

全国煤矿防治水典型经验汇编

国家矿山安全监察局
事故调查和统计司
2023年4月

前 言

为进一步提高煤矿企业水害治理能力和水平，总结、交流、推广煤矿水害治理先进适用技术和工作经验，有效防范和遏制水害事故，2022 年 11 月，国家矿山安全监察局发函征集煤矿水害治理先进技术和工作经验。

各级煤矿安全监管部门、煤矿企业及有关科研院所对此项工作高度重视，认真梳理总结并积极报送推荐本地区、本单位煤矿水害防治有关先进适用技术和工作经验材料，部分材料主题明确、经验典型、重点突出、文字精炼、数据准确，具有很好的参考借鉴价值。

为了便于大家相互交流借鉴，共同提高煤矿水害治理能力和水平，有效防范和遏制水害事故，我司筛选部分典型经验材料汇编成册，供大家相互学习借鉴。

国家矿山安全监察局事故调查和统计司

2023 年 4 月

目 录

一、煤矿安全监管部门典型经验

1.煤矿防治水安全监管工作总结	
——河北省应急管理厅.....	1
2.强化治本攻坚举措 坚决遏制煤矿水害事故	
——山西省应急管理厅.....	11
3.煤矿防治水现场调研书面材料	
——贵州省能源局.....	16
4.守正创新筑屏障 笃定实干保安全	
——山西省长治市应急管理局.....	22
5.介休市煤矿水害防治经验材料	
——山西省晋中市介休市应急管理局.....	30

二、煤矿安全监察机构典型经验

6.正视形势 探索创新 持续巩固提升河北煤矿水害防治工作水平	
——国家矿山安全监察局河北局.....	35
7.煤矿防治水专题书面调研材料	
——国家矿山安全监察局内蒙古局.....	40
8.积极推进煤矿防治水基础工作 着力推进地面区域超前治理	
——国家矿山安全监察局安徽局.....	46
9.山东省煤矿防治水工作汇报	
——国家矿山安全监察局山东局.....	53
10.广西煤矿防治水专题调研报告	
——国家矿山安全监察局广西局.....	59

11.云南省煤矿防治水工作开展情况报告 ——国家矿山安全监察局云南局.....	64
三、煤矿企业典型经验	
(一) 老空水害防治典型经验	
12.复杂赋存条件下老空水综合防治技术探索与应用 ——河南能源集团有限公司.....	76
13.煤矿水害防治工作经验介绍 ——山西长治王庄煤业有限责任公司.....	90
14.煤矿水害防治工作经验介绍 ——沈阳焦煤股份有限公司西马煤矿.....	100
(二) 顶板水害防治典型经验	
15.煤矿深埋巨厚复合含水层帷幕截流与绿色开采技术 ——中煤科工西安研究院（集团）有限公司.....	105
16.巨厚煤层顶板离层水害治理实践经验交流 ——陕西金源招贤矿业有限公司.....	120
17.顶板巨厚砂岩含水层水害防治经验介绍 ——山东能源集团西北矿业正通煤业有限责任公司.....	125
18.水文地质极复杂矿井水害防治技术与实践 ——国能锦界能源有限责任公司锦界煤矿.....	131
19.煤矿顶板水害防治经验介绍 ——国家能源集团宁夏煤业公司麦垛山煤矿.....	140
(三) 底板水害防治典型经验	
20.华北型煤田薄层灰岩水患超前区域治理技术 ——中煤科工西安研究院（集团）有限公司.....	151
21.煤矿地面区域水害治理总结 ——河南能源集团有限公司.....	162

22.锚定“零突水”目标，构建“12551”水害防治体系 持续 推进渭北奥灰复合承压井田安全高效回采	
——陕西陕煤澄合矿业公司	165
23.九龙矿水害综合高效防治成套技术应用	
——冀中能源峰峰集团九龙矿	181
24.开滦集团范各庄煤矿防治水经验介绍	
——开滦集团范各庄煤矿	188
25.断层超前注浆治理工程	
——霍州煤电集团李雅庄煤矿	195
（四）地表水害防治典型经验	
26.加强地表河道治理 杜绝洪水灌井事故	
——山西焦煤集团公司	202
27.构建地表水害立体综合防治体系 确保矿井防治水安全	
——山东能源新矿集团协庄煤矿	213
28.完善预防体系 推进综合治理（水库下开采）	
——铁法煤业（集团）公司大平煤矿	221
（五）露天煤矿水害防治典型经验	
29.露天煤矿帷幕截水关键技术与工作经验	
——中煤科工西安研究院（集团）有限公司	226
30.露天煤矿疏干排水工作经验	
——内蒙古扎鲁特旗扎哈淖尔煤业公司露天煤矿	234
31.露天煤矿帷幕截水综合技术	
——国家能源集团雁宝能源扎尼河露天矿	240
32.露天煤矿防治水经验总结	
——国能宝清煤电化有限公司朝阳露天煤矿	249

（六）煤矿综合水害防治典型经验

33.煤矿防治水典型经验交流材料	
——安徽省皖北煤电集团有限责任公司	257
34.煤矿水害治理先进适用技术和工作经验	
——淮北矿业（集团）有限责任公司	263
35.高目标引领，健全体系与制度 坚持综合探查、区域治理、 分源防治、达标开采，实现矿井零透水	
——淮南矿业（集团）有限责任公司煤业分公司	272
36.积极推进地面区域超前探查治理技术	
——中煤新集能源股份有限公司	282
37.夯实基础 精准施策 着力构建煤矿防治水安全长效机制	
——山东能源集团有限公司	291
38.目标导向抓重点 理念引领上台阶	
——山西宁武大运华盛能源集团有限公司	296
39.煤矿防治水工作经验介绍	
——四川省古叙煤田开发股份有限公司	305
40.创新引领，科技赋能 提升矿井水害治理智慧化水平	
——大唐集团国源矿业开发公司龙王沟煤矿	316
41.坚持地表治理和井下防治相结合 扎实推动煤矿水害治理 工作取得实效	
——湖北省建始县龙潭坪煤矿	323
42.查全 探清 放净 提能 管好 物探钻探结合 井下地面双 管齐下	
——湖南省煤业集团大岭矿业有限公司大岭煤矿	333
43.煤矿防治水工作经验介绍	
——贵州林东矿业集团红林煤矿	337

煤矿防治水安全监管工作总结

河北省应急管理厅

水害防治工作是影响煤矿安全生产的重大关键问题之一，具有不可见性、隐蔽性、突发性等特性，近年来，随着开采规模、开采强度的加大，矿井水文地质条件日益复杂，水害探查、治理的难度明显加大。作为行业监管部门的监管人员，要提高政治站位，强化底线思维和红线意识；要提升业务能力，做到一专多能；要在日常工作中做到严、细、实，洞悉煤矿安全生产的动态规律，做好风险研判；要学法用法、依法依规、严格执法，做好煤矿防治水安全监管，坚决遏制煤矿水害重特大事故的发生。

一、煤矿防治水工作难点

（一）客观原因：以目前的技术装备手段，煤矿水害隐患探查诊断困难。

1.对废弃矿井及老空水害条件探查认识不足，探查技术方法不足及达到精确定位、多手段综合配套探查应用不够、地质采矿学科与物探技术交叉融合不够、对老空水本质认识不足，处置方法不当。

2.对隐蔽型导水构造超前探查认知不够：探查技术与装备能力不够、探查手段的选择与应用不当、探查工作的持续性和信息的积累性分析不够。

3.对相关矿井防治水概念的理解和应用不当，如水文地

质条件不等于矿井水文地质条件、涌水量概念及预测方法有误。

4.对突水系数概念的理解和应用不准确。

5.对物探技术的理解和应用有误，没有理清物探不等于物质，物探仅是物性，需结合地质、水文地质综合分析后才可以为物质。

6.对构造水害理解及防水煤岩柱留设不合理，往往忽略断层两侧导水破碎带的存在，导致防水煤岩柱留设不足。

7.对陷落柱水文地质性质认识不深。

8.对防治水技术理论的理解与应用缺乏深层次认识，应用防治水防治理论时有照猫画虎的特点。

（二）主观原因：煤矿的技术人员、制度管理、防治水观念存在问题：

1.防治水技术人员缺乏，部分矿井没有按要求配齐专业防治水技术人员，现从事防治水工作的有的是从其他专业转行而来的，对矿井水文地质基础知识掌握不扎实，对发现的一些水文地质现象不能正确研判，对探放水设计及措施的制定不合理。

2.防治水基础资料管理混乱，存在防治水规章制度不健全、防治水图纸资料更新不及时、图例填绘不全等问题。

3.防治水制度落实不到位，存在未严格执行水害隐患排查、水害预测预报、探放水通知单制度等问题。

4.防治水施工队伍管理不严格，部防治分煤矿探放水队伍人员不足，存在使用外包工队的现象。

5.防治水装备不全，部分矿井存在使用风钻探放水的现象。

6.防治水资金投入不足，防治水设施验收不按规定且得不到及时维护。

7.现场施工作业人员对煤矿防治水相关法律法规学习认识不足，采掘作业时存在侥幸心理，防治水措施不严格落实。

8.安全管理不严、不细，对探放水方案或探放水环节把关不严，责任心不强。

二、煤矿防治水工作重点

（一）完善水害防治各项机制。煤矿企业要加强应急值守，严格执行矿领导到岗带班和关键岗位 24 小时值班制度，要成立以主要负责人为组长、总工程师为第一副组长的防汛工作体系；要建立灾害性天气预警和预防机制，严格执行暴雨洪水可能引发淹井等事故灾害紧急情况下及时撤出井下人员的制度，切实落实重点部位巡视检查制度；要加大防汛投入，备齐备足应急救援物资。各地各部门各企业要高度重视，加强管理，督促落实“三专两探一撤”措施，要加大对煤矿企业防汛工作的监督。各煤矿企业要杜绝麻痹大意思想，水文地质类型中等的矿井也要按照复杂型矿井要求进行管理；各煤矿防治水工作要做到“一矿一策、一面一策”，确保安全技术措施的科学性、针对性和有效性；要及时修订矿井水害应急预案和现场处置方案，明确调度室人员的撤人权力；要合理安排采掘布局，严格落实“三专两探一撤人”和老空水“四步工作法”，规范钻探队伍管理，切实提高钻探和物

探的工作质量；要全面排查矿井排水系统和防治水设备设施，复杂型及以上的矿井要对本矿井的水害风险进行安全评估，对水害应急预案和现场处置方案进行重新审定；要加强水害事故教育培训，增强煤矿职工水害事故防范意识和现场处置能力，提高水害事故逃生自救能力。各级监管监察部门要积极推动落实煤矿安全生产“三年行动”和“双控”机制建设，督促煤矿运用好水害风险预警水害系统，及时解决系统发现的问题；要加强防治水专业质量标准化动态达标检查，提高煤矿防治水工作的检查力度，重点检查防排水系统、防治水工程和重大隐患问题，发现违法违规行为的，要重处重罚，对整改不到位的要坚决停产停工。

（二）落实水害防治各方责任。各煤矿企业严格按照《煤矿安全规程》、《煤矿防治水细则》和《河北省煤矿防治水管理办法》的相关规定开展水害风险辨识，切实整改水害事故隐患。煤矿要认真学习煤矿水害事故警示教育片并引以为戒、举一反三，高度重视暴雨、洪水、雷电、大风等极端天气可能给矿井造成的安全隐患，进一步深入开展汛期安全隐患排查治理，确保各项防范措施落实到位。各市煤矿监管部门要压实汛期煤矿水害防治责任，要与气象、水利、国土等部门建立灾害性天气预警和协调联动机制，做好水害监测预警。对辖区所有煤矿做到检查全覆盖，督促煤矿排查所有井口标高是否高于历年最高洪水位线，制定防止地表水溃入井下的安全技术措施，提高防范标准，把防治水责任落实到岗位、落实到人头、落实到现场。

（三）确保水害事故应急有力。各煤矿企业要强化调度中心建设，发挥调度中心指挥枢纽作用，主要负责人必须赋予调度员、安检员、井下带班人员、班组长等相关人员紧急撤人的权力，确保其接到灾害性天气预警预报信息后快速响应、科学处置。要完善应急预案，使矿井管理人员、调度员和其他相关作业人员熟悉预案内容、应急职责、应急处置程序和措施，熟悉避灾路线；要及时检查、维护安全出口，确保安全畅通。各地各部门要督促企业加强应急演练和值班值守、严格执行矿长带班下井、紧急情况撤人等制度。发生水害事故时要科学有力组织抢险救援，严禁盲目施救、冒险施救，有效防范发生次生事故，确保水害事故应急处置有力。

三、对煤矿防治水安全监管工作的思考

（一）事故隐患存在的原因

为什么监管执法、各项安全生产专项行动一直在进行，而煤矿重大安全生产隐患会长期存在？主要存在以下问题。

一是历史遗留问题。有的矿井采区设计、布置不合理，采掘接续紧张，随意变更采区设计，给今后矿井安全生产系统埋下了隐患而且往往很难改正。煤矿防治水工程是水害治理的关键步骤，因工程进度慢会影响采掘衔接安排，导致不做、少做防治水工程，防治水数据造假、防治水工程把关不严等问题无法根治。

二是学习不全不细。煤矿企业不能及时掌握最新标准和相关规定，对新的《安全生产法》《煤矿安全规程》《煤矿重大隐患判定标准》未能及时系统地学习，原来不是重大事故

隐患的问题已变成重大隐患而不知，不能及时采取措施整改。

三是重生产轻安全。对重大违法违规行为的严重性认识不足，对重大隐患加以隐瞒。因为利益的驱使，矿井有超产的冲动，为逃避监管而隐瞒重大隐患；存在侥幸心理，对重大违法违规行为的严重性认识不足，没有绷紧安全生产这根弦，没有真正做到不安全不生产，也没有意识到违法违规行为的严重性。

四是职工培训不到位。煤矿企业职工还没有认识到自己是安全事故的直接受害者，没有深刻体会到安全是职工最大的福利，反而为了眼前利益，心存侥幸，漠视自己的安全，成为企业违法违规行为的具体实施者。

五是安全监督乏力。煤矿生产是动态化的，安全检查工作贯穿于采掘作业的全过程，也是一种动态化管理，煤矿企业内部安全检查频繁，对一些问题隐患看惯了、习惯了，存在走形式重过场现象；煤矿对安全检查工作麻木了，存在隐患整改不积极、不到位，应付检查等情况；煤矿监管部门对发现的问题隐患需要多个系统统计、制作多套执法文书，严重影响执法效能。

（二）煤矿防治水安全监管工作经验

明确一个任务。煤矿防治水监管工作的目标是坚决遏制煤矿重特大水害事故的发生，监管内容是依照法律法规对照煤矿防治水工作的依法依规性，打击违法行为，督促煤矿实现现有采掘工作面的水文地质条件清楚，防治水措施落实到位、管理可靠。

落实二个方面。煤矿防治水工作水害可以分为两个方面。一方面具体指煤矿防治水人员机构设置、专业人员是否符合要求、探放水队伍是否满足需要，防治水的设施设备的配备与维护是否可靠，防治水的规章、技术制度是否健全、完善；另一方面具体指煤矿防治水技术路线是否与采掘衔接相适应，防治水措施的制定与落实是否管理到位等。

厘清三种根源。对煤矿防治水监管要厘清三种水害事故的根源性情况，一是煤矿井田范围内水文地质情况是否清楚，二是现有采掘地区与水害治理进度是否匹配，三是防治水措施的制定是否合规，比如“限压放水”，防治水措施的执行是否到位，探放水工程数据是否真实有效。

做好四步工作。每一年度煤矿防治水监管可以分四个阶段进行，第一阶段，重点监管采掘工程与防治水规划的衔接、防治水制度的制定，防治水人员的配备、探放水队伍的管理等，**夯实防治水工作基水害基础**；第二阶段，重点监管防治水制度的落实情况和防治水工程的施工管理情况，是否有打假钻、提供假资料，数据分析不仔细等问题，严格执法，对发现的问题进行归纳总结，向集团公司通报，**形成监管执法震慑效果**；第三阶段要严查工作面水文地质情况报告的审查情况，复查防治水工程的落实做好雨季三防监管，**督促企业落实主体责任**；第四阶段要总结分析，审查采掘工程与防治水规划、防治水工程的完成情况，提出监管建议和意见，**督促企业做好下一年的防治水规划**。

紧握五个抓手。防治水监水害管工作有五个抓手，只有

把这五点做实做到位，煤矿防治水工作才能成系统，监管工作才会有成效。一是**规范并落实撤人制度**，严查水害应急预案和水害撤人制度的制定与落实；二是**严查“两探”规定落实情况**，坚决打击打假钻，严惩未按规定探放水；三是**严查企业落实防治水“三专”情况**，理顺防治水工作机制，配齐防治水专业人员，杜绝钻探队伍外包问题和钻探、物探数据采集、分析不实等问题；四是**通过监管问题落实企业主体责任**，具体可分为四个层级的责任：集团公司审批、煤矿采掘衔接规划、防治水机构的探放水设计与关键环节管理、钻机队的现场数据采集等；五是**通过对矿井水文观测、排水系统维护、防治水图纸填绘、台账的更新、雨季“三防”、冬季“四防”等环节进行监管**，细化煤矿防治水管理，**树立煤矿水害可防可控的管理理念**。

四、河北省煤矿防治水先进经验

（一）地面区域治理。超前区域治理极大改变了邯邢地区煤矿水害防治现状，提高了矿井治理和预防水害的能力。矿井根据本区水害类型和特点，分别制定了不同的防治水技术路线，有针对性的开展防治水工作。其中，邯鄹峰峰集团九龙矿、梧桐庄矿、羊东矿等采用了“地面区域治理，井下物探先行、有异钻探验证、注浆加固补强”的防治水技术路线；冀中股份公司东庞矿和西庞井采用了“地面高密度三维地震及瞬变电磁综合勘探，精准查明井田内断层、隐伏陷落柱等地质构造发育及地质构造的富水性等水文地质特征；井下采用注浆加固改造煤层底板”的防治水技术路线。经不断

实践和推广，目前我省冀中能源峰峰集团九龙矿、羊东矿、葛泉矿东井、邢台矿西井等在奥灰水防治工作中，都采用了地面区域超前治理防治水新技术，取得了一定的效果。有关煤炭企业通过不断总结优化区域治理设计、改造制浆系统，改进注浆工艺等手段，防治水关键技术取得新突破、新进展。

1.地面区域超前治理技术：冀中能源通过工艺优化，单个定向水平钻孔最大钻进距离由 800m 提高至 1500m；解决了定向分支水平钻孔不能取芯的难题；探索出当注浆压力达到 10MPa 时，用泥浆代替水泥浆的“替浆”施工工艺，既避免了套管内水泥浪费又提高了扫孔效率；通过定向水平孔随钻自然伽马值的测定，利用奥灰与其它岩性的自然伽马值差异进行准确判层。利用该技术，邢东矿地面区域治理过程中在 2126 工作面提前发现了一大型陷落柱（79m×40m）并进行了治理，为工作面安全回采消除了大隐患。研究出定向钻探反向造斜技术，解决了村庄、水库等地面影响或由于岩层产状的变化而需要反向造斜的限制，提高了定向钻进的适用性。

2.高速涡流制浆系统：针对深部注浆面临高水压、微小裂隙难以吃浆等问题，若采用射流法制浆或搅拌制浆，浆液易出现灰包（水包灰或灰包水）多，堆集在孔壁堵塞裂隙，导致进浆、注浆量少，严重影响注浆量和注浆改造治理效果。冀中能源推广国内先进的高速涡流制浆系统，使浆液的分散性、均匀性、流动性和密度稳定性较为理想，微小裂隙得到治理，使地面区域治理效果得到提升。

(二)矿井水害监测。河北省煤科院建成了矿井水害“动态监测、自动定位、即时反馈、高效共享”的微震监测预警大智云系统平台，在矿井水害微震设备及软件国产化、微震数据中心扩容改造、现场监测研究、应用推广等方面取得了突破性进展，该技术是通过监测采场围岩破裂信号，查明突水隐患空间位置、监测地下水时空演变过程，开发出“1+N”工作模式，主服务器在冀中能源微震监控中心，检波器布置在各监测煤矿井下，微震数据通过互联网实时、连续传输到监控中心，数据分析、水害预警等全部由室内工作中心专业人员来做，既减轻了煤矿设备投资，又确保了工作质量。矿井弱微震信号识别、提取技术，空间多层立体建模技术，“人工诱震”主动式探测技术，微震时、空、能耦合解析技术，水害微震监测预警专家系统等五项核心技术取得突破。微震技术融合了物探、钻探、水文观测、矿压显现综合分析解释微震数据动态变化，研究微震数据分析解释技术，采用区域震源机制解对水动力引起的微震事件进行解释，有效区分和提炼水运动、构造活化及采掘活动引发的各类微震事件，在一定程度上能够实现突水监测预警，探测水体及导水通道，评估注浆等工程治理效果，监测导水通道受采动影响变化情况。

强化治本攻坚举措 坚决遏制煤矿水害事故

山西省应急管理厅

山西省现有煤矿 890 座。其中，生产煤矿 703 座、正常建设煤矿 70 座、长期停（缓）建及其他煤矿 117 座。多年来，全省煤矿领域认真学习贯彻习近平总书记关于安全生产的重要论述，始终坚持“两个至上”，立足“两个根本”，统筹发展和安全，严格落实国家矿山安监局和省委、省政府部署要求，以煤矿安全专项整治三年行动为抓手，深刻吸取省内外典型水害事故教训，以高度的政治责任感和使命感狠抓煤矿水害治本攻坚，有效防范遏制了重特大水害事故发生。

“十三五”以来，未发生重特大水害事故。主要做了以下几方面工作：

一、以构建制度体系为立足点，着力推动企业水害防治主体责任落实。紧紧抓住企业主体责任落实、抓住煤矿矿长这个“关键人”，出台了《山西省加强煤矿安全生产工作特别规定》《山西省煤矿矿长安全生产考核记分办法》及补充规定，大力推行煤矿安全监管专员、煤矿安全监察专员“双专员”制度，对煤矿井下探放水等关键环节实行“双保险”，促进了煤矿水害防治技术管理体系、责任、管理制度、规程措施等方面落实到位。着眼煤矿水害专项整治，制定《煤矿安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制实施规范》

(DB14/T2248-2020), 其中将煤矿 6 大类水害重大安全风险辨识上升为山西省地方标准, 强化了源头管控和超前预防; 制定《山西省煤矿防治水“三专两探一撤”规定》, 强化探掘分离、有掘必探、物探钻探相互验证。在国家矿山安监局强调的“三必须”“五严禁”防治水措施基础上, 又结合山西实际增加了“必须落实遇有突(透、溃)水征兆紧急撤人措施, 必须按规定保证煤矿水害防治工作所必需的资金投入”和“严禁疏放老空积水后未进行效果验证、安全评价而进行采掘作业”, 形成了我省煤矿防治水“五必须”“六严禁”措施。创新组织编制《煤矿防治水“三区”管理报告编制提纲》, 统一规范编制标准、提高编制质量, 这在全国煤矿防治水工作中尚属首次。

二、以隐蔽致灾因素普查治理为着力点, 切实加强水害重大安全风险管控。预判风险是防范风险的前提, 把握风险走向是谋求安全主动的关键。2021 年 9 月-2022 年 6 月, 我们认真落实国家矿山安监局要求, 紧密结合 2021 年国庆期间我省遭遇强降雨侵袭、致使一些煤矿井下涌水异常增大实际, 结合煤矿防治水专家会诊成果报告, 突出矿井老空、采空区及周边废弃老窑(井筒)、封闭不良钻孔, 地表水体、地下水体及断层、陷落柱、导水裂缝带, 以及现有生产系统与井田周边小煤窑废弃井巷贯通区段密闭等重点部位, 组织开展隐蔽致灾因素普查治理, 全省正常生产建设和部分停产停建共 736 座煤矿完成了隐蔽致灾因素普查治理工作。认真落实煤矿防治水“三区”管理办法, 至 2022 年底有 705 座

矿井编制完成了煤矿防治水“三区”管理报告。同时，我们强化水害风险识别管控，督促煤矿按照相关规范定期开展研判，实行风险、措施、责任“三个清单”管控，力争把水害重大风险隐患发现和处置于萌芽状态。经摸排有 474 座煤矿共存在 596 项水害重大风险，从而为水害防治精准管控奠定基础。

三、以深化水害专项整治为关键点，大力推进矿山重大水害治本攻坚。一是**强化灾害治理措施落实抓攻坚**。深刻吸取水害事故教训，坚持问题导向，督促煤矿严格执行“三专两探一撤”和“四步工作法”工作要求，落实“探掘分离、审核确认”的探放水工作机制，强化物探成果验证评价，强化钻探治本之策，强化疏放水效果验证验准，强化灾害严重矿井工程治理。据统计，全省 714 座生产建设煤矿共配备地质、水文类专业技术人员 2542 人、专职探放水作业人员 12459 人、专用探放水钻机 5323 台、物探设备 1223 台，有 208 座煤矿设置了强排水系统，120 座承压开采矿井装备了突水监测预警系统，31 座受承压水威胁的矿井开展了底板注浆加固工程。二是**强化采取信息手段抓攻坚**。会同国家矿山安全监察局山西局制定下发《关于在煤矿重要作业场所增设完善视频监控的通知》，创新信息化监管监察方式，构建无监控不作业、作业行为受监督的煤矿作业现场可视化监控环境，对有效防范“三违”行为起到积极促进作用。据了解，目前全省煤矿共增设 8180 处视频监控探头，实现对井下所有采掘、巷修、打钻等高危作业的全过程监督和透明化管理。三是**强**

化重要时段抓攻坚。及早开展煤矿雨季“三防”风险研判，督促煤矿汛前开展以查汇水积水渗漏、山洪河流影响、防排水系统运行等为重点的“十查”工作，主汛期开展重点部位、关键环节风险隐患不间断巡查，严格落实“三制度一预案”（即领导到岗带班和关键岗位 24 小时值班制度、灾害性天气预报预警制度、极端天气条件下紧急停产撤人制度、发现重大险情或事故立即启动应急预案）。深刻吸取历史上省内外露天煤矿边坡滑坡、坍塌事故教训，督促露天煤矿进一步加强冻融期、汛期边坡管理工作，2022 年组织完成了对全省 17 座正常生产建设的露天煤矿开展边坡管理专项检查。2022 年汛期，全省煤矿安全监管部门共发布灾害预报预警信息次数 1175 次，自行和紧急停产 363 矿次，累计撤人 33133 人次，确保了煤矿安全度汛。

四、以防范遏制水害事故为落脚点，不断强化矿山安全监管执法。坚持执法检查理直气壮，2021 年，全省各级煤矿安全监管部门先后组织开展了煤矿防汛、防治水专项检查，会同国家矿山安监局山西局联合开展了煤矿井下防溃水溃砂专项检查，共检查煤矿 2958 矿次、查出问题隐患 12806 条、行政罚款 760 万元，依法责令停止井下采掘工作面 44 处，责令停止使用相关设施、设备 23 台，从危险区域撤出作业人员 2 次，责令停产整顿、停止施工 8 次。2022 年共检查煤矿 2256 矿次、查出问题隐患 9866 条、行政罚款 521 万元，依法责令停止井下采掘工作面 13 处，责令停产停建煤矿 4 座，有效遏制了煤矿重特大水害事故发生。同时，我们

注重加强服务指导，围绕解决“防治水技术薄弱、防治能力不足”等突出问题，2021-2022 年组织 30 名专家对近 200 座重点煤矿开展了防治水会诊服务，发现问题及隐患 2068 条，提出合理化建议 1493 条。充分发挥煤矿水害防治典型示范引领作用，组织征集了各级煤矿安全监管部门、省属国有重点集团和煤矿企业 50 余篇隐蔽致灾因素普查治理和 100 余篇煤矿水害防治制度性、科技性、研究性、经验性典型经验，汇编成册印发，组织学习借鉴。建立监管部门微信工作群，及时推送防治水工作要求，发出事故警示、预报预警信息；建立 490 多名专家、专业技术人员参加的防治水交流群，发挥专家优势，集思广益，加强经验交流，探讨技术方法，服务企业建言献策，破解专业难题，不断提升全省煤矿水害防治能力和水平。

煤矿防治水现场调研书面材料

贵州省能源局

贵州煤矿水害的类型大致可分为地表水、老空区积水、岩溶水、断层水、顶板含水层水及钻孔水等水害。目前，全省水文地质类型复杂矿井 25 处，规模 903 万吨/年（正常生产建设煤矿 11 处，规模 660 万吨/年）；中等 698 处，规模 31884 万吨/年（正常生产建设煤矿 358 处，规模 19937 万吨/年）；简单 63 处，规模 2484 万吨/年（正常生产建设煤矿 18 处，规模 960 万吨/年）。水文地质类型复杂矿井主要分布：黔南州占 40%、毕节市占 20%、遵义市占 20%、铜仁市占 12%，其它地区占比 8%。煤矿防治水工作重点主要有：

一、把好队伍建设关，确保机构人员满足工作需要

按要求配备总工程师、地测副总工程师，分解落实好防治水责任，加强对防治水工作的组织领导。成立专职防治水机构，配备至少 3 名防治水专业技术人员，做好防治水管理工作。成立专职探放水队伍，由防治水机构统一管理，配备专职物探人员、专职钻探人员，适时配备必要的化探人员，做好探放水日常工作。

矿长、总工程师、防治水助理、地测副总工程师必须具备相应专业知识；防治水专业技术人员必须具备水文地质类专业中专以上学历；钻探人员必须经特殊工种培训并持证上岗；物探、化探人员必须经有关部门培训合格持证上岗；煤

矿井下从业人员必须接受全员培训，掌握必要的防治水知识，具备辨识水灾隐患和紧急避险的能力。

二、把好调查勘探关，确保水文地质情况全面摸清

（一）总体要求。组织开展好隐蔽致灾地质因素普查，通过小密调查、地面踏勘、水文地质补充调查、物探、钻探等综合手段，全面摸清矿区范围及周边地表水、老空水、承压水等充水水源，导水断层、陷落柱、钻孔、顶底板裂隙等充水通道，以及其他水文地质基本情况。

（二）受老空水威胁矿井。通过瞬变电磁等方法，对老空积水范围进行探测验证，出具验证报告，并按规定审批备案。

（三）水文观测。按要求对大气降水、地表水、地下水等充水因素进行定期观测，及时掌握矿井水文地质动态情况，并做好原始记录。积极推广应用水文动态观测系统、水文地质信息管理系统等先进技术装备，加强水文动态观测和信息管理，努力提升水害防治信息化、科学化水平。

（四）图纸填绘。在全面收集整理调查勘探资料的基础上，及时、如实填绘 5 种水文地质图件，并将地表水、老空水、承压水等主要水患情况，认真填绘在采掘工程平面图上，为煤矿防治水和安全生产提供可靠依据。

三、把好水害治理关，确保防治水措施严格落实到位

（一）防治水计划。煤矿根据各类水文地质报告、防治水设计，以及隐蔽致灾地质因素普查结果，结合矿井水文地质条件、资源条件、采掘计划，认真编制矿井现采煤层中长

期防治水规划、年度防治水计划，报企业审批后，认真组织实施。企业要对规划计划的前瞻性、针对性、可行性进行严格把关，并加强监督检查，确保落实到位。

（二）预测预报。年初，煤矿根据年度采掘接续计划，在综合各种水文地质资料的基础上，全面分析各类水害隐患，提出水害分析预测图表。在采掘过程中，对预测图表逐月进行检查，不断补充和修正，做到年有年报、月有月报、及时下达。发现水患险情，及时发出水害通知单，通知人员及时撤离。

（三）防治水设计。煤矿在每个开拓、掘进、回采工作面开工前，编制与作业规程相对应的防治水设计。在警戒线以内区域探放水，编制专项探放水设计。

（四）防（隔）水煤（岩）柱。在风化氧化带、导水构造、地表水、老空水等水害威胁区域处，按规定设计并留设防（隔）水煤（岩）柱。防（隔）水煤（岩）柱一经确定，不得随意变动。严禁在防（隔）水煤（岩）柱中进行采掘活动。

（五）排水系统。煤矿配备与矿井涌水量相匹配的水泵、排水管路、水仓等设施设备，构建完善矿井排水系统。矿井防治水设计等要求构筑防水闸门或强排水系统的，在年内构筑完善；排水系统要按规定检查、维护、检验、试验，确保可靠运行。

（六）防洪防汛。煤矿要按要求构建完善防洪堤坝、沟渠等防排水设施；对漏水沟渠、河床、裂缝、塌陷地点、滑

坡危险地段、废弃老窑等，采取针对性的改道、封堵等治理措施。同时，进一步完善灾害性天气预警预防机制，严格执行汛期巡视检查制度、强降雨停产撤人制度等制度规定，严防暴雨洪水侵入井下。

（七）应急救援。煤矿针对矿井主要水害类型和可能发生的事故，制定水害应急预案和现场处置方案，并每年进行修订完善，每年开展救灾演练。认真落实预案有关要求，做好物资、设备、资金、队伍等方面的应急准备工作；一旦发现隐患险情，要立即启动预案，实施救援，并及时向上级部门报告。

（八）制度机制。各煤矿要建立健全水害防治岗位责任、技术管理、预测预报、排查治理等相关制度，并认真组织实施，不断完善防治水体制机制，推动防治水工作规范、有序、扎实开展，确保各项防治水措施严格落实到位。

四、把好探水管理关，确保水灾隐患超前排查治理

（一）配足探水设备。煤矿按规定配备必要的钻探、物探、化探设备：配备专用探放水钻机。10月底前，配备化探设备，受奥灰水影响或地下水源较多的矿井要建立满足日常检测需要的水化学实验室。

（二）严格探水程序。严格执行井下探放水“两探”要求，采掘工作面探放水应当同时采取钻探和物探两种方法，做到相互验证。

（三）确保探水质量。进一步完善探放水启动、验收、超前距离核减等制度机制，加强钻探管理，确保钻探质量。

制定符合矿井本矿实际的物探、化探管理制度，加强物探、化探管理，不断提升物探、化探的效果。根据面临的水患类型、区域、水压、水量等，采取科学的探放水措施，确保探水的针对性、有效性。每次探水工作结束，都必须标识探水位置，填写原始记录及探水管理牌板，提交报表报告，并由有关操作人员、监督人员、审核人员签字，对探水结果承担相应的责任。

五、把好监督检查关，确保防治水工作扎实有效开展

监管年度计划防治水工作重点，采取日常检查、专项检查、突击检查等多种方式，加强对煤矿防治水工作的监督检查，推动防治水工作扎实有效开展。

六、监管中发现的主要问题

（一）防治水工作会议未按制度要求召开。如：一些煤矿煤矿存在矿长未按雨季“三防”管理制度每月召开雨季“三防”工作例会；总工程师未按要求定期组织召开一次水害分析会。

（二）防治水基础图纸和工作记录不规范。如：个别煤矿防治水工作排查报告签名表填写不规范。部分煤矿煤层充水性图不规范，防隔水煤柱在图上只有文字说明，没有用颜色标注出来。

（三）地表气象、地表水观测工作滞后。如：部分煤矿地表水文观测台账、气象资料台账、降水量观测站等记录不规范。

（四）井下涌水观测不及时、探放水记录不规范问题。

如：煤矿井下有出水点，未实测水量，出水量标注未标注在采掘工程平面图上。煤矿探放水管理牌板未记录物探成果内容。

（五）雨季前对排水系统维护及联合试运转工作不及时。

检查时发现个别煤矿未对全部工作水泵和备用水泵进行 1 次联合排水试验。

（六）水害应急准备工作存在差距。煤矿制定有演练计划但未及时组织水害应急演练。煤矿接气象预警信息后处理记录内容不全，缺相应处置记录。

七、下一步工作措施

加强对煤矿防治水工作的监管，督促煤矿企业认真落实各项防治水措施，并将复杂、极复杂矿井作为重点监管对象，对防治水措施不落实、不执行探放水制度，不具备安全生产条件的煤矿，一律责令其停产整顿，严禁组织生产。督促煤矿企业加大对探放水工的培训力度，加强对职工防治水知识的培训，让职工掌握透水征兆的相关知识，一旦发现有透水征兆，立即撤人。进一步督促煤矿落实好《煤矿防治水细则》，雨季期间做好应急值守、安全风险防控措施，建立极端天气预测预警长效机制，切实开展水害致灾因素普查工作。督促煤矿企业落实好“三专两探一撤”措施，着力解决煤矿水患“查全、探清、放净、验准”的工作程序，未查清或者未消除水患，严禁采掘活动，杜绝煤矿发生水害事故。

守正创新筑屏障 笃定实干保安全

山西省长治市应急管理局

长治市全域含煤面积 8430km²，占国土面积的 61%，全市 11 个县（区）赋存煤炭资源，有 9 个县（区）进行煤炭开采。辖区内共有 1 家中央煤炭企业、3 家省属煤炭企业和 14 家地方煤炭主体企业，共有煤矿 112 座，批准规模 17940 万吨/年。其中：生产矿井 96 座，生产能力 16150 万吨/年；建设矿井 16 座，建设规模 1790 万吨/年。经勘察共有水文地质类型复杂矿井 3 座，承压矿井 56 座。

受资源整合、兼并重组和开采深度不断增加的影响，老空水、奥灰承压水已成为长治市煤矿面临的主要水害威胁，煤矿水害防治形势严峻复杂。为此，长治市以“时时放心不下”的责任感把防范化解重大水害风险作为重大政治责任，深刻汲取近年来省内外水害事故教训，聚焦关键区域、关键煤矿、关键环节，加强前瞻性思考、超前性谋划、系统性推进，紧盯煤矿水害风险辨识评估和管控治理，大力推动各项防治水措施落地见效，切实筑牢煤矿水害防范屏障。

一、立规矩、建制度，筑牢水害防治基础

近年来，长治市始终将制度建设作为安全管理工作的前提和根本，开展了一系列积极有益的探索。**一是**健全完善水害风险预判和重大事项决策机制。要求各煤矿及主体企业建立水害风险预判机制、完善水害风险评估、关键节点管控等

工作流程，做到企业一周一预判，县级一月一预判，市级一季一预判。对预判出的风险，明确责任，进行有效决策和管控，确保风险受控。**二是**构建水害分级监管机制。结合煤矿水害预防与治理的新情况、新变化、新特点，按照属地监管原则，综合确定防治水重点监管矿井 49 座，并根据具体情况随时调整，形成可进可退管控模式。**三是**建立事前报备制度。要求各煤矿将积水异常区范围内采掘活动情况、工作面回采前两种物探实施情况、采掘计划实施及变更情况，每月报备属地应急管理部门，保证信息畅通、重点明确。**四是**明确水害防治费用提取标准和应急演练程序。要求各煤矿及主体企业用于防治水专项资金不得低于安全费用的 10%。所有兼并重组及受老空水威胁矿井每年必须组织针对老空水害事故的应急演练。

同时，长治市始终狠抓煤矿“透明地质”建设。2021 年强降雨以来，市委市政府主要领导高度重视矿井水文地质条件的变化，多次召集应急部门会商，组织全市所有煤矿扎实开展水文地质补勘、老空水害调查、隐蔽致灾因素普查治理工作。尤其在补勘工作中，出台了一系列行之有效的措施和办法，强化了组织领导和责任落实，规范了地质勘察程序、方法、标准、内容，严格界定了服务机构行为边界，加大事中事后监督指导，引导全市各煤矿主体企业及煤矿从机构、人员、资金、工程等多方面上下联动，着力构建了全过程跟踪体系，压紧压实环环留印、步步把控的责任“链条”。2022 年全市共计安排落实补勘资金 15379 万元，施工验证钻孔 274

个，补勘面积达 383.85km²，圈定（解释）煤层顶板富水异常区 887 处，采空积水异常区 887 处（积水量 11543227.9m³），奥灰顶界面富水异常区 121 处，14 家单位隐蔽致灾因素普查治理经验在全省推广。

二、防老空、抓承压，守住水害防治重点区

老空水是长治市煤矿最为严重的水害风险之一。2017 年至今，先后三次组织防治水“三区”划分。2022 年，认真落实《煤矿防治水“三区”管理办法》，充分运用隐蔽致灾因素普查成果，推动全市 100 家煤矿按照省应急厅《煤矿防治水“三区”管理报告编制提纲》重新修订了防治水“三区”管理报告，强化了煤矿防治水管理基础。根据《山西省煤矿老空水防治工作规定》（晋政办发〔2017〕36 号）要求，持续加大探放水从设计、施工、物探分析、到钻孔验收各环节的管控力度。**一是**煤矿认真分析排查了井田范围内的废弃老窑、古空区、采空区及积水情况，定期收集、调查、核对相邻矿井开采资料，对水害威胁程度作出预判，在采掘工程平面图和矿井充水性图上按照“三区四线”要求进行管理。**二是**煤矿严格坚持“预测预报、探掘分离、有掘必探、先探后掘、先治后采”原则，按规定编制并组织实施探放水设计，采取物探与长、短探相结合的方式加密探测，确保钻孔密度、超前距和帮距符合要求，切实查明施工区域四周及上下方积水情况。**三是**强化日常扫孔、通孔等多种手段，严格落实可控放水措施，加强放水孔水量、水压观测，确保老空水疏干放净，保障放水安全。**四是**做好探放水效果评价，确保老空

水害防治措施安全有效、验证准确可靠，真正将查全、探清、放净、验准“四步工作法”应用于实际并取得实效。去年全市共施工物探距离 57.7 万 m，超前钻探 50.68 万 m，安全疏放老空及含水层水 1062.5 万 m³。

奥灰承压水是长治市煤炭开采的又一重大水害风险。为此，进一步强化了奥灰水防范措施。**一是**牢固树立“超前探测、采前治理、采后监测”理念，综合采取区域治理、底板加固、帷幕注浆、监测监控等必要手段。**二是**必须首先对承压开采进行危险性评价，划分不同区域并针对性落实防范措施。**三是**逐步引入微震和电法耦合技术对承压开采区进行监测监控。**四是**奥灰水带压开采工作面围面后回采前积极推行并行电法、无线电波透视和槽波方法探测面内及底板方向岩层富水性特征、构造发育情况及其含（导）水性。**五是**将受采动影响陷落柱活化诱发突水灾害事故作为重大风险进行管控，进一步提升煤矿水害处理能力。

三、强素质、上手段，保证水害管控到位

长治市已连续 5 年通过政府购买社会化服务的方式，组织包含国内知名高等院校、科研机构和国内煤炭大集团防治水专家学者为企业进行防治水专家会诊，累计为企业提出隐患及问题 4222 条，合理化建设意见 1505 条。每年都要针对性地组织两次防治水业务知识培训，使全市煤矿在防治水基础管理、理念更新、人才培养、技术提升、设备升级、水害治理等多方面取得了长足进步。在专家会诊和日常安全检查中，认真落实市政府关于巩固提升安全生产基础建设水平实

施意见，积极推进“逢查必考”常态化，每次检查都会随机抽取掘进、探放水等井下队组，围绕“透水预兆有哪些”“遇到透水征兆应行使哪些权利和义务”“所在工作地点的避水灾线路”等应知应会内容开展普及性考试，倒逼煤矿从业人员提升安全素质，提高一线工人自救互救和避险逃生能力。

紧跟国家智能化矿山建设和“可视化”作业的要求，长治市将“一探一视频”列入煤矿防治水的一项重要工作内容来抓。**一是在井下物探钻探现场安装监控监测设备，强力推行“无视频不作业”，坚决杜绝不探、假探、漏探、弄虚作假等违法违规行为。****二是进一步提升井下钻探精度，**要求各煤矿采用开孔定向仪进行探放水开孔标定。在单孔验收环节，现场验收人员采用钻孔轨迹仪对所有钻孔参数进行检查，配合留痕管理措施，建立“一钻一验一视频”的影像资料档案，做到安全确认移交。**三是将“留痕”影像视频资料抽查纳入到煤矿安全监管部门日常监督检查的必查项目中，**做为日常监督煤矿执行有掘必探的重要手段。截至2022年底，有83座矿井配置“一钻一视频”设备379套，36座矿井购置开孔定向仪53台，64座矿井购置钻孔轨迹仪107台。

四、强预警、早预防，保障汛期万无一失

近年来，长治市区域性暴雨天气频发，秋雨秋汛持续时间长、影响范围大。为持续夯实汛期等特殊时段煤矿安全管理基础，长治市多措并举，确保万无一失。**一是**每年入汛前，均按照国家局和省厅防汛要求重新修订雨季“三防”检查要点，下发工作方案，制定年度《煤矿雨季“三防”风险隐患

排查表》，通过企业自查、属地全覆盖检查、市局抽查，全面摸排汛期煤矿安全风险，切实把预防暴雨等极端天气引发煤矿水害事故情况纳入到日常风险研判和执法检查过程当中，坚决杜绝暴雨等极端天气下“应撤不撤”现象。**二是**将风险预判和信息预警作为汛期一项重点工作来抓，建立《气象预警信息台账》，建设煤矿气象灾害预警服务平台，为企业安全度汛服务。2022 年汛期共发送预警信息 153 次，及时督促停产撤人 3 矿 411 人，制止未入井 1 矿 1 班次。**三是**要求矿井根据预计涌水量及时评估和核定矿井排水系统能力，确保排水能力满足要求。**四是**积极推广井下主要泵房无人值守和远程控制，落实机械化减人、智能化换人。**五是**严格落实省应急厅“三制度一预案”“五必须、六严禁”等防治水措施，进一步完善细化紧急情况停产撤人标准，坚决做到令行禁止，迅速有效处置险情。**六是**主动对接市水利部门、协调漳泽水库和后湾水库错峰泄洪，督促受地表河流影响矿井通过改造、硬化、加固河道等方式进行治理，确保矿井安全度汛。

五、引技术、强装备，提升防治水装备水平

长治市积极提倡推广各类新装备、新技术在矿井水害防治工作中的应用，取得明显成效。逐步引进千米钻机和矿用随钻测震轨迹仪等新装备，在钻孔测定的基础上对孔中岩性进行识别编录，确保钻探的准确性。全市煤矿已配备履带式液压钻机 232 台，液压坑道钻机 211 台，深孔钻车 24 台。积极推广水质指标数据库建设，使各煤矿准确掌握涌水来源，

消除“化探跟进”的盲区，切实把“化探”跟进手段落到实处。积极引入微震和电法耦合监测等物探技术对承压区开采进行监测预警，积极采用可控源和天然源音频大地电磁探查方法和煤层顶、底板并行电法探测，目前有 12 座矿井安装了微震与电法耦合系统，有 8 矿采用了并行电法物探技术。

六、送服务、严执法，两手保障煤矿安全

始终坚持关口前移、靠前服务、过程管控和跟踪问效，从事前、事中、事后三个关键环节入手，对煤矿企业进行常态化精准化技术服务和监督管理。**一方面**坚持服务基层的总体思路，深入开展专家会诊服务，找准企业防治水短板、弱项，为企业想办法、出主意，开良方、抓药，解决企业的实际难题。**另一方面**强化事中事后监管格执法，督促企业落实各项防治水措施。**一是**规范驻矿安检员与五人监管小组、煤矿监察专员等一线监管队伍监管程序，严格落实《煤矿防治水细则》《山西省煤矿防治水“三专两探一撤”规定》《煤矿水害防治监管监察执法要点（2022 年版）》要求，监督煤矿严格执行“有掘必探”“探掘分离”和“安全确认移交”等探放水制度。强化疏放老空水跟踪管理，现场监督疏放过程，确保疏干放净。**二是**强化专家会诊成果运用，把专家会诊提出的意见和建议作为一项主要内容进行检查，把“应采纳而不采纳”“应整改而不整改”行为做为重点，严格执法。**三是**保持“打非治违”高压态势，严厉打击“不探”“假探”等违法违规行为。**四是**将隐蔽致灾因素普查治理、防治水“三区”管理、“一探一视频”等重点工作列入煤矿复工复产的

必备条件，倒逼煤矿落实水害防治主体责任，确保煤矿水害防治各项措施落地见效，切实增强水害事故风险防范能力。

煤矿水害防治任重而道远，须臾不可放松，丝毫不能懈怠。在今后的工作中，长治市将始终坚持以习近平总书记安全发展观为指引，认真落实国家矿山安全监察局和山西省应急管理厅的部署要求，因地制宜、因矿施策，脚踏实地抓好各项水害防治措施落地见效，进一步巩固提升全市煤矿防治水工作水平，全力确保安全生产形势持续稳定向好。

介休市煤矿水害防治经验材料

山西省晋中市介休市应急管理局

为深入贯彻落实习近平总书记关于安全生产的重要指示批示精神，深刻汲取省内外发生的水害事故教训，介休市政府及市应急管理局自 2020 年开始在水害防治方面高度重视，通过改变监管手段、推动灾害治理、加强技术合作等几方面入手，全面加强煤矿水害防治工作。

一、基本情况

介休市现有 16 座煤矿，随着开采深度的延伸，目前介休市水害方面主要面临承压水和老空水两方面灾害，涉及承压开采的矿井有 10 座，6 座全矿井带压（鸿发、青云、旺源、鑫峪沟、左则沟、德隆）最大带压近 7 兆帕，4 座局部带压（正益、倡源、义煤、大佛寺），且全市 16 座煤矿不同程度存在老空、采空积水。

二、狠抓探放水工作，强化措施防治的目的

（一）建设探放水智能化识别系统，实现探水施工全过程监管。为进一步防范煤矿因不探、假探引发的事故，我市煤矿企业 2020 年 8 月在介休市应急管理局统筹下开始建设探放水智能化识别系统，于 2021 年 1 月全市 15 家正常生产矿井全部安设完成并进入试运转，截止目前我市煤矿企业实现井下掘进工作面探放水视频监控全覆盖，通过井下作业面探水现场联网监察模式，杜绝假探、少探、不按照设计等造

假行为，开创了一条“现场+互联+电子资料留存”的监管模式，截止 2022 年底我市煤矿企业总计安设完成 70 套探放水监控设备，涵盖 654 次探水次数，3006 个打钻过程。通过此项措施有效疏放采空积水总计 368482.94m³，区别于过去监察企业必须到企入井，任务重、时间紧，井下探放水智能化系统由介休市应急管理局分管领导董金钟责成专人随时监控现场探水作业，同时对全市煤矿掘进工作面、可掘进米数、探水设计等可以做到及时掌握，对存在隐患问题的头面由煤监一股负责针对性监察执法。同时井下探放水智能化系统运行实现了一个掘进作业面安装一视频监控装置，做到“一钻一视频”，有效识别探水米数，真正把探放水工作落到实处，有效杜绝煤矿的违法违规行为。

（二）升级井下探放水设备，提升钻探功效。为提升探放水精准度和功效，要求介休市煤矿企业逐步淘汰小功率的液压钻机，并配置大功率钻机。**一是**解决小功率钻机在钻探时功效低，卡钻现象频发的施工现状。**二是**大功率钻机具备探查精度高，施工效率高，穿层能力强的作业优势，进一步解决终孔层位探查偏差的情况。截止目前全市 15 座正常生产的煤矿企业均已配置功率在 2000N·m 以上的履带钻机。

（三）应用钻孔轨迹仪，保障钻探施工质量。截止目前介休市正常生产矿井全部购置钻孔轨迹仪。结合探放水监管平台，对井下钻探效果验证钻孔、探查异常钻孔、构造钻孔通过钻孔轨迹进行数据恢复，对钻探轨迹、终孔层位出具成果报告，2022 年度钻孔成果验证 200 余次。通过专业设备从

钻探勘探程度是否到位、终孔层位是否符合设计几个方面细致分析，评估关键钻孔钻探工作成效，进一步提升探放水施工质量。

（四）建设水质化验实验室，实现水源快速识别。为解决我市煤矿存在化探工作的短板，由市政府牵头同中煤科工集团重庆研究院有限公司合作，分管副市长亲自协调组织组建介休市水质化验实验室，其目的一是具备测试分析地下水主要离子、主要化学性质和测试奥灰水，同时建立我市煤矿企业水化学离子库，填补我市煤矿水化学方面的空白。二是要求我市煤矿企业全部购置水源快速识别仪，通过应用水源快速识别仪对井下涌水点水质对比，研判水源并及时制定防治措施，实现快速反应、及时处理、措施防范的作用。

三、强化煤矿水害监测预警工作，实现水害预测预报

截止目前我市承压开采矿井全部建设完成水文动态监测预警系统并投入运行。该系统实现了对井田范围内主要含水层水位、水温、水质，矿井涌水量及采空区水位（水压）、水量、水质动态监测，对水位异常及时报警并将数据上传。

四、严格落实“先治后采”原则，持续深化重大灾害超前治理

（一）深化隐蔽致灾因素普查治理工作。根据 2022 年度各煤炭企业结合自身实际编制的《隐蔽致灾因素普查治理报告》和《三区管理报告》成果，针对全市煤矿存在的老空水、承压水以及两种水害相互叠加的现状，**一是**要求煤矿企业立即开展导水裂隙带高度测试和底板破坏深度测试工作，

通过科学合理的工程手段进一步获取精准的地质变化信息，便于煤矿企业针对上覆老空威胁、地表水体下开采以及承压开采等水害威胁进行科学防治和合理布置工作面，并将实测数据及时增加到矿井在用的水文地质报告和地质说明书中，便于指导企业安全生产。**二是**针对矿井未来五年采掘规划范围以及接替采区是否进行了地面物探全覆盖和水文地质钻孔实测工作进行检查，未开展到位的煤矿企业要限定时间完善到位，同时限制在此区域进行采掘作业，进一步完善煤矿水文地质资料，同时也为水害防治提供依据和方向。**三是**要求全市煤炭企业根据普查成果结合矿井未来五年开采规划及年度采掘计划制定重大灾害超前治理工程方案，分年度明确治理项目、治理区域、治理时间、启动资金、治理责任部门等，确保治理工作落实到位。

（二）承压矿井底板注浆加固区域治理。本着“先治后采”的原则，我市在重大灾害超前治理方面多次组织调研，并督促煤矿企业深入推进水害区域治理工作，截止 2022 年底介休市所辖 9 座承压开采矿井开展区域治理工程，其中我市**义棠煤业**下组煤七采区南翼施工井下定向注浆钻孔 28 个，累计注浆量 73834.935m³，水泥用量 14623.28t，黏土用量 228.59t，完成南翼底板注浆加固工程并进行效果评价报主体企业评审，解决我市在隔水层厚度薄的情况下实现安全回采的课题；**青云煤业**针对 F3 断层注浆施工，钻探工程量 1.6 万余米，累计注浆量 1.9 万吨，探索我市在高承压、构造复杂的情况下进行安全回采的课题；**倡源煤业**完成南翼七采区地

面瞬变电磁探查治理前期工作并编制完成 X2 陷落柱探查治理方案；**左则沟煤业**完成了构造导水性探查和治理，地面共布置 3 个勘探钻孔和一个定向分支钻孔，钻探总进尺 3453 米，目前已完成效果检验评估工作；**大佛寺煤业、旺源煤业、鑫峪沟煤业**相继开展区域治理工作，2022 年全市煤矿企业在水害防治投入 2.2 亿元。

五、强化技术管理合作，提高水害防治技术力量

为进一步提升煤矿安全监管的精准度和实效性，本着“监管与服务并重”的新时代监管理念，由市政府牵头，分管副市长组织协调同中煤科工集团重庆研究院有限公司组建介休市煤矿灾害防治服务中心，利用专业团队的先进技术和科学理念,紧紧围绕全市矿井水害防治核心内容，建立水害探查、防治水技术服务为一体的煤矿水害防治技术研究的实验平台和装备支撑体系，针对煤矿企业灾害重，技术力量薄弱的现状，为企业提供系统、便捷、权威和专业的服务，为政府提供灾害监管的意见，进一步提升煤矿水害防治方面的安全管理和技术水平，防范煤矿事故发生，促进煤矿安全形势持续稳定好转。

以上为我市水害防治工作经验，虽有成绩，也存在诸多不成熟的环节，希望通过此次经验交流汇总各方经验，拓展水害防治工作的新方式、新思路，为做好煤矿水害防治监管工作再上台阶。

正视形势 探索创新 持续巩固提升河北煤矿水害防治工作水平

国家矿山安全监察局河北局

河北主要矿区地处华北石炭二叠系岩溶裂隙水害分布区，矿井水文地质条件极为复杂，煤矿开采史上水害事故多发频发。2000年至2015年间，共发生煤矿水害伤亡事故27起、死亡195人，另发生奥灰突水淹井事故9起，经济损失数十亿元，严重危害着人民生命财产安全和企业的生存发展。截至2022年底，河北省正常生产建设煤矿35处，总生产能力5628万吨/年，其中水文地质类型复杂极复杂矿井24处，核定生产能力3538万吨/年，受水害严重威胁矿井数及产能占比达68.6%、62.8%。

一、河北煤矿水害特点

总结分析有记录以来河北发生的煤矿水害事故，老空透水造成人员死亡事故的起数和人数占比均达95%以上，奥灰突水淹井事故造成经济损失占比达80%以上。老空水与奥灰水是河北省煤矿水害防治工作的重中之重。

（一）老窑水害威胁严重。河北省煤矿受老窑水害威胁严重。全省历史上在册的小煤矿最多达3000多处，2000年有1406处，截至2022年底全省小煤矿20处，大量小煤矿被关闭，地质资料不齐全，尽管开展了隐蔽致灾地质因素普查，但仍有一些小煤窑老空积水情况无法查清，加之小煤矿

乱采滥挖破坏了其与相邻矿井间的阻隔水煤柱，对生产矿井的水害威胁十分严重。2003 年 7 月 21 日，邯郸县姬石煤矿掘透小窑造成老空透水事故、死亡 12 人；2005 年 11 月 19 日，邢台市内丘县远大煤矿发生老空透水事故，造成 14 人遇难。

（二）底板奥灰含水层威胁严重。河北主要产煤矿区地处石炭二叠系岩溶裂隙水害分布区，为典型的华北型煤田大水矿区，受底板奥灰高承压含水层威胁十分严重，矿井水文地质条件极为复杂。1984 年 6 月 2 日，河北开滦集团范各庄矿岩溶陷落柱特大突水淹井事故，峰值涌水量达 $2053\text{m}^3/\text{min}$ （约 12.3 万 m^3/h ），世界采矿史上罕见，还造成相邻吕家坨被淹，并危及林西矿、赵各庄、唐家庄矿三个矿井，经济损失达 4.95 亿元；2003 年 4 月 12 日，河北邢台市东庞煤矿发生特大奥灰突水淹井事故，峰值涌水量达 7 万 m^3/h ，其峰值水量时为仅小于范各庄矿的国内第二大煤矿突水事故。

二、防治水工作探索创新

近年来，河北局确立完善了契合河北煤矿水害防治实际的“12345”工作思路（即坚持一个定位、树立双“零”目标、熟悉三个规范、突出四个重点、务求五个精准），聚焦“理念引领、制度规范、风险防控、执法推动、服务提效”，创新开展煤矿水害防治工作。

（一）理念引领。引导煤矿企业牢固树立“水害可防可控可治”“超前预防、源头治理、区域治理”“井上治理与井下治理相结合”等先进的水害防治工作理念，确立了“超前

主动、区域治理、全面改造、带压开采”水害防治工作原则，大力推进河北煤矿防治水工作实现“五个转变”；在全国率先提出水害地面区域超前治理理念，率先采用地面超前区域治理技术，在全国首次将微震监测技术应用到水害防治上，破解了华北地区受奥灰水严重威胁下组煤无法开采的难题，对 14 处受奥灰水威胁的煤矿实现地面超前区域治理，有效治理采煤工作面 80 余个，安全回采煤量约 5000 万吨。

（二）制度规范。制修订了一批水害防治方面的规范性文件 and 地方标准，着力提升全省煤矿水害防治规范化水平。按照《煤矿防治水细则》的新规定新要求，结合河北煤矿水害防治新形势新任务，完成了对《河北省煤矿防治水管理办法》的修订，补充了关于细则中“探”和“监”两项新增水害防治措施的执行要求，细化明确了“三专两探一撤”具体操作标准，经省政府同意印发实施。组织编制了顶板水害防治、老空水害防治等 10 项水害防治地方标准，供同类型水害威胁矿井复制推广，有效提升全省矿井水害基础保障水平。

（三）风险防控。在全国首创煤矿水害风险预警与防控系统，组织制定出台了《煤矿水害风险预警与防控系统建设规范》河北省地方标准，将计算机、大数据和云技术首次运用到水害防治工作中，对全省具备生产建设条件的 39 处煤矿的 67 个排水泵房、124 个水文观测孔水文动态（水位、水温等）和 50 个采掘工作面水害微震事件实时监测，实现了矿井水害因素动态监测和远程监察。2021 年 7 月 13 日，通过水害风险预警与防控系统发现承德市某矿因极端强降雨

天气，造成涌水量骤增，我局立即发出预警信息，要求该矿立即停产撤人，有效避免人员被困井下的风险。

（四）执法推动。始终把水害防治作为监察执法的关键重点，汛期前由局领导带队，对全省水文地质类型复杂、极复杂煤矿开展全覆盖监察，监察做到“三个坚持”：坚持提前分析研判煤矿水害风险，把控防治工作重点；坚持“三专两探一撤”落实必查，对照水患风险检查对应管控措施；坚持工程措施关键环节必核，采用回放监控录像、查询人员轨迹等方式比对现场施工原始记录，反演还原施工过程。通过管控措施现场核查，我局查处1处受老空水威胁矿井未严格落实探放水措施（探放水措施设计46个钻孔，现场仅施工3个钻孔），违规进入老窑越界巷道冒险作业的重大事故隐患。

（五）服务提效。坚持监察与服务相结合，组织召开煤矿防治水专业研讨会，总结交流煤矿水害防治工作经验，座谈研讨防治水规范分歧内容，分析研判河北煤矿面临的水害形势，规范煤矿企业与监察执法人员对有关规定的执行标准，统一理解认识、达成思想共识。对2022年6月印发实施《煤矿防治水“三区”管理办法》关于可采区、缓采区、禁采区划分的标准进行具体明确，便于煤矿企业在开展划分工作时有据可依、有章可循，有力确保了2022年底所有正常生产建设煤矿全部划分完毕。

三、水害防治工作成效

近年来，在河北煤矿安全监管监察部门和煤矿企业的共同努力下，河北煤矿水害防治工作取得显著成效，水害安全

形势得到根本好转。

（一）“零死亡”目标初步实现。2015年以来，发生水害事故1起，死亡1人。2017年8月份至今，全省煤矿未发生水害伤亡事故，煤矿水害事故“零死亡”的目标初步实现。

（二）“零淹井”态势巩固加强。2015年8月至今，全省煤矿未发生淹井事故（2018年3月4日邢东矿奥灰突水淹没一个采煤工作面），“零淹井”的态势得到巩固加强。

煤矿防治水专题书面调研材料

国家矿山安全监察局内蒙古局

内蒙古自治区目前在册煤矿 489 处、产能 143770 万吨/年。井工煤矿 262 处、产能 75465 万吨/年，均为 30 万吨/年及以上煤矿。其中：井工煤矿水文地质条件极复杂矿井 1 处、复杂矿井 15 处、中等矿井 157 处、简单矿井 88 处，因长期停产未进行评价煤矿 1 处。

一、近年来煤矿防治水开展情况

（一）坚持“两个至上”，强化政治引领。始终坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，统筹发展与安全“两件大事”，以“两个至上”为引领，锤炼政治思维，始终坚持把治好“水老虎”作为安全监管重点，保障从业人员的生命财产安全作为做到“两个维护”、捍卫“两个确立”的最终落脚点，将所有工作统一到实现工人对美好生活的向往上，统一到实现好、维护好、发展好矿山工人最根本的利益上，从政治建设层面构筑起了一道保障发展与安全的坚固屏障。

（二）强化责任落实，筑牢治灾基础。将企业安全生产主体责任的落实作为减灾治灾的“牛鼻子”，坚持“机构健全、人员充足、制度完善、管理闭环、投入到位、系统完备、流程规范、应急科学”的防治水监察模式，以煤矿防排水系统不健全等重大隐患为突破口，坚持责任倒查，突出“人”的责任，以“人”为本，从机构、队伍、制度、管理、投入、流程、系

统七个方面，进一步补全责任链条，筑牢减灾治灾的基础。

（三）立足源头防治，风险关口前移。坚持源头治理的防治水工作理念，推动防治水工作向事前预防转型。在做实隐蔽因素普查的基础上，成功推广采用底板区域改造技术治理奥灰水、形成“大水防控，小水管理，强化支护，水和软协同治理”的水害与软岩治理体系，从源头治理上统筹发展与安全，守好了“发展决不能以牺牲人的生命为代价”这条红线。

（四）聚焦重点环节，堵塞过程漏洞。随着煤矿开采的年限不断增长，受老空水威胁的井工煤矿的数量不断增加，老空水的探查与疏放已逐渐成为大多数老矿井防治水的主要课题。聚焦这一制约矿井安全生产的重大风险，系统研判、科学引导、多措并举，以公务素煤矿为示范点，扭转了煤矿掘进作业中将防治老空水与掘进“两探”混为一谈的思想误区，在正确划定采空区“四线”“三区”的基础上，在探放过程中严格落实“查全、探清、放净、验准”的四步工作法，极大地控住了老空区透水的风险；进一步强化隐蔽工程过程把控，在坚持“预测预报、有掘必探、先探后掘、先治后采”的原则及“三专”“两探”的基础上，针对探放水过程中钻孔工程量隐蔽性强的特点，要求煤矿钻探全过程视频记录，一孔一档。同时，推广采用长距离定向钻代替常规钻探，将“短兵相接”的钻探模式提升为“远程精准打击”的长距离钻探模式，杜绝假探、不探的违法违规行为。

（五）强化业务培训，提升人员素质。守护安全为政治使命，保护基层从业人员的生命安全更是国之大者。始终将加

强一线从业人员的业务素质作为保障一线作业人员的最后一道防线。在反“违章作业、违章指挥”的基础上进一步加强应急培训，确保每一位矿工能够正确、及时捕捉到水害前期的预兆，并能够正确履行在直接危及人身安全的紧急情况下停产撤人的权利，做好自我防护的同时不断提升一线队伍整体性应急水平，最大限度保证从业人员的生命安全。

二、防范煤矿水害事故和加强煤矿防治水工作建议

（一）树立水害防治先进经验。理念先进是加强防治水工作的重要引领。要大幅减少水害事故，必须要有先进理念引导，水害防治工作才能实现新突破，在理念引领上要求煤矿企业都要牢固树立水害事故可防可控、水患不除、矿无宁日、超前预防、区域治理、井上治理与井下治理相结合等先进理念，将矿井防治水与瓦斯治理摆在同等重要的位置，积极推进五个转变，积极推动科技治灾，坚定水害防治的信心和决心，加强教育培训和宣传引导，做到全员重视、协同防范，消除和根治各类水患水害，推动更多煤矿企业实现水害零事故、零死亡。

（二）强化水害防治基础管理。基础扎实是加强防治水工作的关键。**一是**构建煤矿企业防治水责任体系，其法定代表人或主要负责人要承担起防治水工作的第一责任，总工程师具体负责防治水技术管理工作。**二是**配备三专人员和设备，水文地质类型复杂、极复杂的煤矿要设置专门防治水机构。**三是**加大资金和装备投入。完善强排水系统，建立地下水动态观测系统。**四是**按规定建立健全水害防治各项制度，编制中长期规划和年度计划，建立水文地质信息管理系统实现矿井水文地质资

料、数据、图件、计算评价和预报一体化。**五是**加强防治水安全培训。教育职工具备必要的防治水知识，掌握水下透水征兆，熟悉避灾路线，并结合典型案例开展警示教育，提高职工防治水工作技能，增强防范水害事故能力。

（三）强化水害超前防治、超前勘探。勘探清楚是加强防治水工作的前提。要在预测预报工作的基础上，分析可能构成水害威胁的区域，采用钻探、物探化探等综合技术手段，查明水害隐患，提出水文地质分析报告，查明煤矿水害方面隐蔽性致灾因素。**一是**所有生产建设煤矿井下探放水必须编制专门设计，做到一面一策，严格落实探放水安全技术措施。**二是**巷道过导水断层、裂隙带及影响区等地带时，必须探水施工。水文地质条件类型复杂、极复杂的矿井进行采掘活动，必须坚持有掘必探。防止井下采空区因长期积水导致溃水事故。

（四）强化水害防治科技攻关。科技攻关是加强防治水工作的重要支撑。防治水是一项庞大的系统工程，专业性和技术性很强，必须充分发挥科技是第一生产力的作用，建立“产、学、研、用”相结合的模式，加强技术攻关与交流合作。**一是**煤矿企业必须建立以总工程师为首的技术管理体系，大力开展井工煤矿和露天煤矿水害预测评价，健全以煤矿水害防治和效果检验为重点的防治水量化指标体系，从规划、设计等源头入手，切实把水害防治贯穿于基建水平，延伸采区设计、生产准备的各个环节。把煤矿水害防治与采矿工程有机结合起来。从时间上和空间上保证水害防治，实现安全开采。**二是**加强基础研究。重点是探寻老空水的地球物理响应特征，建立老空水探测的综

合探查体系。**三是**加强关键技术与装备开发。重点是老空水和导水断层的精细探测，井下超长距离定向钻探及水害精确预测预报等。

（五）强化水害防治效果评价。效果评价是检验防治水工作的重要手段。**一是**存在水害隐患的掘进工作面，施工前必须进行防治水安全评价，编制有掘必探总体设计，包括物探和钻探设计，掘进中开展循环前探。**二是**回采工作面，安装前必须采用两种以上物探方法进行探测，其中至少有一种对水体敏感的物探方法，对物探异常区必须进行钻探验证，开采前进行防治水安全评价。**三是**对老空水顶板离层水的疏放效果，要采取综合探测手段进行效果验证，确保治理效果可靠。

