

第十六篇

矿山环境地质调查

第一章 矿山环境地质调查概述

第一节 环境调查的必要性

随着世界人口的增长,随着生产力的提高,生产规模的扩大和人类活动范围的扩张,环境问题,即由于人类活动作用于人们周围的环境所引起的环境质量变化,以及这种变化反过来对人类的生产和生活健康的影响问题,已成为全球性的突出问题,受到世界各国的重视。环境科学也得到了较快的发展。

环境科学是以“人类—环境”系统为其特定的研究对象。它是研究“人类—环境”系统的发生和发展、调节和控制,以及改造和利用的科学。“人类—环境”系统,即人类与环境所构成的对立统一体,是一个以人类为中心的生态系统。

人类与环境的关系主要是通过人类的生产和消费而表现出来的,人类的生产和消费活动也就是人类与环境之间的物质、能量和信息的交换活动,人类通过生产活动从环境中以资源的形式获得物质、能量和信息,然后通过消费活动再以“三废”的形式排向环境。因此,无论是人类的生产活动,还是消费活动(生产消费与生活消费)无不受环境的影响,也无不影响环境,其影响的性质、深度和规模是随着环境条件的不同而不同,随着人类社会的发展而发展的。

环境科学的地学分支是环境地质学,它是近 20 年来,地质学中发展起来的一门新的分支学科,目前还处在发展的初期阶段。环境地质学主要应用地质学理论和方法,研究地质环境的基本特征、功能和演变规律,研究人类活动与地质环境之间的相互作用、相互

制约关系,解决人类开发利用自然环境遇到的和可能引发的地质问题,探索在发展社会经济的过程中,合理利用和保护地质环境的途径。

矿山环境地质是环境地质学的重要组成部分。同时,它又是矿山地质学的一个新的分支,正在发展兴起,它是矿山地质学向深度和广度发展的一个重要标志。环境地质已成为矿业开发中不可缺少的一项重要研究内容。

第二节 矿山环境地质的概念、研究意义及主要内容

一、矿山环境地质的概念

矿山环境地质是介于矿山地质学与环境学之间的边缘学科。它主要研究在矿山开采过程中,自然地质作用、人为地质作用与地质环境之间的相互影响与作用,及由此产生的环境污染与破坏问题,从而达到合理开发利用矿产资源和保护地质环境的目的。

传统地质学认为地质作用是地质动力引起的,两种基本类型的作用——内动力地质作用和外动力地质作用,推动着地壳运动和发展。内动力地质作用,有构造运动、岩浆活动、地震及变质作用;外动力地质作用,包括风化、剥蚀、搬运、沉积和成岩作用等,由这两种基本地质作用,控制和改变着地球表面的结构和形态。

但是,人类的出现,特别是人口剧增、社会生产力和科学技术大大发展的情况下,地球表面受到了人类活动的强大冲击,人类活动成了除上述天然的内、外地质动力之外,使地球表面发生变化和发展的不可忽视的又一动力,产生了其规模与速率都可以同天然地质作用相比拟的人为地质作用。

人为地质作用是环境地质学的重要研究内容。人为地质作用包括:人为剥蚀地质作用(如露天采矿山剥离盖层、工程挖掘土石等)、人为搬运作用(如填筑工程基础、采掘矿产、工程场地开挖等)、人为堆积作用(如由建筑施工和工业生产产生的废弃物的堆积、固体生活垃圾堆积层等)和人为塑造地形作用(如采矿堆积的尾矿、废石堆、挖掘的采矿场陡壁斜坡、矿坑、陷落漏斗、修建的人工湖、假山,工程与道路建设削平高地,填平低地,建筑路堤、路堑等)和人类活动的其它地质作用,如人类活动可以使地壳表层内的地球化学场、应力场、水动力场、热力场等发生改变,产生其它新的地质作用和地质现象。例如,在长期大规模强力开采地下水的地区,由于开采区含水层中水压力的降低,导致含水层和

隔水层发生新的压密作用,引起地面沉降,在岩溶发育区发生地面坍塌;又如在露天开采矿山,由于开采而引起的边坡岩体的滑动和地下开采矿山的井下岩体的崩塌与移动等。

上述人为地质作用,必然破坏地质环境在天然地质作用下的平衡条件,形成新的平衡关系。随着人口的增长,社会生产力的发展和科技的进步,人为地质作用力将越加强大,它们对地质环境的冲击亦将更加强烈。深入研究人为地质作用和地质现象的发生、发展,有助于评价地质环境的变化趋势。

二、矿山环境地质研究的意义

矿业开发的过程,实际上是利用、改造和破坏自然环境的过程。所以,环境问题是矿山生产进程中必然出现而又必须解决的问题。有人预计,到下个世纪,环境问题将成为地质工作的重点之一。在某些情况下,合理利用、保护和改善地质环境,包括合理开发利用矿产资源的调查研究,可能比勘查矿产的意义更大。而在环境地质研究中,矿山环境地质工作占有重要地位。因为矿山存在着特殊的地质环境,特别是矿床开发后,这种特殊地质环境对人类的影响,就更为严重。在生产过程中,人们与地质体直接接触,而且在矿产资源开发的同时,又排出了大量废弃物(废石、矿坑水、尾矿)更增加了对生产与生活环境的污染与恶化,造成的危害就更大,甚至呈现为一种恶性循环(图 16-1-1)。要使恶性循环向良性循环转化,就需要加强对矿山环境的保护与治理。

环境保护的内容,根据我国环境保护法的规定,包括“保护自然环境”与“防治污染和其它公害”两个方面,这就是说,要运用现代地质学和环境科学的理论与方法,在更好地利用自然资源的同时,深入认识和掌握污染和破坏环境的根源和危害,有计划地保护环境,预防环境质量的恶化,控制环境污染,促进人类与环境协调发展。

开展矿山环境地质调查研究,做好地质环境的保护,不仅对地质灾害的防治,为经济建设和社会发展创造有利条件,而且对人类生产和生存发展提供良好的环境空间也具有重要的现实意义和战略意义。

三、矿山环境地质研究的主要内容

矿山环境地质工作涉及的问题比较广泛,总的来说,它既涉及到自然地质灾害方面的问题,又涉及到人类对自然的影响而产生的环境破坏方面的问题。但由于矿山环境地质,目前尚处于初始发展形成阶段,其中有许多内容的研究尚处于探索、开拓研究阶段,很不成熟,加之,我们现在掌握的资料及水平所限,本章只能就当前比较常见和研究比较广泛而又比较深入的几个环境地质问题,作一梗概的介绍。

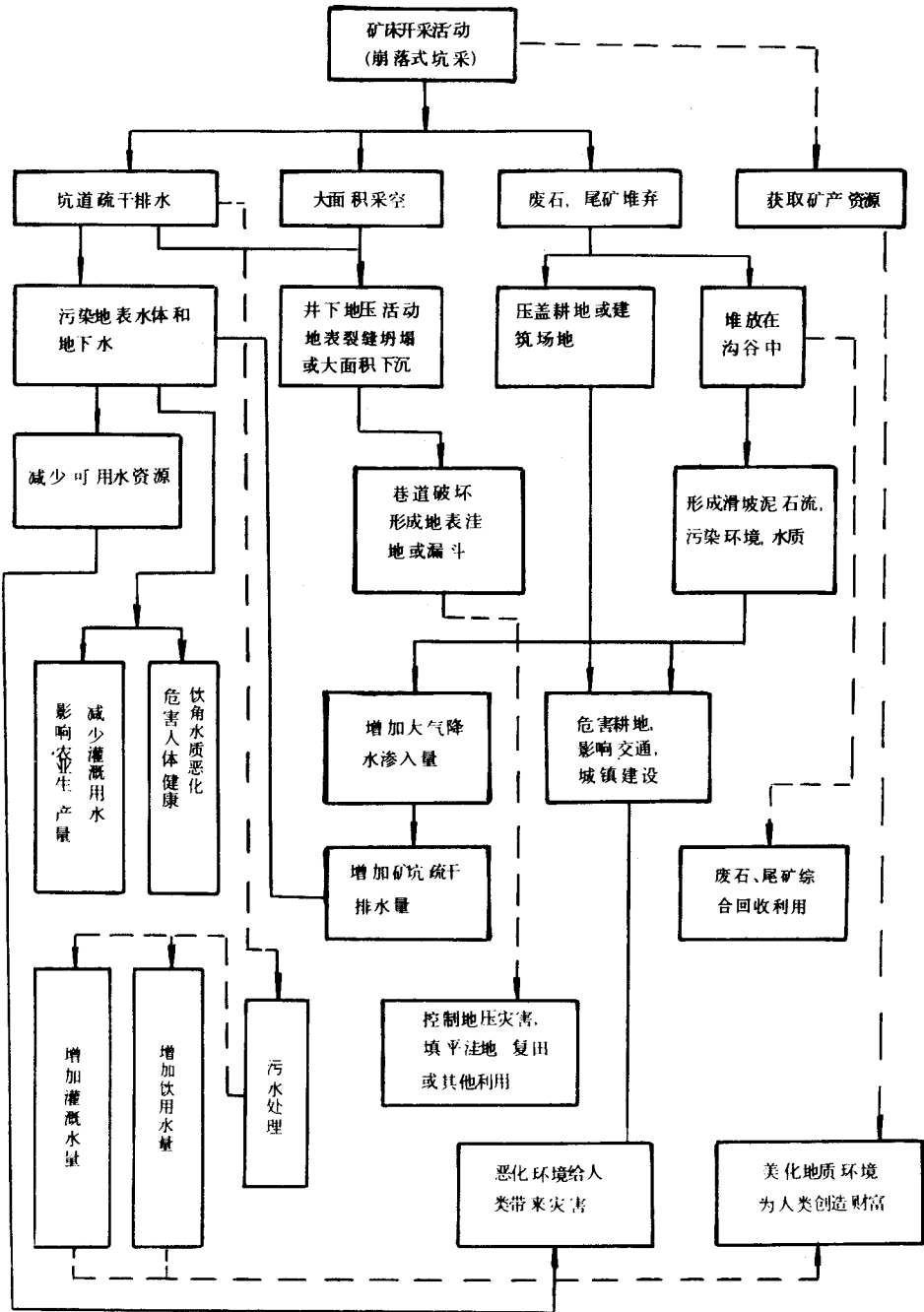


图 16-1-1 矿产开采活动引起的环境地质作用循环系统
(据海涛改编)

---> 良性循环作用及方向 ; -> 恶性循环作用及方向

这些地质问题主要有以下几个方面：

1. 矿山工程地质调查与研究

主要任务是紧密结合矿山生产,解决与矿床开采有关的岩(矿)体稳定性和预报地质自然灾害问题。其主要工作内容有:开展露天矿边坡工程地质调查,进行边坡稳定性评价,进行岩(矿)石物理力学参数测定,地应力测量,岩体变形和位移的监测;对采区岩(矿)体的稳定性,回采工艺等技术问题进行研究或论证;开展地质自然灾害(矿区岩体的崩塌、滑坡和泥石流灾害,露天矿边坡的滑移,井下矿山的地压活动)的预报,以及灾害调查和处理中的工程地质工作。

2. 矿山水文地质调查与研究

主要任务是根据设计确定的开采范围深度、采矿方法和技术要求,进一步查明影响矿床充水的各种因素,研究地下水处理前后的补给、径流和排泄条件的变化情况,核校矿坑涌水量与各项计算参数,制定防治和综合利用地下水的方案,保障矿山安全生产的进行。其主要工作内容是;在充分利用已有矿床水文地质资料的基础上,开展一些补充性或专门性的水文地质勘探与试验工作,必要时还要进行防排水工作的研究。以便进一步查清下列诸问题;矿区含水层的水文地质特征,地下水的补给、径流、排泄条件;主要构造破碎带、风化破碎带、岩溶发育带的分布和富水性及其与其它各含水层和地表水体的水力联系密切程度;主要充分含水层的富水性,地下水径流场特征、水头高度、水文地质边界线;地表水体的水文特征及其对矿床开采的影响程度;老窿分布、积水情况等。确定矿床主要充水因素、充水方式及途径,对矿床疏干排水方案进行综合研究与综合评价,研究地下水对岩土体稳定的影响。

