

煤矿开采工作面离层注浆地表沉降监测研究

陈晓艳

中国煤炭地质总局一二九勘探队 河北 邯郸 056004

【摘要】：为了解决煤炭资源开发采动导致的地面塌陷、沉降及安全开采“三下”压煤问题，通过系统研究煤矿开采工作面采动覆岩离层注浆充填施工、地表及附近的沉降监测数据，分析总结开采工作面覆岩离层注浆实施对区域内地表沉降的控制机理，评价地表减沉效果，为矿区赋存煤炭资源的绿色开采、环境保护、地表减沉、地灾综防提供依据。

【关键词】：覆岩离层；注浆充填；沉降监测；绿色开采

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.027

1 引言

我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国，煤炭资源在我国经济社会发展中发挥了基础保障和支柱作用。近年来，随着煤炭资源的开发利用过程中，造成地面塌陷、水土资源破坏、环境污染及“三下”压煤释放问题日趋突出，诱发山体滑坡、破坏良田、损坏构筑物，直接威胁井下采矿工人安全和矿区周围居民的人身安全，严重影响矿区经济社会发展。为了安全绿色释放“三下”煤炭资源，防范区域地面塌陷，保护矿区生态环境，积极探索运用多种开采技术措施。

本文以大社矿区某首采工作面作为研究对象，通过系统研究煤矿开采工作面采动覆岩离层注浆充填施工、地表及附近的沉降监测数据，分析总结开采工作面覆岩离层注浆实施对区域内地表沉降的控制机理，运用理论研究、工程施工、数据监测相结合的手段，综合评价地表减沉效果，为矿区赋存煤炭资源的绿色开采、环境保护、地表减沉、地灾综防提供依据。

2 覆岩离层注浆充填施工控制机理

采动覆岩离层地面注浆充填法是煤矿采煤法的一种，将煤矿传统条带化采煤法与覆岩离层注浆充填相结合，工程从地表布置施工垂直钻孔将充填体材料注入采动覆岩离层中，形成对上覆岩层支撑体，起到支持作用，同时降低预留保安煤柱的载重量、缩小预留保安煤柱尺寸，提高煤炭资源采出率，有效防范控制因采动覆岩而造成的地表弯曲下沉，最终达到支撑、控制和缩减煤层采动后所引起的地表下沉量。

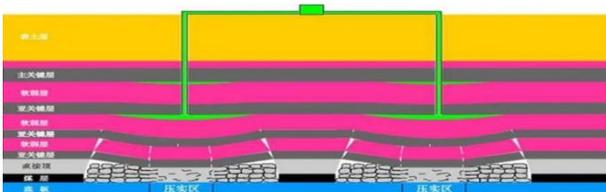


图1 采动覆岩分区隔离注浆充填采煤技术原理示意图

3 工作面覆岩隔离充填注浆工程

通过实施该工作面覆岩隔离充填注浆工程，实现大社矿该工作面村庄下压煤绿色减沉开采的目的。

掘进工作面位某村西南，地表为耕地。工作面东北部临近

S211 省道。该工作面属于某村村庄下方。该工作面南侧间隔 50~120m、西侧间隔 110m 均为已经开采工作面，北部为拟开采的工作面。该工作面开采 2#煤层，分工作面(里)及工作面(外)两部分进行开采。工作面开采煤层属稳定煤层，结构复杂，煤层平均厚度约 5.5m。工作面(里)推进长度 347m，工作面长 157m，煤层平均倾角 10.5°。采用“覆岩隔离注浆充填”的方式进行煤炭开采。根据 921102 工作面注浆充填技术经验，地面共设计 8 个注浆钻孔，钻探工程量 3537 米，注粉煤灰量 15.84 万吨。由于受地面建筑物影响，除注 6、7 孔以外均需施工定向斜孔。

地面注浆站从 3 月 10 日首次注浆 11 月 7 日，注浆共持续 242 天，累计充填干灰 164570.77t，总注采比 46.7%，其中，注 1 孔 17369.56t，注 2 孔 30200.31t，注 3 孔 22540.87t，注 4 孔 13043.69t，注 5 孔 49748.53t，注 6 孔 31667.81t。

以注浆量最多的注 5 孔为例，注 5 孔从 8 月 1 日开始注浆，10 月 20 日停止注浆，81 天共注浆 49748.53t。通过图表不难看出，本次注浆在推进面距孔口 21m 位置的时候开始注浆，随着推进面距孔口越来越近，注浆量逐步增加，在推进面推过孔口 10m 左右的位置时，注浆量达到巅峰，每日可注浆 1000 多吨。随着推进面的继续推进，将离孔口越来越远，注浆量随之降低，然后趋于平稳，直至注浆结束。

4 地表沉降观测及数据分析

4.1 沉降观测施测设计及要求

(1) 资料收集

施工工作面为本次沉降观测的对象，测区东西长约 350m，南北宽约 150m，面积约为 0.05 平方公里，地势较为平坦，建筑物较密集，整体平整，平均高程约 234m。