（六）加大防治水监察监管力度。结合煤矿防治水工作实际，做到“三个严格、一个注重”。**一是**严格开展防治水日常安全监管监察执法。按照季节特点和煤矿安全生产情况，科学制定监察计划，每年至少开展一次防治水专项检查，对其他类型煤矿要组织抽查，并保证一定覆盖全面。不定期对辖区煤矿防治水工作，开展暗查暗访，掌握真实情况，排查安全隐患，对不落实防治水有关规定、不落实技术措施、违规组织生产建设的矿井，依法进行严厉查处，对存在重大隐患的矿井，要坚决责令停产整顿。**二是**严格建设项目安全设施设计审查，对资源整合技改、新建的煤矿建设项目水文地质情况不清、矿井及周边老空区积水不明、防治水机构专业人员不落实的煤矿，一律要求煤矿健全体系，查明水文地质条件。**三是**严格事故查处和警示教育。对水害事故调查要按照“科学严谨、依法依规、实

事求是、注重实效”和四不放过的原则，严肃损害事故调查处理。同时深化事故警示教育，结合全国和各地煤矿透水事故典型案例，开展逢查必警教育，深刻吸取事故教训，防范重特大透水事故。**四是**注重发挥典型示范引领作用。鼓励辖区内煤矿企业探索创新，及时总结推广好的经验做法。通过典型引领，提高煤矿防治水整体水平。

积极推进煤矿防治水基础工作 着力推进地面区域超前治理

国家矿山安全监察局安徽局

一、全省煤矿基本情况

安徽省现有煤矿 41 对，核定生产能力 1.28 亿吨/年；其中，水文地质类型复杂、极复杂矿井 17 对，核定生产能力 6440 万吨/年，矿井数量、核定生产能力分别占全省的 40.5%、49.3%。

安徽省煤矿水害类型齐全，受底板灰岩承压水、顶板砂岩水（甚至出现“离层水”）、第四纪松散层水、朱罗纪“五含”水，老空（窑）水等水害威胁。因矿区煤矿地质条件极复杂，突水通道更加难以查清，水害防治任务十分艰巨。近 10 年来共发生了 2 起奥陶系灰岩水突水淹井事故和 1 起较大透水事故，分别是 2013 年淮北矿业集团公司桃园煤矿“2.3”突水事故（1 人死亡），2017 年淮河能源集团公司潘二煤矿“5.25”突水事故（无人员伤亡），朱仙庄矿 2015 年“1.30”透水事故（7 人死亡）。

二、防治水工作主要做法

我局认真贯彻落实应急管理部、国家矿山安全监察局和安徽省委、省政府安全工作部署，不断推进水害地面治理、区域治理和超前治理，目前取得了较好成效，全省煤矿已连续 6 年没有发生水害事故。主要有以下几个方面：

（一）积极推进体系建设。2013 年就组织制定了《安徽

省煤矿防治水和水资源利用管理办法》，并根据近年来国家矿山安全监察局防治水专题会议及相关文件要求、安徽省煤矿实际先后进行了2次修改。在“管理办法”中，突出强调推进防治水“五个转变”、构建“七个体系”、健全水害防治模式，为持续推进煤矿水害防治地面治理、区域治理和超前治理提供了基本遵循。为防范下组煤层开采受奥灰水害威胁，我局积极推进地面区域超前探查治理技术，确立了底板灰岩水害防治“四层网”防治体系。即：三维地震勘探普查、地面区域探查治理、井下含水层疏水降压、和井下物探钻探验证及回采安全监测、预警等“四层网”综合防治体系。

为推进煤矿构建双重预防工作机制，我局于2020年制定出台了《安徽省煤矿重大安全风险管控暂行办法》，推进煤矿全面辨识瓦斯、水等重大安全风险，制定并落实管控措施。2022年我局制定印发了《安徽省煤矿采掘接续和灾害治理中长期规划编制工作指导意见》，对瓦斯、水害等地面超前治理、井下区域治理提出了更加具体的要求。为了进一步发挥地质探查对防治水的保障作用，我局今年计划制定《安徽省煤矿加强地质保障工作规定》。

（二）扎实推进工程治理。我局始终把推进煤矿坚决查清开采区域地质水文地质条件和推进煤矿超前实施重大水害防治工程，作为防治水安全监察的重点内容。目前，全省煤矿生产开拓区域均进行地面三维地震勘探全覆盖，同时每年积极开展地质水文地质补充勘探，全面查清开采区域地质水文地质条件。

查清开采条件是前提，推进工程治理才是保障。全省煤矿在查清地质和水文地质条件基础上，对开采下组煤层受底板灰岩承压水威胁的、三维地震勘探发现“反射波异常体”、大中型断层等，必须全面采取地面工程探查治理措施；淮北矿业集团公司朱仙庄煤矿受侏罗系“五含水”威胁的区域，已完成地面帷幕注浆工程并进行区域疏干措施，目前正在对帷幕墙的局部区域进行工程探查验证；对煤矿新水平、新采区开拓延伸工程，必须全过程落实“钻探+物探”探查措施；受新生界“四含水”威胁的采取合理留设防隔水煤（岩）柱措施，对于缩小防隔水煤（岩）开采的，必须落实开采方案专家评价、集团公司主要负责人审批制度；对于受老空积水威胁的，正在全面推进在岩巷施工定向长钻孔远距离集中探放水措施。据初步统计，全省煤矿自 2017 年以来，共投入资金约 65.2 亿元(含朱仙庄煤矿地面帷幕注浆工程 5.3 亿元)，对下组煤层开展地面区域探查治理工程面积约 37.6Km²，探查发现隐伏陷落柱、验证三维地震反射波“异常体”等垂向导水构造 32 处，避免了 15 次突水淹井事故。同时解放煤量 2.9 亿吨，安全开采煤炭 6500 万吨。

（三）全面推进基础建设。我局持续推进煤矿严格落实《煤矿安全规程》《煤矿防治水细则》等措施要求，不断加强基础建设。目前，全省各集团公司和正常生产煤矿均设置专门的防治水管理机构，配置防治水专业技术人员；各煤矿装备了满足工作需要的探放水设备，建立了探放水（钻探、物探）专业化队伍；建立了水质化验室，实现发生异常出水

时，6小时内完成水质化验；建立了煤矿水害风险与防控系统，对下组煤层工作面开采进行微震监测；水文地质类型复杂极复杂矿井均建立潜水电泵应急排水系统，各集团公司均配备齐全的水害抢险装备，增强抢险能力。

（四）努力推进风险防控。一是开展采掘接续审查。每年10月份，我局联合安徽省能局对全省煤矿下一年的生产接续计划进行集中审查，重点审查瓦斯、水等重大灾害治理的时间和空间保障。对不能保障瓦斯、水等重大灾害治理工程按期完成的采掘工作面，必须做到推迟接续。二是开展重大风险集中会商。围绕年度采掘接续计划，我局会同安徽省能局、各煤矿企业查找辨识瓦斯、水等重大灾害治理措施可能落实不到位的风险，针对性的制定管控措施，明确分级管控内容，印发全省煤矿年度重大风险清单，提出明确的具体要求。三是开展专题会商。淮河能源集团公司、中煤新集公司等煤矿企业每月均由公司总工程师组织重大风险管控集中会商，细化量化月度重大风险管控清单。针对生产过程中的出现新情况、新问题，我局会同煤矿上级公司进行现场研究会商，指导帮助煤矿解决具体问题。如2022年，我局对潘二煤矿、朱仙庄煤矿、恒源煤矿、板集煤矿等7对水文地质类型复杂、极复杂矿井开展防治水专题会商，指导帮助煤矿解决防治水具体问题，确保安全生产。

（五）扎实开展专项监察。一是每年初，我局各监察执法处编印辖区煤矿精准监察指导手册，明确各煤矿水害防治技术路线、重点区域、区域探查治理工程、区域验证时间和

方式，老空水探放、构造探查治理等单项工程，提出水害防治专项监察针对性建议。**二是**扎实开展专项监察，对全省水文地质类型复杂、极复杂矿井和受水害威胁严重采掘工作面，由省局领导带队，整合防治水专业监察员，同时邀请煤矿防治水专家，开展全覆盖防治水专项监察。在专项监察中重点检查：防治水“一矿一策、一面一策”落实情况，方案制定是否科学合理，重点工程是否按期完成，效果检验是否符合要求，安全防范措施和风险管控措施是否落实到位等。**三是**对重点头面、重点时段、关键区段安排专人采取远程监察、现场核查、住矿盯守等措施，坚决防止煤矿因采掘接续等原因而减少防治水工程、忽视防治水措施。

（六）充分发挥平台作用。依托皖北煤电集团公司组建了国家煤矿水害防治工程研究中心，深入开展煤矿防治水“产、学、研、用”深度合作和技术交流，为推进全省煤矿全面实施地面区域探查治理、顶板“离层水”超前探查疏放、松散砂层注浆改造和缩小防隔水煤（岩）开采等重大水防治发挥重要技术支撑作用。2022年国家矿山安全监察局煤矿防治水实操培训班就是由国家煤矿水害防治工程研究中心承办的，我局主动配合会务组做好接待服务工作，同时专门安排51位煤矿企业、煤矿防治水专业技术人员参加学习，效果很好、收获很大。我局联合安徽省能源局建立了全省煤矿防治水专家库，推进全省煤矿落实重大水害防治的方案确定、措施完善等专家评审评价和异常情紧急处理处置制度，帮助指导煤矿根据不同的水害类型科学采取工程防治措施。

三、存在问题和下一步打算

一是随着煤矿采深增大，垂向导水构造探查难度大，超高灰岩水压(10Mpa 以上)的防治任务艰巨。我们要推进煤矿企业积极开展隐伏导水陷落柱探查治理技术研究，积极探索超高灰岩水压防治技术手段、标准，推进地面区域探查治理工程技术规范化、标准化管理。

二是由“过断层”向“治断层”推进不够。要从强化瓦斯、水、顶板等重大灾害统筹治理的高度，强力推进“过断层”向“治断层”的转变，推动煤矿企业制定超前治理断层的标准要求。

三是部分煤矿推广应用老空水远距离集中探放存在误区。我们要督促煤矿从设计源头优化采掘布局，优先考虑远距离集中探放老空水的巷道施工或施工专用探水巷，为远距离集中探放老空水提供空间保障。

四是随着新技术新装备推广应用，防治水专业监察员业务水平存在许多不适应现象。我们要充分发挥国家煤矿水害防治工程技术研究中心的平台优势，积极开展防治水专业知识培训，提升掌握煤矿防治水关键技术能力水平。

五是制定出台《安徽省煤矿加强地质保障工作规定》作为我局今年防治水工作重点，推动煤矿进一步加强地质基础工作，推动煤矿做到局部地质透明化；持续推广应用新技术新工艺，加强重大水害风险过程管控，严格落实防治水“三区”管理。

我局将深入学习贯彻落实习近平总书记关于安全生产

重要指示批示精神，贯彻落实应急管理部、国家矿山安全监察局和安徽省委、省政府安全工作部署，积极推进煤矿防治水基础工作，着力推进防治水地面区域超前治理，努力推进防治水重大风险管控，坚决遏制水害事故，努力促进全省煤矿安全生产形势稳定。

山东省煤矿防治水工作汇报

国家矿山安全监察局山东局

近年来，山东局紧紧围绕国家局工作部署，认真落实《煤矿防治水细则》《煤矿地质工作规定》及有关文件要求，立足查大系统、控大风险、治大隐患、除大灾害、防大事故，以煤矿安全专项整治三年行动为总抓手，多措并举抓防治，强化监察执法，推动水害防治能力、基层基础和装备水平不断提升，煤矿防治水工作更加稳固，水害事故大幅下降，连续 17 年未发生较大及以上水害事故，近 5 年没有发生水害伤亡事故，全省煤矿防治水安全形势持续稳定。

一、奋力攻坚，煤矿防治水工作成效显著

（一）积极履行核心职责，强化防治水监察执法

1.构建防治水责任体系。推动地方政府、煤矿企业健全防治水监管体系、地测防治水保障体系，建立健全煤矿企业主要负责人、总工程师、防治水副总工程师、班组长等“关键少数”“业务保安、环环相扣”的防治水安全共管机制。

2.扎实开展防治水“三区”划分。率先部署，联合省能源局制定《煤矿防治水“三区”管理办法实施细则》，规范煤矿防治水“三区”划分与管理，培训煤矿工程技术人员 900 人次，全省煤矿“三区”划分报告均已编制完成。

3.强化防治水监察执法。严格按照国家局《关于印发防范遏制煤矿水害事故若干措施的通知》（矿安〔2023〕22号）

和《煤矿水害防治监管监察执法要点（2022年版）》开展水害防治监察执法。落实国家局“九个紧盯”要求，每季度对水害威胁严重煤矿至少监察一次。先后开展防治水专项监察、汛期专项监察、隐蔽致灾因素普查专项监察，共监察110矿次，查处防治水类问题隐患737条、地质类问题437条，罚款2248.4万元。

（二）聚焦防治水重点，突出重大水害治理

1.强化地表水治理。加强柴汶河地表水防治，持续推动新矿集团实施柴汶河河床铺底、砌坝护坡、修整河道等综合治理工程，先后投入5.8亿元，累计完成河床铺底22万 m^2 ，筑河坝1.1万 m ，基本消除了柴汶河地表水威胁。

2.强化老空水防治。严格落实“查全、探清、放净、验准”四步工作程序，督促泰安市、枣庄市制定“有掘必探，不探不掘不采”措施加强老空水探查。2022年，山东能源集团疏放老空水340万 m^3 ，枣庄市疏放积水24.3万 m^3 ，杜绝了老空水害事故的发生。泰安市利用老窑水为电厂供水，降低对相邻生产矿井的水害威胁。

3.强化承压水害区域治理。实施“一矿一策”精准治理方案和重大水害分类治理方案，推动受承压水威胁的肥城、新汶、黄河北煤田积极开展深孔远距离区域注浆改造，实施地面区域水害治理工程，邱集煤矿投资9亿多元，先期解放煤量350万吨，确保安全开采。

4.从严管控提高上限开采。利用开采上限“三必查”“提限开采三张图”分析法，采用等高线分析排查、基岩厚度等值线

法对煤矿提高开采上限工作面的煤柱留设进行穿透式监察。先后查处了钻孔基岩厚度及防隔水煤（岩）柱造假、煤层露头区防隔水煤（岩）柱留设不足等重大事故隐患。

（三）多措并举，精准防范重大水害风险

1.精准防范化解水害重大风险。每季度与省能源局开展风险分析研判和预警通报，2022年全省煤矿共辨识水害重大风险262项，每月开展矿山事故及安全风险分析研判，及时报送国家局。开展年度季度预防性技术监察，提前防范因采掘接续紧张造成水害治理工期不足、治灾效果差引发的顶底板突水风险，2022年下达采掘接续紧张方面重大风险预警96条。

2.全面做好汛期防治水工作。2022年召开两次全省煤矿汛期安全生产会议和事故警示教育会议，全面部署汛期防治水工作。汛期前，组织开展拉网式、起底式隐患排查，督促所有煤矿开展水害应急演练和停产撤人演练。发布停产撤人警示2017次，停产撤人及未组织人员入井1260矿次、14.9万人次，实现安全度汛。

3.推动隐蔽致灾因素普查治理。把隐蔽致灾因素普查治理开展情况作为督导地方政府的主要内容，推进煤矿隐蔽致灾因素普查治理取得实效，目前全省煤矿均已完成报告编制，煤矿致灾因素基本查清。开展隐蔽治灾因素普查专项监察，查处问题隐患547条。

4.应用新技术装备管控水害风险。大力推广安全先进适用技术，实现井下涌水量、水压等自动化、可视化、智能化

监测管理，所有煤矿主要泵房均建立了远程集控系统，水文复杂矿井安装水害微震与电法耦合监测预警系统。推动山东能源集团实施防治水科研项目47项，投入资金2.5亿元。

二、多措并举，探索创新防治水方式方法

（一）创新水害风险管控，提高应急能力

1.创新主要负责人重大风险隐患审核机制。实施分管副局长和局长重大风险、重大隐患双重审核，坚持监察执法和风险辨识同步进行，把风险挺在隐患前面，每周对监察执法处上报的重大风险、重大隐患严格审核把关。2022年以来审定41条防治水重大风险，推动煤矿企业提升风险辨识能力和管控效果。

2.提高应急电源保障能力。积极应对极端天气引发的大面积停电带来的风险，按照“宁可备而不用，不可用而不备”原则，全省煤矿均配备应急电源，容量不小于提升机功率的1.5倍，高瓦斯煤矿不小于主要通风机功率的2倍，确保应急电源能快速接入，接入后15分钟内恢复提升机供电，60分钟内完成人员提升撤离。汛期前督促煤矿对应急电源进行可靠性试验。

（二）积极应用信息化系统，提高风险预警能力

1.采用“互联网+”超前预测预警。与省气象局天气预报系统实现对接，实时获取全省气象卫星云图、灾害天气预警等信息；自动关联井下人员定位系统数据，对大雨暴雨天气停产撤人状态进行实时监测报警，24小时降雨量达到50mm时，立即启动人员升井。2022年汛期，累计采集降雨量记录

19.42万条。推动煤矿实施水位突变自动预警，实现与矿井应急广播、人员定位联动，提高水害应急处置能力。

2.建设复合灾害预警系统。通过监测矿井涌水量、长观孔水位水温、排水量等数据，实现煤矿水害预测和防范，全省水文地质条件复杂矿井均已接入该系统。正在建设煤矿智能化监察分析平台，利用智能AI视频识别技术，远程监控井下探放水作业规范性，自动抓取违法行为、自动固定违法证据。

三、依法治水，构建防治水长效机制

下一步我局将严格落实防治水系列制度规定及本次会议要求，以防治水“五零”（“零突水、零透水、零溃水、零溃砂、零事故”）目标为主线，重点抓好以下六个方面工作：

（一）强化水害风险管控和隐患排查治理。2023 年开展煤矿安全生产风险专项整治，提升防治水风险辨识管控质量。现场监察与远程监察及风险研判同步进行，提高防治水重大风险研判精准度。

（二）认真落实煤矿探放水各项规定。严格执行“三专两探一撤”规定、老空水“四线”管理及探放老空水“四步”工作程序，督促煤矿严禁在各类防隔水煤柱中进行采掘活动。督促向浅部、已采区、边角块段区域转移的煤矿、退出采深超千米的煤矿以及复采煤矿加强老空积水探查。督促煤矿加强探放水现场管控，严格落实井下探放水工作录像制度，留存视频资料。

（三）推动防治水科技攻关。督促引导煤矿企业加强与煤炭院校、科研院所交流合作，攻克防治水技术难题。对水害隐患严重的煤矿，组织专家开展“双专双查”。利用煤矿智能化监察分析平台和智能 AI 视频识别技术，时时监控井下探放水作业，杜绝不按设计施工、弄虚作假等违法行为。

（四）强化水害应急处置。督促煤矿汛期前开展水害应急演练，落实矿井领导干部在岗带班和汛期 24 小时值班制度，执行灾害性天气停产撤人规定。健全“叫应”机制，及时发布灾害性天气预报预警信息，确保安全度汛。

（五）强化培训及警示教育。常态化开展煤矿地质及防治水专题培训，提升各级管理人员、技术人员业务素质，提升煤矿防治水工作水平。定期开展警示教育活动，汲取历史上重特大水害事故和因暴雨洪水淹井造成的事故灾难教训，防范遏制煤矿水害事故发生。

（六）严惩重处防治水违法违规行。组织开展防治水专项监察和汛期抽查督查，对标对表国家局印发的防范遏制煤矿水害事故十项措施，以受奥灰承压水、老空水、地表水、松散层水威胁煤矿为检查重点，对不执行停产撤人制度、擅自开采各类防隔水煤（岩）柱、超层越界、水文地质资料造假、不按规定探放水等严重违法违规行为，依法依规从严查处。

广西煤矿防治水专题调研报告

国家矿山安全监察局广西局

根据《国家矿山安全监察局综合司关于开展煤矿防治水专题调研的通知》（矿安综函〔2023〕14号）要求，现将近年来我局煤矿防治水工作开展情况报告如下。

一、严格履行煤矿防治水工作国家监察职责

一是与气象部门联动。确保强降雨天气预报与煤矿安全监察监管人员及煤矿企业安全管理人员实现无缝对接，近5年来通过微信、短信等手段向相关人员发送天气预报信息540多次，13000多人次接收到天气变化信息，煤矿企业收到极端降雨天气信息停产撤人70多矿次。

二是强化煤矿防治水专项监察工作。近五年共开展集中煤矿防治水专项监察70矿次，与其他监察同时开展的煤矿防治水专项监察90多矿次，查出各类水害隐患460多条，对存在水害威胁的作业点责令立即停止作业。如：对合山市贵能三矿-280探水巷发现可能存在水害威胁后，责令其立即停止掘进，按要求落实探放水并观察稳定后按照相关技术要求封闭该巷道等。

三是督导煤矿企业按时按质完成隐蔽致灾因素普查。隐蔽致灾因素普查治理是有效防范煤矿水害事故的重要手段。根据国家矿山安监局相关文件要求，结合广西降水丰富的特点，要求煤矿每年开展1次水害隐蔽致灾因素普查，并根据

水害隐蔽致灾因素普查情况，制定落实治理方案和防范措施，并在采掘工程平面图、井上下对照图、矿井水文地质图上标明积水线、探水线和警戒线，划定可采区、缓采区、禁采区域。

四是督促煤矿做到“四个严禁”。严禁在受老窑、废弃井巷、采空区积水或其他承压水威胁区域进行采掘活动；严禁在水库、河流等地表水体下开采；严禁开采有岩溶水威胁的煤层；严禁顶水作业和开采各类保安煤柱。

二、督促地方煤矿安全监管部门加强监管

一是监督检查地方矿山安全监管工作，督促落实煤矿安全准入，要求地方煤矿安全监管部门严把煤矿水害隐蔽致灾因素普查关，若发现煤矿企业水害隐蔽致灾因素普查做样子、走过场的，一律要求推倒重来。如对有水害威胁导致淹井的宜州市冲谷一号井移交自治区应急管理厅暂扣安全生产许可证，责成聘请资质过硬的机构重新开展煤矿水害隐蔽致灾因素普查。

二是督促地方煤矿安全监管部门把好“雨季三防”关，各监管辖区内出现暴雨情况，必须确保煤矿停产撤人落实到位。

三是督促地方煤矿安全监管部门把好复查关，由于我局人员编制少，人员还没有完全到位，在开展煤矿安全生产监察、抽查、检查时，对发现的水害隐患采取现场处置措施，交由地方监管部门开展隐患整改复查工作。

三、督促煤矿企业严格落实防治水的主体责任

按照《煤矿防治水细则》督促煤矿企业开展自查自改工作，按照《煤矿水害防治监管监察执法要点（2022年版）》开展水害专项监察，同时重点督促企业落实以下工作。

一是落实事故灾害紧急撤人制度。煤矿矿长必须赋予调度员、安检员、井下带班人员、班组长等相关人员紧急撤人的权力，发现有暴雨、大风、雷电等灾害性天气可能导致淹井、垮塌、断电、瓦斯事故以及受老空水、地表水、顶底板水威胁的矿井，要立即撤出所有受水患威胁地点的人员。近6年来，全区煤矿因暴雨等水害风险停产撤人70多次。

二是落实专人巡视检查制度。在暴雨、洪水期间，煤矿企业要安排专人对井田范围内废弃老窑、地面塌陷坑、采动裂隙以及可能影响矿井安全的河流、水库、涵闸、堤防工程等实施24小时不间断巡查，发现问题及时处理，确保安全。

三是督导煤矿企业认真做好水害隐蔽致灾因素普查工作。对矿区周边、矿区内水情了然于胸，做到防患于未然。

四是抓好三项排查。排查地面防洪设施。位于地表河流、山洪部位、水库附近的煤矿，井口、工业广场要修筑堤坝、开挖沟渠等截流措施，防止地表水体倒灌矿井。地表水体、采煤塌陷区、煤系地层露头等部门有漏水现象时，要对漏水的水体基底进行防漏加固处理。排查矿井排水系统。及时清理水仓、沉淀池和水沟中的淤泥，全面检修水泵、水管、闸阀、配电设备和线路，在雨季前对全部工作水泵、备用水泵进行联合排水试验，确保各种排水设施正常运转并发挥作用。排查矿井供电系统。加强对矿井供电线路的巡视检查工作，

确保输电线路正常供电；变电所及各种继电保护、避雷器等必须灵敏、可靠，防止雷电击坏各种设施。

五是落实“三专两探一撤”。制定煤矿防治水“三专两探一撤”规定；督促企业坚持预测预报、有掘必探、先探后掘、先治后采“的原则，建立专门的探放水队伍，配备满足工作需要的防治水专业技术人员，配齐专用探放水设备；采掘作业前采用物探、钻探等方法，执行物探先行、钻探验证程序，并相互验证，督促企业建立遇暴雨或井下遇重大险情停产撤人制度。

六是开展水害应急救援演练。各煤矿企业每年汛期要制定水害应急预案和现场处置方案并开展一次水害应急救援演练，在演练过程中发现存在问题和取得的成效进行全面总结，增强应急救援能力。

四、精准分析水害特点，严防煤矿地面塌陷造成的井下溃水事故

广西属低纬度地区，煤矿主要分布在北回归线以南，属亚热带季风气候区，南临热带海洋，矿区常年降雨量均在1500mm以上，雨季时土壤含水饱和度可达100%，因此防地面塌陷造成井下溃水是广西煤矿防治水的重点工作。主要做好3方面工作：

一是各级煤矿安全监察监管部门和煤矿企业建立了灾害性天气预警机制，严格落实汛期值班制度。通过密切联系气象和防汛抗旱部门，及时掌握暴雨洪水等灾害性天气的预报预警信息，认真研判汛期辖区内煤矿生产安全事故风险重

点，监督检查汛期应急值班值守制度的落实情况。

二是汛期煤矿安全做好预防为主。针对汛期特点，重点检查煤矿防治水机构、制度、防洪防雷设施、防汛物资、供电系统、排水系统、防治水措施、应急值班巡查等落实情况，严防煤矿擅自开采各种防隔水煤柱、探放水施工造假、水文地质资料造假等违法违规行为。

三是反复强调严格落实灾害天气停产撤人制度。煤矿企业在矿区出现重大降雨时，各级监察监管部门和煤矿企业上下联动，第一时间启动停产撤人指令并层层落实确认停产撤人状态。

云南省煤矿防治水工作开展情况报告

国家矿山安全监察局云南局

目前，云南省保留煤矿 226 处，分布在昆明市、昭通市、曲靖市、楚雄州、红河州、丽江市、大理州、文山州、普洱市 9 个州（市）、36 个县（市、区），生产能力合计 10569 万吨/年。按开采方式划分：井工煤矿 208 处、生产能力 7794 万吨/年，露天煤矿 18 处、生产能力 2775 万吨/年。按煤矿水文地质类型划分：水文地质类型为复杂的 8 处、生产能力 1585 万吨/年，中等的 197 处、生产能力 8294 万吨/年，简单的 21 处、生产能力 690 万吨/年，无水文地质类型极复杂的矿井。现将云南省煤矿防治水工作开展情况报告如下：

一、工作开展情况

（一）强化制度执行。一是深入落实煤矿防治水管理办法。与云南省能源局联合印发《云南省井工煤矿防治水管理办法（暂行）》，总结固化近年来云南省井工煤矿水害治理的有效经验，强制推行“有掘必探，先探后掘”、老空水防治“四步工作法”等制度，明确划分煤炭企业、煤矿的主要负责人（含法定代表人、实际控制人、矿长）防治水工作的第一责任人责任和煤矿总工程师（技术负责人）技术管理责任，细化量化了“防治水专业技术人员”“专用探放水设备”“专门的探放水作业队伍”的具体要求，进一步规范煤矿防治水工作。**二是**认真开展“三区”划定。督促煤矿企业和监

管部门，按照《国家矿山安全监察局关于印发煤矿防治水“三区”管理办法通知》（矿安〔2022〕85号）要求，对照《煤矿防治水“三区”管理办法》，结合隐蔽致灾因素普查结果，编制煤矿防治水“三区”管理报告，分煤层划分可采区、缓采区和禁采区。目前，已有80处煤矿完成“三区”划定工作，推动“四线”（积水线、探水线、警戒线、禁采线）管理，取得一定成效。**三是**深入推进“两把锁”管理制度。印发了《云南省煤矿安全监察监察局关于学习借鉴富源县煤矿探放水基准线“两把锁”管理经验的通知》，明确在探水基准点挂牌上锁管理，钥匙分别由驻矿人员和矿领导保管，有效管控探水安全距。**四是**强制推进钻孔施工视频化监控制度。按照“一钻孔一工程”要求，督促煤矿企业在探水钻孔施工地点安设视频监控探头，对探水钻孔施工全过程监控，严防打假孔、假打孔。

（二）着力夯实基础。**一是**推进煤矿隐蔽致灾因素普查治理。与云南省能源局联合印发了《云南省能源局云南煤矿安全监察局转发国家矿山安全监察局关于全面开展煤矿隐蔽致灾因素普查治理工作文件的通知》，明确煤矿企业、监管部门及地方政府的职责，并把是否开展隐蔽致灾因素普查治理工作作为煤矿复工复产的前置条件，强化推进煤矿隐蔽致灾因素普查治理。据统计，保留的226矿井中，有166处矿井开展了隐蔽致灾因素普查工作。**二是**开展防治水示范矿井建设。制定《云南省煤矿水害防治示范矿井建设工作方案》，明确煤矿水害防治示范矿井建设指导意见、建设标准、考核

办法及评分标准，推进水害防治示范化矿井建设。目前，已组织专家对 2 个矿井开展验收评估，4 个矿井待评估验收。

三是完善防治水机构人员设置和装备提升。督促正常生产建设的煤矿单独或在地测科设置了防治水机构，配备防治水技术员，成立了探放水队伍。据统计，208 处井工矿井中，183 处生产建设检修煤矿配备了物探设备，196 处煤矿配备了钻探探水设备，55 处煤矿装备了水害监测预警系统，进一步夯实煤矿防治水基础。

（三）严格专项监察。**一是认真开展水害防治专项监察。**对照国家局下发的煤矿水害防治监管监察执法要点，制定专项监察方案和监察标准，认真开展专项监察。据统计，2020 年到 2022 年专项监察期间，对 349 个煤矿开展专项监察，查出水害各类隐患和问题 966 条，其中重大隐患 2 条，实施行政处罚 547.5 万元。责令 1 个煤矿停产整顿，2 个煤矿停止建设，停止采掘作业点 87 个，停止使用设备 22 台件，停止 4 人从事防治作业。通过水害防治专项监察，煤矿防治水意识和防治能力进一步提升。**二是深入开展防溃溃砂专项监察。**与省能源局制定专项监察方案，明确重点检查矿井和检查内容，分成 4 个组，共对 21 处重点矿井开展了检查，查出各类隐患 246 条，其中水害隐患 75 条，实施行政处罚 194.1 万元，停止采掘作业点 14 个，停止使用设备 9 台件。**三是强化汛期应急值守。**进入汛期，驻地监察执法处通过现场检查或电话调度方式，抽查煤矿企业应急值守、矿领导带班、应急物资储备、极端天气撤人及安全防范措施落实情况，

及时处置突发事件。据统计，2020年至2022年，共抽查2336个矿井，责令38矿次撤出井下作业人员2053人次，有效防范极端天气引发的水害事故。**四是**及时发送预警信息。进入汛期以来，云南局利用云南煤监工作微信群和云南煤矿水害防治工作微信群，第一时间向煤矿安全监管部门、煤矿企业发出灾害天气预警信息。据统计，2020年至2022年，共发送警示信息270次92万条，督促地方监管部门和煤矿企业积极采取应对措施。

（四）强化能力建设。**一是**开展专项培训。围绕物探成果运用、基础图件绘制、基础台账建、先进装备、技术运用推广等方面，聘请专家对全省煤矿企业技术负责人、部分监察监管部门人员开展防治水专题培训，进一步提升煤矿防治水能力；组织防治水重点区域监管部门人员和重点煤矿总工、防治水技术人员赴河北学习考察水害防治工作，借鉴先进省份在煤矿水害防治方面好的做法和经验，不断夯实煤矿水害防治基础；通过云南局“大讲堂”，围绕《煤矿安全规程》《煤矿防治水细则》及典型水害事故，开展水害防治讲座，深刻吸取事故教训，落实落细防控措施。分区域开展应急救援预案编制专题培训，提高监管部门和煤矿企业水害应急处置预案的指导性、针对性、可操作性。**二是**组建云南省防治水专家组。从大专院校、科研院所、中介机构、煤炭集团公司考察评选工作作风实，业务能力强的专业技术人员，组成云南省防治水专家组，为水害专项监察、水害防治示范化矿井建设、水害事故调查等工作开展提供技术支撑。**三是**成立

专业小组。在省局成立地测防治水专业化小组，在监察执法处成立监察专业化小组，明确小组工作职责和工作方式，认真落实上级关于水害防治工作要求，努力提升专业能力和工作成效。

二、存在问题

（一）观念滞后，依法办矿意识不强。部分煤矿落实防治水的主体责任，推进防治水工作由过程治理向源头预防、局部治理向区域治理、井下治理向井上下结合治理、措施防范向工程治理、治水为主向治保结合的转变，构建理念先进、基础扎实、勘探清楚、科技攻关、综合治理、效果评价、应急处置的防治水工作体系有差距。**一是**水文地质类型划分不准。部分煤矿编制的矿井水文地质类型报告内容不全，未分析井田老空水分布情况。部分煤矿企业总工程师未组织对矿井水文地质类型报审或审批把关不严，矿井井田地质、水文地质条件及矿井充水因素不清，仍划定为简单或中等类型，人为降低水害设防等级。**二是**先进装备推广较慢。目前，云南省保留的 226 处煤矿中，只有 6 处煤矿配备长距离定向钻机，34 处煤矿配备了钻孔轨迹测定仪，55 处煤矿安装水文动态监测系统，先进装备推广应用进展缓慢。**三是**物探设备配备、使用有差距。目前全省保留的 226 处煤矿中，有 62 处煤矿配备的物探设备型号为 YCS200 型，在实际使用过程中，探测能力有限。部分煤矿对物探成图的分析能力较差，更多依赖钻探。且少部分煤矿仍使用 750 型钻机，钻探可靠性差。部分煤矿对物探低阻异常区域未进行钻探验证，物探

只是应付检查。**四是**防治水意识不强。部分煤矿落实防治水制度不到位，防治水培训针对性不强，现场作业人员防范意识不够，作业现场已出现透水征兆，仍然冒险作业，有的煤矿超层越界、隐瞒采掘工作面、拒不执行监管监察指令，最终屡屡重蹈覆辙。

（二）人才缺乏，技术管理力量薄弱。一是部分煤矿原设计为平硐开拓，矿井自然排水，当转为下山开采后，未根据矿井涌水量对整个矿井排水系统进行设计并施工永久排水系统，长期使用临时排水系统，排水能力不清，排水系统不可靠。**二是**防治水技术力量薄弱。配备的防治水专业技术人员为非地质或水文地质专业人员，部分煤矿虽然是地质或水文地质专业人员专业毕业，但从事煤矿防治水工作时间较短，工作能力不强。部分矿井掘进和回采前未编制地质说明书，开采设计参数不准确，水害防治存在想当然现象。**三是**探放水钻孔施工随意。部分煤矿施工探水钻孔时测量人员未到现场标定钻孔方位和倾角，不按设计布置钻孔；部分煤矿钻孔施工执行基准点“两把锁”管理制度不严。

（三）基础薄弱，防治老空水有差距。一是隐蔽致灾因素普查走过场。部分煤矿开展了隐蔽致灾因素普查，对开采区域内的水文地质情况仍不十分清楚，有的普查内容照搬照抄，内容不全、缺乏针对性和指导性。且经过多轮整合重组，现存煤矿对被整合的矿井图纸资料掌握不多以及所掌握的图纸资料的真实性了解不清，对矿井周边已关闭矿井和历史上非法开采及积水情况掌握不清。**二是**矿图交换工作执行不

好。一些煤矿对相邻煤矿采掘动态掌握不清，未将相邻煤矿、周边老窑采空区积水情况填绘在采掘工作平面图和矿井充水性图上。**三是**部分煤矿开展防治水“三区”、“四线”管理有差距，特别是开采近距离煤层群煤矿，未查全上部煤层开采区域积水情况，未开展钻孔轨迹测定工作，放水钻孔是否施工在积水区最低点不清，部分煤矿探放水工作结束后，未对放水效果进行检验。**四是**部分煤矿水害日趋严重。随着开采不断延伸，开采深度、广度增加，岩溶水、裂隙水、老空水等威胁越来越大。特别是云南大多数煤矿处于山区，大气降水通过冲沟汇水，容易形成洪水，矿井受单点暴雨等极端天气影响大，地面水可能通过裂隙、塌陷区等途径进入井下，加大矿井涌水量。

（四）监督不力，中介服务有待规范。目前，云南省大部分煤矿不具备开展矿井水文地质勘探、隐蔽致灾因素普查、矿井水文地质类型划分、地面钻孔施工等技术能力和条件，需向社会购买服务。在实际检查中发现，部分中介机构未按照规定开展上述工作，提交的报告或成果与实际不符，未圈定老空积水范围，未查明导水构造及主要含水层富水性，水文地质类型划分不准确，对煤矿水害防治没有实际指导意义。煤矿企业常常只是满足“有报告”，实际工作中基本不用。监管监察部门在实际检查过程中，对中介机构技术服务质量缺少有效监督手段。

（五）装备不足，应急救援能力有待提高。全省煤矿和应急救援基地、专职救护队均未配备大扬程、大功率、大流

量的水泵，配套的排水管道。部分煤矿水害应急预案编制与相关规范要求有较大差距。煤矿水害应急救援演练走过场，效果差。

三、下步对策

（一）深入开展隐蔽致灾因素普查工作。按照《国家矿山安全监察局关于加强隐蔽致灾因素普查治理工作的通知》（矿安〔2022〕132号）要求，认真开展隐蔽致灾因素普查，查清煤矿致灾因素并准确制定防控措施。**明确工作职责**，由州（市）、县（区、市）两级财政按比例安排配套资金，地方人民政府牵头、煤矿安全监管部门负责，省煤田地质局提供技术支持，以县（区、市）为单位组织，以地质单元为普查区块，开展隐蔽致灾因素普查工作。**强化考核应用**，把煤矿隐蔽致灾因素普查治理工作纳入安全生产标准化考核定级等工作中，推动隐蔽致灾因素普查治理常态化制度化规范化。对煤矿因隐蔽致灾因素普查内容不全，治理措施落实不到位而导致事故发生的，依法依规严肃追责问责。**严格执法检查**，发现煤矿隐蔽致灾因素未查清、治理措施未落实而进行采掘作业的、依法责令立即停止作业，属于重大事故隐患的要依法责令停产整顿，并进行督办；发现煤矿隐蔽致灾结果依据不充分、审核把关不严格的，督促推倒重来、责令限期整改；发现弄虚作假、应付检查的，按规定纳入联合惩戒对象；发现承担煤矿隐蔽致灾因素普查治理业务的技术机构出具虚假报告的，依法依规严肃处理。

（二）持续开展水害防治专项监察。根据煤矿隐蔽致灾

因素普查情况和日常监察情况，认真梳理全省煤矿防治水现状，对水害严重、老空积水不清、人员配备不齐、装备配备不符合要求、应急措施不到位的，坚决停下来。依法严查违法违规行为，用好“黑名单”、联合惩戒等手段，敢于动真碰硬，严肃约谈有关责任单位和责任人。对专项检查发现的突出问题和共性问题，及时向有关地方政府及监管部门下达监察建议书并跟踪落实。

（三）强化煤矿企业主体责任落实。完善“三专”配备。督促煤矿企业淘汰钻距小于 150 米的钻探设备和物探效果差的物探装备，配齐配强水害防治专业技术人员和探放水专业施工队伍，定期组织开展防治水专项培训，补齐能力短板。**确保排水系统可靠。**生产矿井延深水平，必须在建成新水平的防、排水系统后方可开拓掘进。平硐开拓改为下山开采的煤矿，要在矿井永久排水系统建成后方可布置开拓掘进，确保排水系统可靠。**强化煤层顶板水防控。**煤层顶板存在富水性中等及以上含水层或者其他水体威胁时，煤矿必须实测垮落带、导水裂隙带发育高度，进行专项设计，确定防隔水煤（岩）柱尺寸。**紧盯水害防治关键措施落实。**督促煤矿企业加大防治水资金投入，严格落实“三专两探一撤人”和“三必须、五严禁”防治水措施，进一步健全完善水害防治岗位责任制、探放水施工作业规程等规章制度。

（四）强力推进煤矿防治水基础提升。严格水文地质类型划分。聘请专家组织开展矿井水文地质划分专题培训，提高矿井水文地质划分的规范性、准确性；督促煤矿企业认真

收集矿井水文地质类型划分各项指标的相关资料，分析矿井水文地质条件，规范编制矿井水文地质报告并认真开展审批，按规定向煤矿安全监管监察部门报备，严肃查处人为降低煤矿水文地质类型等级等违法违规行为。**标明“四线”、划定“三区”**，将矿井水患区域的积水量、积水标高、积水线、探水线、警戒线、禁采线标绘在采掘工程平面图和矿井充水性图等防治水相关图件上，同时根据老空水查明程度和防治措施落实到位程度划定可采区、缓采区、禁采区，水患未消除前不得在受水患威胁区域进行采掘作业。**规范基础台帐建立**，推进相邻矿井采掘工程平面图定期交换制度，查清矿井周边 200m 范围老空积水情况。规范建立防治水 16 种基础台帐，定期修订防治水基础图件，指导煤矿企业修订完善“一矿一策、一面一策”水害防治措施，督促煤矿按规定开展水害隐患排查。深入开展水害事故警示教育，举一反三，采取针对性措施，防止重蹈覆辙。

（五）加强地质及水害预测预报。加强水文地质工作。煤矿建设、生产阶段，应开展地质及水害预测预报工作，对揭露的煤层、断层、褶皱、岩浆岩体、陷落柱、含水层、出水点及矿井涌水量等进行观测和描述，综合分析，建立相应台帐。井巷揭煤前、掘进和回采前必须编制相应的地质说明书。地质说明书、地质及水害预测预报由矿总工程师（技术负责人）审签后送达相关科室作为编制相应安全技术措施的依据，否则不得从事采掘作业。**加强监测监控工作**，督促煤矿加强矿区地表水体及老空水资料收集、分析，及时绘制井

上下对照图，加强矿井老空、采空区及周边废弃老窑（井筒）、封闭不良钻孔，地表水体、地下水体及断层、陷落柱、导水裂缝带，以及现生产系统与井田周边小煤窑废弃井巷贯通区段密闭以及监测监控。**加强雨季“三防”工作**，认真开展汛前风险隐患排查整治，建立完善暴雨、雷电、大风等灾害性天气预报预警和应急协调联动机制，适时掌握气象和灾害信息，加强短历时强降雨的临灾预警，及时发布预警信息，督促落实防范及应对处置措施。

（六）强化措施有效提升煤矿水害治理效果。用好“笨办法”。督促煤矿企业落实有掘必探、探放水基准线“两把锁”管理制度，用好老空水防治“四步工作法”，做到查全、探清、放净、验准，针对水文地质情况未查清的煤矿一律先停产、后整改，及时开展水文地质补充勘探。**推广新技术**，督促煤矿建立或依托煤矿监管部门、科研单位、地质队等，成立水文地质勘查、地面钻孔施工、地面注浆堵水等专业队伍，逐步推进老空水预警监测系统、地面或井下定向钻进及注浆堵水工艺、钻孔轨迹测定等新技术的使用；强力推进探放水钻孔全过程视频监控，切实做到“一钻孔一视频”。探放老空水、断层水、岩溶水和主要含水层等重要探水钻孔，必须对钻孔进行测斜，对失效钻孔要及时补打，确保钻孔按设计施工到位。**强化示范引领**，制定时间表、路线图，加强督促指导，督促煤矿企业对照《云南省煤矿水害防治示范矿井建设标准》，加快水害防治示范化矿井建设进度，从治标向治本转变，着力夯实云南煤矿水害防治能力。

（七）加强应急救援处置。加强应急救援能力建设，建议国家对云南省救援基地（如国家应急救援东源队）配备大扬程、大功率、大流量的水泵以及配套的排水管道等物资。督促曲靖、昭通等煤矿集中的区域加快配备煤矿大型排水设备、管道，以满足大应急、大救援的要求。加强对煤矿水害应急预案编制的督查检查，督促煤矿加强应急抢险队伍建设和物资储备，认真组织开展水害应急救援演练。**加强应急值班值守处突**，督促煤矿落实矿领导到岗带班和关键岗位 24 小时值班制度、灾害性天气预警制度、极端天气条件下停产撤人制度，遇有灾情立即启动应急预案，积极协助并指导煤矿开展应急处置。

复杂赋存条件下老空水 综合防治技术探索与应用

河南能源集团有限公司

河南能源水害形式多样，底板灰岩水、小煤矿（窑）老空水、本矿采空区积水、顶板砂岩水、地表水、火烧区水和薄基岩顶板水等水害类型齐全，水害威胁严重。特别是老空水，是河南能源集团矿井最主要的水害威胁，各矿均存在不同程度的老空水害，其中以邻近关闭矿井或小煤矿（窑）老空水害和火烧区水害影响最为严重，其中影响较大的有义马煤田、陕澠煤田、新安煤田、登封煤田、安鹤煤田、宜洛煤田、偃龙煤田等浅部生产矿井和新疆公司部分矿井。开采历史上，曾多次发生老空透水事故，造成财产损失甚至人员伤亡。

一、老空水防治整体思路

对于老空水防治防治，河南能源探索出了“定期排查、弄清范围，合理布面、减少积水，留设煤柱、可靠有效，有掘必探、疏水到位，探后评价、消灾采掘”的老空水害防治模式，通过定期开展老空分布范围及积水情况调查，井下或井上下结合的钻探、物探、化探等综合技术手段探查，查清老空区采掘积水情况，划分可采区、缓采区和禁采区等“三区”，划定积水线、探水线、警戒线等“三线”，并通过留设防隔水煤岩柱、构筑防水闸墙、自然疏放、主动探放等措施

消除老空水害威胁。对于存在老空水威胁的采掘工作面，坚持“探掘分离、有掘必探、先探后掘、先治后采”的原则，探查疏放老空水。井下探放水施工时严格按照“四步工作法”组织施工，并强化工程验收、效果检验和评价等工作，确保了老空水探放彻底，煤柱留设可靠，水害威胁彻底解除，实现安全采掘。

二、老空水综合防治技术

（一）无煤柱沿空掘巷综合防治水技术

1.工程概况

永煤公司车集煤矿 2604 下巷沿 2606 老空区无煤柱掘进施工，2606 工作面动水量约 $15\text{m}^3/\text{h}$ 自 2608 上巷流出，2606 采空区积水面积 42367m^2 ，积水量 31775m^3 ，积水区外缘标高 -794.0m ，积水水位高差 13.8m ，最大水压 0.138MPa 。

2.施工过程

2604 下巷施工至 2606 采空区积水线时，2606 积水区外缘标高为 -794.0m ，为消除积水影响，2604 下巷掘进期间边压水边掘进。2604 下巷施工至巷道底板标高为 -794.0m 时，开始预留底煤，底煤厚度为 1m 时停止掘进，此时迎头底板标高与 2606 老空区水位标高一致，巷道上部支护完好后，在迎头下帮施工泵坑，泵坑规格长*宽*深= $2*1*1.2\text{m}$ ，并将排水管延接至迎头，迎头安装 BQS50-25-7.5kW 及 BQS80-80-37kW 水泵各一台，并配备 1 台 37kW 排沙泵备用；第一次压水后，2606 采空区积水水位降至 -794.8m ，依次迈步循环向前施工，具体施工情况见图 1。

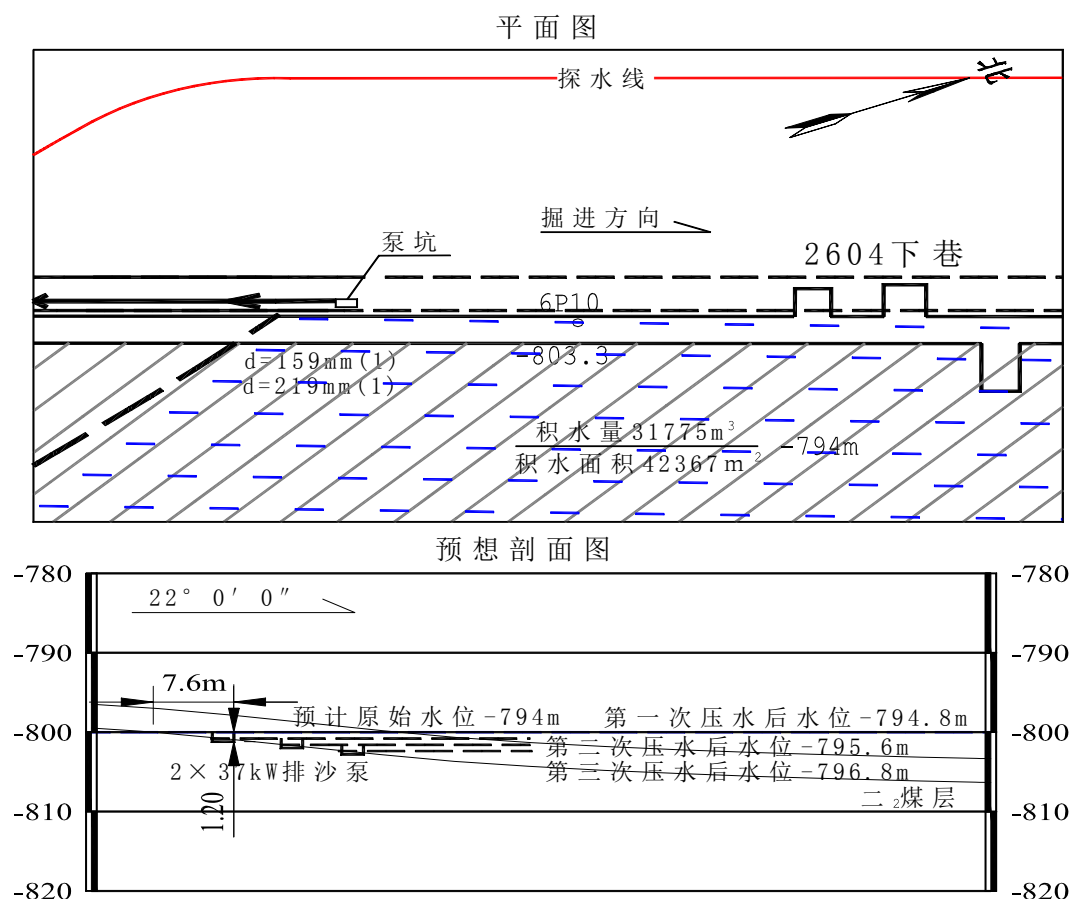


图 1 限压放水施工示意图

3.施工效果

2604 下巷向前掘进期间累计放水量 41840m^3 ，其中疏放采空区积水量 28640m^3 ，2606 采空区水位自 -794.0m 降至 -807.3m ，实现了老空区积水自流入 2604 下巷迎头，自 2604 下巷掘进以来未出现因疏放水施工造成迎头停掘的事故，很好的促进了掘进施工。

2604 下巷揭露积水区标高 -794.0m ，与预计积水位一致，足以证明 2606 老空区积水区积水位及范围预测较准确。根据后期迎头排水量计算 2606 老空区动水量 $8\text{m}^3/\text{h}$ ，较预计值小。通过掘进巷道揭露的老空区情况，验证了预测积水区情况的准确性。

无煤柱沿空掘进疏放水技术极大改变了传统的老空水

防治施工工艺，避免了钻探疏放老空水的施工，可有效消除探放老空水施工对掘进工程的影响；从根本上消除因探放老空水带来的安全隐患，在确保安全生产的同时，提高了掘进施工效率。

（二）泄水巷集中疏放老空水技术

1.工程概况

城郊煤矿 22002 综采背拉工作面于 2016 年 5 月 4 日回采结束，于工作面下段形成一个积水区，积水区总面积 26855m^2 ，总积水量 33568m^3 ，积水区外缘标高 -796.3m ，最低标高 -806.9m ，积水水位高差 10.6m ，最大水压 0.106MPa ，疏放工程施工前动水量约 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，自 22002 下巷车场流出。

根据 22002 工作面二₂煤层底板等高线图及回采期间揭露情况分析，计划施工一条泄水巷集中疏放 22002 工作面的老空水。

2.设计与施工情况

泄水巷设计长度为 158.9m ，标高 $-801.5\text{m} \sim -809.8\text{m}$ ，在二水平西翼胶带大巷二 X1 点前 4.3m 右帮开口，采用锚网喷+锚索支护，断面形状为三心拱形，断面巷道净宽 4.9m ，净高 4.1m ，巷道施工至通尺 128m 探水线时停止掘进，施工放水钻场，钻场距 22002 下巷煤柱侧巷帮最短距离 30m ，钻场底板标高 -808.3m ，钻场和 22002 积水区间最大水头压力为 0.12MPa （图 2、图 3）。

本次疏放水工程累计施工工期 13 天，共施工钻孔 3 个，最大放水量 $175\text{m}^3/\text{h}$ 。本次疏放水工程累计放水量 11312m^3 ，

老空区水头高度已经由最初的-796.3m 降至-805.4m 标高，而老空积水区最低标高为-806.9m，剩余水头高度为 1.5m。22002 老空区剩余动水可通过疏放钻场持续疏放，二水平西翼泄水巷剩余巷道可安全掘进。

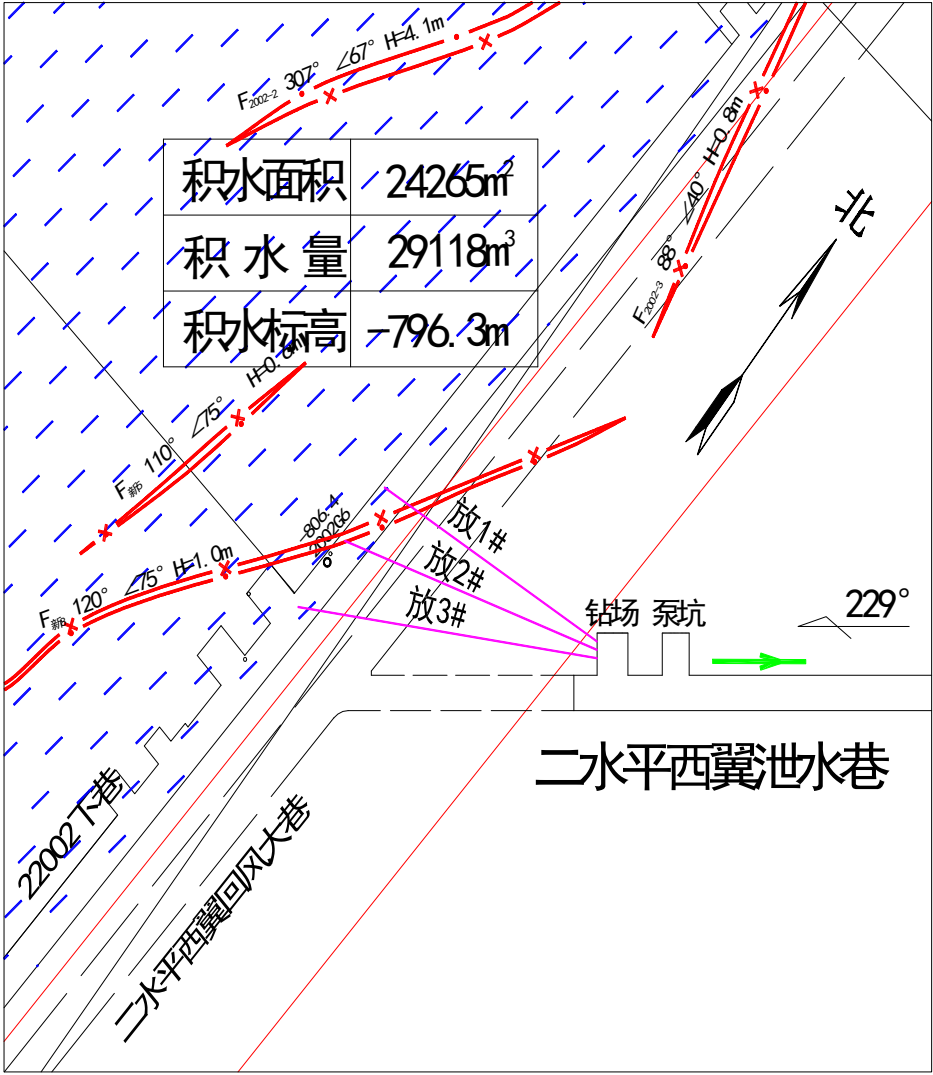


图 2 泄水巷与放水孔平面示意图

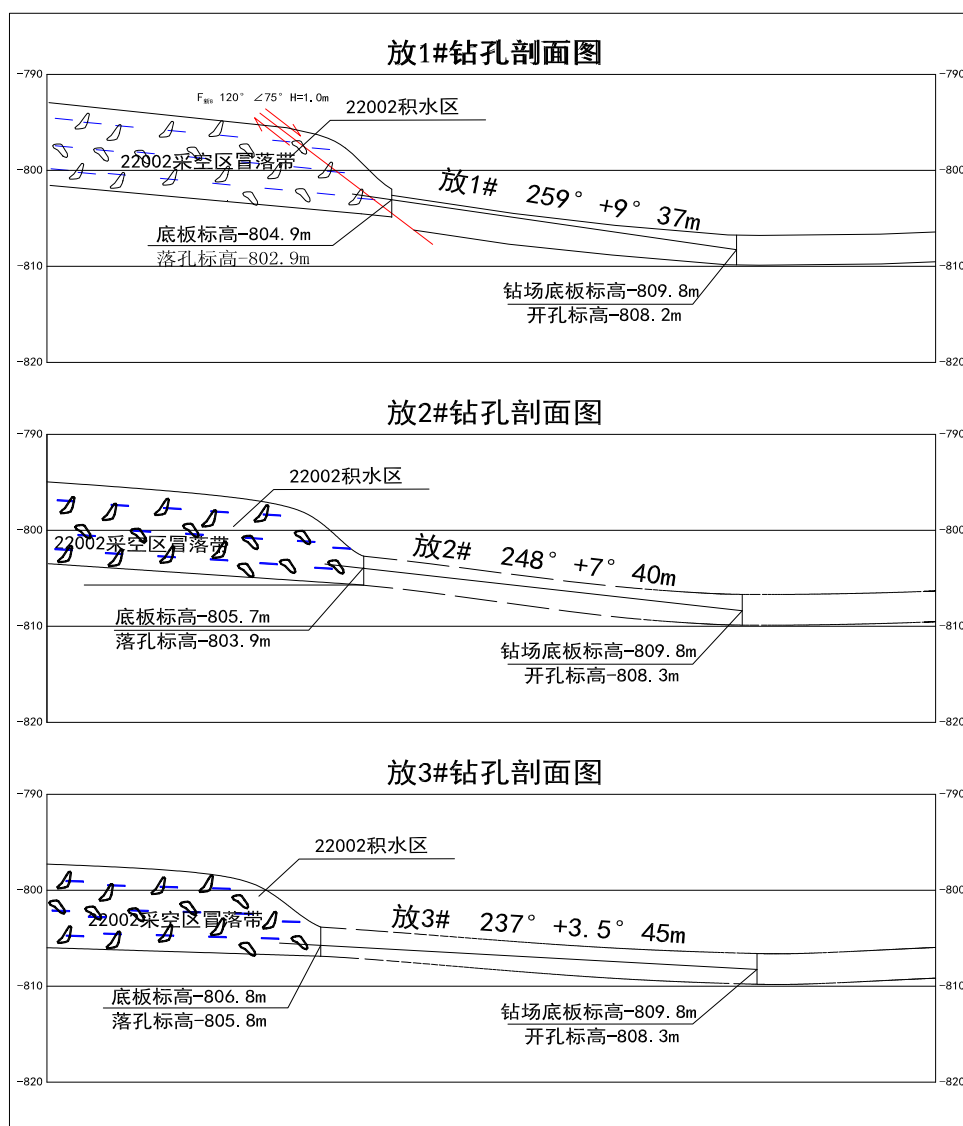


图3 放水孔剖面示意图

(三) 预留泄水钻孔疏泄老空水技术

河南能源集团为防止采后老空水积水大量汇集，提前在工作面下部底抽巷（岩巷）向工作面最低点施工泄水钻孔，使采空区涌水自然流入底抽巷，防止采空区积水形成。泄水孔孔径一般为 150mm，全程下套管，套管上端覆盖朔袋网，并设置井型木垛，防止钻孔坍塌和堵塞；套管下端安设闸阀，方便放水和封闭。下面以鹤煤九矿 3202 工作面预留泄水孔疏泄老空水为例进行说明。

1.工程概况

3202 综放工作面为 32 采区首采工作面，工作面下部主要有 3202 上底板抽放巷、3202 下底板抽放巷，34 采区轨道运输巷。为了使 3202 工作面回采期间不受采空区动水影响，确保回采结束后形成的采空区不存有大量的采空区积水，保证相邻工作面掘进及回采期间不受 3202 采空区积水威胁，在 34 采区轨道运输巷对 3202 工作面实施了预埋管引水工程。

2.工程施工情况

矿井在 34 采区轨道运输巷（与 3202 工作面下顺槽立交处）对 3202 工作面进行预埋管引水孔的埋管设计和施工，共施工 5 个孔，合计 193.5m。本次施工的 5 个埋管引水钻孔均施工打到 3202 上顺槽及钻场内，对钻孔全程埋管后，对钻场及上顺槽进行打木垛，上部安装 T 字形过滤装置(图 4)。

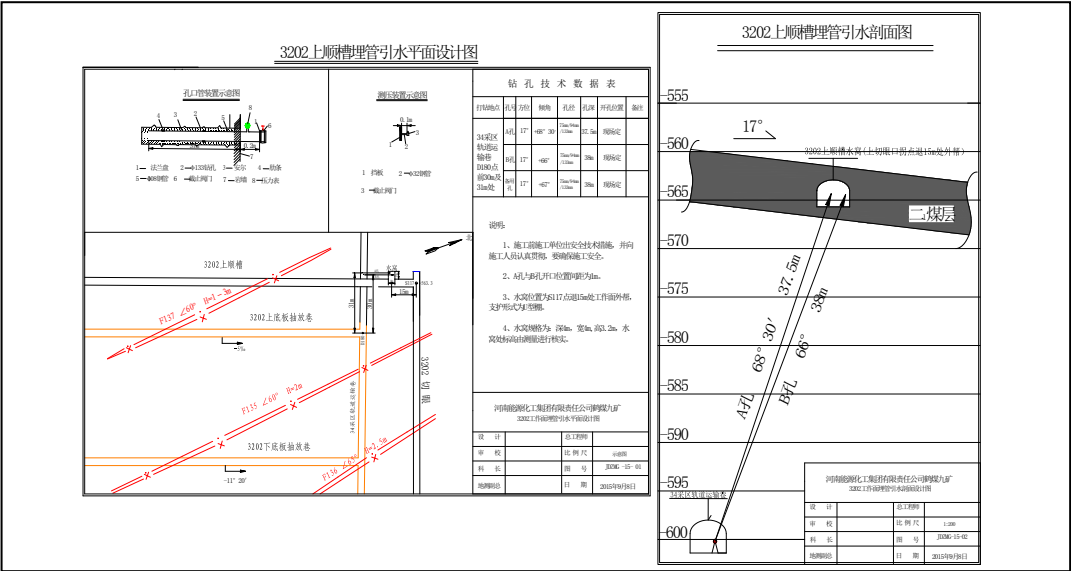


图 4 泄水孔设计图

3.预埋管引水效果评价

在 34 采区轨道运输大巷对 3202 工作面进行的预埋管引

水，正常情况下最少可以排水 $100\text{m}^3/\text{h}$ ，可以满足工作面最大涌水量 $95\text{m}^3/\text{h}$ 的排水要求。在 3204 工作面机巷掘进期间揭露了该埋管引水钻场，现场显示钻场内木垛和孔口管口 T 字形过滤装置均处于完整的正常状态，仍然可以将水引至 34 采区轨道运输巷。

通过本次对 3202 工作面进行预埋管引水钻孔的设计与实施，彻底消除了 3202 工作面回采期间采空区动水的影响，确保了回采结束后形成的采空区未积存大量的采空区积水，保证了相邻工作面掘进及回采期间不受 3202 采空区积水威胁。

4.经验与总结

进一步证实在工作面回采之前，提前预埋管引水可以为工作面以后的防治水工作减轻负担，工作面回采期间无需安装排水设备。同时在这次预埋管引水钻孔实施的过程中，显示如果不使用扶正器，打钻期间给压不均匀，则会出现钻孔穿孔、飘钻等问题。在今后的实施过程中应加强技术上的学习和提高，严格使用扶正器，从而更有效的保证钻孔的施工质量。

（四）控水限压技术

1.工程背景

新兴煤矿位于丰阳煤矿浅部井田边界西部，主采二₁煤层，两矿浅部相邻区域受以往小煤矿采掘影响，可能存在沟通。新兴煤矿关闭后，根据调查原新兴煤矿矿井正常涌水量为 $25\text{m}^3/\text{h}$ ，由于不再进行排水，其老空水位持续上涨，若不

加控制，将可能通过浅部露头区域小煤矿采空区，涌入井下，形成重大水害风险。

2. 探查与控水工程

为保证矿井安全，新兴煤矿关闭后，矿井在+70m 西九石门对新兴煤矿越界开采情况及老空积水情况进行了探查，探明新兴煤矿采空区积水情况，新兴煤矿没有进行越界开采。同时为了控制新兴煤矿老空水位，在与新兴煤矿临近的+70m 西九石门施工放水钻孔，主动将新兴煤矿老空积水疏放至本矿，在相邻边界处施工疏放钻孔 10 个（图 5），对新兴煤矿采空区积水进行持续疏放，水量稳定在 80-110m³/h，水位在 +110m 以下。同时在新兴煤矿采空区范围内施工地面水文观测孔，安设水位在线监测装置，实现新兴煤矿老空水位在线监测。始终保持新兴煤矿老空水位在安全水位以下，消除西翼相邻矿井老空水重大风险。

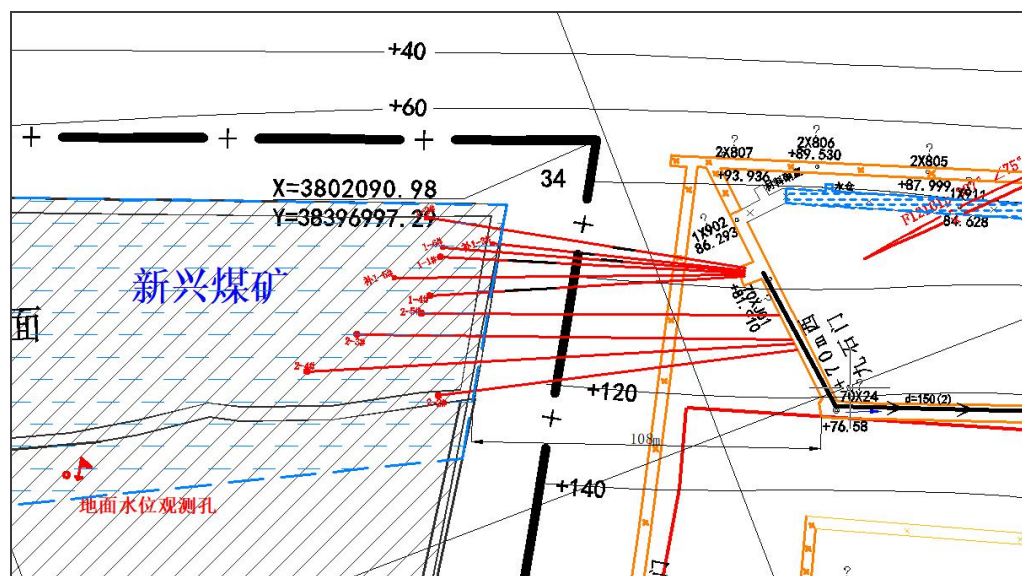


图 5 限压控水疏放钻孔布置平面图

3. 工程效果

丰阳煤矿控水限压老空水害防治技术实施 5 年多来，累

计放水量超过 500 万 m^3 ，为矿井安全提供了重要保障。特别是 2021 年雨季极端异常天气，针对浅部小煤矿积水量、积水水位迅速上升情况，矿井果断增加放水孔数量，最大放水量超过 $300\text{m}^3/\text{h}$ ，迅速降低了小煤矿老空水位，消除了矿井重大水害威胁。

（五）千米定向钻机远距离疏放技术

1.工程概况

随开采向深部延伸，深部工作面在掘进受相邻上部采空区积水影响，为减少掘进（返修）时因疏排采空区积水的影响时间，采用千米定向钻机前疏放采空区积水，巷道掘进过程中不再排水。以疏放 9304 工作面积水为例。