3. 矿山水土污染的地质调查与研究

其主要任务在于查明影响矿山环境的地质因素和矿床开发后有害物质的含量、迁移、转化和分布规律。配合矿山环保部门开展对矿山开发产生的废弃物污染的环境监测和质量评价。研究的主要内容有造成矿山水土污染的元素,矿山水土污染对人体健康的影响及矿山开发污染源地质调查等。

4. 矿山空气污染的地质调查

其中包括有害粉尘的地质调查及其有害气体的地质调查两个方面。

5. 矿石(围岩)自燃的地质调查

其研究内容包括:矿石(围岩)自燃的原因调查,预防自燃的地质调查及识别初期自燃火灾的地质调查等内容。

6. 矿床热害的地质调查

对有热害或赋存有地热水的矿区 ,应研究地温场的情况、地热增温率及热异常的范围 ,地热水的赋存条件 ,补给来源 ,评价地热及地热水对矿床开发的影响及其利用的可能性。

第二章 矿山工程地质调查

第一节 矿山工程地质工作的意义、任务和内容

矿山工程地质工作是为了查明影响矿山工程建设和生产的地质条件而进行的地质调查、评价及研究工作。

尽管矿山在基建前已进行过一定的工程地质测绘和勘察工作,但其详尽程度不完全是满足工程建设和生产需要。因此,在矿山开始基建乃至投产后,对于工程地质条件复杂的矿山仍有继续深入进行工程地质工作的必要。

过去,在矿山设计、基建或生产中,由于忽视工程地质调查研究或因工作程度不够而造成损失的教训不少。例如,湖北远安盐池河磷矿于1980年曾发生灾害性大滑坡,滑下的岩体总量达100多万立方米,矿区内所有地表建筑被毁坏,死亡284人;山西中条山铜矿峪铜矿主平硐全长3500米,当掘进到1000米时,突然遇到一条长百余米和立平硐近乎平行的大断层,产生多次大冒落,其高达30m,采取多种措施都未成功,最后被迫将主平硐由双轨大断面巷道改为单轨小断面双巷;江西盘古山钨矿,由于岩体内发育的潜在滑动面、切割面与地应力的共同作用,于1967年引起大面积不稳定岩体采空区移动和崩塌,导致6个中段的破坏,一万多米坑道下沉,370多个采矿场的夹墙倒塌,山头沉下2m,给矿山生产造成了严重损失。由此可见,矿山工程地质工作的重大意义。

矿山工程地质工作的任务是更详细地查明工程建设和生产地段的工程地质基础条件,更深入地查明可能危害建设和生产的工程动力地质现象,以保证工程建设和生产的

顺利进行。其具体工作内容包括 :对基建施工中的厂房地基、尾矿坝的坝基、铁路和公路的路基及边坡等进行工程地质调查 ;对掘进中井巷、硐室、采场中工程地质条件复杂地段 ,进行工程地质调查和编录 ,并与采矿人员密切配合及时解决掘进中的工程地质问题 ,与采矿技术人员密切配合 ,系统地开展有关露天矿边坡稳定和地下矿岩体稳定的综合性调查研究(包括岩土工程地质特征、岩体结构特征、有关水文地质条件、构造应力场的调查研究以及失稳地段定期的移动观测等) ;对可能危害工程施工或工程设施的工程动力地质现象(包括流砂、泥石流、崩塌、岩堆移动和岩溶等) ,进行专门的工程地质调查 ,当矿山进行扩建时 ,还可能要开展扩建工业场地、路基及尾矿坝的工程地质调查。

第二节 岩土工程地质特征的调查

岩土是矿山工程的地基或围岩 ,又是地下水埋藏的物质基础。岩土的工程地质性质将直接影响到工程的设计、施工和使用 ,因此在矿山工程地质工作中要首先对岩土的工程地质特征进行调查。

一、岩土的工程地质分类

在工程地质工作中 ,必须按一定原则将岩土进行科学分类 ,才能正确地调查掌握各种岩土的工程地质特征 ,开展工程地质研究。

岩土的工程地质分类很多 ,可概括为局部分类和专门分类两种。局部分类是根据一个或较少的指标 ,对部分岩土的分类 ,如按粒度成分、塑性指标、膨胀性、压缩性或砂土相对密度等指标中的一个或几个对土的分类等。专门分类是根据某些工程部门的具体要求而进行的分类 ,如水工建筑、铁路建筑等部门都有相应的岩土分类 ,并以规范形式确定颁布。

本节介绍岩土的一般工程地质分类 ,此种分类包括了全部岩土 ,也有不同的分类方案 ,目前较通用的是下列分类 ;

(1) 岩质岩石 包括各种岩浆岩、变质岩胶结沉积岩 ;

(2) 半岩质岩石 包括风化的岩质岩石、非结晶胶结岩石和结晶化学沉积的可溶岩石(如岩盐、石膏等) ;

(3) 粘性土 包括粘土、亚粘土、黄土和黄土状亚粘土 ;

(4)非粘性土 又分为粗碎屑土(包括漂石土、卵石土、砾石土、碎石土及砂砾土)和中粒松散土(包括硅藻土、砂土等);

(5)特种成分、状态土(包括土壤、泥炭土盐渍土、过饱水土、冻结土等)。

二、岩质和半岩质岩石工程地质特征调查

为了对岩质和半岩质岩石进行工程地质性质的评价,应进行下列的调查或测试:一般岩石学特征(岩石的矿物成分、结构、构造、产状和岩相变化等);岩石的化学性质(溶解性、水或其它溶液对岩石的作用等);岩石的物理性质(密度、体重、孔隙率、裂隙率、含水性等);岩石的力学性质(抗压强度、抗剪强度、抗拉强度、弹性模量等);岩石的水理性质(透水性、吸水性、抗冻性、软化性等);岩石的风化程度和抵抗风化的能力。

三、土的工程地质特征的调查

为了进行土的工程地质性质的评价应进行下列的调查或测试:土的一般特征(包括土的粒度成分、矿物成分、胶体物质类型及电性、含水性和气体状况以及土的结构、构造等);土的物理性质(密度、容重、含水性、孔隙性);土的水理性质(透水性、毛细性以及粘性土的膨胀性、收缩性、崩解性、塑性等);土的力学性质(压缩性、抗剪性和动力压实性等)。

第三节 岩体结构特征的调查研究

岩体结构特征是岩体在长期成岩及形变过程中形成的产物,包括结构面和结构体两个要素。结构面是地质发展历史中,尤其是变形过程中,在岩体内形成具有一定方向,延展较大、厚度较小的两维面状地质界面。包括物质分界面和不连续面,如层面、片理面、节理面、断层面等。结构面类型及特征参看表 16-1-1。结构体是由不同产状的结构面组合将岩体切割而成的单元块体。岩体结构类型及其工程地质特征可参看表 16-1-2。

影响岩体特性的因素很多。在进行岩体结构特征调查时,应着重研究结构面的特性、结构体(岩块)的坚固性、岩体的完整性和岩体质量系数四个主要因素。

一、结构面特性调查研究

岩体结构决定岩体特性,并控制着岩体的变形破坏机制和过程。岩体结构特性是由

结构面发育特征所决定 ,因此 ,岩体结构的力学效应应主要是结构面力学效应的反映。结构面的力学效应应主要反映在 :结构面结合状况 ,结构面充填状况 ,结构面形态 ,结构面延展性和贯通性 ,结构面产状以及结构面组数。

表 16 – 2 – 1 结构面类型及其特征

成因类型		地质类型	主要特征		
			产 状	分 布	特 征
厚 生 结 构 面	沉 积 结 构 面	1. 层理层面 2. 软弱夹层 3. 沉积间断面	一般与岩层产状一致 ,为层间结构面	海相岩层结构中此类结构面分布稳定 ,陆相岩层中呈交错状 ,易尖灭	层面、软弱夹层等结构面较为平整 ,沉积间断面多由碎屑、泥质物构成 ,且不平整
	岩 浆 成 结 构 面	1. 侵入体与围岩接触面 2. 薄岩脉、岩床展布面 3. 原生冷凝节理、流线、流面等	岩脉受构造结构面控制 ,岩床受层间结构面控制 ,而冷凝节理受侵入体接触面控制 ,流线、流线受岩浆流动方向控制	接触面延展布面延伸较远 ,比较稳定 ,而原生节理一般较短小密集	接触面可具熔合及破裂两种不同的特征 ,原生节理可具被充填及破裂两种不同的特征
	变 质 结 构 面	1. 片理 2. 片岩软弱夹层	产状与岩层或构造线方向一致	片理短小 ,分布极密 ,片岩软弱夹层延展较远 ,具固定层次	结构面光滑 ,片理在岩体深部往往闭合成隐闭结构面 ,片岩软弱夹层含片状矿物 ,呈鳞片状
构 造 结 构 面		1. 节理(剪节理、张节理) 2. 断层(正断层、逆断层、平移断层等) 3. 层间错动面 4. 羽状裂隙、劈理等	产状与构造线呈一定关系 ,层间错动与岩层产状一致	张性断裂较短小 ,剪切断裂延展较远 ;压性断裂(如冲断层、逆掩断层)规模巨大 ,但有时为横断层切割成不连续状	张性断裂不平整 ,可具次生充填 ,呈锯齿状 ;剪切断裂较平直 ,压性断层具多种构造岩成带状分布 ,往往含断层泥 ,糜棱岩
次 生 构 造 面		1. 卸荷裂隙 2. 风化裂隙 3. 风化夹层 4. 泥化夹层 5. 次生夹泥层	受地形及原结构面控制	分布上往往呈不连续状 ,透镜体 ,延展性差 ,且主要在地表风化带内发育	一般为泥质物充填 ,水理性质很差

表 16－2－2 岩体结构类型及其特征

岩体结构类型	岩体地质类型	主要结构体形式	结构面发育情况	工程地质特征	受区域构造影响程度
整体状结构	均质、巨块状岩浆岩、变质岩、巨厚层沉积岩	巨块状	以原生构造节理为主,多闭合型。结构面间距大于 1.5m,一般不超过 2~3 组	整体性强度高,岩体稳定。在变形特征上可视为均质弹性各向同性体	未经或只经过轻微的区域构造变动
块状结构	厚层状沉积岩、块状岩浆岩及变质岩	块状、柱状	只具有少数贯穿性较好的裂隙,节理或小断层错动,结构面间距 0.7~1.5m,一般为 2~3 组	整体强度仍较高,结构面互相牵制,岩体基本稳定,在变形特征上接近弹性各向同性	经历过区域构造变动,但无强烈挤压、褶曲变形,地层一般作单斜产状
层状结构	多韵律的薄层及中厚层状沉积岩、变质岩	层状、板状、透镜状	层理、片理、节理发育,并常有层间错动面	岩体为各向异性介质,其变形及强度特征受层面及岩层组合控制,可视为弹塑性体,稳定性较差	无明显的褶曲变形,地层产状一般较稳定
破碎状结构	构造影响严重的破碎岩层	碎块状	断层、断层破碎带、片理、层理较发育。结构面间距 0.25~0.5m,一般在 3 组以上	完整性破坏较整体强度大大降低,并受断层等软弱结构面控制,多呈弹塑性介质,稳定性差	经过两次以上的区域构造变动,挤压、错裂现象明显,地层产状变化较大
散体状结构	经构造剧烈影响或风化的断裂破碎带或风化带	碎屑状、颗粒状	断层破碎带,构造及风化裂隙密集(间距小于 0.25m),结构面及组合错综杂乱,并多充填粘性土	完整性遭到极大的破坏,稳定性很差。岩体属性接近松散介质	经历过多次区域构造变动,地层强烈挤压变形,断层发育,地层产状杂乱

结构面调查应着重下面主要内容:①结构面的几何形态:结构面按形态可分为三种:平直型,包括一般层理、片理、原生节理和剪切破裂面;波状起伏型,具波痕的层理、轻度揉曲的片理、沿走向和倾向呈舒缓波状的压性、压扭性结构面;曲折型,张性、张扭性结构面、具交错层理和龟裂纹的层面、缝合线等;②结构面的光滑度和粗糙度:可分为极粗糙、粗糙、一般、光滑、镜面五个等级;③结构面结合状况:结构面结合有胶结的、开裂的两种。胶结的结构面以胶结物质成分的不同可分为泥质胶结、可溶盐类胶结、钙质胶结、铁质胶

