

煤矿水文地质条件对开采的影响

贺 进

华亭黄庄煤矿有限责任公司 甘肃 平凉 744100

摘 要：煤矿水文地质条件对开采影响深远，其含水层特性、地下水动态变化及地质构造等因素直接影响矿井涌水与突水风险。复杂水文地质条件易引发突水、淹井等事故，威胁人员与设备安全；同时增加防治水成本，降低开采效率。此外，地下水位变动可能导致地面沉降，破坏生态平衡。因此，需通过精准勘查、优化开采方案及加强动态监测等措施，降低水文地质风险，保障安全高效开采。

关键词：煤矿；水文地质条件；开采；影响

引言：煤矿开采在能源领域占据关键地位，但开采进程深受水文地质条件制约。地下含水层的赋存状态、水力联系以及地质构造特征等，既可能引发矿井突水、淹井等重大灾害，威胁作业人员生命安全与设备稳定运行，又会增加开采成本、降低资源回收效率。鉴于此，系统剖析煤矿水文地质条件对开采的影响，对优化开采方案、实现安全高效开采意义重大。

1 煤矿水文地质条件基础理论

1.1 水文地质条件的基本概念

(1) 核心概念：含水层是指赋存并能透过地下水的岩层或土层，是矿井充水的主要水源载体；隔水层是指透水性能极弱、能阻挡地下水渗透的岩层，对矿井防水起关键阻隔作用；导水裂隙带是采矿活动引发岩层破裂形成的透水通道，是地下水进入矿井的重要途径。(2) 水文地质参数：渗透系数反映岩层透水能力强弱，直接影响地下水渗透速度；水位是地下水的埋藏深度标志，决定矿井充水压力大小；补给关系体现地下水的来源途径，包括大气降水补给、地表水补给等，是判断矿井充水强度的重要依据。

1.2 煤矿水文地质类型划分

(1) 按含水层分布特征分类：孔隙水型，含水层以松散孔隙介质为主，多分布于第四系松散层；裂隙水型，地下水赋存于岩层裂隙中，常见于砂岩、页岩等碎屑岩地层；岩溶水型，含水层为可溶性岩层（如石灰岩），因岩溶发育形成复杂含水系统，对矿井威胁最大。(2) 按矿井充水条件分类：顶板充水型，充水水源来自煤层顶板含水层，多通过导水裂隙带渗透；底板突水型，充水水源为煤层底板以下含水层，在水压作用下突破隔水层涌入矿井，突发性强、危害严重^[1]。

1.3 水文地质条件动态变化规律

(1) 自然因素影响：降水是地下水的主要补给来

源，雨季降水集中时，含水层水位上升，矿井充水量显著增加；地形影响地下水径流方向，山地地形利于地下水排泄，平原地区地下水易汇集，增加矿井充水风险。

(2) 采矿活动扰动机制：采矿过程中岩层开挖导致应力重新分布，引发岩层破裂形成导水通道，破坏原有隔水层完整性；同时改变地下水径流路径，使原本不连通的含水层发生水力联系，加剧矿井充水程度。

2 煤矿水文地质条件对开采的直接影响

2.1 矿井突水灾害风险

(1) 突水类型：顶板突水是指煤层顶板含水层或地表水通过采动裂隙涌入矿井，多发生在厚松散层覆盖或顶板含水层富水性强的区域；底板突水由煤层底板以下承压含水层水压突破隔水层所致，突发性强、涌水量大，是危害最严重的突水类型；老空水突水则是采掘活动触及废弃老窑、采空区积水引发，积水携带大量有害气体，易造成人员窒息和设备损毁。(2) 突水机理与致灾因素分析：核心机理是地下水在水压作用下，通过导水通道突破隔水层进入采掘空间。关键致灾因素包括断层导水，活动性断层易形成贯通含水层与采掘面的通道，成为地下水径流的主要路径；采动裂隙扩展，采煤引发的岩层移动使隔水层完整性破坏，形成垂向导水裂隙带，沟通上下含水层；此外，含水层富水性强、水压过高，以及隔水层厚度不足、强度较低等，均会显著提升突水风险。

2.2 开采技术条件限制

(1) 水文地质条件对采煤方法选择的制约：富水性强、导水裂隙发育的区域，需规避放顶煤开采，因其顶板垮落范围大、裂隙发育充分，易沟通含水层引发突水，更适合采用综采分层开采，通过控制顶板垮落高度减少水害风险；在底板承压水威胁严重的区域，需选用对底板扰动小的采煤工艺，避免高强度开采导致底板隔

