

高等教育“十三五”规划教材



沉陷控制与特殊开采

许延春 戴华阳 编著

Chenxian Kongzhi Yu Teshu Kaicai

Chenxian Kongzhi Yu Teshu Kaicai

课外借

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等教育“十三五”规划教材

沉陷控制与特殊开采

许延春 戴华阳 编著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了沉陷控制与特殊开采的理论和实践经验,包括采动岩层移动变形机理,地表移动变形规律,建筑物下采煤,线性构筑物下采煤,水体下采煤,承压水体上采煤,底板注浆加固防治水技术,井筒保护煤柱开采与井壁破裂防治技术等方面。

本书可作为普通高等院校矿业工程、测绘工程专业的教学用书,也可供煤矿采掘和地测方面相关技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

沉陷控制与特殊开采 / 许延春, 戴华阳编著. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2017. 11

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3663 - 0

I. ①沉… II. ①许… ②戴… III. ①矿山开采—岩石沉陷—研究 IV. ①TD327

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 198941 号

书 名 沉陷控制与特殊开采
编 著 许延春 戴华阳
责任编辑 潘俊成
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 14.25 字数 365 千字
版次印次 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

我国绝大多数煤矿在建设和生产中会遇到为保护建筑物、构筑物、水体及主要井巷等受护体的压煤问题和受护体影响下的开采问题,即覆岩沉陷控制与特殊条件下的采煤活动问题。其中平原地区的矿井受地面密集的村庄、工厂等建筑物压煤影响十分普遍,对煤矿企业生产严重制约;随着经济的发展,高速铁路、高速公路、输油(气)管线和高压电线等线性构筑物对煤矿的影响越来越大。煤层上方的地表水、松散层水、采空区积水和基岩含水层水等是煤矿主要的安全事故源之一;华北型煤田及部分华南型煤田受到煤层底板承压含水层的水患威胁,多次导致淹井事故,并且压滞大量煤炭资源;西北矿区采矿造成的水资源流失与损坏所带来的环境问题日益突出;另外在具有厚松散层的矿区有上百座井筒出现破裂事故,对煤矿正常生产造成十分不利的影响。因此,不断发展和普及运用沉陷控制与特殊开采技术(简称“特殊采煤”),对于煤矿安全生产和经济发展具有十分重要的意义。

自 20 世纪 50 年代以来我国在特殊采煤研究方向取得了大量的科研成果,积累了许多宝贵的经验。近十年来随着煤矿安全高效、绿色开采技术的发展以及开采水平向深部延伸,特殊采煤又面临新问题,同时也取得一些新科研成果、新技术进步。为能及时将最近的成果反映到本书中,除编者的研究成果外,还参考了《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(2017 版)、《煤矿防治水规定》(2009 版)、《煤矿防治水手册》(2013 版)和同类著作以及相关文献资料的精华,在此对各位作者致以诚挚的谢意。武强院士和张华兴研究员对本书相关内容进行了审阅和斧正,在此衷心感谢。

本书共 8 章,具体包括:第一章岩层移动与变形机理,第二章地表移动变形规律,第三章建筑物下采煤,第四章线性构筑物下采煤,第五章水体下采煤,第六章承压水体上采煤,第七章底板注浆加固防治水技术,第八章井筒煤柱开采与井壁破裂防治。具体编写分工为:许延春撰写第一、五、六、七章和第八章部分内容,戴华阳撰写第二、三、四章和第八章部分内容。部分章后有思考题和主要参考文献,以方便读者继续研读。

本书已列入煤炭高等教育“十三五”规划教材,主要作为普通高等院校矿业工程、测绘工程专业的教学用书,也可供煤矿采掘和地测方面相关技术人员学习和参考。许延春联系邮箱 yanchun-xu@163.com。

作者

2017 年 7 月

目 录

第一章 岩层移动与变形机理	1
第一节 采动围岩移动破坏形式	1
第二节 岩层移动破坏分带特征	3
第三节 采动岩层移动变形的影响因素	7
思考题	10
第二章 地表移动变形规律	11
第一节 地下开采引起的地表移动特征	11
第二节 地表沉陷的一般规律	17
第三节 开采沉陷的主要影响因素	33
思考题	38
第三章 建筑物下采煤	39
第一节 概述	39
第二节 建筑物保护等级及煤(岩)柱留设方法	42
第三节 协调开采	45
第四节 部分开采方法	46
第五节 煤矿充填开采技术	53
第六节 建筑物下采煤的地面保护措施	67
思考题	71
第四章 线性构筑物下采煤	72
第一节 构筑物保护煤(岩)柱	72
第二节 铁路下采煤	75
第三节 公路下采煤	78
第四节 高压输电线下采煤	81
思考题	84
第五章 水体下采煤	85
第一节 概述	85
第二节 松散地层的性质及覆岩分类	87
第三节 煤层露头区安全煤(岩)柱的留设	93