结、硅质胶结等 ;④结构面充填状况 :可分为干净的、薄膜、夹泥、薄层夹泥、厚层断层泥及构造破碎岩 ;⑤结构面延展性及贯通性 :延展性可由一定方向上的结构面或连续段长表示 ,在一定尺寸的工程岩体内的贯通性可分为非贯通性、半贯通性、贯通性 ;⑥结构面密度 :其表示方法有单位长度或单位面积、单位体积内发育的结构面数量 ,结构面间距 ,岩体尺寸和结构尺寸之比 ,⑦结构面产状及组合关系 :在一定围压下 ,岩体稳定与结构面产状有关 ,其组合关系控制着岩块或岩体变形破坏机制。

结构面力学性质试验可以在现场或取样后在室内进行抗剪强度试验。

由于结构面的力学效应对工程岩体稳定性起控制作用 ,进行露天边坡、地下工程岩体稳定性分析时 ,应先找出优势、软弱、控制性结构面及其组合关系 ,应用赤平极射投影等方法分析边坡和地下岩体稳定性。

二、结构体(岩块)的坚固性研究

所谓岩块的坚固性是指岩块对变形抵抗力的强弱。通常以坚固性系数(f)表示 : $f = R_b / 100$ (R_b 为岩石饱和单轴极限抗压强度)。

三、岩体的完整性研究

主要考虑两项指标 结构面间距和完整系数。前者可在现场不同地段分组测定 ,后者为岩体纵波速度和岩石纵波速度的平方比 :

$$I = \frac{V_m^2}{V_r^2} \tag{2-1}$$

式中 I ——岩体的完整性系数 ;
 V_m ——岩体纵波速度 ,km/sec ;
 V_r ——岩石纵波速度 ,km/sec。

第四节 矿区构造应力场的调查分析

地壳中天然应力状态取决于某一地区的地质条件和所经历的地质演化史。天然应力状态对工程岩体的稳定性影响很大 ,尤其在高应力岩体中 ,地表或地下工程施工会引起岩体与卸荷回弹 ,应力释放相关的变形破坏 ,恶化工程地质条件。有时作用的本身对

工程也造成危害,例如坑道底部隆起、边邦爆裂、边邦围岩向临空面的水平位移或沿已有近水平的结构面产生剪切错动等。

矿区应力场的调查分析主要有两方面,一是地壳运动保留在岩体中的残余构造应力,二是现代正在积累的构造应力。调查的内容有下列几方面:①查明矿区所处区域地质特征、地质演化历史,并分析区域构造形踪特点以进行构造体系配套;②研究矿区及其外围构造应力场演化、现代地应力的基本特征,并以构造体系特点进行地质力学分析,得出构造应力场的主应力方向;③查清矿区内应力集中的可能部位。例如工程岩体中与最大主应力成 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 交角的断裂,尤其是这类方向的雁行式或断续式排列的断裂组是应力集中部位。在构造活动区内,这类断层最容易发展为活动性断裂,在其端点、拐点、分支点或与其它方向断裂的交汇点,即对断裂活动起阻碍作用的地方,均是应力高度集中的部位;④研究矿区内岩体自然应力积累条件和程度。应先查明矿区内各地质时期及当代地壳隆起的速度和幅度,通常是以矿区内的主要河流各阶地的绝对年龄并测出它们之间的相对高程而取得。然后以这些资料结合区内岩体应变速率的变化趋势及各地史时期的断裂活动情况,总体判断当前区内岩体应力积累条件和程度。

第五节 露天矿边坡岩体稳定性的调查研究

大多数露天矿山在开采过程中,都要形成大规模边坡。这些边坡的稳定性直接关系到矿山生产安全和矿山开采的正常进行。因此对露天边坡稳定性的研究具有重要意义。

一、影响边坡工程岩体稳定性的因素

影响边坡岩体稳定性的因素很多,现简要分述如下:

地质构造因素 主要有断层与破碎带、节理与裂隙、层理与片理、软弱夹层等。这些岩体的结构面及其空间组合将岩体切割成不同类型的结构体。这些结构面与结构体就决定了岩体的稳定性。

断层与破碎带,它普遍存在于各种岩体中,断层的延续性、发育程度、产状及其与边坡的组合关系,控制着边坡岩体的稳定性。例如一条与边坡走向一致或与其成小角度相交的断层,倾向与边坡倾向接近一致,倾角略小于边坡角,这条断层将成为岩体的滑动面,如图 16-2-1 为一个露天煤矿边坡沿断层面滑落的实例。

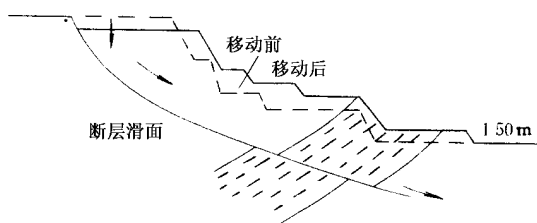


图 16-2-2 某露天煤矿沿断层发生岩体滑落

当断层有破碎物存在,且破碎物已成断层泥或者是断层破碎物被水解泥化,则更会促使岩体沉陷下滑。

岩层的层理与片理,这种结构面是抗剪强度很低的弱面,它们的产状和边坡的空间组合关系,是边坡岩体稳定性的主要因素。无其它因素参与的情况下,具有顺向层理面及片理面的岩体稳定性差,易产生活动,反之则较稳定。边坡角小于结构面倾角时较稳定,反之则不稳定。

软弱夹层一般与岩层产状一致,为层间结构面,它具有厚度小,有较强的延续性,所含的粘土矿物较多,易水解泥化,发生膨胀,受力产生塑性变形等特点。所以,往往成为边坡岩体的滑动面。

节理与裂隙对边坡岩体稳定性的危害,取决于它的密度、延续性及其空间组合。密集的节理,造成岩体的极不连续,易于产生掉块与崩塌。

岩性因素 主要是指岩石的矿物组成、水理性质、结构等以及岩石物理特性。如含有片状、鳞片状矿物的岩石,抗剪强度低;含有粘土矿物的岩石,易吸水膨胀,受压后发生塑性变形,未经胶结或胶结不好的岩石抗风化能力弱;水理性质特殊的粘土岩、某些泥灰岩、板岩、粘土页岩、灰质页岩、凝灰岩等经不起地表及地下水浸泡。一旦出露地表,很快就吸水崩解成为碎块,并逐渐变为有塑性的岩石。故易造成边坡岩体的错动和倾倒。如图 16-2-3 所示,抚顺露天煤矿的煤层底板凝灰岩在大面积开采暴露后,吸水膨胀,产生多次大规模滑落,危害很大,图 16-2-4 为该煤矿岩体滑动地质剖面示意图。

水文地质因素 此因素对边坡岩体稳定性的影响是多方面的,而且是复杂的。水的因素主要破坏作用表现在以下几个方面:大气降水渗入上部岩体,岩石湿度增加,因而上部岩体的重量增加,使下滑力增强,滑动的可能性加大;当边坡岩体处于水淹状态时,水对边坡底部岩体可产生静水浮托力;岩体结构面中存在的水,对岩体滑动可起到滑润作用,降低结构面的摩擦力,结构面中的积水因结冻膨胀会加宽结构面的宽度,并相应产生一定的位移;软岩层,特别是含粘土矿物较多的岩石受地下水作用或经长期降水浸泡时,可发生软化,甚至水解泥化,有的发生膨胀,导致岩体移动;岩石颗粒间的孔隙处于饱水

状态,则力学强度降低,若开采境界四周岩层中有承压水存在,必然产生向着开采境界内采空区方向的侧向压力;从露天采场周围流向境界内的大气降水可产生类似的动压力。

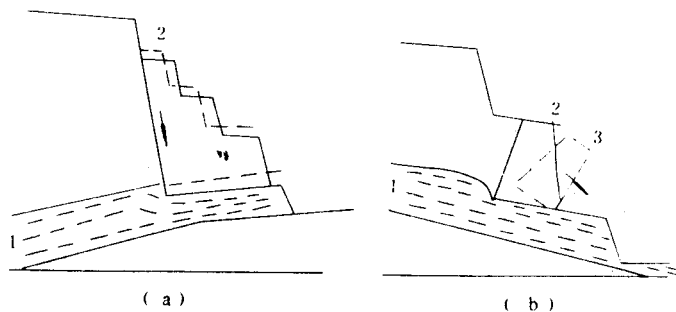


图 16-2-3 岩体错动和倾倒

(a)岩体错动 (b)岩体倾倒;

1—软岩层 2—移动前位置 3—移动后位置

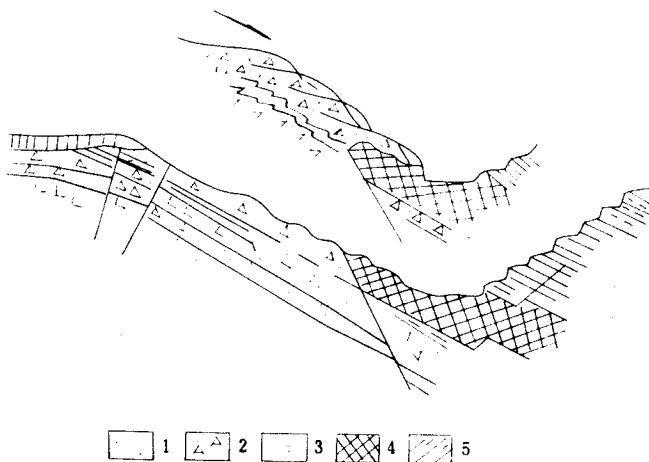


图 16-2-4 抚顺露天煤矿岩体滑落剖面示意图

1—玄武岩 2—凝灰岩 3—页岩 4—油页岩 5—绿色页岩

矿山生产和岩石工程作用因素:包括露天采场的形状及深度,边坡形状存在的时间长短,爆破震动作用,边坡上面的荷载等也会增大其下滑力。

二、边坡工程地质调查

边坡工程地质调查的任务是查明矿区或边坡岩体的工程地质特征,以及与边坡岩体

稳定性相关的矿山开采技术条件 ,为露天矿边坡设计的修改、边坡稳定性评价、边坡工程的变形破坏预报、灾害的预防和处理提供依据。其具体工作内容如下：

(1)岩体稳定性评价的工程地质调查 它包括区域稳定性调查(通过区调、地震资料的研究、分析区域地质构造特征、地震规律和新构造运动特征 ,查明区域构造线和构造应力的方向与特征)、矿区工程地质特征调查(查明影响边坡稳定性的地质构造、岩性、岩体结构和水文地质因素等)、矿区岩体的工程地质分带(在工程地质测绘基础上 ,进一步对各类岩体工程地质特征综合对比、研究 ,以岩石性质、地质构造、水文地质特征为主要依据 ,将矿区划分为若干带和亚类(表 16-2-3)、作为矿区边坡工程地质评价的依据 ,边坡岩体的工程地质分区(16-2-4)、作为采场结构要素调整、边坡工程维护和增治的依据。

表 16-2-3 矿区地层和岩体工程地质分带对比表

地 层		分 带		分 组	
		编 号	名 称	编 号	名 称
前震旦系白家咀子组	第一段第一层 AnZb ¹⁻¹	I	混合岩带	I ₁ I ₂	F ₁ 层破碎岩组 较完整的均质混合岩组
	第一段第二层 AnZb ¹⁻²	II	片岩片麻岩带	II ₁ II ₂ III ₃	黑云母片麻岩组 云母石英片岩组 F ₁₆ 断层破碎岩组
	第一段第三层 AnZb ¹⁻³	III	大理岩带	III ₁ III ₂ III ₃	中厚层大理岩组 多种岩浆岩混合岩组 岩浆岩频繁穿插的大理岩组
海西期 加里东期		IV V	含矿超基性岩 碎裂花岗岩带		
前震旦系白家咀子组	第二段第一层 AnZb ²⁻¹	VI	条痕-均质混合岩带	IV ₁ IV ₂ IV ₃	F ₃ 断层破碎岩组 条痕—均质混合岩组 绿泥石绢云母石英片岩组
	第二段第二层 AnZb ²⁻²	VII	绿泥石云母石英 片岩片麻岩带		
	第二段第四层 AnZb ²⁻⁴	VIII	中厚层大理岩		

