

## 煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术应用

王学超

冀中能源峰峰集团新屯矿, 河北 邯郸 056200

**[摘要]**煤炭作为全球主要的能源之一, 依然在我国能源结构中占有举足轻重的地位。然而, 随着煤矿开采逐步深入, 矿井面临的地质条件愈加复杂, 安全生产的挑战不断加大。在这一背景下, 巷道掘进与支护技术的应用显得尤为重要。合理的技术运用能够确保矿井的正常运行, 促进通风、运输、排水等基础设施的顺利进行, 为矿工提供安全的通道, 同时降低作业风险, 提高矿井整体生产效率。新型支护技术的广泛应用, 不仅提升了矿井巷道的稳定性, 也确保了矿工的安全, 增强了生产效率。文章探讨煤矿巷道掘进与支护技术的价值及其实施过程中面临的难点与影响因素, 旨在为煤矿企业提供理论支持与实践经验指导, 推动矿井安全高效的生产。

**[关键词]**煤炭采矿; 巷道掘进; 支护技术; 瓦斯排放; 通风防尘

DOI: 10.33142/aem.v6i11.14602 中图分类号: TD353 文献标识码: A

### Application of Tunnel Excavation and Support Technology in Coal Mining Engineering

WANG Xuechao

Xintun Mine of Jizhong Energy Fengfeng Group, Handan, Hebei, 056200, China

**Abstract:** Coal, as one of the world's major energy sources, still holds a pivotal position in Chinese energy structure. However, as coal mining gradually deepens, the geological conditions faced by mines become increasingly complex, and the challenges to safety production continue to increase. In this context, the application of tunnel excavation and support technology is particularly important. Reasonable application of technology can ensure the normal operation of mines, promote the smooth progress of infrastructure such as ventilation, transportation, and drainage, provide safe passages for miners, reduce operational risks, and improve the overall production efficiency of mines. The widespread application of new support technologies not only improves the stability of mine tunnels, but also ensures the safety of miners and enhances production efficiency. The article explores the value of coal mine tunnel excavation and support technology, as well as the difficulties and influencing factors faced in the implementation process, aiming to provide theoretical support and practical guidance for coal mining enterprises, and promote safe and efficient production in mines.

**Keywords:** coal mining; tunnel excavation; support technology; gas emissions; ventilation and dust prevention

#### 引言

随着煤矿开采逐步深入地下, 矿井面临的地质条件变得愈加复杂。在深部开采中, 地应力增大、地质条件复杂等因素, 给巷道掘进与支护带来了巨大的困难。软弱地层、断层、构造变形等问题, 往往导致巷道不稳定, 影响矿井的安全生产。此外, 随着矿井深度的增加, 所需的支护强度也随之提高, 传统支护手段逐渐显得不够有效。为应对这些挑战, 近年来, 许多新型巷道支护技术应运而生, 并在实际矿井中得到了广泛应用。锚固支护、灌浆岩支护、锚索支护等技术已成为提升巷道稳定性、确保安全生产的重要手段。

#### 1 采矿工程中巷道掘进与支护技术应用价值

煤矿开采过程中, 巷道掘进与支护技术确保了通风、排水、运输及人员通行等基础需求的满足, 从而为矿井整体运行提供支持。通过掘进系统优化, 瓦斯及有害气体能够被有效排除, 煤尘爆炸的风险显著降低, 作业环境更为安全。同时, 矿石运输的效率得到提高, 资源损耗也大大减少, 利用率显著提升。稳定性问题在巷道施工中尤为重要, 而支护技术的选择与应用在这一方面发挥了关键作用。

随着开采深度的增加, 地质压力导致塌方及变形的风险显著上升。为此, 通过锚固、灌浆等多种支护技术手段, 可以显著提升岩层的承载能力, 使巷道保持长期稳定状态。这种技术手段的合理使用不仅减少了次生灾害, 还降低了灾害带来的修复和停工损失, 从而提升了矿井的安全性与经济性。矿井的使用寿命及资源开采效益往往受到掘进与支护技术的显著影响。科学规划的掘进路线和合理布置的支护结构能够在节约能源和材料成本的同时, 进一步挖掘矿井潜力。尤其是在复杂地质条件下, 这些技术为矿井运行提供了强有力的保障, 同时降低了企业的运营成本。长远来看, 这些措施为企业带来了可持续的经济效益。

