



高等学校“十一五”规划教材

矿井安全技术

Kuangjing Anquan Jishu

王福生 袁东升 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

矿井安全技术

王福生 袁东升 主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书共九章,全面阐述了矿山开采安全技术、矿井顶板事故防治技术、矿井瓦斯防治、矿井火灾防治、矿井水灾防治、矿尘防治、爆破安全技术、电气安全、矿山救护等内容。本书可作为高等学校采矿工程、安全工程及相关专业的教材或教学参考书,也可供从事矿山安全的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿井安全技术/王福生,袁东升主编. —徐州:
中国矿业大学出版社,2011.7
ISBN 978 - 7 - 5646 - 0708 - 1
I. ①矿… II. ①王…②袁… III. ①矿井安全
IV. ①TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 134569 号

书 名 矿井安全技术
主 编 王福生 袁东升
责任编辑 郭 玉
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市解放南路 邮政编码 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 21.5 字数 537 千字
版次印次 2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

煤炭是我国的主要能源,在国民经济中具有举足轻重的地位。随着煤炭工业的发展和煤炭产量的不断提高,煤炭生产的安全形势日益严峻,安全事故不断发生,给国家和人民的生命财产造成了不可估量的损失,严重影响了煤矿生产的顺利进行,改善煤矿安全状况已经成为煤矿生产的当务之急。

我国煤矿 90% 以上采用井工开采,特殊的作业空间和生产特点决定了开采过程的多灾害性,水、火、顶板、瓦斯、煤尘等煤矿主要灾害时刻威胁着矿工的生命。如何与矿山灾害做斗争,控制矿山事故的发生,创造一个安全舒适的矿山作业环境,保障煤矿生产的正常、顺利进行,已经成为煤矿安全生产的首要任务。

知己知彼,百战不殆。要想在与矿山灾害做斗争中取得主动权并最终战胜灾害、消除事故,就必须对矿山灾害发生的原因、特点、机理、模式进行研究,掌握其规律,扬长避短,主动出击,采取针对性的预防和控制措施,做到早发现、早行动、早控制,防患于未然。

人们在长期的煤炭工业生产过程中,与上述各种自然灾害斗争,不断积累经验,吸取教训,总结规律,建立理论,完善措施,逐渐形成了关于煤矿灾害防治的技术理论和实践知识体系。这些理论一方面有力地指导了人们的煤矿安全生产实践,另一方面也接受了实践的不断检验,并随着实践的发展而不断完善、丰富,从而在新的高度上进一步指导煤矿安全生产。

本书主要介绍矿山灾害产生的机理和防治技术。编写的指导思想是以实际应用为主,坚持理论联系实际的原则,突出矿山安全的特点;在内容上力求深入浅出,循序渐进,既有成熟的理论基础知识和基本技能,又有最新研究成果和技术;在形式上力求新颖美观,图文并茂,层次清楚,条理分明,做到科学性、知识性、先进性的有机统一。

全书内容分为九章,各章节的编写分工如下:第一章由河南理工大学袁东升教授编写,第二章由河北理工大学张嘉勇老师编写,第三章由河南理工大学余本胜副教授和河北理工大学柳晓莉老师编写,第四章由河北理工大学王福生教授编写,第五章由河南理工大学余本胜副教授和河北理工大学马亚杰副教授编写,第六章由河南理工大学许彦鹏老师编写,第七章由河南理工大学程磊副教授编写,第八章由河南省焦作市技师学院付惠琪老师和河南理工大学袁东升教授共同编写,第九章由河南理工大学李小军老师和韩学峰老师编写。此外,内容提要、前言、目录、参考文献部分由河北理工大学王福生教授负责编写。

由于编者水平有限,书中难免有不当或错误之处,敬请读者不吝指正!

编者

2010 年 5 月

目 录

第一章 矿山开采安全技术	1
第一节 煤矿开采安全的基本条件	1
第二节 煤系地层、地质构造对煤矿安全生产的影响	3
第三节 井巷工程、开采顺序和常用采煤方法的安全管理	7
复习思考题	13
第二章 矿井顶板事故防治技术	14
第一节 采场顶板事故类型及比例	14
第二节 采场顶板事故原因分析	15
第三节 局部冒顶的防治	20
第四节 采场大面积冒顶事故的防治	37
第五节 巷道顶板事故的预防及处理	50
复习思考题	83
第三章 矿井瓦斯灾害防治	85
第一节 矿井瓦斯的概念与性质	85
第二节 煤层瓦斯的生成与赋存	86
第三节 矿井瓦斯涌出	92
第四节 矿井瓦斯涌出量预测	96
第五节 矿井瓦斯爆炸及防治	102
第六节 煤与瓦斯突出及防治	118
第七节 煤与瓦斯突出防治措施	129
第八节 防治煤与瓦斯突出措施效果检验	135
第九节 突出矿井的技术管理	137
复习思考题	140
第四章 矿井火灾防治	142
第一节 概述	142
第二节 外因火灾及其预防	144
第三节 自燃火灾及其防治	146
第四节 自燃火灾早期预测预报	164
第五节 矿井灭火	170
第六节 矿井火灾时期风流控制技术	176

