

超前探放水技术在煤矿防治水中的应用

梁 硕 孔 攀 党百里 张 翔

陕西彬长大佛寺矿业有限公司 陕西 咸阳 712000

摘 要: 煤矿井下复杂水文地质环境极易诱发各类水害问题,超前探放水是矿井防治水工作的重要施工手段。本文结合煤矿井下不同地质工况与采掘条件,系统分析超前探放水技术的适配应用场景,梳理常规钻探、定向钻探及组合式钻探的应用形式。重点探讨钻孔布设、探疏协同施工及特殊水文环境的作业实施要点,总结施工阶段存在的钻进缺陷、孔道异常、疏水不稳等常见问题,提出技术适配、工艺调整、现场标准化建设的优化路径,能够有效提升矿井探放水施工质量,强化井下采掘作业的安全保障能力。

关键词: 煤矿防治水;超前探放水;钻探技术;水文地质;施工优化

引言: 矿井采掘作业持续推进过程中,地层构造扰动、赋存水体运移都会提升水害事故的发生概率,直接影响井下施工的整体稳定性。各类隐蔽积水构造、破碎含水岩层、采空区积水区域都会对采掘工作面形成安全威胁,落实精细化探放水施工尤为关键。超前探放水技术可以提前排查前方水文隐患,疏导地层储存水体,削弱水害带来的施工风险。结合不同地质场景与采掘模式梳理技术应用方式,优化现场施工要点与管控措施,可以稳步提升煤矿防治水施工的规范性与实效性。

1 煤矿防治水中超前探放水技术适配应用条件

1.1 复杂含水地质场景应用适配

煤矿井下地质构造存在较强的复杂性与随机性,各类含水不良地质区域均需依托超前探放水技术开展前置探测与水处理作业^[1]。断层破碎带岩体结构松散,内部裂隙纵横交错,储存大量地下水,水体分布状态具备较强的不确定性,采掘作业推进前落实超前探放水施工,能够探明构造内部含水分布状态,消除隐蔽水体带来的作业隐患。裂隙发育岩层整体渗透性较强,地下水可通过多层裂隙形成连通水系,采掘扰动容易诱发渗水、涌水等不良工况,超前探放水作业可以疏导岩层内部滞留水体,降低采掘作业对含水岩层的扰动影响。隐伏含水构造具备隐蔽性较强的特点,常规勘察手段难以捕捉空间分布特征,这类构造埋藏于地层内部,容易在采掘施工中突然揭露积水区域,超前探放水技术可实现对隐蔽含水区域的精准探测与提前释水,保障井下施工推进的稳定性。

1.2 不同采掘工作面应用适配

井下各类采掘作业区域的空间布局与施工模式存在差异,对超前探放水施工有着差异化的适配需求。巷道掘进工作面作业范围狭长,施工推进连续性较强,前

方未知地质与含水环境会持续影响掘进安全,适配超前探放水施工可以持续排查前方含水隐患,为巷道掘进作业提供前置安全保障。综采工作面作业规模较大,设备布设密集,采动影响范围更广,岩层裂隙受扰动后容易导通周边含水区域,开展超前探放水作业能够提前疏导工作面周边积水,维持综采作业区域的干燥稳定作业环境。边角残留煤体开采区域地质条件复杂,前期采掘活动容易改变原有水体分布状态,积水滞留概率更高,依托超前探放水工艺排查区域水体情况,可规避残留煤体开采过程中突发水害问题。

1.3 矿井积水区域专项应用适配

矿井长期生产形成的各类积水区域水害风险突出,是超前探放水技术的重点应用场景。老旧采空区经过长期搁置,内部会汇集大量地下水,积水范围与积水体量无固定规律,围岩稳定性较差,常规处理方式难以彻底消除水害隐患,超前探放水施工可逐步释放采空区积存水体,弱化积水压力对周边岩体的侵蚀作用。层间积水藏匿于地层夹层之间,多层水体相互隔绝且分布分散,采掘作业穿越地层夹层时极易诱发突水问题,针对性开展超前探放水作业可以逐层疏导层间滞留水体。围岩渗水区域岩体含水饱和度较高,长期渗水会软化周边煤岩体结构,降低巷道整体稳定性,通过超前探放水作业疏导围岩内部水体,能够有效改善围岩含水状态,提升井下采掘施工的安全系数^[2]。

2 煤矿防治水各类超前探放水技术应用形式

2.1 常规钻探探放水技术的基础应用

常规钻探探放水是井下防治水作业中通用性较强的基础技术手段,适配多数常规井下施工场景的水体治理需求。技术可完成浅层地质水体排查工作,针对巷道浅层覆盖地层开展钻探探测,摸清浅部岩层含水分分布状