#### 2 巷道掘进与支护技术应用难点与影响因素

煤矿开采过程中, 巷道掘进与支护技术是确保矿井安全及高效生产的关键。然而, 随着开采深度的不断加深以及地质条件的复杂多变, 掘进与支护技术在实际应用中面临多种困难。

##### 2.1 应用难点

在巷道掘进与支护的实际应用中, 技术难点主要表现为

为地质条件、开采深度、潜在安全隐患及环境因素的多重制约。矿区的地质结构因地区不同而有所差异,软弱地层、断裂带以及复杂的构造变形常常导致巷道施工过程中出现不稳定现象。尤其是在这些地质环境下,常规支护方案难以适应,必须采取定制化的支护设计,以确保巷道的安全稳定。深层矿井中的巷道需要承受更高的地应力,这增加了岩体破裂的风险。高温环境也会加速支护材料的老化,减少支护系统的可靠性。为了适应深部开采的特殊环境,支护系统需具备更强的抗压与抗老化性能。瓦斯泄漏、煤尘爆炸等风险严重威胁矿工安全。若通风设施不完善,瓦斯浓度无法及时排放,极易引发灾难性事故。此外,煤尘的积聚可能引发爆炸或引起呼吸道疾病,因此,必须加强煤尘与瓦斯的治理,确保作业环境的安全。在水文条件复杂的地区,地下水的渗透可能对巷道支护造成破坏,影响支护系统的稳定性。同时,采矿过程中产生的振动、噪声及粉尘等污染也增加了施工的难度,对支护材料的选择与施工方法提出了更高要求。

## 2.2 影响因素

地质、开采方式、环境以及政策要求等因素,在不同程度上影响了技术方案的选择与实施效果。

### 2.2.1 地质条件

地质条件是决定支护技术能否有效应用的重要因素。矿区的地质结构具有明显差异,软弱层、断层及复杂构造带的存在可能导致岩体失稳,进而影响巷道的稳定性。在这些区域,常规支护技术难以满足要求,必须根据具体地质情况采取个性化设计,以确保支护系统的有效性。若矿井地质条件较差,地下水的渗透问题也可能影响支护结构的稳固,迫使支护方案进行相应的调整。

### 2.2.2 开采情况

开采的深度、方式与阶段,对巷道掘进与支护技术的选择产生直接影响。深部矿井的开采面临更大的地应力,这使得支护系统必须具备更强的抗压能力,防止发生岩爆、裂缝或岩体变形等问题。在深层矿区,常规的支护技术不再适用,必须采用新型高强度材料与动态支护技术,以确保巷道的稳定性<sup>[1]</sup>。而浅层开采时,由于地应力较小,支护需求相对较低,但随着矿井开采逐渐深入,技术方案的调整仍是必要的。

### 2.2.3 环境因素

采矿区的环境条件对巷道掘进与支护技术的影响不容忽视。极端气候条件,尤其是高温或高湿的环境,会加速支护材料的老化,减少支护效果。湿度较高的地区,支护系统容易受到水分侵蚀,导致强度下降,甚至发生失效。此外,采矿过程中产生的粉尘、噪音等对周围环境及施工人员健康构成潜在威胁。为减轻这些环境因素的负面影响,采用耐腐蚀、抗老化材料,以及加强通风与防尘系统的建设,显得尤为重要。

### 2.2.4 监管要求

煤矿行业的安全生产逐渐受到严格监管,相关政策的不不断出台对技术应用产生了深远影响。矿山企业必须遵循政府的安全标准,选择符合要求的支护技术。在瓦斯排放、支护强度、通风等方面,政策要求不断提高,迫使企业淘汰低效的传统支护技术,转而采用更为先进的技术与设备<sup>[2]</sup>。监管政策的完善不仅提高了技术的应用标准,也促使矿井的安全管理不断升级,确保矿井的长期安全运行。

