



高等教育试用教材

铀矿床开采



王昌汉 主编
李开文 主审

原子能出版社

高等教育试用教材

铀矿床开采

主编	王昌汉	主审	李开文
编者	王昌汉	审校	王鉴夫
	杨仕教		李开文
	王德舫		
	冯福贤		

原子能出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

铀矿床开采/王昌汉编. —北京:原子能出版社,1997.12(2009.2重印)
高等教育试用教材.核类专业
ISBN 978-7-5022-1767-9

I. 铀… II. 王… III. 铀矿开采—高等教育—教材 IV. TD868

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21461 号

内 容 简 介

本书共分三十章,对铀矿床常规开采的基本原理、概念及工艺作了较系统的和清晰的阐述,同时反映了四十年来我国铀矿床常规开采的理论和实践。本书适合于采矿工程专业的大学生和工程技术人员使用。

本书经核工业教材委员会铀矿地质与开采教材委员会于1994年8月由李开文、王前裕主持召开的审稿会审定,同意作为高等教育试用教材。

铀矿床开采

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路43号 100048)
责任编辑 陈宏林
责任校对 徐淑惠
责任印制 丁怀兰
印 刷 中国文联印刷厂
经 销 全国新华书店
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 24.125
字 数 602千字
版 次 1997年12月北京第1版 2009年2月北京第2次印刷
书 号 ISBN 978-7-5022-1767-9
印 数 501~1000 定 价 68.00元

版权所有 侵权必究 网址:<http://www.aep.com.cn>

前 言

采矿工业是现代工业的基础,无论工业、农业、国防和科学技术的发展都离不开采矿。采矿是祖国“四化”建设的基础工业,对采矿的任何忽视,将会给国家的发展和强盛带来不利影响。

为适应国防建设的需要,我国的铀矿床开采从零开始走完了近四十年光辉而又艰苦的历程,为原子弹的制造和核潜艇的下水,为振国威军威做出了不可磨灭的贡献。今天,它又以全新的姿态出现在和平利用原子能的战场上。我国近四十年的铀矿床开采史积累了一些适用我国铀矿床特点的开采技术和理论,近十年又在溶浸采铀方面取得了重大突破。如何把这些技术和理论传给下一代,并让其“青出于蓝而胜于蓝”,是本书的目的和任务,也是广大铀矿开采工作者的宿愿。为此,本书将系统地介绍我国铀矿床的传统开采方法(溶浸采铀已在另书阐述)。

铀矿床开采方法的基本理论和工艺技术与非铀矿床开采没有本质区别,一般有以下不同点:

1. 铀矿床开采过程中离不开放射性物探工作;
2. 铀矿床具有放射性,因此在开采中十分重视安全防护工作;
3. 我国大多数铀矿床勘探类型偏高,矿体规模不大,埋藏分散,加上铀属于稀有金属,要求开采过程中矿石贫损小,不宜采用中深孔、深孔爆破的高效率的采矿方法,一般采用具有上向、下向或倾斜分层回采特点的采矿方法,如充填采矿法、留矿法、分层崩落法等,这样既可起到边采边探的作用,又可减少回采过程中的矿石贫损。

本书是根据铀矿床开采课程教学大纲,在应用王昌汉教授主编的《铀和其他金属矿床开采》五年教学实践基础上,尽量吸收了兄弟院校非铀矿床开采教学用书的优点编写的,除作大学本科教学用书外,也可供采矿工程技术人员、工人及铀矿管理干部参阅。

本书包括地下开采、露天开采和综合三大部分,其内容有如下特点:

1. 在总结我国铀矿开采基础上,突出反映了铀矿床开采特点;
2. 将回采的主要生产工艺(如落矿、运搬、底部结构、地压管理等)结合到各采矿方法中阐述后再系统总结,即采用从具体到抽象的方法进行阐述,以达到事半功倍的教学效果;
3. 反映了编者放矿力学的研究成果;
4. 根据我国铀矿床开采特点,其内容以地下开采为主,兼顾露天开采;
5. 为满足本科教学要求,工艺和理论并重;
6. 介绍了采矿方法发展的新成果——组合式采矿法,即采矿方法由三类增加到四类;
7. 阐述了与开采有关的环境监测内容;
8. 编入了矿块管理和闭坑等内容。