第四节 “两带”高度的测定·····	100
第五节 水害原因分析与防治技术措施·····	112
思考题·····	118
第六章 承压水体上采煤·····	119
第一节 概述·····	119
第二节 底板突水机理与理论·····	120
第三节 底板破坏深度的计算·····	130
第四节 带压开采的安全评价·····	132
第五节 断层及陷落柱突水防治·····	139
第六节 水体上开采技术措施·····	144
第七节 探测与监测方法·····	148
思考题·····	150
第七章 底板注浆加固防治水技术·····	151
第一节 底板注浆加固技术简介·····	151
第二节 高水压工作面底板注浆加固技术·····	151
第三节 底板注浆加固防治水机理·····	156
第四节 底板注浆加固模拟实验及探测验证·····	168
第五节 区域超前探测和注浆治理·····	178
思考题·····	181
第八章 井筒煤柱开采与井壁破裂防治·····	182
第一节 井筒煤柱开采与井壁破裂防治简介·····	182
第二节 井筒保护煤柱的留设与开采·····	183
第三节 煤矿疏水导致井筒破裂的机理·····	188
第四节 井壁破裂防治技术·····	201
第五节 井筒变形监测与评价方法·····	211
思考题·····	214
参考文献·····	216

第一章 岩层移动与变形机理

第一节 采动围岩移动破坏形式

一、采动围岩移动破坏与特殊采煤

采场周围的岩体,称为围岩。以煤层为参照,煤层上面为顶板岩层或覆岩;煤层下面为底板岩层。当煤层被采出后,围岩应力重新分布,煤层所占空间被围岩或人为材料重新充填,导致围岩移动、变形。当岩体的应力、应变超过其强度极限时岩体产生破坏。

采动围岩的移动、变形和破坏通常是一个周期动态变化过程,主要是随着工作面开采空间的扩大和支护设备的撤除,顶板出现初次来压和周期来压,顶板岩层则随之向上传递垮落、变形和断裂,最后形成地表塌陷盆地。同时底板岩层也出现底鼓、变形和断裂。

在采动围岩的移动破坏过程中,会造成一定程度的采动损害,见图 1-1。

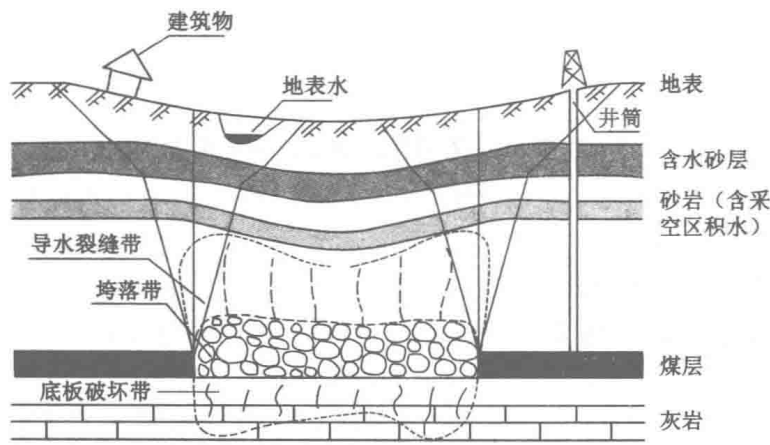


图 1-1 采动围岩移动破坏与特殊采煤关系图

由图 1-1 可见,采动损害自上而下为:

- ① 地表沉陷对地表建筑物、构筑物和水体造成采动损害。
- ② 覆岩的移动破坏可导致各类顶板水体溃入工作面,形成水害事故。
- ③ 覆岩内部移动变形可导致井筒破裂。
- ④ 底板岩体移动破坏可导致底板承压水体溃入工作面,形成水害事故。

“特殊采煤”,即特殊困难条件下的采煤,主要包括建筑物下、构筑物下、水体下、水体上的煤炭开采以及煤矿井巷等压煤开采和采动损害防治。沉陷控制和特殊开采技术主要包括采动围岩移动、变形和破坏的机理、沉陷控制理论与技术、特殊开采理论、分析评价方法、探

