

露天矿牙轮钻机智能清灰除渣技术与装备

马连成¹, 钟浩¹, 陆占国¹, 杨兴月¹, 沈友硕¹, 孙效玉², 王仁炎²

(1. 鞍钢矿业集团 齐大山铁矿, 辽宁 鞍山 114000; 2. 东北大学 智慧矿山研究中心, 辽宁 沈阳 110819)

[摘要] 针对钻机钻后人工清理岩渣存在的工作量大、劳动强度大、粉尘危害大等问题, 本文提出了六爪式、独立小车式、倒渣桶式三种清灰除渣技术, 分别论述了三种方式的总体技术方案、系统组成、工作原理与优缺点, 研发了相关设备, 进行了实验室试验与现场实验, 通过优化对比最终采用倒渣桶方案。经现场使用证明效果良好, 对提高钻孔作业智能化技术水平与工作效率, 具有重要意义。

[关键词] 露天矿; 牙轮钻机; 清灰除渣; 智能除渣; 倒渣桶

[中图分类号] TD804 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2023)05-0005-05

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2023.05.002

0 引言

露天矿牙轮钻机利用轴向压力将牙轮钻头的合金齿侵入岩石, 回转时带动钻头旋转滚动, 合金齿对岩石碾压剥离切削, 进而破碎岩石形成岩孔^[1]。岩石破碎后所产生的岩渣成粉末状或者细小颗粒, 空压机将压缩空气通过钻杆中心送到孔底, 从牙轮钻头吹出, 对孔底岩渣进行吹扫。吹扫的岩渣及粉末通过压缩空气沿钻杆与成孔的孔壁间隙吹出成孔外, 回落在成孔周围; 随着钻孔深度的增加, 孔口堆积的岩渣粉末增高, 在孔口周围形成一个不稳定的岩渣堆。当钻机完成钻孔任务、提钻移开后, 需要工人用工具将孔口岩渣扒开, 以免不稳定岩渣堆回落到孔内, 达不到设计成孔深度, 进而影响装药和爆破。通常, 每个成孔周边会形成几立方米的岩渣, 人工清理岩渣的工作量和劳动强度较大, 且存在粉尘职业健康危害。

粉尘处理多年来一直是钻机应用需要解决的技术难题, 国内外这方面进行了大量研究, 但主要集中在

在减少粉尘的环境污染与职业健康保护方面, 提出了干式、湿式、机械、震动、超声波等多种技术方案, 取得了良好效果^[2-8], 但对钻后智能清灰除渣研究极少。

为此, 结合齐大山铁矿钻机智能化项目的实施, 提出了以下三种清灰除渣方案。

1 六爪清灰扒渣方案

1.1 总体技术方案

研发六爪式清灰扒渣装置^[9], 该装置通过安装基座与钻机机身进行固定连接, 系统安装如图 1 所示。其基本工作原理如下所述。

1) 扒渣装置随钻机移动而移动。

2) 钻机穿孔后, 向前移动钻机, 使扒渣机构的灰爪圆中心与钻孔中心重合, 操作机构动作进行排渣。

3) 扒渣完毕, 提起扒渣装置, 使其不影响钻机正常行走与作业。

1.2 系统组成

扒渣机构系统组成如图 2 所示, 由安装座、臂架、俯仰油缸、转位油缸、清灰机构、清灰驱动油缸、清灰爪、锥堵排沟杆等部分组成。

1.3 清灰扒渣工作原理

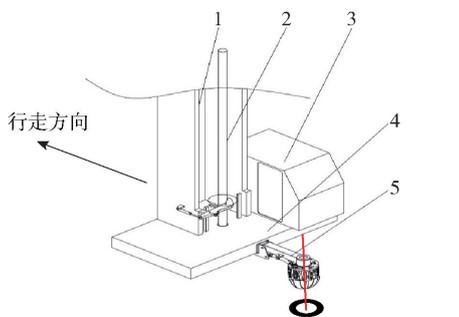
1) 通过清灰驱动油缸驱动清灰爪, 使得清灰爪绕铰点运动, 推动孔口周边岩渣向四周排开, 在清灰爪打开过程中, 各清灰爪之间产生空隙, 有空隙的地方岩渣停留在原处, 当一次清灰完毕后, 收拢清灰