地层		分 带		分 组	
		编 号	名 称	编 号	名 称
第四系	全新统 Q ₄	IX	第四系松散岩	IX ₁	微胶结冲积洪积砂卵砾石层
	中上更新统 Q ₂₊₃			IX ₂	红色砂砾岩组
	下更新统 Q ₁				
F ₃ 断层		X	F ₃ 断层破碎带		

表 16－2－4 金川露天矿上盘区边坡工程地质分区特征表

编 号	I—1	I—2	I—3
位置与范围	位于露天矿采场西南侧 ,矿体上盘 ,小白泉沟以西地段 ,勘探线 28 与 36 行之间	位于采场南侧中部 ,矿体上盘 ,小白泉沟沟谷区 ,勘探线 24 ~ 28 行之间	位于采场东南侧 ,矿体上盘 ,小白泉沟以东地段 ,勘探线 10 ~ 24 行之间
地形与地貌	该区为矿区最高的山区 ,与采场入口相比 ,比高为 160m ,山脊薄 ,山坡陡 ,原始山形为“ L ”形 ,雨水东侧流入小白泉沟 ,西侧流入戈壁滩	本区为一较开阔的沟谷地形小白泉沟由南向北流经本区 ,沟谷冲积厚度达 10m 左右	本区由走向北西的山脊和沟谷组成比高约 80m 山脊较薄 ,北坡陡 ,南坡缓
工程地质岩组	本区出露的岩组自上而下 :中厚层大理岩岩组(40 ~ 50m) ,绿泥石云母石英片岩(50 ~ 60m) ,条痕均质混合岩岩组(50 ~ 60m) ,岩浆岩频繁穿插的大理岩岩组(140 ~ 150m) ,多种岩浆岩混合岩岩组(80 ~ 90m) ,超基性岩岩组(80 ~ 90m) 以及小部分碎裂花岗岩岩组	本区出露的岩组比较简单 ,自上而下 :条痕均质混合岩岩组(90 ~ 120m) 夹大理岩较多、碎裂花岗岩岩组为本区主要岩组 ,出露面积较大 ,超基性岩岩组(140 ~ 200m)	本区出露的岩组较复杂 ,自上而下 :混合岩岩组 ,中间夹有一条带绿泥石云母石英片岩岩组(40m 左右) ,在混合岩岩组内还夹有很多大理岩透镜体 ,F ₁₁ 断层破碎岩岩组(20m 左右) ,中薄层大理岩岩组(50 ~ 150m) ,多种岩浆岩混合岩岩组(40 ~ 50m) 含矿超基性岩岩组

编 号	1—1	1—2	1—3
构造特征	<p> 本区构造形态为紧闭等斜褶皱西部轴向走向 N60°~ 80°W ,倾向 SW ,高倾角 ,东部轴向 N—N20° E ,倾向 SE ,高倾角 ,正常岩层产状 :N20° ~ 60° W ,SW ,∠45° ~ 75°。片岩倒转产状 :N40° ~ 50° W ,NE ,∠45° ~ 50°。主要断层 ,F₁₃。F₃(压性断层) ,产状 :N40° ~ 60° W ,SW ,∠60° ,F₁₄(扭性断层) ,产状 ,N5° ~ 10° W ,SW ,∠70° ,F₂₃ 产状 :N74° W ,NE ,∠67°</p>	<p> 碎裂花岗岩、呈岩墙状斜切岩层交向侵入古老变质岩系中 ,与围岩呈断层接触 F₁₄、F₁₄和 F₁₄ ,破碎带产状 :N—N30° E ,SE ,∠60° ~ 70°。主要断层 :F₁₁ 从边坡顶部通过 ,产状 :N50° W ,SW ,∠70°左右 ,花岗岩中节理最发育有四组 :< 1 > N5° W ,NE ,∠85°。(2)N80°E ,NW ,∠71°。(3)N35° E ,NW ,∠50° 4 N80° W ,SW ,∠60°</p>	<p> 本区大致为一单斜构造 ,产状 :N40° ~ 50° W ,SW ,∠30° ~ 60°。所有岩层均为断层接触 ,层间挤压破碎 ,F₁₁ 断层上、下盘具有显著拖拉褶皱带 ,轴面大致平行 F₁₁ ,纵贯全区的走向断层以 F₁₁ 为主 ,产状 :N50° W ,SW ,∠60° ~ 80° ,破碎带宽 10 ~ 30m ,其中还有 F₉ :N50° W ,SW ,∠70° ,F₇ :N50° ~ 80° W ,SW ,∠70° ~ 80° ,都为冲断层 ,破碎带宽 2m</p>
水文地质条件	<p> 各岩组节理裂隙发育 ,属裂隙含水层 ,F₃ 构造岩与片岩岩组为不透水层 ,因而形成层状水文地质结构。本区降雨量小 ,地表流条件好。地下水流量不大 ,溢点多在断层附近 ,F₈ 断层带附近明显</p>	<p> 主要为碎裂花岗岩含水较多 ,屑裂隙水 ,多在超基性岩的上盘蚀变破碎带以及其它接触带溢出 ,小白泉沟汇水面积较大 ,在暴雨季节可补给本区但水量不大</p>	<p> 本区为显著的层状水文地质结构 ,大理岩岩组及超基性岩岩组为裂隙含水层 ,断层带、片岩岩组及蚀变带均为隔水层 ,因龙首矿地下采矿坑道靠近本区 ,地下水则向坑道集中 ,含矿超基性岩体渗透系数 0.00875 ~ 0.00106m/d</p>
岩体结构	<p> 各岩组结构各异 :大理岩岩组为不规则菱块状结构 ,片岩为层状碎裂结构 ,混合岩为碎裂结构 ,超基性岩为菱块状结构 ,各断层破碎带为散体结构 ,这些岩组在边坡总体上呈显出层状碎裂结构特征 ,诸结构面(除片理外)大都倾向山里 ,倾角陡</p>	<p> 混合岩为碎裂结构 ,碎裂花岗岩岩组为镶嵌结构 ,因出露在边坡 ,受风化作用 ,外表已呈碎裂状态 ,边坡下半部为超基性岩组成的菱块状结构</p>	<p> 混合岩为碎裂结构 ,大理岩为不规则菱块状结构 ,断层破碎岩组为松软散体结构 ,超基性岩为菱块状结构片岩岩组为层状碎裂 ,大多数结构面倾向山里 ,倾角较陡整体上呈层状碎裂结构</p>

编 号	1—1	1—2	1—3
边坡稳定性评价	<p>从本区岩组 构造 岩体结构等特征来看 ,由于岩层结构面产状多为逆坡倾向 ,岩石软弱破碎为倾倒变形提供了必要条件 ,又由于多组结构面的发育 ,提供了边坡岩体变形的其它边界条件 F_3 断层破碎带在上部荷载作用下产生压缩变形 ,片理面的发育是边坡滑移变形的有利条件上部 F_{23} 亦为岩体滑坡提供了主要条件 ,由于多种因素 ,本区是矿区内边坡变形最严重地区 ,应给予极大注意</p>	<p>本区边坡中、上部主要是碎裂花岗岩分布 ,节理特别发育 ,岩体经风化后多呈碎块 ,因之 ,边坡变形以坍塌 ,坐落 ,滑移为主 ,下部以超基性岩体为主 ,其蚀变带易引起泥化压缩 ,产生变形 ,本区小白泉沟流水对边坡稳定起到不良影响</p>	<p>从本区工程地质条件来看与 1—1 区有类似之处 ,如陡倾的反坡向岩层软硬相间不均一结构形式 ,顺坡向结构的发育等等都会引起边坡产生压缩 ,倾倒 ,滑移等变形 ,但由于本区地形条件 ,边坡比高较 1—1 区为低 ,以及在采场位置内处于有利的应力分布范围内 ,故边坡稳定性较 1—1 区好很多</p>

(2) 边坡整治工作中的工程地质调查 由于自然、地质、设计和生产等因素的综合作用 ,往往引起露天边坡工程的变形或破坏 ,影响矿山的安全和持续生产。所以 ,维护边坡工程的完整和稳定 ,整治遭受破坏或严重变形的边坡 ,改善矿山安全条件 ,恢复正常生产 ,几乎是每个露天矿山预防或面临的难题。边坡工程的整治 ,必须以查明引起边坡变形、破坏的主要因素和边坡变形破坏机制为依据 ,从而拟定整治方案 ,治理边坡。其具体工作有以下两个方面 ①变形、破坏区边坡工程地质测绘 ,在以往工作的基础上 ,进一步调查边坡变形或破坏的范围、工程地质特征 ,并编制实测平面图 ,作为进一步调查、研究的依据 ;②边坡变形、破坏控制因素的调查 观察和测绘边坡表面的宏观变形特征和变形破坏区内裂隙的分布、性状、规模 ,周边围岩体位移或破裂状态 ,破坏特征 ,主要是观察和测量边坡的宏观破坏特征(如边坡破裂边界及其内部特征 ,判断破坏类型是崩塌、坐落、滑坡、倾倒 ,还是其它 ,是整体移动 ,还是解体破坏 ,位移的方向和规律 ,破坏区对生产的危害 ,地质因素 ,观察变形 ,破坏余迹与工程地质条件的关系 ;分析大气降雨、近矿河流、地震、风化、解冻等自然条件与边坡变形、破坏的关系 ,调查变形、破坏区边坡施工的技术措施与边坡变形、破坏有否关系等。

三、边坡稳定性的岩体结构分析

大量的工程实践证明 ,边坡岩体的变形或破坏 ,都是沿着岩体中的软弱结构面发生的。也就是说 ,边坡岩体受工程作用力的破坏过程 ,主要是结构体沿着结构面的剪切滑

移、拉开及整体的累积变形和破裂。所以 ,从岩体结构考虑 ,边坡岩体的稳定性主要取决于结构面的物理力学性质及其空间组合 ;结构体的物量力学性质及其立体形式 ;结构面、结构体与边坡结构要素的空间组合形式。边坡岩体结构分析 ,就是根据结构面和结构体对边坡稳定性的控制作用这个原理 ,通过野外调查和室内分析 ,定性的评价边坡岩体的稳定性 ,其分析步骤是 :

首先 ,结合工程地质调查 ,统计、分析边坡岩体结构面的类型、产状、性质和规模等特征 ,

其次 ,应用赤平极射投影方法 ,图解分析边坡范围内 ,具有代表性的地质结构面、结构体的组合特征 ,及其与边坡面的组合关系 ,判断边坡岩体的稳定结构类型 ;

然后 ,综合应用赤平极射投影和实体比例投影的方法 ,推断稳定边坡角 ,定性评价边坡稳定性。

(1)结构面的野外调查①结构面分级 :各种结构面发育的规模不同 ,在工程地质分析、评价中的地位也就不同。在大量实践的基础上 ,根据结构面的走向延展性、纵深发育和宽度的大小 ,将结构面划分为 5 级(表 16-2-5) ;②沿工程地质剖面线进行结构面调查统计 ,重点调查结构面的发育规律、组数、线状特征和切割关系 ,并绘制实测剖面图(图 16-2-4) ;③沿边坡面走向进行结构面调查统计 ,重点是详细测量结构面沿边坡面走向的相对距离和组合关系 ;④测绘调查点结构面实测平面图(图 16-2-5) 。以上调查内容与图件 ,都是室内图解分析和编制综合工程的剖面图的依据。

表 16-2-5 结构面分级表

级别	主要特征	工程地质意义
I	区域性断裂 ,走向、纵深和破碎带宽度极大	控制区域稳定性 ,与重要工程规划关系密切
II	有限的区域性地质构造面、大断层 ,延展数百米至数千米 ,破碎带宽约 1~5m	控制整体边坡稳定性
III	断层、层间错动面 ,破碎带宽约 0.1~1m	常是局部边坡变形、破坏边坡倾倒、大裂缝的主要控制因素
IV	层面、连续性较好的节理、裂隙 ,走向、纵深 5m 以上	破坏岩体完整性 ,可影响边坡
V	分布随机、为数甚多延展性极差的微小结构面 ,如小节理 ,不发育的片理、屋理 ,长度小于 5m	降低岩体强度 ,是局部边坡坍塌重要原因

