

# 矿产资源评价概要

潘恩沛 编

73

湖南省地质学会

一九八一·十·长沙



# 矿产资源评价概要

第1页

湖南省地质学会

一九八一·十·长沙

# 前 言

应地质部的要求，联合国教科文组织于1981年6月8日至20在北京为我国举办了一次“地质数据处理”讲习班，美国地质调查局的克拉克博士、麦克卡门博士、波特波尔博士、库克小姐和日本京都大学的西胁二一博士应邀介绍了目前国外正在应用和推广的计算机资源评价方法、地质数据处理全过程和数据的计算机管理，并扼要地谈到了矿产资源评价实例以及他们自己的经验教训。在讲习班期间，本书编者还曾得到了克拉克博士、麦克卡门博士等惠予赠送的一些技术文献和资料。这本小册子就是根根有关的报告内容，加上美国地质调查局的某些资料和文献整理编译而成的。

考虑到讲习班的文献资料将会由其他同志陆续翻译出版，这本小册子着重介绍美国资源评价学派的理论和实践。其中第三章全部，第一、四章部分内容未在此次讲习班介绍过。关于成因地质模型和地质决策分析的内容和方法代表了美国同行的最新成果，值得加以介绍。

这本小册子主要供地质单位的领导同志，以及从事资源评价的地质工作者，包括组织和协调此项工作的同志参考。由于书中涉及到的许多数学方法我们已有计算程序，而且这方面有不少优秀的中文文献，因此不再在这里详细介绍，实际上在讲习班上，专家们也未涉及到这些具体方法。

小册子的内容在湖南省地质局等有关单位举办的一些讲习

班上曾不止一次介绍过，不少同志对内容和编排方式提供过很好的建议。

编者感谢北京讲习班的组织者和全体参加者，他们辛勤的劳动和活跃的学术思想是能写成这本小册子的关键。

由于许多内容是凭记录整理的，不少数字因未公开发表过，无法查对，这些方面请以今后正式发表的文献为准。为了满足各方面的需要，这本小册子仓促写成，加之编者水平所限，不当和错误之处在所难免，尚祈国外同行批评指正。

潘恩沛

一九八一年九月于长沙

# 引 论

矿产资源评价是当前颇为引人注目的一项工作。与地质科学领域内许多分枝一样，如果我们把古代文献上记载的有关资源的论述认为是现代资源分析的前驱，那么，这项工作就可能回溯到数千年前。不过，我们在这里将要讨论的资源评价，主要是指从七十年代开始的，以全面评价全世界资源潜力为终极目标的系统工作。

对于地质工作者来说，资源评价当然不是么什生疏的课题。但就区域性矿产资源分布的讨论面言，直到近四十年前西方才出版了第一本专著，这本书主要论述北非的矿产资源评价。总的说，在1945年前，这种评价的特点是：它是一种地质学的评价，是由有经验的地质工作者作出的一种主观评价。评价的结果表现为划分出成矿省、成矿区、或矿带和远景区，并根据评价者的知识和经验，将远景区划分为若干级。这套做法是我们熟知的。

到了六十年代，各国对资源的要求提高了，矿产资源的供应问题变得紧迫了，这就要求更广泛深入地了解矿产的供应情况，更客观地对每个地区的各别矿种资源作出实际评价。在这种形势下，个别人的经验就不够了。地质学理论与找矿勘探方法的进展，以致极难找到通晓成矿——找矿一切领域知识的专家了。于是，逐渐地出现了一批以统计方法为特征的新的资源评价方法。巴特斯（1959）发表的有关美国科罗拉多高原铀矿

统计预测的文章，可以被认为是这方面工作最早的一个代表。

六十年代末期至七十年代初期，一系列的因素促使世界各国重视矿产资源短期、中期和长期供应问题，在这些因素中主要有以下几点：

1972年出版了米多士等人的著作“生长的极限”。这本书的作者第一次清楚阐明了自然资源、食物、环境、人口和技术之间相互联系和相互制约的限度，特别是在这本书里所作的分析提出了确定矿产资源和能源的极限这样一个问题。“生长的极限”一书出版于西方正在为石油资源、环境污染等冲击所苦的时候，因而引起了广泛的注意和强烈的反响。显然，这方面活动要求掌握大量的基本数据。

其次一个因素与环境有关，各国相继进行环境立法，这就涉及到矿产和能源的勘探、开发和利用，尽管牵涉到的只是矿产短期供应，但它导致了对矿产的中期和长期供应的重新评价，因而需要掌握大量的国际的储量和资源数据。