复习思考题·····	185
第五章 矿井水灾防治 ·····	187
第一节 水文地质基本知识·····	187
第二节 矿井水灾的发生·····	198
第三节 地面防治水·····	202
第四节 井下防治水·····	203
复习思考题·····	217
第六章 矿尘防治 ·····	218
第一节 矿尘基本知识·····	218
第二节 矿尘的防治·····	224
第三节 防止与隔绝煤尘爆炸·····	240
第四节 煤矿粉尘测定·····	246
复习思考题·····	250
第七章 爆破安全技术 ·····	251
第一节 爆炸与炸药的基本概念·····	251
第二节 安全炸药的原理与矿用炸药·····	260
第三节 起爆器材与起爆技术·····	266
第四节 爆破作业安全管理·····	280
第五节 爆破事故的预防与处理·····	284
复习思考题·····	286
第八章 电气安全 ·····	288
第一节 矿井供电系统·····	288
第二节 安全用电常识·····	291
第三节 电气设备防爆·····	293
第四节 井下供电保护·····	299
第五节 井下电气灾害·····	306
第六节 矿井供电设备·····	309
复习思考题·····	316
第九章 矿山救护 ·····	317
第一节 概述·····	317
第二节 主要呼吸保护装备·····	319
第三节 矿工自救·····	325
第四节 现场急救·····	333
复习思考题·····	335
参考文献 ·····	336

第一章 矿山开采安全技术

第一节 煤矿开采安全的基本条件

在党和政府的高度重视下,我国煤矿的安全生产状况得到不断改善。国家先后制定了多种安全生产法律法规,对《煤矿安全规程》进行了多次修改,制定了完善的安全生产目标管理责任制,深入开展了质量标准化、安全创水平活动,积极推广使用新技术、新装备,加强了安全监察、安全管理和安全培训,矿井抗灾、救灾能力不断提高。

我国煤矿约 90% 以上采用井工开采,地下作业是井工开采的基本特点。与地面作业相比,地下作业存在许多不安全的自然因素,其中水、火、瓦斯、矿尘、顶板是煤矿井工开采危害最为严重的五大灾害因素。井工煤矿技术人员和安全生产管理人员必须了解灾害发生和发展的规律,鉴别灾害发生前的征兆,掌握灾害防治的主要措施,才能较好地预防和控制灾害。

一、煤矿开采安全的基本条件

煤矿生产是地下作业,环境条件复杂。在生产过程中,有害气体和矿尘的大量产生,以及水分的蒸发和散热作用等因素的影响,使进入矿井空气的成分、温度、湿度等发生了一系列的变化,形成了恶劣的气候条件。因此,为了保护煤矿职工的身体健康和生命安全,减少事故的发生,保证正常生产,必须对矿井进行通风。同时必须满足下列要求:

- ① 向井下供给足够的新鲜空气,满足井下人员的需要。
- ② 冲淡和排出有害气体和浮游矿尘,将其控制在安全浓度范围内,保证安全生产。
- ③ 调节井下的温度和湿度,提供井下适宜的气候条件,创造良好的生产环境。

除了满足通风要求外,为保证矿井的安全生产必须建有安全可靠的排水系统,工作面和备用水泵的排水能力应满足 20 h 内排出矿井 24 h 的最大涌水量的要求。

为满足矿井安全生产的要求,还应建立可靠的供水、供电系统,运输、提升系统,防灭火系统,以及通信联络系统等,这些均是煤矿安全生产的基本条件。

二、煤矿开采主要灾害及安全管理

瓦斯爆炸是煤矿生产的主要灾害之一。煤矿一旦发生瓦斯爆炸,危害十分严重,其爆炸时产生的高温、高压和有害气体可造成人员大量人员伤亡。因此,防止瓦斯爆炸是安全管理的重点。其主要措施是防止瓦斯局部积聚,防止煤(岩)与瓦斯突出,防止火源引燃瓦斯。

矿尘包括煤矿生产过程中产生的煤尘、岩尘和水泥粉尘等。矿尘不但对井下工作人员的健康不利,而且在一定条件下还可能产生燃烧或爆炸,除此之外还会加速机械设备的磨损

和影响视线。因此,应采取各种有效的排降尘措施,将矿尘浓度控制在国家规定的浓度标准范围之内。

防治矿井火灾是安全生产和管理的重要内容。首先应通过改进开采技术措施,建立完善的通风系统,采取防止漏风和预防性灌浆、喷洒阻化剂、均压灭火、注惰性气体等综合措施,防止煤炭自燃的发生;其次应通过采用不燃性支护材料,杜绝或控制明火和电火花的生产等有效措施,防止煤矿外因火灾的发生。

矿井水害对煤矿安全生产的影响和危害很大,轻则使生产条件恶化、管理困难,重则造成人员伤亡或淹井事故。因此,在保证排水系统可靠的前提下应该加强采掘工作面的探放水安全管理工作。同时,对采掘工作面透水事故应制定详细的应对措施。

顶板事故会造成井下人员伤亡、设备损坏、生产停顿等,是煤矿生产的主要灾害之一。随着开采深度的不断增加和巷道断面的不断加大,预防采掘工作面的顶板事故更加重要。为防止顶板事故的发生,首先,应制定和严格执行合理的顶板管理安全技术措施,在井田开拓和开采中应尽量避免矿山压力的影响和叠加;其次,应建立一套顶板灾害发生的预警、预报系统,增强控制顶板安全的主动性。