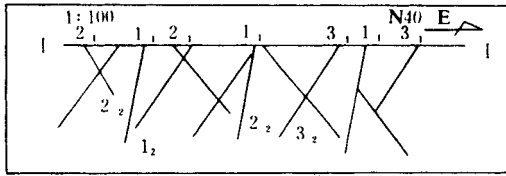


图 16-2-5 结构面实测密度及产状示意剖面图

I—I—测线 ;1—压性结构面 ;2、3—扭性结构面 ;

$1_1 \sim 1_2 = 30\text{cm}$ $2_1 \sim 2_2 = 25\text{cm}$ $3_1 \sim 3_2 = 20\text{cm}$

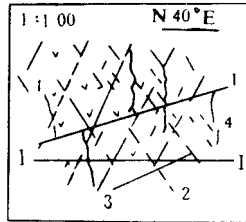


图 16-2-6 结构面实测间距示意平面图

I—I—测线 ;1—压性结构面 ;2、3—扭性结构面 ;4—张性结构面

(2) 边坡岩体稳定结构类型的判别 边坡岩体稳定性的结构类型可分为 :稳定结构、基本稳定结构和不稳定结构。稳定结构是指边坡岩体中的结构面或结构面组合交线的倾向与边坡面线相反(图 16-2-6),由于可能的滑动面倾向边坡内部,岩体不易向采坑中心滑移,对边坡的变形、破坏没有影响,是比较稳定的;基本稳定结构是指边坡岩体中的结构面或结构面组合交线的倾向与边坡面的倾向一致,但前者的倾角大于边坡角(图 16-2-7)。结构面或结构体滑动线的产状,一般说来是不利于岩体向采坑中心移动的,故边坡工程一般是较稳定的;不稳定结构是指在边坡岩体中的结构面或结构面组合交线的倾向与边坡面的倾向一致,而它的倾角小于边坡角(图 16-2-8),在客观上极有利于岩体沿着结构面或不稳定体沿着结构面组合交线,向采坑中心滑动,所以这类结构类型的边坡工程,一般是不稳定的。

(3) 稳定边坡角的推断 层状结构边坡,当层面走向与边坡走向一致,倾向也相同时,层面与边坡面的组合关系可有图 16-2-10 所示的三种形式。从岩体结构的观点定性推断,当 $\alpha = \beta$ 时的边坡角,即为稳定边坡角。但层面走向与边坡面斜交时,稳定边坡角就不能用上述的直观方法推断。此时,可采用计算法,应用赤平极射投影图解分析和查图法推断稳定边坡角。

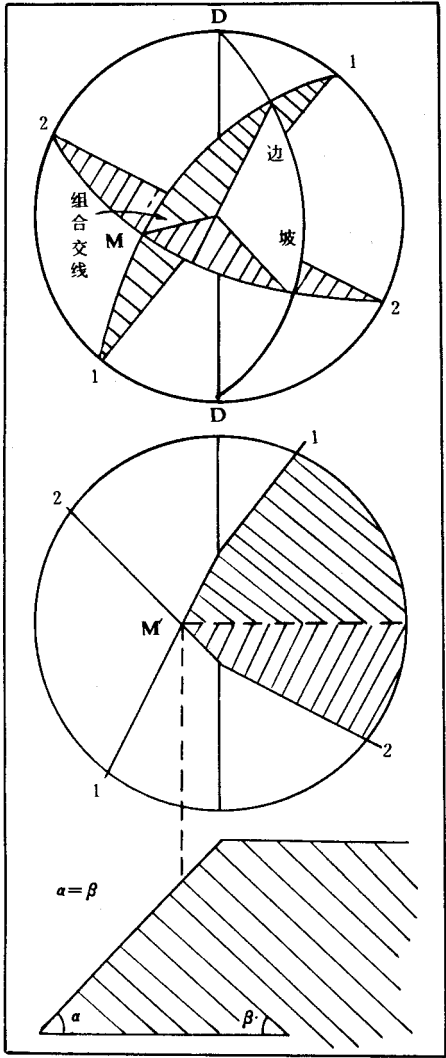


图 16-2-7 稳定结构

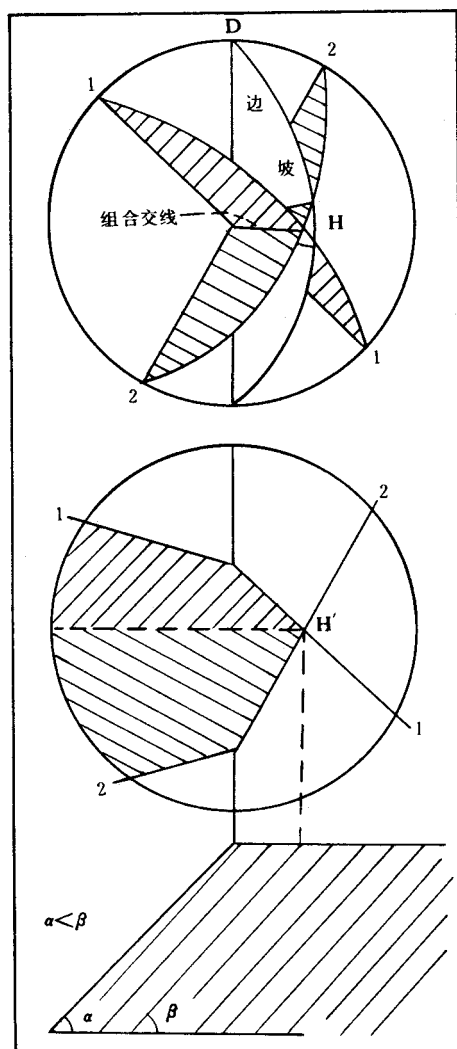


图 16-2-8 基本稳定结构

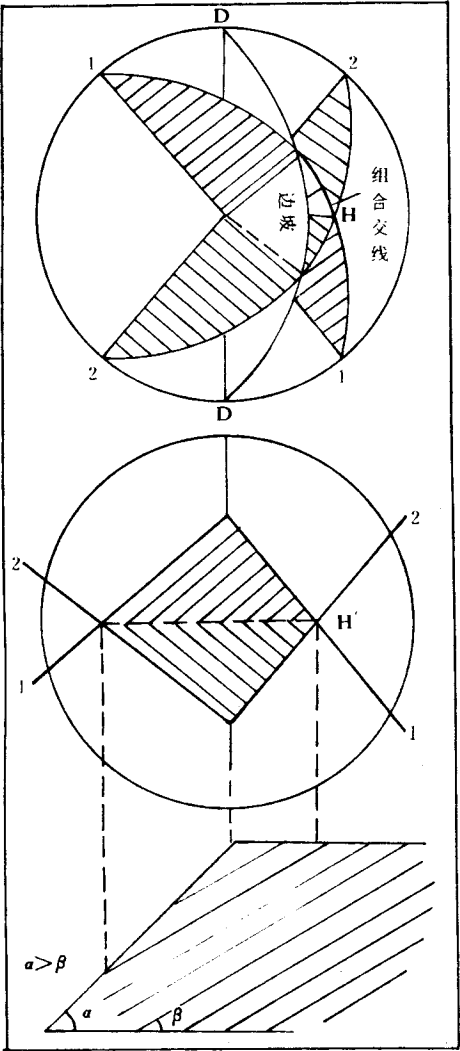


图 16-2-9 不稳定结构

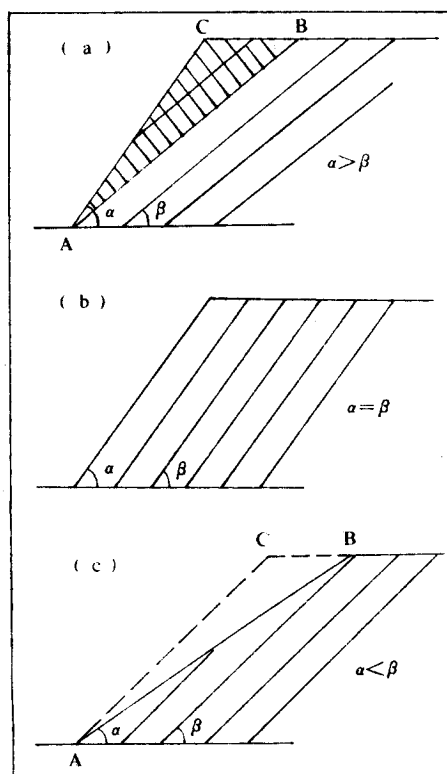


图 16-2-10 稳定边坡角与结构面产状关系

第六节 井下岩体移动的地质调查

坑内开采矿山,由于采掘工程的进行,破坏了岩体的原始应力状态,可因应力重新分布引起岩体变形、移动、破坏、冒落等一些岩体活动现象,这些岩体活动通称地压活动。在岩体活动的发展过程中,在空间上是由近至远,由下而上,逐渐扩展,甚至达到地表;在时间上经历初期变形、微弱移动、中期激烈移动,逐渐减弱达到相对稳定阶段,即达到新的力学平衡状态。处于岩体移动的井下,井上建筑物、工业设施等将会受到不同程度的破坏和影响,甚而使矿山的竖井、斜井和其它坑道也可遭到破坏,严重的可威胁安全生产和开采的正常进行。因此,研究开采区的岩体移动地质条件以及岩体移动规律,对解决采掘工程施工的安全,合理有效地确定井巷维护方法,改善顶板管理方法、采矿方法和开

采顺序,减少矿产损失,提高矿石回采率等都具有重要意义。

一、井下岩体移动的类型

依其活动范围的大小和空间位置,可将其分为:大面积岩体移动,局部岩体移动,巷道地压活动及冲击地压四类。大面积岩体移动是指一个采区的大部分采空区或一个采区的数个中段在同一时间发生岩体移动,严重破坏一个采区的井巷工程,损失大量矿石储量,甚至造成采区关闭;局部岩体移动是指一个采区的1~2个中段或几个采场所发生的岩体移动。这类移动其后果虽不像大面积岩体移动那样严重,但在一个矿山内,局部活动往往比较频繁,且易引起连锁反映。个别或少量采矿矿柱被压裂,顶板脱落,频繁掉块等就是此类岩体移动的具体表现。严重的可出现个别中段或几个采场及某些采空区的垮落,并引起部分巷道开裂、错动等;巷道地压活动是指巷道中出现片帮、冒顶、顶板下沉、两邦内鼓、底部岩石膨胀等都是地压活动的表现。现有的矿山由于巷道地压活动,造成施工困难,巷道形成之后支护保持不住,甚至多次返修或报废部分巷道;冲击地压又称岩爆,往往发生在开采深度很深的矿山(一般在采深800m以下),也有采深较浅的出现岩爆(煤矿有时在200~300m)。岩爆发生时,不仅破坏井巷工程,而且可引起人身伤亡,它的发生时间短促,可引起气浪,产生震动,并有响亮的声音。

二、岩体移动调查

井下岩体移动虽然规模大小,表现的形式不同,但发生岩体移动除了和采矿方法、采空区处理、开采深度等因素有关外,更直接和矿床的地质条件有关。为此,岩体移动调查的主要内容是:断裂构造的调查和查明最新构造应力场的分布;岩体的岩石性质与结构的调查,岩石的水理性质和岩体的结构特性以及溶洞、水文地质条件等的调查。

三、岩体移动的征兆与监测

包括初期变形阶段的征兆(岩层发响、顶板掉块次数增加、巷道出现新裂隙并不断加宽、巷道底板流水的变化、巷道变形和地表缓慢下沉及动物活动反常等);岩体大规模移动初期征兆(井下局部岩体冒落等);岩体移动的监测包括岩体位移监测、压力测量和岩声监听等内容。岩体位移监测一般都是采用精密经纬仪和水准仪(测绝对位移),而相对位移监测可采用位移测杆、巷道顶底板“对点”观测、木质顶板沉降仪、标准尺测量等手段进行;压力测量可使用钢弦力盒、钢弦频率仪和杠杆式测压仪进行;岩声监听可通过声撞击、声发射、声波观测等方法进行监听。

