

试 用 教 材

矿产预测的理论与实践

范永香 编著

武汉地质学院

一九八五年六月

矿产预测的理论与实践

内容简介：本书系统阐述了矿产预测的理论和方法，强调通过成矿分析，总结成矿规律作为成矿预测的基础。结合各类矿产预测工作，论述了国内外发展动向和最新成就。

本书可作为地质矿产类研究生、大学生参考教材，也可供广大矿产勘查生产第一线的普查勘探、矿山地质工作者参考。

前 言

本书是在编者近年来对地质矿产部、冶金工业部有关短训班及我院研究生专题讲座的讲稿基础上,初步加工整理而成。书中反映了矿产预测方面国内外的基本情况,同时也包括编者近年来的一些研究成果,因此以金矿实例为多。它与作者等先前编著的“成矿规律和成矿预测学”一书的体系内容上有较大更新。可作为各地质矿产类短训班和大学生、研究生的教材,同时可供广大普查勘探地质人员参考。

当前矿产勘查工作正面临着一个突出的问题,就是勘查难度的增大,找矿效益的下降,在不少地区找矿的主要对象不得不转向各类盲矿和难予识别的矿床。充分利用已经取得的各类地质资料,总结成矿规律,建立成矿模型,进行成矿预测,提高识别能力,已经成为矿产勘查评价的不可缺少先行步骤和重要途径。

本书共分五个专题,其中以成矿规律研究、区域远景区预测和矿区预测为重点,有关总量预测只简单提及,以保持体系的完整性,即以地质分析预测为主,很少涉及统计预测内容。由于时间仓促,水平有限,涉及面广,不足和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

本书在编印过程中,得到我院找矿勘探教研室卢作祥副教授、张均、王燕、曹新志等同志的许多帮助。卢作祥副教授审阅了全部书稿。院教材科耿小云同志对本书的出版给予大力支持。北京钢铁学院张西繁同志帮助清抄了原稿,在此表示衷心的感谢!

编者

1985年6月 武汉

目 录

前言

- 一、成矿规律和成矿预测研究在矿产勘查中的重要意义..... (1)
 - (一) 矿产勘查形势的某些变化及基本特点
 - (二) 成矿规律和成矿预测研究的重要意义
 - (三) 成矿规律和成矿预测研究简况
 - (四) 成矿规律和成矿预测研究要树立几个观点
- 二、成矿规律研究是成矿预测的基础..... (13)
 - (一) 成矿分析的主要内容
 - (二) 控矿因素分析和预测准则的确定
 - (三) 矿化信息研究及预测标志的确定
- 三、资源形势分析和资源总量与潜力预测..... (57)
 - (一) 资源形势分析的主要内容
 - (二) 世界矿产资源发展前景预测
 - (三) 矿产资源总量预测和矿产资源潜力估价
- 四、区域成矿分析的理论和远景区预测..... (61)
 - (一) 区域成矿分析的理论 and 不同学派
 - (二) 关于区域成矿规律图和预测图的编制方法
 - (三) 近年来区域远景区预测的发展动向
- 五、矿区预测的主要途径..... (102)
 - (一) 矿田矿床构造的深入研究
 - (二) 矿床分带规律的研究
 - (三) 成矿物理化学条件研究
 - (四) 综合应用物化探成果
 - (五) 建立矿体空间定位模型

另一统计资料，加拿大1926—1930年80%的矿是靠常规的“找矿人”发现的，到1951—1955年下降为46%，1961—1965年下降为31%，1966—1969只占9%，说明了同一结论。

人们为了尽快地发现矿床，力图不断提高识别能力，不得不研究与矿有关的各种间接标志和信息。要充分发挥地质人员的创造性思考和推断，就要求勘查人员要重视地质理论新的突破和进展，不断更新知识，不断用新的理论建立新的模型，开阔自己的找矿思路，反复以不同的理论和学术观点解释已经取得的各种数据和资料，以求不断取得新的突破。

另一方面，随着勘查技术的进步，也不断改变着勘查方法和勘查程序。人类对矿产资源利用领域在不断扩大，新的资源和矿床类型不断出现，勘查领域也在迅速扩大，整个勘查工作正面临新的挑战 and 新的突破。

矿产勘查工作是一项涉及多门学科的综合调查研究工作，最终目的是为国民经济建设提供足够的矿产资源，以最少的人力、物力取得最佳的社会经济效益。矿床勘查具有以下一些基本特点，在进行勘查理论研究和部署勘查工作时要充分考虑。

1 矿产勘查工作是一项探索性很强的事业：

这是因为目前人类对各种矿藏的形成规律的认识和利用，从理论指导到技术方法还在不断探索前进，水平还不高，带有很大的风险。作为矿产勘查的理论指导即各种地质理论和成矿理论，在某种意义上讲是带有假说性的，还没有形成统一的理论和概念，表现为各个学派和学术观点并立，各自建立不同的地质模型和成矿模型，同一地区或同一成矿作用，可以做出不同的解释，甚至是对立矛盾的。一个矿床采完了，成因观点还未统一，众说纷云。成矿的区域性特征也给成矿规律总结和成矿预测增加了更多的困难，通过典型地区或矿床研究建立的成矿模型，推广到相邻或相似地区时，往往会出现很大差异。加之目前人类矿产探查活动，仅仅还限于在现代剥蚀面附近不太大范围内，作为一般的金属非金属固体矿产探采深度一般不超过500—1000米范围之内，即目前的勘查活动在有限的空间内进行。另一方面，工业矿体占整个地质体很小一部份，作为工业矿化的可信信息和标志随着赋存条件的变化，愈来愈变得间接微弱。所有上述因素，都给矿产勘查工作带来风险和困难。

2 矿产时空分步的不均匀性：

已有的成矿规律研究表明，从全球到某一个区域，各种矿床成群成带出现，而且大部份矿产的产量、储量也相对集中在少数几个矿床类型和为数不多的一些大矿中。如南非黄金生产从1905年至今一直是世界产金最多的国家，约占世界金总产量的65—70%。世界矿产地理分布的不均匀性参见表1-2。在29种矿产中，其中19种矿产四分之三的储量集中在五个以下的国家中。根据矿床不均匀分布的规律，就要求在部署勘查工作时，一开始将工作重点集中在矿床集中的带或地段内，而尽可能避免在无远景地区的徘徊。在成矿规律研究中，正确划分不同规模级别的成矿单元。通常分为全球性的成矿（区）带——区域性的成矿（区）带——矿结——矿田——矿床——矿体，以至富矿柱等。而且在各个单元内、各个方向上也是变化的。划分不同级别的成矿单元，正是划分不同勘查阶段，逐步缩小工作范围的地质依据。

