

Low Carbon Benefit of Dragline Stripping System in Large Scale Open-Pit Mines

Hongze Zhao¹, Ruixin Zhang², Duojin Wu³, Hongliang Qin¹, Zhongwu Wang¹

¹ Dept. of Resources & Safety Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), cumb, Beijing, China

² Communication and Information Center, State Administration of Work Safety, Beijing, China

³ Inner Mongolia Datang International Xilinhaote Mining Co., LTD., Inner Mongolia, China

Email: hzzhao78@163.com, rxzhang@chinasafety.gov.cn

Abstract: Dragline Stripping System in open-pit mine is a high-efficient and low-carbon stripping system. For example of an open-pit coal mine using Dragline Stripping System earliest in china, the paper takes the comparison of shovel-truck system and dragline stripping system through calculating and analyzing statistical data in cost, investment, energy consumption and carbon emissions.. The results show that dragline stripping system and shovel-truck system have basically equal in investment, and have obvious advantages in cost, energy conservation and emission reduction.

Keywords: open-pit mine; dragline; low carbon; benefit

大型露天煤矿拉铲倒堆工艺低碳效益分析

赵红泽¹, 张瑞新^{1,2}, 吴多晋³, 覃红亮¹, 王忠武¹

¹ 中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院, 北京, 中国, 100083

² 国家安全生产监督管理总局通信信息中心, 北京, 中国, 100013

³ 大唐国际锡林浩特矿业有限公司, 内蒙古, 中国, 026000

Email: hzzhao78@163.com, rxzhang@chinasafety.gov.cn

摘要: 露天煤矿拉铲倒堆工艺是一种高效、低碳的露天开采工艺, 本文以国内最早使用拉铲倒堆工艺的某露天煤矿为例, 利用统计数据计算分析对比了单斗-卡车工艺与拉铲倒堆工艺在成本、投资、能耗、碳排放方面的优劣势, 结果表明拉铲工艺投资与单斗卡车工艺基本相当, 成本、节能减排方面具有明显优势。

关键词: 露天矿; 拉斗铲; 低碳; 效益

1 引言

拉铲(dragline, 也成拉斗铲、吊斗铲或索斗铲)^[1]倒堆开采工艺是一种高效、低碳的露天开采工艺。拉铲无运输倒堆剥离工艺与其他开采工艺相比, 具有一定的优势, 它实现了采装、运输和排土环节于一体, 将剥离物直接排弃至露天采空区内, 简化了露天煤矿开采过程, 具有占用设备数量少、剥离作业生产效率高、能源利用率高、生产成本低、生产能力大、生产可靠性高等显著优点^[2], 在国际露天矿山开发中, 得到比较广泛的应用^[3], 而我国对拉铲倒堆开采工艺的研究与应用还刚刚起步。

在我国已经或将要开发的13个适合露天开采的大型、特大型露天矿区中, 有相当一大部分煤田具有采



Figure 1. Sketch of dragline work

图1 拉斗铲倒堆作业示意图

用拉铲倒堆开采工艺的有利条件。由于拉铲属于巨型设备, 单台设备投资高达数亿元, 一般一个露天煤矿使用1~2台, 投入生产后, 能否达到高产高效、节能减

排的目的，是我们关注的焦点。因此，基于已经使用该工艺的露天矿统计资料为基础，计算分析该工艺的节能减排和投资效益方面的综合优势成为其他露天企业是否选择该工艺的重要参考依据。

2 低碳效益分析方法

伴随露天开采规模的扩大，当前世界上各类主流露天开采工艺系统在我国露天煤矿已经一一实现。通过对我国现已投入生产的霍林河南、伊敏河、安太堡、安家岭、元宝山、黑岱沟、胜利西一等七座大型现代化露天煤矿剥离开采工艺系统统计^[4]（见表1）可以看出，单斗-卡车占据了主要地位。因此通过与单斗-卡车工艺系统的比较分析，确定大型露天矿采用拉铲倒堆剥离工艺的成本与节能减排优势。具体方法如下：

1) 收集同一矿山近几年单斗-卡车系统和拉铲两种岩石剥离开采工艺系统的投资、生产基础数据：主要包括单斗卡车系统和拉铲工艺系统组成、年生产总能力、穿孔、爆破、采装、运输、排弃、主要辅助环节的工作量、直接成本单价、效率、生产作业组织形式、人员构成；主要设备投资、折旧计算、管理和辅助作业费用、管理费用等基础要素指标；

2) 进行抛掷爆破-拉铲无运输倒堆开采工艺剥离岩石系统的总体投资、生产成本和经济效益、节能减排的分析评价；

Table 1. The stripping technology adopted by seven large-scale surface mines in China

