

祁东煤矿松散高承压含水层下压架突水防治技术

一、概况

(一) 矿井基本情况

祁东煤矿位于安徽省宿州市东南，矿井面积约35.43km²。核定生产能力180万吨/年。主采煤层为二叠系3₂、6₁、7₁、8₂、9煤。为水文地质类型复杂、煤与瓦斯突出矿井。

(二) 矿井水文地质情况

矿井煤系地层均为新生界松散层覆盖，松散层为“四含三隔”结构，对矿井生产影响的主要为松散承压含水层第四含水层（以下简称“四含”），“四含”底板埋深一般为285~400m。含水砂层厚度0~59.10m，单位涌水量 $q=0.034\sim 0.219\text{L/s.m}$ ，渗透系数 $K=0.0425\sim 3.282\text{m/d}$ ，承压水头高达3.6Mpa，富水性弱~中等，是浅部煤层开采过程中的主要威胁水源（图1）。受古地貌形态的制约，本矿中部偏西为一近南北向谷口冲洪积扇，其东西两侧为残坡积—漫滩沉积（图2）。谷口冲洪积扇范围“四含”骨架以砾石、砂砾为主，渗透性好，水压载荷大。

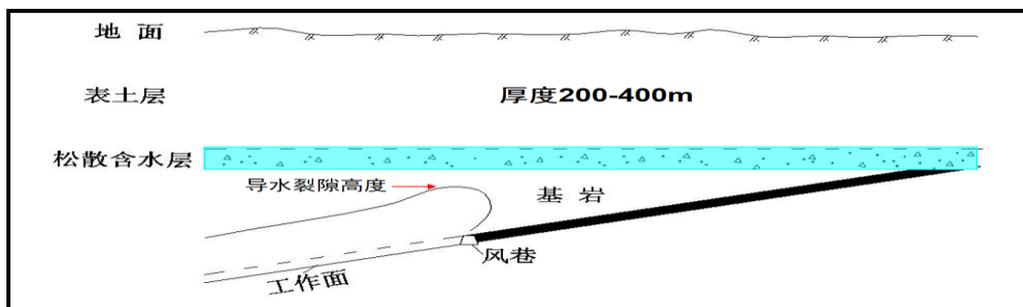


图1 近上限工作面开采示意图

(三) 矿井水害情况

祁东煤矿历年来水害均发生在浅部近上限工作面，在回采时导水裂隙因覆岩结构失稳而异常发育至“四含”，导致 8 个近上限工作面发生 17 起压架突水事故（图 2），其中首采 3₂₂₂ 工作面发生压架突水导致矿井被淹，最大突水量

