

高等学校教学参考书

岩层与地表移动预计方法

王树元 编译

煤炭工业出版社

高等学校教学参考书

岩层与地表移动预计方法

王 树 元 编译

B785-129

煤炭工业出版社



B 605503

内 容 提 要

本书介绍了联邦德国岩层与地表移动计算的发展概况和理论基础,介绍了积分网计算地表下沉和水平移动的方法,并对地表移动时间系数和动态地表移动计算等问题作了介绍。通过此书亦可了解联邦德国在这一学科方面的研究现状和发展趋势。

本书为高校矿山测量和工程测量专业的教学参考书,亦可供采矿企业和科学院所有关技术人员参考。

责任编辑:洪 镜

高 等 学 校 教 学 参 考 书 岩层与地表移动预计方法

王 树 元 编译

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外东单头条13号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092\text{mm}^{1/4}$ 印张 $10^{1/2}$

字数 247 千字 印数 1—1,200

1989年5月第1版 1989年6月第1次印刷

ISBN 7-5020-0242-1/TD·231

书号 3082

定价 2.35元

前 言

“岩层与地表移动”的主要任务是，研究煤层地下开采对采区上方地表各种建筑物的破坏规律，找出预防和减弱岩层破坏、保护各种建筑物的方法和措施。目前世界各主要产煤国家，都在致力于这方面的研究工作，并已形成一个独立的学科。最初，人们只是从大片非建筑区域下采出煤炭，而留存在建筑物下不能采出的煤炭则越来越多。随着采矿事业的发展，迫切需要开采这部分煤炭，因而采出建筑物下的压煤便成为一个突出的问题。

为了解决建筑物免受地下采煤的有害影响问题，首先就应了解煤层开采后采区上方的岩层和地表将出现什么样的移动，这就需要对岩层与地表的移动进行预计。为了预计岩层与地表的移动程度，世界各国的矿山测量师们广泛地进行了研究工作，并提出了种类繁多、各不相同的计算方法。为了使我国的矿山测量界同行们，对联邦德国常用的一些岩层与地表移动计算方法有所了解，根据笔者在该国学习期间收集到的资料，编译了这本小册子。

在编译过程中，得到了胡昌炽、王金庄、聂孟荀老师的大力帮助，在此表示衷心感谢。

由于水平所限，加之本职工作较忙，编译工作时停时续，难免出现这样或那样的错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 译 者

1987.4.

目 录

第一章 概述	1
第一节 联邦德国岩层与地表移动计算的发展概况	1
第二节 岩层与地表移动的一般过程	1
第三节 岩层与地表移动的影响因素	2
第四节 影响地表下沉盆地形状的因素	2
第五节 移动计算有关要素	3
第二章 岩层与地表移动计算的理论基础	5
第一节 理论基础	5
第二节 几种常用的分布函数	9
第三节 采空区顶底板会聚的概念	10
第三章 地表下沉计算的古典积分网法	14
第一节 水平煤层下沉计算的积分网法	14
第二节 倾斜煤层下沉计算的积分网法	20
第四章 现代地表下沉计算方法	33
第一节 典型曲线的建立	33
第二节 不同井下深度处下沉计算的拜厄法	35
第三节 现代地表下沉计算方法	44
第五章 地表下沉计算的经验法	53
第一节 萨尔矿区的剖面角法	53
第二节 程序剖面线法	55
第六章 地表下沉的程序计算法	58
第一节 水平煤层下沉程序计算法	58
第二节 倾斜煤层下沉程序计算法	61
第七章 模型理论法	97
第一节 随机介质模型法	97
第二节 弹性模型法	101
第三节 塑性模型法	102
第八章 水平移动计算	104
第一节 水平移动计算的特点	104
第二节 雷曼开采重心点法	105
第三节 克拉茨开采重心点法	108
第四节 积分网法	111
第五节 根据倾斜计算水平移动	119
第六节 按模型理论法求水平移动	120
第七节 借助于岩体模型观测结果求水平移动	123
第八节 地表下沉与水平移动预计工作的实施	125
第九节 测量实践对预计结果的检验	126