从矿床分布的不均匀性出发，任何国家和地区都有其优势和短缺，一个国家或地区不从地质条件出发而要求什么资源都有‘自成体系是不现实的。一般领土广阔、地质条件有利，矿产资源自给配套状况要好些，像美、苏、澳大利亚、加拿大等资源大国，也还存在某些矿产的短缺和不足，有赖进口来解决。如美国本国资源可以充分保证的有煤、钼、锂、锆、硼、磷等。天然气可以保证90%以上，铜——85%、铅——70%、铁——65%、钾盐——55%，其他矿种不同程度要靠进口；锰、铬、铝、镍、锡、锑、钽、金刚石、云母等100—90%靠进

表1—2

29 种工业原料的地理分布

原料	1974年3个国家的储量在总储量中所占的比例%		1974年5个国家的储量在总储量中所占的比例%		1974年确定和推定储量的区域分布(主要生产国及其储量在总储量中所占比例%)
	1974年3个国家的储量在总储量中所占的比例%	1974年5个国家的储量在总储量中所占的比例%	1974年3个国家的储量在总储量中所占的比例%	1974年5个国家的储量在总储量中所占的比例%	
基本金属	铁	59.4	76.0	苏联(31.1)、巴西(16.6)、加拿大(11.7)、澳大利亚(10.2)、印度(6.4)	
	铜	44.7	58.0	美国(18.4)、智利(18.4)、苏联(7.9)、加拿大(6.8)、秘鲁(6.5)、赞比亚(6.3)、扎伊尔(5.6)	
	铅	58.0	71.9	美国(35.6)、加拿大(11.5)、苏联(10.9)、澳大利亚(10.9)、墨西哥(3.0)	
	锡	50.8	69.0	中国(25.6)、泰国(15.0)、马来西亚(12.2)、玻利维亚(9.9)、印度尼西亚(8.3)、巴西(6.0)	
	锌	55.0	68.5	加拿大(22.8)、美国(20.1)、澳大利亚(12.1)、苏联(8.1)、爱尔兰(5.4)	
轻金属	铝	67.6	78.1	澳大利亚(26.0)、圭亚那(26.0)、巴西(15.6)、牙买加(6.1)、希腊(4.4)、喀麦隆(3.9)、苏里南(3.4)	
	钛	93.0	98.2	巴西(65.9)、印度(21.7)、澳大利亚(5.4)、美国(3.5)、塞拉利昂(1.7)、加拿大(1.6)	
合金金属	铬	95.5	98.2	南非(73.9)、津巴布韦(19.7)、苏联(2.9)、芬兰(1.2)、印度(0.5)、马达加斯加(0.4)、菲律宾(0.4)、土耳其(0.4)、巴西(0.3)、扎伊尔(27.7)、新加坡(27.1)、赞比亚(14.2)、古巴(13.8)、苏联(8.3)	
	钴	69.0	91.1	扎伊尔(27.7)、新加坡(27.1)、赞比亚(14.2)、古巴(13.8)、苏联(8.3)	
	铌	89.7	96.4	巴西(75.8)、加拿大(7.6)、苏联(6.3)、扎伊尔(3.8)、乌干达(2.9)、尼日利亚(2.7)	
	锰	90.5	97.7	南非(45.0)、苏联(37.5)、澳大利亚(8.0)、加蓬(5.0)、巴西(2.2)	
	钼	79.1	96.5	美国(49.5)、苏联(15.2)、加拿大(14.4)、智利(13.6)、中国(3.6)	
	镍	69.4	87.0	新加坡(43.7)、加拿大(16.1)、苏联(9.6)、澳大利亚(9.2)、印度尼西亚(8.4)、古巴(5.7)	
	钽	72.7	84.8	扎伊尔(55.0)、尼日利亚(11.0)、苏联(6.7)、泰国(6.7)、马来西亚(5.4)、加拿大(4.8)、巴西(4.4)	
	钨	74.6	87.1	中国(53.6)、加拿大(12.1)、苏联(8.9)、北朝鲜(6.4)、美国(6.1)	
	钒	94.8	97.3	苏联(74.7)、南非(18.7)、澳大利亚(1.4)、智利(1.4)、美国(1.1)	
附属金属	铋	58.4	69.7	日本(25.6)、澳大利亚(19.5)、美国(13.3)、墨西哥(6.2)、秘鲁(5.1)	
	汞	60.8	80.0	西班牙(40.6)、苏联(10.1)、南斯拉夫(10.1)、中国(10.1)、美国(9.1)、意大利(8.1)	
贵金属	金	93	97.9	南非(69)、苏联(15)、美国(9)、加拿大(3)、加纳(1.9)	
	银	65.0	86.7	苏联(26.7)、美国(25.0)、墨西哥(13.3)、加拿大(11.7)、秘鲁(10.0)、澳大利亚(3.3)	
	铂	99.8	100.2	南非(71.3)、苏联(26.7)、加拿大(1.8)、美国(0.2)、哥伦比亚(0.2)	
农肥	硫	62	73	近东(30)、加拿大(20.5)、美国(11.5)、苏联(7.5)、波兰(3.5)	
	磷	78.45	88.39	摩洛哥(55.25)、美国(13.81)、西撒哈拉(9.39)、澳大利亚(5.52)、苏联(4.42)	
	钾	86.89		加拿大(40.65)、东德(7.4)、西德(6.64)、苏联(40.65)、以色列和约旦(1.50)	
燃料矿产	石油	43.74	60.72	沙特阿拉伯(17.33)、美国(13.98)、苏联(12.43)、伊朗(8.45)、科威特(8.53)	
	天然气	91.81	100.55	苏联(41.32)、美国(29.67)、伊朗(20.82)、阿尔及利亚(5.15)、沙特阿拉伯(3.59)	
	煤	63.53	76.88	美国(28.02)、苏联(20.06)、中国(15.45)、西德(7.67)、英国(7.62)、澳大利亚(5.73)	
	铀	57.21	70.55	美国(24.8)、澳大利亚(17.91)、瑞典(14.5)、阿扎尼亚和纳米比亚(13.34)、加拿大(8.31)、西班牙(4.97)	
	石棉	76.9	83.6	加拿大(45.2)、苏联(24.8)、南非(6.9)、澳大利亚(3.6)、英国(3.0)	

