

矿产资源总量预测评价方法

潘恩沛 朱裕生 田丰才等编著

湖南省地质局

矿产资源总量预测评价方法

潘恩沛 朱裕生 田丰才等编著

湖南省地质局

一九八二年十二月长沙

前 言

本书专门介绍矿产资源总量预测的评价方法。

为了便于广大地质工作者进一步掌握矿产资源总量预测评价的方法和步骤，除引用了少量外国的例子外，还引用了一些省内外的实例（实例中没有给出相应的正式统计数字，请不要公开引用，以免谬种流传）。因此，这本书是集体的劳动成果。其中的基础地质资料是多年来广大地质人员辛勤劳动的结晶。矿产资源总量预测工作是在他们工作成果的基础上起步的。

参与本书编著的人员（依姓氏笔划为序）有：王昌烈、王清茂、孔庆龄、田丰才、向林娥、刘学通、刘序琼、吕金荣、朱裕生、张己炎、权正钰、陈甲超、李伟绩、潘恩沛等。

地质矿产部资料局袁君孚高级工程师对本书编写要点作了具体的指导，汪乾熙高级工程师对不少章节提供了中肯的建议。此外，本书从收集资料、编写、抄写、校对、清绘到印刷还得到了许多同志的宝贵支持。赵旭东、杨本锦、殷棟、曾澜等同志曾协助收集或提供了他们的部分文稿供我们参考。中国地质科学研究院矿床地质研究所数学地质室李裕伟、余金生、谢锡林、李连杰、傅旭杰、刘亚铃，中南地勘局二三〇研究所二室周杨杞、陈宝树、朱舜华、黄建军及邓建辉等同志都对本书的有关内容作出过贡献。对于所有这些同志们我们谨表示深深的谢意！

本书没有谈及数学问题，在涉及这些内容时都只一笔带过，因为中国地质科学研究院矿床地质研究所与中南地勘局

二三〇研究所等单位都有这些计算程序可供使用。

全书最后由潘恩沛、朱裕生等同志执笔统一编著而成。
不足之处，请读者批评指正。

编著者

一九八二年十二月三十日于长沙

绪 论

矿产资源是国民经济建设的基石。为发展经济迫切需要取得有关矿产资源的可靠数据,了解矿产资源的特点是什么,优势是什么,不足是什么,以编制近期和长期的国民经济发展计划。在当前找矿难度愈来愈大的情况下,不能满足于传统的地质一找矿方法,也不能满足于已完成的成矿远景区划,而矿产资源总量预测评价方法为预测某矿种(或矿组)的资源总量,促使人们深入研究成矿规律,探索新的找矿方法,都有重要意义。

经过几年的努力,一支具有较好水平的矿产资源评价队伍已开始形成。我认为在当前这个阶段,应该重视下面六个方面的问题,这就是:

- 1.地质一找矿与矿产资源评价的关系。没有实际的地质工作为基础,就不可能进行矿产资源评价,这是任何时候都不应忘记的,而一切地质工作又都是为矿产资源评价服务的。

- 2.矿产资源评价的传统方法与地质统计学方法的关系。传统的资源评价方法是长期以来地质工作者智慧和经验的结晶,而目前发展起来的以统计学为特征的评价方法,则是传统方法的继续和发展,是地质科学走向定量化的比较成功的领域之一。

- 3.矿产资源评价方法与具体矿种和地区评价结果的关系。一切评价方法都只是手段。目前尚不能认为那一种方法是万能的,必须重视针对具体情况选择合适的评价方法。评

价结果的可靠程度取决于地质数据，在一个地区取得成功的方法并不保证能成功于另一地区，反之，对一个地区而言并不成功的方法，也可能在另一地区会取得成功。

4. 评价结果与地质—找矿的关系。即使是最好的肯定性的评价结果也只是指出矿产资源存在的可能性，它不能代替地质—找矿工作。矿产资源评价所用的任何地质原始数据都不可能包括最活跃的人的主观知识和经验，所以对评价结果必需进行地质解释。地质解释就是论证评价结果的可靠程度、空间分布、控矿因素、找矿标志……等等，也就是将数学表达式转化为地质概念，以补充数学表达式尚未包含的信息，即对数学表达式的修正。因此，地质—找矿工作的进行既受评价结果的指导，也是对评价结果的验证。

5. 矿产资源评价与成矿远景区划的关系。矿产资源评价实际上是成矿规律研究与数学方法的结合，毫无疑问，成矿规律是基础，数学方法是手段，电子计算机是工具，这三者是紧密相连的，而最关键的是地质基础，是成矿规律。这要靠多年地质资料的积累，而野外地质队在这方面占有很大的优势。成矿远景区划也叫区域成矿规律或成矿预测，因此，矿产资源评价与成矿远景区划是一体的工作。

