

露天煤矿采区接续方案

刘光伟¹, 李成盛¹, 于渊²

1. 辽宁工程技术大学矿业技术学院, 阜新 123000
2. 蒙东能源控股有限责任公司西二号露天煤矿, 锡林浩特 026000

摘要 在大型近水平及缓倾斜煤田露天开采时,通常划分多个采区依次开采。在新旧采区接续时,存在采区转向过渡方式选择、采区接续位置确定、接续期间开拓运输系统布置、接续期间工程量搭配等技术难点。本文以蒙东能源控股有限责任公司西二号露天煤矿为例,分析了4种采区转向过渡方式,确定采用直角缓帮转向的过渡方式进行采区转向过渡。采用露天矿SMCAD软件进行三维地质建模,交互式设计工作帮,模拟工程位置,精确计算相应的工程量,提出了4种两个采区间的接续方案,揭示了4种方案的工程量搭配和过渡时间等变化规律,综合分析确定了合理的采区接续方案。

关键词 露天煤矿;三维地质建模;采区接续

中图分类号 D824

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.008

Mining Area Connection Scheme in Surface Coal Mine

LIU Guangwei¹, LI Chengsheng¹, YU Yuan²

1. College of Mining and Technology, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China
2. No. 2 Western Open Pit, Mengdong Energy Holding Limited Liability Company, Xilinhot 026000, China

Abstract A large-horizonal and gently inclined coal mine is usually divided into several mining areas and is mined in one surface coal mine area at a time in proper order. The difficulties of connecting the old and new mining areas consist of the steering transition mode selection, the connecting position determination, the layout of the pit haulage system and the assignment of engineering. In this paper, three kinds of steering transition programs are analyzed and compared to determine a steering angle gentle slope transition program. In the determination of the next mining engineering location, the SMCAD software is used for 3D geological modeling, with interactive design of working slope, and the engineering position is simulated, with accurate calculation of quantities accordingly; four kinds of two section connecting scheme are proposed, considering the production stripping ratio and the mining transition time to finally establish the mining transition scheme.

Keywords surface coal mine; 3D geological modeling; mining area connection

在大型近水平及缓倾斜煤田露天开采时,受限于产量规模、开采强度、设备规格等因素,同时为减少基建剥离量、尽快实现内排、减少外排土场征地、缩短排土运距等,往往采用分区开采。在技术可行和经济合理的前提下,根据煤田的赋存条件,将其划分为若干采区依次开采。当新旧采区接替过渡时,应做好2个采区的剥采工程安排,保证转向过渡顺利^[1-3]。

露天煤矿分区开采时要解决的关键问题有:采区转向过渡方式选择、采区接续位置确定,接续期间开拓运输系统的布置以及接续期间工程量分布等。

相对于全区开采,分区开采具有如下特点:工作线长度较短,基建工程量小,能够较快地实现投、达产;工作面所需

采、运设备较少,设备投资小;可以将新采区的剥离物向旧采区内排,缩短运距,降低成本;如果采用压帮形式内排,则相邻采区间会存在二次剥离量和资源损失;采区转向过渡期间生产组织管理复杂,开拓运输系统复杂化等。

分区开采的不利影响表现为^[4,5]:1)采区间转向过渡时,由于新采区需从地表开始基建剥离,直至揭露煤层顶板进行开采,基建剥离量大,使生产剥采比急剧增加而超出经济合理剥采比,甚至出现剥采比失调现象,使生产成本增加,经济效益下滑甚至亏损;2)过渡期间,2个采区同时进行剥采作业,生产组织管理复杂,如果过渡期剥采工程进度计划安排不当,将导致露天矿因采煤接续不上而减产,甚至停产;3)过

收稿日期:2013-07-30;修回日期:2013-10-06

基金项目:国家自然科学基金项目(51304104);辽宁省教育厅科学技术研究项目(L2011051);中国煤炭工业协会指导性计划项目(MTKJ2012-306)

作者简介:刘光伟,讲师,研究方向为煤矿床数字地质、三维地质建模、采矿CAD等,电子信箱:liu_guangwei@yeah.net

引用格式:刘光伟,李成盛,于渊.露天煤矿采区接续方案[J].科技导报,2014,32(1):59-64.

