

405141



高等学校教学参考书

矿床预测和评价原理

上册

〔苏〕 B. T. 波卡洛夫 主编

6

地质出版社

高等学校教学参考书

矿床预测和评价原理

上册

〔苏〕 B.T.波卡洛夫 主编

秦国兴 熊曾熙 译 卢作祥 校

地质出版社

内 容 简 介

本书探讨矿床的预测、普查和评价问题,指出了解决这些问题的途径。对矿床在地壳发展历史中的地位、矿床的构造和岩浆控制因素、地质构造、矿石物质成分、矿化分带性、地球化学和地球物理特征等方面的资料进行了分析,在此基础上制定了建造分析的原则,确定了矿床预测和评价的准则。上册讨论稀有金属、钼、锡、钨、硼、氟和云母矿床,下册讨论铁、铬铁矿、铝土矿矿床以及与碳酸岩有关的矿床。书中利用了苏联和其它国家在勘探和研究上述矿床过程中所获得的最新资料。

本书可作为地质院校有关专业师生的教学参考书,也可供从事矿床研究、预测、普查和评价的广大地质人员参考。

Принципы Прогноза и Оценки Месторождений

Полезных ископаемых. «Недра», 1977.

Авторы

Ф. Р. Апельцин	Л. С. Пузанов
А. Я. Архиненкова	Г. Г. Родионов
В. М. Григорьев	Т. А. Смирнова
В. С. Кудрин	В. А. Теняков
А. Е. Лицицын	<u>Б. А. Тюрин</u>
С. Ф. Лугов	А. А. Фролов
В. Г. Орлов	Н. Г. Шмидт
И. И. Пастушенко	Н. А. Хрущов
В. Т. Покалов	

矿床预测和评价原理

上 册

[苏]В. Т. 波卡洛夫 主编

秦国兴 熊曾熙 译 卢作祥校

*

地质部教育司教材室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: 787×1092¹/₁₆·印张: 14·字数: 321,000

1981年7月北京第一版·1981年7月北京第一次印刷

印数1—4,600册·定价2.10元

统一书号: 15038·教102

前 言

向读者推荐的这部专著是由在全苏矿物原料研究所工作的一些作者集体编写而成。书中探讨了全苏矿物原料研究所长期以来从事研究的铁、铬铁矿、铝、锡、钨、钼、稀有金属、萤石、云母、硼等矿床的预测和评价原理。矿产种类虽然比较有限，但是它实际上包括了所有成因类型的内生矿床以及象铝土矿这样复杂的外生矿床。因而达到了本书的主要目的：说明对各种不同成因的矿床都能进行预测和评价。

全书分两卷。在第一卷第一部分中，讨论了矿物原料基地发展的一般趋势，矿床预测和评价的基本原则，矿床预测、评价时所应用的地球化学和地球物理方法以及利用这些方法的可能性。第一卷第二部分，也是主要的部分，阐明了主要由地壳来源的酸性岩浆所造成的矿石建造。在第二卷中包括了与壳下来源岩浆有关的矿石建造以及变质成因的矿石建造和由外生作用造成的矿石建造。

全面深入地研究了矿石的物质成分，并用历史观点研究了矿床与地质建造、相环境、构造和地壳大地构造发展过程的联系，在此基础上对矿石建造进行了划分并且制定了矿床预测和评价的准则。

近年来，在苏联的地质文献中，出现了大量的阐明各种矿产（其中包括本书所讨论的矿产）的地质特征和物质成分的专著。而论述应用地球物理、地球化学、地质等方法进行矿床预测和普查的一般性著作和专门性著作也不少。以下一些单位在这些问题的研究中作出了重大贡献，它们是：苏联地质部全苏地质勘探科学研究所，金属矿床地质学、岩石学、矿物学和地球化学研究所，稀有元素矿物学、地球化学和结晶化学研究所，哈萨克苏维埃社会主义共和国科学院地质科学研究所，磁力检查测量站、中央地质勘探科学研究所，西伯利亚地质、地球物理和矿物原料科学研究所等等。当然，本著作只是扼要阐明许多矿床的预测和评价原则，它不可能对个别人和个别单位所取得的一切成就作出系统的评述。书中只是提到在叙述材料过程中引用了他们的结论或者对其结论进行讨论的那些作者。

读者在书中不会找到对各种矿床及其全部普查方法的专门介绍。作者的目的在于阐明矿区和矿床的主要地质特点，根据这些特点可以确定最主要的普查和评价准则，此外，在于扼要地指明解决矿床预测和评价问题的途径。

读者在书中将会看到许多新的结论，这些结论是根据有关矿种的著名专家的研究成果作出的，而且首先是考虑到矿床的大地构造位置及其在地壳发展历史中的地位的情况下，对矿床的构造和物质成分进行对比分析之后得出的。

目 录

绪 论	1
矿物原料预测、普查和评价的一般理论基础和方法	4
资本主义国家采矿业的发展	4
矿床预测和评价的地质前提	11
矿床普查和评价的地球化学方法	23
应用地球物理方法进行金属矿床预测和评价的基础	27
主要由壳源岩浆派生的矿石建造	44
含云母伟晶岩和稀有金属伟晶岩建造	44
伟晶岩建造概述	44
伟晶岩区	45
白云母和稀有金属伟晶岩田	51
岩性控制因素	60
白云母伟晶岩建造	62
稀有金属伟晶岩建造	70
花岗岩类和伟晶岩的相似矿物组合的特点及其造岩矿物标型特征的对比	72
预测评价方法	75
含铌钽钠长岩建造	79
岩浆期后含铌和锂云母的石英-微斜长石-钠长石（通常是天河石）交代岩建造	80
岩浆期后含铌钽和稀土元素的碱性和次碱性石英-微斜长石-钠长石交代岩建造	82
变质-热液成因的含铌钽碱性和次碱性石英-微斜长石-钠长石交代岩建造	88
含硼砂卡岩建造	93
钼矿床建造	111
钨钼建造	111
钼建造	122
铜钼建造	132
钼矿床的普查准则和普查标志及其预测评价方法	138
锡矿床建造	153
锡石-石英建造	154
锡石-硅酸盐建造	162
锡石-硫化物建造	171
流纹岩建造	175
钨矿床建造	177
黄铁矿型钨矿建造	178

