

巷道支护优化设计及施工管理研究

张明强

山东新巨龙能源有限责任公司 山东 菏泽 274900

摘要：本研究通过深入的文献综述，系统性地探讨了巷道支护的基本概念、目前设计方法以及先进技术的应用。在设计优化方面，地质勘探与分析的重要性在确保地下工程稳定性方面得到突显。支护结构设计方面，先进材料和技术的引入提高了支护系统的灵活性。施工管理方面强调了施工前准备、施工过程控制和施工后监测与评估的综合作用，确保了支护工程的整体成功。未来发展趋势包括对轻量、高强度、可持续性的更高要求，以及数字化技术的广泛应用，为地下工程提供更智能、可持续的解决方案。

关键词：巷道支护；设计优化；施工管理；地质勘探；支护结构

巷道支护在地下工程中扮演着至关重要的角色，其设计与施工管理的优化对于确保工程的长期稳定性和安全性至关重要。本文通过对巷道支护领域的文献综述，旨在全面了解基本概念、目前设计方法以及先进技术的发展趋势。地质勘探与分析作为设计优化的第一步，为支护工程提供了可靠的地质基础。在支护结构设计方面，先进材料和技术的引入提高了支护系统的性能和适应性。施工管理的方方面面，从施工前准备到施工过程控制再到施工后的监测与评估，都关系到工程的整体成功。

1 文献综述

1.1 巷道支护的基本概念

巷道支护是在地下工程中应用的一种关键技术，旨在确保地下空间的稳定性和安全性。巷道支护的基本概念涉及到对地质条件、巷道尺寸以及工程用途的全面理解。通常，巷道支护的目标是防止地层崩塌、地表塌陷以及其他可能对巷道结构造成影响的不稳定因素。支护系统的设计需要考虑到地质结构、地下水情况以及工程施工的特殊要求，以制定最有效的支护策略。

1.2 目前支护设计的常见方法

目前，巷道支护领域涌现了多种设计方法，旨在满足不同地质条件和工程需求。传统的支护设计方法包括钢架支护、混凝土喷射支护等，这些方法在一定情况下仍然具有可行性。然而，随着技术的不断发展，越来越多的先进支护方法得到应用，例如纤维增强材料、土钉支护、以及地面注浆等。这些新兴技术通过提高支护结构的灵活性、适应性和效率，为巷道工程提供了更为可靠和经济的解决方案。支护设计的不断创新与进步为地下工程领域带来了更安全、可持续的发展路径。

1.3 先进的支护技术和方法

随着科技的不断进步，地下工程领域涌现出一系列先进的支护技术和方法，为巷道工程提供了更高效和可靠的解决方案。一种先进的支护技术是纤维增强材料的应用，这种材料具有出色的抗拉性能和耐腐蚀特性，能够提高巷道支护结构的强度和耐久性。土钉支护作为一种机械锚固方法，通过将钢筋土钉嵌入地层，有效增加了地体的整体稳定性，尤其在软弱地质条件下表现出色。地面注浆技术也在先进的支护方法中占有重要地位。通过将水泥浆液或聚合物注入地层裂隙，地面注浆能够强化地体，并形成坚固的支护层，提高地下空间的整体稳定性。这种方法不仅适用于各种地质条件，而且施工过程相对简便，节省了时间和成本。先进的支护技术和方法的不断创新推动着巷道工程领域向更为安全、可持续的方向迈进。

2 巷道支护设计优化

2.1 地质勘探与分析

地质勘探与分析是巷道支护设计优化的首要步骤，其准确性直接影响支护系统的有效性和巷道的长期稳定性。在进行地

质勘探时，必须全面了解地下地质情况，包括地层性质、岩性分布、断裂带和地下水位等因素。先进的勘探技术如地震勘探、岩芯取样以及地电阻勘探等提供了多层次的地质信息，为后续支护设计提供了可靠的数据基础。通过对地质数据的详细分析，可以识别出潜在的地质风险和支护需求。例如，在软弱地层中可能存在的地层沉降风险，或者在断裂带中可能出现的地表裂缝问题。地质勘探与分析还能够帮助工程师选择合适的支护结构和材料，以应对特定地质条件下可能发生的变化。综合考虑地质数据，地质勘探与分析为巷道支护设计提供了基础，并为优化支护结构的制定提供了指导。这一阶段的准确性和全面性直接关系到后续巷道支护系统的性能和工程的整体成功。

