

文章编号: 1007-2993(2011)05-0249-03

# 采空区稳定性评价及处治对策

刘东彦

(中冶京诚工程技术有限公司, 北京 100176)

**【摘要】** 根据煤层开采后影响上覆岩层及地表而产生移动和变形的时间的变化关系定性分析采空区稳定性, 而且采用 FLAC3D 模拟了在施加地面建筑载荷后地表变形情况, 确定了采空区需要处理的范围; 依据建筑物荷载集度及其重要程度, 采用了不同注浆处治对策。通过对采空区上覆岩体的沉降和建筑物沉降监测数据的统计分析, 评估了处治效果。

**【关键词】** 采空区; 稳定性; 注浆; 处治对策; FLAC<sup>3D</sup>

**【中图分类号】** TU 478

**【文献标识码】** B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2011.05.008

## Waste Cave Stability Evaluation and Treatment Measures

Liu Dongyan

(MCC capital Engineering & Research Incorporation Limited, Beijing 100176, China)

**【Abstract】** In this paper, the analysis of waste cave stability accord to Changing in the relationship between overlying rock & surface movement deformation and time, when the coal seam was mined, And simulation ground deformation using of FLAC3D after ground building load on, Determine the scope needed to deal with ; On the basis of building load size and important degree, Using different grouting treatment countermeasures. Through monitoring data analysis about the goaf of overlying rock subsidence and building subsidence , Evaluation of the treatment effect.

**【Key words】** waste cave; stability; grouting; countermeasures; FLAC<sup>3D</sup>

### 1 概述

由于土地资源的日益紧张, 为提高土地资源的利用率, 重新利用采空区显得日益重要。当采空区的稳定性评价结果为不稳定或者次稳定时, 应选择合适处治方法。对一般较小采空区可用开挖回填片石分层砌筑、填塞<sup>[1]</sup>等方法; 对采空区埋深较大时的常用处治办法<sup>[2-3]</sup>主要有充填注浆法、覆岩结构加固补强法、灌注桩法、综合治理法等。比如: 陈金水、邢玉东等人采用水泥粉煤灰对高速公路下伏采空区进行治理, 并取得了很好的经济效益, 而且国外学者 Bahuguna<sup>[4]</sup>、Esill<sup>[5]</sup>、Gray<sup>[6]</sup>也进行过相关方面的研究。

本文采用注浆法和覆岩局部增强法处治采空区, 通过具体工程实例阐述处理范围、处治方法及处理效果。首先确定了采空区处治的范围, 通过对某煤矿采空区治理进行展望, 对注浆工程作了一定的探索和分析。利用 FLAC<sup>3D</sup> 软件对场地注浆前后稳定性进行分析, 施工后进行了观测, 通过分析可知, 治理效果达到了预期。

### 2 工程简介

某公司为扩大生产规模计划征用土地, 该区域采空区由两部分组成, 一部分为老采煤形成的采空区一大采空区, 另一部分为民采矿形成的采空区一小采空区。

根据场地现场勘查、物理勘探及地质钻探结果可知: 老矿区于 1984 年开始采矿, 其间共历时 11 年, 上覆岩层厚 90~135 m, 采用长壁崩落法采煤, 全部垮落法管理顶板, 回采率为 30%~40%, 煤柱大小一般在 2~4 m 之间。工作面最迟开采结束距今已 10 年。民采小矿所采煤层, 岩层厚 45~60 m, 采用长壁崩落法采煤, 全部跨落管理顶板, 其回采率在 70% 以上, 基本上不留煤柱, 工作面最迟开采结束距今 3 年。

### 3 采空区稳定性分析

根据相关资料与经验, 煤层开采后影响上覆岩层及地表而产生移动和变形的时间, 主要与开采深度、松散层厚度、煤层上覆岩层的岩性及开采速度等因素有关。根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤

柱留设与压煤开采规程》的规定,当无矿区实测资料时,地表移动的延续时间  $T$  与工作面平均采深  $H$  的关系,可用下式进行计算:  $T=2.5H(d)$

