

矿产资源评价的理论和实践

地球科学国际交流

(一)

中国地质科学院

一九八二年四月

地球科学国际交流(一)

矿产资源评价的理论和实践

——中华人民共和国/联合国教科文组织矿产资源评价专题讨论会技术总结——

Meneral Resource Assessment

——PRC/UNESCO Workshop on Meneral Resource Assessment——

中国地质科学院

一九八二年四月

出 版 说 明

近年来，我国与国际地质界的科技交往日趋频繁。不少国外地质学者和专家来我院讲学和进行学术交流，活跃了学术空气，科研人员从中受到了裨益。

为使国内更多的地质同行从多方面了解有关学科的国外学术水平和科研动向，藉以开阔思路、充实科研内容，有助于国内地质科学事业的发展；同时也为了能和兄弟单位交流在国际交往方面的经验和收获，我们决定将选取部分国际学术交流中的成果和讲学效果较好的内容进行综合整理，不定期连续出版，供有关人员参阅。

恳请有关部门对其内容和形式提出意见和建议。

中国地质科学院外事处

前 言

中华人民共和国/联合国教科文组织矿产资源评价讨论会 (PRC/UNESCO Workshop on Resource Assessment) 于一九八一年六月八日至二十日在北京举行。参加这次讨论会的中方人员来自地质部、石油部、冶金部、煤炭部、二机部和中国科学院等生产、科研、教育和生产管理部门,共45人。参加这次讨论会的外国专家是:

克拉克 (A.L.Clark) 博士:美国地质调查局国际地质处资源数据和评价计划高级协调人,国际地质对比计划 (IGCP) 第九十八项主席,国际地质数据存储、自动处理和检索委员会 (COGEODATA) 执行委员会主席,“阿拉斯加矿产资源评价计划” (AMRAP) 负责人;

麦克卡门 (R.B.McCammon) 博士:美国地质调查局资源分析室地质学家,国际数学地质协会司库,“国家铀矿资源评价计划” (NURE) 负责人;

波特波尔 (J.M.Botbol) 博士:美国地质调查局海洋地质室地质学家,计算机软件专家;

库克 (J.L.Cook) 小姐:美国地质调查局国际处地质学家;

西胁二一 (Niichi Nishiwaki); 日本京都大学数学地质学家。

这次讨论会的主要内容是由外国专家介绍矿产资源评价的理论、方法;评价所需要的数据、数据模型 (原始数据模型和方法数据模型);数据文件、数据库;各种矿产资源评价方法的应用实例及国家、区域矿产资源评价的方法步骤。采用的方式是以专家系统介绍为主,辅以提问解答的方式进行。

通过这次讨论会的系统介绍、讨论、座谈,有关资源评价的全部内容大致可分为三种情况:

1、国内已熟知,并已积累了一些自己的实践经验 (如GC-79化探处理系统中的部分内容和丰度估计法等),它约占讨论会全部内容的20%左右;

2、国内已大致了解,原来体会不深,掌握不够的约占30%;

3、国内原来尚未掌握的占50%左右。

因此,这次讨论会在我国正式开展资源评价工作之前召开是非常及时的,收益是很大的。

根据地质部外事局和科技局关于必须编写讨论会技术总结的指示,由矿床地质研究所组织人力撰写了“矿产资源评价的理论和实践”一书作为这次讨论会的技术总结。

该总结依据如下资料编写:

1、外国专家指定的基本教材;

2、外国专家提供的参考材料；

3、外国专家赠送给私人的有关材料；

4、讨论会的笔记和录音。

矿产资源评价是近期发展起来的一门实用学科，目前虽然已形成它自己的基本理论体系和方法学，而且在实践中证明它有强大的生命力。但是它毕竟是年轻的、刚刚成长起来的新学科，正象克拉克博士在开幕式上指出的那样：“在最近五年，几十个国家通过近二百个科学家在不同地区进行矿产资源评价的实践取得了成功的经验。在这次讨论会上，不仅要讲成功的经验，也要讲失败的教训。把失败的教训告诉大家，以免重犯。后者比前者更为重要”。