渡期间,开拓运输系统复杂化,如果布置管理不当,将会使运距增大,运输系统混乱,影响露天矿的正常生产。

因此,对于分区开采的露天矿,进行采区接续方案研究是十分必要的,需在露天矿开采初期考虑后期的采区接续问题,兼顾全局。本文以蒙东能源控股有限责任公司西二号露天煤矿为例,设计4种转向过渡方案(直角缓帮过渡、扇型过渡、L型转向过渡和重新拉沟)并进行分析,优化确定采用直角缓帮转向过渡方案;采用露天矿 SMCAD 软件进行三维地质建模^[6-8],交互式设计工作帮,模拟工程位置,快速、精确计算相应的工程量;针对直角缓帮转向过渡方式,提出了4种两个采区接续方案,揭示不同方案的工程量搭配(采煤量和剥离量)和过渡时间等变化规律,综合分析确定合理的转向过渡方案并对2个采区的逐年剥采工程量进行优化搭配。

1 采区接续方案比选

1.1 采区转向过渡方式概述

目前,露天矿采区过渡方式有连续式和间断式2类^[9]。连续式过渡方式分为直角缓帮过渡、扇型过渡、L型转向过渡,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,基建量小,运距较短^[10,11]。间断式过渡方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。

1.1.1 连续式过渡方式

1) 直角缓帮过渡。直角缓帮过渡是在旧采区(一采区)开采后期,利用已形成的端帮进行再扩帮,将端帮自上而下逐台阶进行缓帮剥离,过渡成工作帮,揭露出煤层顶板,完成新采区(二采区)的基建。直角缓帮转向过渡示意如图1所示,右侧为横剖面I—I处的断面示意图,其中AC为旧采区的最终边帮,BC为新采区的工作帮,箭头方向为开采方向, α 为新采区工作帮坡角, β 为旧采区最终帮坡角。

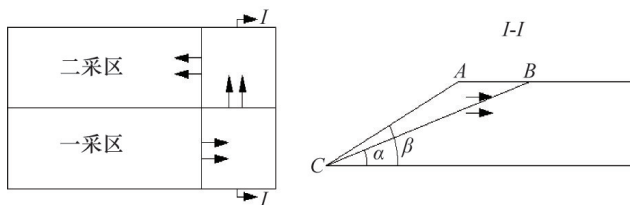


图1 直角缓帮转向过渡示意

Fig. 1 Schematic diagram of rectangular steering transition

2) 扇型过渡。扇型转向过渡是指剥采工作线都以转向接续起点为回转中心,沿同一方向扇型旋转,工作帮实现扇型推进,其特点是外侧工作线推进强度大于内侧工作线推进强度,扇型转向过渡示意如图2所示。

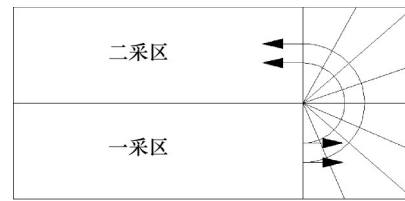


图2 扇形转向过渡示意

Fig. 2 Schematic diagram of sector steering transition

3) L型转向过渡。L型转向过渡是在旧采区开采后期,采用L型工作线对旧采区进行收尾及新采区的扩帮基建。最后工作线再由L型过渡为直线型,完成采区的转向过渡。L型转向过渡示意如图3所示。

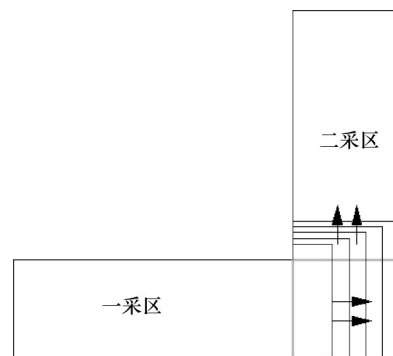


图3 L型转向过渡示意

Fig. 3 Schematic diagram of L shape transition

1.1.2 间断式过渡方式

间断式过渡方式是指在旧采区开采结束前,在新采区内重新拉沟布置开拓运输系统。重新拉沟间断式转向示意如图4所示。

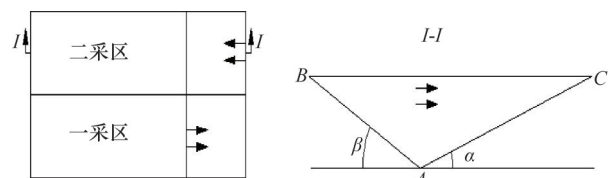


图4 重新拉沟间断式转向示意

Fig. 4 Schematic diagram of retractor intermittent steering

1.2 采区转向过渡方式选择

露天煤矿采区转向过渡方式的选择关系到过渡期间和过渡结束后采区内开拓运输系统布置和生产剥采比大小等,直接影响露天煤矿的经济效益。

1) 采区转向过渡方式选择的影响因素:(1) 生产工艺。生产工艺不同,采区转向过渡方式亦不同,尤其是剥离物的运输方式对采区转向过渡方式的选择影响更大。(2) 内排方