测技术等,以期达到防止或减轻采动损害,减少压滞煤量损失,提高企业经济效益,实现安全、绿色采煤的目的。

二、采动围岩的移动、变形和破坏形式

岩体受采动影响变形破坏实际上是指岩体地质结构改组和结构联结的丧失现象,分为移动、变形和破坏三种主要形式。

1. 移动

岩体移动可分解为竖向移动和水平移动。其中顶板和地表的向下移动,也称沉降;底板的向上移动,也称底鼓。

2. 变形

是指由于岩体各点移动的不均衡性导致岩体产生变形,主要有竖向变形、水平变形、倾斜变形、弯曲变形、扭曲变形。从受力的角度划分为拉伸、压缩和剪切变形。

3. 破坏

是指采动岩体重新分布的应力超过岩体的强度产生的破坏。围岩破坏形式主要有:

① 断裂:煤层被采出后,顶、底板岩层中重新分布的应力超过岩石的强度,导致岩石破裂。岩体内部裂隙、节理等弱面增多,岩石块度减小。

② 垮落:煤层被采出后,顶板岩体破裂成无规则块状脱离原岩而垮落充填采空区,这种破坏形式称为垮落。垮落一般发生在采空区上方拉应力区的岩层中。

③ 离层:采空区上覆岩层由于竖向移动变形的大小和速度不同而使岩层面之间或层理面之间产生的开裂现象称为离层。离层主要发生在顶板以上,可以由层间拉应力、拉剪作用和上层岩体的抗弯刚度大于下层岩体的抗弯刚度而产生。

④ 层间错动:在重力产生沿层面的下滑力作用下,或者由于岩层移动过程中相邻岩层水平移动的大小或方向不同而使层面软弱带两侧的岩层产生相对滑移,这种破坏形式称为层间错动。这类破坏主要发生在倾斜煤层顶板不同岩层交界处或软弱面处。

⑤ 块体滚动:这种破坏有两种情况,一是在已经垮落或断裂岩体的下山方向继续进行采煤形成新的采空区时,如果煤层倾角较大,垮落的岩块就可能滑动或滚动充填采空区,导致采空区上部的空间增大,使位于采空区上山部分的岩层和地表的移动加剧;二是在岩体内部发生结构体的滚动或转动现象。

上述破坏形式的出现是由岩体本身的结构特征、物理力学性质和采动影响程度等共同决定的,从力学机理上可归结为张破坏、剪破坏、压破坏、结构体滚动和结构体沿结构面滑动或错动等破坏机制。

三、矿区水的循环及影响

采煤活动也会扰动矿区的水均衡场,对水文地质条件产生影响,导致含水层水位的动态变化。如图 1-2 所示为某矿区浅部开采的典型水循环图,既有大气降水补给也有矿井排水,同时还有各含水层和导水通道形成了水的循环。与特殊采煤相关的采动对水循环的影响如下:

① 大气降水可形成洪水,使地表积水面积增大、水压增高,对有水力联系的含水层进行补给。受采动影响形成导水通道,导致地表水灾事故。

- ② 采动影响波及松散地层下部含水层,是松散含水层溃水、溃砂灾害的主要原因。采动影响也可以疏降含水层,从而降低后续采煤水害的危险性。
- ③ 采动影响疏降松散层底部含水层水位,是导致煤矿立井破裂的主要原因;另外,松散层土的固结压缩,也是个别矿区地表下沉系数大于1,加重采动损害的原因之一。
- ④ 采动影响基岩含水层、风化带含水层和上方煤层采空区积水,是顶板基岩水害的主要原因。
- ⑤ 采动影响形成底板导水破坏带、造成构造“活化”,与岩溶陷落柱沟通,是底板承压含水层突水的主要原因。

