

煤矿井下掘进过程中巷道锚杆支护的应用

高磊

国能榆林能源有限责任公司青龙寺煤矿分公司

摘要: 煤矿作为我国能源产业的重要组成部分,其安全生产一直备受关注。在煤矿井下掘进过程中,巷道支护技术是保证巷道稳定性和安全生产的关键环节。锚杆支护作为一种经济、高效的支护方式,在煤矿井下巷道掘进中得到了广泛应用。本文旨在探讨煤矿井下掘进过程中巷道锚杆支护的应用,分析其在提高巷道稳定性、降低安全事故发生率方面的优势,并总结实际应用中的经验和教训,为煤矿安全生产提供理论支持和实践指导。

关键词: 煤矿; 井下掘进; 巷道锚杆支护; 应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.120

一、巷道锚杆支护的基本原理和类型

(一) 巷道锚杆支护的基本原理

巷道锚杆支护是煤矿井下掘进过程中广泛应用的一种有效支护方式。它的基本原理是通过将锚杆安装在巷道岩体中,利用锚杆与岩体之间的相互作用力,改善岩体的应力状态,提高巷道的整体稳定性。具体来说,巷道锚杆支护的基本原理主要包括以下几个方面:

(1) 悬吊作用: 锚杆能够将软弱岩层悬吊在上方坚固岩层上,通过锚杆的拉力作用,防止软弱岩层的垮落。这种作用机制特别适用于巷道顶部存在软弱岩层的情况,能够有效地保证巷道的顶部安全。

(2) 组合梁作用: 锚杆能够将多层岩层组合成一个整体,形成一个类似梁的结构。通过锚杆的固定作用,增强各岩层之间的黏结力,提高岩层的整体承载能力。这样,即使岩层受到外部应力的作用,也能够保持较好的稳定性,减少变形和破坏的可能性。

(3) 挤压加固作用: 锚杆在安装过程中,通过施加预应力或后张力,使锚杆与岩体之间产生挤压力。这种挤压力能够将巷道周围的岩体挤压得更加紧密,形成一个稳定的加固拱。加固拱能够有效地抵抗外部应力的作用,提高巷道的整体稳定性。

除了上述基本原理外,巷道锚杆支护还涉及一些其他的力学机制,如锚杆与岩体之间的摩擦作用、锚杆自身的弯曲和拉伸变形等。这些机制共同作用,使得巷道锚杆支护能够有效地提高巷道的稳定性,保障煤矿井下的安全生产。

(二) 巷道锚杆支护类型和特点

巷道锚杆支护根据锚杆的结构、材质和安装方式等因素,可以分为多种类型。每种类型都有其独特的特点和适用范围。下面将详细介绍几种常见的巷道锚杆支护类型及其特点:

1. 金属锚杆支护

金属锚杆是煤矿井下最常用的锚杆类型之一。它主

要由锚杆杆体、锚头和螺母等部分组成,杆体一般采用高强度钢材制成。金属锚杆具有承载能力高、安装方便、适应性强等特点。它适用于各种岩层条件和巷道断面,特别是在岩层较坚硬、稳定性较好的情况下,金属锚杆支护能够有效地保持巷道的稳定。然而,金属锚杆也存在一些不足之处。例如,在潮湿环境下,金属锚杆容易发生锈蚀,影响支护效果;同时,金属锚杆的成本相对较高,对于一些经济条件较差的煤矿来说,可能存在一定的经济压力。

2. 非金属锚杆支护

非金属锚杆主要包括玻璃纤维锚杆、树脂锚杆等类型。这些锚杆具有质轻、耐腐蚀、成本较低等特点。在煤矿井下潮湿、腐蚀性较强的环境中,非金属锚杆能够更好地适应并保持良好的支护效果。此外,非金属锚杆的施工相对简单,能够减少工人的劳动强度。然而,非金属锚杆的承载能力相对较低,一般适用于岩层较软、应力较小的情况。在岩层较坚硬或应力较大的巷道中,非金属锚杆可能无法满足支护要求。

3. 全长锚固锚杆支护

全长锚固锚杆是一种特殊的锚杆类型,其特点是整个锚杆杆体都嵌入到岩体中,与岩体形成整体受力结构。这种锚杆支护方式能够有效地提高锚杆与岩体之间的黏结力,增强巷道的整体稳定性。全长锚固锚杆适用于各种岩层条件,特别是在岩层较松散、破碎的情况下,能够更好地发挥支护作用。但是,全长锚固锚杆的施工相对复杂,需要采用特殊的安装工艺和设备。同时,由于锚杆杆体全部嵌入到岩体中,一旦出现问题,维修和更换相对困难。