第九章 地表移动的时间系数	129
第一节 时间系数的基本概念	129
第二节 动态地表移动的分析	131
第十章 动态地表移动的计算	138
第一节 古典方法和滞后系数	138
第二节 与单位开采面积有关的时间系数	139
第三节 顶板岩层的动态下沉	141
第四节 开采深度对时间系数的影响	142
第五节 动态长度变化	143
第六节 盐矿的时间系数	145
第十一章 岩层与地表移动公式的严格数学推导	147
第一节 关于不合格的充填密度区问题	148
第二节 各移动分量计算式的推导	150
第三节 按拜厄法进行地表移动计算的过程	160
参考文献	162

第一章 概 述

第一节 联邦德国岩层与地表移动计算的发展概况

世界采矿事业的发展,虽然有着悠久的历史,但对采动损害的研究却不很久。当初,在德国出于“安全”这一目的,开始研究开采引起的损害问题。在19世纪的大部分时间内,人们仅是研究“安全深度”这一课题,以图寻找出一个安全可靠的开采深度。然而实践证明,光是求得这一深度却无济于事。所以,后人相继又提出了断裂角、裂缝角、下沉角、倾斜角等概念。当时由于名词概念不一致,着眼点不统一,因而在同样条件下所得结果不同。这种局面一直延续到19世纪末。由于生产的发展,迫切需要建立切实可行的移动计算方法。到20世纪初叶,人们揭示了“边界角”这一科学概念,这是很重要的发现。从此,德国的地表移动计算便进入一个新阶段,并随之形成“岩层与地表移动”这一新的学科。

在联邦德国,岩层与地表移动计算方法的形成经历了一个比较漫长的发展过程。德国岩层与地表移动的奠基人,首先应举威斯特伐利亚州的矿山测量师奎诺。1907年他第一个开始在水平煤层条件下观测开采引起的地表下沉,并以观测成果推求出有关地表下沉和水平移动参数。后来,他的继承人又将其计算方法作了进一步发展。1925年凯因霍尔斯特第一次提出二个分区的积分网法,1932年巴尔斯又在力学基础上创立了新的五个分区的积分网法。随后,石赖尔将巴尔斯的计算方法应用到急倾斜煤层条件。至此,积分网法在鲁尔矿区得到了广泛应用。后来,弗雷申特雷格尔对此法进行了改造,并加以完善。舒尔特、雷曼、诺伊贝尔特、沙夫石太茵等人,也都相继提出水平煤层、急倾斜煤层条件下地表移动计算新方法。1944年拜厄、1949年桑、1961年埃尔哈尔德和斯奥尔分别提出了新的地表移动分布函数。最近几年来,联邦德国的矿山测量师们又把电子计算技术应用于岩层与地表移动计算,并绘制下沉等值线图。

第二节 岩层与地表移动的一般过程

人们想知道地下有用矿层开采后地表将出现什么性质的移动和变形,它对建筑物将产生多大危害。为此,首先需要对岩层与地表移动过程有所了解。

无论是在煤系地层还是在金属矿床内,人们通常把有用矿层的上覆岩层称为覆岩。矿层开采前,矿层和覆岩保持着自然的平衡状态。有用矿层采出后,这种平衡状态就被破坏,覆岩和地表随即就出现移动。现以煤层开采为例,当工作面连续向前推进时,覆岩的平衡状态持续不断地遭到破坏。由于煤层被采出,覆岩失去支撑,很快就引起采空区顶板岩层的冒落,随着采空区面积的扩大,冒落高度不断加大。由于岩石的碎胀作用,冒落下来的岩石碎块使采空区逐渐得到充填,因而顶板岩层的冒落达到一定高度后就不再向上发展。对早年开采的上西里西亚矿区的研究表明,第一开采阶段的冒落高度大约为煤层厚度的4~8倍。在冒落带的上方是断裂带,断裂带的顶面至地表为弯曲带。地表的移动与变形,一般分为连续型(下沉槽)、不连续型(阶梯状)两种。在冲积层较薄、采深较小的

倾斜和急倾斜煤层条件下,地表露头附近呈不连续型变形。在这个部位,断裂较为明显,冲积层水涌入井下的可能性最大。另外,地下水的定向流动,将使采空区移动活化、冒落高度增大。

