

高强支护技术在煤矿采掘中的应用研究

柴 华

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750411

摘 要：本文深入探讨了高强支护技术在煤矿采掘中的应用情况。首先介绍了高强支护技术的基本概念、原理及发展历程，并概述了其当前的应用现状。随后，详细分析了支护材料的选择原则及常用材料特性。最后，重点阐述了高强支护技术在煤矿中的具体应用，包括支护结构设计、施工工艺和质量控制，强调其对提高煤矿采掘安全性、稳定性的重要作用。

关键词：高强支护技术；煤矿采掘；支护材料；支护结构；施工工艺

引言

随着煤矿采掘深度的不断增加，地质条件愈发复杂，巷道变形、破坏及安全事故频发成为制约煤矿安全生产的重要因素。高强支护技术作为一种先进的支护手段，通过提高巷道周围岩石的预应力，实现主动支护，对保障煤矿采掘安全、提高生产效率和煤炭开采量具有重要意义。因此，深入研究高强支护技术在煤矿采掘中的应用具有重要的现实意义。

1 高强支护技术概述

1.1 高强支护技术的定义与原理

高强支护技术，作为一种前沿的矿井支护手段，其核心在于利用具有高强度、高抗压性能的材料与结构，对巷道周围的岩石进行预应力的提升，从而实现主动且有效的支护。这一技术并非单一材料的简单应用，而是锚杆、锚索、钢丝网、钢带以及喷砼等多种支护材料的巧妙组合与协同作用，共同构筑起一个既稳定又可靠的支护体系。支护的原理深入浅出，即通过支护结构对巷道围岩施加预先设定的压力，使原本可能因采掘活动而松动的围岩处于受压状态。这种压力不仅增强了围岩的承载能力，还显著提高了其稳定性，有效抵御了巷道变形和破坏的风险。换言之，高强支护技术通过人为干预，改变了围岩的应力状态，使其更加有利于巷道的长期稳定。

1.2 高强支护技术的发展历程与应用现状

追溯高强支护技术的发展历程，我们可以看到，这一技术经历了从理论探索到工程实践的漫长而艰辛的过程。国内外学者和工程师们不断深入研究，逐步完善了高强支护技术的理论体系，并将其成功应用于实际工程中。近年来，随着煤矿采掘深度的不断增加，地质条件日益复杂多变，高强支护技术凭借其独特的优势，在煤矿采掘领域的应用日益广泛。它不仅在巷道支护中发挥

着举足轻重的作用，有效保障了采掘作业的安全顺利进行，还在矿井开拓、巷道修复等领域展现出了广阔的应用前景。可以预见，未来高强支护技术将继续在煤矿采掘领域发挥重要作用，为煤矿行业的安全高效发展贡献力量^[1]。

2 高强支护技术的材料选择与性能要求

2.1 支护材料的选择原则

在高强支护技术的实施过程中，支护材料的选择是确保支护结构稳定性和承载能力的关键环节。支护材料不仅需承受巷道围岩的巨大压力，还需在复杂多变的地质环境中保持长期的稳定性。于是，对支护材料的性能进行严格的筛选和评估显得尤为重要。（1）高强度是支护材料必备的基本属性。在煤矿采掘过程中，巷道围岩的压力往往巨大且复杂多变，支护材料必须具备足够的强度才能抵抗这些压力，确保支护结构的稳定性。高强度材料能够有效分散和承受围岩的压力，防止支护结构发生破坏。（2）耐磨性和抗压性也是支护材料不可忽视的性能指标。煤矿采掘作业中，支护材料需长期暴露在恶劣的环境中，受到岩石的磨损和挤压。因而，支护材料必须具备良好的耐磨性和抗压性，才能在长期使用过程中保持稳定的支护效果，延长支护结构的使用寿命。（3）除了上述基本的力学性能要求外，支护材料还应具备轻便、易于运输和安装的特性。在煤矿采掘作业中，施工效率的高低直接影响到生产成本和经济效益。选择那些易于加工、运输和安装的支护材料，可以显著提高施工效率，降低劳动强度，缩短支护结构的施工周期，从而为煤矿企业带来更大的经济效益。（4）支护材料的耐腐蚀性也是需要考虑的因素。煤矿环境中存在大量的水汽、煤尘等腐蚀性物质，支护材料必须具备良好的耐腐蚀性，才能在长期使用过程中保持其性能稳定，确保支护结构的安全性。

