



世纪高等院校测绘学系列教材

矿山开采沉陷与治理

马 凯



内蒙古大学出版社

●21 世纪高等院校测绘学系列教材

矿山开采沉陷与治理

马 凯 主编

马 凯 燕志明 编著

内 蒙 古 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

测绘学/内蒙古科技大学主编. —呼和浩特:内蒙古大学出版社, 2008. 7

ISBN 978-7-81115-468-9

I. 测… II. 内… III. 测绘学—高等学校—教材 IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 116647 号

21 世纪高等院校测绘学系列教材

矿山开采沉陷与治理

马 凯 主编

内蒙古大学出版社出版发行

内蒙古政府机关印刷厂印刷

开本:787×1092/16 印张:10.25 字数:249 千

2009 年 9 月第一版第 1 次印刷

印数:1—500 册

ISBN 978-7-81115-468-9

全套七册 定价:160.00 元

本册定价:15.00 元

前 言

为适应目前高等教育工程测量专业的需要,我们结合多年的教学实践,编写了《矿山开采沉陷与治理》一书,作为工程测量专业矿山测量方向的教学用书,参考教学 64 学时。

根据煤炭高等教育矿山测量技术专业的教学大纲要求,围绕专业教育的培养目标及学生应具备的能力,本教材在编写过程中注重了教材的科学性、系统性和先进性,突出了教材的实用性,使理论与实践有机的结合。为了便于学生自学和扩大知识面,本教材力求概念清新、深入浅出、联系实际、突出实践,注重现代测绘新技术和新方法的介绍,基本上反映了目前矿山测量技术的现状和开采沉陷对环境的影响和整治的水平。

本书由内蒙古科技大学高等职业技术学院马凯主编,内蒙古科技大学高等职业技术学院燕志明教授主审。第一章至第四章由内蒙古科技大学高等职业技术学院马凯编写,第五章至第八章由内蒙古科技大学高等职业技术学院燕志明编写。

在本书的编写过程中,参阅了大量的文献资料,引用了同类书刊中的部分内容,在此谨向有关作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加之时间匆忙,书中难免存在缺点、错误、疏漏,恳请读者批评指正,以便再版时修订改正。

编者
2009 年 3 月

目 录

第一章 矿山开采沉陷·····	(1)
第一节 地下开采引起的岩层移动和破坏·····	(1)
第二节 地下开采引起的岩层移动和破坏·····	(5)
第三节 地表移动盆地内的移动和变形分析·····	(10)
第四节 地表移动盆地的边界及其移动角量参数·····	(15)
第二章 开采沉陷观测·····	(18)
第一节 概述·····	(18)
第二节 地表移动观测站设计·····	(19)
第三节 地表移动观测站的观测工作·····	(25)
第四节 地表移动观测成果的整理·····	(28)
第五节 岩层内部的移动和变形观测·····	(33)
第六节 3S 技术在开采沉陷中应用简介 ·····	(34)
第三章 地表移动和变形的一般规律·····	(40)
第一节 稳定后地表移动盆地主断面内的移动和变形分布规律·····	(40)
第二节 采动过程中的地表移动和变形的一般规律·····	(45)
第三节 地质采矿因素对开采沉陷的影响·····	(52)
第四章 开采沉陷的预计·····	(55)
第一节 概述·····	(55)
第二节 概率积分法·····	(56)
第五章 保护煤柱的留设·····	(84)
第一节 保护煤柱留设原理·····	(84)
第二节 保护煤柱留设所用参数·····	(85)
第三节 保护煤柱留设方法·····	(86)
第六章 建筑物下采煤·····	(97)
第一节 概述·····	(97)
第二节 开采沉陷对建筑物的影响·····	(98)

第三节	建筑物变形和破坏与地表变形的关系·····	(105)
第四节	建筑物下采煤的防护措施·····	(109)
第五节	建筑物下采煤的实施方法·····	(117)
第六节	建筑物下开采时的观测工作·····	(118)
第七章	水体下采煤·····	(121)
第一节	概述·····	(121)
第二节	覆岩破坏规律·····	(123)
第三节	水体下采煤条件的分析·····	(131)
第四节	水体下采煤的技术措施·····	(133)
第五节	水体下采煤的观测工作·····	(141)
第八章	铁路下采煤·····	(144)
第一节	概述·····	(144)
第二节	路基的移动和变形·····	(145)
第三节	线路上部建筑的移动和变形·····	(147)
第四节	铁路下采煤的技术措施·····	(150)
第五节	铁路下采煤的观测工作·····	(153)
参考文献 ·····		(157)

第一章 矿山开采沉陷

第一节 地下开采引起的岩层移动和破坏

一、岩体内部的应力状态

我国的地下资源丰富,各种矿物埋藏在城镇、乡村、海洋、湖泊、河流之下。未开采的矿物埋藏在地下岩层内,岩层原始的应力状态在局部范围内保持着相对的应力平衡状态,在开采矿物的围岩的各方向应力为零(个别地区存在构造应力,原始应力不为零)。保持着相对的稳定状态,岩层内部基本上不发生各种移动和变形。但不是绝对的,从微观上看,地壳运动岩层内部应力是不平衡的,构造运动、岩层的重量及性质是决定岩体应力状态的重要因素,也是分析岩体移动的重要因素。

