

蒙东能源西二号露天煤矿采区转向方式研究

白润才,李成盛,刘光伟

辽宁工程技术大学矿业学院,阜新 123000

摘要 大型煤田进行露天开采时,通常采用分区开采,故必须考虑相邻采区间转向过渡的问题。分析了5种采区转向过渡方式,比较了各转向方式特点,结合蒙东能源西二号露天煤矿的实际生产现状,以矿山辅助设计软件SMCAD为平台进行三维地质建模、实体算量、模拟开采,引入垂直权高差概念,对比了4种连续式转向过渡方式的优劣,揭示了各转向方式条件下的剥采比、过渡时间、运距和总费用等变化规律,综合确定留沟直角转向为最优方案。

关键词 露天煤矿;SMCAD;三维地质建模;垂直权高差;转向方式

中图分类号 TD824

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.22.009

Research on Mining Area Transition Mode in Mengdong Western No. 2 Surface Coal Mine

BAI Runcai, LI Chengsheng, LIU Guangwei

College of Mining, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China

Abstract A large coal field is usually divided into several mining areas in surface coal mine, therefore the steering transition problem between adjacent mining areas must be considered. This paper first analyzes five kinds of steering transition modes and compares the specific characteristics of these steering modes. Considering the actual production status of a surface mine, SMCAD, a computer-aided-design platform, is used for 3D geological modeling to study the mining. The advantages and disadvantages of four kinds of continuous steering transition modes are compared, and the variation of stripping ratio, transient time, load distance and total cost for each transition mode are revealed. Finally, a right angle turn left ditch optimal program is determined as the optimal scheme. This research achievement has a guiding significance for practical production in surface coal mine.

Keywords surface coal mine; SMCAD; 3D geological modeling; right vertical height; steering mode

大型煤田露天开采时,为保障安全和降低成本,通常在技术可行和经济合理的前提下,根据煤田的实际赋存条件,将其划分为若干采区依次开采,即分区开采^[1-4]。随着国内外机械制造行业的迅猛发展,露天煤矿逐渐向设备大型化、工艺连续化、能力扩大化、生产高效化的现代型露天矿迈进。而生产规模的不断扩大,由于采区转向方式不合理导致过渡期间煤、岩量接续不上而造成露天矿减产甚至停产所带来的损失则更加巨大,采区转向方式的研究也更为必要。

近年来,国内对分区开采及转向过渡的研究已经趋于成熟,形成了一系列系统有效的研究方法。例如,才庆祥等^[1,5]

通过二维绘图分析了大型近水平及缓倾斜露天煤矿分区开采时相邻采区间的直角转向、直角扇形组合、扇形转向以及重新拉沟转向方式特点,提出以6项参数作为转向过渡方案的评价指标,综合确定合理的转向过渡方式;徐志远等^[3]提出了“搭桥”、“反向内排”、“树枝状运输系统”等转向工程实施技术,取得了良好的经济和技术效果;陈彦龙等^[6]研究了影响采区转向的主要指标,建立了采区转向的层次分析模型,并以安太堡露天矿采区转向为实例,验证了该方法的正确性和实用性。

为确定最优的转向过渡方式,达到高精度、高效率、高视

收稿日期:2014-02-14;修回日期:2014-06-12

基金项目:国家自然科学基金重点项目(51304104);辽宁省教育厅科学技术研究项目(L2011051)

作者简介:白润才,教授,研究方向为露天开采技术与理论、数字矿山,电子信箱:licsaass@163.com

引用格式:白润才,李成盛,刘光伟.蒙东能源西二号露天煤矿采区转向方式研究[J].科技导报,2014,32(22):57-61.

