

矿井新型支护技术的研究与应用

辛广伟

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司麦垛山煤矿 宁夏 银川 751400

摘要: 矿井支护技术是确保矿山安全生产的关键环节。随着采矿深度的增加和地质条件的日益复杂化,传统支护技术已难以满足当前需求。本文深入探讨了新型矿井支护技术的研究进展、技术特点、具体应用,以及面临的优势和挑战,旨在全面提升矿井作业的安全性和效率。

关键词: 矿井支护; 新型技术; 研究与应用; 安全生产; 技术挑战

引言

在地下采矿作业中,矿井支护技术的作用举足轻重,它不仅关系到矿工的人身安全,还直接影响到矿山的稳定运营和经济效益。随着矿产资源开采的不断深入,矿井所面临的地质环境日益复杂多变,这使得传统的支护技术逐渐暴露出诸多不足。因此,对新型矿井支护技术的研究与应用,成为了当前采矿工程领域的重要课题。

1 传统支护技术的局限性

传统的矿井支护技术,如木支架、金属支架等,虽然在过去的采矿作业中发挥了重要作用,但在面对复杂地质条件和深部开采时,其稳定性和支护能力逐渐显露出不足。例如,木支架易受潮湿环境影响,金属支架则可能因地质应力变化而发生变形或损坏。

2 矿井新型支护技术的研究进展

2.1 新型支护材料的研发与应用

矿井新型支护技术的研究正日益受到采矿工程领域的重视。其中,新型支护材料的研发与应用是关键的一环,对于提升矿井作业的安全性和效率具有至关重要的作用。近年来,随着材料科学的飞速发展,一系列高性能的新型支护材料逐渐在矿井支护中得到应用。这些材料包括玻璃钢、碳纤维复合材料以及高分子聚合物等,它们以其独特的物理和化学性质,为矿井支护带来了新的可能性。玻璃钢作为一种复合材料,由树脂和玻璃纤维组成,具有高强度、轻质和耐腐蚀等显著优点。在矿井支护中,玻璃钢可以作为支撑结构的主要材料,其优异的力学性能和耐久性使得支护结构更加稳固可靠。与传统的金属支架相比,玻璃钢支架不仅重量轻,便于搬运和安装,而且能够有效抵抗井下的潮湿环境和化学腐蚀,从而延长了支护结构的使用寿命。碳纤维复合材料则以其超高的强度和刚度在矿井支护中展现出巨大的潜力。这种材料由碳纤维和树脂基体组成,具有出色的耐

高温性能和抗疲劳特性。在矿井支护中,碳纤维复合材料可以用于制造高强度的支撑杆件或连接件,显著提升支护结构的整体承载能力。同时,其轻质特性也有助于减轻井下工人的劳动强度,提高工作效率^[1]。此外,高分子聚合物材料在矿井支护中也发挥着重要作用。这些材料具有良好的柔韧性和耐磨性,可以用于制造密封材料和填充材料,提高支护结构的密封性和整体性。高分子聚合物材料还可以与玻璃钢、碳纤维复合材料等结合使用,形成复合支护结构,从而进一步提升矿井支护的效果和安全性。

2.2 支护结构的创新设计与优化

矿井支护结构的创新设计与优化,是当前采矿工程领域研究的重要方向。传统的矿井支护结构,多依赖于工程师的经验进行设计,这种方法虽然在过去有一定的实用性,但在面对日益复杂多变的地质环境时,其局限性愈发明显。地质条件的细微变化可能会对支护结构的稳定性和安全性产生重大影响,因此,支护结构的科学设计显得尤为重要。随着计算机技术和数值模拟方法的飞速发展,新型支护结构的设计已经由经验主导转变为科学计算主导。这其中,有限元分析和离散元模拟等先进技术手段扮演了关键角色。通过这些高精度的数值模拟方法,研究人员能够深入剖析矿井的地质应力分布和岩层变形特征。有限元分析,作为一种强大的数值分析工具,可以对支护结构在各种地质条件下的应力、应变进行精确模拟。这使得工程师能够在设计阶段就准确预测支护结构的性能表现,从而及时调整设计参数,确保支护结构在实际应用中的稳定性和安全性。离散元模拟方法则更侧重于模拟岩层的破裂和移动过程。通过这种方法,研究人员可以深入理解矿井地质环境的变化规律,为支护结构的设计提供更为科学的依据。特别是在处理节理、断层等复杂地质条件时,离散元模拟的准确性和实用性得到了充分体现。这些先进的技术手段不仅

提高了支护结构设计的科学性，还在很大程度上优化了材料的利用效率。通过精确模拟和分析，工程师可以更加合理地分配材料，避免不必要的浪费。这不仅降低了支护结构的成本，还提高了其环保性能。

