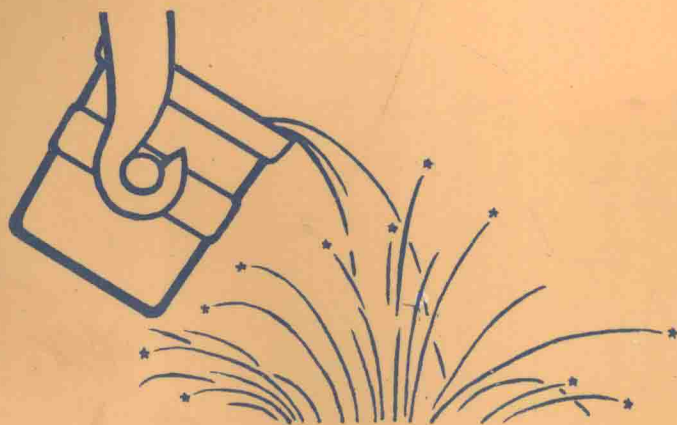


金属生产过程

刘宗周 编



西南交通大学出版社

金属生产过程

刘宗周 编

西南交通大学出版社

内 容 简 介

本书内容主要包括有地质、采矿、选矿、耐火、焦化、钢铁冶金、有色金属冶金和压力加工等共五篇十六章。内容丰富,涉及面广。重点简述了金属生产的基本原理、主体设备和工艺技术。为了便于初学者对金属生产过程能了解一些最基本的科技知识,故编写力求结合生产实践,做到深入浅出,通俗易懂。该书可作为冶金类教学或培训技术人员的教学用书,也可供厂矿管理人员及工程技术人员参考。

金 属 生 产 过 程

刘宗周 编

*

西南交通大学出版社出版发行

成都井二环路北一段

昆明理工大学印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 12

字数: 275 千字 印数: 1—1200 册

1995 年 7 月第 1 版 1995 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7—81022—770—X/T · 136

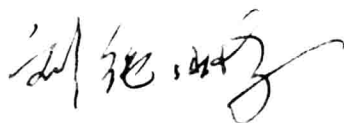
定价: 9.50 元

序

作者三十六年来一直从事冶金方面的教学和科研工作。曾先后担任过炼铁学、炼铁设计、复合矿的综合利用、有色重金属冶金实验和冶金概论等课程。教学效果好,成绩显著。并在研究褐煤直接还原法方面取得优异的成绩,作出了贡献。此次作者把原编写的《冶金概论》讲义,经过修改补充重新写成《金属生产过程》一书。内容包括地质、采矿、选矿、耐火材料、炼焦、钢铁冶金、有色金属冶金和压力加工等共五篇十六章。本书不仅知识面广,涉及的相关学科甚多,而且从广泛之中提精汇编,突出重点,除基本原理而外,还简述了主体设备和工艺技术。并以深入浅出的方法使初学者被引入胜,打下了坚实的基础,为尔后专业学科的学习铺平了道路。也为一般从事于冶金厂矿的管理和科技工作人员提供了一本有价值的参考书。

教材和教学用书一直是高等院校学生学习的极为重要而迫切需要的系统学习书籍。特别是冶金基础课的教材,因为初学者首先需要清楚的是基本概念和专业词汇的确切含义,这些都必须在学习专业课以前打好基础。因此,《金属生产过程》一书的出版,就更显得十分重要和必要。这本书的出版不仅对初学者裨益甚大,对基础教材的建设也作出了贡献。

昆明理工大学
教 授



1994年11月1日

前 言

这本书简明的阐述了金属生产的全过程。书中着重介绍了钢铁和铜、铅、锌、锡、铝、钨、钛八种主要金属的冶炼原理、工艺操作和主要设备。

该书共有五篇十六章。内容丰富、涉及面广,包括有铁和主要非铁金属相关的地质、采矿、选矿、冶炼及金属加工的生产方法和科技基本知识。并作了深入浅出,通俗易懂的简要论述。从中使学生能够进一步为学习专业课程扩展知识面,以便为今后的生产实践打下良好的基础。因此,本书可作为冶金及其相关的专业(如矿物、材料、热能、化工、管理、环境、技术经济等工程专业)及干部培训的冶金概论课的教材,并可为从事生产管理和科技工作的有关人员提供一本适宜的参考书。希望这本书也能成为自学者的良师益友。