注：本表主要摘自《World Mining》1978年第10期上刊载的《Future mineral supplies—Politics, not lack of ore, may create scarcity》一文，并做了适当补充和修正，其中硫资料是根据美国《Mineral Facts and Problems》1975年版中的储量资料算出，石油和天然气是根据石油部情报所1978年所写《论能源的几个问题》一文中的储量数字算出，磷、钾、煤和铀（资本主义国家的估计资源）是根据地质部情报所1978年所掌握的储量资料算出

口, 冰州石——80%、汞——60%、锌——50%、硫——25%靠进口。

各类矿产在时间上分布也是极不均匀的。成矿规律总结时划为各个不同的成矿期, 作为预测时的地层时代的准则。对于各类外生沉积矿床尤为明显。

3 矿产勘查是超前先行的调查研究性工作:

矿产勘查的成果表现为各类地质调查资料, 为对矿产开发利用、质量评价提供依据。就其工作性质带有强烈的科学研究性调查研究工作, 特别强调要遵循认识规律, 循序渐进, 分阶段进行的原则。一般经历搜集已有资料信息, 做出初步预测评价——勘查评价和验证, 获取新的资料信息——进行第二轮的预测评价。每一个先发现的矿床, 都为后来的矿床发现提供新的依据。对一个矿床的认识是分阶段不断深入的。如苏联著名铁矿资源基地克里沃罗

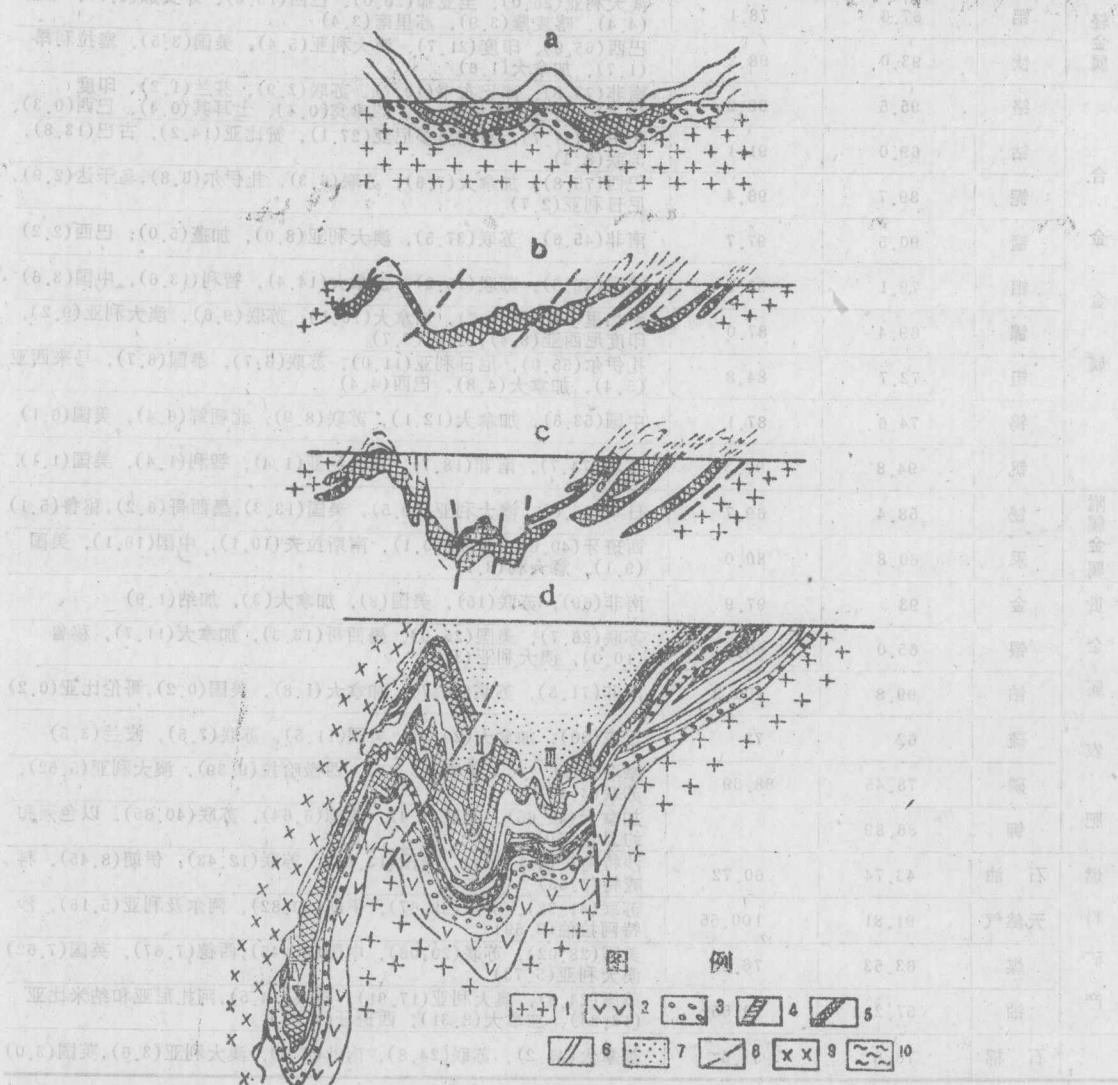


图1—1 苏联克里沃罗格盆地剖面图(对构造认识的变化过程)

1. 萨克萨甘斜长花岗岩; 2. 角闪岩; 3. 克里沃罗格群下组; 4. 滑石—碳酸盐层; 5. 中组铁矿层; 6. 中组片岩层; 7. 上组; 8. 断层; 9. 克里沃格勒微斜斜长花岗岩和第聂伯微斜花岗岩; 10. 泥质片岩。

图a—1897年A. 米哈尔斯基所编; 图b—1925~1927年Э. 富克斯等人所编; 图c—1933~1937年Ю. 格尔绍依格所编; 图d—1955年Я. 别列夫采夫所编。

