

地测防治水技术及设备在煤矿中的运用研究

张旭东 路来超 肖卫国
山东新查庄矿业有限责任公司
DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2333

[摘要] 随着煤矿开采规模不断扩大,煤矿工程面临的困难也越来越棘手,其中矿井水害问题尤为突出。近年来通过对相关经验的总结积累,可以得出运用地测防治水技术及设备能够科学有效地解决矿井水害造成的安全隐患与生产损失,保障技术人员的安全,提高煤矿作业的生产效率与安全性。基于此,本文首先介绍了矿井水灾成因分析与地测防治水技术及设备运用的必要性,随后从五个方面讲述了地测防治水技术及设备在煤矿中的运用举措,以此供相关人士交流参考。

[关键词] 地测防治水; 技术及设备; 煤矿工程

中图分类号: X752 **文献标识码:** A

Research on the Application of Geological Survey, Water Prevention and Control Technologies and Equipment in Coal Mines

Xudong Zhang Laichao Lu Weiguo Xiao
Shandong Xinchazhuang Mining Industry Co., Ltd.

[Abstract] With the continuous expansion of coal mining scale, the difficulties faced by coal mine projects have become increasingly challenging, among which mine water hazard is particularly prominent. In recent years, through the summary and accumulation of relevant experience, it can be concluded that the application of geological survey, water prevention and control technologies and equipment can scientifically and effectively resolve the potential safety hazards and production losses caused by mine water disasters, safeguard the lives of technical personnel, and improve the production efficiency and safety of coal mine operations. Based on this, this paper first introduces the cause analysis of mine water disasters and the necessity of applying geological survey, water prevention and control technologies and equipment, and then elaborates on the application measures of such technologies and equipment in coal mines from five aspects, so as to provide a reference for relevant professionals' exchange and discussion.

[Key words] geological survey and water prevention and control; technologies and equipment; coal mine engineering

引言

随着我国煤炭开采不断延伸至复杂地质区域,传统的地测防治水模式已不足应对情况复杂的开采环境。矿井水害已成为煤矿安全高效发展的难题,不仅对人员生命安全造成威胁,也会给煤矿企业带来巨大的经济损失,而地测防治水技术及设备的应用能有效破解水害治理的难题。从含水层的探查监测,到防治水工程的精准施工,再到应急处置的预置设备,都离不开地测防治水技术及设备的硬核保障。因此注重地测防治水技术设备在煤矿全周期的精准应用,能为不同地形的复杂地质提供多种专业性防治水方案,切实解决水害治理问题,为煤矿安全高效开采提供坚实保障。

1 矿井水灾成因分析与地测防治水技术及设备运用的必要性

1.1 矿井水灾成因分析

在煤矿开采过程中,由于自然地质因素和人为因素易发生矿井水灾的问题。从自然地质角度看,主要是由含水层、老空积水、地质构造和地表水体引起的。煤层顶底板存在着富水性高的含水层,含水层和挖掘空间通过裂隙形成通道,会使地下水涌入井下造成水灾;采空区长期积存地下水,挖掘时如果不了解其位置范围,误穿了老空积水区,则会造成瞬间突水;断层等地质构造容易形成地下水涌入井下的通道,引发突水事故;井口周边的河流湖泊等地表水,在强降水等情况下会渗入地下,加大水灾发生的可能性。从人为活动角度看,第一,探查与监测预警不足,探查精度低和监测机制不健全都会导致风险识别滞后;第二,探掘布置工艺不合理,高强度开采、超深开采等不合理的采掘工

作会加大危险含水区域的突水风险；第三，应急处理能力薄弱，水灾应急方案缺乏操作性、人员应急训练不到位等，都会导致灾情扩大蔓延；第四，设备技术融合欠缺，未能充分利用先进技术开展水害防治、升级防治设备，大大削弱防治水工作的高效化；第五，全周期管控机制不完善，治水周期的各个环节配合不力则会导致防控短板的暴露，大幅拉低防治成效。

1.2地测防治水技术及设备运用的必要性

地测防治水技术与设备能够借助智能预警与探查有效识别风险隐患，在此基础上实施地面超前治理，从源头控制隐患，同时优化应急处置流程，并推动矿井水资源的合理利用。由此形成覆盖采矿全过程的监测防控体系，实现对水害风险的了解与管控。先进地测防治水技术与设备的深入应用，既充分显示出现代科技赋能的优势，又显著提升了煤矿开采的安全水平与综合成效，还大大降低水灾伤亡风险。这不仅是应对复杂地质条件的有力工具，更是煤矿企业实现安全稳控、效益提升的重要保障^[1]。

2地测防治水技术及设备在煤矿中的运用举措

当前煤矿作业环境复杂多变，水害风险防控压力持续增大。地测防治水技术与设备作为主要防控手段，既保证了采矿过程的安全，又提高了煤矿开采的效率与效益。故基于矿井水灾形成的自然因素和人为因素，围绕地测防治水技术及设备提出以下五项具体措施，为实现矿井水害的科学治理提供切实可行的路径。

