

复杂地质条件下煤矿开采掘进支护技术的应用

姚 帅

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司梅花井煤矿 宁夏 银川 751400

摘 要：在复杂地质条件下，煤矿开采面临煤层地质构造复杂、地应力变化大等挑战，掘进支护技术成为关键。通过合理选择锚杆支护、喷射混凝土等技术，加固巷道顶板和侧壁，稳定围岩，防止岩石坠落，保障工人安全。同时，掘进支护技术能提高煤矿生产效率，减少生产中断，促进矿山可持续发展。因此，深入研究并应用掘进支护技术，对煤矿安全生产和高效开采具有重要意义。

关键词：复杂地质条件下；煤矿开采掘进支护技术；应用

引言：煤矿开采在复杂地质条件下，面临着岩层不稳定、断层发育、地下水丰富等多重挑战，这不仅增加了开采难度，还对工人安全构成严重威胁。因此，掘进支护技术的合理应用显得尤为重要。通过科学的支护设计和有效的技术手段，可以稳定开采区域，保障作业安全，提高开采效率。本文旨在探讨复杂地质条件下煤矿开采掘进支护技术的应用，为煤矿安全生产提供理论支持和实践指导。

1 复杂地质条件下煤矿开采概述

1.1 复杂地质条件的特点

在煤矿开采过程中，复杂地质条件构成了巨大的挑战。这类地质条件主要呈现出以下几个显著特点：（1）地质结构复杂多变。复杂地质条件下的煤矿区域往往伴随着复杂多变的地质结构。这些结构可能包括交错的地层、多变的岩层组合以及难以预测的岩性变化。这种复杂性使得开采前的地质勘探和开采过程中的地质预测变得异常困难。（2）土质松软，巷道易形变。在松软的地质条件下，煤矿巷道的掘进和支护工作面临巨大挑战。由于土壤或岩石的力学性质较差，巷道掘进后极易发生形变或坍塌，这不仅影响了开采进度，还对作业人员的安全构成了严重威胁。（3）地层中存在断层、裂隙等不利因素。断层和裂隙是复杂地质条件中常见的构造现象。这些结构往往破坏了岩层的完整性，导致开采过程中可能出现岩石冒落、突水等地质灾害。同时，断层和裂隙还可能影响巷道的稳定性和支护效果。

1.2 复杂地质条件对煤矿开采的影响

复杂地质条件对煤矿开采产生了深远的影响，主要体现在以下几个方面：（1）增加开采难度。复杂的地质结构使得开采方案的设计和实施变得复杂而困难。为了应对这些挑战，开采团队需要投入更多的人力、物力和财力，以确保开采工作的顺利进行。（2）影响工作质量

和效率。在复杂地质条件下，巷道的掘进和支护工作往往难以达到预期的质量和效率。这可能导致开采周期延长，生产成本增加，进而影响了整个煤矿开采的经济效益。（3）增加安全隐患。由于地质条件复杂多变，煤矿开采过程中可能出现各种安全隐患。这些隐患一旦触发，可能导致严重的事故和人员伤亡。因此，在复杂地质条件下进行煤矿开采需要高度重视安全问题，加强安全管理和技术措施^[1]。

2 煤矿开采掘进支护技术的基本原理

2.1 掘进技术的概念及分类

掘进技术是指在煤矿开采过程中，为了形成巷道或开采工作面而进行的岩石或煤层的切割与挖掘作业。掘进技术的选择直接影响到煤矿开采的效率、成本和安全。（1）直眼掏槽与斜眼掏槽组合：直眼掏槽与斜眼掏槽是掘进作业中常用的两种掏槽方式。直眼掏槽是指炮眼方向与工作面垂直，掏槽眼布置在工作面的中央或下部，主要用于切割较硬的岩层。斜眼掏槽则是炮眼方向与工作面成一定角度，掏槽眼通常布置在工作面的上部或下部，适用于切割较软的岩层。在实际作业中，为了提高掘进效率和减少岩石的抛掷距离，往往会将直眼掏槽与斜眼掏槽进行组合使用，以充分利用各自的优势。

（2）掘进机的应用及其优势：掘进机是一种集切割、装载、转运等功能于一体的机械设备，广泛应用于煤矿巷道掘进作业中。掘进机具有掘进速度快、效率高、作业安全等优点，能够显著降低工人的劳动强度和提高作业效率。同时，掘进机还能够适应不同硬度的岩层，具有较强的适应性和灵活性。此外，掘进机还配备了先进的控制系统和监测系统，能够实时监测掘进过程中的各种参数，确保掘进作业的安全和稳定。

2.2 支护技术的概念及重要性

支护技术是指在煤矿开采过程中，为了保持巷道或

开采工作面的稳定性而采取的一系列加固措施。支护技术的选择和实施对于确保煤矿开采的安全和顺利进行具有重要意义。(1) 支护的目的和作用: 支护的主要目的是增强巷道或开采工作面的承载能力, 防止岩石或煤层的垮塌和冒落。通过支护, 可以确保作业人员的安全, 减少安全事故的发生。同时, 支护还能够保持巷道的稳定性和通畅性, 为煤矿开采提供必要的工作空间。

