

高等学校规划教材

非煤矿床地下开采

付国彬 王振启 编

煤炭工业出版社

高等学校规划教材

非煤矿床地下开采

付国彬 王振启 编

煤炭工业出版社

800970

(京)新登字042号

内 容 提 要

《非煤矿床地下开采》系统地阐述了金属与非金属矿床地下开采的基本理论与方法,内容包括矿床开拓、采矿工艺和采矿方法(含特殊采矿方法)。此外,还介绍了对研究放顶煤采煤法提高回采率有参考价值的椭球体放矿理论。本书的特色是力求从采煤的角度论述非煤开采问题,因而特别适合于具有采煤知识的读者。本书作为煤炭院校采矿工程专业本科生教材,也可供采煤工程技术人员开采煤的伴生矿产时参考。

高 等 学 校 规 划 教 材 非 煤 矿 床 地 下 开 采

付国彬 王振启 编
责任编辑:刘泽春

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787×1092mm^{1/16}, 印张10^{1/4};
字数 246千字 印数1—1,565
1995年3月第1版 1995年3月第1次印刷

ISBN 7-5020-1083-1/TD8

书号 3851 A 0292 定价6.10元

前 言

《非煤矿床地下开采》是我国煤炭高等院校系统介绍金属与非金属矿床地下开采的教学用书。

为了促进采矿学科的发展,拓宽煤炭院校采矿工程专业的知识面和增强培养人才的适应能力,根据国家教委的有关文件精神,编者所在学校于1989年重新将这门课程列入教学计划,作为采矿工程专业本科生的指定选修课。据此,中国矿业大学编写了非煤矿床地下开采讲义,并经过两年试用。在此基础上,根据煤炭高等院校“八五”教材规划编写了此书。

教材是按40学时编写的,内容包括非煤矿床的工业特点、矿床开拓、采矿工艺和采矿方法(含特殊采矿方法)。此外,教材还系统地介绍了对提高放顶煤采煤法回采率的研究有参考价值的椭球体放矿理论。为了便于理解和掌握课程内容,每章都留有一定量的习题与思考题,重要的采矿方法还给出了实例。

鉴于教学对象已先修《煤矿开采学》,具有一定采矿知识的特点,教材在保证原有知识系统性的基础上,力求突出自己的特色,即尽可能从采煤的角度去观察、认识、分析和论述非煤开采问题,从而使课程内容比较易于为煤炭高等院校采矿工程专业的同学理解和掌握。因此,一部分教材内容(如矿床开拓、采矿工艺等)主要是以特点的形式介绍的。

本书由付国彬和王振启编写。王振启编写本书绪论、第一、三、五、七章,付国彬编写第二、四、六、八、九、十章,全书最后由付国彬定稿。

在编写过程中,承蒙煤炭工业部科教司教材编辑室、矿大出版社、编者所在教研室以及非煤系统有关单位的热情支持和帮助,刘泽春老师对本书提出了许多宝贵意见,在此一并致以深切的谢意。

我们希望此书能向读者展示一个较为完整的学科领域,对拓宽知识面、开阔视野以及对煤的伴生矿产开采都有裨益。但由于我们的水平有限,加之时间仓促,书中难免有不当和错误之处,诚恳欢迎广大读者批评指正。

编 者

1993年11月

目 录

绪 论	1
第一章 非煤矿床的形成及工业特点	3
第一节 基本概念	3
第二节 非煤矿床的形成	4
第三节 非煤矿床的工业特点	8
习题与思考题	11
第二章 非煤矿床开拓及其特点	12
第一节 概述	12
第二节 非煤矿床地下开采的基本问题	13
第三节 矿床开拓方法	18
第四节 非煤矿床开拓的主要特点	26
习题与思考题	35
第三章 非煤矿床回采工作过程	36
第一节 概述	36
第二节 落矿	36
第三节 采场矿石运搬	44
第四节 采场地压管理	52
习题与思考题	56
第四章 采矿方法分类及选择	57
第一节 采矿方法分类	57
第二节 采矿方法选择	59
习题与思考题	65
第五章 空场采矿法	67
第一节 概述	67
第二节 全面采矿法	67
第三节 房柱采矿法	69
第四节 留矿采矿法	72
第五节 分段矿房法	80
第六节 阶段矿房法	83
习题与思考题	89
第六章 崩落采矿法	90
第一节 概述	90
第二节 单层崩落采矿法	90
第三节 有底柱分段崩落法	95
第四节 无底柱分段崩落法	100
第五节 阶段崩落法	109
习题与思考题	113

第七章 充填采矿法	115
第一节 概述	115
第二节 上向水平分层充填采矿法	115
第三节 下向分层充填采矿法	121
第四节 分采(削壁)充填采矿法	126
习题与思考题	128
第八章 矿柱回采与采空区处理	129
第一节 概述	129
第二节 矿柱回采方法	130
第三节 采空区处理方法	134
习题与思考题	136
第九章 椭球体放矿理论	137
第一节 概述	137
第二节 有底柱崩落法放矿	138
第三节 无底柱崩落法放矿	149
习题与思考题	153
第十章 特殊采矿方法	154
第一节 概述	154
第二节 原地浸出法	155
第三节 钻孔水溶法	157
第四节 钻孔热熔法	159
第五节 钻孔水力法	160
习题与思考题	160
主要参考文献	161