2.2 常用支护材料介绍

目前,在煤矿采掘中,高强支护技术所采用的支护材料种类繁多,其中钢材、混凝土和聚合物是最为常见的几种。(1)钢材因其高强度、良好的韧性和耐腐蚀性,被广泛应用于锚杆、锚索等支护构件中。钢材支护构件不仅承载能力强,而且施工方便,易于加工和连接。在煤矿采掘过程中,钢材支护构件能够承受巨大的围岩压力,保持支护结构的稳定性。同时,钢材的耐腐蚀性也使得其在恶劣的煤矿环境中能够长期保持性能稳定。(2)混凝土则因其良好的抗压性能和耐久性,成为喷砼支护的首选材料。喷砼支护具有施工速度快、支护效果好等优点,能够迅速形成一层坚固的保护层,增强巷道的整体抗剪强度。在煤矿巷道支护中,喷砼支护发挥着重要作用,特别是在软岩巷道和破碎带等地质复杂区域,其支护效果尤为显著。(3)聚合物材料作为一种新型支护材料,因其轻质高强、耐腐蚀性好等特点而逐渐受到重视。聚合物支护材料不仅重量轻、易于运输和安装,而且具有良好的适应性和可塑性,可以满足不同地质条件下的支护需求。随着科技的进步和新型材料的研发,聚合物支护材料在煤矿采掘中的应用前景将更加广阔^[2]。

3 高强支护技术在煤矿采掘中的具体应用

3.1 支护结构的设计

在煤矿采掘工程中,支护结构的设计是确保巷道稳定与安全的关键环节。高强支护技术的应用,要求设计过程必须综合考虑煤矿的特定地质条件、采掘工艺以及巷道断面形状等多重因素,以打造出既稳定又经济的支护结构。(1)地质条件是支护结构设计的基础。设计前,需对煤矿地层的岩性、节理、裂隙、含水层等进行详细勘探和分析,以确定支护结构所需承受的荷载类型和大小。例如,在软岩或含水层丰富的地层中,支护结构需具备更强的抗压和抗渗能力。(2)采掘工艺对支护结构设计同样具有重要影响。不同的采掘方法会产生不同的应力分布和变形模式,因此支护结构需根据具体的采掘工艺进行定制化设计。例如,在长壁开采中,支护结构需适应工作面推进过程中的动态变化,确保巷道的连续稳定。(3)巷道断面形状也是支护结构设计时需要考虑的关键因素。不同的断面形状对支护结构的布置和选型提出不同要求。设计时需根据巷道的功能和使用需求,选择最合适的断面形状,并在此基础上进行支护结构的优化设计。(4)在设计过程中,应充分利用现代设计方法,如有限元分析和数值模拟等。这些方法能够模拟巷道围岩的应力状态和变形过程,为支护结构的设计

提供科学依据。通过优化设计,可以在确保支护结构稳定性和承载能力的同时,提高施工便利性和经济性。

3.2 施工工艺及质量控制

高强支护技术的施工工艺是一个系统而精细的过程,涵盖了材料加工、结构组装、安装施工等多个关键环节。每个环节的质量控制都直接关系到支护结构的稳定性和承载能力,因此必须严格把关。(1)在材料加工阶段,需要对锚杆、锚索、钢丝网、钢带等支护材料进行精确的切割、加工和成型。这一过程中,必须确保材料的尺寸、形状和表面质量符合设计要求,避免因加工误差导致的支护结构性能下降。(2)结构组装阶段是将加工好的支护材料按照设计图纸进行组装的过程。在这一阶段,需要特别注意各部件之间的连接方式和连接质量。例如,锚杆与锚索的连接、钢丝网与钢带的固定等,都必须确保连接牢固、可靠,避免在使用过程中出现松动或脱落现象。(3)安装施工阶段是将组装好的支护结构安装到巷道围岩上的过程。这一过程中,需要严格控制安装位置、安装角度和安装深度等参数,确保支护结构与巷道围岩紧密贴合,形成有效的支护体系。同时,还需要加强施工现场的安全管理,确保施工人员在安全的环境下进行作业。(4)在整个施工工艺过程中,质量控制是至关重要的。必须建立完善的质量管理体系,对每个环节进行严格的质量检查和验收。一旦发现质量问题,必须立即进行整改和处理,确保支护结构的稳定性和承载能力得到保障。同时,还应加强施工人员的培训和教育,提高他们的质量意识和安全意识,为高强支护技术的成功应用提供有力保障^[3]。

3.3 在不同地质条件下的应用

煤矿地质条件的多样性和复杂性对支护技术提出了严峻挑战。高强支护技术,凭借其高度的适应性和灵活性,在不同地质条件下均能展现出卓越的支护效果。(1)在软岩巷道中,由于岩层强度较低,易发生变形和破坏,传统的支护方式往往难以满足稳定性要求。此时,高强支护技术采用锚杆、锚索与喷砼的组合支护方式,形成了强大的支护体系。锚杆和锚索深入岩层,提供稳固的锚固力,有效限制岩层的变形;喷砼则迅速形成一层致密的保护层,增强巷道的整体抗剪强度,同时防止岩层风化剥落。这种组合支护方式既提高了巷道的稳定性,又保证了采掘作业的安全进行。(2)而在破碎带和断层等地质复杂区域,岩层破碎、节理发育,支护难度极大。高强支护技术在此类区域采用了注浆加固和钢带支护等加强措施。注浆加固通过向破碎岩层中注入水泥浆或其他固化材料,填充岩层中的裂隙,提高岩层