随着我国煤矿开采深度的不断增加,冲击地压的危害也将更加突出。冲击地压又称岩爆,常伴有煤岩体抛出、巨响及气浪等现象。它具有很大的破坏性,也是煤矿重大灾害之一。防治冲击地压的措施应根据冲击地压发生的原因和机理制定,应注意在采掘工作面附近降低应力集中,如采用无煤柱开采、超前开采保护层、合理安排开采顺序等方法均可降低应力集中。孤岛煤柱是主要的应力集中因素,开采中应尽量避免出现孤岛现象。在煤层开采中,生产地质条件极为复杂,往往由于人们对冲击地压发生的条件不能完全掌握,没有预先采取防范措施或防范措施不完善,形成局部煤层地段的高应力集中。因此,在煤层开采过程中必须对这些地段及时进行处理,以保证安全生产。对已形成冲击危险或具有潜在冲击危险的地段的处理措施称为解危措施,它属于暂时的局部性措施,包括煤层爆破卸压、钻孔卸压和诱发爆破等。

三、煤矿生产的其他安全管理

由于地质条件复杂多变,采掘工作面难免会遇到一些地质变化,如工作面遇到断层、褶曲、火成岩侵入或冲刷带等地质变化,或遇到过老巷、工作面初采和末采等,会给开采造成安全隐患。因此,在编制作业规程时,应制定安全技术措施。对于通常的安全技术措施,如支柱、回柱或移架,机械设备的安全生产操作,水、火、瓦斯、煤尘重大灾害的预防和处理,爆破事故的预防及避灾撤人的路线等,可根据《煤矿安全规程》及工种操作规程等有关规定,结合实际条件制定和执行。

运输提升系统是煤矿生产安全的重要环节,它线路长、环节多、设备类型多、条件复杂,若存在人员违章、安全设施不全、轨道质量差、管理跟不上等情况,都会引发井下运输事故,造成人员伤亡和财产损失。因此,必须高度重视运输提升安全,正确合理地使用各种运输提升设备,健全各项规章制度,确保运输提升安全。

煤矿生产中为了生产安全需要留设各种煤柱,采掘生产中严禁超采和破坏这些煤柱。除此之外,注意工作面上下端头出口处的维护和加强支护,确保安全出口畅通无阻等,都是煤矿生产安全管理的任务。

第二节 煤系地层、地质构造对煤矿安全生产的影响

一、煤系地层

1. 煤系地层

煤系地层是在一定地质历史时期形成的具有成因联系的大致连续沉积的一套含煤岩系,它的厚度从几十米至几千米不等。构成煤系的岩层主要有泥岩、页岩、粉砂岩、砂岩及煤层。在近海型煤系中,常有海相石灰岩;在有火山活动的地区,可能含有火山碎屑岩。煤系岩层常呈灰白色、灰色或黑色。

2. 煤层

煤层是由植物残体大量堆积,经成煤作用形成的层状固体可燃矿产,它是煤系地层的重要组成部分。煤层的厚度及其变化是评价煤层工业价值的主要指标,也是选择采煤方法的主要依据。

煤层的形态按其成层的连续程度分为层状煤层、似层状煤层和非层状煤层。层状煤层指煤层呈连续的层状,层位稳定,厚度变化小,且有一定规律性;似层状煤层的层位比较稳定,有一定的连续性,煤层厚度变化较大,无一定规律性,如呈藕节状、串珠状等;非层状煤层的层位极不稳定,连续性很差,尖灭与分叉现象普遍,煤层厚度变化很大,且无一定规律,常常是局部可采,如鸡窝状、扁豆状、透镜状等。

煤层厚度是指煤层顶底板之间的垂直距离,也称为煤层真厚度。煤层厚度是影响煤矿开采的主要地质因素,是选择采煤方法的主要依据。煤层发生分岔、变薄、尖灭等厚度变化,直接影响煤炭实际储量的测量和煤矿正常生产的进行。

二、地质构造

原始沉积的煤系地层,一般都是水平的或近似水平的,并在一定范围内连续分布。但是,由于后期地壳运动及外力作用的影响,使岩层产生变位,改变了原始的面貌,形成了各种各样的地质构造。

矿井地质构造是井田边界及其范围内的褶皱、断层、节理和层间滑动等地质构造的统称。矿井地质构造是影响煤矿生产和安全的最重要的地质条件,也是岩体失稳的重要地质因素。构造变动轻微的缓斜岩体,整体强度较高,稳定性好,巷道侧压小于垂直压力。构造变动强烈的急斜、直立和倒转岩体,内部结构往往破碎,整体强度较低,巷道侧压大于垂直压力,工作面易出现坍塌滑移、片帮冒顶,稳定性较差。裂隙节理发育带、断层破碎带、软弱夹层的层间滑动带,矿山压力较大,煤层顶板容易冒落,容易发生顶板事故。