[收稿日期] 2023-09-26

[第一作者] 马连成(1970—), 男, 辽宁鞍山人, 高级工程师, 主要从事矿山智能化与信息化研发与管理工作, 现任鞍钢矿业集团齐大山铁矿首席工程师。E-mail: mlchln@126.com

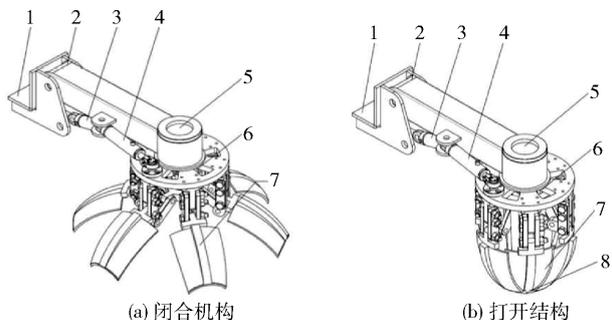
[基金项目] 国家重点研发计划资助项目(2016YFC0801608)

[引用格式] 马连成, 钟浩, 陆占国, 等. 露天矿牙轮钻机智能清灰除渣技术与装备[J]. 有色设备, 2023, 37(5): 5-9.



1. 钻机主塔;2. 钻杆;3. 司机室;4. 钻机平台;5. 扒渣装置

图 1 六爪扒渣装置安装示意图



1. 安装座;2. 臂架;3. 俯仰油缸;4. 转位油缸;5. 清灰机构;6. 清灰驱动油缸;7. 清灰爪;8. 锥堵排沟杆

图 2 六爪扒渣装置立体示意图

爪,转位油缸驱动清灰机构转动一个角度(六瓣清灰爪转动 15°),进行第二次清理,达到孔口岩渣全部清理离开孔口。

2)孔口周边岩渣清理好之后,通过俯仰油缸上抬臂架,使锥堵排沟杆离开孔口,钻机移动一个孔的距离时重新放下清灰机构,使锥堵排沟杆接触地面,这时继续移动钻机,锥堵排沟杆拖动挤开岩渣,在排开的岩渣堆之间形成一条排水沟。

3)最后,收拢清灰爪,俯仰油缸驱动臂架,带动清灰机构上扬,整个牙轮钻机孔口清理装置高于岩渣堆,使得牙轮钻机在移动过程中不会刮到清理过的岩渣,避免带入孔内。

1.4 系统特点

该系统的优点:①清灰机构的清灰爪转动范围大,可以对堆积在孔口周围的岩渣有效扒开远离孔口,扒开的不稳定岩渣不再落入孔内;②转位油缸驱动的清灰机构转动角度可根据最佳效果进行限位,全面包围清灰爪打开过程中的间隙范围,在二次清理时既实现快速定位,又达到全面清理的效果;③钻机行走过程形成排水沟。

该系统的缺点:①扒渣机构重量与体积偏大,装配时需充分考虑钻机是否能承受此机构重(1.3 t)及大架倒下时整机高度增高 1 m 左右;②除渣时需移机对正孔位,远程操作复杂;③成本偏高。

2 独立小车清灰扒渣方案

2.1 总体技术方案

系统由移动小车与扒渣头两部分组成。其中移动小车由 2 t 液压挖掘机改造而成,只将其挖斗更换为扒渣头,并对控制系统进行相应改造,从而实现两者的集成应用,完成扒渣机的行走、臂的动作、扒渣的动作等功能。该独立的扒渣机可以集中处理扒渣任务,一台扒渣机可以服务相邻几台牙轮钻机。

2.2 系统组成

2.2.1 挖掘机

控制定制的 2 t 挖掘机整机,如图 3 所示。



图 3 改造后挖掘机

2.2.2 扒渣头

扒渣头为扒渣机的直接作业核心部件,包括连接架焊接、排渣斗安装支架焊件、排渣斗焊件、中心堵头、斗齿、回转接头(中空式)、分流集流阀、抓斗油缸、回转马达、回转支承。其操作为通过臂架和斗杆的动作,使扒渣头对准需要清理的炮孔,放下中心堵头将孔堵住后,张开排渣斗进行清理孔口集渣,通过支架的回转来清理不同方向的集渣。扒渣头设计图如图 4 所示。