9304 工作面位于三采区，倾向上部为 9302 采空区，下部为 9306 掘进工作面，工作面回风巷为 9304 进风巷沿空留巷，工作面回采后在下巷里段低洼处有积水。为保证 9306 工作面返修不受疏排旁边采空积水影响，从西翼轨道大巷提前向 9304 工作面内低洼处施工钻孔提前疏排水。

2.钻孔施工情况

放水钻孔施工位置为西翼轨道大巷测点西轨 14 后 17.5m，即三采区变电所口处，施工了 2 个孔，开孔标高约 +1107.09m（见图 6、7）。钻孔开孔方位为 156° ，施工至孔深 150m 后向 9304 工作面偏斜，至 280m 位置方位角开始减小偏斜，至 438m 时终孔方位与巷道平行，由底板进入 9304 采空积水区。1#钻孔：施工用时 30 小班，1~382m 岩，383m 进入采空区出水，初始水量 $37\text{m}^3/\text{h}$ ；2#钻孔施工用时 24 天，1~392m

岩，393m 进入采空区出水，初始水量 45m³/h。

3.工程效果

施工两个钻孔后，矿井对积水区进行了持续疏放，累计放出水量约 5.4 万 m³，基本解除了巷道掘进老空水水害威胁。

后期 9306 回风巷掘进至原积水区域前，又进行了物探探查，显示没有异常区，在掘进过程中，同时采用钻探方法进行验证，老空积水已通过定向钻孔进行了彻底疏放。

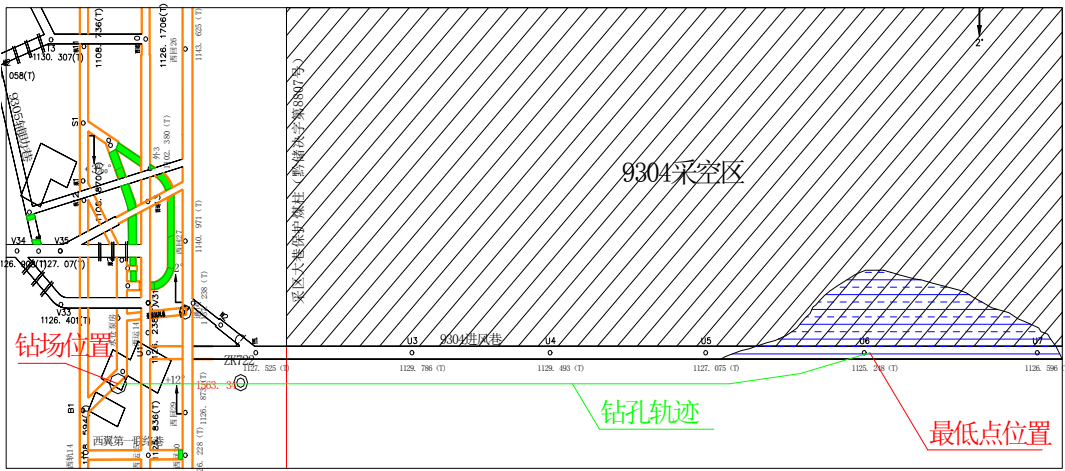


图6 工作面位置及钻孔布置平面图

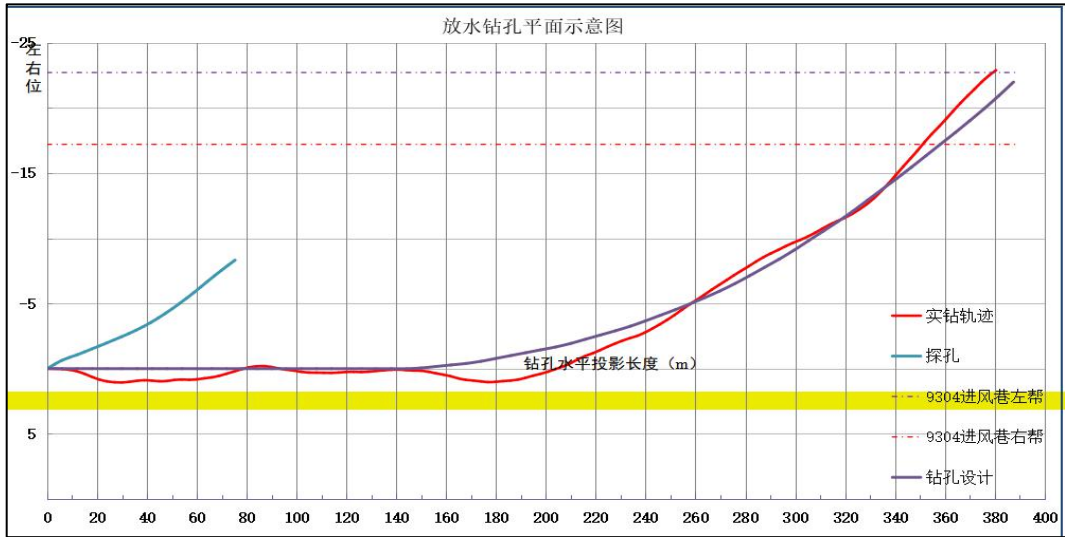


图7 钻孔实际轨迹示意图

(六) 大量老空积水体帷幕注浆加固技术

1.工程概况

新安煤矿 15020 工作面位于 15 采区上山西翼上部，上邻井田边界保护煤柱，下邻 15040 工作面（已回采），东邻 15 皮带、轨道上山，西邻 15 采区上山保护煤柱。工作面存在五条三维勘探断层，其中工作面内部一条，三条距工作面上巷及切眼平距 35~90m 处，一条在切眼附近。

15020 工作面上部临近原东沙二矿采空区，可能存在越界开采现象，并存在大量积水，积水量超过 500 万 m^3 。工作面上巷掘进期间，顶板存在少量淋水，同时探查钻孔见水后取样化验，水质类型为 $\text{HCO}_3^* \text{SO}_4\text{-Na}$ 型，具有顶板砂岩水及老空水特征，说明该区域顶板砂岩裂隙水与老空区积水存在水力联系，富水性较强。若中间煤柱留设不可靠，回采后小煤矿老空水溃入井下，其后果将不可估量。

2.探查与帷幕注浆加固工程

（1）探查加固情况

为了保证掘进安全，矿井探水队在 15020 工作面上巷掘进期间施工顺煤层探查钻孔 47 个，总进尺 2386.1m，单孔涌水量 0.2-48 m^3/h ，孔口水压 0-1.6MPa，实测水温 17-22℃，平均 20℃。最大涌水量钻孔为 15020 上巷 1#钻场 1-3#钻孔，该孔斜长 101.5m，终孔于煤层顶板上 5m，最大涌水 48 m^3/h ，水压 1.2MPa；顺层钻孔中涌水量小于 5 m^3/h 的钻孔 29 个，大于 5 m^3/h 的钻孔 14 个。

根据钻孔水量、水压及注浆情况分析：上巷所施工的顺层钻孔水量 0.2-48 m^3/h ，水量较大的 9 个钻孔均位于上巷 1#、2#钻场内，说明该区域顶板裂隙较发育，分析与 15020 工作

面距上巷 60m 处三维地震勘探断层有关 (F8、F9 断层)。

超前探水阶段累计注浆量 10983.8t (水泥 2623.8t, 粘土 1260t), 各钻孔注浆终压 6-8MPa, 均达到了设计要求。

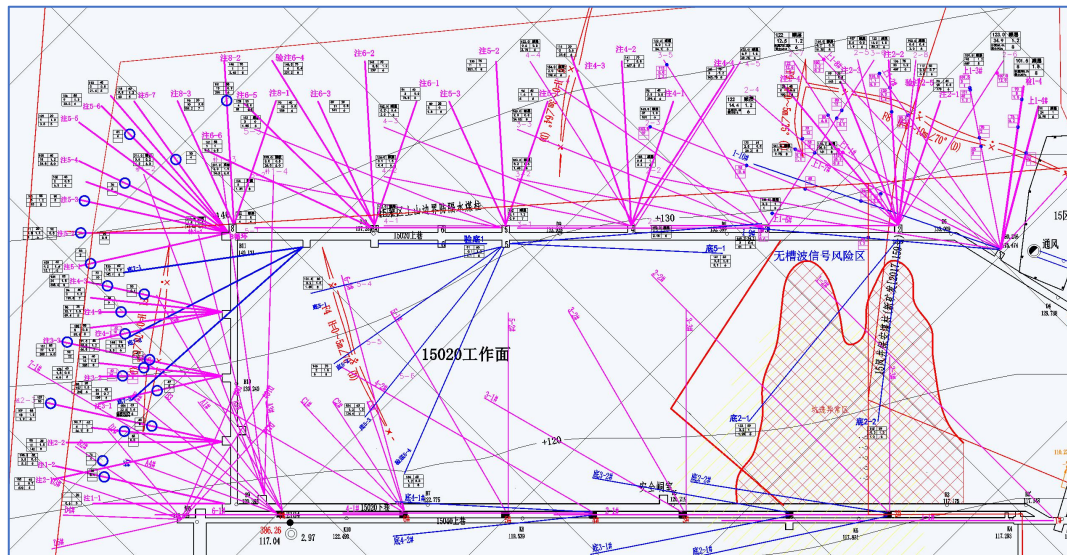


图 8 超前探查与帷幕注浆加固工程施工情况图

(2) 帷幕注浆加固情况

工作面形成后, 为保证回采安全, 对 15020 工作面切眼西部及上巷存在的采空区积水影响进行治理, 避免在工作面回采时受采动影响, 造成工作面顶板涌水增大。

矿井探放水附件在 15020 工作面切眼及上巷对工作面西部及上巷煤层顶板进行顶板帷幕注浆加固, 设计钻孔 35 个, 进尺 3627m, 实际施工钻孔 44 个孔, 其中验证钻孔 9 个, 累计钻孔进尺 4141.4m, 累计注浆量 5238.65t。钻孔单孔涌水量 0.2-107 m³/h, 孔口水压 0-1.5MPa, 实测水温 18-21℃, 平均 20℃。帷幕注浆钻孔中涌水量小于 10 m³/h 的钻孔 27 个, 大于 10 m³/h 的钻孔 17 个。

3. 治理效果

通过超前探查注浆和帷幕注浆, 15020 工作面切眼西部

煤层及上巷煤层顶板内导水裂隙得到有效充填，15020 工作面切眼西部煤层及煤层顶板得到有效加固，防隔水煤柱得到进一步加固，削弱受采动影响对工作面西部煤层及上巷煤层顶板破坏，解放煤量 46 万 t。目前，该工作面已安全回采 2 年，井下无涌水异常。

河南能源通过多年探索与实践，形成了一套老空水防治技术体系，解决了复杂赋存条件下的老空水探放问题，近 10 年来，实现了老空水害事故零伤亡，在保证矿井安全的同时，累计解放受老空水威胁煤炭资源超过 6000 万 t，为矿井可持续发展奠定了重要基础。

煤矿水害防治工作经验介绍

山西长治王庄煤业有限责任公司

山西长治王庄煤业有限责任公司隶属于晋能控股集团有限公司，行政区划隶属长治市上党区荫城镇管辖，核定产能 240 万吨/年。由于矿井开采历史悠久，井田范围内古空区、采空区、小煤窑破坏区较多，仅井田内就有 12 个废弃井筒，周边还有 4 座生产矿井，水害治理难度较大。2008 年 7 月 12 日，因小窑采空区透水，造成 10 人死亡的重大透水事故，教训极其深刻。痛定思痛，在 2009 年兼并重组后，王庄煤业就千方百计、大力提升矿井防治水工作力度，严抓井下现场管理，不断总结创新，提炼、形成了“一查一震两电一钻”防治水工作模式和“有掘必探、钻探留痕、见痕掘进、班班确认”现场管理方法，基本摸清了矿井内及周边煤矿的采空区、积水区分布情况，成功避免了 9 次水害事故的发生，放水量累计约 700 多万立方，同时重视防治水创新工作，并应用推广探放水人工智能管理系统，在水害治理上取得了一定的成效。主要做法有：

一、落实“三专”管理，规范制度建设，提升基础技术管理水平

王庄煤业高度重视防治水工作，严格落实“三专”管理，设置了专门的防治水组织机构，下设地测科和探放水队，配齐了专业的防治水技术人员，配备了专用的探放水设备。

制度建设方面：依托《煤矿防治水细则》、安全生产标

准化要求和上级公司相关文件精神，我们在防治水制度建设上保障了防治水工作能够从地面到井下全面贯彻落实。在已建立防治水各级岗位责任制、预测预报制度、安全确认移交制度、生产安全联系制度、探放水现场验收制度等多项管理制度基础上，又相继完善了钻孔可视化管理制度、现场图牌板管理制度和各项奖惩细则。

钻探设备方面：配备 ZYJ-160/460 型钻机 6 台、ZDY1900 型履带式全液压坑道钻机 1 台、ZDY1200 型履带式全液压坑道钻机 5 台，ZDY4500 型履带式全液压坑道钻机 1 台，ZDY6500 型履带式全液压坑道钻机 1 台，钻机数量及能力能够满足现场钻探的要求。

化探设备方面：在化探方面，2016 年 5 月王庄煤业耗资 297 万元建设了矿井突水水源预测中心，通过采集地表水、含水层水、老空积水、奥灰水等不同水样，进行化验分析，建立了自己的水源识别数据库，通过水样中的钠、钾、钙、铁等离子和硬度的化验，对水源类型的判别和水质进行全面分析，为水害防治工作提供技术依据。

二、巩固传统经验，创新管理模式

王庄煤业认真落实防治水相关规定，始终坚持“预测预报、有掘必探，先探后掘、先治后采”的原则，从基础工作着手，通过狠抓现场管理，形成了一套以“一查、一震、两电、一钻”具有“王庄特色”的防治水管理办法（一查：对矿井及周边煤矿生产要素和充水因素等进行走访调查；一震：地面三维地震勘探；两电：地面电法勘探和井下瞬变电磁法超前探测；一钻：井下超前钻探）。

通过“一查、一震、两电、一钻”的水害综合管理办法，利用调查和物探的手段，基本摸清了矿井内及周边煤矿的采空区、积水区分布范围及积水情况，并进一步通过钻探验证的方法确定了采空区和积水区的准确范围和位置，王庄煤业在技术资料管理上取得的很好的效果，并得到了集团公司的大力推广；此管理方法还被列入全省煤矿防治水专项培训教材，有效的保障了防治水工作安全，特别是在小窑、老空水防范治理上，取得了一定的成绩。

三、流程化管理，加强采掘工作面探放水工作

在“一查、一震、两电、一钻”的防治水管理办法的基础上，王庄煤业在严格执行“探掘分离”制度的过程中，制定了适合自身情况的探放水设计，采用了长探加短探的钻探方式，确定在每天的八点班实施钻探，摸索了一条适合掘进面实际生产情况的“探、掘流程”体系，细化了操作过程中各个步骤。

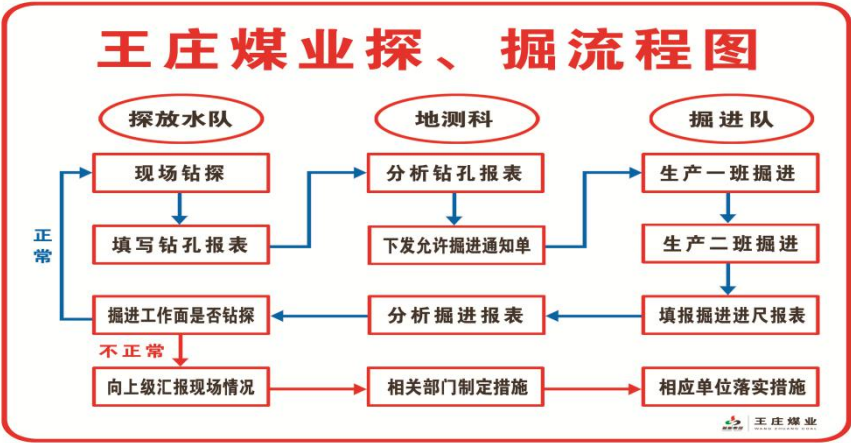


图1 探掘流程图

具体做法是：

（1）由地测科根据生产技术科掘进计划，向探放水队下发探水通知单；

(2) 探放水队接到通知后，按设计要求进行探水，探水完成后由地测科、安全科、探放水队、掘进队四家进行联合验收，探放水队向地测科递交探水日报表；

(3) 地测科对探水钻孔日报表进行分析，确认安全后向掘进队下发允许掘进通知单；

(4) 掘进队依据通知单要求，进行作业，掘进完成后，向地测科递交进尺报表；

(5) 地测科分析掘进报表后，向探放水队下达下一次的探水通知单。

通过防治水各项工作的流程化管理，王庄煤业做到了“有掘必探、不探不掘、先探后掘”的探水优先机制。流程化管理，既简化了科室与区队之间的工作步骤，又让各个队、组互相监督，互相制约，起到了齐抓共管，共同防治的作用。

在回采方面，15#煤工作面回采前，采用电法和槽波两种物探方法对工作面内地质及水文地质情况开展综合探查，并采用定向钻机对物探异常区、上覆3#煤层采空区积水区进行钻探验证、疏放。在此基础上，编制工作面回采地质说明书、工作面水文地质情况评价和水害隐患治理分析报告，制定工作面水害防治安全技术措施。

四、提升现场管理，加强技术革新

近年来，我们狠抓现场管理，制定了“有掘必探、钻探留痕、见痕掘进、班班确认”的探放水钻孔管理办法，结合自身实际情况制定了相应的管理制度和实施办法。采用脆性PVC管作为钻孔留痕杆，拍摄了现场执行标准。通过实施，

实现了流程制约，钻孔合格确认。

具体做法是：

（1）探放水队钻探完成经地测科、安全科、掘进队、探放水队等 4 部门联合验收后，现场签字确认，填写图牌板，并用白色自动喷漆留下钻孔痕迹。

（2）掘进队班组长进行现场钻孔交接确认，钻孔确认合格后方可掘进。

（3）钻孔确认后，由探放水队施工人员将钻孔留痕杆（PVC 管）塞入每个钻孔内，便于掘进队组在掘进过程中随时查找钻孔。

（4）掘进队组对钻孔可视化进行班班移交管理，当帮孔出露时，用白色喷漆对揭露钻孔进行标记，探放水队次轮超前探水作业时，对标记揭露钻孔进行木楔封堵挂牌管理。

（5）每班掘进作业前，由当班安全员和掘进队组当班队干共同对超前钻孔进行核实与确认。

（6）当掘进现场看不到钻孔时，立即汇报调度室，由地测科技术人员现场确认，通知探放水施工人员及时进行补探，确保“有痕掘进、班班确认”落到实处。

五、加强设备技术革新工作

近年来，王庄煤业加大了对探放水设备的技术升级和改造力度，淘汰了一批功率小、钻进速度慢、不易操作的设备，其中有突出成效的是对架柱式液压钻机进行了升级改造。

原架柱式钻机在实际的操作过程中，由于操作繁琐、自动化程度低、操作人员劳动强度大，钻孔定位利用中线和角

度尺确定，方法繁琐且精度低。为提高钻孔定位精度，减轻劳动强度，王庄煤业领导带头深入现场指导，牵头自主研发，通过对增加钻机行走装置、横杆的固定装置、钻杆拆卸装置、角度准确定位装置、操作阀集中控制台等几个方面进行升级改造，使钻机的整体性加强，具有了结构更为紧凑、操作灵活、机动性好等优点，并且实现了自动化操纵控制，保证了钻孔精度，减轻了劳动强度，提高了工作效率，安全性和可靠性也得到了保证，并成功申请了国家《自移式履带钻机》实用型专利，并获得了山西省煤炭工业协会五小竞赛优秀奖，为探放水工作顺利开展提供了强有力的硬件支撑。

另外，王庄煤业对探水钻孔验收测量探杆进行了改造。原钻孔测量杆为金属探杆，采用弹簧卡扣连接，成本高，安全性能差，经常出现连接失效、连接卡扣损坏，造成探杆掉落至钻孔丢失的现象；为解决这一难题，经过多方查找和调查，发现 PPR 管材韧性好，强度高，耐用安全，且成本低，并通过长丝扣连接，牢固、可靠，操作简便、速度快、不易损坏，安全可靠得到了保障，提升了验收速度，避免了原金属探杆弹簧卡扣松动导致探杆丢失的问题，并获得了长治市总工会五小竞赛活动三等奖。

六、建设探放水人工智能化管理系统

为确保采掘工作面现场探水钻孔质量，杜绝出现假检、漏检、假钻等现象，采用探放水人工智能化管理系统对现场打钻实时掌握，同时解决井下和地面人员沟通不畅的问题，提高防治水工作效率，后期，王庄煤业结合现场实际情况，

与厂家合作升级了该系统的智能化程度，真正实现一钻一孔一视频的工作要求。

该系统实现了对煤矿探放水过程中探水设计、探水计划、探水验收、探水台帐等信息电子化全流程管理，运用人工智能视频识别技术对探水打钻过程视频进行实时识别分析、存储，准确识别钻探深度，同时利用已购买的钻孔定向仪、防爆手机拍照等设备功能升级实现了现场对钻孔倾角、方位角的定位、验收，实现了钻孔数据与视频信息关联；通过云端部署，实现了手机移动端查看探水作业信息及电子审批功能，提高工作效率，减少作业现场和地面监钻人员，可实现智能化验收，提高工作效率，实现了数据联网上传，满足监管要求，做到无人或减人提效。

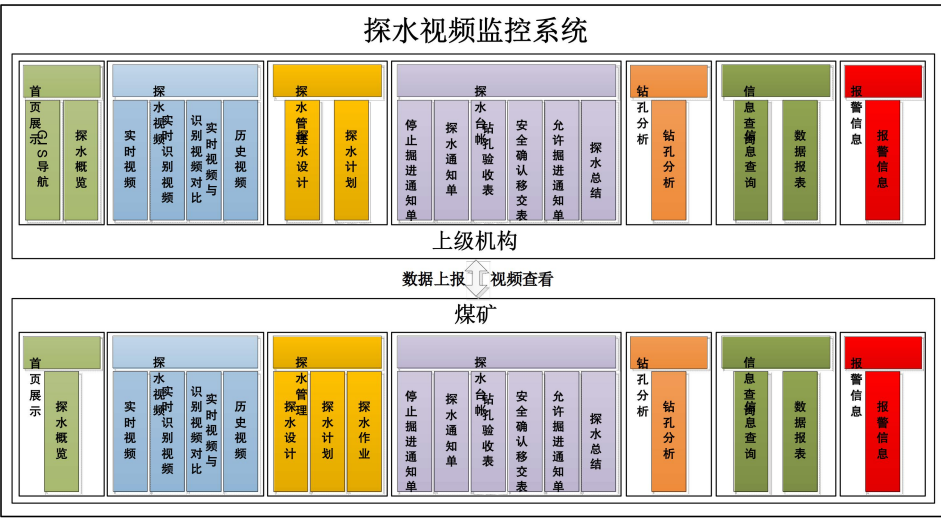


图 2 产品架构

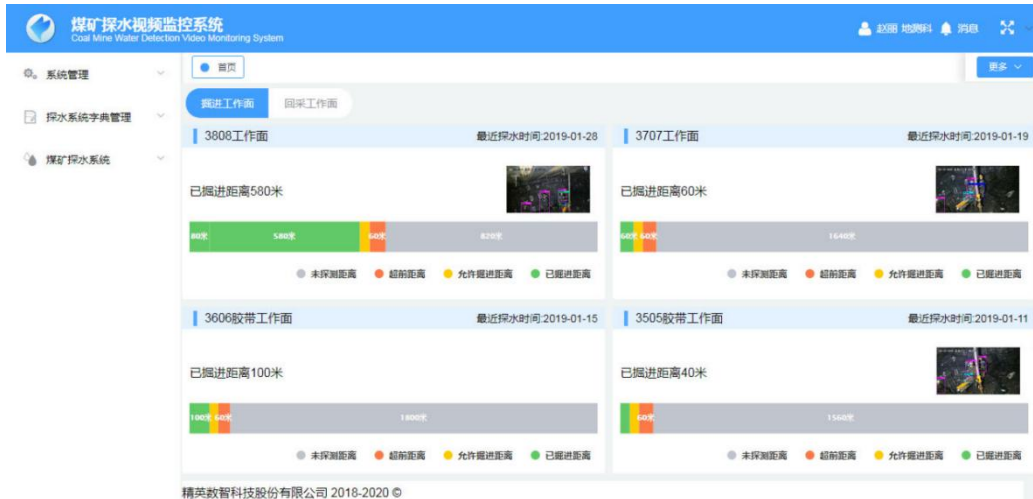


图 3 系统各工作面视频信息

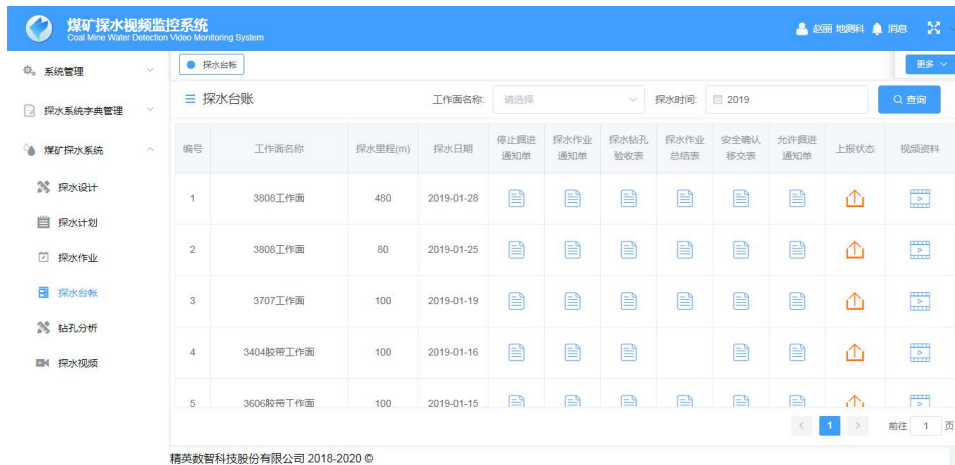


图 4 系统各工作面探水台帐页面

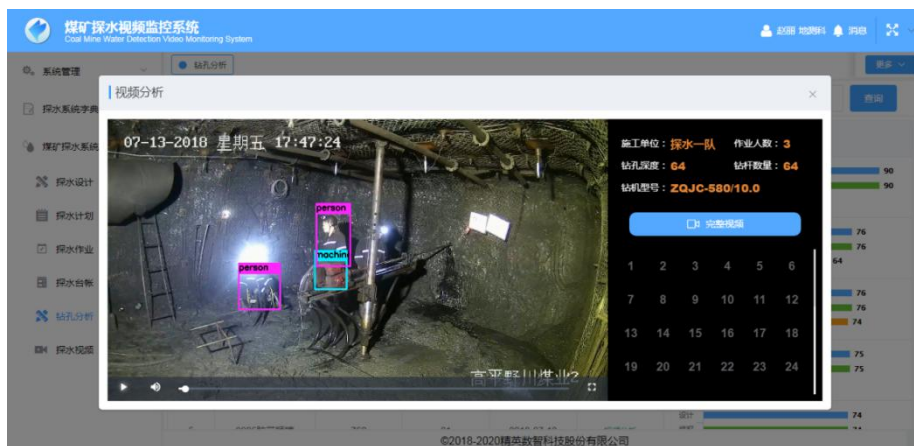


图 5 系统工作面探水视频记录

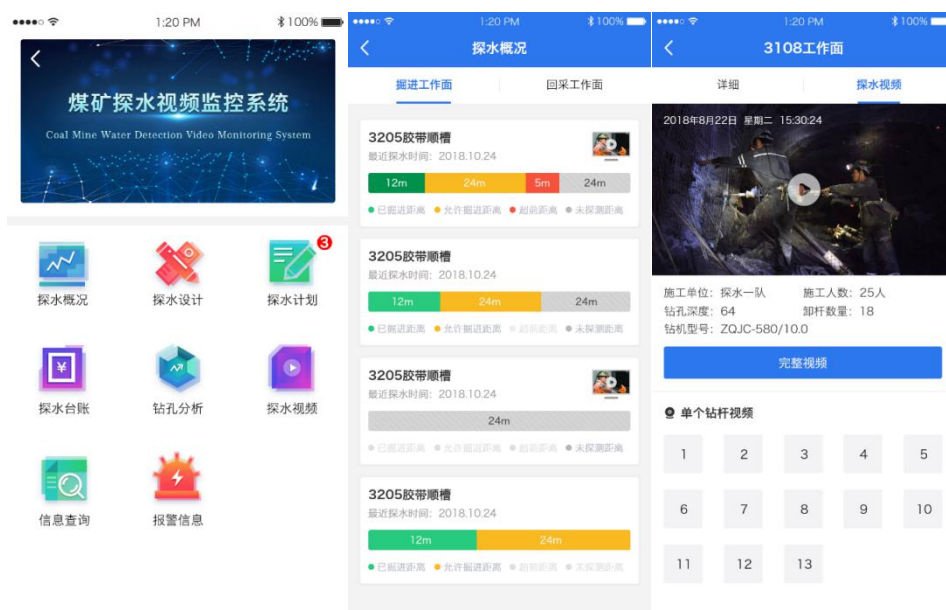


图6 手机移动端系统页面

七、加强防治水培训工作

为进一步做好公司防治水工作王庄煤业自主设计了井下掘进面水害模拟培训现场，完善自动化设施，实现了自动演示，主要利用水泵自动化原理，利用静压水的压力使煤体产生顶板淋水、挂红、挂汗、顶钻等预兆和迎头突水的模拟，真实的再现了发生老空透水时的场景。通过模拟透水前的各种预兆，让工人在现场“闻、听、看、体会”，增强工人对预兆的识别能力；同时也为防治水应急预案提供演练场地，最大程度地提高广大职工识别征兆、抵御水灾和紧急避险的能力，并进一步提升了对工人的培训学习工作。

八、工作成效

王庄煤业利用地面三维地震勘探技术，共投资 324.72 万元，勘探面积 10.3 平方公里，共查明断层两条、陷落柱 4 个、查明疑似采空破坏区 14 处、向斜 2 条、背斜 1 条，推断出异常区 2 处，查明了井田范围内的断层、陷落柱及褶曲构造，准确圈定老窑、采空区范围及煤层变薄区结构的变化趋势。

后期投资 2000 余万元，分 9 期进行了地面电法补充勘探，勘探面积累计 36 平方公里，圈定出 3#、15#煤层含水采空区和顶板含水层富水异常区。

王庄煤业通过掌握详实的基础资料，加上钻探验证到位，采取的措施得力，防范有效，目前已成功探测并安全排放老空积水共计 700 余万立方，成功避免了 9 次特大透水事故的发生。

总之，在小窑老空水的防治工作方面，王庄煤业做了一些工作，取得了一些成效，但防治水方面的诸多问题还有待我们进一步研究解决，成绩只能说明过去，问题关系到今后。防治水工作仍任重道远，王庄煤业将不断完善防治水各项规章制度，不断学习、总结探索防治水方面的先进技术、经验，进一步加大水害防治力度，加强防治水标准化工作，推动水害防治工作水平再上新台阶！

煤矿水害防治工作经验介绍

沈阳焦煤股份有限公司西马煤矿

西马煤矿位于红阳煤田南部，行政区划隶属辽宁省灯塔市西马峰镇管辖。矿井水文地质类型为复杂型，正常涌水量 $815.5\text{m}^3/\text{h}$ ，近三年最大涌水量 $916.0\text{m}^3/\text{h}$ 。

一、采空区水害防治技术

（一）长远部署，提前施工

空区水治理与开采同步设计，超前施工，不形成或少形成空区积水，减少探放水工程。

根据矿井中长期生产布局，从设计入手，提前形成泄水系统，使空区不积水或少积水，从根本上预防空区积水对以后生产带来的影响，做到一劳永逸。我矿开采煤层为 12 煤层和 13 煤层，12 煤层与 13 煤层层间距为 3.5 米 ~ 28 米，12 煤采后的空区积水直接影响下部的 13 煤开采，因此在设计 12 煤工作面时，根据煤层赋存情况，提前沿 13 煤施工泄水巷，再施工泄水川或泄水孔与 12 煤低洼点连通。这样在 12 煤回采时，空区涌水可直接泄入 13 煤泄水巷，使 12 煤采空区不积水或少积水，减少空区积水带来威胁。

例 1，西马井田为完整的不对称倾伏向斜，轴向 $\text{N}30^\circ \sim 40^\circ \text{E}$ ，南北贯穿整个井田。北二区北翼布置工作面时横跨向斜轴，布置工作面前，在 13 煤层沿向斜轴施工一条专用泄水巷，全长 1702 米。12 煤层横跨向斜轴布置了 10 个工作

面 (N2-1200 ~ N2-1209), 13 煤泄水巷分别与这 10 个工作面的下顺槽连通, 连通处为工作面下顺槽的向斜轴处, 即工作面最低处, 连通方法采用施工泄水川或泄水孔, 这样使 13 煤泄水巷与 12 煤工作面之间形成了一个良好的泄水通道, 当 12 煤开采时, 工作面涌水可经顺槽水沟自流到 13 煤泄水巷, 再流出, 达到了 12 煤层采后空区不积水, 从根本上解决了上层空区积水对下层开采带来的影响。截至 2023 年 1 月, 西马煤矿北二采区北翼泄水巷已持续使用 14 年, 该采区自开采以来从未发生过工作面排水不及时或采空区积水影响安全 and 生产的情况, 全采区总泄水量累计达 5492 万 m^3 , 仅排水用电就节约生产成本 2733 余万元, 实现了煤矿安全生产与企业效益的“双丰收”。

例 2, 西马煤矿北二区南翼沿向斜轴方向, 在向斜轴两翼布置工作面, 向斜轴东翼布置 3 个 12 煤工作面, 分别为 N2-1213、N2-1212、N2-1211 工作面; 向斜轴西翼布置 2 个工作面, 分别为 N2-1216、N2-1218 工作面, N2-1216 工作面正在回采, 1218 工作面正在安装。5 个工作面整体均为仰采。沿 13 煤层施工了两条泄水巷, 分别为 13 煤南翼泄水巷和 13 煤西翼泄水巷, 南翼泄水巷全长 860 米, 西翼泄水巷全长 1200 米。南翼泄水巷服务于 N2-1213、N2-1212、N2-1211 工作面, 西翼泄水巷服务于 N2-1216、N2-1218 工作面。南翼利用一条 13 煤旧巷与 13 煤南翼泄水巷连通, N2-1213、N2-1212、N2-1211 工作面开采前均在工作面下顺槽最低处向下部 13 煤旧巷施工了泄水孔, N2-1213 工作面最大涌水量 $100\text{m}^3/\text{h}$,

N2-1212 工作面最大涌水量 $180\text{m}^3/\text{h}$, N2-1211 工作面最大涌水量 $150\text{m}^3/\text{h}$, 涌水全部经泄水孔自流到 13 煤南翼泄水巷, 3 个工作面的涌水对生产未造成任何影响, 并且 3 个采空区未形成大面积积水。

另外, 通常对工作面涌水治理的方法是采用排水, 但众所周知, 影响排水效果的因素很多, 如电、水泵、管路、涌水量及人员等, 风险性很高, 且很难管理。使用泄水系统为主要治水方法, 排水系统为应急治水方法, 这样对工作面治水形成了双保险, 提高了安全性, 达到了安全生产的目的。我矿曾单个工作面最大涌水量达 $240\text{m}^3/\text{h}$, 采用“双系统”治水, 取得了非常好的效果。

(二) 科学安排生产布局, 消除空区积水影响

单倾斜煤层同层开采, 往往是浅部空区积水影响邻面深部工作面生产, 采用“先深后浅”的顺序开采, 即根据煤层的倾斜情况, 先开采埋深深的, 后开采埋深浅的, 这样可以减少同煤层空区积水对邻面的影响。无煤柱开采充填留巷时, 在巷道低洼处预埋返水管, 这样可以使两面之间形成了既不漏风又能导水的通道, 可减少邻面开采时空区积水。

例 3, 在例 2 中介绍的 6 个工作面为充填留巷, 无煤柱开采, 均采用“先深后浅”的顺序开采。N2-1213 采面, 开采标高为 $-462.0 \sim -407.0$; N2-1212 采面, 开采标高为 $-442.0 \sim -379.0$; N2-1211 采面, 开采标高为 $-414.0 \sim -306.0$ 。因此我矿开采顺序依次为 N2-1213、N2-1212、N2-1211。开采 N2-1213 面对上顺充填留巷时 (做 N2-1212 下顺), 在巷道局部低洼

处，预埋泄水管，开采 N2-1212 面对上顺充填留巷时（做 N2-1211 下顺），在巷道局部低洼处，同样预埋泄水管，这样每个相邻的空区之间形成了泄水通道，解决了工作面局部低洼积水的可能。

二、其它水害治理

（一）查清矿井水文地质条件

矿井投产至今，多次聘请专业的勘探队伍，使用钻探、物探等综合手段，对我矿进行水文地质补勘。为查清“三带”高度及含水层有无水体空间或地下暗河的存在，曾采用可控源音频大地电磁测深法、瞬变电磁测深法以及施工探 1、探 2、探 3 钻孔，对北二区进行补充勘探。为查清北二区西翼及西二区是否存在含水断裂构造及含水层的强弱等情况，共施工了补 1、补 2、补 3、补 4、补 5、增 1、增 2 补勘钻孔，并在地表使用瞬变电磁测深法、可控源大地音频测深法进行了大范围的探测。为查清充填采区第四系下部粘土层及底砾岩深度、厚度；基岩风化带和煤层风化带的深度、厚度；了解风化带含水层的情况及岩石裂隙发育情况，在北翼充填采区施工了水 1、水 2、水 3、水 4、水 5、长观孔，共 6 个水文地质钻孔。基本查明矿井范围内的水文地质情况，为制定可行的防治水措施提供了可靠的依据。

（二）井筒漏水治理

西马煤矿主、副、风井井筒均出现过井筒漏水，主、副井采用井壁直接注浆（水泥浆），风井采用帷幕注浆及井壁直接注浆（水泥浆及化学浆）进行封堵，封堵后已无漏水点。

副井井底空车线，曾大面积淋水，西马煤矿采用预留导水管，再对顶板裂隙进行注浆，使各出水点的涌水集中到导水管流出，取得了极好的效果。

（三）顶板裂隙水治理

顶板裂隙水是我矿的另一种水害，主要是在回采过程中，采空区顶板达到充分冒落，采面为俯采时，顶板裂隙水沿冒落裂隙直接渗入工作面，严重影响生产。遇此情况，我矿在采面的两顺，向工作面的出水比较集中的顶板施工高位导水钻（终孔打在裂隙带上半部内，一般在煤层顶板 30 米以上），这样可以将水通过钻孔导入两顺再排出，大大减少了工作面的出水量。截止目前，已对 5 个采面使用该方法进行过治理，共施工高位导水钻孔 150 多个，总计 12000 多米，均取得了不错的效果。

（四）-350 水平以上涌水治理

排水存在着安全隐患，并且消耗人力、物力、财力，我矿本着“能自流，决不排”的宗旨治理，取得非常好的效果。

例 5，西马煤矿为单水平（-350 水平）上、下山分区式开拓。北二区水仓位于-460 水平，北二区北翼-350 水平以上最大涌水量 $460\text{m}^3/\text{h}$ ，正常涌水量 $170\text{m}^3/\text{h}$ ，平均按 $250\text{m}^3/\text{h}$ 计算，每年排水产生的电费约 109.5 万元。因此在-350 水平施工了一条泄水巷（740 米）与北二区北翼 13 煤泄水巷贯通，将-350 水平以上的涌水全部截流，使涌水沿大巷水沟直接流入中央水仓，减轻采区水仓的压力，保障安全，节约排水费用。2015 年投入使用以来节省排水电费约 876 万元。

煤矿深埋巨厚复合含水层帷幕截流与绿色开采技术

中煤科工西安研究院（集团）有限公司

我国是世界上重要的煤炭生产和消费国，2021 年全国原煤产量 41.3 亿 t，煤炭进口量 3.23 亿 t，煤炭消费量超过全球总消费量的 50%。在“碳达峰、碳中和”的目标下，预测到 2035 和 2050 年，煤炭占一次能源需求的比重分别降至 40.5%和 30.7%，但中国煤炭需求基数大，“缺油、少气、相对富煤”能源资源禀赋特征决定煤炭仍将是我国能源安全稳定的压舱石。

煤矿水害是严重制约煤炭工业安全可持续发展的重要原因之一，顶板水害防控是防治水的最重要任务之一，尤其是西部侏罗纪煤田顶板砂岩水害的防治难度极大，传统疏水降压方法无法根治水害，同时不可避免地造成水资源浪费与环境破坏，需要开发和推广绿色保水开采的水害防治新技术。

淮北朱仙庄井田北翼发育一层主要由灰岩砾石、角砾组成的深埋、巨厚、极强含水层—侏罗系底砾岩（俗称五含），塔桥断层隔水边界以南面积为 9km²，其中井田内面积 2.8 km²，埋深 220 ~ 530m，厚 60 ~ 80m，砾岩溶隙、溶孔、溶洞发育，线岩溶发育率 8.82 ~ 13.12%， $q_{9l}=0.263 \sim 10.78 \text{ L}/(\text{m} \cdot \text{s})$ ， $K=1.33 \sim 15.67\text{m}/\text{d}$ 。五含角度不整合覆盖于太奥灰含水层及煤系之上，四含整体角度不整合覆盖下伏所有地层。五含与

四含、太奥灰含水层之间存在极其密切的水力联系。放水试验表明：五含具有静储量大、水压高、导水性好、补给强的水害特征，经计算五含静储量约为 1400 万 m^3 ，疏降条件下奥灰稳定动态补给量超过 $2000\text{m}^3/\text{h}$ 。而五含下压覆优质煤炭资源储量约 1500 万 t，探明可采储量约 1000 万 t。2015 年 1 月 30 日，866⁻¹ 工作面发生了 7 人死亡的五含溃水溃砂事故，造成重大损失，五含水害已严重威胁下伏煤炭的安全开采，五含水害问题亟需解决。

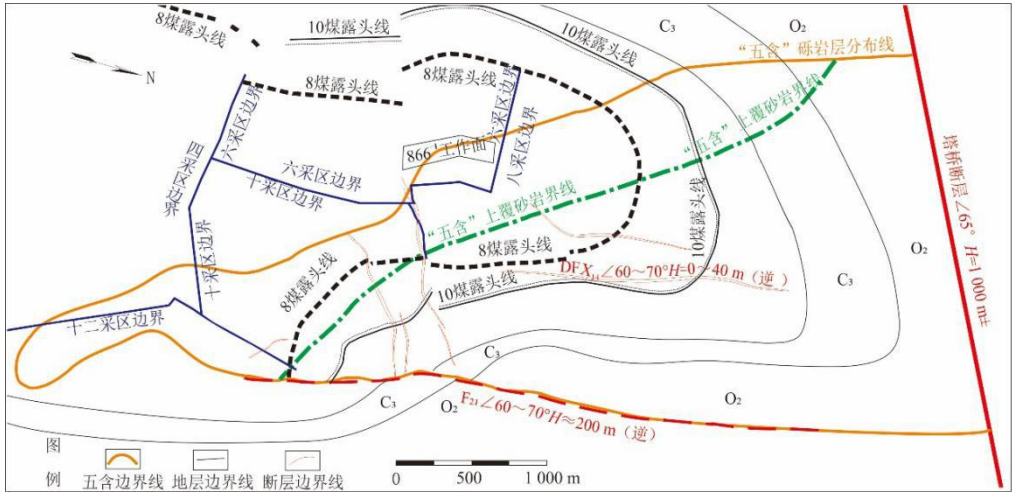


图 1 五含赋存条件平面示意图



图 2 五含溶孔溶隙发育照片

针对五含特殊水害特征，如果采用区域直接疏干，则奥灰将对五含形成巨大的稳定补给，疏降难度大，成本极高；如果利用逐面局部疏干的方式，存在施工难度大、可靠性差、安全风险高的问题，疏干放水的方法均无法彻底根治五含水害，并且将对水资源及生态环境造成极大地破坏。帷幕截流疏干开采是根治水害和实现保水绿色开采的唯一途径。

一、煤矿深埋巨厚复合含水层帷幕截流建造技术体系

(一) 松散孔裂隙混合含水介质“根系骨架”帷幕建造技术

针对砂、土、砾石互层交错组成的孔隙含水介质和风化带裂隙含水介质，根据浆液在不同介质中的扩散运移机理，研发形成了梅花桩交错布孔、垂向分段下延、平面分序钻进、脉冲式注浆、多回次劈裂注浆、分级控压控量注浆等帷幕建造技术，旨在控制浆液在设定范围内纵向延伸、横向交错，压密松散土体，挤排孔隙裂隙水，浆脉在受注层中形成类似“根系”的空间网络结构，起到骨架支撑和“加筋”作用，提高岩土体强度、稳定性和隔水性，从而在松散层及基岩风化带内形成一道连续稳定的隔水帷幕。

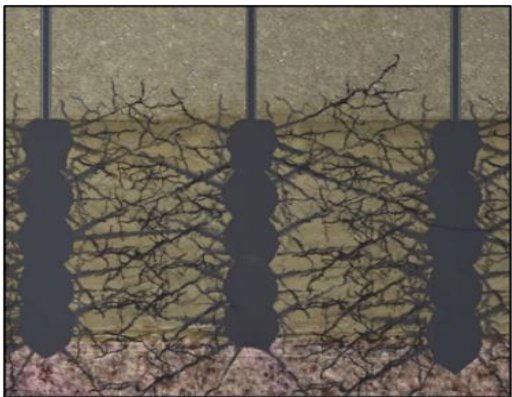


图 3 松散层帷幕建造技术

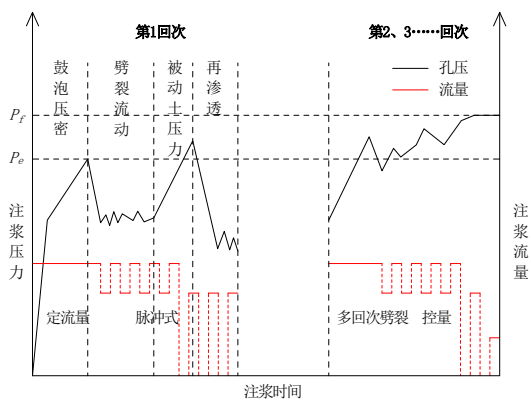


图 4 控制注浆示意图

（二）基于地面定向钻的溶裂隙巨厚极强含水层帷幕建造技术

针对五含复合介质、极强富水、巨厚层、大埋深和帷幕长的特征，选用了快速高效的地面定向斜孔和顺层孔钻进技术，采用双排多层错位搭接布孔方式，配合前进式充填压密控制注浆方法，实现有效覆盖面积大、施工周期短、经济效益高的帷幕建造方法。形成了包括顺层平行错位布孔、溶隙裂隙混合介质中控制注浆、双排交叉分序检验等深埋含水层帷幕建造技术。

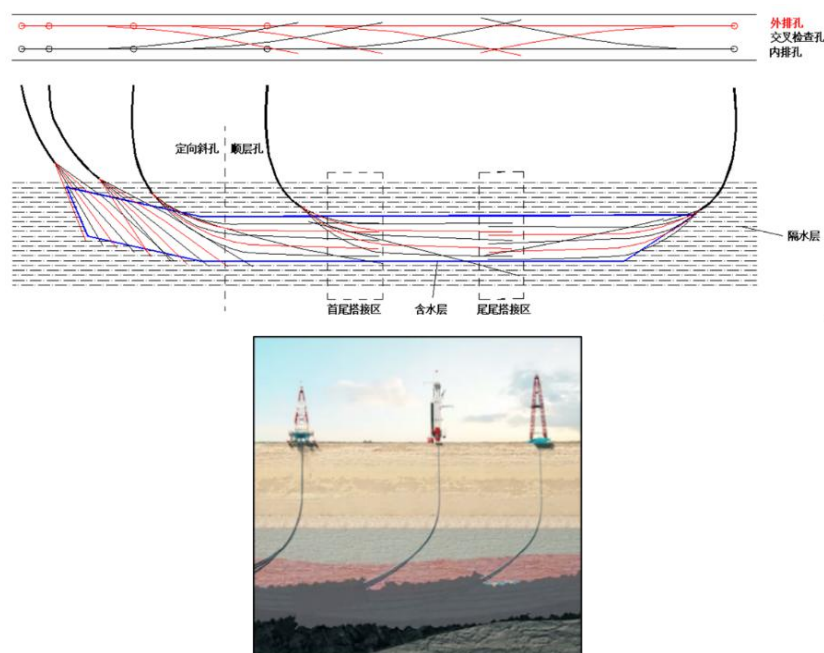


图5 地面定向钻帷幕建造技术示意图

（三）帷幕顶底界断层带绕流封堵技术

为防止帷幕在高水压作用下经顶底界断层破碎带产生绕流，以达到预期的截流防渗效果，研究制定了帷幕顶底界断层带绕流封堵方法，利用顺层钻孔在帷幕全线顶底界岩层内钻探探查，对包括断层破碎带等薄弱地段进行劈裂补强注浆，增厚帷幕并使其完全嵌入在隔水围岩中，形成了帷幕顶

底界围岩破碎带探查补强防绕流封堵技术。

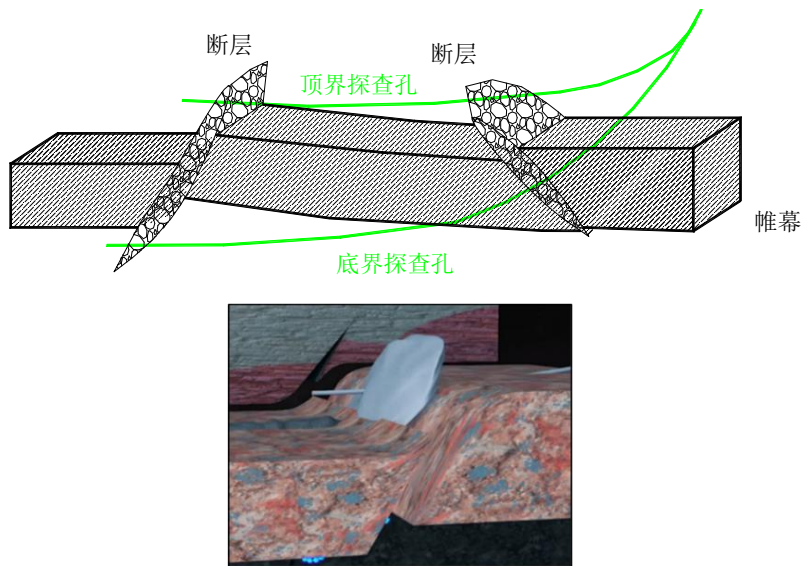


图 6 帷幕顶底界断层带定向孔探查示意图

(四) 动水条件下深埋高承压帷幕防渗薄弱段判断与合龙技术

帷幕初步形成后，通过放水试验获取帷幕内外水位动态及地下水流场，分析判断帷幕防渗薄弱段，研究制定动水条件下的帷幕合龙方法：利用帷幕薄弱段外侧钻孔，采用控压放水引流注浆方法增加合龙段帷幕宽度，形成了地下水流场分析判断、“外注内引”和定量放水动态检验的帷幕合龙综合技术。

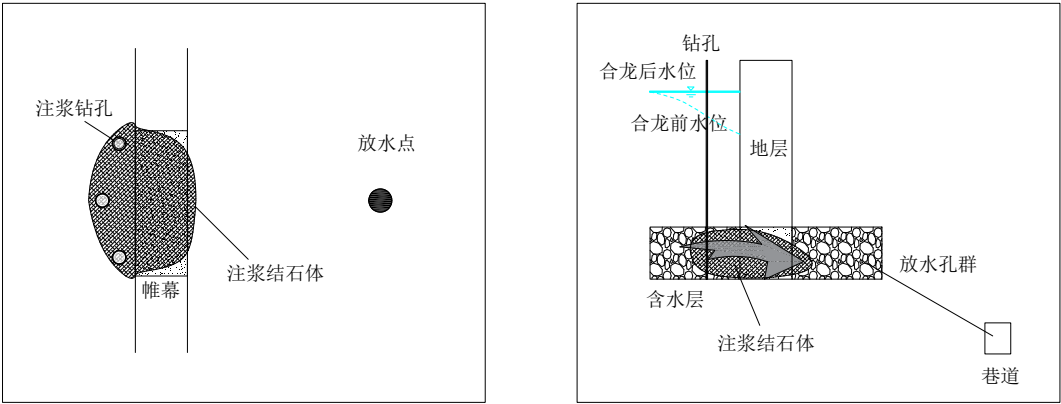


图 7 帷幕薄弱段注浆封堵示意图

二、帷幕内“五位一体”综合疏放水技术

（一）“五位一体”综合疏放水技术

针对五含复合介质、极强富水、巨厚、埋深差异大、静储量大，常规井下单一疏降方法不能充分疏降等问题，研究制定了集地面直通疏降、井下常规疏降、网格状斜孔加密疏降、井下顺层孔和近帷幕泄水巷拦截孔验证疏降的“五位一体”综合疏降技术。利用地面直通孔对五含强径流带集中区域疏降，利用井下常规放水孔对五含深埋区多层次疏降，井下网格状斜孔贯穿四含、五含密集疏放，井下顺层孔对采区全覆盖验证疏放，近帷幕泄水巷拦截孔对帷幕渗流全面拦截。

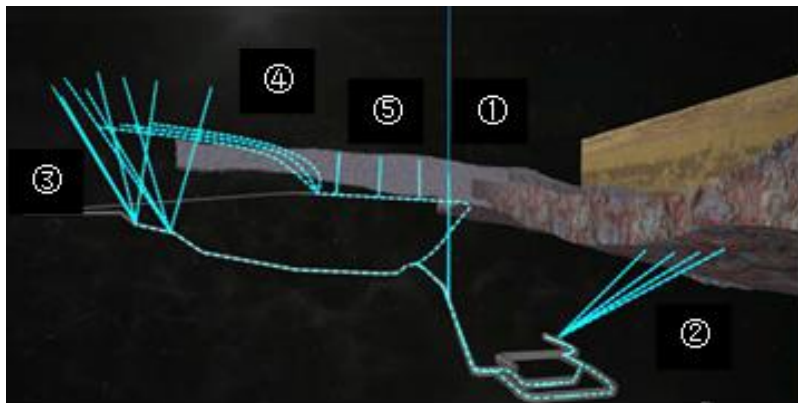


图8 “五位一体”综合疏降技术示意图

(①地面直通疏降；②井下常规疏降；③网格状斜孔加密疏降；④井下顺层孔；⑤近帷幕泄水巷拦截孔)

（二）帷幕截流效果综合评价

在帷幕内施工专门钻孔开展抽、注、压水试验和瞬变电磁勘探，获取帷幕渗透性参数，对帷幕截流效果进行初步评价。建立帷幕形成后的开采区水文地质模型，帷幕作为隔水边界将五含由太灰、奥灰顶托补给的半无限含水层，改造为周边隔水的相对封闭含水层，采用解析法和数值模拟方法对疏降条件下的地下水流场和疏放水量进行预测。开展工业性放水试验和“五位一体”的综合疏降，根据帷

幕内外水位、疏放水量，对帷幕截流效果进行综合评价。

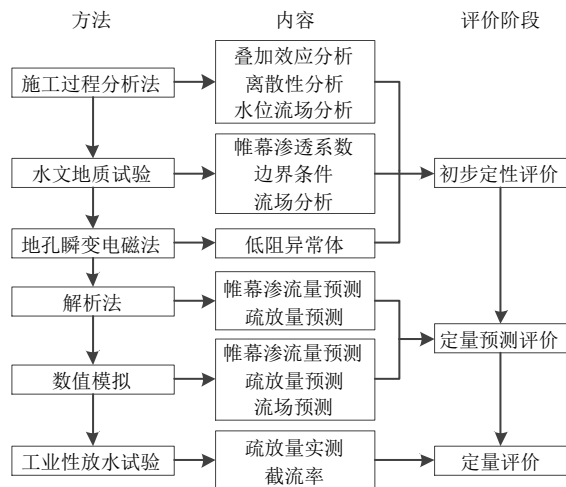


图 9 帷幕截流效果综合评定技术体系

三、帷幕稳定性动态监测预警评价体系

（一）帷幕渗透稳定性动态监测预警评价技术

建立健全分区、分段、分层的地下水位动态在线监测系统，实时获取水位、水压、水量、水温、水质等数据，依据敏感、一般和辅助三级指标建立动态预警评价系统。

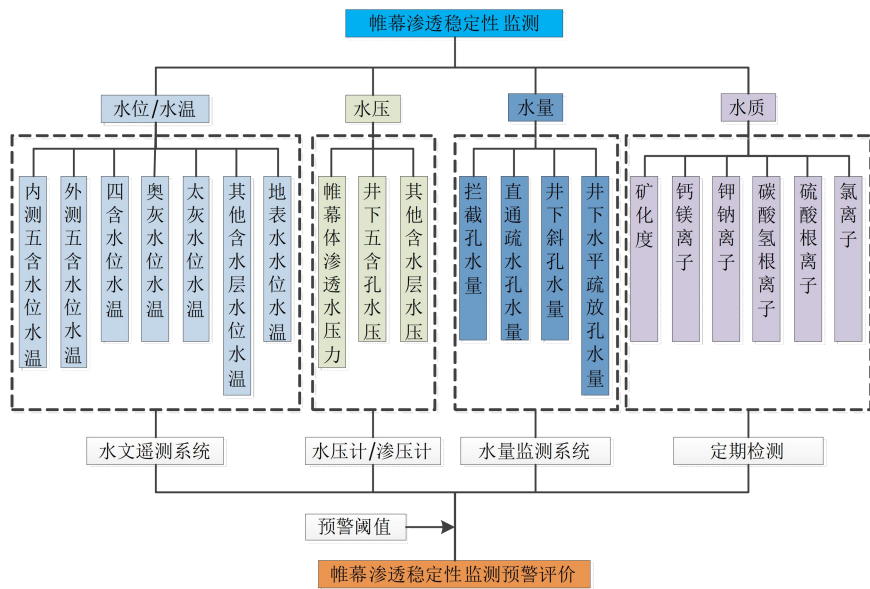


图 10 帷幕渗透稳定性监测预警技术体系

（二）帷幕结构稳定性动态监测预警评价技术

对帷幕定期开展高密度三维地震精细勘探，对比分析帷

幕形态的变化特征。在帷幕上埋设常规应力应变、位移和分布式光纤传感器，在较大范围设置地表岩移监测站，获取帷幕应力、应变、位移及采动引起的围岩移动等参数，建立疏干开采条件下的多场耦合模型，对帷幕结构稳定性进行动态预警评价，形成帷幕结构稳定性动态监测预警评价技术。

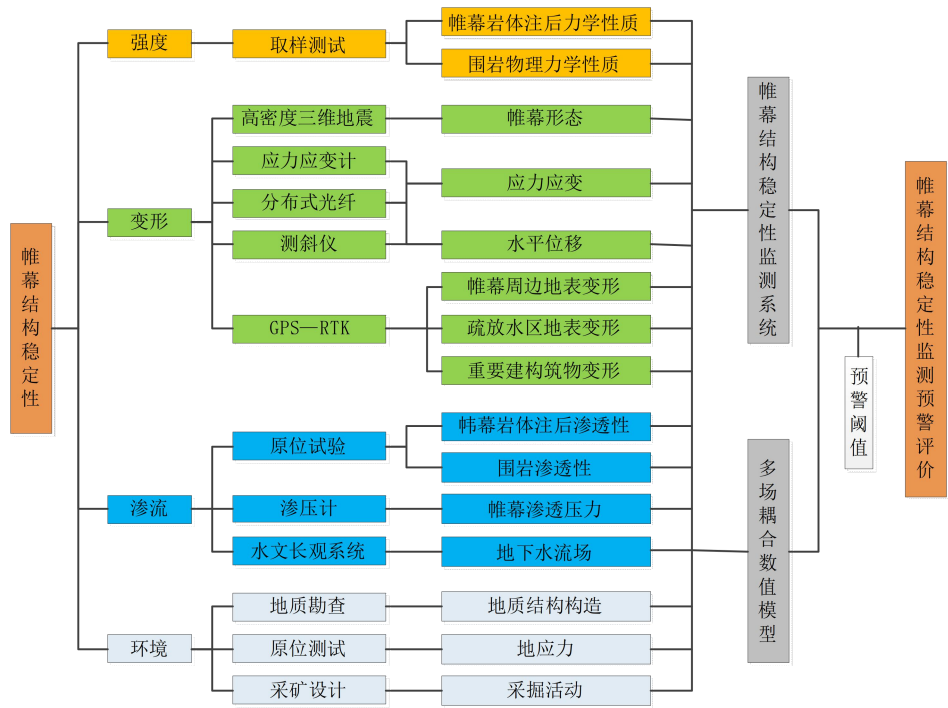


图 11 帷幕结构稳定性监测预警技术体系

四、工程应用

本技术成果在淮北矿业股份有限公司朱仙庄煤矿进行了应用。帷幕长 3200m，高 60~80m，有效宽度 40m，埋深 220~550m。经地孔物探、抽（注）水试验、工业性疏干放水等手段验证，帷幕注浆效果良好，当前帷幕总过水量小于 40m³/h，截流率超过 98%，截流效果显著。帷幕内外水位差 350m，应力应变、位移小于预警值，帷幕已持续安全稳定运行四年。朱仙庄煤矿帷幕工程解放煤炭储量约 1000 万 t，潜在经济价值近约百亿元。

（一）帷幕建造工程

工程建设项目历时 1066 天，施工完成了 202 个钻孔。其中直孔段三个序次 104 个钻孔；水平孔段三个序次 10 对 20 个水平孔组，91 个支孔和 7 个检查验证孔，合计 98 个钻孔。帷幕工程总钻探进尺 74843.5m，下入套管 1165.16t，固井 131 次；总注水泥 673201t，注粉煤灰 34087.54t，合计注浆 707288.54t。共完成钻机进场、搬迁 1051 次，扫孔配合 362 天，注浆配合 2011 天。直孔段、定向/水平孔段两类钻孔均分为三序次施工，各类型钻孔各序次钻探、注浆完成工作量见表 1。

表 1 帷幕工程钻探注浆工程量一览表

区段	钻探工程量（延米）	注浆工程量（吨）			备注
		注水泥	注粉煤灰	注浆	
直孔段	一序孔	14258.5	224785	17877.54	242662.54 45个直孔(LWZ02~42、43，偶数孔)
	二序孔	14158	101714	2086	103800 44个直孔（LWZ01~41，奇数孔）
	三序孔	4963	20652	118	20770 15个直孔（CJ1~10/CJ18~22）
小计		33379.5	347151	20081.54	367232.54 共计104个钻孔
定向/水平孔	一序孔	29516	272637	13994	286631 68个支孔（水平孔组）
	二序孔	8581	39500	12	39512 23个支孔（水平孔组）
	三序孔	3367	13913		13913 7个检验孔（CJ11~17）
小计		41464	326050	14006	340056 共计98个钻孔
总计		74843.5	673201	34087.54	707288.54 总计202个钻孔



图 12 帷幕平面位置示意图

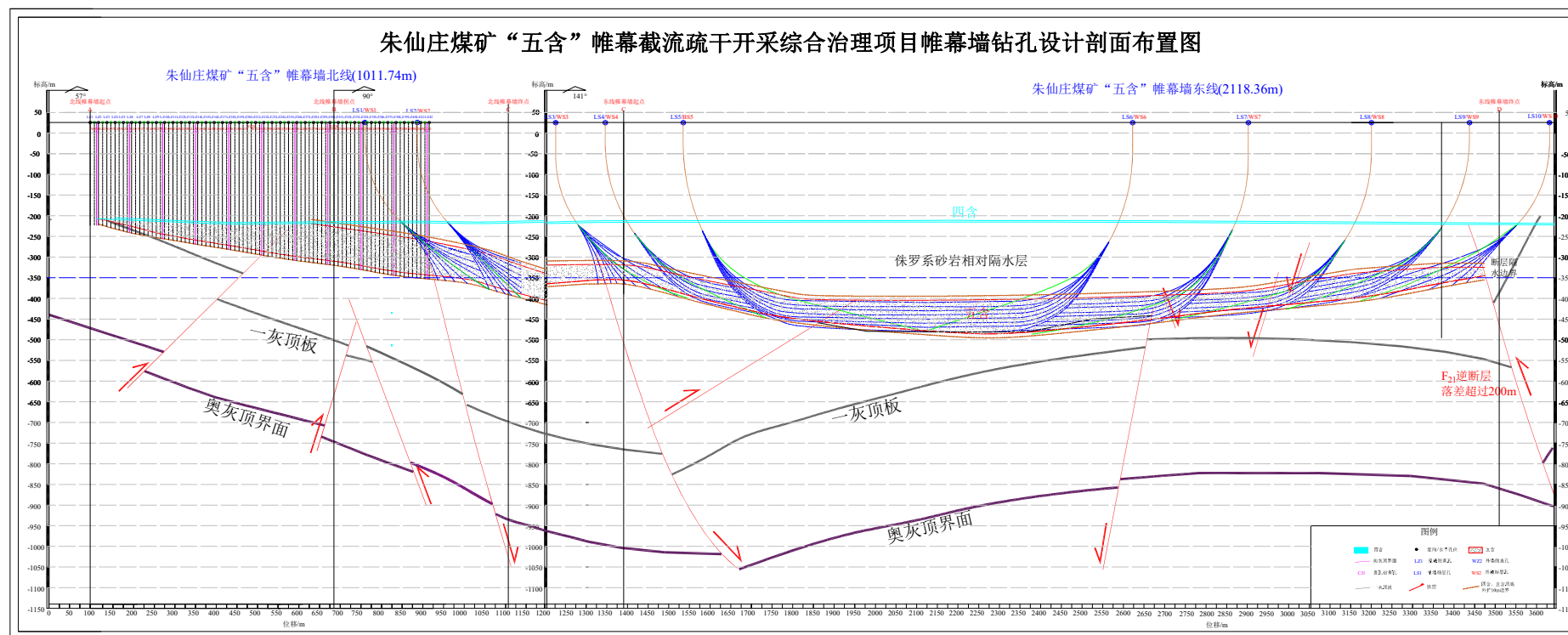


图 13 帷幕钻孔设计剖面布置图

(二) 帷幕内五含水疏放工程

五含疏干工程经历了试放水试验、放水试验、工业性放水、地面疏降直排孔疏干放水和井上下联合放水五个阶段。疏干开采工程于2018年8月开工,完成地面直疏孔4100m/12孔,井下探放水孔67946万m³/367孔,井下定向验证孔12074m/21孔,总放水量497.47万m³,见表2。

表2 “五含”疏干放水各阶段放水情况统计表

阶段	时间	放水量 (m ³)	墙内“五含”水 位 (m)	墙外“五含”水 位 (m)
“五含”试放水试验阶段	2018/5/4~2018/5/8	10687	-120	-16
“五含”放水试验阶段	2018/8/16~2018/9/16	124813	-233	-27
“五含”工业性疏干放水阶段	2018/9/16~2018/10/29	424000	-295	-30
地面疏降直排孔疏干放水阶段	2018/11/12~2019/2/20	682000	-340	-32
井上下联合放水阶段	2019/2/20~2022/6/30	3733259	-390	-42
合计		4974759		

目前井下五含放水量70m³/h,其中86采区放水量25m³/h,88回风上山五含拦截孔15m³/h,另有810采区放水量30m³/h,放水量基本稳定,见图14。

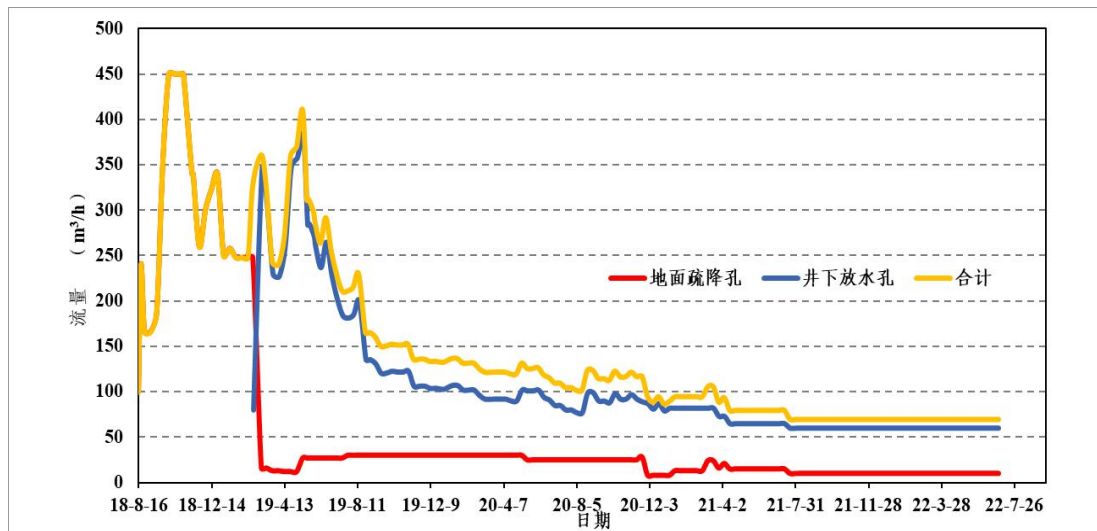


图14 朱仙庄五含帷幕疏干放水量历时曲线

(三) 帷幕截流效果

1. 施工质量分析

(1) 注浆施工质量：帷幕注浆前五含渗透系数为 2.71 ~ 6.842m/d，注浆后渗透系数为 0.00111 ~ 0.00352m/d。直孔段与水平孔段钻孔终孔压水试验计算单位吸水率分别为 0.07 ~ 0.59Lu、0.01 ~ 0.08Lu，完全满足设计及规范要求。