第三章 矿山水文地质调查

第一节 矿山水文地质工作的意义

在矿山资源开发中,矿山水文地质工作具有很重要的地位。这不仅是由于地下水直接或间接威胁矿山采掘作业的安全,影响经济效益,而且在矿山排水疏干期间,还会改变矿山环境地质条件,对附近城乡的工农业生产与建设造成一定的影响。合理治理地下水,开展地下水的综合利用,正是矿山水文地质工作者的光荣职责。

众所周知,大水矿山的疏干排水工程投资和经营费用是巨大的。据我国南方部分大水有色金属矿山的不完全统计,在 70 年代初,每采一吨矿石需排水 30 ~ 55t。泗顶铅锌矿日最大涌水量竟高达 430t,而在地下开采矿山中,突水常常伴随着大量涌砂、流泥以至冒顶、崩塌,一旦备用排水能力不足,轻则影响局部生产,重者造成矿井被淹。湖北大冶叶花香铜矿即多次发生突水,最大突水量达 $62400\text{m}^3/\text{h}$,终因排水费用大,治水困难而关闭停产。

地下水活动,还会大大恶化矿坑的工程地质条件,降低露天矿采场边坡或坑道顶底板的稳定性,引起滑坡、崩塌与冒顶、塌方、泥砂溃入等现象。江西武山铜矿在南矿带 - 40m 探矿坑道掘进中,多次遇构造破碎带。其中 11 穿工作面因突水和泥砂溃入,堵塞了 50 多米坑探,波出地表农田,造成地表塌陷;在岩溶矿山,大规模的疏干排水引起区域地下水位下降,井泉干枯或流量锐减,使农田灌溉和城镇供水发生困难,尤其严重的是,疏干排水常常引起大规模的地面塌陷,对附近城乡人民的生活、生命财产安全和工农业生

产带来巨大的威胁。湖南水口山铅锌矿在坑下放水(疏干)2~3年后,产生大小塌洞800余个,损害农田516亩,迁建民房6613m²。1968年曾家溪塌陷区河道被洪水淹没,坑下涌水量激增两倍多,坑道几乎被淹。与输干排水引起的不良工程地质现象斗争,无疑是矿山水文地质工作者的一项长期而艰巨的任务。

有些以硫化矿为主的有色金属矿山,地下水常呈酸性,其pH值可达2~4。坑道中的酸性水既对各种金属设备具有强烈的腐蚀性,排放后又会污染环境。

由上可见,开展矿山水文地质研究和矿坑水的防治与综合利用,对保证矿山生产和人民生命财产安全,对保护环境都有着非常重要的意义。

第二节 矿山水文地质工作的内容

矿山开发阶段的水文地质工作因不同的开采方式和矿山水文地质条件的不同,其工作内容往往有很大的差异。但总的来说,在水文地质条件一般的矿山,其工作内容是在原水文地质工作的基础上,设置必要的防治水设施,组织排水疏干和日常监测;对水文地质条件复杂的矿山,往往由于原勘探工程量和深度的限制,其所取得的水文地质资料,难以满足矿山开发的需要,故应结合矿山的实际,在建设前期到生产的初期进行补充(或专门性)水文地质勘探与试验。必要时,还应建立专业的防治水队伍,进行防排水工作的研究、设计、施工工作。

一、露天开采矿山水文地质工作

露采矿山的主要特点是采掘范围大、揭露岩层多、工作面宽阔,进出运输方便,但开采深度一般均较地下矿山小。由于露天矿坑直接暴露面积大,大量降水可直接降入或汇入矿坑内。此外,如若地下水涌入矿坑,对矿山采掘的主要影响则表现为突然溃水淹没矿坑,影响爆破和矿岩装运效率和露天边坡的稳定性。应分别根据其特征和开采要求,有针对性的开展工作。

对地下涌水(或暴雨)可能淹没矿坑的露天矿,必须建立完善的防排水系统。如在深凹的露天采矿场,一定频率的暴雨径流量,往往大大超过地下涌水量,成为淹没矿坑的主要因素之一。故对这类矿山,首先应计算矿坑涌水量和暴雨径流量,以便确定防排水系统的排水能力。暴雨径流量取决于暴雨频率的选择和矿坑允许淹没深度与天数。对进

入矿坑的降水和地下水,要尽可能分段拦截、分段排出,以减少排水扬程和能耗。这类矿山水文地质工作的主要任务是进一步查明主要充水岩层与矿体的疏干排水条件,建立可靠的排水疏干系统和观测检验系统,进行疏干塌陷及其它环境工程地质问题的预测与防治的研究,条件允许时,可采取措施封堵主要充水岩层、矿体与地表水体的水力联系。

在凹陷露天采矿场,地下涌水(大气降水)会使松散或软弱岩层构成的工作面与道路变得泥泞,严重影响装运的效率。工作面和爆破深孔中的地下水,会影响爆破效率。还有些矿山,由于地下水渗流,可能导致冬季道路和工作面结冰,给采掘作业和运输的安全带来很大影响。故对这些矿山,应采用预先疏干方式,把地下水位降低至最低采掘工作面以下。地下水对露天矿山边坡稳定性的影响,主要表现为大大降低边坡的稳定性,严重时会造成大面积的片帮、滑坡、崩落等一系列工程地质问题,威胁人员、设备的安全。由疏散、疏松地层或遇水软化的岩层构成的边坡尤其严重。为此,必须查明边坡各含水层,特别是弱含水层分布范围、产状、厚度、分层的岩性及其透水性、地下水的补给排泄条件,进而研究其疏干条件,建立疏干系统和边坡加固措施。

二、地下开采矿山的水文地质工作

地下矿山的采掘范围较小,揭露岩层主要为矿体及其围岩,工作面狭窄,出入通道既小又少,且受提升能力的影响。因此,地下水对采掘生产的危害,往往比露天矿山严重。地下水突然溃入,造成的淹没事故,在一些矿山中时有发生。伴随着溃水或坑下涌水,常有大量泥砂涌入和冒顶、片帮、底鼓、断面收缩等不良工程地质现象。由于采矿造成采场顶板岩层的沉陷波及地面还会产生陷落和疏干塌陷,还会沟通上部含水层、地表水体,引起地表水、地下水和大气降水的下渗与溃入。此外,酸性水还会对井巷中的金属部件和设备,产生强烈的腐蚀性。

坑道突然溃水,常发生在开采深度大、地下水压高,主要含水层的强透水性裂隙或岩溶、裂隙发育的矿山。突水时,地下水以极大的压力和速度冲入巷道,易造成灾害事故。产生突水淹井的原因,主要是对矿山水文地质条件未查清,涌水量预测不准,防范措施不利等原因造成的。为了防患于未然,首先,尽可能准确地预测矿坑涌水量,并据此确定合理的水仓容量和水泵的数量与规格;超前探水(放水),必要时还要进行坑道超前疏干和地表群孔预先疏干等措施与工作。此外,为了检验矿山涌水量和设计疏干手段的可靠性、有效性,可在基建时利用已建成的部分疏干工程进行坑道放水(疏干)试验。

对因坑道涌水造成泥砂溃入、坑道变形的地段,可采用超前疏干,预先降低地下水位。预先疏干的方式除前述者外,对渗透性较差、涌水量不大的松散含水层,可用打入式

过滤器、真空过滤器放水 ,配合巷道疏干 ,以提高坑道的稳定性。

采矿和疏干引起的地面变形(沉降、开裂、塌陷)对地下水的影响 ,主要是形成了沟通地面与地下巷道的各种形式的通道 ,它们将导致大气降水的汇集与下渗 ,地表水的下灌及上部含水层地下水的下泄。从而使巷道涌水量增加 ,甚至造成灾害。这部分水量 ,在勘探阶段是无法预测的 ,只有在矿山设计与施工中 ,根据所确定的采矿方法、设计影响开采范围和降水量 ,计算降水渗入量。同时 ,要在生产实践中 ,不断积累矿山开采影响范围、降雨量和巷道涌水量的增加值之间的动态关系 ,修正降雨渗入量。通常的治理办法是回填塌洞、河流改道和在采矿崩落区外设排水沟 ,以减少渗入量。

地下水对管道及排水设备的腐蚀 ,是和有色金属硫化物矿床含酸性地下水密切相关的。对此类涌水量不大 ,酸性水危害严重的矿山 ,应定期采取水样分析 ,掌握水质变化规律与发展趋势 ,与环保部门配合 ,搞好污水处理。废水中的有益元素 ,应进行回收。

第三节 水文地质条件复杂的矿山专门水文地质勘探与试验

专门水文地质勘探是在初步确定防治水方案之后 ,根据方案的要求进行的专题勘探与试验工作。它包括 ;

(1)为鉴定防治水方案的技术可靠性和为施工图设计提供资料而进行的半工业试验工程。如地表群孔疏干(抽水)试验、坑道放水试验、帷幕注浆堵水试验、疏干塌陷的试验研究。

(2)为进行防治水工程设计而进行的勘探。如寻找疏干孔位及查帷幕注浆边界的勘探。

(3)为检查矿坑涌水量 ,核定矿床充水条件 ,查清计算边界条件 ,以建立矿山水文地质模型而进行的大流量、大降深抽水试验、疏干试验、坑道放水试验。

(4)为延长矿山服务年限而延深矿坑或扩大开采范围而进行的深部或矿区外围的水文地质勘探等。

由上可见 ,专门水文地质勘探是目的性明确、针对性强 ,且要投入大量人力、物力、财力 ,花费大量时间的大型试验研究工作。它既是矿床水文地质勘探的延续与发展 ,又是它的深化与提高。

专门水文地质勘探工程的布置 ,要尽可能与矿山防治水工程相结合 ;尽可能利用已

有的开拓工程 ,力争一孔多用。

专门水文地质勘探的手段与方法 :水文地质物探是探查浅部隐伏型含水构造(岩溶带)的一种较简便、价廉的方法。除常用的地面电法(电测深、联合剖面、激发激化)外,还有感应瞬变脉冲法、甚低频电磁法、浅层地震法、高精度磁测法等。在井中物探方面,常用的有无线电波透视法、水文电测井、井中流速流量测定仪,近年来,国内外又推广发展了一批新的深孔测试手段,如电视成像测井、声波透视测井、综合测井、温度测井等。钻探是揭露含水层,查明其分布与埋藏条件的直接手段。钻孔提供了测井及各种试验的场所,又是疏干的设施。从工作性质来分,有疏干孔、直通式泄水孔、放水孔、抽水孔、观测孔、侦察孔等。按钻孔直径分为小口径孔($\phi 200\text{mm}$ 以下)、大口径孔($\phi 200 \sim 1000\text{mm}$)。另外,还有抽水试验和专门水文地质试验、深孔疏干(抽水)试验、坑道放水试验、地下水连通试验、帷幕注浆堵水试验等)。

第四节 水文地质条件复杂矿山的地下水防治

在水文地质条件复杂的矿山,为了减轻地下水的危害,改善劳动条件,保障矿山生产建设的安全,提高劳动生产效率,必须对矿坑涌水采取经济有效的防范和治理措施。

一、地下水的预先(超前)疏干

地下水的预先疏干是利用专门的排水系统,将地下水位提前降至工作中段(平台)以下,使采矿场处于干燥状态。常用的方法有地表群孔疏干与地下巷道疏干法、明沟疏干法和联合疏干法。疏干方法的选择应考虑:矿山水文地质条件和采掘生产的要求;有效地降低采矿场的地下水位,形成稳定的疏干降水漏斗并显著改善矿山作业条件;施工条件好,建设投资少,周期短,经营管理方便,费用低。

地表群孔疏干 是在地表施工穿透主要含水层,揭露强透水裂隙或岩溶带的大口径孔群,用深井泵或浅水泵抽水,以形成超前的相互干扰的深大降水漏斗或直接拦截地下水流,使被保护区处于疏干状态。此法适用于含水层渗透性好、含水丰富的矿山,但受水泵扬程的限制,疏干深度一般不能超过 300m 。