(2) 支护技术的类型及其选择原则: 支护技术根据其加固原理和施工方法的不同, 可以分为多种类型, 如锚杆支护、钢架支护、喷射混凝土支护等。在选择支护技术时, 需要考虑巷道或开采工作面的地质条件、岩石力学性质、开采方法以及支护材料的性能等因素。同时, 还需要遵循经济、安全、可靠的原则, 确保支护方案的有效性和可行性。

3 复杂地质条件下掘进支护技术的具体应用

3.1 锚杆支护技术

(1) 锚杆的构成及工作原理。锚杆主要由锚头、杆体和锚固段组成。其工作原理是通过锚杆将不稳定岩土体与稳定岩土体相连, 依靠锚固段与岩土体之间的摩擦力, 将不稳定岩土体的荷载传递到稳定岩土体中, 从而起到加固作用。锚杆在岩土体中形成锚固力, 限制岩土体的变形, 提高岩土体的整体稳定性。(2) 锚杆支护在复杂地质条件下的应用优势。在复杂地质条件下, 锚杆支护具有显著优势。首先, 锚杆支护属于主动支护, 能够及时对岩土体进行加固, 在岩土体变形初期就发挥作用, 有效控制变形发展。其次, 锚杆支护灵活性强, 可根据不同地质条件调整锚杆的长度、直径、间距等参数, 满足工程需求。此外, 锚杆支护施工简便, 对施工场地要求较低, 能有效提高施工效率, 降低施工成本^[2]。

(3) 锚杆长度的确定及间排距的优化。锚杆长度的确定需综合考虑地质条件、巷道跨度等因素。一般来说, 锚杆长度应深入稳定岩层一定深度, 以确保锚固效果。通常情况下, 锚杆长度需超过松动圈厚度, 通过地质勘探获取松动圈数据后, 再进行精确计算。锚杆间排距的优化同样重要, 合理的间排距能使锚杆均匀受力, 充分发挥支护作用。间排距过大, 锚杆支护范围不足; 间排距过小, 则会增加施工成本。在实际工程中, 需通过数值模拟和现场试验, 确定最佳的间排距。

3.2 U型钢支护技术

(1) U型钢的支护原理及其特点。U型钢支护是利用U型钢的拱形结构, 通过对围岩施加径向压力, 将围岩的松散压力转化为U型钢的轴向压力, 从而实现了对围岩的支护。U型钢具有良好的可缩性和较高的承载能力, 能够

适应围岩的变形, 在承受较大压力时, 通过自身的可缩性释放围岩压力, 保持支护结构的稳定。其特点在于支护强度高、安装方便, 可根据巷道断面形状进行现场组装, 且可重复使用, 降低了支护成本。(2) 在断层落差较大情况下的应用策略。在断层落差较大的复杂地质条件下, U型钢支护需采用特殊的应用策略。首先, 要根据断层的具体情况, 合理确定U型钢的型号和规格, 确保其承载能力满足要求。其次, 在安装过程中, 加强U型钢之间的连接, 采用高强度的连接件, 提高支护结构的整体稳定性。此外, 还可在U型钢支护的基础上, 配合使用钢筋网、喷射混凝土等辅助支护措施, 进一步增强支护效果, 防止围岩局部坍塌^[3]。

3.3 临时支护技术

(1) 临时支护的必要性和应用场合。临时支护在掘进施工中必不可少。在巷道掘进后, 永久支护施工前的这段时间, 临时支护可及时对围岩进行保护, 防止围岩因暴露时间过长而发生坍塌, 保障施工人员的安全。临时支护主要应用于巷道开口、过断层、破碎带等地质条件复杂的区域, 以及永久支护施工前的过渡阶段。(2) 临时支护材料的选择及注意事项。临时支护材料的选择需考虑其强度、轻便性和可操作性。常见的临时支护材料有木板、金属钢梁、单体液压支柱等。在选择材料时, 要根据实际地质条件和施工要求进行合理搭配。同时, 使用临时支护材料时需注意安装牢固, 确保支护效果。定期对临时支护进行检查, 发现问题及时处理, 避免因临时支护失效而引发安全事故。

3.4 其他支护技术简介

除上述主要支护技术外, 还有退后卧底法、直接破顶法等支护技术。退后卧底法适用于巷道底板松软、底鼓严重的情况。其操作要点是先对巷道顶板进行临时支护, 然后从巷道后方开始卧底, 逐步清理松软的底板岩石, 再进行永久支护施工。这种方法能够有效解决巷道底鼓问题, 保证巷道的正常使用空间。直接破顶法一般用于顶板岩石较薄且强度较低的区域。施工时, 直接破除顶板岩石, 然后及时进行支护, 以防止顶板坍塌。在应用直接破顶法时, 要精确控制破顶范围和深度, 确保支护及时有效, 避免因破顶不当引发安全事故。