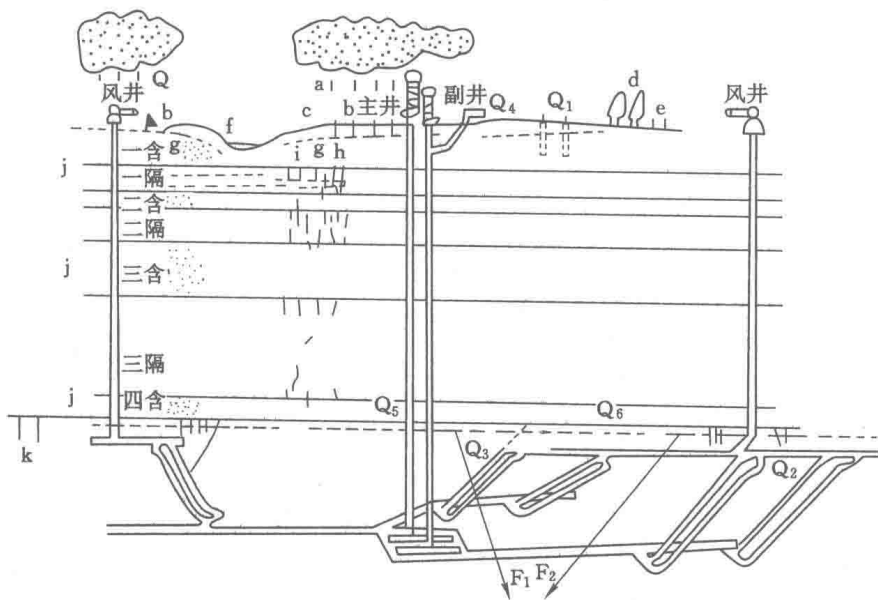


图 1-2 矿区浅部水循环示意图

a——大气降水;b——入渗;c——地表径流;d——叶面蒸发;e——地面蒸发;f——水面蒸发;
g——地下径流;h——根隙、孔隙;i——下渗越流;j——区域径流;k——灰炭顶托补给
Q——大气降水;Q₁——水源井;Q₂——采动裂隙导水;Q₃——断层导水;
Q₄——矿井总排水;Q₅——井筒漏水;Q₆——基岩风化带导水

第二节 岩层移动破坏分带特征

一、“上三带”的形成

煤层开采后,其覆岩要发生移动、变形和破坏。大量的观测表明,采用长壁采煤法全部垮落法管理顶板的情况下,根据变形破坏程度,正常情况下采空区覆岩可以分为“三带”,即垮落带、导水裂缝带(又简称“裂缝带”)和弯曲下沉带,为区分煤层底板的“下三带”简称为“上三带”,见图 1-3 所示。

1. 垮落带

垮落带是破断后的岩块脱离原生岩体,呈不规则岩块或似层状巨块向采空区垮落的那部分岩层。垮落带位于覆岩的最下部,紧贴煤层。煤层采空后,上覆岩层失去平衡,由直接



图 1-3 覆岩破坏分带示意图

I——垮落带；II——裂缝带；III——弯曲下沉带

顶岩层开始垮落,并逐渐向上发展,直到开采空间被垮落岩块充满为止。垮落带内岩块之间空隙多,连通性强,可成为水体和泥砂溃入井下的通道。

2. 导水裂缝带

导水裂缝带位于垮落带之上,由于岩体的水平变形、弯曲和剪切变形产生裂缝、破断;岩层破断后,岩层连续性未受破坏。裂缝带的裂缝主要有两种:一种是垂直或斜交于岩层的新生张裂缝或原有裂隙扩展为裂缝,它可部分或全部穿过岩层,但其两侧岩体保持层状连续性;另一种是沿层面的离层裂缝,裂缝的导水性较强。导水裂缝带若波及到水体,可将水导入井下,一般不透泥砂。垮落带和导水裂缝带合称“两带”。

3. 弯曲下沉带

弯曲下沉带是指导水裂缝带顶部到地表的那部分岩层。由于岩体变形较小,岩体内虽然也产生采动裂隙或原裂隙扩展,但弯曲下沉带的水体不能渗流到采空区。弯曲下沉带总体呈整体移动,对水体下采煤具有阻隔水保护层的作用。弯曲带内可以产生离层裂缝,并且可以局部充水。该类离层水一般不会造成工作面涌水量增大。特殊情况下,当离层水量大并受区域动压的影响时,也可形成动力突水来源。另外,采动影响后弯曲下沉带的渗透性有一定程度的增强变化,对于地表水体及浅部潜水体的保水采煤可能有不利的影响。

以上“三带”虽各带特征差异明显,但其界面是逐渐过渡的,有时采深与采高之比较小或者采用充填法开采时,也可能“三带”不完整,具体划分时应合理掌握。

二、“上三带”的空间形态

覆岩破坏范围的最终形态是标志覆岩破坏规律的重要内容。它不仅直接决定着破坏的范围,而且直接决定着破坏范围的最大高度。据现场实测结果,在采用长壁采煤全部垮落法管理顶板时覆岩破坏的最终形态,除与采空区大小及顶底板岩性有关外,煤层倾角的影响也是十分显著的。现按近水平和缓倾斜、中倾斜及急倾斜煤层三种情况分别叙述。需要说明的是,特殊开采中的缓倾斜与中倾斜(35°)划分的倾角主要取决于垮落岩体是否可向采空区滚动;中倾斜及急倾斜煤层(54°)划分的倾角主要取决于覆岩受下阶段工作面重复影响破坏形态稳定。

