

矿建工程中锚杆支护技术对巷道稳定性的影响研究

李峰

华电煤业集团工程技术有限公司，陕西榆林，719000；

摘要：随着矿建工程的不断发展，巷道稳定性问题逐渐成为矿山安全生产中的关键难题。锚杆支护技术作为一种有效的支护手段，已广泛应用于矿山巷道的支护工作。通过对锚杆支护的力学原理、支护效果及其在实际矿建工程中的应用进行深入分析，研究表明，合理的锚杆设计能够显著提高巷道的稳定性，降低由于地质变动或开挖造成的安全隐患。本文通过案例分析和实验研究，探讨了锚杆支护技术的应用优势及其局限性，为矿建工程提供了优化支护设计的依据。研究结果显示，结合岩土条件、巷道规模与支护参数，锚杆支护技术能显著增强巷道的整体稳定性，提高矿山作业的安全性和经济效益。

关键词：锚杆支护；矿建工程；巷道稳定性；岩土力学；安全生产

DOI：10.64216/3080-1508.26.02.074

引言

矿建工程中的巷道稳定性一直是影响矿山作业安全和生产效益的关键因素。由于地质条件复杂多变，巷道的开挖和支护常常面临诸多挑战。锚杆支护技术作为一种有效的支护手段，广泛应用于矿山巷道的稳定性保障。其通过将锚杆与围岩结合，增强巷道结构的整体稳定性，避免岩体坍塌、滑坡等灾害发生。在实际应用过程中，锚杆支护技术的设计与实施仍存在许多需要改进和优化的方面。本文将通过对锚杆支护技术在矿建工程中的应用分析，探讨其对巷道稳定性的影响，并提出优化设计的可行性方案。

1 锚杆支护技术的原理与应用基础

锚杆支护技术是一种广泛应用于矿建工程中的支护手段，通过锚杆的埋设与围岩相结合，增强巷道的稳定性。其基本原理是利用锚杆将巷道内外的岩土层连接起来，形成一个整体支护结构，有效分散开挖过程中产生的应力，防止岩体的位移和塌方。锚杆通常由钢筋、钢绞线或钢管等材料制成，经过特殊处理后具有较强的抗拉和抗剪能力。锚杆的工作原理依赖于其与周围岩土的紧密结合，通过摩擦力、抗拉力以及岩土的整体约束来抵抗岩层的变形。

在矿建工程中，锚杆支护技术的应用不仅限于巷道的直接支护，还广泛应用于井巷、隧道及其他地下工程的支护作业中。针对不同的地质条件和巷道设计，锚杆的选型、埋设深度、间距和倾斜角度等参数都需要根据实际情况进行调整和优化，以达到最佳的支护效果。尤其是在复杂的地质条件下，锚杆支护能有效预防因岩层

松动、应力集中等原因导致的突发事故。

通过合理的锚杆支护设计，能够有效控制巷道周围岩体的变形，防止裂缝的扩展与塌方现象，尤其是对软弱围岩、破碎岩体及变形较大的巷道部分，锚杆支护提供了较为经济且高效的解决方案。在实际应用中，锚杆的配合与支护效果直接影响巷道的长期稳定性和矿山的安全生产，科学设计和精确施工显得尤为重要。

2 锚杆支护对巷道稳定性的影响分析

锚杆支护技术对巷道稳定性的影响主要体现在其能够有效增强巷道的结构强度、减缓岩体的变形速率并防止发生严重塌方。巷道开挖后，围岩由于失去原有的支撑力，往往会产生不均匀的应力集中，导致岩体产生裂隙，进而发生变形或塌方。锚杆的应用通过将围岩与巷道的支护结构紧密连接，形成一个协同作战的支护系统，抵抗来自地下压力的作用，进而减少巷道的变形和位移。

在实际的矿建工程中，锚杆支护通过其对围岩的约束作用，能够有效地将地质条件较差的岩体固定下来，防止松动或滑坡现象的发生。尤其是在软弱地质、裂隙发育或变形较大的岩层中，锚杆支护能够提供一个稳定的支撑体系，减轻岩体因开挖而引起的负担。锚杆与岩体之间的相互作用，促进了围岩的固结与稳定，防止了裂隙的扩展，同时也避免了塌方等灾难性事故的发生。通过对锚杆支护的合理布置和设计，可以显著降低巷道变形量，确保作业环境的安全性。

锚杆支护不仅对巷道本身的稳定性起到了关键作用，也对矿山整体安全生产起到了至关重要的作用。通

过分析多种地质条件下的实际应用案例,研究发现,在不稳定的岩层和突发的地质条件变化下,锚杆支护技术能够显著提高巷道的抗变形能力,确保开挖作业的顺利进行。特别是对于复杂地质环境中的矿井,锚杆支护能够有效控制岩体破裂的范围和速度,减少了由于地质变化导致的安全事故。