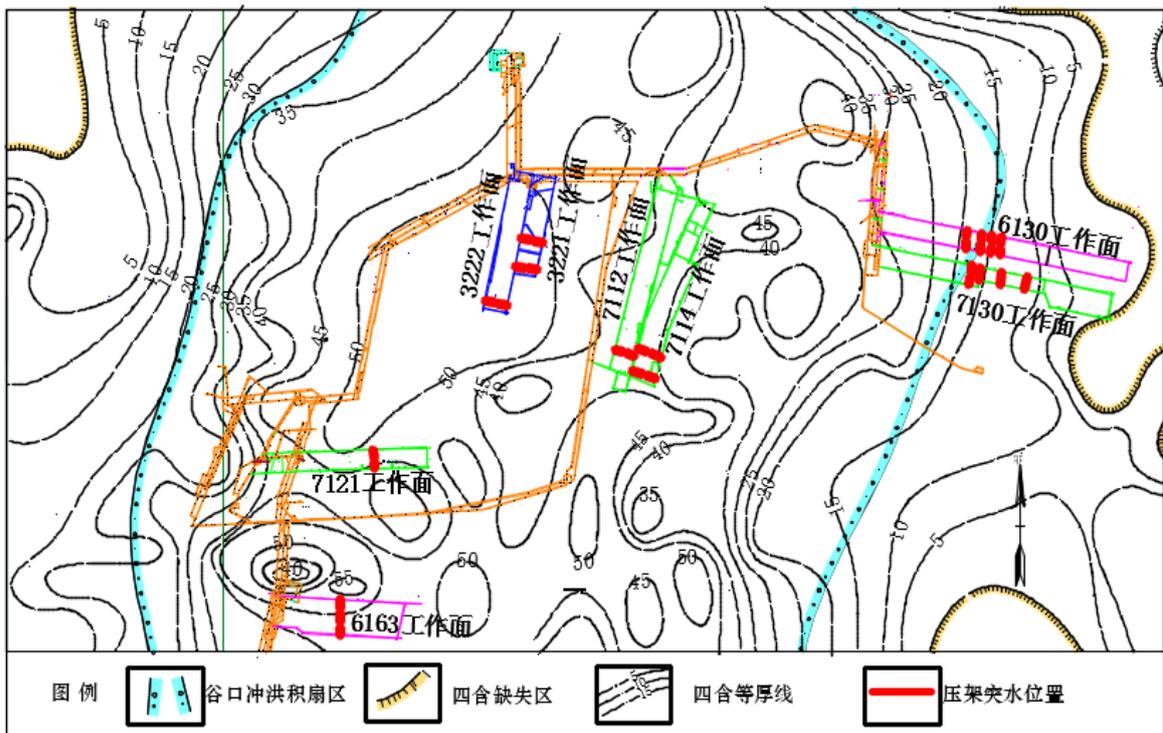


图 2 矿井“四含”分布及压架突水位置示意图

达 1520m³/h，造成了严重的经济损失和生产被动局面。后续回采的 6₁₃₀、7₁₃₀ 工作面也发生周期性的压架突水事故，被迫中途收作。从全国范围看，类似祁东矿的既突水又压架且频繁周期性发生的案例极其特殊，增加了防范的难度。

二、“四含”水防治技术路线

基于矿井受“四含”出水威胁严重，矿联合科研院校开展松散高承压含水层富水性特征、基岩风化工程地质特征、阻隔水性能

及开采覆岩破坏规律等相关研究。通过长期探索、总结、实践、研究，揭示了松散高承压含水层下采煤压架突水灾害的发生机理：煤层顶板覆岩结构以泥岩和砂岩交互沉积为主，且老顶存在厚层砂岩，力学特征属中硬，性脆易裂，岩体中原生裂隙尤其是高角度纵向裂隙发育，隔水性能较差，抵抗采动裂隙生成的能力弱，在采动影响下极易扩展成为导水裂隙。由于松散承压含水层的载荷传递作用，邻近松散承压含水层采煤时，导致一定覆岩条件下关键层易产生复合破断，引起松散承压含水层下部较大范围岩层的整体破断，致使导水裂隙直接沟通“四舍”引发突水。在关键层发生复合破断的瞬间，上部关键层及其控制的岩层成为下部关键层的载荷层，导致下部关键层破断块体形成的砌体梁结构所承担的载荷层厚度明显增大，使得砌体梁结构的“S-R”稳定条件不易满足，易导致砌体梁结构的滑落失稳。当支架支护阻力小于失稳岩层重量时，不足以控制上覆岩层的剧烈运动，会导致采场压架灾害发生（图3）。

