

露天煤矿采区转向接续期间剥采工程优化

宋子岭¹, 王肇东^{1,2}, 范军富¹

1. 辽宁工程技术大学矿业学院, 辽宁阜新 123000
2. 中国煤炭科工集团有限公司, 北京 100190

摘要 近水平煤层露天煤矿划分成多个采区按顺序开采, 上一个采区开采即将结束转向下一个采区开采时, 需要做好两个采区在转向过渡期间的剥采工程优化安排, 以保证转向过渡顺利。本文以平朔安家岭露天煤矿首采区向二采区转向开采期间剥采工程为例, 提出了缓帮 L 型转向方案、缓帮扇形转向方案、重新拉沟开采转向方案, 采用方案比较法分析比较了 3 个转向方案的生产剥采比、转向过渡时间、剥采运距及经济效益等, 确定采用 L 型转向方案。在采区接续工程位置确定研究中, 提出了多种两个采区 V-P 曲线接续方案, 分析不同接续方案的生产剥采比、过渡时间等的变化规律, 综合分析确定合理的转向过渡方案, 并对两个采区的逐年剥采工程量进行优化。

关键词 露天煤矿; 采区接续; 工程优化

中图分类号 TD824

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.09.008

Optimization of the Transition from One Mining Area to the Next Engineering for Mining in Section Surface Coal Mine

SONG Ziling¹, WANG Zhaodong^{1,2}, FAN Junfu¹

1. College of Mining in Liaoning Technology University, Funxin 123000, Liaoning Province, China
2. China Coal Technology and Engineering Group, Beijing 100190, China

Abstract The open pit with coal seams in several approximately horizontal mining sections is mined in sequence. When the mining of the previous section is about to end and that of the next section is about to start, the striping and the coal mining engineering must be optimized, in order to have a smooth mining transition. As an example, consider the mine engineering for transferring from one mining area to the next in Pingshuo Anjialing Surface Coal Mine. The so-called L form project, the fanlike project and the dig ditch project are proposed. The three projects are compared with respect to the production stripping ratio, the time taken for transferring from one mine area to the next, the mine and overburden transportation distances and the economic benefit by adopting the projects. Based on the comparison, the L form project is adopted. For the determination of the next mining engineering location, we put forward a two section V-P curve connecting scheme, analyzing the production stripping ratio and the mining transition time, to finally establish the mining transition scheme. The annual stripping and mining coal engineering load of the two sections is optimized.

Keywords surface coal mine; from one mining area to the next; engineering optimization

0 引言

国内新开发建设的大型露天煤矿, 如内蒙准格尔黑岱沟露天煤矿、哈尔乌素露天煤矿, 平朔安太堡露天煤矿、安家岭露天煤矿, 胜利煤田露天煤矿, 白音华煤田露天煤矿等, 均为近水平煤田, 露天矿境界范围较大, 需要划分成多个采区按一定顺序开采。当一个采区开采即将结束转向下一个采区开

采时, 需要做好两个采区在转向过渡期间的剥采工程优化安排, 以保证转向过渡顺利。由于下一个采区开采是从地表开始, 存在较大的“基建剥离量”, 给整个过渡期生产带来极大不便, 在整个转向过渡期间将会存在以下几方面问题: (1) 过渡期间, 两个采区同时进行剥离和采煤作业。如果过渡期剥采工程进度计划安排不当, 将会导致露天矿的采煤接续不

收稿日期: 2012-11-26; 修回日期: 2013-01-31

基金项目: 辽宁省教育厅科学技术研究基金项目(2004F050)