式。露天煤矿内排方式按照内排土场与采场端帮之间的关系可分为不压帮、半压帮和全压帮3种,留沟会导致内排运距和外排弃量的显著增加。(3) 煤层赋存条件。间断式转向过渡方式可以在新采区内选择初期剥采比小、煤质好、距工业广场近、有利于外排土场布置处重新拉沟,在一定程度上可以弥补重新拉沟带来的基建工程量大、外排弃量大等缺点。(4) 采区划分方式^[12]。在采区划分结束后,采区的开采顺序已经确定,顺序不同所选用的过渡方式也不同。(5) 其他因素。采区转向过渡方式选择还必须考虑到征地等外部因素的限制。

2) 西二号露天煤矿的特点。西二号露天煤矿剥离选用单斗—卡车间断工艺,采煤选用单斗—卡车—半固定破碎站—胶带半连续工艺;本研究中,为了提高煤质,避免压煤,采用不压帮内排;西二号露天煤矿其煤层走向北偏西,倾向北偏东,南部为煤层露头处;根据西二号露天煤矿的煤层赋存条件,地质条件等采区划分时需考虑的因素确定西二号露天煤矿采区划分方式(图5)。

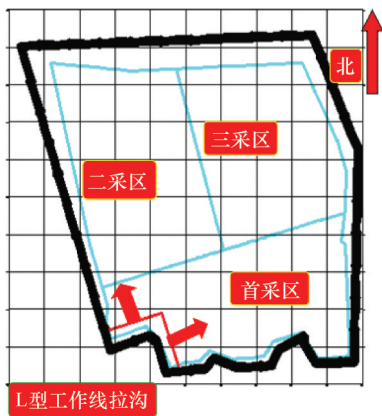


图5 采区划分及开采顺序

Fig. 5 Mining area division and mining sequence

综合上述因素,考虑各种转向方式的优缺点,结合西二号露天煤矿特点,最终选择留沟内排直角缓帮转向过渡方式。

1.3 合理采区接续位置的确定

合理的采区接续位置是影响露天矿采区间稳定过渡的重要因素之一。采区接续位置不同对应的采区过渡期长短不同,工程量不同。采区接续位置太早则过渡期较长,新采区超前剥离量大,过渡期外排量增大,经济效益较差时期持续时间长,从而影响露天矿总体经济效益;采区接续位置太晚则过渡期剥采比将大于均衡剥采比,并有可能出现采煤量接续不上,造成露天矿减产,甚至停产,影响露天矿的正常生产^[13]。

本文采用SMCAD软件进行三维地质建模^[6-8],首采区和二采区共划分48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,绘制剥离量 V -采煤量 P 曲线^[5,6]。首采区初始拉沟方式为L型,工作帮分别平行和垂直于首采区北帮,2个工作帮同时开采。为尽快实现工作线由L型转为直线型,提高生产效率,故加快北帮的推进,初始时工程位

置间距为东50 m,北100 m,当北帮到界后(工作线转为直线型)工程位置间距为东150 m。首采区工程位置划分如图6所示。

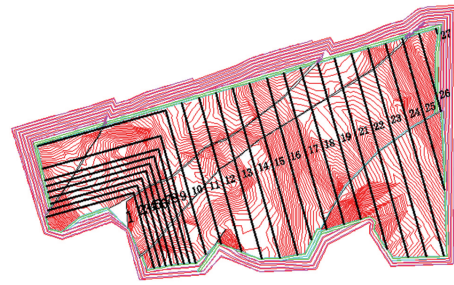


图6 首采区工程位置划分

Fig. 6 First section engineering position division

首采区和二采区的 V - P 曲线如图7和图8所示,两图中红色线均为依据量表绘出的 V - P 曲线,蓝色线为均衡后的 V - P 曲线,粉色线为均衡辅助线,青色线为各均衡期范围。由图7、图8可以看出,首采区剥采比较小,平均剥采比为 $3.5 \text{ m}^3/\text{t}$,而二采区基建工程量较大,为 $34.6 \times 10^6 \text{ m}^3$,且平均剥采比为 $6.1 \text{ m}^3/\text{t}$ 。所以,在首采区后期剥采比下降期要对二采区进行超前基建剥离,保证首采区结束时二采区可实现达产,确保产量接续^[9]。

