

灌浆加固技术在煤矿防治水工程中的应用研究

卢骏扬

河南焦煤能源有限公司古汉山矿 河南 焦作 454350

【摘要】：在煤矿开采过程中，水害一直是制约矿井安全生产的关键因素。灌浆加固技术因其能有效封堵含水裂隙、加固破碎围岩，在防治水工程中受到广泛关注。本文以煤矿防治水为背景，围绕灌浆材料选择、工艺参数优化及施工质量控制展开分析，旨在探讨其在不同地质条件下的适应性与防水效果。通过实例对比与技术评估，总结出提高防治水效率与保障矿井安全的关键环节，为煤矿水害治理提供可靠的技术参考。

【关键词】：灌浆加固；煤矿防治水；施工工艺；水害治理；技术优化

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.024

引言

煤矿水害历来是影响矿井安全生产与可持续发展的重大威胁，尤其在深部开采和复杂地质条件下，其破坏力更为显著。随着矿井开采深度增加，含水层压力升高，围岩破碎带发育，突水事故频发，给生产安全带来巨大挑战。灌浆加固技术凭借快速封堵裂隙、提高岩体强度和防水性能的优势，逐渐成为防治水工程的核心手段。如何结合地质特征，合理选择材料与参数，并在施工中确保质量稳定，成为技术研究的重点。

1 煤矿防治水工程中水害特征与技术需求

煤矿防治水工程中，水害问题具有复杂性和多样性，常见的突水通道包括断层破碎带、老空区积水、含水层透水等，这些区域由于岩体结构疏松、裂隙发育，极易在采掘过程中形成水流通道。随着煤矿开采深度不断增加，地压和含水层水头值同步升高，水力作用不断增强，岩层结构的不稳定性进一步加剧，导致透水风险骤然增大。水害不仅对生产设备和巷道结构造成冲击，还会引发矿井局部坍塌，甚至形成大面积淹井事故，对矿井安全生产构成严重威胁。

在复杂水文地质条件下，传统的防治水措施已难以满足现代煤矿安全生产的需求。随着开采规模扩大，采空区范围逐步扩大，积水量显著增加，形成封闭高压水体。一旦采掘活动扰动这些高压水体，容易造成大规模突水事故。地质勘探往往难以完全揭示所有隐伏含水裂隙，给治理工作增加了不确定性和技术难度。为了有效控制这些隐蔽水害，必须通过更加先进和精准的技术手段来封堵水流通道、加固破碎围岩，从根源上降低透水风险。

灌浆加固技术作为煤矿防治水的重要措施，能够将浆液注入破碎带及裂隙中，通过浆液的渗透、扩散和固化作用，提高岩体整体密实度和力学强度，形成

可靠的防水屏障。相比传统堵水方法，这项技术在处理深部高压含水区和复杂地质条件下具有更强的适应性和稳定性。随着材料科学的发展，各类新型灌浆材料不断涌现，如高分子化学浆液、速凝型水泥浆液等，这些材料具有流动性强、凝固速度可控、抗渗性能优越等特点，可以在不同地质环境中灵活应用，为煤矿防治水工程提供了更加坚实的技术支撑。

在工程实施过程中，防治水技术需求呈现多元化趋势，不仅需要针对不同水害类型选择合适的灌浆体系，还需结合地质构造、含水层特征和采掘布局制定差异化治理方案。通过优化灌浆工艺参数，合理控制浆液扩散半径与压力，可以有效实现裂隙封堵与围岩加固的双重目标。依托现代监测技术，对灌浆过程进行实时跟踪与数据分析，能够显著提升施工的科学性与可靠性，为煤矿防治水工程提供更高水平的技术保障。

2 灌浆加固技术的施工方案与效果评估

在煤矿防治水工程中，灌浆加固技术的施工方案制定必须充分考虑水文地质条件、采掘布局及围岩结构特征，通过科学的前期勘探与分析确定注浆范围与治理重点区域。施工前需开展地质钻探与水压试验，掌握破碎带分布、裂隙发育程度以及含水层压力特征，以便确定合理的钻孔布置方式和注浆孔深度。钻孔设计应确保覆盖水害隐患区域，并预留扩展空间，避免漏注和死角，确保浆液能够充分渗透目标区域并形成连续的防水帷幕。施工过程中，注浆顺序需结合巷道走向、采掘位置及断层分布进行统筹安排，通常采取分段封堵、分区治理的方式，通过逐段推进实现整体加固与堵水效果。