萤石矿床建造.....	187
萤石建造和矿床的工业类型	187
含萤石碳酸岩建造及其矿物类型、形成条件和分布规律	201
萤石矿床预测和评价的地质依据	202
参考文献	211

绪 论

工业和整个国民经济的迅猛发展对地质工作提出了新的复杂的任务。尽管合成材料的生产正在日益迅速地增长，它部分地代替了金属和其它矿物原料，但是对矿物原料的需求仍然有增无已。因此，在已开发地区或者在经济上有利于开发的地区，发现新的大而富的矿床，乃是苏联地质工作者最主要的任务。要完成这项任务只依靠增加地质勘探工作量是不行的，为此还需要大大提高地质勘探工作的经济效果。

提高地质勘探工作的经济效果可以同时采用两种办法。第一种办法是从技术装备上重新武装地质队伍，为它提供新的技术设备——效率更高和更经济的机器、钻机、物探仪器和分析仪器等等。第二种办法是进一步完善各类矿床的普查和评价准则，以及改进地质勘探工作的组织和实施方法。

为了有效地进行工作以及为了发现大而富的矿床，首先需要学会对矿化显示和地球化学异常进行鉴别和评价。在这一工作阶段，鉴定性评价起着较大作用，这种评价的质量优劣取决于对含矿区和其中发现的矿点进行评价的地质人员的经验，也就是说，取决于地质人员确定预测储量的能力。预测储量往往是制定地质勘探工作计划的依据。因此，确定预测储量是一个很迫切的问题，它已成了经互会成员国专家们从事研究的对象，他们对这一问题作出了以下一些基本规定。

1. 预测储量是未探明的矿产储量，它是根据矿床的形成和分布规律以及揭示评价地区地质构造和地质发展历史的研究资料所推测的储量。

2. 根据预测储量可以对是否有可能扩大国民经济相应部门的矿物原料基地作出判断，而且预测储量应当成为制定地质勘探工作计划和选择地质勘探工作方向的依据。

3. 预测储量与 C_2 级储量的区别在于：预测对象的评价参数（沿走向的长度、厚度以及有用组份的平均含量等）是推测的或者是间接确定的。

1. 预测储量是根据该区地质发展历史和地质构造特点的资料估计出来的，而这些资料的取得乃是进行广泛的综合性地质、地球物理和地球化学研究的结果，而且也是对构造、矿物-岩石、岩性-地层、古地理以及决定矿产富集条件的其它因素进行分析的结果。通常计算的是三类预测储量，它们是：（1）在已开采的矿床、已探明的矿床或者正在勘探的矿床中，已计算的 C_2 级储量以外的储量（新的矿体、矿段、矿层等）；（2）在存在已知工业矿床的地区中发现的新矿床的储量；（3）在不存在工业矿床的地区中根据地质先决条件发现的新矿床的储量。对于第一类预测储量来说，估算的可靠程度是相当高的，第二类预测储量估算的可靠程度较差，而第三类预测储量估算的可靠程度最差。

矿产的预测储量要根据每一个国家或地区的工业要求和经济特点，估算到能进行开采的深度。矿产的预测储量只能近似地确定，此时要指出大致的储量数字。结合地质资料和技术-经济资料对这种储量数字进行分析，就能有根据地选定应首先进行普查和勘探的对象。

估算预测储量的方法要针对不同矿种和不同矿床类型分别制定。普查准则和矿化标志

是预测的基础。最重要的普查准则是大地构造准则、岩浆准则和构造-岩性准则，根据这些准则能基本上解决某一地区的含矿远景和其中发育的矿床的类型问题。直接或间接的找矿标志是矿体露头、成矿元素分散量、近矿蚀变岩和地球物理异常等。

通常利用集总参数法来进行预测储量的定量估算。这些参数是指矿体、矿床和矿区的类型，而类型是根据形态成因标志或其它工业标志确定的。集总参数应当在考虑当地特点的情况下针对各个矿田、矿区和成矿区分别确定。在根据所有的地质准则确定了矿床的可能位置及其工业类型之后，就能将该矿床列入某一种大小级别，从而可以按照该矿田或矿区中这种级别的已知平均大小定量估算其预测储量。也可利用根据含矿系数的估算方法，采用这种方法时，要对地质条件相同的各个含矿地段进行对比。

当对已开采的矿床、已采空的矿床或已详细探明的矿床的未勘探部分定量估算预测储量时，除了上面提到的一些方法外，在估计有可能发现盲矿体的情况下，还应广泛采用把根据相应的已探明地段确定的参数外推的方法。在此情况下，了解矿体和矿床的垂直和水平分带性及其构造具有特别重要的意义。