(2) 水位动态监测：原始条件下区域五含水水位基本一致，帷幕施工后期内外出现约 50m 的水头差，初步形成了隔水帷幕。

2. 疏干放水检验

根据井下测压孔换算，帷幕内五含放水中心水位疏降至 -390m，帷幕外五含水位稳定在 -42m 左右（见图 15），内外水位差近 350m，四含及太灰、奥灰含水层基本保持稳定，五含水位未发生突升突降的现象，表明帷幕基本隔绝了帷幕内五含与其他含水层的水力联系，帷幕运行稳定，截流效果显著。

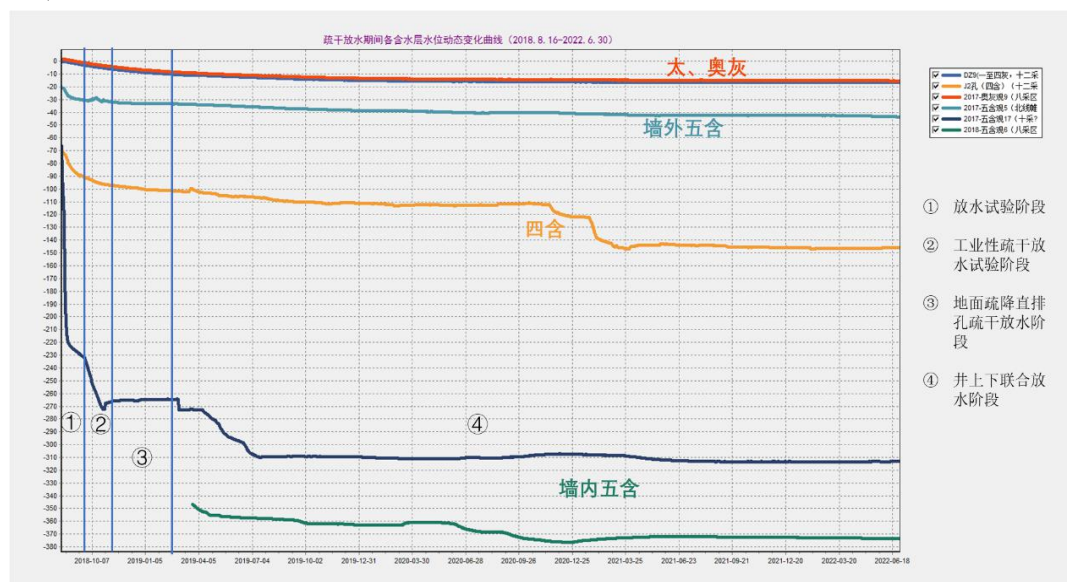


图 15 疏干放水期间各含水层水位动态变化曲线（2018.8-2022.6）

目前，帷幕区内 8105、866 工作面“五含”下已安全回采，工作面生产期间顶板无滴淋水现象，已实际采出煤炭约

215 万 t，已获得经济效益约 20 亿元。间接经济效益方面，采用帷幕截流绿色开采技术后，五含疏降水量下降 98%，预计将减少排水费用约 3 亿元。

（四）帷幕运行稳定性监测与评价

为检验帷幕墙截流效果、监测帷幕墙稳定性，朱仙庄煤矿设计并建立了地面水文长观系统和帷幕稳定性监测系统。

1. 水文长观监测系统：针对五含覆盖区地下水流场与补径排关系，需监测的含水层主要有：四含、五含（帷幕内、外）、太灰和奥灰。根据含水层分布和帷幕内、外监测要求，共布置 48 个地面观测孔，其中五含 28 个（帷幕内外各 14 个），四含 11 个，太灰 4 个，奥灰 5 个。疏干和回采期间帷幕内外水位一直呈陡崖式水位差，五含水位等值线基本与帷幕墙垂直，五含流场稳定，帷幕运行稳定。

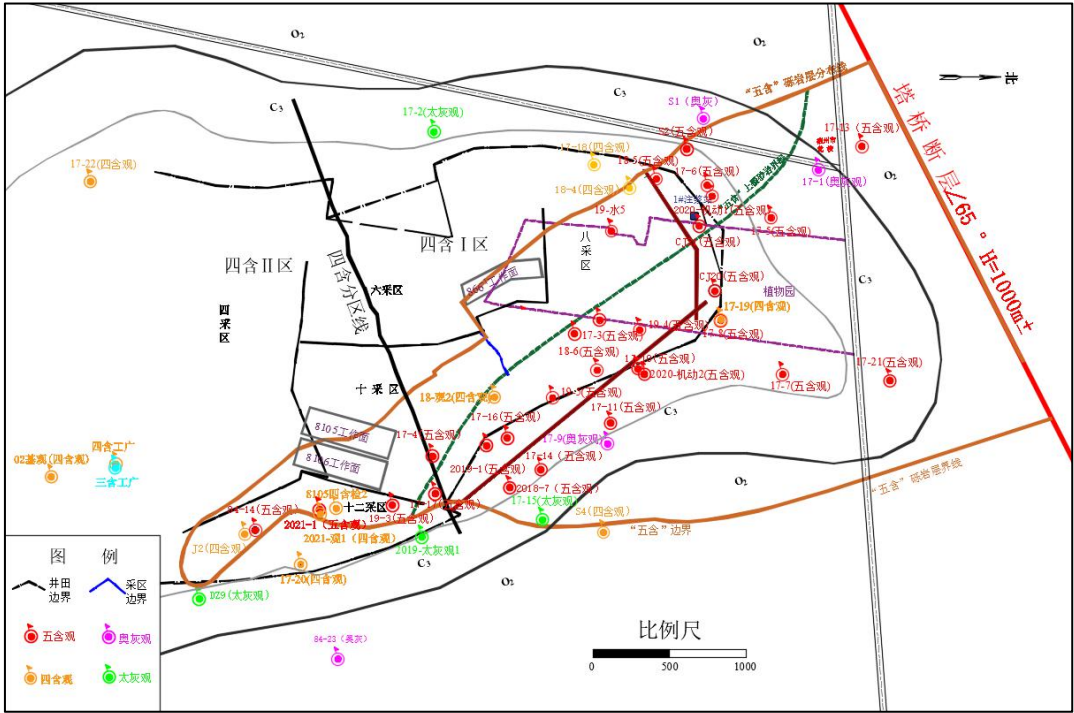


图 19 五含疏降工程地面长观孔平面布置图

2. 帷幕墙稳定性监测系统：建立了“地面+井下”的帷

幕变形监测系统和采动影响监测系统。其中，帷幕变形监测点以减少对帷幕破坏为原则布设，利用原有帷幕四舍、五舍直覆区钻孔和推测帷幕薄弱区钻孔下入锚固型密集分布式应变感测光缆进行变形监测；采动影响监测系统在井下距离

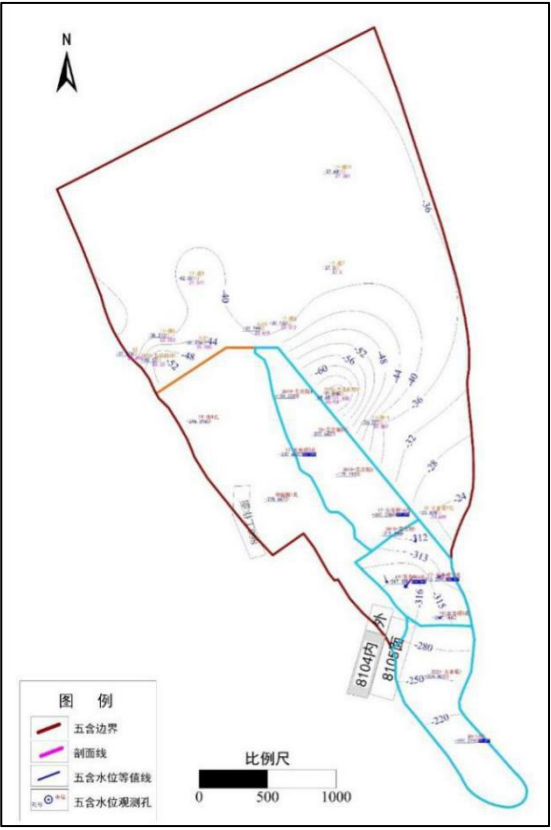


图 20 疏干工程五舍流场平面示意图
(2021.12.31)

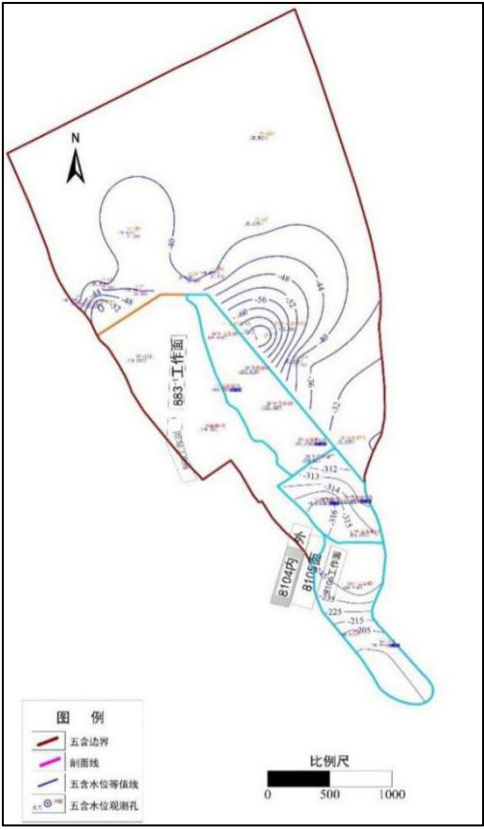


图 21 疏干工程五舍流场平面示意图
(2022.6.30)

帷幕最近的开采工作面向帷幕方向布置 3 组钻孔，每组 3 个分支，安装弱光纤光栅。目前煤矿截水帷幕稳定性监测阈值的确定，尚无可参照的规范或研究成果。经综合分析《水利水电工程安全监测设计规范》(SL 725-2016)、《铁路隧道监控量测技术规程》(QCR9218-2015)及《建筑基坑工程监测技术规范》(GB50497-2009)中的规定，本监测项目暂定稳定服务期的监测阈值如表 3，若监测值达到以下标准时则需对监测成果进行综合分析判定监测数据变化原因。

表 3 帷幕稳定服务期监测阈值

监测项目	累计值绝对值	变化速率
水平位移	50mm/年	3mm/天
应力应变	5mm/年	0.015mm/天
水位	1000mm/月	50mm/天

帷幕内最大压应变 $-412 \sim -487 \mu \varepsilon$ ，地层呈压缩沉降状态，压缩层位主要是五含顶部以上的粘土层和粉砂岩，五含处于稳定状态，应变变化速率较小，最大 $9 \mu \varepsilon / d$ ；井下巷道内五含稳定性监测钻孔应变变化速率较小，最大 $16 \mu \varepsilon /$ 天。综合判断帷幕运行稳定。

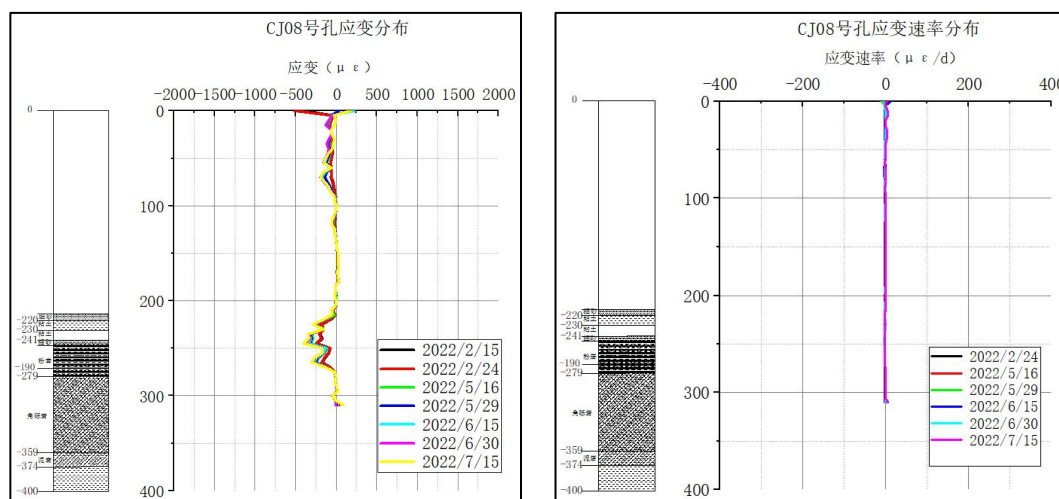


图 22 帷幕变形监测钻孔应变分布图

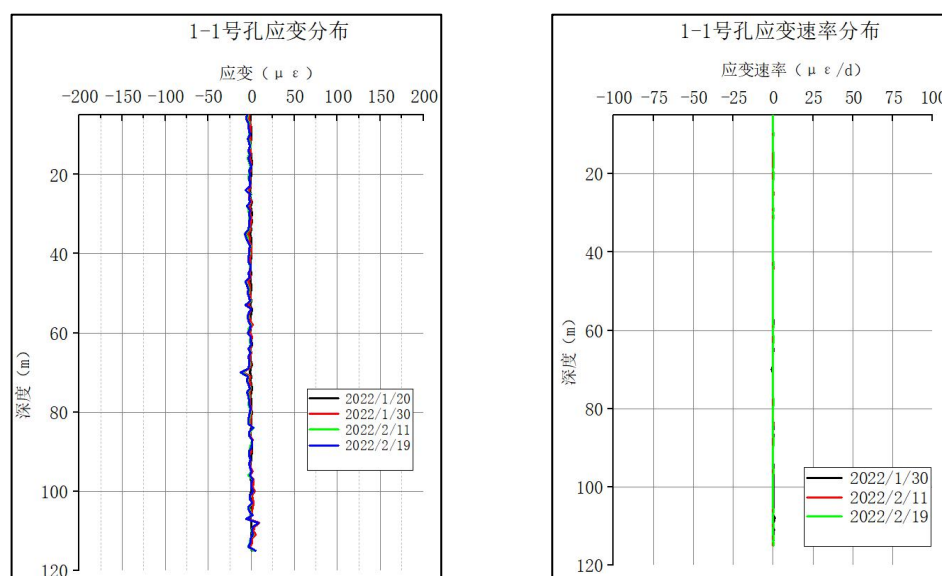


图 23 采动影响监测钻孔应变分布图

巨厚煤层顶板离层水害治理实践经验交流

陕西金源招贤矿业有限公司

招贤煤矿位于陕西省宝鸡市麟游县西北部，生产能力 240 万吨/年。矿区内煤层顶板为软硬岩相间发育，且发育厚度稳定的泥岩类地层安定组和硬岩层宜君组；两者呈上硬下软的组合结构。延安组煤层回采后，白垩系巨厚含水层与其下伏的侏罗系软弱泥质岩层易形成高位离层积水。自 2005 年 5 月 21 日淮北海孜煤矿发生覆岩离层水特大突水事故以来（瞬时最大突水量 $3887\text{m}^3/\text{h}$ ，造成 5 人死亡），全国共发生过离层突水的矿井多达 30 余对，遍布安徽、山东、陕西、内蒙、辽宁、重庆等 13 个省区直辖市。2016 年 4 月 25 日，陕西铜川照金煤矿发生特大型离层水涌突（瞬时突水量 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，突泥量 1680m^3 ），造成 11 人死亡重大安全事故。随着我国煤矿开采强度和深度的不断增加，采动覆岩离层水害事故有增加的趋势。采动覆岩离层水害具有瞬时水量大、突水征兆不明显、危害大等特点。

2020 年 3 月 29 日至 7 月 1 日，招贤煤矿 1304 工作面发生了“3·29”、“5·6”、“7·1”三次顶板离层出水，出水后，由于 1304 工作面顶板岩层大部分为泥岩及泥钙质胶结的砂岩，遇水易崩解，三次工作面离层水涌出时，均发生工作面煤壁切冒现象，离层水携带大量泥砂进入工作面，瞬间造成排水系统瘫痪，导致工作面淤堵，通风系统中断，工作

面恢复时间长。

一、离层水害防治实践

2020 年 7 月 24 日，招贤煤矿邀请武强院士等国内知名防治水及矿压防治专家就招贤煤矿离层水害问题进行讨论，提出离层水防治的“超前疏排、工程试验、科研攻关、综合治理”灾害防治总体思路和“抽、排、用”疏放水源、“裂、支、控”控制顶板涌水及其它复合灾害综合防治技术。

（一）地面抽排离层水钻孔。因为招贤煤矿致灾离层水位置在宜君组砾岩或洛河组砂岩与安定组泥岩交界面形成的离层空间，在地面设计施工抽排离层水钻孔时，钻孔施工至宜君组含水层底部，安定组上部离层空间，安装大功率深井潜水泵，对工作面采动后煤层上覆岩层离层空间积水进行提前疏放。随着抽排水钻孔的持续抽水，工作面周边长观孔观测到宜君组水位持续下降，宜君组含水层向离层空间补给减弱，减少离层水量，降低离层水水压，降低了在工作面回采期间发生突水的危险性。钻孔施工期间，安排技术人员定期到现场研判层位，根据施工情况进行指导，钻孔施工结束后，下入相应功率的潜水泵进行抽水并对水量进行测量，待水量稳定后，视水量大小调整潜水泵的功率型号。

（二）工作面建立完善的排水系统。在工作面两巷根据需求建立水仓、水沟以及沉淀池，水仓内安装潜水排沙泵进行排水，排水系统中泵流量和管路符合排水要求，排水系统的布置满足预计的工作面涌水量的疏排要求；根据 1304 工作面出水携带泥砂淤堵工作面的经验，在工作面两巷设置拦

砂坝，沉淀泥砂，防止泥砂进入工作面淤堵水泵。

（三）超前施工顶板预裂爆破孔。分别在工作面两巷施工深孔预裂爆破孔和走向切顶爆破孔，利用深孔预裂爆破措施提前弱化顶板，减小基本顶滑落、回转强度；其中深孔预裂爆破孔为降低工作面回采时裂隙发育高度及初次来压、周期来压步距和强度，减小工作面回采后顶板大面积断裂造成的冲击；走向方向切顶爆破孔旨在破坏工作面上方“T”型覆岩空间结构，切断与大煤柱上方高位厚硬顶板的联系，减弱其对机巷煤柱侧应力集中效应。同时对相邻工作面的风巷掘进提供一个应力相对降低的围岩环境。

（四）工作面离层突水预警机制。招贤煤矿在工作面回采过程中，每天将地面长观孔水位观测数据、微震频次及总能量值数据、瓦斯涌出量数据、工作面内工作阻力数据进行统计分析，将这些不同时间空间的数据在一张图中以曲线的形式表现出来，每月对其中曲线变化规律进行研究，通过对日分析，周研判，月总结的分析方式，总结出适用于招贤煤矿的部分离层水突水规律，并以此研究出较实用的突水预警条件。

（五）加强工作面支架管理。加强工作面管理，尤其是对支架初撑力、架形、设备使用与维护、顶板等的管理，采取精细化管理思路，注重细节、小隐患等；强化工作面风、机巷两巷支护，防止巷道受工作面超前压力影响两帮及顶底板移近量过大，阻碍工作面匀速推进，特采用锚索对两巷超前加固、采用单元垛式支架超前支护沿空风巷。进入工作面

液压系统净化水必须经多级过滤，保证支架初撑力。

（六）控制回采强度。工作面回采期间控制回采强度，在采用综采放顶煤采煤工艺条件下，通过落实措施实现均衡放煤。在向斜轴部、构造发育等位置，坚持限高开采或只采不放，快速推进，在顶煤较厚区段，控制采高均衡放煤。加强工作面放煤的精细化管理，实现工作面匀速推采，避免停采滞采。

（七）离层水再利用。对地面抽排离层水钻孔抽排到地面的离层水进行水质化验，离层水水质完全符合生活饮用水标准，招贤煤矿将离层水作为矿区生产及生活用水进行再利用，避免了水资源的浪费，同时也解决了煤矿用水困难的难题。

三、成果及经济效益

矿井在水源控制方面采用地面抽排离层水、井下建立排水系统，防治离层水害是有效的；在采矿管理方面采取深孔预裂爆破、两巷强化支护及控制工作面支架，防止工作面切顶压架有效。

1304 工作面在三次出水后，通过对顶板离层水的防治，成功推进 22m 后，工作面安全收作回撤设备、支架，共计挽回经济损失 1.2 亿元左右。1305 工作面通过对顶板离层水的治理后，安全回收煤炭资源 314.3 万吨，产生经济效益为 18.86 亿元。1302 工作面截止目前已安全回采 720m，工作面无水。

地面抽排离层水钻孔成功抽水是全国首例成功实施的地面离层水抽排工程，不但大大减少了工作面顶板离层水害

威胁，而且把工作面上方的离层水抽排后，减轻了工作面顶板压力，为工作面加快推进创造条件，降低了工作面出水概率；另一方面抽排的水符合饮用水标准，可以用于生活用水，缓解招贤矿业生活用水缺乏的局面，产生良好的社会及经济效益，将对陕西乃至全国利用离层水作为饮用水资源提供成功范例。

顶板巨厚砂岩含水层水害防治经验介绍

山东能源集团西北矿业正通煤业有限责任公司

正通煤业公司高家堡煤矿位于彬长矿区西北部，坐落在咸阳市长武县彭公镇境内，井田面积 219 平方公里。矿井地质储量 9.74 亿吨，设计可采储量 4.7 亿吨，核定生产能力 450 万吨/年，服务年限 62.5 年。矿井主采煤层为 4 煤，煤层平均厚度 9.4m，采用综采放顶煤回采工艺。矿井采用中央并列式通风，通风方法为抽出式。

矿井为高瓦斯矿井，2020 年瓦斯等级鉴定瓦斯绝对涌出量 $11.49\text{m}^3/\text{min}$ ，瓦斯相对涌出量 $1.24\text{m}^3/\text{t}$ 。煤层自然发火倾向为 I 类容易自燃煤层，煤尘爆炸指数 48.65%，一级热害矿井，水文地质条件极复杂，煤层具有强冲击倾向性。

矿井主要水害类型有白垩系洛河组砂岩含水层水害、侏罗系直罗组与延安组砂岩含水层水害、老空水害、封闭不良钻孔水害，其中巨厚白垩系洛河组砂岩含水层水害已成为威胁、制约矿井安全生产的首要问题。

一、地质条件与防治思路

矿井水文地质类型为“极复杂”型。工作面回采主要受顶板白垩系洛河组含水层水害威胁，含水层主要接受区域侧向径流补给，自西北向东南缓慢径流，地下水径流条件较差。白垩系洛河组含水层全井田分布，具有厚度大、水压高、不具备可疏放性、距离煤层近等特点，该含水层平均厚度

409.83m，由东南向西北变厚，富水性由弱～中等，呈有规律变化。4煤层顶板距离洛河组底界36.65-160.3m，平均88.55m，开采后顶板导水裂隙波及洛河组含水层，是影响矿井安全生产的主要水害威胁。

矿井开采的4号煤层地质条件为深埋、高应力、顶板存在巨厚强富水砂岩含水层，其中，顶板巨厚含水层导致矿井涌水量长期处于高位。矿井秉持“预防为主，防治结合”的理念，厘定了洛河组含水层垂向富水性差异特征，首次创新性提出了超前注浆帷幕截流及顶板注浆改造精准治理洛河组水害的思路。基于洛河组含水层精细勘探和导水裂隙带发育高度精准反演、识别，开展了采前、采后独立和联合注浆，地面和井下联合注浆，井下疏放，在停采线附近建帷幕墙等方案，实现了侧向截流，减少了顶部垂向渗流，减少工作面架前涌水和矿井总涌水量，为矿井安全高效生产保驾护航，同时为矿井生产经营减负。

二、精准探查与科学防治

根据矿井开采实践和注浆治理工程，高家堡矿区内工作面顶板的砂砾岩、原生裂隙、采动裂隙等共同作用形成了复杂“网状”导水通道，影响了煤矿安全、高效生产，需对矿井原生裂隙和采动裂隙进行探查，对采动裂隙发育规律进行精准分析，同时对煤层上覆岩层的裂隙进行穿层性和发育程度情况进行评价，并根据探查结果对煤层顶板进行治理来确保工作面安全生产。

目前矿井防治水工作坚持“积极主动、预防为主、超前

治理”为方针，以不波及洛河组中上段为原则，通过不断的探索与实践，矿井逐步建立了符合正通实际的防治水体系，紧紧围绕“探、防、治、排”四字构建多重手段精细探查、多工艺注浆减水、多举措污水治理、多投入排水系统建设等防治水综合治理体系，实现了水害的有效防治，为矿井安全生产奠定了基础。

（一）多重手段精细探查

首先使用两带探查工程，采用地面钻孔压水测试、数值模拟、微震监测、孔内窥视等方法，得出顶板导水裂缝带发育高度和采高的关系。后基于双 Packer 系统的洛河组精细划分，在煤矿巨厚含水层中引入了双 Packer 系统进行抽水试验，将洛河组划分为 4 个层段，分别为上段、中上段、中下段和下段，其中中上段和中下段富水性弱至中等是主要含水层段，上段和下段富水性弱。在裂隙及富水异常区探查方面，引用广域电磁法勘探，基于对地球物理数据分析和建模，发展电磁数据成像和资料解译方法，形成非均质热储层精细描述电磁法探测理论和新方法，在华池组下段、洛河组全段，查明区域内的裂隙、裂缝发育特征、富水性、岩性特征及水径流条件，通过对比煤层开采前后富水性及裂隙发育特征，分析导水裂隙的发育机制，预测其发育范围。最后进行覆岩高承压水及导水通道分布规律研究，引用石油行业先进的成熟的地球物理配套技术，利用一、二盘区地面三维地震勘探数据结合录井剖面、测井曲线组合、钻井岩屑观察等资料进行综合分析，预测了煤层上覆岩层中砂泥岩空间分布、高承压含

水层分布及裂缝空间分布特征，实现了煤层顶板导水通道精细刻画，形成了三维可视化裂缝预测数据体，然后通过导水通道形成机理预测形成直观、准确的地层模型，通过模型获取准确的裂隙切片，指导井上下千米钻机采用注浆加固方式，加强洛河组下段隔水能力，提高洛河组整体岩层完整性和隔水性，降低井下采掘期间顶板水害威胁程度。

（二）多工艺注浆减水

针对高家堡煤矿水害类型及其诱发机理，在采动裂隙发育规律研究和含水层精细划分的基础上，采用定向注浆的方式封堵煤层顶板裂隙，改造煤层顶板导水层，构建侏罗纪煤层顶板水害主动防治技术体系，解决矿井水害问题，保证矿井工作面的安全回采，保障矿井安全。

针对高家堡矿井涌水主要以洛河组中下段侧向径流和中上段垂向渗流为主的特点，矿井注浆设计主要分为“截水帷幕”和“平面注浆改造”两种方式，在三盘区西翼五个工作面范围或局部地段采用地面定向钻孔水平注浆改造洛河组中上段底部地层，在三盘区西翼外侧采用地面定向钻孔截水帷幕改造洛河组中上段和中下段地层；通过高压注浆改造含水层以达到减小工作面和矿井涌水量，从而解决高家堡矿井特大流量顶板涌水水害问题，该项目施工至今已完成进尺 41959m，注水泥 58238t，注粉煤灰 36949t，通过该项目的实施，工作面水量逐步减少，为矿井下一步发展提供了宝贵的经验。

（三）多举措污水治理

为减轻矿井排水系统和水处理系统压力，确保系统能力，分别采取了“清污分流分排、机械清淤、煤水分离”等综合防治措施。一是清污“分流分排”。将一、二盘区清水与污水分别排放，通过优化泵房和水仓布置，清水直排地面后达标外排，减小了清淤系统和水处理的压力，缓解了环保压力。二是机械清淤提效率。采用变频刮板机、清淤机、清淤耙装机等独创设备，替代了原来的人力清淤，实现对矿井水中的煤泥充分过滤和分离，减少煤泥进入水仓，通过清淤系统每日产出煤泥量 1800 吨，缓解了水仓的淤积速度，提高了清淤效率。三是煤水分离情况。在工作面顺槽皮带机均安装了煤水分离装置，使用高频振动筛将煤流中的水进行分离，实现煤流脱水，解决了煤流带水导致运输和提升难题，确保了主运输系统和提升系统的安全稳定运行。

（四）多投入排水系统建设

为保证矿井排水安全，正通煤业建立了一套较为可靠的排水系统。通过对矿井排水系统不断进行优化，目前的矿井排水系统排水能力，排水效率都得到了进一步提升。矿井排水整体系统整体呈现分区联排+清污分排+清淤与排水等多种技术相结合三大特点，极大提高矿井排水可靠性。

通过扩容和优化排水系统，矿井综合排水能力大幅提升，实现了大能力排水系统兜底。目前矿井排水系统正常排水能力为 $11050\text{m}^3/\text{h}$ ，最大排水能力为 $18996\text{m}^3/\text{h}$ 。通过大能力的排水系统，矿井有效杜绝了水害威胁。

三、结语

高家堡矿井巨厚洛河组砂岩含水层厚度大、富水性强等特点，一直威胁、制约矿井安全生产，通过超前注浆帷幕截流及顶板注浆改造精准治理洛河组水害，实现了侧向截流，减少了顶部垂向渗流，减少工作面架前涌水和矿井总涌水量，为矿井安全高效生产提供保障，降低煤层上部含水层对矿井生产的威胁，减少矿井排水量，为我国巨厚含水层下采煤提供有效手段。

水文地质极复杂矿井水害防治技术与实践

国能锦界能源有限责任公司锦界煤矿

锦界煤矿位于陕西省神木市境内。矿井主要充水水源为第四系松散层孔隙水和煤系地层上覆直罗组风化基岩裂隙水。在上覆基岩较薄地段及上覆土层隔水层缺失地段导水裂隙带与第四系含水层沟通。风化基岩裂隙水全井田赋存，为矿井的直接充水水源，含水层厚度大、富水性强、补给充沛，造成矿井涌水量大。矿井水文地质类型划分为极复杂型，正常涌水量为 $5500\text{m}^3/\text{h}$ ，最大涌水量 $5800\text{m}^3/\text{h}$ 。主要做法有：

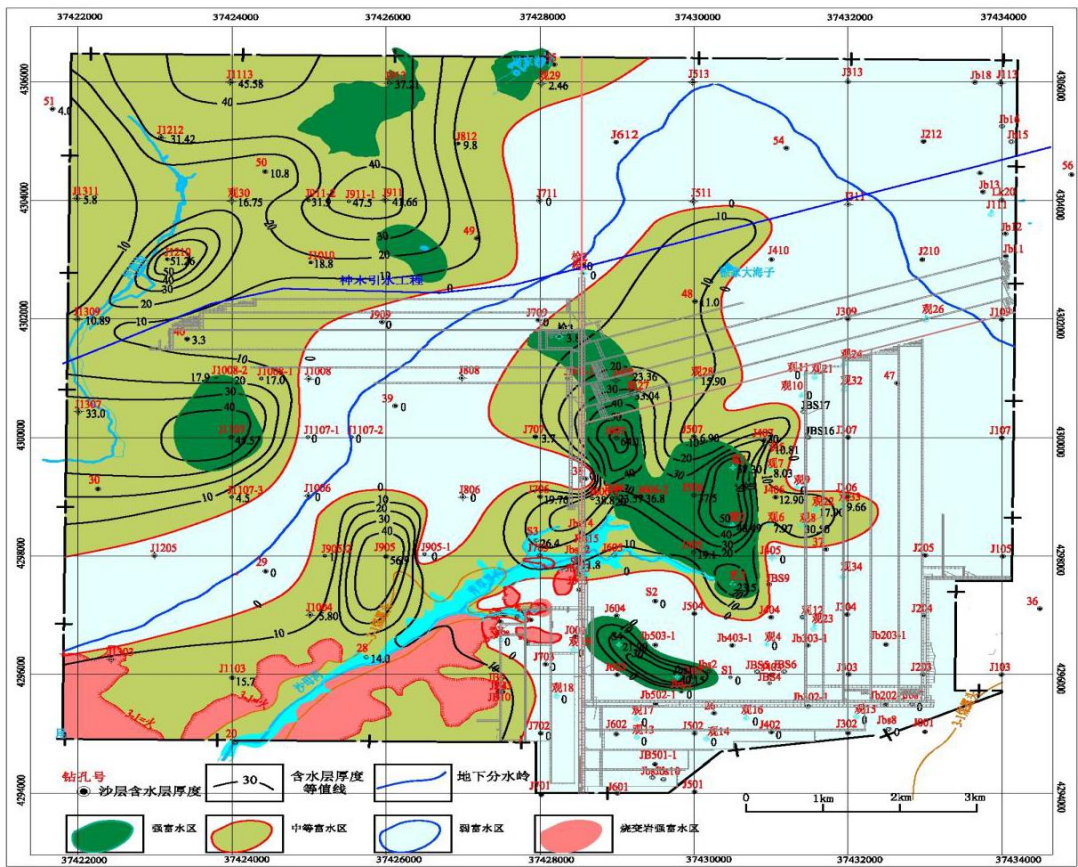


图 1：沙层含水层厚度等值线图

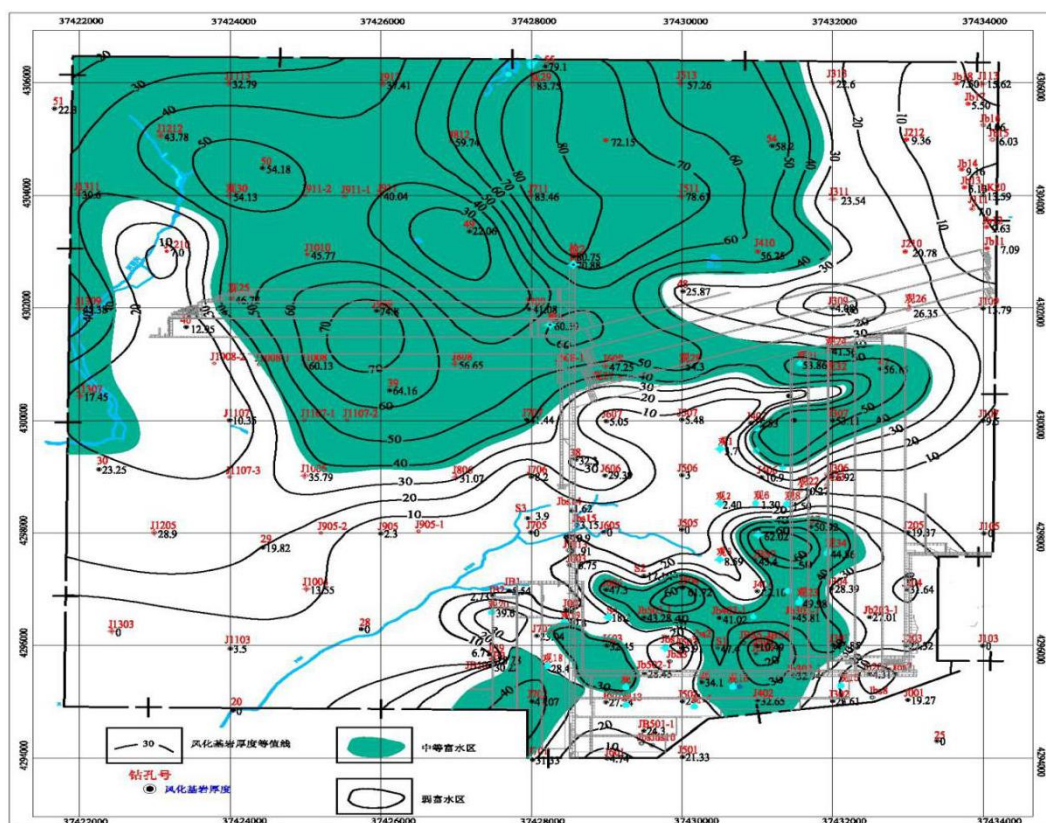


图 2：风化基岩裂隙含水层厚度等值线图

一、勘探先行

采掘活动前，提前 3-5 年利用水文地质遥感调查、钻探、物探等综合手段，探查煤层顶板地质及水文地质条件，查清含水层的厚度、岩性、富水性及其他异常区。查清各含水层之间的水力联系，隔水层的分布范围和厚度。并根据探查结果对 31 煤顶板地质及水文地质进行分析评价，制定采取防范范措施后，才方可进行采掘活动。

同时，矿井每年根据采掘接续情况，制定年度防治水计划及中长期规划，对接续区可疑地段进行综合探查。执行采掘前地质及水文地质条件不清楚不采掘的制度。

二、有疑必探，先探后掘

巷道掘进执行“有疑必探，先探后掘”，每掘进 70m，

个月以上进行疏放水，钻孔施工向补给方向施工钻孔，单孔影响半径为 50-200m。结合研究成果，对所有工作面回采前提前进行半年以上的疏放水，根据含水层厚度、完整基岩厚度、地质构造及钻孔疏放半径等在接续面运输顺槽间隔 50 ~ 200m 布置钻孔进行疏放，钻孔布置倾角为 $51^{\circ} \sim 55^{\circ}$ ，方位垂直于上一工作面水源补给方向，大大截流了含水层对在采工作面的补给，减少了工作面的涌水对安全生产和煤质的影响。

工作面疏放水采用 ZYWL-2000Y 全液压自动钻机，由中煤科工集团重庆研究院有限公司生产。钻机采用整体履带车布置，主履带车搭载主机、电控箱及操作台等部件，副车搭载电机、油箱、冷却器等部件；集机械、电子、液压、传感等技术为一体，通过自动控制程序、电液联合驱动系统、钻杆自动装卸系统等有机结合，实现一键全自动钻孔施工、自动上下钻杆、自动钻进、自动调整方位角和倾角等功能。该钻机结构紧凑、操作灵活、机动性好、能显著减轻工人劳动强度及提高作业安全系数。相比常规钻机，单台钻机每班操作人员减少至 1~2 人，具有下井人员少、综合钻进效率高、经济效益高、智能化程度高、安全性好等优点。

自从该全液压自动钻机投运后，不仅减少工人作业淋水、降低员工劳动强度，而且较普通钻机平均每班可减少操作工 2 人，减少了人工成本，提高了工作效率。煤矿井下钻探设备的革新，对推进安全、高效、智能矿井建设将起到深远而积极的影响。



图 4：ZYWL-2000Y 全液压自动钻机施工现场

四、分区关联排水

矿井共有 7 个泵房（中央 1#、2#主排水泵房及盘区 1#、3#、4#、5#、7#水泵房）68 台水泵、28 趟排水管路和 14 个水仓组成，排水系统能力为 $14100\text{m}^3/\text{h}$ 。矿井分为四个排水分区，其中中央 1#水泵房负责 31 煤、42 煤大巷、井筒排水；中央 2#水泵房负责 4 盘区所有涌水、三盘区污水；盘区 1#泵房负责 1 盘区所有涌水；盘区 3#、4#泵房负责 2 盘区所有采空区涌水；盘区 5#、盘区 7#负责三盘区所有清水。矿井主要排水管路相互之间有机联结、阀门控制水流方向，各盘区涌水即可排至盘区水仓，也可排至中央水仓；各盘区泵房即可排至中央泵房，也可通过强排钻孔直接排至地面，大大提高了排水的灵活性和可靠性。

五、均衡智能排水

为提高排水系统的可靠性，避免人为失误造成事故，避

免污水浊度过大影响污水处理效率，解决高峰排水造成的成本增加，建立了矿井均衡智能排水系统。减少固定岗位工 27 人，通过大数据的分析，对主要水泵房的排水系统进行了优化，优化管路 32550 米，年节约费用 1300 余万元。实现了矿井水清污分流，减轻了地面污水处理厂压力。井下产生的清水直接收集或污水经采空区过滤后通过清水泵房直接排至地面复用，年节约污水处理成本约 970 万元，同时降低了环保风险，避免了污水处理厂因浊度影响而造成的环境事件；实现了错峰排水，年节约电费约 220 余万元。

（一）均衡智能排水系统首先通过在采空区、井下所有主排水仓安设水位传感器，排口安装电动闸阀以及水仓液位传感器，当水位达到设定位置时，水泵开关自动开启，当水位低于设定位置时，水泵开关自动停止，实现自动排水。中转水仓、分散小水泵实现自动以及远程监控排水，总回风巷实现风泵自动排水，主要排水地点设置安全预警水位并联动自动排水，确保矿井安全排水。

（二）主排水泵房在水仓容量满足的情况下，根据供电的高峰、平段、低谷，实行高峰不排、平段少排、低谷多排原则，制定各排水泵房排水时间表，分别通过逻辑控制实现错峰排水和超水位自动排水功能、电动闸阀等实现在电价平段和谷段的错峰排水，实现了盘区一号水泵房、盘区三号水泵房、31403、31405、31408、31409 等排水地点错峰排水，有效降低了用电成本，同时错峰排水范围还在不断扩大。

（三）均衡排水，实现基于浊度、压力、水位、用户自

控等参数的无人自动、远程控制、自动切换和联动控制的安全智能排水，具备浊度超限、管路压力超限自动切换，减少地面污水处理厂的处理压力及用药消耗，同时实现了基于用户需求的自动控制排水等功能。

（四）排水量预警模型包括流量分析、浊度仪分析、水量明细、地点-流量计关联、预警配置、地点配置、流量计配置。通过分析最大涌水量比正常涌水量的超出幅度，同时结合矿内排水系统的设防能力，确定了各排水泵房涌水量的预警值。如果当日排水量大于或等于设定预警值，系统自动预警，并将预警信息以短信形式推送到相关人员。

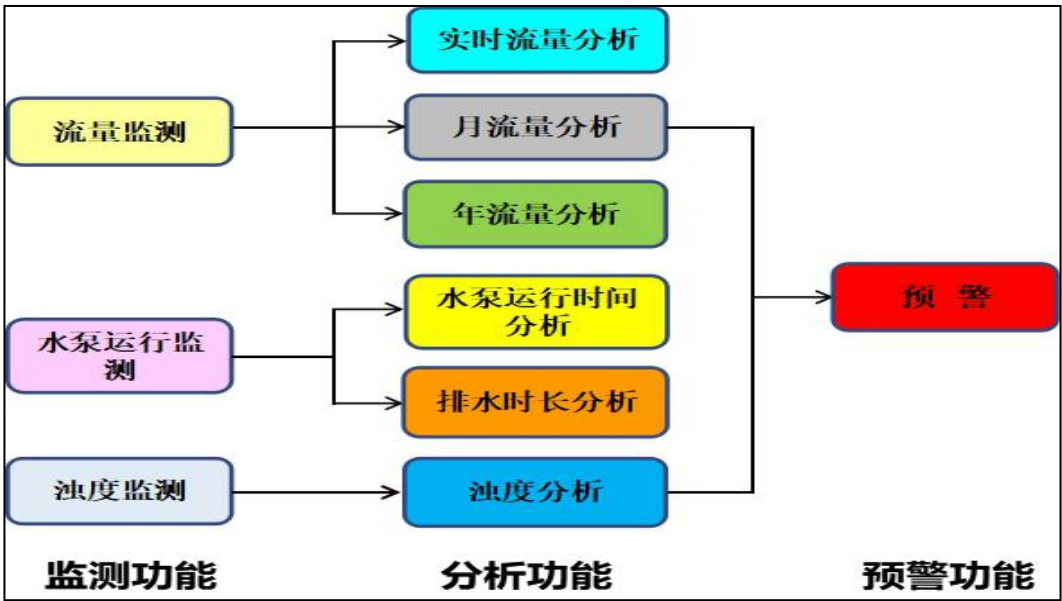


图 5：均衡智能排水管理系统功能

六、防治水应急设施建设

在 31 煤胶、辅运大巷安设了防水闸门，并在 31 煤、42 煤安设了潜排电泵。潜排系统电源安装在地面可以远程控制，矿井应急情况下使用，排水能力达到 6600m³/h。其中 31 煤强排系统安装 BQ1100-340/4-1600/W-S 强排泵 4 台，五趟

DN400 管路与三趟 DN500 管路对接直接外排地面，排水能力为 $4400\text{m}^3/\text{h}$ ，42 煤强排系统安装 BQ1100-320/4-1200/W-S 强排泵 2 台，两趟 DN400 管路直接通过钻孔外排地面，排水能力为 $2200\text{m}^3/\text{h}$ 。

防水闸门液压系统压力 18-20Mpa，整套系统符合《煤矿防治水细则》第九十六至第九十九条规定。在发生灾害时可以有效将盘区之间隔离，提高了矿井防灾、抗灾能力。

七、分区段预测分级管控工作面涌水量技术

针对锦界煤矿井田面积大，工作面推进长度长，上覆含水层厚度、隔水层厚度分布、导水裂隙带高度变化大，以往工作面涌水量预测只对整体预测出正常涌水量和最大涌水量，工作面排水系统按预测最大涌水量的 2 倍布设。实际回采过程中风化基岩含水层厚度薄的区域工作面涌水量相对较小，排水系统富余较多，排水设备利用率低，造成了较大的浪费，后期末采期间含水层厚度较大区域由于该区域含水层较厚且工作面为俯采，工作面涌水量较大，造成工作面排水系统不足，排水压力较大。为此在锦界煤矿 31409 工作面首次采用分区段预测分级管控工作面涌水量技术，根据不同区域含水层厚度变化，将工作面分为三段，分别预测涌水量，并且根据预测的涌水量大小分级布设排水系统。有效解决了以往工作面一次将排水设备布置到位后，设备利用率不足 40%，分级布设排水系统后，设备利用率能达到 70%左右，有效的提高了设备利用率，降低了排水设备备用状态下的电量损耗，一个工作面节约电费 20.4 万元。排水设备维护工作

由以前的平均每天 2 人工减少到现在的每天 1.5 人工，人工成本预计节约 10 万元左右。

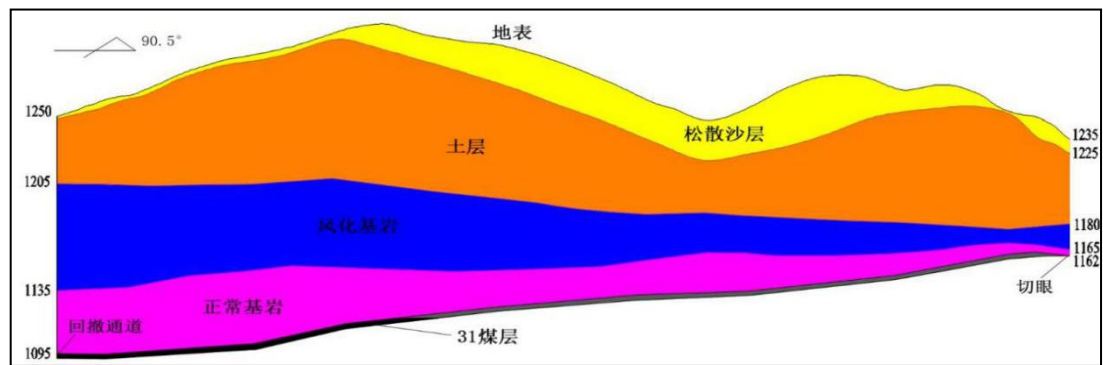


图 6： 锦界煤矿 31409 工作面剖面示意图

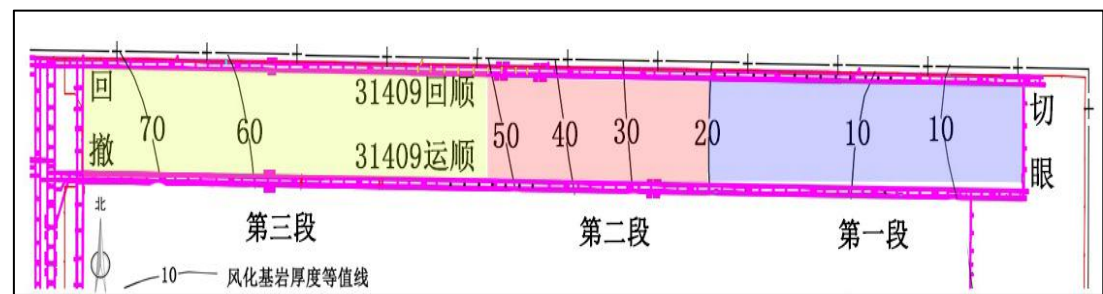


图 7： 锦界煤矿 31409 工作面涌水量预测分区图

锦界煤矿在多年的防治水实践中，通过大胆探索、不断总结，形成了一套较为完善的顶板水害防治技术，在生产过程中取得了显著的成效，为类似大涌水量矿井的水害防治提供技术借鉴。

煤矿顶板水害防治经验介绍

国能宁夏煤业公司麦垛山煤矿

煤矿顶板水害防治是矿井灾害防治的重要内容，尽管近年来水害事故数量及死亡人数总体呈下降趋势，但较大以上水害事故时有发生，形势依然严峻。因此，做好煤矿顶板水防治工作，并制定针对性的防控措施，是防范煤矿重特大事故的有效途径，更是深入贯彻落实习近平总书记关于安全生产的重要指示精神的重要举措。本文以麦垛山煤矿顶板水害防治技术应用，主要阐述顶板水防治的特点、技术手段和治理理念，通过查清顶板含水层赋水特点，采取“探、防、堵、疏、排、截、监”综合防治措施，完善排水系统，实施钻探疏水降压，采取超前预注浆等，有效疏放含水层静储量，总结一些探放水的技术和方法。

一、麦垛山煤矿水文地质概况

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司麦垛山煤矿，位于宁东煤炭基地鸳鸯湖矿区南部，井田呈北西～南东向条带状展布，面积 65km²，矿井设计生产规模为 8.00Mt/a，服务年限为 91.9a。

井田属半沙漠低丘陵地形，地势为西北高，东南低。井田属苦水河流域，常年地表无径流。井田水文地质区划属于鸳鸯湖矿区裂隙孔隙水分区。

麦垛山煤矿水文地质条件复杂，井田含水层按岩性组合

特征及地下水水力性质、埋藏条件等，由上而下划分为以下五个主要含水层，具体见图 1。

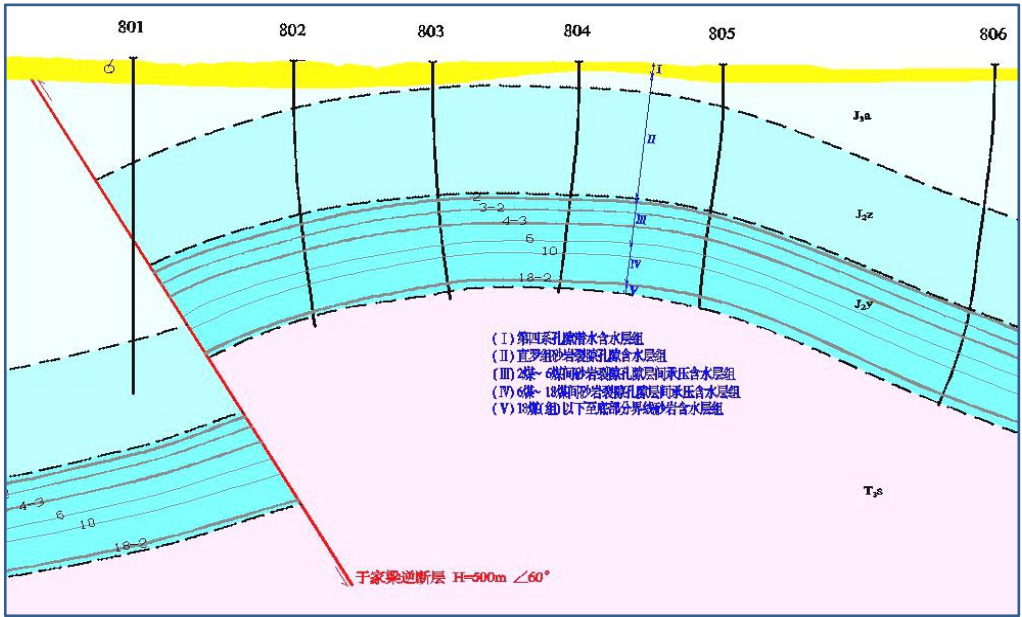


图 1 麦垛山煤矿含水层示意图

麦垛山直罗组下段裂隙孔隙强含水层是影响 2 煤的主要直接充水含水层之一，分布于整个井田，含水层厚 60.21 ~ 317.70m，平均厚 138.7m，俗称“七里镇”，是以古封存地下水且以静储量为主、富水性强的承压水含水层。该含水层渗透性较好，局部地段富水性相对较强，是影响 2 煤开采的矿井主要充水水源，也是影响矿井开拓及安全生产最大的含水层。在 11 采区 2 煤顶部赋存有 1-2 煤间延安组砂岩强含水层，主要分布在 20 勘探线以北，在 20 勘探线以南，随 1 煤尖灭。根据地质资料，在 110207 工作面范围内 1-2 煤间砂岩含水层厚度为 10.25m ~ 29.08m，平均 20.03m，总体呈北薄南厚趋势。岩性以细砂岩、粗砂岩为主，该含水层下距工作面 0 ~ 10.12m，平均 3.88m，16 勘探线以北含水层逐渐成为 2 煤直接顶。

根据矿井水文地质补充勘探、防治水工程总结等，经过不断对顶板水的认识和防治探索，总结出顶板含水层富水性分布不均一、可疏性强，具有孔隙含水、裂隙导水、构造出水三个特点。针对在不同水文地质条件、不同水害类型的阶段性水害提出防治思路和经验。

二、顶板水害致灾因素分析

（一）构造（断层）致灾因素

断层破坏了顶板隔水层的完整性，给顶板水创造了良好的导通条件，尤其是正断层，由于断层带孔隙多、孔隙度大，加之断层两盘常伴有次生裂隙构造，形成断层的裂隙带，与断层破碎带共同成为断层水的储存体和良好通道。当巷道掘进揭露断层，断层破碎带内的水或者断层沟通煤层顶板含水层水会使矿井涌水量显著增加。

（二）不良地质体类致灾因素

宁夏区域煤矿顶板含水层多是直罗组、延安组砂岩含水层，这类水特性是“易疏难干”。宁东煤田鸳鸯湖矿区的红柳煤矿、麦垛山煤矿和石槽村煤矿主采侏罗系延安组煤层，其2煤回采受到顶板直罗组底部砂岩含水层的威胁，该含水层具有渗透性较差、富水性不均一且以静储量为主的特点。工作面开采后周期来压时，伴随着基本顶垮落，顶板含水层水通过导水裂隙带、封闭不良地质钻孔等导水通道涌入工作面。

（三）离层水致灾因素

离层水害根据离层水体发育高度的不同，形成机理也有所差异，宁东煤田侏罗系煤层开采过程中出现的离层水，其

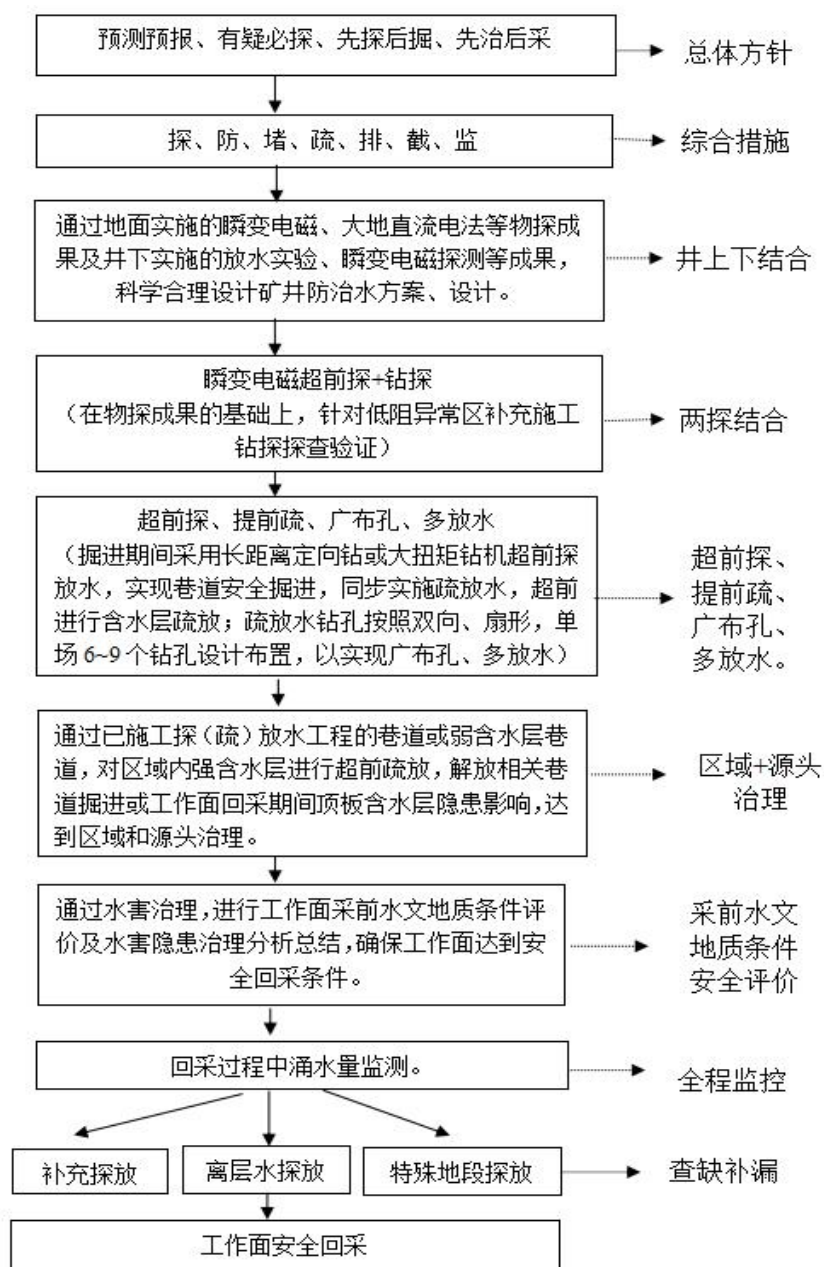
形成特点是离层空间发育在导水裂隙带高度范围内，且在顶板含水层中发育有厚层隔水层。随着回采顶板垮落，隔水层与含水层发生不同程度的垂向位移形成层间离层，随后隔水层遇水膨胀愈合采动裂隙，形成具有储水功能的离层水体。随着工作面的推进，基本顶周期来压垮落，原先的平衡打破，离层水体涌入工作面。

（四）工程地质条件致灾因素

从工程地质的角度分析，当煤层顶板为泥岩、炭质页岩、炭质泥岩和粉砂岩，巷道围岩强度低，自承载能力差，特别是围岩含有粘土矿物成分，遇水后强度损失严重，且软化膨胀。锚杆、锚索容易揭露含水层导致顶板出现淋水，使围岩强度不断降低，支护稳定性下降，甚至失效，顶板开裂下沉现象明显，极易发生漏顶现象。

三、水害防治技术路线

在总结历年防治水工作经验的基础上，广泛听取各专家会诊及科研院所研究成果，针对顶板含水层防治，制定了采取“井上下结合”、“两探结合”方法开展探放水；“区域疏水降压”、“工作面超前疏放”开展顶板水害治理的防治水技术路线。



麦垛山煤矿防治水技术路线图

四、水害防治经验

（一）持续完善矿井排水系统建设。矿井在主水平、副水平分别建立了直排地面的永久排水系统。在主水平建立了地面直接启动的抢险救灾排水系统的基础上，根据采区划分、水平分布及煤层开采水文条件等，合理规划建设采区排水系统及工作面排水系统，以保障矿井排水安全。

（二）不断深化水害防治理念。积极推进防治水工作由局部治理向区域治理、措施防范向工程治理、过程治理向源头治理转变。通过已施工探（疏）放水工程的巷道或弱含水层巷道，对区域内强含水层进行超前疏放，解放相关巷道掘进或工作面回采期间顶板含水层隐患影响，达到区域和源头治理。

（三）不断强化水害区域管理。根据《麦垛山煤矿防治水“三区”管理报告》，开始逐步实施 11 采区长梁山周家沟背斜两翼疏放工程和 11 采区北翼 F10 逆断层西侧等区域疏放工程，为 2 煤层三区转换提供技术支撑。

（四）不断深入水害防治路线。掘进期间“超前探、提前疏”，采用长距离定向钻或大扭矩钻机超前探水，“长短探结合”对低阻区进行验证，实现巷道安全掘进。同步按照“广布孔、多放水”实施疏放水，为工作面具备安全回采创造时空条件。

（五）不断走实逢掘必探。在 2 煤工作面“逢掘必探”的基础上，扩展到全矿井各掘进工作面。采取“物探先行、钻探验证”开展探放水，所有掘进工作面均实施瞬变电磁超前探测，每次探测掘进前方 100m 范围含水层富水性及岩层裂隙发育情况，针对探测出的相对低阻区，实施钻探探查验证，确保钻孔钻进轨迹覆盖物探探测相对低阻区域，做到相互验证，以消除含水层导水影响。

（六）扎实开展水文地质基础工作

1.深入开展水文地质补勘。接连实施了 11 采区水文地质

补充勘探、二分区长梁山向斜以西煤炭地质补充勘探，正实施的 12 采区煤炭地质补充勘探计划在原有基础上再增加 5 个水文孔，通过实施地质、水文地质补充勘探，扩大对含水层的探查，进一步查清矿区水文地质条件。

2.主动开展井下放水实验。开展了麦垛山煤矿 11 采区 2 煤放水实验，验放水试验共施工 12 个钻孔，包括 5 个放水孔和 7 个观测孔，总工程量 1674m，取得新的水文地质参数，为矿井开展 2 煤防治水工作提供技术依据。

3.规范开展水文地质类型划分。严格按照《煤矿防治水细则》定期修编水文地质类型报告，根据划分结果，科学合理制定矿井防治水方案、措施。

4.完善矿井水文监测系统。建立了矿井水文监测系统，并依托矿井灾害精准预警与智能通风示范建设项目，新建矿井疏放水监测系统，建设矿井三维地质模型，实现对 2 煤顶板直罗组砂岩含水层的水位、水温、水质等进行长期动态观测，在井下设监测分站，对采区涌水量、矿井排水量进行实时监测，实现突水风险的分级预警。

5.强化开展防治水培训和应急演练。定期对矿属防治水技术人员及相关人员进行防治水，每年雨季前开展一次水灾事故应急演练，提高对突发事件的防范意识和救援处置水平。

6.积极开展科研攻关和科技创新。联合科研院所，在“副立井、回风立井冻结与上部井壁保护关键技术”、“矿井水害危险源辩识与动态评价技术研究”、“矿井突水水源快速判识与水灾防控关键技术研究”及“麦垛山煤矿 11 采区 2 煤顶

板直罗组下段粗砂岩含水层防治水技术研究”的科研成果的基础上，积极开展矿井顶板水害防治技术研究，科学总结 2 煤工作面掘进顶板砂岩防治水技术，制定顶板含水层可疏性评价及区域疏放水方案，为矿井安全开采 2 煤提供技术支撑。

(1) 管式超前预注浆技术

通过采取大直径注浆孔注浆对出水点及其附近的裂隙进行封堵和对顶板破碎的岩体进行加固。注浆钻孔布置方式为“梅花形”布置，针对顶板裂隙发育区，尽量靠近钻孔的塌孔段，对泄水钻孔已经探明的无水区域不布置钻孔或者布置少量钻孔，钻孔施工时先施工编号为双数的钻孔，再进行施工编号为单数的钻孔，注浆方式采用上行注浆；后续施工的钻孔既可以对前一阶段注浆情况进行检验，又可以作为补充注浆钻孔，加强前一阶段注浆效果，注浆参数根据现场施工情况及时调整，实现巷道围岩的稳固性、安全性，保障掘进安全。



图 井下施工超前预注浆钻孔

（2）两带探查技术

通过在井下钻孔内分段压水测试和钻孔彩色电视，综合研究 2 煤工作面顶板“两带”发育高度。对现场所取水样进行室内水质分析；对首采工作面覆岩破坏研究采用 FLAC3D 软件进行数值模拟，综合现场实测与数值模拟取得的成果资料，研究首采工作面采后顶板覆岩“两带”发育高度及其特征。“两带”探查钻孔中设置原始地层对比孔、导水裂隙带探查钻孔和垮落带探查钻孔，根据钻孔彩色电视观测、压水试验及数值模拟等分析结果，测定了 2 煤工作面开采后垮落带高度，为 2 煤工作面水害防治提供了技术支撑。

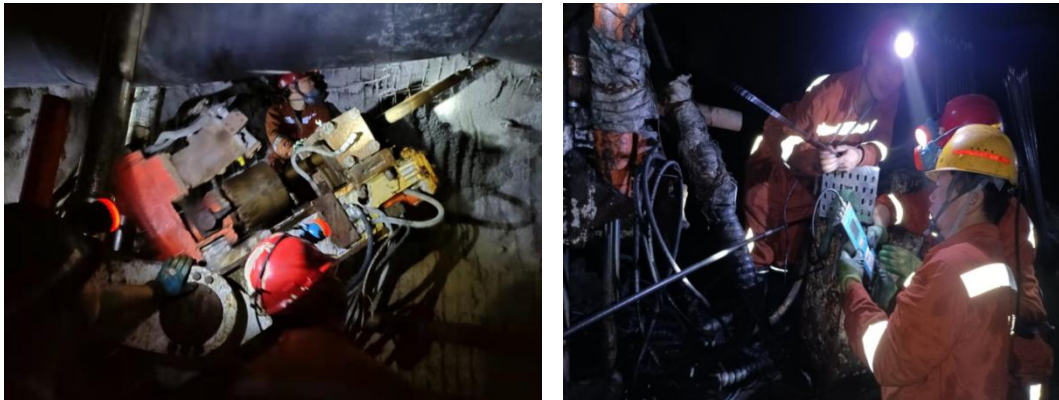


图 井下施工“两带”探查钻孔和钻孔彩色电视观测

（3）矿井突水水源快速判识与水灾防控关键技术研究

结合麦垛山煤矿地质资料和三维地震资料，建立符合矿区的地电模型，进行电磁法数值模拟。建立导水通道的 3D 地震和电磁法联合精细定位技术，按照不同的电磁法、电磁与地震探测成果综合对比分析和联合解译的原则，实现矿区岩层富水性及构造裂隙发育区等导水通道的精细定位。

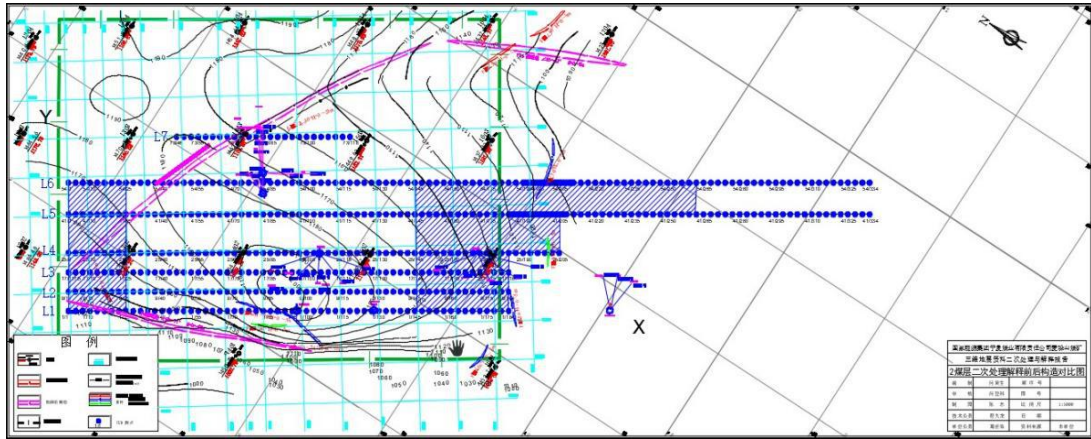


图 110205 和 110207 工作面顶板富水性综合解释图

（4）宁东矿区麦垛山矿及红柳矿矿井水害危险源辩识与动态评价技术

以麦垛山煤矿地质背景条件为基础，开展工作面推进采掘扰动过程中顶板突水通道形成、含隔水层结构动态演变以及突水危险性动态评价、致灾危险源动态辩识等方面的评价工作，为矿井顶板水害防治提供决策依据，形成矿井适用性强、可靠性高的突水危险源动态辩识与危险性评价方法，成为技术领先的顶板采动导水通道形成及动态演化过程的“地震一体化”监测与辩识，以及突水危险源辩识与动态评价。