作者简介: 宋子岭, 教授, 研究方向为露天开采、矿山环境工程, 电子信箱: songziling-163@163.com

上,或煤炭产量急剧下降,严重影响露天矿的正常生产。(2) 由于第二采区初期为“基建剥离”,致使整个露天矿年剥离量大增,生产剥采比过大,以致超出经济合理剥采比,甚至出现剥采比失调现象,剥采比失调对露天矿的影响将是致命的,影响时间也较长,短则1、2年,长则4、5年,使生产成本增加,露天矿经济效益下滑,甚至出现亏损。(3) 应对两个采区的剥采工程进行合理的安排、优化,否则将会使转向过渡期加长,即二采区“基建剥离”时间过长,影响煤炭生产^[1-3]。因此,对分采区开采的露天矿采区转向过渡方案进行研究是十分必要的,而且要提前进行,在开始过渡之前提出合理的转向过渡方案,以指导生产。

转向过渡方案需要在建立准确可靠的矿床地质模型基础上,对转向方式提出多种可行的转向方案,对每种转向方案编制详细的进度计划,对两个采区的剥离、采煤工程进行合理安排,编制采运设备的调配计划,对第二采区初期排土场合理选择,过渡期开拓运输系统进行优化等。因此,该项目研究需要做多个过渡方案的剥采工程设计,进行比较,最后选择经济合理和技术可靠的转向过渡方案。

1 转向过渡方案的优化

1.1 上一采区开采后期剥采比变化规律

对于分区开采的露天矿,一般首采区确定在煤层埋藏较浅、赋存条件较好、煤质较好的采区,首采区的剥采比一般较小,特别到采区开采后期,工作帮上部剥离台阶逐渐到界,剥采比迅速下降。以平朔安家岭露天煤矿为例,其首采区开采后期剥采比变化情况如图1所示。其中, P 为出煤量,V为剥离量。

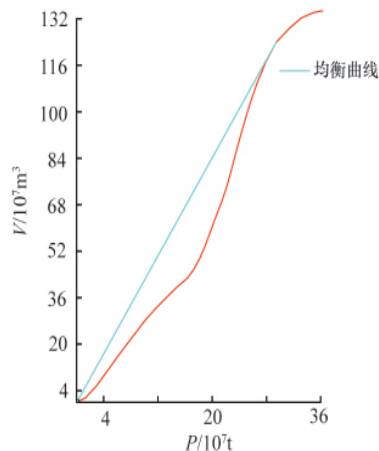


图1 安家岭露天矿首采区开采后期剥采比变化情况

Fig. 1 Stripping ratio variation of Anjialing Surface Coal Mine first section mining in the late mining period

V 为剥离量。

从图中可以看出,该露天煤矿首采区开采后期由于其上部剥离台阶逐渐到界,剥采比迅速下降,这时,首采区上部台阶的挖掘机及其所配运输设备闲置下来,可以调往下一个采区进行剥离。

1.2 转向开采方案及接续采区剥采比变化规律

由一个采区转向下一个采区(称为接续采区)进行开采时,其转向开采方式基本有缓帮L型转向方案、缓帮扇形转向方案、重新拉沟开采转向方案3种,转向方式如图2所示,图中 L_g 为最下台阶工作线长度,m。