本书由王昌汉主编。本书的前言,第一篇的第一章、第二章、第三章、第九章、第十三章由王

昌汉编写；第四章~第八章、第十章、第十二章及第十七章由王昌汉、杨仕教编写；第十一章由李开文、王昌汉编写；第十四~十六章、十八章及第三篇的第四章由杨仕教编写；第二篇由杨仕教、刘满堂编写；第三篇的第一章由冯福贤、王昌汉、杨仕教编写；第二章、第三章由王德舫编写。

本书在编写过程中，承蒙王鉴夫、胡炜棠、邹国和、李明、陈智鑫、陈国秉、王前裕、董成喜、陈正球等提出了许多宝贵意见并提供了许多资料，王鉴夫作为审阅人对本书作了细致的审查和修改，在此一并致以衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有讹误之处，希望读者批评指正。

编 者

1996年6月

目 录

前 言

第一篇 地下开采

第一章 铀矿地下开采基本概念	(1)
第一节 矿床开采概念	(1)
第二节 矿石、废石与铀矿石种类	(2)
第三节 铀矿石与围岩的性质及其对开采工作的影响	(3)
第四节 铀矿床的分类及其对开采的影响	(7)
第二章 矿床开采单元的划分及其开采顺序	(10)
第一节 井田	(10)
第二节 阶段和矿块 盘区和采区	(10)
第三节 矿床的开采顺序	(12)
第三章 矿床开采步骤及其开采过程中矿石损失和贫化	(15)
第一节 矿床开采步骤	(15)
第二节 开采过程中矿石的损失与贫化	(16)
第四章 矿床开拓方法	(19)
第一节 矿床开拓概述	(19)
第二节 开拓方法分类	(19)
第三节 平硐开拓法	(19)
第四节 斜井开拓法	(21)
第五节 竖井开拓法	(23)
第六节 斜坡道开拓法	(24)
第七节 联合开拓法	(29)
第八节 主要开拓巷道的比较	(30)
第九节 我国铀矿山开拓系统特点	(31)
第五章 开拓井巷的布置及类型选择	(32)
第一节 主要开拓巷道类型的选择	(32)
第二节 主要开拓井巷位置的确定方法	(32)
第三节 保安矿柱的圈定方法	(37)
第四节 辅助开拓井巷的配置	(37)
第六章 井底车场及硐室	(41)
第一节 竖井井底车场	(41)
第二节 斜井井底车场	(42)

第三节	井底车场形式的选择	(45)
第四节	地下硐室	(45)
第七章	阶段运输巷道	(49)
第一节	概述	(49)
第二节	阶段运输巷道布置的一般要求	(49)
第三节	阶段运输巷道的布置形式	(50)
第八章	矿床开拓方案的选择	(53)
第一节	开拓方案选择的原则和基本要求	(53)
第二节	矿床开拓方案选择的程序	(53)
第九章	地下采矿方法分类	(58)
第一节	采矿方法的分类	(58)
第二节	地下采矿方法应用概况	(59)
第十章	空场采矿法	(61)
第一节	概述	(61)
第二节	房柱法和全面法	(61)
第三节	留矿采矿法	(66)
第四节	分段矿房法	(73)
第五节	阶段矿房采矿法	(75)
第六节	空场采矿法地压管理	(83)
第七节	矿块底部结构	(87)
第十一章	充填采矿法	(97)
第一节	概述	(97)
第二节	上向水平分层干式充填采矿法	(97)
第三节	上向水平水力、胶结分层充填采矿法	(114)
第四节	上向倾斜分层充填采矿法	(118)
第五节	下向分层水力、胶结充填采矿法	(121)
第六节	分采充填采矿法	(126)
第七节	单层充填采矿法	(128)
第八节	方框支架充填采矿法	(129)
第九节	充填工艺、设备和充填体作用	(130)
第十二章	崩落采矿法	(136)
第一节	概述	(136)
第二节	单层崩落采矿法	(136)
第三节	分层崩落法	(143)
第四节	有底柱分段崩落法	(148)
第五节	无底柱分段崩落法	(150)
第六节	阶段崩落法	(155)
第七节	松散矿岩放出力学的基本知识	(160)
第八节	崩落法地压管理	(173)

