

引用格式:葛正斌,史铭,王瑛,等.基于锚杆、长锚索孔作业的凿岩台车推进梁改造[J].有色设备,2025,39(1):86-91.
GE Zhengbin, SHI Ming, WANG Ying, et al. Rock drilling trolley based on anchor rod and long anchor cable hole operation promotes beam reconstruction[J]. Nonferrous Metallurgical Equipment, 2025, 39(1): 86-91.

基于锚杆、长锚索孔作业的凿岩台车推进梁改造

葛正斌¹, 史 铭¹, 王 瑛², 高启波¹, 李明瑞¹

(1. 金川集团工程建设有限公司 矿山工程分公司, 甘肃 金昌 737100;
2. 金川镍钴研究设计院, 甘肃 金昌 737100)

[摘 要] 针对凿岩台车在井下巷道掘进过程中只能施工平行于巷道的掌子眼,无法施工垂直于巷道的支护眼及长锚索深孔的问题,本文对凿岩台车推进梁进行改造,实现施工长锚索深孔时钎杆连接功能。改造后的 Axera6-240 凿岩台车推进梁总长度不大于 4.3 m,凿岩孔深 2.4 m,能够完成凿岩台车一、二次支护凿岩作业。同时,对 Axera6-240 凿岩台车及阿特拉斯 H282 凿岩台车推进梁加装夹钎器,进一步实现了长锚索深孔凿岩作业,扩展了凿岩台车的作业范围,提高了设备利用率,此次改造实现了以短钎杆连接形式进行不同深度长锚索支护凿岩作业的要求,为长锚索支护工艺提供了技术保障。

[关键词] 巷道掘进; 凿岩台车; 推进梁; 夹钎器; 长锚索; 支护工艺

[中图分类号] TD421.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8884(2025)01-0086-06

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2025.01.012

0 前言

目前,金川矿山采用瑞典山特维克 Axera6-240 及阿特拉斯 H282 凿岩台车进行井下凿岩作业^[1],然而,由于台车凿岩作业受到施工巷道断面尺寸的限制,仅能进行水平掘进凿岩作业。此外,巷道一、二次支护的侧帮、顶部锚杆眼受凿岩台车推进梁长度的限制无法作业,且巷道掘进和支护是一个交替穿插施工的过程,台车利用率尚未得到充分体现,而支护施工效率直接影响巷道掘进工程的整体进度。因此,充分发挥机械设备效率、进行机械化作业已成为巷道施工未来的显著趋势^[2]。同时,随着长锚索支护技术在井下的应用,原台车不具备长锚索深孔钎杆连接作业功能,为扩展台车掘进施工性能,扩大其作业范围并提升利用率,需对凿岩台车进行改造。

张俊等^[3]针对凿岩台车推进梁及其配套加长钎杆进行了深入研究,通过增加钎孔深度,有效提升了掘进循环进尺,进而显著提高了掘进及采矿效率。胡卫平^[4]通过对一种三臂凿岩台车推进梁上的顶盘结构进行设计改造,提高了凿岩台车施钻时超欠

挖控制的精度。以上 2 种方案通过设备改造提高了矿山采掘效率和断面成型的精度控制,但并未能解决巷道支护眼施工以及长锚索孔施工的问题,本文通过对凿岩台车推进梁的设计改造可实现多类孔作业,从而有效解决巷道两帮及顶部锚杆眼无法施工的问题。

1 金川矿山凿岩台车应用现状

Axera6-240 双臂凿岩台车最大转弯半径 6.7 m,掘进使用的钎杆规格为标配 3.7 m^[5]。台车大臂推进梁长度 5.3 m,施工的巷道一次支护凿岩作业断面尺寸为 4.8 m×4.6 m(宽×高),二次支护凿岩作业巷道断面为 4.6 m×4.4 m(宽×高),掘进爆破凿岩孔深为 2~2.5 m,锚杆支护孔深 2.25 m。由于台车推进梁长度过长,因此只能施工平行于巷道的掌子眼,无法施工垂直于巷道的支护眼。

