

煤矿采空沉陷预测因素分析及计算方法

张作礼,张作伟

(山东亨达煤业有限公司,山东 宁阳 271405)

摘要:采空沉陷的预测是矿山开发利用、矿山地质环境保护与治理的重要依据,该文论述了影响煤矿采空沉陷预测的各种因素和应注意的问题,提出了易操作、直观、可动态管理的计算方法,以及矿山在开始采矿之前必须开展地表岩移监测等合理化建议。

关键词:煤矿;采空沉陷;因素分析;计算方法

中图分类号:TD212

文献标识码:A

随着能源的紧缺,煤矿开发规模逐渐扩大,矿区开采引发地面沉陷几乎不可避免,山东省内大多煤矿都发生了程度不同的采空沉陷,许多矿山形成了大面积的积水洼地,有的引起地面建筑不同程度的破坏,煤矿采空沉陷预测工作显得非常重要。如果采空沉陷预测结果过大,会造成开发利用前的村庄避让搬迁工程巨大。因此,如何使预测结果更接近于实际,准确地预测煤矿采空沉陷及沉陷的范围、沉陷值、破坏程度,以确定地面建筑的安全性,防止地质灾害的发生,是煤矿安全生产、保持周边社会环境和谐的重要工作,也是编制矿山地质环境保护与综合治理方案最重要的依据。

1 采空沉陷预测方法

采空沉陷的计算分析是复杂的过程,既涉及开采沉陷理论,又需要熟悉开采地质条件及各种地质条件之间的相互关系。采空沉陷计算方法有典型曲线法、剖面函数法、概率积分法、理论分析法等,但这些方法或需要一定的地表岩移观测数据,或需要简单的概化,或需要复杂的计算机计算程序,使预测计算受到一定限制。目前常用的计算方法是既有一定理论依据,又有经验成分的计算公式。现普遍认为,地下采煤造成的沉陷大小与煤层厚度成正比,采空区的充分程度与采区范围即采空区尺寸密切相关。

充分采动下的地表移动与变形,常用以下公式

计算:

$$\text{最大下沉值: } W_{\max} = mq \cos \alpha$$

$$\text{最大水平移动值: } U_{\max} = b W_{\max}$$

$$\text{最大倾斜值: } i_{\max} = \frac{W_{\max}}{r}$$

$$\text{最大水平变形值: } \varepsilon_{\max} = 1.52 b i_{\max}$$

$$\text{最大曲率值: } K_{\max} = 1.52 \cdot i_{\max}$$

式中: W_{\max} —最大下沉值; m —煤层厚度; q —下沉系数; α —煤层倾角。

开采影响范围的确定,可根据地表岩移监测资料,如无监测资料,可根据相似矿山的影响角确定,其计算公式为:

$$r = \frac{H}{\text{tg}\beta}$$

式中: H —开采深度(m); $\text{tg}\beta$ —影响角正切。

从以上公式可以看出,最大水平移动值、最大倾斜值、最大水平变形值、最大曲率的计算均依赖于最大下沉值的计算结果,因此, W_{\max} 的计算就是采空沉陷预测中的关键问题。但是,目前在进行矿山地质环境保护与综合治理方案的编制中,预测采空沉陷的各种参数的选取常常存在问题,包括不考虑是否充分采动、沉陷系数取值偏差太大等。

2 影响采空沉陷预测准确性的因素

由地下采矿引发的地面沉陷的发育程度,主要

* 收稿日期:2009-07-03;修订日期:2009-08-04;编辑:陶卫卫

作者简介:张作礼(1979—),男,山东曹县人,助理工程师,主要从事矿山地质工作。

影响因素有采煤方法、采区尺寸、煤层厚度、倾角及埋藏深度、松散层厚度和开采技术条件等。

2.1 采煤方法

采煤方法指采煤系统和回采工艺间的综合及其在时间、空间上的相互配合。不同的矿山地质条件、经济条件、技术条件,可能采用不同的采煤系统和回采组合,就构成不同的采煤方法。

地下开采大体可分为壁式开采和柱式开采。壁式开采,按煤层倾角大小,可分为缓倾斜、倾斜和急倾斜煤层采煤法;按工作面布置和推进方向,可分为走向长壁和倾斜长壁采煤法;按采煤工艺不同,可分为炮采、普采和综采;按采空区处理不同,分为全部垮落法、刀柱法和充填采煤法^[1];按煤层厚度和开采方式不同,又可分为整层采煤和分层采煤法;还有“三下”采煤中采用的条带开采法、协调开采、全柱开采^[2]等等。柱式开采可分为房式和房柱式。