岩层与地表移动过程直接与开采有关,开采一旦停止,移动过程紧跟着就慢慢地减弱下来,直到停止。“岩层与地表移动”的使命,就在于研究并了解各种移动过程,在可能的条件下控制这些移动过程,尽可能地把采动损害降低到无关紧要的程度,并能事先预测到它。

第三节 岩层与地表移动的影响因素

实践证明,对岩层移动起影响作用的因素很多,按与工作面的关系可分为以下几种:

1. 与工作面无关的影响因素

- (1) 煤层上方石炭纪岩层的结构和厚度;
- (2) 上覆冲积层的结构和厚度;
- (3) 岩层的产状;
- (4) 地质构造的分布情况。

2. 与工作面有关的影响因素

- (1) 煤层埋藏深度;
- (2) 煤层厚度;
- (3) 可采煤层数;
- (4) 采煤方法;
- (5) 时间系数;
- (6) 由于转移工作面产生的停采影响;
- (7) 工作面直线推进和曲线推进的影响;
- (8) 工作面回采率高低和是否留设保护煤柱。

如要分析某一测量成果,并从中得出有益的东西,首先必须弄清楚上述因素的影响。只有这样,才能使求得的各影响参数具有可靠性。然后把这些参数应用到实践中去,并在实践中得到验证。在应用这些参数时,要特别注意求取它的条件和应用范围,忽略这些,就不能作为科学的数据为人们所利用。

第四节 影响地表下沉盆地形状的因素

在分析地表下沉盆地形状问题时,首先应注意到下沉和移动的影响范围,因为开采面积与地表下沉盆地之间存在着一一定的内在联系。影响下沉盆地形状的因素很多,现归纳如下:

1. 影响下沉盆地深度的因素

- (1) 井下开采面积的大小;
- (2) 所采煤层的总厚度;
- (3) 采煤方法(冒落法、充填法)。

2. 影响下沉盆地形状和大小的因素

- (1) 开采面积的大小;

- (2) 开采深度;
 - (3) 边界角的大小。
3. 影响边界角大小的因素
- (1) 上覆岩层和冲积层的结构;
 - (2) 地质构造情况和岩层中裂隙发育情况;
 - (3) 煤层倾角;
 - (4) 采煤方法。

第五节 移动计算有关要素

1. 岩层与地表移动计算所用的符号

- m ——煤层厚度;
- α ——煤层倾角;
- H ——开采深度;
- e ——开采面积影响系数;
- a ——下沉影响系数;
- Z ——时间影响系数;
- D ——水平煤层和走向方向断裂角;
- D_H ——下山方向断裂角;
- D_L ——上山方向断裂角;
- δ_0 ——水平煤层和走向方向边界角;
- β_0 ——下山方向边界角;
- γ_0 ——上山方向边界角;
- ζ ——区域划分角;
- ζ_G ——边界处的区域划分角;
- η ——相对于煤层法线的分区角;
- μ ——天底角、重心点角;
- R ——充分开采面积的影响半径;
- r ——部分开采面积的影响长度。

2. 垂直方向的移动分量所用的符号

- W ——下沉;
- W_x ——充分下沉;
- $W_{\max}$ ——最大下沉;
- i ——倾斜, 或 W' ;
- K ——曲率, 或 W'' ;
- ρ ——曲率半径。

3. 水平方向的移动分量用下列符号表示

- U_{xy} ——水平移动;
- U_x ——水平移动在 x 轴上的分量;
- U_y ——水平移动在 y 轴上的分量;

