

观山高岭土矿保护公墓群开采方案选择研究

仇小祥 张东升 马立强 钱学森

(中国矿业大学 矿业工程学院, 江苏 徐州 221008)

摘要 为保护地表公墓群不受采动破坏,根据观山高岭土矿采区地质条件,结合条带开采理论提出了5种条带开采方案,采用 UDEC3.0 数值模拟软件进行模拟计算。计算结果表明:在采高4m,采出宽度25m,矿柱留设宽度10m的条件下,可保证公墓群所处地表变形不超过国家规定的Ⅱ级标准并能够最大限度地采出高岭土矿产资源。

关键词 高岭土矿 公墓群保护 条带开采 数值模拟

中图分类号: TD853.36+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8098(2009)02-0058-03

Numerical Simulation of Mining at Guanshan Kaolin Mine under Tombs

Qiu Xiaoxiang Zhang Dongsheng Ma Liqiang Qian Xuesen

(School of Mining Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008)

Abstract Based on Guanshan kaolin mine in situ conditions and combined with strip mining theory, this paper designed five mining schemes in order to protect tombs being destroyed. With UDEC3.0 modeled and calculated, the scheme, 25m mined and 10m remained, can exploit kaolin reserves maximally. What's more, the subsidence and distortion of the earth's surface in which tombs located didn't surpass the second level of the state-specified standard.

Key words kaolin mine tombs protection strip mining numerical simulation

苏州观山高岭土矿一直采用崩落采矿法(采高3.5m)开采高岭土矿石。该采矿方法生产能力大、效率高,但严重导致了覆岩破坏和地表塌陷。04~08纵与9~11勘探线之间区域为观山矿今后生产的接替采区,然而该区域地表为一公墓群,如按观山矿传统的崩落采矿法开采势必会使公墓遭到破坏而引发社会纷争。

为保护地表公墓群,本文提出了5种条带开采方案,并利用 UDEC 数值模拟软件对各方案进行模拟计算,从而甄选出最佳开采方案。

1 生产概况

中国高岭土公司生产经营高岭土已有五十多年历史,是当今我国最大的高岭土采选联合企业。公司所辖观山高岭土矿位于苏州郊区,资源丰富,矿石品质良好。

1.1 地质条件 观山高岭土矿床,属中低温热液蚀变-次生改造岩溶型,矿体赋存于侏罗系岩层与二叠系长兴组等砂页岩层的接触部位。04~08纵与9~11勘探线之间区域矿体赋存稳定,呈不规则层状,走向近东西,向南倾斜,倾角 $5^{\circ}\sim 14^{\circ}$,埋深在60~120m之间,平均厚30m左右,最厚处达90m。围岩蚀变发育,自矿体底板灰岩经矿体向上,有大理岩化带、菱铁矿

化带、明矾石化带、高岭土绢云母化带和绢云母硅化带等,各蚀变带较明显^[1]。

1.2 开采方法 开采方法采用分层崩落采矿法。分层采高3~3.5m。矿块沿走向布置,采用脉外采准为主,每个采区布置两个天井,采区天井之间用联络巷道沟通,以形成采区的两个安全出口^[2]。

2 开采方案设计

20世纪50年代,波兰、前苏联等采煤国家开始采用条带采煤法开采城镇下的部分压煤。我国从1967年开始采用条带采煤法开采部分“三下”压煤。经过近60年的发展,条带开采技术在我国煤矿有广泛的应用,而在非煤矿山鲜有报道^[3~6]。本文参照“三下”采煤,将条带开采技术应用到该区域高岭土层开采中以达到保护地表公墓群的目的。根据现场实际情况,设计的条带开采方案见表1。

表1 设计的开采方案

方案	采高/m	采宽/m	留宽/m
1	3.5	30	10
2	3.5	25	10
3	3.5	25	8
4	4.0	-	-
5	4.5	-	-

方案1~3中采高按3.5m的原采高设计。根据煤矿开采的经验,条带开采的采出宽度为采深的

收稿日期: 2008-11-20

1/10~1/4,设计方案中取 30m 和 25m。方案 4~5 采高分别为 4m、4.5m,采宽和留宽采用方案 1~3 中的最佳采宽和留宽。前三种方案采高相同采、留宽不同,可确定出最佳采、留宽;后两种方案采、留宽相同,采高不同,可确定出最大采高。条采工作面布置示意图如图 1 所示。

