

# 岩石巷道安全快速掘进技术探析

李亚泉

平煤神马建工集团矿山建设工程有限公司建井一处 河南 平顶山 467000

**摘要:**在现代矿业工程与地下基础设施建设中,岩石巷道掘进是不可或缺的关键环节。本文聚焦于岩石巷道安全快速掘进技术,首先概述岩石巷道掘进技术,涵盖钻爆法、掘进机法等多种方式,并阐述其分类与特点。深入剖析掘进过程中的安全挑战,包括地质构造、设备性能、施工隐患及安全管理体系等方面。详细介绍关键技术如支护与破岩技术等要点。进而提出岩石巷道安全快速掘进的优化策略,涉及施工组织优化、设备配套与维护以及信息化技术应用等内容,旨在为岩石巷道掘进工程提供全面技术参考,提高掘进效率与安全性,推动相关领域技术发展与实践进步。

**关键词:** 岩石巷道; 安全快速; 掘进技术; 探析

引言:在矿山开采、地下工程建设等众多领域,岩石巷道掘进是极为关键的基础工程。随着工程建设需求的不断增长与技术的持续进步,对岩石巷道安全快速掘进提出了更高要求。一方面,地质条件的复杂性给掘进作业带来诸多困难与安全风险,如褶皱、断层等地质构造易引发围岩不稳定。另一方面,传统掘进技术在效率与安全性方面存在一定局限。因此,深入研究岩石巷道掘进技术,探讨其安全挑战并寻求优化策略,对于保障工程顺利进行、提高经济效益与降低事故发生率具有举足轻重的意义。

## 1 岩石巷道掘进技术概述

### 1.1 岩石巷道掘进的基本概念

岩石巷道掘进是在山体、地下矿山等岩石环境中开拓通道的施工活动。其目的在于构建起可供人员通行、物资运输、通风排水以及后续开采或其他工程作业的空间架构。这一过程需要精准地依据设计要求,在坚硬的岩石介质中进行定向挖掘。它不仅要克服岩石的高强度与高硬度所带来的破岩难题,还需充分考虑巷道的坡度、断面形状与尺寸等几何参数,以满足不同工程用途的功能性需求,例如在煤矿巷道中要保障通风顺畅和煤炭运输高效,在交通隧道中要符合车辆行驶的空间与线形标准等。

### 1.2 掘进技术的分类与特点

岩石巷道掘进技术主要分为钻爆法、掘进机法与盾构法。钻爆法通过钻孔、装填炸药爆破岩石,具有普适性强的特点,能应对各类复杂地质与多变的巷道断面形状,但作业环节多、劳动强度大且爆破产生的震动和粉尘对环境的影响较大。掘进机法依靠机械切割头直接破碎岩石,掘进速度快、成巷质量稳定,能实现连续作业,

对围岩扰动较小,然而设备购置及维修成本高,对岩石硬度有一定适应性范围。

### 1.3 掘进过程中的关键要素分析

在岩石巷道掘进过程中,破岩手段是核心要素之一。需依据岩石的硬度、韧性、节理裂隙状况选择合适的破岩方式,如对于硬岩采用冲击式破岩更有效,对于软岩则可选用切削式破岩。支护作业紧随其后,根据围岩的类别与稳定性,采用锚杆支护、喷射混凝土支护、锚索支护或联合支护方式,及时加固围岩,防止其坍塌变形,且要依据围岩变形监测数据动态调整支护参数。通风系统不可或缺,它能够稀释并排出掘进产生的粉尘、有害气体,如瓦斯等,同时引入新鲜空气,保障施工人员的健康与安全,维持良好的作业环境<sup>[1]</sup>。

## 2 岩石巷道掘进的安全挑战

### 2.1 地质构造对掘进安全的影响

地质构造复杂多变,给岩石巷道掘进带来诸多安全挑战。褶皱构造会使岩石层发生弯曲变形,导致岩石的完整性和稳定性降低,在掘进过程中易出现顶板垮落、片帮等事故。断层的存在破坏了岩石的连续性,其破碎带往往岩石松散、胶结性差,容易引发坍塌,且断层附近可能伴有地下水涌出,增加了突水风险,威胁施工人员安全。节理裂隙发育的岩石,其强度和整体性被削弱,在掘进振动和地应力作用下,巷道围岩可能沿节理面滑移、开裂,使支护结构失效。此外,高地应力区域会导致岩石产生强烈的变形和破坏倾向,如岩爆现象,瞬间释放的巨大能量可对人员和设备造成严重伤害,极大地影响掘进作业的安全顺利进行。

### 2.2 掘进设备的安全性能要求

掘进设备在岩石巷道施工中面临着严峻考验,其安

全性能至关重要。设备的结构强度必须足以承受岩石的强大反作用力,否则在破岩过程中可能出现关键部件断裂、变形,引发设备故障甚至事故。例如,掘进机的切割头若强度不足,易在硬岩切削时损坏。设备的稳定性也是关键,在狭窄的巷道空间内作业,若稳定性欠佳,容易发生倾翻,危及周边人员和设备。对于有粉尘产生的设备,如钻爆法中的钻孔设备和掘进机的切割作业,其防尘装置的有效性直接关系到施工人员的呼吸系统健康,若防尘性能差,大量粉尘弥漫在巷道中,会引发尘肺病等职业危害。

