# 矿区水文地质条件对矿山开采的影响分析

张晓伟

平顶山天安煤业股份有限公司十二矿　河南　平顶山　467099

**摘　要：**以平顶山矿区为研究对象，系统梳理区域自然地理、地层构造及地下水系统等基础水文地质特征，剖析岩溶水、断层构造等水文地质要素对矿山开采安全、施工效率、工程稳定及生态环境的多重影响。针对矿区水害隐患、开采成本增加、地质灾害频发等核心问题，从勘查监测、水害防控、水资源治理、安全管理四个维度制定优化对策，可为同类岩溶型煤田安全绿色开采提供技术与理论参考。

**关键词：**矿区；水文地质条件；矿山开采；影响

**引言：**水文地质条件是制约矿山煤炭开采的核心地质因素，直接关乎矿井生产安全与开采效益。平顶山矿区作为典型华北石炭—二叠系岩溶煤田，水文地质结构复杂，岩溶水富集、断层发育等特征导致突水、边坡失稳等灾害频发，严重制约矿山高效稳产开采。为有效防控水文地质灾害、化解开采风险，本文结合矿区实际水文地质概况，探究其对矿山开采的具体影响，并提出针对性防控与优化措施，助力矿山安全高质量开采。

## 1 矿区基础水文地质条件概况

### 1.1 矿区自然地理与地质背景

（1）平顶山矿区位于河南省平顶山市北部，地处伏牛山东端与华北平原西南缘交接部位，地势西高东低，西部为低山丘陵，东部为冲积平原，北部平顶山砂岩组低山构成地表分水岭，最高点擂鼓台标高 +505.60m。属暖温带亚湿润大陆性季风气候，年均气温 15.0℃，年均降雨量 726.3mm，降雨集中于夏季。主要河流有湛河、东湛河，属淮河流域沙颍河水系。（2）区域地层属华北地层区豫西分区，主要发育寒武系、石炭系、二叠系、新近系及第四系，二叠系为主要含煤地层。主体构造为李口向斜，轴向北西 50°，两翼倾角 5°~15°，断裂以高角度正断层为主，包括锅底山正断层、郏县正断层等。可采煤层赋存于山西组及下石盒子组，含煤地层平均总厚度约 780m。（3）区域断块隆起与四周凹陷格局，使煤田边界高角度正断层将老地层与外围第四系松散层直接对接，阻断外围地下水侧向补给，形成相对独立的水文地质单元。

### 1.2 矿区地下水系统特征

（1）矿区含水层由深至浅主要包括寒武系崮山组白云质灰岩岩溶裂隙含水层、太原组灰岩岩溶裂隙含水层、二叠系砂岩裂隙含水层及第四系孔隙含水层；主要隔水层为铝土质泥岩及泥岩、砂质泥岩。锅底山断层将矿区分为东、西两个次级水文地质单元，断层北西段隔水、南东段导水。（2）地下水补给来源主要为西南部灰岩露头区大气降水入渗及第四系含水层下渗补给。径流受地层产状控制，浅部顺地层倾向由浅入深，中深部顺走向向东南方向径流。排泄方式以矿井人工疏排为主，自然排泄次之[1]。（3）孔隙水赋存于第四系松散层，富水性弱至中等；裂隙水赋存于二叠系砂岩，富水性弱，单位涌水量仅 0.0115L/(s·m)；岩溶水赋存于寒武系及太原组灰岩，为矿区主要充水水源，富水性强但不均一。

### 1.3 矿区水文地质参数与水质特征

（1）二叠系砂岩含水层渗透系数 0.0127~0.136m/d，平顶山砂岩渗透系数 1.21~1.44m/d，太原组灰岩水位标高约-230m（疏排后大幅下降）。浅层地下水水位埋深一般 4~12m。（2）浅层水位动态属“气象-开采型”，低水位期 3~5 月，高水位期 7~9 月，年变幅 1.3~2.5m。深部岩溶水位受矿井长期疏排影响呈持续下降趋势，已形成以各矿井为中心的降落漏斗。（3）寒武系灰岩水 pH6.97~8.08，TDS392.7~782.6mg/L，水化学类型由西部补给区 $HCO_3$-Ca·Mg 型向东部滞留区 $HCO_3$·$SO_4$-Na 型演化。砂岩水以 $HCO_3$-Ca 型为主。地下水对混凝土及金属构件具弱至中等侵蚀性，酸性矿井水区域需加强防腐蚀措施。

