

临涣工业园区地面非采动沉降预测方法与安全评价研究

董祥林¹, 陈银翠², 葛侃²

(1. 淮北矿业股份有限公司, 安徽 淮北 235000; 2. 安徽矿业职业技术学院, 安徽 淮北 235000)

The Melt Industrial Park of the Mining Subsidence Prediction Method and Safety Evaluation

DONG Xianglin, CHEN Yincui, GE Kan

摘要: 对工业园区松散层水文特征、松散层沉降、变形特征进行分析, 并通过地面沉降观测结果得出地面沉降与时间、疏水的关系。在此基础上进行临涣工业园区地面非采动沉降预测方法与安全评价研究。结果表明地面基本不产生疏水引起的沉降, 大面积沉降没有造成建筑物原有裂隙有明显的扩展, 对保障工业园区重大构筑物及设备的正常运营具有重要意义。

关键词: 地面非采动沉降; 预测方法; 安全评价

一、引言

临涣、海孜、童亭矿区的开采和疏水对工业园区地面沉降具有重要影响。为更好地掌握临涣矿区开采和疏水对工业园区地面沉降的影响, 做好地面沉降观测工作和建筑物保护工作, 需对工业园区松散层水文特征和松散层沉降、变形特征进行分析, 并通过地面沉降观测结果得出地面沉降与时间、疏水的关系, 在此基础上进行临涣工业园区地面非采动沉降预测方法与安全评价研究。这对保障工业园区重大构筑物及设备的正常运营具有重要意义。

二、工业园区松散层特征

1. 水文特征

1) 第3系四含尚有一定水头。2005年7月观测05-观3的四含水水位埋层为142.9m, 水位标高为-115.045m, 距第四系底部尚有100m的水头。2005年9月观测水位埋深141.0m, 水位没有下降。分析认为, 一方面工业园区内四含受矿井疏水的影响, 水位出现了较大幅度的下降, 表现在水位埋层较深, 表明四含有较好的连通性; 另一方面由于园区距井下采区较远, 处于疏水降落漏斗的边缘, 保持有一定的水位。目前临涣矿四采区已经开采完毕, 四含近期未被疏降。

2) 奥灰水位高。通过05-观1钻孔探测, 奥灰水位埋深为17.2m, 标高+11.23m, 与第四系四含和太灰水位相比很高, 表明基本未受到开采疏水的影响, 四含与奥灰露头区水力连通不畅。

3) 奥陶系石灰岩含水层主要是溶隙和小溶洞构造赋水空间。认为在奥灰取水的过程中, 不会出现大面积的岩溶塌陷, 从而造成地面沉陷, 只会影响相邻第四系松散地层的固结沉降。

2. 松散层沉降、变形特征

(1) 矿区地面持续大面积下沉

通过大范围的精密水准测量以及地层沉降孔观测, 证实在临涣矿区存在着大面积持续地面沉降。在不受采动影响的工业场地也有地面下沉。通过水准观测, 截止1991年4月, 临涣矿区地面沉降范围已达79km², 其中下沉量大于200mm的区域面积已超过34km², 在平面分布上呈现以矿井井田为中心的椭圆形下沉区, 如图1所示。最大下沉点为海孜矿南边的张桥点, 达609mm, 沉降速度1989—1991年最大为60mm/a; 临涣矿工业场地的地面沉降量达450mm, 平均降速为47mm/a; 童亭矿工业场地的地面沉降量为328mm, 降速为30mm/a。

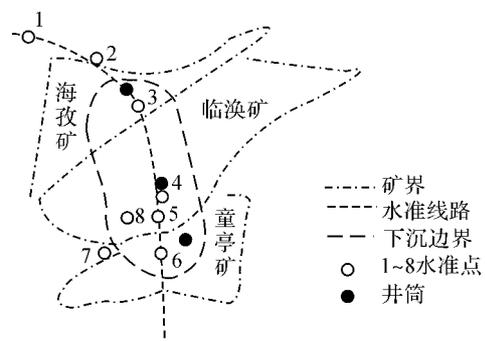


图1 临涣矿区地面沉降范围

收稿日期: 2012-01-17

作者简介: 董祥林(1965—), 男, 高级工程师, 主要从事开采沉陷和矿山测量的管理工作。

(2) 地层变形随时间变化规律

将地层沉降观测值按时间顺序做图 2, 临涣矿区地层随时间有以下变形特征。

- 1) 四含下地层随着四含水头疏降的变化而相应变化, 除压缩变形外, 个别时段有微量膨胀。
- 2) 四含上、三隔下随着四含水头的疏降持续固结压缩变形, 同时四含水头的疏降波动会影响该时段的压缩量。