觉的目的,拟将三维数字构模技术应用于露天煤矿的采区转向方式研究。以辽宁工程技术大学自主研发的矿山辅助设计软件SMCAD为技术平台,以蒙东能源西二号露天煤矿为实例,分析比较5种典型采区转向过渡方式(新增斜L型转向方式),引入垂直权高差概念合理计算运距,通过总经济比较确定最优方案。

1 三维地质模型构建

三维地质模型由地形实体模型和地质实体模型两部分组成^[7]。本文按照多层数字高程模型(DEM)的建模思想构建地形实体模型和地质实体模型^[8,9]。步骤如下:1) 依据现场实测数据构建地质数据库;2) 提取原始地形与采场现状数据,利用带约束条件的不规则三角网法建立地形面模型,再利用拉伸成体方法构建地形实体模型;3) 提取矿体顶底板数据点、三维矿体钻孔边界线及三维断层边界线建立矿体顶底板面模型,依据矿体顶底板边界生成侧面模型,将建好的顶面模型、底面模型和侧面模型缝合成实体包络面,再通过包络面固化成体技术构建地质实体模型;4) 最后将地形实体模型和地质实体模型进行布尔取舍运算得到集成实体模型^[10]。地形实体模型如图1(a)所示,地质(煤层及断层)实体模型如图1(b)所示。

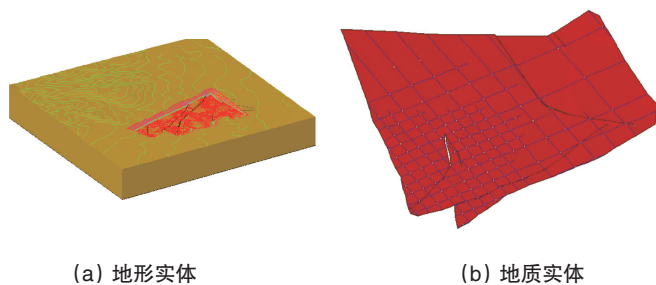


图1 实体模型
Fig. 1 Solid model

2 采区转向过渡方式

2.1 采区转向过渡方式概述

按转向期间是否需要重新拉沟将采区转向方式划分为

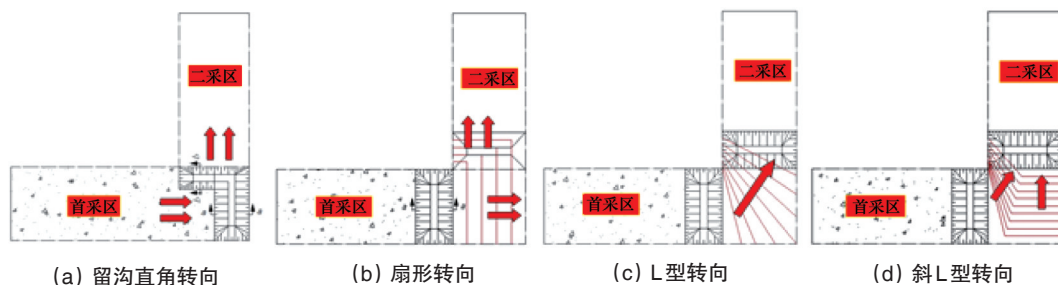


图3 连续式转向方式示意

Fig. 3 Schematic of continuous transition mode

间断式和连续式两大类^[11,12]。

2.1.1 间断式过渡方式

间断式的特点是旧采区开采结束前,在新采区内重新拉沟布置开拓运输系统,新、旧采区之间无干扰影响。重新拉沟间断式转向示意如图2所示,其中a-a和b-b为转向时的剖面图, α 为工作帮坡角, β 为排土帮坡角, γ 为非工作帮坡角,箭头代表推进方向。