矿山采用哪种采煤方法需要根据煤矿地质条件(煤层倾角、煤层厚度、顶底板特征、构造状况、地下水条件等)、技术和设备条件、经济条件、管理水平来决定等。目前长壁-顶板全部垮落法是常用的开采方式。从我国的国情看,相当长的时期内,仍是综采、普采和炮采3种工艺并存的局面。

因此,在预测采空区沉降时,应充分考虑采煤方法、采煤工艺、顶板管理方式,结合煤矿地质条件确定有关参数。一般情况,在同样的地质条件下,充填法、刀柱法、全部垮落法的沉降是依次增大的,条带法、房柱法的沉降视采留比大小而不同。

2.2 采空区布置与采区尺寸

采空区布置与尺寸是影响预测的关键因素之一,目前大多数矿山在编制矿山地质环境保护与综合治理方案时,往往假定各煤层全部开采,即假设矿区均为充分采动。实际上,采空区的布置与尺寸,往往受矿区面积、地质条件(尤其是构造因素、地下水等)、煤层赋存状况、采区储量、邻矿位置、地面保护对象等因素的影响,需要留存各种保护煤柱,使采空区布置和采区尺寸受到限制,往往达不到充分采动。即实际最大沉降值小于按充分采动计算的最大沉降值。因此为了表征采空区达到充分采动的程度,目前的计算方法中,引入一个采动系数。所谓采动系数,就是采空区倾斜方向或走向方向的实际长度与地表达到充分采动时,相应方向上最小长度之比,其

值一般 ≤ 1 (大于1时取1)。由于预测过程中不可能表达充分采动时采空区尺寸,一般采用煤层采深来代替,并引入一个覆岩系数 K 。采动系数的计算公式为:

$$n_1 = K_1(D_1/H_0); \quad n_3 = K_3(D_3/H_0)$$

式中: n_1 —倾向方向的采动系数; n_3 —走向方向的采动系数; D_1 —采空区倾斜方向的实际长度; D_3 —采空区走向方向的实际长度; H_0 —平均采深; K_1, K_3 —小于1的覆岩系数,根据岩石硬度确定。

因此,更准确的预测最大下沉值的计算公式为:

$$W_{\max} = mq \cos \alpha \cdot \sqrt{n_1 n_3}$$

式中: $\sqrt{n_1 n_3}$ 为综合采动系数,大于1时取1。

2.3 煤层厚度

煤层越厚,采矿时开采空间就越大,因而对地面影响就越大。因此厚煤层赋存区往往是地面变形与沉降的中心区段,是地面变形严重的地方。

2.4 煤层埋藏深度

同样的采区尺寸,煤层埋藏越深,地面变形与沉降的范围和程度越小。这是因为随着深度的增加,采空区引发的冒落带、裂缝带影响往往达不到地表。一般来讲,在采深和采厚的比值大于30时,地表的移动和变形在时空上是连续的、渐变的,具有一定的规律性;当采深与采厚的比值小(一般小于30)或具有较大的地质构造时,地表的移动和变形在时空上将是不连续的,没有严格的规律性,地表可能出现较大的裂缝和沉降坑。

从各煤矿区历史上发生的采空区沉降看,较大的沉降洼地多发生在煤层埋藏浅、厚度大的地段。

2.5 煤层倾角

急倾斜、倾斜及浅部缓倾斜煤层的开采均可出现沉降坑,但多出现于急倾斜煤层开采条件下。倾斜和浅部缓倾斜煤层开采,在地表有非连续性破坏时,也可出现漏斗状沉降坑。在采深小或采厚大时,房柱式采煤、硐室式水力采煤或长臂式采煤(采厚不一致时)也会在地表产生漏斗状沉降坑。水平及缓倾斜煤层的岩层移动形式主要为沿岩层的法线方向弯曲和崩落,冒落带、导水裂隙带最终呈刀鞍形,地表下沉盆地应为对称的圆盘形。

2.6 松散层厚度

松散层在水平方向传递力的性质较差,因而基

岩移动产生的水平移动在松散层内传递就会衰减。松散层越厚,衰减程度越大,地面变形与沉降的幅度越小。

2.7 沉陷系数

据经验,一般地表沉陷的最大深度约为煤层开采厚度的70%~80%,但这必须是地下采煤区的长、宽度都达到充分开采时,否则为非充分开采,最大沉陷深度就较小。

总体看,沉陷系数与采深、采厚、顶底板岩性、采动程度、开采方式等均有密切关系。因此,沉陷系数是比较难以确定的参数,同时也是影响最终预测结果的主要参数之一。

3 预测计算方法

对于范围较小、采区局限的矿区,比较容易计算和采空沉陷等值线的勾绘,但对于面积大到几十平方千米的矿区而言,要预测计算、勾绘比较符合实际的采空沉陷等值线是很困难和繁琐的,不光要在计算中选取合理的参数,而且勾绘等值线时要考虑许