1)大采空区地表移动延续时间计算

$H$  为 90 m 时,  $T=2.5 \times 90=225 d \approx 0.63 a$

$H$  为 110 m 时,  $T=2.5 \times 110=275 d \approx 0.76 a$

$H$  为 120 m 时,  $T=2.5 \times 120=300 d \approx 0.83 a$

$H$  为 135 m 时,  $T=2.5 \times 135=337.5 d \approx 0.94 a$

2)小采空区地表移动延续时间计算

$H$  为 45 m 时,  $T=2.5 \times 45=112.5 d \approx 0.31 a$

$H$  为 60 m 时,  $T=2.5 \times 60=150 d \approx 0.42 a$

按照《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》(2000年5月)计算出的地表移动延续时间皆小于1年,而两矿工作面停止采矿的时间分别为10年和3年,皆超过了规程规定的地表移动持续时间,因此,征地范围内受采动影响的地表移动期已经结束。此外,根据波兰相关资料的有关规定:在一般情况下,开采结束后至少10年,地面才算稳定。可见,大采空区已基本稳定,而小采空区稳定性相对较差。

4 地表沉陷关键部位及治理范围判别

4.1 确定地表移动沉陷盆地范围划分<sup>[7]</sup>

考虑工程实际,以下沉值 50 mm 的等值线作为地表移动盆地边界,以下沉值 100 mm 的等值线作为危险移动盆地边界。

4.2 圈定地表预警范围

对于本工程的采空区处治面积,按照地表沉陷盆地的范围确定,地表沉陷盆地沉陷量为 100 mm 时为危险范围,沉陷量为 50 mm 时为预警范围(见图 1)。

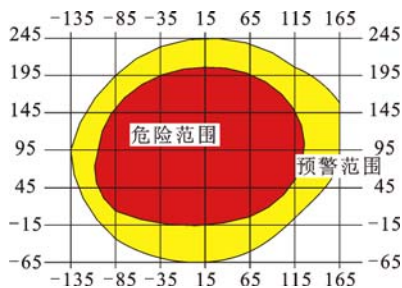


图 1 采空区治理范围示意图(单位:m)

4.3 确定处治宽度及深度

本工程处理面积为地表移动盆地的危险范围内,根据各层岩石的竖向位移确定处治的深度。各监测点位置及各监测点的竖向位移见图 2。

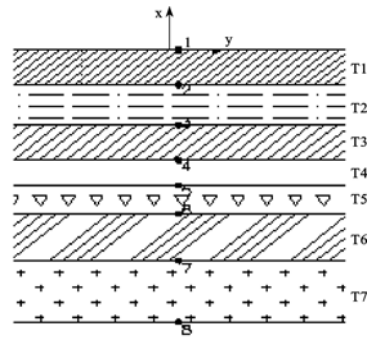


图 2 监测点竖向布置图

监测点 1、2、3、4 的沉降量分别为:345、365、373、372 mm(见图 3、图 4),说明在场地新建建筑物后会加剧地表沉降采空区顶部脱落;而在监测点 5、6、7、8 各点的沉降量都小于 120 mm,即新建建筑物后采空区深部受到的扰动较小,不会引起采空区进一步加剧破坏;由此,确定注浆加固深度到第四层顶,即采空区处治的对象为民采小矿上部岩体。

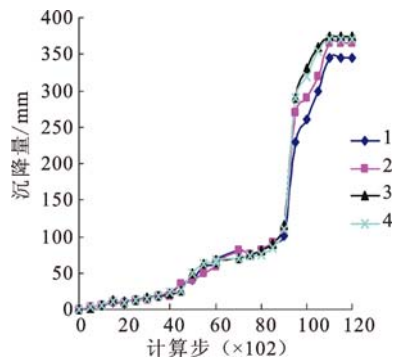


图 3 监测点 1—4 的竖向位移曲线

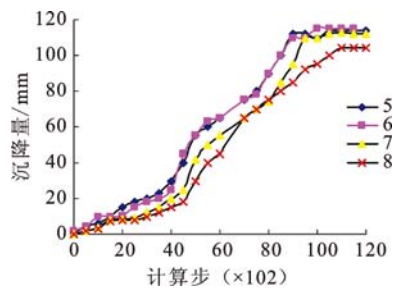


图 4 监测点 5—8 的竖向位移曲线

4.4 处治对策<sup>[8-9]</sup>

1)注浆充填法 采用高压注浆方式充填采空区顶板覆岩裂隙,注浆体自由塌落尽可能全部充填采空区。

2)覆岩局部加强法 对于荷载较小且线性分布,采用加强采空区顶板的方法增强采空区稳定性:浆液充分充填采空区顶板的断裂带和弯曲带的裂缝,增强

断裂带和弯曲带的刚度和完整性。考虑征地范围内伏采空区覆岩裂隙发育和有无空洞情况、拟建建筑物类型及荷载情况,制定如下注浆处治对策(见表1)。

表1 不同情况注浆对策

建筑类型	覆岩特征	处治对策
重型动力车间	空洞、裂隙发育	充填注浆法
	裂隙发育	覆岩结构加固补强法
轻型车间	空洞、裂隙发育	覆岩结构加固补强法
	裂隙发育	覆岩结构加固补强法
辅助车间	空洞、裂隙发育	覆岩结构加固补强法
	裂隙发育	覆岩结构加固补强法

