

# 煤矿井巷工程锚杆（索）支护技术研究

谷 伟

郑煤集团大平煤矿 河南 郑州 450000

**摘要：**随着煤炭开采深度的增加和地质条件的复杂性，煤矿井巷工程锚杆（索）支护技术的研究与应用显得尤为重要。该技术通过合理设计锚杆（索）类型、材料以及布置方式，有效地提升了巷道的整体稳定性和安全性。同时，优化施工工艺、提高机械化程度以及加强施工质量控制，进一步增强了锚杆（索）支护技术的实用性和可靠性。

**关键词：**煤矿井巷工程；锚杆（索）支护技术；设计与应用

引言：井巷工程作为煤炭生产的核心环节，其安全性与稳定性直接关系到矿井的整体运营效率和工作人员的生命安全。在多变的施工环境下，锚杆（索）支护技术以其高效、经济的特性，成为提升井巷稳定性的重要手段。本研究旨在深入分析探索锚杆（索）支护技术其设计原理、材料选择、施工工艺以及稳定性评估等方面的问题，以提高煤矿井巷工程的支护效果提供理论依据和实践指导，促进煤矿安全生产水平提升。

## 1 锚杆（索）支护技术的基本原理与类型

### 1.1 锚杆（索）支护的基本原理

锚杆（索）支护的基本原理：通过锚杆（索）将岩层的各个部分连接起来，形成一个整体稳定的结构。锚杆（索）的一端固定在稳定的岩层中，另一端固定于需要支护的岩层或煤体上。当岩（煤）层受外力作用，锚杆（索）通过其强大的抗拉性，将力量分散到周围岩体，维持巷道稳定。此外，锚杆（索）支护还能改善岩体的应力状态，提高岩体的整体强度。锚杆（索）使得原本松散的岩体形成了一种类似于“梁”的结构，增强岩体承载能力。同时，锚杆（索）对岩体施加力的作用，使得岩体之间的摩擦力和粘结力增大，防止岩体的滑移和脱落。

### 1.2 锚杆（索）支护的类型及其特点

根据使用环境和支护需求的不同，可分为：（1）机械类：利用机械原理进行固定，如胀壳式。它们具有安装简便、适应性强优点，适用于一些岩层较为松软或破碎的场合。（2）树脂类：利用树脂材料作为粘结剂，将锚杆（索）与岩体牢固地粘结在一起。具有较高的粘结强度和快速固化特点，适用于对支护强度要求较高的场合。（3）砂浆类：通过注浆管将砂（泥）浆注入到锚杆（索）孔中，使砂（泥）浆充满孔壁并与锚杆紧密结合。这种锚杆具有较强的抗拔力和抗剪力，适用于大型巷道的支护。（4）预应力类：在安装时会预先施加拉

力，使锚杆（索）与岩体之间产生预紧力。这类能够主动改善岩体的应力状态，特别适用于对支护效果要求较高的场合<sup>[1]</sup>。

### 1.3 锚杆（索）支护材料的选择

支护材料的选择直接关系到支护效果和巷道安全性。在选择材料时，应综合考虑巷道的地质条件、支护需求、材料强度等因素。高强度钢材是首选材料，它具有较高的抗拉性和韧性。其他辅助材料如锚固剂、垫板等也需要根据具体情况进行选择。锚固剂应具有良好的粘结性和快速固化特点，垫板则应具有足够的刚度和强度，能够承受来自岩体的压力。

## 2 煤矿井巷工程中锚杆（索）支护技术的设计与应用

### 2.1 锚杆（索）支护设计的基本原则

锚杆（索）支护设计应遵循以下基本原则：（1）安全性。锚杆（索）支护的首要任务是确保巷道的稳定和安全，防止因岩层松动、脱落等原因引发的安全事故。因此，在设计过程中，应充分考虑巷道的地质条件、岩层性质、应力分布等因素，确保支护能够有效地支撑和保护巷道。（2）经济性。在设计锚杆（索）支护时，需要考虑支护效果、材料成本、施工难度等因素，在保障安全的前提下，降低支护成本，提高经济效益。（3）适应性。由于地质条件复杂多变，因此锚杆（索）支护设计应具有足够的灵活性，能够根据不同的地质条件和巷道特点进行适应性调整，确保支护效果的最佳化。

### 2.2 锚杆（索）支护设计参数的选择

锚杆（索）支护设计参数的选择是确保支护效果的关键。这些参数主要包括锚杆（索）的长度、直径、间距、倾角以及锚固剂的种类和用量等。（1）锚杆（索）的长度应根据巷道的高度、岩层的厚度和稳定性来确定。一般来说，锚杆（索）的长度应能够穿透松动岩层，并深入到稳定岩层中一定深度，以确保支护效果<sup>[2]</sup>。