## 3 采矿工程中巷道掘进技术的应用要点

随着矿井开采深度的增加,掘进作业的复杂性也在提升。为了确保矿井的安全性与高效性,必须对掘进速度、瓦斯排放与通风防尘等方面进行严格控制。合理的技术应用不仅能提高生产效率,也能有效减少安全隐患,为矿工提供更为安全的工作环境。

### 3.1 加强掘进控制力度

随着开采深度的不断增加,矿井面临的地质条件愈加复杂,尤其在软弱地层与断层带等区域,掘进作业的风险明显增大。为了保障巷道的稳定性与矿井的安全,掘进速度和方向的严格控制显得尤为重要。科学合理地规划掘进路线,考虑到具体地质条件,能够有效避免进入不稳定区域,从而降低安全风险。若掘进速度过快,可能导致支护系统跟不上,进而发生巷道坍塌等灾难性事件。相反,若速度过慢,又会导致施工周期延长,造成生产效率降低。为了平衡效率与安全,掘进速度需要根据矿井的地质情况进行调整。与此相对,掘进方向也需要根据地质特点进行优化,避免穿越断层带或其他不稳定区域,从而减少潜在的风险,确保巷道的稳定。

### 3.2 控制瓦斯排放状况

一旦瓦斯浓度超过安全标准,可能引发瓦斯爆炸等灾难性事故。为有效避免瓦斯泄漏带来的危险,必须建立健全的瓦斯监测与排放系统,确保矿井内瓦斯浓度保持在安全范围内。在掘进作业区域布设瓦斯传感器,能够实时监控瓦斯浓度,迅速识别浓度的任何异常波动。一旦瓦斯浓度过高,系统会立即发出警报,触发紧急通风或其他应急措施,从而防止事故的发生。科学设计通风系统,保证瓦斯的及时排放是确保矿井安全的关键。合理的通风布局可以有效降低瓦斯浓度,防止其积聚成灾。定期对通风设备进行检查与维护,是避免瓦斯泄漏的一项重要措施,确保其在发生意外情况时能够迅速应对。

### 3.3 积极开展通风防尘工作

煤矿掘进作业过程中,煤尘的积聚不仅会影响矿工的身体,还可能导致煤尘爆炸等严重安全事件。喷雾降尘技术可以显著减少煤尘的飞扬,尤其在湿式作业过程中,水雾的作用更加显著,能够迅速将煤尘沉降,降低空气中的粉尘浓度。这种方法不仅有效减少了矿井内的粉尘污染,也为矿工提供了更清洁的工作环境。同时,现代化的机械

化掘进作业相较传统人工操作,能进一步减少煤尘的产生,改善矿井的空气质量。为确保煤尘与有害气体的排放,通风系统的合理设计对于排除有害气体也至关重要。有效的通风设施可以及时将矿井内的有害气体排放,确保矿井空气的流通。此外,定期对除尘与通风设备进行维护检查,能保证设备的正常运行,避免由于设备故障引发的安全问题。

#### 4 采矿工程中巷道支护技术的应用

在采矿工程中,巷道支护技术对矿井的安全性与生产效率至关重要。随着开采深度的加大与地质条件的日益复杂,传统的支护方法在很多情况下已无法满足现代采矿的要求。为了确保巷道的稳定与矿井的安全性,必须引入更为先进且适应性强的支护技术。

##### 4.1 锚固支护技术

锚固支护技术通过锚杆或锚索将岩体与支护结构紧密结合,进而增强巷道的稳定性。这项技术在软弱岩层或破碎地层中得到了广泛应用。通过锚固系统,支护力得以有效地传递至周围岩体,从而防止巷道发生坍塌或其他变形问题。在实际应用中,锚固支护技术能够根据地质条件的不同进行灵活调整,适应性强,特别在软弱岩层中,常规支护方法可能无法提供足够的支撑,而锚固支护能够显著增强岩体的承载力<sup>[3]</sup>。然而,当巷道所处区域的地应力较大时,锚固支护的效果可能受到限制,岩体应力过大时支护强度可能不足,导致支护失效。为了确保支护效果,施工时必须精确控制施工质量,确保锚固系统能够发挥最大效用。