二、岩层移动与开采沉陷

地下开采引起的岩层移动是局部矿体被开采后,岩体内部形成了一个空洞,原有的岩体内部的平衡受到了破坏,岩体内部的应力发生了变化,应力重新分布,直至达到新的平衡。这是一个十分复杂的物理、力学变化过程,也是岩层产生移动变形和破坏的过程,这一现象和过程称为岩层移动。岩层移动,变形和破坏达到了地表,使地表在一定范围内的高程发生了变化,这一现象称为开采沉陷。

岩层移动和破坏的机理:在岩体内,开采的煤层被采出后,在采空区上覆岩层重力的作用下,顶板开始下沉。集中应力在采空区煤柱两侧,使煤柱压缩。开采煤层的底板受集中应力的作用下产生隆起。顶板下沉、弯曲到一定程度时,岩层内部的应力超过岩层的抗拉抗压,抗剪强度时,煤层顶板岩层产生断裂、弯曲一直传递到地表。煤柱产生压缩,向采空区挤出。底板岩层产生压缩隆起,断裂。由上所述地下开采后岩层移动的过程是应力平衡的过程。

随着地下开采矿物范围的增大,岩层移动的范围也增大。当开采达到一定范围后岩层移动达到地表,地表开始下沉。最后形成了比采空区范围大得多的地表下沉盆地。地表下沉的过程即为开采沉陷的过程。图 1-1 为开采引起的覆岩移动和破坏的示意图。

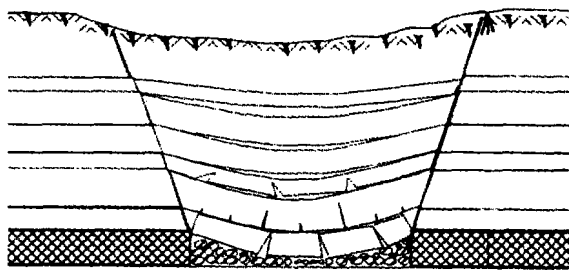


图 1-1 采空区上覆岩层移动和破坏示意图

(一)岩层移动的过程如下

1. 顶板下沉,煤柱压缩,底板隆起。
2. 顶板断裂,冒落成块,堆积在采空区内,煤柱压疏、片帮、向采空区挤出,底板产生断裂。

3. 顶板岩层弯曲下沉,岩层之间产生离层、断裂、岩层移动向上传递、地表开始下沉。

4. 随着地表下沉范围的增大,地表移动的速度也增大、岩层内部产生的离层逐渐减小,煤层顶板垮落的岩石逐渐压密。

5. 地下开采结束,地表移动需一段时间后地表移动才相对的稳定下来,岩层内部的移动随之稳定下来。

总之岩层移动的过程是由采空区围岩移动向(法向方向)上传递,再由上向(法向方向)下传递。

(二)岩层内部移动的分区(如图 1-2)

1. 充分采动区

位于采空区中部到地表最大下沉点,这个区域内岩层总体上是处于拉伸状态,岩层移动量最大。直接顶板破坏成块堆积在采空区内,后又被逐渐压实。直接顶板以上的岩层(老顶板产生断裂,老顶板以上的岩层弯曲下沉一直到地表)基本上保持原来的层位和层间结构,同一层位的移动量大致相同。

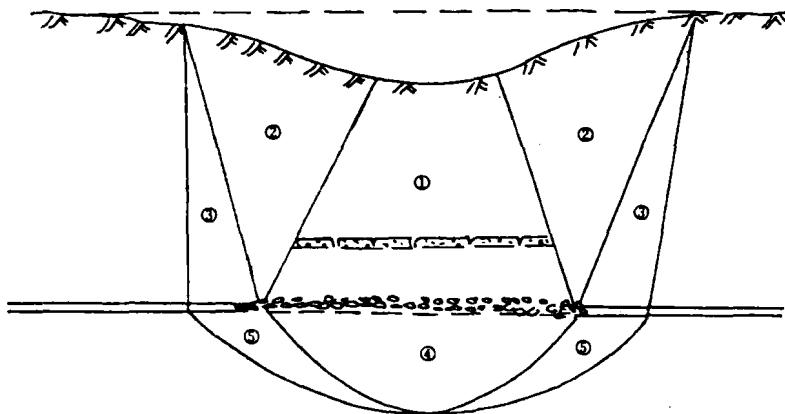


图 1-2 岩层内部移动区域划分示意图

2. 最大弯曲区

在区域内沿岩层方向是处于拉伸状态、沿岩层的法向方向处于拉压结合区,靠近充分采动区一侧为拉伸,靠近煤柱上方一侧是压缩。在该区域内岩层弯曲程度最大。

3. 压缩区

在该区域沿岩层方向是受拉应力作用,沿岩层法向方向是受压应力作用。随着深度的增加压应力增加,到煤柱(煤层)位置压应力最大。

4. 煤层底板的隆起区

该区域内沿岩层方向处于压应力作用,引起沿岩层的法向方向拉伸,向采空区方向隆起。

5. 底板岩层的压缩区

该区位于采空区以外,煤柱下方,受煤柱的集中压应力影响岩层处于压缩状态。

(三)岩层移动的基本形式

对不同的地质采矿条件下,开采不同的煤层,通过实地观测及对成果研究分析得知,在岩层内部移动过程中存在如下基本形式:

(1)弯曲:这是岩层的主要移动形式。当地下矿物采出后,上覆岩层中的各分层即开始沿岩层层面的法线方向,向采空区依次弯曲。

(2)垮(冒)落:矿层采出后,直接顶板岩层弯曲而产生拉伸变形。当其拉伸变形超过岩石的允许抗拉强度时,直接顶板及其上部的部分岩层便与整体分开,碎成块度不同的岩块,无规律地充填采空区。

(3)煤的挤出(片帮):矿层采出后,采空区顶板岩层内出现悬空,其压力便转移到煤壁(或煤柱)上,增加煤壁承受的压力,形成增压区,煤壁在附加荷载的作用下,一部分煤被压碎,并挤向采空区,这种现象称为片帮。

(4)岩石沿层面滑移:在倾斜矿层条件下,岩层的自重方向与岩层面不垂直。因此,岩石在自重力的作用下,除产生沿层面法线方向的弯曲外,还会发生沿层面方向的移动。

(5)垮落岩石的下滑(或滚动):矿层采出后,采空区被冒落岩块所充填。当矿层倾角较大,而且开采是自上而下下行开采,下山部分矿层继续开采而形成新的采空区时,采空区上部垮落的岩石可能下滑而充填新的采空区,从而使采空区上部的空间增大,下部的空间减小,使位于采空区上山部分的岩层和地表移动加剧,而下山部分的岩层与地表移动减小。

(6)底板岩层隆起:如果矿层底板岩石很软且倾角大,在矿层采出后,底板在垂直方向上减压,水平方向增压,造成底板向采空区方向隆起。

松散层的移动形式是垂直弯曲,它不受矿层倾角影响。

应该指出,以上六种移动形式不一定同时出现在某一个具体的移动过程中。

(四)岩层内部的移动和破坏分带

煤层采出以后,煤层的顶板岩层冒落充填采空区,在冒落的岩层上方岩层弯曲、断裂,再往上部的岩层一直至地表的岩层产生弯曲。根据采矿工程的需要将采动以后的岩体按破坏程度,导水性能,大致可分为三个不同的开采影响带。即冒落带、裂缝带和弯曲带。如图 1—3 所示。

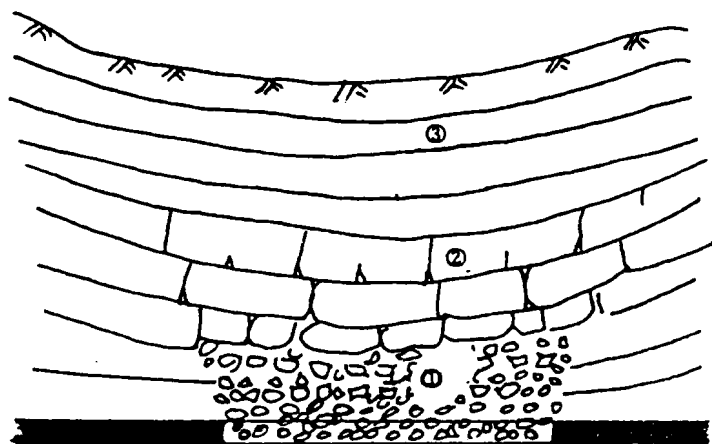


图 1—3 岩层内部移动和破坏分带

①冒落带;②裂缝带;③弯曲带

1. 冒落带

冒落带也称垮落带,是指岩层母体失去连续性,呈不规则岩块或似层状巨块向采空区冒落的那部分岩层。

冒落带岩层破坏有如下特点。

(1)直接顶板岩层弯曲、断裂、破碎成块而垮落。冒落的岩块大小不一,无规则的堆积在采空区内。按岩块破坏和堆积状况,冒落带又分为不规则的冒落带和规则冒落带两部分。不规则冒落带上首先冒落的岩块堆积紊乱,完全失去原有的层位。规则冒落带的岩石冒落下来后,平铺在不规则冒落带上方,冒落是有周期性的,有一定规律的冒落,冒落的岩块厚度基本上等于岩层厚度,因此基本上保持原有的层次。

(2)冒落的岩石有一定的碎胀性。冒落岩石间的空隙越大,岩石的碎胀性越大,因此冒落岩石的体积大于冒落原岩的体积。

(3)冒落的岩石有可压缩性(压密)。采空区内的冒落岩石的压密过程,就是上覆岩层的移动过程。压实后的体积永远大于原岩的体积。

(4)冒落带的高度主要取决于采出煤层的厚度和直接顶板岩石的碎胀系数。冒落带的高度通常为采出煤层厚度的3—5倍。也可按下式计算冒落带高度:

$$h = \frac{m}{(k-1)\cos\alpha} \quad (1-1)$$

式中: h —冒落带高度; m —采出煤层厚度; k —岩石碎胀系数; α —煤层倾角。

岩石碎胀系数一般为1.05~1.80之间。

2. 裂缝带

裂缝带又称裂隙带。裂隙带位于冒落带之上,具有与采空区相通的导水裂隙,但连续性未受破坏的那一部分岩层。

裂缝带的破坏特征:裂缝带内的岩层不仅发生垂直于层理面的断裂和裂缝,而且产生顺层理面的离层和裂缝。

依据裂缝带的透水性能,将裂缝带分为明显裂缝带和微小裂缝带。

在解决水体下采煤时,将冒落带和裂缝带两带称为导水裂缝带。两带之间没有明显的界限。

两带的高度(导水裂缝带)主要取决于采出煤层厚度和上覆岩层的岩性。依据大量的水体下采煤观测成果分析:覆岩为软弱的两带高度为采厚的9~12倍,中硬的两带高度为12~18倍,坚硬的两带高度为采厚的16~28倍。