本总结也是按此原则选择内容和编写的。

本总结主要供地质部门的领导同志、从事矿产资源评价的地质工作者，包括协调和组织此项工作的同志参考。同时，也可作为从事区域成矿规律研究和成因地质学方面研究的地质工作者参考。

由于不少内容是根据录音整理的，不少数字尚未公开发表，无法查对，这些方面以今后正式发表的文献为准。考虑到讨论会的文献资料将会由其它同志陆续翻译出版，加之讨论会期间专家答应赠送的有关资料目前尚未收到，故本总结的内容尚欠具体。许多技术方法涉及到广泛的数学方法和我们已有的计算机程序，有不少中文文献可参考，因此不再在这里详细介绍。

本总结在编写过程中曾与赵鹏大教授商讨了总结内容和编写提纲，吴承栋同志提供了有关翻译资料，付子洁同志清绘全部图件，讨论会期间杨树人同志任翻译。讨论会上，参加者活跃的学术思想和求教精神为本总结的编写打下了坚实基础。本总结由朱裕生、潘恩沛同志编著。由于编者水平所限，不当和错误之处，尚祈国内外同行批评指正。初稿承李公时同志仔细审校，谨致谢意。

编 者

一九八二年四月

目 录

第 一 篇

总 论

第一章	矿产资源评价发展的历史和现状·····	(1)
第二章	资源和储量的分类·····	(6)
第三章	矿产资源评价的基本概念和形式·····	(9)
第四章	矿产资源评价工作的组织·····	(12)
第五章	矿产资源评价的发展趋势 ——克拉克—德鲁模型——·····	(14)

第 二 篇

矿产资源评价的方法学

第一章	概述·····	(17)
第二章	区域价值估计法·····	(20)
第三章	体积估计法·····	(31)
第四章	丰度估计法·····	(35)
第五章	矿床模拟估计法·····	(46)
第六章	德尔菲估计法·····	(54)
第七章	特征分析法·····	(57)
第八章	成因地质模型法·····	(74)

第 三 篇

矿产资源评价的数据、数据库及有关的程序系统

第一章	数据·····	(99)
-----	---------	------

第二章	矿产资源评价的数据文件和数据库·····	(102)
第三章	GRASP——地质检索和摘要程序·····	(118)
第四章	BMDP 统计分析程序库·····	(144)
第五章	PROSPECTOR (勘查者) ——矿产资源勘查中的计算机咨询系统·····	(176)

第 四 篇

美国矿产资源评价的实践和基本经验

第一章	美国矿产资源评价的历史回顾·····	(192)
第二章	玻利维亚小矿山清查计划·····	(196)
第三章	美国石油、天然气资源的地质估计·····	(197)
第四章	AMRAP——阿拉斯加矿产资源评价计划·····	(203)
第五章	NURE——国家铀矿产资源评价计划·····	(213)
第六章	CUSMAP——美国本土矿产评价计划·····	(217)
第七章	美国矿产资源评价工作实践中的基本经验·····	(235)

结 束 语

参考文献·····	(238)
-----------	-------

第一篇 总 论

第一章 矿产资源评价发展的历史和现状

保证矿产品的近期、中期和长期供应问题是世界各国政府当前关心的问题，特别是二十世纪六十年代后期和七十年代初期。关心的原因很多，以下四点各国政府首先考虑的事实：

第一是发表了“增长有限论”(Meadows等，1972)，这个理论第一次清楚地说明自然资源、粮食、环境、人口和科学技术间的相互关系和相互影响，特别是“增长有限论”的分析提出了确定矿产资源和能源的限度问题，要求查明长期设想中的资源是否确实，这项活动需要大量的资料。

