

# 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术

吕传桂

江苏省矿山安全生产协会 江苏 徐州 221000

**摘要:** 煤矿采矿工程中, 巷道掘进与支护技术至关重要。巷道掘进为采矿提供作业空间, 需根据地质条件选择掘进方式, 如钻眼爆破法、综合机械化掘进等。同时, 掘进过程中需关注瓦斯排放、通风防尘等问题。支护技术则用于加固巷道, 确保掘进安全, 包括临时性和永久性支护, 如锚杆支护、预制钢筋混凝土支架等。合理应用掘进与支护技术, 能保障采矿工程安全高效进行, 提高经济效益。

**关键词:** 煤矿采矿工程; 巷道掘进; 支护技术

引言: 煤矿采矿工程是国家能源产业的重要组成部分, 而巷道掘进与支护技术则是保障煤矿安全生产和高效开采的关键。随着科技进步和煤矿开采深度的增加, 对巷道掘进与支护技术的要求也越来越高。本文旨在探讨煤矿采矿工程中的巷道掘进和支护技术的最新进展, 分析不同地质条件下掘进与支护技术的应用情况, 以期为煤矿安全生产提供技术支持, 推动我国煤矿开采技术的持续发展。

## 1 煤矿采矿工程巷道掘进技术

### 1.1 巷道掘进技术概述

(1) 掘进方法的分类及特点。在煤矿采矿工程中, 巷道掘进技术是关键环节, 主要方法有三种。一是综合机械化掘进技术, 其系统由悬臂式掘进机、转载机、输送机等组成, 悬臂式掘进机是关键设备, 直接影响掘进效率和掘进进尺。二是大断面煤巷连续掘进机高效掘进技术, 主要应用于大断面煤巷, 通过连续掘进机与锚杆钻车的交叉换位作业, 实现掘进与支护的快速交替, 显著提高掘进效率。三是掘锚一体化掘进技术, 采用掘锚机组, 将掘进与支护结合起来, 减少两种作业换位时间, 加快掘进速度。(2) 掘进设备与技术的发展历程。随着科技进步, 煤矿巷道掘进设备与技术也经历了显著的发展。矿井投产初期, 主要采用电煤钻打眼、爆破落煤的方式, 效率较低。1979年开始引入综掘机, 改变了传统的钻爆方式, 加快了掘进速度, 减轻了工人劳动强度。随着综合机械化开采技术的普及, 巷道掘进效率不断提高, 掘进设备也更加完善, 涵盖了供电系统、单体锚杆钻机、运输机、转载机、掘进机及除尘通风设备等。

### 1.2 巷道掘进技术要点

(1) 地质条件与掘进方法的选择。选择合适的掘进方法至关重要, 需根据地质条件和煤层赋存情况决定。例如, 在硬而脆的岩层中, 可采用全断面开挖与光面爆

破技术, 确保巷道掘进的高效与安全。(2) 巷道断面尺寸的合理确定。巷道断面尺寸的设计需考虑采煤工作面的实际需要, 确保断面尺寸既不过大影响稳定性, 也不过小影响使用效率。一般应根据巷道用途、支护方式及煤层厚度等因素综合确定。(3) 掘进过程中的安全保障措施。掘进过程中需严格执行安全规程, 加强通风管理, 降低瓦斯浓度和粉尘含量, 防止瓦斯爆炸和尘肺病等职业病的发生。同时, 实施地质预测预报, 提前了解掘进前方的地质情况, 避免突发性地质灾害。建立完善的现场监控系统, 实时监测巷道内的安全状况, 制定详细的应急预案和响应机制<sup>[1]</sup>。(4) 掘进速度与能耗的优化。通过优化掘进设备与支护设备的配合, 采用掘锚一体化技术, 减少设备换位时间, 可以显著提高掘进速度。同时, 合理调整掘进机的参数, 如截深、牵引速度等, 有助于降低能耗, 提高掘进效率。

### 1.3 掘进实例分析

(1) 不同地质条件下的掘进技术应用。在硬岩中, 可采用楔形掏槽与光面爆破技术, 确保巷道掘进面的平整与稳定。在软岩中, 则需加强支护工作, 如采用锚杆支护、锚网喷支护等, 确保巷道的稳定性。(2) 掘进效果与经验总结。通过实践应用, 不同掘进技术在不同地质条件下的效果差异显著。采用综合机械化掘进与大断面煤巷连续掘进机高效掘进技术, 可以显著提高掘进效率, 降低能耗。同时, 加强地质预测预报与安全保障措施, 可以确保掘进过程的安全与稳定。在实践中, 需不断优化掘进参数与支护方式, 以适应不同的地质条件与开采需求。