绪 论

在我国这块古老的大地上,蕴藏着十分丰富的矿产资源,我国是世界上储量丰富、矿产资源品种较齐全的少数几个国家之一。到目前为止,人类已知的矿产约160种,我国已发现了150多种,其中已经查明储量的有130余种。各国已经利用的矿产中,我国几乎都有分布,并且铋、钨、钼、汞、锡、钒、铁、稀土金属、萤石、重晶石、磷、硼、石墨、石膏、膨润土等20多种矿产的储量都居世界前列。以稀土金属为例,据文献记载,仅内蒙白云鄂博一个矿床的储量即相当于国外总储量的三倍左右。

我国也是世界上开创采矿业最早的国家之一。据历史记载,早在一万多年以前,我们的祖先就逐渐掌握了开采并利用石料的技术,而在4000多年以前已经能够开采铜、铁、金和煤等矿石。目前我国采矿工业的发展水平,与发达国家相比,虽然还有差距,但就近半个世纪以来的发展速度和矿物原料的产量而言,成就是举世公认的。

目前社会经济的绝大多数部门,都直接或间接的需要采矿工业提供金属矿石、燃料、建筑材料、研磨材料、陶瓷和玻璃原料、盐类和矿物肥料等原材料,而且随着经济的发展、科学技术的进步,无论是需求的开采量还是开采品种都在迅速增长。例如,据近60年的统计,许多金属矿产的消耗量增长了几倍至几十倍甚至上千倍,而对非金属矿产而言,1977年全世界的需求量约合700亿美元,预计到2000年将猛增至2000亿美元左右。这清楚地表明,社会经济和人类文明的发展,与矿产资源开发利用的关系多么密切。因此,人们把采矿工业称作是社会经济的基础,是人类赖以生存和发展的重要物质保证。不言而喻,我国的社会主义建设,本世纪末要达到国民经济总产值翻两番的宏伟目标,作为工业基础的采矿工业,也必须要有相应的发展,才能为实现这一宏伟目标提供足够的燃料和各种矿物原料。

非煤矿床开采是采矿工业的重要组成部分,其开采对象为除煤、石油和天然气以外的所有金属和非金属矿床。非煤矿床的开采方式,目前国内虽然有些尚以露天开采为主(90%以上的黑色金属矿山以及建材矿山的绝大多数),但随着工业和科学技术的发展,对矿物原料需求量的迅速增加,不仅现有的矿井开采深度越来越大,而且露天矿山也要陆续转为地下开采。

非煤矿床地下开采,就其开采过程来讲,与我们熟悉的煤矿地下开采基本上是相似的,也要经过矿床开拓、矿块采准(类似煤矿的采区准备)和工作面回采等程序。但由于多数非煤矿床,特别是金属矿床的形成条件、赋存状况、矿岩的力学和物理化学性质等方面与煤矿床有着明显的不同,因此也就自然形成了许多特点。

非煤矿床的形成多与岩浆活动有关,矿体中有用组分的构成不仅比较复杂,而且分布也不均匀。矿床的规模,除沉积矿床外,一般都较小。

非煤矿床中矿体的倾角,除沉积矿床外多为急倾斜,而且矿体多埋藏于山区或丘陵地区,所以矿床开拓方法主要为单一竖井和平硐开拓,斜井开拓相对不多。同时,由于无轨自行采矿设备的应用,还出现了无轨斜坡道开拓法。非煤矿床中联合开拓方法的应用比较

广泛，但在阅读本书有关内容后，将会发现它与煤矿的综合开拓方式也有区别。

由于非煤矿床的规模一般较小，赋存条件复杂、开采对象多数属硬度较大的矿体，所以在井工开采的条件下，机械化回采的普遍性和机械化程度都不如煤矿高，而且一个开采单元往往只布置一个回采工作面，因而矿山的生产能力，就国内而言一般也较小，像煤矿那样年产数百万吨的矿山还不多。

非煤矿床的赋存条件形形色色，矿体形状多种多样，产状复杂多变，矿石种类繁多，价值不一，因而采矿方法种类多，仅常用的采矿方法典型方案就有20多种。其中除少数与采煤方法有相似之处外，绝大多数与采煤方法不同。

非煤矿床回采工艺的最大特点是普遍采用凿岩爆破法落矿和广泛利用矿岩自身的稳固性来维护采场。与采煤不同，矿石的硬度决定了非煤矿床一般只能采用凿岩爆破法落矿。因此，工作面产量一般很低，日产仅1~2百吨甚至几十吨（采用直径大于90mm、孔深大于15m的深孔落矿时，工作面也可达到较高的生产能力）。机械落矿只能用于中硬以下的矿石，如锰矿、钾盐和天然碱矿等。除此而外，利用部分矿石特有的物理化学性质，还可以采用化工技术采矿，这是类似于煤的地下气化和液化的采矿工艺，目前已用于开采可溶性盐类矿床（水溶法）、自然硫矿床（热熔法），以及铜、铀、金、银等金属矿床（溶浸法）。至于采场维护，则有强制或自然崩落围岩、充填采空区和利用矿岩自身的稳固性等方法来管理采场地压。与采煤一样，“采”与“控”也是采矿工艺的一对矛盾。坚硬的矿石和稳固的围岩会给机械化落矿造成极大困难，但却为地压管理提供了有利条件，工作面内常常无需采用人工支护，从而使“顶板管理”大为简化。