2.2 支护结构设计

支护结构设计是巷道支护优化的核心环节，涉及到选择合适的支护形式、结构类型以及材料特性，以确保巷道在各种地质条件下获得最佳的稳定性和安全性。传统的支护结构包括钢架支护、混凝土喷射支护等，这些方法在不同地质情况下具有一定的适用性。然而，先进的支护结构设计已经引入了更灵活、轻量、高强度的材料，如纤维增强材料和复合材料，以适应不同地质条件下的特殊需求。在支护结构设计阶段，工程师需要考虑巷道的尺寸、承载力要求、地质环境等多方面因素。例如，在宽巷道中可能选择横向支撑结构，而在狭窄巷道中则可能采用纤维增强材料进行壁面支护。支护结构设计还需要充分考虑施工的可行性和经济性，确保设计方案既符合工程要求又能够在实际施工中得以实现。支护结构设计的优化是确保巷道工程成功的关键因素之一。先进的设计方法和材料的引入为工程提供了更多选择，使支护结构更为灵活、可持续，从而提高了巷道在复杂地质条件下的安全性和稳定性。

2.3 材料选择与性能评估

材料选择与性能评估是巷道支护设计优化的重要环节，直接关系到支护系统的耐久性和整体性能。在材料选择方面，工程师需要仔细考虑地质条件、巷道用途以及设计要求。传统的支护材料如钢、混凝土在某些情况下仍然有效，但随着技术的进步，新型材料如纤维增强材料、聚合物及复合材料等提供了更为灵活和高性能的选择。纤维增强材料因其轻量、高强度和耐腐蚀等特性而成为支护设计中备受关注的材料之一。这种材料能够提供出色的抗拉性能，对于增强巷道结构的稳定性起到关键作用。聚合物材料则常用于地下水位较高的区域，其优异的耐化学腐蚀性能够延长支护系统的使用寿命。在材料选择确定后，性能评估成为必不可少的一环。通过实验和模拟等手段，工程师可以评估材料在不同工作条件下的性能表现，包括抗拉强度、变形特性、耐腐蚀性等。性能评估的结果有助于验证材料的可行性，为支护设计提供科学依据，确保支护系统在实际使用中能够达到预期的效果。因此，材料选择与性能评估

的综合考虑是支护设计优化的关键步骤，为巷道工程提供了更为持久和可靠的支护解决方案。

3 巷道支护施工管理

3.1 施工前准备

巷道支护施工前的准备工作至关重要，直接关系到施工过程的安全性、质量和效率。在进行实际施工之前，必须进行全面而周密的施工前准备。首先，对施工现场进行详细的勘察，了解地质、地下水情况以及周边环境，为后续施工提供准确的工程背景。同时，需要评估施工现场的安全风险，采取相应的安全措施，确保施工过程中人员和设备的安全。施工前准备还包括设备和材料的准备工作。确保所需的施工设备齐备、经过检修，并且操作人员受过专业培训。材料的准备也要事先进行，确保符合设计要求，同时满足施工进度需求。施工前的计划编制也是不可或缺的一步，包括工程进度计划、人员调度计划以及材料供应计划等。

在施工前阶段，与相关监管部门和相关方进行沟通与协调也是至关重要的。确保获得必要的许可证和批准，以遵循相关法规和规范。此外，与设计团队和其他相关方保持紧密的沟通，以确保大家对工程目标和要求的理解一致。通过周密的施工前准备，可以为巷道支护施工奠定坚实的基础，提高施工的顺利进行和项目的整体成功。

3.2 施工过程控制

在巷道支护施工阶段，有效的施工过程控制是确保工程质量和安全的关键。首先，施工过程中的安全管理至关重要。制定详细的安全计划，确保所有工作人员了解并遵守安全规程。实施定期的安全培训，提高工作人员对潜在危险的认识，从而降低施工过程中发生事故的风险。在施工过程中，质量控制是确保支护结构达到设计要求的关键一环。通过制定详细的工艺规程，对施工中的关键节点进行质量检查，确保每个步骤都符合设计标准。采用现代技术和仪器进行实时监测，以及定期的结构检测，确保支护结构在施工过程中保持稳定。对施工进度的控制也是重要的管理任务。建立合理的施工进度计划，确保各个工程阶段有序推进。对施工现场的日常管理进行有效监控，及时解决施工中可能遇到的问题，以避免施工延误和不必要的成本增加。灵活调整施工计划以适应不可预见的情况，确保工程按时完工。通过施工过程中的全面控制，可以最大程度地确保支护工程的顺利进行、达到预期的安全和质量标准。这些控制措施的实施有助于减少施工风险，提高施工效率，并确保工程取得可持续的成功。