## 2 煤矿采矿工程巷道支护技术

### 2.1 巷道支护技术概述

(1) 支护方式的分类及特点。在煤矿采矿工程中, 巷道支护是保证施工安全的关键技术之一。支护方式主

要包括棚式支护、砌碛支护、U型钢支护、锚杆支护以及联合支护。棚式支护通常使用木支架、金属支架或钢筋混凝土支架，木支架由于其支护特性较差，目前基本被淘汰，而金属支架因其良好的适应性和耐用性被广泛采用。砌碛支护主要用于永久性巷道，它使用砖、料石或混凝土构成连续整体式支架。U型钢支护以其良好的可缩性适用于深部矿井，能有效抵抗顶板压力。锚杆支护则通过在巷道围岩中安装锚杆，将围岩从荷载变为承载，形成稳定的岩石带。联合支护则结合多种支护方式，优势互补，实现更为理想的支护效果。（2）支护材料的选择与性能要求。支护材料的选择需考虑巷道的地质条件、开采深度及支护方式的适用性。金属支架要求具有良好的强度和延展性，以适应巷道变形。钢筋混凝土支架需具备高强度和耐久性。U型钢支架的材料需具备优异的韧性和抗变形能力。锚杆材料则需具备高抗拉强度和良好的耐腐蚀性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 巷道支护技术要点

（1）锚杆支护技术及其应用。锚杆支护是一种积极防御的支护方式，其支护效果良好，适用于各类巷道。锚杆通过深入围岩，与围岩形成整体，提供稳定的支护力。锚杆支护技术通过注浆、安装托盘和螺母等步骤完成，确保锚杆牢固且能承载巷道围岩的应力。（2）预制钢筋混凝土支护技术。预制钢筋混凝土支护技术主要用于服务年限长、巷道断面稳定的永久性巷道。该技术通过在工厂预制钢筋混凝土构件，然后运输至巷道进行安装，确保支护结构的质量和稳定性。（3）U型钢支护技术与棚式支护。U型钢支护技术通过采用可缩性金属支架，适应巷道围岩的变形。棚式支护则主要通过金属支架或木支架对巷道进行临时或永久性支护。（4）联合支护技术的优势与应用。联合支护技术通过结合多种支护方式，如锚杆与U型钢联合支护，实现了支护效果的最大化。这种支护方式不仅提高了巷道的稳定性，还减少了单一支护方式的局限性。

### 2.3 支护效果评估与监测

（1）支护质量的检测方法。支护质量的检测主要包括对支护材料的强度检测、支护结构的完整性检查及巷道围岩的稳定性评估。通过无损检测、强度试验和地质雷达等方法，确保支护结构的可靠性。（2）支护效果的监测与评估标准。支护效果的监测主要通过应力监测、位移监测和巷道变形监测等手段进行。评估标准依据巷道地质条件、支护方式和支护材料的不同而有所差异。通常，支护效果的评价标准包括支护结构的稳定性、巷道变形量和围岩应力的变化等。（3）支护效果的优化与

改进建议。针对支护效果的监测结果，可通过增加支护强度、调整支护结构、优化支护材料等方式进行改进。例如，增加锚杆密度或长度，优化U型钢支架的截面尺寸，提高钢筋混凝土的强度等。

## 3 巷道掘进与支护技术的协同应用

### 3.1 掘进与支护技术的关系

（1）掘进对支护的影响。巷道掘进是煤矿开采的首要步骤，其过程直接决定了后续支护工作的难度和效果。掘进过程中，巷道围岩的暴露面积逐渐增大，使得巷道稳定性面临挑战。掘进方式、掘进速度和掘进深度等因素，都会直接影响支护结构的受力状态和稳定性。例如，掘进过程中若遇到软弱岩层或断层，可能导致巷道围岩变形加剧，增加支护难度。此外，掘进产生的振动和应力释放也可能对支护结构造成不利影响。（2）支护对掘进的支持作用。支护技术的主要目的是增强巷道围岩的稳定性，为掘进作业提供安全保障。合理的支护设计能够有效控制巷道变形，防止冒顶、垮塌等安全事故的发生。支护结构还能分担掘进过程中产生的应力，保护掘进设备免受损坏，从而提高掘进效率。因此，支护技术对掘进作业具有至关重要的支持作用。

### 3.2 掘进与支护技术的协同应用策略

（1）掘进与支护施工的协调与配合。在巷道掘进与支护施工中，需要实现两者的紧密协调与配合。掘进作业应充分考虑支护结构的稳定性和安全性，避免过度破坏围岩结构。同时，支护施工应及时跟进，确保掘进过程中暴露的围岩得到及时、有效的支护。此外，掘进与支护施工还应根据巷道地质条件、掘进速度和支护材料等因素进行动态调整，以实现最佳协同效果。（2）掘进与支护技术的相互补充与优化。掘进与支护技术之间存在相互补充与优化的关系。掘进技术的发展为支护技术提供了更广阔的应用空间，而支护技术的进步则进一步提升了掘进作业的安全性和效率。例如，采用先进的掘进设备和技术，可以减小掘进过程中的振动和应力释放，降低对支护结构的破坏；而采用高强度的支护材料和先进的支护技术，则可以增强支护结构的稳定性和承载能力，为掘进作业提供更有力的支持<sup>[3]</sup>。