3. 弯曲带

弯曲带又叫整体移动带,是指裂缝带顶部到地表的那部分岩层。弯曲带基本呈整体移动,特别是带内为软弱岩层及松散土层时。

此带岩层移动和破坏特点。

(1)弯曲带的岩层是在自重作用下产生法向方向的弯曲。

(2)弯曲带内岩层移动基本上是层层弯曲直至地表,因此在移动过程中在弯曲带内存在离层。离层的发生和发展随地表下沉逐渐减少。

(3)弯曲带的厚度主要取决于开采深度。采深浅时,有时只有冒落带、或只有冒落带和裂缝带。采深深时,弯曲带比冒落带和裂缝带的总和还大。

以上“三带”的存在取决于开采煤层的地质、采矿条件、上覆岩层的性质等因素。

第二节 地下开采引起的岩层移动和破坏

一、地表移动和破坏形式

地表移动,是指采空区扩大到一定范围以后,岩层移动传递到地表,使地表产生移动变形和破坏,开采沉陷的过程中将这一现象称为地表移动。地表移动受到的影响因素很多。不同的地质采矿条件对地表移动的影响也不同,例如:煤层的产状、开采深度、采出煤层的厚度。采煤方法不同,地表移动的形式也不同。当采深和采厚的比值比较大时,地表移动在空间上和时间上是连续的,渐变的,具有明显的规律性。当浅部开采,采深和采厚的比值比较小时,或有特殊的地质条件时,地表移动在时间上和空间上是不连续的,移动和变形分布没有规律性,地表可能会产生较大沉陷。地表移动的特征归纳起来有以下几种主要移动和破坏形式。

(一)地表移动盆地

地下开采的影响传递到地表,在采空区上方地表高程发生了变化,地表产生下沉,形成了一个比采空区大得多的下沉区域,这个下沉区域称为地表下沉盆地。如图 1-2 所示、地表原在虚线位置的标高,下沉后形成了盆地。

地表移动盆地的形成在时间上和空间上是连续的,并且移动和变形是有规律的。

(二)裂缝和台阶

裂缝和台阶是指在采空区边界上方地表产生的破坏。地表产生裂缝在地表移动稳定后一般发生在地表移动盆地的外边缘区,平行于采空区边界。另外在浅部开采时,随着采煤工作面上方的老顶垮落,地表也周期性的产生裂缝,当工作面继续向前推进,这个周期性的裂缝随工作面推进先张开而后逐渐闭合。地表裂缝一般发生在第四纪很厚,地表为砂质粘土质的条件下,另外也发生在基岩出露地表的情况下。

在厚煤层浅部开采的条件下,在开采工作面上方地表破坏的比较剧烈,产生台阶式的破坏。当开采倾斜煤层时(煤层倾角比较大时)顶板岩层为弹性较好得岩层时,地表沉陷产生倒台阶。

(三)塌陷坑

在浅部开采厚煤层,开采急倾斜煤层,或过分的出煤时使上覆岩层中第四纪砂层及表土层破坏,地表产生塌陷坑。塌陷坑一般情况下和井下工作面是连通的。通过对东北十余个矿区的调查,地下开采引起的塌陷坑给人们的生活、环境带来极大的危害。

二、地表移动盆地的形成及其特征

(一)地表移动盆地的形成

地表移动盆地的形成和发展是在井下回采工作面的推进过程中逐渐形成和发展的。一般情况下,当回采工作面推进距离为 $(1/4 \sim 1/2)H_0$ (H_0 为平均开采深度)时,开始影响涉及