在材料选择方面，根据含水层压力、裂隙宽度及岩体性质不同，选用具有不同物理化学特性的浆液。对于高压含水裂隙区域，需使用凝固速度快、抗渗性

能强的高分子化学浆液或速凝型水泥浆液，以防止浆液被水流冲刷而流失。对于裂隙发育但结构相对稳定的围岩，可采用普通水泥浆液或复合浆液进行加固，提高岩体整体稳定性。浆液配比应通过实验室试验确定，在满足渗透性和稳定性的前提下，控制流动度与凝固时间，使浆液在注入过程中能够充分扩散并迅速固化，形成密实的防水层。

施工过程中，注浆压力和注浆量是影响效果的关键参数。注浆压力过低无法使浆液渗入深部裂隙，压力过高则可能导致岩层扩张或诱发新的渗透通道。为保证浆液在裂隙中均匀扩散，施工过程中需要动态调整注浆压力，并通过分段注浆、间歇注浆等工艺手段实现控制。注浆量需根据地质条件与裂隙吸浆情况进行实时调节，通过记录吸浆速率、返浆量等数据判断裂隙充填情况，确保浆液在目标区域充分扩散且不产生浪费。注浆完成后需对孔口进行封固处理，防止浆液回流或水体再次进入。

在效果评估方面，需结合地质监测、物探手段及实际水流变化进行综合判断。常用评估方法包括注浆后钻孔取芯检测、地震波测试以及水压试验等，通过检测岩体密实度变化与渗透系数变化，确定加固与防水效果。还可在治理区域布设水位观测孔，实时监测地下水水位与流速变化，以验证封堵效果。对采掘区域进行持续跟踪，通过生产过程中突水量、巷道稳定性及围岩变形情况的变化，进一步评估技术实施成效。通过对施工数据、监测数据和实际生产情况进行综合分析，可明确不同浆液体系与施工工艺的适应性，并为后续工程优化提供科学依据。

3 综合应用与防治水工程实践经验总结

在煤矿防治水工程中，灌浆加固技术的综合应用需要与地质勘查、巷道布置及排水系统等多种技术手段协同配合，以实现整体治理目标。通过将灌浆技术

与探放水工程联合实施，可在采掘前期形成双重屏障结构，有效隔断高压含水层与采掘空间的连通道。实际操作中，通过区域性布置防水帷幕、局部加固破碎围岩、重点封堵隐伏裂隙，使治理体系形成分级防护格局，提升整体抗渗能力。对于采空区积水和断层富水段，采用预注浆与补注浆相结合的方式，可实现对水害通道的持续控制，减少突水风险。

在施工组织方面，综合应用需要建立多部门协调机制，由地质、测量、施工及监测团队共同参与治理方案制定，并通过信息化平台实现数据共享。施工过程中，利用钻孔电视、瞬变电磁探测、流量计监控等技术对注浆过程进行实时跟踪，掌握浆液扩散路径与围岩变化情况，及时调整注浆策略。通过监测数据与施工记录的动态比对，可对治理效果进行阶段性分析，并在后续治理中不断优化工艺参数。

在实践经验积累过程中，发现浆液性能、施工顺序及注浆压力控制对最终效果具有决定性作用。通过在不同地质条件下反复试验，逐步形成适用于多种含水层类型的标准化施工流程，建立技术参数数据库，为不同煤矿防治水工程提供指导依据。通过工程案例分析，总结典型成功模式和常见问题，结合现场反馈完善治理方案，使灌浆加固技术在复杂矿井条件下发挥最大治理价值，并持续提高煤矿安全生产保障水平。

4 结语

灌浆加固技术在煤矿防治水工程中展现出显著的安全保障作用，通过科学设计施工方案和严格控制技术参数，有效解决深部高压含水区和复杂地质条件下的水害问题。结合多项监测手段与信息化管理，实现了对防治水工程的动态调控。综合工程实践经验，不断完善材料体系和工艺流程，为煤矿安全生产提供坚实技术支撑，推动防治水治理水平持续提升。

参考文献：

- [1] 王志强.煤矿水害防治技术研究[J].煤炭科学技术,2022,50(3):45-50.
- [2] 赵建华.深部煤矿灌浆加固技术及其应用[J].矿业工程,2021,39(6):72-77.
- [3] 李春林.煤矿巷道防治水灌浆工艺优化研究[J].煤矿安全,2020,51(9):33-38.