格盆地,从上个世界末到五十年代进行了大量的地质调查和勘查评价研究工作,对控矿的构造形态认识过程反映在图1—1中。类似的例子见于很多矿区。一般矿产勘查过程经由大面积的预测选区,逐步缩小到局部的定量预测,达到从面到点顺序接近矿床的目的;另一种情况是由已发现矿床开始,由已知到未知,由点连成面,逐步开展勘查工作。矿产的开发利用涉及地质、经济技术等各种因素,必须超前进行。矿产资源具有不可再生性,随着人类的开发利用。在一个区域可供利用的资源量将不断转化为储量和产量而日趋减少,以至完全枯竭。为了使资源开发保证工业持续发展,地质研究和矿产勘查工作必须要超前进行。

4 矿产资源评价和利用的动态过程:

矿产资源是指在地壳内部或表面天然产出的固液气态物质的堆积体,其产出形态和数量现在已经或潜在可能成为有经济价值的开采对象。一些固体矿产、实质上是具有工业利用价值的特殊岩石。其利用价值是随人类认识和科学技术发展而变化的。评定矿石的工业标准,也是不断变化的。如美国的铜矿资源,在本世纪初平均可采品位在含铜4%以上的富矿,浮选技术成功后,平均可采品位猛降到0.4~0.5%,有人估计,若铜的平均可采品位下降到0.25%,则世界的铜矿储量可以增加25倍。开采的主要矿床类型亦随之发生重要变化。技术条件变化了,过去不认为是矿的可以变成有意义的矿床。新的矿床类型不断被发现。勘查领域也不断扩大。这一观念的确立,对矿床勘查评价有重要影响。有人认为,一般在廿年内不能被开采利用并获得利润的矿床,发现这种矿床是意义不大的,只能作为潜在资源。

一个国家的矿产资源量、储量和产量,都是瞬息万变的。以黄金产量为例,十八世纪以前,以南美的墨西哥等国为世界的主要产金国,到上个世纪上半叶以俄国为主要产金国,到后半叶的主要产金国为美国,1886年在南非发现了兰德型(Witwatersrand)金铀砾岩型金矿,1905年南非成为世界上产金最多的国家,同时也使世界金产量从1890—1905年的年平均产量485吨猛增到702吨。直到目前南非的金产量居世界之首,占世界总产量的60~70%。各类矿产资源内部结构也在不断发生变化。如能源矿产资源煤本世纪六十年代开始,大幅度为石油、天然气、铀所代替。矿产资源研究中的发展动态观念,是资源分析勘查评价中应考虑的重要观点。

5 类比法是矿产预测评价最基本的方法:

在矿产预测评价中,类比法是不受太多条件限制、广泛采用的基本方法,它利用区域成矿条件和矿床间相似性进行类比,从研究深入的地区或矿床建立模型,推广到相似的研究程度低的地区,实质上是一种经验方法。为了使类比法进一步深化,还可以借助于统计分析等方法。因为利用其相似性,而成矿往往存在区域性,导致类比法误差的出现,新的矿床类型往往被忽视。实践证明大范围低级别的成矿(区)带相似性明显,而高级次的局部矿田和矿床则相似性不明显,即成矿作用的差别更多地反映在局部差异上。这正是矿床局部预测难度较大的原因所在。

(二) 成矿规律和成矿预测研究的重要意义

为了应付在找矿难度增大的条件下,不断提高矿产勘查效果,矿产勘查中普遍重视了成矿规律和成矿预测的研究,并在实践中取得愈来愈重要的作用。

1 矿产勘查战略的转变:

在苏联和西方各国,从六十年代开始,在矿产勘查战略上发生了一些重要的变化,即矿产勘查工作由为具体战术目标服务,转而从长远战略目标出发,长远战略和近期战术相结合的勘查布局。普遍重视了勘查战略最佳决策的研究,一般从技术方法上采用快速多目标、高分辨率的近代技术方法,重视大面积找矿靶区的筛选,对重点靶区小面积细做,逐步有根据地缩小工作范围。采用这一勘查方针,以实现遵循一定程序,从区测——普查——勘探不断深

化的认识过程。随着工作程度的提高,找矿信息量的增加,工作面积将逐步缩小而集中在最有远景的一些矿床上。另一种情况是从已知矿点开始工作,即通常称之为“就矿找矿”。不管是从面到点,还是从点到面,都要点面结合,重点突破,在决策时一定要力求达到选定的工作点,应是最有远景的点,要主攻方向明确,避免不致因为个别点的失败而动摇整个工作部署,避免不必要低水平的重复工作。

我们强调战略决策,要从全局战略目标出发,进行大面积选区,搞好总体部署,就是不能不加分析地一头扎在个别点上,全局胸中无数,困惑于个别矿点,对区域背景了解不多,导致长时间,甚至几经反复,对一个矿点做不出正确的评价结论,陷入“围绕已知矿点走马灯式的打转”,年复一年的“矿点拜年”,“几上几下”无“你下我上”。“工作程度高(指投入工作量大),研究程度低(指与评价有关的基本地质问题未解决)”。工作被动,找矿效益差,欲速而不达。一定要有点有面,点面结合,地质系统远在七十年代初就正确地提出“区域展开,重点突破”的正确战略方针。区域展开就是重视成矿区域背景研究,扩大找矿视野,每个队固然工作范围和人力物力有限,但都要重视面积性工作。强调重点突破,对筛选后的靶区要深入细致研究,以找矿评价为中心,抓住与矿床评价有关的关键性课题,深入剖析,取得系统资料,该肯定的或否定的,都要有充分的地质依据。对重点评价的矿床(点),在系统工作的基础上,要建立符合实际的成矿模型,以求对相邻矿区或类似矿床的评价提供依据。

强调有根据地逐步缩小工作范围,从工作程序上遵循循序渐进分阶段进行的原则,不同阶段工作范围不同,所要解决地质关键问题各有所侧重。如西方近年来普遍采用的程序和方法,首先用较短时间搜集已有资料,配合遥感地质方法,进而配合地质、区域物化探方法,对控矿条件,预测准则和标志愈来愈肯定,最后通过工程验证,直到找出工业矿床。

强调矿产勘查最优决策,就是最终取得最佳勘查效益,很关键的一环是进行靶区矿点筛选时,要适时地正确地做出判断,达到选定深入工作的地区或矿点,是最有远景的地区或矿点。是决定勘查方向和成败的决策。

2 成矿规律和成矿预测研究在矿产勘查中的重要意义:

为了实现矿产勘查的最优决策,国内外都重视了成矿规律和成矿预测的研究,已经成为勘查工作不可分割的先行步骤和提高勘查水平的重要途径。包括开展资源形势分析和资源总量预测,进行一个地区资源潜力估价,是矿产勘查战略决策的重要依据,对一个地区的中长期规划,战略靶区的选择尤为重要。

分析成矿条件,研究各种矿化信息,总结成矿规律,进行成矿预测,编制成矿规律和成矿预测图为中心的系列图件,是正确进行找矿靶区筛选的重要途径。充分利用各种资料分析成矿物质运动的时间、空间规律,查明矿化不均匀分布的规律,建立区域成矿模型,划分不同范围级别的成矿单元,作为勘查工作部署的依据。从而可以按照成矿(区)带来部署勘查工作。从六十年代开始,勘查工作从以单个矿床的目标转向整个成矿(区)带的综合研究,把对一个地区的综合地质研究与找矿勘探工作紧密地结合起来,摆脱了只孤立评价个别矿点、形成所谓“总体计划勘查”(西方各国)或“构造——成矿带的综合研究”。把矿产勘查工作和提高区域地质研究程度结合起来,如苏联对哈萨克斯坦的地质——地球物理——成矿规律综合研究计划;西伯利亚油气勘查;澳大利亚、加拿大对铀矿的勘查;墨西哥对斑岩铜钼矿床勘查;美国对密苏里铅锌矿的勘查,都采用了上述原则,均取得了良好的效果。

对局部地区和典型矿床的勘探,形成矿区局部预测的另一个重要方向,对提高矿区勘探

效果,做好矿山地质工作和发展成矿理论起了重要作用。

立足于总结成矿规律,进行成矿预测,端正了地质理论研究为生产服务、面向经济建设的业务指导思想,可以使各项地质理论研究紧紧以找矿为中心,为找矿勘探服务。还可以协调地质、物化探等各个工种,充分发挥其各自的找矿效益。不难看出,成矿规律和成矿预测研究已经是现代矿产勘查工作重要的环节之一。全面系统地进行成矿规律和预测研究,可以力争做到矿产勘查工作按客观地质规律办事,在勘查工作中有理论指导有目的实践,克服一味拼工作量,以“钻探为纲”的不良影响,以不断提高矿产勘查的经济效果和社会效益。

(三) 成矿规律和成矿预测研究简况

1 成矿预测的含意:

成矿预测是在辩证唯物主义思想指导下,在成矿规律研究的基础上,运用适合本地区地质理论和假说,采用合理有效的途径和方法,对预测区的成矿远景做出预测评价,并在实践中不断验证检查,不断提高预测水平。不难看出,成矿预测,简而言之,其核心是研究成矿规律,进行成矿预测,指导勘查工作部署。

成矿规律和成矿预测是近年来新发展起来的新学科,它是基础地质,经济地质学科与勘查实践的纽带,是涉及面很广带有上层建筑性质一个实用性的边缘学科,它与勘查地球化学、矿床学、普查勘探学等联系最为密切。它的基本任务是在综合分析已有资料信息基础上,总结矿化不均匀分布的规律,并解释矿化不均匀分布的机制,正确划分不同级别的成矿单元;确定可靠的预测准则和标志。根据不同预测任务和要求,采用最优技术路线和方法,指导勘查工作实践,实现勘查工作的最优决策。

2 成矿预测工作的种类:

成矿预测工作,目前尚无统一的分类,根据预测目的任务和要求,我们认为将成矿预测工作分为三类,是比较合理的。

(1) 资源总量预测和资源潜力估价:资源总量预测是对矿产资源进行战略性预测评价。这种矿产资源应是具有经济价值或具有潜在经济价值的,可以是已经发现的或尚未发现的。这是一项纲要性、摸底性的预测工作,它要统观全局而略去细节,工作侧重点在于区域矿产资源总量(潜力)预测评价和各种经济技术条件下可利用资源量的估计,而对远景区的空间部位并不要求具体指出。由于要对潜在的未发现的资源进行估算,而所依据的资料又往往是较少和不系统的,因此大力研究和不断改进资源总量预测方法是此类预测的关键所在。总量预测既可以摸到资源潜力的底细,又可以推动关于成矿预测模型、全球资源时空分布规律和全球地质构造演化规律等一系列基本理论问题的深入探讨,从而推动整个矿床勘查科学的发展。总量预测不仅对部署地质勘探工作、快速掌握资源概貌的远景区总数是重要的依据,而且对国家和地区进行经济发展长远规划以及制定资源战略、资源政策也有重要的参考价值。正因为如此,当前这项工作已受到许多国家的广泛重视并被列入国际对比计划中。我国近年来已在部分省(自治区)开展这项工作的试点,美、加、日、苏等国较早开展了相应工作。

(2) 区域远景区预测:区域远景区预测是有选择,分主次的中小比例尺($1:50$ 万~ $1:5$ 万)的成矿预测。其目的是运用成矿理论,总结区域成矿规律,并对区域成矿远景作出比较评价,在预测图上要求分级圈出矿带或矿结,为进一步 $1:5$ 万或更大比例尺地质测量和找矿工作提出选区。在整个预测领域中,区域远景区预测起着承前启后的作用,是中间性综合预测,要求对区域内各类矿产资源作远景评价或预测储量估价。关键问题是选准选好远景区。因此区域预测应沿已知成矿带(区)、含矿带(区)或远景区开展。在选区问题上,始

终要集中力量，统观全局，反复推敲。既重视现有资料的利用，又不受其束缚；既重视同类型新矿床的预测，又注意新类型微信息的发现。山东几个“破碎带蚀变岩型”金矿的发现，就是按此路子获得成功的例证。我国六十年代以来，对铁、铜、锡、汞、锑、金刚石等矿产，按此办法也取得了突破。国外早已采取类似做法，如苏联在哈萨克斯坦的乌斯品成矿带、加拿大在东部绿岩带、西班牙—葡萄牙在黄铁矿带等地的工作，近十多年来一直是上述有关国家预测找矿活动比较集中的地带，同时也是矿床勘查成效显著的地带。

区域远景区预测是点面结合的预测，扎实的基础地质研究和深入的成矿分析都是不可少的。其具体作法是在综合分析现有资料的基础上，反复筛选对找矿有利的“靶区”，把区域成矿远景评价与典型矿床评价联系起来，带中选点，联点成片，点面结合。由于区域地质调查的不断深入、区域物化探以及遥感遥测技术的广泛应用，为迅速掌握区域地质总貌和成矿远景预测评价，提供了有利的条件。区域远景区预测，多年来国内外工作较多，理论指导比较系统，当前正处在不断提高水平、蓬勃发展的新阶段。