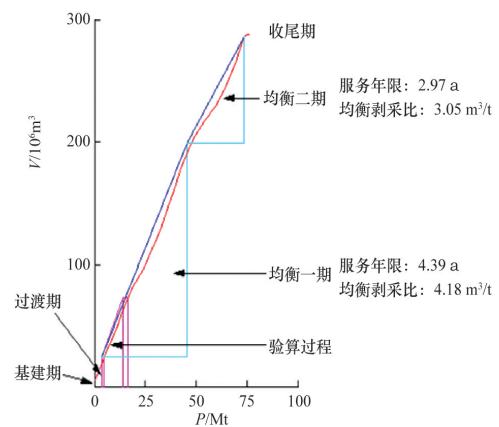


图7 首采区 V - P 曲线及均衡剥采比

Fig. 7 First mining area V - P curve and balanced stripping ratio

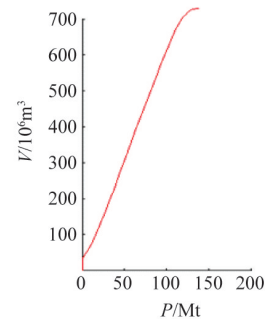


图8 二采区 V - P 曲线

Fig. 8 Second mining area V - P curve

将一、二采区 V-P 曲线进行产量搭接, 再进行全区剥采比均衡, 将二采区的剥离量均衡到首采区, 平衡全区经济效益。本文对一、二采区均衡三期和一、二采区均衡一期 2 种均衡方法进行分析, 选出较合理的均衡方法, 2 种均衡方法的 V-P 曲线如图 9 和图 10 所示, 两图中红色线均为依据量表绘制出的 V-P 曲线, 图 9 中蓝色线为均衡一期的 V-P 曲线, 粉色线为均衡二期的 V-P 曲线, 绿色线为均衡三期的 V-P 曲线, 青色线为各均衡期范围; 图 10 中蓝色线为均衡后的 V-P 曲线, 青色线为各均衡期范围。由图 9 和图 10 可以看出, 如果均衡三期, 各均衡期服务年限较短, 且各期的均衡剥采比变化较大, 从 $3.98 \text{ m}^3/\text{t}$ 变化到 $4.18 \text{ m}^3/\text{t}$ 再到 $5.84 \text{ m}^3/\text{t}$, 与剥采比均衡原则相违背, 不合理; 当均衡一期时全区剥采比为 $5.094 \text{ m}^3/\text{t}$, 服务年限为 19.32 a, 满足均衡原则, 故此方法较为合理。