编写技术基础课程的教材是十分重要的。它是基础理论通往专业技术之间的桥梁。这本教材曾作为我院钢铁专业的冶金概论课教程使用了多年,对原教材经过修改、增删,现出版与读者见面。

限于编者水平,经验不足,书中不当之处,望读者批评指正。

编者

1994 年 11 月

目 录

绪 论

一、矿石概论	1
二、冶金概论	2

第一篇 地质、采矿与选矿

第一章 地质找矿

§ 1 矿物的一般地质特征	5
§ 2 找矿的主要方法	6
§ 3 矿床的勘探	8
§ 4 矿山地质工作	10

第二章 资源开采

§ 1 认真抓好矿山建设	12
§ 2 采矿方法	12
§ 3 矿山生产的主要技术经济指标	19

第三章 矿物精选

§ 1 选矿的意义	22
§ 2 选矿前的准备	24
§ 3 选矿方法	26
§ 4 脱水	27
§ 5 烧结与团矿	28

第二篇 耐火材料与焦化产品

第四章 耐火材料

· § 1 耐火材料的种类	30
§ 2 耐火材料的主要性质和性能	31

§ 3 耐火材料用的原料与生产过程·····	33
§ 4 耐火材料的应用·····	37

第五章 焦炭和焦化产品

§ 1 炼焦煤的选择·····	39
§ 2 焦炭生产过程·····	41
§ 3 焦化产品的回收·····	45
§ 4 焦化工业展望·····	48

第三篇 钢铁冶金

第六章 炼铁

§ 1 炼铁原料及其处理·····	50
§ 2 高炉生产的工艺流程及设备·····	55
§ 3 炼铁的基本原理及生产过程·····	58
§ 4 高炉产品及副产品·····	61
§ 5 主要技术经济指标·····	64
§ 6 非高炉炼铁·····	66

第七章 铁合金生产

§ 1 铁合金产品、用途及其冶炼原理·····	69
§ 2 冶炼方法·····	71
§ 3 技术经济指标及生产发展方向·····	73

第八章 炼钢

§ 1 炼钢方法概述·····	76
§ 2 炼钢的基本原理·····	77
§ 3 转炉炼钢法·····	82
§ 4 平炉炼钢法·····	89
§ 5 电炉炼钢法·····	91
§ 6 钢的浇注·····	94
§ 7 钢的分类·····	99

第四篇 有色金属冶金

第九章 铜冶金

§ 1 概述·····	101
-------------	-----

§ 2 铜的火法冶金原理	103
§ 3 铜精矿的密闭鼓风炉熔炼	105
§ 4 铜精矿的反射炉熔炼	107
§ 5 铜精矿的电炉熔炼	108
§ 6 冰铜的吹炼	109
§ 7 铜的精炼	110
§ 8 湿法炼铜	112

第十章 铅冶金

§ 1 概述	115
§ 2 铅精矿的烧结焙烧	117
§ 3 铅烧结块的鼓风炉熔炼	118
§ 4 粗铅精炼	120

第十一章 锌冶金

§ 1 概述	124
§ 2 锌精矿的焙烧	126
§ 3 湿法炼锌	128
§ 4 火法炼锌	133

第十二章 锡冶金

§ 1 概述	135
§ 2 炼前处理	136
§ 3 粗锡的熔炼	138
§ 4 粗锡的精炼	142

第十三章 铝冶金

§ 1 概述	146
§ 2 氧化铝生产	147
§ 3 氧化铝电解	149

第十四章 钨冶金

§ 1 概述	150
§ 2 三氧化钨生产	151
§ 3 钨粉生产	152
§ 4 展性钨生产	153

第十五章 钛冶金

§ 1 概述	155
--------------	-----

§ 2 钛铁矿的还原熔炼	157
§ 3 二氧化钛的生产	158
§ 4 四氯化钛的生产	162
§ 5 海棉钛的生产	166

第五篇 压力加工

第十六章 轧钢

§ 1 轧制的基本概念	170
§ 2 轧钢设备	173
§ 3 轧钢工艺	177
§ 4 主要技术经济指标	180

参考文献.....	181
-----------	-----

绪 论

冶金工业分为钢铁工业及有色金属工业。它在机械制造、交通运输、国防工业、石化工业、工程建筑和其它国民经济建设中占有十分重要的地位。随着经济建设的发展，国家对钢铁和有色金属的需求量正在日益增加。原子能科学和航天技术的发展，又对冶金工业，特别是稀有金属的生产提出了新的要求。