第二是普遍出现了对环境问题的关切。环境保护法的建立，严重地冲击了资源和能源的勘探、发展和开采，虽然保护环境对矿产品的近期供应影响不大，但导致了对中期和长期供应计划的重新评价，这项活动需要世界范围内的大量储量和资源数据。

第三是石油生产和输出国组织的成立，此活动明显地说明了资源供应对垄断控制的脆弱性。

第四是1972—1974年的石油危机事件产生的两种担心导致需要更丰富、更精确的矿产资源数据，第一种担心是害怕以石油生产和输出国组织为楷模，成立其它矿种的类似的垄断组织；第二种是害怕由于石油供应价格增加，引起经济上混乱，造成矿产工业方面的投资显著减少，这样可能严重影响矿产资源的长期和中期供应。

以上四方面的事实及其它因素，促使进行国际性的通力合作以增加对现在和将来矿产供应的了解水平，特别是在一个国家和全球基础上确定矿产资源的位置、数量、质量和矿床个数。

许多国家，特别是经济发达的国家制定了宏大的矿产资源评价计划，象美国的“尚未发现的石油和天然气可回收资源的地质估计”、“玻利维亚矿产资源编目”、“墨西哥矿产资源编目”、“芬兰的矿床模拟和矿产潜力评价”等全国性计划，其它象日本、南朝鲜、秘鲁、土耳其、肯尼亚、塞浦路斯、委内瑞拉、埃及、印度尼西亚、马来西亚、以色列、新西兰和加拿大等国正在执行和拟定类似的矿产资源评价计划。

矿产资源评价工作成为一国政府的国策考虑虽然是近几年来的事实，但矿产资源评价方法的研究早在五十年代就已经开始。在最近三十年中，通过对矿产资源评价方法的探索、研究、发展、总结和实用试验等形式，已形成了一整套完整的方法，并建立了初步的理论体系。

矿产资源评价的基本问题是寻求矿产资源同地质条件之间的关系,进而利用这种关系,估计潜在资源量。应用数学方法一旦建立了这种关系——矿产资源评价模型,显然将使矿产资源评价工作前进一大步。为此,地质学家们一直在为解决这一课题而进行艰苦的探索和研究。这个过程可以分为以下三个阶段。

1、萌芽阶段

早在五十年代初,有人认为:在足够大的区域内某种矿产资源量的分布大致相当于这种元素在地壳中的分布。还有人提出区域矿产价值的分布服从对数正态分布,……等等。这些假设是应用数学方法建立矿产资源评价模型的指导原则,也是矿产资源评价模型最原始的概念。总之,它是矿产资源评价的理论雏型。在这一期间,M.Allais提出的理论所表达的矿产资源评价模型概念最为完整。他认为每个单元内的矿床数服从泊松分布。以此为模型,认为在阿尔及利亚的撒哈拉沙漠区还可发现20个矿床。之后,进而提出区域矿产价值和勘探成本均服从对数正态分布。应用这种统计关系可以预测在一定成本意义下发现一定数量矿床的概率,以此来部署勘探工作。

M.Allais的理论开始了用数学语言把矿产资源量同地质条件连接起来的新时期,受到了数学地质工作者和资源评价人员的关注,不少人认为这是在矿产资源评价工作中的一次大胆的试验。但是,M.Allais的工作是假定区域地质条件为均一和用单变量的方法研究单元内矿床数或矿床价值的分布的前提下建立的这种数学关系。显然与地质实际有较大的出入。综上所述,该阶段的基本特征是:

①矿产资源量与地质条件之间存在着某种关系,而这种关系是可以以数学语言进行描述的,这就是矿产资源评价模型的原始概念,称之为阿莱斯模型;