对于根据地质先决条件和最一般性的普查资料（包括地球化学取样资料）划分出来的新的含矿区，也要采用类比法进行定量评价。这种含矿区的评价只能是极其概略的。

随着地质勘探工作的开展和新的实际材料的积累，预测评价愈趋精确。

建造分析方法在解决矿床预测问题中起着重要作用，它的奠基人是：H. C. 沙茨基，H. П. 赫拉斯科夫，С. С. 斯米尔诺夫，Ю. А. 毕利宾，B. И. 斯米尔诺夫，H. М. 斯特拉霍夫；而发展了这种方法的是：E. E. 查哈罗夫，Ю. А. 库兹涅佐夫，И. Г. 马加克扬，E. A. 拉德克维奇，B. C. 柯尔米利津，B. A. 库兹涅佐夫，Д. И. 戈尔日夫斯基，B. И. 卡赞斯基，P. M. 康斯坦丁诺夫，Д. B. 隆德克维斯特，П. M. 塔塔林诺夫，Г. A. 特瓦尔奇列利泽，A. Д. 舍格洛夫，Г. H. 舍尔巴和其他许多学者。

按照H. C. 沙茨基的定义，地质建造指的是在时间和空间上彼此有着密切联系的各种岩石的天然组合；它们是在一定的构造环境下形成的，而一定的构造环境乃是地壳的某些大型构造单元在一定的发展阶段上所特有的。组成矿石建造的矿产的富集与地质建造有关。根据С. С. 斯米尔诺夫的意见，应当把矿石建造理解为在相似的地质环境（与矿化的时代无关）下形成的、具有相似矿物组合的一系列矿床。

建造的一个最重要的特点是：它们在同一类构造中以及在构造发展的一定阶段上重复出现，正是这一点奠定了矿床预测的基础。同时，地质环境的多样性和地壳发展的方向性造成了地质建造和与其有关的矿石建造的多变性和历史演变。由于这一原因，H. П. 赫拉斯科夫和其他研究者区分了两种概念：（1）具体建造；（2）抽象建造。具体建造的特征是具有一定的时代和发育地点。抽象建造是一种抽象的概念，它是许多相似的具体建造的象征并且反映了它们不论是在时间上还是在空间上重复出现的一些共同特点。对地质建造和矿石建造作这样的区分，就有可能认识矿床形成和分布的规律性并有可能对矿床进行预测和评价。

虽然所有研究者都承认上述定义和原则，但在实际工作中，划分矿石建造会遇到很大的困难。有些研究者主要根据矿物组合及其矿物的数量比例来划分矿石建造，而把矿床形成的地质条件放到次要地位，他们对矿床形成的地质条件众说纷纭，而且并不要求矿石建造与地质建造有紧密的联系。但是在许多矿床中业已查明，矿物共生组合的分布具有分带

性；而且在矿体不同深度的侵蚀截面上，各个矿物组合不仅数量上不同（即各种矿物的数量比例不同），而且矿物组成也不同。显然，在物理-化学性质不同的介质（例如碳酸盐介质或铝硅酸盐介质）中，相同的溶液会沉淀出不同的矿物共生组合，这些矿物共生组合既可以单独存在——出现于不同的矿床中，也可以一起出现——存在于同一个矿床中。此外，有些地方出现一些矿物组合迭加在另一些矿物组合之上的现象，这就会使总的情况变得异常复杂。因此，如果在划分矿石建造时不将矿化与地质建造紧密联系起来，就会把这一问题搞乱，而有时甚至会导致无法制定预测和评价矿化的一定的准则。

另一些研究者则建议：在划分具体矿石建造时将与某一岩浆建造有关的全部热液产物（包括金属产物和非金属产物）包括在矿石建造中。这样做会使有关“矿石建造”的概念失去意义，因为在这种情况下丧失了具体性，并使矿石建造的范围过分扩大，从而会使具有不同的预测、普查和评价准则的矿床合并在一起。显然，不应当将钼矿床、铅-锌矿床和金矿床合并到同一个矿石建造中（柯尔米利津，斯特罗娜，塔塔林诺夫，1973年），因为它们的地质构造不同，成矿作用的地球化学性质不同，而且具有不同的矿物组合；此外，它们在空间上是分离的，并且产于不同的构造中。至于这些矿床与同一岩浆建造的联系，那末这一问题是有很大争论的。Н. Б. 瓦索耶维奇（1966年），Г. В. 伊齐克松，В. Т. 马特维固科（1966年）提议根本摒弃“矿石建造”这一概念，而代之以“地质建造（Геогенерация）”这一术语，而且建议首先根据由相似的构造-岩浆环境决定的成因的一致性将矿床合并为矿物-地球化学类（Группа）、群（Комплекс）、族（Семейство）和组（ассоциация）。这对于说明某一地区或某一部分的成矿特征来说无疑是正确的，但对于矿床的大比例尺预测、详细普查和评价来说显然是不够的。

当前，地质科学的最重要课题是认识各种矿产形成和空间分布的规律，并在此基础上预测新的矿床、矿区和远景区，以便在经济上有利于开发的地区或者已经开发的地区找到富矿床。这是金属和非金属矿床建造分析所要达到的目的。随着对地质建造和矿石建造、它们之间的联系、空间和时间上的相互关系以及它们形成的热力学和物理-化学条件的认识不断深化，我们便能解决上述课题，而这正是本书所要讨论的内容。

矿物原料预测、普查和评价的 一般理论基础和方法

资本主义国家采矿业的发展

二十世纪，特别是二十世纪下半叶的技术进步要求大大增加各种矿产的产量，包括黑色金属、合金金属和有色金属的产量。1860—1974年的统计资料反映了这些矿产在资本主义国家采矿业总的发展中所起的作用^①。共统计了25种主要矿物原料（每种矿产的产值都超过采出矿产总产值的0.1%），并用实际产量（表1）和采出矿产的总产值（表2）表示了资本主义国家矿产的开采量。

已有的统计资料（图1）表明，本世纪前四十年开采的矿物原料的产值增长不大，最近三十年开采的矿物原料的产值飞速增长（各十年产值增长比例分别为32%，46%，57%）。从1860年到1974年资本主义国家开采的主要矿物原料的总产值为19300亿美元（按1956年的价值计算），其中最近14年的产值为7730亿美元，占114年矿物原料总产值的40%。

