

煤矿底板强含水层定向钻进注浆治理技术

张 超

河北冀中邯峰矿业有限公司 河北 邯郸 056000

摘 要：煤矿底板强含水层定向钻进注浆治理技术是一种有效的煤矿水害防治手段。该技术通过定向钻进对含水层进行注浆改造治理，将含水层改变为隔水层，阻断地下水渗流通道，从而保障煤矿安全生产。实践证明，该技术具有治理效果好、适应性强的优点，能够有效降低底板含水层水害威胁。

关键词：煤矿底板强含水层；定向钻进；底板注浆

引言：煤矿底板强含水层定向钻进注浆治理技术，是针对煤矿开采中面临的水害问题而提出的一种创新治理方法。随着煤矿开采深度的增加，底板水害问题日益突出，给煤矿安全生产带来严重威胁。该技术通过定向钻进实现对含水层的注浆改造，有效阻断了地下水渗流通道，提高了煤矿开采的安全作业。本文旨在深入探讨该技术的原理、实施方案及应用效果。

1 煤矿底板强含水层特性分析

1.1 地质构造与水文条件

（1）煤矿底板的地质构造特征：煤矿底板通常由不同类型的岩石构成。这些岩石可能包括砂岩、泥岩、石灰岩等，其组合方式和分布特征受区域地质构造的控制。在煤矿底板中，常常存在断层、裂隙等地质构造，这些构造为地下水侵入提供了通道。此外，煤层的埋藏深度、倾角以及底板岩石的物理力学性质也是影响底板稳定性的重要因素。（2）含水层的分布、厚度、水压等水文条件：煤矿底板强含水层通常具有广泛的分布范围，其厚度和水压因地质条件而异。在一些区域，含水层可能紧邻煤层，甚至与煤层直接接触，增加了突水的风险。含水层的厚度可能从几米到几十米不等，而水压则受地下水位、地质构造以及开采活动等多种因素的影响。高水压含水层在开采过程中容易发生突水事故，对煤矿安全生产构成严重威胁。

1.2 底板水害与危害程度

（1）煤矿底板水害：是指煤层下方含水层中的水对矿井造成的危害。当煤层底板隔水层厚度不够或受到破坏时，底板含水层中的水就会突破隔水层涌入矿井。比如，在某些矿区，煤层下方存在着奥陶系灰岩含水层，其水压较大，若底板隔水层条件不佳，就容易发生底板突水事故。

（2）水害对煤矿安全开采的危害程度：煤矿底板水害对煤矿安全开采构成重大威胁。突水事故会造成人员

伤亡、设备损坏、淹没矿井、影响矿井通风系统、资源损失等严重后果。因此，加强煤矿底板水害治理、确保煤矿安全生产至关重要。

2 定向钻进注浆治理技术原理

2.1 定向钻进技术概述

（1）定向钻进技术的基本原理和特点。定向钻进技术是一种先进的钻探方法，其基本原理在于利用钻探设备产生的推进力和旋转力，结合特殊设计的钻具组合，如钻头、螺杆钻具及随钻测斜仪等，实现对钻孔轨迹的精确控制。在钻探过程中，操作人员可以根据地质条件和施工需求，调整钻具的倾斜角度和旋转方向，使钻孔能够按照预定的轨迹延伸。定向钻进技术的特点显著，主要体现在以下几个方面：一是钻探效率高，能够大幅缩短施工周期；二是钻探精度高，可以确保钻孔轨迹的准确性；三是适应性强，适用于各种复杂地质条件下的钻探作业；四是环境影响小，采用非开挖方式施工，减少了对地面的破坏。（2）定向钻进技术在煤矿底板水害治理中的应用优势。在煤矿底板水害治理中，定向钻进技术展现出独特的应用优势。它能够实现对含水层的精准定位钻探，为注浆治理提供精确的目标区域。这不仅可以提高注浆治理的效果，还能减少对非目标地层的干扰和破坏。同时，定向钻进技术还能够实现对钻孔轨迹的实时监控和调整，确保钻孔轨迹始终符合设计要求，提高钻探的精准度和安全性^[1]。

2.2 注浆治理技术原理

（1）注浆材料的选取原则和要求。注浆材料的选取是注浆治理技术的关键环节。注浆材料应具备良好的可注性、凝胶时间的可控性和抗渗透性。同时，注浆材料还应具有稳定性，不易受地下水、温度等环境因素的影响。此外，注浆材料的选择还需考虑其来源的难易程度和对周围环境的污染性大小。（2）注浆过程中材料的渗透、固化及形成隔水层的机制。注浆过程中，注浆材料

通过钻孔注入目标地层。在注浆压力的作用下,注浆材料沿着地层中的裂隙和孔隙渗透扩散。随着注浆材料的不断注入,裂隙和孔隙逐渐被填充和压实。注浆材料在渗透过程中逐渐凝胶固化,形成具有一定强度和抗渗透性的结石体。这些结石体相互连接形成隔水层,有效阻断地下水的渗流通道,达到治理煤矿底板水害的目的。