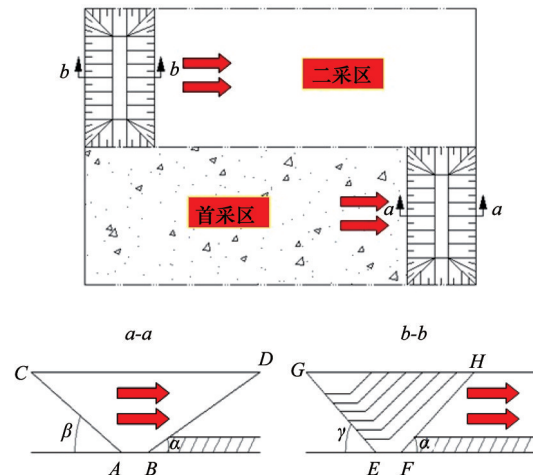


图2 重新拉沟间断式转向方式示意

Fig. 2 Schematic of retractor intermittent transition mode

2.1.2 连续式过渡方式

连续式的特点是利用现有的工作帮和已形成或正在形成的端帮向新采区转向过渡,过渡自然,无需重新拉沟,基建量较小,运距较短。按转向期间工作线布置方式的不同又可进一步划分为留沟直角转向、扇形转向、L型转向和斜L型转向。其中斜L型转向方式是留沟直角缓帮与扇形推帮相结合的一种转向方式,其工作线基本成斜“L”型,故称为斜L型转向。在旧采区开采结束前,将采场工作线分为两部分,靠外侧一段保持最小采掘工作线加快推进,同时安排少量留沟内排,当推至最终境界时,采场工作线转为横向开采;而另一部分工作线始终保持扇形推进转向,直至两部分工作线合成一条直线完成90°转向^[5]。4种连续式转向方式如图3所示。

2.2 采区转向方式的确定

2.2.1 采区转向方式初选

采区转向过渡方式选择的影响因素^[13]:1) 生产工艺; 2) 内排方式;3) 煤层赋存条件;4) 采区划分方式;5) 其他外在因素。由于该矿区将煤层埋藏较浅处基本全部划归到首采区进行开采,其余2个采区的剥采比都相对较大,故本次转向方式的比选将不考虑重新拉沟转向方式。为保证露天矿的稳定发展和总体经济效益的持续增长,将首采区和二采区一起均衡剥采比,使首采区适当分摊二采区的剥离

工程量,降低二采区的生产剥采比。本研究对留沟直角转向、扇形转向、L型转向及斜L型转向4种连续式转向方式分别进行工程位置划分,计算工程量,建立工程量表,绘制V-P曲线(V为累计剥离量,P为累计采煤量)和均衡剥采比。将首采区和二采区共划分50个工程位置,应用实体模型快速、精确地计算各工程位置对应的工程量,绘制V-P曲线。设计首采区初始拉沟方式为L型工作线,工作帮同时延平行走向(平行于首采区北帮)和横向(垂直于首采区北帮)推进。4种转向方式工程位置划分见图4。