2.1加强智能预警监测，精准识别风险隐患

要识别矿井水害风险，主要在于搭建全方位监测网和设立防治水智能预警平台。一方面，搭建全方位监测网需结合矿井和地面情况，在井下关键通道和含水层设置微震监测传感器和光纤测温测震系统，同时结合三维地震探测与井下钻探技术来获取断层位置等关键地质信息；而在地面则针对地表水和地下水建立自动化水压监测站，将两者测量的数据传输到集控中心。在搭建全方位监测网的过程中，还需加强多种来源数据的采集与校验。除了在井下关键通道和含水层设置的常规设备，还可增设电磁辐射监测仪和水位动态监测探头，用于采空区、导水裂隙带等高危区域，实时捕捉地质岩层变化和地下水趋势变化；地面监测网络则要延伸至矿井周边的湖泊河流等，配备地表沉降观测点和雨量监测站，避免雨季地表水渗透引发的井下水害；同时，监测设备长期使用则容易出现老化情况，需定期校准检验，安排专业技术人员每月对传感器精度进行核验，保证采集数据的真实有效。另一方面，有了初步的监测数据后，可借助数据深度分析与智能风险评估完成预警触发。搭建防治水智能预警平台时，需将煤矿地区的三维地质模型与监测数据汇入智能预警平台，组织采矿专家与管理人员围绕防控需求和平台数据设定分级分类预警阈值，平台智能分析并评估底板突水风险动态、老空水突入等水害风险等级，自动生成风险报告并推送至采掘管理人员^[2]。其中平台的预警阈值是需要根据地质条件、季节变化等因素动态调整的，因此专家团队应根据数据每月或每季度进行修改复核，以满足矿井实际防控需求。除此之外，采矿人员

需明确不同预警等级对应的处置流程，如低风险预警提示加大监测力度，中风险预警要求暂停采掘作业，高风险预警则立即组织人员撤离并开启应急处置方案，将预警功能传递的信息迅速转化为防控行动，全面强化矿井水害风险的智能预判与精准防控水平。同时防治水智能预警平台需要联动绑定人员定位和采掘设备控制系统，当提示高风险预警时，智能预警平台对矿井人员提示紧急撤离指令，并远程关闭设备控制系统，防止水害发生时人员与设备因应急处置的不及时造成更大的损失。

2.2深化地面区域治理，统筹安全与资源效益

地面区域治理是指在煤矿开采前和开采过程中识别矿井水害风险区域，如采空积水区、含水层等，再从地面采用技术工程手段来进行预处理，能够有效阻断源头，降低水害风险。地面区域治理主要围绕精确探查水害风险区域、实施多种地面应对治理技术和实时监测治理过程这三方面进行。在精确探查水害风险区域方面，可通过前期防治水智能预警平台的技术探测数据明确富水区范围和导水通道位置，再结合地面抽水试验等方法精准判断水源关键信息，划分不同风险等级的治理区域，结合开采计划确定地面治理的核心靶区及治理技术。在实施多种地面应对治理技术方面，最常用的技术是注浆加固。经地面钻孔设计优化后，对井下分段注浆加固，以填充岩层裂隙，适用于顶板水预处理、底板水和断层导水治理；应对老空积水区可采用地面钻孔探查，采取抽水并回灌的处理办法减少积水；而针对高压富水含水层时，可从地面施工疏水井入手，利用间歇降压和长期抽水的办法将水位降低到安全阈值，减少突水情况的发生；另外，地表水如河流等极易与地下水连通，需要采取防渗、引流改道等措施进行治理。上述治理施工过程还需实时监测，确保治理效果的有效与稳定，除此之外还可规划搭建矿井水处理站，提升矿井水利用率，避免水资源的浪费^[3]。

2.3优化快速应急处置，有效应对突发水害

在井下作业时存在隐蔽性强、难以预测的水害隐患，突发水害一旦发生必然引起安全事故和财产损失的后果。因此需要强化采掘人员的快速应急处理能力，针对突发水害建立起一套从设备预置、队伍组建、人员培训、实战演练的全面高效应急技术体系。在设备预置层面上，首先需在无法预测的潜在突水点下方通道设备快速接头和排水干管，确保突水发生的第一时间完成潜水泵和排水干管的连接，同时优化排水干道路径走向，优先连通井下主排水系统；其次提前储备不低于1000m³/h的大流量潜水泵和应急电源放在临近的硐室中，定期检查系统设备，有助于预防突水状况和保证持续作业；最后根据智能探测数据对井下应急排水系统进行动态调整，提升排水系统的稳定性。在队伍组建层面上，组织一支骨干人员构成的抢险队，专门应对突发水害的发生，之所以要求抢险队需配置钻探和注浆的骨干人员，原因在于持续突水通道的封堵作业比处理静止积水的难度大，持续的水流会破坏封堵结构、冲散封堵材料，当突水发生时，抢险队能够快速准确钻设注浆孔，将封堵通道打通，在突水通道填充封堵材料，将险情稳定控制住；值得注意的是，封堵材料需提前