6. 地质评价与经济评价的关系。一切矿产资源必须在地质上存在，否则无所谓资源。但如果不能正确地对矿产资源作出工艺的、经济的和环境的评价，这些资源就不能转变为社会的财富。另一方面，在谈到经济问题时，必须看到：矿产资源相对地并不是取之不尽的，因而不能贪图眼下的蝇头小利而使资源大量浪费。

我们已经经历过将大量人力物力投入根本没有成矿地质条件的地区的岁月，因而对加强矿产资源的地质评价不应有

什么误解；另一方面，多年来不讲经济效益，对矿产资源不作经济分析，对并非急需而且短期内不能采掘的矿产投入大量的资金，取得了超过必要水平的储量，使资金多年积压，并使将来矿山在短期内难以实际获利，这种教训大约还没有广泛被认识。因此，在这本书中对资源的经济评价作一些介绍，或许是有益的。

朱恒鑫

一九八二年十二月三十日

目 录

绪 论.....	1
第一章 矿产资源评价概论.....	1
第一节 矿产资源的分级方案.....	1
(1) 美国地质调查所资源分级方案.....	4
(2) 联合国资源分级方案.....	9
第二节 矿产资源评价工作的基本内容.....	12
(1) 美国国家铀资源估量规划.....	14
第三节 矿产资源评价方法论.....	25
第四节 矿产资源评价工作的意义.....	31
第二章 不涉及地质环境分析的矿产资源 总量估算方法.....	37
第一节 概述.....	37
第二节 基于资源管理部门历史资料分析的方法.....	41
(1) 根据投资的平均效果.....	42
(2) 根据投资效果的趋势.....	42
(3) 根据发现资源的速率.....	44
(4) 根据矿石累计吨数与品位关系.....	44
(5) 技术要求.....	50
第三节 基于矿床统计数据概率分布的方法.....	51
(1) 根据泊松分布拟合矿床数分布.....	51

(2) 根据负二项分布拟合矿床数分布.....	53
(3) 矿床产出的概率估计法.....	55
(4) 齐波夫分布律法.....	59
第四节 区域价值估计法.....	69
(1) 格瑞夫斯的工作.....	70
(2) 区域价值法的一般工作过程.....	86
(3) 美国纳法约地区资源评价.....	87
(4) 内蒙中部的资源评价.....	89
(5) 技术要求.....	98
第三章 基于主观判断的矿产资源总量估算方法.....	101
第一节 德尔菲法.....	101
(1) 纯德尔菲法和修正德尔菲法.....	102
(2) 湘中锑矿的德尔菲估计.....	107
(3) 我国某大陆架含油远景区的德尔菲估计.....	116
(4) 对德尔菲法的评价.....	120
第二节 主观概率法.....	122
(1) 简单的主观概率模型.....	122
(2) 修改的主观概率模型.....	139
(3) 复杂的主观概率模型.....	147
第四章 基于地质环境对比的矿产资源总量 估算方法.....	168
第一节 丰度估计法.....	168
(1) 基本依据.....	168
(2) 湖南黄沙坪—宝山多金属矿的资源估量.....	172
(3) 安徽罗昌河—月山地区铜资源估量.....	178

802	(4) MIMIC法.....	185
111	(5) 丰度估计法的具体做法与精度.....	187
111	第二节 体积测量估计法.....	189
910	(1) 估算资源的体积公式.....	190
221	(2) 湖南省震旦系磷矿资源评价.....	200
	(3) 宜昌、荆襄沉积型磷矿资源评价.....	212
	(4) 湘黔汞矿带湖南部分汞资源评价.....	221
632	(5) 湖南西部金刚石砂矿的资源评价.....	223

第五章 基于地质环境与成矿标志分析的矿床

	模型化法.....	229
	第一节 概述.....	229
802	第二节 关键地质因素模型.....	236
	(1) 铀矿床.....	237
102	(2) 湖南柿竹园矿床.....	249
	第三节 成矿标志模型.....	258
	(1) 美国科罗拉多高原铀矿资源.....	259
	(2) 福建南部铁矿.....	270
	(3) 湖南省中部铋矿.....	296
	(4) 湖南省蚀变花岗岩型钽矿.....	315
	(5) 红山子—五分地地区铀矿.....	320
	(6) 赤城地区铀矿.....	328
	(7) 石油资源预测的油田模型法.....	338
	(8) 河北南部接触交代型铁矿.....	350
	(9) 中国矽卡岩型铜矿床预测模型.....	354
	(10) 华南花岗岩型铀矿床预测模型.....	366
	(11) 三二二矿田铀资源定量预测模型.....	374