长锚索支护作为深孔凿岩作业的一种,属于典型的主动支护方式,其实施质量和效率对于矿山整体生产安全与运行稳定至关重要^[6]。目前,金川采用 YGZ-90 等凿岩机^[7-8]施工锚索钻孔时,存在凿

[收稿日期] 2024-09-02

[第一作者] 葛正斌(1992—),男,甘肃永登人,工程师,硕士,主要从事矿山设备管理及科研管理等工作。

孔效率低下的问题,难以适应快速掘进的施工要求。若使用凿岩台车施工,则一次推进深度为 3.2 m,而长锚索施工根据不同孔深,要求锚索长度为 4 m、6 m、8 m,甚至存在更深孔凿岩作业的需求。因此,对台车在凿岩作业中实现钎杆的连接提出了更高的要求,而原台车设计尚未具备此项功能。

2 凿岩台车推进梁的设计与改造

2.1 山特维克 Axera6-240 凿岩台车设备改造

2.1.1 推进梁的改造

原台车推进梁总长 5.3 m,包括梁、橡胶缓冲器、夹钎器、后安装板等^[9]。受推进梁长度的影响,现场无法施工垂直于巷道的支护眼。因此,需对推进梁长度进行改造。为确保推进梁总长度控制在 4.3 m 以内,采取从推进梁前端截短的方式,除去橡胶缓冲块、夹钎器、后安装板以及螺栓的尺寸后,推进梁净尺寸设计为 4.07 m。

在推进梁前端加装夹钎器,该装置通过液压驱动系统控制抓爪的夹紧与张开,以实现钎杆的快速、便捷连接^[10]。根据钎杆外径的不同或抓块产生磨损时,夹钎器抓块可更换。更换抓块时,要确保抓爪不会自动合拢或抓爪中心偏离钻孔中心。采用调整垫片定位固定抓爪,当延长套位于抓爪中心时,使夹钎器关闭,并检查抓爪中心与钻孔中心的直线度。如果使用的钎具尺寸外径加大,须拆除固定抓爪块后的安装薄板,并重新安装于壳体外侧;如果使用的钎具尺寸外径减小,则须将壳体外侧的安装薄板恢复至固定抓爪块后侧。夹钎器结构如图 1 所示。

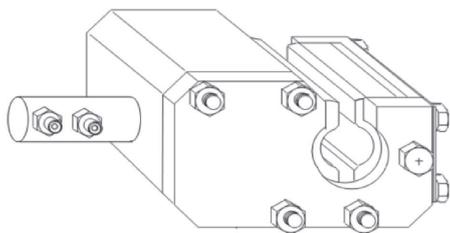


图 1 夹钎器结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the drill rod clamp structure

2.1.2 推进油缸的改造

1) 活塞杆改造。改造后的推进梁各项参数接近山特维克 AXERA D05 推进梁的性能,以 D05 油缸作为参考,对活塞杆进行了针对性改造。改造后

的推进梁活塞杆长度为 2.32 m,对改造部位进行热处理,以确保其满足使用要求。

2) 缸筒改造。根据改造要求,实际凿岩孔深不小于 2.35 m,以 2.4 m 作为改造后的目标尺寸,油缸的实际行程需达到 1.22 m。为确保对原始功能不做较大改动,同时能施工更深的长锚索孔,对推进油缸缸筒作保守处理,将缸筒的长度设计为 2.34 m。

2.1.3 液压控制系统的改造

在台车操作台控制集成阀上并联 1 组换向阀,以实现夹钎器的操控。为确保夹钎器工作的稳定性和可控性,进一步配置了液压锁阀 A 和控制阀 B,构建了完善的液压控制系统,其示意图如图 2 所示。