3.3 施工后监测与评估

施工后监测与评估是确保巷道支护工程长期稳定性的重要环节。一旦支护结构完成施工，需要建立定期监测机制，以跟踪结构的性能和变化。结构监测可以采用各种现代技术，如传感器网络、激光扫描等，以实时获取结构的位移、变形和其他关键数据。这种监测系统有助于及时发现潜在问题，并采取相应的维护和修复措施。施工后的评估工作旨在分析支护结构的实际性能与设计要求的一致性。通过实地检查和结构测试，工程师能够评估支护系统的效果，发现可能存在的缺陷或需要改进的地方。这种评估不仅涉及结构的物理性能，还包括对施工质量和工程管理的综合评估。定期的施工后监测与评估有助于预测结构的寿命，并为及时维护和修复提供科学依据。通过这一过程，可以优化未来巷道支护设计，并提高整体工程的可持续性。监测和评估的结果也为类似工程提供了宝贵的经验教训，促进了行业的技术进步和最佳实践的形成。

4 案例分析

隧道地铁工程支护项目：在一座繁忙都市的地铁隧道工程中，采用了先进的混凝土喷射支护技术。通过在地下隧道墙壁上喷射高强度混凝土，提高了整体支护结构的强度和稳定性。该项目在施工前进行了详细的地质勘探和分析，根据地质情况选择了合适的支护结构和材料。施工过程中采用了实时监测系

统，确保支护结构在施工过程中的稳定性，并通过定期评估验证了工程的成功实施。

水坝下游渠道防冲刷工程：面对水坝下游渠道的冲刷问题，工程团队采用了土钉支护和植草护坡相结合的综合支护方案。通过在渠道岸坡上设置土钉，提高了坡体的抗冲刷性能。同时，通过植草护坡，减缓了水流对岸坡的侵蚀速度。施工前充分了解了地质情况和水流特性，确保支护结构的可行性。施工过程中进行了定期的监测和评估，以保证支护效果的长期稳定。

地下储气库巷道扩建工程：在地下储气库的巷道扩建工程中，采用了纤维增强材料进行壁面支护。这种先进的支护技术不仅提高了支护结构的强度，还减轻了整体结构的重量。在施工前进行了详细的地质勘探，根据地下储气库的特殊用途选择了适当的支护设计。施工过程中强调了材料的选择与性能评估，并通过实时监测确保支护结构在高压气体环境下的稳定性。案例展示了纤维增强材料在地下工程中的成功应用。

5 未来发展趋势

将来巷道支护优化设计及施工管理的发展趋势将受到多方面因素的影响，包括技术创新、可持续性要求和数字化趋势。首先，随着先进材料和技术的不断涌现，巷道支护将更加注重轻量化、高强度和耐久性。纳米技术、智能材料以及 3D 打印等新兴技术有望为支护设计提供更灵活、可持续的解决方案。可持续性也将成为未来巷道支护设计的重要考量。工程师将更加注重选择环保、低碳足迹的支护材料，并通过设计优化和施工管理来减少对自然资源的影响。生态支护设计，如植草护坡、生物工程等，将在实现支护效果的同时促进生态平衡，符合可持续发展的要求。数字化技术的广泛应用也将改变巷道支护的设计和管理方式。建模与仿真技术将帮助工程师更精确地模拟地质条件，优化支护结构设计。实时监测系统和大数据分析将提供对支护结构性能的实时了解，从而及时调整施工策略，保障工程安全与质量。

6 结束语

巷道支护优化设计及施工管理的研究在过去几年中取得了显著进展。通过深入的文献综述，我们对巷道支护的基本概念、目前常见的设计方法以及先进的支护技术有了全面的了解。地质勘探与分析阶段的重要性凸显了在设计优化中确保地下工程稳定性的关键因素。支护结构设计阶段的发展趋势包括对先进材料和新兴技术的广泛应用，从而提高了支护系统的灵活性和效能。在施工管理方面，我们强调了施工前准备、施工过程控制和施工后监测与评估的关键性。通过详细的施工前准备，工程团队能够在实际施工中更好地应对地质条件和安全风险。施工过程控制的重要性体现在安全管理、质量控制和进度控制等多个方面，确保了支护工程的整体成功。而施工后监测与评估则为长期支护结构的维护提供了科学依据，保障了工程的可持续性。随着技术创新和可持续发展要求的提升，巷道支护的研究将更加注重轻量化、高效性和数字化。先进材料、智能技术和数字化工具的广泛应用将为设计和施工管理提供更多可能性，推动地下工程领域朝着更智能、可持续的方向发展。

参考文献

[1] 马胜杰, 侯克鹏, 孙华芬, 等. 基于正交试验的巷道支护参数优化研究[J]. 有色金属(矿山部分), 2023, 75(2): 118-124.

[2] 王能跃, 王堃, 王世博. 深部软破岩体巷道失稳机理分析与支护优化研究[J]. 有色金属(矿山部分), 2023, 75(5): 43-51.

[3] 高子健. 煤矿巷道快速掘进支护方案优化研究[J]. 机械管理开发, 2023, 38(7): 191-192, 198.

[4] 张洪明. 综放工作面沿空巷道护巷煤柱宽度及支护优化研究[J]. 煤, 2023, 32(4): 46-49.