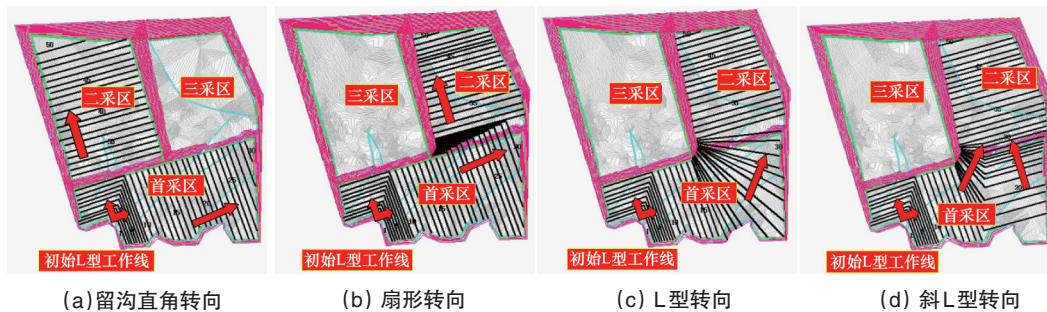


图4 采区和工程位置划分

Fig. 4 Mining area division and engineering position division

依据划分好的工程位置,建立实体切割模板,模拟计算相应的工程位置,实现模拟开采,应用软件进行实体算量,编

制4种方案的工程量表,并绘制2个采区V-P曲线,均衡剥采比。4种方案的V-P曲线及均衡剥采比如图5所示。

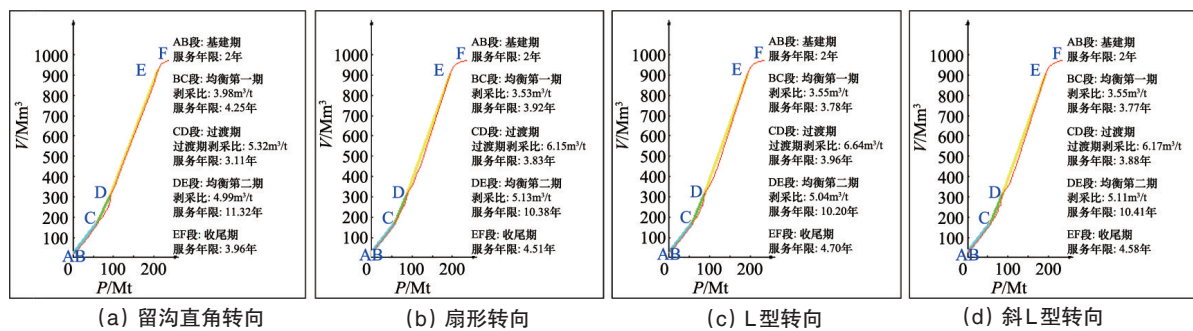


图5 V-P曲线及剥采比均衡

Fig. 5 V-P curve and balanced stripping ratio

根据4种方案均衡后的V-P曲线参数对比见表1。

通过对4种转向过渡方式参数的对比可以得出如下结果:1) 虽然留沟直角转向方式均衡一期剥采比最大,但与其他3种方式相差不多,且其服务年限最长为4.25年,通过延缓

采区间的转向过渡,延长了矿山稳定发展的时间;2) 留沟直角转向方式过渡期剥采比最小,为5.23 m³/t,过渡时间最短,为3.11年,扇形转向方式次之;3) 留沟直角转向方式均衡二期剥采比最小,且服务年限最久。

表1 4种转向方式参数对比

Table 1 Parameter comparison for four kinds of transition modes

转向过渡方式	一期剥采比/ (m³·t⁻¹)	一期服务年限/ a	过渡期剥采比/ (m³·t⁻¹)	过渡期时间/ a	二期剥采比/ (m³·t⁻¹)	二期服务年限/ a	收尾期/a
留沟直角转向	3.98	4.25	5.23	3.11	4.99	11.32	3.96
扇形转向	3.53	3.92	6.15	3.83	5.13	10.38	4.51
L型转向	3.55	3.78	6.64	3.96	5.04	10.20	4.70
斜L型转向	3.55	3.77	6.17	3.88	5.11	10.41	4.58

综上所述,留沟直角转向方式最佳,扇形转向方式次之,其他2种转向方式相对较差,故排除L型和斜L型转向方式,并继续对留沟直角转向和扇形转向进行运距及总费用比较,再综合确定最合理的转向方案。

2.2.2 经济比较

1) 运距计算^[14,15]。结合前人研究修改运距计算公式,引入垂直权高差 H 。垂直权高差是物料由水平 A 到水平 B 期间,下降(或上升)到最低(或最高)水平 C 过程的高差绝对值之和,即

$$H = |A - C| + |B - C| \quad (1)$$

卡车排土运距:

$$D_{P_j} = \frac{H_{ij}}{R} C_r + L_{ij} + l_i \quad (2)$$

卡车运煤运距:

$$D_{M_i} = \frac{H_i}{R} C_r + L_i + l_i \quad (3)$$

式中, D_{P_j} 为采场第 i 水平台阶到排土场第 j 水平的总排土运距, m ; D_{M_i} 为采场第 i 水平台阶到破碎站的总运距, m ; H_{ij} 为第 i 水平到排土场第 j 水平的垂直权高差, m ; H_i 为第 i 水平到破碎站的垂直权高差, m ; R 为道路限制坡度,该矿取8%; C_r 为道路展线系数; L_{ij} 为采场第 i 水平台阶到排土场第 j 水平的水平运输距离, m ; L_i 为采场第 i 水平台阶到破碎站的水平运输距离, m ; l_i 为端帮运输距离, m 。

汽车加权运距计算:

$$D_w = \frac{\sum_{i=1}^n D_i T_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (4)$$