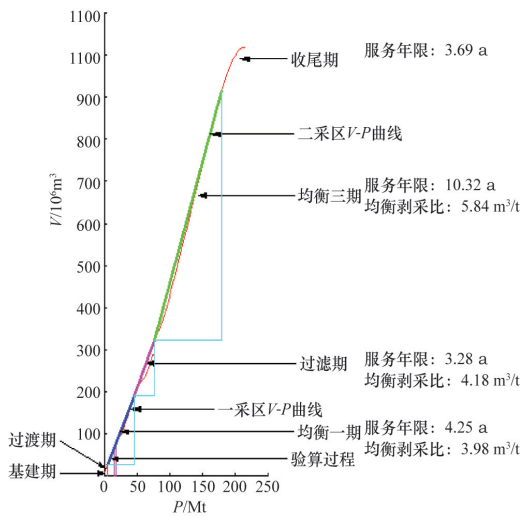


图 9 一、二采区共均衡三期 V-P 曲线

Fig. 9 Balanced three stage V-P curve for first and second mining area

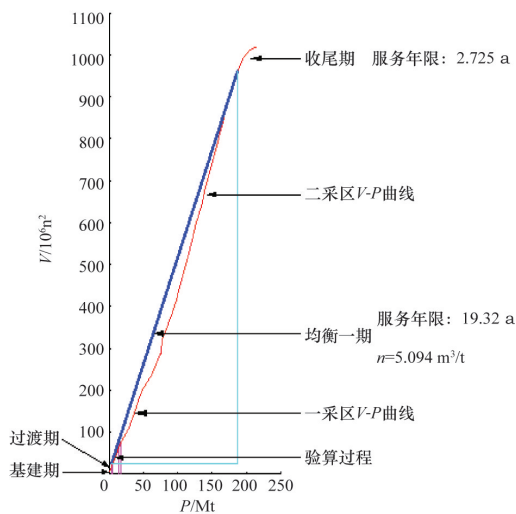


图 10 一、二采区共均衡一期 V-P 曲线

Fig. 10 Balanced one stage V-P curve for first and second mining area

一、二采区共均衡一期的优点: 1) 从首采区开始就考虑到二采区剥采比大的问题, 提前剥离, 保证二采区剥采比满足经济合理剥采比; 2) 均衡期服务年限长, 剥离量稳定不变, 能够保证采运设备的充分利用; 3) 剥离量不变, 从而排土量也不变, 排土场和运输系统管理方便。

综上所述, 选择一、二采区共均衡一期方案, 效果更好。

1.3.1 采区接续结束位置的确定

由一、二采区总 V-P 曲线可以找出, 当工作线发展到 20 工程位置末和 21 工程位置末之间时, 二采区的超前剥离量刚好满足二采区的基建剥离量 ($34.06 \times 10^6 \text{ m}^3$)。因此, 此位置为采区接续的结束位置 (图 11)。

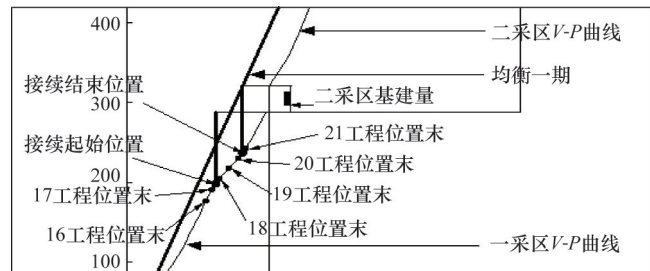


图 11 采区接续位置确定

Fig. 11 Determination of the position of successive mining areas

1.3.2 采区接续起始位置的确定

由 V-P 曲线可看出在 16 工程位置末处首采区生产剥采比开始下降, 故从 16 工程位置末开始选取 4 个过渡方案进行分析比较, 确定采区接续的起始位置, 4 种方案的参数对比如表 1 所示。

由表 1 可以看出按照均衡剥采比生产, 当以 16 工程位置末或 17 工程位置末为采区接续起始位置时, 二采区的超前剥离量满足二采区的基建剥离量, 所以满足要求; 而以 18 工程位置末或 19 工程位置末作为采区接续起始位置时, 二采区的超前剥离量不满足二采区的基建剥离量, 所以不满足要求。

以 16 工程位置末作为采区接续起始位置时, 二采区的超前剥离量为 $39.85 \times 10^6 \text{ m}^3$, 二采区基建剥离量为 $34.06 \times 10^6 \text{ m}^3$, 超出二采区基建量 $5.79 \times 10^6 \text{ m}^3$; 以 17 工程位置末作为采区接续起始位置时, 二采区的超前剥离量为 $37.45 \times 10^6 \text{ m}^3$, 二采区基建剥离量为 $34.06 \times 10^6 \text{ m}^3$, 超出二采区基建量 $3.39 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。由此看出当以 17 工程位置末作为采区接续起始位置时, 二采区超前剥离量最接近于二采区基建剥离量, 过渡期短, 经济效益较好, 确定其为采区接续起始位置 (图 11)。

过渡期间二采区基建量的分摊情况如下, 其中 18 工程位置分摊的二采区超前剥离量为 $3.15 \times 10^6 \text{ m}^3$, 19 工程位置分摊 $12.98 \times 10^6 \text{ m}^3$, 20 工程位置分摊 $13.01 \times 10^6 \text{ m}^3$, 21 工程位置分摊 $5.21 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

表1 合理采区接续起始位置的确定

Table 1 Determination of the starting position of successive rational mining areas