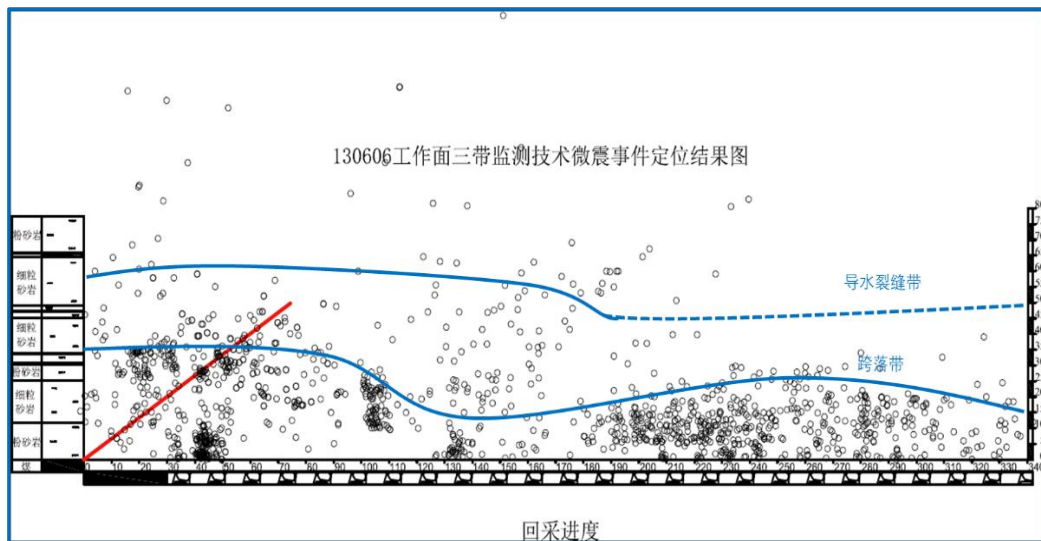


图 130606 工作面两带监测微震事件定位图

五、水害防治技术效果

通过实施掘进探放水、采前疏放水等，矿井含水层静储量得到有效疏放，含水层水位降深明显。目前，矿井正常涌水量 $831\text{m}^3/\text{h}$ ，采区工作面单位涌水量 $106\text{m}^3/\text{h}$ ，远小于工作面回采预测正常涌水量 $357.27\text{m}^3/\text{h}$ ，工作面已安全回采 1800 多米。矿井共计疏放水 8801 万 m^3 ，其中 11 采区疏放 2 煤顶板含水层 5669 万 m^3 ，首采工作面累计疏放水量达 1140 万 m^3 。通过水文监测系统各长观孔监测 11 采区直罗组下段含水层水位均有不同程度的下降，局部最大降深 243m。

六、结论

（一）煤矿顶板水害类型多，包括裂隙水、构造水、钻孔水等，应采取“探、防、堵、疏、排、截、监”综合防治措施，并加强水文地质基础工作，保证水文地质资料的详实可靠。

（二）开展煤矿顶板水害防治工作，应坚持分煤层顶板岩性特征、含水层富水性，按掘进及回采分阶段逐步实施。煤矿顶板水害防治应坚持局部治理向区域治理、措施防范向工程治理、过程治理向源头治理理念。按照“两探结合”，采取“长短探结合”，“超前探、提前疏”，疏水降压，为工作面具备安全回采创造时空条件。

（三）开展煤矿顶板水害防治应积极应用新技术、新设备、新工艺，智能化监测手段，实现分级预警，提高水害防治水平。

华北型煤田薄层灰岩水患 超前区域治理技术

中煤科工西安研究院（集团）有限公司

华北型煤田东部矿区的采掘活动逐步向深部延拓，在高地应力、高矿压、高水压的影响下，同时受采掘扰动影响以及深部导水构造探查不准的影响（如陷落柱的探查率目前只能达到约 30%），煤矿开采饱受顶底板灰岩水害隐患威胁。

开采实践表明：传统的地面及井下治理手段无法根除水害威胁，部分大水矿井因强径流导水构造（如陷落柱、构造集中破碎带）造成的灾难性突水事故时有发生。2004 年至 2014 年的 10 年间，上述矿区发生十余次灾害性突水，其中 5 次突水量超 1 万 m^3/h ，造成矿井被淹，人员伤亡等重大灾害。相关矿井已经面临无煤可采、被迫关井的处境。

2014 年 2 月，中煤科工西安研究院（集团）有限公司与淮北矿业（集团）有限责任公司合作，以“朱庄矿Ⅲ631 工作面底板水害治理”为试验工程，初步形成了“地面顺层孔探注治理成套技术”。该技术的基本原理是：综合考虑工作面突水机理、地质及水文地质条件、采掘活动影响、现有探查、治理技术等因素，采用地面顺层孔“精准探查”、“高效治理”和“即时全面检验”，以实现区域超前治理和保水安全开采。

超前区域治理技术对复杂水文地质条件矿井深部开采水害治理具有重大意义，对我国其它复杂构造深部矿井水害

治理也具有普遍的借鉴价值。该技术彻底根治了底板大型灾变突水，实现了区域超前治理的理念，实现了由被动治理向超前治理的转变，由过程治理为主向源头预防为主转变；实现了由局部治理向区域治理转变；实现了由井下治理为主向井上下综合治理的转变；实现了由治水为主向治保结合的转变。该技术填补了国内该领域的空白，达到了国际领先水平，是煤层顶底板区域超前治理的唯一行之有效的技术手段。

一、薄层灰岩水患超前区域防治理念

针对华北煤田下组煤底板薄层灰岩水患，提出“水源-通道一体化”超前区域防治水理念，煤层受底板多层薄灰岩水直接威胁、且受未查明的隐伏垂向导水通道与基底强富水奥灰水源沟通的威胁，井下底板常规注浆治理已近失效，以采区甚至更大范围防治底板水害为目的，在采掘工程施工前选择距煤层底板适宜的薄层灰岩为目的层，地面实施顺层孔高压注浆，大范围改造薄灰岩直接充水层和封堵垂向导水通道，隔断基底奥灰水源，达到超前区域治理、实现安全掘进和回采水害防治目的。

针对黄河北煤田下组煤顶底板多层富水灰岩水害的技术难题，提出顶底板多层富水灰岩水威胁下以“顶底板协同”为核心的“查一治一疏一验”四位一体水患动态防治理念。顶板采用“边界帷幕截流—内部充填加固”，底板采用超前区域治理。

二、地面定向孔顺薄层灰岩精准、快速钻进及成孔技术

顺层注浆孔方向与地质构造、区域地应力方向的关系：

主孔方向尽可能沿垂直优势构造、裂隙方向布置，次主孔方向尽可能沿垂直水平方向最大主应力方向布置。

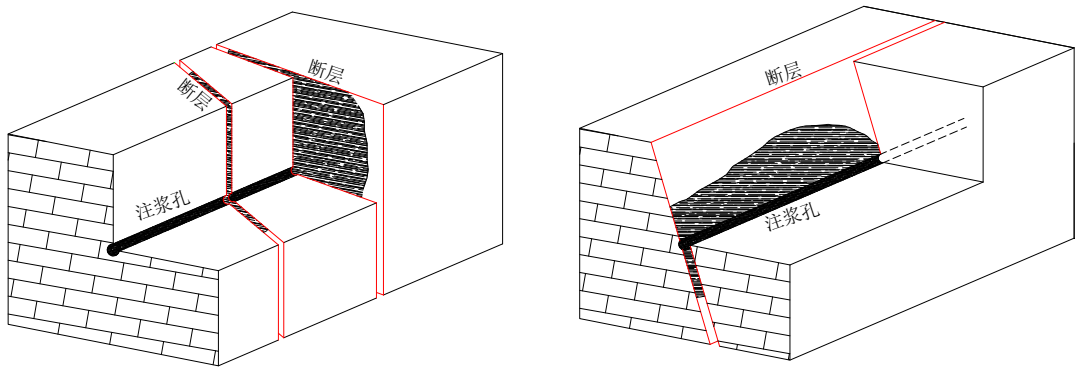


图 1 钻孔方位与断层不同交角注浆效果示意图

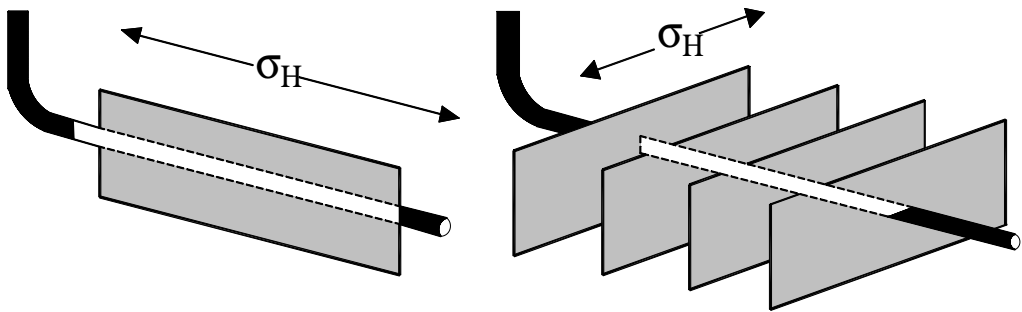


图 2 水平钻孔不同布设轨迹下的劈裂裂隙方位示意图

针对矿区超 1200m、控制精度 5m 范围内的地面定向孔穿越采空区、断层及陷落柱等地质条件复杂区域，采用“随穿随注” L 型钻孔柔性钻杆水平钻进成孔关键技术以及基于钻前利用直孔“靶点”精准造斜、钻中基于无线随钻测斜、随钻伽马和“三项录井”控制下的精准控制顺层钻进施工技术。

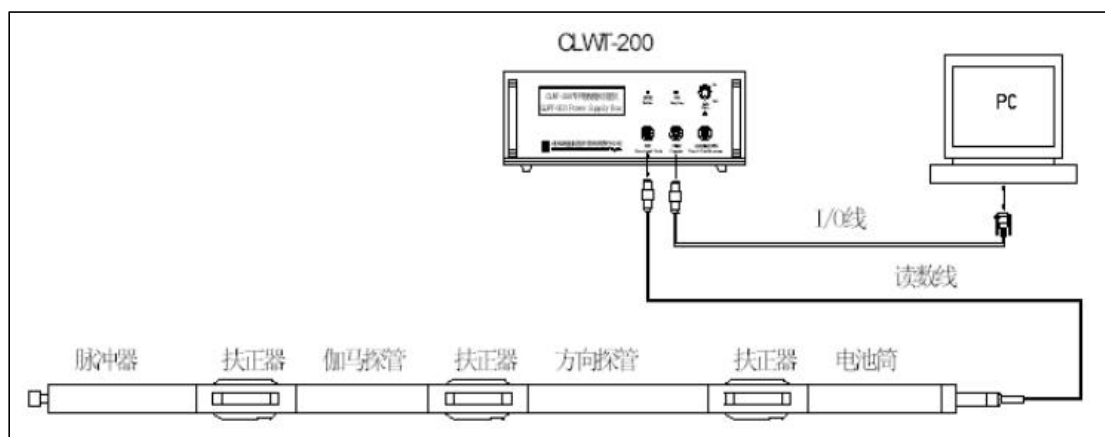


图3 钻孔轨迹精准控制测斜仪器和随钻伽马

三、高承压薄层灰岩水患超前精准查治一体关键技术

针对特大型岩溶陷落柱突水点地面快速封堵、大型断层破碎带地面预治理、顶底板薄层灰岩地面预治理和疑似陷落柱地面超前探查治理等不同水害治理类型，形成了高承压薄层灰岩重大水患的地面“点、线、面、体”全空间定向钻孔精准、立体探查的关键技术以及基于地面随钻“梯度增压”、“分段分序下行”注浆工艺，开展底板超高承压薄层灰岩水及大型断陷类通道等典型重大矿井水患的超前预治理。具体如下：

1.特大型岩溶（疑似）陷落柱探查治理技术包括：岩溶陷落柱“分段下行”注浆工艺，高承压陷落柱三维立体治理，高承压陷落柱治理效果精细分析。根据大型陷落柱在小尺度范围内的“体”状特征，采取“分段下行”注浆工艺；确定治理空间内“体”状陷落柱的注浆主孔与分支孔，进行特大型岩溶陷落柱地面快速封堵，根据探查注浆工程获取的多项指标，精细评价特大型岩溶陷落柱地面快速封堵效果。

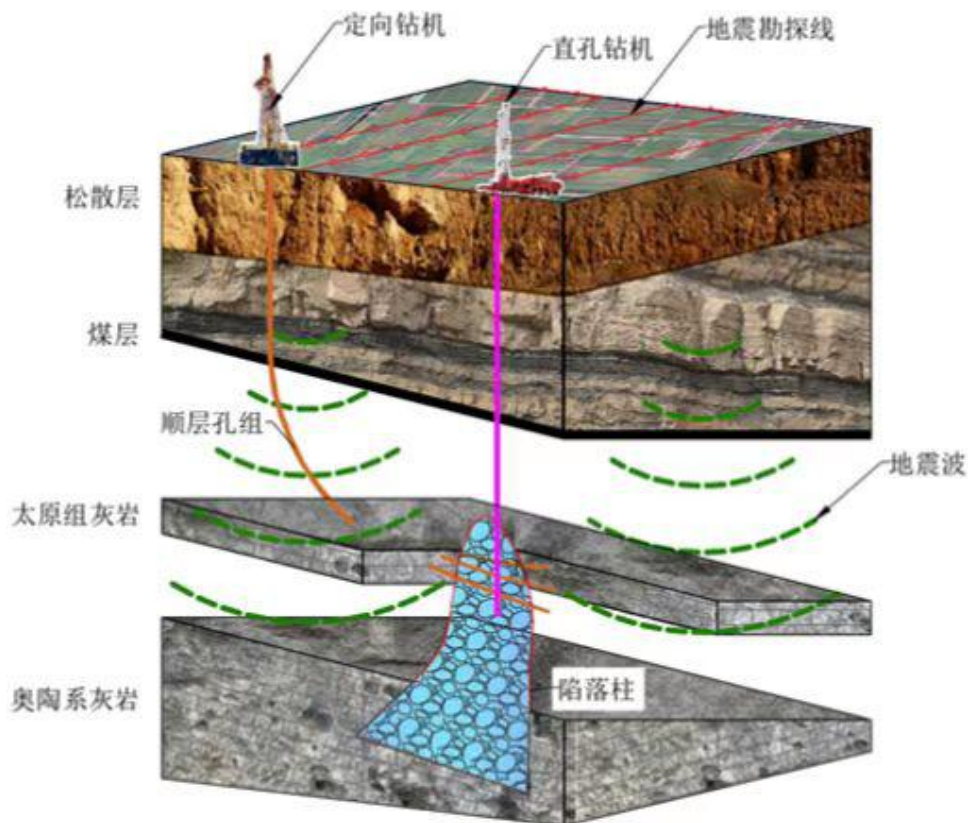


图4 地面超前探查治理（疑似）陷落柱示意图

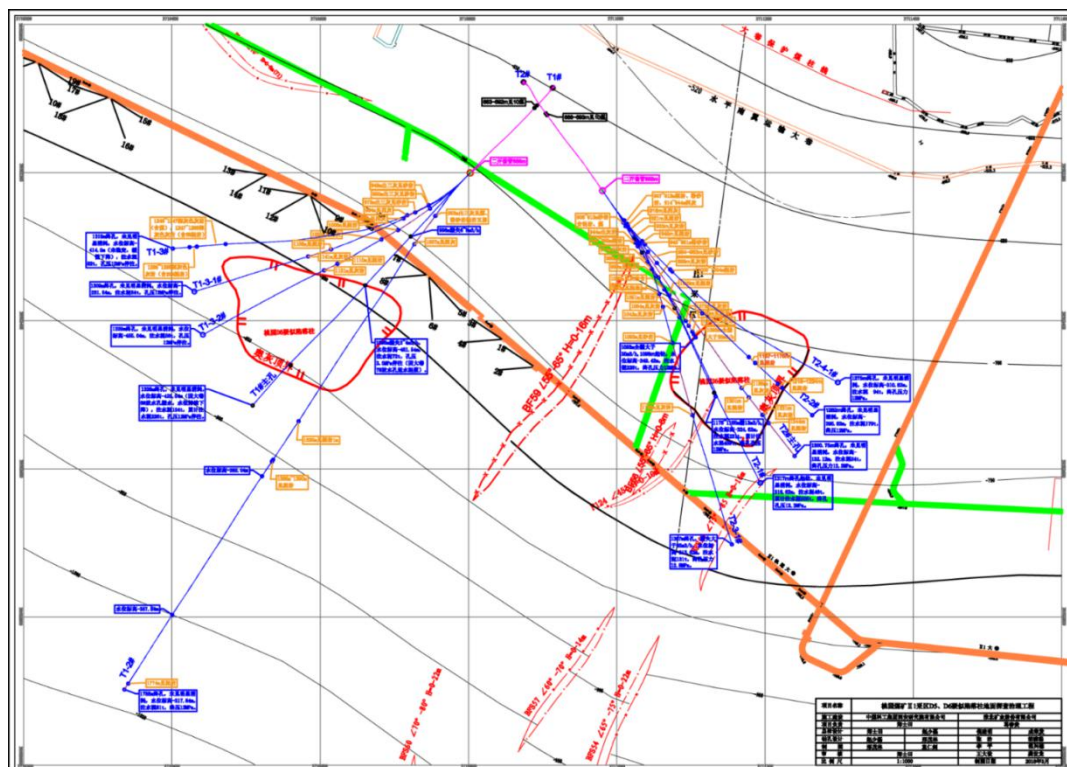


图5 桃园煤矿Ⅱ1采区D5、D6疑似陷落柱地面探查治理工程竣工图

2.顶底板薄层灰岩地面预治理关键技术主要包括：针对大面积薄层灰岩的“面”型空间分布，采取“梯度增压”注

浆工艺；确定“面”状治理下的注浆主孔组与分支孔间距，开展大区域地面综合治理，最终完成多参数区域治理效果精细评价。

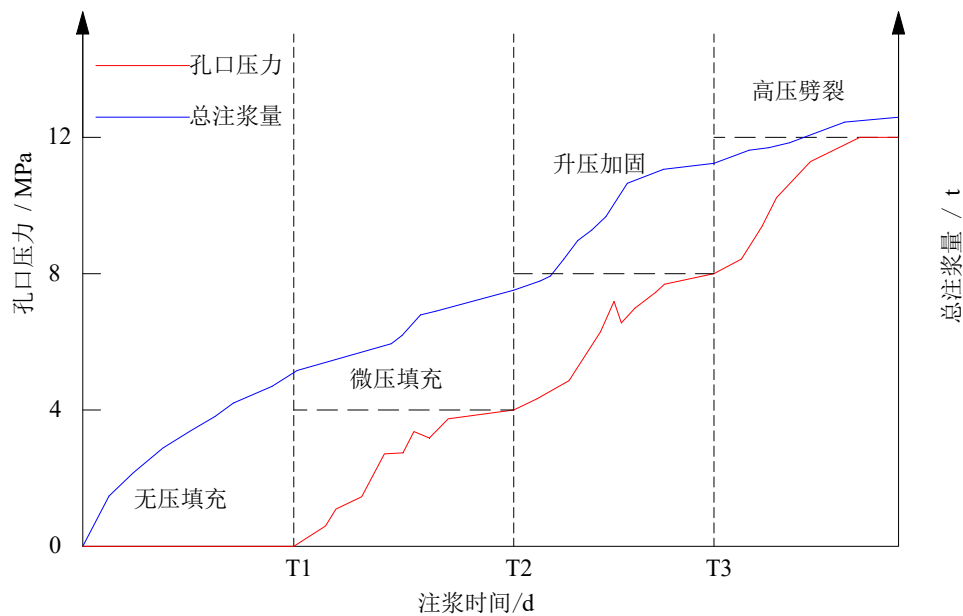


图 6 梯度增压注浆孔口压力-总注浆量-注浆时间曲线示意图

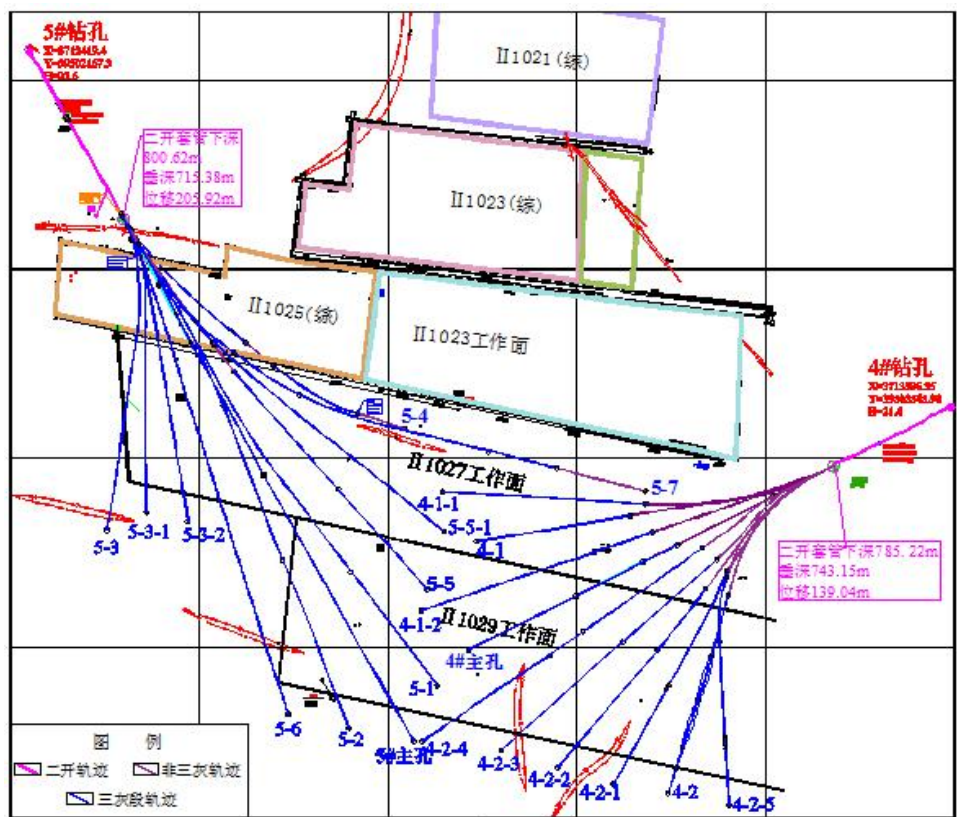
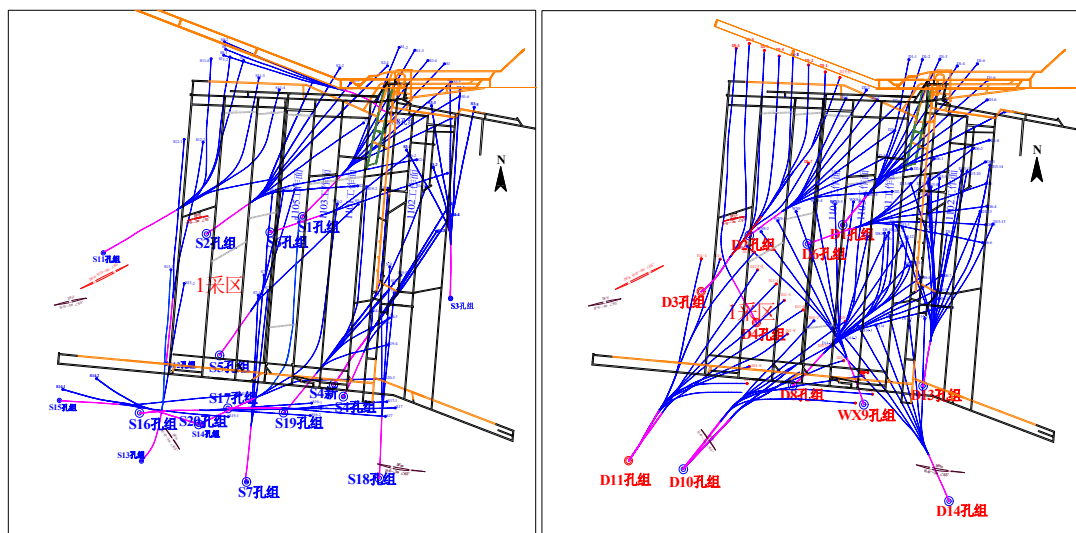


图 7 桃园煤矿 II 1027、II 1029 工作面地面定向顺层钻进注浆工程平面图



(a) 四五灰治理平面图 (b) 徐灰治理平面图
图 8 山东邱集煤矿顶底板薄层灰岩水患超前区域治理工程平面图

3.大型断层破坏带地面综合治理技术主要包括：大型破坏带“分序分段注浆”工艺，大型破坏带重点线性治理和大型断层带治理效果精细分析。针对大型断层带的“线”型空间分布及断层的性质，采取“分序分段注浆”工艺；运用注浆主孔组与分支孔形成的“羽状”空间分布，开展大型断层破碎带地面综合治理工程；在多指标综合评价下，完成大型断层带治理效果精细分析。

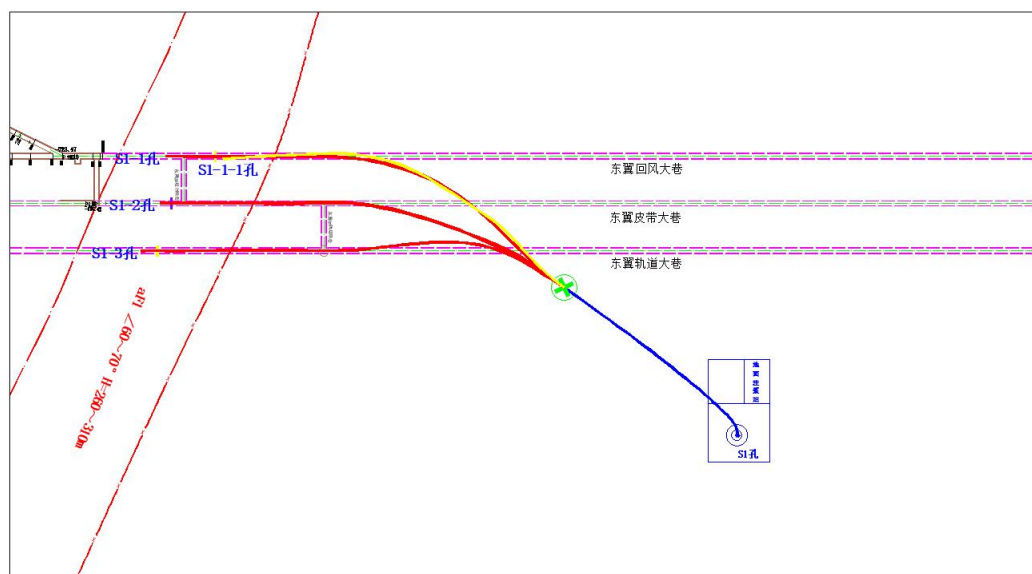


图 9 袁店一井煤矿东翼大巷过 aF1 断层超前区域治理工程平面图

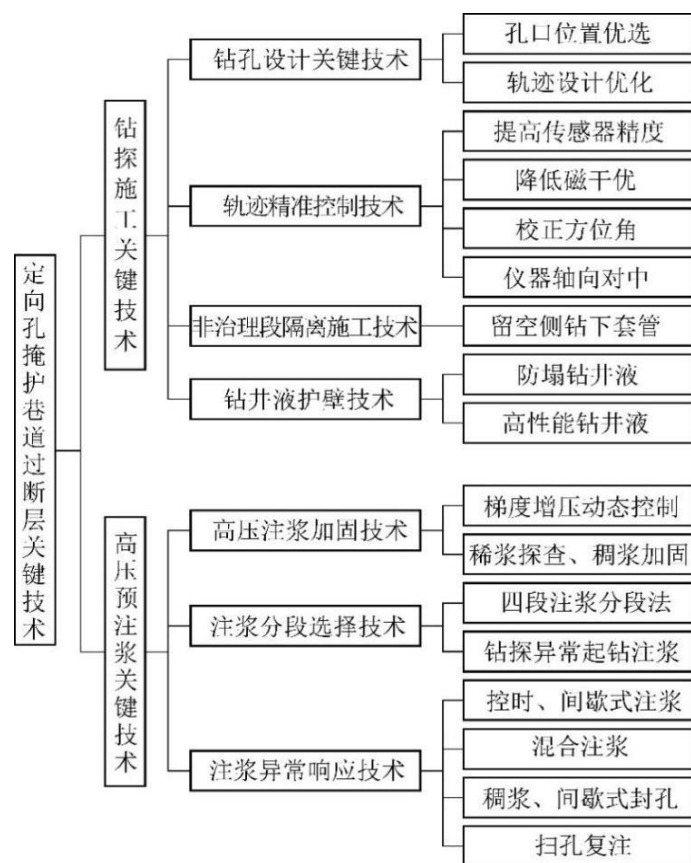


图 10 地面定向孔掩护巷道过断层关键技术体系

四、高承压薄层灰岩查治成效的“三位一体”综合检验与评价体系

围绕矿井煤层底板高承压薄层灰岩重大水患地面预治理成效的评价，提出了本组及邻近组 L 型治理孔组的分序交叉检验、声波远探测、井下钻物探的“三位一体”综合检验方法。

1.地面顺层孔分序交叉检验技术：采用支孔相邻检验、分序施工、间隔检验以及孔组交叉验证方法，一孔多穿，重点验证，实现施工过程中的自检和治理效果的过程控制。

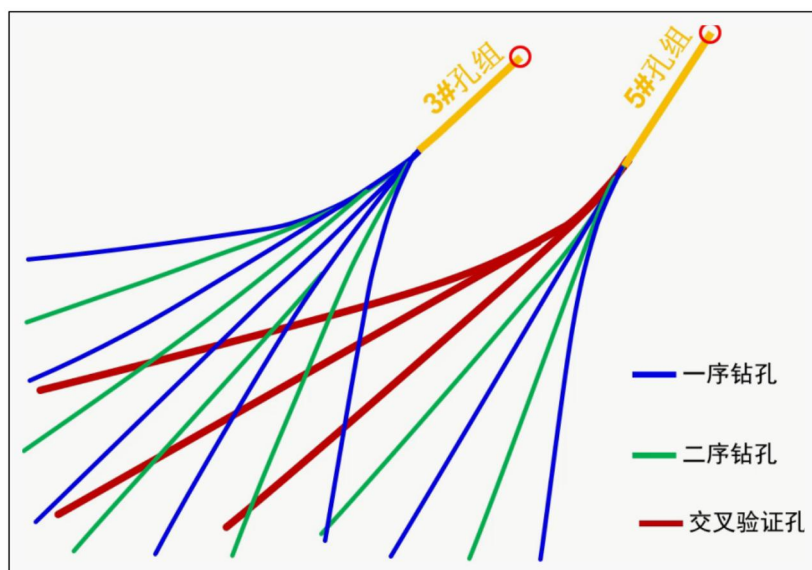


图 11 超前区域治理地面顺层孔交叉检验

2.采用地面顺层孔声波探测技术，对注浆效果进行检验，通过声波探测，对钻孔注浆前后目标地层的裂隙充填注浆效果进行评价。

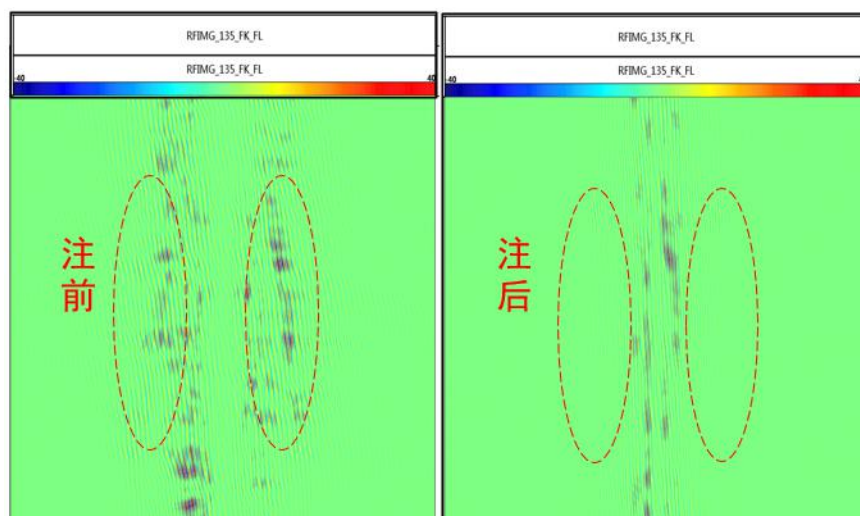


图 12 地面顺层孔声波远探测验证注浆效果

3.地面区域治理结束后，井下可采用如底板音频电透视探查等物探方法对注浆工作面或采区进行探测，分析其视电导率分布情况与相对异常区。然后，在井下顺槽检查孔中对音频电透低阻异常区、构造发育区及地面定向钻漏失点、注浆量大的区域及三灰层位未覆盖区域进行验证，兼顾对未覆

盖区域注浆加固；简言之，井下检验孔布孔重点关注：物探异常区、注浆空白区、断层破碎带、进浆异常点。

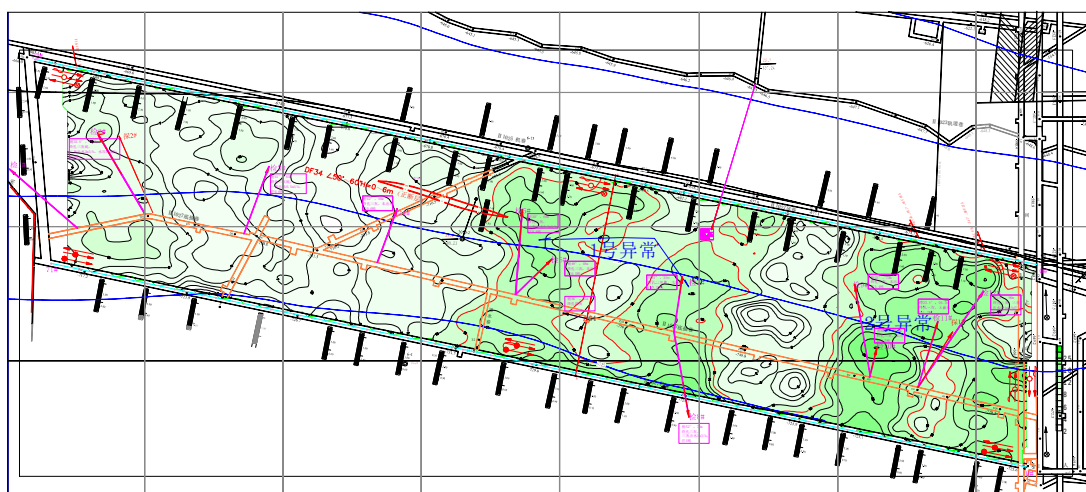


图 13 桃园矿 II 1027 工作面底板音频电透视探查成果和井下验证孔布置平面图

五、地面超前区域治理工程案例

“华北型煤田薄层灰岩水患超前区域治理技术”是基于多分支定向钻探技术、集成优化的注浆工艺，是中煤科工西安研究院（集团）有限公司、淮北矿业（集团）有限责任公司、冀中能源集团有限责任公司和山东能源邱集煤矿等单位，在对深部煤层顶底板灰岩水害长期研究的基础上，创新性提出的“超前区域治理”的整体思路，通过对煤层顶底板突水机理、多分支水平定向钻进、浆液扩散控制工艺、工程质量检验、开采安全评价等关键技术进行攻关，确定了“超前区域治理”水害的防治水新理念和查-治-验一体化的成套技术，较好地解决了我国中、东部地区华北型煤田深部煤层开采面临的顶底板灰岩水害威胁严重的安全难题。

自 2014 年以来，“地面顺层孔探注治理成套技术”不仅在淮北朱庄矿、桃园矿各个采区得到实施，并迅速推广至淮北杨庄煤矿、杨柳煤矿，皖北恒源煤矿，淮南潘集二矿、唐

家会煤矿，山东临矿集团邱集煤矿，河南永煤陈四楼煤矿、神火泉店煤矿，山西同煤麻家梁、榆树坡煤矿，陕西陕煤澄合矿业西卓煤矿，内蒙古国能棋盘井煤矿等十余对矿井，解放煤炭储量超过 1 亿吨，减少矿井涌水超 60%，既治理了灾害，又实现了保水采煤，为治理矿井带来经济效益约数百亿元。

该技术于 2018 年写入《煤矿防治水细则》，形成煤矿“七位一体”（即理念先进、基础扎实、勘探清楚、科技攻关、综合治理、效果评价、应急救援）和“五个转变”（即煤矿水害防治方式逐渐由过程治理为主向源头预防为主，由局部治理为主向区域治理为主，由井下治理为主向井上下结合治理，由措施防范为主向工程治理为主，由治水为主向治保结合转变）为主体的水害防治工作要求，杜绝了重大水害事故，保障了职工人身安全和矿井安全生产。

煤矿地面区域水害治理总结

河南能源集团有限公司

河南能源化工集团目前省内有 39 对生产矿井，突水系数超过 0.06MPa/m 的有 17 对矿井 24 个回采工作面，均采用底板全覆盖注浆加固措施进行了治理，有效保障了工作面安全回采。自 2016 年开始，河南能源化工集团义煤公司赵固一矿、赵固二矿、古汉山矿和永煤公司陈四楼矿等 4 对矿井先后探索实施地面区域水害治理工程。开展地面区域治理工程 26 个工作面，安全回采 6 个工作面，正在施工工作面 6 个。累计钻孔进尺 17.9 万 m，注入干料 142.3 万 t，累计解放煤量约 2460 万 t。区域治理工程开展较早的赵固一矿、赵固二矿，地面区域治理工程已覆盖未来 3-5 年采掘区域。开展煤矿地面区域水害治理的主要做法有：

一、完善机构，升级装备，提升综合治理能力。

（一）完善机构。河南能源集团成立了能源管理公司和地质研究分院，统领公司的地质、测量、防治水、矿井物探等工作。

（二）升级井下钻探装备。近三年来，陆续为 30 多对矿井增加大功率履带式钻机 80 余台、定向钻机 10 余台，有效提升了水害治理装备水平。

（三）加强地面注浆系统建设。实施底板注浆改造工程

的矿井全部建成了地面注浆站，实现了高效连续注浆。

（四）配备完善物探装备。目前存在水害威胁矿井常用物探装备、测斜装备已配备到位，实现了“日常物探矿井做、重点物探煤业公司做、综合物探研究总院做”的三级物探工作模式，为两探工作开展打下坚实基础。

二、积极推进水害治理示范性矿井建设

为有效解决现场水害防治技术难题，破解技术管理瓶颈，积极探索水害治理新模式，扎实推进水害治理示范矿井建设，先后建成赵固一矿、赵固二矿 2 对地面区域水害治理示范矿井和城郊矿、陈四楼矿、新安矿、孟津矿等 4 对井下水害治理示范矿井，并以 6 对水害治理示范矿井建设成果为引领，全面推进水害治理标准化、高效化。

三、大力开展地面区域治理工程

在水文地质条件复杂、极复杂矿井积极推动地面区域治理工程，目前先后在赵固一矿、赵固二矿、古汉山矿和陈四楼等 4 对矿井探索实施地面区域治理工程，逐步形成了“地面区域超前治理、井下物、钻探验证、异常区域注浆补强”的总体防治水工作路线，破解了有掘必探难题，提高了掘进效率，降低了水害威胁，实现了水害防治“由局部治理为主向区域治理为主、井下治理为主向井上下联合治理”的转变，保证了安全掘进与回采。

四、深入开展专家技术会诊，提高了地测防治水系统管控能力

返聘精干、高素质的离岗同志组成安全生产指导专家组，

由集团公司总工程师牵头对省内四煤业公司 34 对矿井进行了 43 次技术会诊，对矿井所属采掘头面逐头逐面进行水害风险研判。通过现场查看、沟通交流、查阅资料、辩证会商等形式，提出问题与建议 400 余条，对矿井防治水系统进行会诊把脉，提高了防治水系统管控能力，也为矿井下一步水害防治提供了技术支撑。

五、科技攻关，创新驱动，破解水害防治技术难题

针对制约矿井安全高效生产的水害防治技术难题，河南能源及所属煤业公司、矿井积极探索三级协调攻关的新模式，围绕困扰矿井安全高效生产的防治水技术难题，在地面区域治理、薄基岩下开采水害防治、大采高工作面底板水害防治、井上下综合治理、硬岩钻进、水害治理工程效果评价、井下隐蔽致灾地质因素精细物探技术、快速掘进高效超前探等方面，开展科研攻关项目近 100 余项，通过积极总结、探索，并借鉴外部智慧，内外结合，共同协作，实现水害治理工程高效施工，提升了灾害治理综合治理能力和安全保障能力。

锚定“零突水”目标，构建“12551”水害防治体系 持续推进渭北奥灰复合承压井田安全高效回采

陕西陕煤澄合矿业公司

澄合矿区位于渭北石炭二叠纪煤田中段，东西长约 67km，南北宽约 30km，总面积约 1718km²，矿区煤炭资源储量丰富，预测煤炭资源量 85.6 亿吨。澄合矿业公司目前下属 6 对生产建设矿井，其中生产矿井 5 对，建设矿井 1 对，核定生产能力 1020 万吨/年。

矿区为典型的华北型煤田大水矿区，区域奥灰静水位标高+365m，现主采的 5#煤层底板标高+100m~+350m，承受奥灰含水层水压 0.4MPa~2.7MPa，突水系数 0.023~0.067MPa/m。矿区由西向东，K₂含水层距煤层间距呈变薄趋势，承受 K₂含水层水压 1.32MPa~2.32MPa，当煤层底板发育隐伏导水通道导致 K₂与奥灰含水层存在水力联系时，煤层开采受复合底板承压水害威胁极大。此外，采掘活动也受顶板砂岩水、采空积水、断层构造、褶区等隐蔽致灾因素的影响，矿区内董家河煤矿水文地质类型为“极复杂”型，其余矿井均为“复杂”型。

一、以关键技术为支撑，构建“12551”综合防治体系

公司积极贯彻习近平总书记关于安全生产重要论述精神，立足“两个至上”，落实“两个根本”。在优化总结矿区以往水害防治经验的基础上，系统构建了渭北复杂地质条

件下“12551”水害综合防治体系，即：牢固树立“探查治理不到位就是事故”这一理念；持续推进两项技术突破；创新五项关键技术提升，夯实五项综合治理保障，执行一套完备的水害治理验证流程，确保实现安全回采。

矿区始终秉持理念先进、素质过硬、工艺科学、装备先进的原则，将矿井隐蔽致灾因素普查作为先决条件，全面查清矿井水文地质条件和致灾因素，构建“一矿一策、一面一策”的水害防治顶层设计。

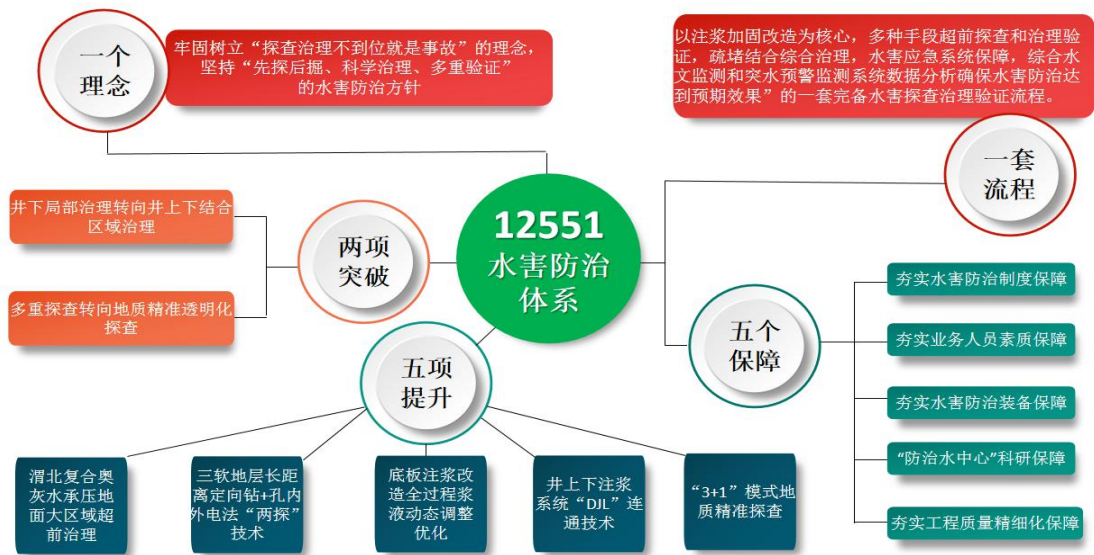


图 1 澄合矿区“12551”水害综合防治体系

（一）树立“一个理念”

随着矿区中深部断层、陷落柱等隐伏导水通道的增加，一旦发生突水，后期的灾害治理难度极大，且治理时间较长，安全风险极高。因此，公司坚定了“探查治理不到位就是事故”的理念，确立了“先探后掘、科学治理、多重验证、达标回采”的水害治理方针，强化了水害“可防、可控、可治”的防范意识。

（二）持续推进“两项治理技术突破”

技术突破一：井下局部治理转向井上下结合区域治理

随着矿井单进水平和采掘强度的增加，以往的井下治理工艺已无法适用于目前的快速掘进系统和大型智能化安全高效生产需要。公司综合采用井上下相结合区域综合探查治理的工作思路，率先在渭北西卓煤矿与董家河煤矿边界 F₂₅ 断层开展复合承压水害地面长距离定向钻超前大区域治理工程。

技术突破二：着力发展地质透明化，查明矿区隐蔽致灾因素

澄合矿区中深部煤层埋深达 500m 以上，以西卓煤矿首盘区为例，累计发现落差大于 5m 的断层达 23 条，落差小于 5m 的断层 7 条，此外煤层变薄带和褶曲发育地段探查不清也对智能化高效开采带来较大挑战。为解决这些问题，公司在矿区利用高密度地面三维地震成果解析、井下定向钻、孔内瞬变、超前反射槽波、随掘震源监测等工艺，着力提高隐伏导水通道、断层、陷落柱等构造的探查精度，将地质探查透明化作为采掘前置首要工作开展。

（三）创新应用五项关键技术提升

1.渭北复合奥灰水承压地面大区域超前治理技术

2020 年，公司积极与中煤科工西安研究院（集团）有限公司（以下简称西安院）协作，率先在渭北煤田利用地面长距离定向钻开展复合底板承压水害超前区域探查治理，创新应用了“薄层灰岩精细探查及追层技术”“主孔探查、高压

预注、目标导向、分序帷幕”“前后序次验证、跳孔注浆验证、井下两探验证”的效果验证技术，以及“施工全过程管控技术”等四大核心技术，成功实施了西卓煤矿地面大区域超前治理。截至2022年11月底，已累计完成钻探进尺58965m，注水泥93954t，保障了矿井8000m的安全掘进，解放原煤储量648万吨，相比类似水文地质条件的山阳煤矿顺槽掘进，出水点涌水量下降90%。

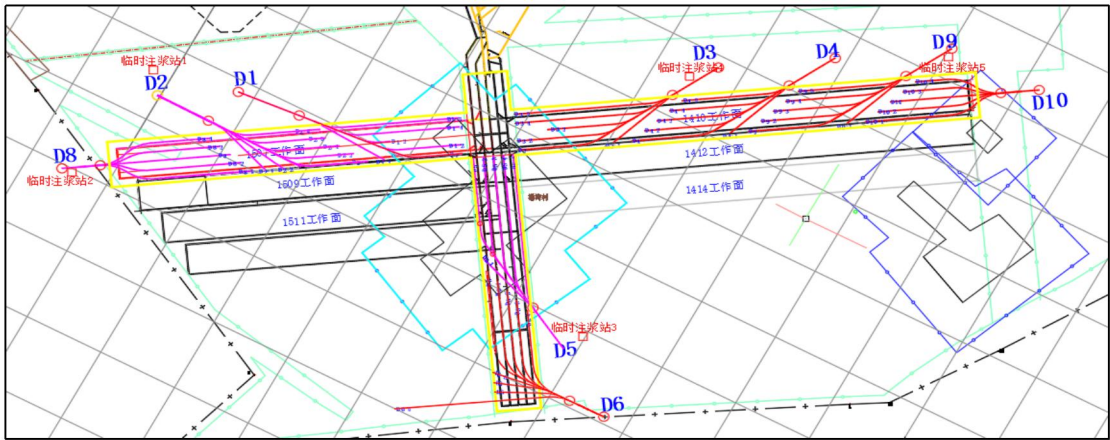


图2 西卓煤矿地面区域治理钻孔布置图

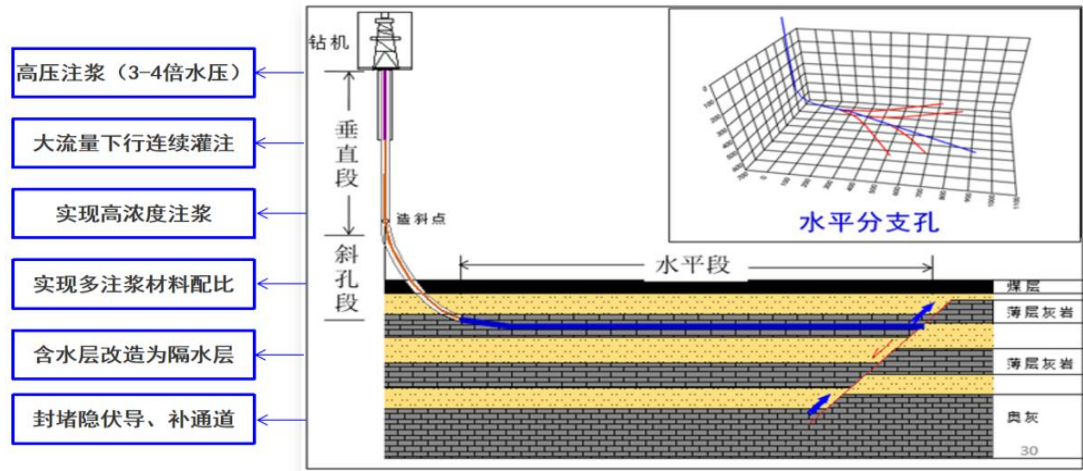


图3 西卓煤矿地面区域治理示意图

董家河煤矿三采区F25断层侧向截流与局部加固治理工程完成钻探进尺8327m，注水泥干粉4535吨。治理后的23502工作面涌水量由96m³/h下降并稳定在45m³/h。

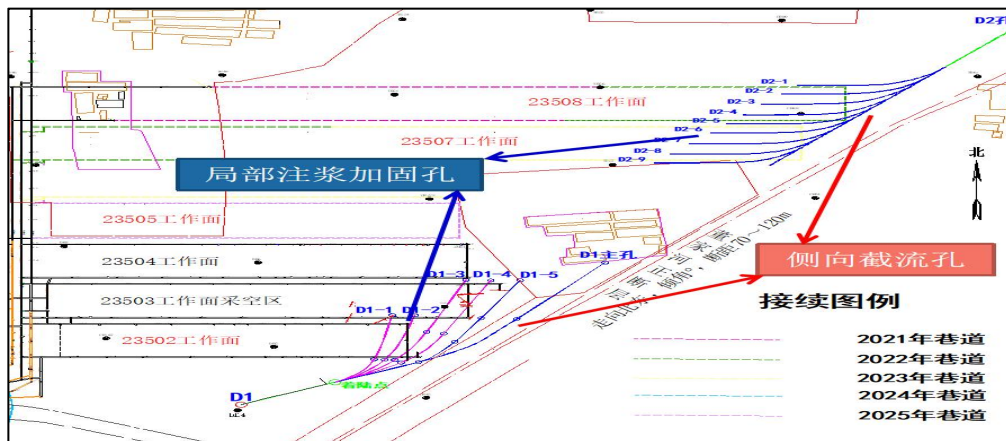


图4 董家河煤矿 F₂₅ 断层侧向截流与局部注浆工程平面布置图

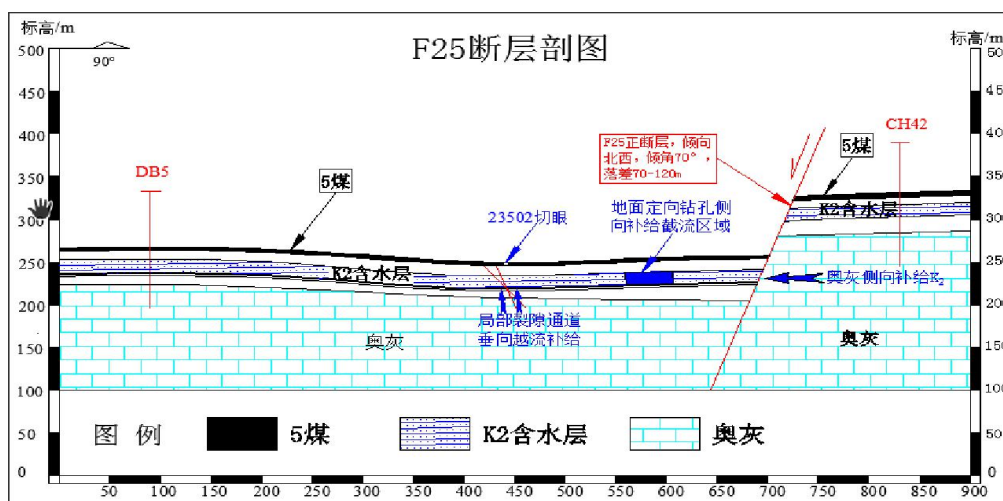


图5 董家河煤矿 F₂₅ 断层侧向截流与局部注浆工程示意图

2.三软地层长距离定向钻+孔内外电法“两探”技术

2020 年公司针对煤层底板软硬互层、穿层钻进欺软怕硬的特点，采用大倾角穿层、跟管钻进、快速水泥浆液洗孔等关键技术，克服了定向钻进难题。并在西卓煤矿成功应用，实现单孔钻距最大 470m，顺利完成了井下长距离定向钻对南翼大巷 K₂ 含水层的疏放，累计疏放水量约 **25** 万余立方米。

同时公司与西安院协作，运用孔中瞬变电磁进行长距离物探。解决超前两探与快速掘进在施工时间、作业空间和探测环境上的冲突，克服了“短掘短探”工艺中“两探分离、串行作业”缺点。

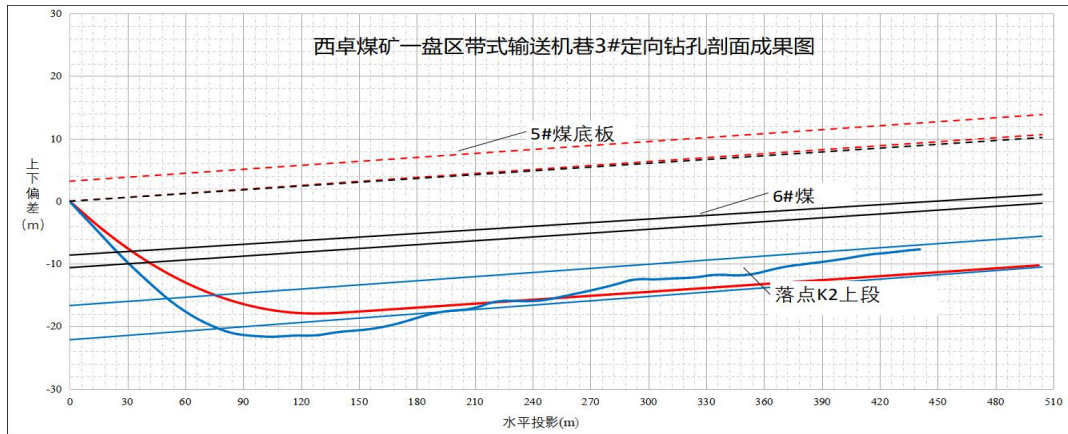


图6 井下长距离定向钻探成果图



图7 孔中瞬变电磁探测示意图

3.底板注浆改造全过程浆液动态调整优化技术

公司通过总结多年注浆经验和科研成果，利用地面注浆站配比制作了黏土水泥双液浆、双液浆+速凝剂，同时配合骨料等不同浆液配比比例，建立了多类型浆液配比数据库。治理过程中全过程动态管控，根据治理情况对浆液进行全过程动态优化，提高了灾害治理效果，成功实现对董东公司50112、山阳煤矿1502、董家河煤矿23502等工作面大流量动水点的成功封堵，工作面减水量接近300m³/h。

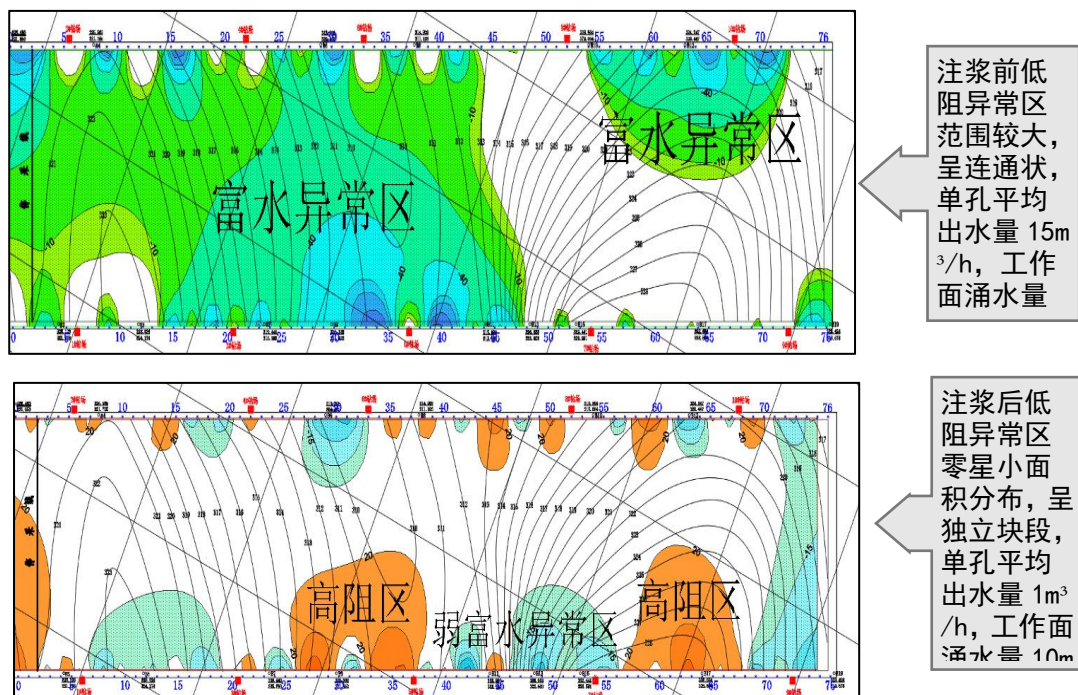


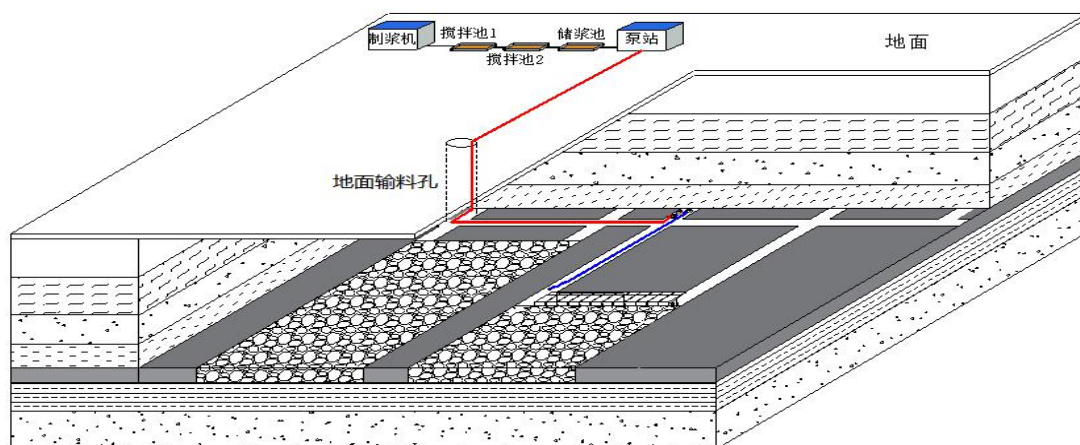
图 8 2020 年以后工作面注浆前后电法探测对比图

4.井上下注浆系统“DJL”连通技术

随着矿井的采掘延伸，以往的井下注浆系统浆液输送距离不断延长（最长可达 5km ，并安装 13 个弯头）。由于双液浆中水泥占比低，浆液配比和注浆压力达不到要求，严重制约注浆效果。2020 年以来，公司创新性提出了井上下注浆系统“DJL”连通技术，研发出全国首套井下长距离注浆中转系统，与矿井原有注浆系统相互结合，形成了“井上下浆液中转”和“地面井下钻孔直连中转”两种核心模式。

该技术已在山阳煤矿 3505 工作面进行试验推广，在工作面进行地面输料孔与井下长距离定向钻孔直连注浆治理过程中，通过提高注浆浆液配比，水泥消耗较原注浆工艺提高 300% 以上，保障了地面运输供应，钻孔注浆持续大流量输送，钻孔持续高压注浆，确保了注浆效果。

(a) 地面注浆系统图



(b) 井下注浆系统图

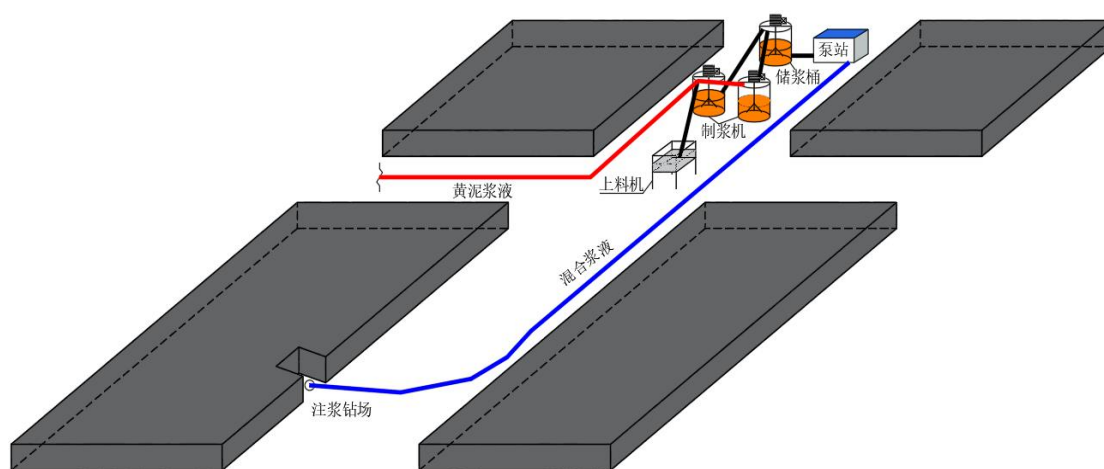


图9 井上下注浆系统“DJL”联通技术

5. “3+1”模式地质精准探查技术

公司积极按照中省市有关开展煤矿隐蔽致灾因素普查治理工作的文件要求，结合澄合矿区灾害类型分布特点，提出了结合矿井“一矿一策”的隐蔽致灾因素普查方法和治理要求。为解决小断层及小型构造的探查精度较低，2022年公司在西卓和山阳井田开展地质构造精准化探查研究，综合利用地面三维地震精细探查、井下采煤面全区域槽波透视探查（超前反射槽波）、井下采煤面双重电法探查、构造异常区域全覆盖长距离定向钻孔探查，实施“3+1”模式地质精准探查技术，进一步增强了矿井地质透明化工作水平。

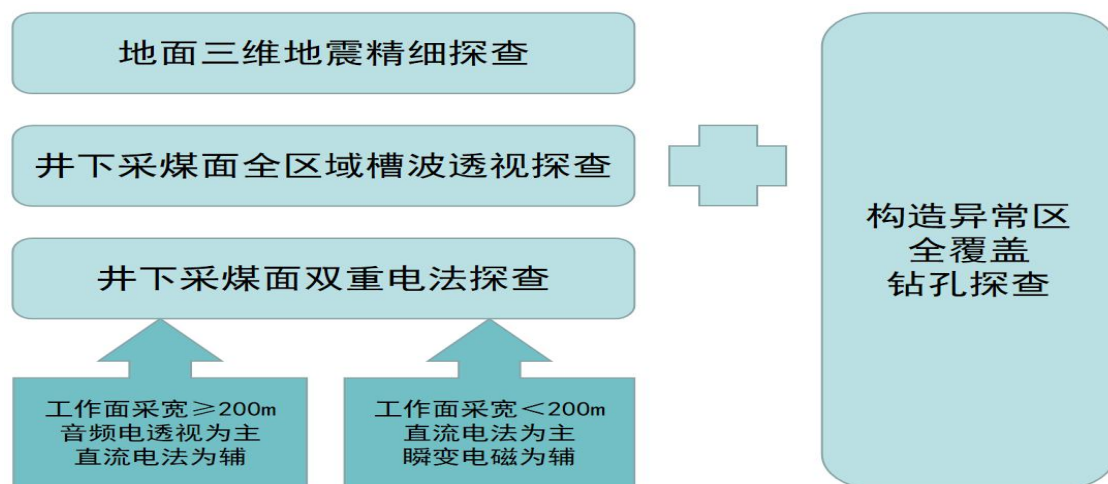
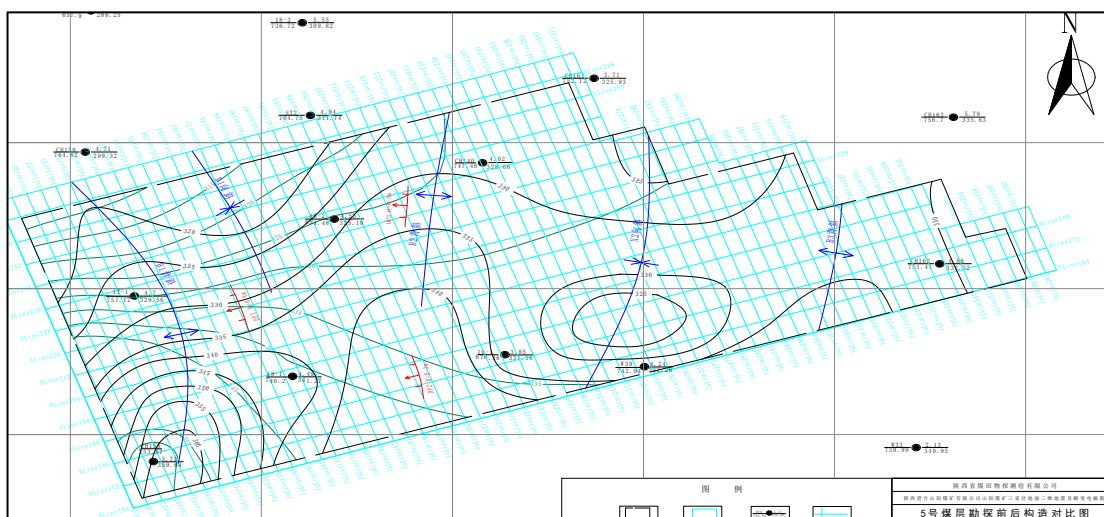


