

露天采矿机在厚煤层开采中的应用探析

徐明明

葛洲坝集团交通投资有限公司 湖北省 武汉市 430000

摘要: 我国经济正处于快速发展的重要时期,需要大量电力资源供应各行业生产,开采煤矿资源已经成为社会关注的重点话题。本文以露天采矿机为例,简单叙述新疆沙尔湖六号露天煤矿厚煤层开采条件,设计相应的开采方案,从煤矿开采能力、经济效益两个角度,详细分析露天采矿机在厚煤层开采中的具体应用,旨在为更多煤矿生产企业提供技术帮助,推动我国社会经济有序发展。

关键词: 露天采矿机;厚煤层;机械应用

前言: 根据国家统计局 (<https://data.stats.gov.cn/>) 数据统计,2021年我国原煤生产量为40.7亿吨,同比增长4.7%,进口煤矿为3.2亿吨,同比增长6.6%。我国各个行业正在快速发展,城市建设规模也在不断提升,企业生产与居民生活需要更多优质电力资源,煤矿资源的需求量会进一步提升,有必要对煤矿开采作业展开深层次研究。

1 厚煤层开采条件

新疆沙尔湖六号露天煤矿的含煤段为中侏罗统西山窑组(J2x),其中第一、第三岩性段不含可采煤层,煤层主要分布在第二岩性段,其岩性主要为滨湖相-泥炭沼泽相沉积的泥岩、砂质泥岩、粗砂岩、(含)炭质泥岩和煤层,煤层分布较集中,平均煤层厚度97.68m,西山组平均厚度289.80m,含煤系数为34%。露天区内共有编号煤层33层,编号从上往下依次为1-33,29煤层是矿区全区主要可采煤层,面积可采性指数为100%,属全区可采煤层,其资源量占本矿田资源总量的90%以上,煤层厚度1.72-204.17m,平均厚86.23m,变化系数为70.47%。煤层可采厚度在1.72-202.54m间,平均厚85.20m,煤层可采厚度变化系数为67.03%。煤层厚度呈规律性变化,总体东北部厚,向西、西南逐渐变薄。

该露天煤矿设计开采规模为20Mt/a,剥离非采掘作业平盘最小宽度为50m,装车作业平盘宽度为90m;采煤非采掘作业平盘最小宽度为45m,装车作业平盘宽度为80m。该露天煤矿的煤矿样品经检测,煤层抗压强度多在5~10MPa,其顶底板岩石强度多在5~30MPa,主要为软弱岩石,其次为较软弱岩石和极软弱岩石。

2 露天采矿机在厚煤层开采中的应用方案

2.1 开采条件分析

在该露天煤矿中,断层落差大多小于10m,即断层并不会对露天开采煤矿资源造成太大影响。而且,经过现场实地勘探后,也发现煤层没有过高的含矸率,可以使

用大规模开采方法进行煤矿生产作业。为设计更符合露天煤矿实际情况的开采方案,本文以29号煤层为例,收集其煤层厚度分布数据。在整理数据后发现,作为主采煤层的29号煤层,60%的煤层为厚度在40m~140m之间的特厚煤层,煤层平均厚度可达85m。

2.2 设计开采方案

为提升文章的参考价值,本文仅以29号煤层作为煤矿资源开采对象,其余煤层暂不考虑。因为该煤层拥有较高厚度,没有过高的含矸率,所以在进行煤矿资源开采作业时,可以省略大量繁琐作业内容,按照正常开采模式进行开采作业即可,在资源支出、生产效益均超过其他煤层,更符合露天煤矿生产需求。

2.2.1 露天采矿机调头方式

在进行露天煤矿生产作业中,露天采矿机是先开采一个条带后,进行原地调头,折返到相邻的条带进行开采,从而进行反复开采作业。为降低分析难度,先假设露天采矿机在原地调头后,仍在已开采完的条带上。在这种情况下,可以利用三段圆弧描述露天采矿机的转弯路线,圆弧和相应的圆心呈60°扇形。选择这种调头方式下,露天采矿机形式线路长度和半径为r的半圆圆弧长度相同。其中,r是露天采矿机转弯的半径,即调头需要形式 πr 长^[1]。

而在煤矿生产过程中,露天采矿机要完成本条带开采作业后,通过调头,移动到相邻的条带上,继续进行开采作业。想要实现这个目标,就需要在原地掉头仍在原本条带的调头路线设计基础上,在中间呈60°的扇形中,以行径切线,设置宽度为b的开采条带,完成移动到相邻条带的行驶目标。其中,b为一个条带的宽度。即露天采矿机调头至相邻条带,最佳行驶线路长度为 $\pi r + b$ ^[2]。