第十三章	组合式采矿法	(177)
第一节	方法原理.....	(177)
第二节	组合式采矿法应用实例.....	(177)
第三节	判据及适用范围.....	(183)
第十四章	地下采矿方法主要生产工艺	(186)
第一节	落矿.....	(186)
第二节	矿石运搬.....	(191)
第三节	矿块地压管理.....	(193)
第十五章	矿柱回采及采空区处理	(195)
第一节	概述.....	(195)
第二节	矿柱回采方法.....	(195)
第三节	采空区处理.....	(199)
第十六章	地下矿块管理	(202)
第一节	地下矿块管理原则.....	(202)
第二节	铀矿山地下矿块管理的内容和方法.....	(202)
第十七章	地下采矿方法选择及单体设计概述	(205)
第一节	采矿方法的选择.....	(205)
第二节	单体设计.....	(208)
第十八章	采切比及三级储量、矿床开采强度及矿井生产能力	(211)
第一节	采准方法与采切比.....	(211)
第二节	三级储量的概念.....	(214)
第三节	矿床开采强度.....	(216)
第四节	矿井生产能力.....	(218)

第二篇 露天开采

第一章	露天矿床开采概述	(221)
第一节	概述.....	(221)
第二节	露天开采的基本概念.....	(221)
第三节	铀矿露天开采特点.....	(224)
第四节	露天矿生产环节及开采工艺.....	(224)
第二章	露天开采境界	(226)
第一节	概述.....	(226)
第二节	经济合理剥采比的计算.....	(226)
第三节	境界剥采比的计算.....	(229)
第四节	露天开采境界的确定方法.....	(231)
第三章	露天矿开拓	(239)
第一节	公路运输开拓.....	(239)
第二节	平硐溜井开拓.....	(244)

第三节	公路-斜坡箕斗联合开拓	(247)
第四节	开拓方法选择	(249)
第五节	开拓坑道定线	(250)
第六节	掘沟工程	(251)
第四章	露天开采主要生产环节	(256)
第一节	穿孔爆破	(256)
第二节	采装工作	(264)
第三节	运输工作	(274)
第四节	剥离物的排弃及治理	(287)
第五章	防水与排水	(294)
第一节	概述	(294)
第二节	地表水防治	(295)
第三节	矿坑排水	(297)
第六章	采剥方法及生产能力	(305)
第一节	露天矿开采方式	(305)
第二节	采剥方法	(307)
第三节	采剥均衡	(310)
第四节	露天矿生产能力	(316)
第五节	露天矿采掘进度计划的编制	(321)
第七章	露天转地下开采	(323)
第一节	特点及基本原则	(323)
第二节	露天转地下开采过渡方案	(324)
第八章	露天矿边坡工程	(328)
第一节	边坡工程的基础资料	(328)
第二节	边坡岩体变形与破坏	(330)
第三节	边坡稳定性计算	(331)
第四节	边坡设计	(335)
第五节	提高稳定性的技术措施	(338)

第三篇 综 合

第一章	矿山总平面布置	(341)
第一节	概述	(341)
第二节	铀矿山地面场地选择原则和要求	(342)
第三节	采矿工业场地选择	(343)
第四节	其他场地选择	(345)
第二章	铀矿山环境监测及辐射防护	(348)
第一节	铀矿开采对环境的影响	(348)
第二节	铀矿开采的环境保护措施	(351)

第三节	环境监测及评价·····	(353)
第四节	开采过程中的辐射安全防护·····	(354)
第三章	退役铀矿山的整治·····	(357)
第一节	概述·····	(357)
第二节	井巷工程封闭方法·····	(358)
第三节	露天场治理方法·····	(362)
第四节	废石堆治理方法·····	(363)
第五节	塌陷区治理方法·····	(365)
第六节	其他污染物的治理·····	(367)
第四章	计算机在矿山技术中的应用·····	(371)
第一节	计算机在地下开采中的应用·····	(371)
第二节	计算机在露天开采中的应用·····	(373)
参考文献	·····	(375)

第一篇 地下开采

第一章 铀矿地下开采基本概念

第一节 矿床开采概念

“矿床开采”是指专门研究从矿床中将有用矿物开采出来的科学,也称为矿床开采学,由矿床开采理论和工艺两部分组成。开采对象是铀矿叫铀矿开采,是金属矿叫金属矿床开采,是煤矿叫煤矿开采。