地下巷道疏干 是直接利用专门的巷道辅以坑下放水孔,拦截涌向矿坑的地下水流,或预先降低矿坑地下水的疏干方法。它以截流和疏干为主要特征而与一般巷道排水

相区别。此法应用范围较广:它不受含水层深度、性质、渗透性和富水性大小的限制,既可疏干强含水层,也能疏干弱含水层,既应用于地下矿山,也可用于露天矿山。

明沟疏干 在厚度小、埋藏浅(不超过 15~20m)的含水层中,开挖超前疏干明沟,拦截涌向露天采场的地下水。在地下矿山,可防止浅层孔隙水涌入矿坑。此方法多作为辅助疏干手段。

联合疏干 凡一个矿山采用两个或两个以上疏干方法,称为联合疏干。适用于水文地质条件复杂的矿山。

二、注浆堵水

注浆堵水是将具有充填、胶结性能和较高强度的材料配制成浆液,压入岩层的裂隙或空洞中,以局部或全部堵塞矿坑充水的通道,加固岩层,减少矿坑涌水量,预防塌陷。此法是矿山防治水害的重要方法之一。此法可分预注浆堵水和后注浆堵水两种,前者是指开凿井巷前预先注浆封堵构造破碎带、岩溶裂隙和松散透水岩层;后者则是在掘砌井巷后注浆,处理井壁漏水、加固井壁岩层和恢复被淹矿井。

三、矿山排水工程

有许多矿山,在矿坑中直接排水和设置必要的防护工程。它包括地面防水工程和矿坑防排水工程两类。地面防水工程有防水堤坝、截水沟、防渗工程;矿坑防排水工程有超前探水放水孔、防水门和挡水墙、水仓、水泵房及排水管线及监测系统;露天矿防排水工程,如各台阶临时或永久性集水沟渠、水泵房、水仓及排水管线。

四、矿床疏干引起的塌陷及其防治

隐伏的浅部岩溶发育区,由于疏干排水或井下突水,地下水位大幅度下降,使地下水对上覆土层的浮托力减少甚至完全消失。地下水运动过程中的潜蚀作用,溶洞充填物被携带流失形成新的空洞,以致在真空吸蚀力和重力的作用下,从沉降、开裂进而发展成塌陷。塌陷的产生,恶化了矿区的工程地质条件,使地面建筑物开裂甚至倒塌、耕地毁坏、河流中断、井泉干涸、铁路、公路、桥梁、管道发生变形、破坏;由于塌陷,大量地表水携带泥砂涌入矿坑,淹没铁轨、淤集水仓。更严重的是发生在地表水体(河流、湖泊)中的塌陷,将导致地表水下灌,矿坑涌水量猛增,一旦涌水量超过水泵总排水量就会造成淹井事故。

为此,应该加强对塌陷分布规律的研究,以便开展塌陷的预测工作和采取疏干塌陷

的防治措施。

疏干塌陷的分布有以下特征 多产生在构造破碎带、硫化矿体、岩浆岩体与可溶岩的接触带,特别是浅部岩溶强烈发育的地带;质纯厚度大的可溶岩层;第四系厚度较小、颗粒较粗的地层中易发生塌陷;一般情况下,降水漏斗中心部位的塌陷多于边缘部位;多分布于地下水的主要径流方向;岩溶水与地表水力联系较密切的河床及地形低洼地段。

疏干塌陷的防治措施 塌陷前的预防一般在预测的塌陷区内,不得布置重要的工业设施和建筑工程,避免造成损害;对已受影响的原有建筑和设施应适其重要程度、危害大小分别采取搬迁、加固和拆除等措施,为减少疏干塌陷主要应减少岩溶充填物和上覆盖层被潜蚀,为此应逐渐加排、放水量、减缓地下水位下降速度,避免动水位急剧下降;在疏干孔、放水孔中安装过滤器,力争水清砂尽,对可能塌陷地段进行局部或帷幕注浆;此外,还可采取改河道、地表防洪分流、回填低洼塌陷区等措施,以防地表水渗漏、倒灌,加剧潜蚀作用,同时应加强动态观测。

第四章 矿石自燃地质调查

第一节 矿石自燃的研究意义与内容

有些矿床的矿石(或围岩)氧化性能极强,特别是一些硫化物组成的矿床当其成为松散状态时,氧化更为强烈,在一定条件下,这些松散的矿石(或围岩)可因氧化而引起自燃。

矿石(或围岩)的自燃现象多发生于硫化物矿石的有色金属矿山,严重者可引起矿山火灾。

矿石的自燃,不仅可以引起坑内火灾而损坏设备和危害工作人员的安全,而且还能造成矿产资源的损失。因此,对这种自燃现象必须进行调查研究,以便掌握其规律,为有关部门采取预防性措施提供地质方面的依据。

矿石自燃的产生虽然与采矿方法、通风方式、矿石损失状况、采下矿石的堆放时间和方式等采矿技术有关,更重要的还是取决于矿床的地质因素。如矿石的化学及物理性质以及矿床的赋存特点等。因此,对矿石自燃的调查研究是矿山地质人员责无旁贷的职责。

在矿石自燃的地质调查时,须进行下列几项工作:预防自燃的地质调查,处理自燃火区的地质调查及有自燃倾向地段爆破安全的地质调查等。

第二节 矿石(或围岩)自燃基本过程

矿石(或围岩)自燃产生的原因是由于矿石中各种硫化物的氧化,因为硫化物氧化的过程是一个放热的过程。以黄铁矿为例,其氧化时的化学反应方程式如下:



当氧化作用不断聚集起来的热量,不能逸散时即可引起自燃。

含硫化物的矿床一旦被坑道工程揭露后,尤其爆破成松散体后,氧化作用就不可避免地要开始。即使坑下的温度是常温(10~15℃),随着氧化的进行,矿石的温度可逐渐增高。而温度的升高使其氧化产物[如 $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ 或 H_2SO_4 等]又进一步加速了氧化速度,当温度升高到一定程度后,可出现自热的转折点,可称为温升加速点,此时,自热速度可超过原速度的几倍甚至几十倍。例如湘潭锰矿顶板的黑色页岩便有此情况,220℃是该页岩氧化自热的转折点;又如黄铜矿当温度升高到270℃时,自热的速度可达到原速度的38倍,铜官山铜矿的某些矿石的温度加速点甚至可低至摄氏40多度。当矿石温度超过温升加速点后,氧化自热速度急剧加速,终于到达始燃点,而产生自燃现象。这种自燃现象既可发生于坑内受到破碎的存窿矿石或损失于废采场的矿石中,也可发生在裂隙较多的原矿石中,甚至发生于地表堆积的矿石中。在此需要指出的是除了硫化矿物是引起自燃的主要物质外,矿石中的一些其它物质如酚类等有机物或挥发物等也可能引起或促进自燃的发生。

实验证明:在矿石本身性质相同的情况下,矿石的氧化速度与矿石的破碎程度、温度以风流速度等因素有关。一般破碎块度小的块石和湿度大的矿石氧化较快,而风流速度则有一定限度。一般当矿石灼热后,每一定温度都有它自己的吹送空气极限速度,到了这个极限速度,矿物的自热与散热达到平衡,温度逐变为固定,如风速超过了这个极限速度而继续增高,那么由于散热大于自热,温度就会下降。

第三节 预防矿石自燃的地质调查研究

为了掌握矿石自燃的可能,对矿石有自燃危险的矿山,需对下列地质因素进行调查

研究 ①矿区范围内的矿石和岩石的物质成分及其含量 ,特别是能引起自燃的那些成分 (如硫化物)及其含量 ②矿石的结构构造特点 ③通过试验测定矿(岩)石氧化速度、升温加速点和始燃点 ④矿石的物理性质(如导热系数等)和力学性质(如与破裂程度有关的脆性等) ⑤矿体厚度、产状、矿床分带性及其变化特点 ⑥矿床水文地质条件及地下水的成分等。

根据上述调查资料的综合分析 ,还应在有关地质图上圈出自燃危险性程度不同的地段。以作为采取预防措施的依据。

第四节 预测自燃火灾并圈定火源的方法

一、矿坑内地下水分析法

根据许多实际观测资料证明 ,在硫化物矿床“火区”里流出来的地下水 ,其成分与非“火区”流出来的地下水是绝然不同的。如硫化物矿床“火区”流出来的地下水中 Fe^{2+} 和 SO_2^- 的浓度比非“火区”有明显的增高。某些硫化物铜矿床中 ,在非“火区”中每升水内铜的含量仅有千分之几克 ,而从“火区”流出来的水中铜含量可渐渐增至 $5 \sim 10\text{g/L}$ 以上 ,铁的含量也从 0.05g/L 增至 15g/L 以上。由此可见 ,系统的分析矿坑各地段涌水的成分 ,在一定程度上可以预测矿石自燃是否发生或即将发生的地段。

二、矿物学—地球化学法

在氧化作用剧烈的条件下 ,矿体中的化学反应作用 ,能形成一些特殊的伴生矿物如胆矾、铁矾等 ,这些伴生矿物大约有 20 几种。在“火区”的每个发展阶段都有特殊的地球化学过程。因此 ,“火区”的每个发展阶段都因其独特的伴生矿物而区别于其它阶段。伴生矿物的变化主要是决定于“火区”形成时期长短和矿石的化学成分。故对已知“火区”附近特征矿物进行系统调查 ,可以掌握这些矿物的种类及分布规律 ,以便对未知“火区”进行预测。

三、利用地层等温线圈划火源法

为了确定“火区”界线,可在强烈氧化区(自燃区)的范围内,沿走向方向和宽度方向,每隔若干距离测量岩石的温度,然后将各点测得的温度值,标定在垂直剖面图或水平断面图上,绘成等温线图,用以表明火区的温度变化,借以掌握该区范围内有无危险的升温现象,确定升温地带的边界,研究初期火灾在时间上的演化过程等。

第五章 矿山污染地质调查

第一节 矿山水土污染的地质调查

成矿过程可使矿区某些元素的含量异常,而在矿山基建和以后的生产过程中,大量废石、废水及尾矿排放到地表,可进一步加剧矿区水、土中某些元素的异常,以至出现严重的污染。因此,为了协助环保部门搞好环境工作,在矿山开发过程中就应进行下列几方面的调查研究工作。

一、矿山原始环境地质调查与评价

此项工作的目的是为了查明尚未采掘的地质体,能否成为污染源和出现污染的可能程度。其主要工作内容包括:查明地质体中可能造成污染的有害物质的赋存状态、含量及分布,进行原始环境质量评价,以确定潜在污染源及其可能造成的污染程度;对可能产生污染的矿山,还要编绘出污染源分布图。

二、环境污染定点定期监测

对于经过原始环境地质质量评价,断定有可能产生环境污染的矿山,在基建阶段就应开展环境污染监测工作,对此,可先在废石堆以及矿坑水排入的水体(河、湖、塘或水库)布置一定的监测点,定期测定水体和土壤中有毒组分浓度的变化,如发现污染情况,还应及时扩大布点范围,以开展全面监测。

三、废石中污染元素风化扩散情况调查

要调查开拓中排出废石的风化速度 ,并测定废石堆中元素的流失情况和从废石堆流出的水流中有害组分的含量 ,以便查明它们对附近水体、下游水体以及周围土壤的污染影响。

四、水土污染危害的调查

配合环保部门对矿区附近一定范围内 ,随开采的不同阶段 ,调查水土污染对人体健康和其它动、植物的危害 ,确定与环境条件和污染的关系。

矿山主要有害金属元素及其对人体健康的危害性见表 16－5－1。

表 16－5－1 有色金属矿山主要有害金属及对人体危害

元 素	含 量	危 害
铜	人体正常含量 100～500mg	超过人体正常含量有害 ,含铜盐类如硫酸铜更具毒性
铅	矿区空气中正常含量 1.3μg/m ³	铅可以形成不溶性的磷酸三铅 ,进入人体后在骨骼中沉淀 ,也可少量进入肝、脑、肾等内脏器官 ,对神经系统、血液皆有害
镉	土壤 1.0ppm(土壤环境标准) 饮水 0.01ppm(饮水标准) 废水 0.1ppm(排放标准) 大气 1.0ppm(排放标准) 废渣 0.3ppm(废物处理标准)	镉中毒引起“ 骨痛病 ” ,死亡率达 58%
锌		锌本身无害 ,但其盐类能使人体内蛋白质沉淀 ,对皮肤、粘膜有刺激腐蚀作用
砷	选冶车间、巷道空气中最高允许含量为 0.3mg/m ³ ,三价砷对人的致死含量为 70～180mg	砷对人、动、植物均有严重危害 ,以三价砷为最强烈 ,能使小孩患骨质疏松残废畸形 ;成人头痛、呕吐、腹泻 ,重者死亡 ;砷与喉、眼癌及白血病有关
汞	空气中正常汞蒸发量应少于 0.1mg/m ³ ;成人体内允许含量小于 100ng/ml	甲基汞引起“ 水侯病 ” ,空气中含汞超标可引起知觉障碍病变
铍	车间、巷道允许含量为 1μg/m ³	急性中毒时发生眼结膜炎 ,接触性皮炎 ,支气管炎、肺炎 ;慢性中毒产生铍肺病 ,并可导致乳癌、宫颈癌、骨癌 ,铍中毒死亡率为 36%