到地表,地表局部某几个观测点开始下沉。随着工作面继续推进,地表下沉的范围逐渐加大,最后形成比井下回采工作面大得多的地表下沉盆地。

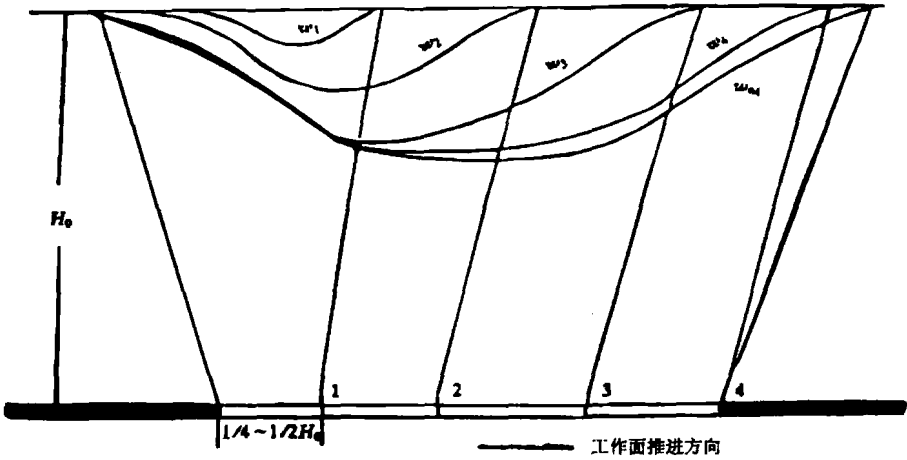


图 1-4 地表移动盆地的形成过程

图 1-4 展示了地表移动盆地的形成及发展过程是随着工作面的推进最后停止而形成的。当井下回采到 1 位置时,地表刚开始下沉,地表形成一个很小的下沉盆地 W_1 。当工作面推进到 2 时, W_1 盆地内的各点继续下沉, W_1 范围外的部分点已经开始下沉,形成了 W_2 下沉盆地。当工作面推进到 3 位置时,形成了 W_3 下沉盆地。当工作面推进到 4 位置时,地表已接近达到最大下沉值,已接近形成充分采动下沉盆地 W_4 。当工作面推进到 4 位置停采后地表移动范围还有一定程度的扩大,地表最大下沉点的下沉量增加很小,最后形成稳定后的地表移动盆地 W_{04} 。工作面推进过程中地表形成的移动盆地: W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 称为动态地表移动盆地。

(二)采动程度对地表移动盆地特征的影响

地表移动的大小决定于采动程度,当工作面很小时,地表没有移动,当工作面进行到一定宽度 $(1/4 \sim 1/2)H$ 时地表开始移动,当工作面推进到一定宽度 $(1.2 \sim 1.4)H_0$ 时地表移出现最大值。工作面再扩大地表移动最大值也不再增加,而范围加大。

因此采动程度是井下工作面尺寸对地表移动量大小的影响程度。采动程度分为充分采动和非充分采动。

1. 充分采动

充分采动是指地下煤层采出后,地表下沉值达到了该地质采矿条件下的最大值。此时岩层与地表的移动称充分采动。

充分采动又分为沿走向方向和沿倾斜方向的充分采动。当走向,倾斜两方向均为充分采动时为充分采动。单方向充分采动并不是充分采动。

当地表达到充分采动后,地下回采工作面继续扩大,地表移动最大值不再增大,地表移动范围加大,称为超充分采动。

地表移动达到超充分采动以后,地表移动盆地出现平底,此时的地表移动盆地出现盘形。如图 1-5 所示。

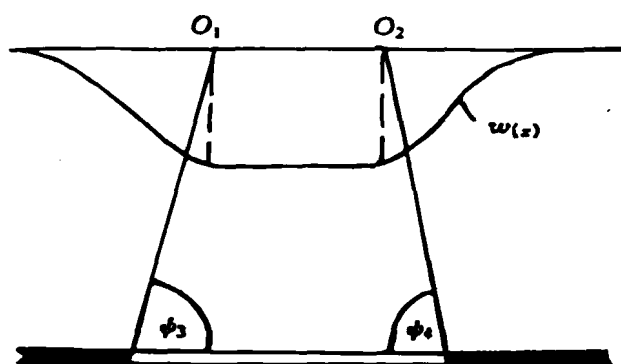


图 1-5 超充分采动地表移动盆地示意图

2. 非充分采动

地表开始移动后,地表下沉值未达到该地质采矿条件最大值前的采动程度称非充分采动。此采动条件下地表盆地一般为碗形。如图 1-6 所示。

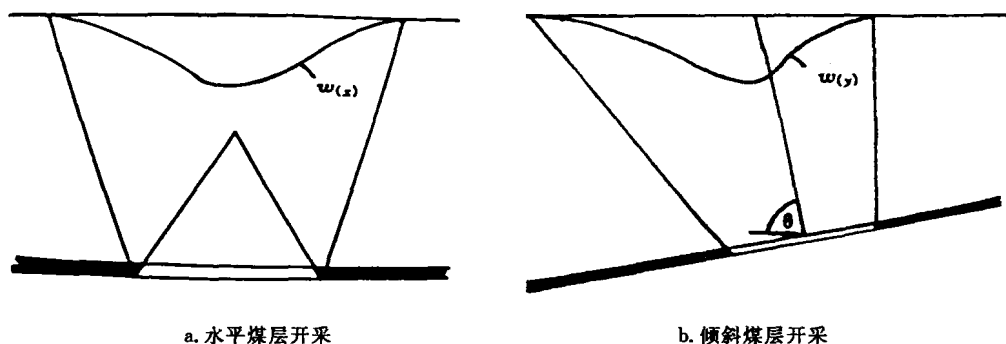


图 1-6 非充分采动地表移动盆地示意图

地表是否达到充分采动的确定是用充分采动角来确定的。当用两个充分采动角划线的交点超过地表时,地表将达到充分采动。下面首先说明充分采动角: φ_1 、 φ_2 、 φ_3 、 φ_4 的确定方法。