根据现场踏勘，从矿方收集到测区周边国家级 GPS 控制点点位均保存完好，根据点位分布及是否有利于 GPS 观测等因素，将收集到的 9 个点进行了联测，精度良好，作为本次地籍平面控制测量的起算依据。

收集到的图件资料有矿区 1:2000 采掘工程平面图、1:5000 地形地质图，这些图件作为控制测量设计底图。

(2) 坐标系统

平面坐标采用 2000 国家大地坐标系，高斯-克吕格投影，3° 分带，中央子午线 114° 00'。

高程采用 1985 国家高程基准。

4.2 基准点及观测点控制测量

(1) 基准点的布设和测量

在工作面附近设置 9 个沉降基准点，分别布置与采空区西南、正北、东北三侧。其中 T1、T2、T8、T9 个为混凝土浇筑永久基准点；T3~T7 个为简易沉降基准点。使用网络 RTK 在跟已知埋石图根点校正后，可直接进行控制测量。多次测量，取平均值。



图 2 基准点布设图

(2) 基准点的检测

使用全站仪对通视相邻基准点进行边长检查，用全站仪测出的数据与 GPSRTK 反算边长进行比较，得出相对误差均小于 1/3000，符合工程测量规范。

使用网络 RTK 再一次对基准点进行测量，用得出的新坐标与控制点进行比较，得出中误差为 1.30CM，符合工程测量规范。

(3) 观测点的布设

在采空区上部布置多个观测点构成的观测控制网，其具体布置见图 3。

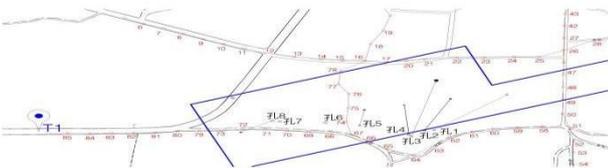


图 3 观测点布设图

4.3 沉降观测

(1) 观测仪器

观测仪器采用 DS05 水准仪（精度：0.5mm/km）及拓普康 MS1005（精度：0.5" (0.15mgon)）进行作业。

(2) 观测标准

沉降观测按《国家三、四等水准测量规范》GB/T12897-2006 规定的三等水准测量要求执行。

(3) 水准观测路线

水准基准点控制网布设为闭合环，高程从水准基点上起算。环中相邻基准点的站数不得大于 10 站。

(4) 水准观测周期

工作面尚未回采，每月观测 1 次，回采期间每 10 天观测 1 次；若出现不均匀沉降时，应根据实际情况增加观测次数；

工作面回采完成后，均匀沉降且连续三个月内月平均沉降量不超过 1mm 时，每三个月观测 1 次；连续两次每三个月平均沉降量不超过 2mm 时，每六个月观测 1 次；外部环境发生变化时应及时观测；竣工前观测 1 次；

竣工后，直至观测点达到基本稳定（1mm/100d）时，停止观测。

4.4 数据的处理及分析

自本次项目开工以来，至今共进行沉降观测 24 次。经过数据汇总平差后得到数据各观测点沉降值。

通过比较，可以看出总沉降值在图上呈现出东多西少的态势，这是受到工作面回采由东向西的影响。由于工作面东边已完成回采，24、25、26、47、48、49 累计沉降值普遍较大，普遍在 450mm 以上；而西面的 6、7、8、9、80、81、82 则由于西面尚未回采，且观测点本身离工作面较远，受到应力的影响较小，累计沉降值普遍在 100mm 以下。

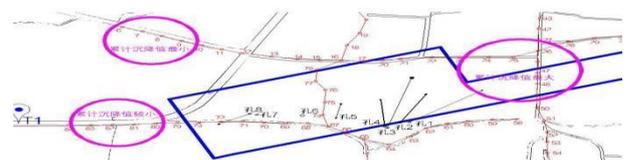


图 4 沉降值概略分布图

通过观察，我们可以发现，沉降速率受到回采面推进的影响，且表现出与注浆量一致的波动性。在距离回采面 30~50m 时，沉降速率开始持续增加。推过观测点 30~50m 左右时，沉降速率达到顶峰。然后随着回采面继续推进，沉降速率开始趋于平稳，并保持较长时间。因工程尚未完工，故无法得出多长时间，地表趋于稳定，不再发生沉降。以下以孔 4、孔 3、孔 5、孔 6、孔 1 附近观测点为例展示规律。

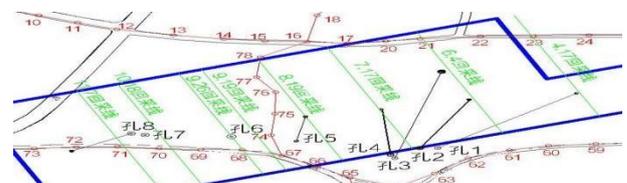


图 5 回采线图

如图所示，17、20、21 观测点位于孔 4 与孔 3 回采切面附近；66、75、76 三个观测点位于孔 5、孔 6 回采切面之间，且距离孔 5 较近，68 位于孔 6 同一回采切面，69、70 位于孔 6

