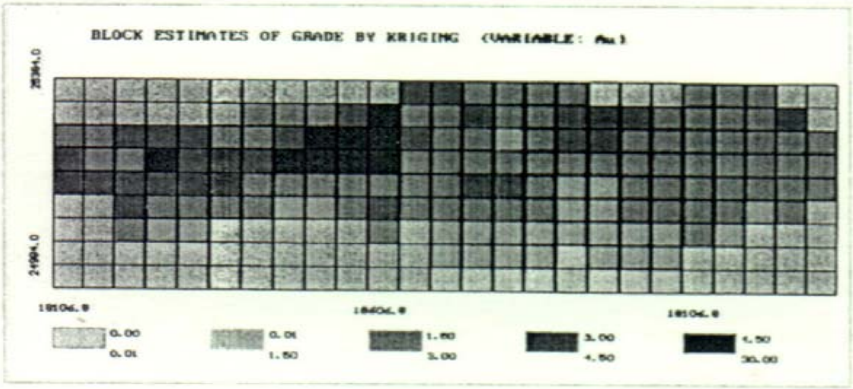
Table 2. The point estimation of the block shown in Figure 2

| Row | Column | Easting | Northing | Estimate |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 18162.73 | 26069.87 | 1.217 |
| 1 | 2 | 18179.40 | 26069.87 | 1.302 |
| 1 | 3 | 18196.07 | 26069.87 | 6.977 |
| 2 | 1 | 18162.73 | 26056.54 | 1.281 |
| 2 | 2 | 18179.40 | 26056.54 | 1.896 |
| 2 | 3 | 18196.07 | 26056.54 | 8.359 |
| 3 | 1 | 18162.73 | 26043.21 | 0.927 |
| 3 | 2 | 18179.40 | 26043.21 | 2.422 |
| 3 | 3 | 18196.07 | 26043.21 | 4.438 |

**Block estimate = 3.202**

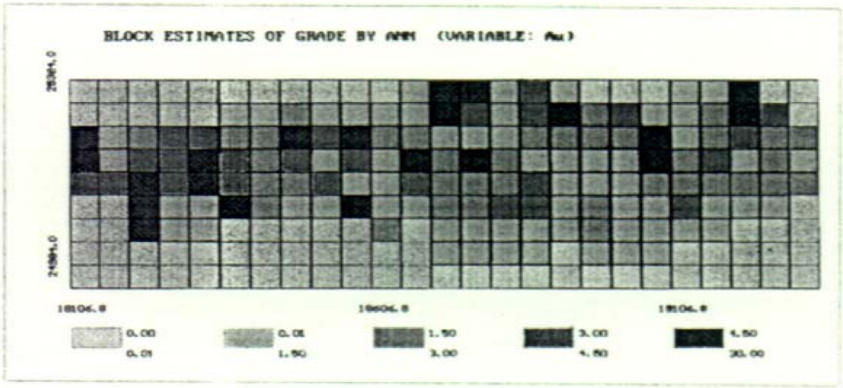
do not cause such strong

被估块段B的金品位估值结果



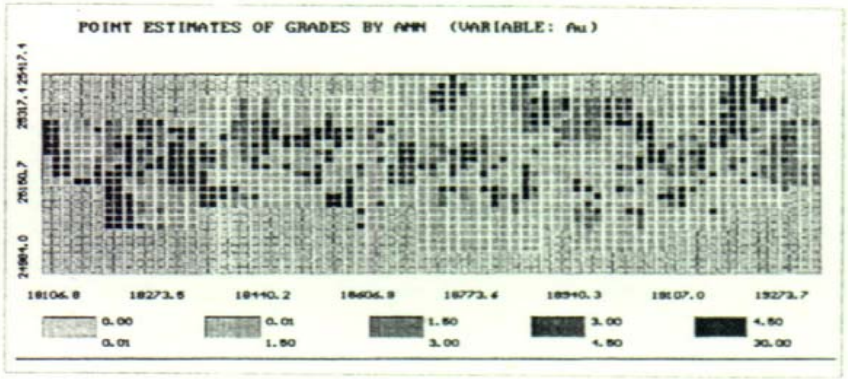

克里格法块段估值

Figure 5. Block estimates of gold grade by Kriging




ANN块段估值

Figure 6. Block estimates of gold grade by ANN




ANN点估值

Figure 7. Point estimates of gold grade by ANN

To justify the ANN estimation, let us compare the ANN point estimates of Figure 7 with the postmap of samples of Figure 4. Carefully examining the point estimates and their corresponding nearest sample values, we find that they are accordant very well