态,清除浅层零散积水带来的施工隐患。常规巷道疏水排水依托该技术开展常态化作业,通过布设基础钻孔疏导巷道周边积聚的游离水体,持续优化巷道内部水文环境,维持采掘空间干燥稳定。技术可落实基础水文隐患排查工作,针对工作面常规水文异常区域开展全面探测,筛查地层内部潜藏的小型积水区域与裂隙导水通道,为井下常态化防治水作业提供基础技术支撑,适配矿井日常采掘过程中的基础防水治水需求。

2.2 定向钻探放水技术的精准应用

定向钻探放水依托可控的钻孔钻进轨迹,突破常规钻探的作业局限,适配复杂、深度水文探测场景。技术可实现深部隐伏水体定位,针对地层深处埋藏的隐蔽积水区域开展精准钻探,锁定深部水体的空间分布范围与赋存状态,解决深层水体难以探测的难题。狭长构造带精准探疏依托该技术落地实施,沿断层、裂隙带等狭长地质构造走向布设钻孔,精准疏导构造内部储存的水体,弱化狭长构造积水对采掘作业的威胁。多分支孔全覆盖探水模式依托定向钻探技术实现,通过主孔延伸多组分支钻孔,扩大单孔探测覆盖范围,对大面积含水区域形成全方位探测覆盖,完善深部区域探水作业体系。

2.3 组合式探放水技术的综合应用

组合式探放水技术整合多种钻探作业优势,能够适配地质结构复杂、水体分布多层化的矿井作业场景。深浅孔搭配分层探水模式结合浅层钻孔与深层钻孔的作业优势,分别探测疏导浅部松散地层与深部致密岩层的积水,实现地层纵向水体的分层治理。分区段递进式探放水根据采掘工作面推进范围划分作业区段,循序渐进完成各个区域的探水疏水作业,贴合并下采掘施工的推进节奏,提升探水作业的有序性。复杂地质多层水体排查依托组合技术开展,应对多层含水、裂隙交错、构造复杂的特殊地层,融合不同钻探工艺的技术优势,全面排查地层各类水体隐患,完善复杂工况下的煤矿防治水作业体系。

3 超前探放水技术在煤矿防治水中的应用实施要点

3.1 探水钻孔布局的针对性应用实施

探水钻孔的布设质量直接决定超前探放水作业的覆盖效果,需要结合井下实际地质条件开展针对性布局设计。施工过程中深度掌握巷道及工作面周边地质构造发育特征,根据构造延展形态、裂隙发育走向调整钻孔排布形式与钻进角度,规避地质构造带来的探测盲区。贴合并下采掘作业的推进节奏与施工规划,阶段性调整探测作业的覆盖边界,合理延伸探测纵深,让探测范围始终匹配采掘作业的推进需求,保障采掘前方水文状态持

续可控。对前期水文排查中发现的含水异常区域、构造破碎区域开展钻孔加密布设,缩小钻孔布设间距,提升重点隐患区域的探测精细度,全面捕捉局部隐蔽含水区域,杜绝单点漏探引发的水害隐患^[3]。钻孔布局还应充分考虑与已有探放水孔位的衔接关系,避免新旧孔位之间产生探测重叠或遗漏,同时预留一定的安全冗余距离,确保在地质条件发生突变时仍能保持有效的探测覆盖范围。

3.2 探疏作业协同化应用实施

超前探放水作业属于多工序衔接的系统性施工模式,需要保障各作业环节的高效衔接与协同推进。统筹推进探水、疏水、控水各类施工工序,理顺各作业环节的施工顺序,依托探测结果精准开展疏水作业,通过控水手段稳定作业区域水文状态,构建连贯的治水作业链条。布设多组钻孔形成联动作业体系,利用多孔分流的作业模式加快地层积水疏导效率,弱化单点钻孔疏水速度受限的问题,提升整体疏水作业的平稳性。井下地质条件会随采掘扰动产生动态变化,施工过程中持续跟进地层状态变动,灵活调整作业方式与施工节奏,适配地层裂隙发育、水体运移产生的工况改变,保持探疏作业的适配性与有效性。在探疏协同推进过程中,各工序的时间节点把控尤为重要,探水完成后应及时转入疏水环节,避免因间隔过长导致孔道堵塞或水量回补,影响整体探放水作业的连续性与施工成效。

3.3 特殊水文环境适配应用实施

不同水文地质环境对超前探放水施工工艺有着差异化要求,需结合现场工况调整施工方案,适配特殊地层的作业需求。高压含水地层内部水体压力较大,钻孔作业易出现涌水失控问题,施工过程中优化钻进工艺,搭配稳压作业方式逐步释放地层水压,循序渐进完成水体疏导,保障作业过程的稳定性。松散破碎岩层岩体结构稳定性弱,钻进过程中容易出现孔壁坍塌、孔道堵塞等问题,适配专属固壁与钻进工艺,维持孔道完整形态,保障探水与疏水作业持续推进。多层重叠水体呈现纵向分层分布的特点,不同层位水体压力与赋存状态存在差异,施工中采取分层探测、分层疏放的作业模式,逐层排查疏导各层位积水,彻底清除多层地层蕴含的水体隐患,全面提升复杂水文环境下的防治水施工质量。特殊水文环境下的施工还需配备专用的应急排水设备与监测仪表,实时掌握涌水量与水压变化趋势,一旦出现异常工况能够迅速启动应急预案,最大限度降低水害事故发生的可能性^[4]。