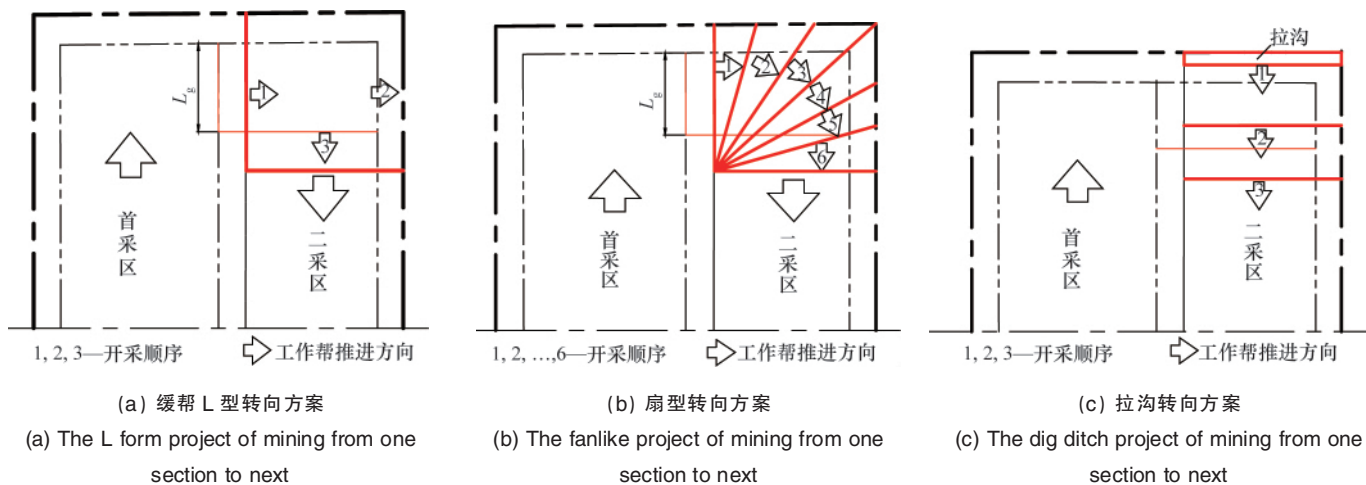


图2 采区转向方案示意图

Fig. 2 The project of mining from one section to next

接续采区转向开采无论采用哪种方案,都存在较大的“基建剥离量”,致使在转向期间剥采比较大。以平朔安家岭露天煤矿为例,对上述3种转向方案进行比较,以扇形转向方案为例,其剥采比变化情况如图3所示。

从图中可以看出,该矿二采区采用扇形转向开采方案时,其剥采比变化较大,其中开采初期 AB 段剥采比巨大,主要原因是初始阶段为较大的“基建剥离量”、较少的煤量,如何合理安排 AB 段剥离量,以降低转向期间生产剥采比,是转

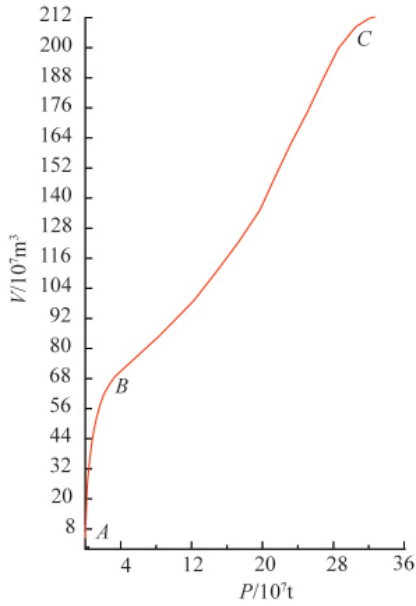


图3 安家岭露天矿二采区 V-P 曲线

Fig. 3 V-P curve of Anjialing Surface Coal Mine second section

向开采方案必须解决的工程问题。二采区 BC 段的生产剥采比进入相对较小且稳定阶段,是二采区达到设计产量后的正常生产阶段。

1.3 两采区剥采工程接续方案优化

分区开采露天矿,由一个采区转入下一个采区开采时,上一个采区开采后期其剥离量急剧下降,剥采比降低,而下一个采区开采初期却存在较大“基建剥离量”致使剥采比巨大。为解决此问题,防止进入下一个采区后露天矿剥采比急剧增大、采煤接续不上问题的发生,对两个采区在转向期间的剥采工程量进行优化,充分利用上一个采区开采后期剥采比下降这一有利条件,在上一采区未结束之前的某一时刻就开始进行下一个采区的剥离工程,在相当一段时间内两个采区同时进行剥离和采煤作业,使整个露天矿的采煤生产稳定、剥采比有所增大,但不至于太大,以使露天矿生产稳定。

为此,本文提出了多个采区接续方案,即对上一个采区开采后期确定多个接续工程位置,每个接续工程位置即为计算剥采工程量表时的工程位置。对上一个采区开采到某个工程位置时,开始下一个采区剥采工程(开始转向),将两个采区的剥采工程量表按接续工程位置合并成一个统一的工程量表,绘制两个采区的统一剥采工程量曲线,即 V-P 曲线,确定转向期间的剥采比,计算转向过渡时间等,对不同接续位置方案的剥采比和转向时间等进行比较,选择转向期间剥采比小、转向时间短的接续位置方案,作为采区转向剥采工程优化方案。