式中, D_w 为汽车的加权运距; T_i 为第 i 个台阶年采出煤(岩)量, m^3 ; D_i 为第 i 水平的运煤(运岩)距离, m 。

2) 费用计算。最终计算得到的4种方案转向过渡期间运煤和排土距离及总费用如表2所示。

表2 运距及总费用对比

Table 2 Transport distance and total cost comparison

转向方式	加权排土运距/km	卡车运岩单价/(元·t ⁻¹ ·km ⁻¹)	加权运煤运距/km	卡车运煤单价/(元·t ⁻¹ ·km ⁻¹)	年生产能力/Mt	年剥离量/m ³	采煤单价/(元·t ⁻¹)	剥离单价/(元·m ⁻³)	年总费用/亿元
留沟直角转向	2.32	1.92	2.83	1.68	10	52.3	15	20	14.77
扇形转向	2.95	1.92	2.35	1.68	10	61.5	15	20	17.68
L型转向	2.78	1.92	2.81	1.68	10	66.4	15	20	18.80
斜L型转向	2.97	1.92	2.67	1.68	10	61.7	15	20	17.81

通过比较4种方案采区加权(煤、岩)运距和年运输成本、年剥离成本、年采煤成本,得出留沟直角缓帮转向方案年总费用为14.77亿元,扇形转向方案年总费用为17.68亿元,L型转向方案年总费用为18.80亿元,斜L型转向方案年总费用为17.81亿元,故最终采用留沟直角缓帮转向方案作为该矿的采区转向过渡方式。

3 结论

1) 绘图分析露天煤矿5种典型转向过渡方式的具体特点,考虑影响露天煤矿转向方式选择的主要因素,结合露天蒙东能源西二号露天煤矿的实际现状,综合分析后排除重新拉沟转向方式,并对剩下的4种连续式转向方式进行深度比选。

2) 引入垂直权高差概念,完善卡车运距计算公式,合理计算卡车运距。

3) 为达到高精度、高效率、高视觉的目的,本文通过辽宁工程技术大学自主研发矿山辅助设计SMCAD软件对蒙东能源西二号露天煤矿进行三维地质建模,对4种连续式转向

过渡方式进行工程位置设计和模拟开采,采用绘图分析、工程量计算、图表比选3种形式,对4种过渡转向方式进行比选,最后通过总费用计算,确定最优方案为留沟直角转向方式。

参考文献(References)

- [1] 才庆祥, 姬长生. 大型露天煤矿采区转向方式研究[J]. 中国矿业大学学报, 1996, 25(4): 45-49.
Cai Qingxiang, Ji Changsheng. Research on mining area steering mode of large opencast coal mine[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1996, 25(4): 45-49.
- [2] 顾正洪, 李曙光. 近水平缓倾斜露天矿开采程序探讨[J]. 化工矿山技术, 1993, 22(1): 10-13.
Gu Zhenghong, Li Shuguang. Research on mining sequence for flat or gentle inclined surface mines[J]. Industrial Minerals & Processing, 1993, 22(1): 10-13.
- [3] 徐志远, 才庆祥, 刘宪权. 安太堡露天煤矿采区转向过渡若干问题及对策[J]. 煤炭工程, 2006(12): 9-11.
Xu Zhiyuan, Cai Qingxiang, Liu Xianquan. Several problems and countermeasures on mining block direction change period of Antaibao Open Pit Mine[J]. Coal Engineering, 2006(12): 9-11.
- [4] 宋子岭, 王肇东, 范军富. 露天煤矿采区转向接续期间剥采工程优化

