

煤矿巷道支护技术的研究与优化

白少锋¹ 周 旭²

1. 义煤集团宜阳义络煤业有限责任公司 河南 洛阳 471600

2. 河南大有能源股份有限公司常村煤矿 河南 三门峡 472300

摘 要: 煤矿巷道支护技术是确保矿井安全生产的关键环节。本文详细探讨了煤矿巷道支护技术的基本原理、现状、存在问题以及优化方向。通过深入分析传统的支护技术和新型支护材料、结构的研究应用,提出了针对性的优化策略,旨在提高巷道的稳定性和安全性。

关键词: 煤矿巷道; 支护技术; 研究; 优化

引言

煤矿巷道作为连接采区与井口的重要通道,在煤矿生产中发挥着举足轻重的作用。然而,受地质条件、矿压和矿井水等多重因素影响,巷道的稳定性和安全性面临严峻挑战。因此,对煤矿巷道支护技术的研究与优化显得尤为重要。

1 煤矿巷道支护技术的基本原理

煤矿巷道支护技术的基本原理是通过在巷道墙壁和顶板上应用具有一定强度和韧性的支撑材料和结构,如钢架、钢筋混凝土等,来分担和传导巷道周围的地压力,从而增强巷道的稳定性和承载能力。这些支护材料和结构通过合理的设计和选择,能够有效地控制巷道变形和坍塌,确保煤矿生产的顺利进行。

2 煤矿巷道支护技术的现状与问题

2.1 现状

一是支护技术多样化:目前,煤矿巷道支护技术涵盖了钢支架、木支架、岩石支护等多种方式。这些支护方式在特定的地质和矿压条件下,各自具有一定的适用性和效果。二是新型支护材料应用:随着科技的进步,高分子树脂材料、纤维增强材料等新型支护材料开始被应用于煤矿巷道支护中。这些材料具有较高的强度和良好的耐压性能,为提升巷道稳定性提供了新的可能。三是支护技术不断改进:为了应对复杂多变的地质条件,煤矿巷道支护技术也在不断改进和优化。例如,通过设计更加科学合理的支护结构,如拱形、网状等,以提高巷道的抗压承载能力和稳定性。

2.2 问题

2.2.1 传统支护方式的局限性

传统的钢支架和木支架作为煤矿巷道支护的主要手段,长期以来在矿业领域扮演着重要角色。然而,这些传统支护方式在面临较大的矿压时,往往表现出明显的

局限性。钢支架,虽然在刚性和承载能力上相对较强,但在持续的高压力环境下,其结构容易发生变形。特别是在地质条件复杂、矿压变化大的区域,钢支架的变形和断裂风险显著增加。一旦支架发生形变或断裂,不仅会降低其支护效果,还可能导致巷道结构的失稳,进而威胁到矿工的安全。木支架虽然在柔韧性和吸震能力上有其优势,但其抗压强度和耐久性相对较弱。在长时间的矿压作用下,木支架容易出现开裂、腐朽等问题,导致其支护能力大幅下降。此外,木支架还需要定期维护和更换,这无疑增加了矿井的运营成本和维护难度。除了物理性能上的局限,传统支护方式在应对动态变化的矿压环境时也显得力不从心^[1]。由于地质条件的复杂性和多变性,巷道所受的矿压并非恒定不变。这就要求支护系统不仅要有足够的静态承载能力,还需要具备良好的动态响应特性。然而,传统的钢支架和木支架在这方面表现并不理想,难以有效应对矿压的瞬时变化和长期波动。

2.2.2 岩石支护施工难度大

岩石支护,作为一种依赖于巷道周围岩体自身稳定性的支护方式,虽然在理论上具有较高的稳定性,但在实际应用中却面临着多方面的挑战。首先,岩石支护的施工难度极大。由于它通常需要在坚硬的岩体中进行钻孔、注浆、锚固等操作,这不仅要求施工人员具备高超的技术水平,还需要使用专业的设备和工具。在施工过程中,任何环节的失误都可能导致支护效果不佳,甚至引发安全事故。其次,岩石支护的施工风险高。在进行岩石支护时,施工人员往往需要在狭小的空间内进行高强度作业,这不仅对施工人员的身体素质和技术水平提出了高要求,同时也增加了安全事故的风险。特别是在地质条件复杂、岩体破碎的区域,施工难度和风险更是成倍增加。再者,岩石支护的成本相对较高。由于其施工难度大、技术要求高,因此需要投入大量的人力、物

力和财力。同时,岩石支护的后期维护和修复成本也不容忽视,一旦支护结构出现问题,往往需要投入大量的资源进行修复。此外,岩石支护对地质条件的要求也较高。它通常适用于岩体完整、稳定性好的区域。然而,在煤矿巷道中,地质条件往往复杂多变,并非所有区域都适合采用岩石支护。在软岩、破碎带或地质构造复杂的区域,岩石支护的效果可能会大打折扣。