储备特种速凝材料,常规的封堵材料凝固慢、容易被高压水流冲刷掉,因此无法用于流动水的封堵;另外还需配备大孔径救援钻机,可实现被困人员的紧急转移,辅助完成复杂的抢险工作。在人员培训层面上,需加强对人员的专业培训,一方面对全体采掘人员进行基础应急演练,以保证水害发生的第一时间能够自保并上报,另一方面对抢险队开展专业技能培训,提升队伍专业能力。在最后的实战演练层面上,通过多次实战演练评估效果,进一步优化应急预案与技术体系,以高效应对不同突水场景^[4]。综上所述,在应对突发水害时,构建一套高效应急技术体系,能够保证采掘人员的生命安全,极大降低水害损失。

2.4 推动设备技术融合,提升防治水效能与安全

对于不可预测的危险水害区域,仅依靠应急处置方案并不能完全规避采掘人员的安全风险。煤矿企业在开采中可重点引进多类型防治水作业机器人和智能注浆系统等先进设备,既能高效处理突水事故,又能减少人员进入高危区域,大幅提升了防治水的合理性和可靠性。在这套设备体系中,机器人承接高危工作的职能,探测机器人在井下探查收集关键数据,代替人员近距离排查隐患;钻探机器人经地面远程操控,在危险环境下执行钻孔注浆等工作;巡检机器人则按照提前设定好的程序,每日按时巡检应急排水系统,避免人工冒风险值守。而智能注浆系统则实现了注浆工作的精准管控,该系统通过获取分析探测机器人的数据来精确规划注浆位置和注浆量,在注浆阶段,一旦发现异常便会自动触发应急停泵机制,避免二次险情或无效注浆。该系统还可实时优化注浆参数,提供多种方案,与人工注浆相比,提升了注浆的效率与精确度,降低了注浆材料和应急演练成本,同时减少了高危区域的作业人员数量。智能注浆系统与机器人配合形成多方位智能化的防治水安全体系,为后续水害防治方案的优化积累了实操数据,更为煤矿开采智能化的落地提供坚实支撑^[5]。

2.5 落实治水全周期管控,确保防治工作闭环高效

煤矿水害防治不是事故发生时的被动管控,而是需要贯穿煤矿项目全周期的系统性工作,其主要目标是既要保障人员生命安全,又要兼顾成本效益平衡。各类智能设备技术是辅助防治水的有力工具,但当前技术还处在发展阶段,部分管理还需聚焦到人为治理上,因此需建立智能探测预警与人为管理相结合的模式,形成技术防控和人为管控的双重保障体系。在项目全周期管理中,首先需要建立全流程水害防治管控体系,借助井上井下

地测设备来执行探查预警工作,整合数据实现对水害的动态管控,同时配套人为应急介入流程,在设备故障时能人为快速介入管控,保障防治水工作不中断。其次制订防治水管理标准,明确相关技术人员岗位职责、确定防治水岗位职能边界、完善防治水资料技术管理规范;同时规范井上井下地测设备的探查预警流程,建立设备定期检修与隐患排查机制,对技术人员定期开展专业技能培训,确保充分发挥设备效能和人员专业水平。最后组织多部门人员开展防治水管理专题讨论会,集中讨论地测设备技术使用时的重难点问题,通过交流技术设备实操经验与管理方法来持续优化水害防治技术方案与设备配置,推动煤矿地测防治水工作实现安全与经济效益最大化的目标。

3 结束语

综上所述,地测防治水技术及设备在煤矿中的应用,能够有效管控水害源头、落实风险预警、保障应急高效处置,提升水害防治效能与资源利用水平。通过搭建智能监测体系、深化地面区域治理、优化应急响应机制、推动设备技术融合、落实全周期管理这五个方面,系统提升了煤矿水害防治能力,为人员安全与稳定生产筑起坚实屏障。在未来信息化技术飞速发展的趋势下,地测防治水技术与设备需持续提升精准探测与智能预警能力,将防治水体系与矿井智能化管理平台深度融合,推动防治水工作向更高效智能、更精准可控的方向转型,从而帮助煤炭行业实现安全与效益的统一。

[参考文献]

- [1]王森豪.关于构建煤矿地测防治水技术管理体系的研究[J].能源与节能,2024(11):159-161.
- [2]赵理.地测防治水技术及设备在煤矿中的应用分析[J].西部探矿工程,2023,35(9):181-183.
- [3]王超,杜伟.地测防治水与煤矿安全管理应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2025(10):79-81.
- [4]贾昱琦.浅析煤矿地质测量防治水害工作[J].矿业设备,2023(2):119-121.
- [5]唐永劲.煤矿地测防治水安全管理技术要点探讨[J].内蒙古煤炭经济,2023(3):80-82.

作者简介:

张旭东(1991--),男,汉族,山东省滨州市人,本科,工程师,研究方向:煤炭工程-地测防治水。