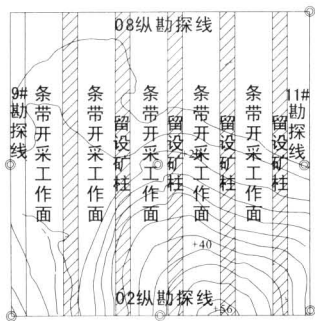


图1 观山矿地形图及条采工作面布置示意图

3 数值模拟研究

3.1 UDEC3.0 软件简介 UDEC (Universal Distinct Element Code) 是一种基于非连续体模拟的离散单元法二维数值计算程序^[7]。它主要模拟静载或动载条件下非连续介质(如节理块体)的力学行为特征,非连续介质是通过离散块体的组合来反映的,节理被当作块体间的边界条件来处理,允许块体沿节理面运动及回转。单个块体可表现为刚体,也可表现为可变形体。UDEC3.0 提供了适合岩土 的 7 种材料本构模型和 5 种节理本构模型,能较好地适应不同岩性和不同开挖状态条件下的岩层运动的需要,是目前模拟岩层破断后移动过程较为理想的数值模拟软件。UDEC 离散单元法数值计算工具主要应用于地下岩体采动过程中岩体节理、断层等对岩体逐步破坏的影响评价^[3]。

UDEC 能够理想地分析研究直接和不连续特征相关的潜在岩体破坏方式及矿层开挖后顶板冒落、垮落、离层的过程,可以较准确地分析条带开采上覆岩的移动和地表的沉陷。目前 UDEC 已广泛运用于矿山、能源及环保等行业的咨询研究中,近年来在矿山、水电等行业均有成功应用的项目^[8-10]。

3.2 模型建立 计算模型为沿高岭土层走向的剖面。模型尺寸的选取考虑到应包括高岭土层开采后的岩层移动影响范围,模型大小(长×高):600×123m。数值模拟计算模型图如图 2 所示。

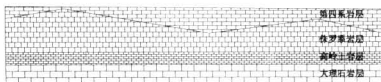


图2 数值模拟计算模型图

模型按照该区域的地质剖面图划分各岩层,材料本构关系采用摩尔-库仑模型。模拟中的关键参数

由现场提供。

3.3 模拟步骤 ①建立整体模型,进行模型原岩应力的平衡计算;②分步开挖高岭土顶分层,进行顶板跨落后的应力平衡计算;③数据的提取与后处理,在地表设置一条监测线,通过监测线的变化数据来表述各方案采后地表移动及变形情况。

4 数值模拟结果

开采引起的地表移动与变形过程是一系列复杂的时空现象,本文采用下沉(W)、倾斜(i)、曲率(K)、水平变形(ϵ) 等四项指标来描述地表移动盆地移动和变形的最终结果^[11]。

4.1 相同采高不同采、留宽的模拟结果 方案 1~3 地表下沉、倾斜、曲率及水平变形的数值模拟结果,见图 3~ 图 6。开采范围对应图中横坐标 150~450m 之间。

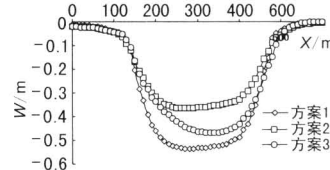


图3 方案1~3地表移动盆地下沉曲线

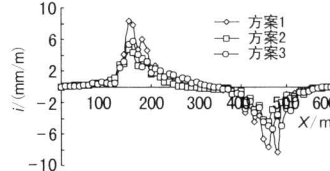


图4 方案1~3地表移动盆地倾斜曲线

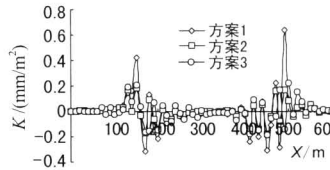


图5 方案1~3地表移动盆地曲率曲线

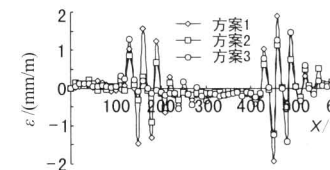


图6 方案1~3地表移动盆地水平变形曲线

4.2 相同采、留宽不同采高的模拟结果 根据前 3 中方案回采后的数值模拟结果,可确定方案 4~5 的采宽和留宽,分别为 25m 和 10m。方案 4~5 回采后地表下沉(W)、倾斜(i)、曲率(K)、水平变形(ϵ) 曲线图,见图 7~ 图 10。

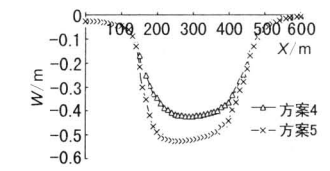


图7 方案4~5地表移动盆地地下沉曲线

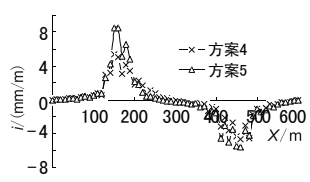


图8 方案4~5地表移动盆地倾斜曲线

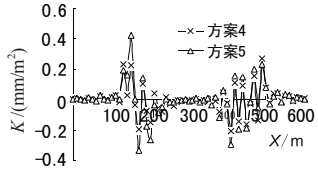


图9 方案4~5地表移动盆地曲率曲线

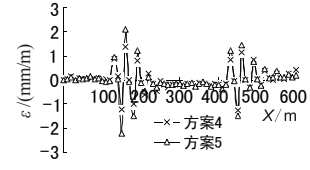


图10 方案4~5地表移动盆地水平变形曲线

4.3 开采方案的确定 原煤炭工业部根据我国“三下”采矿的经验,按地表不同变形值划分了砖混结构建筑物损坏等级(见表2)。针对观山矿地表为公墓群的特点,确定其采动地表保护等级为Ⅱ级。