- [J]. 科技导报, 2013, 31(9): 50-54.
Song Ziling, Wang Zhaodong, Fan Junfu. Optimization of the transition from one mining area to the next engineering for mining in section surface coal mine[J]. Science & Technology Review, 2013, 31(9): 50-54.
- [5] 才庆祥. 平朔煤炭工业公司安太堡露天煤矿改扩建有关问题研究[R]. 北京: 中国矿业大学, 2008.
Cai Qingxiang. Expansion relevant research questions of Antaibao Open Pit Mine for PINGSHUO Coal Industry Company[R]. Beijing: China University of Mining & Technology, 2008.
- [6] 陈彦龙, 才庆祥, 周伟, 等. 基于层次分析法的露天矿采区转向方式研究[J]. 金属矿山, 2010(1): 51-53.
Chen Yanlong, Cai Qingxiang, Zhou Wei, et al. Research on mining district change in open-pit mine based on AHP[J]. Metal Mine, 2010, 403(1): 51-53.
- [7] 毕林, 王李管, 陈建宏, 等. 基于 CDT 与布尔运算的露天矿三维建模[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2009, 28(4): 529-532.
Bi Lin, Wang Liguang, Chen Jianhong, et al. A 3D model of surface mine based on CDT and Boolean operation[J]. Journal of Liaoning Technical University: Natural Science Edition, 2009, 28(4): 529-532.
- [8] 刘光伟, 白润才, 曹兰柱. 基于多层 DEM 的露天矿三维地质模型构建及其应用[J]. 煤炭工程, 2010, 382(9): 73-75.
Liu Guangwei, Bai Runcai, Cao Lanzhu. Establishment and application of surface mine 3D geological model base on multi DEM[J]. Coal Engineering, 2010, 382(9): 73-75.
- [9] 刘光伟. 数字化露天矿虚拟开采模型构建技术及应用研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2007.
Liu Guangwei. Research on model construction technology of virtual mining in digital open-pit and its application[D]. Fuxin: Liaoning Technical University, 2007.
- [10] 刘光伟, 白润才, 曹兰柱, 等. 基于 AutoCAD 的露天矿三维地质模型
的三维可视化构建方法[J]. 世界科技研究与发展, 2008, 30(6): 758-760.
Liu Guangwei, Bai Runcai, Cao Lanzhu, et al. The method of establishing a 3D surface mine geological model based on AutoCAD [J]. World Science-Technology Research & Development, 2008, 30(6): 758-760.
- [11] 顾正洪, 李曙光, 于汝绶. 近水平矿床露天矿采区的过渡方式[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 1997, 16(1): 24-27.
Gu Zhenghong, Li Shuguang, Yu Rushou. Transition method of surface mines mining flat seams[J]. Journal of Liaoning Technical University: Natural Science Edition, 1997, 16(1): 24-27.
- [12] 刘宪权, 李志强, 史建华. 分区开采转向接续期间存在的问题及对策[J]. 露天采煤技术, 2001(4): 8-9.
Liu Xianquan, Li Zhiqiang, Shi Jianhua. Problems existing and countermeasures in transferring separate mining to continuous mining [J]. Opencast Coal Mining Technology, 2001(4): 8-9.
- [13] 高永涛, 吴顺川. 露天采矿学[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2010.
Gao Yongtao, Wu Shunchuan. Open-pit mining engineering[M]. Changsha: Central South University Press, 2010.
- [14] 李新旺, 段起超, 张瑞新, 等. 安太堡露天煤矿半固定式破碎站布设水平的优化[J]. 中国矿业大学学报, 2006, 35(6): 752-756.
Li Xinwang, Duan Qichao, Zhang Ruixin, et al. Optimization of located level of semi-stationary crushing station in Antaibao surface mine[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2006, 35(6): 752-756.
- [15] 尚涛, 才庆祥, 刘勇. 露天矿分区过渡期间合理开拓运输系统选择[J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33(4): 412-416.
Shang Tao, Cai Qingxiang, Liu Yong. Optimal selection of pit haulage system in transition period for mining-in-areas[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2004, 33(4): 412-416.

(责任编辑 王媛媛)

·学术动态·



中国科学技术协会

中国科协聘任第二批首席科学传播专家

2014年6月23日,中国科协发布“关于聘任第二批首席科学传播专家的通知”,公布全国首席科学传播专家名单(第二批)。

为全面贯彻落实党的十八大和全国科技创新大会精神,加强科普人才队伍建设,提升科普公共服务能力,促进公民科学素质建设目标的实现,中国科协于2013年启动组建科学传播专家团队。

继中国科协在全国学会中组建科学传播专家团队并聘任首批首席科学传播专家之后,经各全国学会组织推荐,中国科协认真研究,决定聘任肖佐、陈善广、庞之浩等84名专家为第二批全国首席科学传播专家,聘期3年。首席科学传播专家开展公益性科普活动时,可以“全国**学科首席科学传播专家”名义进行宣传和介绍。各全国学会、各级科协要为科学传播专家引好路、搭好台、服好务,紧紧依托首席科学传播专家及科学传播专家团队,大力推进科学传播工作,不断提升学科科普服务水平和社会影响力。

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35488/15739161.html>。