同克里格法相比，估值更接近样品的真实值和真实变化，克服了克里格法严重的圆滑效应

# 8

# 可行性研究

可行性研究是矿山开发投资决策的重要依据，也是矿政监督管理的重要依据。投资者、银行、政府都需要了解可行性研究的结果。将资源量转换为储量，是可行性研究的成果之一。

资源量只反映地质工作程度，而储量需要全面考虑地质的、技术的、经济的、环境的、市场的、法律的因素，把满足上述因素要求的资源量上升为储量。储量是矿山设计和生产的依据，而资源量不是矿山设计和生产的依据。

资源量上升为储量的路径是：

测定的资源量 —可行性研究→ 证实储量

测定的资源量 —可行性、预可行性研究→ 概实储量

指示的资源量 —预可行性研究→ 概实储量

# 可行性研究的主要内容
## （据Western Goldfields 美国Mesquite 金矿可行性研究报告，2006）

- 地质和资源量
- 采矿和储量
- 选矿与冶金
- 基础设施
- 堆浸
- 环境及许可
- 项目实施
- 经营成本估计
- 投资估计
- 经济评价
- 结论和建议：
  - 风险
  - 机会

# 可行性研究结果主要指标

| Item | Units | Value |
|---|---|---|
| Gold price | $/oz | 500 |
| Mine life | Y | 9.5 |
| Total ore mined | T millions | 131 |
| Average annual gold production | oz/y | 165,000 |
| Initial capital | $ millions | 88.2 |
| Pre-stripping Expense | $ millions | 18.7 |
| Life of Mine Capital | $ millions | 102.9 |
| Mine operating cost, including pre-stripping | $/t ore | 2.86 |
| Process operating cost [1] | $/t ore | 1.02 |
| G & A operating cost | $/t ore | 0.32 |
| Average cost of goods sold [2] | $/oz | 335 |
| Average cost of goods sold including pre-stripping and royalties | $/oz | 346 |
| Total cost of goods sold including capital [3] | $/oz | 408 |
| Payback period | y | 6 |
| After tax IRR | % | 16.3 |
| After tax cash flow (undiscounted) | $ millions | 127 |
| After tax NPV, 5% discount rate | $ millions | 65 |
| After tax NPV, 10% discount rate | $ millions | 27 |

[1] Includes pad rinsing costs; [2] Excludes pre-stripping; [3] Includes royalty costs and reclamation credits.

# 资源量一览表

| Resource Class | Total | | |
|---|---|---|---|
| | kT | Gold (oz/T) | Contained Gold (koz) |
| Oxide | 73,355 | 0.016 | 1,188 |
| Non-oxide | 19,591 | 0.024 | 470 |
| **Total Measured** 测定的 | **92,946** | **0.018** | **1,658** |
| Oxide | 82,611 | 0.016 | 1,338 |
| Non-oxide | 26,338 | 0.022 | 566 |
| **Total Indicated** 指示的 | **108,949** | **0.017** | **1,904** |
| Oxide | 155,966 | 0.016 | 2,526 |
| Non-oxide 指示+推断的 | 45,929 | 0.023 | 1,036 |
| **Total Measured and Indicated** | **201,895** | **0.018** | **3,562** |
| Oxide | 8,629 | 0.018 | |
| Non-oxide | 3,804 | 0.021 | |
| **Total Inferred Resource** 推断的 | **12,433** | **0.019** | |