近20年来，采矿技术的巨大发展，已经使非煤矿山的生产能力不断扩大，生产效率显著提高，回采工艺和采掘设备的革新不断得到发展。但随着矿床开采条件的日益复杂和困难，社会对矿产品需求的迅速提高，今后非煤矿山的采矿技术必须仍然以提高生产能力、效率和资源回收率为中心，力求在下述几方面获得尽快发展：作为采矿技术核心的采矿方法，应向落矿能力大、生产效率高、地压控制好、矿石损失贫化少的方向发展；研制机动灵活、适应性强、坚固耐用的无轨和液压设备，不仅应使其多样化和系列化，也应使其辅助设备能够与之配套齐全；改革矿山管理方式，将信息设备、电子计算机及其软件等先进技术应用于矿山，使矿山管理现代化。

非煤矿床地下开采虽有许多特点，但与煤矿地下开采毕竟同属一个学科门类，任务又都是开采地下矿产资源，所以，在诸如矿床开拓、运输、提升、排水、通风及安全技术等有着不少共同之处。

非煤矿床覆岩下放矿的椭球体理论对厚煤层机械化放顶煤开采有一定参考价值，本书将作较系统的介绍。

如上所述，非煤矿床地下开采既不同于煤矿地下开采，彼此间又有不少共同之处。因此，在阅读本书或在学习非煤矿床地下采矿方法的过程中，在尽可能加强实践和着重于空间概念理解的同时，如将分析问题的方法、解决问题的原则和途径与煤矿地下开采进行互相对比，从中认识煤与非煤开采的共性和个性，将有助于课程内容的理解、领会和掌握。

第一章 非煤矿床的形成及工业特点

非煤矿床主要是指除煤、石油和天然气以外的其余矿床，包括金属和非金属矿床。这些矿床在成因、物理化学性质、力学性质、工业和工艺特性等方面与我们所熟悉的煤矿床很不相同或差别较大，因而，在采用井工方法开采上述矿床时，无论是井田的开拓部署、矿块采准方式的选择，还是采矿工艺方法的确定，都必须充分考虑上述诸方面的特点。所以，在讨论非煤矿床的开采之前，应当首先了解它们的基本特点。

第一节 基本概念

一、矿产

所谓矿产是指在各种地质作用下，形成于地壳内的能被国民经济利用的矿物资源，它们是人类社会重要的生产资料和劳动对象。矿产资源与一般生产资料的重要区别就在于它们是不能再生的。现代社会的发展表明，几乎所有的社会经济部门，特别是重工业部门，都与矿产资源有直接或间接的关系，从这个意义上讲，矿产也是人类赖以生存和发展的重要物质基础。矿产资源的种类繁多，它们的成因、性质、用途等各不相同，根据其工业用途目前一般分为金属矿产、非金属矿产和可燃有机岩矿产三大类。

金属矿产是指可以从中提取金属元素的矿物资源。按照金属矿产的工业用途又可分为黑色金属矿产（如铁、锰、铬、钒、钛等）、有色金属矿产（如铜、铅、锌、锡、锑、汞、铝、镁等）、贵金属矿产（如金、银、铂等）、放射性金属矿产（如铀、钍、镭等）、稀有金属和分散元素金属矿产（如钽、铌、铍、锂、锆等）。

非金属矿产是指可以从中提取非金属元素或直接利用的矿物或矿物集合体。按照非金属矿产的工业用途可分为冶金辅助原料（如萤石、菱镁矿、耐火粘土等）、化学工业原料（如磷灰石、黄铁矿和钾盐等）、制造工业原料（如石墨、金刚石、云母、刚玉、石棉等）、陶瓷及玻璃工业原料（如长石、石英砂、高岭土和粘土等）、建材及水泥工业原料（如砂石、浮石、白垩、石灰岩、石膏、花岗岩和珍珠岩等）、工艺美术原料（如硬玉、软玉、玛瑙、水晶、孔雀石、琥珀、蛇纹石等）、铸石和研磨材料（如辉绿石、石榴石和金刚石等）。

可燃有机岩矿产是指能提供有机能源的地下资源，除我们所熟悉的煤外，还有石油、天然气、油页岩、地沥青等。

上述矿产资源中，在我国除其中少数几种外，都已探明了一定的储量，特别是稀土、钨、锡、钼、锑、铋、硫铁矿、菱镁矿、硼等20多种的储量都居世界前列。

二、矿石

（一）矿石的概念及其种类

矿石是指在目前的技术经济条件下，在质和量两方面都能为国民经济所利用的矿物集合体。根据矿石中有用成分的用途和性质，可将其分为金属矿石和非金属矿石两大类，根据矿石品位高低，有富矿和贫矿之分；按化学成分，又有氧化矿和硫化矿等之分。

（二）矿石的品位

矿石品位是指矿石中有用成分（元素、化合物或矿物）的单位含量。对于金属矿石一般是指其中的金属元素或指其氧化物、硫化物的含量；对于非金属矿石，是指其中的非金属元素或有用矿物的含量。