4. 预应力锚杆支护

预应力锚杆是在安装过程中施加预应力的锚杆类型。通过在锚杆上施加一定的预应力,可以主动地对巷道进行支护,提高巷道的稳定性。预应力锚杆具有支护效果好、适应性强等特点,特别适用于应力较大、变形较严重的巷道。然而,预应力锚杆的施工要求较高,需要精确控制预应力的施加量和分布。此外,预应力锚杆的成本也相对较高,需要综合考虑经济因素进行选择。

二、煤矿井下掘进过程中巷道锚杆支护的作用

(一) 保证煤矿井下巷道围岩的完整性

煤矿井下巷道在掘进过程中,由于岩体的应力分布和地质条件的变化,巷道围岩往往会出现变形、破坏等问题。这些问题如果不及时得到解决,将会对巷道的稳定性和使用安全造成严重影响。巷道锚杆支护作为一种有效的支护方式,能够显著提高巷道围岩的完整性。首先,锚杆通过其强大的拉力作用,能够将软弱岩层悬吊在上方坚固岩层上,防止软弱岩层的垮落和变形。同

时，锚杆还能够将多层岩层组合成一个整体，形成类似梁的结构，增强各岩层之间的黏结力，提高岩层的整体承载能力。这样，即使岩层受到外部应力的作用，也能够保持较好的稳定性，减少变形和破坏的可能性。其次，巷道锚杆支护通过施加预应力或后张力，使锚杆与岩体之间产生挤压力，将巷道周围的岩体挤压得更加紧密，形成一个稳定的加固拱。这个加固拱能够有效地抵抗外部应力的作用，保持巷道的形状和尺寸稳定，防止围岩的进一步破坏。此外，巷道锚杆支护还能够改善巷道的应力分布状态。通过合理布置锚杆的位置和数量，可以使巷道周围的应力分布更加均匀，减少应力集中现象的发生，从而降低巷道围岩的破坏程度。

（二）提升煤矿井下巷道作业的安全性

煤矿井下作业环境复杂多变，巷道作为煤矿生产的重要通道，其安全性直接关系到矿工的生命安全和煤矿的正常生产。巷道锚杆支护作为一种有效的支护方式，能够显著提升煤矿井下巷道作业的安全性。首先，巷道锚杆支护能够有效防止巷道顶板和侧墙的垮落。通过安装锚杆，可以加固巷道顶板和侧墙的岩层，增强其承载能力，防止因岩层变形或破坏导致的垮落事故。这样，矿工在巷道中作业时，就能够更加安心地进行生产活动，减少了因巷道垮落而引发的安全风险。其次，巷道锚杆支护能够改善巷道的通风条件。通过保持巷道的形状和尺寸稳定，减少围岩的破坏和变形，可以保持巷道的通风断面不变，确保通风系统的正常运行。良好的通风条件能够有效降低巷道内的有害气体浓度，提高空气质量，保障矿工的呼吸健康。此外，巷道锚杆支护还能够提高巷道的抗震能力。在地震或其他自然灾害发生时，锚杆能够有效地抵抗地震波对巷道的冲击，保持巷道的稳定性，减少因地震导致的巷道破坏和人员伤亡。

三、煤矿井下掘进过程中巷道锚杆支护的应用

在煤矿井下掘进过程中，巷道锚杆支护作为一种重要的支护方式，其应用对于保障巷道的安全稳定具有重要意义。通过优化巷道锚杆支护设计和规范支护流程，能够进一步提高支护效果，确保煤矿生产的安全高效进行。

（一）优化巷道锚杆支护设计

巷道锚杆支护设计是支护工作的重要前提，它需要根据煤矿井下的实际情况、岩层性质、巷道断面以及应力分布等因素进行综合考虑。优化巷道锚杆支护设计，可以从以下几个方面入手：

首先，要根据巷道的地质条件和岩层性质，选择合适的锚杆类型、规格和材质。例如，在坚硬岩层中，可以选择金属锚杆或高强度非金属锚杆；而在软弱岩层中，则需要考虑使用全长锚固锚杆或预应力锚杆等具有更强支护能力的锚杆类型。其次，要合理确定锚杆的间距、排距和角度等参数。这些参数的选择直接影响到锚杆支护的效果和巷道的稳定性。一般来说，锚杆的间距和排距应根据岩层的稳定性和应力分布情况进行调整，而锚杆的角度则应尽量与岩层层面垂直，以提高锚杆的