[1] Resources are inclusive of mineral reserves

# 储量一览表

| Reserve Class | kT | oz/T Au | Gold Ounces |
|---|---|---|---|
| Proven Mineral Reserves | | | |
| Oxide | 55,923 | 0.017 | 923,000 |
| Non-oxide | 12,749 | 0.024 | 306,000 |
| Total Proven 证实储量 | 68,672 | 0.018 | 1,229,000 |
| Probable Mineral Reserves | | | |
| Oxide | 52,589 | 0.017 | 910,000 |
| Non-oxide | 9,647 | 0.023 | 222,000 |
| Total Probable 概实储量 | 62,236 | 0.018 | 1,132,000 |
| Proven and Probable Mineral reserves | | | |
| Oxide | 108,512 | 0.017 | 1,833,000 |
| Non-oxide | 22,396 | 0.024 | 528,000 |
| Total Proven and Probable 概实+证实储量 | 130,908 | 0.018 | 2,361,000 |

# 转换结果

- 9294.6万吨测定的资源量（矿石量，含53.1吨Au）被转换为6867.2万吨证实储量（39.3吨Au）。
- 10894.9万吨指示的资源量（矿石量，含60.9吨Au）被转换为6223.6万吨概实储量（36.2吨）。

应该注意到，在矿业公司的储量报告中，通常要列出测定的资源量+指示的资源量，证实的储量+概实的储量。这是因为：

测定的资源量+指示的资源量

是可行性研究确定储量的依据

证实储量+概实储量

是可行性研究技术经济分析的依据

如果进行对比，测定的资源量+指示的资源量大致相当于老分类中的工业储量（高级储量），而推断的资源量大致相当于过去的地质储量。推断的资源量不能参与可行性研究，不能上升为储量，在可行性报告中单列，有它或没有它都不影响可行性报告的编写。因此，不存在规定“高级资源量”的比例问题。在我国过去产品经济的条件下，地质部门老想多求储量，D级础量是加大储量数字的主力。为了平衡储量使用者（矿山和设计单位）和储量提供者的关系，是硬性规定高级储量比例的根本原因。

可行性研究与资源量类型的关系：

可行性研究，使用测定的资源量＋指示的资源量，测定资源量在数量上要满足矿山先期生产的要求。

预可行性研究，可以全部使用指示的资源量，也可以有一部份测定资源量。

## Fhu Bia 金矿可行性研究使用的资源量

| 资源量类型 | 矿石量（百万吨） | 品位（Au,g/t） | 金属量（Au,Ozs） |
|---|---|---|---|
| 测定资源量 | 4.41 | 1.1 | 160,000 |
| 指示资源量 | 4.68 | 1.0 | 150,000 |
| 推断资源量 | 2.72 | 1.0 | 89,000 |
| 总　计 | 11.80 | 1.0 | 399,000 |

## Fhu Bia 金矿可行性研究后形成的储量

| 储量类型 | 矿石量（百万吨） | 品位（Au,g/t） | |
|---|---|---|---|
| 证实储量 | 4.30 | 1.10 | |
| 概实储量 | 3.23 | 1.06 | |
| 总　　计 | 7.53 | 1.08 | |

引自泛澳资源公司老挝Fhu Bia金矿可行性研究报告（2004）

# 引自Vista金矿公司墨西哥Paredones Amarillos金矿预可行性研究报告（2007）

## Paredones Amarillos金矿预可行性研究使用的资源量

| 资源量类型 | 矿石量（百万吨） | 品位（Au,g/t） | 金属量（Au,Ozs） |
|---|---|---|---|
| 测定资源量 | 11.498 | 1.17 | 431,000 |
| 指示资源量 | 44.170 | 1.02 | 1,451,000 |
| 总　计 | 55.668 | 1.05 | 1,882,000 |
| 推断资源量（未使用） | 5.495 | 0.79 | 140,000 |

## Paredones Amarillos金矿预可行性研究后形成的储量

| 储量类型 | 矿石量（百万吨） | 品位（Au,g/t） | 金属量（Au,Ozs） |
|---|---|---|---|
| 证实储量 | 11.699 | 1.11 | 419,000 |
| 概实储量 | 37.247 | 0.97 | 1158,000 |
| 总　　计 | 48.946 | 1.00 | 1577,000 |

## Copernicus铜矿可行性研究使用的资源量

| 资源量类型 | 矿石量（t） | Ni(%) | Cu(%) | Co(%) | Ni金属量(t) | Cu金属量(t) | Co金属量(t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 测定资源量 | 373,000 | 1.13 | 0.66 | 0.05 | 4,220 | 2,460 | 190 |
| 指示资源量 | 454,000 | 1.35 | 0.95 | 0.05 | 6,130 | 4,310 | 220 |
| 推断资源量 | 25,000 | 1.00 | 0.69 | 0.03 | 2,50 | 250 | 10 |
| 总　计 | 852,000 | 1.24 | 0.81 | 0.05 | 10,600 | 6,900 | 420 |