仍以平朔安家岭露天矿扇形转向方案为例(鉴于篇幅其他转向方案不再列出),上一采区开采后期剥采工程位置有:工程位置 1、工程位置 2、...、工程位置 31。工程位置 31 是本

采区最后一个工程位置,相邻工程位置的间距为 200m,本文确定了以下 7 个接续工程位置:工程位置 30、工程位置 26、工程位置 21、工程位置 19、工程位置 18、工程位置 16、工程位置 11,如图 4 所示。分别确定统一的剥采工程量表、绘制 V-P 曲线、确定过渡期间的剥采比和过渡时间。上述各接续位置方案结果如表 1 所示。

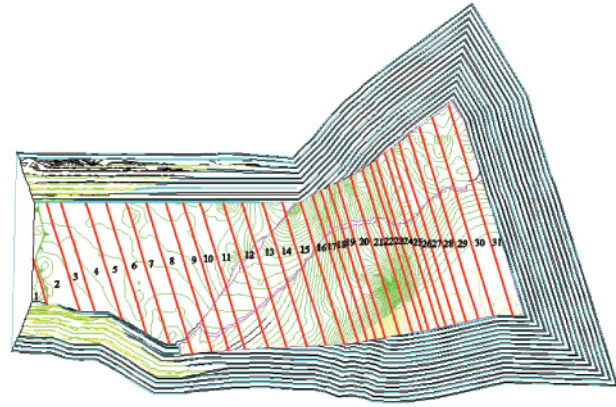


图4 安家岭露天矿首采区接续工程位置示意

Fig. 4 Anjialing surface first section engineering position to start next section

由表 1 可看出,将工程位置 18 作为接续工程位置,其转向过渡期间剥采比较小,但转向过渡时间较长,而将工程位置 19 作为接续工程位置,其转向过渡期间剥采比亦较小,转向过渡时间较工程位置 18 短。最佳接续位置的确定需综合考虑,使整个转向过度期间露天矿生产费用最小。

设露天矿纯煤采煤成本为 c_m ,元/t;单位剥离成本为 c_b ,元/ m^3 ;过渡期生产剥采比为 n_g , m^3/t ;转向过渡时间为 T_g ,a;露天矿年采煤产量为 A_p ,t/a;接续采区正常生产期间生产剥采比为 n_s , m^3/t ,接续工程位置用 L 表示。则在转向过渡期间年生产费用 C_z 为

$$C_z = A_p \cdot c_m + A_p \cdot n_g \cdot c_b \quad (1)$$

其中,过渡期剥采比 n_g 随接续工程位置 L 而变化,是以 L 为自变量的函数,用 $f(L)$ 表示。则式(1)变为

$$C_z = A_p \cdot c_m + A_p \cdot c_b \cdot f(L) \quad (2)$$

其中函数 $f(L)$ 用表 1 中数据通过拟合函数得到。本文利用最小二乘拟合法拟合合成二次函数,即过渡期生产剥采比 n_g 拟合函数

$$f(L) = 10.7059 - 0.4584L + 0.0128L^2 \quad (3)$$

将式(3)代入式(2),并求式(2)的极小值 $\min C_z$,其所对应的 L 值即为最佳接续工程位置。

取 $c_m = 15$ 元/t, $c_b = 20$ 元/ m^3 , $A_p = 2500 \times 10^4$ t/a,对式(2)求极小值得 $L = 18$,即选择工程位置 18 作为优化的接续工程位置,其转向过渡期间生产剥采比为 $6.376 m^3/t$,转向过渡持续时间为 $6.814 a$,二采区正常生产时期的生产剥采比 $5.175 m^3/t$ 。其综合 V-P 曲线及剥采比均衡情况如图 5 所示。

表 1 扇形转向方案转向位置、剥采比变化情况表

Table 1 The engineering position to start next section and stripping ratio for fan-shaped mining project