1. 近水平及缓倾斜($<35^\circ$)煤层覆岩破坏的最终形态

采用全部垮落法管理顶板时,水平及缓倾斜单一煤层,长壁采煤法采空区各种不同岩性

覆岩在垂直剖面上的最终破坏形态类似于一个“马鞍形”，如图 1-4 所示。其特点是：

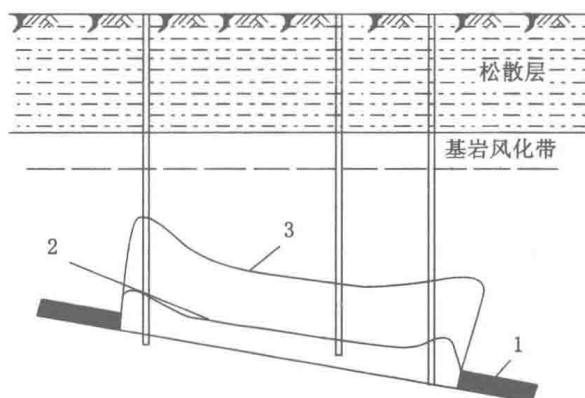


图 1-4 缓倾斜煤层马鞍形“两带”破坏形态

1——煤层；2——垮落带；3——导水裂缝带

① 采空区四周边界上方的破坏高度较高，其最高点一般位于开采边界以内数米的范围内。

② 采空区中央的破坏高度低于四周边界的高度范围。当采空区面积相当大且采厚大体相等时，采空区中央部分的破坏高度基本上是一致的。

③ 采空区四周边界垮落带、导水裂缝带的范围与水平面呈一定的角度。初步测定，垮落角比相应条件下的移动角大 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ；导水裂缝角则比相应条件下的移动角大 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。

覆岩破坏范围的马鞍形形态的形成，最主要的原因是煤层永久性开采边界的存在。由于煤壁的支承作用，在煤壁上方岩体的一定范围内变形量要较采空区中部明显增大，导致垮落带高度（简称“垮高”）和导水裂缝带高度（简称“裂高”）在该区域也相应增高。

在厚煤层分层开采时，随着分层层数的增加，垮落带、导水裂缝带的范围不断扩大，马鞍形的形态仍然存在，有时甚至更加突出。

在浅部开采时，如导水裂缝带接触到基岩风化带和松散层，裂高的发展会受到软弱覆岩的抑制，马鞍形形态随之消失。

2. 中倾斜($36^{\circ} \sim 54^{\circ}$)煤层覆岩破坏的最终形态

中倾斜煤层采用长壁采煤方法时，垮落岩块下落到采空区底板后，向采空区下部滚（滑）动，于是采空区下部很快能被垮落岩块所填满，“两带”发育高度较低。而采空区上部，由于垮落岩块的流失，等于增加了开采空间，故其“两带”高度大于下部。此时采空区倾斜剖面上垮落带、导水裂缝带范围的最终形态呈上大下小的抛物线拱形形态，见图 1-5 所示。在走向方向上，由于采空区尺寸较大，垮落带、导水裂缝带范围仍然能成为马鞍形形态。

3. 急倾斜($>55^{\circ}$)煤层覆岩破坏范围的最终形态

在开采急倾斜煤层时，不仅顶板垮落岩块会发生向下滚动的现象，同时上部阶段的整个垮落岩块堆在受到下部阶段的采动影响后，也可能发生整体滑动，而且所采煤层本身还可能发生抽冒；有时底板岩石也会出现向下滚动和整体滑动的现象，因此急倾斜煤层垮落带、导水裂缝带范围呈现出各种不同的类似拱形形态，并且不稳定（图 1-6）。其主要特点是：