## 2 矿区水文地质条件对矿山开采的具体影响

### 2.1 地下水对矿山开采安全的影响

（1）平顶山矿区属华北石炭—二叠系岩溶型煤田，普遍受煤层底板寒武系灰岩岩溶承压水突水威胁。历史上 395 次突水案例中，4 次特大型和 4 次大型突水水源均

为寒灰水。十一矿靠近寒灰水补给区，水文地质条件复杂，4 个寒灰水突水点分布在脆弱区和过渡区。（2）断层构造是引发淹井灾害的主要通道，几乎所有的底板突水都直接或间接与断裂构造有关。一矿 2005 年 10 月 19 日东大巷突水，最大突水量达 38056m³/h，为隐伏断层引发的延迟突水，导致全井淹没停产。断层突水水量大、来势猛，突水量 1000m³/h 以上案例占 2/3。（3）地下水动态变化改变边坡岩土体力学性质，诱发采场边坡及地表沉陷区边缘失稳坍塌。一矿 1998 年 7 月在下牛村西发生滑坡，滑坡体长约 180m，宽 120m，厚约 13~15m，滑床坡度 40°，后缘出现 5 条弧形裂缝，最宽处达 2.6m，规模较大。

2.2 水文地质条件对开采效率与成本的影响

（1）岩溶水富集区域巷道掘进需采取超前探放水、注浆封堵等措施，施工工序增多，掘进速度显著降低。平顶山矿区岩溶发育在水平方向上具有显著不均匀性，由西南向东北逐渐减弱，区内分布有数个条带形岩溶水富集区，这些区域开采时需投入大量防治水工程。（2）矿井排水系统建设与运行构成重要成本支出。平顶山矿区岩溶水位大幅下降后，浅部含水层被疏干，矿区及周边供水系统出现紧张局面，需投入资金建设替代供水工程。矿井水抽排、净化与维护费用常年累积，增加了经营压力[2]。（3）水位波动导致工作面涌水量不稳定。平顶山矿区东部矿井进入-400m 标高以下后，即使专门布置放水孔，出水量也很小甚至为干孔，而浅部岩溶强烈发育区涌水量大，开采进度受制于排水能力。

2.3 水文地质条件对矿山工程稳定性的影响

（1）地下水长期浸润使巷道围岩泥岩、砂质泥岩软化，抗压强度大幅降低。平顶山矿区深部巷道围岩松软破碎、应力水平高，巷道开挖后浅部围岩极易变形破坏，破碎区、塑性区迅速扩大。矿区岩溶发育程度垂向分带明显：标高-200m 以上强烈发育，-200~400m 中等发育，-400m 以下弱发育，不同标高段围岩稳定性差异显著。（2）渗透压力在岩体裂隙中产生劈裂扩张效应。采动条件下承压含水层疏放后，顶板载荷转移至采场两侧围岩，导致应力集中和弹性能积聚，围岩冲击风险相应增加。平顶山二矿和吴寨矿寒武系灰岩地下水流速达 3320.05m/d，含水层渗透系数达 36911.11m/d，证明存在地下水集中径流带，构造破碎带加剧了渗透压力对岩体的劈裂作用[3]。（3）矿井水对锚杆、锚索、金属网及混凝土喷层产生侵蚀。平顶山矿区深部巷道存在“支护结构易失效、持续变形”等问题，需采用强力锚注一体化支护技术加以解决。

2.4 水文地质条件对矿山生态环境的影响

（1）长期疏干排水导致区域地下水位持续下降。平顶山矿区岩溶水位大幅下降，浅层含水层被疏干，矿区及周边村庄水井干涸，农业灌溉与生活用水受到严重影响。平顶山八矿区域地下水位埋深达 15~45m，13 个观测井水位降幅在 5.2~12m 之间。（2）矿坑排水污染周边水环境。煤矿开采对水土环境造成的扰动持续时间长、影响范围广，酸性矿井水的长期释放及由此引发的串层污染是闭坑期的核心风险。平顶山八矿 2020—2023 年间累计发生地表沉降 156 处，最大沉降量达 2.86m，地裂缝总长度超过 8.5km，地质环境和水资源破坏最为严重。（3）多煤层重复开采叠加地下水疏降效应，引发岩溶塌陷与地面沉降。平顶山七矿及附近区域当水位下降幅度达到 2.528.03m 时容易产生岩溶塌陷。区内共发生地裂缝 22 处，长度 41m~450m，宽度 0.03~0.3m，主要分布于塌陷区边缘，地裂缝空间分布受采空区的范围和方向控制。

## 3 基于水文地质条件的矿山开采优化与防控对策

3.1 矿区水文地质精细化勘查与监测优化

（1）完善矿区隐蔽水文地质构造勘查技术手段。平顶山矿区灰岩岩溶发育具有显著空间不均匀性，存在水平分带和垂直分带性。应采用瞬变电磁、震波类物探等综合物探技术，结合钻探验证，探明富水异常区与导水构造。平煤二矿应用综合物探技术探明三水平庚一采区富水异常区 36 处及富水裂隙带 1 条，钻探验证准确率和疏水降压效果均提高 21%[4]。（2）搭建地下水水位、水量、水质实时动态监测体系。水文地质条件复杂矿井应全部装备水文自动监测系统，下山标高每降低 50m 左右施工一个有效水文观测孔。平顶山矿区已建立水文地质保障系统及数字化水害诊断平台，实现矿区水文地质信息资源的全面共享。（3）建立水文地质数据动态更新与风险预判机制。矿区灰岩岩溶发育存在垂直分带性：标高-200m 以上强烈发育，-200~400m 中等发育，-400m 以下弱发育。应据此动态调整不同标高段的防治水策略，建立基于采动应力扰动系数、水压致裂系数的底板突水判据。