(一) 褶皱构造

岩层受到水平力的挤压而发生波状弯曲,但仍保持岩层的连续和完整性的构造形态称作褶皱构造,如图 1-1 所示。

1. 褶曲构造

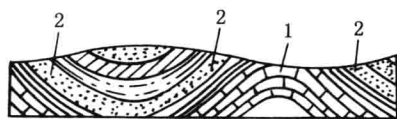


图 1-1 褶皱构造

1——背斜;2——向斜

褶皱构造中每一弯曲为一个褶曲,它分向斜和背斜两种形态。背斜为岩层层面向上突起的弯曲,并且在水平切面图上中心核部为老岩层,两翼是新岩层。向斜为岩层层面向下凹的弯曲,并且在水平切面图上中心核部为新岩层,两翼为老岩层。

褶曲改变了煤、岩层的力学性质和受力状态。一般情况下,煤层往往在向斜、背斜的轴部增厚而两翼变薄。坚硬岩层在轴部的顶端常常产生断裂、岩体破碎等现象,裂隙中常有其他充填物质;在轴部的内侧,有的岩层还存在残余应力,积聚着一定的能量,而且在同一褶曲中,向斜轴部的残存应力要比背斜轴部的大,且易导致煤(岩)与瓦斯突出。在上述条件下布置采区巷道时,要采取加强支护的措施以避免由于应力集中而引起的煤(岩)与瓦斯突出。

2. 褶曲构造对煤矿安全生产的影响

研究褶曲构造的目的,决不能停留在只了解褶曲构造的产生、形态及其表现方法上,更重要的是在矿井设计和施工中,特别是在煤矿安全生产中,如何对待褶曲构造。

在褶曲构造中,向斜轴部的残存应力要比背斜轴部的大,因此,在有瓦斯突出危险的矿井,向斜轴部是瓦斯突出的危险区。由于向斜轴部顶板压力大,再加上是煤与瓦斯突出的重点区域,褶曲有时会改变原岩应力分布,从而改变工作面区域顶板的受力状态。大的褶曲构造只是使煤层倾角发生变化,对工作面顶板压力的影响不是很明显。但由于中、小褶曲使煤层起伏不平,特别是小褶曲可能造成顶板局部破碎,在采掘工作中,极易发生工作面局部冒顶,给顶板的安全管理工作带来很多困难。同时,褶曲的翼部受强烈侧压,其煤层常被挤拉变薄,背斜轴部及向斜轴部的煤层也可能增厚。这都增加了开采的困难。工作面经过煤层变薄带,由于顶板岩层下沉,使顶板极易离层和破断,并可能发生顶板短时急剧下沉,造成冒顶事故。大型向斜轴部顶板压力常有增大现象,必须加强支护,否则容易发生局部冒顶、大面积冒顶等事故,给顶板管理和煤矿安全生产带来很大困难。

(二) 断裂构造

岩层受力后遭到破坏而断裂,失去了连续性和完整性的构造形态称为断裂构造。岩层断裂后,断裂体两侧岩层没有发生显著错位的称为裂隙;发生明显错位的则称为断层。

1. 断层构造

断层就是断裂面两侧煤岩层发生显著位移的断裂构造。断层的基本组成部分有断层面、断层线、断层交面线、断盘和落差(断距),通常称为断层要素,如图 1-2 所示。

① 断层面。断层的断裂滑动面称为断层面。它在空间的方位和形态用其产状要素来描述,即断层面的走向、倾向和倾角。

② 断盘。位于断层面两侧的岩块称为断盘。位于断层面上方的叫上盘,位于断层面下方的叫下盘。若断层面是直立的,就不分上下盘,这时可按方位来表示。

③ 断层线和断层交面线。断层线指断层面在地表的出露线,也就是断层面与地面的交线,它反映了断层的延伸方向。断层面与岩层面的交线称断层交面线。断层面与煤层底板

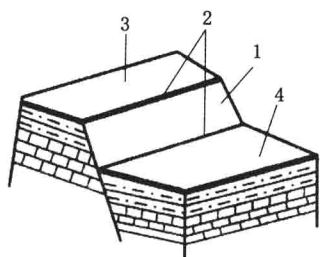


图 1-2 断层要素

1——断层面; 2——断层交面线;
3——下盘(上升盘); 4——上盘(下降盘)

面的交线称煤层交面线,或称断煤交线。

④ 断距。断距指断层两盘相对错开的距离,包括真断距、地层断距、铅直断距和水平断距等。铅直断距也称为落差。

根据断层上、下两盘岩体相对位移的性质,通常将断层分为正断层、逆断层和平推断层,如图 1-3 所示。岩层断裂后,上盘相对下降,下盘相对上升的称为正断层;上盘相对上升,下盘相对下降的称为逆断层;上、下盘水平移动的称为平推断层。