采区接续 起始位置	均衡 剥采比/ $(\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1})$	采区接续期间煤 量/Mt	采区接续期间 剥离量/ 10^6m^3	一采区剩余岩量 / 10^6m^3	二采区超前 剥离量/ 10^6m^3	二采区基建 剥离量/ 10^6m^3
16工程位置末	5.094	19.83	101.01	61.16	39.85	34.06
17工程位置末	5.094	16.47	83.90	46.45	37.45	34.06
18工程位置末	5.094	12.47	63.52	32.38	31.14	34.06
19工程位置末	5.094	7.42	37.80	19.64	17.44	34.06

1.4 接续期间开拓运输系统的布置

分区开采对采剥工程的不利影响主要表现在分区过渡期间开拓运输系统的复杂化^[14,15]。由于本矿采区接续方式采用缓帮留沟直角过渡,内排只能采用单环运输。因此,在分区开采过渡期间,可利用排弃空间的容量和位置,为不同采区的剥离物寻找最佳运输通路,以此减小运距,同时也可适时加快旧采区局部工作帮的推进,使其提前靠帮,建立新的排土区域^[10]。

采区接续期间开拓运输系统布置见图12。

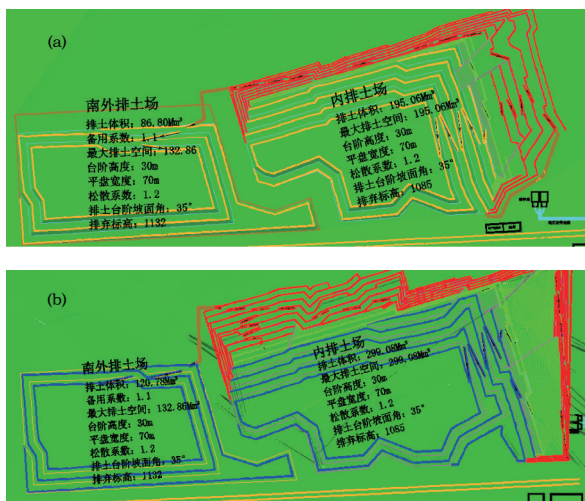


图12 采区接续起始位置(a),结束位置(b)开拓运输系统布置
Fig. 12 Connecting start (a) and connecting end (b) of the mining areas to develop transportation system layout

由于首采区在达产4年末时已经实现完全内排,采区接续起始位置在达产4年之后。因此,接续期间首采区的所有剥离量均可内排。但由于首采区与三采区交界处的剥离量,采用单环运输方式内排运距达到3.5 km,超出了单斗一卡车工艺经济合理运距的要求^[16],而采用端帮运输到外排土场运距为3.0 km,满足合理运距要求,故此处的剥离量采用外排方式。由于二采区的剥离量采用单环运输方式内排到首采区采空区运距为4.0 km,超出单斗一卡车工艺经济合理运距要求,而到外排土场运距只有2.9 km,故二采区的剥离量全部外排。由于三采区与首采区剩余的采空区相接,所以首采区剩

余的采空区作为三采区的外排土场,加权运距为1.0 km^[11]。

1.5 采区接续期间工程量分布

在已布置好运输系统的模型上测量运距,通过均衡后的V-P曲线计算出采区接续起始位置和结束位置的工程量分布情况,本文列举了采区接续起始位置和结束位置时的采煤量、运煤运距、生产剥采比、剥离量、内排量、外排量、排土运距等主要参数,为确定设备数量、计算运输成本和过渡期间的组织管理提供依据。其中采区接续起始位置采煤累计量47.48 Mt,卡车运煤运距2.3 km,胶带运煤运距2.5 km,生产剥采比5.094 m³/t,累计剥离量247.59×10⁶ m³,松散系数取1.2,内排累计量195.06×10⁶ m³,外排累计量86.80×10⁶ m³,内排运距2.8 km,外排运距3.0 km;采区接续结束位置采煤累计量62.00 Mt,卡车运煤运距2.0 km,胶带运煤运距1.8 km,生产剥采比5.094 m³/t,累计剥离量321.50×10⁶ m³,松散系数取1.2,内排累计量299.08×10⁶ m³,外排累计量120.78×10⁶ m³,内排运距2.0 km,外排运距2.9 km;接续期间共采煤14.52 Mt,全部由一采区提供,剥离73.91×10⁶ m³,其中一采区剥离量39.85×10⁶ m³,二采区剥离量34.06×10⁶ m³。