但是,露天采矿机在调头时,要在首部、尾部进行

两次折返,要将运动速度降低到0,再从0提升到常规行驶速度,重复两次,在一定程度上降低露天采矿机的运行连贯性,降低煤矿资源的生产效率。以不增加露天采矿机行驶行径长度为前置条件,使用弧形连贯的调头方法,可以有效提升露天采矿机的调头效率。其以移动到相邻条带的调头方法为基础,基本形状为逐渐缩小的椭圆形,外部与内部椭圆形存在b的宽度差距。相较于现在广泛使用的调头方法,弧形连贯调头方法可以有效降低露天采矿机的调头时间,而且在一半的调头线路中,可以减少b的行驶长度,让露天采矿机保持顺畅运行。

2.2.2 调头时间

在弧形连贯调头方法中,调头时间可以细分为两个部分:第一、折返调头时间。露天采矿机调头所需时间T(单位min)公式为:

$$T = 4 \times \sqrt{\frac{\pi r}{3a} + \frac{\pi r + b}{3v}} \quad (1)$$

其中,r是露天采矿机转弯所需半径,单位m;a是增减速所需的加速度,单位 $10\text{m}/\text{min}^2$;v是转弯时的速度,单位 $10\text{m}/\text{min}$;b是露天采矿机开采作业的条带宽带,单位m。

第二、弧形连贯调头时间。公式为:

$$T = \frac{\pi r + \left[\frac{1 + (-1)^n}{2} \times b \right]}{v} \quad (2)$$

其中,n是需要露天采矿机需要开采条带的序号,要求至少为2。

2.2.3 煤矿资源开采顺序

在露天采矿机开采作业中,是先完成第一个条带的开采目标后,折返调头,对相邻的条带进行开采作业。使用弧形连贯调头方法后,除第一个条带外,其他各个条带的开采顺序均出现不同程度的变化。露天采矿机先从起点(Q点)出发,对第一个条带进行开采作业,使用弧形连贯调头方式,在调头中需要行驶 $\pi r + b$ 的距离,移动到中间的第二个条带中进行开采作业;完成第二个条带开采作业后,继续使用弧形连贯调头方式,在调头中需要行驶 πr 的距离,移动到第一个条带相邻的第三个条带上,进行接下来的开采作业^[3]。露天采矿机的开采顺序如同逐渐向下的螺旋,保证该区域的厚煤层得到有效开采,有效避免煤层开采遗漏问题。

2.2.4 作业平盘参数选择

根据露天采矿机的调头方法,作业平盘参数进行一定程度的调整:

平盘宽度B可以用公式(3)计算:

$$B = 4r + 2b + S_1 + S_2 \quad (3)$$

其中,b是开采煤层条带宽度,单位m;r是露天采矿机的转弯半径,和b存在关系,即 $2r = nb$,n为自然数,单位m; S_1 是保障坡顶侧开采安全的宽度,单位m; S_2 是保障坡底侧开采安全的宽度,单位m。

工作线长度L可以用公式(4)计算:

$$L = L_0 + 2r + b + 2a_1 \quad (4)$$

其中, L_0 是有效工作线长度,单位m; a_1 是清扫平盘宽度,单位m。

2.3 方案研究成果

选择维特根4200SM型露天采矿机作为研究对象,开采煤层的条带宽度为4.2m,根据 $2r = nb$,n取值为7,转弯半径r为14.7m。通过详细计算,可知以往使用原地掉头,移动到相邻条带的调头方案需要6.6min的调头时间,使用已经优化处理的弧形连贯调头方案,调头时间在4.6min~5min之间,平均调头花费4.8min。露天采矿机在调头环节,时间成本被缩短27.3%,即调头效率提升27.3%^[4]。

3 开采方案应用效果

3.1 应用参数

对露天煤矿29号煤层详细分析,研究其煤层厚度、矸石分布情况,选择维特根4200SM型露天采矿机,配备载重为108t的自卸卡车,在坑中进行煤矿资源运输,运输到地面,自卸卡车将煤矿资源卸入受料仓,通过带式输送机运输到其他位置进行基础处理^[5]。露天采矿机开采煤层条带宽度设为 $b = 4.2\text{m}$,开采深度设在 $h = 1.75\text{m}$,露天采矿机的行驶速度为 $12\text{m}/\text{min}$,在转弯时要把速度调节为 $v = 10\text{m}/\text{min}$,转弯半径为 $r = 14.7\text{m}$ 。对于坡顶安全距离,设为 $S_1 = 3\text{m}$,对于坡底安全距离,设为 $S_2 = 4.8\text{m}$ 。根据以上参考,开采作业工作平盘宽度设为 $B = 85\text{m}$ 。

相较于单斗卡车工艺,工作平盘宽度从原来的45m调整到75m,以全煤层模式进行开采作业,台阶数量也从原本的3个减少至1个。取消掉2个宽度为25m的非工作平盘,台阶坡面角也从原本的 70° 调整为 47° 。在对露天采矿机开采作业进行优化后,采场空间和原本露天煤矿设计空间没有过大变化,不会对煤层内部空间造成太大负面影响。