(12) 湘南铅锌钨资源定量预测模型.....	393
第四节 成因地质模型.....	411
(1) 成因概念模型.....	411
(2) 成因地质模型.....	419
(3) 美国圣朱安盆地铀成因地质模型.....	433
(4) 湖南省早震旦世锰矿成因概念模型.....	458

第六章 矿产资源的经济社会评价..... 473

第一节 矿产开发的战略决策概念.....	473
第二节 基于价值观念的决策方法.....	481
第三节 矿产资源的经济评价.....	483

矿产资源总量预测评价技术要求 (建议稿) 508

主要参考文献..... 524

第一章

矿产资源评价概论

第一节 矿产资源的分级方案

矿产资源是一切地质找矿勘探工作的目标，也是这些工作成果的集中体现。

矿产资源，是指天然赋存于地壳内或地壳上的固态、液态或气态物质的富集物，就其形态与数量而言，在当前或可以预见的将来它们能成为经济上可以开采和提取的矿产品。

由此可见，矿产资源既是一个自然的概念，又是一个经济的概念。矿产是由一定地质过程形成的。但在地质过程中形成的富集体并不都被当成矿产资源，例如开采煤矿时煤层气从古以来都是一种危险的根源，并不被当成资源。南非含金砾岩中的铀也不是一开始就被人们看成资源的。因此，矿产资源的经济属性是应该加以强调的。

在资源的定义中，还有几点应该加以说明：

第一，资源并不限于已经发现的，它也包括尚未被发现的。例如，我们说我国沿海大陆架石油资源潜力很大，就包括了尚未被发现的那一部分石油在内。

第二，资源并不一定在当前就能够或需要开采和提取。经济发展的需要以及科学技术的进步，会使能被利用的资源的界限愈来愈放宽，在第一颗原子弹制成以前，人们只能开采和提炼百分之几的铀矿石，而随着原子能工业的迅猛发展，

这个品位的数值已下降了两个数量级之多。

第三，资源的概念是由经济发展的需要和工艺水平所决定的。各国对资源的意义理解不同，资源分级方案也不同。例如在美国煤层厚度超过1米才被视为资源，而许多缺煤国家只要数十厘米即被当成资源。类似的情况不胜枚举。

矿产资源分级系统既是管理全国矿产资源的依据，又是资源评价结果对资源量划分的准则。由于历史的原因，世界各国以及各国际组织使用着各种不同的分级系统。如果仔细考察一下，这方面有两个特点，其一是绝大多数国家主要将注意力放在已知矿床所找到的储量上。其二是尽管各国的历史背景与发展水平不同，但绝大多数分级体系都起源于采矿与工程学。现在世界上大体上存在着两种资源分级体系，一种是苏联首先采用，我国基本仿效，1960年中为经互会各国接受的体系，另一种是最早为美国内政部和其它一些联邦机构采用，尔后为加拿大等国所接受，并已在其它许多国家使用的体系。联合国七十年代后期在使矿产资源分级标准化方面做了巨大的努力，并提出了一个新型的分级系统。大体上说，苏联与联合国分级系统是采用字母与数字代号来对各级资源进行命名，然后用定义来规定每一级别的严格含义；而美国分级系统则采用描述式的术语，然后将根据每一矿种规定各级的分界与定义。

在介绍具体的分级系统之前，我们先讨论一下一个好的分级系统应该考虑那些方面的问题。

首先，每个国家都需要清查他们的矿产家底，这就必需了解实际上已经发现了些什么，对它们的情况弄清楚到了什么程度。

一个基本问题是：什么算已发现的？什么算未发现的？

这之间的界限并非截然分明的，即存在一种介乎二者之间的过渡情况——估计是存在的但超出了实际观测之外的情况。另一个困难的问题是如何处理已知其存在但低于国家现行使用标准的那一部分资源。弄清一个具体矿床现在能否生产是一回事，而具体划定能生产与现在尚不能生产的资源却是另一回事，因为这条分界线是随工艺、市场价格、矿山成本以及社会需要的迫切程度随时涨落的，也许划这条线好些，但为此对矿产资源报告的要求就应该更高些。