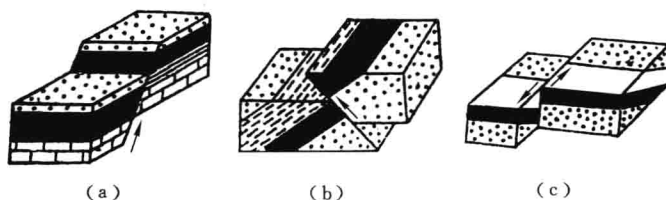


图 1-3 断层的基本类型

(a) 正断层; (b) 逆断层; (c) 平推断层

根据断层走向与煤岩层走向的关系,断层还可分为走向断层、倾向断层和斜交断层。

2. 断层构造对煤矿安全生产的影响

断层带岩石是破碎的,地表水和含水层中的水都能沿着断层破碎带流入井下,增大井下涌水量,增加了矿井排水与疏干工作的困难,不但给安全生产带来威胁,同时也增加了排水设备和排水费用。采掘工作面通过含水量较大的断层时,掘进和支护工作就比较困难,有时还会发生突然透水事故。在瓦斯含量较大的煤层中,由于断层破碎带是瓦斯的良好通道,常常会在断层破碎带积聚很多瓦斯,采掘工作面通过破碎带时,必须注意防止瓦斯事故的发生。由于顶板破碎,一定要采取安全措施,加强支护,防止发生冒顶等事故。

采掘工作面内存在断层时,会增加生产困难,影响正规循环,同时也会增加生产的不安全因素。因此,工作面过断层时一定要制定相应的安全措施,不可掉以轻心。同时,在煤矿生产中,在较大的断层两侧,必须留设一定宽度的保安煤柱,以免采煤工作面接近断层时因突然发生大量涌水或有害气体涌出,而造成重大的灾害事故。采煤工作面通过一般断层带时,工作面支架和顶板安全管理工作就会变得复杂。所以,断层越多,煤炭资源的损失就越大,对安全生产越不利。

研究断层的目的,在于保证安全生产与采掘工作的正常进行。生产实践证明,完整的顶板,若无冲击地压、爆破等因素的影响是不易冒落的;而断裂发育的顶板,则容易冒落;断层也使煤层的连续性遭受破坏。因此,在矿井地质工作中,特别是在开采过程中,即使是一条落差很小的断裂,也不能忽视。

3. 节理、裂隙对煤矿安全生产的影响

无论煤体还是岩体中都存在大量的节理、裂隙,在布置工作面时,常使工作面与主要裂隙的走向成 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的夹角,以便减少片帮事故。若采用水采或机械化开采,一般情况下,工作面的方向与主要裂隙走向的夹角应大一些。

裂隙破碎带是水和瓦斯的良好通道,在破碎带发育的地区,矿井涌水量常常会增加,有时还会引起井下水灾;在易发生瓦斯积聚的矿井和高瓦斯矿井中,裂隙破碎带的瓦斯涌出量

往往会突然增加,造成瓦斯事故。

(三) 陷落柱

1. 陷落柱的形成

岩溶是分布在石灰岩地层中,由流动的地下水对石灰岩地层进行溶蚀作用形成的。当煤层下部分布有可溶性的石灰岩、白云岩,并有发育的岩溶时,岩溶可能发生坍塌而引起上覆岩层的垮落,破坏煤层的完整性。这种塌陷呈圆形的柱状体或底大顶小的圆锥体,被称为陷落柱,如图 1-4 所示。陷落柱会给煤矿生产带来很大困难。

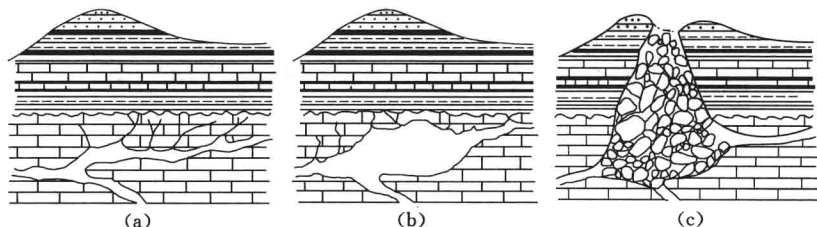


图 1-4 陷落柱的形成过程示意图

(a) 石灰岩中发育岩溶; (b) 岩溶逐渐扩大; (c) 陷落柱形成

在煤矿井下,陷落柱形态多呈上小下大的圆锥体,但在含水较多的松散岩层中,也见有上大下小的漏斗状陷落柱。陷落柱心轴常与岩层层面近似垂直,横截面形态多数为椭圆形,少数为近似圆形或长条形。陷落柱与围岩的接触面界限分明,多呈锯齿状折线。接触带附近围岩(煤层及岩层)微向柱心倾斜,张裂隙发育,煤质松碎,常有风化现象。陷落柱柱面粗糙,无擦痕和滑动界面。陷落柱由上覆岩层塌落碎块堆积而成,碎块大小悬殊,棱角明显,形状各异,成分复杂,混杂堆积,并为岩屑、煤屑松散充填与胶结。有地下水长期活动区域的陷落柱,其碎块表面及间隙中常有铁质、碳酸钙质或高岭土质等物质沉淀。

陷落柱的发育与分布,主要受地质构造和水文地质条件的影响。陷落柱发育地带多是或曾是地下水强径流带,常沿断裂尤其是不同方向断裂的交叉处发育。

2. 陷落柱对煤矿安全生产的影响

在陷落柱发育的矿区,煤层遭受破坏,煤炭储量减少,会造成井巷服务年限缩短或提前报废的严重后果。在主要开拓巷道遇到无水陷落柱时,为避免巷道拐弯,便于运输和通风,一般情况下按原计划施工,直接穿过陷落柱,但是,这给巷道支护和顶板管理造成了困难,易发生顶板抽冒事故。在水文地质条件复杂的矿区,陷落柱可能成为采掘工作面与地下水之间的通道,一旦打通,将会给生产和工人安全带来严重威胁,甚至造成突水淹井事故。因此,陷落柱的存在,对矿井安全生产的影响很大,必须给予高度重视。

