

岩巷综掘大坡度快速掘进技术实践

张耀宗

禹州枣园煤业有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i3.14386

[摘要] 近年来,我国矿井开采深度逐渐增加,大坡度岩巷综掘面临设备移动困难、巷道积水、运输效率低及围岩支护难题。枣园煤业在东翼泄水巷上山施工中,针对23°坡度远超综掘机18°额定爬坡能力的现状,通过底板铺设工字钢加方木增强摩擦力、优化排水系统及创新“掘-支-锚-运”工艺,突破技术瓶颈,实现单月进尺142米,为类似工程提供了实践参考。

[关键词] 岩巷综掘; 大坡度; 快速掘进

中图分类号: TU94+2 **文献标识码:** A

Practice of Large Slope Rapid Excavation Technology in Rock Lane Comprehensive Excavation

Yaozong Zhang

Yuzhou Zaoyuan Coal Industry Co., Ltd.

[Abstract] In recent years, the mining depth of mines in China has gradually increased, and the comprehensive excavation of steep rock tunnels faces difficulties in equipment movement, water accumulation in tunnels, low transportation efficiency, and surrounding rock support. During the construction of Zaoyuan Coal Industry in the East Wing Drainage Lane, in response to the current situation where the 23° slope far exceeds the rated climbing capacity of the comprehensive excavator at 18°, the company broke through the technical bottleneck by laying I-beams and square timber on the bottom plate to enhance friction, optimizing the drainage system, and innovating the "excavation support anchor transportation" process, achieving a monthly footage of 142 meters, providing practical reference for similar projects.

[Key words] rock tunnel comprehensive excavation; Large slope; rapid excavation

前言

针对大坡度上山巷道综掘设备掘进时面临的移动困难、巷道积水、运输困难,围岩支护效率低等难题,枣园煤业根据自身生产需要,通过采取底板使用工字钢加方木提升综掘机履带与底板摩擦力,以及采用巷道安全运输与快速支护技术,有力保障了综掘设备在大坡度上山作业中的安全,综掘机在其额定爬坡能力范围内正常运作,成功实现了岩巷大倾角上山的综掘掘进。实践表明,该技术方案突破了综掘机最大爬坡能力18°的限制,减轻了工人劳动强度,降低了掘进成本,提高了掘进单进水平,达成了安全快速掘进的目标。

随着矿井采掘接替安排,东翼泄水巷上山的构建显得至关重要。针对工期紧张、任务繁重的状况,在施工过程中克服了大倾角掘进与提升困难以及平行作业难等不利因素,研究得出一种较科学的快速掘进技术,制定了一套大倾角岩巷上山快速掘进工艺流程,通过“掘-支-锚-运”作业实现了巷道高效、快速掘进的关键。经过2024年6月至8月实践探索,东翼泄水巷上山在7月份实现了单

月进尺142m的佳绩,为下一步24采区井筒延伸奠定了基础。

1 工程概况

东翼泄水巷上山设计长度244m,巷道设计坡度23°,该巷道用于对白庙矿矿井水的疏放(后期作为运输巷),使24031工作面回采过程中不受临近矿井白庙煤矿矿井水的威胁。巷道层位布置在L₈顶界面至L₁₀灰岩之间掘进。该区域地质条件复杂,岩石硬度高,且存在水文地质问题,为巷道掘进带来较大挑战。基于此,施工团队在开工前详细分析了该区域的地质资料,为后续制定施工方案提供了依据。同时,鉴于工期紧张、任务繁重,需及时采取有效技术措施来提高掘进效率^[1]。

2 支护设计

东翼泄水巷上山断面形状为半圆拱形,净宽5m,净高3.6m,净断面12.3m²。永久支护采用锚网索支护,掘进坡度21~24°。锚杆:选用Φ22mm左旋螺纹钢高强预应力锚杆,长度为2400mm。锚杆间、排距:锚杆间距700mm,锚杆排距700mm。锚索规格:Φ21.8×8300mm。

锚索布置方式及间、排距：顶板完好时按“3-0-3”方式布置单体锚索加强支护，锚索间距1800mm，排距1400mm，沿巷道中线及中线两侧1800mm各打设一个；顶板破碎时，按“3-3-3”方式布置单体锚索加强支护，锚索间距1800mm，排距700mm，沿巷道中线及中线两侧1800mm各打设一根。这种支护设计，可根据顶板的不同情况灵活调整，进而确保巷道的稳定性。在支护施工过程中，还需严格遵循设计要求，确保锚杆与锚索的安装质量，从而保障支护效果。此外，施工单位应加强对支护结构的监测，有助于及时发现并处理可能出现的问题，避免影响施工进度与质量。

3 综掘机配套设备参数

EBZ280 (D) 掘进机可实现连续切割、装载、运输作业的功能，其主要技术参数表，如表1所示。该机最大定位截割断面可达28m²，经济截割岩石硬度90MPa，最大截割岩石硬度110MPa，爬坡能力-25° ~18°。