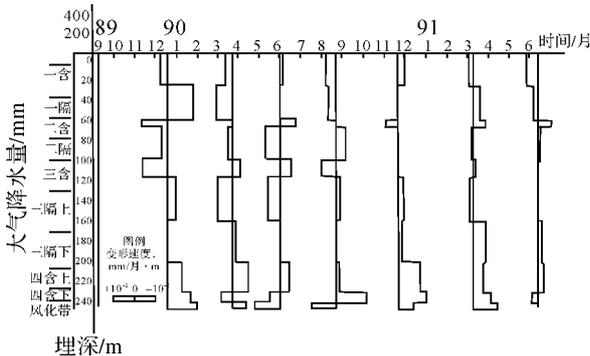


图 2 临涣矿地层变形速率图

(3) 松散层变形对地面建筑物的影响

根据对临涣矿调查结果, 临涣矿自 1985 年 12 月投产至今已经 20 余年, 虽然临涣矿工业场地位于疏水引起松散层压缩变形区内, 但工业场地的绝大多数建筑物没有出现大量的、明显的开裂和倾斜现象。只在井塔基础和井筒附近出现变形。这表明疏水引起的地面沉降, 造成的地面水平变形和倾斜值很小。

三、临涣矿地面非采动沉降规律

1. 地面沉降与时间的关系

根据地面沉降观测结果, 整理工业广场地面沉降 (BM1 和 BM2) 点与时间的关系如图 3 所示。由图 3 可见, BM1 与 BM2 点沉降曲线一致性很好, 表明疏水沉降造成的地面倾斜和变形很小, 地面主要是大面积均匀沉降, 同时获得 BM1 和 BM2 的统计公式。

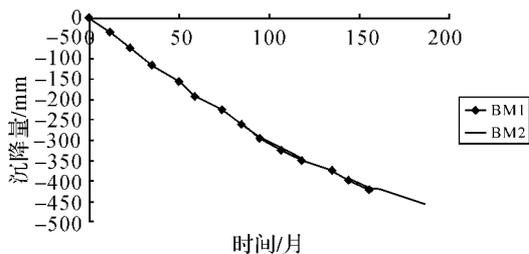


图 3 临涣矿工业场地地面沉降与时间的关系

(1) BM1 观测点

$$\left. \begin{aligned} W &= 0.0066t^2 - 3.7245t + 6.6676 \\ R^2 &= 0.999 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

对式 (1) 求导, 当 $W = 0$ 时, $t = 282$ (月), 约为 23.5 年。即预计在 2010 年底左右临涣矿工业场地地面沉降基本结束。

(2) BM2 观测点

① 二次曲线关系

$$\left. \begin{aligned} W &= 0.0057t^2 - 3.6197t + 4.8007 \\ R^2 &= 0.9987 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

对式 (2) 求导, 当 $W = 0$ 时, $t = 317$ (月), 约为 26.5 年。即预计在 2012 年底左右临涣矿工业场地地面沉降基本结束。

② 直线关系

$$\left. \begin{aligned} W &= -2.4652t - 30.032 \\ R^2 &= 0.9806 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中, W 为地面沉降量, 单位为 mm; t 为时期 (月), 起自 1986 年 7 月 11 日; R^2 为相关系数。

由统计公式可见, 下沉与时间关系十分符合二次曲线关系, 相关系数达到 0.999; 对直线关系符合得也较好, 相关系数为 0.98, 一般认为相关系数大于 0.85 即为可行。

2. 地面沉降与疏水的关系

对比矿区四含水位埋深和沉降观测资料, 可以看到沉降观测结果与水位下降在时间上具有较明显的一致性。根据地面沉降观测结果整理工业场地附近的 91-15 观测孔以及西风井附近的 85-02 观测孔与地面沉降的关系。

(1) 91-15 孔水位与地面沉降的关系

91-15 孔位于临涣矿工业场地附近, 与工业场地地面沉降观测点在同一区域, 是较好的对比情况。根据观测结果整理如表 1 和图 4 所示。

表 1 91-15 孔水位与地面沉降的关系

观测时间	91-15 孔水位埋深/m 地面标高 + 27.2	工业场地地面 沉降量/mm
1992 年 4 月	95.44	192.1
1992 年 6 月	95.93	210.1
1992 年 12 月	99.39	224.8
1993 年 6 月	102.77	242.6
1993 年 12 月	104.23	256.1
1994 年 6 月	146.44	286.9
1996 年 6 月	180.2	322.7
1999 年 6 月	184.2	404.11
1999 年 12 月	184.28	408.3
2000 年 6 月	187.4	419.44
2002 年 6 月	191.4	456.53