②矿产资源量与地质条件之间的关系是建立在单变量基础上的数学关系,因而它具有研究和探索的意义,尚未开拓具有实用价值的矿产资源评价方法和途径。

2、试验探索阶段

该阶段自五十年代末开始至1974年期间。在阿莱斯模型的基础上于1962年J.C.Griffiths建议采用判别函数建立矿产资源评价的数学模型。这在阿莱斯单变量模型的基础上迈进了多变量统计预测模型的大门。然而真正的矿产资源评价模型是由D.P.Harris建立和试验应用的。1965年,他将美国亚利桑那州和新墨西哥州相毗连的地区作为研究区,将区内划成243个单元,把每个单元内的矿床储量换算成价值。然后建立起地质条件同矿床价值关系的统计模型——巴叶斯意义下的多组判别分析。为了检验该模型的有效性,他又利用邻近犹他州的已知区的矿床作了验证,其结果全部已知矿床都落入含矿组的界限之内,这样得到了正确的结果。从而证明了该模型的有效性。

在此期间,电子计算机技术在地质领域中的应用和服务项目的扩大,使庞大的地质数据的存储、检索、处理和综合成为可能,为矿产资源评价这项综合性很强的工作增添了新的工具。从此以后,矿产资源评价工作可以在大范围内(全世界、一个国家或一个成矿带)综合地质、物探、化探和遥感等资料的大量数据,从中择取与矿产资源有关的信息作出全面的、系统的、科学的、迅速的评价。电子计算技术在地质领域里的应用导致了地质数据库的建立,这样为矿产资源的评价开辟了令人鼓舞的前景。

同一期间,全球性的矿产资源评价学术团体的建立和国际交流活动的大力开展,使矿产资源评价工作得到了空前未有的大发展,对矿产资源评价方法进行了系统的总结。在1967年,国际地科联成立了地质数据存储、自动处理和检索委员会(COGEODATA),1968年成立国际数学地质协会,并于1969年创办了国际数学地质协会会刊,它重点介绍数学地质的方法和矿产资源评价的理论、方法和实践活动。于1971年10月开始拟定“在资源研究中使用计算机标准”,即国际地质对比第98项,该项目在1975年已正式开始执行。它主要是确定矿产资源评价时对资料的编目,矿产资源评价和储量评价的方法和要求,并在全世界进行了广泛的试验工作。

从以上事实可以看出,该阶段以下列事实为特点:

①总结了一整套矿产资源评价模型。首先在单变量评价模型基础上总结了具有实用价值的多元统计评价推断模型(MG),接着又总结了主观概率模型(SP)和矿产资源评价的逻辑模型;

②初创矿产资源评价的理论体系的雏型。特别是在实践的基础上提出了矿产资源评价在当前的地质理论上都是直接或间接使用矿床模型的精辟论断;

③电子计算机的应用为矿产资源评价提供了崭新的计算工具,从此可以把用人力无法计算的复杂数学方法纳入矿产资源评价模型范畴之内,为地质数据的综合和地质知识的综合奠定了物质基础;

国际学术团体的成立和相应刊物的出版标志着矿产资源评价的理论和方法已经成型,并且已由一定的实践资料来证实这些理论和方法的成效。

3、实用阶段

1975年至今,矿产资源评价的理论和方法在原有的基础上进行了全面总结,发展到实用阶段。

国际地质对比计划第98项执行以来,召开了三次有关矿产资源评价发展历史进程带有鲜明标志的学术总结和交流会议。1976年10月在挪威的卢恩举行首次会议,会上提出了矿产资源评价的六种方法(区域价值估计法、体积估计法、丰度估计法、矿床模拟法、德尔菲估计法和综合方法),地质数据的存贮、检索和显示技术要求,地质资料编目的方法和标准以及收集地质资料的统一精度等。1977年11月在肯尼亚的台他山举行的会议对六种方法进行了总结,并确定在以后的实践中推广使用,还总结了知识综合的具体方法,即prospector(勘察者)作为知识综合的技术手段。1979年四月在墨西哥召开了第三次会议,全面总结了第98项专题,形成了矿产资源评价的一套基本理论和相应的方法。从此矿产资源评价开始了她自己的新阶段——实用阶段。在这方面美国首途急驰,自1975年开始执行和完成了“美国尚未发现的石油和天然气可回收资源的地质估计”、“阿拉斯加矿产资源评价计划(AMRAP)、“国家铀矿资源评价计划”(NURE)和“美国本土矿产资源评价计划”(CUSMAP)等四大计划。美国政府拨巨额专款支持这些计划,单就NURE计划国会拨款达3亿美元。为了保证美国矿产资源,特别是能源资源的近期、中期和长期供应的需要,政府把矿产资源评价工作作为一项国策来考虑。所以日前美国是开展矿产资源评价工作做得最多、最深、最全面,积累的经验 and 知识(理论)最完整