（2）锚杆（索）的直径和间距应根据巷道的宽度、岩

层的性质以及支护要求来确定。直径较大的锚杆(索)具有更强的承载能力,但成本也相对较高;间距过大会导致支护效果不佳,而间距过小则会增加支护成本。因此,在选择这些参数时需要进行综合考虑。(3)锚固剂的种类和用量也是影响支护效果的重要因素。应根据岩层的性质、湿度以及施工条件等因素选择合适的锚固剂,并根据实际需要确定用量。

### 2.3 锚杆(索)支护施工的工艺流程

锚杆(索)支护施工的工艺流程主要包括以下几个步骤:(1)巷道掘进和清理。在施工过程中,巷道的断面形状和尺寸符合设计要求,并及时清理巷道内的杂物和积水,为后续的支护施工创造良好条件。(2)锚杆(索)钻孔和安装。根据设计参数,使用合适的钻孔设备在巷道顶板和两帮进行钻孔。钻孔完成后,将锚杆(索)插入孔内,并使用锚固剂进行固定。在安装过程中,应确保锚杆的位置、角度和深度符合设计要求。(3)锚杆(索)杆体锚固,锚杆(索)外露端头进行预紧。预紧是确保锚杆(索)支护效果的关键步骤。通过使用专用的预紧装置对锚杆(索)进行预紧,使其产生一定的预紧力;从而达到对锚杆(索)张拉效果,使岩体紧固,提高锚杆(索)其承载能力。(4)质量检查和验收。在支护施工完成后,应对锚杆(索)的安装质量、预紧力和张拉效果进行检查和验收。对于不符合要求的锚杆(索),应及时进行整改或更换,确保支护系统的稳定和安全性<sup>[3]</sup>。

### 2.4 锚杆(索)支护在煤矿井巷工程中的具体应用案例

以郑煤集团大平矿的井巷工程为例,该矿目前处于开采后期,受回采采动影响,矿井压力相对集中,巷道施工过程中经常遇到岩层受力松动和破碎现象。为了解决此现象,该矿优化锚杆(索)支护技术。在设计阶段,考虑巷道的地质条件和支护要求,着重考虑周边围岩受力情况,选取锚杆(索)配合注浆的支护工艺,选择合适的锚杆(索)类型、长度、直径和间距等参数。同时,考虑受采动影响局部岩体存在淋水现象,对锚固剂的种类和用量进行了优化调整。在施工阶段,严格按照工艺流程进行操作,确保锚杆(索)安装质量和支护效果。同时,在施工过程中加强质量监控和检查,及时发现并解决施工中出现的問題。后期对支护效果进行观测,及时调整支护形式。通过优化锚杆(索)支护技术,该矿的井巷工程取得了显著的支护效果,减少巷道维护。巷道的稳定和安全性得到提高,岩层松动和脱落的现象明显改善。同时,锚杆(索)支护技术具有施工

速度快、成本低、操作简便等优点,使得生产效率得到提升,经济效益增加。此外,通过加强巷道监测与预警系统建设,对锚杆(索)支护结构的变形和破坏进行及时预警和处理。利用数据分析和预测模型,对巷道支护结构的稳定性进行持续监测和评估,确保了巷道的安全使用。

## 3 锚杆(索)支护技术的稳定性分析

### 3.1 锚杆(索)支护结构稳定性评估方法

评估锚杆(索)支护结构的稳定性,通常采用理论计算、数值模拟和现场监测相结合的方法。(1)理论计算基于材料力学和结构力学的基本原理,通过分析锚杆(索)和岩层两者之间的相互作用,计算支护结构的承载能力和稳定性指标。这种方法简单易行,但难以完全反映复杂的实际情况。(2)数值模拟是利用计算机技术对锚杆(索)支护结构模拟分析。通过建立地质模型和设置边界条件,模拟不同工况下锚杆(索)支护结构的响应和破坏过程。这种方法可以较为真实地反映实际情况,并能够为支护方案的优化提供重要依据。(3)现场监测则是通过布置传感器和监测设备,对锚杆(索)支护结构的变形、应力、位移等参数进行实时监测。通过收集和分析监测数据,可以及时了解支护结构的实际状态,并对可能出现的稳定性问题进行预警和处理<sup>[4]</sup>。

### 3.2 锚杆(索)支护结构在不同条件下的稳定性研究

锚杆(索)支护结构的稳定性受多种因素影响,如地质条件、巷道尺寸、支护参数、施工质量等。因此,在不同条件下,锚杆(索)支护结构的稳定性表现也会有所差异。(1)在地质条件方面,岩层的性质、厚度、节理发育情况等都会对锚杆(索)支护结构的稳定性产生影响。例如,在软岩巷道中,由于岩体的强度和稳定性较低,锚杆(索)支护结构需要更强的承载能力和更好的适应性。(2)在巷道尺寸方面,不同宽度和高度的巷道对锚杆(索)支护结构的稳定性要求也不同。一般来说,巷道宽度和高度越大,对支护结构的稳定性和承载能力的要求也越高。(3)支护参数的选择和施工质量的好坏也会对锚杆(索)支护结构的稳定性产生显著影响。不合理的支护参数会导致支护效果减弱甚至失效;而施工质量不过关则可能导致锚杆安装不牢固、锚固剂失效等问题,进而影响支护结构的整体稳定性。