2.3 智能化支护技术的探索与发展

智能化支护技术是矿井支护领域的前沿和未来发展方向，它融合了现代科技的多个领域，包括传感器技术、物联网技术、大数据分析以及人工智能等。这些先进技术的结合，使得矿井支护进入一个全新的智能化时代。智能化支护技术的核心在于实时数据的采集、传输和处理。通过引入高精度传感器，支护结构的关键部位如应力集中点、变形监测点等可以得到实时监控。这些传感器能够精确测量支护结构的微小变形、应力分布以及环境温度湿度等关键参数，为后续的数据分析提供坚实基础。物联网技术的应用则实现了数据的即时传输和共享。在矿井内部建立起一个庞大的数据网络，每一个传感器都成为这个网络中的一个节点，源源不断地将收集到的数据上传到中央处理系统。这种即时的数据传输机制，确保了矿山管理人员能够随时掌握支护结构的最新状态。大数据分析技术则是对这些海量数据进行深度挖掘的关键。通过高效的算法和模型，大数据分析能够准确识别出支护结构中的异常数据和潜在风险，进而为管理人员提供科学的决策支持^[2]。比如，当某个区域的支护结构出现异常变形或应力集中时，大数据分析可以迅速发出预警，指导矿山管理人员采取及时有效的应对措施。智能化支护技术的探索与发展，不仅提高了矿井支护的主动性和预防性，更将传统的被动支护转变为主动监测和预警。这种转变，极大地提升了矿井作业的安全性和效率。矿山管理人员通过智能化支护系统，可以实现对矿井支护结构的全面监控，及时发现并处理安全隐患，从而确保矿工的生命安全和矿山的稳定运营。

3 矿井新型支护技术的具体应用

3.1 新型复合材料的应用

玻璃钢材料作为一种新型复合材料，近年来在矿井支护领域得到了广泛的关注和应用。玻璃钢，又称为玻璃纤维增强塑料，其独特的性能使得它在矿井支护中具有显著的优势。首先，玻璃钢材料的重量轻是一个不容忽视的优点。相比传统的木材和钢材，玻璃钢的重量大大减轻，这意味着在运输和安装过程中能够节省大量的人力物力。在矿井这种环境复杂、作业空间有限的场所，轻质的支护材料无疑更具优势。其次，玻璃钢的高强度特性也是其在矿井支护中受青睐的重要原因。某些高强度玻璃钢的拉伸强度甚至可达到钢材的水平。这种

高强度使得玻璃钢支护结构能够承受更大的压力和冲击，从而保证矿井作业的安全性。此外，玻璃钢的耐腐蚀性也是其被广泛应用于矿井支护的关键因素之一。矿井环境潮湿、腐蚀性物质多，传统的木材和钢材在这种环境下容易受损。而玻璃钢材料能够抵御这些腐蚀性物质的侵蚀，保持长久的稳定性和使用寿命^[3]。除了玻璃钢材料，纤维增强复合材料也是矿井支护中的新兴力量。这类材料结合了多种材料的优点，如高强度、高模量、耐疲劳和耐腐蚀等。在矿井支护中，纤维增强复合材料可以用于制造支撑结构，如巷道顶板、侧帮等。其卓越的力学性能和耐久性使得矿井支护结构更加稳固可靠，大大降低了安全事故的风险。

3.2 支护结构设计的创新应用

随着科技的快速发展，矿井支护结构设计也迎来了新的创新。利用先进的计算机模拟软件，如今工程师们能够更精确地设计支护结构，从而确保矿井作业的安全性和稳定性。其中，有限元分析（FEA）技术的应用为支护结构设计带来了革命性的变化。FEA是一种强大的数值分析方法，能够对支护结构在各种地质和开采条件下的应力分布、变形特性进行模拟分析。通过输入相关的地质数据、支护材料的物理特性以及预期的开采条件，FEA软件可以生成详细的应力分布图和变形预测。这一技术的应用，使得工程师在设计支护结构时不再仅仅依赖经验和直觉。他们可以根据FEA的分析结果，对支护结构进行优化，确保其在各种复杂的地质和开采条件下都能保持足够的稳定性和安全性。此外，FEA还可以帮助工程师预测支护结构在长期使用过程中可能出现的疲劳和损伤，从而提前进行维护和加固。另一方面，设计标准化的支护模块也是支护结构设计的一大创新。这种模块化设计的理念不仅提高了施工效率，还使得支护结构更加灵活多变。标准化的支护模块可以在工厂进行预制，然后运输到现场进行快速组装。这种施工方式大大缩短了工期，减少了现场作业的难度和风险。更重要的是，模块化的支护结构可以轻松适应不同形状和尺寸的矿井。无论是狭窄的矿道还是宽阔的矿腔，工程师都可以通过组合不同的支护模块来构建出适合的支护结构。这种灵活性和可适应性使得模块化支护结构成为未来矿井支护的重要发展方向。