表2 砖混结构建筑物损坏等级

损坏等级	水平变形 ϵ /(mm/m)	曲率 K /(mm/m ²)	倾斜 i /(mm/m)	损坏分类	结构处理
Ⅰ	≤ 2.0	≤ 0.2	≤ 3.0	极轻微损坏	不修
				轻微损坏	简单维修
Ⅱ	≤ 4.0	≤ 0.4	≤ 6.0	轻度损坏	小修
Ⅲ	≤ 6.0	≤ 0.6	≤ 10.0	中度损坏	中修
Ⅳ	> 6.0	> 0.6	> 10.0	严重损坏	大修
				极度严重损坏	拆建

如图3~6所示,前3种方案中方案1所采出的高岭土空间最大,但地表最大倾斜值达到了8.36mm/m,最大曲率值达到了0.64mm/m²,均超过了建筑物损坏的Ⅱ级标准。在此基础上减小采宽到25m,数值模拟结果表明地表沉降的各指标值均显著减小,达到了建筑物损坏的Ⅱ级标准。方案3(采25m留8m)的数值模拟结果表明矿柱留宽减小后,地表最大倾斜值增至5.71mm/m,表明方案2中10m的留宽不宜再减小。

故方案4~5中采宽、留宽分别取25m和10m。顶分层采高增至4m时,数值结果表明:方案4对地表公墓群的采动影响未超过建筑物损坏的Ⅱ级标准。继续增加采高至4.5m后,地表最大曲率值和最大倾斜值均超过Ⅱ级标准。各方案地表移动及变形参数的最大值见表3。

综上所述,方案4为观山矿保护地表公墓群开采方案的最佳方案,工作面布置参数为:采高4m,采宽25m,留宽10m。

表3 各方案地表移动及变形参数极值表

方案	下沉 W_{\max} /m	水平变形 ϵ_{\max} /(mm/m)	倾斜 i_{\max} /(mm/m)	曲率 K_{\max} /(mm/m ²)
方案1	-0.54	-1.91	-8.36	0.64
方案2	-0.36	-1.20	4.66	0.18
方案3	-0.47	1.47	5.71	0.23
方案4	-0.42	1.37	5.42	0.27
方案5	-0.53	-2.18	8.51	0.42

5 结论

1. 在理论分析的基础上,确定了观山矿02~08纵9~11勘探线区域高岭土层采用条带开采技术能够达到保护地表公墓群的目的。

2. 根据现场资料,提出5种条带开采方案并利用 UDEC 数值模拟软件对不同方案进行模拟。通过控制变量得出了条带开采工作面的最佳参数:采高4m,采宽25m,留宽10m。

3. 采用最佳方案开采后,地表移动盆地达到了超充分采动稳定状态。地表公墓群呈现整体下沉状态且最大下沉量仅为0.42m。在实际开采中加大开采范围后可避开倾斜、曲率及水平移动的峰值,如图7~10所示(9~11#勘探线对应图7~10中200~400m横坐标)。

4. 采用条带开采技术可安全经济地开采出高岭土顶分层,至于底分层的开采则需要对采空区进行充填注浆等减沉措施,具体开采方案应根据观山矿实际情况做进一步研究。

参考文献:

[1] 李建华,郑邦宜. 中国高岭土公司观山矿扩建工程设计[J]. 非金属矿,1999,22(6): 35-37.

[2] 陈庆福. 浅析高岭土矿地下开采方法[J]. 非金属矿,2007,30(增刊): 44-45.

[3] 黄乐亭. 建(构)筑物下大条带协调式全采方法[J]. 煤炭学报,1995,20(6): 632-636.

[4] 邹友峰,柴华彬. 我国条带煤柱稳定性研究现状及存在问题[J]. 采矿与安全工程学报,2006,23(2): 141-145.

[5] 薛勇军. 霍州矿区厚黄土层窑洞下条带开采试验[J]. 煤炭科学技术,2006,34(9): 63-64.

[6] 郭文兵. 深部大采宽条带开采地表移动的预计[J]. 煤炭学报,2008,33(4): 368~372.

[7] Itasca Consulting Group Inc. Universal distinct element code user's guide[R]. Minneapolis, USA: Itasca Consulting Group Inc., 2003.

[8] 刘亚群,李海波,李俊如,等. 爆破荷载作用下黄麦岭磷矿岩质边坡动态响应的 UDEC 模拟研究[J]. 岩石力学与工程学报,2004,23(21): 3659-3663.

[9] 荣冠,朱焕春,王思敬. 锦屏一级水电站左岸边坡深部裂缝成因初探[J]. 岩石力学与工程学报,2008,27(增1): 2855-2863.

[10] 杜计平,汪理全. 煤矿特殊开采方法[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社,2003.