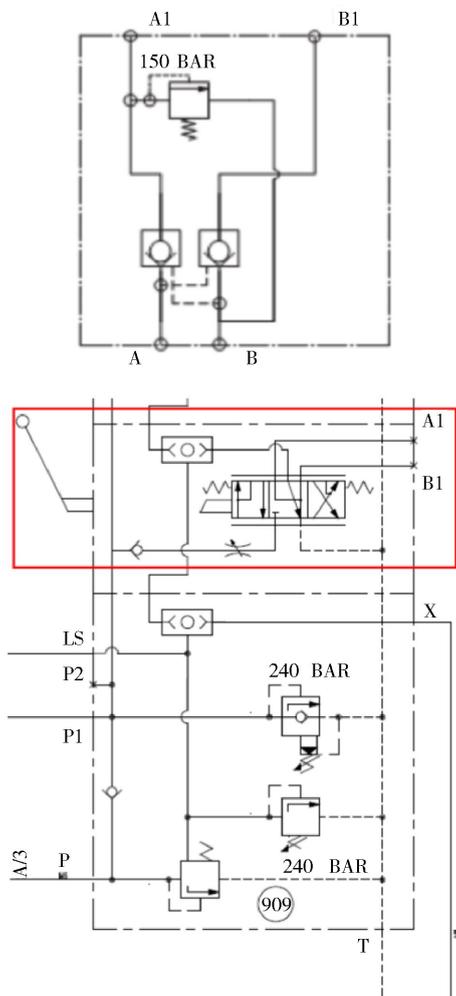


图 2 液压控制系统

Fig. 2 Hydraulic control system

2.1.4 钎具的改造

推进梁改造后,所采用的钎具均为非标件。使用进口件不仅价格高昂,且供货周期较长,难以满足

现场施工的时效性要求。经过现场测绘试验,对钎具进行改造,目前钎具均已国产化,其掘进性能达到进口的 80%,而价格仅为进口的 70%,实现了经济效益与技术性能的双重提升。

钎杆型号为 R38-R32,其中第 1 根长度为 2 660 mm(一端 R32 连接钎头,一端 R38 连接钎杆),第 2 根及后加钎杆长度为 2 220 mm。钎头型号为 $\phi 51-R32$ 、 $\phi 57-R32$,连接套型号为 R32-R32,采用连接套实现 2 根钎杆的连接,并通过夹具实现接杆、卸杆等功能,确保了施工过程的便捷性和高效性。

2.2 阿特拉斯 H282 凿岩台车长锚索孔作业设备改造

2.2.1 长锚索孔施工工艺

凿岩工艺流程:①第一段孔凿岩时,采取常规凿岩作业模式,直至首段孔凿岩完成;②第二段孔凿岩时,当长度为 2 660 mm 的钎杆达到孔底后,用夹钎器牢固夹持钎尾联接套。反转凿岩机,使凿岩机的钎尾从钎尾连接套卸下;③将连接套和 2 220 mm 的钎杆组装至凿岩机钎尾,继续第 2 根钎杆的凿岩,直至达到预设的目标孔深。

卸钎杆工艺流程:①将已凿入孔底的钎杆退出,直至露出第 1 根与第 2 根钎杆之间连接的钎尾连接套;②利用夹钎器将钎尾连接器夹住,随后反向旋转凿岩机,使第 2 根钎杆自夹住的钎尾连接套中卸下,并将该钎杆自凿岩机连接的钎尾连接套中卸下;③控制凿岩机前进,旋入夹钎器夹住的钎尾连接套并旋紧,随后松开夹钎器,再操作凿岩机及连接的钎尾连接套和第 1 根钎杆后退,直至完成退钎。