表 1. 七大露天煤矿剥离工艺系统

露天矿	剥离工艺系统
安太堡	单斗-卡车
安家岭	单斗-卡车
伊敏河	单斗-卡车
霍林河南	单斗-卡车-半固定破碎机
胜利西一	单斗-卡车
黑岱沟	轮斗（黄土）、拉铲倒堆和单斗-卡车（岩石）
元宝山	轮斗（黄土）、单斗-卡车-半固定破碎机（岩石）

3) 进行单斗-卡车工艺剥离岩石系统的总体投资、生产成本和经济效益、节能减排的分析评价；

4) 在同比条件下（如设备价格、运输距离、剥离物），对照两种开采工艺系统的主要技术经济指标：

系统生产能力、综合剥离单价、主要环节成本单价、安全生产状况、节能减排效果等，形成露天煤矿拉铲倒堆开采工艺系统低碳效益综合评价。

3 实例分析

某露天矿在我国率先采用抛掷爆破+拉铲无运输倒堆开采工艺对煤层上覆 38~42m 厚岩层进行倒堆剥离，该矿拉斗铲自 2007 年 11 月投入使用以来，已累计作业 8270 小时，完成了 3738 万 m³ 的剥离量，经过两年多的运行作业，运行良好，在实践中积累了丰富经验。

该露天矿可采煤层为 6 号复煤层，生产工艺自上而下是：

- 1) 上部黄土采用轮斗挖掘机—胶带输送机—排土机的连续开采工艺；
- 2) 下部黄土及上部岩石采用单斗-卡车间断开采工艺；
- 3) 下部岩石采用抛掷爆破-拉铲倒堆开采工艺；
- 4) 煤层采用单斗-卡车-地面破碎站-胶带输送机半连续开采工艺。

3.1 成本分析

采用生产费用要素核算法，对该露天矿拉铲倒堆剥离岩石系统和单斗-卡车剥离岩石系统进行分析对比。在两组系统中，分为穿孔、爆破、采装、运输、排土四个环节：

1) 统计各设备在拉斗铲投入使用后的生产能力和工作量：钻机进尺、电铲及前装机剥离量、松动爆破及抛掷爆破的煤、岩量、运输设备的运输量和运距；

2) 计算分析各个设备的各项生产成本和费用如：折旧费用、人工成本（工资、福利费、社会保险及其他）大型材料、电费、油费、水费、炸药、火工品、轮胎、配件、油脂、工器具、劳保用品及其他费用。

3) 计算各环节单位成本及综合单位生产成本。

4) 考虑单斗-卡车工艺统计指标中实际运距相对于拉铲工艺开采台阶的岩石剥离本身存在运输距离增大而造成费用增大和单斗-卡车工艺系统包括了岩石及部分土的剥离而造成费用减少，对单位成本进行修正。

通过对拉斗铲倒堆工艺成本数据的统计计算，可以看出穿爆、倒堆成本占总成本比例分别为 54%、46%，原因是穿孔爆破环节中，抛掷爆破消耗大量的

炸药及火工品，其比例占了穿爆环节总费用的 84%左右。

另外，通过对单斗-卡车工艺系统成本数据的统计计算，可以看出穿孔、采装、运输、排土及辅助环节平均成本所占总成本的比例分别是 21.24%、20.63%、45.98%、12.13%，其中运输环节费用占到了总费用的一半，主要是由于运输土岩时，卡车消耗的柴油和轮胎占了相当大的一部分比例，其次是采装环节由于电铲作业所消耗的电和设备折旧等费用消耗。

同时，通过对两套系统的成本比较，拉斗铲倒堆系统较单斗-卡车系统节省 3.72 元/m³，拉斗铲倒堆系统平均年岩石剥离总量 2380.5337 万 m³，年节省费用约 8855.585 万元。

3.2 投资分析

1) 拉斗铲倒堆系统设备包括：

- 进行无运输倒堆作业的拉斗铲；
- 对拉斗铲台阶抛掷爆破后进行整平压实的 D475 推土机、D11T 推土机和 D10N 履带推土机；
- 抛掷爆破过程中所需的钻机设备：DM-H2 钻机和 1190E 钻机；
- 为拉斗铲刷帮的电铲：PH2800 电铲。

2) 单斗-卡车系统的主要设备包括：

- 进行松动爆破穿孔的 DM-H 钻机；
- 进行采装作业的 35m³ 电铲；
- 进行运输作业的 MM4400 型自卸卡车；
- 进行排土和辅助作业的各种型号的推土机、平路机、洒水车等设备。

经过统计计算，虽然拉斗铲的投资较高，但是从整个拉斗铲系统与较单斗—卡车工艺系统的设备总投资额来比较，设备投资仅多 1250.65 万元。但是对于单斗-卡车工艺来说需要构筑安全护堤，运输道路整治工程及辅助维修工程等。拉斗铲辅助设施相对简单，投资较低。因此可以得出两种工艺投资基本相当。