冶金业在我国有着悠久的历史。远在五、六千年以前，我国就开始了使用铜做的器皿。铁的应用也早在 2600 年前就开始了。古代历史就有“黄帝用指南针战胜蚩尤”的记载；春秋战国时代，已经发明了渗碳炼钢制造刀剑的方法。

一、矿 石 概 论

在现代技术经济条件下能够回收加以利用的矿物称为矿石。矿物是地壳中具有固定化学组成和物理性质的天然化合物或自然元素。能够为人类利用的矿物，称为有用矿物。在地壳中有用矿物的分布是不均匀的。由于地质成矿作用，它们可以积聚在一起形成巨大的具有开采价值的矿床。

在矿石中，除了有用矿物之外，几乎总是含有一些废石矿物，这些矿物称为脉石，所以矿石由有用矿物和脉石两部分构成。

矿石有金属矿石和非金属矿石之分。金属矿石是指在现代技术经济条件下可从其中获得金属的矿石。而在金属矿石中按金属存在的化学状态又分为自然矿石、硫化矿石、氧化矿石和混合矿石。有用矿物是自然元素的称为自然矿石，例如，自然金、银、铂、元素硫等；硫化矿石是其中有用矿物为硫化物，例如，黄铜矿 (CuFeS_2)、方铅矿 (PbS)、闪锌矿 (ZnS) 等；氧化矿石中有用矿物是氧化物，例如赤铁矿 (Fe_2O_3)、赤铜矿 (Cu_2O)、锡石 (SnO_2)，一般含氧的矿物，如硅酸盐、碳酸盐、硫酸盐等也包括在氧化矿内；混合矿石内则既有硫化矿物，又有氧化矿物存在。

矿石的名称是根据从其中获得的主要金属而确定的，例如，铜矿石、铁矿石、锡矿石等，只产出一种金属的称单金属矿石；从其中可提取两种以上金属的矿石，称为多金属矿石，如攀枝花的钒钛磁铁矿。

矿石中有用成分的含量叫做矿石品位。常用百分数表示，例如，品位 1% 的铜矿石，表示矿石中金属铜的含量为百分之一。对于贵金属，由于它们的含量一般都很低，所以其矿石品位常以每吨中含有的克数来表示。

矿石品位要求越富越好，而其下限则由技术和经济因素而定，技术和经济条件的变化，使矿石的下限品位不断改变，从前抛弃的尾矿堆，由于技术进步和国民经济日益增长的需要，如今又变废为利，这种事实并非少见。

矿石的品位越低，其每吨金属的冶炼费用就越高。所以，为降低冶炼费用，总希望矿石品位越高越好。为此，采取各种选矿方法以达到提高矿石品位的目的。经过选矿处理而获得的高品位矿石称为精矿，如铁精矿，铜精矿，锡精矿等。

二、冶金概论

冶金学是研究由矿石及含金属的物料中提取金属的一门科学。现代工业上通常把金属分为黑色金属和有色金属两大类，铁、铬、锰三种金属属于黑色金属，其余的所有金属属于有色金属。有色金属又分为重金属，轻金属，贵金属和稀有金属等四类。