支护效果。此外，还需要考虑锚杆与岩体之间的黏结力问题。为了提高锚杆的黏结力，可以在锚杆表面涂抹锚固剂或采用其他增加黏结力的措施。同时，还可以通过增加锚杆的预应力或后张力，进一步提高锚杆支护的效果。

（二）规范巷道锚杆支护流程

1. 准备工作

在进行巷道锚杆支护施工前，必须做好充分的准备工作。首先，要详细检查巷道的地质条件和岩层特性，了解巷道的应力分布和变形情况，为支护设计提供依据。其次，根据巷道的设计要求和支护参数，准备好所需的锚杆、锚固剂、钻机等施工设备和材料。同时，确保施工区域的通风良好，照明充足，为施工人员提供一个安全、舒适的工作环境。

2. 测量与定位

测量与定位是巷道锚杆支护施工的关键步骤。首先，使用测量仪器对巷道进行精确的测量，确定巷道的中心线和轮廓线。然后，根据支护设计要求，在巷道壁上标出锚杆的安装位置和角度。在测量与定位过程中，要注意保持测量精度，避免误差累积，确保锚杆的安装位置准确无误。

3. 钻孔

钻孔是锚杆支护施工的重要环节。根据测量定位的结果，使用钻机在巷道壁上钻孔。钻孔的深度、直径和角度应符合设计要求，以确保锚杆能够顺利插入并固定在岩层中。在钻孔过程中，要保持钻头的稳定性和钻孔的直线性，避免偏斜或损伤岩层。同时，要注意钻孔速度的控制，避免过快或过慢导致孔壁破坏或孔径不符合要求。

4. 清孔

钻孔完成后，需要对孔内进行清理。使用专用工具清除孔内的岩屑、泥土等杂物，确保孔内干净无杂物。清孔的目的是为了提高锚杆与岩体之间的黏结力，确保支护效果。在清孔过程中，要注意不要损伤孔壁，以免影响锚杆的固定效果。

5. 锚杆安装

清孔完成后，开始进行锚杆的安装。首先，将锚杆插入孔内，确保锚杆与孔壁紧密贴合。然后，根据设计要求在锚杆上安装托盘和螺母等附件。在安装过程中，要注意控制锚杆的插入深度和角度，确保锚杆能够充分发挥其支护作用。同时，要避免在安装过程中损坏锚杆或附件，影响其使用效果。

6. 锚固剂与搅拌

锚杆安装完毕后，需要在孔内注入锚固剂。锚固剂是一种能够将锚杆与岩体牢固黏结在一起的材料。根据巷道的地质条件和锚杆类型，选择合适的锚固剂。在注入锚固剂前，要确保孔内干燥无水，以免影响锚固效果。注入锚固剂后，使用搅拌器对锚固剂进行充分的搅拌，使其均匀分布在孔内并充分渗透到岩层中。搅拌过程中要注意控制搅拌速度和搅拌时间，确保锚固剂能够

充分发挥其作用。

7. 张拉与固定

待锚固剂固化后，对锚杆进行张拉。张拉是通过施加一定的预应力使锚杆与岩体紧密贴合的过程。使用专用张拉设备对锚杆进行张拉，确保锚杆的预应力达到设计要求。张拉完成后，使用螺母或其他固定装置将锚杆固定在巷道壁上，确保其稳定可靠。在固定过程中，要注意控制固定力矩和固定顺序，避免出现过紧或过松的情况。

8. 质量检测与记录

巷道锚杆支护施工完成后，需要进行质量检测。检测内容包括锚杆的插入深度、角度、预应力等参数是否符合设计要求，以及支护后的巷道稳定性和变形情况。通过质量检测可以及时发现并解决施工中存在的问题，确保支护效果达到预期。同时，要做好施工记录，记录每个环节的施工情况和参数，为后续巷道维护和修复提供依据。通过规范巷道锚杆支护流程，可以确保支护工作的顺利进行和支护效果的达到预期。同时，也有助于提高支护工作的效率和质量，降低支护成本，为煤矿的安全生产提供有力保障。在实际施工中，应根据具体情况灵活调整施工流程和技术参数，确保巷道锚杆支护施工的安全性和有效性。