3.2 矿山开采水害防控技术措施

（1）推行超前探放水与疏水降压技术。平煤二矿针对庚 20-31080 采空区老空水威胁，制定“穿层远距离精准探疏放”技术方案，通过 Surfer 与 AutoCAD 协同构建积水参数计算模型，优化设计穿层探放水钻孔，累计完成老空水疏放量 161360m³，采空区水位下降 23m，有

效保障巷道安全掘进。（2）优化巷道与采场防水、隔水、堵水工程设计。平煤股份引进定向钻长距离精准探放水技术，在二矿实施最大孔深 301 米，超前放出老空水 30.1 万立方米，使工作面提前 4 个月贯通。严格落实“三专两探一撤”规定，安设水害监测预警系统。（3）针对复杂水文地质区域优化开采参数。平顶山矿区严格落实“一矿一策、一面一策”水害防治方案，执行老空水“四步工作法”，灰岩水区域治理“五量”年度指标全面完成，确保水害可防可控[5]。

3.3 矿山地下水综合治理与利用方案

（1）推进矿坑水净化处理与资源化回收利用。平顶山北部矿区已开展废水分质梯级资源化利用研究，建立“主辅分离-一厂一策-边界划分-水价测算-合同约定-资产托管-人员接收-责任共担”的移交模式，实现矿井尾水处理、地面用水和生态用水的最佳结合。（2）实施地下水疏干与地热资源协同开发。平顶山矿区地热水静态可采量折合标煤 3.9Mt，动态可采量折合标煤 1.01Mt/a。应推进煤-热共采模式，通过合理布置生产井群、科学制定生产策略实现地热水高效开采，系统建成后可实现煤矿 17 万 $m^2$ 供暖及全矿职工洗浴，每年减少燃煤 10327t、$CO_2$ 排放 26900t。（3）推进矿区水文地质生态修复与水资源保护。平顶山市将矿山生态修复作为生态文明建设重点，持证矿山严格落实“边开采、边治理”要求，全市矿山企业累计提取治理恢复基金 1.83 亿元，完成修复治理面积 137 公顷。矿区恢复治理应结合层次分析法与模糊综合评价，制定分区恢复治理方案。

3.4 矿山水文地质安全管理体系建设

（1）建立水文地质风险分级管控与隐患排查机制。平煤股份建立“四项硬措施”体系，包括严格责任落实、强化风险管控与隐患排查、深化教育培训与能力建设、完善监管协同与执法机制。每月召开煤炭板块风险研判会议，形成重大安全风险清单，做到分级管控。（2）完善水害应急处置预案与现场救援保障体系。国家矿山应急救援平顶山队是全国最早建设的三个矿山救护中心之一，形成了救护大队、救护中队、兼职救护队的三级矿山应急救援网络，配备 10 大类 73 种 1500 余台套救援装备器材，包括卫星通信指挥车、大流量排水车等关键装备。平煤八矿 2026 年开展夏季“三防”应急演练，模拟暴雨导致洪水倒灌险情，切实提升队伍实战能力。（3）强化开采作业人员水文地质安全防控专业能力。平煤股份 2025 年安全培训覆盖率 100%，培训考核合格率达 99.08%。监察执法五处联合平顶山市应急管理局督导煤矿重大安全风险研判工作，强调依托煤矿复合灾害监测预警平台，整合瓦斯、水害、视频监控等数据，实现重大风险智能监测、动态预警。

**结束语**

本文系统分析了平顶山矿区水文地质条件对矿山开采多维度的影响，明确地下水引发的安全隐患、效率损耗、工程失稳及生态破坏等核心问题。水文地质管控是矿山开采的重中之重，需依托精细化勘查监测、专业化水害防控、资源化治水及标准化安全管理，全方位化解开采风险。未来需持续优化防控技术与管理模式，实现矿山开采安全、高效、生态协同发展。

**参考文献**

[1] 曾一凡, 朱慧聪, 武强, 等. 我国不同类别煤层顶板水害致灾机理与防控路径 [J]. 煤炭学报,2024,49(03):1539-1555.

[2] 王浩, 张健, 李松. 复杂水文地质条件下矿井开采突水风险演化规律研究 [J]. 煤炭科学技术,2026,54(08):89-96.

[3] 袁世冲, 韩润生. 岩溶矿区水文地质条件评价及开采水害防控技术 [J]. 中国地质,2025,52(04):1210-1218.

[4] 刘阳, 陈涛. 深部矿区承压水文地质特征及采动诱发水害机制 [J]. 工矿自动化,2024,50(06):66-72.

[5] 彭三曦, 李毅, 黄翔. 复杂水文地质条件下铅锌矿区涌水特征与开采优化对策 [J]. 中国岩溶,2025,44(03):412-419.