成矿作用与地壳发展演化中其它地质作用关系密切。区域地质背景和构造格架，是成矿作用赖以发生发展的地质舞台，是研究矿床分布总格局、探讨成矿规律的重要基础，是进行成矿分区、评价区域远景的重要依据。因此，研究区域地质背景和构造格架，在区域成矿预测中有十分重要的意义。

(3) 矿区局部预测：矿区局部预测是大比例尺、小范围的矿产预测。通常是在含矿远景区内的局部地段进行，一般是几十甚至几个平方公里范围内，开展1:5万或更大比例尺预测评价工作。要求为矿区深部及外围探寻隐伏矿床或矿体提供科学依据，具体指导找矿勘探实践。解决工业矿体局部富集、空间定位机制问题，是矿区局部预测取得成功的关键。从目前已进行的工作看，加强矿田矿床构造研究、矿床分带规律分析、以及成矿物理化学条件研究，是进行矿床预测主要探索方向。矿区局部预测是一项战术性的预测，国内外理论概括不够，方法应用也不成熟，当前还正逐渐使其系统化和理论化。

现将各类预测工作的基本特点归纳于表1—3。

除上述三类成矿预测以外，有人强调专门矿种以至专门矿床类型的预测，无非是预测工作的进一步深化，改综合预测为单矿种或某类型的预测。就某个矿种预测而言，也有从大范围到小范围逐步提高研究程度和预测水平的过程。

3 成矿预测的方法

成矿预测程序是在对各种矿化信息资料进行分析、总结成矿特征的基础上→预测判断→检查验证→进一步成矿规律总结和成矿预测研究。是不断地从感性到理性，不断提高研究程度的过程。反映在预测工作部署上，是从大范围的资源总量预测到区域性的远景区预测，进而小范围的矿区定位定量预测，步步逼进，依次提高预测区研究程度，分阶段地缩小预测区的范围。这就是“区域展开、重点突破、点面结合”的矿产勘查战略。

成矿预测方法在五十年代以前以经验性的定性预测为主，从六十年代开始借助于电子计算机、各种统计分析方法的广泛引用，在定量预测方面有了飞跃的发展。随着这一工作的广泛开展，目前正在从不同侧面不断完善各种预测方法。有关成矿预测方法尚无统一分类，提法很不统一。有人分为“实际资料预测方法”，“理论预测方法”，也有的按已有的工种分为“地质学方法”，“地球化学方法”等等。我们认为从成矿预测工作特点出发，成矿预测方法在一定程度上是对各种成矿信息进行深入研究的综合分析方法，目前常用于各类预测实践的，可归结为四种方法。这些方法的选择取决于预测任务要求、资料情况、预测区的地质

表1—3 成 矿 预 测 工 作 分 类

成矿预测种类	研究范围	成果图比例尺	预测目的	图上要求划出的远景区大小	预测详细程度要求
1	2	3	4	5	6
资源总量预测	从全球至全国领土省区范围不等	1:50万或更小不等	全国领土或部分省区的矿产资源总量预测。对资源潜力作出评价、为经济发展长远规划和地质工作总体规划提供依据(综合式)。	成矿带(区)、含矿带(区)或某特定范围	资源总量或潜力评价
区域远景预测	一般按省区或更小范围	1:50万~1:5万	区域成矿远景选区性比较评价。为1:5万或更大比例尺地质测量和找矿工作提出选区及地质依据。	矿带、矿区、矿田	圈出找矿远景靶区或矿产预测储量评价
矿区局部预测	小范围(小于几百KM ²)或按矿田、矿床、矿体	1:5万或更大	综合矿产远景评价。研究矿体局部富集、空间定位机制,分级圈选远景区、评价点。为部署详细找矿或深部找矿工作圈选具体地段。	矿田、矿床、矿段	圈出具体勘查对象,进行矿产预测储量评价

特点等。

(1) 类比法: 前已述及, 广泛采用类比法, 是成矿预测的重要特点之一, 该法是利用预测对象(区域的或矿床的)和已经研究了的对象间相似性进行类比分析, 实质上是一种经验性的方法、归纳综合的方法。鉴于地质作用是人类没有经历过的复杂事件, 人们只能从地质产物去调查研究, 通过不断丰富观测所得资料进行综合归纳, 逐步深化对成矿规律的认识, 这就决定了综合归纳类比法, 是成矿预测应用最广最基本的方法。其它方法都与类比法有密切的联系。应用类比法首先是矿床类型的类比, 各个控矿因素的分析类比, 成矿地质环境的分析比等。利用控制矿化的各个参数的变化趋势, 进行相邻部分的内插外推, 实质上也是类比法的一种。

类比法正广泛应用于各类预测, 类比的范围和领域在不断扩大, 强调从全球性到区域性的类比。有人认为“预测是在矿床类比中发展起来的”(P. 鲁蒂埃, 1979)。划分矿床类型, 建立各种模型, 都是为了更好地类比。该法的另一发展方向是从定性到定量类比, 借助于电子计算机, 广泛采用各种统计分析的方法, 为不断提高预测精度开辟预测新途径具有极其重要的意义。

(2) 统计分析方法: 是以数学为工具解决预测中各类地质问题, 称之为统计预测。我院赵鹏大教授等(1975)首先在我国开展矿床统计预测研究。统计预测一般经由从地质问题→数学问题→地质解释的过程。必须以地质为基础, 确定地质变量的选择、取值和变换, 建立数学模型、对数学分析结果进行地质解释, 从而解决预测中的地质问题。凡能建立矿床数学模型, 进行成矿概率估计、开展定量类比, 作出找矿统计决策的数学方法等均可用于矿床统计预测。

各种统计分析方法不受空间维数限制, 定量地揭示测试数据的本质内在联系, 正确区分

偶然现象抑或本质规律，解决各类地质问题给出定量准则，正确分析处理各类数据，发掘最有利和更多的统计信息，使预测从定性逐步向定量发展，统计分析方法的引用是极其重要的一环，成为预测中最活跃的一个分支，有的几乎是现行的唯一方法。