的西面。

在回采线位于观测点东面时,各观测点的月沉降值随着回采线向西推进,缓慢增加,当回采面推过观测点后,沉降速率趋于稳定,并最终长时间保持在 2mm/d 左右。

表 1 观测点沉降速率 (mm)

	5.17	6.20	7.17	8.19	9.19	10.18	11.7
65	0.3	0.3	0.6	0.2	0.6	0.8	1.1
66	0.3	0.4	0.6	0.4	0.5	0.6	0.8
75	0.3	0.3	0.7	0.5	1.1	1.1	1.8
76	0.4	0.3	0.5	0.6	0.7	2.3	2.3
68	0.2	0.3	0.6	0.2	0.5	1.1	1.5
69	0.2	0.5	0.9	0.3	0.5	1.1	1.4
70	0.2	0.5	0.9	0.2	0.4	1.9	2.6

虽然孔 1 附近的观测点 22、24,回采面已推过 281m,且时间上过去 200 多天,通过查表 1 可以直观发现,这两点的沉降速率仍然可以保持在 2mm/d,符合以上总结规律。

通过以上分析,我们可以得出在此次施工的工作面,沉降速率受到回采面推进的影响,且表现出与注浆量一致的波动性,即在距离回采面 30~50m 时,沉降速率开始持续增加。推过观测点 30~50m 左右时,沉降速率达到峰值。然后随着回采面继续推进,沉降速率开始趋于平稳,并长时间保持在 2mm/d。这同样说明本次的注浆效果良好,使整个地区的地表稳定且缓慢的下沉,不会发生突然下沉,造成较大的人员伤亡及财产损失。同样我们可以得出,当某天沉降观测的突然增大,且数值远高于 2mm/d 时,则说明此处有发生塌陷的风险,需要警惕。必要时可以通知矿方放缓回采,同时转移改观测点附近的居

民,以避免造成大型事故。

5 结论

(1) 通过本次施工,经研究我们发现日注浆量受到回采面推进的影响。在推进面距孔口 30m 左右位置的时候能够开始注浆,随着推进面距孔口越来越近,注浆量逐步增加,在推进面推过孔口 10m 左右的位置时,注浆量达到巅峰,每日可注浆 1000 多吨。随着推进面的继续推进,将离孔口越来越远,注浆量随之降低,然后趋于平稳,直至注浆结束。

(2) 依据掌握的对监测成果及分析后,得出了此次施工的工作面,沉降速率受到回采面推进的影响,即在距离回采面 30~50m 时,沉降速率开始持续增加。推过观测点 30~50m 左右时,沉降速率达到峰值。然后随着回采面继续推进,沉降速率开始趋于平稳,并长时间保持在 2mm/d。

(3) 利用已得出沉降规律,我们可以对地表沉陷发育、发展、作出相应的预测,从而规避风险,同时为地表沉陷危害提供一定的判断标准。即当某天沉降观测的突然增大,且数值远高于 2mm/d 时,则说明此处有发生塌陷的风险,需要提高警惕。同时全工作面的监测数据证明本次的注浆效果良好,使整个地区的地表稳定且缓慢的下沉,达到了离层注浆减沉的效果。

(4) 通过对比以往未注浆工作面地表及周边沉降数据,我们可以明显的发现,未注浆工作面地表及建筑屋的破坏程度明显高于已注浆工作面;受沉陷影响,地表发生塌陷区域面积未注浆工作面也大于注浆工作面。说明“新型覆岩离层注浆技术”对地表沉陷的起到减缓程度、减小范围的效果,“新型覆岩离层注浆技术”后对地表沉陷的起到了良好的控制效果。

参考文献:

- [1] 孙卫华,朱伟,郑祥本.覆岩离层注浆减沉技术的应用与发展现状[J],煤炭技术,2008
- [2] 郭文兵,李龙翔,杨伟强,白二虎,吴东涛.覆岩离层注浆层位判定及隔浆层稳定性研究[J].煤炭学报;2025
- [3] 张向东.岩层移动与地表沉陷理论的分类[J]阜新矿业学院学报,1997
- [4] 马荷雯;祁南煤矿采动覆岩离层注浆地表沉陷控制研究[D];西安科技大学;2017
- [5] 马君武;王永顺;注浆减沉技术在综采工作面的应用[A];煤炭开采新理论与新技术——中国煤炭学会开采专业委员会 2012 年学术年会论文集[C];2012
- [6] 崔严;赵庄二号井覆岩离层区注浆开采技术研究与应用[D];中国矿业大学;2021
- [7] 韩稳.覆岩隔离注浆压力监测技术研究与应用[D].北京:中国矿业大学,2016
- [8] H.克拉茨著,马伟民,王金庄,等.采动损害及其防护[M].北京:煤炭工业出版社,1985.
- [9] 范静雅.我国采煤沉陷治理政策研究[J].内蒙古煤炭经济,2018,(23):50-51
- [10] 麻风海,岩层移劫及动力学过程的理论与实践[M].煤炭工业出版社,1997.