2.3 清灰扒渣工作原理

1)堵孔:通过控制臂架和斗杆,使扒渣头对准孔,堵住成孔中心。

2)扒渣:斗齿通过油缸伸缩,清理孔口周边灰渣。

3)回转:回转马达动作,更换扒渣方向,实现周边全清理。

4)清沟:周边清理完后,夹住中心堵头,拖出排

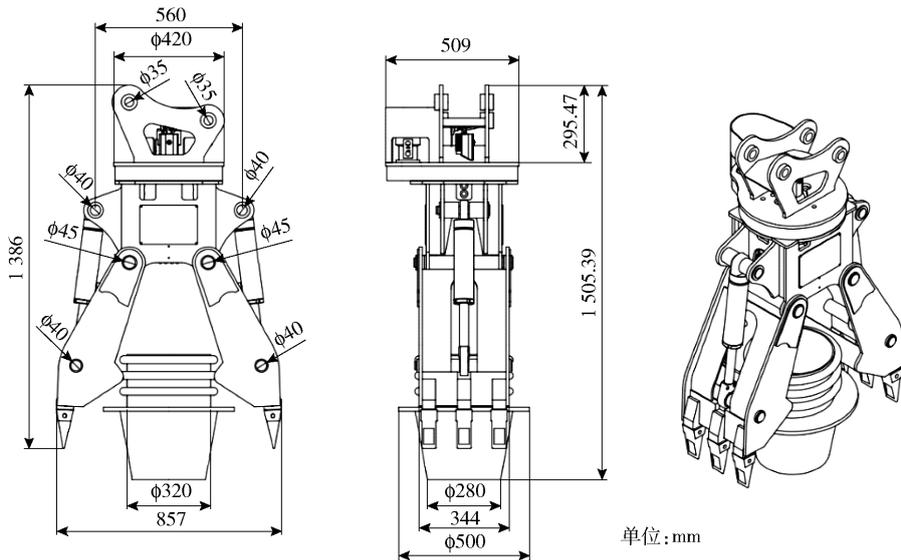


图4 扒渣头设计图

水沟。

2.4 系统特点

该系统的优点：①一台小车可处理邻近2~3台钻机排渣任务，实现集中处理；②清灰爪转动范围大，可以对堆积在孔口周围的岩渣有效扒开远离孔口，扒开的不稳定岩渣不再落入孔内；③可有效形成排水沟。

该系统的缺点：①与钻机完全分离的独立系统，开发运营维护成本高；②与钻孔全流程操作分离，连续性程度低；③远程控制需要额外单独开发一套控制系统，开发难度大。

3 倒渣桶清灰扒渣方案

3.1 总体技术方案

研发伞形倒渣桶及相应的控制机构，其中伞形倒渣桶如图5所示。该倒渣桶安装在钻机回转平台的底部，钻机工作过程中钻杆从伞形中间穿过，其基本工作原理如下所述。

1) 倒渣桶及相应的控制机构随钻机移动而移动。

2) 钻机穿孔前，通过控制机构控制伞形倒渣桶护住孔口。

3) 钻机作业过程产生的岩渣排到伞形外部堆积。

4) 钻机作业完成后，先提起钻杆，然后通过控制机构提起伞形倒渣桶，形成孔口清渣形状，如图6所示。其中倒渣桶凸起的三个棱柱形成三条排

水沟。



图5 伞形扒渣桶



图6 孔口清渣形状

3.2 系统组成

系统主要由伞形倒渣桶与相应的控制机构组成，其中伞形倒渣桶安装在旋转平台底部，如图7(a)所示；控制机构由滑轮与钢丝绳组成，可以

安装在钻机的顶部或上部,如图 7(b)所示。



图 7 系统组成图

3.3 清灰扒渣工作原理

通过电动葫芦带动卷扬钢丝绳,在导向轮的作用下,启动、下落、提升钻孔平台下的导渣桶。

1) 钻孔前护孔:钻机穿孔前,落下伞形倒渣桶,使其护住孔口。

2) 钻孔时排渣:钻孔过程中,将产生的岩渣排到伞形倒渣桶外部,进行堆积。

3) 钻后除渣:钻孔作业完成后,首先提起钻杆,然后提起伞形倒渣桶,形成孔口清渣形状与排水沟。

扒渣提供车载和远程双控模式,在车载模式下,设置提升和下降开关,控制导渣桶的动作;在远程模式下,导渣桶的控制接入钻机远控系统,通过中控室

发送启动、下落指令。

3.4 系统特点

该系统的优点:①成本低;②无需移机对孔,操作简单,动作单一;③排渣与排水沟随提钻同步完成,时效高。其缺点在于装配时钢丝绳拉紧,需装配人员注意各个导向轮安装位置及距离。