的整体性和稳定性；钢带支护则利用高强度钢带的抗拉性能，将破碎岩层紧密连接在一起，形成一个整体的支护结构，有效抵抗地层的变形和破坏。（3）在具体实施过程中，还需根据地质条件的变化及时调整支护方案和参数。例如，在软岩巷道中，可根据岩层变形情况适当增加锚杆和锚索的数量和密度；在破碎带和断层区域，则可根据注浆效果和钢带受力情况对支护结构进行优化调整。

3.4 在特殊工况下的应用

煤矿采掘过程中，由于地质条件复杂多变，常常会遇到一些特殊工况，如巷道变形、冒顶等，这些工况对支护技术提出了更高的挑战。高强支护技术，凭借其主动支护的优势，在这类特殊工况下发挥着至关重要的作用。（1）当巷道出现变形时，传统的被动支护方式往往难以有效控制变形的进一步发展。而高强支护技术则可以通过增加支护密度、调整支护参数等措施，主动对巷道围岩施加预应力，增强其承载能力和稳定性。具体来说，可以根据巷道变形的程度和范围，适当增加锚杆、锚索的数量和密度，提高支护结构的整体刚度，从而有效抵抗巷道围岩的变形压力。（2）在冒顶等极端工况下，高强支护技术更是显得尤为重要。冒顶通常是由于巷道围岩失去稳定，导致顶部岩层垮落而引起的。为了防止冒顶事故的发生，高强支护技术可以采用加长锚杆、增大锚索直径、使用高强度钢带等加强措施，提高支护结构的抗拉强度和抗剪强度，确保巷道顶部的稳定。（3）高强支护技术还可以结合其他辅助措施，如注浆加固、喷砼支护等，进一步提高支护效果。注浆加固可以填充岩层中的裂隙，提高岩层的整体性和稳定性；喷砼支护则可以迅速形成一层坚固的保护层，防止岩层风化剥落^[4]。

3.5 支护效果的监测与评估

在煤矿采掘过程中，高强支护技术的应用是确保巷道稳定性和安全性的关键。然而，支护效果并非一成不变，而是受到多种因素的影响，如地质条件的变化、采掘活动的进行等。因而，为确保高强支护技术的有效性，必须对其支护效果进行定期的监测与评估。（1）监测内容应全面而细致，包括但不限于巷道变形量、支护

结构受力状态等关键指标。巷道变形量是反映支护效果最直接的指标之一，通过定期测量巷道的宽度、高度以及顶底板的相对位移，可以及时了解巷道变形的情况，为调整支护方案提供依据。同时，支护结构的受力状态也是监测的重要内容，通过安装应力传感器等监测设备，可以实时监测锚杆、锚索等支护构件的受力情况，确保其处于安全工作状态。（2）根据监测结果，应及时对支护方案和参数进行调整。如果发现巷道变形量过大或支护结构受力异常，应立即分析原因，并采取相应的加固措施，如增加锚杆数量、调整锚索角度等。此外，还应定期对支护效果进行全面评估，总结支护技术的优缺点，为今后的支护设计提供参考。（3）在监测与评估过程中，应充分利用现代科技手段，如远程监控系统、数据分析软件等，提高监测效率和准确性。同时，还应建立健全的监测与评估制度，明确监测周期、评估标准以及责任分工，确保支护效果的监测与评估工作能够有序进行。

结语

本文深入研究了高强支护技术在煤矿采掘中的应用。通过概述高强支护技术的定义、原理、发展历程及应用现状，详细分析了支护材料的选择原则及常用支护材料的介绍，并重点探讨了高强支护技术在煤矿采掘中的具体应用。研究表明，高强支护技术能有效提高煤矿采掘的安全性、稳定性和生产效率，对煤矿行业的可持续发展具有重要意义。未来，随着科技的进步和新型材料的研发，高强支护技术将在煤矿采掘中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]刘浩,刘玉龙.煤矿采掘中的高强支护技术分析[J].冶金管理,2019,No.375(13):67-68.
- [2]仝杰.煤矿采掘中的高强支护技术分析[J].当代化工研究,2020,000(005):P.98-99.
- [3]郑鹏伟.煤矿采掘中的高强支护技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2020,No.303(10):54-55.
- [4]崔魏,崔峰.考虑蠕变影响的近断层软岩巷道变形破坏特征与支护对策[J].煤矿安全,2021,52(11):80-82.