有色重金属——包括铜、铅、锌、锡、镍、钴等，它们的比重都较大，由 7 到 11。

有色轻金属——包括铝、镁、钙、钾、钠和钡等，它们比重都小于 5。

贵金属——金、银、铂及铂族元素属此类，这些金属在空气中不能氧化，由于它们的价值比一般金属贵而得名。

稀有金属——在 80 余种有色金属元素中，其中大约 50 种被认为是稀有金属。这一名称的由来，并非由于这些金属元素在地壳中的含量稀少，而是历史上遗留下来的一种习惯性的概念。事实上有些稀有金属在地壳中的含量比一般普通金属多得多，例如，稀有金属钪在地壳中的含量占第九位，比铜、银、镍以及其它许多元素都多；稀有金属锆、锂、钒、铈在地壳中的含量比铅、锡、汞多。当然，有许多稀有金属在地壳中的含量确实是很少的。所谓稀有金属系指那些发现较晚，应用较迟，在自然界中分布比较分散并在提取方法上比较复杂的金属。

稀有金属按其物化性质相近似，矿物中的共性关系，提取方法的类似以及其它共同特征，一般又可分为五类：

稀有轻金属——锂、铍、铷等，这类金属的特点是比重小，如锂的比重为 0.53。

稀有高熔点金属——钨、钼、钽、钨、钽、铌、锆等，此类特点是熔点都很高，如钨的熔点为 3400℃。

稀散金属——铟、锗、镓、铊等。这一类金属的共同特点是，在地壳中几乎是平均分布的，没有单独的矿物，更没有单独的矿床，它们经常是以微量杂质存在于其它矿物的晶格中。一般是从冶金和化工部门的各种废料或中间产品中提取。如分散在铝土矿中的镓，可在生产铝的中间产品中提取；锗常在煤中，可从煤燃烧的烟尘或含锗渣中提取。

稀有放射性金属——各种天然放射性元素钋、镭、锕及锕系元素（钍、镤、铀和各种超铀元素）。这类金属的共同特点是具有放射性。

稀土金属——在门捷列夫周期系中自成一族，包括在这一类中的有镧及镧系元素（从原子序数为 58 的铈到 71 的镥，共 14 个元素）。稀土金属的物化性质非常相近，差别很小，所以在矿物中总是相互伴生的；提取各种单独的纯稀土金属或单个的纯稀土化合物都是相当困难的。

冶金的任务就是把所要提取的金属从成分复杂的矿石（或精矿）中分离出来并加以提纯（或组成合金），这种分离和提纯（或组成合金）过程常常不能一次完成，需要进行多次。一般说来，冶金过程包括：原料预备处理、熔炼和精炼三个主要作业过程。

现代冶金中，由于矿石（或精矿）性质和成分、能源、环境保护以及技术条件等情况的不同，故实现上述冶金作业的工艺流程和方法是多种多样的。这些作业称之为冶金方法，

归纳起来大体可分为三类：火法冶金、湿法冶金及电冶金。

第一类 火法冶金是在高温条件下进行的冶金过程。包括：干燥、焙解、焙烧、熔炼、精炼、蒸馏等过程。

第二类 湿法冶金是在低于 100°C 以下的溶液中进行的冶金过程。包括：浸出、净化、制备金属等过程。现代湿法冶金中的高温高压过程，温度也不过在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

第三类 电冶金是利用电能提取金属的方法。根据利用电能效应的不同，电冶金又分为电热冶金和电化冶金。

(1) 电热冶金是利用电能转变为热能进行冶炼的方法。

(2) 电化冶金（电解和电积）是利用电化学反应，使金属从含金属盐类的溶液或熔体中析出，前者称为溶液电解，如铜的电解精炼和锌的电积，可列为湿法冶金一类；后者称为熔盐电解，不仅利用电能的化学效应，而且也利用电能转变为热能，借以加热金属盐类使之成为熔体，故也可列入火法冶金一类。

冶金实际上是从矿石或含有金属的废弃中提取金属的方法。由于金属在国家经济建设中具有重大的意义，所以冶金工业也就成为工业中的主导部门。金属主要用于机械制造、铁路建筑、石油化工、汽车工业、造船业、电机电器、工业与民用建筑、航天及国防工业等。

第一篇 地质、采矿与选矿

第一章 地质找矿

生产钢铁和有色金属、稀有金属用的矿物原料以及冶炼时所需要的各种辅助原料，如熔剂（石灰石、萤石），耐火材料（耐火粘土、硅石、菱镁石、白云石等）和燃料（煤炭，石油）等都是从地下开采出来的。因此，发展冶金工业，首先要建设矿山。但是，无论建设新矿山，或扩大老矿山的生产，都要从地质勘探搞起，首先探明资源情况，没有资源，矿山建设也就无从谈起。