矿石品位的表示方法因矿石类型的不同而不同，一般以矿石中有用成分重量的百分数来表示，如铁矿石的品位为50%是指其中的含铁量为50%。对于贵金属，如金、铂等，由于单位矿石中的含量很少，故通常用g/t来表示。一些非金属矿石，如岩盐、萤石等则常以有用矿物重量的百分数来表示，而云母矿石的品位则以kg/m³来表示。

一般情况下，矿体中矿石有用成分的分布是不均匀的，有些部分的含量高，有些部分的含量低，只有平均含量达到或超过工业品位（最低工业品位）的矿段才具有开采价值而计算其储量。所谓工业品位是指在当前的技术经济条件下可以开采利用的矿石中有用成分的最低平均含量。

三、矿体、围岩与废石

矿体是具有一定形状和产状的矿石集合体。矿体周围无开采价值或尚无开采价值的岩石叫围岩。与煤矿不完全相同，通常将矿体上部的岩石统称为上盘围岩。同样，位于矿体下部的岩石统称为下盘围岩。矿体中矿石品位达不到工业要求而无开采价值或尚无开采价值的部分称为夹石。围岩与夹石统称为废石。矿体与围岩的界线有些是明显的（如图1-1中的脉状矿体），有些是不明显而呈渐变型的。后一种情况中，矿石品位的分布是不均匀的，所以这种矿体不一定全部可供开采。因此，确定这种矿体的开采范围时，必须确定满足最低工业品位要求的块段边界，而确定这个边界的重要依据即边界品位。边界品位是划分矿石与废石的有用成分的最低含量标准。

四、矿床

矿体及其围岩的集合体叫作矿床。矿床可由一个矿体组成，也可由多个矿体组成。

自然界的矿床千差万别，种类繁多。对矿床有多种分类方法，除下一节要讨论的按矿床成因分成内生、外生和变质矿床外，还有同生矿床与后生矿床、工业矿床与非工业矿床、金属与非金属矿床和可燃有机岩矿床之分。

同生矿床与后生矿床是一种按矿体与围岩形成的先后进行分类的方法。同生矿床是指矿体与其围岩是在同一地质作用下，于同一地质时期或近于同一地质时期形成的矿床，例如沉积矿床。后生矿床是指矿体与其围岩是在不同的地质作用下，且矿体的形成时期明显晚于围岩形成时期的矿床，例如侵入沉积岩中或充填于岩石裂缝中的脉状矿床。

工业矿床与非工业矿床是根据矿床的工业利用价值划分的。工业矿床是在目前的技术经济条件下可以开采利用的矿床，而非工业矿床是目前不能开采利用或尚不能开采利用的矿床。但对于某些非金属矿床，工业上利用的往往就是岩石本身，所以工业矿床与非工业矿床的概念是相对的，随着科学技术水平的发展是可以改变的。

根据矿床中有用成分的性质和用途，与矿产的分类方法相同，也可划分为金属矿床、非金属矿床和可燃有机岩矿床三大类。本书讨论的非煤矿床包括金属矿床和非金属矿床。

第二节 非煤矿床的形成

一、概述

任何一种矿床中的有用成分，在形成矿床之前都是分散于地壳中的元素，只是由于地

壳运动过程中各种成矿作用，把分散的元素或有用矿物集中的结果，才形成了各种各样的矿床。所谓成矿作用是指把地壳中的有用成分分离出来集中富集而形成矿床的地质作用。按照作用的性质和能量来源，成矿作用可分为依赖于地球内部热源的内生成矿作用和由地球表层获得的与太阳能有关的外生成矿作用，以及与内生成矿作用关系密切的变质成矿作用。

内生成矿作用的热源主要来自地球内部物质产生的热能，包括岩浆热能、放射性元素的蜕变能、地球重力场内物质调整过程中释放出来的位能，以及地表生物物质转入地球内部后在高压下发生脱水、矿物变化和物质变相过程中释放出来的能量等等。上述作用称为内生成矿作用，形成的矿床称为内生矿床。除火山喷发形成的矿床外，内生矿床是在地球内不同深度、不同温度、不同地质构造条件下形成的。

地壳表层裸露的原岩或原矿床，在太阳能的影响下发生大规模风化，风化产物通过地表水、冰川、风力等运搬，然后在一定的地质条件下沉积，使其中的有用成分富集而成为矿床的地质作用称为外生成矿作用，形成的矿床称为外生矿床。外生成矿作用的能量除太阳能外，还有部分生物能和化学能，在火山地区，还可能与火山活动有关的地球内部热能参加的外生成矿作用。外生矿床一般是在温度和压力都较低条件下形成的。

上述两种成矿作用形成的岩石或矿床，由于地质环境的改变，特别是在区域变质过程中，由于温度和压力的增高，会使原来的矿物组成、化学成分、物理性质、结构和构造等发生不同程度的变化，甚至可使原来的矿床（例如盐类矿床）消失，或者重新组合富集成为一种新矿床，这类矿床称为变质矿床。形成变质矿床的地质作用称为变质成矿作用。变质矿床一般是在温度和压力都较高的条件下进行的。