根据开采方式不同分为地下开采和露天开采;根据开采原理不同分常规开采、砂矿开采、盐湖开采、溶浸开采、热熔开采、水溶开采、气化开采、海洋开采等。

当矿床埋深大,一般用地下开采,如图 1.1.1 所示。

图 1.1.1 表明矿体 6 埋藏于地表面以下,为了开采该矿体,首先从地表向下掘进竖井 1,从竖井分阶段掘进石门 2 到达矿体,然后沿矿体掘进阶段运输平巷 3,再沿该平巷每隔一定距离向上打天井 4,将矿体沿走向划分成许多回采单元——矿块,最后在矿块内布置采准工程,进行矿石回采。

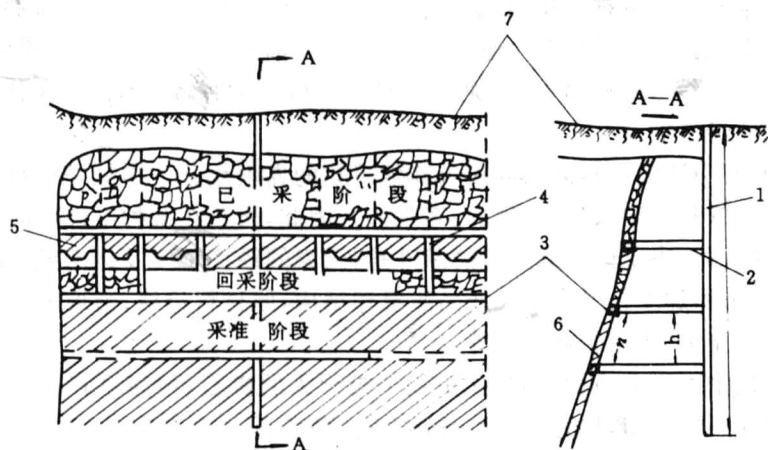


图 1.1.1 矿床地下开采示意图

1——主井;2——石门;3——阶段运输巷道;4——天井;5——矿块;6——矿体;7——地平面。

第二节 矿石、废石与铀矿石种类

一、矿石与废石

自然界的天然矿物体(包括海底锰矿瘤和地球以外的其它星体)在现代技术经济水平基础上,能以工业规模(含土法开采)从中提取国民经济和国内、国际场所必需的金属或矿物产品的,就叫做矿石。矿石的自然聚集体叫做矿体,矿体的总称叫矿床。

矿体周围的岩石(围岩)以及赋存在矿体中的岩石(夹石),不含有用组分或其含量过少,当前不能作为矿石开采的,则称为废石。

矿石中所含金属元素或其它有用组分的多少,即为矿石的品位,常用百分数表示,黄金等某些稀有金属,则常用 $1t$ (或 $1m^3$)矿石中含若干克有用成分表示。铀在地壳中的含量为 $2.6/10^6$,其品位一般在万分之几、千分之几(个别达百分之几,国外已发现百分之几的富铀矿床),故铀矿山一般除用百分数表示品位外,也可用千分数和万分数表示品位。

根据目前工业技术和经济发展水平,当矿石品位低于某一数值时,便无利用价值,则这一数值的矿石品位叫做最低工业品位。为保证资源的充分利用和经济效益,在矿体边界上确定的矿石最低品位,叫做矿体的边界品位。在圈定矿体的可采范围时,低于此品位的矿石不能计算在矿体内。在圈定的矿体中,矿石的平均品位不应低于最低工业品位。长期以来,我国铀矿山不论具体情况如何,均采用固定的指标,即边界品位 0.03% ,最低工业品位 0.05% 。近年,为了提高铀矿山的经济效益,改变了这种做法,即根据每个矿山的地质赋存条件、采矿的难易程度、加工技术水平及采冶成本等条件,通过静态及动态分析成本的方法予以优化确定。这样,既考虑了矿石开采的经济性,又考虑了资源的合理利用。此外,目前趋向于只采用边界品位(即单指标)圈定和计算矿体的储量,而不采用上述双指标的方法圈定矿体。

国际上圈定铀矿体的方法是按国际原子能机构建议的方法进行的,即将生产 $1kg$ 天然铀的费用作为划分铀资源的依据。据此把铀资源分为经济资源、次经济资源和不经济资源。

制定矿石的工业指标要贯彻两个原则:首先要执行国家公布的“矿产资源法”,充分利用矿产资源;其次要体现“综合最佳效益”原则,即边界品位矿石的产出大于或等于其投入,保证矿山企业获得预期的经济效益。