石油输出国组织的成立以及石油冲击对西方经济的巨大影响是众所周知的。美国由石油的输出国变为输入国的这一转变，也大大改变了世界能源供应的格局，促使世界各国从发达国家到发展中国家都把极大的注意力放在资源方面。

随着石油输出国组织的成立，国际上还成立了一系列的原料输出国组织。这些组织分别与某种矿产的供应有关。由于石油涨价，引起了一系列的连锁反应：一方面，许多需要耗费能源的矿产成本增高了；另一方面，由于加工矿产需要耗费能源，因而对矿产原料的质量要求提高了。所有这些，都促进了资源评价工作的开展。

总之，以上这些因素，加上其它一些次要的因素使得国际

性的有关当前和长远矿产供应的努力大大增加了。特别是，各国都作出了巨大的努力来确定本国的和国际上的各种矿种的产地、数量和质量。

1972年美国地质调查局成立资源评价室，标志着在资源评价方面努力的新阶段。这一阶段的工作具有下列特点：

(1)着力于对全国、全世界资源有一个全面的了解，而不局限于个别地区。

(2)不但努力对当前的资源作出评价，而且开始着手对未来潜在的资源作出分析。

(3)资源评价方法论有了新的进展，出现了一批评价资源的标准方法。

(4)出现了许多大型的资源评价计划，这些评价计划在方法上以综合法为其特色。

(5)资源评价工作直接与数据库发生不可分割的联系。

以上这些特点，构成了现代资源评价的主要内容，形成了与传统地质方法既有所联系又有所发展的理论体系。

# 目 录

## 引论

## 第一章 资源与资源评价概要

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| 第1节 | 资源和储量     | (1)  |
| 第2节 | 资源评价的基本概念 | (8)  |
| 第3节 | 资源评价工作的组织 | (12) |
| 第4节 | 克拉克-朱资源模型 | (15) |

## 第二章 资源评价的方法学

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| 第1节 | 资源评价的标准方法 | (18) |
| 第2节 | 区域价值估计法   | (20) |
| 第3节 | 丰度估计法     | (40) |
| 第4节 | 体积测量估计法   | (46) |
| 第5节 | 矿床模型化法    | (51) |
| 第6节 | 德尔菲法      | (59) |
| 第7节 | 简短的小结     | (66) |

## 第三章 成因地质模型与地质决策分析

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| 第1节 | 概述        | (69) |
| 第2节 | 成因模型的地质背景 | (71) |
| 第3节 | 成因地质模型的概念 | (77) |
| 第4节 | 成因地质模型的建立 | (89) |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 第5节 成因地质模型在成矿有利性评价中的应用 | (93)  |
| 第6节 地质决策分析             | (102) |

#### 第四章 资源数据与数据库

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 第1节 概述             | (112) |
| 第2节 数据的收集、整理和存贮    | (114) |
| 第3节 数据的原始记录格式与关键字表 | (119) |
| 第4节 数据的检索与数据文件的生成  | (140) |
| 第5节 矿产资源数据库        | (147) |

#### 第五章 国内外资源评价计划实例

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 第1节 玻利维亚小矿山清查计划             | (153) |
| 第2节 阿拉斯加矿产资源评价计划<br>(AMRAP) | (157) |
| 第3节 国家铀资源估量计划 (NURE)        | (161) |
| 第4节 结语                      | (165) |

# 第 一 章

## 资源和资源评价的概要

### 第一节 资源和储量

资源 (resource) 和储量 (reserve) 是两个互相联系又互相区别的概念。在美国, 长期以来不同的人对这两个概念有不同的理解: 采矿工程师认为这两个概念没有什么区别; 地质学家在论证地质环境与成矿关系时, 总是从已知到未知, 他们把已知区的矿量称为储量而将未知区的称为资源; 经济学家要确定全国不同经济条件下资源分布情况, 他们使用资源概念时主要着重其经济价值。总之, 这是两个长期以来意义比较含混的概念。

随着资源评价工作的开展, 美国在近十多年对资源和储量的概念作了明确的规定, 并研究了它们分级的原则。这些成果, 集中表现在美国矿业部和美国地质调查局拟定的一份题为“矿产资源与储量分级原则”(CIRC. 831, 1980) 的文件中, 这份文件是上述两个机构1976年拟定的矿物资源分级原则的发展。