4 清灰扒渣方案优选与应用

4.1 方案优选

在多次技术交流、方案设计、装备研发改造、实验室实验、现场试验基础上,经过优化对比,最终确定采用倒渣桶方案。

表 1 扒渣方案对比表

方案	优点	缺点
六爪方案	与钻机一体,易实现统一智能控制 钻机行走过程形成排水沟	成本偏高 机构重,体积大,需考虑钻机承受能力 需移机对正孔位
独立小车方案	设备独立,可服务邻近多台钻机排渣任务 可有效形成排水沟	成本高 操作动作复杂 额外研制自主控制系统
倒渣桶方案	成本低 无需移机对孔,操作简单 排渣与排水沟随提钻同步完成,时效高	装配时需调整好钢丝绳松紧度 排水沟不能有效调整

4.2 现场应用

齐大山矿在两台智能化改造的牙轮钻机上安装了倒渣桶,在实现了自动寻孔、自动调平、自动钻进、自动提钻基础上,进一步实现了钻后自动除渣,提高了钻孔作业的智能化技术水平与工作效率,经夏季几个月的不断改进、完善,应用效果良好。现场安装

如图 8 所示。

5 结论

1) 钻孔全流程智能化是智能化矿山建设的重要发展方向,在自动寻孔、自动调平、自动钻进、自动提钻基础上进一步实现钻后自动除渣功能,对提高



图8 倒渣桶现场安装图

钻孔作业的智能化技术水平与工作效率,具有重要意义。

2)设计了六爪式、独立小车式、倒渣桶式三种排渣方案,三种方案各有优缺点,倒渣桶式方案经济实惠、简单实用。

3)经过现场夏季应用证明,倒渣桶方案应用效果良好;冬季使用时是否存在冻粘现象,如何优化倒渣桶的高度半径比及有效解决冻粘问题,是后续进一步研究内容。

[参考文献]

- [1] 柳翰羽. 牙轮钻机关键问题的研究[D]. 沈阳:东北大学,2012.
- [2] 吕秀梅,姜鹏,宋海涛. 潜孔钻机除尘系统的研究[J]. 露天采矿技术, 2022, 37(2): 113 - 115 + 118.

- [3] 吕秀梅. 露天矿钻机脉冲滤筒除尘器清灰装置[J]. 露天采矿技术, 2023, 38(2): 122 - 125.
- [4] 齐玉俊. 安家岭露天矿牙轮钻机干式除尘系统改造方案[J]. 露天采矿技术, 2021, 36(6): 100 - 102.
- [5] 谭广斌. 牙轮钻机极寒工况下的湿式除尘系统设计[J]. 煤矿机械, 2022, 43(3): 16 - 17.
- [6] 赵海强. 露天矿钻机干式除尘系统的日常管理与维护[J]. 世界有色金属, 2019(4): 46 - 48.
- [7] 赵建国,李国强,赵亮. KY-310B型牙轮钻机湿式除尘系统改进[J]. 包钢科技, 2014, 40(6): 86 - 87 + 91.
- [8] 李义仁. 关于牙轮钻机除尘系统的研究探讨[J]. 内蒙古煤炭经济, 2013(9): 74 - 75 + 106.
- [9] 徐连生,解治宇,马连成,等. 一种牙轮钻机孔口清理装置及其使用方法[P]. 辽宁省: CN114718469A, 2022-07-08.

Intelligent Ash and Slag Removal Technology and Equipment for Open-pit Rotary Drill

MA Liancheng, ZHONG Hao, LU Zhanguo, YANG Xingyue, SHEN Youshuo, SUN Xiaoyu, WANG Renyan

Abstract: In response to the problems of heavy workload, high labor intensity, and high dust hazard in manual cleaning of rock debris after drilling, this article proposes three ash and slag removal schemes: six claw type, independent trolley type, and slag bucket type. The overall technical scheme, system composition, working principle, advantages and disadvantages of these three methods are discussed, and relevant equipment is developed. Laboratory and on-site experiments are conducted, By optimizing and comparing, the final solution is to use a slag pouring bucket. The on-site use has shown good results, which is of great significance for improving the intelligent technical level and work efficiency of drilling operations.

Key words: open pit mines; rotary drill; ash and slag removal; intelligent slag removal; slag dumping bucket