① 破坏性影响更加偏向于采空区上边界，采空区下边界则显著减小。

② 除顶板岩层外，破坏性影响波及到底板岩层及采空区上边界的所采煤层，且所采煤

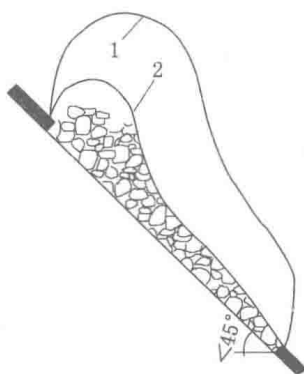


图 1-5 中倾斜煤层顶板覆岩破坏形态

1——导水裂缝带;2——垮落带

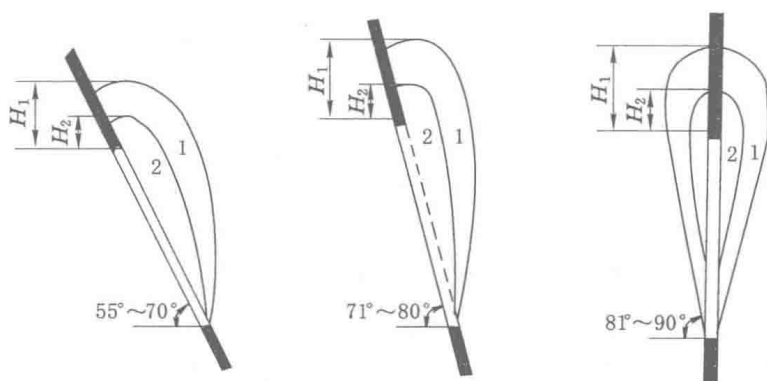


图 1-6 急倾斜煤层覆岩破坏形态

1——导水裂缝带;2——垮落带

层的破坏先于顶底板岩层的破坏。

③ 随着煤层倾角及顶底板和所采煤层力学强度差异性的增加,“两带”高度在开切眼和停采线附近高于采空区中央。

三、“下三带”的形成及空间形态

1. “下三带”的概念

煤层开采后底板岩体发生移动和破坏也呈现分带性(图 1-7),一般称为“下三带”,即底板导水破坏带(简称“底板破坏带”)、完整岩层带、承压水导升带。各带的含义是:

采动影响底板导水破坏带(h_1):是指由于采动矿压的作用,底板一定深度的岩层连续性遭到破坏,导水性发生明显增大的岩层带。

完整岩层带(h_2):位于第 1 带之下和承压含水层之上。其作用是保持采前岩层的连续性 & 阻抗水,故称为完整岩层带。它是阻抗底板突水最关键的岩层带,又称为有效保护层带。

承压水导升带或隐伏水头带(h_3):是指含水层中的承压水,沿隔水底板中的裂隙或断裂破碎带上升的高度(即由含水层顶面至承压水导升带上限)。有时也称为原始导高。

煤层开采底板破坏带总是存在,而当底板隔水层太薄、含水层顶部有充填带或其上岩层软弱时,则“下三带”也可能不完整。

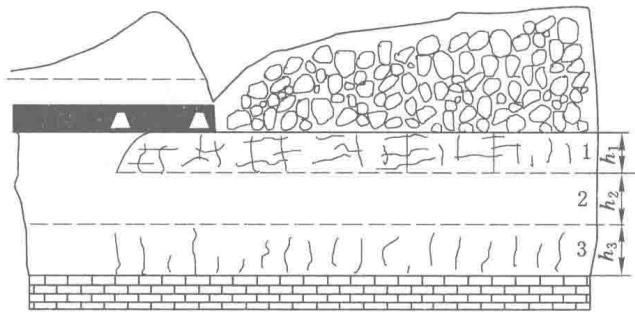


图 1-7 底板“下三带”示意图

1——底板破坏带;2——完整岩层带;3——承压水导升带
 h_1 ——破坏带深度; h_2 ——完整岩层带厚度; h_3 ——承压水导升带高度

2. 底板破坏空间形态

煤层开采后采空区边界煤壁产生支撑压力,在煤层和底板造成压性破坏,形成压塑性区(I区),该区岩体的导水性不增大。在煤层与采空区一定范围内形成剪切破坏区(II区),该区岩体的导水性明显增大,并且发育深度最大;在采空区内部形成拉伸破坏区(III区),该区岩体的导水性明显增大,但发育深度不是最大(图 1-8)。因此工作面底板导水破坏带形态也是一个倒“马鞍形”。