的国家。

实用阶段的事实说明：

①矿产资源评价的探索 and 实验研究的成果终归要走向实用的目的，它是为发展经济服务的科学技术方法。各国经济高速度发展的历史进程揭示了矿产资源评价工作必将成为全世界各国政府的国策的发展规律。

②矿产资源评价的理论和方法已不再成为科学研究或学术探索的研究课题，而是国家经济计划重要组成部分的实用目标。

③矿产资源评价是一门综合性很强的地质课题，它涉及到基础地质学和方法地质学两大领域，电子计算机技术从方法地质学的角度丰富了矿产资源评价的内容。据此产生的实用性课题必须由国家或政府统一领导，并以强大的财政支持它的工作。只有这样，它才能为国家经济发展未来的计划设想，为环境保护和控制人口增长提供科学的依据（或基础资料）。否则它的实用意义将丧失掉，这一点在美国执行四大计划过程中表现最为明显。

④矿产资源评价工作已超出一个地区、一个国家的范围。目前已提出“全球性资源评价方法学”、“全球资源数据库”（例如A.L.克拉克等人提出的全世界1052个矿床的数据文件）等实际行动方案。该工作对确定未来全球性矿产资源的供求关系不仅有益，而且使全球的环境保护、人口增长和矿产资源开采、勘查工作建立在实际资料的基础上。

从矿产资源评价三十年来发展历史进程可以知道，当代矿产资源评价涉及到如下的几个基本问题：

（1）由于矿产资源评价是一门综合性很强的实用地球学科，它必然涉及到地质、构造、岩石、矿物、矿床、地球化学、地球物理及实验地质学等基础地质学和地质制图、普查勘探方法、地球物理探矿、地球化学探矿、数学地质、实验地质，电子计算机技术、软件系统和卫星影像技术等方法地质学二大门类。因此，相应的技术队伍必须是一支训练有素、经验丰富和综合性强的专业化资源评价队伍，其人员应该由经济地质学家、矿床地质学家、地球物理学家、地球化学家、地质统计学家、计算机专家（硬件和软件）及资源分析人员和助手组成，必要时还要配备同位素地质专家、遥感地质专家及古生物学家。

（2）矿产资源评价工作就是围绕矿产资源评价这个总目标建立各种模型及把它转化为地质概念（它可以是定性的，但主要是定量的）。

目前矿产资源评价方法已总结有以下几类模型：

- A、逻辑模型；
- B、单变量统计模型；
- C、多变量统计推断模型；
- D、主观概率模型。

矿产资源是地质作用概念的综合和使用价值的表达，矿产资源评价必然是对地质理论的综合应用。毫无疑问，地质学中的各种模型是导出矿产资源评价模型的基础和转化

为地质模型的实际概念的桥梁。按地质学的一般概念出发,地质模型(物、化、有关探模型包括在内)有以下几类:

- A、地质概念模型,这是地质人员的经验表达;
- B、地质成因模型;
- C、地质经济模型;
- D、地质—地球物理模型;
- E、地质—地球化学模型。

矿产资源评价模型转化为地质概念模型需要经过模拟过程。该过程虽然可以通过地质人员的经验达到转化的目的,但目前主要通过电子计算机的模拟来实现。

(3) 电子计算技术(即硬件和软件)在矿产资源评价过程中处于举足轻重的地位。电子计算技术在矿产资源评价工作中至少起到如下作用:

- A、存储各类地质资料,即建立地质数据文件和矿产资源数据库;
- B、建立矿产资源评价模型;
- C、输出(或绘制评价结果图件)处理结果的原始资料(包括图件);
- D、矿产资源评价模型转化为地质概念模型,即电子计算机模拟;
- E、帮助矿产资源评价人员对矿产勘查和资源评价进行咨询(人工智能作用)。

电子计算机技术在矿产资源评价中的应用表示矿产资源评价的技术水平已由地质人员凭个人经验和思考的方式进入数据综合和知识综合的最佳评价方式。

(4) 矿产资源评价是对地壳三度空间估计,就当前的开采技术条件而论,仅能开采利用有限深度内的矿物原料。考虑到未来技术条件的发展和社会发展的需要,无疑地,深度将会提高。因此,评价深度应达多大是矿产资源评价工作中需要研究和确定的一项技术政策问题。

(5) 资源评价主要是对非储量部分资源的估算。为了在储量和资源分类中反映资源评价工作的需要及其成果,对资源和储量的概念要确定明确的定义,两者的分类要科学而实用,而且在法律上要加以限制。故此,资源和储量的分类及其各类的技术要求是由政府部门确定的又一项技术政策。

(6) 矿产资源评价的理论体系归纳起来主要有以下几点:

A、矿产资源评价是在现有地质理论指导下直接或间接使用矿床的成因—地质模型。

B、地壳上不存在完全没有资源的地区,也不存在资源已经完全枯竭的地区,因此矿产资源评价必须在某个地区一定的地质构造特征控制条件下确定:该地区是否存在某种矿产资源?有多少矿产资源存在?目前已知资源量(系已开采的和勘探储量的总和)在这二个端点之间的什么位置?

C、地壳中可以利用的矿产资源视为矿产的蕴藏量。矿产的蕴藏量或属该蕴藏量所组成的矿床受一定地质构造条件及其组合的控制。由此断定,在相似地质构造条件下产出相似的矿床(或蕴藏量相近),矿产资源评价所使用的各类地质数据包含有成矿地质作用和成矿地质构造环境的信息。因此,矿产资源评价是对模型的类比,即使用“已知

到未知”的原则在已知区建立资源量与地质条件之间的关系的模型外推到与已知区相似地质构造格局的评价区，对评价区作出资源量的估计。

D、通过各种方法手段（数学的，计算机模拟的甚至是地质人员经验的）建立的矿产资源量与地质条件关系的评价模型。其地质条件与矿种不同，模型各异。因此矿产资源评价模型是矿产资源评价方法的主体，统称为矿产资源评价方法学。它和储量计算方法不一样，必需依据地质条件的特点选择合理的评价模型。

E、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。地质解释就是把评价模型转化成地质成因和矿床品位、吨位的概念，这种转化主要是向评价模型增加地质概念模型和有关信息，把“理想矿床”转变成具有定量特征的“真实矿床”的资源量概念。这个过程统称为地质解释。

以上五个方面的内容，组成当前矿产资源评价的理论体系，它已成为矿产资源评价的指导原则。

矿产资源评价的现状还告诉我们，它是属于正在发展中的实用学科，其理论和方法尚不完善，还需要在实践过程中进行修改和补充。

第二章 资源和储量的分类

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糊的概念。

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一一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（见图1-1）。

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，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日前对资源和储量的定义。

累 积 产 量	查 明 资 源		未 经 发 现 资 源	
	探 明 的		概 率 范 围	
	确定的	推定的	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		
次经济的	探明的次经济资源	推测的次经济资源		
其它产出	包括非传统的和低品位的物质			

图 1 - 1 矿产资源分类的主要组成部分，不包括储量基础和推测储量基础

累 积 产 量	查 明 资 源		未 经 发 现 资 源	
	探 明 的		概 率 范 围	
	确定的	推定的	假定的	假想的
经 济 的	储 量	推 测	+	+
边界经济的	基 础	基 础		
次经济的				
其它产出	包括非传统的和低品位的物质			