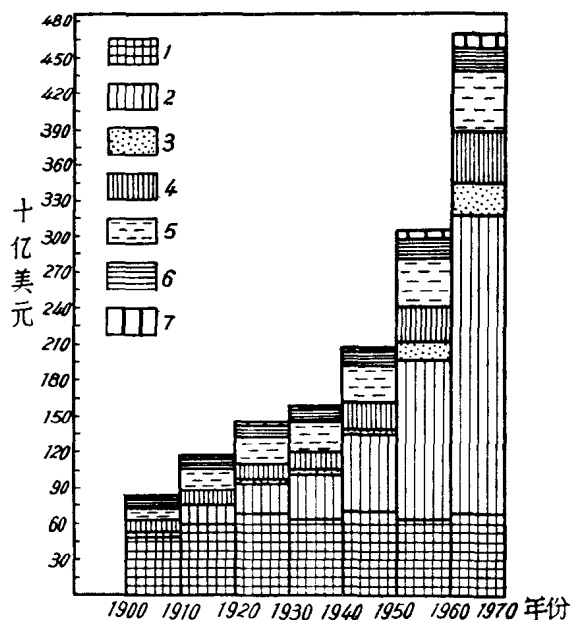


图1 矿物原料产值增长图解

1—煤；2—石油；3—天然气；4—黑色金属和合金金属；
5—有色金属；6—贵金属；7—非金属原料

最近三十年开采的矿物原料的产值飞速增长（各十年产值增长比例分别为32%，46%，57%）。从1860年到1974年资本主义国家开采的主要矿物原料的总产值为19300亿美元（按1956年的价值计算），其中最近14年的产值为7730亿美元，占114年矿物原料总产值的40%。

燃料矿产在开采的矿物原料总产值中明显地起主要作用（图2）；从十九世纪中叶占62%，一直增长到1961—1970年间的71.8%和1974年的75.3%。值得注意的是，煤在采出原料总产值中所占比例显著下降，从上世纪末的60%减少到1961—1970年间的15%，即减少了四分之三。煤开采量的减少由石油和天然气开采量的激增所补偿。本世纪的头十年油气的采值刚刚超过5%，而在1961—1970年间就达到了56.8%，也就是说，石油和

① 利用Ф. 弗里登堡的材料（«Глюкауф», 1956, №1, 58—62页），并补充了最近25年以来的以下一些杂志的资料：Minerals Yearbook, U. S. Department of the interior, Mining Engineering, Canadian Mining and Met. Bull, Canadian Mining Journal, Mining Magasin, Mining Annual Rev., Eng. and Mining Journal.

表 1

资本主义国家矿物原料的开采量 (1860—1974年)

矿产种类	计量单位	1860 — 1900年	1901 — 1910年	1911 — 1920年	1921 — 1930年	1931 — 1940年	1941 — 1950年	1951 — 1960年	1961 — 1970年	1971年	1972年	1973年	1974年*
石油	百万吨	250	211	548	1435	2060	3485	7016	12945	2072	2152	2348	2326
天然气	十亿立方米	—	95	190	374	582	1308	3081	6349	889	941	977	977
煤	百万吨	15000	9052	12044	12755	11812	13054	11948	12600	1258	1269	1283	1287
铀	千吨	—	—	—	—	—	—	180	235	22.4	23.7	23.9	22.8
铁矿石	百万吨	2300	1076	1330	1408	1211	1799	2713	3948	498	501	554	573
锰矿石	百万吨	8.0	7.9	11.7	17.4	19.7	26.2	57.2	81.8	11.9	11.3	12.6	13.0
铬矿石	百万吨	—	0.8	1.7	3.2	6.5	12.1	28.1	29.6	4.0	3.8	4.1	4.5
镍	千吨	74	133	313	395	873	1315	1966	3159	505	467	522	561
钨(WO ₃)	千吨	—	19.4	77.4	22.8	105.3	170.7	216.4	163.7	25.1	27.3	26.2	25.0
钼	千吨	—	0.7	3.0	8.6	89.6	176.8	266.8	184.6	67.9	71.1	72.3	75.3
铝土矿	百万吨	—	2.1	5.6	12.2	17.7	62.8	144.2	315.1	53.4	56.1	60.9	65.2
铜	千吨	7250	6750	10735	13156	15280	21557	27657	41480	5031	5524	5911	6020
铅	千吨	17740	7218	10673	13314	13318	12826	16479	19744	2433	2488	2503	2393
锌	千吨	9600	4204	9882	11346	13763	16511	22271	33539	4272	4308	4464	4411
锡	千吨	1660	987	1181	1446	1454	1348	1557	1612	186	196	186	182
汞	千吨	—	34.3	35.8	37.1	37.0	54.5	53.7	62.6	6.84	6.13	5.40	5.51
锑	千吨	—	77.6	142.1	68.5	147.5	319.5	301.8	368.9	41.3	48.6	50.9	52.6
金	吨	8350	5686	6372	5635	8989	8302	8740	12234	1226	1161	1094	996
银	千吨	113.0	59.0	60.4	73.4	68.4	58.9	60.1	67.6	7.6	7.5	7.5	7.4
铂	吨	7	2	10	26.5	85.4	128.8	237.0	387.8	54.5	70.6	86.8	106.7
金刚石	百万克拉	48.5	43.2	42.8	50.7	85.8	113.0	229.4	332.8	32.5	34.7	33.6	35.2
石棉	千吨	—	512	1319	2735	3090	6248	12984	19460	2304	2344	2613	2546
钾盐	百万吨	—	5.3	9.0	15.8	19.9	18.9	55.4	91.2	11.8	12.0	12.9	14.4
磷酸盐	百万吨	42.0	46.8	53.2	86.9	85.6	115.6	262.1	496.3	60.6	65.9	73.1	83.4
萤石	千吨	—	1145	2480	2854	2887	6144	11534	21527	3673	3505	3607	3803