在锚杆支护对巷道稳定性影响的分析中,设计的合理性和施工的精确度也至关重要。锚杆的埋设位置、长度、角度和间距等参数需要结合具体的岩土工程条件进行优化设计。不同的支护方式和技术组合对巷道稳定性的影响也存在显著差异。通过对支护效果的持续监测和数据分析,可以及时发现潜在的隐患并采取针对性的改进措施,从而确保巷道在长期使用中的稳定性和安全性。因此,锚杆支护不仅是解决巷道开挖过程中稳定性问题的关键技术,也为矿山安全生产提供了可靠的保障。

3 不同地质条件下的锚杆支护设计策略

巷道的稳定性不仅依赖于支护的类型和结构,还受围岩性质、地下水情况以及开挖工艺等因素的综合影响。因此,设计锚杆支护系统时,必须充分考虑地质条件的差异,合理调整锚杆的参数,以确保支护效果最大化。在软弱围岩或破碎带中,锚杆的设计应着重于增强其承载能力与围岩的粘结力,以防止岩体出现剧烈变形或塌方现象。在软岩或粉质岩等地质条件较差的区域,锚杆的长度和直径需要相对较大,且锚杆与围岩的连接应更加紧密。为增强支护效果,可以采用多排锚杆、钢绞线锚杆或加设混凝土支撑等手段,增加锚杆支护系统的整体稳定性。在这种条件下,锚杆不仅要承受来自开挖的荷载,还需承担由于围岩软弱导致的自重应力。通过合理设计锚杆的深度与角度,能有效分散围岩压力,减轻其变形。锚杆的安装位置也要根据围岩的实际变形特点进行调整,确保支护的精准性和可靠性。

对于裂隙岩层或破碎带的设计,则需要考虑岩体裂隙的方向和分布情况。在这种地质环境下,锚杆的布置应考虑到裂隙的走向与分布,确保锚杆能够有效地穿透裂隙并形成较好的支撑力。根据裂隙的发育程度和方向,可以适当增加锚杆的密度和角度,以便提高锚杆在裂隙岩体中的锚固力。采用双向张拉或多点张拉技术,能够更好地控制围岩的变形,减少裂隙扩展的风险,保持巷道的稳定。在高水压、湿润或水流作用强烈的地质条件下,锚杆的设计应考虑水对岩体的侵蚀和冲刷作用。在

这些环境下,锚杆的耐腐蚀性能至关重要,选择防腐材料或采取防护措施,如在锚杆外层包裹防腐涂层或使用不锈钢材料,可以有效延长支护系统的使用寿命。针对水压较高的地区,锚杆的承载能力也需要进行适当的提升。加强对地下水的监测,及时采取排水或加固措施,避免水流对巷道稳定性的影响。

对于硬岩或坚硬岩层,锚杆的设计要求主要集中在提高其锚固深度和穿透能力。在这种岩层中,锚杆需要在岩体中深埋,以增强与围岩的摩擦力和锚固力。锚杆的长度和直径可以相对较小,但其布置密度和角度仍需精准,以确保支护效果。由于硬岩的变形较小,支护系统的主要功能是控制开挖过程中应力集中和裂隙的扩展。在不同地质条件下,锚杆支护设计策略必须根据岩土特性、围岩稳定性以及矿山的具体需求进行调整。通过对地质情况的深入分析,可以为不同类型的矿山开挖提供更为科学、合理的支护方案,确保巷道的长期稳定性,保障矿山生产的安全与效率。

4 锚杆支护技术在矿建工程中的案例分析

在一些矿山工程中,围岩的复杂性和不稳定性往往给巷道的支护带来巨大挑战,尤其是在软弱围岩、高水压区域及裂隙发育的地质条件下。针对这些情况,锚杆支护技术在多个工程中成功地发挥了重要作用,提供了有效的解决方案。某大型煤矿项目中,巷道开挖后,围岩软弱且存在大量裂隙,致使巷道稳定性差,出现了不同程度的变形。项目组采用了钢绞线锚杆与喷射混凝土的组合支护方案,锚杆的密度和长度经过精确计算和设计,以确保最大限度地增强巷道的稳定性。特别是在裂隙岩层区域,锚杆的布置方向和间距做了精细调整,确保了每个支撑点都能够有效地承载围岩的压力,减少了岩体的位移和开裂现象。实践证明,这种支护设计大大提升了巷道的整体稳定性,避免了潜在的塌方事故,提高了矿井的生产安全性。

另一个案例发生在某地下金属矿开采过程中。该矿的巷道位于断层破碎带中,地下水丰富且水流冲刷严重。为了解决巷道因水压和地质不稳定带来的支护问题,项目组采用了高强度锚杆支护系统,并结合了先进的排水技术。锚杆的设计考虑到水流对支护结构的冲刷作用,选用了具有防腐性能的材料,确保了支护系统能够长期稳定工作。与此同时,通过对地下水水流速和水压的实时监测,及时采取了排水措施,防止了水压过大对巷道造