该综掘机的参数，虽能满足东翼泄水巷上山的掘进要求，但是因巷道坡度较大，已经远远超出了其额定的爬坡能力。因此，需采取针对性较强的应对措施来解决爬坡问题。在设备投入使用前，施工单位操作人员进行了专业培训，使其能够熟悉设备性能及操作方法，以此确保设备正常运行。同时，还需加强设备的维护保养，定期检查维修，及时更换磨损零部件，以保障设备的可靠性^[2]。

表1 掘进机主要技术参数表

序号	名称	单位	参数
1	总体长度	mm	11884
2	总体宽度	mm	3760
3	机身高度	mm	2120
4	截割回转半径	mm	5557
5	铲板回转半径	mm	3203
6	履带宽度	mm	850
7	行走宽度	mm	3110
8	履带接地长度	mm	3504
9	截割高度	mm	5500
10	截割宽度	mm	6500
11	截割面积	m ²	28
12	铲板抬起高度	mm	693
13	铲板卧底深度	mm	385
14	后支撑卧底深度	mm	347
15	截割卧底深度	mm	231
16	爬坡能力	°	-25° ~18°

4 机械化辅助运输

斜巷采用风动绞车搭配单轨吊运输方式，大大提高了巷道运输能力，降低了工人劳动强度。在巷道中部安装了一台风动绞车配合单轨吊运送，随着巷道掘进向上前移，实现支护材料跟至综掘机后方，减少斜巷运输占用时间及供料劳动强度，保证材料供应及时。这种运输方式具有较高的效率和安全性，在运输过程中，应严格遵循相关操作规程，确保运输安全。同时，还需加大运输设备的维护保养力度，定期检查、维修风动绞车和单轨吊，以

此保障设备的正常运行。此外，依据施工进度，科学合理地制定运输计划，及时调整运输设备位置，以此确保材料的及时供应。

5 施工工艺

采用“三八”制循环作业，零点班为支护、喷浆班，其余两班为掘进班。施工时先切割巷道底部，然后截割巷道中部，最后切割巷道四周，修整成巷。切割巷道中部时，采用左右循环向上的切割方法，左右两侧剩余500mm。对有部分露头硬岩时，首先切割其周围部分，使其坠落，硬岩截割深度不超过220mm，禁止将整个截割头钻进岩壁进行截割作业。截割硬岩时，应将截割部处于水平 and 机器中心位置进行钻进，截割头扩窝后再继续进行钻进。

在对施工工序进行改进过程中，需要保证综掘机上山施工进、退机正常。整体施工过程中要建立循环退机机制，需要对底板位置可能存在的破坏隐患进行处理，避免综掘机出现严重下陷，出现触底问题。另外，要解决运输角度过大这一问题，避免退机困难问题出现，避免反复出现退机问题，挤压淤泥，保证清理工作执行到位。

EBZ280D掘进机爬坡能力为-25° ~18°，当巷道坡度大于18° 时掘进机容易下滑，爬不上去，究其原因有两个：①综掘机履带直接走在底板岩石上时，因为履带和底板都比较硬而且较光滑，所以在坡度较大时，由于履带和底板之间的摩擦力就较小，这是导致综掘机下滑的一个主要因素。②在巷道上山坡度较大时，综掘机倾斜角度就较大，综掘机自身重力向下的分力也就较大，而这个分力是导致综掘机下滑的一个重要因素。所以，解决综掘机自身的倾斜度是解决综掘机大坡度上山的又一个关键问题^[3]。

6 实施方案及实施过程

在巷道局部地点施工时由于底板积水会出现综掘机下滑现象，为防止综掘机下滑矿并采取了以下措施：

(1) 收水排水。①有流水的锚索安装套管向后引水；②顶板散水搭设雨棚引至帮部水沟；③迎面墙截割后挖沟引水；④在综掘机左后侧挖泵窝，将帮部、迎面墙散水收集，安装水泵排水；⑤在综掘机后另挖泵坑截水。以上排水措施，可有效排除巷道中的积水，降低底板的湿滑度，保障综掘机的安全运行。在方案实施过程中，应安排专人负责排水工作，且做好排水设备的定期检查、维护工作，从而确保排水效果。

(2) 底板防滑。掘进期间将工字钢铺设在履带底部，间距1根/米，并用高强锚杆固定在底板，每根工字钢上侧铺设方木，减少履带与工字钢摩擦接触。工字钢长1.3m，每根设3个孔眼，高强锚杆长1.5m。铺设的工字钢梁必须统一在一个坡度面。这种底板防滑措施，能有效提升综掘机履带与底板之间的摩擦力，进而防止综掘机下滑。此外，在铺设工字钢和方木时，应严格按照设计要求施工，确保铺设质量和坡度的一致性。

(3) 调整施工方式。工作面截割时，优先截割两帮一次到位，截割期间采取慢割快出，铲板不能压死造成频繁退机，综掘机截割后尽可能少退或者短距离后退，减少对底板的反复碾压，造成底板软化。通过优化施工方式，能有效减少对底板的破坏，从而