二、内生矿床

内生矿床的成因与岩浆侵入活动有密切关系，成矿物质也来源于岩浆。按成矿的物理化学条件不同，可将内生矿床分为岩浆矿床、伟晶岩矿床和汽水热液矿床三类。

（一）岩浆矿床

岩浆是熔有丰富的金属成矿物质（如铬、镍、钴、铂族元素、钒、钛、铁、铜、铋、钼等等）、水和其他挥发性组分的硅酸盐熔体。这种熔体处于地壳深处的岩浆房中时，处于平衡状态，当它受到内外动力的作用时，平衡状态被破坏，因而在地壳中产生运移。岩浆在运移过程中，随着温度和压力的变化，其中的各种组分由于熔点不同而顺序结晶出来。早期结晶的矿物受重力作用而在岩浆中下沉、富集成为矿床。这种作用称结晶分异作用，形成的矿床称为岩浆分结矿床。

岩浆中的某些金属硫化物，随着岩浆温度和压力的降低，由均匀的混熔状态分离成分不同而又不混熔的浆体，其中比重大的金属硫化物逐渐向岩浆底部沉降，形成含有金属矿物和硅酸盐矿物的矿床。这种作用称为岩浆熔离作用，形成的矿床称为熔离矿床。

如果经强烈的结晶分异作用或熔离作用之后，形成的含矿岩浆或矿浆，沿一定的通道喷发（或爆发）至地表或挤入火山构造中，经冷凝而形成矿床，则称为岩浆喷发或爆发成矿作用，形成的矿床称为岩浆喷溢矿床。

岩浆矿床的主要特点是矿体的围岩都为岩浆岩，矿体与围岩之间的界线，有些是明显的，有些则呈浸染状关系。矿体的形状比较复杂，既有层状、似层状，又有透镜状、脉状和不规则状，喷溢矿床中的全刚石矿床主要为筒（管）状。

岩浆矿床的类型很多,其中具有工业价值的有铬铁矿、钒钛磁铁矿、含铜镍的硫化矿、磁铁矿和铂族元素矿床等金属矿床,以及金刚石、刚玉和磷灰石等非金属矿床。应当指出,岩浆岩中很多岩石本身就是工业原料或材料,具有重要的工业价值而成为工业矿床,如花岗岩类、玄武岩类、闪长岩类、辉长岩类、辉绿岩类等岩石,以及正长岩、安山岩和斑岩等都可作为建筑材料或装饰材料开采而成为建材矿床。目前还不能利用的岩石(包括后面讨论的外生成矿作用和变质成矿作用中形成的各种岩石),随着科学技术水平的发展,将会逐步得到开发利用而成为工业矿床。

(二) 伟晶岩矿床

伟晶岩是岩浆岩中一种晶体特别粗大的岩石。伟晶岩的类型很多,但按成分的不同可分为花岗伟晶岩、碱性伟晶岩和基性—超基性伟晶岩三种。其中,以花岗伟晶岩分布最广泛,岩石中的成分也最具有工业价值。所以,通常所说的伟晶岩矿床主要是指与花岗伟晶岩有关的花岗伟晶岩矿床。

伟晶岩的形成是在岩浆经过主要结晶阶段之后,温度下降,浆体中的硅酸盐成分大部分已形成各种岩浆岩。剩余岩浆中的硅酸盐成分减少,挥发性成分相对集中,而且富集了许多金属物质,特别是稀有金属,导致岩浆的性质发生变化。这种残留下来并高度富集挥发性成分的岩浆称为残余岩浆。当其进一步冷却时,由于其中挥发性成分增多而粘度降低,增大了岩浆的活泼性和流动性。同时,岩浆的凝固温度也大为降低,凝固时间延长,使其中的各种矿物有条件慢慢地结晶,形成为矿物晶体粗大的伟晶岩。

伟晶岩的成分十分复杂,含有多种多样的化学元素,因而伟晶岩的矿物成分也非常丰富,其中尤以花岗伟晶岩最为典型,约含有300种以上的矿物。当伟晶岩中的有用成分富集到满足工业要求时,就成为伟晶岩矿床。

伟晶岩矿床的主要特点是矿石中含有颗粒巨大的晶体,矿物的成分复杂,常常是矿床中多种矿物共生。矿体多形成于岩浆岩侵入体的顶部、边部或构造裂隙中,矿体的形状多为脉状或透镜状,少数为不规则形状。矿体规模的大小差别较大,其长度可从几米到几百米,厚可从几厘米到几十米,延深从几十米到几百米不等。

按照所含有用组分的不同,伟晶岩矿床可分为多种类型,其中具有重要工业价值的有含锂、铍、铌、钽、铯、钫等稀有金属的稀有金属伟晶岩矿床、白云母伟晶岩矿床和含有水晶、绿柱石、黄玉及萤石等晶体的水晶伟晶岩矿床。

(三) 气水热液矿床

气水热液是指在一定深度(几公里至几十公里)下形成,具有一定温度(几十至几百摄氏度)和一定压力(几十万至几亿帕)的气态和液态的溶液。其成分以水为主,并含有氟、氯、溴、碘、硫、碳等挥发性成分,以及钨、锡、钼、铌、钽、铜、铅、锌、金、银、汞等成矿物质。因其成分是以具有一定温度的水为主,并呈液态,故称为气水热液。