4.5 注浆处治参数设计

1)注浆钻孔布设:注浆孔的孔距、排距一般由现场试验确定。对重型动力车间,注浆孔按一柱一孔的原则布设,并根据钻探岩心完整程度,冒落带中存在有明显空洞或欠固结的塌落岩体时,将加密注浆孔;对轻型车间,注浆孔基本上按一柱一孔布置;对辅助车间基本上按10 m间距,正三角形布点或根据构筑物基础一柱一孔布置;对重要设备基础,按照一柱一孔的原则布设。

2)注浆深度:采空区注浆孔原则上设计深度为地表至小采空区底板以下不少于0.5 m;在裂隙发育地区,则在裂隙带注浆,钻孔深度至小采空区顶板。

5 注浆处治效果检测与监测分析

5.1 注浆处治效果检测<sup>[10]</sup>

通过钻芯取样进行单轴抗压试验及钻孔波速检测,结石体单轴抗压强度大于1.5 MPa,剪切波速大于160 m/s,满足设计要求。

5.2 注浆处治效果监测

在采空区地表围绕在建建筑物均匀布置12个监测点,在重型动力车间均匀布置检测点,同时对正在施工的建筑物的沉降进行监测。

1)应变计现场监测

在重型动力车间等部位检测钻孔内埋设应力应变计,现场监测冒落区、裂隙带应力应变,设置观测孔4个,2号孔监测数据统计结果见图5。由图5可见,压应变随时间变化不大,监测曲线总体趋于收敛,说明采空区注浆处治后采空区上覆岩体是基本稳定的,达到了采空区注浆处治的效果。

2)地面点监测

在重型动力车间建筑物的转角处分别埋设了位移监测点,采用经纬仪和水准仪进行长期观测,沉降

为10 mm,满足工业建筑物的地基变形允许值要求。

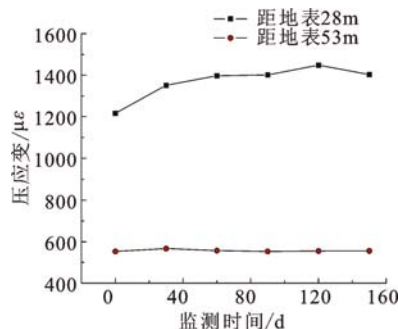


图5 钻孔应变曲线图

3)沉降仪现场监测

在轻型车间及辅助车间附近专门钻孔埋设沉降仪,进行采空区上覆岩体深层变形监测。由图6可见,设置在采空区上覆岩体内部不同深度的测点,总体位移量波动很小,位移量趋于稳定,因此采空区注浆处治后采空区上覆岩体是基本稳定的,达到了处治效果。

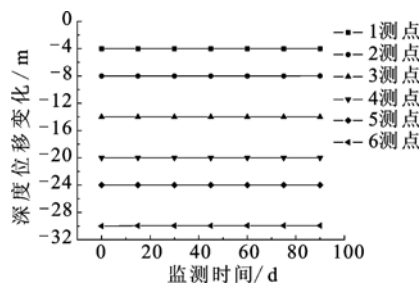


图6 钻孔沉降曲线图

6 结论

1)本文概述了研究采空区稳定性及处治方法的必要性,并简单介绍了采空区处治方法。

2)本文通过对采空区定性分析,确定老采空区稳定,民采采空区不稳定性,需要进行处治。

3)制定了地表移动安全范围的依据,依据数值模拟试验的结果圈定了地表塌陷变形的警戒边界,确定了需要处理的范围;根据模拟检测曲线,确定了需要处理的深度。

4)制定了采空区处治方案及检测监测手段,基于现场检测、实时监测曲线,处理后采空区基本稳定,能满足建筑场地要求。

参考文献

[1] 郭广礼, 邓喀中, 汪汉玉, 等. 采空区上方地基失稳机理和处理措施研究[J]. 矿山压力与顶板管理, 2000(3): 39-42.