* 初步资料

按1956年价格算出的资本主义国家采出的矿物原料的产值 (单位: 10亿美元)

表 2

矿 产 种 类	计价单位	单价(美元)	1860 — 1900年	1901 — 1910年	1911 — 1920年	1921 — 1930年	1931 — 1940年	1941 — 1950年	1951 — 1960年	1961 — 1970年	1971年	1972年	1973年	1974年
燃 料	吨	19.39	4.85	4.09	10.63	27.84	39.96	67.61	136.11	251.13	40.18	41.73	45.53	45.10
石 油	千立方米	3.78	—	0.38	0.72	1.42	2.21	4.97	11.71	24.13	3.36	3.56	3.69	3.69
天 然 气	吨	5.31	79.65	48.07	63.95	67.73	62.72	69.32	63.44	66.91	6.68	6.74	6.81	6.83
能 源	公 斤	33.67	—	—	—	—	—	—	6.06	7.92	0.75	0.80	0.81	0.77
原 料	公 斤	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
钍(U ₃ O ₈)	公 斤	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合 计			84.50	52.54	75.30	96.99	104.89	141.90	217.32	350.09	50.97	53.82	56.84	56.40
铁矿石	吨	7.63	17.55	8.21	10.15	10.74	9.24	13.73	20.70	30.12	3.80	3.82	4.23	4.37
锰矿石	吨	48.3	0.39	0.38	0.57	0.84	0.95	1.27	2.77	3.95	0.57	0.55	0.51	0.63
铬矿石	吨	46.3	—	0.04	0.08	0.15	0.30	0.56	1.30	1.37	0.19	0.18	0.19	0.21
镍	吨	1421	0.11	0.19	0.44	0.56	1.24	1.87	2.79	4.49	0.72	0.66	0.74	0.80
钨(WO ₃)	吨	3639	—	0.07	0.28	0.08	0.38	0.62	0.79	0.60	0.09	0.10	0.09	0.09
钼	吨	2600	—	—	0.01	0.02	0.23	0.46	0.69	1.26	0.18	0.19	0.19	0.20
合 计			18.05	8.89	11.53	12.39	12.34	18.51	29.04	41.79	5.55	5.50	6.05	6.30
铝土矿	吨	7.89	—	0.02	0.04	0.10	0.14	0.49	1.14	2.49	0.42	0.44	0.48	0.51
铜	吨	936	6.79	6.32	10.05	12.31	14.30	20.18	25.89	38.83	4.71	5.17	5.53	5.63
铅	吨	346	6.14	2.49	3.71	4.61	4.61	4.44	5.70	6.83	0.84	0.86	0.87	0.83
锌	吨	302	2.90	1.27	2.98	3.43	4.14	4.99	6.73	10.13	1.29	1.30	1.32	1.32
锡	吨	2230	3.70	2.20	2.63	3.22	3.24	3.01	3.47	3.59	0.41	0.44	0.41	0.41
汞	吨	5000	—	0.17	0.18	0.19	0.18	0.27	0.27	0.31	0.03	0.03	0.03	0.03
铋	吨	370	—	0.03	0.05	0.03	0.05	0.12	0.11	0.14	0.01	0.02	0.02	0.02
铊	吨	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合 计			19.53	12.50	19.64	23.89	26.66	33.50	43.31	62.32	7.71	8.26	8.66	8.75
金	公 斤	1125	9.39	6.40	7.17	6.34	10.11	9.34	9.83	13.76	1.38	1.31	1.23	1.12
银	公 斤	29.1	3.28	1.71	1.75	2.13	1.98	1.71	1.74	1.96	0.22	0.22	0.22	0.22
铂	公 斤	3500	0.02	0.01	0.03	0.09	0.30	0.45	0.83	1.36	0.19	0.25	0.30	0.37
金 刚 石	克 拉	8.02	0.39	0.35	0.34	0.41	0.69	0.91	1.84	2.67	0.26	0.28	0.27	0.28
合 计			13.08	8.47	9.29	8.97	13.08	12.41	14.24	19.75	2.05	2.06	2.02	1.99
石 棉	吨	126	—	0.06	0.17	0.34	0.39	0.79	1.64	2.45	0.29	0.30	0.33	0.32
钾 盐	吨	41.8	—	0.22	0.38	0.66	0.83	0.79	2.31	3.81	0.49	0.50	0.54	0.60
磷 酸 盐	吨	6.12	0.26	0.20	0.33	0.53	0.52	0.71	1.60	3.04	0.37	0.40	0.45	0.51
萤 石	吨	45	—	0.05	0.11	0.13	0.13	0.28	0.52	0.97	0.16	0.16	0.16	0.17
合 计			0.26	0.53	0.99	1.66	1.87	2.57	6.07	10.2	1.31	1.36	1.48	1.60
总 计			135.42	82.93	116.75	143.90	158.84	208.89	309.98	484.22	67.59	71.00	75.05	75.04