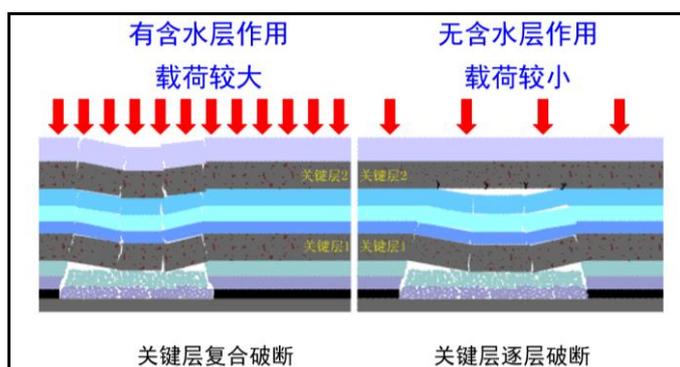


图3 松散承压含水层载荷传递下关键层复合破断示意图

在压架突水机理的基础上，提出了基于关键层理论的顶板预裂爆破措施以及基于长观孔水位降速的压架突水灾害预警方法，

形成了以“危险区域预测—采前防范—采动预警—动态调控”的松散承压含水层下压架突水的防治技术体系（见图4）。

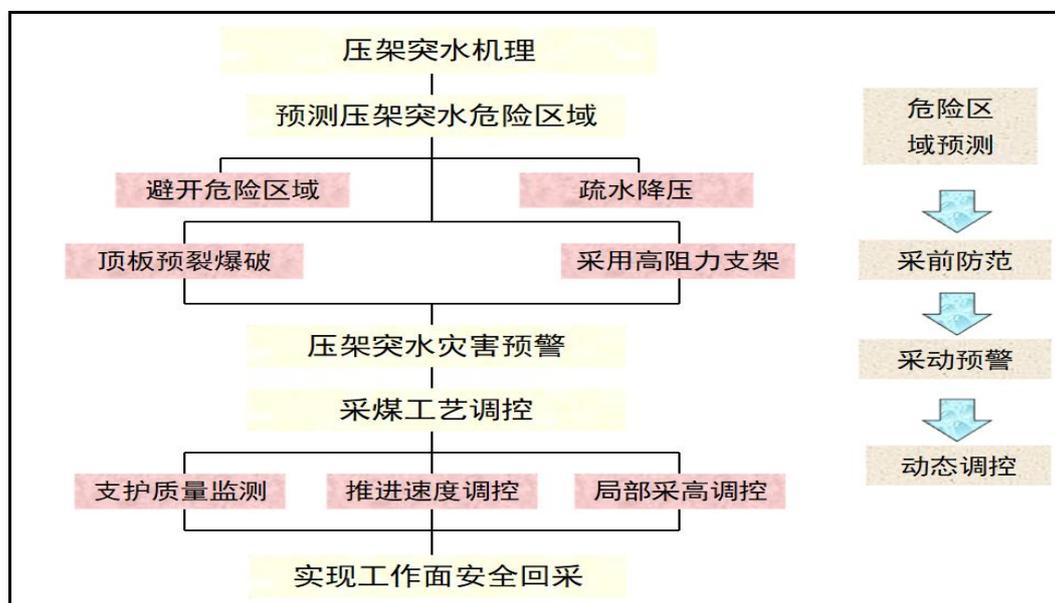


图4 松散承压含水层下采煤压架突水灾害的防治技术体系图

三、“四含”水防治实施情况

（一）工作面“四含”突水威胁区域预测

以三采区 7₁31 工作面为例，从工作面上覆“四含”古地貌的分布特征及含水层性能、覆岩关键层结构、防水煤岩柱留设尺寸及已回采的类似水文地质条件的工作面出水情况等方面，综合分析预测回采工作面突水威胁可能性较大的区域（图5、图6），使防治水工作更具有针对性，从而制定有效的防治水措施。