应当指出,矿石与废石的概念的界限和其他事物的界限划分一样只是相对的,而事物的存在、变化或消失,都依赖一定条件(主观的、客观的)。因此,岩石在某种条件可能为矿石,在另一种条件下可能为废石。决定矿石或废石的条件是:国家的经济制度及技术经济政策;矿石的需求程度和价格;开采和加工技术水平及产品质量和结构;原材料价格;当地的经济和地理条件;矿床的埋藏条件及储量;矿山企业规模等。

矿床开采过程中的矿石有两种:矿床中尚未被开采的矿石,称为原矿石;采出来的纯矿石与混入矿石内的废石的总和,称为采出矿石,或叫出窿矿石。

二、铀矿石的种类

以含金属元素铀为主要有用组分的矿石,称为铀矿石,它是一种具有放射性的金属矿石,这种天然铀矿石中的铀元素通常以矿物、类质同象或吸附形式存在于铀矿床中。已发现的铀矿

物近 200 种,有工业价值的只有 10~20 种。

铀矿物可以分为原生铀矿物和次生铀矿物。我国已发现的原生铀矿物主要有:沥青铀矿($m\text{UO}_2 \cdot n\text{UO}_3$);晶质铀矿 $[\text{m}(\text{U}, \text{Th}, \text{TR})\text{O}_2 \cdot n\text{UO}_2]$;钛铀矿 $[(\text{U}, \text{Ca}, \text{Ce})(\text{Ti}, \text{Fe})_2\text{O}_6]$;钍铀矿 $(\text{UO}_2 \cdot 3\text{ThO}_2 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$;磷铀矿 $[(\text{UO}_2)_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 等;次生矿物主要有:铀黑 $[\text{m}(\text{U}, \text{Th})\text{O}_2 \cdot n\text{UO}_3]$;铜铀云母 $[\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$;钾钒铀矿 $(\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{UO}_2 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$;砷钙铀矿 $[\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{As}_2\text{O} \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$;硅钙铀矿 $(\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ 等。

铀矿石按铀元素含量可以分为:富矿、普通矿(中矿)与贫矿。

1. 富矿:铀平均品位大于 0.3%;
2. 中矿:铀平均品位 0.1%~0.3%;
3. 贫矿:铀平均品位 0.05%~0.1%;

这个划分标准是相对的,不同矿山、不同矿石、不同开采和加工技术水平与成本,划分标准不相同。

铀矿石按氧化程度分为:

(1)原生矿石 以原生沥青铀矿、晶质铀矿等矿物为主(占 75%以上),未受或稍受氧化。沥青铀矿(非晶质铀矿),呈致密块状、肾状、鲕状、葡萄状等,沥青黑色,主要产于中低温热液矿床,是铀矿中最有工业价值的矿物;晶质铀矿呈黑色或黑褐色,主要产于伟晶岩与气化铀矿床中,也产于热液矿床中。

(2)氧化矿石 以次生铀矿物为主(占 75%以上),矿石大部分被氧化。主要矿物为硅质铀矿,呈针状、柱状、纤维状、星点状,柠檬黄色、褐黄色;其次为钙铀云母与铜铀云母。

(3)混合矿石 原生铀矿物与次生铀矿物共存,氧化程度中等。

铀矿物的垂直分布特点是:从地表氧化带到地下还原带,依次为硅质铀矿、钙铀云母、铜铀云母及铀的硫酸盐类矿物,再下为原生铀矿物。

按矿石的非金属组分,铀矿石可以分为硅酸盐、碳酸盐、磷酸盐、硫化物、可燃性有机岩等不同类型。

铀矿石的性质和种类直接影响采矿方法的选择,开采富矿宜用矿石贫化损失小的方案,开采贫矿一般选用效率高、费用低的方法。

铀矿石的氧化程度与其非金属组分直接影响矿石的加工方法。

第三节 铀矿石与围岩的性质及其对开采工作的影响

铀矿石和围岩具有多方面的物理力学性质,其中对开采工作影响较大的有:

一、铀矿石的放射性

铀矿石的最大特点是具有放射性。矿石中铀元素的原子核是不稳定的放射性重核素,具有衰变与裂变两种特性,且在衰变和裂变过程中都放出不同能量及射线。

所谓衰变是原子核不断地由前一种不稳定核素衰变为后一种不稳定子体核素,同时放出能量。后一种子体核素继续衰变成新的子体核素。如此衰变下去,最后变为稳定的非放射性核素为止。如铀(镭)系从 ^{238}U 开始,经过几次衰变为子体核素 ^{226}Ra ; ^{226}Ra 经过衰变,成为子体核素 ^{222}Rn ; ^{222}Rn 再经过几次衰变变为稳定的 ^{206}Pb 。

不同的放射性核素在衰变时放出 α 粒子流形成 α 射线,产生下一个子体核素;或放出 β 粒子流形成 β 射线,生成下一个子体核素。原子核衰变时,一般伴随放出 γ 粒子。

原子核衰变过程中,某个子体核素一方面随衰变为下一个子体而减少,同时又随其母体衰变为该子体而得到补充。当减少的和补充的数目相等时,即达到了放射性平衡。铀镭平衡状态可用下式表示:

$$Ra = C \times 3.4 \times 10^{-7} U \quad (1-1-1)$$

式中, C 代表不平衡系数, $C=1$ 时,铀镭处于平衡; $C<1$ 时,表示富铀; $C>1$ 时,表示富镭。

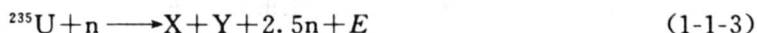
镭与氡的平衡状况,用下式表示:

$$Rn = (1 - \alpha) Ra \quad (1-1-2)$$

γ 射线主要来源于氡衰变后的产物 ^{214}Pb 及 ^{214}Bi 。测定 γ 射线强度可以推算出放射性核素 ^{214}Pb 及 ^{214}Bi 的含量, ^{214}Pb 及 ^{214}Bi 与 ^{222}Rn 之间,只需 4 小时左右即可达到放射性平衡,所以可以根据 ^{214}Pb 及 ^{214}Bi 的含量计算出 ^{222}Rn 的含量,再根据 $Ra = Rn / (1 - \alpha)$ 及 $U = Ra / 3.4 \times 10^{-7} C$ 求出 U 的含量。放射性物探就是通过测定 γ 射线强度寻找铀异常、确定铀含量的技术。

此外,除有上述衰变特点以外, ^{235}U , ^{233}U 及 ^{239}Pu 等重原子核还具有裂变性质。当其裂变时分裂为两个质量相近的裂变碎块(有时分裂为 3~4 个碎块),放出中子并释放出巨大的能量——核能。

裂变有两种,一种是自发裂变,其裂变半衰期很长,如 ^{238}U 的裂变半衰期为 10^{16} 年;另一种是感生裂变,如 ^{235}U 受到热中子轰击,立即裂变为两个碎块,放出 2 至 3 个次级中子,同时释放出能量,下式表达了这种变化。



式中的 n 为中子; X, Y 为质量相近的两个裂变碎块; E 为释放出来的能量。

裂变所产生的次级中子又能引起其他原子核的裂变,再产生裂变碎块及次级中子,如此连续分裂下去,成为链式反应。

铀矿石的铀有三种天然同位素,即: ^{238}U (占 99.28%), ^{235}U (占 0.71%) 及 ^{234}U (占 0.006%)。 ^{238}U 自发衰变极慢,其能量不便利用,但经中子轰击,经过两次 β 衰变后成为 ^{239}Pu 。 ^{235}U 是感生裂变同位素,虽然在天然铀中占的比例小,但可利用同位素分离技术将其浓缩提高到 2%~3% 的低浓度铀,或提高到 90% 以上的高浓度铀。低浓度铀作为核燃料,供核电站用,高浓度铀作核武器装料, ^{239}Pu 可制作钚弹。

二、矿岩的硬度

矿岩抵抗工具(如钢钎)侵入的性能叫硬度。矿岩硬度取决于组成矿岩颗粒的硬度、形状、大小、晶体结构及颗粒间的胶结物的情况等因素。矿岩硬度影响矿岩的坚固性、稳定性,影响井巷掘进和回采的材料消耗及采矿成本,尤其明显地影响凿岩速度和效率。

三、矿岩的坚固性

矿岩的坚固性也是一种抵抗外力的性能,不过其抵抗的外力带有综合的性质,即包括锹、镐、机械破碎、炸药爆炸作用下的力。

坚固性的大小,常用矿岩的坚固性系数“ f ”(又称普氏硬度系数)表示,“ f ”的确定方法为:

$$f = \frac{R}{100}$$

(1-1-4)