$U_{\max}$ ——最大水平移动;
 ΔL ——长度变化;
 $\pm \varepsilon_U$ ——拉伸、压缩变形。

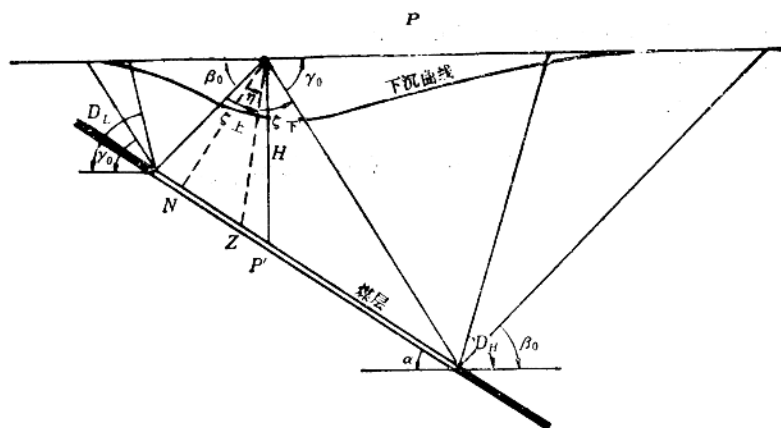


图 1-1 倾斜煤层开采时移动计算要素图

图1-1中点 P 为地面点。由于井下采区内倾斜煤层的开采，点 P 下沉，而且它恰好处于充分下沉的临界状态，此时的各种移动计算要素如图所示。当为水平煤层开采时， $\alpha = 0$ ， $\beta_0 = \gamma_0 = \phi_0$ ， $D_H = D_L = D$ ， $\eta = 0$ ， $\mu = 0$ 。

第二章 岩层与地表移动计算的理论基础

第一节 理 论 基 础

为了计算地表下沉和水平移动,人们提出了很多方法,但各种方法都是建立在实际观测的基础上的。各种方法根据实测数据建立相应的分布函数。分布函数的形态虽各不相同,但它们的图形形状却很相近。用分布函数可以清楚地描绘出井下开采单元体 dA 对地面点 P 的影响程度。在图2-1中,靠近充分开采面积边缘的开采单元 dA_1 对地面点 P 的影响要比位于采区中心的开采单元 dA_2 小得很多,这是因为 dA_1 至点 P 的距离较远的缘故。就下沉实际计算而言,图2-1b中的各环形分区或扇形分块对点 P 的影响都相等。使用此图的积分网,通过简单的面积计算,可较快地计算出点的下沉。

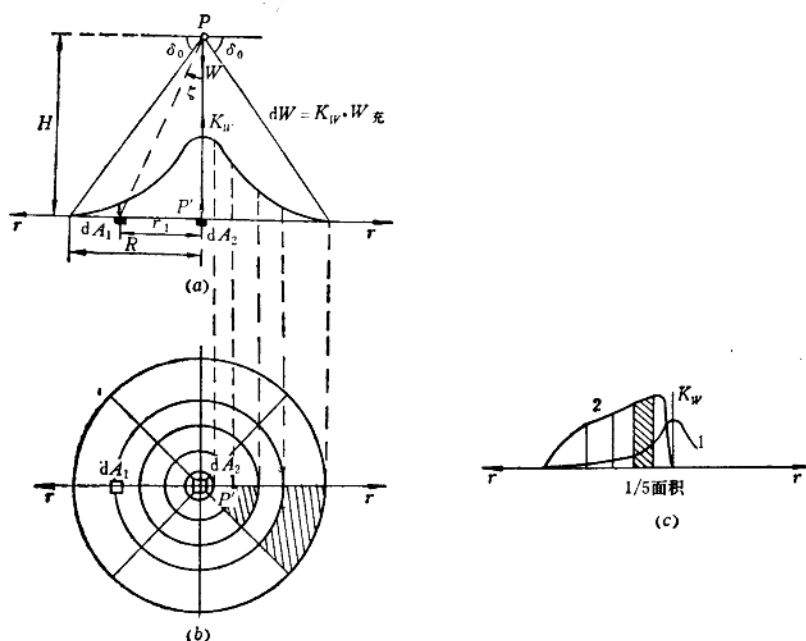


图 2-1 下沉计算原理图

a—下沉剖面图; b—充分开采面积积分网图; c—下沉体等体积分解图
1—影响函数; 2—体积曲线

积分网图的构成元素包括: 边界角 δ_0 、采深 H 、充分影响面积半径 R 。当为水平煤层时, 充分开采面积为圆形, 当为倾斜煤层时, 充分开采面积为椭圆形。为了把与地面点 P