由于地质条件复杂多变,在煤矿开采中,除常见的褶曲、断层、裂隙和陷落柱外,还可能遇到火成岩侵入带或冲刷带等地质变化。这些地质变化都会对采掘工作面的安全生产造成不利影响。因此,在组织生产前,一定要根据实际情况及时制定安全技术措施,确保生产的安全。

第三节 井巷工程、开采顺序和常用采煤方法的安全管理

一、井巷掘进与支护

井巷掘进是煤矿生产中一项经常而重要的工作。不论开凿何种井巷,其主要工作都是破岩和支护。破岩和支护的主要对象是各种物理力学性质不同的岩石。摸清岩石的性质,对于确定合理的破岩方法与巷道支护方式,选用适当的凿岩机械、掘进机械和爆破器材,以及正确制定工作定额,确保掘进施工安全管理工作的顺利进行都具有重要的意义。

1. 巷道断面的形状

巷道断面的形状主要是由巷道的服务年限、所穿过岩层的物理力学性质和所选择的支护材料决定的,以易于开掘和支护为原则。常用的有拱形、梯形、矩形和圆形等,如图 1-5 所示。

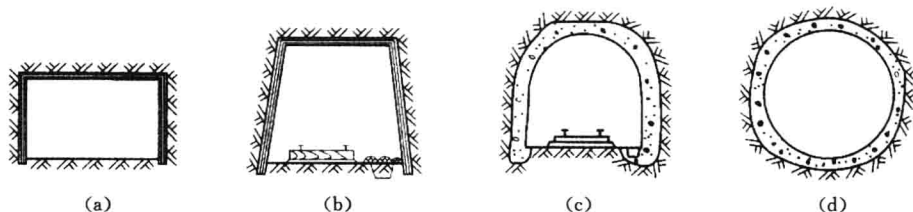


图 1-5 巷道断面的形状

(a) 矩形; (b) 梯形; (c) 拱形; (d) 圆形

拱形和圆形断面的巷道能承受较大的压力,适用于服务年限较长的开拓巷道。矩形断面的巷道不能承受大的侧压,多用于在煤层中掘进的侧压较小的回采巷道。梯形断面巷道可以承受较大的侧压,掘进和支护都比较容易,使用比较普遍。此外,还有不规则形状的巷道断面。

2. 巷道断面的尺寸

巷道断面的尺寸主要根据其用途来确定。巷道高度通常在 2.2 m 以上,巷道的净宽等于运输容器的最大宽度加上人行道宽度和规定的安全间隙。巷道断面的尺寸太大,不但增加开掘巷道的工程量,而且给支护工作增加困难,容易发生冒顶事故,同时也会增加掘进费用。

除了运输以外,巷道也可用于通风和铺设管道、电缆等。通过巷道的风速要符合《煤矿安全规程》的有关规定,巷道断面的尺寸还要用通过巷道的风量来验算。因此,井巷的最小断面必须满足生产和安全的需要。设计时应充分考虑井巷在服务期间断面的受压收缩值,应保证井巷断面在整个服务期间满足生产和安全的要求。

3. 巷道掘进与支护

巷道按它所穿过的岩层,分为岩巷、煤巷和煤岩巷(俗称“半煤岩巷”)。在岩层内开掘的巷道称为岩巷;在煤层内开掘的巷道称为煤巷;部分在岩层内、部分在煤层内开掘的巷道称为煤岩巷。

① 钻眼爆破的工艺过程。岩层一般比煤层坚硬,岩石巷道较难开掘。开掘岩石巷道,几乎都是用钻眼爆破法(简称钻爆法)。近年来,为加快岩巷掘进,发展了使用联合掘进机破碎岩石的掘进方法。

在普氏系数(岩石坚固性系数)较小的岩层中掘进时,可使用岩石电钻,不必另设压气系统,但生产率低,而且不能用于坚硬岩层。

在较硬的岩石中掘进断面较大的巷道,可用凿岩台车钻眼。凿岩台车是由若干台凿岩机组合安装在台车上,凿岩台车上的每台凿岩机都有自动推进和控制机构,可任意选择钻眼的位置和角度,由司机操纵或自动完成进钻和退钻的工作,大大提高了钻眼的效率。

② 炮眼的深度、数目、排列和装药量对巷道掘进的影响。炮眼的深度、数目、排列和每个炮眼的装药量,是决定爆破效果的主要因素。炮眼深度大,则每循环的进度大,可以减少各工序的辅助时间,加快巷道掘进速度。但炮眼深度太大,在技术上难以掌握,效果反而降低。由于深孔爆破法爆破作业空顶面积大,易发生冒顶事故,故应用较少。