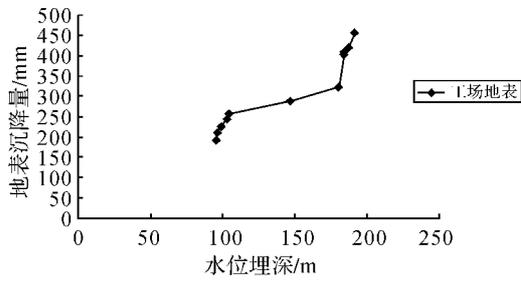


图4 91-15孔水位与地面沉降的关系

统计公式为

$$\left. \begin{aligned} W &= 2.1012h + 11.023 \\ R^2 &= 0.9007 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中, W 为地面沉降量,单位为 mm; h 为钻孔水位埋深,单位为 m。

由统计公式可见,相关系数为 0.9007,大于 0.85,水位变化与地层沉降可以采用线性关系表示。

(2) 85-02 孔水位与地面沉降的关系

85-02 孔位于西风井附近,是临涣矿水位变化观测时间最长的钻孔。钻孔位置与地面观测位置有一定的距离,但考虑到四含大面积存在,因此整理该钻孔水位差与地面沉降的关系(如图 5 所示),获得统计公式为

$$\left. \begin{aligned} W &= 4.2741\Delta h + 28.854 \\ R^2 &= 0.9858 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中, Δh 为钻孔水位差(起始时间为 1986 年 9 月)。

由统计公式可见,相关系数达到 0.9858,表明四含水位降与地面沉降量为线性关系。

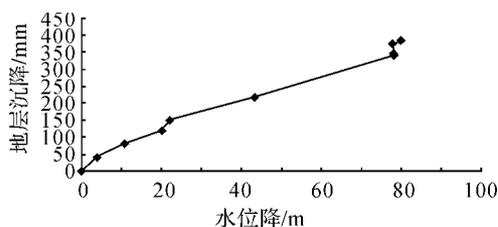


图5 85-02孔水位差与地面沉降的关系

四、工业园区地面沉降监测系统

为了及时掌握工业园区地面沉降情况,在工业园区范围内布置了监测网,以期做好地面沉降观测和建筑物保护工作,保障工业园区重大构筑物及设备的正常运营。

工业园区地面沉降监测网包括有 1 个基准点, 19 个观测点,并长期进行数据观测。其中,基准点为小湖孜观测点(位于工人村内),临涣矿基岩标位于临涣工业广场内,风补观测点位于风井处,其余

观测点分布在水厂、电厂、选煤厂、铁运处、焦化厂区域。平面布置示意图如图 6 所示。

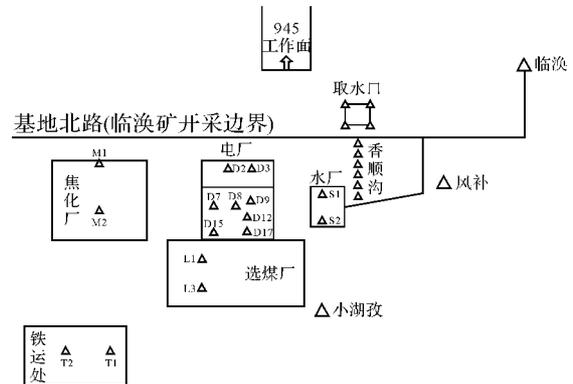


图6 监测网平面布置示意图

由图 6 可见,当距电厂最近的临涣矿 945 工作面开采时,通过观测地面沉降可评价采煤对电厂等地面沉降的影响。945 工作面距电厂约 430 m,按移动角确定的开采边界 292 m 和按边界角确定的开采边界为 312 m,对比表明电厂位于开采边界之外,因此临涣矿工作面开采造成的直接沉陷不会对工业园区建筑物和设备造成不利影响。

监测网于 2007 年正式建成并投入使用,首次观测时间为 2007 年 12 月 29 日,至今已进行了 6 次观测。小湖孜点近 6 次的调和观测数据变化很小,仅为 0.001 m,认为该基准点是稳定的;位于临涣矿的基岩标,其高程观测数据 6 次均为 29.71870 m,未发生疏降或提升;风补点有小量沉降。