随着冶金工业的发展，对矿产资源需要的数量越来越大。以钢铁企业为例：建设一个年产一百万吨规模的钢铁厂，如果用的铁矿石含铁量为30~40%，生产1吨铁，需要4吨铁矿石，则每年要开采400万吨矿石。为了保证这样的企业能持续生产几十年（例如20~30年）需要8千万到1亿2千万吨铁矿储量。以炼铜厂为例，建设一个年产2万吨中等规模的冶炼厂，如果铜矿石含铜量为1%时，生产1吨铜，需要开采铜矿石150吨左右，则每年要开采300万吨铜矿石。为了保证工厂生产几十年，需要预先提供6千万吨铜矿石储量。所有这些矿产哪里有，有多少，建设条件怎样，都需要靠地质工作查明。

现代工业的发展，需要各种各样的金属材料、合金。例如制造高速切削刀头的高速钢，除了铁外，还要钨、铬、钒等；用作舰艇和高压容器的高强度钢，它的主要成份包括铁、镍、铬、钼等。又如冶炼时还需要许多辅助原料，例如生产1吨生铁，需要200公斤左右石灰石，500公斤左右焦炭（折合原煤约需1500公斤）；炼1吨钢，大约消耗耐火材料50公斤左右。由于这些原因，决定冶金工业本身是综合性的，要有多种工业配合，它对矿物原料的需要因而也是多种多样的。供应这样多的矿物原料都需要地质工作寻找和探明。

实践证明，大多数矿石都是许多有用的金属元素共生在一起。以铁矿为例，除含有大量的铁以外，尚伴生有多种黑色、有色、稀有金属，分散元素及一些非金属元素。据初步统计，各种铁矿的成分中共有40多种元素可供利用。有的铜镍矿石中，可取得的有用元素达14种以上，有的铅锌矿石中，可取得16种金属。由于矿产的成因比较复杂，所以矿石的成分及其存在的形式也是各种各样的。查明矿石中各种有用成分，为今后开发、综合利用提供可靠的资料，是地质工作的一项重要任务。此外，在矿区内的不同地点和位置，或矿区附近，还可能同时存在其它矿产，例如煤矿区内的耐火粘土矿，铜矿区内的铀矿，钨矿区内的钽铌矿，以及各种金属矿区内的辅助原料和建筑材料等。综合利用矿产资源，是矿山保护的重要内容，也是迅速发展冶金工业的重要途径。地质工作综合找矿和对矿床的综合评价，是综合利用矿产资源的必要前提。

由此可见，地质勘探工作对发展冶金工业是一个十分重要的环节。地质工作搞不好，就会影响整个冶金工业的发展。同时，由于地质条件一般都比较复杂，要探明一个矿区，弄

清它的规模和矿石品位，往往需要两三年，甚至长达四、五年以上，所以，发展冶金工业，地质工作必须先行。

§ 1 矿物的一般地质特征

地球的外壳是由岩石组成的，表土也是岩石的一种。岩石经过风化腐蚀而破碎，再经过风和水的作用，把它带到或远或近的地方，沉积而形成表土。

岩石是由矿物组成的，而矿物又是由一定的化学元素按一定的结构组成的。

自然界里已经知道的化学元素，如氧、硅、铝、铁、钙、镁、磷、硫、铜、铅、锌等有九十多种，它们组成了三千多种矿物。但在地表中分布最广，构成各种岩石的主要矿物却不过二、三十种，统称为造岩矿物。