4 复杂地质条件下掘进支护技术的优化策略

4.1 完善煤矿设施规划

在煤矿开采过程中, 设施的完善与规划是确保掘进支护技术顺利实施的基础。针对复杂地质条件, 应特别关注巷道顶部与底部的加固处理, 以及缓压设备的安装与矿井通风、排水系统的完善。(1) 巷道顶部与底部

的加固处理。巷道顶部与底部是煤矿开采中最为薄弱的环节，特别是在复杂地质条件下，这些区域极易发生垮塌。因此，应加强巷道顶部与底部的加固处理。对于巷道顶部，可采用锚杆、锚索等支护材料进行加固，确保顶部岩层的稳定性。对于巷道底部，可采用底拱支护、注浆加固等技术手段，防止底部岩层松动和垮塌。同时，应定期对巷道顶部与底部进行检查和维护，及时发现并处理潜在的安全隐患。（2）缓压设备的安装与矿井通风、排水系统的完善。复杂地质条件下，煤矿开采过程中会产生大量的矿压和地下水。为了减轻矿压对巷道稳定性的影响，应安装缓压设备，如液压支架、单体支柱等，以分散和缓解巷道围岩的压力。同时，矿井通风和排水系统的完善也是确保掘进支护技术顺利实施的重要保障。良好的通风系统可以提供充足的氧气，排出有害气体，保持巷道内的空气清新。而完善的排水系统则可以有效防止地下水对巷道稳定性的破坏，确保掘进支护技术的正常进行。

4.2 选择匹配的开采设备与技术手段

在复杂地质条件下，开采设备与技术手段的选择直接关系到掘进支护技术的实施效果。因此，应根据地质条件合理选择掘进支护技术和设备，并确保设备与掘进支护技术的适应性。（1）根据地质条件选择掘进支护技术和设备。在复杂地质条件下，掘进支护技术的选择应充分考虑地质条件的特点。例如，在软岩地层中，可采用锚杆支护、锚索支护等柔性支护技术，以增强围岩的稳定性；在断层、裂隙发育的地层中，可采用注浆加固、钢架支护等刚性支护技术，以防止岩层垮塌。同时，应根据地质条件选择合适的掘进设备，如掘进机、锚杆钻机等，以确保掘进支护技术的顺利实施^[4]。（2）确保设备与掘进支护技术的适应性。设备与掘进支护技术的适应性是确保掘进支护效果的关键。在选择设备时，应充分考虑设备的性能、适用范围以及与掘进支护技术的匹配度。同时，在使用过程中，应定期对设备进行维护和保养，确保其性能稳定、运行可靠。此外，还应加强设备与掘进支护技术的协同作用，通过优化操作流程、提高设备利用率等手段，提高掘进支护技术的实施效率。

4.3 加强掘进支护技术的管理

管理是提高掘进支护技术实施效果的重要保障。通过制定掘进支护管理制度和操作规程、提高从业人员的专业技术水平和安全意识等措施，可以确保掘进支护技术的有效实施。（1）制定掘进支护管理制度和操作规程。为了规范掘进支护技术的实施过程，应制定完善的掘进支护管理制度和操作规程。这些制度应包括掘进支护技术的选择、实施、检查和维护等方面的规定，以确保掘进支护技术的科学性和规范性。同时，应定期对制度进行修订和完善，以适应不断变化的地质条件和开采需求。

（2）提高从业人员的专业技术水平和安全意识。从业人员的专业技术水平和安全意识直接关系到掘进支护技术的实施效果。因此，应加强从业人员的培训和教育，提高他们的专业技术水平和安全意识。培训内容包括掘进支护技术的理论知识、操作技能、安全规范等方面。同时，应定期组织技能竞赛和安全演练等活动，激发从业人员的学习热情和安全意识。通过培训和教育，使从业人员能够熟练掌握掘进支护技术，严格遵守安全规范，确保掘进支护技术的有效实施。

结束语

综上所述，复杂地质条件下的煤矿开采掘进支护技术，是确保开采作业安全、高效进行的重要保障。通过合理选择支护方式和技术手段，不仅能够有效解决地质条件带来的挑战，还能提高开采效率，降低生产成本。未来，随着科技的进步和支护技术的不断创新，相信煤矿开采将更加安全、高效、可持续。期待更多专业人士投身于这一领域的研究与实践，共同推动煤矿开采技术的发展。

参考文献

- [1]张凯.复杂地质条件下煤矿开采掘进支护技术研究[J].矿业装备,2020,(03):28-29.
- [2]任高岭.巷道支护技术在煤矿井下掘进中的应用[J].石化技术,2020,(09):94-95.
- [3]侯永.复杂地质条件下煤矿巷道安全掘进支护技术[J].内蒙古煤炭经济,2023,(12):130-131.
- [4]张峰.复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术的应用[J].内蒙古煤炭经济,2023,(16):158-159.