2.2.2 台车机械臂的改造

以阿特拉斯 H282 凿岩台车为基础改造台车,实现长锚索孔的施工工艺^[11]。为此,必须在台车端部安装配套的夹具,具体施工工艺如下。①在台车大臂前端安装 1 个夹具,确保其与台车结构兼容且稳固。②当第 1 根钎杆(长 2.2 m)完成凿岩后,操作工操作该夹具,将第 1 根钎杆的连接套或者钎尾夹住。将凿岩机下移,再安装第 2 根钎杆,确保其端部与第 1 根钎杆的钎尾或者连接套连接,同时其下部与凿岩机连接。以此类推,完成第 3 根、第 4 根钎杆的接杆凿孔,确保每根钎杆的连接牢固、无误。③当凿孔工作完成后,后退凿岩机及钎杆,直至最靠近

凿岩机的钎杆的钎尾露出孔外。用夹具夹住该根钎杆的钎尾或连接套,卸下该钎杆。然后将凿岩机上移,与最靠近凿岩机的第 2 根钎杆连接,松开夹具,再退出该钎杆。重复上述步骤,直至全部钎杆卸载,完成该孔的施工作业。

改造后的台车机械臂整体结构主要由集线盘、推进梁、扶钎器、端板、夹具、橡胶垫片等主要部件构成(图 3),确保了长锚索孔施工的高效、精准进行。

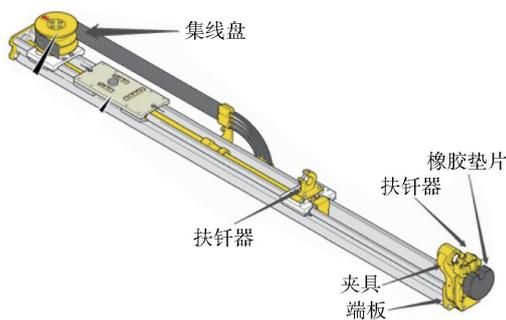


图 3 台车机械臂安装长锚索夹具整体结构示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the overall structure for installing long anchor cables on the mechanical arm of the trolley

2.2.3 夹具的安装及控制

夹具通过端板固定于推进梁上,端板同时提供液压油通道,与台车端板相连接的主要部件包括管路、手控阀、回油集成块、压力油集成块、推进梁、夹具、扶钎器、连接板、橡胶垫片等,其安装顺序如图 4 所示。

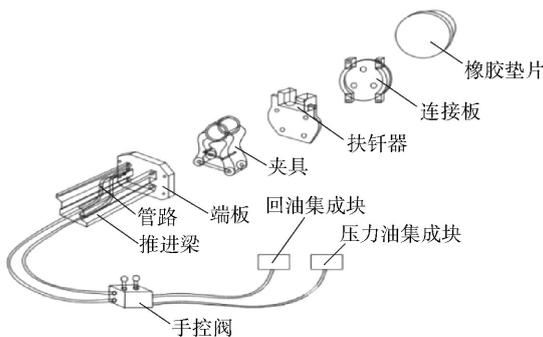


图 4 相关零件安装顺序示意

Fig. 4 Schematic diagram of the installation sequence for related components

液压控制系统:输送、回收液压油,为夹具有效钳制钎杆提供动力,实现夹具的夹制、松开等操作,该管路通过驾驶室操作台上安装的手控阀与台车液压系统相连,确保了液压控制的精准与高效^[12]。

2.2.4 钎杆的改造

1) 方案一：采用连接套方案。

该方案类似于山特维克 Axera6-240 凿岩台车的连接方式,其特点是采用连接套实现 2 根钎杆的连接,并通过夹具实现接杆、卸杆等功能,如图 5 所示。钎尾连接套(不变径),型号为 R38,钎尾连接套(变径),型号为 R38/R32。钎头选用 $\phi 64$ mm 的钎头,钎头规格为 D64 mm/R32 型,也可以选用 $\phi 51$ mm 以上最大不超过 $\phi 64$ mm 的钎头。钎杆一般选用 2 根长度不同的钎杆,分别为长 3.7 m、规格为 D32/R38/R32/L = 3700 的钎杆和长 3.1 m、规格为 D32/R38/R32/L = 3100 的钎杆。凿岩及退钎方式与山特维克 Axera6-240 凿岩台车类似^[13-15]。