水力破裂；而在水文地质条件简单的区域，可采用高效的综合机械化开采，提升生产效率^[2]。（2）工作面布置与巷道掘进的防排水要求：工作面布置需避开富水区、导水断层等危险区域，合理确定推进方向与长度，减少穿越水文地质复杂段的概率；巷道掘进前必须实施超前探放水，采用钻探与物探相结合的方式探明前方水文条件，掘进过程中需同步构建临时排水系统，确保涌水及时排出；对于井田边界、采区边界等关键部位，需设置防水煤柱，防止外部地下水渗入。

2.3 资源回收率与开采效率

（1）含水层下压煤开采的可行性分析：含水层下压煤开采需结合水文地质条件评估可行性，若含水层富水性弱、隔水层稳定，可通过疏水降压、注浆加固等措施实现安全开采；若含水层富水性极强、水压巨大，且隔水层薄弱，为规避突水风险，需留设大量防水煤柱，导致部分煤炭资源无法开采，显著降低资源回收率；精准的水文地质评价是确定下压煤开采方案的核心前提。

（2）水害治理对生产进度的影响：为管控水害风险，需投入大量时间开展探放水、注浆堵水等治理工作，可能导致采掘作业中断；若出现涌水异常，需立即停产实施排水降压，进一步延误生产进度；同时，井下积水易造成设备锈蚀、电路短路等故障，增加设备维修成本与停机时间；复杂水文地质条件下，频繁的水害治理工作会大幅降低开采循环效率，提升生产成本^[3]。

3 煤矿水文地质条件对开采的间接影响

3.1 环境与生态问题

（1）矿井水排放对地表水、土壤的污染风险：煤矿开采过程中产生的矿井水常含有悬浮物、重金属离子、硫化物及可溶性盐分等污染物，若未经达标处理直接排放，会污染周边地表水，导致水体浑浊、溶解氧下降，破坏水生生态系统；同时，污染水体下渗或漫溢会渗入土壤，改变土壤理化性质，降低土壤肥力，影响农作物生长，甚至通过食物链危害人体健康。尤其在水文地质条件复杂、地下水与地表水联系紧密的区域，污染易快速扩散，扩大生态破坏范围。（2）地下水水位下降引发的地面沉降与植被破坏：为保障开采安全，大规模疏干排水会导致区域地下水水位大幅下降，打破原有的地下水均衡状态。地下水位下降会使松散土层失去地下水的浮托与支撑作用，引发地面沉降，破坏农田、道路、建筑等地面设施；同时，地下水是植被生长的重要水源，水位下降会导致浅层地下水枯竭，植被因缺水枯萎死亡，加剧水土流失与土地荒漠化，破坏区域生态平衡，尤其在干旱半干旱地区，这种生态影响更为显著且难以

恢复。

3.2 经济成本增加

（1）防治水工程投入：复杂水文地质条件下，煤矿需投入大量资金建设防治水工程。疏干排水工程需购置大功率排水设备、铺设排水管网，且长期运行消耗大量电力；注浆堵水工程需耗费巨额注浆材料费用、钻探施工费用及设备租赁费用；此外，超前探放水、水文地质监测等常态化工作也需持续投入人力、物力，这些防治水成本直接叠加至开采成本中，大幅提升了煤矿生产的经济门槛^[4]。（2）水害事故导致的直接与间接经济损失：若防治水措施不到位引发水害事故，会造成惨重的经济损失。直接损失包括设备被淹损毁、井下工程坍塌破坏、煤炭资源浸泡失效等；间接损失则涵盖停产停业期间的产值损失、事故救援费用、环境修复费用，以及因事故导致的品牌信誉受损、市场份额流失等。严重的水害事故甚至可能导致矿井永久关闭，给企业带来毁灭性的经济打击。

3.3 安全管理体系挑战

（1）水文地质监测与预警系统的建设需求：复杂水文地质条件对安全管理提出更高要求，需构建全覆盖、高精度的水文地质监测与预警系统。这不仅需要购置先进的监测设备（如水位传感器、涌水量监测仪、光纤传感设备等），还需搭建数字化管理平台，实现数据实时传输、分析与预警；同时，需安排专业人员定期维护设备、校准数据，确保系统稳定运行，这对安全管理的技术水平与资金保障能力均构成严峻挑战。（2）应急救援能力与人员培训的强化要求：水文地质复杂区域水害事故突发性强、危害大，需强化应急救援能力建设，配备专业的应急救援队伍、救援设备（如排水泵、救生舱、潜水装备等），并定期开展水害应急演练，提升应急处置效率；此外，需加强全员防治水培训，提升一线采掘人员对水文地质异常的识别能力、应急避险技能，以及管理人员的防治水决策水平，这对安全管理的常态化、精细化提出了更高要求。