2 讨论

目前国内露天煤矿正在向生产能力扩大化,生产设备大型化,生产效率高效化转变。由于露天煤矿生产规模的不断增大,分区开采得到普遍的应用,而分区开采的一些问题也日益凸显。大型露天煤矿分区开采方面已经有一些研究和讨论,与前人的研究相比,本文的特点及新颖之处主要有以下4点:1)以蒙东能源控股有限责任公司西二号露天煤矿为例,设计4种转向过渡方案并进行分析比较。2)采用露天矿SMCAD软件进行三维地质建模,将三维数字模型应用于露天煤矿的优化设计。采用交互式设计工作帮,模拟工程位置,实现模拟开采,更快速、更精确的计算工程量,并利用程序自动绘制V-P曲线,绘图迅速准确。3)以直角缓帮转向过渡方式为例对采区转向过渡方式选择、采区接续位置确定、接续期间开拓运输系统布置、接续期间工程量搭配等技术难点进行了详细而系统的论述。采用绘图设计、工程量的三维模拟计算和列表对比3种方式对采区接续位置进行确定,更详细、更具体、更具有说服力。4)对采区接续起始和结束位置的一系列开采参数进行精确计算,其结果以列表形式给出。

3 结论

1) 以西二号露天煤矿首采区转向过渡方案为例,结合4种典型转向过渡方式的优缺点和影响转向方式选择的主要因素,综合分析确定采用留沟内排直角缓帮转向过渡方式;针对直角缓帮转向过渡方式对采区接续位置确定、接续期间开拓运输系统布置以及采区接续期间工程量搭配(采煤量和剥离量)等关键问题进行了详细研究。

2) 当旧采区转入新采区开采时,应充分利用旧采区开采后期剥采比下降这一有利条件,在旧采区开采未结束之前的某一时刻就开始新采区的基建剥离。

3) 采用露天矿SMCAD软件进行三维地质建模,交互式设计工作帮,模拟工程位置,精确计算相应的工程量;提出了4种两个采区间的接续方案,揭示不同方案的工程量搭配(采煤量和剥离量)和过渡时间等变化规律,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。最终确定西二号露天煤矿首采区以17工程位置末开始转向接续,到21工程位置末接续结束。

参考文献(References)

- [1] 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.
- [2] 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 Fuxin Mining Institute: Natural Science, 1997, 16(1): 24-27.
- [3] 张防修. 大型露天煤矿采区转向过渡开拓运输系统的研究[J]. 露天采矿技术, 2007(6): 1-3.
Zhang Fangxiu. Research on block steering transition and development transport system in large surface coal mine[J]. Opencast Coal Mining Technology, 2007(6): 1-3.
- [4] 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.
- [5] 马进岩. 条区转向接续期间排土系统优化[J]. 露天采矿技术, 2002(6): 9-10.
Ma Jingyan. Dumping system optimization while strip zones converse direction during the continual period[J]. Opencast Coal Mining Technology, 2002(6): 9-10.
- [6] Liu G W, Bai R C, Zhao J C. Research on three-dimensional template driven simulation of open pit mining[C]. International Conference on Computer Application and System modeling, Taiyuan, China, October 22-24, 2010.
- [7] 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(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(9): 73-75.

- [8] 刘光伟, 白润才, 赵浩. 露天矿数字开采过程仿真及其应用[J]. 科技导报, 2011, 29(34): 41-44.

Liu Guangwei, Bai Runcai, Zhao Hao. Simulation of digital exploration process and its application in surface mine[J]. Science & Technology Review, 2011, 29(34): 41-44.

- [9] 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]. 露天采矿技术, 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.

- [10] 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, 403(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.

- [11] 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.

- [12] 王忠鑫, 刘家纯, 贺永军, 等. 红沙泉一号露天煤矿首采区及拉沟位置方案优化[J]. 露天采矿技术, 2012(1): 1-4.

Wang Zhongxin, Liu Jiachun, He Yongjun, et al. Optimization for the first mining area and pioneer cut position scheme in Hongshaguan No.1 opencast coal mine[J]. Opencast Coal Mining Technology, 2012(1): 1-4.

- [13] 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.

- [14] 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.

- [15] 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.

- [16] 中国煤炭建设协会. GB 50197—2005 煤炭工业露天矿设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2005.

China National Coal Construction Association. GB 50197—2005 Code for design of open pit mine of coal industry [S]. Beijing: China Planning Press, 2005.

(编辑 田恬)