### 2.3 施工过程中的安全隐患与风险

施工过程中存在着形形色色的安全隐患与风险。在破岩环节,无论是钻爆法还是机械掘进,操作不当都可能引发岩石飞溅,对人员造成撞击伤害。例如,爆破时炸药用量或起爆顺序不合理,可能导致爆破效果失控。通风不良是常见问题,若通风系统不能有效排除粉尘和有害气体,如瓦斯积聚,在遇到火源时就会引发爆炸。运输环节也存在风险,运输车辆或设备在巷道中行驶,由于空间有限,若驾驶员视线受阻或操作失误,容易发生碰撞事故,而且运输过程中岩石的洒落也可能导致人员滑倒摔伤。

### 2.4 安全管理体系与应急预案

当前岩石巷道掘进的安全管理体系存在一些不足,部分施工单位安全管理制度不够完善,缺乏明确的安全责任划分,导致在出现安全问题时无法迅速确定责任人,延误事故处理。安全培训教育往往流于形式,施工人员对安全知识和操作规程掌握不扎实,在实际操作中容易违规作业。安全检查机制不健全,检查内容不全面、检查频率不合理,难以发现潜在的安全隐患。应急预案方面,一些单位的应急预案缺乏针对性,没有充分考虑不同地质条件和施工工艺的特点,在事故发生时难以有效指导救援行动。而且,应急救援队伍的专业素质参差不齐,缺乏足够的应急演练,在面对突发重大事故时,如大规模坍塌或瓦斯爆炸,可能出现救援混乱、救援效率低下的情况,无法最大限度地减少人员伤亡和财产损失<sup>[2]</sup>。

## 3 岩石巷道掘进的关键技术

### 3.1 钻爆法技术

钻爆法是岩石巷道掘进中一种传统且广泛应用的方法。在钻孔设备与工艺方面,常使用风动凿岩机或液压凿岩机。风动凿岩机结构简单、操作方便,但效率相对较低;液压凿岩机则具有钻孔速度快、动力强劲的优点。钻孔工艺要根据岩石性质和巷道断面合理确定炮眼

角度和深度。例如,在坚硬岩石中,炮眼角度可适当倾斜以增加临空面,提高爆破效果。炸药类型与爆破参数设计至关重要。铵油炸药、乳化炸药等是常用类型。乳化炸药抗水性好,适用于潮湿环境。爆破参数中,炮眼布置包括掏槽眼、辅助眼和周边眼。掏槽眼用于为后续爆破创造临空面,其形式多样,如直眼掏槽和斜眼掏槽。装药量要依据岩石硬度、炮眼深度等精确计算,药量过多会造成超挖和岩石过度破碎,过少则爆破效果差。爆破效果直接影响掘进速度和安全性。良好的爆破效果能使岩石破碎均匀、块度适中,便于出矸作业,减少二次破碎工作量,可降低爆破震动对巷道围岩稳定性的影响,保障施工安全。合理的爆破时间间隔和起爆顺序也是需要考虑的因素,能有效控制岩石的抛掷方向和堆积范围。

### 3.2 掘进机法技术

掘进机法在岩石巷道掘进中具有独特优势。不同类型的岩石巷道掘进机有着不同的工作原理和适用范围。悬臂式掘进机灵活性高,适用于断面较小、形状复杂的巷道。它通过悬臂上的截割头旋转破岩,截割头的形状和刀具布置根据岩石性质设计。全断面掘进机则适用于大断面圆形巷道,能一次性完成整个断面的掘进。它依靠强大的刀盘旋转和推进力破岩,效率高,但设备体积大、成本高。掘进机刀具选择与磨损问题是关键。刀具的材质、形状和尺寸要与岩石的硬度、韧性相匹配。在硬岩掘进中,通常采用盘形滚刀,其刀刃耐磨且能承受较大的压力。刀具磨损会严重影响掘进效率,因此需要实时监测刀具的磨损情况。通过监测截割电机的电流、扭矩等参数来间接判断刀具磨损程度,及时更换磨损严重的刀具。掘进机掘进的效率与精度控制也很重要。其掘进效率受截割速度、推进速度等因素影响。合理调整这些参数可提高破岩效率。

### 3.3 支护技术

支护技术是岩石巷道掘进中的关键环节,旨在保障巷道围岩的稳定性。常用的支护方式有锚杆支护、锚索支护、喷射混凝土支护以及它们的组合支护形式。锚杆支护通过将锚杆打入围岩,利用其锚固力将围岩加固成一个整体,提高围岩的自承能力,有效控制围岩的变形与破坏。锚索支护则适用于深部巷道或围岩应力较大的情况,它能提供更大的锚固力,对控制顶板下沉和围岩大变形效果显著。喷射混凝土支护可及时封闭围岩表面,防止围岩风化、剥落,同时与锚杆、锚索协同作用,增强支护结构的整体性。在实际应用中,根据巷道围岩的性质、地应力大小、断面形状等因素,合理选择