2.2.3 支护技术与地质条件不匹配

煤矿地质条件的复杂性和多样性是矿业领域面临的长期挑战。这种复杂性体现在岩体的物理性质、结构特征、应力分布以及地下水条件等多个方面。由于这些因素的综合影响,不同区域的煤矿巷道可能需要截然不同的支护策略。然而,目前普遍采用的支护技术,如钢支架、木支架或岩石支护等,往往是基于特定的地质条件而设计的。这些技术在其适用的地质环境下能够发挥良好的支护效果,但一旦地质条件发生变化,其效果可能会大打折扣。例如,在坚硬且完整的岩体中,岩石支护可能是一种非常有效的支护方式。然而,在软弱、破碎或富含水分的岩体中,岩石支护可能就不再适用,因为这些条件下岩体的自稳能力大幅下降,需要更加刚性和稳定的支护结构来提供额外的支撑。同样,钢支架和木支架在某些地质条件下可能表现出色,但在高应力、高湿度或温度变化大的环境中,这些材料的性能可能会受到影响,导致支护效果减弱^[2]。由于地质勘探的局限性和巷道掘进过程中的不确定性,有时很难在支护设计之初就准确预测到所有可能的地质变化。因此,在实际施工中,经常会出现支护技术与实际地质条件不匹配的情况。这种不匹配不仅会影响巷道的稳定性和安全性,还可能导致巷道变形、坍塌等严重事故,对矿工的生命安全和矿山的正常运营构成严重威胁。

2.2.4 缺乏科学系统的支护合理性评价系统

在煤矿巷道支护领域,一个显著的问题是缺乏一个科学且系统的支护合理性评价系统。目前,支护技术的选择和应用往往主要依赖于工程师和现场操作人员的经验判断。虽然经验在矿业工程中具有重要的价值,但仅凭经验进行决策,缺乏科学数据的支撑和验证,难以确保支护方案的最优化和安全性。没有科学系统的支护合理性评价系统,就意味着在选择支护方式、材料和结构时,可能无法全面考虑各种因素,如地质条件、矿压分布、巷道用途、使用寿命等。这可能导致支护方案与实际需求不匹配,支护效果不佳,甚至在某些极端情况下,可能引发巷道的局部失稳或整体坍塌,造成严重的安全事故。此外,缺乏科学的评价系统也意味着无法对

支护效果进行定量评估。在传统的经验判断模式下,支护效果的评估往往依赖于定性观察和主观感受,这既不准确也不可靠。一个科学的评价系统应该能够基于实际监测数据和理论分析,对支护效果进行量化评估,从而为后续的支护方案优化提供有力支持。

3 煤矿巷道支护技术的优化策略

3.1 支护材料的优化选用

在煤矿巷道支护技术的优化中,支护材料的优化选用是至关重要的一环。随着科技的不断发展,新型巷道支护材料的研发和应用显得尤为重要。这些新型材料不仅应具备传统支护材料所具备的基本性能,如足够的强度和稳定性,更应在高强度、高韧性、轻量化等方面有所突破,以适应日益复杂的深部巷道环境。高强度是新型支护材料所必须具备的重要特性。随着煤矿开采深度的增加,巷道所承受的围岩压力也随之增大。因此,支护材料必须具备足够高的强度,以抵抗这种强大的压力,确保巷道的稳定性。同时,高韧性也是不可忽视的性能指标。在巷道开挖和使用过程中,地质条件的变化和矿压波动是不可避免的。高韧性的支护材料能够更好地适应这些变化,减少因变形或断裂而导致的支护失效风险。此外,轻量化也是新型支护材料的一个重要发展方向。传统的支护材料,如钢材和木材,往往重量较大,不仅给运输和安装带来困难,还会增加巷道的负担。轻量化的支护材料能够有效解决这一问题,提高施工效率的同时,也降低了对巷道结构的影响。为了实现支护材料的优化选用,必须加大对新型材料的研发力度。通过深入研究材料的物理和化学性能,探索其制备工艺和性能优化方法,以期开发出更加符合深部巷道支护需求的新型材料。同时,开展新材料的试验与验证工作也是必不可少的环节。通过在实际巷道环境中的长期监测和对比分析,可以全面评估新型材料的性能表现和使用寿命,为其在实际工程中的广泛应用提供有力支持。