## Copernicus铜矿可行性研究后形成的储量

| 储量类型 | 矿石量(t) | Ni(%) | Cu(%) | Co(%) | Ni金属量(t) | Cu金属量(t) | Co金属量(t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 证实储量 | | | | | | | |
| 概实储量 | 784,000 | 1.1 | 0.67 | 0.05 | 8,520 | 5,260 | 360 |
| 总　　计 | 784,000 | 1.1 | 0.67 | 0.05 | 8,520 | 5,260 | 360 |

引自澳大利亚Sally Malay矿业公司Copernicus铜矿可行性研究报告

（2007）

关于资源量比例的结论：

1. 由于推断的资源量不参与可行性研究，因此“高级（测定的+指示的）”资源量与“低级”（推断的）资源量之间，不存在比例问题。
2. “高级”资源量内部，如果将进行的是可行性研究，要有满足先期生产的测定的资源量；如果将进行的是预可行性研究，无比例要求。

# 9

# 工业指标

我国在计划经济时期有比较完善的确定工业指标的规定和程序，由地勘单位、主管部门设计院储委构成矿产工业指标的提出、协商、认定和下达程序。对不同的勘查阶段，对产生工业指标所设定的程序有所不同：普查阶段，多使用类比法，以地质队和主管单位为主确定工业指标，参考手册发挥重要作用；详查和勘探阶段，设计院和储委介入，针对矿床特点研究、协商、认定、下达工业指标。

99年新的分类标准出台后，强调通过可行性研究获得储量，工业指标应在可行性研究中产生，然后再用这个指标产生储量。但在实际操作中工业指标从何处来似乎处于模糊状态。究竟应该由谁，通过什么程序获得工业指标，使一个需要解决的问题。

储量工业指标是可行性研究的一种输出，而不是输入。这是一个需要注意的问题。因为我们有发现有的单位在进行可行性研究前，要求地勘单位提供计算储量的工业指标。这部符合99年分类标准的要求。这里所谓的可行性研究，主要指的是从资源量向储量的转换，而进行这种转换的关键是通过可行性研究提出一个合理得工业指标。因此，计算储量和提出工业指标是一回事，都是可行性研究的任务。

在市场经济国家，最主要得工业指标是边界品位（**cut-off**）。需考虑两边界品位：圈定资源量的边界品位和圈定储量的边界品位。资源量边界品位基于长期矿产品价格确定，储量边界品位基于当前矿产品价格确定。