含矿气水热液化学性质活泼,粘度小,流动性强,在运移过程中易侵入围岩的裂缝或接触带,而且由于温度、压力和组分浓度的变化,不仅使其中的成矿物质发生沉淀、聚集而形成矿床。同时,热液作用于围岩,使其变软或变硬,这种作用称为围岩蚀变。又由于气水热液中富含成矿物质,特别是金属物质,因而形成种类繁多的工业矿床,其中尤以有色金属矿床最突出。气水热液矿床按成矿地质条件的不同,分为接触交代矿床和热液矿床两种。

如果含矿气水热液侵入的围岩为中酸性岩类（如花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩、闪长岩）或化学性质活泼的碳酸性岩类（如石灰岩、白云岩），则在接触带处易发生化学作用，形成一种富含钙、镁、铝、铁的硅酸盐矿物和方解石组成的称为矽卡岩的新岩石。这种新岩石置换出部分围岩，并占据其空间的作用称为交代作用。交代作用过程中，有用组分富集成矿床时，即称为接触交代矿床，又称为矽卡岩矿床。这种矿床的主要特点是，矿体多分布于侵入体与其围岩的接触带上或其附近，且成矿晚于围岩，而围岩主要为酸性或中酸性岩类。由于受成矿环境的影响，矿体形状复杂多变，连续性也差，多为似层状、透镜状、柱状和脉状等。矿体规模大小不一，除铁、铜、钨、钼等类矿床可达大型外，一般多为中小型。接触交代矿床的主要工业类型有铁矿、铜矿、钨矿、钼矿，以及锡、铅、锌、铍、硼、水晶、宝石、刚玉、金和金云母等矿床。

如果含矿气水热液在活泼性差的围岩中运移时，由于热液自身酸碱度的变化，以及热液与围岩交代作用等因素的影响，使热液中的成矿物质在围岩的各种构造缝隙中发生沉淀和充填作用而形成矿床，即称为热液矿床。热液矿床与接触交代矿床的主要区别是，成分与围岩区别较大，因而矿体与围岩间的界线明显。矿体内常共生多种矿物，可以综合利用。热液矿床的类型众多，工业价值巨大，它包括大部分有色金属矿床、稀有和放射性元素及硫、石棉、水晶、重晶石、冰洲石与明矾石等非金属矿床。其中重要的矿床工业类型有以钨为主，伴生有锡、钼等金属的云英岩型钨、锡石英脉矿床；含有锡、铜、金、铝、锌等金属的脉状多金属硫化物矿床，以及斑岩铜矿、玢岩铁矿、火山岩中的金铜多金属矿床、层状铅锌矿床、汞矿和铋矿等。

三、外生矿床

外生矿床可分为风化成矿作用形成的风化矿床和沉积成矿作用形成的沉积矿床两大类。

风化矿床和沉积矿床在煤矿地质学中已有论述，不再重复，本节仅就风化矿床的主要特点和工业类型作些补充。

根据风化矿床的成矿环境和成矿作用，这类矿床的重要特点是品位高、埋藏浅，适合于露天开采，但矿床的规模除铁矿、铌钽铁矿等少数几种外一般都不大。具有工业价值的风化矿床有砂金矿、砂锡矿、铁矿、铌钽铁矿、镍矿、铀矿、锰矿、铝土矿等金属矿床和粘土矿、磷块岩与水晶等非金属矿床。

沉积矿床虽然成矿物质的来源、搬运方式和沉积方式多种多样而导致成矿类型复杂，但这类矿床的共同特点是矿体与围岩一般形成于同一地质时期，矿床赋存比较稳定，矿体与围岩的界线清楚，产状一致，矿体多呈层状，规模也较大，特别是海相沉积型的铁矿，往往规模巨大。沉积矿床中具有重要工业价值的金属矿床类型主要是金矿、铂矿、锆和铌钽矿床、铁矿、锰矿和铝土矿等。重要的非金属矿床有金刚石、石膏、岩盐、天然碱、芒硝、磷灰岩、自然硫、硅藻土及硼酸矿床等。此外，作为建筑材料的砂砾矿床也属沉积矿床。

四、变质矿床

根据变质矿床成矿组分的不同变化，变质矿床可分为受变质矿床和变成矿床两种。受变质矿床是指原生矿床经受变质作用后，矿石的成分、结构构造、矿体的形态和产状等都发生了变化，但其工业用途并未改变的矿床。如沉积磷灰岩矿床经受变质作用后改造成晶

质磷矿床就属这种情况。

变成矿床是指岩石中的某些组分经变质作用后，变成成为某种有工业价值的矿床，或者由于变质作用改变了工业用途的矿床。如富铝岩石经变质作用后形成为刚玉矿床，石灰岩变质后成为大理岩等。