3.3 智能化技术的应用

随着科技的飞速发展，智能化技术已逐渐渗透到矿井支护领域，为矿井作业的安全与效率带来了革命性的提升。首先，通过在支护结构上安装传感器，我们能够实时监测支护结构的应力、变形和温度等关键参数。这

些传感器如同支护结构的“神经系统”，能够感知结构内部的微小变化，并将这些信息转化为电信号。这些电信号随后通过无线传输系统实时发送到中央控制系统，为工程师提供支护结构的实时状态数据。中央控制系统接收到数据后，会进行实时分析处理，生成支护结构的健康状况报告。工程师根据这些报告，可以及时了解支护结构的工作状态，一旦发现异常情况，如应力集中、变形过大或温度过高，便可以迅速采取相应的维护措施，从而有效预防安全事故的发生。此外，智能化技术还推动了自动化施工设备的发展。传统的矿井支护施工往往依赖人工操作，不仅效率低下，而且存在一定的安全风险。如今，通过开发自动化施工设备，如机器人臂和无人机，我们可以实现支护材料的精确安装和定位。这些自动化施工设备具有高精度、高效率的特点。它们能够在复杂的环境下准确地进行支护材料的搬运、定位和安装，大大提高了施工效率。同时，由于减少了人为因素的干扰，施工质量也得到了显著提升。

4 新型支护技术的优势与挑战

在矿井作业的安全性和稳定性方面，新型支护技术通过科学的设计和精确的施工，为矿工创造了一个更加稳固的工作环境。这种稳固性不仅体现在对即时危险的防范上，更在于长期运营过程中的持久稳定，从而大幅降低了因岩层移动或塌方所导致的事故风险。除了安全性的提升，新型支护技术还在经济效益方面展现出强大的潜力。由于其施工效率显著提高，矿山能够在更短的时间内完成支护工程，进而加速了整个采矿进程。这种效率的提升不仅缩短了生产周期，还减少了因长时间停工带来的经济损失。同时，新型支护技术所需的维护成本也相对较低，这得益于其优良的耐久性和稳定性。在长期使用过程中，新型支护结构能够抵御各种自然和人为因素的侵蚀，从而减少了维修和更换的频率，为矿山节约了可观的运营成本。然而，尽管新型支护技术具有诸多优势，但在实际应用中 also 面临着一些挑战。其中，

技术门槛高是一个不可忽视的问题。由于新型支护技术涉及到多个领域的专业知识，如结构力学、材料科学等，因此要求矿工和相关技术人员具备较高的专业素养和实践经验^[4]。此外，新型支护技术的初期投资也相对较大，这可能会对一些资金紧张的矿山构成一定的经济压力。同时，为了确保新型支护技术的有效实施，矿工需要接受系统的培训，这无疑也增加了矿山的运营成本。为了克服这些挑战，政府、企业和科研机构需要共同努力。政府可以通过提供财政补贴和税收优惠等政策措施来支持新型支护技术的推广和应用；企业则应加大对技术研发的投入，积极引进和培养专业人才；科研机构则应专注于新型支护技术的创新研究，为矿山提供更加先进、实用的技术方案。只有通过这种全方位的合作与努力，新型支护技术才能在矿井作业中发挥更大的作用，为矿山的安全生产和经济效益做出更大的贡献。

结语

新型矿井支护技术的研究与应用对于提高矿井作业的安全性和效率具有重要意义。随着科技的不断进步和创新发展，我们有理由相信新型支护技术将在未来的矿山生产中发挥更加重要的作用。为了进一步推动新型支护技术的应用和发展，建议加强产学研合作、完善相关标准和规范、加大政策扶持力度等措施。通过这些努力，我们将为矿工的生命安全和矿山的可持续发展提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]王春霖.煤矿井下掘进中巷道支护技术的应用探索[J].山西冶金,2021,44(06):287-288+291
- [2]张伟.煤矿井下巷道掘进锚杆支护技术应用[J].当代化工研究,2021(14):95-96.
- [3]张冠宇.大断面煤矿巷道支护技术的研究[J].机械管理开发,2020,35(08):98-99+102.
- [4]侍大军,刘书华.大断面软岩巷道支护技术分析[J].科学技术创新,2020,(23):121-122.