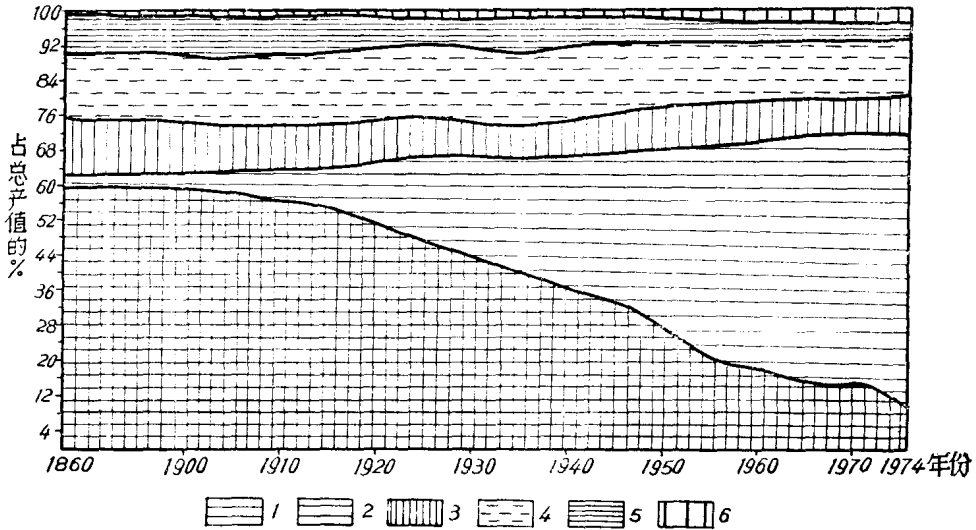


图2 各种最重要矿物原料的产值的比例关系

1—煤；2—石油和天然气；3—黑色金属和合金金属；4—有色金属；5—贵金属和金刚石；6—非金属原料

天然气在开采的矿物原料总产值中所占的比例增加了十多倍。在最近20年中，燃料（能源）矿产里又出现了铀，但是它在矿物原料总产值中所占的比值直到1974年才刚超过1%。

有色金属占第二位，它的产值大致稳定在占开采的矿物原料总产值的13—17%左右。

黑色金属和合金金属占第三位，但是由于能源原料产值所占比例急剧增加，这些金属所占比例有所下降：上世纪末它们的产值占14.4%，1961—1970年间则下降到8.8%。在矿物原料总开采量中所占比例下降最大的是贵金属（包括金刚石）：从上世纪和本世纪头十年的10%下降到1961—1970年间的4.15%。非金属矿产的开采量所占比例却急剧增加，从上世纪的0.19%增加到1961—1970年间的2.16%，也就是说，增加了十多倍。第二次世界大战前铁矿石的开采量增长很慢，战后时期开始迅速增加。同时增长的还有主要合金金属（锰、镍和铬）的开采量。但是，1960年以后，铁矿石开采量急剧增加（1961年为3.31亿吨，1974年为5.73亿吨），只有锰矿石开采量的增加与此相适应。至于钼、钨、镍和铬的开采量，近年来已跟不上铁矿石开采量的增长速度。

钼和钨的开采量的增长情况特别值得注意，它们不仅用于制造合金钢，而且在发展新技术中也起着越来越大的作用，可用于生产特别耐高温的材料和硬质合金。第二次世界大战以后，钼和铁矿石的开采量比例（图3）从1945年的71克/吨增加到1974年的132克/吨，而钨和铁矿石的开采量比例则从1945年的57克/吨减少到1974年的44克/吨。

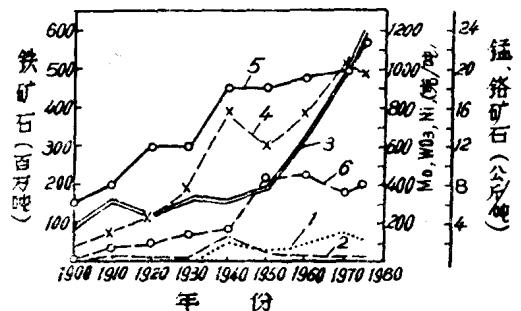


图3 铁矿石开采量的增长情况，锰矿石、铬矿石的开采量与铁矿石开采量之比（以公斤数/铁矿石吨数计算）以及钼、三氧化钨、镍的开采量与铁矿石开采量之比（以克数/铁矿石吨数计算）

从脉状钨矿床中开采钨的时间要比钼的开采早得多，而且在本世纪的头十年中已从矿石中获得 19400 吨 WO_3 （精矿），而在这一时期全世界钼的开采量总共才 690 吨。其原因主要在于：黑钨矿是一种重矿物，用早已研制出的、工业上已掌握的比重法很易对它进行富选，于是便能发展黑钨矿的手工开采。钼在矿床中呈比较轻的矿物——鳞片状辉钼矿出现，故它不能用比重法富选。在最早年代也曾用手开采过钼，其方法是用手拣取粗大的辉钼矿鳞片。只是到了本世纪二十年代末，工业上才掌握了浮选法。这一选矿方法的采用大大提高了钼的开采量：不仅是含粗大辉钼矿浸染体的脉状矿床中的开采量，而且也包括世界上第一个最大的网脉状矿床——含细小辉钼矿浸染体的美国克莱梅克斯矿床中的开采量。