图 10 “3+1”模式地质精准探查技术

(a) 探查前



(b) 探查后

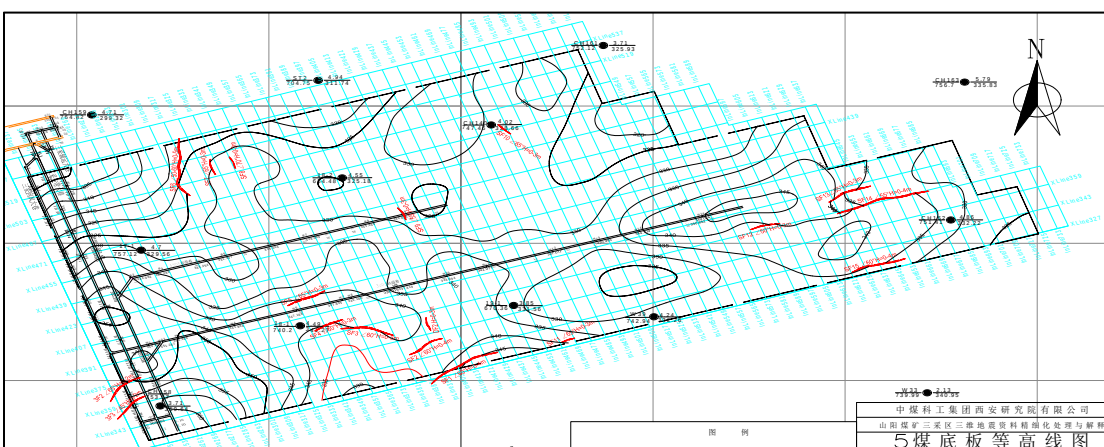


图 11 三维地震精细化探查前后对比图

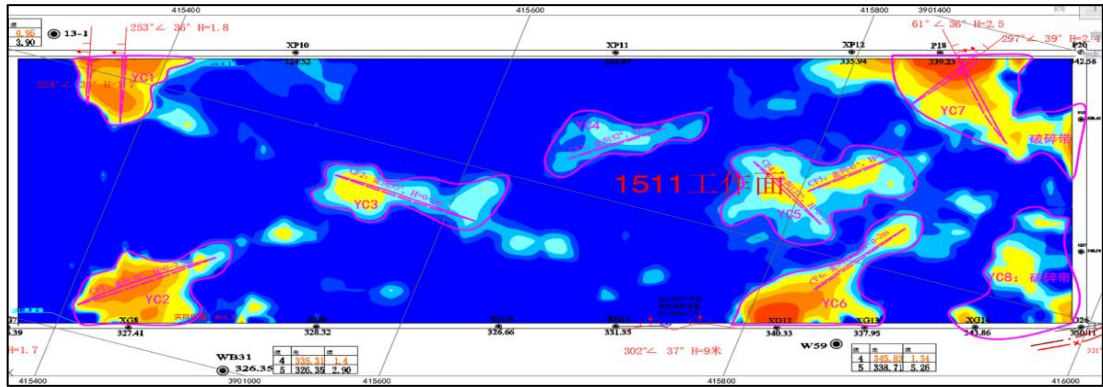


图 12 工作面槽波透视成果图

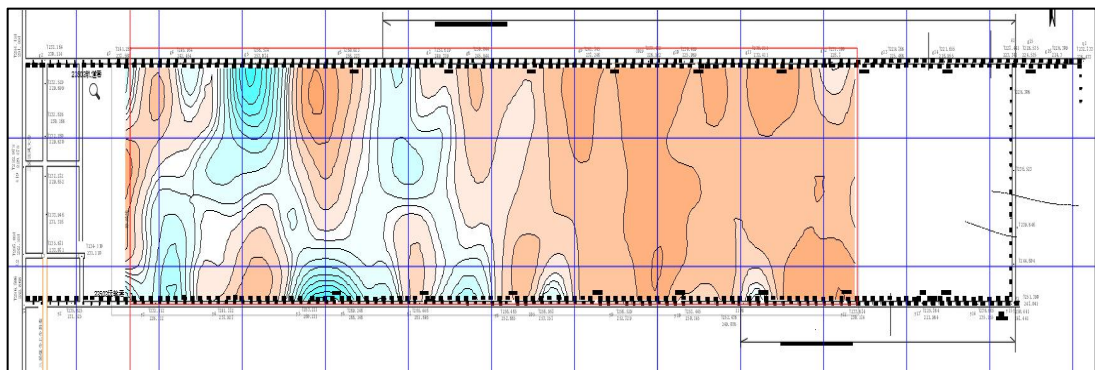


图 13 工作面音频电透视成果图

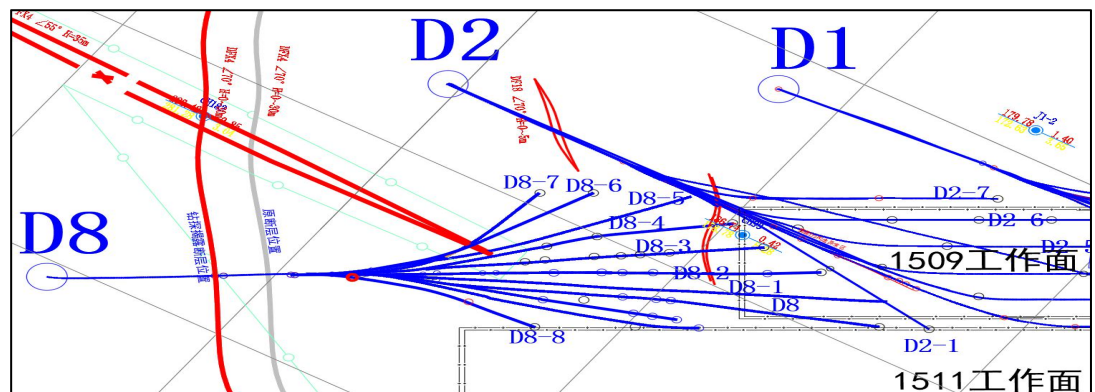


图 14 西卓煤矿 DFX4、DF19 断层探查钻孔布置图

(四) 灾害治理五项保障

1. 水害防治制度机制保障

公司秉持“探查治理不到位就是事故”的理念，建立健全了水害防治制度、防治水资金投入使用制度、应急处置制度、重大水患停产撤人制度、水害防治岗位责任制度等 20 余项制度，明确了以矿井主要负责人为第一责任人，以总工

程师为第一技术负责人的防治水技术管理体系。

2.业务人员素质提升保障

公司通过《澄合科技》引导和激励专业技术人员论文撰写，定期邀请专家教授对防治水技术人员专题培训并赴优秀同类单位对标学习，鼓励专业技术人员参与科研活动、“五小创新”等，矿区累计培养地测高级工程师 8 名，中级工程师 12 名，确保专业技术人员能够“引得来，留得住，用得好”。

3.水害防治装备设施保障

公司现配备专用探放水钻机 59 台，定向钻机 7 台，预计到 2023 年底矿区扭矩大于 6500 的定向钻机配备达 12 台；工作面共安装水文动态监测系统 6 套；采煤面安装突水预警系统 8 套，并配备瞬变电磁仪、开孔仪、测斜仪等主要设备 30 台，有力提升了矿井灾害治理能力和监测监控水平。同时在探放水作业现场安装视频打钻系统 20 套，实现了灾害治理全过程管控。



图 15 矿井部分水害防治装备和视频打钻系统

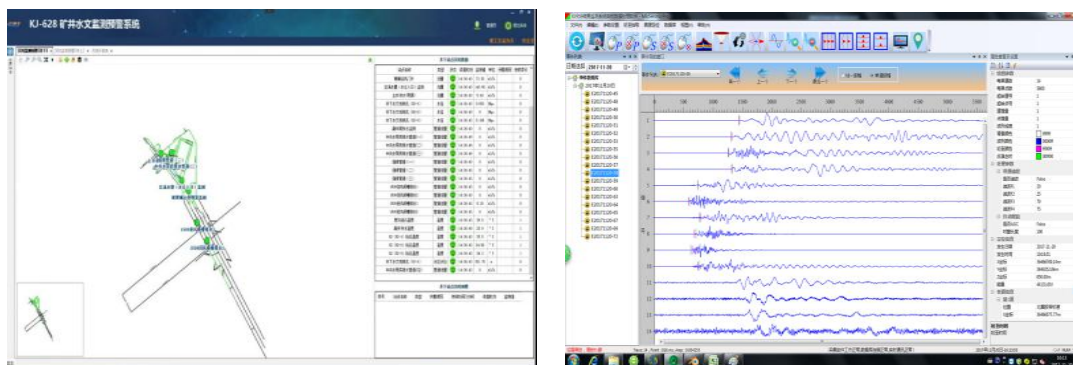


图 16 矿井水文监测、突水预警监测系统

4. “防治水中心”科技保障

2019 年 10 月，公司成立了煤炭绿色安全高效开采国家地方联合工程研究中心—澄合分中心，设立专门的防治水实验室。配备有水质快速化验、瞬变电测仪、钻孔可视化探查、新材料配比测试、电磁流量计等设备，具备快速判断水源应急处置能力。先后总结出“堵水塞踝式支架”“底板分段式封堵”等注浆工艺方法，累计减少底板涌水量近 500m³/h，极大缓解了矿区排水压力。

陕西煤业化工集团有限责任公司文件

陕煤司发〔2019〕316 号

陕西煤业化工集团有限责任公司
关于同意组建“煤炭绿色安全高效开采国家
地方联合工程研究中心澄合分中心”的批复



图 17 澄合“防治水中心”及防治水实验室

5. 工程质量精细化保障

公司严格按照水害防治由措施防范向工程治理转变的工作思路，结合多年水害防治工程现场管理特点与要求，首次制定《澄合矿区防治水工程精细化施工标准》。对防治水工程现场施工进行了细化和要求，保证了工程质量，通过建立健全制度体系，强化考核落实，为矿井水害防治工作的有

序开展提供了有力的保障。

（五）形成一套完备水害探查治理验证流程

澄合矿区始终坚持以《煤矿安全规程》《煤矿防治水细则》为指导，坚持“先探后掘，科学治理，多重验证，达标回采”的水害治理方针，形成了“以注浆加固改造为核心，以多种手段超前探查和治理验证为支撑，一矿一策综合治理为举措，建立完备的水害应急保障系统、综合水文监测系统和突水预警监测系统，深入开展数据分析并确保水害防治达到预期效果”的一套完备水害探查治理验证流程。成功攻克了中深部复杂地质奥灰水害条件下安全高效生产的治理瓶颈。

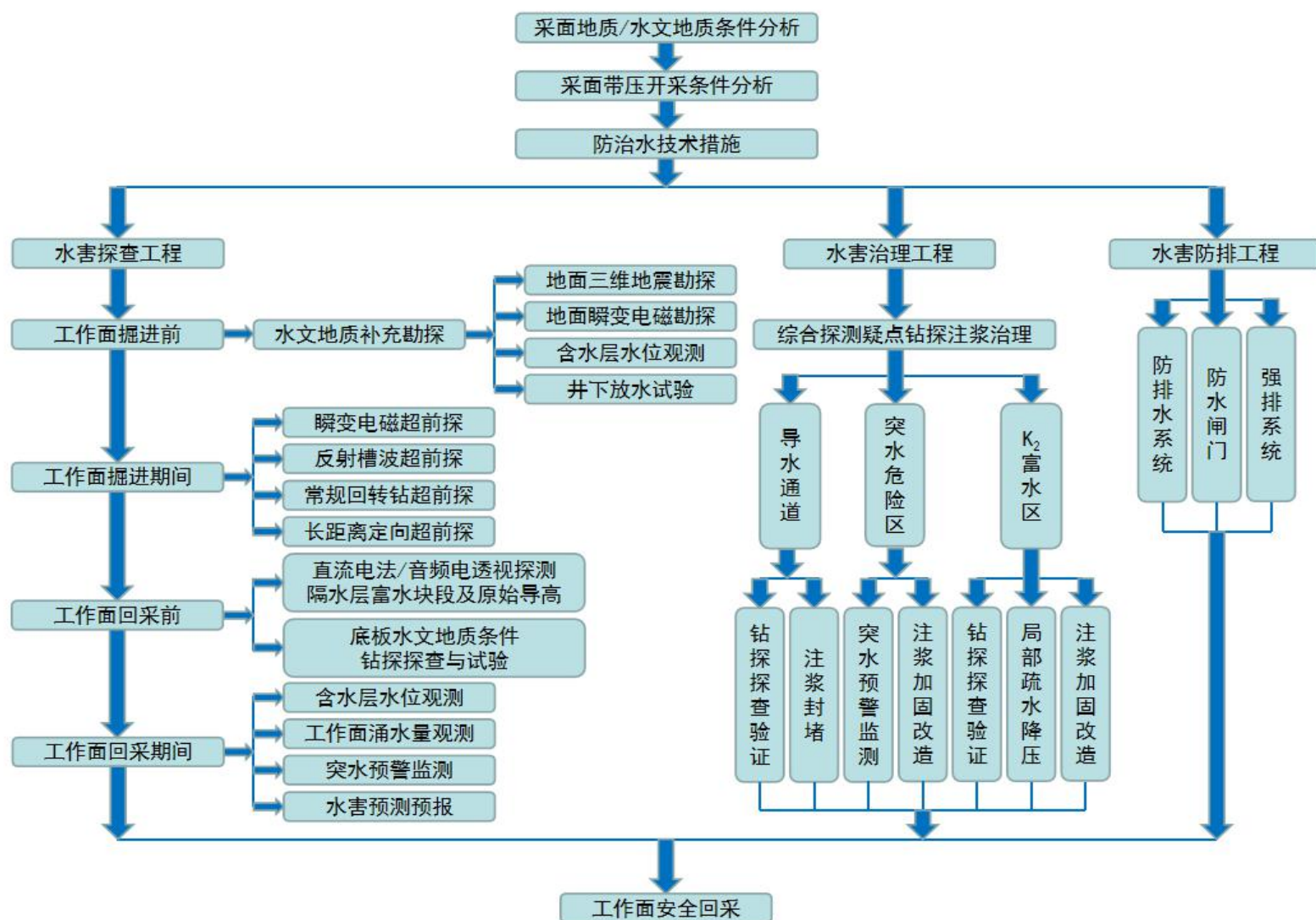


图 18 澄合矿区水害探查治理验证流程图

三、水害综合防治成效

西卓煤矿和董家河煤矿作为公司“12551”水害防治体系实施井田，累计探明断层 35 条，异常区探查 21 个，安全掘进进尺达 11000m，共治理工作面 6 个，治理面积 1.4km²，解放可采储量 758 万吨，顺利攻克了中深部复杂地质条件下高效生产的多项治理瓶颈，工作面同比出水点减少 62%，涌水量下浮约 55%，奥灰承压水患得到有效遏制，近十年未发生突水事故，见附图 19。

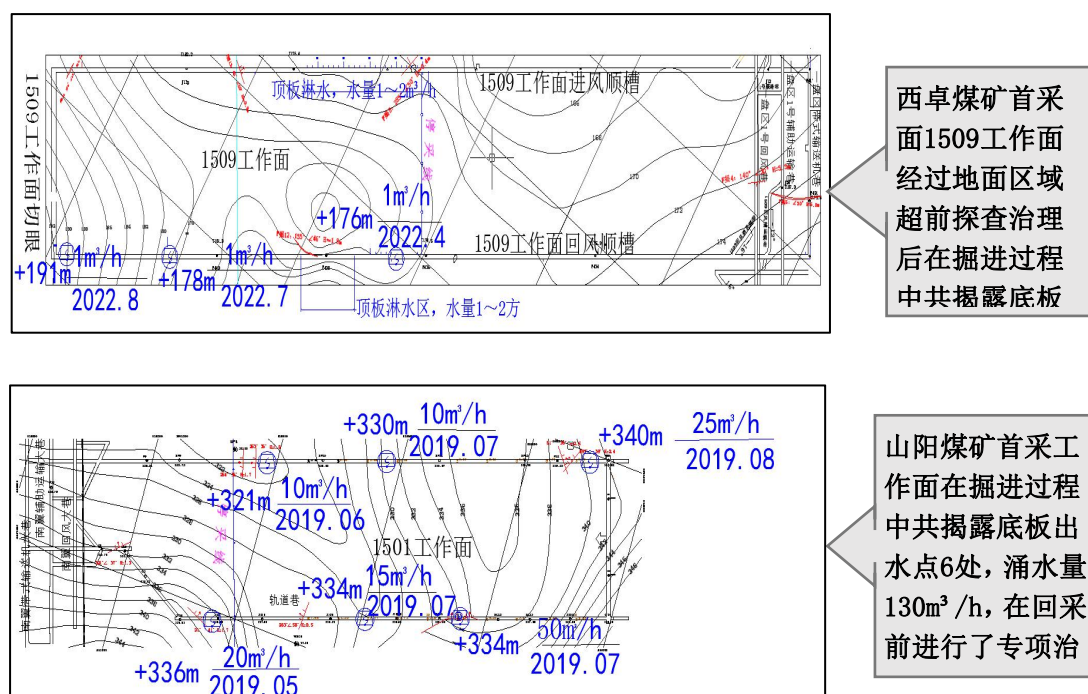


图 19 治理前后相似水文地质条件工作面涌水量情况（以山阳煤矿与西卓煤矿为例）

澄合矿业公司产能由 2009 年的 369 万吨/年逐步提升至如今的 720 万吨/年，尤其是 2019-2022 年度产量提升比例 24%，涌水量对应增长仅为 0.5%，治理承压采煤工作面 70 余个，治理面积达 1300 万平方米，解放原煤储量 4800 万吨，累计实现经营产值约 182.4 亿元，实现了渭北奥灰承压矿区的持续安全高效回采，为 2024 年实现千万吨目标提供安全保障。



图 20 澄合矿区产量与总体涌水量曲线图

九龙矿水害综合高效防治成套技术应用

冀中能源峰峰集团九龙矿

冀中能源峰峰集团九龙矿于 1991 年 4 月投产，水文地质类型为复杂型，地质条件类型为极复杂。自生产以来，九龙矿的突水水源为野青灰岩水、山伏青灰岩水、大青灰岩水、奥灰水，底板突水共占了 64%，奥灰水占了 33%，奥灰虽然距 4 号煤底板较远，但是由于陷落柱、不良钻孔可以将奥灰与煤层直接连通，使奥灰成为水害重要的突水水源，奥灰水还可作为间接含水层对大青与山伏青进行补给，作为间接突水水源。突水通道为封闭不良钻孔、底板裂隙、陷落柱、断层，底板裂隙作为突水通道占得比重最大，4 号煤由于埋深大，承受水压大，底板受采动破坏的影响，大大减小了有效隔水层的厚度，再加上断层的影响，使山伏青含水层水、大青含水层的水通过采动裂隙与构造裂隙成为突水水源，不良钻孔与陷落柱随占得比重不大，但是两者都是可以直接连通奥灰水，对矿井造成灾难性的突水。

九龙矿属水文地质条件复杂型的大水矿井，在历史上曾发生过多起突水事故。在长期防治水实践中，我们根据水害特点以及防治水工作中出现的新问题，探索出了一整套水害综合防治方法。确定以“强排抗灾、水文预警、水质检验、微震监测”等措施作为保障体系。实施了“地面区域治理、井下物探佐证、有异钻探查验、注浆加固补强”井上、下相

结合的防治水技术路线。

一、区域超前治理

针对大采深高承压水矿井井下钻探作业安全难以保障和微小型底板隐伏陷落柱难以探明的难题，率先提出“区域超前治理”的防治水新理念，应用先进的地面多分支水平定向钻探技术对奥灰顶部或煤层底板薄层灰岩含水层进行区域注浆加固。

利用地面钻孔，在垂直方向从 2 号煤层底板位置开始造斜，到达奥灰顶面以下 20-40m 层位时取平，然后沿奥灰顶面以下 20-40m 层位打水平定向钻孔。在水平方向在奥灰顶面以下 20-40m 层位，按水平间距 40-60m 成网状布置水平钻孔，每探查到一条导水通道，立即进行注浆封堵，注浆封堵时地面泵压力达到设计注浆压力，并稳定 30 分钟后视为达标，然后重新扫孔进行压水试验，达到设计要求后，继续向前钻探，直到钻孔结束。水平分支孔能够在奥灰含水层中连续穿行钻进，增加了钻孔揭露奥灰岩层、裂隙、岩溶和导含水通道的几率，提高了探查和治理精度。通过采取即漏即注的技术措施，对导含水构造进行注浆、加固，切断了奥灰含水层垂向补给上覆岩层的通道，增强了煤层底板岩层的阻隔水性能进而降低工作面突水几率。工作面掘进前要进行超前物探佐证查异，物探超前距 $\geq 30\text{m}$ ，进一步验证地面注浆加固效果，对物探未发现异常的可正常掘进；对物探发现异常区的，采取有针对性的施工钻探验证孔，钻孔异常时进行补注治理，直至水害消除。

区域治理水平分支孔施工可根据工作面设计情况,首先沿工作面顺槽方向布置分支孔,对巷道底板进行连续探查,取代了传统的巷道底板“以点代面”的探查方式,使超前探测钻孔的探查精度更高。实施地面区域超前治理工作,一方面减少了井下超前钻探工程量,解决了矿井深部地区井下钻孔施工的高水压风险,另一方面,保证了巷道的掘进进度,解决了矿生产地区衔接紧张的难题,实现了高效源头治理。

矿井自 2012 年年底开始,分别对北三、北五、南二下部和南三采区进行地面区域治理防治水工作,截至目前,已累计完成施工 23 个主孔,钻孔总工程量 23.7 万 m(其中主孔进尺 2.6 万 m,造斜进尺 1.4 万 m,水平进尺 19.7m),累计注浆 58.6 万 t(水泥 56.3 万 t,粉煤灰 2.3 万 t),治理面积 300 多万 m²,治理煤量约 1600 万 t。并已安全采出经区域治理达标煤量 580 多万 t,治理效果显著,经济效益可观。

二、地质保障系统在矿井安全生产中的应用

九龙矿建立了三维地质保障系统,通过二三维一体化机制和 3D GIS 关键技术,建立可动态构建、更新的煤矿三维地质模型、巷道模型、开采环境模型,实现煤矿钻孔、地层、煤层、构造等基础数据的可视化展示、分析,实现地质数据推演、地质建模、地质数据可视化等功能,可对煤矿生产中的地质、测量、物探、水文地质、钻探、采掘工程揭露的多元地质信息进行动态、高夏普、可视化管理,实现有关数据库的实时更新,为矿井水害分析、智能化采掘、智能化通风等系统提供地质保障。

三、多煤层底板水害微震立体监测的应用

九龙矿 4 号煤回采完毕后，开采 2 号煤时底板水隐伏导水通道发育情况难以探查，4 号煤作为 2 号煤解放层回采时工作面涌水量大，利用多煤层（4 号煤、2 号煤）联合立体监测煤岩体的动态变化特性，分析下煤层采空区和实体煤对 2 号煤回采期间底板扰动深度的影响及开采深部煤层顶、底板破坏深度及规律，通过 4 号煤、2 号煤回采过程中微震事件的时空演化，基于多煤层全空间分析底板破坏深度、下伏含水层与奥灰间水力联系及底板隐伏导水通道发育情况，对底板突水进行监测预警。

工作面经区域治理后，在回采前上下顺槽布置相应的高精度检波器进行数据收集。重点监测顶底板破坏和在一定扰动下，对底板深部含水层隐伏通道的监测描述。通过后期数据处理顶板来压前微震事件较集中在煤层以上 20m，来压后下伏浅部底板有事件发生，说明底板有裂隙产生。经系统分析总结，得到了期间的变化关系规律。矿井已先后在 15449S、15449N、15249S、15240 和 15249N 工作面应用微震监测预警技术，成功预报突水危险地段 2 处，多次有效预警顶板来压，并指导采用针对性技术措施（施工底板验证孔，进行注浆加固），有效消除底板出水威胁及矿山应力集中引起的不良影响，为深部工作面安全回采提供了重要技术支持。

四、“三带”分布规律研究

煤层开采后上覆岩层发生移动与变形，恢复稳定后按其破坏的程度，在垂直方向上可以划分为冒落带、裂隙带和弯

曲下沉带，其中冒落带与裂隙带合称为导水裂隙带，导水裂隙带发育高度是判断含水层与采场是否贯通及矿井突水预测的重要依据之一，是三下采煤和煤矿防治水的重要基础指标，对防范工作面突水事故，切实保证煤矿井下安全生产具有关键作用，同时对工作面合理开采设计、延长矿井服务年限及保护地面水资源和地表重要设施和建（构）筑物不受损坏具有指导作用。

长期以来九龙矿一直以经验公式计算作为预测裂隙带发育高度的主要方法，限于煤层赋存条件和开采条件的不同，经验公式难以准确的反映矿井裂隙带发育情况。本次研究采用理论计算、数值模拟、钻孔漏失液及钻孔窥视现场测试和微震监测等方法，以现场 15247S、15249S 工作面为工程背景，综合研究确定 2 号煤开采冒落带高度最大为 34m，裂隙带高度最大为 134m。在 2 号煤层正常赋存区段，裂隙带发育高度会低于该值，可根据采高和冒落带、裂隙带高度关系确定，从而更好的为安全生产提供指导。

五、可回收式导斜器在地面钻探工程中的应用

九龙矿地面水文观测钻孔施工为了开窗侧钻成功，保证已施工的分支孔后续能继续使用，在已施工的分支孔分叉口处下入可回收式导斜器，分支孔钻探及压水、抽水试验完成后可将导斜器回收。导斜器的使用将观测孔常规一个分支孔配一个主孔的钻探方式改成了两个分支孔共用一个主孔的钻探方式，实现了“一孔多用”，节省了主孔钻探工程量的同时，缩短施工工期，提高施工效率。

六、工作面堵水治理技术应用

九龙矿在井下建立强排抗灾排水系统、建设密闭墙引流排水、地面堵水治理技术等方面取得了一定成果。为了降低 15249S 工作面在回采期间，因采动裂隙诱发下伏 15449S 工作面采空区底板涌水而对正常回采造成不必要的影响，在工作面下顺槽提前准备好 $11\text{m}^3/\text{min}$ 的排水能力，制定了排水安全技术措施。回采结束后，在北五轨道坡底建设了挡水墙及密闭墙，留设引流排水管路将动水引流排至坡底水仓内。并通过实施 15449S 工作面减水工程，在地面区域治理分支孔布孔、导水通道探查，减少无效排水。

15449S 工作面减水工程结合本区已施工的注 4 水平分支孔（区域治理分支孔治理层位在奥灰顶面以下 $20\sim 40\text{m}$ ，水平孔间距 40m 左右），优化下步钻孔布置。减水工程各水平分支孔有效治理目标层控制在奥灰顶面下 $10\sim 21\text{m}$ ，且减水分支孔施工与原分支孔及堵水分支孔交叉施工，实现水平分支钻孔“网”状布置结构，探查治理目的层分层实施的网状立体覆盖治理的效果。通过各水平分支孔钻探及注浆资料的对比分析，并经后续施工分支水平的验证，治理区域内奥陶系灰岩含水层顶部岩溶裂隙发育地段得到了有效补强加固，封堵了裂隙通道。堵水工程共施工了 7 个奥灰水平分支孔，共注浆 21 次，注浆期间周边观测孔水位有明显波动，说明裂隙发育有一定延展，存在侧向补给通道，对断层、裂隙注浆治理后，涌水量有一定变化，证实目标层裂隙通道被有效封堵。经本次堵水工程治理后 15449S 工作面涌水量减至

1.5m³/min，治理效果显著。

七、结语

1.九龙矿奥灰含水层水压高、弹性静储量极大，以往开采野青工作面期间不同程度的突水事故，给矿井造成了极大的安全 and 经济效益影响。采取区域治理工作后，注浆治理目标层直接为奥灰含水层顶部，降低了煤层底板突水几率，最终达到根治水害的目的。目前，超前区域治理定向水平井技术已经在九龙矿全面应用，为深部煤层的开采提升了安全保障。

2.采用定向钻进行深部矿井奥陶系灰岩水的超前区域治理时，治理的重点应放在构造的探测上，其次在查清奥灰水文地质条件下应以“超前主动”、“区域治理”、“全面改造”、“带压开采”为原则，将底板奥灰岩改造成相对隔水层，充分利用底板隔水层的作用进行带压开采。

3.基于九龙矿井水文地质条件分析，形成了矿井深部煤层底板奥灰水害综合防治成套技术应用，即以“强排抗灾、水文预警、水质检验、微震监测”等措施作为保障体系，实施“地面区域治理，井下物探佐证、有异钻探查验、注浆加固补强”。采前区域治理消除致灾隐患、采中薄弱区加固、采后减水治理加固，确保底板注浆加固效果良好，提高工作面带压开采安全性。

开滦集团范各庄煤矿防治水经验介绍

开滦集团范各庄煤矿

范各庄矿始建于 1958 年，1964 年 10 月正式建成投产。矿井核定生产能力为 480 万吨/年，属于水文地质条件复杂型矿井。矿井采用立井、水平集中运输大巷、集中上山、阶段石门开拓方式，共划分为三个水平。矿井主要开采煤层为 5、7、8、9、12 煤层，属近距离煤层群。

井田内主要含水层有 7 个，其中直接充水含水层 3 个，间接充水含水层 4 个。直接充水含水层分别是 5 煤层顶板砂岩裂隙承压含水层、5~12 煤层间砂岩裂隙承压含水层和 12~14 煤层间砂岩裂隙承压含水层（以下简称 12 煤底板含水层）。间接充水含水层分别是第四系冲积层含水层、A 层以上砂岩裂隙含水层组、14 煤层底板砂岩至 K3 灰岩含水层（以下简称 K3 含水层）、奥陶系灰岩含水层。

矿井主要水害类型为奥灰水和本矿井老空水。奥陶系灰岩距最下一个稳定可采煤层（12 煤层）的间距为 145~247m，突水系数全矿井范围内均小于 0.06MPa/m，在正常情况下对矿井无直接充水关系，但由于岩溶陷落柱的存在，奥灰水可直接导入煤系地层，成为矿井涌水的直接补给水源。

一、井下奥灰水害探查治理（针对陷落柱导通奥灰水害）

（一）快速确源

1984 年 2171 工作面 9 号陷落柱发生突水灾害事故后，

我公司建立了专门的水质化验室，对矿井不同水源开展了大量的水质检测工作，逐步掌握了不同水源的水质特点，尤其是对公司生产威胁最大的奥灰含水层水，找到了它的特征离子即硝酸根离子，其含量为 7-12mg/l，有别于其它几个水源，还自制了一种见硝酸根离子后可以变红的药粉，可快速判别水样中是否含有硝酸根离子，从而大大减轻了防治奥灰水的难度。当井下出现新的涌水点时，取水样化验，可快速判别是否为奥灰水，避免了过去每次见突水点后需要停头施工探查孔，需要耗费大量时间和工力的局面。随着水质检测技术的进步，公司 2014 年引进了矿井水源快速检测识别系统，能够实现在 2 小时内检测出常用 8 种离子含量，进一步完善了我公司水源水质分析技术。

（二）条件分区

随着采掘工程的大面积揭露以及大量探查治理结果，发现我矿不同区域水文地质条件存在较大差异，不同区域含水层富水性、岩溶发育程度、防治水难易程度存在很大的差别。例如目前已发现的 14 个岩溶陷落柱，主要集中在井口向斜轴部两侧约 4km² 的范围内，其它区域未发现有陷落柱发育；12 煤底板含水层在北部区域富水性较强，到南部区域则基本无水；二水平以上区域已基本回采完毕，局部区域进行储量挖潜，这些区域上下左右均已采掘，水文地质清楚等等。根据上述特点，有必要对我公司开采范围进行水文地质条件分区，制定不同区域有针对性的防治水措施，有助于利用有限的工力和时间，开展有重点主次的防治水工作，提高防治水

工作效率，从而更好的服务安全生产。

基于上述原因，2016 年我公司与华北科技学院合作，开展了矿区水文地质条件分析，对井田进行水文地质条件综合分区，划分为复杂区、中等区、简单区三个等级，并针对不同水文地质条件，制定了不同的防治水措施如下：

复杂区：主要为我公司北翼岩溶陷落柱发育区域。掘进时在巷道迎头同时利用物探和钻探超前探，先探后掘；回采前利用风、运道，对工作面范围内底板开展水文地质条件探查，排除隐伏导水构造导通奥灰含水层。

中等区：主要为我公司南二石门以南，二水平以下尚未采掘的区域。该区域均已利用地面三维地震进行了全覆盖探查，地面已施工了部分补充勘探孔，岩溶陷落柱发育的可能性较小。该区域主要利用已有巷道，在采掘前开展底板探查，探查孔至少钻至 K3 灰岩，终孔间距控制在 200m 以内，查清 12 煤回采安全隔水层厚度内水文地质条件。如巷道掘进前未查清，掘进期间必须用物探和钻探超前探，先探后掘，回采前对工作面内底板开展隐伏导水构造探查，排除隐伏导水构造发育。

简单区：主要为我公司二水平以上已采区域，为各煤层剩余煤柱，周边基本已采掘完毕，水文地质条件清楚，掘进期间不再安排物探和钻探，回采前对工作面底板开展瞬变电磁探查，如存在异常，用钻探进行验证。

近年来范各庄矿运用上述防范奥灰水的依据与思路，在水文地质条件复杂区，有效开展了 2022 工作面、2120（4）

工作面底板水害探查工作，其中 2022 工作面通过探查，发现了位于底板以下 63m 的隐伏导水构造，避免了又一次突水灾害事故的发生；2120（4）工作面通过探查，查清了水文地质条件，实现了安全回采。

在水文地质条件中等区，利用 3401 大巷、3501 大巷、3601 大巷、3621 轨道下山等已有巷道进行了大量的井下钻探探查工作，探查结束后，邀请华北科技学院分块段进行了水文地质条件评价。完成了三水平南四采区、南五区域毕各庄向斜东翼等水文地质条件评价，查明了三水平南四采区、南五区域毕各庄向斜东翼的水文地质条件（如图 1 所示），避免了上述区域掘进过程中“两探”对安全及生产工作造成的诸多不利因素，为以上区域安全开采奠定了基础。目前位于该区域的 3571N、3223S 及二水平 2591S 等工作面实现了安全回采。

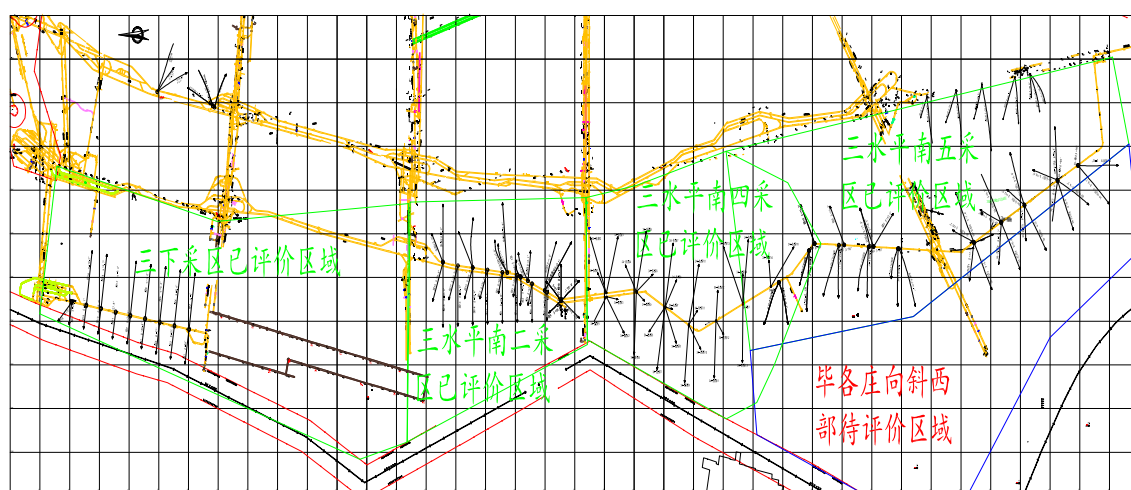


图 1

（三）指示含水层的探查

范各庄矿最下可采煤层 12 煤层与奥灰含水层间距在

145-247m，12 煤层和奥灰间有 12 煤底板含水层和 K3 含水层两个稳定的含水层，多年实践表明，导水陷落柱将奥灰水导通至 12 煤底板含水层、K3 含水层后可形成一个明显的面状高水位异常区，影响半径可达到 200m 以上。因此，当某个区域发育有岩溶陷落柱时，只要将钻孔打到这 200m 影响半径内，钻孔内水压、水温、水质即可显现出奥灰水特征，而不用非要将钻孔钻至陷落柱后再发现陷落柱，如此大量减小了探查工程量，降低了探查陷落柱的难度，底板探查时钻孔终孔层位的选择也有了明确的目标。

二、老空水探查治理

探放老空水一般是在掘进工作面迎头向前方施工超前探放水钻孔，这种方法需要掘进工作面停工配合，而且排水困难。结合我矿特点经过多年实践，我公司总结了三种较好的探放老空水方法，分别为预留泄水孔(巷)法、穿层疏放法、扩孔放水法。

（一）预留泄水孔(巷)法

针对工作面顶、底板涌水较大，且采后存在大量积水空间的工作面，预先在采面洼点留设泄水孔或泄水巷，从被动探放转变为主动疏放，避免了工作面涌水对回采施工的影响，减小矿井探放老空水工程量。如我公司的 3571N 工作面有采空区动水 $0.3\text{m}^3/\text{min}$ ，且为上仰角回采。由于在切眼低洼处施工了 1 个泄水孔，顺利将采面涌水疏放至采面下方的三水平大巷（如图 2 所示），彻底解决了该工作面涌水问题。同时避免同层下部及下层煤开采时该采空区积水产生的困扰，减

少探放水工程量。

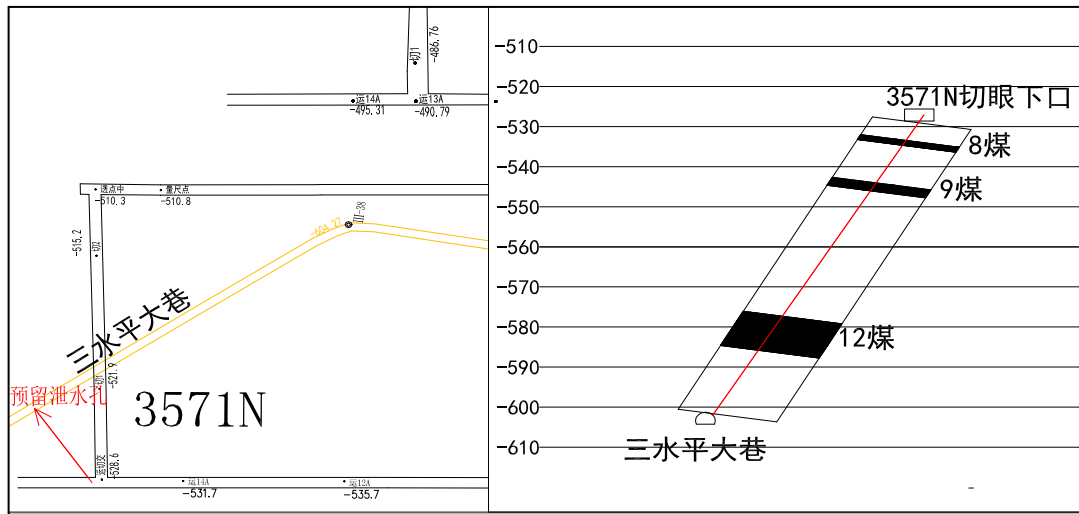


图 2

(二) 穿层疏放法

一般利用正在掘进巷道空间超前施工疏放老空水钻孔，有影响掘进施工进度和巷道排水困难的弊端。如果充分利用积水区附近巷道，对老空水进行提前疏放将解决这个问题。为此我公司利用不同层位的巷道，穿过多个煤层进行疏放。该方法对钻探施工要求较高，需要解决过松软煤岩层、钻孔高角度、长距离钻进、钻孔偏斜、钻场小等困难，通过选用功能性强的架柱式回转钻机、使用随钻测斜技术、下多层套管、钻具导正、回填注浆加固等技术、方法，形成一套安全、可行的钻探工艺。

2573N 工作面上覆 2553N 采后存在积水空间，严重影响 2573N 运道掘进。为此，利用 3401 大巷已有巷道空间施工钻孔，深度达 178m，穿 12 煤、11 煤、9 煤、7 煤共四个煤层（如图 3 所示），解除了 2573N 运道掘进水害威胁。保障了 2573N 运道安全掘进，为掘进施工赢得了时间。

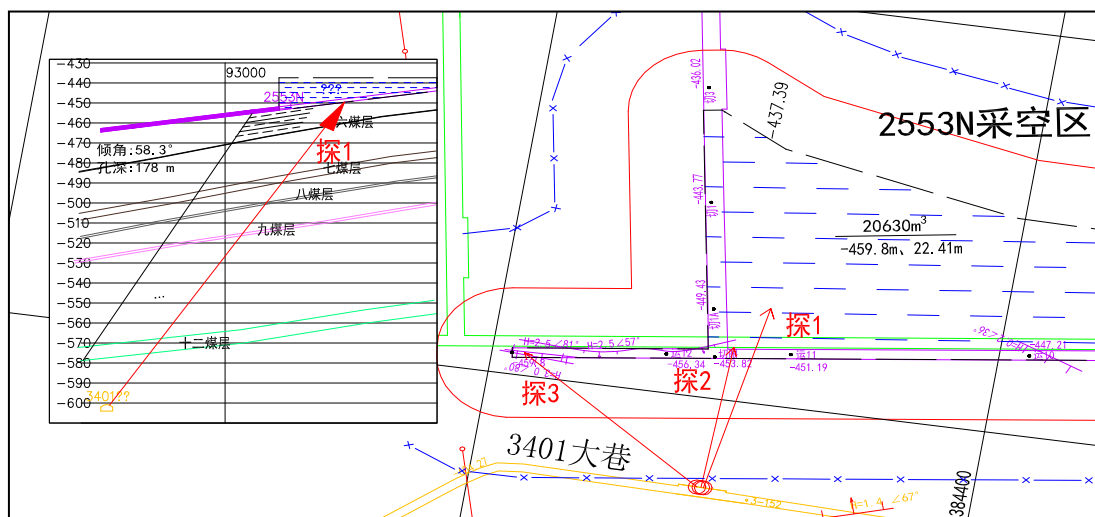


图 3

(三) 扩孔放水法

疏放采空区积水的钻孔，由于采空区内部破碎，在放水过程中容易出现堵孔，放水量变小，需要来回疏通，既影响放水量，还浪费工力。经过多年实践，我们先用小径钻头钻透采空区积水区洼点，确认钻孔有水后用扩孔钻头逐级扩孔，扩至 89mm 以上，扩完后钻孔水量较大，且不容易堵孔，加快了放水进度，也节省了大量工力。

断层超前注浆治理工程

霍州煤电集团李雅庄煤矿

本文以李雅庄矿系统巷道穿越 F2 H=130m 大型导水断层为例，介绍了超前帷幕注浆治理方案的探索、注浆治理后经验的总结。通过开展超前帷幕注浆治理工程，从技术和管理方面为开掘巷道穿越大中型断层提供了借鉴经验，对类似条件下开展注浆治理工程具有一定的指导意义。

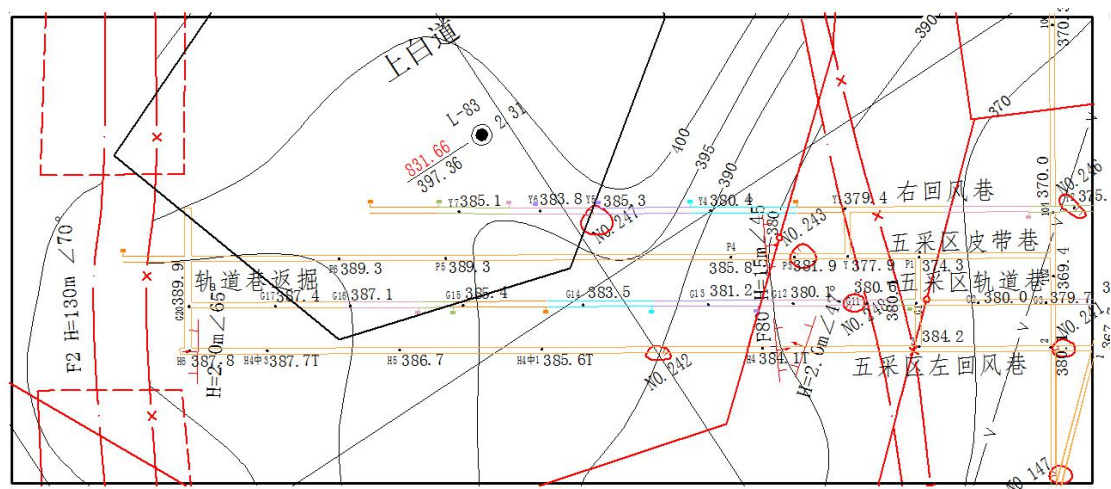
一、F2 H=130m 大型导水断层概况

F2 正断层：位于井田中西部，上白道村西附近，F1 正断层东，南自 L-53 号孔附近起向 N20°E 方向延伸，经过上白道村、L-77 号孔，后又偏向 N50°E 延伸，出井田北部边界，井田内断层总长 4920m。断层走向 NE，倾向 NW，断层南部落差 35 ~ 60m，倾角 70°，向 NE 延伸落差增大，最大落差为 130m，倾角 70°。该断层以三维地震控制，断层在朱家庄以南到下白道村西基岩出露较好，控制基本稳定，下白道村西到上白道村北部基岩出露较差，控制程度低，宽南坡西北部该断层地表无出露。

井田范围开掘巷道通过大型导水断层，存在以下较大安全风险：

（一）断层破碎带导水风险。巷道穿过该断层前，巷道顶板标高+390m，位于 2#煤层底板下 10-15m 层位施工，奥灰水带压值 0.65Mpa。矿井 2-5011、2-5012 巷道在掘进时均

揭露该断层，且发生了不同程度的出水，水量约 $80\text{m}^3/\text{h}$ ，经水质检测分析，出水水源为太灰含水层及奥灰含水层。



(二) 大型断层破碎带发育，围岩管理难度加大。

五采区系统巷道设计水平掘进过 F2 H=130m 段层，预计通过断层后达到断层上盘层位在 K9 和 K10 砂岩之间，此处岩层以灰色、灰白色中细粒砂岩，灰绿色粉砂岩与紫红色灰色泥岩为主（俗称桃花泥岩），夹数层灰白色富铝质泥岩。岩层较软，遇水部分膨胀软化，易风化，巷道穿越破碎带、桃花泥岩将是围岩管理面临的一道难题。

二、断层治理方案探索

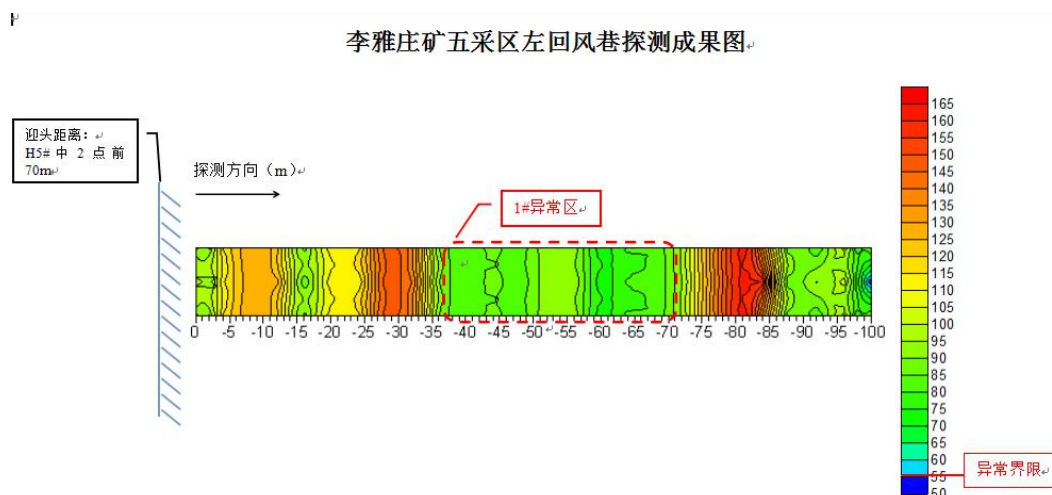
F2 H=130m 断层是目前已知的李雅庄井田范围内落差最大的断层，断层在已有巷道揭露，限于当时条件，巷道停掘。针对五采区大巷通过该断层，以集团公司技术研究院为首的技术攻关小组，总结矿井六八采区 F12 H=48m 大型断层超前探测注浆治理经验，借鉴集团公司兄弟单位先进做法，做出充分研判，制定详细实施方案。

1. 利用五采区地面二维地震勘探数据资料，结合矿井揭露的断层参数，分析断层两盘周边钻孔钻探详情，预判五采

区大巷揭露位置。

2.五采区左回风巷超前钻探验证工作。根据井巷超前瞬变电磁法物探成果，设计探测钻孔，收集分析钻孔涌水情况、岩屑，分析出断层破碎带位于掘进前方 30m 位置。

2021 年 7 月 30 日在五采区左回风巷迎头采用直流电法进行超前探测，结合视电阻率等值线图，本次探测范围内发现一处明显的低阻异常区，异常区位于迎头前 36-72m（H5# 中 2 点前 106m-172m），影响范围约 36m。



3.根据断层探测成果以及断层走向，超前施工五采区二联巷，平行断层走向。联巷形成后，完善排水系统，具备五采区四条大巷同时施工超前探测注浆治理空间。

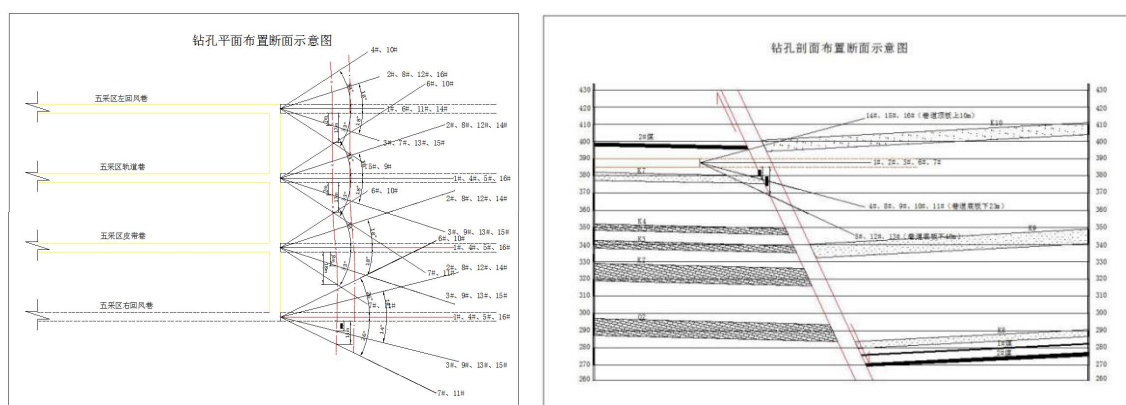
4.大巷超前帷幕注浆。鉴于断层导水的特性，为确保大巷安全通过，根据 F12 H=48m 大型断层超前帷幕注浆治理经验，决定对断层破碎带影响区域超前帷幕注浆，从巷道周围封堵裂隙，加固围岩。

三、断层超前注浆治理实施小结

（一）成立注浆治理小组，制定注浆方案

以矿总工程师为首的技术攻关小组，研判隐蔽致灾风险

因素。经讨论、研究决定在各工作面迎头设计注浆钻孔 16 个，其中工作面正前方扇形布置 5 个钻孔，顶板方向扇形布置 3 个钻孔，底板方向扇形布置 8 个钻孔。注浆钻孔要求穿过断层破碎带 $\geq 10\text{m}$ ，在断层处距巷道两侧的距离为 7-17m，距巷道底板的距离为 7-16m。巷道浆液扩散半径取值 15m，保证巷道两侧在断层处 22-32m 范围注浆效果及巷道底板在断层处 22-31m 范围注浆效果，本次注浆对各工作面掘进方向前方、两帮、顶板、底板形成帷幕。



(二) 扩散半径参数，注浆压力控制

本次注浆采用 425#普通硅酸盐水泥单液浆，采用全段连续注浆方式，分孔分序次连续灌注，直到达到终孔压力为止，以最大量进浆，最大范围扩散，最大限度的充填岩溶裂隙的目的。

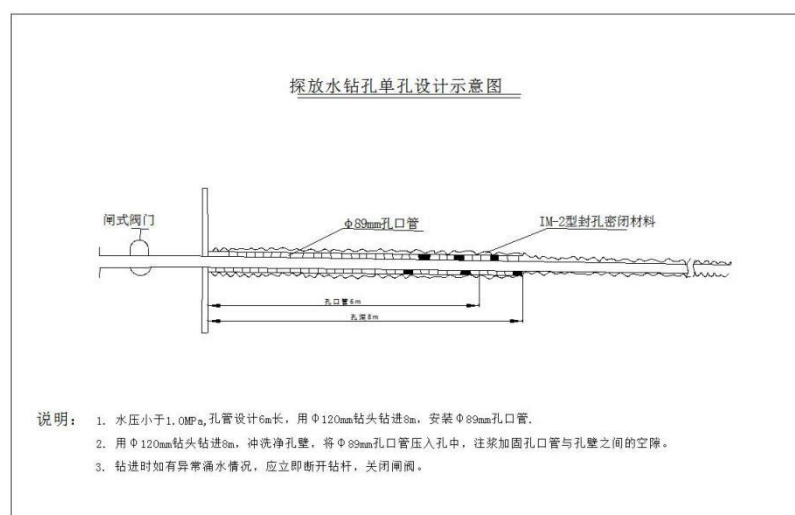
单孔注浆结束标准：实践证明，水泥浆注浆压力越大，扩散的范围越大，对裂隙充填的越饱满，形成结实体强度也就越高，但压力超过一定限度时，容易造成巷道底鼓、跑浆。经实践验证，注浆压力 8Mpa 时，五采区右回风巷注浆期间，五采区皮带巷开口处巷帮出现扩散浆液，扩散半径达 45m。

(三) 设备配置及钻孔结构

1.石家庄 ZY-2300 坑道液压钻机、直 $\Phi 63.5\text{mm}$ 合金钻杆;
 $\Phi 75\text{mm}$ 的合金钻头、 $\Phi 120\text{mm}$ 的合金钻头。注浆泵为
ZBY3/16-22 型煤矿用气动注浆泵, 额定流量 $50\text{L}/\text{min}$, 额定
排浆压力 16Mpa 。

2.钻孔用 $\Phi 120\text{mm}$ 钻头开孔, 钻进 8m , 下入 $\Phi 89\text{mm}$ 孔
口管 6m , 孔口安设孔口闸阀, 作为安全防护套管, 扫孔到
底后必须进行耐压试验, 试验压力不低于 1.0MPa , 持续时间
不小于 30 分钟, 以钻孔周围不漏水为合格, 合格后方可继
续施工, 终孔孔径 $\Phi 75\text{mm}$ 。

孔口管初期设计使用 IM-2 快速封孔密闭材料固定孔口管,
凝固 $6-12$ 小时后然后扫孔, 进行耐压试验。实践后发现, 该
快速封孔工艺, 耐压值 2Mpa 后易发生漏浆现象, 后改进工
艺使用 425#普通硅酸盐水泥单液浆注浆固管, 孔口管压力可
达 8Mpa , 满足了作业要求。



(四) 施工团队及物资保障

1.探放水队伍配置。矿井目前探放水队在册 40 人, 队干
 3 人, 技术人员 3 人, 其中原团柏煤矿注浆队人员 1 人, 具

有大水煤矿注浆工作经验。队伍具有丰富施工经验，自主施工矿井六采区左回风巷 F12 H=48m 大型断层超前帷幕注浆、八采区三条大巷 F10、F12 导水断层注浆，LK3 水文钻孔注浆封堵等注浆止水工程。具有在施工井下钻孔和利用临时井下注浆站注浆以及对注浆系统、注浆管路维护的经验。

2.物资保障系统。矿方成立由矿井调度指挥部总协调，专职队伍负责水泥材料、设施设备等的运输，轨道运输、单轨吊运输机电方面的安全与检修。保障注浆材料充足，注浆作业的连续性，防止因物资运输、储备不充分导致钻孔浆液凝固，注浆效果不理想的问题。注浆期间单孔最大注浆量 62t 水泥。

（五）注浆效果

自主设计施工 F2 H=130m 断层进行超前注浆治理。自 2021 年 9 月至 2022 年 5 月 20 日，历时 8 个月，注浆作业时间充足。五采区右回风巷、左回风巷、皮带巷分别注浆 461 吨、211 吨、91 吨、86 吨水泥，所有钻孔注浆压力均不低于 6MPa，钻探进尺 6686m。五采区四条大巷巷注浆结束后，对四条大巷先后进行了注浆效果钻探验证，经验证掘进前方无出水现象，注浆效果良好。

四、效果验证，消除隐蔽致灾因素

1.五采区四条大巷注浆结束后，先后进行了注浆效果钻探验证，经验证巷道前方无出水现象，注浆效果良好。超前注浆对 F2 H=130m 大型断层破碎带加固，封堵强含水层导水通道，降低了突水风险。

目前五采区皮带巷开口已安全穿越断层，巷道在平掘 28m 后揭露 F2 断层破碎带，巷道施工至 33.4m 处通过 F2 断层破碎带（主破碎带宽度 5.4m），充填泥岩、页岩、煤块、水泥块等，破碎带无明显涌水现象。

工作面通过 F2 断层破碎带后，全断面揭露二叠系紫红色泥岩、薄层紫色泥岩、铝质泥岩层位，巷道施工至 44m 处顶板出现少量淋水现象，涌水量小于 $1\text{m}^3/\text{h}$ ，判断涌水为局部岩层裂隙富集注浆浆液积水。巷道施工至 48m 处顶板淋水消失。

2.断层破碎带及围岩裂隙经浆液充填加固，降低了裂隙局部富水对巷道施工的影响。其围岩裂隙被浆液充分填充，围岩的整体性和致密性得到提升，从而提高了岩体强度，破碎围岩将会形成具有一定强度的完整岩体，增加了巷道顶板岩体的刚度和抗冲击性，可以实现围岩本身作为支护结构的重要组成部分。

五采区大巷巷道施工支护设计结合围岩情况，优化支护设计，实现了断层破碎区域、下石盒子组上部桃花泥岩层位安全穿越。

加强地表河道治理 杜绝洪水灌井事故

山西焦煤集团公司

山西焦煤集团公司现有煤矿 151 座，矿井分布在山西省 9 个地市的 38 个县区，范围广，老空积水、奥灰承压水、地表水等各种水害突出，水文地质条件非常复杂，很多矿井的煤层埋藏浅，煤层开采后导水裂缝带直达地表，沟通地表水体，给矿井的安全生产带来极大的威胁，历史上曾多次发生水害事故，造成了巨大的人员伤亡和经济损失。

1996 年 7 月下旬至 8 月初，太原西山矿区连续降暴雨半月之久。8 月 4 日，24 小时降雨量 110mm。13 时 15 分，官地矿周边的神底沟、风峪沟山洪暴发，沟内小窑开采堆积的矸石和煤把泄洪通道堵塞，致使洪水水位升高，标高高于周边小煤窑井口标高，洪水灌入周边小窑，通过小窑与官地矿井下南北大巷的贯通点涌入矿井，致使矿井被淹，造成井下 33 人遇难，矿井全面停产。与此同时，杜儿坪矿、西铭矿、马兰矿等矿相继出现洪水通过小窑井筒、塌陷坑、煤层风氧化带等灌井事故，致使矿井被迫停产。

由于历史原因，山西焦煤所属煤矿及周边分布 4900 余个小煤窑井口，而且很多小煤窑开采了河床下部煤炭资源，严重威胁矿井安全。西曲矿、马兰矿、斜沟煤矿、官地煤矿、西铭矿、杜儿坪煤矿、柳湾煤矿、高阳矿、薛虎沟煤业、万



官地矿 8.4 洪灾示意图



官地矿 8.4 洪灾风峪沟进水窑口

杰煤业等煤矿，各主采煤层均有露头区，历史上露头区及浅埋区均有不同程度的小窑采掘活动，部分小窑老空区位于河床沟谷下部，地表水通过塌陷坑、位于沟底的小窑井筒、导水裂隙等方式进入井下。地表水威胁成为山西焦煤集团的主要水害之一。为此，山西焦煤集团高度重视煤矿地面地质调查工作，加强了对地表小煤窑、废弃井筒、河流沟谷、煤层露头、地表裂缝、塌陷坑的巡视检查；利用冬季天气寒冷地下与地表温度差异地表有冒气结冰现象或存雪的有利时机对小窑废弃井筒、采空区、地表裂缝等地点容易快速消融的特点，及时组织地表踏勘工作，对人工无法到达的地点应用无人机进行巡视检查；发现异常及时治理，变被动防治为主动治理，提前采取河道治理、封堵可能与地表水导通的小窑井口和采动塌陷坑、井下构筑防水闸墙等措施，确保了煤矿安全度汛。

一、“截”流、疏“排”上游洪水

万杰煤业利用 2-105 工作面北部 50 米位置泄洪涵洞，在排水涵洞处修设拦水坝对上游来水进行截流，沿沟谷西侧在采空区沉降稳定区域修筑柔性排水明渠，明渠内铺设水泥毯，水渠长度 490m，将工作面上游山洪沿沟谷西侧边缘地表引

流至沟谷下游距工作面 130 米泄洪涵洞排出井田，同时对地表产生的裂缝进行动态循环充填治理，封堵沟谷内导水通道，确保降雨期间上游山洪不会通过地表沟谷中裂缝和塌陷灌入井下。井下开采工作面降雨期间井下涌水量无明显变化，有效消除雨季期间沟谷区域水害威胁。



二、治理河道，变被动为主动

各煤矿针对不同地质条件和采掘情况，地表河道治理采用片石砌坝混凝土铺底、柔性材料治理、涵洞（管）治理、钢筋混凝土整体硬化、地面注浆治理等多种方式。

（一）片石砌坝混凝土铺底。前期河道治理重点考虑河道泄洪能力，大部分采用了就地取材的片石砌坝混凝土铺底方式。如西铭矿磺厂沟、官地矿黄冶沟、杜儿坪矿虎峪沟等。通过治理，河道畅通，提高了泄洪能力。



西铭矿磺厂沟河道治理前后对比图（片石砌坝混凝土铺底）

（二）柔性材料加防冲击坝

柔性材料选择土工布、强夯加粘土铺底或水泥毯等，主要适用于于河道下煤层部分开采的临时治理，减少地表水下渗；强夯加粘土铺底用于防止小窑老空滞后塌陷灌井，也可用于沟谷宽缓、坡度较小的区域防渗治理。



西铭矿冀家沟河道采用水泥毯方式治理

柔性材料可有效抵抗采动变形影响，成本较低，依据采动力后破坏、变形情况，可进一步选择修复或钢筋混凝土永久治理。



西曲矿矾石沟河道（土工布、强夯加粘土铺底）

（三）涵洞（管）治理

对受山体滑坡影响，易堵塞、积水的河道采用涵管引流的方式进行治理，可保证正常行洪，减小井下入渗量。主要用于地表沉降大面积积水、山体滑塌形成堰塞湖的治理。



西曲矿矾石沟滑坡段治理（涵管）



西铭矿磺厂沟滑坡段河道治理（涵洞）

（四）钢筋混凝土治理

受地表水影响较大的小窑破坏区、浅埋区、煤层风氧化带附近以及渗漏量大的河床，采用钢筋混凝土刚性材料进行



西曲矿水深沟河道治理前后对比



马兰矿西沟河道治理前后

治理，河床强度高，抗变形、防渗漏效果好。主要用于各煤层已采完或小窑老空区沟谷永久治理，投资成本较大，但使用寿命长。

（五）地面注浆治理



生辉煤业余家岭沟河床注浆治理

对于沟谷窄、坡度大、植被发育等施工条件差，无法进行河道开挖的区段，采用注浆治理，封堵基岩导水裂隙。一般以河道中央为中心线，部分河道变宽处采用补钻方式进行注浆加固。贾郭煤矿太原组灰岩露头及地表河流渗漏位置勘查发现 K3、K4 灰岩裂隙和岩溶都比较发育，确定三处渗漏

位置，其中王陶河区域渗漏对矿井含水层补给较大，对主斜井区域涌水量影响较大，于是对河道裂隙发育采取了注浆治理工程，减小了井下涌水量。

多年来，山西焦煤集团依据采掘衔接，每年对河床进行排查，规划河道治理工程，累计治理河道 10 万余米，保证了矿井安全度过汛期。

三、填埋封堵小煤窑井口与塌陷坑，进行源头治理

小窑井口和采动塌陷坑是地表水进入矿井的主要通道。山西焦煤集团高度重视小窑井口封堵与塌陷坑填埋工作，先后下发《关于对煤矿废弃井筒进行专项排查的通知》《关于开展春季地质灾害排查整治活动的通知》《关于加强水害风险和事故隐患排查的通知》，坚持每 15 天一个循环，组织对所属煤矿废弃井筒、井田内及周边已关闭小煤窑废弃井筒开展拉网式全面排查。汛期强化对地表采空塌陷区巡视工作，留存野外巡视照片。同时完善各小窑“一表一图一调查报告”（即填写小煤矿基本信息表、调查收集小煤窑采掘图、调查编制调查报告），并建立档案。

为做好矿井范围内及相邻小窑老空精细化管理，山西焦煤集团专门制定了《小窑老空分级管控办法》，根据小窑老空对矿井安全生产的影响程度分为 A、B、C、D 四级，对小窑老空实行分级管控，把巡查、治理重点放在河道附近小窑井口、沟谷老空塌陷等对矿井威胁大的隐患点。对小窑井筒、大矿废弃井筒、采空塌陷坑等严格按照《煤矿防治水细则》相关要求实施工程治理，对所有井口进行了编号、标识，并

填图，及时封堵废弃小窑井筒、治理采空塌陷，基本杜绝了地表洪水由小窑井口和采动塌陷坑灌井隐患。山西焦煤集团公司 2022 年组织排查大矿井筒 738 个、小窑井筒 4900 个(其中可观测 2637 个，无法观测的井口树立指示牌)，封堵治理小窑井口 175 处。



屯兰矿木瓜会煤矿主立井封堵



辽源煤业黄岩矿主斜井



对封堵后由于地形地貌变化不可直接观测的井口设置统一标识

采动塌陷坑具有随机性，重点是要加强地表日常巡查，特别是汛期雨前、雨中和雨后巡查，及时发现及时治理。同时利用冬季草木枯萎、塌陷坑气温较高（冒气）的特点，排查隐蔽区域塌陷坑。治理时应用水泥浆全部浇灌。

柳湾煤矿在地表调查过程中，发现处于沟谷地段的 12 个小煤窑井筒出现不同程度的下沉，雨季期间，雨水、地表水体可能会流入下沉井筒中，下渗至井下，导致井下涌水量增大或出现灌井的隐患。为此矿井组织对下沉井筒全部进行

充填，保障了矿井的安全生产。



西铭矿地表塌陷坑填埋



杜儿坪矿南峪沟地表塌陷坑治理前后



柳湾矿贺家庄村西主井封堵

四、施工泄水巷工程，疏排结合

泄水巷枯水期时可以有序疏放采空积水，汛期时能作为一个大的缓冲仓，防止积水突然涌出，降低雨季突然涌水的

风险。柳湾矿四盘区属于浅煤层开采区域，且该区域为井田西部的低洼点，可能会导致地表水渗入并汇集到四盘区采空区。柳湾煤矿组织掘进施工四盘区泄水巷，巷道全长 290m，并施工浇筑水沟、沉淀池，通过 3 个疏放水钻孔有序疏放该区域的采空积水（单孔疏放量 $180\text{m}^3/\text{h}$ ），总计疏放采空积水 14.1 万 m^3 。

五、构筑井下防水闸墙，完善安全设施

山西焦煤集团制定了《煤矿井下防水闸墙管理办法》，要求遇下列情况应设计构筑防水闸墙。

（一）与小窑老空区有贯通，受小窑老空水、地表水灌井威胁的工作面或采区；

（二）由于煤层埋藏浅或位于煤层露头附近，与地表水水力联系密切的工作面或采区；

（三）奥灰水带压开采区域，由于构造发育、矿压等影响可能发生滞后突水的工作面或采区；

（四）工作面接近老空积水区，但小窑老空水压大、水量大、煤（岩）柱不满足安全探放水需求，需要进行隔离探放水时；

（五）发生过奥灰突水、小窑老空透水、地表水影响较大的工作面或采区；

（六）存在阻隔水煤（岩）柱破坏、相邻矿井间水害影响、进入带压开采威胁区和危险区生产等其他可能发生水害的情况，需要在工作面或采区采取预防隔离措施时。

防水闸墙设计由子公司总工程师组织相关部门审批，矿

并对墙体前后加固支护、掏槽、浇筑、注浆等关建设键环节进行检查验收，防水闸墙完工后，由公司总工程师组织相关部门进行验收。



屯兰矿北一胶带巷防水闸墙



马兰矿北一暗斜防水闸墙

截止 2022 年底，集团公司共构筑防水闸墙 517 道，有效实现了水害区域与现生产区域的安全隔离。

经过多年来持续不断对地表水进行治理，基本消除了地表洪水由小窑废弃井筒、河床、采动塌陷坑等灌井隐患，确保了矿井的安全生产。

构建地表水害立体综合防治体系 确保矿井防治水安全

山东能源新矿集团协庄煤矿

历年来，协庄煤矿认真贯彻省委省政府一系列安全指示精神，落实国家矿山安全监察局及各级主管部门对安全工作的具体部署，切实转变安全理念，在矿井防治水方面，不断夯实基础，强化责任，科技赋能，精准施策，针对地表水害威胁，按照“地表治理、井下隔离、监测监控预警”的总体思路，实施了地表水害综合防治工程，构建了具有矿井特色的地表水害综合防治体系，提高了防灾抗灾能力和水害防治水平，为保障矿井安全奠定了坚实基础。

一、矿井基本情况

协庄煤矿地处新泰市小协镇境内，东距新泰市 13 公里，井田面积为 41.51Km²。1958 年建矿，1962 年投产，原设计生产能力为 120 万吨/年，1998 年改扩建后生产能力达到 180 万吨/年，目前，矿井核定生产能力为 120 万吨，井田内可采煤层共 6 层，为二、四、六、十一、十三和十五层，矿井开拓方式为混合式开拓，现生产水平为-550 和-850 水平，共有 2 个回采工作面及 7 个掘进工作面。

二、地表水害综合防治措施

（一）把脉地表水害隐患，找准影响安全症结

柴汶河是井田内主要地表水系，自东向西流经井田浅部，

井田内长度约 10 公里。其支流有光明河、广宁河、崖头河、羊村河、奎龙河等多条季节性河流，多呈正交型由南北两侧汇入柴汶河。治理前柴汶河流域地表水害隐患主要有以下三个方面。

1.井田内柴汶河沿岸大部分无人工堤防，为自然河岸，防洪标准低，河床中树木多、泥砂淤积严重，两岸矿渣、厂房、建筑物挤占河道，致使河道行洪不畅，严重影响该河段河道行洪安全；

2.各煤层以及灰岩露头出露于柴汶河两岸接受地表水补给，矿井开采浅部位于河床下，存在由露头煤柱、灰岩岩溶裂隙向井下进水的水害风险。更为严重的是个别相邻地方煤矿擅自提高开采上限，导致地表水与矿井采空区联通；

3.沿河两岸有大量取土采砂坑及报废井筒等，均与矿井联通，对矿井形成重大水害隐患。

（二）因地制宜，多措并举，持续推进地表水害治理

为有效治理柴汶河及其支流水害隐患，保证矿井安全，自 2007 年开始，协庄煤矿提出了“地表治理、井下隔离、监测监控预警”的地表水害综合防治思路，按照“先急后缓、上下一体、从源治理、彻底根除”的原则，先后投入超过 2 亿元资金，对柴汶河流域沿岸矿井地表水害隐患进行了全面治理。根据地表水的威胁程度，实施了柴汶河及其支流进行筑坝、铺底工程；低洼区和取土挖砂坑土地复垦治理工程；灰岩含水层露头浅截帷幕注浆治理工程；露头残存煤柱注浆加固、废弃井筒注浆栓堵工程；河床下采空区及巷道注浆充填