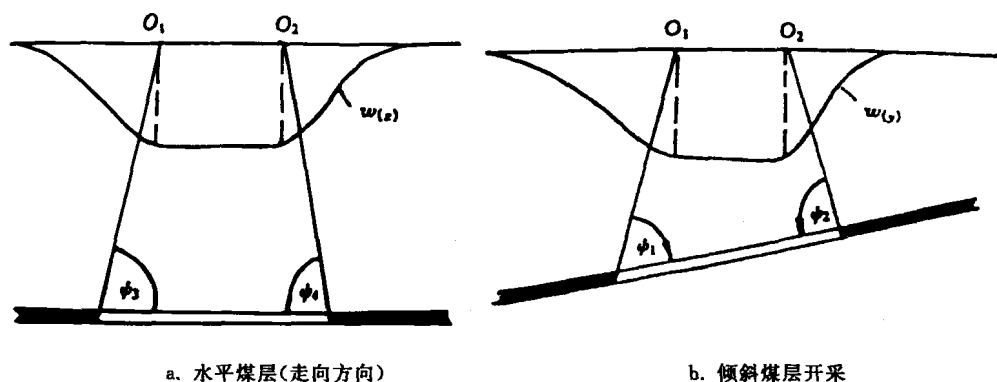


图 1-7 充分采动角的确定方法

地表移动达到充分采动后,在地表下沉曲线上找出最大下沉的边缘点,投影到地表 O_1 , O_2 点,见图 1-7。由最大下沉的边缘点向采空区边界连线,与煤层所交的在采空区一侧的夹角称为充分采动角。

图 1-7 中,倾斜煤层开采,下山方向的充分采动角用 φ_1 表示,上山方向的充分采动角用 φ_2 表示。水平煤层开采或倾斜煤层开采的走向方向左侧用 φ_3 表示,右侧用 φ_4 表示。

三、地表移动盆地各区域的划分及其特征

充分采动的条件下,地表移动盆地成盘形盆地,将盘形盆地划分为三个区域:详见图 1-8。

1. 中间区(中性区)

此区位于盆地中央。该区地表下沉均达到了该地质采矿条件下的最大值。其它移动和变形基本为零。该区域内在工作面推进过后地表基本上无明显裂缝。

2. 内边缘区(压缩区)

此区位于采空区边界上方靠采空区一侧,与中间区相邻。此区地表下沉不等,向采空区方向倾斜。该区地表呈凹形,处于压缩变形状态,一般无地表裂缝。

3. 外边缘区(拉伸区)

外边缘区位于采空区边界上方至地表移动盆地的边界之间。该区地表下沉不均匀,移动和倾斜指向采空区方向。地表呈凸形,产生正曲率,拉伸变形,地表裂缝集中在这个区域内。图 1-8 为地表移动盆地的区域划分图。

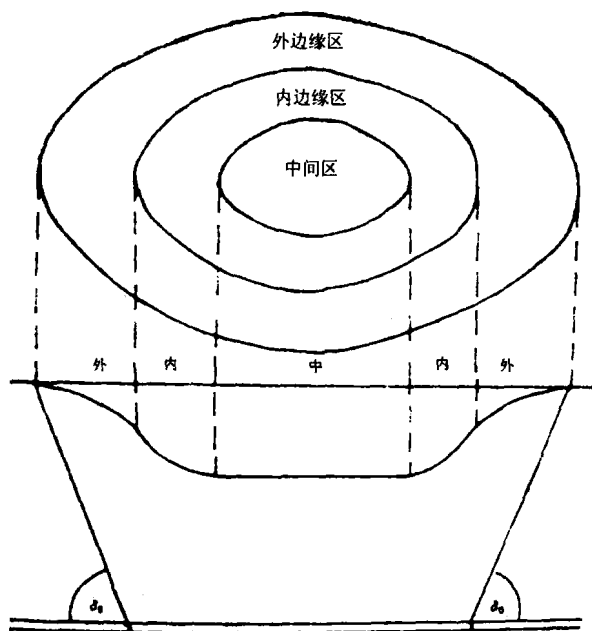


图 1-8 地表移动盆地内区域的划分

四、水平煤层,倾斜煤层开采地表盆地移动特征

1. 水平煤层开采地表移动特征

图 1-9 所示是水平煤层开采后地表移动盆地,其有如下特征。

(1)地表移动盆地的中心位于采空区的正上方。盆地的中心与采空区中心正上方大体一致。充分采动时,盆地的中间区位于采空区中部的正上方。

(2)盆地的形状决定于采空区的形状,当采空区为矩形时,盆地的形状与采空区对称,平面形状为椭圆形。

(3)地表移动盆地的内、外边缘区的分界线点大致在采空区边界的正上方。超充分采动后形成的中间区位于采空区中央上方,非充分采动条件下盆地无中间区,只有一个(或一条)最大下沉的点或线,最大下沉的点或线同样也在采空区中心的正上方。