从1930年到1950年期间，钨和钼的开采量的增长速度相同（图4）。第二次世界大战期

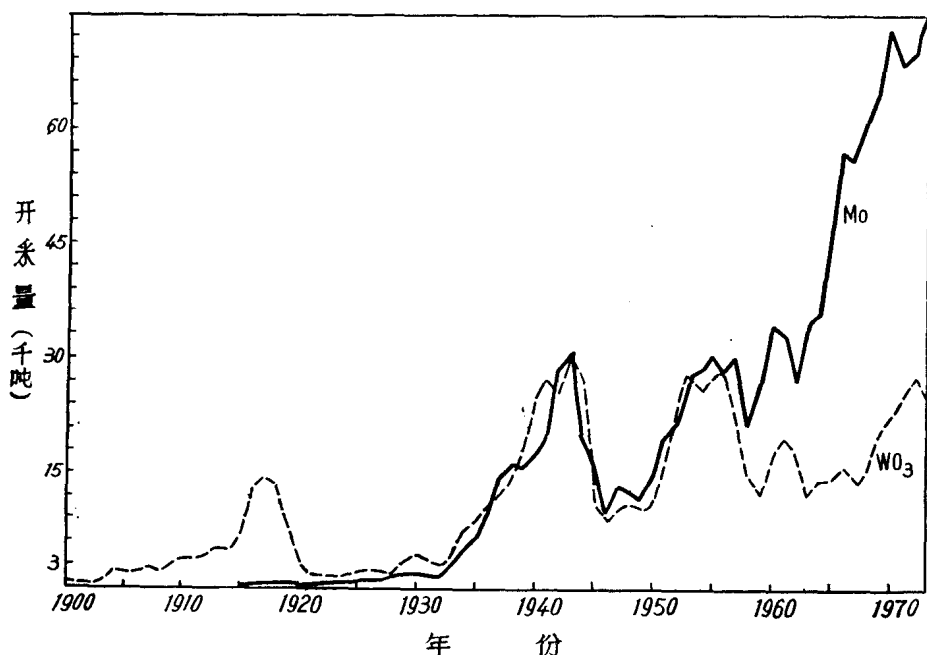


图 4 精矿中的钼和钨的开采量

1—钼；2—三氧化钨；3—镍；4—铁矿石；5—锰矿石；6—铬矿石

间以同样的速度急剧增长。1945—1950年，由于对这些金属需求的减少和美国战略储备的部分出售，它们的开采量急剧下降。从1950年到1956年钼和钨的开采又出现了新的高涨。钼的年产量达3万吨，而 WO_3 达2.85万吨（钨金属为2.28万吨）。1956年后，钼和钨的开采量的增长速度就不再一致了：钼的开采量激增，而钨的开采量下降（1959年为1.23万吨），1961—1970年间 WO_3 的平均年产量为1.64万吨。从1969年开始，钨的开采量又有些回升，到1972年达到2.72万吨，然而，只等于同年钼开采量的40%。

钨的开采量落后于钼的开采量有以下三个原因：（1）1949年以前，这种金属的主要生产国中国的开采量也算在资本主义国家开采量之内；（2）除了从储量不大的石英—黑钨矿矿脉中开采钨外，只增加了南朝鲜、美国和加拿大矽卡岩型矿床中白钨矿的开采量，而到现在这种金属的网脉状矿石还没有开采；（3）1960年前资本主义国家中钼的价格大

大低于钨的价格（每吨价格分别为2600美元和6200美元），1960年底钨的价格降到每吨4800美元，而钼的价格则上涨到每吨3800美元。

由于巨大的砂卡岩型白钨矿矿床的开采以及品位低但储量很大、适于露天开采的网脉状钨矿床的发现和开采，钨的开采量可能会出现进一步的生长。

钼的开采则是另一种情况。在1930年前，钼的开采量不过几千吨，当时这种金属的主要来源是规模不大、而品位很高的石英-辉钼矿矿脉和筒状矿体。只是随着辉钼矿浮选法的掌握和世界上最大的美国克莱梅克斯矿床的发现，钼的开采量才有了急剧的增加。

近年来，在太平洋成矿带的美洲部分——从北部的加拿大，经美国、墨西哥、巴拿马，到南部的秘鲁、智利，发现了许多新的大型含钼斑岩铜矿床。贫矿石的巨大储量（达10亿吨），使人们在其中的一些特大型矿床上采用了露天开采方法，年产量可达3000—5000万吨矿石，这时当矿石中铜含量为0.3—0.4%，伴生钼含量为0.02—0.03%时就可获利。所有勘探的钼矿床和斑岩铜矿床达到设计能力时，在当前对该金属的需求条件下，资本主义国家钼的开采量在短期内可提高一倍，达到年产15万吨。

表3列出了1974年某些矿产开采量的产值在所统计的25种矿产总产值中所占的比例。开采的原料的产值是按1956年的价格用美元计算的。

1974年开采的每种矿物原料的产值在25种矿产总产值中所占的百分比 表 3

矿 产 种 类	占总产值的百分比(%)	矿 产 种 类	占总产值的百分比(%)
石 油	60.10	铝土矿	0.68
煤	9.10	锡	0.55
铜	7.50	铂	0.49
铁矿石	5.82	石 棉	0.43
天然气	4.92	金刚石	0.37
锌	1.76	银	0.29
金	1.49	铬矿石	0.28
铅	1.11	钼	0.27
镍	1.07	萤 石	0.23
铀	1.03	钨	0.12
锰矿石	0.84	汞	0.04
钾 盐	0.80	锑	0.03
磷酸盐原料	0.68	合 计	100%

燃料能源矿产——石油、煤、天然气和铀占开采的矿物原料总产值的75.15%；六种主要金属——铜、铁、锌、金、铅和镍占18.85%，而其余的15种矿物原料共占6%。

近五十年来（表4）主要矿物原料的开采量^①经历了以下变化：

1. 四种矿物原料——钼、铝土矿、铂和天然气的开采量增长最快，分别增长了313倍到28.6倍；

2. 铬、石油、铀、镍、钨、萤石、钾盐、锑、磷酸盐的开采量分别增长了17倍到10倍不等（铀的开采量的增加从最近20年算起）；

3. 石棉、锰矿石、金刚石、锌、铜和铁矿石的开采量分别增长了9.1倍到3.5倍；

① 全部数据都只代表资本主义国家的开采量

4. 铅、汞、金、锡的开采量增加不到1倍;

5. 煤和银的开采量实际上没有增加。

开采的矿物原料的总产值从1924年的138亿美元增加到1974年的750.4亿美元(按1956年价格计算),也就是说,五十年来开采的矿物原料的产值平均增长了4.4倍。