根据变质成矿作用的类型，还可把变质矿床分为接触变质成矿作用形成的矿床和区域变质成矿作用形成的矿床。

变质矿床的特点是，矿床的围岩都为变质岩，矿体形状多呈层状或似层状，且矿床的品种多、规模大、储量丰富，特别是变质型铁矿、金矿和铀矿，都是该类矿床中最重要的矿床类型。变质矿床在矿产资源中占有很重要的地位，如变质铁矿，约占世界铁矿总储量的60%，占富铁矿石储量的70%，在我国约占总储量的48%和富铁矿石的27%左右。而变质金矿床是世界产金量最大的一种矿床，由于其中伴生有铀，又称为金—铀砾岩型矿床。此外，还有铜、铝、锌等金属矿床。

变质矿床除金属矿床外，还有大理岩、由粘土岩类在区域变质作用过程中形成的可作为宝石、高级耐火材料和高级研磨材料的蓝晶石、矽线石、红柱石、刚玉等，以及可作为冶金辅助材料的菱镁矿和可用于纺织工业、橡胶、造纸、陶瓷等工业部门的滑石矿床等。

第三节 非煤矿床的工业特点

非煤矿床，特别是内生矿床和变质矿床，由于成因和成矿的地质环境复杂，致使矿石的种类、矿体的形状、厚度、倾角、矿石和围岩的力学性质、物理化学性质等方面都与煤矿床有所不同，从而具有许多工业特点。

一、矿体形状

矿体形状是指矿体在空间的产出形态。

矿体形状与矿床的成因、成矿地质环境关系密切。众所周知，煤层的形状一般比较简单，它代表了沉积矿床的基本特点。非煤矿床，特别是内生矿床和变质矿床，无论是成因还是成矿环境都远比沉积矿床复杂，因此矿床中矿体的形状形形色色，但常见的主要有层状、脉状、巢状和柱状等，如图1-1所示。

层状矿体如图1-1a所示。这种矿体的特点是规模大，赋存比较稳定，有用矿物成分及其含量的分布也较均匀。层状矿床多见于沉积和沉积—变质矿床中的黑色金属矿床和一些非金属矿床。

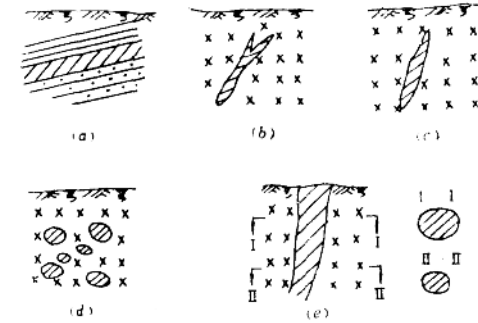


图 1-1 矿体形状

a—层状，b—脉状，c—透镜状，d—巢状，e—柱状

脉状矿体如图1-1b所示。这种矿体主要是由于汽水热液作用，使成矿物质充填于岩体的裂缝中而形成，其特点是矿体的围岩有蚀变现象，且矿体的赋存条件不够稳定，有用成分的含量也不均匀。一般有色金属、稀有及贵重金属矿床多为这种矿体。

透镜状与巢状矿体如图1-1c、d所示。这两种形状的矿体主要是充填、接触交代、液态

分离等作用形成的，特点是矿体大小不一，形状不规则。铜、铝、锌等有色金属矿床多为这种矿体。

柱状矿体如图1-1e所示。柱状矿体是由岩浆喷发或爆发作用形成的，特点是矿体向一个方向延伸，而另外两个方向不发育。这种矿床以含有金刚石的金伯利岩筒最为典型。

矿体形状与矿床开采的关系非常密切，在选择采矿方法、布置井筒和巷道，以及生产过程中的探矿等都要考虑矿体形状。矿体越复杂对开采越不利。因此，在开采之前必须设法查明矿体形状及其变化规律。

二、矿体的厚度和倾角

矿体厚度和倾角也是影响采矿方法选择和井巷布置的重要因素，这对煤与非煤矿床都是一样的。因此，从有利于采矿方法的确定出发，将它们划分成若干类型。我们已经熟悉，煤层按厚度划分成薄煤层、中厚煤层和厚煤层三类，按倾角划分成缓倾斜、倾斜和急倾斜三类，煤层的厚度和倾角不同，采用的采煤方法也不同。非煤矿床也将矿体按厚度和倾角的不同划分成若干类型，分别采用不同的采矿方法，区别只是非煤矿床的划分更细一些而已，如表1-1和表1-2所示。

表 1-1 矿体按厚度分类表*

m

类 型	极薄矿体	薄 矿 体	中厚矿体	厚 矿 体	极厚矿体
厚 度	<0.8	0.8~4	4~10~15	10~15~40	>40

表 1-2 矿体按倾角分类表*

度

类 型	水平和微倾斜矿体	缓倾斜矿体	倾斜矿体	急倾斜矿体
角 度	<5	5~30	30~55	>55

三、矿石与围岩的主要力学性质与物理化学性质

非煤矿床中多数类型的矿床，其成因与煤矿床不同，所以矿石的种类、矿石与围岩的力学性质与物理化学性质都与煤层有显著差别。

(一) 矿石与围岩的硬度

硬度是矿岩抵抗工具侵入和爆破破碎的能力。煤及其围岩的这种抵抗能力一般都较小，如用普氏系数 f 来表示，煤一般都在3以下，其围岩多数也都不超过10。非煤矿床矿石与围岩的特点之一即硬度高，其中虽然 f 值也有小者，但多数都比煤大得多。按照矿石和围岩的 f 值大小及其对回采工作的不同影响，矿石和围岩的硬度可分为以下几种：