岩石有由单一的矿物组成，例如石灰岩；有的则由两种以上的矿物组成，例如主要由长石、石英、云母组成的花岗岩。

岩石按其成因可以分为三类：

火成岩：由地壳内部熔融的岩浆冷却凝固而成，如花岗岩、闪长岩、流纹岩、玄武岩等。

沉积岩：由地面的岩石，经过日晒雨淋破坏以后，被风、水、冰川等搬运到河、湖、海洋等低洼地方沉积下来，经过胶结硬化而成，如砂岩、页岩、石灰岩等。

变质岩：火成岩或沉积岩由于物理化学环境的改变（如温度、压力、应力的作用）而变成的岩石。如大理岩、千枚岩、板岩、片岩等。

凡是为国民经济所利用的而被开采出的岩石和矿物，都叫做有用矿物或矿石矿物，有用矿物可以是固体的（如各种金属矿石、煤炭等）、液体的（如石油）、和气体的（如可燃性天然气）。

对于国民经济没有什么益处，随着有用矿物开采出来的岩石叫做废石。

在目前的技术条件下，适于以工业加工方法提取金属或有用矿物的天然矿物质，叫做矿石。

有用矿物在地壳内的天然聚积体，叫做矿床。

矿床按形状可分为层状矿床和非层状矿床。层状矿床有矿层和矿脉；非层状矿床有矿团、矿巢、矿囊、瘤状矿体、扁豆状矿体和网状矿体等。

见图 1—1，岩层与矿层在地质史上常常受变动。当岩层的连续性受到破坏，并发生了相对位移的变动称之为断层。

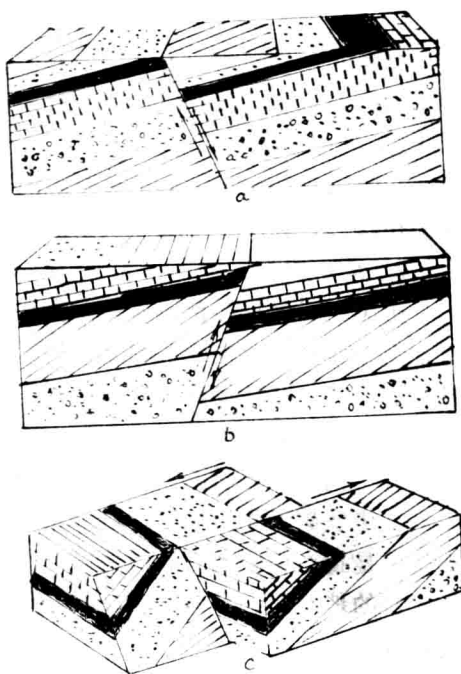


图 1—1 断层示意图
a—正断层；b—逆断层；c—平断层

岩层和矿层的长度延伸方向，叫做走向（见图 1—2）。岩层面与水平面相交的线，叫做走向线。走向的方向，按走向线与子午线间所成的角度来决定。

在岩层面或矿层面上与走向线垂直的线，叫做倾斜线。岩层面或矿层面与水平面所形成的角度，叫做倾角。按倾角的大小，矿床分为缓倾斜的（倾角为 $0\sim 30^\circ$ ），倾斜的（倾角为 $30\sim 45^\circ$ ）和急倾斜的（ $45\sim 90^\circ$ ）。

矿体的厚度是矿层顶板与底板间的垂直距离（见图 1—2）。

矿石中金属的含量，叫做矿石的品位。按品位的高低，矿石可分为富矿和贫矿。矿石中金属含量较高可以不经选矿入炉冶炼的，叫做富矿；矿石中金属含量较低必须经过选矿入炉冶炼的，叫做贫矿。

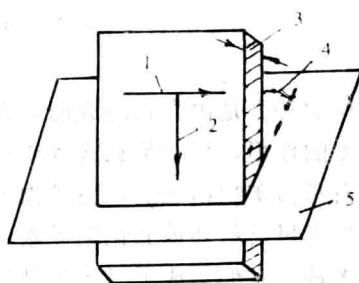


图 1—2 岩石（矿层）产状要素
1—走向线；2—倾向线；3—厚度；
4—倾角；5—水平面

§ 2 找矿的主要方法

寻找矿床一般从普查开始，其任务就是尽可能寻找大量的有矿地点，然后从所找到的矿点中，标出最有远景的矿床。普查找矿的方法很多，现将主要的作一些简单介绍。

1. 群众报矿

我国幅员广阔，如果单靠有限的专业地质队伍进行找矿是不能满足要求的。多年来依靠群众报矿找到了许多有价值的矿床，这也是“开发矿业”的一条有效的途径。

2. 地质测量

矿床的形成与各种地质作用密切相关。地质测量就是进行地质调查，把有关地质现象记录下来，并标记在地形图上，编制各种地质图，对一切与成矿有关的地质因素进行全面系统的研究，这是找矿工作的地质基础。