(下转第255页)

侧上升改善了桩土界面特征,桩侧土的阻力,特别是下部侧阻力得到了较大提高。接近端部的碎卵石的侧摩阻力-桩顶位移曲线见图6,单桩平均侧摩阻力-相对位移曲线见图7,从中可见注浆后在相同位移条件下,桩侧摩阻力比未注浆桩提高明显。注浆使桩端土刚度提高,加强端阻作用的同时也使侧阻的发挥得到改善。但注浆桩随着长径比增大,桩侧阻力受桩端土支承刚度的影响降低,下部的侧阻力发挥也呈下降趋势。

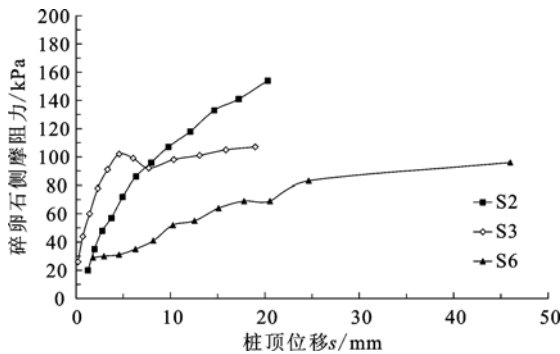


图6 碎卵石侧摩阻力与桩顶位移关系图

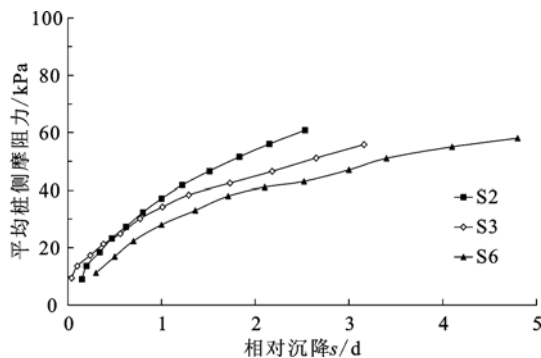


图7 平均桩侧摩阻力与相对沉降关系图

### 3 结论

1) 中长桩受荷时一般侧阻先发挥作用,一定沉降后端阻的作用才逐渐体现。注浆后侧阻端阻几乎同时发挥作用,由于激发端阻工作所需的沉降减少,桩顶总沉降量降低。因此注浆桩在承载力提高的同时,桩基沉降减少。

2) 注浆桩受荷后荷载沿桩身传递衰减缓慢,桩端分担荷载增大,桩身结构强度在桩的承载力控制中作用提高。注浆使端阻提高的同时,侧阻力的发挥也得到加强,但这种作用随桩的长径比的增大影响同样减弱。

3) 后注浆技术在弥补钻孔桩由于施工因素造成的桩基承载性状降低方面效果明显。为充分发挥桩土的承载性能,设计中可利用注浆桩的荷载传递特性,合理确定桩端持力层、桩的几何尺寸、桩身混凝土强度等级等,达到协调桩侧阻端阻的发挥,以取得最佳的技术及经济效果。

### 参 考 文 献

- [1] 张忠苗,等. 灌注桩后注浆技术及工程应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2] JGJ 106—2003 建筑基桩检测技术规范[S]. 2003.
- [3] 沈保汉. 后注浆桩技术(6)[J]. 工业建筑,2001(10): 62-65.
- [4] 刘金砺,等. 建筑桩基技术规范应用手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.

收稿日期:2011-07-25

(上接第251页)

- [2] 孙忠弟. 高速公路采空区(空洞)勘察设计与施工. 治理手册[M]. 北京:人民交通出版社,2005:151-153; 155-156.
- [3] 王景春,侯卫虹,徐日庆. 煤矿采空区的处治技术[J]. 西部探矿工程,2004(5):71-72.
- [4] P. L. Bahuguna. Subsidence studies in Indian semi-empirical approach. TAHS Publication coalfields by a Association of Hydrological Sciences, 1995,(234): 127-133,150-152.
- [5] F. G. Bell, I. A. Bruyn. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Springer Verlag Gmbh.,1995,57(3):225-237.
- [6] R. W. Gray. Study and Analysis of surface subsidence over the mined pittsburgh coal Bed. Bureau of Mines

open file report, Engineering Geology, 1995, 36(6): 25-78.

- [7] 武崇福,刘东彦,方志. FLAC3D在采空区稳定性分析中的应用[J]. 河南理工大学学报,2007(2): 136-140.
- [8] 刘文娟,田俊良,张晓强,等. 用充填注浆法治理郑州少高速公路采空区[J]. 铁道建筑,2005(5):47-49.
- [9] 章利宽. 煤矿采空区的注浆处理[J]. 地基与基础, 2005,19(6):475-476.
- [10] 李森林,马博恒,王哲英,等. 采空区注浆处理质量检测指标及评价标准的探讨[J]. 工程勘察,2009(2)增刊: 132-137.

收稿日期:2011-07-07