在矿产资源分级方案中，需要确定一个合理的、有进行评价必要的下限，这就是通常说的规定矿体边界、最小可采厚度、最低工业品位以及最小米百分数的这一类问题。考虑到资源可能在将来的经济技术条件下才被利用，这些界限不能划得太高，以免丢失资源；但也不能划得过低，以至把一些普通的岩石都当成了资源。

还有一项需要解决的重要问题，即在矿山开采和加工过程中可被采收的百分比问题。有些矿种从整个原地资源总量中可回收的还不到10%，因而，从资源报告中看到的数字并不都能成为经济计划人员可依赖的实物。最好能在分级方案中划分出原地资源量与特定条件下可采收资源量。

对任何一个国家来说，制订或修改矿产资源分级方案都是十分复杂和艰巨的任务。这是因为：每个国家现在手上都有一大批矿山，有许许多多份矿产储量报告，它们都是以本国现行的规范为准绳的。如果考虑不周，仓促改变，则会使全国资源管理弄得大乱。但另一方面，资源分级方案不合理，落后于时代的要求，也会给经济计划带来严重的影响。因而，我们看到许多国家最近十多年来一直在修改本国的矿产资源分级方案。

在这里，我们将介绍两类有代表性的分级方案的制订过程与具体内容。

(1) 美国地质调查所资源分级方案

在美国地质学家麦克凯维、布朗载尔和拉斯基早期工作的基础上，美国地质调查所在1976年第1450号通报内报导过一个分级方案。这里该局与美国矿业局合拟的一份矿物资源分级原则，到1980年对该方案作了修订，形成一份“矿产资源与储量分级原则”的文件（美国地质调查所1980年831号通报）。这个分级体系是来自美国地质调查所、矿业局、能源部情报处、以及保密与交流委员会等单位的工作小组一致同意的。图1.1是较早的一个方案，图1.2和1.3是最近的方案。所有这些方案都是以所谓麦克凯维箱的形式为基础的。拿修订方案与早期方案对比，我们看到：

1. 修订的主要在未发现资源以及亚经济的部分，对于“储量”只是划出了“推测储量”，其余的部分并未作实质性的变动。这表明，美国对涉及成千上万矿山企业根本利益的“储量”部分，一直未轻率地加以变动，而只是按勘探程度使级分得更细一点。

2. 从修订的过程看，美国对经济上的考虑是愈来愈细的。1980年方案划出了“储量基准”也说明了这一点。

3. 从修订过程看，对于未发现资源的考虑也愈来愈细，它反映了美国对资源潜力重视程度不断增长。它也可能是对这一部分资源的处置感到为难的一种反应。

美国地质调查所1980年831号通报介绍的各级资源之定义如下：

查明资源

指位置、品位、质量和数量系由特定地质依据得知或估

算的资源。已发现资源包括经济的、边界经济的和亚经济的三部分。为了反映地质上可靠程度的不同，这些从经济上划分的资源又可分为确定的、推定的与推断的。此外，确定的加上推定的部分统称为探明的。细分的依据是：

1. 确定的

根据露头、探槽、坑道或钻孔揭示的规模所计算的矿量，其品位和/或质量是根据详细取样结果计算的。调查、取样和测量的点距较密，地质特征已经查明，因而资源的规模、形态、深度和矿物含量均已很好地确定。

		查明资源		未发现资源	
		探明的		假定的	假想的
		确定的	推定的	(在已知区内)	(在未知区内)
经济的	经济的	储量			+
	准边界的				
	亚边界的	+	+	资源	+
亚经济的	亚边界的				

← 地质可靠程度增加 →

↑ 经济有利程度增加

图1.1 美国矿产资源分级方案
(1976年，即“麦克凯维箱”)

累 计 产 量	查 明 资 源		未 发 现 资 源
	探 明 的		概 率 范 围 (或)
	确 定 的	推 定 的	推 测 的 假 定 的 假 想 的
经 济 的	储 量		推 测 储 量
边 界 经 济 的	边 界 储 量		推 测 的 边 界 储 量
亚 经 济 的	探 明 的 亚 经 济 资 源		推 测 的 亚 经 济 资 源

其它产出	包括非传统的和低品位的物质
------	---------------

图1.2 美国矿产资源分级方案 (1980, 不包括储量基准)

累 计 产 量	查 明 资 源		未 发 现 资 源
	探 明 的		概 率 范 围 (或)
	确 定 的	推 定 的	推 测 的 假 定 的 假 想 的
经 济 的	储 量 基 准		推 测 的
边 界 经 济 的			储 量 基 准
亚 经 济 的			

其它产出	包括非传统的与低品位的物质
------	---------------

图1.3 美国矿产资源分级方案 (1980, 储量基准部分)