（三）做好掘进技术施工管理

在煤矿井下掘进过程中，巷道锚杆支护的施工管理至关重要。有效的施工管理不仅能够确保支护工作的顺利进行，还能显著提高巷道锚杆支护的质量与效果，为煤矿的安全生产奠定坚实基础。以下将从强化施工人员培训和技术交底、加强施工现场监督和检查、引入现代化信息技术进行辅助管理以及建立完善的掘进技术档案管理制度等方面，详细阐述如何做好掘进技术施工管理。

1. 强化施工人员培训和技术交底

首先，要加强施工人员的专业技能培训。通过定期举办培训班、邀请专家授课等方式，使施工人员熟练掌握巷道锚杆支护的施工工艺、技术要求和安全操作规程。同时，要注重实际操作技能的培训，通过模拟演练、现场教学等方式，提高施工人员的实际操作水平。其次，要做好技术交底工作。在施工前，技术人员应详细向施工人员介绍巷道的地质条件、支护设计方案、施工参数等关键信息，确保施工人员对支护工作有全面、准确的认识。同时，要建立健全技术交底记录制度，确保技术交底工作的可追溯性和可考核性。

2. 加强施工现场监督和检查

在巷道锚杆支护施工过程中，要加强施工现场的监督和检查力度。通过设置专职安全员、实行旁站监督等方式，对施工现场进行全面、细致的监控。同时，要定期对施工质量和安全进行检查，发现问题及时整改，确保施工质量和安全符合设计要求。此外，还要建立严格的奖惩机制，对施工质量好、安全记录佳的施工班组和个人给予表彰和奖励；对施工质量差、安全事故频发的

施工班组和个人进行处罚和整改，以激发施工人员的积极性和责任心。

3. 引入现代化信息技术进行辅助管理

随着信息技术的不断发展，越来越多的现代化手段被应用于煤矿生产中。在巷道锚杆支护施工管理方面，可以引入现代化信息技术进行辅助管理。例如，可以利用BIM技术进行三维建模和模拟分析，提前预测和规避施工中可能出现的问题；通过物联网技术实现施工设备的远程监控和智能调度，提高施工效率；利用大数据技术对施工数据进行收集、分析和挖掘，为施工管理提供科学依据。同时，还可以建立信息化管理平台，实现施工信息的实时共享和协同办公，提高管理效率和决策水平。

4. 建立完善的掘进技术档案管理制度

建立完善的掘进技术档案管理制度是做好掘进技术施工管理的重要保障。通过制定详细的档案管理规定和操作流程，明确档案的内容、格式、保存方式和利用方法，确保档案的完整性和可追溯性。同时，要加强对档案的管理和维护工作，定期对档案进行整理、归档和备份，防止档案丢失或损坏。此外，还要加强档案的利用工作，通过查阅档案了解施工历史和经验教训，为今后的施工工作提供借鉴和参考。在掘进技术档案管理制度的建立过程中，要注重与实际相结合，根据煤矿的具体情况和需求进行灵活调整和完善。同时，要加强与其他部门的沟通和协作，确保档案管理制度的顺利实施和有效运行。

结语

通过对煤矿井下掘进过程中巷道锚杆支护的应用研究，我们深刻认识到其在提高巷道稳定性、保障安全生产方面的重要作用。在实际应用中，需要根据巷道的具体地质条件和支护要求，科学合理地选择锚杆类型、参数和施工工艺，确保支护效果达到预期。同时，我们还应加强施工人员的培训和技术交底工作，提高施工质量和安全水平。随着科技的不断进步和煤矿开采技术的不断创新，巷道锚杆支护技术将会得到进一步优化和完善。我们应积极探索新的支护材料和工艺方法，提高锚杆支护的可靠性和耐久性，为煤矿的安全高效生产提供更有力的技术支持。

参考文献

- [1] 邵松, 赵晓峰. 巷道锚杆支护在煤矿井下掘进过程中的应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024, (02): 139-141.
- [2] 戚麟, 苏引, 王建茂. 煤矿井下掘进过程中巷道锚杆支护的应用[J]. 冶金与材料, 2023, 43(12): 112-114.
- [3] 潘云杰, 张敬东. 煤矿井下掘进过程中巷道锚杆支护的应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (15): 175-177.
- [4] 温涛宁. 煤矿井下掘进过程中巷道锚杆支护技术[J]. 四川建材, 2023, 49(04): 107-108.