长远的社会和商业的计划, 必需依照能够发现新矿床的概率, 依照目前尚不能开采的矿床开采成本的下降, 以及依照资源可利用性方面知识的丰富, 来加以制订。因此, 对于资源, 必须根据新的地质认识, 根据科学技术的进步, 以及根据政治

经济条件的变化，不断地、重复地加以评价。为了更好地满足计划的需要，必须从以下两种观点出发将资源加以分级：（1）纯粹地质观点：如品位、质量、吨位、厚度以及埋深等等；

（2）根据在给定经济形势下在一定时期开采和销售此种矿产的盈亏分析。实际上资源的分级总是不严格的，因为所确定的准则不总是与自然分界吻合的。尽管如此，分级还是必要的。

总的说，美国目前流行的观点是：从资源到储量，是一种动态的关系，形成一种动态的体系，它被称为“麦克凯维箱”

（McKelvey box），这是一种形象的说法：今天不当作资源的，随着技术的进步或条件的变化，在来日会变成资源，即进入了这个麦克凯维箱，一部分适合开采的资源上升为储量，储量被采出，即从麦克凯维箱取出。如此以往，生生不已。

下面我们具体介绍美国目前对资源和储量的定义。

### 资源

在地壳上或地壳内自然产出的固态、液态或气体物质的这样一种形态和数量的富集体，从该富集体中经济地提取一种矿产品具有现实的或潜在的可行性。

### 原始资源 (Original Resource)

指生产前的资源量。

### 已发现资源 (Identified Resource)

指位置、品位、质量与数量为已知的或由特定地质证据估计出的资源。已发现资源包括经济资源 (economic)，边际经济资源 (marginally economic)，和辅助经济资源\*

(subeconomic)。为了反映地质上确定程度的变化，上述这些经济分类又可再细分为：探明的 (measured)、推定的

(indicated) 和推断的 (inferred)。此外，探明的加上推定的部分统称为“证实的” (demonstrated)。细分的依据是：

### (1) 探明的

这类资源，其数量由露头或由探槽、工程或钻孔揭露的大小经计算确定，其品位或质量由详细之取样之结果得出。探矿工程，取样点与观测点空间上相当密，地质特征已很好地了解到，因而这类资源的规模、形状、埋深与金属含量都已很好地被确定。

### (2) 推定的

这类资源，其数量、品位或质量是计算得出的，所依据的资料与探明资源所用的资料类似，但探矿工程，取样点与观测点离得太远或者分布得不适合。总的说：关于观测点之间连续性的假设具有足够高的保险系数——虽然比起探明储量要低一些。

### (3) 推断的

估量这类资源所依据的连续性假设、保险程度远不如以上两类资源，但在地质上还是有证据的。推断资源可以有也可以没有取样或观测作为依据。

### 储量基准 (Reserve Base)

这是近年来美国新引入的一个概念，它是指达到了现代采矿与生产实际所要求的特定的物理参数和化学参数之最低临界

注：此字曾被译为“次经济的”，此处为试译

——编者

值的那一部分已发现资源，其中包含品位、质量、厚度与埋深的临界值。储量基准固定地是证实资源，由它估计出储量。它可能包括这样一部分资源，即在计划范围内有理由认为利用这部分资源在经济上将会变得合算，虽然在现今技术和经济条件下还不能利用。储量基准包括了现代的经济储量、边际储量和某些辅助经济资源。已被广泛使用的术语“地质储量”一般地相当于储量准这一类，但它也可能包括推断储量基准，总之，这一术语不属于这里的分级体系。

### 推断储量基准 (Inferred Reserve Base)

这是已发现资源的固定的一部分，由它估计推断储量。定量估计很大程度是依据关于矿床地质特征的知识作出的，可能没有进行取样或观测。估计所依据的连续性假设不如储量基准的保险，但地质上是有证据的。

### 储量

指在现时储量基准中可被经济地提取或生产的那一部分。储量这一术语并无需意味着提取方便自如。储量只包括可采物质的量。

### 边际储量

指在现时储量基准中处于可经济地生产边缘的那一部分。它的最本质的特征是经济上的不确定性。在经济或技术因素满足所要求的条件时，所包含的资源应是可开采的。

### 经济资源

这里着重解释一下“经济的”这一术语的意义。所谓经济的，就是指在一定的投资假设之下，提取或生产是有利可图

的。这点可从分析上证明，或在一个合理的确度之下假设是如此。

### 辅助经济资源

指未达到储量与边际储量之经济标准的那一部分已发现资源。

### 未发现资源 (Undiscovered Resources)

指据推测是存在的资源，它是由已发现资源之外的部分组成的。未发现资源可能被假定包含这样一些品位和特性的矿床，从而可将这类资源分为经济的、边际经济的以及辅助经济的，根据地质上确定性程度，未发现资源又可细分为两部分，即：