五十年来主要矿物原料开采量的增长情况

表 4

矿 产 种 类	计 量 单 位	开 采 量		增 长 倍 数
		1 9 2 4 年	1 9 7 4 年	
钼	千 吨	0.24	75.3	313*
铝土矿	百万吨	1.2	65.2	53.3
铂	吨	2.5	106	41.4
天然气	十亿立方米	33	977	28.6
铬矿石	百万吨	0.25	4.5	17*
石 油	百万吨	132	2326	16.6
铀	千 吨	1.30	2285	16.6
镍	千 吨	35	561	15.0
钨(WO ₃)	千 吨	1.7	25.0	13.7
萤 石	千 吨	278	3803	12.7
钾盐(K ₂ O)	百万吨	1.2	14.4	11.0
锑	千 吨	4.7	52.6	10.2
磷酸盐原料	百万吨	7.5	83.4	11.1
石 棉	千 吨	251	2546	10.1
锰矿石	百万吨	1.4	13.0	8.3
金刚石	百万克拉	3.9	35.2	8.0
锌	千 吨	936	4411	3.7
铜	千 吨	1313	6020	3.6
铁矿石	百万吨	126	573	3.5
铅	千 吨	1244	2393	0.9
汞	吨	3066	5513	0.8
金	吨	560	996	0.8
锡	千 吨	136	182	0.3
煤	百万吨	1268	1287	0.01
银	千 吨	7.5	7.4	略有减少

* 表中钼和铬矿石的增长倍数原分别为 30.4和0.8倍,系原作者计算有误,在本表和正文中均相应作了改正——译者注

在二十世纪最后四分之一的时间内,能源原料(石油、天然气、煤和铀)的开采量将出现进一步的生长。从现在到公元2000年,石油和天然气的作用预计会增大,而到本世纪末和二十一世纪初,由于储量可能耗尽和煤及核燃料作用的增加,油气开采量将有所下降。铁矿石开采量的增长速度将继续减慢,但是合金钢产量会增加,这将使合金金属——镍、锰、铬、钼和钨(大概还有它们可能的代用品——铌和钒)的开采量得到更快的增长。有色金属中预计铝土矿、铜、锌的开采量增长最快,而非金属矿产中增长最快的将是磷酸盐原料和钾盐。

矿床预测和评价的地质前提

组成地壳的岩石的多样性以及地壳中包含的矿产的复杂性首先是由原始地球物质的内生和外生分异作用造成的。因此认识这些作用乃是解决矿床预测和评价问题的唯一途径。

根据 A. П. 维诺格拉多夫 (1972年) 的资料, 地球的成层分异作用是在存在地核的基础上发生的, 并且主要涉及地球的硅酸盐相, 即地幔, 后者再次受热并按照分带熔融原理分为各个层圈。地幔物质类似于石陨石物质, 它分成玄武岩浆和相当于纯橄岩的残余物两部分。存在于地幔物质中的水和其它易挥发化合物 [HF、HCl、B(OH)₃, 可能还有 BF₃、BCl₃ 等], 主要集中在易熔相中, 易熔相物质在重力作用下被挤向地球表层。

熔融体逐渐冷却, 发生结晶作用并释放出水 and 溶解在水中的组份。在地球表面上, 水蒸汽逐渐冷却, 于是形成液相——真正的水圈。易溶于水的化合物 (HCl、HF、B、H₂) 主要留在水圈中, 而弱溶解性化合物 (CO₂、CH₄、H₂) 则从水圈中排出, 形成了地球的气圈。

И. 库希罗 (1972年) 认为, 在地球历史的早期阶段, 大量的水必定存在于地球的内部, 地球内部可能大体上具有球陨石成分。当球陨石物质 (类似于橄岩) 的温度升高到固液相界线后, 在存在水的情况下开始广泛熔出安山岩浆, 并喷发到地球的原始表面上, 于是便形成了早期的大陆地壳。在以后的地质时期, 安山岩地壳发生分异, 其下部富含二氧化硅并含有某些数量的水, 它发生了部分熔融, 在这种情况下有可能形成花岗岩浆。花岗岩浆熔出后剩下的物质具有基性成分, 而且看来相当于麻粒岩。在以后的地质时代中, 地幔中水份减少, 安山岩岩浆广泛的形成作用也已停止, 而当地幔的缺水部分发生熔融时, 便产生了玄武岩浆。

Н. И. 希塔罗夫等人 (1972年) 的实验研究表明, 拉斑玄武岩浆在大于60—65公里的深度上逐渐冷却时所发生的演化必定会使熔融体富含二氧化硅并形成中性和酸性成分的岩浆, 同时分离出呈辉石岩、麻粒岩、榴辉岩和二辉辉橄岩出现的固体残余物。

上面谈的是球陨石物质原始分异、地球层圈和各种主要类型岩浆岩出现的一般情况。目前我们见到的已是物质在地壳形成过程中发生了深刻分异的结果。组成地壳的岩浆岩、沉积岩和变质岩详细地反映了它们形成的构造-岩相条件的多样性。

形成矿床的构造-岩相条件是多种多样的。同时, 对于某些类型的矿床来说, 已查明它们与在相似的地质条件和物理-化学条件下形成的岩石组合具有很密切的空间和成因关系, 也就是说, 它们与地质建造具有密切的空间和成因关系; 而对于另一些类型的矿床来说, 这种关系不很明显, 甚至是有疑问的。因此对于矿床的预测和评价来说, 非常重要的事情是要了解: 哪些因素是造成矿产富集条件的主要因素以及这些因素如何配合才导致形成具有工业价值的矿床。对有关矿床形成规律的资料以及矿床与地壳主要构造单元和地质建造的关系的资料进行分析, 就有可能解决这一问题, 或者至少能够大体上指出解决这一问题的途径。