3 煤矿底板强含水层定向钻进注浆治理技术实施方案

3.1 设备选择与配套

3.1.1 定向钻进所需的钻机、钻具及其他配套设备

煤矿底板强含水层定向钻进注浆治理技术关键在于精准定位和高效注浆,因此,选择合适的设备至关重要。首先,定向钻机是核心设备,需选用具有高精度导向、强大扭矩和稳定钻进能力的机型,如ZDY系列全液压坑道定向钻机。这类钻机配备先进的导向系统,能够实时监控并调整钻孔轨迹,确保钻孔按预定路径延伸。钻具方面,应选用耐磨、高强度的钻杆和适合煤矿底板岩性的钻头。PDC钻头因其高效切削能力和长寿命,在硬岩钻进中表现优异;而硬质合金钻头则更适合软岩和煤层钻进。此外,泥浆泵和泥浆循环系统也是必不可少的配套设备,它们负责提供稳定的泥浆流量和压力,冷却钻头、携带钻屑并稳定孔壁。

3.1.2 设备性能对治理效果的影响

设备性能直接影响治理效果。高性能的定向钻机能够实现精确导向,减少钻孔偏差,提高注浆治理的准确性和效率。钻杆和钻头的耐磨性决定了钻进速度和钻孔质量,进而影响注浆材料的扩散效果和隔水层的形成。泥浆系统的稳定性和泥浆性能对孔壁稳定、钻进效率及注浆效果均有重要影响。

3.2 钻孔布置与施工参数

3.2.1 根据地质条件和水害类型确定钻孔的布置方案

钻孔布置需根据煤矿底板的地质条件、含水层特性及水害类型综合考量。通过地质勘探和水文地质分析,明确含水层的分布范围、厚度、渗透性等关键信息。针对突水、涌水等不同类型的水害,制定相应的钻孔布置方案。例如,在突水点周围布置环形注浆钻孔,形成注浆帷幕;在涌水带则采用平行或交叉布置钻孔,构建隔水带^[2]。

3.2.2 确定钻孔的深度、角度、间距等施工参数

钻孔深度需穿透含水层进入隔水层一定深度,确保注浆材料能充分扩散并形成有效隔水层。钻孔角度需根据含水层倾斜角度、煤层赋存状态及注浆材料扩散特性合理设定,一般采用斜向或水平钻孔。钻孔间距需依据含水层渗透性、注浆材料扩散半径及治理目标综合确

定,既要保证注浆效果,又要避免过度施工增加成本。

3.3 注浆材料与配比

3.3.1 选择合适的注浆材料

注浆材料的选择应综合考虑含水层特性、注浆压力、固化时间、强度要求及环保等因素。水泥浆因其成本低、固化强度高、来源广泛而广泛应用,但在高渗透性地层中扩散受限。化学注浆材料如聚氨酯、丙烯酸盐等,具有快速固化、扩散范围广的优点,但成本较高且可能对环境产生影响。因此,需根据具体情况选择合适的注浆材料^[3]。

3.3.2 确定注浆材料的配比和注浆压力等参数

注浆材料配比需根据含水层渗透性、注浆目的及材料特性调整,确保注浆材料具有良好的流动性和固化性能。注浆压力是影响注浆材料扩散范围和效果的关键因素,需根据地层承压能力、钻孔深度及注浆材料特性合理设定,既要保证注浆材料充分扩散,又要避免对地层造成破坏。

3.4 施工步骤与操作流程

3.4.1 定向钻进注浆治理技术的具体施工步骤

(1) 施工准备:清理钻场,安装并调试定向钻机及配套设施,确保设备性能稳定可靠。(2) 钻孔施工:根据设计参数,使用定向钻机进行钻进,实时监测钻孔轨迹,确保按预定路径延伸。钻进过程中,需通过泥浆循环系统保持孔壁稳定,防止坍塌。(3) 注浆前准备:钻孔完成后,进行孔壁清洗和注浆管安装。注浆管应选用耐腐蚀、高强度的材料,确保其能承受注浆压力而不变形。(4) 注浆施工:根据注浆材料的特性和配比要求,将注浆材料通过注浆泵注入钻孔中。注浆过程中,需严格控制注浆压力和注浆量,确保注浆材料能够均匀扩散至含水层中。同时,需通过计算机导向系统实时监测注浆过程,及时调整注浆参数。(5) 注浆后处理:注浆完成后,需等待注浆材料充分固化。固化时间根据注浆材料的种类和配比确定。固化后,需进行注浆效果监测和评估,确保治理效果达到预期目标^[4]。

3.4.2 施工过程中的安全注意事项和质量控制要点

在施工过程中,需严格遵守安全操作规程,确保施工人员的人身安全和设备的稳定运行。具体措施包括:佩戴个人防护装备、定期进行设备检查和维护、设立安全警示标志等。同时,需加强质量控制,确保施工质量符合设计要求。质量控制要点包括:钻孔轨迹的精确控制、注浆材料的配比和注浆压力的准确设定、注浆过程的实时监测和调整、注浆效果的评估和反馈等。通过加强质量控制,可以及时发现并纠正施工中的问题,确保