根据预测任务，研究精度等不同要求，正确选用各种统计分析方法。目前的定量预测和所用的统计预测方法主要归结为三个主要方面（见表1—4）。在区域资源潜力估价，区域远景定量预测和矿区定量预测中都被广泛采用。

(3) 模型法：建立不同的成矿模型，通过地质和统计分析的方法，对建立的模型判别解析，确定模型的有效性，从而增强矿床勘查的预见性，从本质上讲也是类比法的组成部分。

表1—4 统计预测的目的和方法（据赵鹏大等）

工 作 目 的	统 计 预 测 方 法
1. 估计找矿概率	贝叶斯概率、主观概率法、事件概率回归估计。
2. 估计矿床的可能规模	回归分析、判别分析、聚类分析、逻辑信息法、模糊集归属函数计算。
3. 估计地质标志的找矿意义及最优数值区间	信息量计算、秩相关分析、变异序列法、因子分析、趋势及剩余分析、逐步回归及判别分析、对应分析。

近年来在预测中深入矿床成因机制研究，是成矿预测重要方法之一，从根本上决定了预测方向，所以矿床成因机制模型的建立，在指导区域预测，进行更广泛的类比分析，发挥了重要的作用。而矿床预测则要求建立矿床空间定位模型（或称矿床产状模型）则是必不可少的。从各类地质模型到勘查模型的建立（图表式或数学式），特别是电子计算机的应用，这种方法就显得更为重要。

(4) 综合方法：指上述常用方法的不同组合而成。每种方法都有其局限性，选用有效的综合方法无疑是重要的。

4 成矿预测工作近年来的发展：成矿规律、成矿预测和矿床学、普查勘探学紧密联系，其发展历史源远流长，直到目前仍与有关学科互相渗透，密切相关。

成矿规律从法国人戴洛内（L.de.Laounay）1892年提出，至今已有近百年的历史，进入廿世纪随着工业的发展，促进了矿业开发和矿床学、普查勘探学的发展，从区域成矿到典型矿床都积累了大量新资料，矿床学取得了长足的发展，近年来在区域成矿规律研究上，逐步形成了以分析研究地质构造对成矿控制和从分析元素不均匀性出发划分不同的金属省（区）的地球化学方向，第三个主要方向，是强调矿床形成环境的分析，即建造分析的方向。前者以Ю.А.毕力宾（Билибин）、В.И.斯米尔诺夫（Смирнов）、j.库廷纳（kutina）等为代表，后者以Р.鲁蒂埃（Routhier）、J.A.诺布尔（Noble）等为代表。建造分析方向，受到广大苏联学者极大的重视。

成矿预测工作在苏联受到特别的重视，远在五十年代专门讨论了成矿规律图和预测图编制的理论和方法，后来陆续对盲矿预测，区域性矿带和不同类型矿床预测进行了大量的工作，发表了大量有关论著。七十年代末建议在高等学校设立相应的课程和学科。

我国是矿业和地质学发展最早的国家之一。解放前翁文灏教授、谢家荣教授等对南岭和

杨子江下游金属矿带进行了研究。系统大量的工作是解放后开展的,1958年全国第一次矿床会议,对Fe、Mn、Cu、Pb、Zn、U等多种矿床的成矿规律进行了初步总结,郭文魁教授等首先编制了我国1:300万的成矿规律简图。五十年代初开始的大量1:20万区测工作,都进行相应的成矿规律和成矿预测总结。与同时江西钨矿、个旧锡多金属矿、湘西黔东汞矿等典型矿床都进行了系统的成矿规律和预测的研究。值得指出的是五十年代孟宪民教授较早在我国提出同生成矿理论;六十年代初谢家荣教授提出按不同矿质来源进行矿床分类;七十年代程裕淇教授等提出“成矿系列”理论;涂光炯教授提出“矿床多成因、多来源、多阶段”成矿模型。所有这些工作,都为将我国的成矿规律和预测理论提高到一个新的水平做出了贡献。

从1979年开始在全国范围内,系统进行了成矿区划工作和总量预测工作,初步综合了我国卅多年来的基础资料,有根据地划分了我国主要的成矿(区)带,为进一步开展这方面的研究打下了基础。“成矿规律和成矿预测学”作为独立学科,在我院应运而生,从1978年开始先后对大学生、研究生开设了专门课程。

近年来国内外成矿规律和成矿预测的发展,有关研究具有如下特点:

(1) 作为成矿规律成矿预测的“软件”,即成矿理论有了新的发展,长期争论的问题有了新的认识,不同程度上开阔了找矿思路,长期以来“岩浆—热液”的成矿模型统治了各类内生金属矿床成因研究,近年来人们注意到了围岩在内生成矿中的重要作用,对火山、沉积、变质各种地质作用对矿产的控制和影响不断提出一些新认识;

(2) 强调区域地质背景和环境对成矿控制,扩大了研究领域,加强全球性的对比分析,采用多学科的综合研究,对提高区域成矿分析的水平带来重要的影响。特别是对典型成矿(区)带从地质、地球物理、地球化学的综合研究,取得丰富的资料。把成矿作用作为地质作用的一部分进行了综合研究;

(3) 深入典型矿床的研究,建立成矿模型,对提高预测理论和预测水平有重要意义。充分发挥了地质理论的指导作用。发现了一系列新的矿床类型,提高了预测能力;

(4) 新的技术方法广泛应用于预测实践,包括同位素地质、微量元素地球化学、矿物包裹体研究、遥感技术方法和电子计算机的引用,使预测定量化研究向前迈进了一步。

不难看出:成矿预测水平的提高,取决于成矿理论的成熟程度,各种矿化信息和标志的可信程度,各种资料的完备程度,预测人员的经验和理论水平诸方面因素。

(四) 成矿规律和成矿预测研究要树立几个观点

地质工作的性质和勘查工作特点,决定了成矿规律和成矿预测研究要以辩证唯物主义的认识论作为本学科的指导思想。正如恩格斯指出的那样:“在自然科学中由于其本身的发展,形而上学的观点,已经成为不可能了。”“自然科学已经发展到如此程度,以致它再不能逃避辩证的综合了”。

1 对立统一观点,矛盾分析方法,在预测评价中占有极重要地位,要坚持用对立统一观点分析各种地质现象和成矿作用,如成矿分析中的内因外因、共性个性、数量质量、集中分散、矿床贫富、大小、有利和不利因素、工作区的点和面;对已有的理论既要重视又不能迷信;圈定远景区范围大了起不到指导找矿的作用,小了又会漏掉有远景的矿床等等构成了矛盾统一的两个方面。在分析成矿规律和预测时,要善于抓住主要矛盾,辩证统一各种不同观点和资料,以不断提高预测水平。