4 超前探放水技术应用中的常见问题处理与优化方式

4.1 技术应用中的施工问题处理

超前探放水施工在复杂井下地质环境中易出现各类施工缺陷,需要匹配针对性处理手段保障作业有序推进。复杂地层结构存在岩体松散、裂隙杂乱、构造交错等特征,钻进作业容易出现进尺困难、钻孔偏斜等施工问题。通过调整钻进参数与钻进角度,优化机具推进节奏,提升钻孔成型的规整程度,适配复杂地层的钻进施工需求。探水作业推进阶段易产生各类孔道异常情况,孔壁掉落碎屑、裂隙封堵不均都会干扰孔道通畅状态。通过专项清孔工艺疏通孔道内部堵塞结构,加固薄弱孔壁区域,维持孔道整体通透完整,保障探测与输水通道顺畅。疏水作业过程容易出现水流波动、疏放不连续等不稳定状态,地层水体压力变化与裂隙导通状态都会影响疏水平稳度。通过调整疏水开度、分级释放水体压力,平衡地层内部水流运移状态,稳定疏水作业整体工况,保障疏水作业持续平稳开展。除上述常见问题外,施工中还可能遇到钻具断裂、卡钻等突发状况,现场技术人员应提前准备应急钻具与备用设备,并定期开展应急演练,确保在问题发生时能够快速响应、妥善处置,将施工损失降到最低限度。

4.2 技术应用适配性优化方式

矿井水文地质条件具备动态变化特征,需持续优化技术应用模式,提升探放水施工的适配程度。结合施工现场地层构造、含水分布、岩体结构特征筛选适配的探水技术类型,摒弃单一固定的施工模式,让技术形式贴合现场地质施工条件,提升探测疏水的精准程度。不同采掘场景的作业空间、施工节奏、扰动范围存在明显区别,依据采掘作业的推进特点调整钻进方式、孔位布设、疏水节奏等作业工艺,让治水工序贴合采掘施工整体节奏,实现治水与采掘工序的有序衔接。梳理井下各类水文隐患的形成机理与分布特征,针对不同积水隐患、裂隙隐患、构造隐患调整探测布设形式与作业重点,优化探测方案的针对性,强化各类水文隐患的排查与处置效果。

4.3 现场应用标准化优化方式

探放水现场施工涉及多类技术工艺的交叉运用,需

要建立标准化作业体系规范施工行为。梳理不同探水技术的施工特点与适用场景,规范各类技术搭配应用的实施流程,明确不同工艺的施工顺序与衔接标准,改善多技术混用带来的施工混乱问题。统一井下探水、疏水、控水全流程作业操作标准,规范钻孔布设、钻进施工、水体疏放、工况调控等各项作业细节,缩减人为操作差异带来的施工质量波动。细化探放水施工收尾阶段的作业内容,规范孔道处置、场地规整、工况记录等收尾环节,搭建完整的标准化收尾作业流程,保障单次探放水施工形成完整闭环,持续提升矿井防治水施工的规范化水平^[5]。标准化建设应贯穿探放水施工的全生命周期,从方案编制、技术交底到现场实施、竣工验收,每个环节均需设定明确的质量控制点与验收标准,通过制度化手段消除人为因素对施工质量的不利影响,推动矿井防治水工作向精细化方向持续迈进。

结束语

超前探放水贯穿煤矿采掘施工的全过程,各类探水工艺的合理选用与规范落实,直接影响矿井水害防控的整体水平。不同含水地质场景与采掘区域对探放水施工模式存在差异化要求,依托适配的钻探技术与施工方案,可有效排查多层水体、构造积水与围岩渗水隐患。通过整治现场施工问题、优化技术适配形式、完善标准化作业流程,能够规范井下探疏作业秩序,提升矿井水文隐患处置能力,保障煤矿采掘施工长期稳定开展。

参考文献

- [1]薛宏伟.超前探放水技术在煤矿防治水中的应用[J].能源与节能,2025(10):141-144.
- [2]杨峰.定向钻探技术在煤矿防治水中的应用[J].江西煤炭科技,2025(3):150-152,155.
- [3]程立君.定向钻探技术在煤矿掘进巷道防治水中的应用[J].能源与节能,2025(1):324-326.
- [4]杨超.几种超前物探技术在煤炭矿井防治水中的应用[J].山西冶金,2022,45(2):333-335.
- [5]孟远亮.探放水在煤矿防治水工作中的实践应用[J].内蒙古煤炭经济,2024(23):175-177.