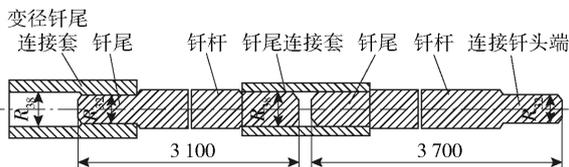


图 5 2 根钎杆的连接示意

Fig. 5 Schematic diagram of the connection between two drill rods

分析上述工艺,具有如下优势。①钎杆匹配性强:井下广泛采用 R38 连接套,因此施工该种长锚索孔的方法配套的钎杆选择性强,现场所用钎杆易于匹配。②钎尾兼容性好:常规凿岩机钎尾普遍采用 R38,无需更换钎尾,降低了施工成本和操作复杂性。③夹紧稳定性高:相较于快速钎杆,本工艺所用的钎尾连接套长度一般为 160 mm,较短的设计使得夹钎器能够更稳固地夹紧钎尾连接套。

同时,该工艺具有诸多局限性。①连接套结构复杂:需使用专用的钎尾连接套,其结构相对复杂。②能量传递效率较低:从能量传递效率的角度考量,本工艺能量传递效率稍低。③空间适应性受限:在掘进巷道断面尺寸较小的情况下,由于钎杆长度较大,台车大臂可能难以摆至最佳位置,限制了工艺的应用范围^[16]。

2) 方案二:采用快速钎杆方案。

该方案结构简洁,无需 2 根钎杆之间的连接套,钎杆本身自带公、母端,连接较为方便。快速钎杆结构(图 6),型号为 D32/L = 2200。凿岩机采用 R32 的钎尾,不同于前述连接套采用 R38 钎尾。钎头选

择保持一致,仍采用 $\phi 64$ mm 的钎头,规格为 D64 mm/R32 型。

在第 1 段孔凿岩时,凿岩台车钎尾配 R32 的钎尾,按常规凿孔方式完成。当 2.2 m 的钎杆打入孔底后,用夹钎器将快速钎杆的母端夹住,随后反转凿岩机,使凿岩机的钎尾从钎杆尾端卸下,而后再接 1 根 2.2 m 的快速钎杆装到凿岩机钎尾,继续第 2 根钎杆以及第 3 根钎杆的凿岩,直至目标孔深。

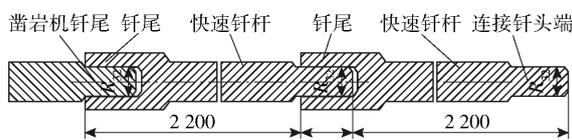


图 6 2 根钎杆的连接示意

Fig. 6 Schematic diagram of the connection between two drill rods

卸钎杆工艺流程如下。①将已凿入孔底的钎杆逐步退出,直至第 1 根与第 2 根钎杆之间的钎尾母扣处。②利用夹钎器对钎尾母扣进行稳固夹持,反向旋转凿岩机,使第 2 根钎杆从夹持的钎尾母扣中卸下,并进一步从凿岩机连接的钎尾连接套中卸下。③凿岩机前进,旋入夹钎器夹住的钎尾母扣并旋紧,随后松开夹钎器。凿岩机连同连接的钎尾和第 1 根钎杆一并后退,完成退钎操作。

相较于方案一,该方案有如下优势:①两根钎杆之间直接连接,结构简单;②能量传递效率较高;③两根钎杆之间只有一个连接点,卸钎杆操作相对简单。局限性:①钎杆匹配性较差:需使用专用钎杆;②钎尾兼容性较差:常规凿岩机钎尾普遍采用 R38,需更换 R32 的钎尾。