有关的下沉影响因数 K_w 合理地分配给充分开采面积, 人们常把它分解成一些面积小块。

根据经验, 下沉影响因数 K_w 可用微分式 $K_w = \frac{de}{dA}$ 表示。 K_w 随单元面积 dA 至充分开采面积中心 P' 的距离 r 的增加而减小。从图 b 可以看出, 当为水平煤层时, 开采单元 dA_1 对 P' 的影响是对称的。 K_w 可以用几种不同形式的分布函数 $K_w(r)$ 来表示。在无因次曲线 $K_w(i)$ 中, K_w 与比例系数 $i = \frac{r}{R}$ 或者分区角 ζ 有关, 即

$$\operatorname{tg} \zeta = \frac{r}{H} \quad (2-1)$$

拜厄把按分布函数求得的微分 $\frac{de}{dA}$ 视为充分开采面积上方的棱柱体。对 $\frac{de}{dA}$ 积分就形成了图 a 中的钟形曲线包围的钟形体, 它的空间体积和充分开采面积的面积影响因数 e 一样也为 1, 即

$$\int_A \frac{de}{dA} \cdot dA = 1 \quad (2-2)$$

同钟形影响体一样, 下沉 W 对面积 A 的微分也可扩大同一比例, 即

$$\frac{dW}{dA} = K_w \cdot W_{\infty} \quad (2-3)$$

这样一来, 点 P 的下沉可用下沉微分的积分表示

$$\int_{A_{\infty}} \frac{dW}{dA} \cdot dA = W_{\infty} \quad (2-4)$$

可把分布函数 K_w 近似地描述为中心点 P 无穷小的下沉变化。积分网意味着把充分开采圆面积上方的钟形体, 以不同的影响半径, 用铅垂柱状剖面分成 5 个 (或若干个) 环形分区, 再沿直径方向用立剖面分成 8 个 (或几个) 扇形分块, 如图 b 所示。为了绘制这样的积分网图, 一般采用下式:

$$K = 2\pi \int_0^R r \cdot K_w(r) \cdot dr \quad (2-5)$$

表达积分曲线, 使影响体的体积从里向外一个环一个环地增加。积分范围在内分区 P' 点处 $R=0$, 在最外边积分上限处 $R=r$ 。由于下沉影响体的体积是按式 (2-5) 对无穷窄的环形体积分而求得的。环形体的宽度为 dr , 圆周长为 $2\pi r$, 高为 K_w , 所以被圆柱状剖面所分解的钟形体积是由圆柱的基底体积 ($\pi \cdot r^2 \cdot K_w$) 和上部的棱锥体组成的。这里的棱锥体的高为 dK_w , 基底面积为 πr^2 。影响半径 r 与影响函数 $K_w(r)$ 的乘积 $r \cdot K_w$ 即为图 c 中的体积曲线, 它和 r 轴围成一面积。人们常把这块面积分成 5 个相等的部分。图 2-2 所示的是拜厄分布曲线, 纵坐标 K_w 表示对地面中心点 P 起作用的开采环形面积的下沉影响系数, 它取决于影响半径 r 或从 P' 点起向充分开采面积边缘的开采进度。 r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 、 r_5 为巴尔斯分区半径。以 r_1 、 r_3 、 r_5 为半径的圆面积分别占全部下沉影响的 20%, 60%, 100%。按此方法, 可以先把 K_w 轴分成 5 等分, 每等分为 20%, 将各等分线与积分曲线的交点投影到 r 轴上, 则得分区半径 r_i 。为了简化计算, 在图 2-1b 中, 从 r 轴起, 每隔 45° 分一扇形面, 共得 8 个扇形分块, 总计 $5 \times 8 = 40$ 个扇形分块, 整个图形看去很像一个蜘蛛网。每一扇形分块