接续方案 序号	开始转向位置	转向过渡期剥采比(含二 次剥离量)/(m ³ ·t ⁻¹)	转向过渡时间 /a	过渡结束后二采区生产剥采比 (含二次剥离量)/(m ³ ·t ⁻¹)	按均衡剥采比二采 区开采时间/a
1	工程位置 30	8.125	3.661	5.189	10.508
2	工程位置 26	8.125	3.660	5.189	10.509
3	工程位置 21	6.748	5.691	5.189	10.417
4	工程位置 19	6.480	6.383	5.189	10.378
5	工程位置 18	6.376	6.814	5.175	10.241
6	工程位置 16	6.503	5.539	5.189	12.208
7	工程位置 11	7.400	5.475	4.727	13.927

注:首采区生产剥采比 4.48m³/t。

Note: The first mining area production stripping ratio is 4.218m³/t.

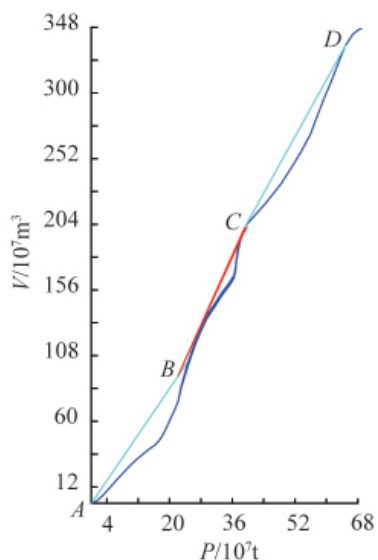


图 5 安家岭露天矿综合 V-P 曲线及剥采比均衡情况
Fig. 5 Anjialing Surface Coal Mine V-P curve and balance stripping ratio

同理,可确定 L 型转向方案优化接续工程位置为 21,生产剥采比 6.675m³/t,转向过渡时间 6.846a;拉沟转向方案优化接续工程位置为 23,生产剥采比 7.116m³/t,转向过渡时间 4.910a。综合比较确定安家岭露天煤矿应采用 L 型转向方案,且从工程位置 21 开始转向接续。

1.4 转向过渡期间运输系统优化

(1) 运输系统模型的建立。

对露天矿运输系统进行模拟,主要是对其路线系统和采、运、排设备的模拟。线路系统表征了整个露天矿的状态和相互关系。利用网络建立线路系统模型的目的如下:①把模拟露天矿运输线路系统划分成段简化后,恰好构成一网络系统;②利用网络方法来模拟运输系统可以大大提高其通用性;③建立网络系统后,可以很方便地求算任何两节点间的

最短路径,将其结果存入数据库中,模拟时可随时调用;④由于从某一工作面到某一排卸点的路径很多,卡车应该走一条距离较短的最优路径^[4-6]。

(2) 煤岩物料流分配模型的构造。

模型的主要作用是在采煤、剥离、排卸条件约束下,合理地分配煤、岩流向流量,使整个露天矿的综合加权运距最短,运费最低。用线性规划法分配煤岩物料流量。

目标函数是使综合加权运距最短,费用最低,即

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} L_{ij}$$

约束条件为各工作面及卸载点计划产量,并且采排总量相等,即

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i \quad i=1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j \quad j=1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$$

其中, a_i 为第 i 点计划剥采量; b_j 为第 j 点计划排卸量; x_{ij} 为第 i 剥采点到第 j 排卸点运移的物料量(合理分配量); L_{ij} 为第 i 剥采点到第 j 排卸点的运距。

(3) 转向过渡期间开拓运输系统优化布置。

转向期间首采区选用采场、内排土场工作帮移动坑线与端帮半固定坑线相结合的开拓运输系统。首采区的煤经工作帮移动坑线一端帮固定坑线—内排土场移动坑线—1330 运输主出入沟到达原煤破碎站;各平盘的剥离物由路径优化确定的最优路径经采场或内排土场工作帮移动坑线到达内排土场相应位置。二采区的煤由二采区西帮移动坑线—1330 运输主出入沟到达原煤破碎站;剥离物经二采区西帮移动坑线到达内排土场。