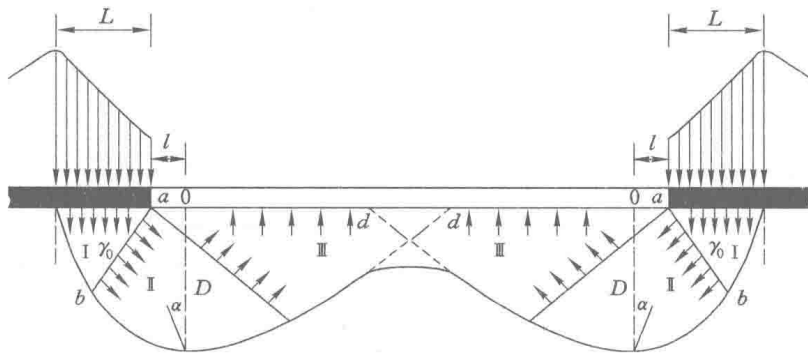


图 1-8 工作面底板破坏形态示意图

D ——底板的最大破坏深度; L ——煤层塑性区的宽度; l ——底板最大破坏深度与煤壁距离

第三节 采动岩层移动变形的影响因素

一、岩体力学性质的影响

岩体力学性质,包括岩石的力学性质与弱面(节理、裂隙和断层等),可影响开采对围岩和地表的变形和破坏程度,包括其幅度、形状、速率、破碎程度、分布规律等。

1. 岩体力学性质对围岩移动和破坏的影响

覆岩力学性质对开采沉陷和围岩破坏有重要影响。一般按覆岩分类选取地表移动变形预计参数和“两带”高度预计公式,通过岩石力学参数影响计算底板破坏深度。

2. 岩性组合对覆岩移动和破裂的影响

岩性组合是指岩层之间的组合关系,它对地表沉陷和“两带”发育均有控制作用。若层位上覆极软覆岩,其垮落带和导水裂缝带的高度一般发育较低,这对水体下采煤有利。底板承压水上开采时,完整岩层带(h_2)如果由泥类岩层和砂类岩层软硬相间构成,则可提高底板的阻隔水性。

二、覆岩岩体结构

煤系地层为沉积岩体,以其原生结构是层状结构为特点,岩层受原生的断层、节理、裂隙和采动的影响,正常煤系地层为块体结构;砂土地层和强风化地层为散体岩体结构;黏土层为层状结构。覆岩岩体结构对岩层移动破坏起着控制作用,不同岩体结构类型的岩体在岩层移动破坏过程中的表现不同。

破碎结构岩体受采动影响易垮落,在工作面接近断层带、强风化带覆岩时常发生抽冒,引起水沙溃入矿井;地表形成塌陷坑,危害性极大。断层破碎带、陷落柱岩体也是底板突水的主要导水通道。

三、松散层的影响

松散层是指第四系、新近系末固结成岩的沉积层,如冲积层、洪积层、残积层等。地表有无松散层覆盖,对地表移动变形特征有很大影响,特别是对地表水平移动、水平变形分布规律以及地表台阶的影响十分明显。另外,松散含水层下采煤也是水体下采煤的最主要类型。

四、地层倾角的影响

地层倾角之所以对岩层移动产生影响:其一是因为不同倾角的地层往往具有不同的岩体结构,从而影响岩层移动特征;其二是在倾斜及急倾斜煤层下山方向采煤时,垮落岩体常常沿底板下滑或滚动,充填采空区,并可一直延续地表,煤层抽冒现象也很严重,此类岩体对水体下采煤极为不利;其三是因为不同倾角的地层在煤层开采后所形成的应力重分布特点不同,从而引起岩体结构状态的不同变化,使岩层移动变形的发展过程、破坏的形态和范围等产生显著的差异,对底板破坏小深度有显著影响;其四是不同倾角的地层受采动影响的重复次数有很大差异,如急倾斜地层可受同一煤层工作面的多次重复采动影响。

五、开采深度的影响

1. 对地表移动变形的影响

随着开采深度的增加,地表移动范围增大,而地表下沉值变化不大,因而地表移动盆地变得平缓,各项变形值减小。

开采深度还对地表最大下沉速度和移动持续时间有影响。开采深度较小时,地表下沉速度大,移动持续时间较短;开采深度较大时,地表下沉速度小,移动比较缓慢、均匀,而移动持续时间则较长。

观测成果表明,地表的最大下沉值和观测巷道的最大下沉值极为接近,但倾斜和曲率最大值、移动持续时间以及最大下沉速度有明显差别。深度大时,变形值和最大下沉速度明显减小,移动持续时间却增加(表 1-1)。

2. 对水体下采煤的影响

随着采深的增加,部分顶板含水层的水压增大,造成工作面涌水量增大。保护层中采动裂隙可能会在高水压作用下扩展,导致安全煤(岩)柱失稳的危险性增大,增加顶板动力水灾的危险性。

表 1-1 某矿 3701 观测站观测结果

移动变形情况 开采深度	最大下沉 值/mm	最大倾斜 /(mm/m)	最大曲率/(10 ⁻³ /m)		移动持续时间/d		最大下沉 速度/(mm/d)
			+	-	移动总 时间	活跃期	
开采煤层距观测巷道 $H_1=25\text{ m}$	1 134	44.5	2.75	3.74	72	40	91.4
开采煤层距地表 $H_2=105\text{ m}$	1 171	28.0	1.06	1.41	163	71	23.5