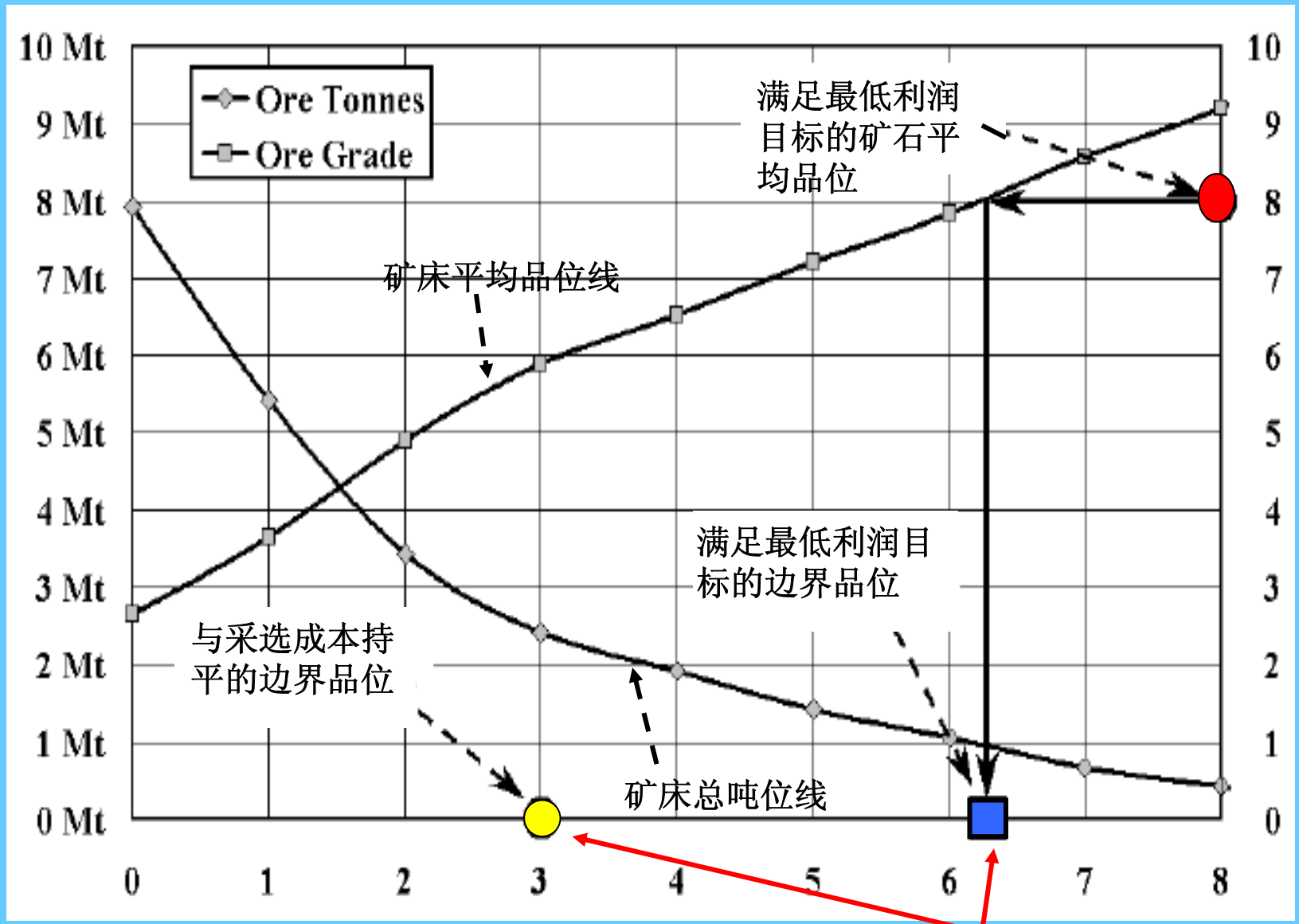
确定资源量的边界品位可通过类比法确定，也可用盈亏平衡（**breakeven**）分析等定量方法计算；确定储量的边界品位一般用盈亏平衡分析等定量方法计算。