3.2 开采能力

在分析该露天煤矿的实际生产条件后,将1.35km的暴露煤层划分为两个区域同步开采,从而缩短煤矿生产所需时间。每个区域的工作线长度为 $L = 650\text{m}$ 。现有数据为 $r = 14.7\text{m}$, $b = 4.2\text{m}$,选择 $a_1 = 8.2\text{m}$,即有效工作线为 $L_0 = 600\text{m}$ 。根据以上数据,可以用公式(5)计算维特

根4200SM露天采矿机的每小时开采能力 Q ，单位t:

$$Q = \frac{2 \times L_0 \times b \times h \times \gamma \times 60 \times \eta}{L_0 \div v + T_1 + T_2} \quad (5)$$

其中， h 是露天采矿机开采深度，取0.75 m； γ 是煤容重，选择 1.32t/m^3 ； T_1 是调头时间，在这里选择5min； η 是机手效率，拟采用75%； T_2 是开采所有条带所需的换车总时间，拥有 $T_2 = \frac{\tau \times L_0 \times b \times h \times \gamma}{w}$ 限制， τ 是一台卡车的换车时间，拟采用30s， w 是卡车的载重，即108t。

经过计算，维特根4200SM露天采矿机每小时开采能力为 $Q = 3788\text{t}$ 。以煤矿生产为准，每年工作330d，设置每天3班，2班负责生产、1班负责检修，每年生产能力可达2004万t。

3.3 经济效益

将维特根4200SM型露天采矿机应用到本文参考的露天矿煤层，开采成本涉及以下几个方面：第一、购置成本，包含设备总价、总折旧、年利息、工作小时等多项内容，综合计算购置成本为2353.96元/h；第二、运行成本，包含燃油、润滑、维修、道具消耗、机手工资等多项内容，综合计算运行成本为3672.59元/h；第三、每小时实际产量为1805t/h；第四、开采每吨煤矿资源需要花费3.34元/t。

露天采矿机对露天煤矿开采时，是从上至下逐步开采，拥有较为宽泛物料的硬度适应范围，根据物料硬度合理调节开采厚度。对于维特根4200SM型露天采矿机，实际开采厚度在0.1m~0.82m范围内^[6]。在本次煤矿生产中，切削厚度设为0.75m，界面振幅调节为 $\pm 3.5\text{cm}$ ，开采的煤矿产品粒度在30mm~80mm范围内。即应用维特根4200SM型露天采矿机，可以取代传统煤矿开采的多个工作环节，例如穿孔、爆破等，有效降低露天煤矿开采投资抽风，实现集约化高效生产。而且，也可以有效规避对煤层进行爆破时，因煤层震裂造成的自燃风险，减少滑坡安全隐患发生频率，有效简化厚煤层的生产管理程序。

在原开采设计中，拟采用单斗卡车采煤工艺，对厚煤层进行穿孔爆破作业，通过液压挖掘机进行装载，自

卸卡车将煤矿资源移动到地面的一次破碎站，经过破碎处理后，再通过带式输送机运输到储煤场，做二次破碎处理，最后对煤矿资源的类别进行分类，再进行分级储存。露天采矿机省略了单斗卡车工艺的2.92元/t的穿爆费；在采装费中，单斗卡车工艺需要2.62元/t，露天采矿机需要3.34元/t；在卡车运输费中，单斗卡车工艺和露天采矿机的费用相同，均为2.25元/t；在两级破碎与给料费用中，单斗卡车工艺需要0.96元/t，露天采矿机需要0.23元/t；合计每吨煤矿资源生产成本，单斗卡车工艺需要8.75元/t，露天采矿机需要5.82元/t。通过以上数据对比，可以发现使用露天采矿机，相比于单斗卡车工艺，可以在生产成本上节约2.93元/t，生产成本可以节约33.49%，有效提升厚煤层生产经济效益。

结论：

虽然本文对露天采矿机在厚煤层开采中的应用进行系统性分析，具有一定的参考价值，但是在实际应用时仍需要以煤层开采条件、开采设备类型，合理设计开采方案，让煤矿生产企业获得更高的生产效率，降低滑坡安全事故，为煤矿生产企业提供更高的经济效益，引导煤矿生产行业的可持续发展。

参考文献：

- [1]王勤平.露天采矿机在我国露天煤矿的应用[J].冶金与材料,2019,39(06):190.
- [2]高亚飞.结合预松动工艺的露天采矿机在建材矿山的应用[J].中国水泥,2019(10):113-114.
- [3]黄毅,张燕.露天采矿机在海外大型铝土矿开采中的选型[J].采矿技术,2021,21(02):155-157.
- [4]高智慧.煤矿综采技术在厚煤层开采中的应用[J].矿业装备,2021(06):90-91.
- [5]卞涛,陆浩.浅埋近距离厚煤层开采对上覆采空区影响规律[J].煤炭科学技术,2021,49(S2):40-45.
- [6]张平松,欧元超,孙斌杨,等.准格尔煤田特厚煤层开采底板破坏特征综合测试研究[J].煤田地质与勘探,2021,49(01):263-269.