通过对安家岭露天煤矿转向期间开拓运输系统优化,布置了转向期间的开拓运输系统。

1.5 经济分析优化

依据安家岭露天煤矿 2010 年主要生产环节生产成本进行经济分析评价。其中生产成本主要包括:穿孔费用,主要是外包、反承包钻机承包费,自营钻机燃料消耗费、电费;爆破费用,主要是炸药、起爆弹、导爆索、非电导爆管、间隔器、2#岩石炸药等费用;采装费用,主要是指电铲耗材、电费等;运输费用,主要是指燃油、轮胎等费用;整備费用,主要包括轮推、履推、灯车、前装机、水车等燃油以及投入的电缆;其他费用,主要是电缆车、前装机、水车等承包费用。

安家岭露天矿设计生产能力为 25Mt/a 时,结合转向期间年煤、岩加权平均运距、各生产环节工程量,计算转向期间各方案的年生产直接成本。计算得到 L 型转向方案的生产成本较低。

2 结论

(1) 一般近水平煤层露天矿多采用分区开采,当上一个采区即将开采结束进入下一个接续采区时,一般有 3 种转向开采方式:缓帮 L 型转向方案,缓帮扇形转向方案,重新拉沟开采转向方案。

(2) 分区开采露天矿,由一个采区转入下一个采区开采时,上一个采区开采后期其剥离量急剧下降,而下一个采区开采初期却存在较大“基建剥离量”,致使剥离比巨大。为解决此问题,对两个采区在转向期间的剥离工程量进行优化,充分利用上一个采区开采后期剥离比下降这一有利条件,在上一采区未结束之前的某一时刻就开始进行下一个采区的剥离工程。

(3) 提出了多个工程位置接续方案,即对上一个采区开采到某个工程位置时,开始下一个采区剥离工程(开始转向),将两个采区的剥离工程量表按接续工程位置合并成一个统一的工程量表,绘制两个采区的统一 V-P 曲线,确定转

向期间的剥离比、计算转向过渡时间等,对不同接续位置方案的剥离比和转向时间等进行比较。

(4) 以转向过度期间年生产费用最小为优化目标,建立数学模型,从而确定最佳接续工程位置。

(5) 以安家岭露天矿首采转向过渡方案为例,确定应采用 L 型转向方案,从工程位置 21 开始转向接续。

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. Journal of China University of Mining & Technology, 1996, 25(4): 45-49.
- [2] 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 Xiangquan. Coal Engineering, 2006 (12): 9-11.
- [3] 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. Journal of Fuxin Mining Institute: Natural Science, 1997, 16(1): 24-27.
- [4] 尚涛,才庆祥,刘勇,等.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, et al. Journal of China University of Mining & Technology, 2004, 33(4): 412-416.
- [5] 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. Opencast Coal Mining Technology, 2001(4): 8-9.
- [6] 丁新启.单斗卡车工艺分区开采程序研究及应用[D].阜新:辽宁工程技术大学,2002.
Ding Xinqi. Study on surface mining program of divided mining areas with shovel-truck technology [D]. Fuxin: Liaoning Technology University, 2002.

(责任编辑 刘志远)

·学术动态·

“第 15 届中国科协年会”简介

由中国科协和贵州省人民政府联合主办、以“创新驱动与转型发展”为主题的第 15 届中国科协年会将于 2013 年 5 月 25—27 日在贵阳市举行。本届年会主要由开幕式暨大会特邀报告会、学术交流、科普活动、专题论坛和党政领导与院士专家座谈会、卫星会议、专项活动等部分组成。

学术交流部分共设 27 个分会场,主要邀请和组织在学科前沿领域的国内外一线专家出席,围绕学科发展中前沿交叉问题进行交流 and 研讨,促进学科交叉融合;由中国科协所属全国学会及有关单位承办,于 5 月 25 日下午至 27 日举行。