在确定储量工业指标时，市场经济国家广泛使用盈亏平衡法（**Breakeven**）。它是由**Mrtimer 1950** 年提出的。这个方法的准则是：

1．矿石的平均品位应使每吨矿石处理后获得最低利润。

2．矿石的最低品位应使每吨矿石处理后的销售收入与直接生产成本（采矿成本＋选矿成　　本）持平。

# 盈亏平衡法计算边界品位图解




高于边界品位的矿石吨位（矿石量）

高于边界品位的矿石平均品位

据 B E Hall, 2003

边　界　品　位

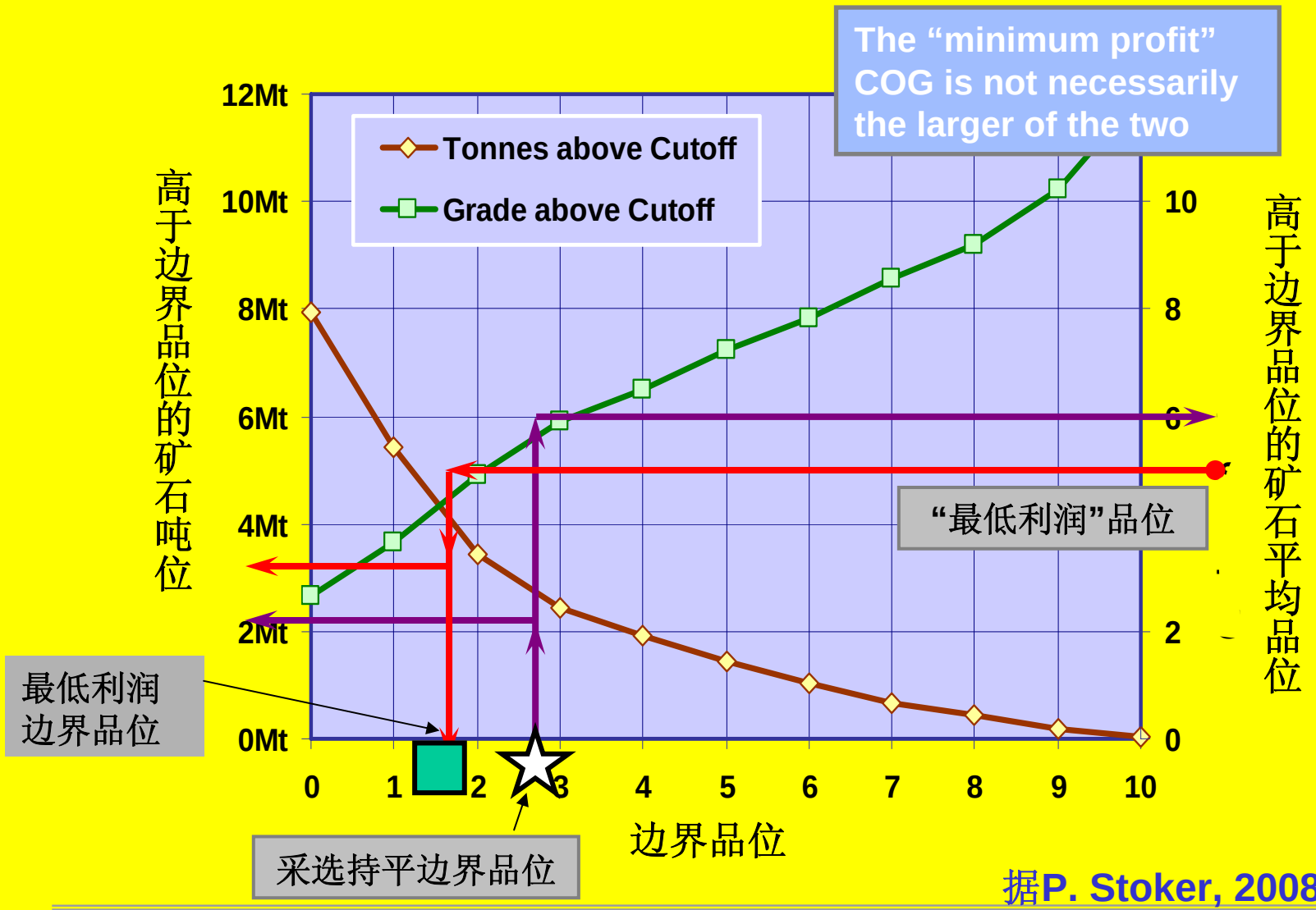
取二者中数字大者为边界品位

# 两个边界品位的成本构成条件

采选持平成本＝采矿成本＋选矿成本

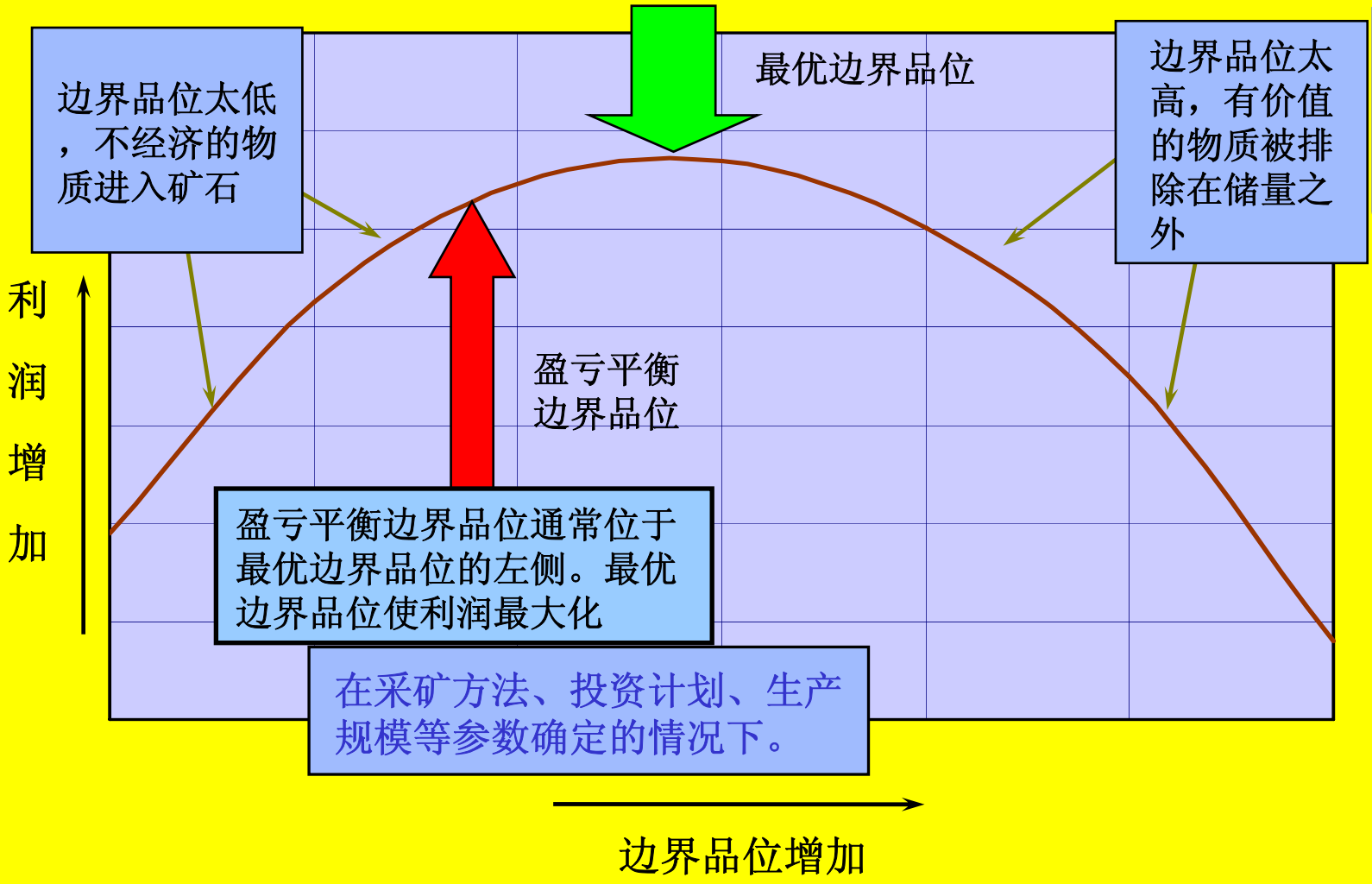
最低利润成本＝采矿成本＋选矿成本
＋矿山行政管理与服务成本
＋总部提取管理费
＋资本收益