4 煤矿水文地质条件对开采影响的应对策略与技术措施

4.1 水文地质勘探与评价技术

（1）高精度物探、钻探与监测技术的应用：高精度物探技术是水文地质勘探的前沿手段，包括三维地震勘探、瞬变电磁法、地质雷达等，可精准识别地下富水区、导水断层、岩溶发育带等关键水文地质体，为开采规划提供基础数据；钻探技术作为验证物探结果的核心手段，通过定向钻探、取芯钻探等技术，可获取岩层岩

性、含水层厚度与富水性等实测数据,弥补物探技术的局限性;实时监测技术则依托钻孔水位计、涌水量自动监测仪、光纤传感等设备,构建全时段、全方位的水文地质监测网络,动态跟踪地下水水位、水压及涌水量变化,为风险预警提供数据支撑。(2)水文地质模型构建与风险评估方法:基于勘探与监测数据,采用数值模拟软件构建三维水文地质模型,直观呈现含水层、隔水层、导水通道的空间分布及水力联系,实现地下水径流、补给过程的动态模拟;风险评估采用定性与定量相结合的方法,定性分析导水断层活化、采动裂隙扩展等致灾可能性,定量计算突水概率、最大涌水量等关键参数,划分高、中、低风险区域,为开采布局优化和防治水措施制定提供科学依据。

4.2 水害防治技术体系

(1)主动防治技术:地面预注浆技术通过在地表向导水断层、岩溶裂隙带等危险区域注入水泥浆、化学浆液等材料,形成隔水帷幕,从源头阻断地下水渗透通道,适用于开采前的水害隐患治理;井下疏放技术包括疏水降压钻孔、放水巷等方式,有计划地降低含水层水压,使水压降至安全阈值以下,消除底板突水风险,同时可回收部分地下水,实现水资源循环利用;此外,超前探放水技术在巷道掘进和工作面推进前实施,提前探明前方水文地质条件,避免盲目采掘引发突水事故。

(2)被动防护技术:防水闸门是井下重要的被动防护设施,设置在井底车场、井筒与巷道连接处等关键位置,采用钢筋混凝土或钢板材质,在突水事故发生时快速关闭,分隔危险区域,保护核心生产设施和人员安全;排水系统优化通过升级排水设备、优化管网布局,提升矿井排水能力,确保正常采掘过程中的涌水及时排出,同时配备备用排水系统和应急电源,应对突发大量涌水,避免积水淹没井下工程^[5]。

4.3 智能化与绿色开采技术

(1)水文地质信息数字化管理平台:整合勘探、监测、模拟等多源水文地质数据,构建数字化管理平台,实现数据的集中存储、实时更新与可视化展示;平台搭

载智能分析算法,可自动识别异常水文地质变化,发出预警信号,同时支持开采方案的模拟推演,为防治水决策提供智能化支持;通过平台实现井上井下数据互联互通,提升防治水工作的协同效率,降低管理成本。(2)保水开采与矿井水资源化利用技术:保水开采技术通过优化采煤方法、留设保护煤柱、控制采动裂隙发育等方式,减少对地下水文环境的破坏,保护区域地下水资源和生态平衡,适用于水资源匮乏地区的煤矿开采;矿井水资源化利用技术对开采过程中产生的矿井水进行分级处理,采用沉淀、过滤、反渗透等工艺,去除悬浮物、重金属等污染物,处理后的水可用于井下防尘、设备冷却、地面绿化、农田灌溉等,实现“变废为宝”,降低水资源消耗,减少污水排放对环境的污染,契合绿色矿山建设要求。

结束语

煤矿水文地质条件作为开采活动的重要制约因素,贯穿于煤矿规划、建设及生产的全周期。其复杂性动态性不仅关乎矿井安全,更深刻影响着资源利用效率与生态环境质量。通过强化水文地质勘探、构建风险预警体系、推广保水绿色开采技术等举措,可有效降低水害风险,实现安全开采与生态保护的协同发展。未来,需持续深化技术创新,推动煤矿开采向智能化、可持续化方向迈进。

参考文献

- [1]王彦君.庞庞塔煤矿水文地质条件及安全性评价[J].煤炭与化工,2017,40(12):118-121.
- [2]杨士春.干河煤矿奥灰水带压开采安全性评价[J].江西煤炭科技,2021(02):176-179.
- [3]刘晓斌.浅析煤矿开采水文地质条件及防治水技术研究[J].当代化工研究,2022(13):129-131.
- [4]杜敏.煤矿开采水文地质条件及防治水技术[J].内蒙古煤炭经济,2025,(11):187-189.
- [5]马有名.煤矿开采水文地质条件及防治水技术分析[J].矿业装备,2025,(05):74-76.