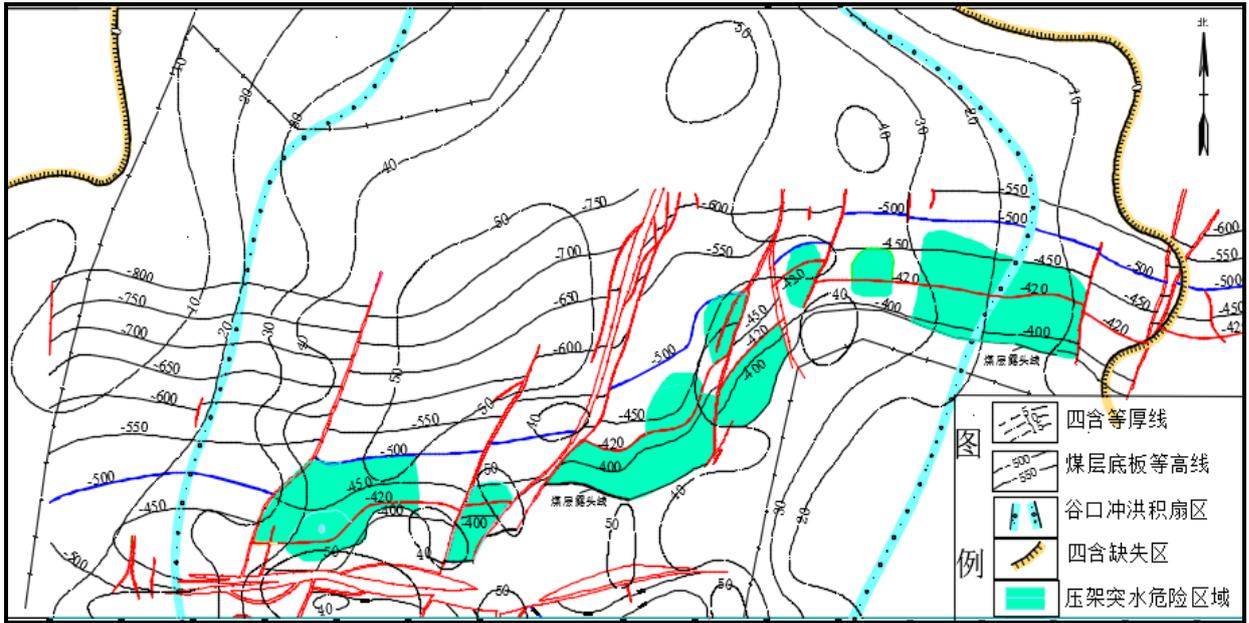


图5 矿区煤层突水威胁区域预测图

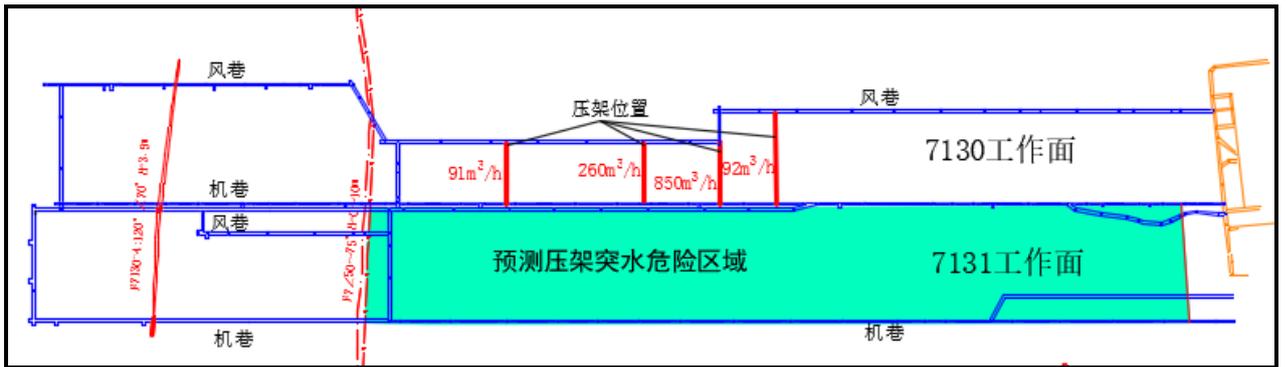


图6 7131近上限工作面突水威胁区域预测图

(二) 顶板超前预裂爆破

在回采过程中根据实际探查顶板岩性综合分析，确定了煤层顶板岩性结构的关键层，采取顶板超前预裂爆破技术，并确定装药量、步距、钻孔个数、面内控制范围等参数（表1、图7）。

表1 预裂爆破孔施工参数

工作面名称	预裂范围 m	面内控制范围 m	步距	孔数
7 ₁ 31（Ⅲ块段）	7 ₁ 煤顶板 5~19m	52.5	15m/组	3-4
8 ₂ 22	8 ₂ 煤顶板 7~21m	74	20m/组	3-5
6 ₁ 31	6 ₁ 煤顶板 8~21m	50	20-15m/组	3