#### (1) 假设资源 (Hypothetical Resource)

指与已知矿很类似的这样一部分未发现资源。在同一产区或在地质条件类似区域内有理由预期它是存在的。如果勘探证实了它的存在，并获得关于它们的质量、品位和数量方面的足够的资料，它们将被划归已发现资源那一级。

#### (2) 推想资源 (Speculative Resource)

这一部分未发现资源，或者是在地质上认为有利但实际未做过矿产调查地区可能产出的一些已知类型矿床，或者是经济潜力尚未被识别的一些类型产出。如果勘探证实了它们的存在，并获得了有关它们的品位、数量和质量方面足够的情报，它们将被重新分级，升为已发现资源。

### 限制性资源和储量

指任何一级资源和储量中被法律或法令限制开采的部分。

例如，“限制性储量”就是指达到了对储量的一切要求，但被法律或法令限制不得开采的那一部分或那一矿种的储量。

以上整个分级体系，可用1—1和1—2加以概括。实际上在表内各栏填上具体数字，即成为资源的档案了。

(种类名称) 资源

范围 (矿山, 分区, 矿田, 州等) 单位(吨、磅、盎司等)

| 累计<br>产量   | 已 发 现 资 源       |               | 未 发 现 资 源      |  |
|------------|-----------------|---------------|----------------|--|
|            | 证 实 的           |               | 概 率 范 围        |  |
|            | 探明的             | 推断的           | (或)<br>假设的 推想的 |  |
| 经济的        | 储 量             | 推断储量          |                |  |
| 边 际<br>经济的 | 边际储量            | 推 断 的<br>边际储量 |                |  |
| 辅 助<br>经济的 | 证 实 的<br>辅助经济资源 | 推断的<br>辅助经济资源 |                |  |

|            |               |
|------------|---------------|
| 其 它<br>产 出 | 包括非常规的和低品位的物质 |
|------------|---------------|

作者

日期:

表1—1 矿产资料分级的主要单元 (不包括储量基准与推断储量基准)

(种类名称) 资源

范围 (矿山, 分区, 矿田, 州等) 单位(吨、磅、盎司等)

| 累计<br>产量   | 已 发 现 资 源        |     |                            | 未 发 现 资 源      |  |
|------------|------------------|-----|----------------------------|----------------|--|
|            | 证 实 的            |     | 推断的                        | 概 率 范 围        |  |
|            | 探明的              | 推定的 |                            | (或)<br>假设的 推想的 |  |
| 经济的        | 储<br>量<br>基<br>准 |     | 推<br>断<br>储<br>量<br>基<br>准 |                |  |
| 边 际<br>经济的 |                  |     |                            |                |  |
| 辅 助<br>经济的 |                  |     |                            |                |  |

|            |             |
|------------|-------------|
| 其 它<br>产 出 | 包括非常规与低品位物质 |
|------------|-------------|

作者:

日期:

表 1—2 储量基准与推断储量基准分级类别

这里应该说明：美国工业界流行的、对某一具体矿床或矿区的矿产作经济估计时通用的术语，“验证储量”(Proved Reserve)、“概略储量”(Probable Reserve)和“可能储量”(Possible reserve)，未包括在上述分级体系中，它们大体上分别相当于“探明储量”、“推定储量”和“推断储量”。

统观上述资源分级体系，可以看到：资源分级时主要考虑的是以下这几个因素：

- (1)资源存在的确实程度；
- (2)资源本身的数量与质量；
- (3)资源的可采性与可用性；
- (4)经济上的可行性。

对于资源分级，多年来一直试图建立一个适用于所有资源的体系。实践证明，这样做矛盾较多，因而当前的动向是针对一个或一组矿种建立具有自身特性的分级体系。

## 第二节 资源评价的基本概念

资源评价，就是试图估计任一特定的矿种总的、总合的 (aggregative) 量，这种矿种应是具有经济价值或具有潜在经济价值的、可采的，它可以是已经发现的，但也可以是尚待发现的。

资源分析，就是试图确定个别矿产或石油等资源的数量、质量、位置及经济意义，最终得出一个总合的估计。

根据这样的认识，我们就明确了一个基本之点：资源评价与储量计算不是一回事，不能混淆，前者测重点在评价尚未发现的资源方面。