2.2.5 现场工业试验及结论

1) 用上述 2 种方法分别开展现场工业试验,发现采用连接套方式时,2 根钎杆之间以及钎杆与钎尾之间存在多处可旋转的连接点,导致在施工环节,特别是卸钎操作时,操作人员难以从预定位置准确卸下钎杆与连接套、钎杆与钎尾,从而显著增加了卸钎杆的难度。

快速钎杆方式与方案试验结果表明,采用快速钎杆的连接方式在现场工业试验中达到了预期效果,最终确定采用快速钎杆的连接方式作为优选方案。快速钎杆关键技术参数如表 1 所示。

2) Axera6-240 双臂凿岩台车原推进梁总长度为 5.3 m,经改造后,推进梁总长度不大于 4.3 m。

表 1 长锚索凿孔快速钎杆的关键技术参数

Table 1 Key technical parameters of the rapid drill rod for long anchor cable drilling

名称	规格	备注
钎头	D51/R32	钎头可采用 D51 ~ D64 mm 之内的尺寸,建议采用 D51
钎杆	R32/L = 2200	钎杆采用公母口,公扣外径 R32,母扣内径 R32;螺纹长度 60 ~ 70 mm,杆体为六方形,杆体对边长 32 mm
变径连接套	R38/R32	凿岩机钎尾建议采用 R32,可不用连接头,若凿岩机钎尾为 R38,则需要 1 个变径连接套,规格为 R38/R32

该改造确保了凿岩台车在执行一、二次支护凿岩作业时,能够实现凿岩孔深 2.4 m,从而满足掘进凿岩爆破孔深要求。

3) 推进梁加装钎杆夹钎器,实现长锚索深孔凿岩支护作业。利用台车进行一、二次支护施工,凿岩效率是手持凿岩机的 5 倍(手持凿岩机单孔凿岩需 5 ~ 10 min,台车单孔凿岩需 1 ~ 2 min),台车在整个掘进工程利用率方面提高了 2 倍,可满足以短杆连接形式进行不同深度的长锚索支护凿岩的要求,为新支护工艺的使用提供设备技术保障。通过制作专用连接套后可以完成溜井疏通、20 m 深孔等特殊工艺施工。

4) 金川目前采用 YGZ-90 等凿岩机施工锚索钻孔,其效率较为低下。相比 YGZ-90 凿岩机凿 6 m 深的长锚索孔,单孔凿岩效率为 60 ~ 120 min/孔。采用掘进台车改造后,单孔凿岩效率提升至 15 ~ 20 min/孔,施工效率提高了 4 ~ 6 倍,有效解决了 YGZ-90 凿岩机施工效率低下的问题。将凿岩台车作业长锚索孔技术应用于金川矿区井下,验证了凿岩台车改造后可代替锚索台车施工长锚索孔的可行性。

3 结语

针对凿岩台车在井下作业中功能局限性及施工效率问题,本文深入研究了设备改造技术以拓展其性能和使用范围。通过采用加装钎杆夹钎器、优化推进梁结构等创新技术路线,证明了所述改造方案在提升凿岩效率及适应多样化作业场景方面的可行性与有效性。

本研究过程中,系统分析了改造后的凿岩台车关键技术参数,包括推进梁长度、钎杆连接方式等,并通过现场工业试验验证了数据的可靠性与实用性。优化后的技术参数显著提升了单孔凿岩效率,

达到了 4 ~ 6 倍的提升效果,为井下高效施工提供了有力支持。

此外,改装后的凿岩台车成功应用于金川矿区井下,实现了巷道侧帮、顶部支护孔及长锚索新工艺支护凿岩的高效施工,验证了其在实际生产中的广泛应用潜力。尽管当前设备仍受限于规格尺寸及作业范围,无法满足大硐室及小断面长锚索孔的施工需求,但本研究为后续锚杆钻机及潜孔钻机的试验研究奠定了基础。

[参考文献]