在几乎没有调查过的地区，一般就只进行搜索性的概略找矿，编制一比一百万或一比五十万比例尺的地质图，目的是搞清该地区地质构造的大概轮廓，并圈划出在地质上有利于进一步找矿工作的地区。这一工作，目前在全国范围内已基本完成，因此一般所讲的普查找矿是指在地质上有利的地区进行一比二十万、十万、五万、一万比例尺的地质测量，编制相应的地质图，目的是直接找到矿产，查明区域地质及矿产发育区，并为进一步找矿奠定基础。

3. 地球物理探矿

地球物理探矿方法（简称物探）是一种快速而有效的找矿方法。由于金属矿体与其周围的岩石的物理性质往往不同，故可用物理的方法即用各种仪器观测来研究地下的地质情况。寻找各种金属矿。例如磁铁矿具有磁性，因此可以用磁力仪在地面测量磁场的分布，寻找由磁铁矿引起的磁异常；含镍、铜、铅、锌等金属的硫化矿，电阻低，电化学性质活泼，

故可用各种电法仪器在地面观测电磁场的分布，寻找这类矿产。

冶金系统的物探工作，取得了显著的效果。在找铁矿方面，如邯郸、莱芜等地，根据磁异常打钻，找到了大量的富铁矿；又如梅山铁矿就是在1957年物探发现的。在找铜镍等其它矿种方面，也有不少用物化探方法发现的。

物探方法的种类很多，大略可分以下六种方法：磁法、重力法、电法、放射性法、地震法及光学法等。不仅可在地面作物探，而且可以在空中（航空）、海洋及地下（钻孔及坑道中）作物探，大大加快了勘测速度，并加大了勘探深度及探测范围。

在国外，物探发展也很迅速。西方国家对金属物探的投资，在1965年为二千万美元，1970年则增至六千万美元，每年递增25%左右。在运用近代科学技术的最新成就上，如侧视雷达，红外照相，相关光谱分析，自动数据处理等物探方面，发展了新的物探方法，提高了物探的地质效果，值得我们注意。国外在探索人造卫星在地质工作中的可能用途，例如利用所谓“地球资源观测卫星”观测地表地球物理现象，以便根据卫星照片反映的地质特征进行找矿。

物探方法找矿的效果，近年来日益显著。据统计，由1951年起，截止1964年，国外采用物化探矿发现的重要金属矿床共有113个。（其中加拿大最多，占36个，美国次之，占19个。）直接用物化探方法发现的有95个，其中用地面物化探方法发现的有56个，航空物探方法发现的有39个，其中18个是用物化探配合地质工作发现的。

解放以来，我国物探工作有很大发展，取得比较显著的效果，随着我国工业化水平的不断提高，物探工作在找矿勘探中具有广阔的前景。

4. 地球化学探矿

地球化学探矿（简称化探）是近几十年来发展起来的方法。这个方法已大量的应用于普查找矿。目前也已应用于勘探阶段。对于评价岩体，矽卡岩体构造，某一地区的含矿性及寻找矿床，特别是隐伏的，深部盲矿体，是一种很重要的手段，也已用来解决其他地质问题。

化探就是研究一种晕，叫做分散晕，就是说在矿床或矿体附近一定范围内分布有和矿床有关的矿物或岩石、土壤、植物及泉水中化学元素形成的晕，即元素含量、比值、元素组合、元素同位素比值，矿物包裹体及热释发光等在上述物质中出现的规律性，往往指示矿床的存在。化探就是根据这个道理在地面、坑道钻孔有目的采取岩石、矿物、土壤、植物、水系河底沉积物、泉水、气体等进行分析。根据分析结果圈出异常区以达到找矿的目的。化探方法有采取岩石和土壤进行分析的原生晕、次生晕和分散流，还有采取水样（河流和泉水）进行分析的水地球化学探矿，以及生物地球化学探矿（如铜草是寻找铜矿的一种指示植物，或者采取其他某种植物的茎、叶进行分析），放射性地球化学探矿，气体地球化学探矿等（测定汞蒸气、二氧化硫和碘等）。化探不仅应用于地面和地下找矿，国外已有航空化探。