炮眼的排列和装药要均匀,避免爆破后岩块过于破碎,浪费炸药,或产生过大的岩块难以装运。

③ 巷道掘进对使用炸药的要求。煤矿井下爆破使用的安全炸药,要求满足两个条件:一是爆炸时火焰的温度较低并且火焰存在的时间较短,不致引起井下瓦斯和煤尘爆炸;二是爆炸时生成的有害气体要少,经短时间通风后,人员即可进入工作面继续工作。为保证安全,煤矿最常用的安全炸药是硝铵炸药。爆破时,一般在掏槽眼内装瞬发电雷管,通电后立即起爆,爆出一个槽洞,槽洞周围的辅助眼内装毫秒延期电雷管,通电后延期几十毫秒起爆,周边眼装的电雷管延期时间更长一些。这样,在极短时间(130 ms)内岩层中即使含有瓦斯也来不及散发,不致有引起瓦斯爆炸的危险,而且能起到分次爆破的效果。

④ 掘进工作面的临时支护。爆破后的岩石碎块应及时用装岩机等运输设备运出,运岩工作进行到一定程度时,即可进行支护。为了使掘进和支护互不干扰,支护往往滞后于掘进,当二者相距适当距离时,在掘进工作面内要及时架设临时支护,以防刚掘出的巷道塌毁。临时支护可用顶柱或金属支架。掘进过程中必须进行临时支护,它是掘进施工安全的基本保证。

⑤ 巷道支护。在地下开掘巷道后即形成空洞,破坏了原始应力平衡,产生了矿山压力。在矿山压力作用下,周围的岩石就要向空洞挤压,使巷道变形甚至塌毁。因此,地下巷道和硐室一般都要进行可靠支护。有些巷道在使用期间的维护费用很高,因此要尽量避免将巷道开掘在矿山压力很大的区段内。通常要根据岩层的稳定性、巷道的服务年限和技术经济的合理性来选择支护方式。例如,棚式支护(木棚、金属棚、钢筋混凝土棚)、拱形金属支护、料石和混凝土砌筑支护、喷射混凝土支护、锚杆及锚杆喷浆支护。有时为了加强支护效果,也可在同一条巷道同时采用两种或两种以上的支护方式,称为联合支护。

4. 井巷掘进的安全管理

在井巷掘进过程中,除严格执行《煤矿安全规程》的有关规定外,还应制定并执行具体的操作规程,如掘进工作面的临时支护操作规程等。此外,还应注意以下问题:

① 认真编制掘进工作面作业规程,遇地质变化带应重新制定安全技术措施。

② 制订并执行井巷掘进、通风和排水的安全技术措施,包括:

a. 通风系统、风量计算、局部通风机的位置和风筒的类型、规格及安装设计。

- b. 排水系统、水泵及管路配备。
- c. 防尘及抽放瓦斯的管路系统。
- ③ 严格执行各项掘进施工安全制度,包括:
 - a. 工作面交接班制度。
 - b. 敲帮问顶制度。
 - c. 工程质量验收制度。
 - d. 巷道维护修理制度。
 - e. 机电设备维修保养制度。
 - f. 瓦斯煤尘管理制度。
 - g. 爆破和检查瓦斯制度等。
- ④ 制定并执行掘进施工的安全技术措施,包括:
 - a. 掘进设备的安全操作。
 - b. 防止爆破崩倒支架。
 - c. 防止冒顶。
 - d. 制订探老硐、老空的安全措施。
 - e. 综合防尘。
 - f. 撤人避灾路线等。

二、开采顺序

1. 一般开采顺序

开采顺序一般采用“采区前进,区内后退”,即先采靠近井筒的采区,再逐渐向边界推进;在每个采区内,采煤工作面从采区边界向采区上山方向后退式开采。各水平间及采区内各区段的开采顺序一般采用下行式,即沿倾斜方向由上向下依次回采。以上的开采顺序主要是便于生产接替和尽快出煤,同时采用下行式开采顺序还可减少对下个工作面或下层煤的影响。

2. 煤层群开采顺序

开采煤层群时,各煤层的开采顺序有下行式和上行式两种。先采上煤层后采下煤层称下行式开采顺序,反之称上行式开采顺序。

① 下行式开采。开采缓斜及倾斜煤层时,通常用下行式开采顺序,因为下行式开采简单,对下层煤影响较小,有利于下层煤的开采和巷道维护。但是当煤层间距较小时,上层煤开采后形成的支承压力有可能传递到下层煤中,为此上层煤回采时应尽量不留或少留煤柱。必须留煤柱时也要将下层煤的巷道布置在支承压力区之外。

② 上行式开采。在某些情况下,煤层或煤层组之间也可能采用上行式开采。采用上行式开采的基本条件是,层间距较大,先采下层煤不会破坏上层煤,不会给上层煤开采造成困难。

3. 开采顺序的安全管理

矿井开采工作应按一定顺序有计划、有步骤地进行,以便保证安全均衡生产并有利于提高矿井技术经济指标。合理安全的开采顺序应满足以下要求:

- ① 保证开采水平、采区、采煤工作面的正常接替,保证矿井持续稳产、高产。

② 符合煤层采动影响关系,最大限度采出煤炭资源。

③ 合理集中生产,充分发挥机械设备的能力,提高矿井的劳动生产率,减少巷道掘进和维护长度。

④ 便于灾害预防,有利于巷道维护,确保安全生产。

当采用下行式开采顺序时,近距离煤层群开采还可以同区段上下层同采。但上下层工作面的错距应满足以下要求:

① 下层煤开采引起的岩层移动不波及和影响上层煤工作面。

② 上层煤工作面放顶煤不影响下层煤工作面开采。

③ 上层和下层工作面采掘作业相互没有影响和干扰。

开采急倾斜煤层时除顶板移动之外,底板岩层也可能移动。如果层间距较小,不仅要考虑下煤层开采对上煤层的影响,而且必须考虑上煤层开采对下煤层的影响。当煤层倾角大于底板岩层移动角度时,开采上部煤层会造成底板移动,给相邻的下层煤开采带来困难,如图 1-6 所示。为使下部煤层不受影响,应调整区段垂高 h_1 。

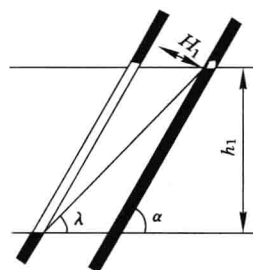


图 1-6 开采急斜煤层群上下煤层的影响

出于对安全生产的考虑,在下列情况下也可考虑采用上行开采顺序:

① 上部煤层有煤与瓦斯突出危险,先采下层煤使应力得以释放,也可以将瓦斯泄入采空区。

② 上部煤层有冲击地压或有剧烈周期来压危险。

③ 上部煤层含水量大,先采下部煤层可以疏干上层煤的水。

④ “三下”开采有时需要采用上行开采以减少地表变形。

开采急斜煤层群时,若采用上行开采,为了避免下层煤开采后对上层煤的影响,应根据具体开采条件分别采取如下措施:

① 合理减小区段高度。

② 同一区段内上下煤层同采。

③ 将两个相距很近的煤层当做含有夹矸的复合煤层一次采出。

④ 采用全部充填采空区的方法开采。

三、常用采煤方法的安全管理

(一) 常用采煤方法与工艺

采煤方法是回采工艺与回采巷道布置及其在时间和空间上相互配合的总称。不同的地质、开采技术条件,就应有不同的回采工艺与回采巷道布置与之相配合,也就构成了多种多样的采煤方法。采煤方法的种类很多,通常按回采工艺、矿压控制特点,将采煤方法分为壁式体系和柱式体系两大类。我国煤矿采用的主要采煤方法及其特征见表 1-1 所列。

表 1-1 我国煤矿采用的主要采煤方法及其特征

序号	采煤方法	体系	整层与分层	推进方向	采空区处理	采煤工艺	基本条件
1	单一走向长壁采煤法	壁式	整层	走向	垮落	综采、普采、炮采	薄及中厚煤层
2	单一倾斜长壁采煤法	壁式	整层	倾斜	垮落	综采、普采、炮采	缓斜薄及中厚煤层
3	刀柱式采煤法	壁式	整层	走向或倾斜	刀柱	普采、炮采	缓斜薄及中厚煤层,顶板坚硬
4	大采高一次采全厚采煤法	壁式	整层	走向或倾斜	垮落	综采	缓斜 5 m 以下厚煤层
5	倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法	壁式	分层	走向	垮落	综采、普采、炮采	缓斜、倾斜厚及特厚煤层
6	倾斜分层倾斜长壁下行垮落采煤法	壁式	分层	倾斜	垮落	综采、普采、炮采	缓斜、倾斜厚及特厚煤层
7	倾斜分层长壁上行充填采煤法	壁式	分层	走向或倾斜	充填	炮采为主	缓斜、倾斜特厚煤层
8	放顶煤长壁采煤法	壁式	整层为主	走向或倾斜	垮落	综采为主	缓斜 5 m 以上厚煤层
9	水平分段放顶煤采煤法	壁式	分层	走向	垮落	综采为主	急斜特厚煤层
10	水平分层、斜切分层下行垮落采煤法	壁式	分层	走向	垮落	炮采	急斜厚及特厚煤层
11	掩护支架采煤法	壁式	整层	走向	垮落	炮采	急斜中厚及厚煤层为主
12	台阶式采煤法	壁式	整层	走向	垮落	炮采、风镐	急斜薄及中厚煤层
13	仓储、巷道长壁采煤法	壁式	整层	走向为主	垮落	炮采	急斜薄及中厚煤层
14	水力采煤法	柱式	整层	走向或倾斜	垮落	水采	不稳定煤层、急斜煤层
15	传统的柱式体系采煤法	柱式	整层	—	垮落	炮采	不正规条件、回收煤柱

统计资料表明,我国应用较多的采煤方法为单一走向长壁采煤法、单一倾斜长壁采煤法、放顶煤长壁采煤法和倾斜分层长壁上行充填采煤法。

采煤工艺是采煤工作面内各工序在时间和空间上的相互配合与安排方式。按照采煤工艺方式和机械化装备水平,长壁工作面采煤工艺分为炮采、普采和综采 3 种。

炮采工艺主要工序为打眼爆破,人工装煤,刮板输送机运煤,移输送机、顶板支护和回柱放顶。

普采工艺的特点主要是落煤和装煤采用机械(采煤机或刨煤机),其他工序和炮采工艺相似。