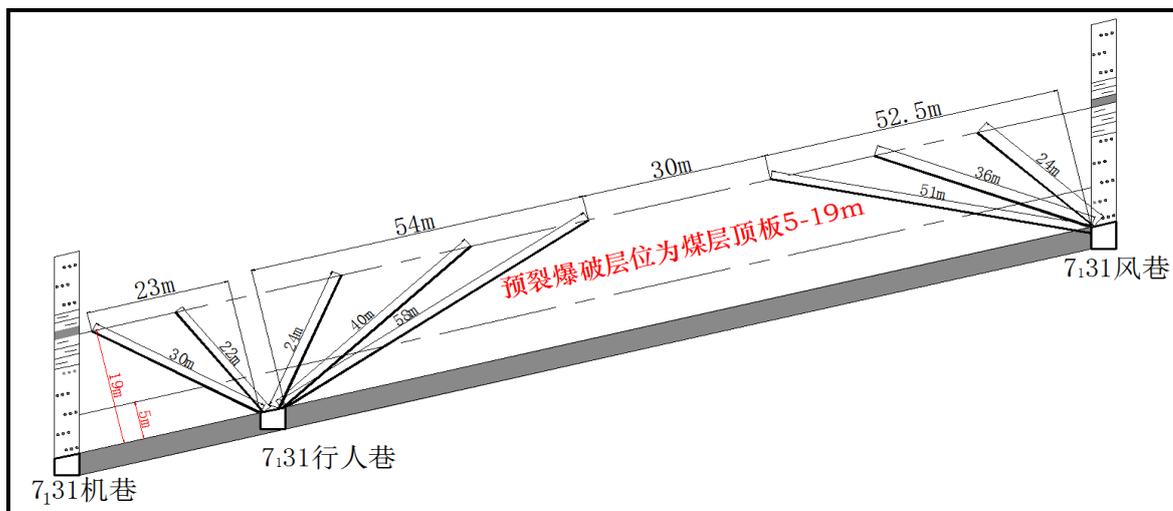


图7 7₁31工作面顶板预裂爆破剖面图

通过采取顶板超前预裂爆破措施，弱化下位坚硬顶板，减小其破断步距，改变覆岩关键层结构的整体赋存特点，实现顶板的及时破断垮落，避免采空区形成大面积悬顶，可有效降低“两带”发育高度，经实测可降低25%（表2）。

表2 7₁煤层实测的冒落带与裂隙带结果统计

煤层	工作面号	孔号	钻孔位置	采厚(m)	垮落带			裂隙带			基岩柱垂高(m)	备注
					高度(m)	垮高采厚比	岩性	高度(m)	裂高采厚比	岩性		
7 ₁	7 ₁ 14	D1	上边界	3.0	18.7	6.2	细砂岩	62.0	20.7	泥岩	78.0	非预裂
		D2	下边界	3.0	20.0	6.7	细砂岩	102.3	34.1	泥岩	117.0	非预裂
	7 ₁ 22	D3	上边界	2.4	17.5	7.3	细砂岩	54.9	22.9	细砂岩	118.4	非预裂
		D4	上边界	2.4	14.6	6.1	泥岩	53.7	22.4	细砂岩	105.5	非预裂
	7 ₁ 31	D11	下边界	3.5	7.16	2	细砂岩	41.95	11.9	细砂岩	95.6	预裂
	平均					5.66			22.4			

(三) 高阻力支架

矿以往压架出水的工作面支架阻力均在4000~6000kN，由

于支架工作阻力不足，导致工作面剧烈来压期间支架被压死。为进一步提升工作面支撑效果，近年来从工作面开采地质条件、开采高度、支护强度等方面对支架阻力进行计算，工作面支架阻力提升至 7200~10000kN，在防止工作面压架方面发挥了较好的主动作用。

（四）支护质量监测

为了发挥高阻力支架优势、减小顶板初期下沉量，在工作面回采过程中要保障初撑力，并及时移架、护帮。要求工作面支架初撑力不低于 24Mpa，在移架过程中，需要采取带压擦顶移架的方式，并在实际实施过程中，制定严格的支护质量监控制度，严查不合格的支护和管理情况，从技术管理上严抓落实。

（五）合理采高控制

一方面是不能超高，保证防水煤岩柱留设满足规定要求；另一方面是保障支架活柱具有一定下缩量，在顶板剧烈来压时采煤机仍然能够正常通行，实现工作面持续推进。从矿压架突水防范的实际需求出发，不单单按照传统方法从防治水角度通过限制采高来控制导高。