### 3.3 协同应用实例分析

（1）典型煤矿巷道掘进与支护协同应用案例。某煤矿在巷道掘进过程中，采用了先进的掘进设备和工艺，同时结合高强度的锚杆支护和U型钢支护技术，实现了掘进与支护的紧密协同。在掘进过程中，通过精确控制掘进速度和深度，减小了对围岩的破坏；在支护方面，采用了高强度的锚杆和U型钢支架，有效增强了巷道围岩

的稳定性。该协同应用策略不仅提高了掘进效率，还确保了巷道的安全稳定。(2)协同应用效果与经验总结。通过该煤矿的巷道掘进与支护协同应用实践，取得了显著的效果。一方面，掘进效率得到了大幅提升，降低了生产成本；另一方面，巷道稳定性得到了有效保障，减少了安全事故的发生。该实践也为我们提供了宝贵的经验：在巷道掘进与支护过程中，应注重两者的协同与配合，实现掘进与支护技术的相互补充与优化；同时，还应根据巷道地质条件和掘进速度等因素进行动态调整，以确保最佳协同效果。

#### 4 煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术的发展趋势

##### 4.1 技术创新与发展方向

(1)掘进与支护设备的智能化与自动化。随着科技的进步，煤矿采矿工程中的掘进与支护设备正朝着智能化与自动化的方向发展。现代化的机械设备不仅具备高效掘进能力，还能在掘进过程中实时进行巷道支护，大大提高了施工效率与安全性。例如，中国煤炭科工集团研发的“煤海蛟龙4.0”系统，通过集群控制实现了掘进、支护、运输的一体化作业，解决了传统掘进作业中掘、支、运不能平行作业的难题。(2)新型支护材料与技术的应用。传统支护技术在应对复杂地质条件时存在一定的局限性。因此，开发新型支护材料和技术成为未来发展的关键。例如，针对高地应力巷道，需要开发适合此类条件的支护材料，如超高强度锚杆、大吨位单体锚索等。同时，研究组合支护技术，如锚杆、锚索、注浆加固等技术的综合应用，也是未来支护技术的重要发展方向。

##### 4.2 节能减排与可持续发展

(1)掘进与支护过程中的节能减排措施。在煤矿采矿工程中，节能减排对于实现可持续发展具有重要意义。掘进与支护过程中应减少能源消耗和排放，推广使用节能设备和技术。例如，优化掘进机的截割负载反馈调速技术，使掘进机在截割不同硬度煤岩时能够保持最佳工作状态，减少能源浪费。此外，推广使用环保型支护材料，如可降解注浆材料等，也有助于减少对环境影响<sup>[4]</sup>。(2)可持续发展视角下的技术优化与改进。从可持续发展视角出发，需要对现有掘进与支护技术进行

优化与改进。例如，在巷道支护设计中，应充分考虑地质条件、巷道断面、支护材料等因素，优化支护方案，提高支护效果。同时，推广使用绿色、环保的施工工艺和设备，降低施工过程中的能耗和排放。

##### 4.3 面临的挑战与应对策略

(1)地质条件复杂性的挑战。煤矿采矿工程常面临复杂的地质条件，如松软岩层、断层破碎带等。这些复杂地质条件增加了巷道掘进与支护的难度。应对策略包括加强地质勘探、优化掘进方案、研发适用于复杂地质条件的支护技术等。(2)安全保障与环保要求的提高。随着安全生产和环保法规的不断完善，煤矿采矿工程对安全保障和环保要求越来越高。应对策略包括加强安全管理、推广使用智能化与自动化设备、开发环保型支护材料等。(3)技术创新与人才培养的需求。技术创新和人才培养是推动煤矿采矿工程发展的动力。加强技术研发，培养高素质的专业人才，是应对未来挑战的关键。通过与高等院校、科研机构合作，开展科研项目和技术创新竞赛，激发创新活力，培养创新型人才。

##### 结束语

综上所述，煤矿采矿工程中的巷道掘进与支护技术是保证安全生产和提高开采效率的重要手段。随着科技的进步和煤矿开采条件的变化，掘进与支护技术也需要不断创新和发展。未来，我们应继续加强技术研发，提高设备的智能化和自动化水平，优化支护材料和技术，以更好地适应复杂多变的地质条件。同时，也应注重节能减排和可持续发展，为煤矿采矿工程的长远发展贡献力量。

##### 参考文献

- [1]李德均,董岩,孙计云,等.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J].矿业装备,2022,(05):57-58.
- [2]郭晓辉.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J].当代化工研究,2022,(09):108-110.
- [3]李鹏.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的运用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2021,(14):145-146.
- [4]王飞云.关于采矿工程巷道掘进与支护技术探讨[J].当代化工研究,2023,(12):149-150.