### 3.3 锚杆(索)支护结构稳定性的影响因素分析

影响锚杆(索)支护结构稳定性的因素众多,主要包括以下几个方面:(1)地质因素,包括岩层的性质、结构、应力状态等。这些因素直接决定了锚杆(索)支护结构所承受的外部荷载和变形条件。(2)锚杆本身

的设计和性能。例如，锚杆的长度、直径、材料特性等都会对其承载能力和稳定性产生影响。合理的锚杆设计能够确保其在各种地质条件下都能有效发挥支护作用。

(3) 施工质量和工艺也是影响锚杆(索)支护结构稳定性的重要因素。施工过程中的误差和不当操作可能导致锚杆安装位置不准确、锚固剂使用不当等问题，从而降低支护结构的整体稳定性。(4) 环境因素也不容忽视。例如，巷道内的温度、湿度变化以及地下水的影响都可能对锚杆(索)支护结构的稳定性产生不利影响。

#### 4 煤矿井巷工程锚杆(索)支护技术的优化与改进

##### 4.1 提高锚杆(索)支护效果的方法

(1) 提高锚杆(索)支护效果的关键在于选择合适的锚杆(索)类型和材料。应根据煤矿井巷工程的地质条件、岩层性质和应力状态，选择具有高强度、良好韧性和耐腐蚀性的锚杆(索)材料，并合理确定锚杆(索)的直径、长度等参数。同时，还应关注锚杆(索)与围岩的耦合作用，确保锚杆(索)能够有效地传递和分散应力，提高巷道的整体稳定性。(2) 加强锚杆(索)的预紧力和后期维护也是提高支护效果的重要手段。通过增加预紧力，可以使锚杆(索)更好地与围岩紧密结合，形成有效的支护体系。同时，定期对锚杆进行维护和检查，及时更换损坏或松动的锚杆，确保支护结构的完整性和稳定性。(3) 通过采用先进的监测技术和数据分析方法，对锚杆(索)支护结构的变形、应力分布和破坏模式进行实时监测和评估，可以及时发现并进行处理，进一步提高支护效果。

##### 4.2 锚杆(索)支护结构的创新设计

在锚杆(索)支护结构的创新设计方面，可以关注以下几个方面：(1) 引入新型锚杆(索)结构形式。针对煤矿井巷工程的特点，可以研发具有自适应调节能力、抗冲击性能强的新型锚杆(索)结构，以适应不同地质条件和巷道变形的要求。(2) 探索锚杆(索)与其他支护方式的复合使用。通过将锚杆(索)与其他支护方式(如喷射混凝土、钢架等)进行复合使用，可以

形成更为强大的支护体系，提高巷道的整体承载能力。

(3) 注重锚杆(索)支护结构的环保性设计。在选择锚杆(索)材料、锚固剂和注浆材料时，应充分考虑其环保性能和可再利用性，减少对环境的污染。

##### 4.3 锚杆(索)支护施工技术的改进

在锚杆(索)支护施工技术的改进方面，可以从以下几个方面着手：(1) 优化施工工艺流程。通过对锚杆(索)支护施工的各个环节进行细致分析，找出影响施工质量和效率的关键因素，制定针对性的优化措施，使施工工艺更加合理、高效。(2) 提高施工机械化程度。通过引进先进的施工机械设备，实现锚杆(索)钻孔、安装、注浆等施工工序的机械化操作，降低劳动强度，提高施工效率。(3) 加强施工质量控制。制定严格的施工质量标准 and 验收规范，对锚杆(索)支护施工的各个环节进行严格把关，确保施工质量符合设计要求。

##### 结束语

本研究针对煤矿井巷工程中的锚杆(索)支护技术进行了系统的探讨。通过理论与实践相结合的研究方式，揭示了锚杆(索)支护技术在实际工程应用中的关键作用及优势，并提出了一系列优化与改进策略。展望未来，随着科技的不断进步和工程实践经验的积累，锚杆(索)支护技术必将得到更广泛的应用和更深入的发展。我们期待更多的研究者能够投身于这一领域，共同推动煤矿井巷工程锚杆(索)支护技术的创新与发展，为煤炭行业的安全生产贡献更多力量。

##### 参考文献

- [1]王海龙.锚杆支护技术在煤矿掘进巷道中的应用研究[J].石化技,2020(8):109-110.
- [2]程东.煤矿掘进巷道锚杆支护方式的应用与分析[J].矿业装备,2020(4):120-121.
- [3]苏星全.煤矿掘进巷道锚杆支护技术应用研究[J].当代化工研究,2019(7):123-124.
- [4]李明,张强.煤矿巷道锚杆支护技术优化与应用实践[J].煤炭工,2022,54(12):56-60.