治理效果达到预期目标。

4 煤矿水害综合治理实际案例分析

4.1 案例背景与地质条件

4.1.1 具体煤矿的地质条件和水害情况

以某大型煤矿东翼大巷穿越大型断层区域为例,该区域地质条件极为复杂。东翼大巷包括东翼轨道大巷、东翼回风大巷和东翼运输大巷,这些巷道在施工过程中主要受煤层顶底板砂岩裂隙水和断层水影响。特别是aF1断层和五沟杨柳断层,作为大型断层,其落差大,掘进施工期间影响较大。据抽水试验资料显示,aF1断层富水性弱、导水性差,但仍存在潜在的水害威胁。此外,断层区域的地质构造复杂,断层带围岩破碎,给巷道支护和掘进带来极大困难。

4.1.2 选择定向钻进注浆治理技术的依据

针对该煤矿东翼大巷穿越大型断层区域的地质条件和水害情况,传统的治理方法难以达到理想的治水效果。定向钻进注浆治理技术以其钻孔轨迹可控、注浆范围广、适应复杂地质条件等优点,成为解决这一难题的有效手段。通过定向钻进,可以精确控制钻孔轨迹,使钻孔沿巷道中心钻进,超前探查治理区段潜在的水害威胁。同时,结合高压注浆技术,可以加固断层裂隙,提高围岩的强度和稳定性,为巷道穿越断层带支护创造条件。

4.2 治理过程与实施效果

4.2.1 治理过程的关键环节和实施步骤

治理过程主要包括以下几个关键环节:首先是巷道穿断层情况的分析,包括断层的性质、倾角、落差以及巷道与断层的相对位置等;其次是治理方案的设计,包括钻孔布置、注浆材料的选择、注浆参数的确定等;接着是定向钻孔的施工,利用先进的定向钻进技术和设备,精确控制钻孔轨迹;然后是注浆施工,采用高压注浆技术,将注浆材料注入断层裂隙中;最后是治理效果的检验和评估,通过钻探取芯、抽水试验等手段,检验治理效果是否达到预期。

在实施过程中,共完成了4个分支孔的施工,累计钻探进尺达到2421米。注浆材料采用了PO42.5普通硅酸盐水泥,注浆量累计达到1858吨。通过治理,三条大巷穿断层破碎带围岩得到了充分充填加固,为巷道穿越断层的支护创造了有利条件。

4.2.2 治理前后的效果差异

治理前,东翼大巷穿越断层区域存在严重的水害威胁和支护困难。治理后,通过钻探录井记录及简易水文观测结果,表明治理区域裂隙发育程度降低,无水源补给通道,消除了潜在水害威胁。同时,断层带围岩得到了充分充填加固,提高了巷道的稳定性和支护效果。

4.3 问题与改进措施

4.3.1 治理过程中遇到的问题和挑战

在治理过程中,遇到了钻孔偏斜、注浆压力不稳定等问题。钻孔偏斜可能是由于地质构造复杂、岩层软硬不均等原因导致的;注浆压力不稳定则可能是由于注浆材料性能不稳定、注浆管堵塞等原因造成的。

4.3.2 针对性的改进措施和建议

针对钻孔偏斜问题,可以采取优化钻孔设计、加强钻探过程中的导向和控制等措施;针对注浆压力不稳定问题,可以优化注浆材料的选择和配比、加强注浆管的维护和清洗等措施。此外,还应加强施工过程中的监测和记录,及时发现并解决问题,确保治理效果。同时,针对煤矿水害的复杂性和多样性,应继续探索和创新治理技术和方法,提高治理效率和效果。

结束语

煤矿底板强含水层定向钻进注浆治理技术作为一项先进的煤矿水害防治手段,在实践中展现出了显著的治理效果和广泛的应用前景。通过精确定向钻进与高效注浆技术的结合,该技术有效解决了煤矿底板水害问题,提高了煤矿开采的安全性和稳定性。未来,随着技术的不断进步和创新,定向钻进注浆治理技术将在煤矿水害防治领域发挥更加重要的作用,为煤矿安全生产提供更加有力的技术保障。

参考文献

- [1]齐贺鹏.深立井砂岩含水层工作面预注浆技术[J].文化科学,2022,(07):67-68.
- [2]姚伟.煤系地层含水层煤矿采矿防治水方案制定[J].工程地质学,2025,(02):21-22.
- [3]邓定刚.煤层顶板含水层治理技术研究及其在煤矿防治水中的应用[J].建筑技术科学,2024,(08):83-84.
- [4]张军伟,宋永来,徐建超.某煤矿地质特征及含水层富水性研究分析[J].工程地质学,2020,(04):40-41.