图 1 - 2 储量基础和推测储量基础的分类

人们一直采用词典里的资源定义。“储存的或需要时立即可得到的某种东西”来说明矿产资源和能源资源，指的是包括那些仅推测是存在着的、具有现实价值或预期将来

可能具有价值的物质在内的所有物质。

资源 (Resource) ——天然赋于地壳内或地壳上的固体、液体或气体物质的富集物, 从其形态及数量来看, 作为一种经济开采和提取的矿产品是日前可行的或潜在可行的。

固有资源 (Original Resource) ——开采前的一种资源的数量。

查明资源 (Identified Resources) ——其位置、品位、质量和数量系由具体的地质依据得知或估算的资源。查明资源包括经济的、边界经济的和次经济的三部分。为了反映地质上的可靠程度的不同, 这些从经济上划分的资源又可分为确定的、推定的和推测的*。

探明的 (Demonstrated) ——这一术语用来表示确定的和推定的资源或储量之和。

确定的 (Measured) ——根据露头、探槽、坑道或钻孔揭示的规模计算出的矿量, 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, 地质特征业经很好查明, 因而资源的规模、形态、深度和矿物含量均已很好地确定。

推定的 (Indicated) ——矿量与品位和 (或) 质量是根据类似用于求确定资源的资料计算得出的, 但进行调查、取样和测量的点距较为稀疏或分布不当。其可靠程度虽比确定资源低, 但足以推断观测点之间的延续性。

推测的 (Inferred) ——是根据在确定的和 (或) 推定的资源以外还有延续部分的假设进行估算的, 而这种假设是有地质依据的。推测资源可以有也可以没有取样或测量提供的资料。

储量基础 (Reserve Base) ——查明资源的一部分 (图 1—2), 它能满足现行采矿和生产实践所要求的最低的具体的物理和化学的标准, 包括对品位、质量、厚度和深度所要求的标准。储量基础是指从可以估算出储量的原地探明资源 (确定的 + 推定的)。除包括那些在已确立的技术和日前的经济条件下可以利用的资源外, 还包括在一定计划范围内在成为经济可用方面具有有根据的潜力的资源。储量基础包括日前属次经济的查明资源 (探明的)。“地质储量”一词被人用来表示储量基础, 但它可能还包括推测储量基础, 它不属于本分类系统。

推测储量基础 (Inferred Reserve Base) ——指从中可以估算出推测储量的那部分原地查明资源。定量估算主要是以对矿床地质特点的了解为根据的, 并且可以没有进行过取样或测量。估算是根据在储量基础以外还有延续部分的假设来进行的, 而这种假设是有地质依据的。

储量 (Reserves) ——储量基础的一部分, 在进行测定当时可以经济开采提取或生产的。储量这一术语不需要规定当地有开采和提取设施并且是可以工作的。储量只包括可以采收的物质。因此, 诸如“可采取储量”和“可采收储量”等词是多余的, 并且也

* “证实的” (Proved)、“概略的” (Probable) 和 “可能的” (Possible) 三个术语 (是工业界在具体矿床或矿区进行矿石或矿物燃料的经济评价时常用的), 一直大致地与确定的、推定的和推测的三个术语互换使用着。前三个术语不属于本分类系统。

不属于本分类系统。

边界储量 (Marginal Reserves) ——储量基础的一部分, 在进行测定当时处在可以经济开采的边界上。其主要特点是经济上的不肯定性。包括了那些在经济或技术因素发生假设的改变时可以生产的资源。

经济的 (Economic) ——这个术语指的是在规定的投资条件下开采提取或生产是可以赢利的, 这是已经确定的、已经经过分析证明的或者是确有根据推断的。

次经济资源 (Subeconomic Resources) ——查明资源的一部分, 不符合储量和边界储量的经济标准。

未经发现资源 (Undiscovered Resources) ——只是推测存在的资源, 由与查明资源不相连的那些矿床组成。未经发现资源可以是在就品位和自然地理位置来看可将其归入经济的、边界经济的和次经济的矿床中推测的资源。为反映不同的地质可靠程度, 可将未经发现资源分为两部分:

假定资源 (Hypothetical Resources) ——类似于已知矿体, 并且有理由预测存在于同一生产矿区或相似地质条件区域的尚未发现的资源。一经勘查证实其存在, 并且取得关于它们的质量、品位和数量的足够资料之后, 即可划归查明资源。

假想资源 (Speculative Resources) ——尚未发现的资源, 既可以是尚在尚无矿产发现的有利地质环境中可能赋存在已知类型矿床中的资源, 也可以是可能赋存在尚未认识其经济潜力的未知类型矿床中的资源。一经勘查证实其存在, 并且取得关于它们的数量、品位和质量的足够资料之后, 即可划归查明资源。

受限制的资源和储量 (Restricted Resources/Reserves) ——由于法律或条例限制其开采提取的任何类别的那部分资源和储量。例如, 受限制的储量符合关于储量的一切要求, 只是由于法律或条例限制了其开采和提取。

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。

关于资源分级, 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。

资源和储量的基本概念及对它们所作的分类不仅是矿产资源评价、矿床勘探和矿山开采的依据, 同时也是美国政府部门确定具体分工和行政职权的依据。在美国, 地质调查局负责资源评价和管理, 而矿业局负责储量的勘查和管理。总之, 矿产资源评价是预先指出现在没有发现而将来可能或应当发现的矿物资源, 储量计算则是根据截穿矿体的工程所获得的矿体参数对矿物资源进行评价。

第三章 矿产资源评价的基本概念和形式

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。

资源评价要达到的目标如下：

- (1) 确定一个区域内资源的总量，以便
 - a) 建立某种资源量的参考值；
 - b) 发展某种资源的区域性或全球性的资源数据库。
- (2) 确定在各种经济技术条件下可利用的资源量，以便
 - a) 构成可利用资源的区域性或全球性总量；
 - b) 估计在一定约束条件下潜在的可利用的资源量；
 - c) 确定所需要的任何附加的情报；
 - d) 提供资源的总量，以指导区域评价和勘探工作。

矿产资源评价的实际过程是：

- (1) 清理在一定的成矿约束条件下那些资源是已知的，总量是多少。
- (2) 提出反映这些约束条件的关于资源产出的模型。
- (3) 在模型适用范围内，用模型来估计可利用的资源量。

这是一般的、共同性的步骤，实际应用的方法可以千差万别，但本质上都包括以上步骤。这里需要强调：为了正确地建立和提出模型，单凭现有的资料常常是不够的，资源评价人员必须进行野外观测和取样工作，必要时还要布置一些工程。这些我们在后面还会谈到。

资源评价的结果以数值表示。克拉克等提出：资源估计值的用途在很大程度上取决于估计值的形式：总合式的，还是非总合式的。历史上的估计值绝大多数是总合式的，即指出了资源总量，但有多少个矿床，它们位置如何？却一点也未触及。现在，资源估计则试图发展非总合式估计，即：一般在概率置信区间0.95至0.05之内确定被估计矿种产出的数目、位置、数量和质量。

总合式估计可以是很概略的。例如，1975年美国地质调查局资源分析室被邀请对南

极洲的资源进行评价。当时资源分析室的许多地质学家都知道，南极大陆面积为1360万平方公里，表面95%以上被大陆冰川复盖，冰层平均厚达2000米。南极大陆以南极横断山脉为界，把它分为东南极和西南极二部分，前者是古老的地盾，后者地形陡峻，火山众多，是年轻的火山活动区。在这种情况下，矿产资源评价工作必须建立在某种假设的前提下进行。这种解释就是大陆漂移，冈瓦纳古大陆解体（见



图1—3 冈瓦拉大陆的可能搭配