式中, R 为矿岩单向极限抗压强度。

根据矿岩极限抗压强度, 将坚固性分为 20 个等级。

四、矿岩的稳固性

矿岩在一定时间内允许暴露的面积大小称为稳固性。矿岩稳固性对巷道维护方法及采矿方法的选择影响较大。

矿岩按稳固程度, 通常可分为:

1. 极不稳固的。是指掘进巷道或开辟矿块时, 不允许有暴露面积, 即只要稍加暴露就产生冒落或片帮现象。在掘进巷道时, 需用超前支护法维护;
2. 不稳固的。这种矿岩在顶板或帮壁露出时, 允许不支护的暴露面积为小于 50m^2 ;
3. 中等稳固的。矿岩允许暴露面积在 $50 \sim 200\text{m}^2$ 时, 不加支护可以安全生产;
4. 稳固的。矿岩不加支护时, 其暴露面可在 $200 \sim 800\text{m}^2$ 的范围以内;
5. 极稳固的。允许不支护的暴露面积可大于 800m^2 。

应当指出, 上述分类只表明矿岩稳固性的粗略情况, 不能确切地肯定各矿山允许暴露面积大小及支护所受地压大小。因为矿岩稳固性不仅与暴露面积和时间有关, 而且与节理裂隙方向、暴露面积形状、水文地质有关。对于相同的矿岩, 在相等的暴露面积下, 节理裂隙方向平行顶板, 或雨季矿床充水都会降低矿岩的稳固性。

五、矿岩块体的可动性(塌落性)

岩石力学工程中, 开挖面的冒落(如巷道和采场顶板的冒落)并不完全是变形引起的, 而在于矿岩块体的滑塌。岩体结构力学和块体理论研究结果表明: 具有地质不连续面的矿体(多数矿体属这种矿体), 滑落面往往是由产状最不利的那些彼此连通的地质不连续面构成的, 即所谓临空有界不受围块体最容易产生塌落, 如图 1.1.2 所示。

该图表示二维开挖, 岩体开挖面和地质不连续面切割成各种形状的块体。各边均有界的为有界块体, 如 1, 2, 3, 4; 而 5, 6, 8, 9 为无界块体; 若块体有一个或一个以上的临空面, 称为临空块体, 否则为非临空块体, 前者如 1, 2, 3, 4, 5, 6; 后者如 7, 8, 9; 如在块体中能找到至少一个方向, 块体沿此方向向自由面空间运动时, 不受相邻块体的阻挡, 则称为不受围块体, 如 1, 3, 4; 受阻挡者为受围块体, 如块体 2。当然, 不临空和无界块体必然是受围的。

临空有界不受围块体是可脱离原岩的块体。它分为两种情况: 其一, 块体界面即使摩擦力

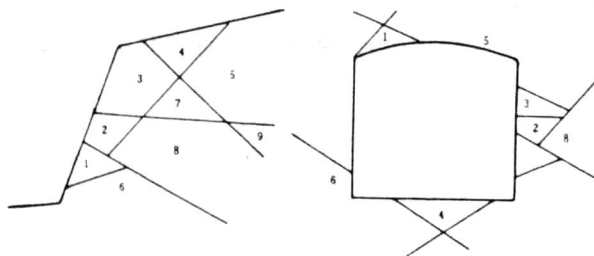


图 1.1.2 块体分类示意图

为零也不滑落者称为稳定块体,如块 4,它只能被抛击;如果不予支撑时仅重力作用即可使其滑落者,如块 1,称为关键块;如果只是重力还不足以克服矿体界面间摩擦阻力使之滑塌者,称为潜在关键块,如块 3,由图 1.1.2 可知,关键块滑塌之后将造成新的临空面,从而其相邻块体成为新的关键块而连锁滑塌。关键块往往是巷道和矿块冒顶的重要原因,所以块体理论的中心是分析和寻找关键块体,进而采取防止冒顶片帮的相应措施。这个理论简捷实用,对采矿具有较大的指导意义。

六、矿块的结块性

采下的矿石,若含有粘土、滑石或粉状的粘性矿物,在遇水受压一定时间后,就会使破碎了的矿石粘成整体,这种性能叫结块性。另外,有些硫化矿石(如磁黄铁矿),在含水条件下容易结块,因为这类矿石破碎以后,表面氧化形成结块性硫酸薄膜。