元 素	含 量	危 害
镍	空气中允许含量 :镍金属小于 $1\text{mg}/\text{m}^3$,四羰基镍小于 0.001×10^{-6}	镍化物对皮肤、粘膜有强烈刺激作用 ,口服后发生呕吐、肠胃炎 ,严重时可致死
钒	车间、巷道允许含量为 :五氧化二钒烟气 < 0.1 粉尘 < 0.5 ,钒铁尘 $< 1\text{mg}/\text{m}^3$	主要是呈五氧化二钒烟雾引起中毒 ,其粉尘及钒铁尘可引起呼吸、血液循环和神经系统疾病
砷	车间、巷道允许含量 砷粉尘 $< 0.1\text{mg}/\text{m}^3$,砷化氢 $< 0.1\text{mg}/\text{m}^3$, 气体六氟化砷 $< 0.02 \times 10^{-6}$	砷中毒症状为头痛、眩晕、昏睡

第二节 矿山空气污染的地质调查

在矿山开拓及其生产过程中都会有一些矿(岩)石粉尘悬浮于空气中 ;一些有害气体(如氡气、 SO_2 、 CO_2 、 H_2S 等)也可从地质体中逸出 ,这些都可能对矿山空气造成污染 ,危害人体健康。因此 ,在矿山开发阶段就有必要对可能造成污染的地质因素 ,进行调查研究 ,为矿山采取预防措施提供资料。

一、有害粉尘的地质调查

有害粉尘的地质调查主要工作包括对空气中粉尘样品的矿物成分、粒度、尘粒形状等进行显微镜下鉴定 ,对井巷中岩石及矿石样品进行鉴定 ,并与相应地段空气中粉尘的鉴定结果进行对比分析 ,以查明易于产生有害粉尘的岩石、矿石或其中某些矿物 ,编制有害粉尘预报地质图 ,即在有关地质图上圈出可能产生有害粉尘地段。

二、有害气体的调查

有害气体主要指自地质体逸出的有害气体如氡气和二氧化硫气体等。调查时应查明有害气体成分、含量(浓度)、来源和逸出部位等 ,并绘成相应图件和对影响程度作出评价。

第六章 矿山地热地质调查

第一节 地热研究的意义

对于位于地热异常区的矿山或预计开采深度较大的矿山,一方面应掌握地热的变化规律,以便在矿山开采中采取适当措施,避免其危害;另一方面又应尽可能设法利用它来为生产和生活服务。为此目的,应进行下列几方面工作:

1. 查明影响矿区地热变化的地质因素,并定期在专门的钻孔或井下测温钻孔中进行地温观测,了解地热增温率等地热变化规律,以便预测深部尚未施工井巷或采场中的最初温度。

2. 对存在地热异常的矿山,应查明产生异常的地质条件和地下地温梯度的空间变化,圈定地热异常范围,计算热流密度,推算热储温度,并对地热异常的成因、热储结构特征、控热构造及可能存在的热源做出合理的分析推断。

在地球内部由于放射性元素不断进行蜕变或其它原因放出大量热量,加之岩石是热的不良导体,因此在地下深处积累了大量热能,温度较高,此种现象称为地热现象。随着矿山开采深度的加大,地热将逐渐升高,此时矿山地质工作部门必须对地热进行观测和研究。

在年常温带以下,地壳温度随着深度的增加而作有规律的增加,因此矿井内岩石的温度也随着矿井的延深而逐渐增高,矿井中空气的温度也随着岩石温度的增高而增高,掌握此种地热变化规律可以预测某个深度下巷道内空气的温度,所以研究矿区内地温变

化规律对于深部采掘工程的设计是有很大大实际意义的。我国冶金工业部所制订的矿山安全规程规定 :井下作业地点最高允许温度 ,当湿度小于 90% 时 ,不应超过 26℃ ;当湿度大于 90% 时 ,不应超过 25℃。因此研究地热对采矿工作的影响对矿山的深部开采具有普遍意义。尤其是随着我国矿业的不断发展 ,地下矿山开采深度将不断加深 ,对此问题进行研究将更加重要。

第二节 地热增温率及其影响因素

一、地热增温率

是地热增温和地热增温级的统称。在年常温带以下地壳温度作有规律的上升 ,每增加一单位深度(一般采用 100m)时 ,温度的增加值(摄氏度数)称为地热增温度 ;反之 ,平均温度每上升 1℃所需要增加的深度值(一般用米表示)则称为地热增温级(又称地热梯度)。世界各地平均的地热增温度约为 3℃ ,平均地热增温级约为 33m ,但在各地区可以有有很大的不同。

二、影响地热增温率变化的因素

- ①岩石导热性的不同 :导热性好的岩石 ,其内部热量易于传导 ,所以温度易于趋向均匀 ,单位距离的温度差可较小 ,因而地热增温度的数值较小 ,而地热温级的数值则较大。
- ②各地区岩层产状的不同 :具有层状构造的岩石 ,沿其不同方向导热性是有所不同的。一般平行层面方向物质结合较紧密导热性较好 ,而垂直层面方向则相反。因此 ,如果两个地区虽然其岩性相同 ,但产状不同 ,则在岩层产状为水平状态时地热增温度的数值将较大 ,地热增温级的数值则较小 ;而当岩层产状为垂直时 ,地热增温度的数值将较小 ,地热增温级的数值将较大。当岩层为倾斜时 ,则其地热增温率的数值界于上述两者之间。
- ③地下岩石或矿石所发生的化学反应 :地下某些岩石或矿石在其发生化学反应时 ,有时是放热的 ,例如含某些硫化物的岩石或矿石在其发生氧化时能放出热量。此时其内部温度必然升高 ,使此岩石或矿床与近地表岩石的温度差加大 ,因而地热增温度数值增大 ,地热增温级数值减小 ;相反 ,此放热岩石或矿床与其下伏岩石间的温度差则相对减小(因为深部岩石本来温度就高)而使该放热岩石或矿床以下的地热增温度数值减小 ,地热增温

级数值增加。在放热反应的岩石或矿床中进行采矿作业时,常由于温度太高而给工作带来很大困难,甚至危险。④地下水的影响 灼热的地下水能使岩石温度升高,冷的地下水甚至在相当深的深度下能降低岩石的温度,因此地下水的温度亦能改变局部地区的地热温度及地热增温率的变化。这种情况在采矿中亦必须注意。

第三节 地热变化规律的调查及坑道最初温度的预测

要掌握矿区内地热的变化规律,首先应对影响地热增温率的地质因素进行调查研究,以便查明影响矿区地热变化的控制因素。此外,还须定量地确定矿区地热年常温带的深度、温度及地热增温率。

为确定矿区地热常温带的深度及温度,可选择一个或数个钻孔进行不同深度、不同时期的地温观测,一般需深约一百米的钻孔即可。如无钻孔,也可在不同深度的坑道中进行,但应尽可能避开矿山通风和排水的影响,并在坑道壁上打出水平炮孔,在炮孔中采用如下的测温方法进行测定。观测次数一年内至少要有两次,且要捕捉到地温变化的极值。由于地温变化滞后于气温变化,深度愈大,滞后时间愈长,因此一年中常温带以上的地温极大值多数不在气温最高时出现,而极小值也不在气温最低的月份出现。因此,为了捕捉地温变化的极值,最好每季观测一次,每年能达到四次。如果进行上述实测工作有困难,也可采用估算办法。根据中科院地研所地热组资料,可以采用下列公式进行估算:

$$H = 19.1 \cdot h \quad (6-1)$$

式中 H ——年常温带深度;

h ——日常温带深度。

而年常温带的温度一般相当于当地年平均气温(地面),后者通常比年平均气温高出 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 。上述日常温带深度,年平均地面温度以及年平均气温的数据,一般均可在当地气象台站直接查到。

为了定量地确定矿区地热增温率,还必须在矿区内不同深度的已开凿的井巷中测量地温,然后求出矿区内地热增温率,并用此调查所得到的地热增温率预测深部设计井巷中的最初温度。

根据上述测定结果,可用下式求矿区内的地热增温级:

$$q = \frac{h_1 - h}{T - t_{cp}} \quad (6-2)$$

式中 q ——地热增温级；

h_1 ——测点深度；

h ——年常温带深度；

t_{cp} ——年常温带温度；

T ——深度为 h_1 时的地温。

在求得矿区地热增温级后 ,就可以用以预计某个深度处的地温 ,其计算公式为：

$$T' = t_{cp} + \frac{h' - h}{q} \quad (6-3)$$

式中 T' ——预计深度 h' 处的地温；

h' ——预计深度 ,其它符号同上式。

除此之外 ,也可以利用求得地热增温度的平均值以预测深部岩石的可能温度或预测深部坑道或采场的最初可能温度。

第四节 地下热水的运动及地热异常的调查

一、地下热水的运动

前述的地热调查 ,属于一般正常情况下地热规律的调查 ,这种调查只对开采深度大的地下开采矿山才是必要的 ,但是有的矿区 ,当存在地热异常时 ,不论开采深度如何 ,都需对地热异常规律进行调查。

地热异常现象往往与大地构造、岩浆活动等因素有关 ,但就矿区范围来说 ,其分布与变化又与地下热水的运动有关。因此处于地热异常区的矿山还必须调查地下热水的运动。地下热水与其它地下水一样 ,其运动受地质构造、透水层和不透水层的分布、地形变化等条件的控制。所以需调查这些因素与地下热水运动的关系。

二、地下热水异常的探查方法有

热晕法、电阻法、氡晕法、水化学法和同位素等方法。在此从略。

第五节 地热的利用问题

地热资源是一种很有希望的能源,在我国已得到重视,利用也较广泛。例如,广东、河北等地区已利用地热发电,天津地区还将 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 的地下热水直接用于锅炉和冬季取暖,湖北、天津地区用地下热水调节稻田水温,解决春寒早稻的灌溉和烂秧等问题,都取得了良好的经验与成就。

但地热在生产矿山多利用于防寒方面,特别在我国东北和西北地区,由于冬季冰冻时间较长,大气温度低达 $0 \sim 40^{\circ}\text{C}$,坑口冬季冰冻现象严重,甚至严重影响了生产,为此可利用地热进行井筒、坑口防寒,从而节约大量防寒经费。

利用地热防寒的办法是把空气送入提升井口之前,先将空气压入一定深度的坑道内,利用地热以提高其温度,这样就可使提升井口变暖而不致发生冰冻现象。

在此工作中,地质人员可从事预热巷道中各种岩石的对流热系数、导热速度、巷道中岩石地温等项的调查工作,以供设计预热坑道分布及长度等的参考。

在上述调查的基础上,计算岩石在单位时间内传导给空气的热量,可参照下式计算:

$$d_0 = \frac{K(t_0 - t)P \cdot d_x}{3600} \quad (6-4)$$

式中 d_0 ——单位时间内预热坑道传导给空气的热量;

K ——热导系数,即单位时间内(小时)单位面积(平方米)传导给空气的热量;

t ——岩石在坑内的原始温度;

t ——空气温度;

P ——预热坑道周长;

d_x ——预热坑道长度。