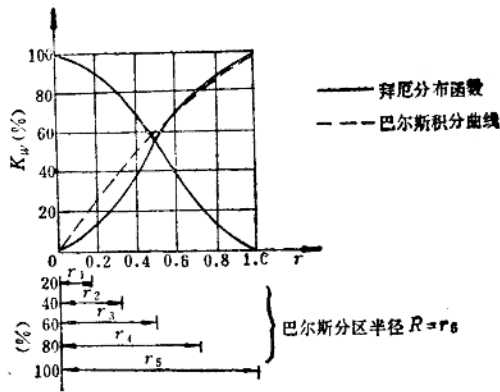


图 2-2 拜厄分布函数和巴尔斯分区半径

对地面中心点 P 的影响相等，也即每一扇形分块所占影响比重为 $\frac{1}{40} = 2.5\%$ 。下沉 W 可用下式计算：

$$W = e \cdot W_{\text{基}} \quad (2-6)$$

式中 e ——面积影响系数，其大小为

$$e = \frac{\text{开采面积}}{\text{充分开采面积}} \times 2.5\%$$

积分网法的基本原理，归纳起来有以下几点：

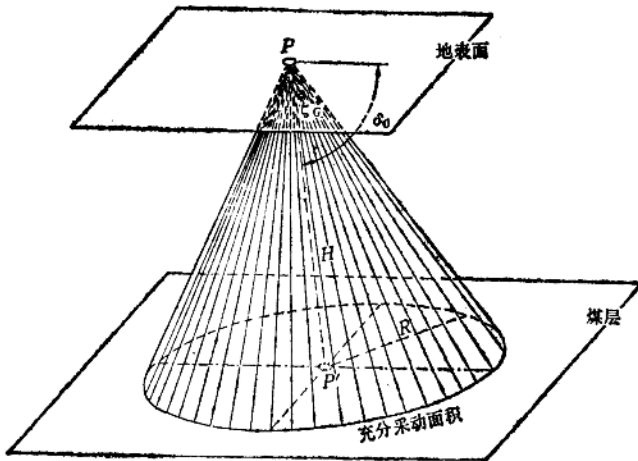


图 2-3 等影响立体关系图

1. 边界角原理和等影响原理

如图2-3所示，地面点 P 位于充分开采面积正上方（采深为 H ）。点 P 在煤层上的投影

P' 位于半径为 R 的充分开采圆面积的中心。以点 P 为中心,以过 P 点的边界角的斜边为动边,绕点 P 旋转,构成一个圆锥体,此圆锥体即为对点 P 产生影响的影响体。由图可知

$$R = H \cdot \text{ctg} \delta_0 \quad (2-7)$$

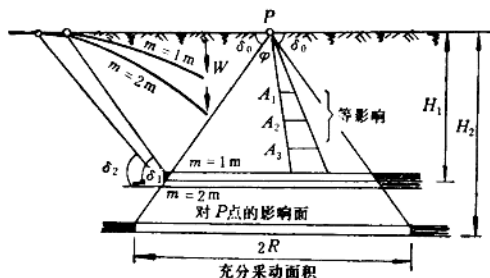


图 2-4 边界角原理及等影响原理

当煤层厚度为1.0m时,边界角为 δ_1 ,而且 $\delta_2 < \delta_1$ 。煤厚在1.0~2.0m之间,下沉 W 遵守的是线性原理。

2. 线性原理

线性原理就是地表下沉与采出厚度 m 和下沉系数 a 成线性关系。也就是说,采区顶板下沉量增加一倍,地表下沉量也增加一倍。当工作面推进到采区边缘时,地表下沉达到最大,即

$$W_{\text{max}} = a \cdot m \quad (2-8)$$

3. 叠加原理

非充分开采面积与充分开采面积之比称为面积影响系数,用 e 表示。 e 是通过开对开采单元 dA 的积分求得的,即

$$W = a \cdot m \int A_{\text{非充分}} \frac{de}{dA} \cdot dA = W_{\text{充分}} \cdot e \quad (2-9)$$

式(2-9)中的面积影响系数 $e \leq 1$,可用积分网法求得。

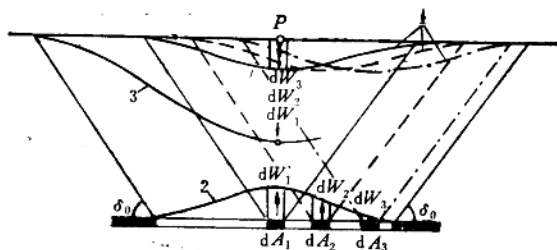


图 2-5 下沉叠加原理

1—单元下沉盆地; 2—影响函数曲线; 3—下沉盆地

如图2-5所示,由开采单元 dA_1 、 dA_2 、 dA_3 ……所引起的地面点 P 的单元下沉为 dW_1 、 dW_2 、 dW_3 ……,叠加后即可求得总的下沉 W ;

$$W = dW_1 + dW_2 + dW_3 + \dots$$

即点P的总下沉值,等于各开采单元所引起的单元下沉值 dW_i 之总和。每一单元开采面积使地面上产生的单元下沉盆地基本相同。把单元下沉盆地倒过来就是影响函数曲线。

4. 过渡转变原理

在移动终止之前,要经历一个中间临时性的动态移动过程。动态下沉 W_d 可用下式计算:

$$W_d = a \cdot m \cdot e \cdot Z \quad (2-10)$$

动态下沉盆地的形状和最终下沉盆地一样,是依照定性相等的原理而出现的。随着开采时间的推移,下沉盆地曲线也不断地变化着,直到最终下沉盆地的形成。式(2-10)中的 a 、 m 、 Z 是由实测求得, e 是由积分网统计而得。