支护参数和支护时机至关重要<sup>[3]</sup>。

### 3.4 破岩技术

破岩技术是岩石巷道掘进的核心技术之一，直接影响掘进效率和成本。钻爆法是传统的破岩方法，通过在岩石上钻孔、装填炸药，利用炸药爆炸产生的冲击波和应力波破碎岩石。其关键在于合理设计炮孔参数，包括炮孔深度、间距、角度等，以及炸药的选型与装药量的控制，以实现高效破碎岩石且减少对围岩的扰动。例如，在周边眼的爆破中，采用光面爆破技术，可使巷道轮廓平整，减少超挖和欠挖现象，有利于后续支护作业。另一种重要的破岩技术是机械破岩，如掘进机破岩。掘进机利用切割头的旋转和推进力直接切削岩石，具有掘进速度快、连续性强、对围岩扰动小等优点。其切割头的设计和刀具的材质、形状及排列方式对破岩效果影响很大，需根据岩石的硬度、韧性等特性进行优化配置，以提高破岩效率和刀具的使用寿命，在硬岩巷道掘进中，还可采用高压水射流辅助破岩等新型技术手段，进一步提升破岩能力。

## 4 岩石巷道安全快速掘进的优化策略

### 4.1 施工组织优化

首先，合理安排掘进工序是关键。在钻爆法中，要科学规划钻眼、装药、爆破、通风、排矸等工序的时间和顺序。例如，在钻眼完成后，应迅速进行装药和爆破，减少工序衔接时间。同时，通风时间要充足，确保炮烟排出后再进行排矸作业，保障施工人员的安全和健康。对于掘进机法，截割、装载、运输等工序的协同配合需要精心安排。比如，要保证掘进机截割速度与后续运输设备的输送能力相匹配，避免出现矸石堆积影响掘进进度。多工作面掘进的协调与管理也不容忽视。当存在多个掘进工作面时，需要根据各个工作面的地质条件、施工难度和进度要求，合理分配资源。例如，对于岩石硬度较大的工作面，可以优先分配经验丰富的施工队伍和性能较好的设备，要建立有效的沟通协调机制，及时解决各工作面之间在通风、排水、运输等方面可能出现的冲突。

### 4.2 设备配套与维护

设备配套需依据巷道条件进行选择。对于不同断面尺寸、岩石类型和地质构造的巷道，要选择合适的机械设备组合。例如，在小断面岩石巷道中，可采用小型灵活的掘进机与配套的小型运输设备；而在大断面硬岩巷道中，则需选择大功率的全断面掘进机，并配备相应的

高效装载和运输设备。设备之间的匹配度要高，如运输设备的输送能力要满足掘进机的出矸速度，避免出现生产瓶颈。设备的日常维护与故障快速处理机制是设备持续高效运行的保障。日常维护包括设备的清洁、润滑、检查等工作。对于掘进机，要定期检查刀具的磨损情况、截割电机的运行状态等；对于运输设备，要检查输送带的张紧度、刮板链的磨损情况等，建立完善的故障诊断和快速处理系统，当设备出现故障时，能够迅速定位故障原因。

### 4.3 信息化技术应用

信息化技术在岩石巷道快速掘进中发挥着重要作用。采用巷道掘进自动化控制系统可以实现对掘进过程的精确控制。对于钻爆法，自动化控制系统可以精确控制钻孔的角度、深度和装药量，提高爆破效果。在掘进机法中，通过自动化控制系统可实现对掘进机截割头的自动控制，根据巷道断面设计和岩石性质实时调整截割参数，保证巷道成型质量。例如，利用激光导向技术，使掘进机能够按照预定的方向和坡度进行掘进，减少人工操作误差。监测数据实时反馈系统也是关键<sup>[4]</sup>。

### 结束语

岩石巷道的安全快速掘进对于矿业及相关地下工程意义重大。通过对掘进技术的全面剖析、安全挑战的深度挖掘以及关键与优化策略的研究，为工程实践提供了系统的理论与技术支撑。然而，随着地质条件的日益复杂和工程要求的不断提高，仍需持续探索创新。未来应进一步深化对先进技术的融合应用，完善安全管理体系，提升设备智能化水平，以实现岩石巷道掘进在安全保障下的更高效率，推动整个行业朝着更高效、更安全、更可持续的方向稳健发展。

### 参考文献

- [1]曹志勇,张春华.岩石巷道安全快速掘进技术探析[J].中小企业管理与科技,2019(13):253.
- [2]宋心村,彭丹,李燚,等.坚硬岩石巷道爆破掘进施工技术研究[J].矿业装备,2024(02):87-90.
- [3]伊功善,崔佃和,岳可江,孙磊,等.大倾角硬岩石下山井巷快速机械化掘进技术研究[J].中国煤炭工业,2024(02):134-137.
- [4]赵明辉,李建国,王志强.新型锚杆支护技术在岩石巷道快速掘进中的应用研究[J].采矿与安全工程学报,2024,40(1):123-128.