- [1] 高永伟. H282 台车凿岩机推进系统主要故障浅析[J]. 凿岩机械气动工具, 2011(2): 61 - 63.
- [2] 朱琴生. 三臂凿岩台车施工技术在青岛胶州湾海底隧道中的应用研究[J]. 隧道建设, 2010, 30(6): 670 - 674.
- [3] 张俊, 江春杰, 王红心. 加长钎杆长度增大台车巷道掘进循环进尺试验与应用[J]. 有色金属(矿山部分), 2018, 70(1): 96 - 100.
- [4] 胡卫平. 一种三臂凿岩台车推进梁上顶盘的改造[J]. 隧道建设(中英文), 2017, 37(11): 1488 - 1491.
- [5] 邓柯, 董宏娃. 浅析凿岩台车在溜井堵塞处理中的应用[J]. 中国科技博览, 2013(33): 314 - 315.
- [6] 高天宇. 中锚索支护工艺研究与应用[J]. 世界有色金属, 2019(12): 288 - 289.
- [7] 鹿志新, 李叶林, 周志鸿. 我国液压凿岩机产品发展现状与建议[J]. 凿岩机械气动工具, 2013(3): 1 - 6.
- [8] 刘忠, 张凯, 陈佳. 液压凿岩机的发展研究现状分析[J]. 建筑机械, 2013(15): 67 - 70, 10.
- [9] 江书勇. 基于 ANSYS 的凿岩钻车推进梁的动力学分析与结构改进[J]. 矿山机械, 2011, 39(9): 12 - 16.
- [10] 李杨. 凿岩台车夹钎器结构的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [11] 胡铭, 董鑫业. 阿特拉斯公司凿岩钻车与液压凿岩机介绍[J]. 凿岩机械气动工具, 2011(3): 46 - 60.
- [12] 高雅. 凿岩台车机械臂液压控制系统的设计[D]. 西安: 西安工业大学, 2018.
- [13] 张海胜, 张宝金, 翟建波, 等. 眼前山铁矿中深孔凿岩台

- 车远程遥控系统应用研究[J]. 有色设备, 2023, 37(4):26-30,36.
- [14] 孙达仑,李万鹏. 智能中深孔全液压凿岩台车 CAN 总线控制系统[J]. 矿业研究与开发, 2016, 36(9):69-71.
- [15] 刘广彪,赵志. 烧结机台车加工用组合机床的设计[J]. 有色矿冶, 2012, 28(3):56-57,61.
- [16] 刘威,赵金元,邓显俊. XMPYT-60 地下撬毛台车的研制[J]. 有色设备, 2022, 36(1):28-32.

Rock drilling trolley based on anchor rod and long anchor cable hole operation promotes beam reconstruction

GE Zhengbin¹, SHI Ming¹, WANG Ying², GAO Qibo¹, LI Mingrui¹

(1. Jinchuan Group Engineering Construction Co., Ltd. Mining Engineering Branch, Jinchang 737100, China;

2. Jinchuan Nickel & Cobalt Research and Engineering Institute, Jinchang 737100, China)

Abstract: Addressing the issue of rock drilling jumbos being limited to drilling parallel to the tunnel face and unable to drill vertically for support holes and long anchor deep holes during underground tunneling, this paper presents a modification to the drilling jumbo's propulsion beam to enable rod connection functionality for long anchor deep hole drilling. The modified Axera6-240 drilling jumbo features a propulsion beam with a total length not exceeding 4.3 and a drilling depth of 2.4 m, capable of completing primary and secondary support drilling operations. Additionally, both the Axera6-240 and Atlas H282 drilling jumbos have been equipped with rod clamping devices on their propulsion beams, further enabling long anchor deep hole drilling, expanding the operational range of the drilling jumbos, and enhancing equipment utilization. This modification fulfills the requirement for long anchor support drilling at various depths using a short rod connection method, providing a technical guarantee for the long anchor support process.

Keywords: tunnel excavation; rock drilling jumbo; propulsion beam; rod clamping device; long anchor; support process