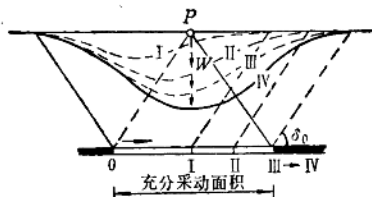


图 2-6 下沉动态转变过程

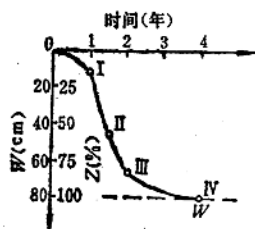


图 2-7 地面点P的下沉与时间的关系

图2-6中的中间下沉曲线I、II、III为第I、II、III三个开采位置时刻的动态下沉曲线,它们的下沉 W_i 可用下式求得:

$$W_i = Z_i \cdot e \cdot a \cdot m \quad (2-11)$$

式中的时间系数 Z_i 是由实际观测求得。图2-7为时间系数 Z_i 与下沉 W 之间的关系曲线, Z_i 按下式求得:

$$Z_i = \frac{W_d}{W_{\infty}} \quad (2-12)$$

式中 W_d ——某时刻的动态下沉值;

W_{∞} ——最终下沉值。

图2-7中的I、II、III为相应时刻的工作面位置。当工作面位置达到III,即达到充分开采面积时,但此时地表点P下沉还没达到充分,故此曲线III也为动态下沉。当工作面达到位置IV时,P点下沉才达到充分,因此在III~IV之间的下沉被称为后增下沉。

叠加原理比较简单,在多层开采时常采用该原理。在进行地表下沉预计时,由于缺少采空区顶、底板会聚和岩层压力方面的精确数据,人们往往通过对各煤层的独立观测,最后综合求取下沉最终值。而煤层的开采顺序对最终下沉曲线无重要影响。

第二节 几种常用的分布函数

凯因霍尔斯特、巴尔斯、拜厄等人先后根据实际观测资料建立了各自的经验分布曲线,然后又进一步概括为数学表达式形式。常用的几种数学分布函数有:

1. 取决于边界角 ϕ_0 的函数式

巴尔斯 (1932年) :

$$K_W = \sin 2\zeta + 2\zeta \quad (2-13)$$

拥克:

$$K_W = 2\pi (1 - \cos \zeta) \quad (2-14)$$

弗雷申特雷格尔:

$$K_W = \frac{1}{3} (3\sin \zeta + \sin^3 \zeta) \quad (2-15)$$

斐尔兹:

$$K_W = \sin \zeta \quad (2-16)$$

2. 与边界角 ϕ_0 无关的函数式

拜厄 (1944年) :

$$K_W = K^0 \cdot \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^2 \quad (2-17)$$

阿亨大学公式:

$$K_W = \sin^2 \left(\frac{\pi}{4} \cdot i \right) \quad (2-18)$$

3. 概率分布函数式

桑 (1949) :

$$K_W = 2.256 \cdot 2\pi \cdot \int_0^R e^{-4r^2} \cdot dr \quad (2-19)$$

埃尔哈尔德和斯奥尔 (1961年) :

$$K_W = 0.1392 \cdot e^{-0.5r^2}$$

$$K_W = 2\pi (1 - e^{-0.5r^2}) \quad (2-20)$$

按照上列分布函数式, 人们编制了在一定条件下的计算表 (表2-1)。

等影响积分圆形面积分区半径 ($R=1$, $\phi_0=55^\circ$, $\alpha=0$)