（六）推进速度调控

以往出水压架工作面推进速度时快时慢，最大推进速度每天达到 10 刀，最小推进度 2 刀，由于不均衡推进，导致采空区形成的悬露高度和回转空间大，顶板来压距离和来压时间增长，“两带”高度异常发育，造成工作面压架出水；在回采 7131 工作面时，推进速度维持在 4~5 刀，相邻两天推进度相差不超过 2 刀，保证工作面顶板规律来压，避免“两带”高度异常发育。

(七) 长观孔水位及矿压预警机制

存在水害隐患的矿井，基本上均建立了含水层长观孔水位实时遥测系统。但是多数情况下，主要用于日常水文观测和事后分析数据。祁东煤矿通过多年的实践，发现近上限工作面回采时顶板来压与地面长观孔水位变化有明显的联动效应（图8），即发生压架之前长观孔水位会发生提前下降，顶板压力和水位变化密切相关。因此利用这个联动性对压架突水危险性进行分析和预警，并设置了预警值，制定预警机制，当发现水位降速超过预警值时，结合矿压情况，进行不同程度的灾害预警。其主要分为蓝色正常区域、黄色警戒区域、红色危险区域，根据工作面所处区域，提前确定相关对策（表3）。该水害预警方案为类似矿井进一步充分挖掘长观孔水位遥测数据的价值，提供了借鉴作用。

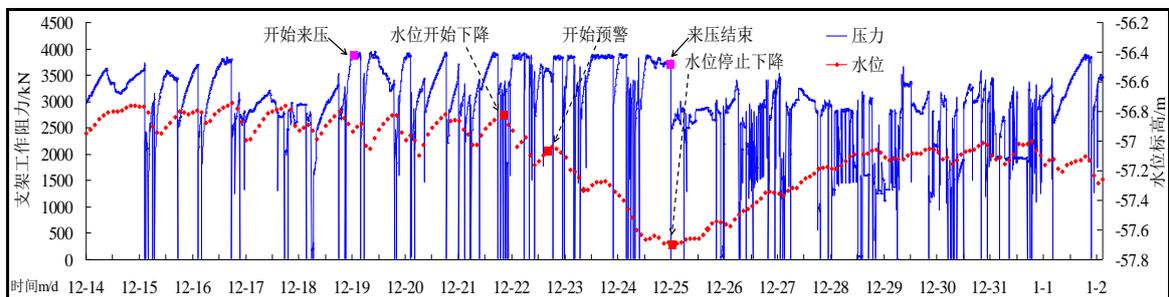


图8 水位变化与工作面周期来压期间支架来压曲线的关系

表3 长观孔水位与矿压预警机制

预警区域	水位及矿压预警标准（根据工作面和长观孔差异适当调整）
蓝色正常区域	长观孔水位每天在 0.3m 范围内波动或周变化下降小于等于 1m 及工作面支架阻力在 24~30MPa 之间（周期来压除外）
黄色警戒区域	长观孔水位当日下降在 0.3~0.8m 或周变化下降大于 1m、小于等于 2m 及工作面支架阻力在 30~40MPa 之间（周期来压除外）
红色危险区域	长观孔水位当日下降超过 0.8m 或周变化下降大于 2m 及工作面支架阻力 40MPa 以上

四、取得的成果

(一) 经济效益

通过在近上限工作面采取以上措施,近年来7₁₃₁、8₂₂₂、6₁₃₁、6₁₃₂、8₂₃₁、921近上限工作面回采中均未发生“四含”出水压架事故,安全开采受水害威胁煤量约197.6万吨。

(二) 社会效益

在总结分析历年近上限工作面防治压架突水经验的基础上,自主掌握了“四含”突水威胁工作面水害防治关键技术,形成了近上限工作面水害防治技术体系,彻底扭转了祁东矿早些年因压架突水造成工作面采掘接替困难的不利局面。对类似松散承压含水层下压煤资源的安全开采具有推广应用价值。

(三) 科研成果

以祁东煤矿松散承压含水层下近上限工作面开采水害防治技术研究成果为主要内容,获得协会、省部级科技奖励2项,发明专利3项