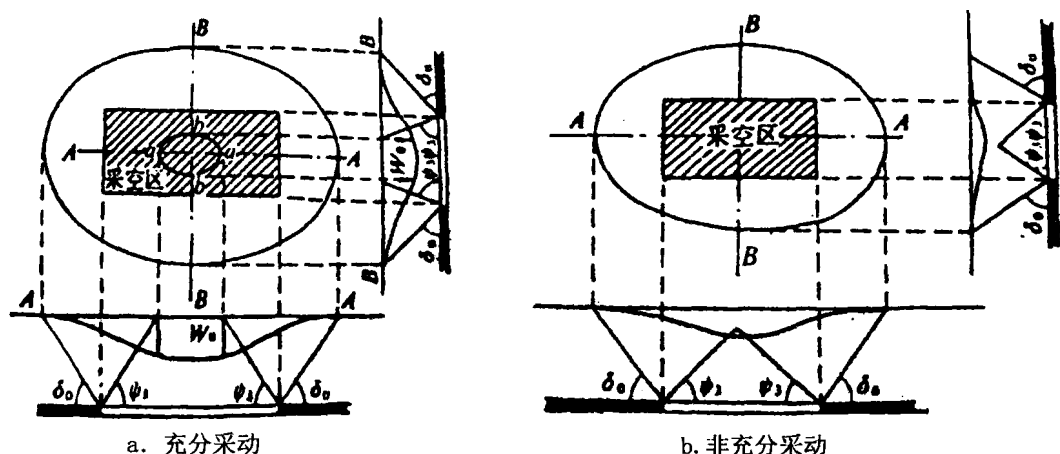


图 1-9 水平煤层开采地表移动盆地示意图

2. 倾斜煤层开采地表移动特征

图 1-10 为倾斜煤层开采后地表移动盆地的示意图。由图中可以看出移动盆地有如下特征。

(1)移动盆地的中心(最大下沉点)不在采空区中心的正上方,而偏下山方向,和采空区中心不重合。

(2)移动盆地和采空区的相对位置:在走向方向对称于倾斜中心线,在倾斜方向不对称,倾角越大,越不对称。

(3)移动盆地的上山半盆地比较陡,移动范围小。移动盆地的下山半盆地比较缓,移动盆地范围大。在充分采动条件下盆地的中间区地表下沉量相等,盆地出现平底。

急倾斜煤层开采时地表移动盆地的特征由于各矿区开采煤层地质采矿条件不同,各矿区的移动盆地特征是不同的,这里不在详细介绍。

五、地表移动盆地的主断面

地表移动盆地的主断面是通过地表的 δ_0 最大下沉点沿煤层走向和倾斜方向所作的垂直断面,该断面称为地表移动盆地的主断面。如图 1-10 所示,AA 断面是通过最大下沉点 O 沿走向方向所作的走向方向地表盆地主断面。BB 断面是通过地表移动盆地中心(最大下沉点 O),沿倾斜方向所作的倾斜方向的地表移动盆地的主断面。

在非充分采动条件下,移动盆地的主断面只有沿走向方向和沿倾斜方向各作一个主断面。

在充分采动条件下,通过地表移动盆地的中间区(无数个最大下沉点)沿走向方向和倾斜方向可作出无数个地表移动盆地的主断面。

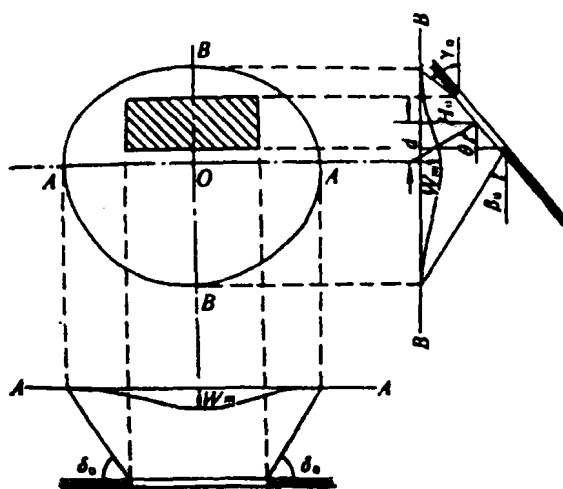


图 1-10 倾斜煤层开采地表移动盆地示意图

地表移动盆地主断面有如下特征：

- (1)地表移动盆地主断面上的移动范围最大；
- (2)地表移动盆地主断面上的点移动最充分，移动速度最大和移动量最大。

由于主断面具有以上两个特征，因此在研究地表移动和变形规律时都以主断面内的移动和变形规律为主，它具有代表性。

地下开采范围确定以后，未采前，地表移动盆地主断面的确定是用最大下沉角来确定的。具体主断面位置的确定方法在第二章的第二节地表移动观测站设计中又详细说明。最大下沉角是地表移动的主要角量参数之一，是确定地表移动盆地中心位置的参数，其确定方法如下。

在倾斜煤层：非充分采动条件下在倾斜方向地表移动和变形曲线图上，地表最大下沉点O和采空区中心的连线，与水平线在下山方向所夹的角。图1-11中的 θ 角，称最大下沉角。图中a为无松散层或松散层不厚时最大下沉角的确定方法。

图中b为非充分采动，松散层厚度大于 $0.1H_0$ 时的最大下沉角 θ 的确定方法。图中c为充分采动，松散层厚度大于 $0.1H_0$ 时的最大下沉角 θ 的确定方法。

对于新矿区无岩层与地表观测数据。可按下式进行计算：

当 $\alpha < 45^\circ$ ， $H_0 < 100M$ ； $\theta = 90^\circ - 0.5\alpha$ 。

当 $\alpha < 45^\circ$ ， $H_0 > 100M$ ； $\theta = 90^\circ - 0.6\alpha$ 。

(1-2)