2 坚持实践第一的观点,理论和实践相结合,实践是检验真理的唯一标准。要勇于实

实践,实事求是,重视第一性资料搜集。从实际出发,理论联系实际,在实践中检验和发展各种理论,重视理论的指导作用,但不要迷信某种理论,生搬硬套地运用某种理论。只有认真调查研究,不断从感性上升到理性,才能总结出符合实际的地质规律。

3 坚持辩证综合的观点,在进行成矿分析和预测时,要充分综合应用各种信息资料,以多种综合手段,对矿床进行研究,从各个不同角度揭示矿床形成规律,从而进行正确的预测评价。综合观点的另一个重要方面是对矿床要进行综合评价,从多种元素共生组合的规律出发,实践证明随着采选冶技术水平的提高,单一矿种是很少的。强调对矿床的综合利用,勘查评价时要综合评价。成矿规律研究中成矿系列、建造系列概念的提出,各种共生矿产之间,可以彼此互为标志,由此及彼地进行预测。

4 历史发展的观点,在分析成矿作用时,要从成矿作用历史演化观点去认识成矿规律,成矿元素的富集成矿到后来被剥蚀保存是个长期复杂的地质历史过程。不同地质时代矿化间的联系即成矿继承性规律研究,都要求人们牢固树立历史发展的观点。

另一方面人们对成矿作用的认识,是不断发展,不断丰富认识,使其认识更接近于客观实际的历史过程。如对一个矿床成因的认识,往往从单成因解释,随着研究程度的深入,常常提出不同的成因观点,说明认识深化前进了。

5 自始至终要贯彻评价观点。这是成矿规律和成矿预测的基本任务所决定,始终围绕“到哪里找矿?成矿远景如何?是否值得进一步工作?”适时地作出决策和评价。整个工作部署、施工方案都紧紧围绕评价进行的。

6 时空物相结合的观点。成矿规律就是要查明成矿物质来源、迁移、聚集的途径和动力机制。从时间上查明主要成矿期及其演化规律;从空间上搞清在三维空间内展布规律,建立矿床产状模型和查明空间定位机制。因此,时空物三者是不可分割的整体,必须全面考察,才能不断提高预测水平。

最后,我们坚信:物质是运动的,运动是有规律的,规律是可以被认识的,但认识有个过程。只要坚持正确的思想方法,努力探索,必定会取得成效。

文題，出題于1991年（January 1）內，希貴人國共其早，前念謝事隨而與共育
蘇與紙事而清云，思意而與共，與主一cine，銀金一loletem是意各面卒，pinecollatem
大開紙蘇州，科工流而圖量大小，并，與主一cine，銀金一loletem是意各面卒，pinecollatem
合部是次人（1991）
二、成矿规律研究是成矿预测的基础

成矿预测已经成为找矿勘探工作不可缺少的先行步骤，成矿预测的基础是成矿规律的研究。科学的成矿预测，实质上是成矿规律在相似地区的应用和检验。回顾每个重要矿床的勘查，几乎都经历了复杂曲折的过程，成矿预测水平的提高，很大程度上取决于成矿规律研究的深化和方法的不断完善。

成矿规律要解决的核心问题是研究矿化不均匀分布的规律，从而使整个勘查工作部署，以客观地质规律为依据，达到勘查工作始终要集中在最有希望的地段，即具有最大找矿概率地段。能在最少漏失矿床（矿体）的前提下，最大限度地缩小需要详细工作的范围。能较快地对远景区做出正确的评价，并在勘查实践中不断检验深化。从提出成矿规律的概念，已有近百年的历史，但从本世纪六十年代以后，为了应付找矿难度日益增大的勘查形势，为了不断提高勘查效果，加强成矿规律和成矿预测的研究，是现代勘查的主要对策。世界各国竞相开展这方面的研究，同时推动了区域地质调查和典型矿床的深入工作，加强了全球性的分析对比，一些重要矿带和典型矿床都积累了丰富的资料，开阔了找矿思路，扩大了找矿领域，实践证明成矿规律研究，对指导勘查工作部署是至关重要的，因此成矿规律和成矿预测成为迅速发展的新学科。

成矿规律研究和矿床学、普查勘探学的发展有着紧密的联系。近年来有了重大的发展，各国地质工作者竞相从各自的不同地质特点出发，进行了不同范围的研究和总结，建立了不同的成矿模型，逐步形成了全球性成矿规律、区域性成矿规律、矿区成矿规律以及单矿种为主的专门成矿规律等不同分支。目前以区域性成矿规律研究最多，积累资料甚丰，其余三项研究也都得到不同程度的发展。

成矿规律研究，是带有上层建筑性质综合性研究工作，它是一系列基础学科应用于矿产勘查实践的桥梁和纽带。成矿规律的研究水平，取决于区域地质和矿床地质等研究水平，取决于各种地质理论的进展，同时还有赖于勘查技术方法的进步。成矿规律研究的内容非常广泛，首先是控矿因素分析，分析各个地质因素与各类矿化的成生联系，特别是查明各因素对矿化局部富集的控制。同时要广泛搜集判别各种矿化信息和标志，不断提高对各种信息的识别能力。各种勘查技术方法，实质上是为了获取各种矿化信息。在分析控矿因素和矿化信息的基础上，通过编制成矿规律图为中心的系列图件和专题研究，进行系统的成矿分析，才有可能查明矿床的分布规律。

进行成矿分析，总结成矿规律，主要从下述几个方面进行：从成矿物质方面，分析矿质来源和用成矿系列的理论研究矿床的共生组合规律。成矿物质来源研究，包括导致矿质运移的流体介质、动力和热源的分析，结合区域地球化学背景研究，确定主要的矿源（岩）层；从成矿时间演化角度，要查明区域的主要成矿期，找出地质历史发展过程中矿化相对集中的时间间隔，分析发展演化的趋势，总结成矿继承性、方向性、多旋回性的规律；从矿化的空间分布规律方面，要正确划分不同级别的成矿单元，研究在三维空间矿床空间定位机制，为勘查工作部署提供依据。在上述研究的基础上，建立成矿模型，作为进行成矿预测的理论依据。