3. 对水体上采煤的影响

采深增大,则底板含水层的水压随之增大,导致突水系数增大;同时岩体应力增高,采动引起的底板破坏深度增大,因此工作面底板突水危险性增大。

六、开采厚度和采空区面积的影响

开采厚度越大,对顶板的扰动越大,同时形成的开采空间也越大,引起顶板的破坏程度越剧烈,因此垮落带和导水裂缝带高度随之增高;但采厚对底板破坏深度影响较弱。在覆岩不充分采动的条件下,采空区面积变化对地表变形值影响大。采空区面积因素中的工作面斜长对于底板破坏深度影响大。

七、采煤方法及顶板管理方法的影响

采煤方法和顶板管理方法是影响围岩应力变化、岩层移动、覆岩破坏的主要因素。目前在煤矿应用较为普遍的方法有长壁垮落法、长壁充填法和煤柱支撑法等。对围岩变形破坏的影响以垮落法影响最大,一般充填法影响最小,煤柱支撑法则随煤柱尺寸的变化而变化。

八、时间过程的影响

岩体的移动、变形和破坏均有发生、发展和结束的时间过程。在研究覆岩破坏时,不仅要了解其空间分布的规律性,而且要了解在时间上分布的规律性。采空区覆岩经过一段时间后达到稳定,则采空区上方地表可以作为建设场地。

九、地质构造的影响

地质构造的影响主要是指断裂构造的影响。对于地表移动,“两带”高度和底板破坏深度均有严重的不利影响,但构造面倾斜方向与采场推进方向不同,则其影响程度不同,主要取决于采动对断裂活化程度的影响。

十、地下水位变动的的影响

若地下水位由于开采而引起大幅度下降,则后续开采可减少工作面涌水量,如果疏干含

水层则可减少水体的压滞煤量,但会加大地面沉陷的幅度和范围。对于水体上采煤,地下水位下降可以降低工作面底板突水的危险性。地下水位变动对地表建筑物以及生态环境均有重要影响。

思考题

1. 采动围岩的破坏形式有哪几种?
2. 上“三带”的分带特征及形态什么?
3. “下三带”的分带特征及形态什么?
4. 简述采动岩层移动变形的主要影响因素。

第二章 地表移动变形规律

煤炭等有用矿物的大面积地下开采,势必引起采空区上覆岩层及地表移动、变形和破坏,这种现象称为“矿山开采沉陷”(Mining Subsidence),又称“矿山岩层及地表移动”。开采沉陷规律是指地下开采引起的地表移动变形的大小、空间分布形态及其与地质采矿条件的关系。根据移动变形发生位置的不同,开采沉陷又分为岩层移动和地表移动。岩层移动是开采区围岩及上覆岩层的移动变形,地表移动是岩层移动在地表的显现状况。

第一节 地下开采引起的地表移动特征

一、地表移动的形式

所谓地表移动,是指地下采空区面积扩大到一定范围后,岩层移动发展到地表,使地表产生移动与变形。开采引起的地表移动过程,取决于地质采矿因素的综合影响,导致地表移动的形式不完全相同,主要分为连续移动和非连续移动。归纳起来,地表移动主要有以下三种形式:

1. 地表移动盆地

当地下开采达到一定范围后,开采影响波及到地表,受采动影响的地表从原有的标高向下沉降,从而在采空区上方形成一个比采空区范围大得多的沉陷区域,称为地表移动盆地,或称地表下沉盆地,如图 2-1 所示。地表移动盆地的形成,改变了地表原有的形态,引起地表标高、水平位置及坡度发生了变化,对地表的建筑物、构筑物、水体等产生了不同程度的影响。

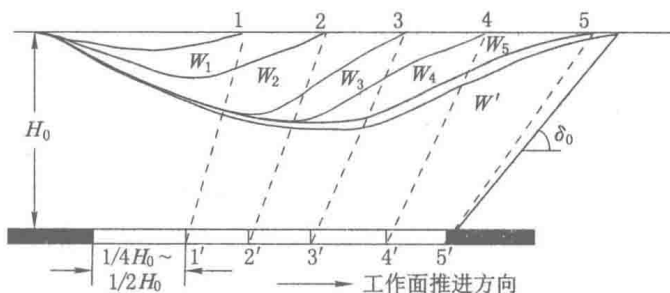


图 2-1 地表移动盆地形成过程

2. 裂缝及台阶

在地表移动盆地的外边缘区或在工作面推进过程中的前方地表,均可能产生裂缝,大裂缝处易产生台阶。裂缝的深度与宽度和有无松散层及其性质有关。松散层的塑性大,地表