当 $\alpha > 45^\circ$ ， $\theta = 90^\circ - (0.4 \sim 0.2)\alpha$ 。

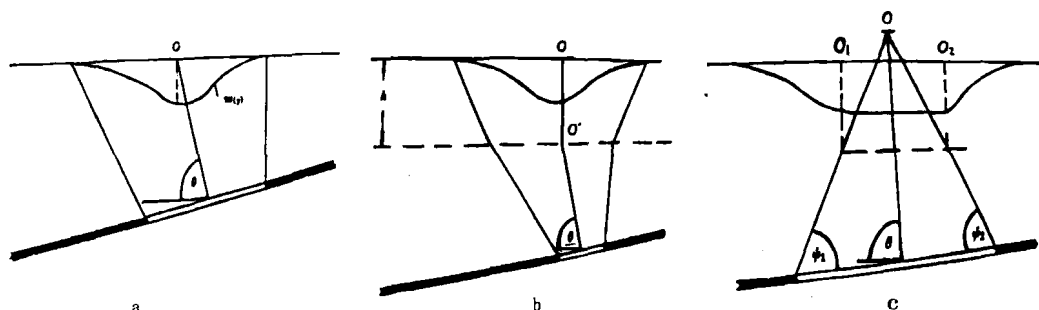


图1-11 最大下沉角的确定方法

在实际中，最好选用本矿区通过实地观测求得的 θ 角值，它反映了煤层倾角和上覆岩性等因素的综合影响。在未求出 θ 值的矿区，可只考虑煤层倾角的影响，参考上覆岩性，选用经验公式进行计算。最大下沉角是一个重要的移动参数，它的取值是否合理，直接影响到走向主断面位置的准确程度。

第三节 地表移动盆地内的移动和变形分析

一、一个点的移动分析

地下开采引起的岩层及地表移动过程是一个极其复杂的时间—空间现象，其表现形式十分复杂。但是，大量的实测资料表明，地表点的移动轨迹取决于地表点在时间—空间上与回采

工作面相对位置的关系。一般情况下,处于弯曲带上部的地表各点的移动向量,从它的起、止相对位置来看均是指向移动盆地中央的,如见图 1-12 所示。从地表移动的过程来看,地表点的移动状态可用垂直移动分量和水平移动分量来描述。通常将移动分量称为下沉。水平移动分量按相对于某一断面的关系区分为沿断面方向的水平移动(如 y 方向)和垂直断面方向的水平移动(如 x 方向),见图 1-13。一般将前者称为纵向水平移动或简称水平移动,后者称为横向水平移动或简称横向移动。为了便于研究,通常是将三维空间问题分成沿走向断面和沿倾向断面的两个平面问题,然后分析这两个断面内地表点的移动和变形。

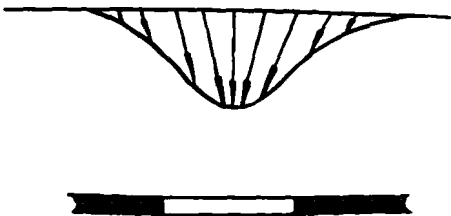


图 1-12 移动盆地主断面上点的移动方向示意图

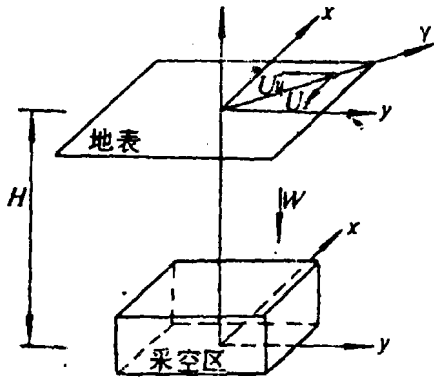


图 1-13 地表点的移动分析

二、移动盆地主断面内的地表移动和变形分析

在地表移动盆地内点的移动的方向是指向采空区中心的方向,移动量的大小决定于距采空区中心的距离。在地表移动盆地内移动和变形分为:下沉、倾斜、曲率、水平移动、水平变形、扭曲和剪切变形。在主断面内主要研究:下沉、倾斜、曲率、水平移动和水平变形。一般情况下是在地表移动盆地的主断面上,通过设点观测,研究地表移动和变形。图 1-14 表示在移动盆地主断面上设有若干观测点,在地表移动前和移动结束后,观测各点的高程和测点间距,并将这些观测资料展绘在主断面上,得到各点的移动向量,连接各点移动结束时的位置,便得到地表移动和变形的分布形态。从图 1-12 中可以看出,盆地内各点移动方向是指向盆地中心的,但其移动量不等。移动前的 2、3...7、8 各点,移动后称为 2'、3'...7'、8',它们移动向量分别为 $\overline{22'}$ 、 $\overline{33'}$... $\overline{77'}$ 、 $\overline{88'}$ 。但需指出,这些移动向量不是点的移动轨迹,点的移动轨迹是一条复杂的曲线,将在第三章中详细讨论。这里只研究地表点的移动的最终结果。

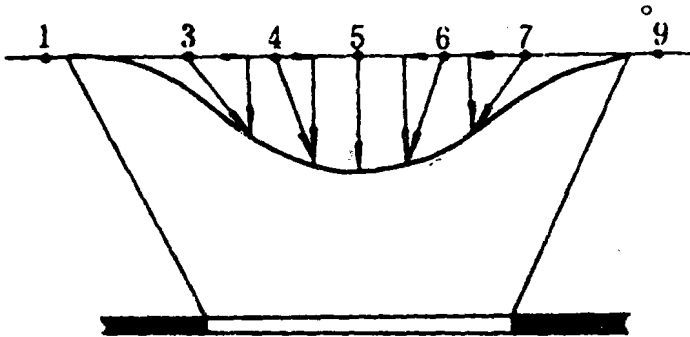


图 1-14 盆地主断面内地表点的移动示意图