##### 4.2 灌浆岩支护技术

灌浆岩支护技术通过将浆液注入巷道岩壁的裂缝与孔隙,填充空隙、加固岩体,从而提升巷道的整体稳定性。该技术在地质复杂的矿区中得到了广泛应用。浆液的渗透性能够将裂缝填充,使岩层变得更加紧密,增强支护强度。灌浆岩支护技术具有较强的适应性,施工周期较短,能够有效解决多种复杂地质问题。相比于传统支护方式,灌浆支护可以通过注浆技术加强岩体稳定性。然而,浆液的渗透性受岩层裂缝形态与岩体透水性等因素的影响较大。在裂缝过深或岩层渗透性差的区域,浆液难以完全渗透,可能导致支护效果不理想。因此,为了确保效果,必须控制浆液的注入量及压力,并进行精确的施工管理。

##### 4.3 锚索支护技术

锚索支护技术通过将钢索与锚固系统结合,增强巷道的稳定性,尤其适用于深部矿井及承受较大应力的巷道。钢索具有强大的抗拉强度,能够有效分担来自地层的压力,防止巷道因地应力过大而发生变形或坍塌。在深部矿井的应用中,锚索支护技术可以提供持久而稳定的支撑,确保巷道的安全。然而,这一技术的施工较为复杂,要求精确安装钢索并合理调节张力,确保每根钢索均能有效承载地应力。若操作不当,支护效果可能会受到影响,甚至导致巷道发生事故。虽然锚索支护的材料成本较高,施工周期

较长,但其支护效果显著,特别适用于高风险区域。

##### 4.4 棚式支护技术

棚式支护技术通过安装支架与棚架结构对巷道进行支撑,通常适用于稳定性较差的地层,尤其是在中小型矿井的开采过程中得到了广泛应用。棚式支护技术具有施工简便、周期较短的特点,能够快速提供支撑,确保矿井的正常生产<sup>[4]</sup>。尽管棚式支护技术施工方便且适应性强,但它的支撑能力有限,无法应对复杂地质环境中的高地应力。如果在高风险区域使用棚式支护,可能无法有效防止巷道坍塌或岩体滑移,因此仅适用于地质条件较为简单或风险较低的矿井。在需要长时间支撑的矿区,棚式支护的效果可能不理想,建议根据实际需要结合其他支护方式进行改进,以提高支护效果。

##### 4.5 U型钢支护技术

U型钢支护技术利用U型钢板与支撑系统的组合,形成一个结构完整的支护系统,广泛应用于大规模煤矿的深部巷道。U型钢材料具有优良的抗压强度和耐腐蚀性,能够在高地应力下保持巷道的稳定性。该技术尤其适用于深部开采区域,在对抗地层压力方面表现出色。虽然U型钢支护技术能够有效支撑巷道并防止塌方,但其施工难度较大,且材料成本较高。在一些中小型矿井中,U型钢支护的经济性可能较差,因此在选择时需要根据矿井的规模及预算情况进行评估。此外,U型钢支护的安装需要高度精确,要求技术人员具备较高的施工能力。如果施工不当,可能导致支护结构的不稳定,从而影响矿井的安全性。

#### 5 结语

随着开采深度的增加,矿井所面临的地质条件与环境问题日益复杂,传统支护技术逐渐难以应对新的挑战。因此,必须根据矿井的实际情况,科学选择合适的支护技术,以确保矿井的安全性和生产效率。锚固支护、灌浆岩支护、锚索支护等现代技术,已经在矿井生产中得到应用,极大提升了巷道的稳定性,减少了安全事故的发生。尽管现代支护技术在矿井中得到了广泛应用,但深部矿井仍然面临地质复杂性、较高的地应力等问题,亟需进一步创新与改进。

#### [参考文献]

- [1]郭志林.煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的应用[J].矿业装备,2022(2):66-67.
  - [2]韩德国,杨飞飞,梁敏.采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析探讨[J].中国金属通报,2023(6):29-31.
  - [3]赵强.采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J].矿业装备,2023(10):51-53.
  - [4]赵连欢.煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J].内蒙古煤炭经济,2024(12):136-138.
- 作者简介:王学超(1985.8—),单位名称:冀中能源峰峰集团新屯矿,毕业学校和专业:华北科技学院,采矿工程 本科。