工程；井下报废采区封闭隔离工程；并完善疏排水系统，建立健全了水井上下文监测预警系统。

总结出了全面查、源头防、露头堵、通道截、井下疏、强排水、筑隔离、监控细的地表水及地下水一体化综合治理方案，形成了“防、堵、疏、排、截、探、监”立体防水体系，并且取得了显著治理效果。

1.采用先进的物探探测技术，查清漏水通道，以确定有效的治理地点，从而保证以最低的投入，取得最大的治理效果。

通过研究应用探地雷达、高密度电阻率成像法、EH4 电磁法电导率剖面成像技术等先进的探测技术对煤柱完整性及开采采空区分布位置进行探查。协庄煤矿共完成探地雷达探测测线长 12270m，高密度电法成像测线 15000m，EH4 大地电磁法测线长 2600m，瞬变电磁法测线长 3000m，通过探查确定隐患地点和治理方案，为进行有的放矢的进行重点治理提供了依据，确保了治理的针对性，避免了报废钻孔的施工，减少了工程费用投入。

2.实施地面堵源引流，最大限度减少地表水溃水威胁。

（1）修筑河道双坝工程，提高安全保障。为防止雨季期间，柴汶河河水暴涨，冲垮河坝，进入沿河两岸煤层及薄层灰岩露头区，形成水害隐患，首先在柴汶河北岸副河槽内修筑矸石坝副河堤进行治理，以切断水源。该工程在柴汶河北岸西起协庄煤矿四采区迈莱河大桥，东至翟良路大桥范围内修筑了一条底宽 30 米，高 5 米，顶宽 8.0 米的矸石大坝，

筑坝长度共计 7100 米，消耗矸石量 70 万立方。矸石副河堤坝的修筑，有效的柴汶河河水挡北岸露头低洼区以南，防止柴汶河河水淹没露头低洼区，进而溃水井下。

（2）实施主河道河床铺底、砌坝护坡治理工程，规整河道，形成导水槽，防止溃水。2008 年以来，协庄煤矿对柴汶河及其支流采用钢筋混凝土进行铺底，并铺设土工布防止河水渗漏，在主河槽两岸砌筑浆砌石主河堤，有效的防止了汛期时河水通过河床下的裂隙进入井下，保障了矿井的安全。

（3）实施薄层灰岩、老空区注浆加固及废弃风井充填封堵综合治理，封堵隐伏过水通道。通过采用薄层灰岩浅截帷幕注浆堵漏、露头残存煤柱注浆加固技术、废弃井筒注浆栓堵等技术对河床下及其附近的灰岩露头、煤层露头采空区、废弃井口进行治理。其中露头残存煤柱注浆加固技术，重点是通过采用残存防水煤柱做骨架，向老空区注入充填材料进行充填，对残存煤柱进行加固补强，从整体上构成一隔水帷幕，有效堵截老空区的导水通道，并对老空上覆岩层进行注浆加固支撑，防止在河床下的采空区因防水煤岩柱过小，采空区塌陷导致河水溃水进入矿井，从而达到了防止地表水由被破坏的露头煤柱进入矿井的目的。该技术的重点为目标区埋藏浅一般为 30m 左右，采空区范围大、层数多、不连续（大部分为穿采）。针对以上重点，通过摸索合理确定注浆工艺、注浆参数、注浆序次、注浆材料。该项技术为治理矿井残存露头防水煤柱提供了有效手段。

（4）实施露头区取土挖沙坑、塌陷区、低洼区回填复

垦工程，减少汛期地表积水渗漏。通过在坑底填入大块的毛石并用混凝土浇筑，厚度不低于 1.0m，然后上部填入煤矸石，夯实填平至与周围地表一致，然后在坑口上部覆土，高出周围地表 0.5m。恢复土地，防止了沙坑、塌陷区积水进入井下。

3.构筑井下水闸墙等隔离工程，缓冲地表水害对矿井的影响，建立起第二道防线。

一是对受地表水、相邻煤矿水害威胁的矿井，井下分级设置挡水墙、水闸门等隔离工程，确保在水灾情况下有效缓冲，能够隔离出一条人员撤离的“生命通道”，减少人员损失。**二**是对采区之间、矿井之间已无太大经济价值且有可能受水害威胁的区段采取永久封堵措施。

（1）构筑井下隔离工程，利用报废采区形成缓冲水仓。

主要是针对有地表水可能造成溃水、渗水的区域所对应的井下采空区，分析采空区封闭隔离的可能性，利用水闸墙将采空区封闭，水闸墙留有放水管和控水闸阀，实现采空区不积水，当发生溃水事故时，利用水闸墙的阻挡减少对矿井的冲击，同时利用采空区的空间储存水量，延缓地表水进入矿井的时间，为矿井人员的安全撤离赢得时间。协庄矿在 -300m 水平西大巷四采区三条上山各施工了一道水闸墙，在 -50 水平西大巷二采以及二采水仓各施工了一道水闸墙，共计 5 道水闸墙可将四采区封闭，为有效防止矿井西翼小协、光明以及碗窑头煤矿等矿发生出水事故时危及矿井安全。

（2）实施相邻矿井老空积水疏放工程，变“堵水”为“疏水”实现了对老空水的有效控制。为防止地表水通过相

邻煤矿采空区进入矿井，对矿井造成威胁，在充分论证的基础上，按照“宜疏不宜堵”的原则，实施了疏放水工程，对相邻矿井老空积水进行有效控放。协庄井田内的刘官庄矿关闭井闭坑后，实施了-300m水平一采疏水巷水闸墙工程，施工专用疏水巷道，与原刘官庄煤矿深部六层煤巷道掘透，将刘官庄煤矿当作协庄矿采空区管理，为进一步对该区域出水进行控放，在疏水巷中施工了水闸墙一道，水闸墙厚度7.5m，承压4.54Mpa，并安设控水管路及闸阀，实现对老空积水有控制的疏放。

目前，对井田内已经关闭的刘官庄、双高、高佐、建新、韩庄矿等均已施工巷道与其贯通，对其积水进行正常疏放，确保无积水威胁。

4.构建“一个防治水研究平台+三大保障系统”，提升水害预控和应急管理水平

（1）一个防治水研究平台。为强化落实强基治灾，全面抓好水害防治工作，矿井建立了防治水研究室，成立了课题研究专班，组织防治水骨干力量集体研讨、现场办公，集众智聚力攻关，编绘了“地表水害防控一张图”和“地表水—浅部老空水害防控一张图”，形成“双图”工作模式，并实行挂图作战，超前研判和管控，为开展水害预测及制定防治水措施提供依据。

（2）三大保障系统。建立完善了井上、下矿井水文监测预警系统及应急救援指挥系统，全面提升水害预控水平及应急管理能力。

建立了数字化水文监测监控预警系统，实现了数据处理分析、水情动态分析及声光报警功能，并采用手机 App 水文监测应用软件，实现随时随地浏览信息和短信预警推送功能，增强了数据的准确性、可靠性和传输数据稳定性、预警性。

一是井上监测监控系统。一是在柴汶河大桥上安装红外视频探头，实现对柴汶河水位视频实时监控，确保水位达到警戒线时及时撤人；二是在矿工广区安装无线降雨量自动观测系统，并实现了降雨量与井下涌水量变化形成一张“关系网”，随时随地查看两者关系；三是对矿井周边已关闭的小协、光明煤矿老空积水区施工了水位观测孔并安装了自动监控系统，实现了对关闭矿井老空积水水位的远程无线实时监控，并与安全监测系统连接，实现实时监控，与手机 App 联网实时查看涌水、水压变化情况，同时能够实现短信预警功能。

二是井下监测监控系统。一是对井下各水平及主要过水地点均安装了涌水量监测仪，实现了实时传输；二是建立了徐灰、奥灰等各含水层钻孔水压观测系统，通过安装水压监测仪，实现对矿井徐灰、奥灰含水层水位变化情况得到有效监控；三是在井下各水平安设了 16 个水害监测视频专用探头，实现了对井下水情视频的实时监控，并在偏远地点安装了定位和通讯系统，做到发现异常情况及时汇报。

三是应急救援指挥系统。自主研发了“应急救援集成指挥系统”，集水、火、瓦斯、顶板等各类事故应急处置为一体，涵盖信息发布平台、语音系统、应急物资、监测监控、

救援路线、人员定位、应急预案等子系统，对避灾路线、调度指挥、三级响应、多方救援、事故处理等实行全过程优化。

近年来，矿井累计完成柴汶河铺底 20.66 万 m^2 、两岸砌坝护坡 12165 米，累计施工注浆钻孔 996 个，钻探进尺 5.87 万米，注浆量 6.02 万吨，封闭废弃砂井、风井井筒 12 个，回填沙坑 17 个、沉陷低洼区 10 处，回填矸石及黄土工程量 89.3 万 m^3 ，实现了土地复垦利用，覆土造田面积近 400 亩。通过对柴汶河及其支流的治理，提高了河道的行洪能力，彻底根除了柴汶河汛期水患，治理后原来受地表水影响较大的矿井浅部水平汛期最大涌水量由 $654\text{m}^3/\text{h}$ 降至 $362\text{m}^3/\text{h}$ ，同期减少 $262\text{m}^3/\text{h}$ ，每年节省排水费用近 200 万元。同时，恢复了沿河两岸的生态环境，可大大减少地质灾害的发生。

协庄煤矿近年来在水害治理方面做了一些扎实有效的工作，取得了一定的成绩，但防治水工作仍任重道远，我们在重大水害治理、新技术研究应用等方面与国家矿山安全监察局、山东局等上级部门的要求还有一定差距。在今后的工作中，我们将严格按照国家矿山安全监察局、山东局等上级部门的要求，持续加大矿井水害治理力度，强化风险动态研判、源头防治和精准施策，坚决做到不安全不生产。同时，不断提升矿井智能化水平、装备水平、管理水平及标准化水平，确保矿井长治久安。

完善预防体系 推进综合治理

——大平煤矿水库下开采情况介绍

铁法煤业（集团）公司大平煤矿

一、总体概况

大平煤矿井田面积 28.57km²，工业储量 2.68 亿吨，可采储量 1.8 亿吨，其中，49.5%的工业储量被康平县三台子水库压覆。

建井初期，由于受水库下开采诸多技术难题及不确定因素的影响，致使施工多次暂停。1998 年，刘天泉院士来铁法实地考察，提出了《关于铁法矿务局三台子二井水库下压煤开采的调研意见》。建议矿井初期投产时库区内特别是埋藏浅的上山采区要以分层开采为宜，只有在取得实测资料后才能考虑综放一次采全高的采煤方法。

2002 年试生产时，首采区约有三分之二的储量都在水库下，致使矿井投产即面临水库下开采的技术难题。在集团公司的大力支持下，矿与煤科集团沈阳煤炭科学研究所、唐山研究院、辽宁工程技术大学、中国矿业大学等科研院所联合开展特厚煤层水体下综放开采技术可行性研究。2005 年 4 月正式进行水库下开采至今，安全回采了 10 个水库下工作面，累计生产商品煤超 7200 万吨，创造利润约 105 亿元，实现了水库下安全开采。

十八年来，我们和科研机构紧密合作，探索总结出了一

套“生产—技术—管理”有机结合的水库下安全开采保障体系，在“水库下开采特厚煤层”这一技术领域闯出了一条技术日臻成熟完善的成功之路。

二、水库下开采工作回顾

（一）水库下技术准备

1.2002 年至 2004 年，先后在 N_1N_2 、 N_1N_4 两个不同采高的水库外综放工作面进行覆岩破坏观测，共施工了 5 个覆岩破坏观测孔，初步确定我矿综放开采导水裂缝带发育高度为采高的 24.55 倍。

2.在水库区域开展三维地震勘探，勘探面积 24.02km^2 ，查明了煤层赋存状态与构造发育情况，解释 5m 以上断层 196 条，为水库下安全开采提供了保障。

3.对井田内 152 个勘探钻孔进行封孔质量检查和重新封堵，消除钻孔透水的隐患。

4.进行广泛的水文地质调查和水文地质补充勘察，在井田范围内施工了第四系水文勘察孔 18 个，对 5 组白垩系风化带计 21 个孔进行了抽水试验。查清了第四系地层结构，白垩系强风化带含水层的分布及含水性等水文地质条件。

（二）水库下试采情况

矿井自 2005 年开展了水库下特厚煤层综放开采关键技术研究工作，采取一面一论证的方式进行了 N_1S_1 、 S_2S_2 、 S_2N_1 、 N_1S_2 、 S_2S_9 、 N_1S_3 、 S_2S_8 、 S_1S_4 、 S_2S_6 等工作面的试采。

2019 年，为解决厚煤层综放开采采放比超过 1: 3 的问题，经专家论证评审，编制了《大平煤矿特厚煤层全厚综放

开采安全技术论证报告》，解除了采放比限制。

三、水库下开采安全综合防护措施

通过 10 个综放工作面的试采，积累了大量的实践经验和科研数据，形成了一套安全、科学、高效的技术保障体系。

（一）加强组织领导，强化责任落实。成立了以矿长、书记为组长，其他矿领导为副组长的领导小组，定期研究解决试采过程中出现的各种问题。为确保试采期间矿井安全生产，针对每个水库下试采工作面的不同情况，下发了《水库下试采工作面防突水措施》、《水库下试采工作面防突水救援预案》等文件，并严格贯彻落实。

（二）建立水文在线监测系统。2022 年对水文监测系统升级改造，系统具备实时显示、数据查询、曲线分析、报表生成等处理功能，对地表、含水层及井下涌水量的水位、水温等不同要素进行实时采集，并将数据上传到云端，通过云端将数据传输到水文监测中心和调度室。通过对各种水文数据分析，确定水害程度，进行预警，达到了风险管控目的。

（三）引进工作面矿压观测系统。综放工作面采用 KJ345 型综采支架远距离监测系统连续自动监测支架工作阻力，工作面设置 11 个 KJ345-F2 型矿用本安型压力监测分站，以分析支架的工作状况，掌握顶板岩层活动规律。

（四）跟踪观测地表下沉。每个工作面在开采之前均按规定建立岩移观测站，采用 GPS 测点定位、声纳传感器、压力传感器测量水深，高清星光级数字摄像机等方法，随时掌握水库底地形变化，为水库下开采提供数据支撑。

（五）建立井下防水闸门。在矿井井底车场南北两翼六条大巷各设置一套高压防水闸门，将矿井南北两翼分区隔离，提高矿井应急能力。

（六）科研单位现场跟踪。委托沈阳师友煤矿科技有限公司驻矿跟踪，根据现场变化情况，制定完善技术方案。每月召开一次专业例会，对上月重点工作进行总结，并安排后续工作。

相关科研工作的开展和防护工程的投入，有力的保障了水库下安全开采，也获取了一整套的科研数据，关键技术成果在国内处于领先水平，并获得了煤炭行业认可。其中，《水库下特厚煤层综放开采关键技术研究》获 2011 年中国煤炭工业协会二等奖；《太平煤矿水库下北一南一段试采工作面综放开采技术研究》获 2005 年辽宁省国土资源厅科技成果一等奖；《三下采煤综合技术研究》（水体下综合机械化放顶煤开采综合技术研究）获 2006 中国煤炭十大科技成果奖。其他奖十余项。

四、现阶段水库下开采重点工作

水体下开采风险较大，国家对此监管非常严格，在此形势下，为保障太平煤矿健康可持续发展，必须从严管理、科学规划，确保万无一失。

（一）强化基础管理，保证相关措施落到实处。水库下开采以来，各工作面均委托科研单位进行安全技术论证，并通过了专家评审和主管部门审批；针对工作面在掘进和回采期间的不同特点，分别制定防突水措施，进行全员贯彻，让

每一名作业人员充分掌握突水预兆、应对方法和避灾路线，每年5月中旬前组织职工进行水灾应急专项预案演练，对排水系统、防水闸门等进行应急试验；安全管理部、生产办、工程地测大队、调度室协调管理，各有侧重，定期碰头，就生产过程中的现场监督、工程质量、措施执行和技术支持等问题进行汇总，对采掘单位进行量化考核，责任落实到人，严格执行奖惩措施，确保各项措施落到实处。

（二）优化开采设计，保证生产布局科学合理。按开采规划井田内还有10个水库下工作面未开采，其中三个工作面已形成孤岛，综合考虑企业现状、煤炭市场形势和环境保护等因素，计划在十年内首先开采7个非孤岛涉水工作面，水库下开采工作将告一段落，在未来开采陆地范围时再研究孤岛开采的问题。

（三）深化科研工作，保证技术支持强而有力。随着科研工作的深入，我们不断探寻提高煤炭回收资源的方法，根据对开采技术条件的深入分析和煤层埋深的变化，不断完善放顶煤开采工艺技术，浅层构造影响、地表裂缝发育机理等方面进行更加细致的研究。

露天煤矿帷幕截水关键技术与工作经验

中煤科工西安研究院（集团）有限公司

据不完全统计：我国露天煤矿有 300 余处，部分露天矿水文地质条件复杂，富水性强，长久以来普遍采用抽水井或截水巷、集水坑等疏干方式对地下水进行疏降，以实现煤炭资源安全开采。然而，疏干方式往往伴随着对地下水的无限超采，一方面造成地下水水位持续下降，造成地下水资源严重浪费，同时影响到矿山周边生态环境和居民生活用水；另一方面，疏干排水效果受到诸多因素的影响，容易给边坡安全带来隐患。另外，疏排水产生的各类费用或税收也逐渐抬高，企业经济负担加重。简而言之，随着国家对资源开采和生态环境保护协同发展理念的不断强化和深入推进，转变地下水控制方式，减少矿坑疏排水量已成为露天矿山的必然趋势，尤其是分布在内蒙古、新疆、陕西、山西等生态脆弱地区的富水型露天煤矿。本文以中煤科工西安研究院（集团）有限公司（以下简称西安研究院）开创性提出的“露天煤矿帷幕截水技术”为例，简要概括西安研究院近年来在该领域取得的关键技术成果与实践经验。

一、露天煤矿帷幕截水关键技术

所谓帷幕截水，是指采用帷幕工艺对地下水径流通道进行封堵，切断原始地下水补给和排泄之间联系的一种人为工

程活动。帷幕截水技术发展久远，随着工程机械和材料的更新迭代，至今已衍生出形式多样的帷幕类型，在水利水电、铁路交通、污染治理、城市地下空间等领域发挥着不可替代的作用。本文主要介绍露天煤矿地下连续墙（以下简称“地连墙”）帷幕截水技术。

（一）地连墙帷幕截水原理与特点

地连墙帷幕存在广义与狭义之分，广义上，凡是能够形成连续的地下防渗体的帷幕都可以称之为地连墙帷幕，按照成墙方式可划分为桩排式、槽板式以及组合式。顾名思义，桩排式是多个大孔径钻孔相互嵌套形成的桩式防渗体，槽板式是条带状深槽灌浆后形成的板状防渗体，其主要区别在于施工机械不同，开挖形成的槽孔结构不同（前者在平面上呈圆形、后者呈矩形），各有其适用性。狭义上的地连墙特指槽板式。根据墙体材料的不同，可以划分为钢筋混凝土防渗墙、素混凝土防渗墙、灰浆防渗墙、防渗膜防渗墙以及混合型防渗墙。本文着重介绍的是狭义上的槽板式地连墙帷幕。

槽板式地连墙优点众多，墙身结构规整，均匀等厚，成墙厚度 0.2 ~ 2.0m，最大深度超 150m，垂直度高，地层适应性强，从软弱的冲积地层到中硬密实的砂砾层，再到各种类型的软岩和硬岩都可以适应，尤其对于以第四系砂卵砾石为主的浅埋深松散孔隙含水层截水效果突出。其缺点一是施工机械高度大，对场地要求高，一般高度 7 ~ 20m，宽度 8 ~ 12m，在具有架空线路或场地狭窄的地段机动性能差，二是直上直下，不够灵活，在地埋光缆、管道等障碍物不挪移的情况下

无法做到墙体闭合，需要配合其他帷幕工艺完成，三是建设成本较其他类型帷幕高。总的来说，板槽式帷幕墙特点明显，就露天煤矿地质与水文地质条件、场地客观环境而言，其优点得到放大，缺点得以消减，安全可靠、经济高效。

（二）地连墙帷幕截水关键技术

1.超长槽段泥浆护壁开挖与浇筑技术

地连墙帷幕是在泥浆护壁作用下，采用分幅、分段、跳槽式施工，也就是所谓的连续墙实际上是由一幅一幅槽段在空间上左右“拼接”而成。在墙体抗渗材料无质量问题的情况下，帷幕的整体连续性是决定截水效果的关键，换言之，接头部位是易渗水的薄弱部位，接头质量越差，帷幕连续性越差，漏水风险越大。在实际施工中，接头拼接质量好坏往往受许多因素影响，如单元槽段长度越短，开挖产生的接头数量越多，接头处质量风险越高。因此在保证槽段稳定前提下，尽量减少接头数量，增大单元槽段开挖长度就成为必由之路。

现行有关地下连续墙施工规程中将单元槽段长度一般划分为 2.8~7.0m，其目的是防止槽段搁置时间过久出现失稳坍塌。为此，西安研究院以护壁泥浆为突破口，通过研制多种泥浆配比参数，并开展大量槽段稳定性试验，使得在砂卵砾石松散含水层中成槽深度大于 30m 条件下的失稳时长提升至 50h 以上，由于槽段失稳时间延长，单元槽段长度突破了常规单幅槽段 7m 开挖长度限制，创造了 22m 的超长槽段连续开挖记录，相比常规单元槽段，接头数量减少了 2/3

以上，大大提升了帷幕整体性；同时，通过创新槽段浇筑工艺，变传统双管为多管浇筑，施工效率得以明显提升。

2. 防渗膜大深度垂向隐蔽铺设与连接技术

防渗膜作为新型防渗材料，具有高抗渗、抗老化、耐腐蚀的特点，多用于堤坝、排水沟渠的防渗处理以及废料场的防污处理等，将防渗膜作为帷幕抗渗材料可实现防渗效果数量级提高；其次，对于帷幕建造在有潜在轻微滑移的露天边坡上部而言，由于防渗膜具备拉伸性能，其断裂伸长率可达700%，可抵抗一定的变形能力。但防渗膜一般多为平面或斜面铺设，垂向隐蔽铺设极少且深度往往小于20m。要想实现防渗膜垂向大深度铺设，一是需要解决的是防渗膜下放难题，由于防渗膜质量轻，密度一般比水小，必须携带配重下放，同时防渗膜容易发生弯折，下放期间必须要保证膜身平展。二是需要解决的是相邻防渗膜之间的搭接问题，因为防渗膜若不能在空间上实现连续，则类似槽段接头质量问题，容易成为过水的薄弱部位，但常规而言，防渗膜只能铺设在已开挖的单元槽段内，由此一来在相邻的两个槽段接头处防渗膜最多是以“肩并肩”的方式连接，无法实现“面对面”式连接。举例说明，槽段A长度15m，防渗膜单宽8.0m，在该槽段内，防渗膜可以实现1.0m的叠覆搭接，在A槽段完成浇筑回填后，再对其相邻槽段B开挖，这样在相邻部位就无法实现防渗膜叠覆搭接。

对于防渗膜下放难题，西安研究院研制了防渗膜供膜与铺膜一体机具，该机具由分离滚筒、支架、电机、操控台等

组成，分离滚筒用于控制防渗膜的下放幅度，保证防渗膜的平整，支架用于支撑防渗膜下放，电机用于控制防渗膜上升及下放的速率，操控台用于进行人为控制。通过这套自主研发的下膜机具，在国家能源集团扎尼河露天煤矿实现了垂向铺设深度 56m 的记录。

对于防渗膜搭接难题，西安研究院研制了专供防渗膜搭接的新型接头箱装置，利用该装置有效解决了相邻槽段之间防渗膜搭接难题。其原理为：当槽段 A 完成防渗膜铺设之后，在与 B 相邻的端头部位下入接头箱，再对 A 进行浇筑回填，此时接头箱发挥的是占据端头为防渗膜搭接创造空间的作用；待 A 槽段充填材料初凝之后，开始 B 槽段开挖，此时接头箱发挥第二层作用，即保护防渗膜不被成槽机械损坏的作用；当 B 完成开挖后，拔出接头箱，此时槽段 A 的防渗膜就可以与槽段 B 的防渗膜实现“面对面”式连接。该技术在国家能源集团元宝山露天煤矿实现了长度 3570m、深度 16 ~ 43m 防渗膜连续铺设记录。

（三）地连墙柔性高抗渗新材料研制技术

地连墙墙体防渗材料多样，根据《水电水利工程混凝土防渗墙施工规范》(DL/T 5199—2019)，常见的有普通混凝土、黏土混凝土、塑性混凝土、固化灰浆、自凝灰浆等，其中普通混凝土和黏土混凝土属于刚性墙体材料，后三者属于柔性墙体材料。其中，刚性材料主要用于对强度和抗渗性能要求较高的防渗工程。对于露天煤矿而言，帷幕一般沿矿权边界布置，帷幕的安全运行与边坡稳定性息息相关。基于露天矿

防渗帷幕墙一般无上部荷载、多受侧向水平应力影响大的特点，要求防渗材料一般具备较强的防渗性能和一定的抗变形不开裂能力，最好是与帷幕墙周围岩土力学性能相近。

基于以上设想，西安研究院通过大量配合比试验，研制出了介于塑性混凝土和普通混凝土之间，防渗性能达到 P6 级，同时抗压强度仅 8~10MPa 的防渗帷幕墙用抗渗混凝土。在扎尼河帷幕实施期间，研制出了高掺量粉煤灰—水泥混合浆液柔性抗渗材料，既实现了墙体渗透系数小于 0.001m/d 的防渗指标和较高的抗变形能力，同时将粉煤灰变废为宝，实现了废物清洁利用。

（四）“六位一体”截水帷幕质量与效果检验技术

露天煤矿截水帷幕建造周期较长，截水效果并非立即见效而是逐渐显现，因此除了在施工过程中对关键环节进行质量把控外，还需采用一定的方法进行截水效果的检验。为此，西安研究院提出了“六位一体”截水帷幕质量与效果检验技术体系，从定性和定量两个角度，围绕实施全过程，分别采用声波透射法、取心验证法、抽水试验法、流场观测法、水量分析法、综合物探法等六种方法，检验截水帷幕墙体浇筑质量、防渗性能、截水效果，全面提高了帷幕质量与效果检验的可靠性。

二、帷幕截水实践经验

（一）扎尼河露天煤矿帷幕截水实践经验

帷幕类型：半封闭弧线形落底式截水帷幕

墙体材料：低强度抗渗混凝土连墙帷幕 1290.9m，防

渗膜+粉煤灰水泥混浆地连墙帷幕 3069.4m, 抗渗混凝土桩排式帷幕 1454.7m。

帷幕参数: (1) 平面总长度 5815m; (2) 墙体深度 21 ~ 56m(北深南浅); (3) 顶面标高+623m; (4) 有效厚度 > 0.6m; (5) 底部入稳定隔水层 1m 以上; (6) 墙体渗透系数 < 0.001m/d。

帷幕效果: 帷幕建成后, 扎尼河露天煤矿矿坑疏排水量总量减少 73%, 其中动态补给量减少 89%。墙内外水位差平均 10m 以上, 帷幕墙外围 20km² 范围内地下水位回升至原始生态水位, 解决了周边牧民取水难的问题。建成三年, 节约的疏排水电费相当于减排约 2134×10^4 kg “碳”, 节能降碳成效显著。

(二) 元宝山露天煤矿帷幕截水实践经验

帷幕类型: 半封闭弧线形落底式截水帷幕

墙体材料: 抗渗混凝土与防渗膜复合型地连墙帷幕

帷幕参数: (1) 平面长度 3570m (帷幕一期); (2) 墙体深度 15 ~ 43m, 平均 38m; (4) 墙体厚度 0.8m; (5) 底部入隔水层 3m

帷幕效果: 帷幕一期建成后, 元宝山露天煤矿矿坑疏排水量总量减少 34%, 帷幕墙下部平盘渗水全部消失, 墙内外水位差已达 28.6m, 外围地下水位相比帷幕实施前抬升 20m 以上, 水资源税与疏排水费用累计减缴 (节省) 超 2 亿元。与此同时, 提前了元宝山露天煤矿内排碾压工程, 实现了改河工程顺利推进。

三、结论

1.简要介绍了地连墙帷幕截水原理、类型，对槽板式地连墙优缺点进行了特别说明。

2.系统性论述了西安研究院在露天煤矿截水帷幕领域取得包括超长槽段泥浆护壁开挖与浇筑技术、防渗膜大深度垂向隐蔽铺设与连接技术等在内的 4 项关键技术。与此同时分享了扎尼河、元宝山露天煤矿帷幕实践经验。

3.地连墙帷幕截水技术开创了我国露天煤矿利用帷幕截流进行地下水控制的先河，从根本上解决了露天煤矿因疏排水带来的安全、环保、生态等一系列问题，促进了行业技术进步，极大保障了露天矿山资源安全绿色开采，对其他非煤矿山及水利水电、交通等更高防渗等级要求的工程领域具有重要借鉴意义。

露天煤矿疏干排水工作经验

内蒙古扎鲁特旗扎哈淖尔煤业有限公司

扎哈淖尔露天煤矿位于霍林河盆地，矿区内第四系孔隙潜水丰富，含水层岩性以黄色、黄褐色及浅灰色中、细砂为主，是矿区的主要充水含水层，该含水层渗透性差，但补给来源充沛，地下水长期在边坡渗流涌出，边坡流沙、坍塌现象普遍，对露天矿边坡稳定、高效生产及标准化建设造成诸多不利影响。现将扎矿为治水采取的多种先进手段总结如下。

一、建设反循环疏干井，实现水位超前降深

在 2017 年，扎矿与科研院校诸多专家开展疏干井研究，经过多次的现场踏勘和模拟论证，证明了扎哈淖尔露天矿存在中、细砂地层饱水的现状，因此，采取了适宜扎矿地质条件的反循环清水钻井工艺。

在 2017 年实验成果基础上，2018 年率先在轮斗挖掘机连续生产作业面进行降水效果论证实验。通过缜密设计疏干井间距及位置，共施工 36 眼疏干井，在作业面外侧形成了降水截流的疏干井群，通过疏干降水，控制范围内地下水，水位降低 10.2m，边坡涌水点显著减少，作业场地平整无积水，边坡作业面砂层干燥无渗水，减少清淤工程量约 27 万立方，置换硬岩工程量约 50 万立方。

2019 年，扎矿北帮（非工作帮）地下水涌出问题日益严重，边坡蠕变加剧，在北帮建设以“抗蠕变、定降深自动降

水”为基础的疏干井群，形成了人工的隔水边界，有效的阻截地下水向采场边坡渗流排泄。疏干井群投入运行使用，北帮地下水水害得到有效治理，边坡蠕变速率逐渐降低，边坡稳定性显著提高。

2020 年，随着疏干井成井技术、降水设备的不断升级创新，疏干井降水截流的技术方法越发成熟，也逐渐应用在露天矿的工作帮。扎矿采用先进的地面物探勘查技术，详细查明区域地下水分布，采用“深浅结合、外截内排”的治理原则，将疏干井降水效果最大化。2020 年至 2022 年，经过疏干降水的持续运行，西帮临近边帮位置地下水水位埋深由 2020 年的 1-6 米,下降至 9-20 米，地下水水位降低至中、细砂含水层底板，有效解决了边坡地下水渗流问题。

截止 2022 年，扎哈淖尔露天煤矿累计施工 556 眼疏干浅井，为矿区疏排水量 215 万立方，有效的解决了第四系孔隙潜水的安全隐患，降低了边坡地下水水位，提升岩体强度，间接提高边坡稳定性，同时减少了边坡涌水及积水，减轻了采场疏干排水压力，对采掘生产效率、矿山质量标准化等领域均发挥了重要的作用。

二、防渗土工膜应用，防止积水自地表渗入

为了防止积水自地表层层渗入地下，对边坡稳定造成影响，在矿区周围设置了大型防洪水沟，但受限于土质影响，排水沟渗水比较严重，扎矿目前采区的手段是铺设土工膜。

防渗膜具有良好的耐热性和耐寒性。化学稳定性好，具有较高的刚性和韧性，机械强度好，耐环境应力开裂与耐撕

裂强度性能好，随着密度的上升，机械性能和阻隔性能会相应提高，耐热，和抗拉强度也更高；能耐酸、碱、有机溶剂等腐蚀。

防渗膜是以 pe 膜作为基材，与土工布复合而成的防渗材料，它的防渗性能主要取决于 pe 膜。东方防渗膜应用的 pe 膜，主要有聚氯乙烯和聚乙烯、EVA(乙烯/醋酸乙烯共聚物)，它们是一种高分子化学柔性材料，比重较小，延伸性较强，适应变形能力高，耐腐蚀，耐低温，抗冻性能好。其主要机理是以塑料薄膜的不透水性隔断土坝漏水通道，以其较大的抗拉强度和延伸率承受水压和适应坝体变形。

功能特点：

1.防渗系数高—防渗膜具有普通防水材料无法比拟的防渗效果，防渗膜具有高强抗拉伸机械性，它优良的弹性和变形能力使其非常适用于膨胀或收缩基面，可有效克服基面的不均匀沉降。

2.化学稳定性—防渗膜具有优异的化学稳定性，被广泛用于污水处理，化学反应池，垃圾填埋场。耐高低温，耐沥青、油及焦油，耐酸、碱、盐等 80 多种强酸强碱化学介质腐蚀。

3.耐老化性能—防渗膜具有优秀的抗老化、抗紫外线、抗分解能力，可裸露使用，材料使用寿命达 50-70 年，为环境防渗提供很好的材料保证。

4.抗植物根系—防渗膜具有优异抗穿刺能力，可以抵抗大部分植物根系。

5.高机械强度—防渗膜具有良好机械强度，断裂拉伸强度 28MPa，断裂延伸率 700%。

6.成本低效益高—防渗膜采用新型技术提高了防渗效果，但生产工艺更加科学、速捷、所以产品成本反而低于传统防水材料，经实际测算采用 HDPE 防渗膜的一般工程要节约成本 50%左右。

7.施工速度快—防渗膜有很高的灵活性，有多种规格多种铺设形式满足不同工程防渗要求，采用热熔焊接，焊缝强度高，施工方便、快速健康。

8.环保无毒性—防渗膜采用的材料均为无毒环保材料，防渗原理是普通物理变化，不产生任何有害物质。

三、打造智慧疏干排水，实现现场无人化值守

针对泵房值守人员年龄普遍偏大、现场安全风险高等不利因素，通过科技创新打造智慧疏干排水，疏干现场无人值守，实现“无人则安”。通过建设疏干排水集中控制系统、水泵远程启停控制系统、加水站远程控制系统及疏干井智慧管理平台等系统平台，涵盖疏干排水方方面面，集水坑、加水站、疏干井等均通过集控室远程控制，现场无人化运行，安全效益与经济效益突出，疏干排水运行效率得到很大提升。

（一）疏干排水集中控制系统。为进一步提高扎哈淖尔煤业公司疏干水提升及排放的安全性、可靠性，提高劳动效率，降低工人劳动强度及安全隐患，将扎哈淖尔煤业公司疏干水系统改造为全自动化控制系统，达到现场无人值守目的，实现整套系统的远程监测、控制功能。系统以 PLC 为核心单

元，通过工业以太网实现坑上和坑下的信息交换。PLC 可以读取系统运行参数，并实时将信息传送到坑上集控中心，坑上集控中心可以根据上传的数据对坑下水泵进行相应的操作，实现无人值守。

（二）水泵远程启停控制系统。水泵远程启动控制主要是利用网络控制器和手机小程序实现远程数据传输，从而达到远程控制水泵启动、停止、查看实时电压、电流数据，显示运行状态，远程视频监控，水位检测等功能。网络控制器具有体积小，功能多等特点，与水泵启动柜实现无损连接，无需改变原有启动柜结构与接线，可实现远程控制，方便现场安装和维护。

网络控制器的继电器输出端口与启动柜的启动按钮并联，与停止按钮串联，实现水泵启动与停止。网络控制器的模拟量（4-20mA）输入端口与电压、电流变送器连接，实现在线监测电流、电压数值。共有四组模拟量输入端口，可扩展其他传感器，例如流量计、光照传感器、温度传感器等，可实现其他不同检测功能。同时网络控制器还具有 RS485 通讯接口，可扩展相关其他功能。开关量输入端口与启动柜主接触器常开辅助触点连接，实现水泵运行状态在线显示。

（三）加水站远程控制系统。系统主要由 PLC 控制器、变频器、通讯模块及软件组成，现场启动控制柜通过 4G 网络与手机 APP 建立连接，水车司机通过 APP 控制加水泵启停，系统可检测水泵运行电流、运行频率、水泵转速等数据，

实现加水站运行无人值守。因系统采用变频器启动，可减小启泵时对电网冲击，同时保护水泵。延长水泵使用寿命。

（四）疏干井智慧管理平台。因扎矿疏干井数量多、分布广，采用人工启停及巡视效率低，巡视无法做到全覆盖，不能实时掌握疏干井运行状态，基于此，建设疏干井智慧管理系统，系统是通过可调节感应探头实现水位控制，当水位到达上线感应探头，水泵开始工作，进行抽水;当水位到达下线感应探头，水泵停止工作。通过配电箱内流量计将数据上传到 DataM，系统可检测疏干井液位、水泵工作电流、电压、瞬时流量计累计流量等，集控室人员可以根据上传的数据查看水泵运行情况，实现无人值守。

露天煤矿帷幕截水综合技术

国家能源集团雁宝能源扎尼河露天矿

长久以来，我国露天煤矿地下水控制方式粗放单一，对水资源造成极大破坏，严重影响生态环境。如何优化、转变露天煤矿地下水控制方式，减少矿坑疏排水量成了露天煤矿实现绿色开采过程中普遍面临的崭新课题。扎尼河露天矿联合中煤科工集团西安研究院针对露天煤矿境界外河流湿地常年补水及对露天煤矿安全开采和区域水文环境的影响，研究开发了“露天煤矿帷幕截水关键技术体系”，为露天煤矿地下水控制、安全绿色开采、生态修复及节能降碳提供了新思路、新技术。

露天矿帷幕截水综合技术首次应用于《扎尼河露天矿帷幕截水综合技术研究示范工程》，在我国露天煤矿建造截水帷幕尚无先例，本项目采用了理论分析与数学计算、室内物理模拟、计算机仿真模拟和室内与现场试验等方法研究了截水帷幕截渗减排影响机制和参数设计、超长截水帷幕建造工艺、强渗透地层截水帷幕充填材料、截水质量与效果检验方法等帷幕截水关键技术，并在扎尼河露天煤矿进行了应用，项目于2018年7月7日开工，2019年10月8日完成主体工程施工，开挖总工程量156953.54m³，项目总投资23244.7946万元，从根本上解决了露天煤矿疏排水问题和由此带来的边坡稳定问题，保障了露天矿安全绿色开采。同时，丰富了露

天煤矿防治水与水资源保护技术理论，促进了行业技术进步，为露天煤矿地下水控制及安全绿色开采提供了新思路、新技术、新工艺，对我国露天煤矿开发中的生态环境与水资源保护和水害预防与控制有重要的示范意义，对其他非煤矿山及水利水电、交通等更高防渗等级要求的工程也具有重要借鉴意义。

一、技术内容

（一）基本原理

露天矿帷幕截水综合技术在煤田周边，通过多种工艺、技术形成的复合型地下截水帷幕，用以阻隔或减少地下水渗入采坑，控制采坑外地下水位的幕墙状竖向截水体。

（二）关键技术与设备

低强度抗渗混凝土配合比技术、防渗膜大深度垂向隐蔽铺设与连接技术、超长槽段开挖与泥浆护壁技术、高掺量粉煤灰-水泥混合浆液注浆充填技术、强渗透厚砾石层中高压旋喷成桩技术。

（三）工艺（施工）流程

1. 施工流程

施工工艺随着工程的不断实施和工程地质条件与水文地质条件的变化及时调整。

地下混凝土防渗墙是目前最常用、效率最高、截水效果最好的帷幕施工工艺，也是广泛应用的成熟工艺。在 2015 年扎尼河露天矿开展试验工程时，就采用地下混凝土连续墙工艺验证了施工工艺的可行性和截水效果，近几年随着施工

工艺的进步和材料科学的发展，防渗膜（土工布）作为新的防渗材料逐渐应用在平面或斜面铺设的防渗漏、防扩散工程项目中，本着应用新材料和新工艺的思想，本工程将防渗膜应用于垂向隐蔽铺设，作为本项目重要施工工艺之一。另外，由于设计帷幕线要穿越 G301 国道、多条地埋光缆和架空高压线等障碍，在这些特殊区域无法采用成槽施工时，选用高压旋喷注浆工艺。因此，在 2017 年项目立项时，选用了三种施工工艺，即地下混凝土连续墙（深度大于 35m 区域）、防渗膜垂向隐蔽铺设（深度 35m 以浅区域）、高压旋喷注浆工艺（特殊施工区域）。由于防渗膜大深度垂向隐蔽铺设并无应用先例，于是在 2018 年度工程实施期间，开展了防渗膜垂向隐蔽铺设的工程试验，最大深度突破了 50m，同时，随着对矿坑水文地质条件的进一步探查和研究，对截水帷幕结构进行了优化，故在 2019 年度工程实施之前，进行了设计变更，变更的主要内容是采用防渗膜铺设工艺全面替代混凝土连续墙工艺，并且在铺设防渗膜之后采用粉煤灰-水泥混合浆液进行充填，达到双重防渗效果。

2019 年工程实施期间，高压旋喷注浆工艺在不同施工区呈现出不同的成桩效果，在东部区 G301 国道北侧进行的试桩试验表明，由于水文地质条件复杂，无法达到成桩要求，故变更施工工艺为钻孔咬合桩，西部区的施工工艺不变。因此，本项目经过多次现场试验和设计变更，最终采用四种帷幕工艺完成了现场施工，分别为地下混凝土连续墙工艺、防渗膜垂向隐蔽铺设工艺、高压旋喷注浆工艺和钻孔咬合桩工

艺，选用的防渗材料主要有抗渗混凝土、防渗膜、粉煤灰-水泥混合浆液和纯水泥浆。

工程设计时，按照不同施工工艺和地质条件，将帷幕线划分为 14 个工段，不同工艺的分区见图 1。

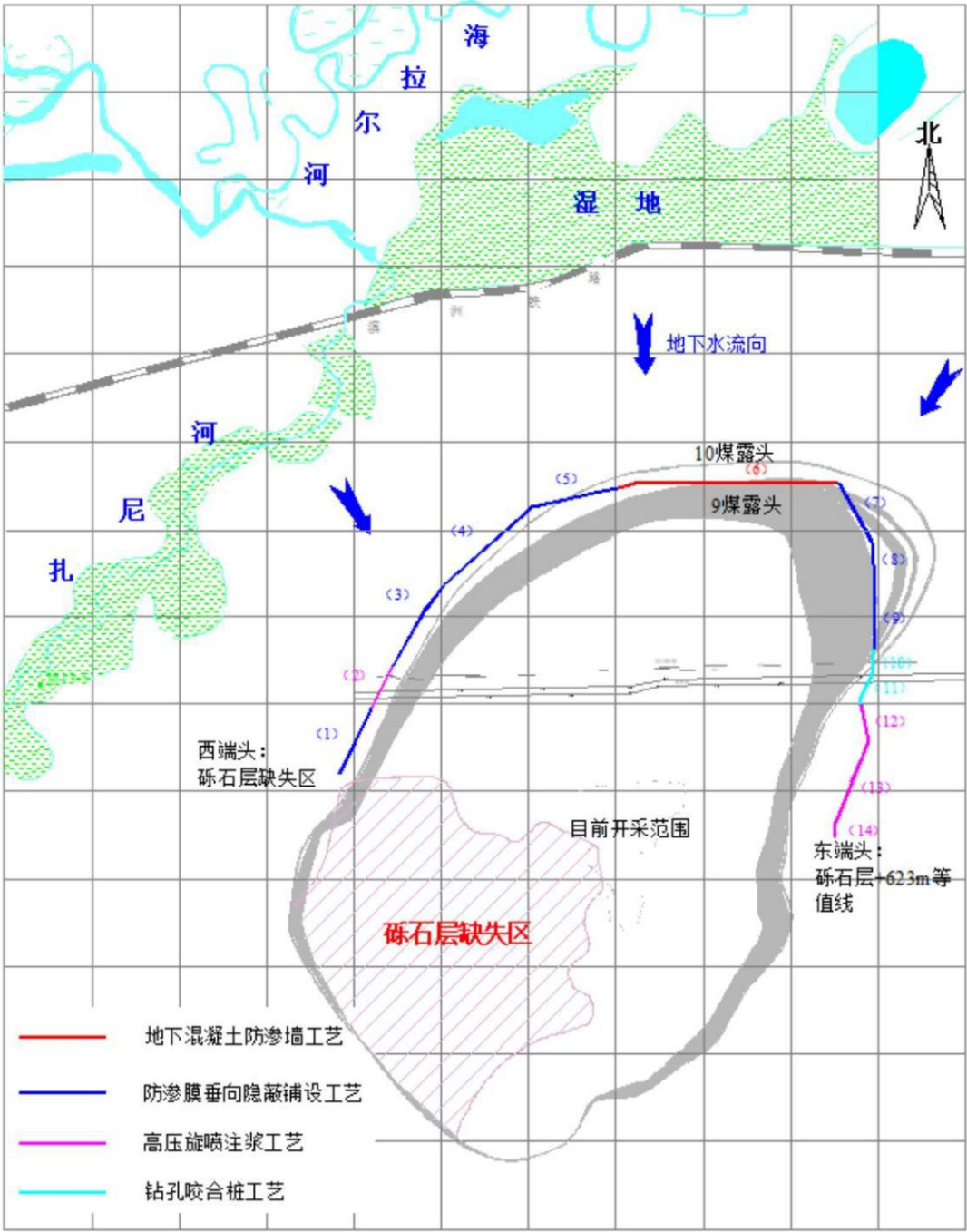


图 1 不同施工工艺分区图

2.施工工艺

(1) 地下混凝土连续墙工艺：混凝土连续墙工艺是利用双轮铣槽机及液压抓斗机形成槽段后，向槽段内浇筑抗渗塑性混凝土形成地下截水墙体。

(2) 防渗膜大深度垂向隐蔽铺设工艺：防渗膜工艺是利用双轮铣槽机及液压抓斗机形成槽段后，沿着槽段垂向铺设防渗膜后向槽段内注入高掺量粉煤灰混合浆液置换槽段里护壁泥浆形成地下截水墙体。

(3) 高压旋喷注浆工艺：高压旋喷注浆是利用钻机将注浆管及喷头钻至桩底设计高程，将水泥浆液通过高压泵使液流获得巨大能量后，从喷嘴中高速喷射出来，形成一股能量高度集中的液流，直接冲击、切割、破碎地层土体，并以水泥基质浆液充填、渗透其中。钻杆边旋转边提升，使浆液与土体充分搅拌混合，在土中形成柱状或板墙状的固结体，用以提高地基防渗或承载力。

(4) 钻孔咬合桩工艺：咬合桩工艺分为旋挖钻机施工和反循环钻机两种施工方法，都是通过钻机成孔后注入水泥粉、煤灰混合浆液，浆液凝结形成防渗桩，单桩直径 1m，连续两根桩重合 0.3m 以保证接合处防渗性，连续施工防渗桩形成墙体。

二、质量与效果全过程检验体系

通过采用六种方法检验截水帷幕的施工质量和截水效果，形成定性与定量相结合、截水帷幕实施过程中和结束后不同阶段的截水帷幕“六位一体”全过程检验体系，见图 2。

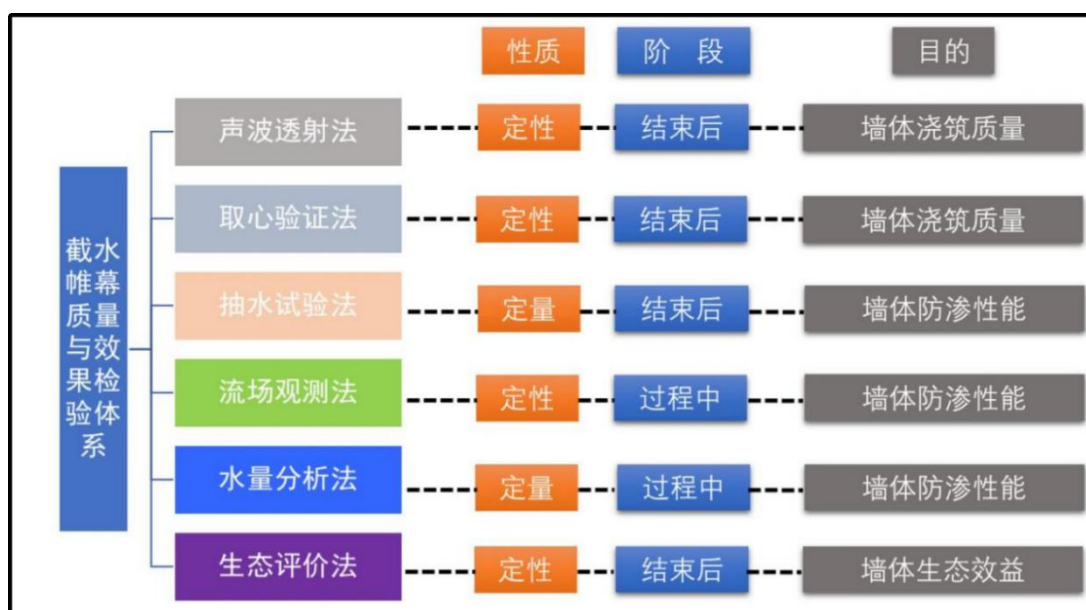


图2 “六位一体”截水帷幕质量与效果全过程检验体系

三、研究成效

（一）研究露天煤矿截水帷幕构建的必备条件、有利条件和经济条件，根据截水帷幕不同的结构形式、平面展布和剖面形态，将截水帷幕形式划分为桩孔压入式与沟槽灌入式、直线型与弧线型、落底式与悬挂式等不同类型。通过深入研究扎尼河露天煤矿水文地质与工程地质特征，分析了截水帷幕的构建条件，确定扎尼河截水帷幕的形式为沟槽灌入式+桩孔压入式弧线型落底式截水帷幕。

（二）研究帷幕墙截渗效果主控因素，揭示了渗流量与各主控因素间的相互关系。运用地下水渗流理论和复变函数理论推导了通过防渗墙两侧和防渗墙底部的绕流量计算公式和通过防渗墙自身的渗流量计算公式，结果表明，绕流量与含水层渗透系数 K 和水头损失 H 呈正比，与防渗墙长度 l 和深度 d 呈负相关关系。渗流量与防渗墙厚度 B 呈负相关关系，与防渗墙渗透系数 K_2 呈正相关关系；运用计算机数值

模拟研究了防渗墙长度、厚度、深度与墙体渗透系数对截渗减排效果的影响，建立了露天煤矿帷幕墙截渗减排机制。

（三）提出截水帷幕设计的安全有效、经济合理和环境友好三原则，依据“顶不越、底不漏、两端不饶、接头不渗”的“十四字”准则，对扎尼河露天矿截水帷幕的平面展布形态和空间结构进行了设计，截水帷幕总长度 5815m，深度 21 ~ 56m，平均深度 36m，有效厚度 0.6 ~ 0.8m。结合工程地质与水文地质特征和现场施工条件，确定扎尼河截水帷幕由四种帷幕工艺组合完成，分别是地下混凝土连续墙工艺、防渗膜大深度垂向隐蔽铺设工艺、超高压角域变速射流注浆工艺和钻孔咬合桩工艺。

（四）开展帷幕工艺试验，研究四种帷幕工艺的施工工艺与参数，形成高渗透强富水地层超长帷幕建造新工艺，研制了柔性高抗渗截水帷幕新材料。在防渗膜大深度垂向隐蔽铺设与连接技术方面取得突破，革新了超高压角域变速射流注浆工艺，研发了超长槽段连续开挖与浇筑工艺，研制了高掺量粉煤灰水泥混合浆液与 HDPE 防渗膜的复合帷幕材料，研制了露天煤矿防渗帷幕墙用抗渗混凝土及其制备方法，攻克多项关键技术。

（五）建立以声波透射法、取心验证法、抽水试验法、流场观测法、水量分析法、生态评价法为主的“六位一体”效果检验体系，在截水帷幕建造过程中和结束后，从定性和定量两个角度检验和验证了截水帷幕的效果。声波透射法验证混凝土浇筑和粉煤灰-水泥混合浆液回填密实、无空洞和裂

缝；取心验证法证实混凝土浇筑、粉煤灰-水泥混合浆液回填均匀、密实，高压旋喷桩和钻孔咬合桩桩径与桩间搭接符合设计要求；通过抽水试验法取得了墙体的渗透系数为 $0.64 \times 10^{-3} \sim 0.79 \times 10^{-3} \text{m/d}$ ，等级为极微渗透级；利用墙体两侧 39 个水文观测孔长期观测了流场变化，得到截水帷幕效果的显现过程；水量分析法直接验证截水帷幕的效果，矿坑疏排水量自试验工程实施时的 $17.4 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 衰减至目前的 $4.2 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，总水量衰减 73%（动态补给量衰减 89%），矿坑疏排水量仍在持续衰减中，截水效果显著。

（六）截水帷幕形成后，生态环保和安全生产效益显著。生态环保方面，帷幕墙外围约 20km^2 范围内地下水位回升至生态水位，解决了当地牧民取水困难的问题；同时，帷幕外围归一化植被指数由 0.1 增加至 0.4，植被多样性增加 15% 以上，生态环境得以改善，促进了植被生长。并且有效保护了地下水资源，降低了环保风险；安全方面，矿坑疏排水量的减少，降低了边坡滑动的风险，边坡稳定系数增加至 1.2 以上，有效保障了边坡稳定和安全生产；节能降碳方面，自 2019 年以来，扎尼河露天煤矿结余电量 7108.63 万 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，结余疏排水电费 7800 万元以上，相当于减排约 $1933.5 \times 10^4 \text{kg}$ “碳”，2021 年度后预计平均每年结余电量约 3175 万 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，平均每年减排约 $863.6 \times 10^4 \text{kg}$ “碳”。由截水帷幕带来的生态修复、节能降碳效果显著。

（七）该项目形成了露天煤矿截水帷幕关键技术体系，开创了我国露天煤矿建造帷幕墙的先例，是解决露天煤矿疏

排水问题的根本措施。项目实施后将产生显著的经济效益、社会效益和生态效益。

四、推广潜力

帷幕工程开创了我国露天煤矿通过截水帷幕综合技术实现截水减排的先例，为我国东部草原区露天煤矿地下水疏降与控制及安全绿色开采提供了新思路、新技术、新方法，对草原的生态环境保护、露天矿山的水资源保护和水害预防与控制有重要的借鉴意义，研究成果具有广泛推广应用价值。

露天煤矿防治水经验总结

国能宝清煤电化有限公司朝阳露天煤矿

朝阳露天煤矿位于黑龙江省双鸭山市宝清县朝阳乡境内，于2009年7月28日开工建设，设计能力11Mt/a，是国能宝清煤电化有限公司在黑龙江省开发的大型现代化露天矿山。目前，矿坑东西长约1800m，南北最大宽度约1500m，坑底最大降深至0m水平，最大垂直深度近80m。

朝阳露天煤矿地层胶结性差，岩性极软，地下水为孔隙水，含水层渗透性差，持水性强且难以疏干，防治水工作难度大，水文地质类型划分为复杂型。内排土场剥离物料含水量大，松软粘，加之大气降雨等多重因素影响，煤质含水率高，内排土场边坡易位移蠕动变形。

为解决以上难题，朝阳露天煤矿防治水工作多措并举，结合现场实际，采取河流改道、群井疏干超前降水、工作面环沟降水、煤层底板盲沟导水、定向水平孔放水和移动集水坑排水等综合治理措施，开展防治水工作。

一、实施河流改道

大索伦河从先期采场和排土场经过，影响采剥安全生产，为避免大索伦河水对采场及排土场造成影响，对该地段大索伦河进行改道，将河水引至采剥场地外，并修筑防洪河堤，防止雨季洪水进入采场，保障采剥生产安全有序进行。

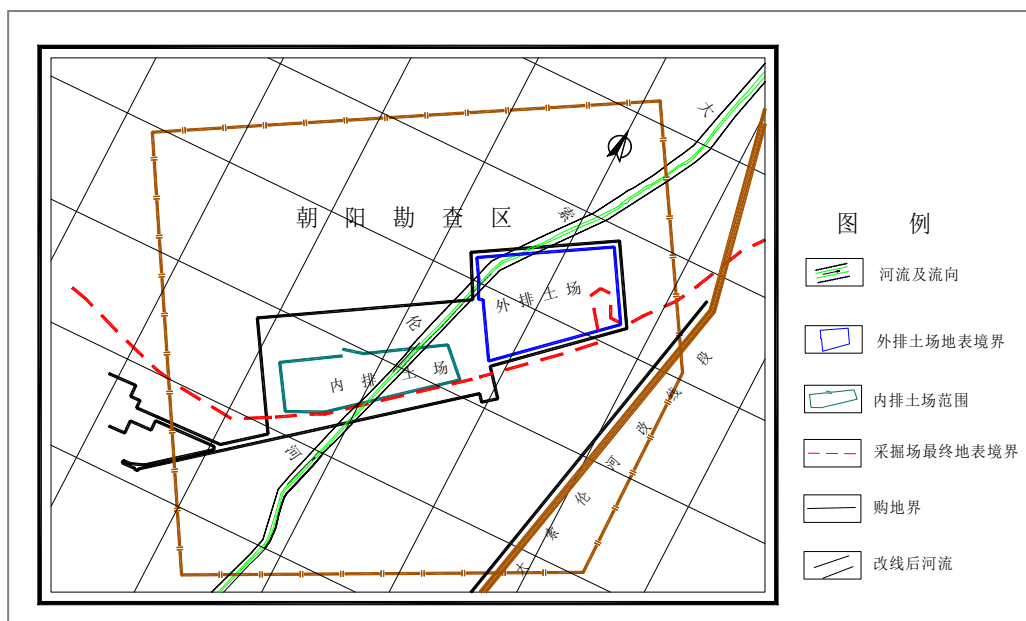


图 1 大索伦河改线前后示意图

二、群井疏干超前降水

为降低采场地下水水位，改善矿坑作业环境，超前工作面打设疏干井，对采场区域地下水进行疏干，减少地下水对生产活动造成的影响。目前有疏干降水井 112 口，每日疏干排水量约 1.9 万 m^3 ，为给采剥作业创造良好的条件。

三、工作面环沟降水

在每个工作面采剥开始前，根据采剥物料不同做好超前



图 2 采煤工作面环沟降水

环沟降水，环沟深度要大于采剥工作面深度，地（煤）层渗水经环沟自流至集水坑。工作面临时集水坑深度要低于环沟深度，保证环沟内汇水顺利排出。

四、工作帮水平孔放水

为提前疏排采剥工作面中的地下水，为采剥提供良好的施工条件，根据采剥需要，在工作帮涌水量较大中部含水层，利用水平钻机施工直径 150mm 的水平放水孔，下入直径为 90mm 的 PVC 滤水管，超前疏排含水层中地下水，降低采剥工作面含水量，改善采剥条件。



图 3 水平放水孔照片

五、底板毛石盲沟修建

为减少地下水对内排土场基底浸泡，增加内排土场基底强度，分别在采场煤层底板到界平盘坡底线和采场中部修建毛石盲沟。根据煤层底板坡度修建南北向、东西向毛石排水盲沟，在盲沟上部铺设钢制花管，花管周围包设透水土工布

或多层遮阳网防止剥离物堵塞花管，使基底涌水和内排渗水通过盲沟、花管汇集至集水坑统一排出，保证内排土场边坡基底稳定。



图 4 毛石盲沟铺设图

六、坑下移动排水系统建设

根据采剥推进及内排进展，将采场排水系统随着采剥进度每推进 200 米左右滚动移设一次，以满足采场排水要求。目前新移设位置在 F5 断层北侧约 30 米的煤层底板新建集水坑，解决采区正常排水及暴雨排水的需要。在东端帮挖设集水坑，集水坑规格为 40*30*5 米，在集水坑坑底挖设泵坑，集水坑总容量约为 6000m³。在集水坑西侧施工沉淀池，集水坑与沉淀池之间用溢流水沟相连，将采剥工作面来水进行初步沉淀后流入集水坑排出。



图 5 坑下移动排水系统图

七、端帮顺坡引流导水

在东侧端帮剥离段，在帮坡底部施工导水盲沟以及铺设防渗膜对端帮来水进行拦截，尽量控制地下水不进入排土场内部。以采掘场东端帮出露的煤层底板沿端帮边坡上铺设防渗膜，使得含水层涌水顺着防渗膜流向毛石盲沟内。毛石盲沟布置在端帮煤层底板，形成排水盲沟，汇至集水坑处排出。通过防渗膜对含水层涌水量的引流和导水盲沟对残余水和下部含水层水的疏排实现对地下水的有效治理。

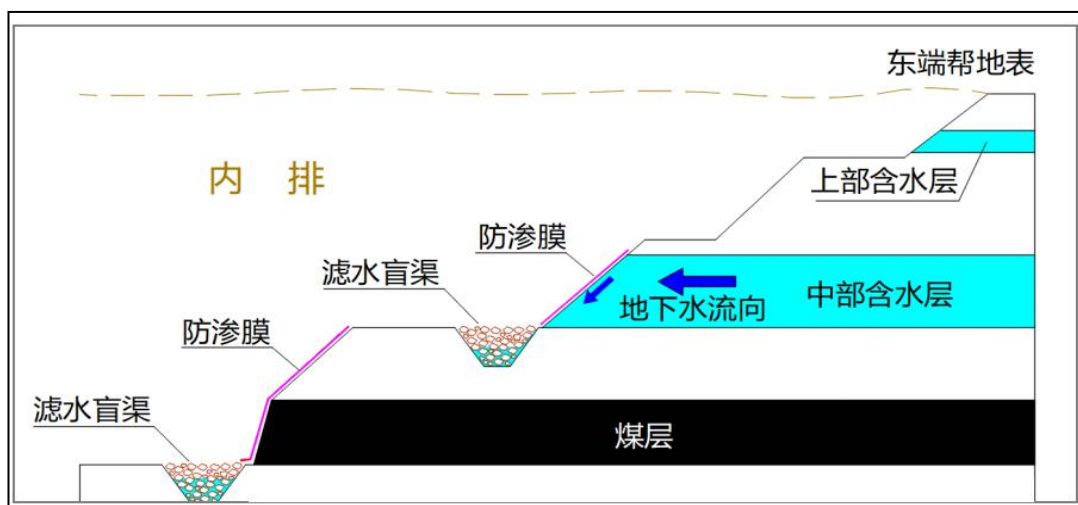


图 6 端帮顺坡引流工程布置剖面示意图

八、导水管涵

在煤层底板铺设导水管涵代替明沟排水，提前释放内排空间，改善内排基底排水条件，解决采场排水与内排间的矛盾。在采场东区-20 底板区域铺设直径 1m、管厚 10mm 的导水管涵 360m，管涵保持 1-3%坡度，确保排水通畅。



图 7 导水管涵铺设施工图

九、取得成果

朝阳露天煤矿通过几年的防治水治理工作，取得一定成效，为露天煤矿采剥接续、能源保供提供了坚实的保障。期间共申请专利 5 项（2 项正在申报中），获上级公司科技进步奖 1 项，发表论文 1 篇，具体如下：

相关专利 5 项，获得专利 3 项分别是降水井装置、一种露天煤矿导水系统、一种内排土场导水系统；正在申请中专利 2 项，为一种露天矿底板水防治方法和一种露天矿端帮水防治方法；获 2020 年度国神集团一等奖 1 项，为《神华国能宝清煤电化有限公司基于水资源保护利用的滑坡防治技术研究》项目，在朝阳露天煤矿富水软岩低渗透矿床治理期

间，防治水方面发表论文 1 篇，为《地下水对露天矿边坡稳定性影响及防治措施》，为软岩露天矿边坡稳定治理提供理论基础，为露天煤矿防治水治理工作起到积极的推动作用。



图 8 获得专利及论文情况

十、主要贡献

（一）经济效益。综合治理项目实施后，露天煤矿采剥接续得到了保障，极大改善了现场作业环境，全面遏制住了内排土场边坡持续位移对采剥作业带来的不利影响，实现采煤、剥离、排土作业的正常良性循环，提高了煤炭回采率，改善了煤炭质量，为全国探究治理富水软岩低渗透矿床趟出了一条“新路”，为煤矿进一步释放产能奠定了基础。2022

年全年完成煤炭产量 640 万吨，实现利润约 1.7 亿元。

（二）社会贡献。朝阳露天煤矿是黑龙江省政府和国家能源集团作为落实习近平总书记视察黑龙江时“煤头电尾”“煤头化尾”指示精神的示范项目，肩负着重大的政治责任和历史使命。朝阳露天煤矿防治水工作的成效，为宝清煤电化公司的煤电一体化产业提供坚实的基础保障，圆满完成了能源保供任务，多次受到黑龙江省委省政府以及各级行管部门的高度赞扬。彰显央企“稳定器”“压舱石”作用。

煤矿防治水典型经验交流材料

安徽省皖北煤电集团有限责任公司

皖北煤电集团是安徽省属重点企业，现有 12 对生产矿井，其中省内 6 对，省外 6 对，产能 2640 万吨左右。矿区水害类型齐全，水文地质条件复杂，主要受华东地区厚松散层底含水、鄂尔多斯盆地巨厚砂岩离层水、华北型岩溶高承压水及西北地区老空水害威胁，水害防治压力巨大。尤其是 1996 年和 2001 年分别发生任楼煤矿陷落柱及祁东煤矿松散层底含突水淹井事故，更是让皖北煤电有着切肤之痛。为此，我们痛定思痛，把防治水作为皖北煤电安全生产的重中之重，绝不让悲剧重演。我们深入学习贯彻习近平总书记关于安全生产的重要指示精神，认真落实全国煤矿水害防治工作会议要求，积极推进“五个转变”，全力构建“七位一体”的水害防治工作体系，始终坚持一手抓基础巩固，一手抓课题攻关，防治水综合能力得到显著提升，未再发生严重影响矿井安全生产的水害事件。

一、坚持综合施策，筑牢防治水工作基础

基础不牢、地动山摇。我们始终坚持系统治理，从思想、机制、投入等方面多维入手，防治水工作体系日臻完善，基础更加牢固。

强化理念引领。牢固树立“水害事故可防可控”的理念和区域治理、超前预防意识，坚决做到“水害治理不达标不开采”。

强化灾害治理由被动防治向主动控水转变,全面构建“全员培训、装备升级,科技创新、科学管理”的防治水工作格局,确保实现矿区安全生产。

强化制度完善。建立健全地测防治水制度,强化风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制;集团公司坚持每月召开水害重大风险管控及隐患排查分析会,对重大风险、隐患开展分析评价,制定整改方案,挂图作战,针对性开展督导。建立了地质“三级”保障机制与地质构造探查与控制“三环节”管控规定,对防治水设计、措施、关键环节及成果验收严格把关;全面推行井上下钻探现场视频监控,实行排水能力定期实测制度。同时,利用工程中心平台,充分发挥技术委员会专家作用,建立学术交流、科技攻关等合作机制。

强化装备投入。近年来集团公司先后投入 1.3 亿元,配置了 60 多台定向、履带钻机和 20 多台(套)先进的物探设备;建立了 4 座水化实验室;全面推广使用定向钻机和大扭矩履带钻机,确保探查精准度。对水文地质条件复杂极复杂或有突水淹井危险的矿井,实施了扩排,并增设了地面直排的潜水电泵系统,提高了防灾、抗灾能力。

强化综合预警。全面实施地面高精度三维地震勘探和精细处理解释,大力推广地面超前区域探查,强化井下地质构造精细探查,为预测预警提供技术支撑。实施了突出问题和敏感信息管控,建成了水害风险综合防控预警平台。麻地梁、钱营孜等矿井建成了“GIS 一张图”及三维地质建模,实现地测防治水信息化、智能化,进一步推进了透明矿山建设,提

高了预测预警能力。

强化平台建设。2014 年集团公司组建国家煤矿水害防治工程技术研究中心以来，成立了 5 个专业实验室及物探、钻探、化探中心，完成一批国内外领先的技术课题研究，制定了 8 项国家能源行业标准，获得 20 余项省部级及以上科技进步奖，搭建了“产、学、研、用”一体化的煤矿水害防治行业技术平台。

二、发挥平台作用，强化超前防治

依托皖北煤电集团公司组建的国家煤矿水害防治工程技术研究中心，深入开展“产、学、研、用”合作，加大科技攻关，强化重大灾害超前治理，努力构建本质安全型矿井。

（一）全面实施底板岩溶高承压水区域治理。近年来，皖北煤电集团公司建立了底板高承压水上安全开采防控一体化技术体系。一是积极推广地面顺层定向钻进技术，实施煤层底板太原组薄层灰岩超前探查与高压注浆改造，工程治理以采区为单元，时间上可提前到采区设计前，为采场接续赢得时间；二是与河北煤科院合作开展了微震水害监测预警技术，通过对微震事件发生频度、强度和位置的综合研判，提前预报底板水害事故，为应急救援提供可靠信息。2015 年以来底板高承压水上安全开采防控一体化技术在恒源煤矿成功应用，累计投入资金 2.7 亿元，地面定向钻探进尺 9 万米，解放煤炭 951 万吨，吨煤投入 27 元，已安全采出煤量 496 万吨。