# 最低利润边界品位有时会低于采选持平边界品位




据P. Stoker, 2008

# 盈亏平衡边界品位并不是一个最优边界品位

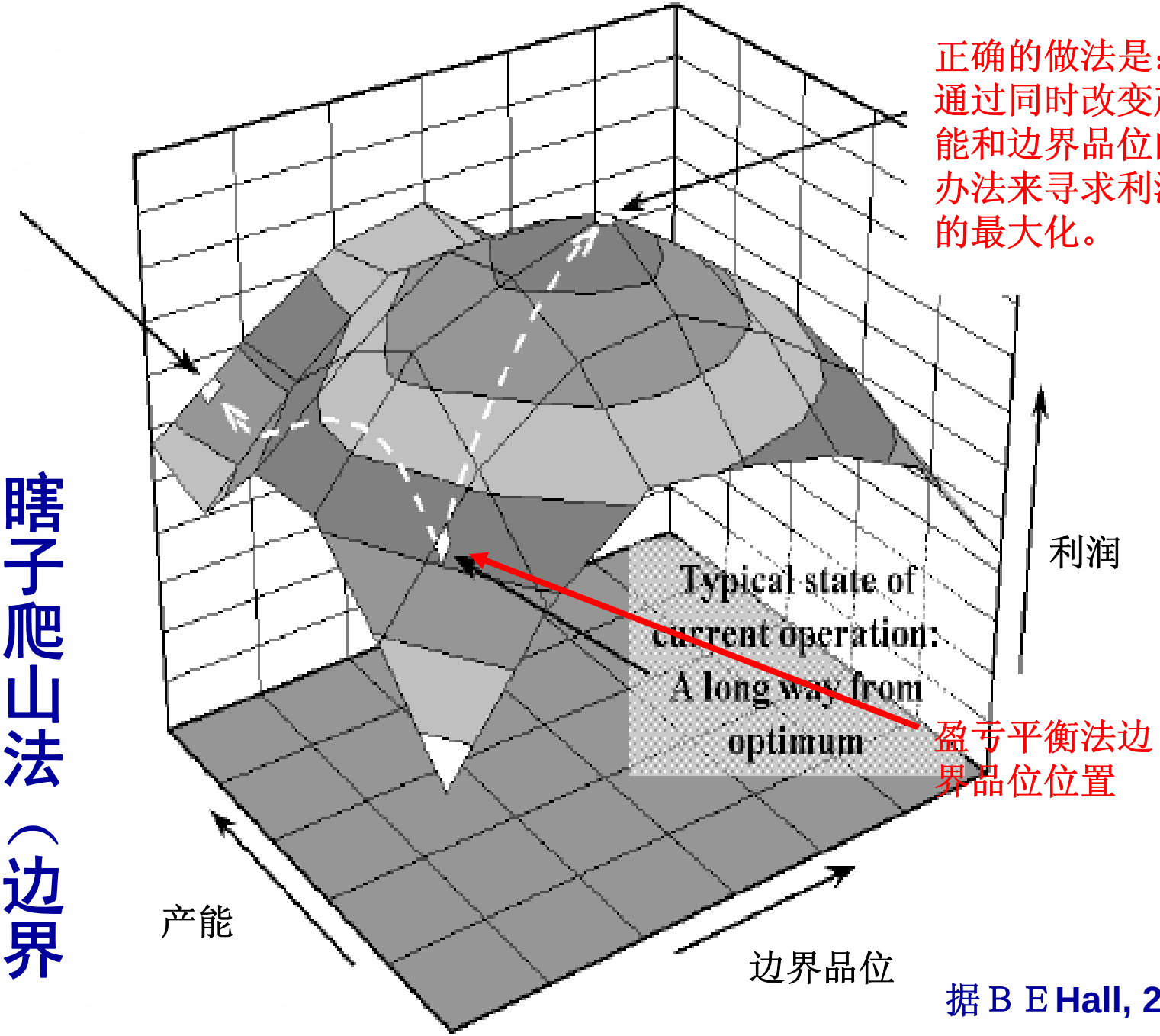



据P. Stoker, 2008

通常只依靠从产能的变化来提高矿山利润率不一定有效。

正确的做法是：通过同时改变产能和边界品位的办法来寻求利润的最大化。

# 瞎子爬山法（边界品位最优化）




据Ｂ Ｅ Hall, 2003

# 我国边界品位确定方法与国外的对比

1. 均使用双指标确定边界品位（边界品位与平均品位）
2. 国外的边界品位与品均品位之间有内部的有机联系，平均品位一旦确定，边界品位也就确定，因此交给地质人员的只有一个指标—边界品位，平均品位不同地质人员见面，是可行性研究中的一个内部参数，同价格、成本、利润有关。

# 我国边界品位确定方法与国外的对比

3. 我国把边界品位与平均品位两个指标都交给地质人员。在实际操作中，又设置了工程平均品位、块段平均品位、矿体平均品位等，用这种层层设卡的办法来保证所圈出的矿体能满足平均品位指标，从而把矿体圈定搞得大大复杂化了。此外，在边界样品的取舍上还有个“穿鞋戴帽”的问题，使地质人员在一些枝节问题上耗费大量精力。

我国之所以出现双指标，是矿山设计与地质工作脱节所致。因此，把本应由可行性研究内部处理的问题转移到地质工作中。在地质勘查中取消工业品位，只给出一个边界品位，不仅是合理的，更是科学的。


谢谢