3.3 能耗分析

为了评价拉斗铲倒堆开采工艺的节能效果，对近两年拉斗铲开采工艺系统的能耗进行了统计，统计结果见表 2。从表 2 可以看出拉斗铲倒堆开采工艺年平均能耗(穿爆+倒堆)为 2.147tce/10⁴m³。

Table2. Energy consumption of dragline stripping system

表 2 拉斗铲开采工艺系统能耗统计表

工艺环节	电/(kW.h)	柴油/kg	当量能耗 /tce	单位标准能耗/ (tce/10 ⁴ m ³)
穿爆	11890808.57 2	8330.710	1474.707	0.333
倒堆	42973060	2300944.01 1	8638.162	1.814

Table3. Energy consumption of shovel-truck system in same position

表 3 单斗—卡车开采工艺同位置能耗计算表

项目	年耗电量 / kw. h	年耗油量 /kg	当量能耗 /tce	单位标准能耗/ (tce) /10 ⁴ m ³)
穿孔设备	2238000		275.274	0.116
采装设备	18000000		2214	0.93
运输设备		5622336	8191.74	3.441
辅助设备		1577033.6	2297.74	0.965
合计		7199369.6	12978.76	5.452

为了进行同等条件下对比，对拉斗铲完成剥离工程相同位置采用单斗卡车工艺系统完成所消耗的能耗进行了计算，其计算结果见表 3，其单位能耗为 5.452 tce/10⁴m³

从上述的计算比较可知采用拉斗铲倒堆开采工艺由于减少了大量运输设备的燃油消耗，较传统的单斗卡车开采工艺能耗节省 2.54 倍，其能耗较单斗卡车开采工艺低 60.6%。

3.4 环保效益分析

单斗-卡车工艺系统中，由于大量的剥离物需要运输排弃到排土场，大吨级的卡车运输成为露天矿山使用比较多的一种运输工具。卡车在运行中排出大量的废气，其中包含温室气体二氧化碳、多种有害气体及黑烟，废气中的主要有害成分为一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物、二氧化硫、铅化合物等，这对矿山环境和矿山生产人员的健康都造成了一定的损害^[5]。抛掷爆破—拉铲倒堆工艺的应用，实现了以电代油，减少了耗油卡车的使用数量，从而降低了汽车尾气等有害气体的排放，减少了扬尘，使得矿山的环境得到了改善，节能减排的效果明显，具有一定环保意义，成为依靠科技和先进工艺提高生产力，促进环境保护的典

范。

4 结论

拉铲倒堆开采工艺由于将采掘、运输和排土三个露天开采主要工序环节集于一身，减少了大量的土岩运输，而运输费用在单斗-卡车工艺成本中所占比例大约 50%，因此降低了生产成本，并且节约了能源，减少了二氧化碳排放，是一种高效、低碳开采工艺。因此，在开采技术条件适合的露天矿山，优先选用拉斗铲倒堆开采工艺，是提高露天矿山社会、经济效益和实现节能减排的一条重要途径。

References (参考文献)

- [1] Mei Xiaoren, Optimum Study on Dragline Stripping System in Surface Coalmines[D], *China University of Mining & Technology, Beijing*, 2005(Ch).
梅晓仁, 露天煤矿拉铲倒堆开采工艺优化研究[D], 中国矿业大学(北京), 2005.
- [2] Li Kemin, Ma Jun, Zhang Youdi, Open Cast Method and Its Application Prospect in Surface Mines in China[J], *Coal Engineering*, 2005, (10):P46-48 (Ch).
李克民, 马军, 张幼蒂, 等. 拉斗铲倒堆剥离工艺及在我国应用前景[J]. *煤炭工程*, 2005, (10):46-48.
- [3] Zhang Youdi, Li Kemin, Shang Tao, Open Cast Method and Its Application Prospect in Surface Mines in China --Technical paper series for open cast method in surface mines [J], *Journal of China University of Mining & Technology*, 2002, 31(4): P331-334.(Ch).
张幼蒂, 李克民, 尚涛, 等. 露天矿倒堆剥离工艺的发展及其应用前景——露天矿倒堆剥离开采方法系列论文之一[J]. *中国矿业大学学报*, 2002, 31(4): 331-334.
- [4] Yu Rushou, Zhang Ruixin, Wang Baoting, Optimum Theory and Practice in Surface Mining [M], *China Coal Industry Publishing House*, 2005 (Ch).
于汝绶, 张瑞新, 王宝庭, 等. 露天采矿优化理论与实践[M], 煤炭工业出版社, 2005.
- [5] Zhang Ruixin, Wang Zhongqiang, Wu Duojin, Analysis on Bench Safety and Stability of Dragline Operation in Surface Coal Mine [J], *Coal Science and Technology*, 2010, 38(6): P1-5 (Ch).
张瑞新, 王忠强, 吴多晋, 等. 露天煤矿拉斗铲作业台阶安全稳定性研究[J]. *煤炭科学技术*. 2010, 38(6): 1-5.