3.2 支护结构的优化设计

支护结构的优化设计在煤矿巷道支护技术中占据着举足轻重的地位。一个合理的支护结构设计,是确保巷道在复杂地质环境下保持稳定性的基石。在进行支护结构设计时,必须深入理解和综合考虑巷道所处的地质条件、矿山的开采方式以及预期的矿压变化等多元因素。针对地质条件,特别是岩体的强度、节理裂隙发育情况、地下水条件等,设计师需要精准地评估这些因素对巷道稳定性的影响。例如,在软弱岩层或断裂带,支护结构需要更强的支撑力和稳定性,以防止巷道的变形和坍塌。在支护结构的材料选择上,喷射混凝土和锚杆锚

喷射混凝土能够快速固化,形成一层坚硬的保护层,增强巷道的整体稳定性。而锚杆锚喷技术则通过深入岩体的锚杆,将支护结构与周围岩体紧密结合,有效提升巷道的承载能力^[3]。此外,支护结构的设计并非凭空臆想,而是需要建立在严谨的力学计算和有限元分析基础之上。通过全面的力学计算,设计师可以精确掌握支护结构在各种矿压作用下的受力情况,从而确保其受力合理,不会出现应力集中或过载的现象。同时,利用有限元分析方法,可以对支护结构的整体稳定性进行模拟和预测,进一步优化结构设计,提高其在实际应用中的可靠性。

3.3 支护技术的创新应用

在煤矿巷道支护领域,技术的创新应用是推动行业进步、提高支护效果的关键。近年来,随着科技的飞速发展,多种新型支护技术应运而生,为煤矿巷道的稳定性和安全性带来了革命性的提升。预应力锚索支护技术便是其中的佼佼者。该技术通过施加预应力,使锚索在巷道围岩中产生强大的拉应力,从而有效地控制巷道的变形。与传统的支护方式相比,预应力锚索支护技术不仅提高了巷道的稳定性,还大大降低了支护成本,为煤矿的高效开采提供了有力支持。注浆加固技术则是另一种值得关注的创新支护技术。该技术通过向巷道围岩中注入特定的浆液,不仅能填补岩体中的裂隙,还能增强岩体的整体强度。这种技术特别适用于地质条件较差、岩体破碎的区域,能够显著提高巷道的承载能力和稳定性。除了上述两种技术外,还有多种新型支护技术正在研发和应用中,如可缩性U型钢支架、高强度复合材料支护等。这些技术的共同特点是具有更高的支护强度和更好的适应性,能够满足不同地质条件下的巷道支护需求。此外,与现代信息技术的结合也是支护技术创新应用的一个重要方向。通过建立巷道支护管理平台,可以实现对巷道支护状态的实时监测和远程管理。这种智能化的管理方式不仅提高了管理效率,还能及时发现和处理支护结构中的问题,从而确保巷道的长期稳定运行。

3.4 加强监测与预警系统建设

在煤矿巷道支护技术的优化策略中,加强监测与预警系统建设是至关重要的环节。这一系统的建设不仅关

乎巷道的安全稳定,更是预防事故发生、确保人员安全的关键。为了实现实时监测,应当在巷道内关键位置安装高精度的传感器和监测设备。这些设备能够持续、准确地测量并记录巷道内的各种参数,如应力分布、位移变化以及温度波动等。通过这些数据,可以深入了解巷道的安全状态,及时发现潜在的安全隐患。数据分析是监测与预警系统中的核心环节。利用专业的数据分析软件,可以对收集到的大量数据进行处理和分析,进而识别出异常情况和潜在风险。例如,通过分析应力数据的变化趋势,可以预测支护结构的受力情况;通过位移数据的监测,可以及时发现巷道的变形情况^[4]。预测模型的开发也是提升预警系统效能的关键。基于历史数据和实时监测数据,可以构建出巷道支护结构的变形和破坏预测模型。这些模型能够预测支护结构在未来一段时间内的安全状态,为及时采取补救措施提供决策支持。当监测数据或预测模型显示巷道支护结构存在变形、破坏风险时,预警系统应立即启动,发出明确的警报信息。相关人员收到警报后,应迅速进行现场核查,并根据实际情况采取相应的补救措施,如加固支护结构、调整开采策略等,以避免事故的发生。

结语

煤矿巷道支护技术的研究与优化是确保矿井安全生产的重要保障。通过对新型支护材料和结构的研究应用,以及与自动化技术的结合,可以显著提高巷道的稳定性和安全性。未来,随着科技的进步和环保意识的提升,煤矿巷道支护技术将继续向着更加环保、智能的方向发展。

参考文献

- [1]李志远.复合支护技术在煤矿巷道支护中的应用[J].矿业装备,2023,(12):44-45.
- [2]贾海和.煤矿巷道掘进中支护技术的研究与应用[J].能源与节能,2022,(11):137-139.
- [3]杜富生.煤矿巷道掘进支护技术存在的问题及对策[J].现代工业经济和信息化,2022,12(07):298-299.
- [4]杨泽宇.煤矿巷道掘进施工与支护技术探讨[J].矿业装备,2022,(03):23-25.