- 1) 软矿岩 其 f 值在3~4以下，如滑石、石膏、岩盐等矿层，开采时既可用电钻打眼爆破落矿，也可采用机械落矿；
- 2) 中硬矿岩 其 f 值为4~9，开采时一般采用凿岩爆破法落矿；
- 3) 硬矿岩 其 f 值大于10，开采时只能采用凿岩爆破法落矿，而且凿岩和崩矿作业的

* 矿体按厚度和倾角的分类标准尚不统一，表中所列是金属矿床的划分标准。本书有关矿体厚度和倾角的部分，如不特别说明，都以上表数据为准。

工程量及其费用，在回采作业中所占的比例很大。

(二) 矿岩的稳固性

稳固性是指矿岩允许暴露的面积大小和时间长短的性能。煤层在开采过程中，采场一般不允许有不支护的空间，而非煤矿床开采过程中，在矿岩稳固性好的条件下，允许有不支护的空间。矿岩按稳固性不同可分为五种类型：

- 1) 极不稳固的矿岩 是指矿岩不允许有不支护的暴露面积；
- 2) 不稳固的矿岩 其允许的暴露面积在 10m^2 以内，长时间暴露时仍需支护；
- 3) 中等稳固的矿岩 矿岩允许的暴露面积在 200m^2 以内；
- 4) 稳固的矿岩 矿岩允许的暴露面积在 500m^2 以内；
- 5) 极稳固的矿岩 矿岩允许的暴露面积可达 $500\sim 1000\text{m}^2$ 。

(三) 矿石的结块性

结块性是指采下的矿石遇水和受压之后又联结在一起的性质。多数非煤矿床的矿石采落后粘结性小或不易结块，但少数矿床（如粘土类矿床、石膏矿床、含有粘土成分的矿床和硫化物矿床）除外。矿石发生粘结，有些是其本身具有粘结性（如粘土矿和石膏矿），而硫化物矿床的矿石是由于遇水后表面氧化，产生硫酸盐薄膜，受压后使矿石粘结在一起。矿石的结块性对开采的影响是限制了某些采矿方法的应用。

(四) 矿石的氧化性

在煤层开采过程中，不论是哪种牌号的煤，在空气中氧的作用下都要发生不同程度的氧化，而矿石的氧化性是指硫化矿石在空气和水的作用下，转变为氧化矿石的性质。氧化后的矿石质量下降，给选矿工作造成不利，导致矿石中有用成分的回收率降低。

(五) 矿石的自然性

在煤层开采过程中，如果氧化产生的热量得不到降低，有引起自燃而造成井下火灾的可能，而矿石的自然主要是硫化矿石中的硫与空气中的氧发生氧化作用并放出热量，严重时可导致井下火灾。一般认为含硫量达 $18\%\sim 20\%$ 以上时矿石具有自然性。

(六) 矿尘及有害物质的危害性

非煤矿床井下采掘过程中，除少数矿床（钾、硫）外，一般没有瓦斯产生，矿尘中除硫化物矿尘外也没有易爆微粒存在，因而瓦斯与矿尘爆炸的危险性与煤矿明显不同。但非煤矿床中的矿石多数都与硅酸盐有关，采掘过程中产生的矿尘内 SiO_2 的含量一般都高于煤矿。因此，降低矿尘浓度，以保证职工健康的任务就显得更为重要。

此外，矿床的含水性对矿床开采的影响，煤矿与某些非煤矿床也有不同。例如，在开采某些盐类矿床时，防水和排水问题非常突出，如果水的问题不能解决，即使储量大质量好的矿床有时也不得不予放弃。但有时也正是利用盐类易溶于水的特性，而专门向矿床中注水来溶解矿床中的盐，以获得盐的溶液，再从其中提取盐。再如，某些矿石中的金、银、铜、铀等金属元素可溶于酸性、碱性或中性溶液中，因而可向矿床中注入某种性质的溶液溶浸矿石，以获得某种金属。

非煤矿床除上述一些工业特点外，矿石的品种繁多也是一大特点。如前所述，非煤矿床可分为金属与非金属矿床两大类，每类中根据矿石的类型又可分为许多种，每种中又包含许多矿物和化学成分不同的矿石。至于煤层，仅仅是为了工业利用才将其划分为不同的工业牌号，但不管哪种牌号，其主要成分都是由碳、氢、氧、氮组成。

习题与思考题

1. 名词解释：矿产；矿石；矿体；矿石品位。
2. 怎样理解岩浆结晶分异成矿作用与熔离成矿作用？
3. 气水热液在不同性质的围岩中运移时，其成矿作用有何不同？为什么说气水热液矿床有巨大的工业价值？
4. 回顾一下沉积成矿作用与风化成矿作用的主要区别主要表现在哪里？非煤沉积矿床的主要工业类型有哪些？
5. 何谓变质矿床与变成矿床？受变质成矿作用形成的重要工业矿床有哪些？
6. 分析内生矿床中各类矿床的成因与矿体形状间的关系。
7. 与煤矿床相比，分析非煤矿床中矿石与围岩力学性质的特点及其对回采工作的影响。