五、结束语

为掌握工业园区地面非采动沉降规律,自 2007 年 12 月项目建成后分别对电厂、水厂、选煤厂、铁运处和焦化厂的地面非采动沉降进行了观测,主要有以下结论:

1) 临涣矿区的观测结果,受采矿的影响松散层底部含水层水位持续大幅度下降,导致松散层内部压缩变形,引起地面沉降。松散层主要压缩的地段位于松散层底部的四含(三含)含水层段,地面出现了大面积沉降。观测表明大面积沉降没有造成建筑物原有裂隙有明显的扩展。

2) 根据临涣矿工业场地地面观测结果,工业园区具有四含地层的区域,由于四含水位持续下降造成的地面沉降量为 204.0 ~ 591.6 mm,平均为 357.8 mm。工业园区局部区域(05-观 1 钻孔)四含地层缺失,地面基本不产生疏水引起的沉降。

(下转第 84 页)

式中 $i=2, 3, \dots, n$ 。

2. 参数的确定

只要测出对称建筑一对对应点 $1(x_1, y_1)$ 和 $1'(x_1', y_1')$ 利用数学方法不难求得对称轴的参数 a, b, c 即

$$\left. \begin{aligned} a &= 2(x_1 - x_1') \\ b &= 2(y_1 - y_1') \\ c &= (x_1'^2 - x_1^2) + (y_1'^2 - y_1^2) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

3. 改进公式的优点

经过改正的式(3)~式(5)具有如下优点:

- 1) 式中没有繁琐的反三角函数和开方计算, 计算简单。
- 2) 参数 a, b, c 对一个对称建筑是常数, 只需要计算一次, 且计算简单。
- 3) 运用式(4)计算对称点位不需要分建筑的左右侧, 容易掌握。
- 4) 式(3)说明, 不同点坐标是利用对应点坐标加上参数求出的, 能相互验证。

三、计算实例

图1中的某对称建筑1~8点及1'点观测坐标如表1所示。

表1 已知点坐标

点号	x	y
1	1 005. 351 8	2 091. 990 5
2	1 031. 332 6	2 076. 990 5
3	1 051. 332 6	2 111. 631 5
4	1 068. 653 1	2 101. 631 5
5	1 078. 653 1	2 118. 952 0
6	1 065. 662 7	2 126. 451 9
7	1 075. 662 7	2 143. 772 5
8	1 101. 643 5	2 128. 772 5
1'	1 105. 351 8	2 265. 195 5

将1点和1'点坐标代入式(5)求得对称轴参

数: $a = -200, b = -346.41, c = 965\,756.761\,1$; 利用式(3)、式(4)容易算出各未知点的坐标, 如表2所示。

表2 未知点坐标计算

点号	d	x	y
2'	0.25	1 131. 332 6	2 250. 195 5
3'	0.15	1 111. 332 6	2 215. 554 5
4'	0.15	1 128. 653 1	2 205. 554 5
5'	0.10	1 118. 653 1	2 188. 234 0
6'	0.10	1 105. 662 8	2 195. 734 0
7'	0.05	1 095. 662 7	2 178. 413 5
8'	0.05	1 121. 643 5	2 163. 413 4

当建筑物被其他建筑物或高大植物遮挡视线不通时, 可以测出一对对应点(如图1中的1点和1'点)按照南北方向用钢尺量出点间的距离, 求出各点假定坐标。再利用坐标旋转求得真实坐标。

四、结束语

在数字地形图测绘过程中遇到对称建筑物坐标计算, 使用式(1)比较麻烦, 而结合数学的关于直线对称点坐标计算得到的式(3)~式(5)则计算简单, 尤其利用 Excel 更加方便, 不需要复杂的程序即能达到目的, 希望能对实际工作有所帮助。

参考文献:

- [1] 郝向阳, 赵夫来. 数字测图原理与方法[M]. 北京: 解放军出版社, 2002.
- [2] 潘正风. 数字测图原理与方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
- [3] 徐宇飞. 数字测图技术[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.
- [4] 杨晓明, 段莉. 数字地形图测绘中的几个问题探析[J]. 测绘通报, 2004(10): 42-45.
- [5] 姚格. 圆锥曲线的轴对称图形方程的求法[J]. 数学教学, 2009(9): 28-29.

(上接第67页)

参考文献:

- [1] 国家煤炭工业局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱

留设与压煤开采规程[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2010.

- [2] 中华人民共和国能源部. 煤矿测量规程[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1989.