地球化学探矿法的发展，对化探分析方法提出了新的更高的要求。化探分析的灵敏度要求高达十万分之一到百万分之一克，甚至亿万分之一克，同时分析的样品数量很大（一个物化探队每年要分析上万个到几十万个），而且每个样品要分析的元素很多，少则五、六个，多则十七、八个，要求设备仪器轻便，方法简单、准确快速，甚至不经取样和加工，现场直接测定分析结果。近几年来，化学分析方法有很大进展，光谱分析也得到较普遍的应

用，但还不能满足要求。除了进一步改进化学分析方法和加强化探光谱分析以外，还要加强化探分析仪器的研究。国外近几年来化探分析仪器的研究进展很快，除大量使用光谱分析仪以外，新仪器有测汞仪、低能辐射 X 荧光光谱（重十五磅，可直接在现场测定岩石中几十种元素含量，但是灵敏度较低）、原子吸收光谱、中子活化等。化探分析仪器的发展和分析方法的改进，将大大促进地球化学探矿法的进展。

和物探相比，化探是一种直接的找矿标志。在寻找铜、铅、锌矿床，汞、锑、矿床，钨、锡、钼矿床，金矿，锂、铍、铌、钽矿和铬、镍矿，都取得了比较显著的地质效果，近几年来寻找铁矿也起到了一定作用。

随着出露地表的矿体露头越来越少，靠肉眼观察找矿标志更加困难，找露头、清理旧洞等方法已有一定的局限性，必然的趋势是广泛应用物化探方法为找矿指出方向及寻找隐伏的和深部盲矿体。物化探是用高灵敏度和高精度仪器，用微量分析方法来找矿，因此发展物化探方法已成为促进找矿工作现代化的一个重要方向。地质、物探、化探以及钻探互相配合，进行综合研究，就能更加准确地对矿床进行评价和推断，迅速地找到矿床。

§ 3 矿床的勘探

1. 矿区评价

发现矿床以后，首先进行地面地质研究，了解矿体分布的范围、形状、大小、向什么方向倾斜，并采取各种矿石样品，了解矿石类型和各种有益和有害成分的含量，以及进行必要的选矿试验。从而对矿床做出有无勘探价值和工业意义的评价。

在许多情况下，矿体往往被覆土掩盖着，为了解决这一问题，就要把矿体上面的覆土剥开，覆土较厚时，就挖槽子或浅井。

矿床地面露头大小，往往不一定就能完全反映矿床的大小，为了更可靠的评定矿床的远景，除了地面工作外，也可辅以少量的控制性钻探工作，以便了解矿床的深部情况和大致轮廓。

矿区评价，是确定矿区进行勘探的根据。评价工作的好坏和正确与否，对于勘探矿区的选择和勘探设计的正确编制有极大的关系。因此，在评价工作中，不但要对矿床规模、类型特征，矿体形状及其大小，矿体埋藏条件，矿石质量，伴生的有益及有害元素，矿床开采技术及加工条件（指选矿、冶炼条件）等有关矿床评价的主要因素详加研究，同时还要对矿床自然经济地理环境加以调查。当进行主要矿床研究的同时，还必须顺便尽量取得一切在调查地区中发现的其它矿产，如建筑材料、辅助原料以及水文地质资料等，以便扩大矿区远景，达到联合勘探和综合利用国家资源的目的，这一切对未来矿山建设都有很大意义。

2. 坑道探矿

在地表弄清了矿体的走向（即水平方向的延长方向），倾斜方向和倾斜角度以后，勘探深处的矿体，就是挖掘地下坑道。

地形较陡，矿体分布在距山坡不远的地方，可以用和地表相通的水平坑道来勘探，这种坑道叫平窿（见图 1—3）。水平坑道与矿脉相交的叫穿脉，沿矿脉走向的坑道叫沿脉。