表 2-1

从里向外的分区编号	下沉环形分区半径					水平移动环形分区半径		
	凯因霍 尔斯特	巴尔斯	拜 厄	桑	埃尔哈尔 德、斯奥尔	弗雷申特 雷格尔	拜 厄	布劳依诺
1	0.28	0.16	0.25	0.09	0.22	0.38	0.34	0.33
2	0.40	0.30	0.39	0.18	0.33	0.56	0.46	0.49
3	0.50	0.49	0.50	0.30	0.45	0.71	0.58	0.63
4	0.74	0.70	0.63	0.45	0.59	0.85	0.71	0.80
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

第三节 采空区顶底板会聚的概念

井下采深 H 处的煤层被采出后, 顶板岩层失去了支撑, 岩体由于重力加速度 g 的作用加重了岩层的负载。重力 G 按下式计算:

$$G = m \cdot g = A \cdot H \cdot \rho \cdot g \quad (2-21)$$

式中 A ——采空区面积;

ρ ——岩石比重。

单位面积压力 P 按下式计算：

$$P = \frac{G}{A} = H \cdot \rho \cdot g$$

$$= 2.5H \text{ N/cm}^2 \quad (2-22)$$

自然，采空区上方的岩体必须由采空区充填物或冒落下来的顶板岩石支撑。顶板冒落后的部分岩层仍然处于层状状态，顶板的下沉像厚板一样弯曲，并且受到了冒落下来的岩块（或充填物）的支撑，重力的其它部分将从弯曲岩层的结合体转移到待采（或固定）煤壁一侧的边缘部分。岩层叠加力和附加力形成新的岩石压力，其分布是：在采前，煤壁上方 A_1 区压力出现峰值，在采空区上方出现部分减压区 A_2 。如图2-8所示，新压力分布造成的结果是：在煤层边缘区出现垂直于煤层的压力，在采空区内充填体或冒落岩石的压密程度向采空区中心逐渐增加，在减压区出现底板隆起现象。由此，在长壁采煤工作面附近将要出现三个动态移动分区：

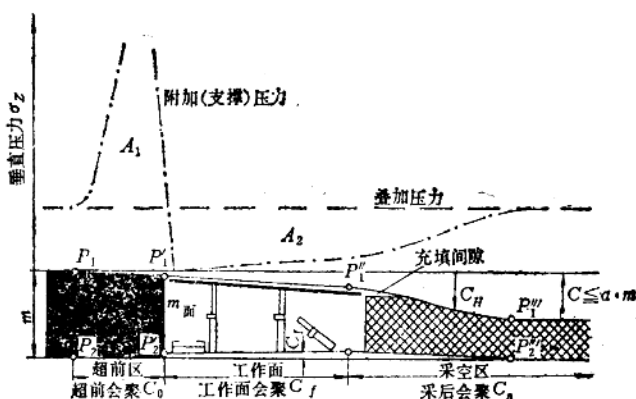


图 2-8 采空区顶、底板会聚和长壁工作面压力分布

1. 超前顶底板会聚区

在回采工作面线前方30~100m宽的区域属于超前顶、底板会聚区，顶板岩层在该区已开始下沉。位于下沉边缘的顶板点 P_1 和底板点 P_2 是一对垂直煤层上下对应的观测点（煤层厚度1~3m），这两个点将因为工作面的靠近出现层位厚度变化，即沿铅垂方向压缩。超前会聚量 C_0 是由顶板下沉 C_{11} 和底板隆起 C_{12} 组成的， C_0 值一般为煤层厚度的10~20%。超前会聚是支撑压力引起的，它使质软的煤层发生压薄，塑变达几百毫米，顶板随之下沉，底板出现隆起。被压薄的煤壁成为顶板的支撑点，当支撑压力超过煤层的抗压强度时，煤壁就要因压力过大而被向工作面空间压出。

2. 工作面顶、底板会聚区

工作面顶、底板会聚区，位于工作面线与采空区的无牢固支撑的范围内，如图2-8所示的观测点露出位置 P'_1, P'_2 至采空区前边最后一排回柱点 P''_1, P''_2 位置之间。顶板岩层必须在煤壁和充填区之间起一桥梁作用，同时在它自身重力作用下发生弯曲。在4~6m宽的工作面通道附近，顶板测点的下沉速度将要加大到10cm/d左右。工作面顶底板会聚用 C_1 表示。