结块性会给矿石从矿块中放出、装载和运输带来困难。

七、矿石的氧化性

硫化矿石在水和空气的作用下变为氧化矿石的性能叫氧化性。采下的铀矿石放置较久发生氧化,这对铀水冶有利,但堆放过程中易发生流失。

八、矿石自燃性

矿岩具有自燃的性能叫自燃性。如含硫 18%~20% 以上的硫化矿石或含有某种挥发成分的矿石,在开采时,矿岩与空气接触面加大而氧化并放出热量,逐步引起自燃。矿岩自燃可导致地下火灾,给开采造成困难。

九、矿岩含水性

矿岩吸入和保持水分的性能叫含水性。含水性随着矿岩孔隙度、节理发育程度和含泥率的增加而增加。

矿岩含水性对装药落矿、矿石运输有较大的影响。

十、矿岩碎胀性

整体矿岩崩落破碎后,比原来体积增大的性质,叫碎胀性,即破碎以后的体积与原矿岩体积之比,亦叫松散系数。

碎胀系数一般为 1.2~1.6,其大小取决于矿岩性质、硬度、破碎后的块度大小与形状。

碎胀系数是采矿工程计算中常用的重要参数之一,如补偿空间、矿车、箕斗等容积的计算,就要参考该系数的大小。这里应当指出,矿岩装入容器中时,发生二次松散,碎胀系数增加至 1.8~2.0。

第四节 铀矿床的分类及其对开采的影响

一、铀矿床的分类

按铀矿床的形状、厚度、倾角及规模可以分为以下几类：

1. 按形状分类

(1)层状矿床 这类矿床多为沉积或变质沉积矿床。其特点是分布范围广、规模大、赋存条件(倾角、厚度等)较稳定。

(2)脉状或似层状矿床 这类铀矿床是由于热液作用,铀矿物充填于地壳裂隙中生成的。其特点是矿床赋存条件不稳定,铀矿物含量不均匀。我国许多铀矿床属此类。

(3)块状矿床 这类矿床主要是充填、接触交代作用形成的矿床,其特点是:矿体大小不一,形状呈不规则的透镜状、囊状、柱状等,矿体与围岩界限不清。沉积变质铀矿床属此类矿床。

2. 按矿体倾角分类

(1)水平和微倾斜矿床 倾角小于 5° ;

(2)缓倾斜矿床 倾角为 $5^{\circ}\sim 30^{\circ}$;

(3)倾斜矿床 倾角为 $30^{\circ}\sim 55^{\circ}$;

(4)急倾斜矿床 倾角大于 55° 。

矿体的倾角对开拓方式、采矿方法选择及矿块的运搬方法影响很大。

3. 按矿体厚度分类

矿体厚度是指矿体上盘(或顶板)与下盘(或底板)之间的垂直距离或水平距离。前者称为真厚度(图 1.1.3 中 a),后者称为水平厚度(图 1.1.3 中 b)。开采急倾斜矿体时常用水平厚度,开采倾斜、缓倾斜和水平矿体时,常用垂直厚度。二者关系为:

$$a = b \cdot \sin \alpha \quad (1-1-5)$$

式中, a ——矿体的垂直厚度;

b ——矿体的水平厚度;

α ——矿体的倾角。

矿体按厚度分为:

(1)极薄矿体 厚度小于 0.8m;

(2)薄矿体 厚度为 0.8~4m;

(3)中厚矿体 厚度为 4~10m;

(4)厚矿体 厚度为 10~30m;

(5)极厚矿体 厚度大于 30m。

开采极薄矿体时,掘进巷道和采矿都需开挖部分围岩,才能保证正常工作空间;开采大于 1m 的薄矿体时,一般不再采掘围岩。另外,矿体的厚度对矿块布置、结构参数、采准切割及回采工艺影响很大。

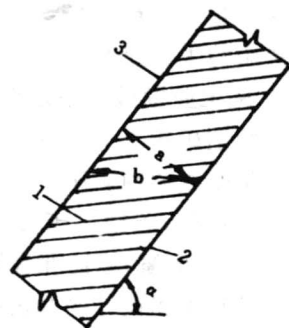


图 1.1.3 矿体的水平厚度和垂直厚度

1——矿体; 2——矿体下盘;
3——矿体上盘。