多影响因素。

由于采空沉陷服从叠加原理,因此实际沉陷值可以由各采区各煤层引起的沉陷值求和而得。一个矿区的采空沉陷,可采用分层计算、沉降量叠加的方法。即根据勘探资料,首先确定各煤层的底板埋深、厚度,计算单层最大可能沉降量,各层沉降量之和做为该点最终可能的最大沉降量。

在工作中,采空沉陷的计算过程常采用 Excel 电子表格的方式,单元格分别输入计算点坐标、各层的煤层厚度、煤层倾角、预计采空区最大尺寸、沉陷系数、底板埋深、煤层倾角等基础数据,根据前面的计算公式,分别赋予后面的单元格计算属性,得出 $n_1, n_3, \sqrt{n_1 n_3}$, 沉陷系数以及单层沉陷值等中间数据,累计沉陷值就是单层沉陷值单元格数值的和(表1)。当开发利用方案已经确定后,采厚、采深、煤层倾角等地质条件是已知的,但沉陷系数、采空区尺寸等应根据采区划分、断层分布、矿柱留设的具体情况做动态调整,而不应是一成不变的。

表1 3_上煤层采空沉陷计算

计算点	厚度/ m	底板埋 深/m	倾角 (°)	K_1 K_3	D_1	D_3	n_1	n_3	沉陷 系数	$\cos\alpha$	$n_1 n_3$	$\sqrt{(n_1 n_3)}$	沉陷值/ m	累计 沉陷值
1	3.95	545.6	12	0.8	120	716	0.176	1	0.5	0.98	0.185	0.4298043	0.8319	1.26
2	7.48	710.5	12	0.8	150	350	0.169	0.39	0.7	0.98	0.067	0.2579807	1.3238	2.8
3	冲刷			0.8									0	0.6
4	5.74	584.1	12	0.8	450	450	0.616	0.62	0.6	0.98	0.38	0.6163856	2.0804	3.4
5	冲刷			0.8									0	2.2
6	剥蚀			0.8										0
7	0.71	678.3	12	0.8	200	70	0.236	0.08	0.15	0.98	0.019	0.1395569	0.0145	0.7
8	冲刷			0.8										0
9	冲刷			0.8										0

其他地表变形值也可以采取同样的方法预测计算。这种方法比较合理、容易操作,且有直观、可动态管理的优点,既可根据采掘过程中的新资料适时修改不合理的参数,即得最终沉陷值或其他地表移动值,也可以依据生产进度预测不同阶段的地表变形情况,生成不同阶段的地表变形等值线。这对于防治采空沉陷地质灾害,适时调整防治措施,合理安排地面保护目标的避让非常有利。

采空沉陷等值线是划分地质灾害危险性分区、预防地质灾害危害的重要依据,可以利用计算点坐标、最终沉陷值或其他地表移动值,采用 Soufer 软件或 MapGIS 的作图功能进行计算机作图或人工勾绘。人工勾绘时,可做到适当考虑矿柱、构造等因素。

4 建议

(1) 地表岩移监测是积累采空沉陷计算所需参数的重要手段,但许多开采多年的矿山,没有进行地表岩移监测,无法取得所需参数,严重影响后续采掘系统的设计和矿山地质环境保护与治理方案的编制以及治理资金预算的准确性。因此,建议矿山在开始采矿之前开展地表岩移监测,将监测工作纳入日常生产中,以积累地表岩移参数。

(2) 矿山地质环境保护与综合治理方案的编制

人员,应了解采矿方法、采矿工艺、矿区地质构造条件、采区划分等具体情况,并与委托单位进行交流,采取合理的预测计算参数,使“方案”更加接近实际。

参考文献:

- [1] 张吉春. 煤矿开采技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 2007:166.
- [2] 张华兴,郭惟嘉.“三下”采煤新技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2008:49.

Prediction Factors Analysis on Coal Mining Subsidence and Calculating Method

ZHANG Zuo - li, ZHANG Zuo - wei

(Hengda Coal Mine Limited Corporation in Shandong Province, Shandong Ningyang 271405, China)

Abstract: Coal mine subsidence predication is important basis for coal mine development and utilization, geological environment protection and management. Factors which will influence coal mining subsidence predication and problems which should be paid more attention are analyzed in this paper. An easy - to - use, intuitive and dynamic managing method for calculating is put forward. Reasonable suggestions for carrying out strata movement at the beginning of mining are put forward as well.

Key words: Coal mines; coal mining subsidence; predication method