增强底板稳定性,为综掘机运行提供了良好条件。在施工过程中,施工单位还需强化操作人员的培训管理,确保其能熟练掌握相关技术要领,保障施工方式正确执行。

(4)加强检修,每班机修工对综掘机履带、驱动、油管、油位等进行检查,杜绝综掘机因自身问题造成爬坡力下降。强化设备检修可及时发现并排除设备故障,保障设备的正常运行,在检修时,机修工应严格依照检修的规程操作,尽量降低人为操作失误的几率,由此确保检修质量。

(5)坡度一致,规范腰线管理,保持坡度一致。规范腰线管理可确保巷道坡度一致,防止因坡度不均而导致的综掘机爬坡困难,例如在煤层倾角变化区域,若腰线偏差超过 $\pm 50\text{mm}$,可能导致设备牵引力不足或刮板输送机卡链故障。还需安排专业人员负责腰线测量与管理,可采用激光指向仪与全站仪双重校验,每掘进50米复核一次腰线坐标,对软岩地层等特殊区段加密至20米复核一次,进而保障腰线准确性。

(6)由于掘进机爬坡困难,为了避免设备重复爬坡,在巷道施工期间,保证将迎头巷道断面一次切割成巷,避免设备频繁前进、后退。通过优化施工方案,减少综掘机爬坡次数,能显著降低设备磨损和能耗,有效提升施工效率。施工部门应严格把控施工质量,确保迎头巷道断面切割质量符合标准,采用三维激光扫描设备实时监测断面轮廓,对超挖、欠挖量控制在 $\pm 100\text{mm}$ 范围内,每循环施工后对比设计图纸进行误差分析,以此建立质量追溯台账。

7 建立激励机制

矿井建立了绩效考核机制,采用周评比周兑现、月评比月奖励。通过对表现优异的班组给予奖励,激发职工工作积极性。这种激励机制,能够充分激发职工的工作积极性与主动性,提升其工作效率和质量。在实施过程中,应严格依据绩效考核标准开展评比、奖励工作,从而确保激励机制的公平性与有效性。

8 技术创新点

8.1 底板防滑技术创新

提出了一种工字钢与方木组合的底板防滑方案,通过高强锚杆将工字钢固定,构建稳定的防滑基础,再利用方木填充综掘机履带与工字钢间的间隙,能显著提升摩擦力。该方案突破了传统单一防滑措施的局限性,较适用于大坡度岩巷复杂地质条件。实践表明,该创新技术能使综掘机在 23° 坡度下稳定运行,超越设备额定爬坡能力^[4]。

8.2 排水系统优化设计

构建了“截、引、排”三位一体的排水体系,针对锚索流水、顶板散水和迎头墙积水等不同水源,分别采用套管引水、雨棚导水和泵窝集水等措施,进而确保巷道底板无积水。该设计有效解决了大坡度巷道排水难题,避免了底板因积水软化而导致的设备下陷风险,为快速掘进创造良好的作业环境。

8.3 施工工艺协同优化

提出“先帮后中、慢割少退”的施工准则,将截割顺序、退机机制与底板保护有机结合。在截割硬岩时,采用特定的钻进方式,能够避免截割头过度磨损。同时,建立了循环退机机制,有效保护底板完整性,进而提升综掘机的运行稳定性和施工效率。

8.4 运输与支护一体化技术

项目采用了风动绞车搭配单轨吊的运输方式,实现了支护材料与掘进面的同步前移,有效缩短了材料运输时间。在此基础上,根据顶板条件动态调整锚索支护参数,还构建了“掘一支一锚一运”的高效协同作业模式。该模式能使支护与掘进工作紧密衔接,进一步减少了工序之间的等待时间,从而提高了整体施工效率。

9 结语

枣园煤业通过实施岩巷大坡度综掘快速掘进技术,不仅突破了综掘机爬坡能力的技术瓶颈,还显著提高了掘进效率与安全性。这一成功实践依赖于科学的设备选型、优化的支护设计、高效的施工工艺以及完善的激励机制,共同构成了项目成功的关键因素。

[参考文献]

- [1]孟亚周,申华,胡志飞.大倾角下山岩巷快速掘进技术在丰阳煤矿的实践应用[J].山西煤炭,2020,40(03):29-32.
- [2]宋瑞峰.大坡度下山硬岩快速掘进技术研究应用报告[J].内蒙古煤炭经济,2020,(03):167-168.
- [3]董兵,张建强,何鑫,等.米村煤矿大坡度岩巷快速掘进技术探索与实践[J].中国高新技术企业,2014,(30):138-139.
- [4]宋明明.矿井大断面岩巷综掘快速掘进技术研究[J].矿业装备,2024(9):10-12.

作者简介:

张耀宗(1990--),男,汉族,河南禹州人,中专,助理工程师,从事煤矿技术研究。