成的不良影响。这一设计在复杂地质条件下有效地保护了巷道稳定，并成功避免了由于水流侵蚀导致的支护失效问题。

在某隧道矿建工程中，由于岩层硬度较大，施工过程中出现了应力集中现象，导致局部区域岩体裂缝不断扩展，给巷道的安全带来了威胁。该项目采用了长锚杆支护，并对其锚固力进行了加强，确保锚杆在硬岩中具有更强的穿透力和稳定性。通过对锚杆埋设深度和角度的优化设计，有效地减缓了岩体变形的速度，防止了裂缝的进一步扩展。项目还在关键部位安装了监测设备，实时采集巷道的变形数据，确保支护设计能够根据实际情况进行及时调整和优化。实践表明，采用长锚杆支护后，巷道的稳定性得到了显著提升，避免了岩体发生大规模破坏。

这些案例表明，锚杆支护技术在矿建工程中的应用不仅依赖于锚杆本身的设计，还需要结合周围岩体的特性和外部环境因素。通过灵活调整锚杆的参数，结合多种支护手段，能够有效解决不同地质条件下巷道稳定性的问题。成功的应用实践证明了锚杆支护技术的巨大潜力，尤其在复杂地质和不良环境下，它能够有效增强巷道的稳定性，保证矿山作业的安全运行。

5 提升巷道稳定性的优化方案与实践

提升巷道稳定性的优化方案涉及多方面的措施，旨在提高支护结构的承载能力，减少围岩变形，确保矿山作业的安全性。在实际应用中，通过合理的设计和技术手段，可以显著提升巷道的稳定性，尤其是在复杂地质环境下。一个有效的优化方案是结合锚杆支护、喷射混凝土和支护网等多种支护技术，根据巷道的实际情况进行组合应用。通过这种综合支护方式，可以大大增强巷道对围岩的整体约束力，防止巷道在开挖过程中发生过大的变形或塌方。

针对不同的地质条件和矿山需求，优化方案可以从多个方面入手。对于软弱围岩，采用长锚杆与短锚杆相结合的方式进行支护，使支护系统能够更好地分散和传递围岩的应力，防止大规模位移。通过优化锚杆的布局与设计，选择适当的间距和角度，进一步增强其锚固力，并利用高强度锚杆提高支护系统的稳定性。在裂隙发育严重的岩体中，设计时应特别注意锚杆的穿透深度与抗拉强度，以确保其能够有效地锁固岩体，防止岩体裂缝

的扩展。

当巷道面临地下水压力或水流影响时，增加排水系统成为提升巷道稳定性的关键措施。通过设置排水孔、排水沟和加固水流路径，可以有效地降低水对巷道支护系统的冲刷作用，防止水流侵蚀支护材料或降低锚杆的有效性。水位监测系统的安装也能够实时监控地下水水流态，为支护方案的调整提供数据依据，确保支护措施能够在不同的水文条件下稳定运行。采用动态监测技术也是提升巷道稳定性的重要途径。通过安装应变计、位移传感器等设备，实时监测巷道的变形和锚杆的应力状态，可以为支护设计的优化提供及时反馈。根据监测数据调整支护参数，能够在初期发现问题并进行相应的修正，避免支护失败和巷道大规模坍塌。

加强支护施工质量的控制也是提升巷道稳定性的关键因素。确保锚杆施工的精度和质量，避免锚杆在安装过程中发生倾斜或位置偏差。通过严格的施工规范，确保支护材料的强度和稳定性，进而提高整个支护系统的承载能力。结合现代化施工技术和设备，能够更精确地执行支护设计方案，提升支护系统的效率和安全性。提升巷道稳定性的优化方案需要结合多方面的技术和措施，根据地质条件、开挖工艺以及周围环境进行综合考虑。通过合理设计、加强施工质量、利用监测技术等手段，可以显著提高巷道的安全性和稳定性，确保矿建工程的顺利进行。

6 结语

锚杆支护技术在矿建工程中的广泛应用，充分展现了其在巷道稳定性保障方面的重要性。通过优化设计和技术组合，能够有效应对不同地质条件下的挑战，提升支护效果，确保矿山作业的安全性。未来，随着技术的不断进步，锚杆支护方案将更加精确和高效，为矿建工程的安全生产提供更为坚实的基础。

参考文献

- [1] 李敏. 探究矿建工程巷道掘进锚杆支护设计[J]. 机械管理开发, 2023, 38(11): 277-278+281.
- [2] 黄修鹏, 王俊民. 矿建工程中巷道掘进锚杆支护技术[J]. 世界有色金属, 2022, (13): 43-45.
- [3] 余仁贵. 锚杆支护技术在矿建工程巷道掘进中的应用[J]. 世界有色金属, 2022, (01): 30-32.