（二）研发应用离层水的“抽、排、泄、裂、支、控”

技术。与中国矿业大学、西安煤科院合作研究，揭示了砂岩裂隙含水层采动影响下渗透性的演变规律，采用地面大口径钻孔主动抽排与疏放、建立完善的排水防砂系统、顶板超前深孔预裂爆破、加强工作面支护管理、分区控制回采强度、实施矿压和水文监测预警等综合措施，研发应用了具有自主知识产权的“抽、排、裂、支、控”离层水害综合防控技术体系，解决了鄂尔多斯盆地彬长矿区招贤、崔木煤矿顶板离层水害突水、压架、淹面这一难题，实现了工作面的安全开采，并成功召开了陕西省离层水害治理经验现场交流会。

（三）实施新区地面超前探查技术。集团公司严格执行“三专两探一撤人”要求，在任楼、祁东等矿创新采用地面定向水平孔超前探查技术，消除了井下新区超前探查中安全风险高、掩护距离短，精准探查难、掘进影响大的难题，近两年来，实施新区地面超前探查 3.5 万 m，实现了由井下超前探查治理向地面区域探查治理的转变。

（四）实现了陷落柱超前治理。公司省内所属生产矿井岩溶陷落柱较为发育，已发现陷落柱 9 个，曾发生任楼煤矿 1 号陷落柱突水淹井事故。在深刻汲取事故教训的基础上，实现了后续导水陷落柱成功超前探查与治理，形成“地质预判、水质预警、物探定位、钻探控制、定向封堵”的陷落柱综合探控治理技术。受陷落柱水害威胁的矿井新区全面推进实施高精度地面三维地震探查与地面区域探查治理掩护，实施钻探、物探、化探、监测预警相结合的综合探治措施，同时强化陷落柱发育与含导水规律研究。

（五）开展了松散砂层注浆改造。为解放富水性中等的松散含水层下优质资源。与西安煤科院合作，五沟煤矿开展了 1010-1 工作面上覆“四含”可注性研究，采用地面钻孔连续劈裂、扩散、渗透、压密注浆改造，改变含水层内粘颗粒占比结构和含水层的径流、补给条件，变含水层为隔水层或等效隔水层，将防砂煤柱进一步缩小为防塌煤柱，创新出一条松散含水层注浆改造薄基岩煤层绿色安全高效可持续开采新路。1010-1 工作面累计完成探注钻孔 42 孔，钻探进尺 11790m，总注浆量 70267t（水泥、粉煤灰）。注后检查钻孔透水率平均 0.39 Lu 远小于注前平均值 22.06 Lu，经抽水试验显示治理后“四含”砂层失去了流动性，含水层富水性极弱，注浆治理效果显著。目前该工作面已安全回采 65m，正在回采中。本项目成果易于转化，可为五沟煤矿多回收水文地质条件相似的工作面煤炭资源 200 万吨，并可推广至两淮及全国类似矿井。

（六）严格落实“三专两探一撤”措施。各矿严格落实防治水“三专”配备，配齐配强专业技术人员和专业探放水队伍，配全专用探放水设备；存在陷落柱突水威胁的区域，水文地质类型为复杂及以上煤矿的新水平、新采区掘进时同时采用物探、钻探等方法循环探查工作面前方及顶（底）板富水情况，发现异常立即停止作业。查清异常原因，采取措施消除隐患后，方可恢复作业；严格落实查全、探清、放净、验准的老空水防治“四步工作法”，探放水时，必须撤出探放水点标高以下受水害威胁区域所有人员。

（七）强化实施构造超前探治。从升级探查装备、提升预报质量，综合会诊分析、超前注浆治理等方面实施采掘工作面构造超前精准探查与治理，变过断层为治断层。树立断层超前治理理念，健全工作机制，采取区域治理和局部治理相结合及井上下联动的方式对断层带进行超前注浆治理，变被动过断层为主动治理断层，有力保障了采掘生产安全。

皖北煤电集团在水害防治方面做了一些工作，积累了一定的经验，但随着开采深度不断增加，水文地质条件日趋复杂，防治水工作挑战会更大、任务会更重。我们将认真贯彻落实煤矿防治水安全生产方针，悉心学习兄弟单位好的经验做法，在国家矿山安全监察局及安徽局等上级领导的关心支持和指导帮助下，尽快补齐短板，继续发挥优势，强化科研与工程，为煤矿水害防治事业做出新的更大的贡献。

煤矿水害治理先进适用技术和工作经验

淮北矿业（集团）有限责任公司

集团公司深入学习贯彻习近平总书记关于安全生产重要指示批示精神，始终坚持“人民至上、生命至上”高举高打治灾害，把重大灾害治理摆在高于一切、重于一切、先于一切的位置来抓，坚持重大灾害治理“一矿一策”、“一面一策”，精准生产布局、采掘设计、生产接替与灾害治理“时空”关系，旗帜鲜明做到产量让安全、进尺让安全、效益让安全，治灾不达标坚决不生产。近年来，在治灾理念、治灾技术、治灾保障上均有较大提升，连续4年实现了“零突水、零透水”的安全目标。

一、水害理念提升

集团公司积极转变水害防治理念，大力推进防治水工作由过程治理向源头预防、局部治理向区域治理、井下治理向井上下结合治理、措施防范向工程治理的转变，坚持“查清、根治、验准”的水害防治原则，遵循“预测预报、超前探查、综合治理、安全评估、验收审批”的防治水工作程序，落实“一三三五”防治水总体规定和水害防治“五条铁规”，做到“疏干、堵死”，“先治水后掘采，不达标不掘采”，鲜明提出“老空水害是集团公司最大的水害”、“将顶板砂岩水作为灾害设防”等先进理念，形成了“尊重自然、求真务实，迎难而上、敢为人先”的治水精神，并作为一种企业文化代

代传承。

二、各类水害治灾机理研究和创新

针对淮北矿区复杂的水文地质条件，集团公司与科研院所开展合作，近年来开展了多项卓有成效的研究，其中复杂地质条件下地面定向钻孔预注浆岩层改性与巷道支护技术研究、闸河煤田中部矿区闭坑矿井次生水害影响评价与防控方案、煤层顶板砂岩含水层涌（突）水危险性预测与防控技术研究等科研成果，对矿区水害防治工作、防治水平的提升起到了有效的指导作用。

三、水害防治新技术、新工艺、新材料、新装备

大力推进井下定向钻在水害治理方面的应用，大幅提升治灾效率效果，为安全高效生产提供有力保障。

（一）老空水害防治

主要采取岩巷远距离集中探放措施，超前消除老空水患；具备条件的，施工泄水孔消除老空水积水条件。推广井下定向钻远距离集中探放老空水技术取得一系列成果，许疃矿-630m回风大巷远距离探放72314工作面老空水，孔深达721m，保障72316工作面提前4个月安全投产；许疃矿33采区南翼探水巷超前600m成功探放老空水；桃园Ⅱ1轨道大巷远距离、大高差精准探放南一采区老空水同样取得良好效果，孔深694m、高差达273m，刷新了淮北矿区井下定向钻推举新高度。

双龙公司小朱庄块段机巷掘进受Ⅱ3716w老空水威胁，在巷道最低点施工探放水钻孔，采用俯角泄压探放水的方法

消除了老空水患，创新了探放老空水方式方法。

为防治闭坑矿井老空水害，在相邻矿井施工泄水巷，铺设排水管路，打通两矿之间的水力联系，消除相邻矿井闭坑带来的老空水害，创新了防范老空水害的新模式。

2023 年公司提出探放老空水采用“巷道+钻探”的方式，钻孔孔深原则上不超过 300m，并避免钻孔穿煤、软岩及断层破碎带导致塌孔、抱钻、埋钻、掉测控系统等问题，在精准探放水的同时提高探放水效率。

（二）顶底板岩溶水害防治

神源煤化工公司因 F25 逆断层推覆体影响，局部地段太灰地层覆盖在主采煤层之上，以区域疏降措施为主，在井下施工 2 条长度约 1500m 的灰岩层位的放水巷，目前累计放水 290 万 m^3 ，灰岩水位下降幅度达 728m，治理效果显著。

底板岩溶水害坚持“超前查治、区域治理”原则，以采区为单元开展水文地质条件探查，富水性中等及以上或发现太、奥灰有水力联系的，采取地面定向钻区域治理措施；其它具备疏降条件的，采取区域疏降措施，满足突水系数要求后，实现达标开采。无底板巷掩护的 6（10）煤实体巷道及近灰岩掘进巷道，采取“物探+钻探”循环探查验证措施，推广井下定向钻长距离钻进掩护，做到“探、疏”同步，一是超前探查掩护，二是兼顾区域疏降和验证，提升探查效率和效果，保障安全高效生产。

针对地面定向钻穿采空区难题，创新工艺工法，通过优化钻孔设计，采用四层套管结构的方式，解决了定向钻施工

期间将灰岩水导入采空区的风险。

近年来，先后在桃园、朱庄、杨柳等矿开展了 7 个采区的地面灰岩水害定向钻区域治理工程及袁一、袁二、涡北、芦岭、邹庄、临涣、青东等矿大断层地面治理工程，累计完成治理面积 11Km²，投入资金 25.4 亿元，安全采出煤炭资源 1410 万 t。

（三）顶板砂岩水害防治

采取密集孔疏放措施，重点对矿井首采面、采区首采面及未受采动影响的块段顶板砂岩水进行疏放验证。一般按终孔间距 50×50m 网格均匀布孔，终孔至裂隙带以上，尽可能打高打深，做到有水放水、无水验证。

朱仙庄矿建矿以来就饱受“五含”水害影响，2015 年发生了“1.30”较大水害事故。为根治“五含”水害，在经营形势极度困难的情况下，集团公司历时 3 年、投入近 5 亿元，在百米井下建成“三峡大坝”，成功阻断了“五含”水对煤炭安全开采的威胁，解放可采储量 1000 万吨，潜在经济价值近百亿元，减少排水费用约 3 亿元，同时保护了地下水资源和生态环境，开创了顶板水害治理技术的先河。目前朱仙庄矿已安全回采 4 个“五含”下工作面，采出优质煤炭资源约 400 万吨。

（四）离层水害防治

综放工作面按 120m、综采工作面按 100m 的导裂带高度开展离层水害排查，对排查范围内存在单层厚度超 10m 的坚硬岩层进行排查，圈定范围，根据采掘接替，划分重点防范

区域。重点对矿井首采面、采区首采面及未受采动影响的块段，在工作面开采前施工地面砂岩水直疏孔，从源头上破坏离层空间，防止离层积水；施工有地面瓦斯抽采井的，采前利用抽采井观测水位，采后也可起到破坏离层空间的作用。2022 年开始至今，在祁南、涡北、青东、袁二、信湖矿累计完成砂岩水直疏钻孔 1.2 万 m/18 孔。

（五）第四系松散含水层水害防治

提高上限开采工作面设计前必须超前施工采前水文验证孔，查清“四含”、风氧化带、覆岩结构等水文地质条件，完成抗渗透破坏评价工作；工作面准备前 3 个月，编制可行性方案、专项开采设计经专家论证后报批；工作面回采结束后 3 个月内，编制试采总结报集团公司备案。

受“四含”水威胁的采掘工作面，原则上必须具备自流排水条件，确不具备自流排水条件的，必须实现“四双系统”（即双泵、双管、双仓、双电源），巷道留有底煤的俯采段必须采取混凝土+菱形网的全底板硬化措施。煤巷掘进期间施工探查疏放验证钻孔，对“四含”富水性、岩性组合、岩柱高度及基岩面起伏进行探查验证。

（六）地表水害防治

2018 年雨季前，对已封闭的井筒进行重新启封，确保封闭治理合格；每年雨季前，对地面报废井筒进行全面排查。各矿每月开展地面瓦斯井排查，强降雨或连续降雨期间，矿安排人员连续巡查或采用无人机近距离巡查地面瓦斯井，发现异常的采取应急处置措施。

四、矿井零突水（透水、溃水）目标管理、防治水综合管理和现场管理等方面的经验做法

（一）高目标引领

集团公司将“零突水、零透水”作为水害防治工作目标，写入集团公司年度安全3号文，通过开展安全经济技术一体化论证、制定年度水害防治“一矿一策、一面一策”、强化管理等一系列举措保障目标实现。

（二）防治水综合管理

一是年初制定矿区防治水重点工程管控清单，明确管控措施、时间节点和责任人。结合生产接替，下发月度、季度防治水重点工程计划，每周调度计划完成情况，动态掌控进度，每月对工程计划完成情况进行考核通报，确保工程按序时计划高质量完成。

二是针对省局下发的淮北矿业集团水害重大风险，明确矿井、业务部室监管责任，每月动态排查辨识重大水害风险，明确责任人，细化管控措施，加强调度确保各项管控措施落实到位。

三是坚持“一工程一设计一措施一总结”，坚持整体设计、分步实施；防治水工程方案与采区（工作面）设计一并设计审查，做到生产、技术、治灾统筹兼顾，从设计源头加强防治水管理。

四是加强重点工程管理。根据矿井“一矿一策、一面一策”，对重点水害防治工程列出管控清单，明确部门监管责任人和时间节点，每半月调度工程进展情况形式简报，确保工程按

序时计划推进，并严格考核问责。

五是老空水提级管控。老空水探放由报备制改为报批制，开工前矿地测副总组织准入验收，公司通防地测部现场检查，探放期间，实行日调度、日汇报，视频全过程监管，关键工序矿防治水技术人员现场监管，探放水结束后进行放水效果检验，提交探放水工程总结，经矿总工程师审批后报集团公司备案。

六是加强基础管理。利用防治水培训基地、防治水技术培训班，开展水害防治技术原理、管理手段培训，学习新技术、新方法、新理论，提升技术骨干综合素质，夯实防治水基础。

（三）现场管理

1.地面工程

（1）区域治理工程。实行开工验收确认、过程管控、分级验收、效果验证等管理制度。

工程开工前，由矿组织对专项管理制度、施工组织方案、现场标配和质量标准化进行初验，验收合格后提交集团公司组织验收，复验合格后方可开工。

工程施工期间，矿根据专项管理制度，各司其职开展工程过程监管，动态掌握钻孔轨迹及层位，及时填图分析，动态分析地面长观孔水位变化，压水试验、注浆终压、终孔等关键工序现场验收并签字确认；施工单位安装视频监控系统 and 注浆在线监测系统，实现流量、压力、浓度在线监测及自动报警停止注浆；公司采取“日调度、周分析、半月简报、月

度考核通报”等方式全过程监管，动态抽查工程技术要求现场实施情况，督促施工单位和监理单位人员深入井下，掌握施工区域井上下情况，促使开展有针对性的施工和监管。

实行层级把关、分级验收，矿负责单孔质量验收，公司通防地测部负责孔组质量验收、集团公司总工程师负责组织工程竣工验收。

工程完工后，通过井下疏放水试验、定向钻跟层钻进、常规钻验证等手段对工程治理效果进行验证，断层治理工程完工后采取地面立孔取芯、井下钻探等手段对治理效果进行验证。

（2）地面补勘工程。各类水文补勘钻孔下套管、固井、止水、揭露关键层、抽水试验等关键环节必须在矿技术人员监管下进行，并留影像资料备查。中组灰岩（五～八灰）观测孔，必须先对一～四灰进行注浆加固后再下套管，固管检查要做压水试验，观测段下花管防止堵孔；断层及（疑似）陷落柱补勘孔要明确孔内测温及测斜相关要求。工程施工期间，矿地测副总每旬、总工程师每月必须现场督导，公司通防地测部深入现场动态抽查。

2.井下工程

公司制定《井下探放水工程管理标准》，规范工程监管和验收，细化各环节施工标准，大力提升质量标准化水平。矿井按照《井下探放水工程管理标准》要求开展井下探放水工程标准化建设，探放水地点安装视频全过程监控，耐压试验、终孔等关键工序必须由防治水技术人员到现场，按标准

进行验收并登录台账。制定有害气体、采空区自然发火和防止二次积水的防范措施；探放水前对水泵、管路、供电进行联合试运转，地测副总必须到现场组织排水系统验收，一周后对现场质量标准化进行验收。

3.高标准管理

每半年组织召开一次防治水现场会，对一些好的做法、技术创新等进行总结、提炼和推广，切实做到以点带面的作用；对工作推不动、标准低、效果差的，召开反面典型现场会，组织部分矿井技术人员现场点评，倒逼工作质量提升。

五、煤矿水害事故应急救援新装备、新工艺和近年来水害事故救援成功案例

在水文地质条件复杂及以上矿井均安设应急电潜泵排水系统，提升矿井水害事故应急处置能力。2010年至2018年共发生3起水害事故，伤亡10人。2018年以来未发生水害伤亡及涉险事故，水害防治工作形势总体上平稳向好。

高目标引领，健全体系与制度 坚持综合探查、区域治理、分源防治、 达标开采，实现矿井零透水

淮南矿业（集团）有限责任公司煤业分公司

淮南矿业集团是中国企业集团 500 强和安徽省 17 家国有重点企业之一。淮南煤矿 1903 年建矿，曾是全国五大煤都之一，2004 年国家批准资源量 285 亿吨，是我国黄河以南资源储量最大、最具开发潜力的一块整装煤田。被列为全国 14 个亿吨级煤炭基地和 6 个大型煤电基地之一，是国家首批循环经济试点企业、中华环境友好型煤炭企业和国家级创新型试点企业。

淮南矿区横跨淮南、阜阳两市，东西走向长约 70 公里，南北倾斜宽约 25 公里，面积约 1571 平方公里；可采煤层赋存于二叠系的上、下石盒子组和山西组，可采煤层数 8 至 13 层，总厚度约 25~31m。淮南矿区主要含水层自上而下分别有：新生界松散孔隙含水层、二叠系砂岩裂隙含水层、石炭系和奥陶系、寒武系灰岩岩溶裂隙含水层；煤矿开采存在着上覆新生界松散砂层水、底板灰岩水、煤系砂岩裂隙水、老空水以及地表水，充水水源齐全，存在着断层、陷落柱、井筒、钻孔等导透水通道，开采水文地质条件中等至极复杂。本土共 8 对煤矿，其中谢桥、潘二矿为极复杂型，张集矿二期工程、顾北矿为复杂型，张集、顾桥、潘三、丁集、朱集

东矿为中等型。

近年来，公司牢固树立“水害可防可控”的理念，始终坚持“因地制宜，综合探查，区域治理，分源防治，治理达标，绿色开采”的技术原则，实现了矿区零透（突）水目标。现就公司防治水主要做法汇报如下：

一、健全体系与制度，确保水害防治有序

公司确立以两级总工程师为首的防治水技术体系，建立健全水害防治岗位责任制、水害防治技术管理制度、水害预测预报制度、水害隐患排查治理制度、探放水制度、重大水患停产撤人制度以及应急处置制度等 10 大类 24 项防治水管理制度，保障了矿区水害防治工作的有序开展。

二、强化专业化队伍建设，配齐设备，确保水害防治“三专、两探”

（一）设置专门的防治水管理机构，配强专业技术人员。

公司在机关和矿均设置专门的防治水机构，其中公司通防地质技术部为防治水主管部门；各矿设置了防治水专门机构，配备了满足规定和工作需要的防治水专业技术人员，目前矿区从事防治水专业技术人员 35 人，其中工程师 10 人、高级工程师 20 人，张集、顾桥、潘二矿设置了专门防治水副总工程师。

（二）井上下专业勘探队伍。勘探工程分公司作为公司井上下专业化勘探队伍，现有在册职工 2389 人，其中井下打钻 1552 人、地面勘探 238 人，承担矿区井上下勘探、注浆堵水、井下钻孔施工、抢险应急救援等任务。装备有

ZJ30DB、ZJ40DB 大功率石油定向钻机、TSJ2000 钻机 TXJ1600 钻机、井下 ZDY4000S、ZDY6000S、ZDY6500SD(B) 全液压钻机、ZDY12000S、ZDY15000S 井下定向钻机、自动化钻机等。

（三）井下物探队。勘探工程分公司设置专门的井下物探队，现有技术人员 12 人，其中中级职称以上 7 人。配备井下瞬变电磁仪 4 台，直流电法仪 2 台，无线电波坑透仪 4 台，承担矿区井下物探探查任务。

（四）专业化注浆队伍。勘探工程分公司设置专业化注浆队伍，承担井下注浆堵水围岩加固等任务，特别在井筒快速堵水方面有一套成熟技术。现有井下注浆 75 人，设备 120 台（件），其中钻机 10 台，不同流量、压力的制浆、注浆设备 110 余台。

（五）水质化验室。公司建立 3 个水质化验室。其中一个设在潘二矿，主要承担本矿及周边矿井的日常水质化验；一个设在国家应急救援中心，承担全矿区矿井日常和异常出水水质应急化验；一个设在煤炭开采国家工程技术研究院，侧重于地下水利用和科学研究。建立了矿区水质资料数据库，当矿井发生异常出水时，及时对水质化验结果比对分析，判断水源。

三、坚持“因地制宜、综合探查、区域治理、分源防治、治理达标、绿色开采”的技术原则，有效防范各类水害事故

矿区开采主要存在新生界松散层水、灰岩岩溶水、煤系砂岩裂隙水、老空水等充水水源，断层、陷落柱、井筒、钻

孔等导水通道复杂，水害多元。矿井水文地质条件中等至极复杂，下面就主要水害防范简述如下：

（一）新生界松散层水防范

针对缩小防水煤（岩）柱开采上覆松散含水层水害，主要采取了以下技术措施：

精细勘探：缩小防水煤（岩）柱开采前，采用钻探、抽水试验和岩石物理力学性质测试分析等方法，查明开采区域新生界水文地质条件和近水体下浅部煤系地层工程地质条件，工作面及周边基岩面、含水层顶底界控制钻孔不少于 3 个。

探测和掌握覆岩破坏规律：根据近 50 个地面覆岩破坏探测孔资料，总结建立了潘谢矿区覆岩破坏高度经验公式，掌握了覆岩破坏规律。

科学合理留设防水煤（岩）柱：拟缩小防水煤（岩）柱工作面设计前，全面分析水文地质和工程地质条件，合理确定水体采动等级和覆岩类型，并根据《“三下”开采规范》公式、潘谢矿区经验公式、矿井实测资料，预计采后垮落带和导水裂缝带高度，由此确定防水、防砂或防塌煤（岩）柱留设高度。

工作面准备中，进入设计防水煤（岩）柱线内，每隔 100m 向煤层顶板施工一个探查孔，探明煤层顶板岩性组合、厚度及风化带下限，并根据实际探查情况，最终分析确定开采上限标高，该降低的必须降低，做到煤（岩）柱留设依据充分，开采安全有保障。

采前探查探放顶板砂岩水：工作面贯通后，采用先物探、后钻探方法，对工作面顶板砂岩及风化带裂隙水进行探查探放。

下含直覆的软弱顶板，采取注浆加固措施：针对风化薄基岩软弱顶板工作面，采取地面定向打钻、注浆，固顶封水措施，增强顶板岩体的强度和阻水性。

如：2015 年顾北矿 1512（3）提高上限工作面，该面下含直接覆盖基岩，最小防砂煤柱高度 42m，风氧化带厚约 28m。针对该面风化带岩石抗压强度低（ $<10\text{ MPa}$ ）、下含直覆基岩的不利条件，采用 L 型水平羽翼分支孔布置和预注浆技术，对顶板风化基岩进行预注浆，注浆后实测风化砂质泥岩的抗压强度达 20.7 MPa ，达到了封水固顶作用，有效保证了工作面的安全开采。

（二）承压水上开采底板灰岩水害防治

淮南矿区 A 组煤下距石炭系灰岩含水层仅 16~20m，开采受到底板灰岩水的威胁。通过多年科研攻关和开采实践，确立了“奥灰与太灰水防治并重，区域超前探查治理垂向导水通道与井下疏水降压相结合”的技术路线，构建了从地面到井下、从区域到工作面的底板灰岩水害“四层网”立体防治体系。

一是开展三维地震勘探及二次精细处理解释：目前，矿区三维地震勘探面积 480 Km^2 ，二次精细处理解释面积 220 Km^2 ，开采区域基本做到了全覆盖。先后在谢桥、张集、潘三、顾北、丁集等矿解释三维地震反射波异常区、疑似陷

落柱 28 处，已探查确定岩溶陷落柱 8 个。

二是实施底板灰岩水害地面区域探查治理：通过地面定向近水平顺层钻孔群查找导水构造，注浆隔断与奥灰含水层水力联系，防范奥灰突水事故。探查治理目的层位一般选择距 1 煤底板约 80m 石炭系 C_3^9 灰岩层位，治理后奥灰突水系数不大于 0.1Mp/m，做到“治得快、治得住、治得省”。针对隐伏陷落柱及其影响区，采用上、下双层钻孔进行立体式治理。工程实施中安排专职人员进行现场监管，确保工程质量。

截止目前，完成地面区域探查治理 15Km²，解放 A 组煤可采储量 1.5 亿吨。发现垂向导水构造 10 处，并进行了有效治理，其中存在隐伏导水构造的张集矿 1613A、顾北矿 13121、潘二矿 12123 等工作面已安全开采。

三是 C_3 I 组灰岩含水层疏水降压：淮南矿区 A 组煤底板距离 C_3 I 组灰岩含水层平均间距 17m，水压达 6Mpa（个别矿井将达 10Mpa）以上。为防范 C_3 I 组灰岩含水层出（突）水，采用井下定向长钻孔进行疏水降压、限压开采。截至到 2022 年底，安全采出 A 组煤 2000 多万吨。

四是采前综合物探、钻探验证及回采安全监测、预警。回采前采用槽波地震探查底板隐伏构造、瞬变电磁及电法等综合物探探查底板低阻异常区，物探异常区钻探验证。回采过程中加强水动态监测，一旦发生预警，立即分析原因，采取措施，确保工作面安全开采。

（三）岩溶陷落柱水害防治

2002 年以来，通过地面三维地震勘探、二次精细处理解

释、地面钻探和井下采掘揭露，先后在谢桥、张集、潘三、顾北和丁集等矿发现三维地震反射波异常区、疑似陷落柱 28 处，探查确定岩溶陷落柱 6 个，排除了 14 个，剩余 8 处暂未验证，后期将结合采场接替适时验证。对陷落柱划定禁采、禁掘区。掘进巷道接近陷落柱影响区安全煤柱边界 80m 时，超前物探、钻探探查掩护，发现异常，立即停止采掘，分析原因，采取措施。

（四）老空水害防治

淮南矿区目前无小煤窑开采，老空区主要为本矿和相邻矿井的采掘巷道，其范围、空间位置清楚。老空水害防治按照“查全、探清、放净、验准”四步工作法，积极推广应用定向长钻孔远距离探放老空水。丁集矿 1541（3）运顺定向钻孔远距离探放老空水，施工钻孔 3 个、放出水量约 4.5 万方，较常规老空水探放模式节约 3 个月时间，同时解决了“拼刺刀、贴身战”的探放水安全难题。

四、持续推进重大水害治理，提高矿井抗灾能力

一是持之以恒推进重大水害治理，巩固提升安全生产专项整治活动成果。按照“精排三年、细排五年、规划十年”的原则，编制矿区防治水中长期规划，分步实施。规划期（2023～2027 年），A 组煤开采底板灰岩水害地面区域探查治理投入资金 26 亿元，治理面积 23km²，解放 A 组煤可采出煤量 1.7 亿吨，确保 A 组煤连续安全开采，为矿区生产建设及中长期发展提供水害防治安全保障。**二是**水文地质类型复杂～极复杂的谢桥、潘二、顾北、张集二期工程等矿建成

潜水电泵应急排水系统，增强了抗灾能力。**三是**建成煤矿水害风险预警与防控系统，按照分级管控的原则，设立了“蓝、黄、橙、红”四级预警机制。

五、严管理，强问责，做好矿区防治水管理

（一）年度“一矿一策，一面一策”编制审核。每年底，根据下一年度矿井采掘生产计划，以及防治水中长期规划，编制下年度防治水“一矿一策，一面一策”，报经公司核准后，由矿落实，公司主管部门监管。

（二）每季度召开一次矿区防治水工作例会。每季度，由公司总工程师主持召开一次全公司防治水工作例会，通报上季度防治水工作落实情况及存在的问题，安排部署下季度防治水重点工作。

（三）实行防治水工作剖析会诊。每周由公司对1至2个矿井开展防治水工作剖析会诊，检查防治水规定制度、基础工作、隐患排查、防治水工程措施等落实情况，剖析会诊发现的问题函告矿督促整改。

（四）实行水害风险、隐患定期排查。一是每月根据采掘生产计划，由矿组织水害风险评估、隐患排查，并制定管控措施，分口落实；二是公司主管部门日常加强监督检查，发现措施落实不到位的，下发函告，要求矿限期整改并对责任人进行问责。

（五）实行约谈。对落实防治水制度、措施、隐患整改不到位或问题反复出现的矿总工程师、分管防治水副总工程师（资深主管），公司进行约谈。

六、以问题为导向，开展科技创新

淮南矿业集团是国内最早开展淮河下、松散含水层下、淮河堤坝下、铁路下、工矿建（构）物下及灰岩水上开采和试验研究的煤矿，通过多年的大量基础研究和攻关，取得了“三下一上”开采一系列技术突破，其“三下开采”和“灰岩水上开采”技术成果曾分获煤炭部科技进步特等奖、一等奖，同时，“三下开采”技术成果获国家科技进步一等奖。

公司在科技创新上遵照问题导向原则，以科技创新解决生产中存在的问题。近年来主要针对老空水防治、底板灰岩水害地面区域探查治理技术、井下盾构机掘进巷道前探技术开展，主要开展如下技术创新。

1) 超高灰岩水压(10Mpa 以上)地面区域探查治理技术选择研究。

2) 超高灰岩水压(10Mpa 以上)太灰水疏水降压技术研究。

3) 矿井盾构掘进前方实时震电双探技术与装备开发解决盾构机掘进巷道无法物探前探的难题。

4) 开展向钻远距离探放老空水技术研究解决老空水探放“拼刺刀、贴身战”的安全问题。

七、重培训、强三基、提素质

三基不牢，地动山摇。多年来，公司从培训入手，强化三基建设，提高职工水害防治意识。公司每年组织一次防治水管技人员的脱产培训，矿每季度矿由地测防治水副工程师（资深主管）组织本单位防治水专业管技人员开展一次培训；

编写《煤矿防治水普及知识读本》及《水害事故案例》发放广大职工，提高广大职工了解和掌握防治水基本知识，提高从业人员的水害防治意识，提高防治水专业队伍的素质。

八、做好应急演练，配备应急救援装备，确保“一撤”执行到位

针对不同水害，各矿均编制了水害应急演练方案和现场处置方案，并每年开展一次水害专项应急演练；公司每年组织开展一次综合应急演练，增强水害防范意识，提高应急抢险水平。

集团公司在国家矿山应急救援淮南队、安装分公司等处配备了的水害抢险装备，国家矿山应急救援拥有多台 BQ725-450/17-1400/W-S、ZQ1100-680/8-3150/W-S 等大流量、高扬程出水抢险潜水电泵；备了施工大直径救生孔的德国宝峨 BR-T90 钻机、BG38 旋挖钻机以及美国 900XHH/1150XH 空压机、英国 $\Phi 711\text{mm}$ 潜孔锤、德国 $\Phi 650\text{mm}$ 加重管等全套设备；安装分公司制定了井筒通用吊盘，购置了变频吊车。

矿区防治水工作虽然取得了一些成效，但是我们清醒认识到目前防治水技术手段将不能满足现代化开采模式，下一步我们将继续开展“走出去、请进来”，继续走“产、学、研”的路线，开展重点、难点攻关以提高矿区防治水水平，适应矿区高质量发展的需要，为矿区长治久安提供技术支撑。

积极推进地面区域超前探查治理技术

中煤新集能源股份有限公司

中煤新集公司现有 5 对生产矿井，其中，新集一矿、新集二矿为巨厚推覆体下开采，西部刘庄煤矿、口孜东矿、板集煤矿为巨厚松散层下深井开采。矿区水文地质条件复杂，开采面临顶板松散层水或推覆体水、煤系砂岩水和老空水、底板灰岩水和断层、陷落柱导水等水害，仅新集一矿水文地质类型属中等型，其余 4 矿均为复杂型。

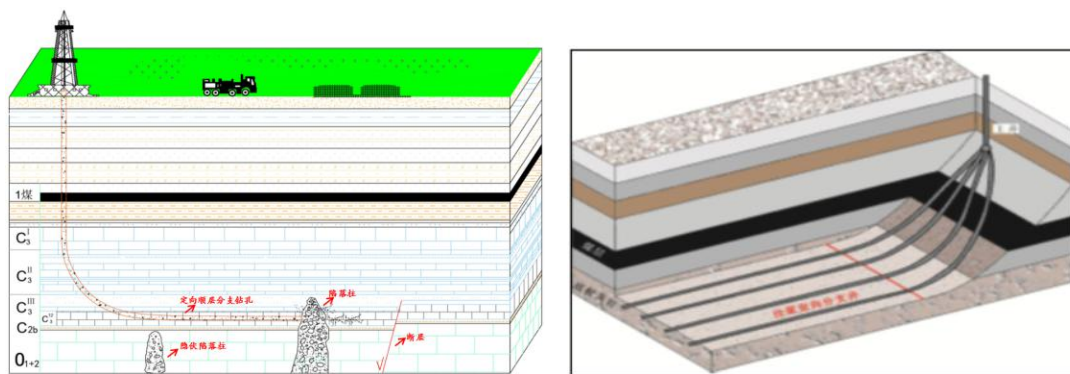
针对煤灰开采面临的水害威胁，坚持水害源头预防、超前治本理念，开展了底板灰岩水、顶板松散层水、导水构造三类重大水害地面区域探查治理。目前已完成新集二矿 3 个生产采区 1 煤底板灰岩水、口孜东矿 3 个疑似陷落柱、板集矿 110504 工作面顶板水、F104-1 断层地面区域探查治理，正在实施新集二矿、刘庄煤矿、口孜东矿、板集煤矿新采区底板灰岩水地面区域探查治理工程。截止 2023 年 3 月底，累计完成钻探工程量 19.5 万 m，投入资金 3.1 亿元。

一、底板灰岩水害地面区域探查治理

（一）水害防治思路和防治方案

水害防治思路：针对 1 煤开采受底板高承压太原组、奥陶系灰岩水威胁，坚持太灰、奥灰防治并重原则。采取探查治理深部太原组Ⅲ组灰岩，探查隐伏垂向导水构造，注浆改造为隔水层，隔断深部奥灰水；井下验证钻孔兼顾疏放太原

水害防治方案:采用地面定向钻孔沿太原组 C_3^{12} 灰带状、羽状布置分支钻孔,探查治理导通奥灰水的隐伏垂向导水构造和局部富水区,分支钻孔间距 60m,见图 1。



关键技术:

2.分支顺层孔间距。结合两淮矿区经验及新集二矿底板灰岩地面区域探查治理注浆扩散距离实测 35m 成果,确定孔间距 60m。

3. 隐伏构造探查治理。通过测录井判层、钻井液消耗、分段高压压水试验探查识别隐伏构造，分段高压注浆治理隐伏构造。

（二）底板灰岩水地面区域探查治理实施情况

283

2301 采区 2 个主孔、29 个分支孔已全部完成，工程量 28174m、注水泥 6165 吨。2401 采区，设计 3 个主孔、42 个分支孔，工程量 35400m、注水泥 2.09 万吨。目前正在实施 1 煤 2301（西翼）采区，设计 1 个主孔、19 个分支孔 20600m。

2.刘庄煤矿 1 煤底板灰岩水地面区域探查治理。1201 采区设计 3 个主孔，59 个分支孔，工程量 45260m，**兼顾 XL2 陷落柱、F19 断层治理**。已完成 42 个分支孔、工程量 36300m、注水泥 7.74 万 t 吨。

3.口孜东矿西四采区底板灰岩水地面区域探查治理。设计 3 个主孔、56 个分支孔，工程量 50860m，正在施工，完成工程量 29200m，注水泥 2.59 万 t 吨。

二、新生界“四含”顶板水害防治

（一）水害防治思路和防治方案

水害防治思路：针对板集煤矿 5 煤工作面顶板砂岩受新生界“四含”水补给威胁，采取“远堵”与“近疏”相结合。落实“地面区域治理，井下探查、疏放验证，开采过程监测、分析预警”防治思路。

水害防治方案：采用地面定向钻孔在工作面上方探查注浆治理垂向导水通道，隔断顶板砂岩与“四含”水力联系；采用地面定向钻孔沿煤层顶板砂岩探查注浆治理侧向补给通道，见图 2。完成地面治理工程后，采用井下物探、钻探验证，并疏放煤层顶底板砂岩水和注浆析出水，评价地面区域治理效果。

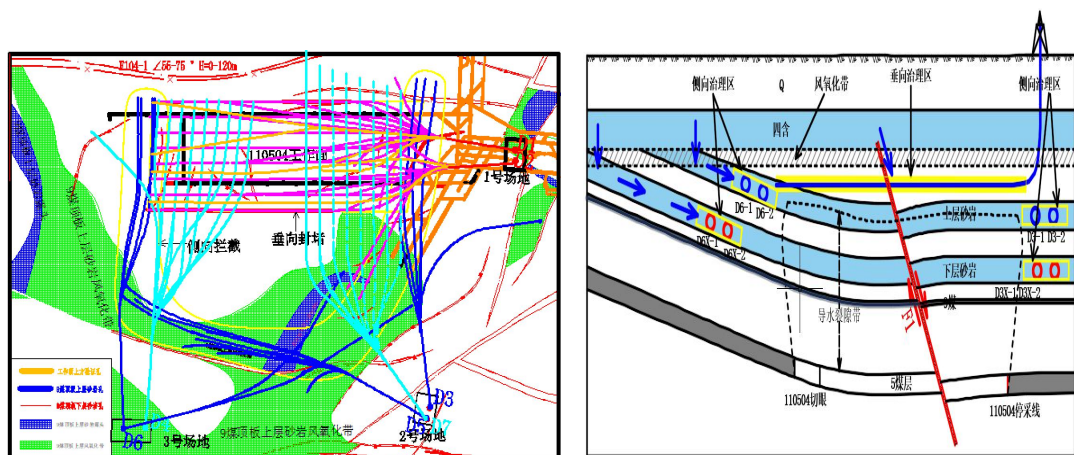


图 2 110504 工作面顶板水害治理方案示意图

关键技术：

1.探查治理层位。顶板探查治理层为控制在工作面导水裂隙带上方的保护层和风氧化带底部之间，隔断顶板砂岩与“四含”水力联系，同时增加保护层厚度和强度。侧向探查治理层位选择沿煤层顶板砂岩露头与采动破坏影响范围之间，隔断从砂岩露头的侧向补给通道。

2.注浆材料。考虑到顶板采动破坏，开展了顶板注浆材料测试与选型研究，确定顶板钻孔采用塑性较强的黏土水泥浆液。

（二）110504 工作面水害区域探查治理工程

工程累计施工 6 个主孔、48 个分支孔，钻探工程量 46480m，注浆用水泥 4.85 万吨、黏土 1.26 万吨。施工井下探放及验证顶板砂岩水钻孔 125 个、底板砂岩含水层探放钻孔 68 个，进行区域治理效果验证、疏放砂岩水和注浆析出水。工程实施过程中，科研院所负责全程跟踪技术服务，矿方 24 小时跟班现场工程质量监管，异常问题及时会商，优化方案设计，确保了工程质量和效果。

(三) 110504 工作面采前防治水工作

1.水害治理工程效果评价。地面区域探查治理完成后，编制了工程竣工总结和安全开采评价报告，并通过专家评审。地面治理工程和井下验证工程达到了预期效果，具备安全开采条件。

2.开采覆岩压架突水风险评估。针对“厚松散层、薄基岩”特殊开采条件，开展了 110504 工作面开采压架突水风险评估，研究顶板覆岩结构、关键层及其开采顶板破断规律，评估并排除了压架突水、离层水害风险。

3.顶板裂高异常发育研究及抑制措施。为防止顶板导水裂隙带高度异常发育，分析研究影响裂高发育的因素，制定了抑制顶板裂高异常发育的预裂爆破措施，对顶板预裂爆破效果进行了评估。

4.完善水动态监测系统。施工 Q4(四含)、G92、G12(顶板砂岩)、G11(太灰)水文长观孔，完善了工作面水文动态监测网，实现了新生界“四含”、顶板砂岩、太原组灰岩及奥陶系灰岩含水层水位在线自动监测，为工作面回采水动态变化分析提供保障。

5.开采安全性评价。编制了《板集煤矿 110504 工作面水害区域探查治理效果及工作面安全开采评价报告》，从工作面开采水文地质条件、水害治理效果、覆岩破坏规律、顶板保护层隔水性、压架突水风险、离层水害风险等方面进行评价，预计了工作面涌水量，制定了开采安全技术措施，专家论证认为工作面具备试采条件。

（四）110504 工作面试采期间安全管理

工作面试采期间提级管理，坚持矿日分析和公司周分析，超前进行风险研判、灾害预测分析。板集煤矿 110504 工作面顶板水害防治试采实践中形成了“2252”过程管控模式，即顶板预裂爆破、断层注浆治理“两超前”；采高控制、推进度控制“两控制”；开展电法与微震耦合、矿压、水动态、地表沉降、顶板“两带”联动监测“五监测”；回采期间矿日分析、公司周分析“两分析”，确保了工作面安全开采。

三、导水断层、陷落柱地面探查治理

（一）水害防治思路

采用地面定向钻孔施工分支钻孔，隔断导水构造与含水层水力联系，注浆加固构造破碎带。

（二）导水断层、陷落柱地面区域探查治理实施情况

近年来新集公司完成了口孜东矿 2#、3#、9#三维地震异常区、板集煤矿 F104-1 断层地面探查治理工程。

1.口孜东矿 2#、3#、9#三维地震异常区（疑似陷落柱）地面探查治理，阻断开采煤层与深部灰岩水力联系。已全部完成 1 个主孔、5 个分支孔，工程量 4598m、注水泥 559 吨，见图 3。

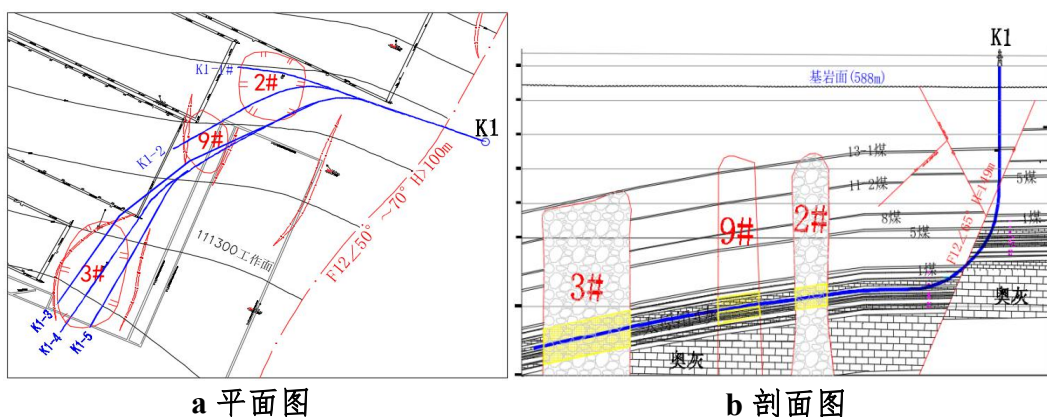


图3 三维地震异常区地面探查治理工程布置图

2.板集煤矿 F104-1 断层地面探查治理，分别沿风氧化带底部和底板 C_3^{10} 灰上下两层对 F104-1 断层探查治理，阻断与“四含”及深部灰岩水力联系。已全部完成 2 个主孔、6 个分支孔、工程量 5295m、注水泥 3239 吨，见图 4。

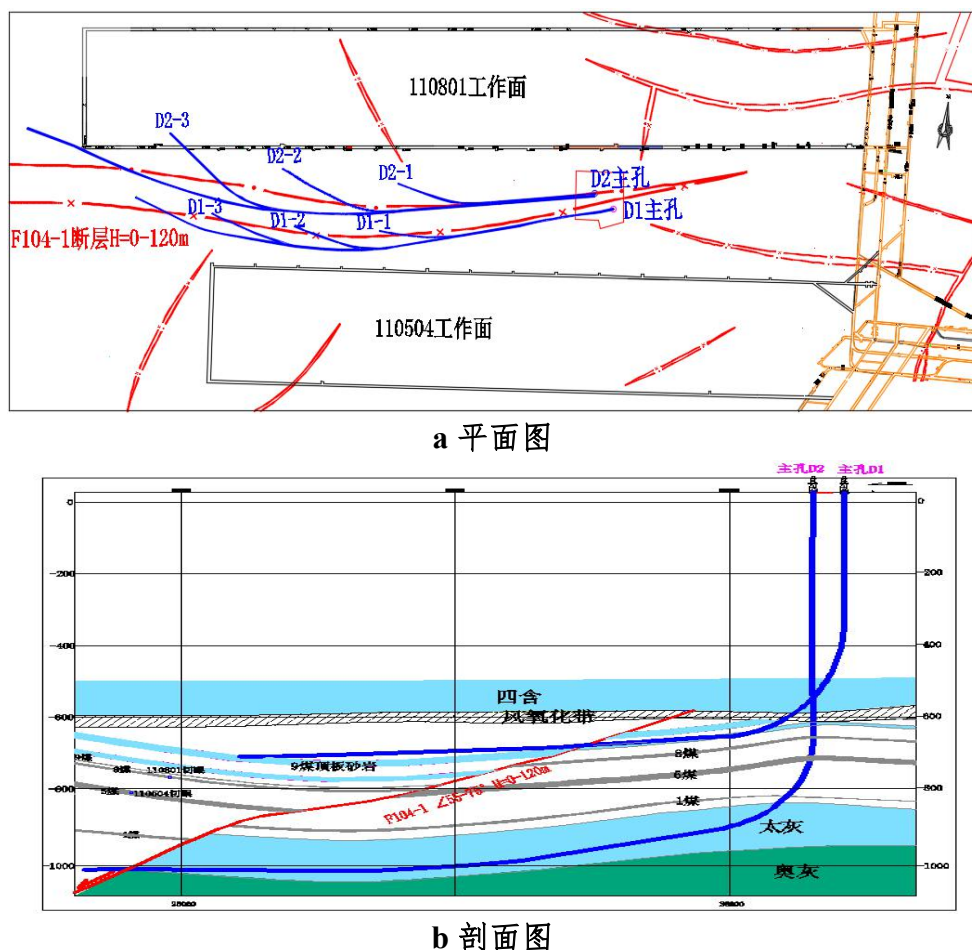


图4 F104-1 断层地面探查治理工程布置图

四、地面区域探查治理工程管控

（一）建立管理体系制度。建立了可研、方案设计、资料收集、质量管控、成果分析、效果评价、井下验证、采前安全性论证与验收等技术管理体系与制度。

（二）强化工程质量管控。矿成立现场管理专班，24 小时监督做好固管、止水、测录井（常规测井、钻孔轨迹测量、岩屑录井、钻时录井和钻井液录井、随钻 γ 测井）判层、钻探异常、注浆、压水、水文地质试验、孔内水文地质观测等关键工序安全质量及隐蔽工程监督、注浆及钻探工程量等验收签证、收集记录原始资料，建立单孔管理班记录、日进度图和工程质量、工程量签证台账，确保探查成果和注浆效果可靠。

（三）落实单项工程验收。现场施工关键环节和单项工程、成果报告必须经煤矿、公司部门、集团公司三级验收。

五、地面区域探查治理取得成果

（一）从源头上防范化解风险。通过地面定向钻孔技术顺层精准探查、高压连续注浆改造含水层、治理隐伏导水通道，防范化解了井下高压水探放和高压注浆施工安全风险，治理效果和施工安全更可靠。

（二）从根本上消除问题隐患。解决了采掘工程和井下防治水工程相互制约和采掘接替紧张问题，保证了矿井开拓、生产接替有序进行，矿井稳产效果显著。如新集二矿 1 煤产量计划占 80%，掘进工作面每月增加施工时间近 10 天，单进提高了 50%，保障了正常生产接替。

（三）取得了较好经济效益。上述区域治理工程共解放受水害威胁的优质煤炭资源 3891 万吨。如新集二矿地面区域探查治理成本 7.2 元/吨，低于井下探查治理成本；区域治理后井下探放水机组由原 6 台减至 1.5 台，减少井下人员 70 人。

（四）取得了系统防治技术成果。形成了地面区域探查治理“探查、治理、验证、评价”四位一体防治体系及标准，从钻孔轨迹、探查评价、注浆治理评价、探查（加密）验证方面，建立底板水害 6 个一级、27 个二级（顶板水害 8 个一级、19 个二级）评价指标及标准，确保探查治理效果与开采安全性评价可靠，获中国煤炭工业协会科学技术二等奖 1 项。

六、下一步区域治理规划

中煤新集公司坚持落实《煤矿防治水细则》等各项技术措施，持续推进重大水害源头治理、系统治理、区域治理、超前治理，继续开展顶板水、底板水、断层及陷落柱等水害的“顶、底、侧”立体防控，超前协同地面区域探查治理。本着“总体布局、分段设计，分期实施”原则，统筹采掘布局和灾害治理的时空关系，未来十年内，继续所属煤矿共 16 个采区（块段）实施地面区域超前探查治理工程，计划投入资金 13.6 亿元。

夯实基础 精准施策 着力构建煤矿防治水安全长效机制

山东能源集团有限公司

山东能源集团是山东省委、省政府于 2020 年 7 月联合重组原兖矿集团、原山东能源集团，组建成立的大型能源企业集团。拥有兖矿能源、新矿集团、枣矿集团等 7 家涉煤二级企业。被国务院国资委评为“公司治理示范企业”，位居中国能源企业 500 强第 5 位、中国企业 500 强第 23 位、世界 500 强第 69 位。能源集团国内现有生产矿井 75 对（省内 42 对，省外 33 对），省外主要在山西、陕西、内蒙、甘肃、新疆、贵州等地区，具有分布范围广、水害类型全、受水威胁严重等特点，其中复杂及以上矿井 20 对（极复杂 3 对）占比 27%，水文地质条件中等 55 对，占比 73%，受顶板水（巨厚砂岩水、松散层水、火烧区水），底板水、老空水、地表水等水害威胁。

山东能源集团认真贯彻省委省政府一系列安全指示精神，落实国家矿山安全监察局、国家矿山安全监察局山东局、山东省能源局对安全工作具体部署，在煤矿防治水方面，夯实基础，强化责任，科技赋能，精准施策，增强了水害可防可控可治的信心。

一、强化理念引领，完善机制，增强防治水工作重要性认识
深刻吸取水害事故教训，切实提高防治水重要性认识，

理念引领防治水工作向高水平提升。一是树立水害事故“可防可控可治”的预防理念。通过近几年不懈努力，防治水法规制度健全，积累了不同类型水害分类施策技术方法手段，必须牢固树立矿井水害“可防可控可治”的坚定信心。二是树立“只要突水就可能淹井，水害事故出不起、不能出”的安全理念。只要出水预警，就意味着发生突水，就存在淹井的可能，必须严格落实“三专两探一撤人”措施，必须先撤人，牢牢守住不发生重大安全风险的底线。三是树立“突水就是事故，就要追责”的责任理念。重大水害隐患不整改或发生水害事故就要追责，刑法修正案加大了行刑衔接力度，表明国家防范化解重大安全风险的决心，必须敬畏法治，防范化解重大水害风险，坚决遏制重特大水害事故发生。

二、把握重点，精准施策，构建矿井防治水安全长效机制

（一）强化责任体系建设，健全制度保障体系。以安全理念为引领，充分发挥制度建设保障作用，着力构建重大水害防治制度保障体系。一是以机构建设为基础，成立防治水领导小组，建立健全能源集团、二级公司、矿井三级重大水害防治机构，理顺管理层级，强化技术管控，严格激励考核，促进各级岗位责任制的有效落实。二是以技术体系为保障，建立集团各类水害防治技术体系，进一步明确规范各类水害技术管控流程，确保水害防治措施落实到位。三是以灾害管控为重点，严格重大水害治理时间，重大水害分级预警、分级管控，突出区域治理先行重要性，强化重大水害防治系统保障，制定《煤矿重大灾害治理工程管理办法》，从工程立

项、招标、治理及验收全流程对灾害治理工程监督管控，确保重大灾害治理工程效果；制定《防治水技术服务机构（团队）指导意见》，优选团队技术水平高、业内口碑好、服务质量优、管理能力强的技术服务机构，做到全过程留痕、可追溯、可评价，实现安全无风险。四是以安全评价为抓手，定期组织开展防治水专项评价和综合评价，对水文地质条件复杂、极复杂、受水威胁严重的矿井组织委托外部专家开展专家会诊工作，全面准确查找存在的重大水害风险，制定切实可行的防范措施，确保安全。

（二）强化分类精准施策，全面提升矿井水害防治水平。

能源集团经过多年防治水研究和实践，针对各类水害，坚持精准施策、一矿一策原则，总结了各类水害治理经验。如在地表水害治理方面，新矿集团先后投入 3.5 亿元，对柴汶河流域沿岸矿井地表水害风险进行了全面治理；在顶板砂岩水害治理方面，西北矿业正通煤业先后投入 2.6 亿元，实施地面区域注浆封堵减水，效果明显；底板承压水害区域治理方面，黄河北煤田的赵官能源、邱集煤矿累计投入 10.6 亿元，解放煤炭资源 2200 万吨，累计安全采出煤炭 191 万吨。已形成不同水害类型防治技术体系。**地表水害防治方面：**以新矿集团协庄煤矿为代表形成了“查、防、堵、疏、控、排、测”及地表主动治理、井下分级控制、监测监控预警立体综合地表水害防治技术体系。**老空水害防治方面：**以新疆能化硫磺沟、兖矿能源天池煤矿为代表形成了地面帷幕堵截老空区过水及“查全、探清、疏干、验证”四步工作法等防治技

术体系。**松散层水害防治方面：**以兖矿能源鲍店煤矿为代表形成了“精准探查、可研论证、措施保障、监管监控”为核心的松散层水害防治技术体系。**顶板砂岩水害防治方面：**以西北矿业正通煤业为代表探索形成了“查、疏、控、通、泄、拦、堵、脱、清、排”彬长矿区巨厚承压含水层顶板水害防治“十法”技术体系，并在地面帷幕注浆和平面改造含水层的基础上，推出了侧向帷幕注浆和采后封堵相结合的治水理念，进一步强化了顶板注浆效果。**底板承压水防治（地面区域治理）方面：**以新矿集团邱集、赵官煤矿为代表，吸收国内先进技术和肥城治水经验形成了“地质分析、区域治理、探注结合、动态预警、综合防护”为核心的“五位一体”区域底板水害防治技术体系；**底板承压水防治（井下治理）方面：**以鲁西矿业白庄煤矿为代表形成了“查清条件、躲避断裂、注浆改造、疏水降压、帷幕截流、减扰开采、注浆堵水”的“七位一体”的井下底板水害防治技术体系和奥灰顶部注浆改造技术体系。

（三）强化科技助力，全面构建防治水技术保障体系。

围绕底板奥灰水、巨厚顶板砂岩水、浅埋深薄基岩松散层水、火烧区水、突水溃沙、老空（窑）水、地表水、厚冲积层井筒水、深部厚隔水层隐伏导水断层及陷落柱水等重大水害的探查、治理、预警等关键技术与高端防治水科研机构、高校和企业，建立“产、学、研、用”相结合的深度融合创新模式，开展科技攻关研究，破解防治水安全生产难题，为安全高效绿色智能开采提供技术保障。一是提升水害监测智能预

警水平，推进水害监测预警向精准智能化提升，受底板水害危险矿井全面推广应用微震或微震与电法耦合等监测预警技术；二是建设煤炭板块 GIS 地理信息系统公共服务平台，深度融合煤矿防治水与“大数据”“数字化矿山”“互联网+”“云服务平台”等新理念、新技术，逐步实现煤矿地测防治水数据采集、台账编制、图件绘制、计算评价和智能化预测预报预警一体化管理，引领地测防治水智能化与矿井智能化开采建设同步升级；三是积极学习推广应用“随采随探”“随掘随探”“长掘长探”等防治水物探新技术、新方法，全面提升矿井水害防治水平。

（四）强化专业人员素质提升，增强防治水人才保障能力。面对普遍存在的防治水技术人员缺乏问题，大力推进矿井防治水从业人员“素质提升”工程，通过建设防治水实操培训基地、定期举办“防治水大讲堂”活动、委托防治水人才培养和新技术培训等方式，进一步创新了素质提升新途径。建立人才培养机制，合理地挖掘、开发、培养企业战略后备人才队伍，建立人才梯队，特别注重培养选拔企业水害防治“工匠”和“大师”，为企业的可持续发展提供人才保障。

抓好煤矿安全工作，责任重大、任务艰巨。山东能源集团将以这次会议为契机，认真落实会议精神，积极学习借鉴兄弟单位先进经验做法，进一步增强安全工作的使命感、紧迫感、压力感，转变作风、提高落实能力，攻坚克难，着力构建煤矿防治水安全长效机制，为经济社会发展再作新贡献。

目标导向抓重点 理念引领上台阶

——大运华盛能源集团防治水综合管理经验

山西宁武大运华盛能源集团有限公司

山西宁武大运华盛能源集团有限公司是山西省宁武县唯一县辖地方煤炭集团，下属 5 个煤业公司皆位于宁武煤田，现主采太原组 2、5 号煤层，部分矿井浅部资源基本采完，正向深部进行开拓，生产能力 930 万 t/a。矿井中、浅部资源开采主要受老空水威胁，中、深部资源开采主要受到高压岩溶水威胁，如何预防与治理水害，确保安全生产实现本质安全，始终是集团面临的一大难题。

一、定目标领全局

按照集团防治水中长期规划和工作安排，结合部门业务范围和工作实际。总工综合办地测防治水科坚持以防治水技术管理体系为工作大纲和行动指南，以“业务促安、技术强安”为工作主线，秉承“理念引领、目标主导”的工作思路，重点突出专业管控理念，确定业务工作目标，即防治水工作“三无”（零突水、零死亡、零失误）目标，科学制定年度防治水计划并严格执行。奉行“技术保障、规范运行”和煤矿“四并重”的指导思想，重点突出“四零管控”、“五有准则”，规范编制防治水专项检查方案并组织实施。坚守“不碰红线、不触底线”的工作原则，重点突出“严格检查、严肃问责”，采取“跟踪指导、传授方法、现场盯守、强化落

实”的系列举措，对触碰防治水红线的采取了停面整顿、重处重罚的问责手段，对触防治水底线的采取停工整改、现场指导的有力措施。为保证防治水目标计划的实现，一直把专业管控工作目标任务内化于心、抓在手里、放在肩上并强化执行和落实，将以上这些工作外化于行、贯穿于始终、延伸到基层并付诸于实际行动中。

二、选思路施举措

自 2000 年以来，针对集团地测防治水现状，选定工作总体思路是“抓重点、补短板、精细化，重培训、严考核、固三基”，实施“1223356”工作举措。**一保**：保持防治水管理良好的局面**两体系**，即：构建两个双重体系，一是以总经理为首的地测防治水责任体系和以总工程师具体负责的防治水技术管理体系，二是防治水安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防体系；**两方案**，即：深入现场检查考核，实施两个方案，一是专项检查实施方案，二是（地测防治水科）部门对口考核方案；**三提升**，即：提升管理水平（实现技术管理精细化）、提升人员素质（打造一流防治水团队）、提升技术研究水平（建设本质安全矿井）；**三强化**，即：强化防治水例会制度、装备建设、方案措施落实；**五突破**，即：在立体探测、综合分析、预测预报、断层管理、关键技术方面取得突破；**六统一**，即：实施了全集团防治水工作体系、工作制度、工作标准、工作流程、工作考核、工作作风统一。主要做法有：

（一）做好普查综合治理

重点组织开展对三类矿井的水害隐蔽致灾因素普查治理工作，即受底板岩溶水、老空水和受大气降水（地表水）威胁的矿井。坚持物探、钻探和化探相结合，做到多手段互相验证，切实查明废弃老窑、老空区、封闭不良钻孔、断层、裂隙、导水裂缝带、地表水体、地下含水体等隐蔽致灾因素情况，对于勘探必须做到“精准精细，解释清楚”。受水害威胁的采区及采掘工作面使用两种物探方法探水，相互验证。

老窑沟煤业为开拓北翼采区（深部为带压开采区），在地面开展了地质与水文地质补勘（施工水文补勘孔+三维地震+断层地质补勘），2021年先后编制了《矿井奥灰带压开采安全性评价及安全技术措施报告》和《北部2、5号煤层带压开采专项设计》。在采区下山施工进入带压区时，与西安煤科院合作采用瞬变电磁法+直流电法综合探测，对两种物探圈出的重叠的低阻异常区施行加密钻探，对煤层顶底板出水钻孔开展了注浆加固，开拓巷道顺利通过采区下山断层及顶板裂隙导水带（淋水区），完成了采区巷道施工和50201带压首采面围成；德盛煤业为准备201西翼采区，在地面使用瞬变物探+钻探的综合立体勘探，查清了采区西部边界处砂岩裂隙含水区和老空积水区等情况，2022年先后编制了《煤矿隐蔽致灾因素普查治理报告》、《地面物探勘查报告》和《煤矿防治水“三区”管理报告》，重新划分了矿井西南部可采区、缓采区范围，扩大了201可采区范围，一定程度上缓解了矿井2号煤区域采掘接续紧张状况。在井下与西安

煤科院合作，对西翼第一个工作面 20108 掘进工作面前方超前物探采用瞬变电磁法+直流电法综合探测，保证超前钻探靶向性与精准性，实现了安全掘进；庄旺煤业为探测一采区浅部 20106 掘进工作面内断层及其含水性、导水性，是否受周边老空区、地表石湖河和大气降水影响，在井下首次采用槽波地震勘探，以及瞬变电磁和音频电透视超前勘探；南沟煤业为探测浅部蹬空一采区 20107 掘进工作面是否有老空区、以及含水与构造情况，在井下采用槽波地震技术、在地面使用了二维地震勘测技术和无人机智能航测技术，查明了前方老空、含水与断层状况，及地面裂缝发育及导水情况，实现了安全施工。

（二）辨识风险治理隐患

认真落实《煤矿安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制实施规范》（DB14/T2248-2020），定期开展水害重大风险辨识评估，同时要加强隐患动态排查。重大水害风险管控和隐患治理均要做到责任、措施、资金、时限、预案“五落实”。防治水岗位人员依据水害安全风险辨识评估及分级管控基本流程，编制《矿井年度水害专项安全风险辨识报告》；根据山西省水灾重大风险认定情形：开采带压煤层，并有废弃井筒、出水点、封闭不良钻孔的水灾风险；开采煤层上方 15 倍采高内存在老空区积水矿井的水灾危险；同一煤层中存在采空区积水标高高于开采煤层底板标高的矿井的水灾风险等，各矿采掘工作面受采空区积水和底板奥灰水威胁皆列为重大安全风险，如：张家沟煤业 2 号煤开采皆受上部原 2、

3号煤老空水影响；老窑沟煤业北部二采区2、5号煤存在带压开采，断层及煤岩层裂隙出水点较多；庄旺煤业50201工作面开采受上部边界外南沟煤业5号煤和上部受本矿2号煤老空水影响，德盛煤业201采区西翼2号煤层开采受浅部202采区老空水威胁；南沟煤业深部50501工作面开采受上部2号煤老空水、顶板砂岩裂隙水和断层水影响等，都存在重大安全风险，制定完善管控措施，编制《水灾重大安全风险管控方案》并严格执行，实现了安全开采。

集团地测防治水科不但参加月度安全生产隐患大排查时的防治水专业检查，还根据集团《年度防治水工作意见》，开展了“一个季度一条主题”等专项检查活动，编制下发《季度地测防治水专项检查方案》（附专项检查表），2021年组织了一季度主题为“完善地测管理制度和规范探放水作业程序”、二季度主题为“排水系统建设专项治理、隐蔽致灾地质因素排查治理和水害应急管理”、三季度主题为“‘三书两报告一总结’精细化管理、雨季‘三防’和地质灾害治理”和四季度主题为“内业资料标准、水害安全风险辨识与管控措施”的地测防治水专项检查，矿井隐蔽致灾因素检查、4月汛前检查和5、6、7、8、9月雨季三防专项检查和隐蔽致灾地质因素检查，排查闭合了各类地测防治水方面隐患361条，对老窑沟煤业2、5号煤带压开采区域超前探查顶板砂岩水与底板奥灰水、庄旺煤业50201回风顺槽探查并疏放北部南沟老空积水和南沟煤业50501工作面探放上覆20201采空区积水和5上煤顶板砂岩裂隙水等存在较大安全隐患的作

业，提出施工建议等 16 条。2022 年 11 月开展了 1-3 季度存在问题“回头看”专项督查，对 1-3 季度检查出来的一般隐患和重大隐患 351 条进行溯源分析，提出了改进方法，完善提升针对性的治理措施，杜绝问题再次出现。

（三）抓住重点管好关键

坚持“管理、装备、素质、系统”四并重的原则，抓住防治水重点工程，尤其是矿井浅部和深部带压区的安全开采等方面的工程。根据集团及矿井防治水年度计划及中长期规划，重点落实老空水害和煤层底板奥灰水的防治。如老窑沟煤业公司北部二采区 2、5 号煤带压开采区域，受煤层底部高压奥灰水威胁；德盛煤业公司 201 采区西翼 2 号煤层开采受浅部 202、203 采区老空水威胁，我们就将这两个公司列为防治水重点监管矿井，将老窑沟煤业北部二采区带压掘进巷道超前探放水和德盛煤业 20201 掘进工作面超前探放水列为防治水重点工程，实施重点工程重点管控。

老窑沟煤业 2021 年 3 月在 502 采区最深部直排水泵房水仓口施工了奥灰动态水文动态观测孔，4 月安装了奥灰含水层水位自动观测系统，实时掌握奥灰含水层水位变化规律，超前探放水采用至少两种物探手段进行探查，带压危险区实施了底板注浆加固。德盛煤业 20108 掘进工作面超前探放水，主要是开展“三探”和综合治理，超前物探也采用两种方法，异常地段超前钻探加密了钻孔，并实施开采地表沉陷治理等。

庄旺煤业 50201 备用工作面回风顺槽疏放邻矿南沟煤业 512、513 老空水和运输顺槽疏放 20109 采空区积水施工，分

段累计放水 29 万 m³；南沟煤业 50501 备用工作面探放上覆 20201 采空区积水、顶板砂岩裂隙水，并在运输顺槽采前安装了加强排水系统；各类地质与水文地质报告的编制与评审；雨季“三防”工作及地质灾害排查治理等重点工程开展，都已取得丰硕成果，保障了全集团的安全生产。

（四）严格标准强化红线

根据防治水技术管理体系，对防治水工作标准进一步细化量化，提高针对性和可操作性，包括地测防治水管理考核实施办法（试行）、季度地测防治水专项检查方案、防治水图牌板标准（试行）、探放水工作流程、地测防治水月度考核表（试行）等，重申了煤矿防治水“八条红线”和“十八个必须”规定，“五必须”、“六严禁”防治水措施和地测防治水专业技术人员工作作风等，逐步给防治水工作“立规定矩”，严格现场兑现，对水害预测预报和“三书两报告一总结”精细化编制提纲提出意见并补充完善，实施规范化管理。严抓探放水过程控制和标准化动态达标，落实“物探先行、钻探验证、化探跟进”探放水程序和老空水防治“四步工作法”，逐步加强“三期”（即“三前三中三后”，物探、钻探、放水前期、中期、后期，还包括汛期）管理，强化流程管控，保证各项工作、各个环节、每个过程和每项资料到位，推进标准化工作。

严厉打击触碰专业红线、管理底线的行为，严格考核依规处罚。对检查发现的综放面有 25m 积水未及时排出、掘进工作面探放水未按要求验收钻孔，且施工质量不合格、探

放水作业探孔施工误差大，老空水害普查不清、防治水“三区”转换推进缓慢影响采掘布置，导致采掘接替紧张等行为进行了重点查处。对责任单位和相关责任人员依规进行处罚，仅2022年就考核了30万元，主要采取了停面整顿、彻查隐患、强化管控、涉面人员集中培训、违章人员停班学习的现场处置措施。

（五）夯实基础提升素质

根据年度防治水学习培训计划，我们先后组织了为期半年的与大同大学合作的校企办学地测防治水专项培训，并同步开展了现场实操2次；根据阶段性防治水重点，邀请李振拴、刘荣茂等专家授课5次；开展技术交流会，邀请中国矿大周华强教授做了充填开采专题讲座1次，邀请西安煤科院专家瞬变电磁法物探培训2次，地质雷达物探培训1次，瞬变电磁法+直流电法、音频电透视物探现场实操及理论讲座各1次，外出参观学习3次；煤矿防治水专家会诊3次，物探技术大比武2次，探放水队员实操考核2次，水害事故案例视频教育5次；利用“集团地测防治水”微信群，采用“理论+实操”“线上+线下”等多种形式，共享学习最新的技术规范、标准、文件、事故案例和岗位实操视频，及时组织月度地测防治水办公会和新技术专题研讨会进行探讨交流学习，拓展视野，提升防治水岗位操作技能和业务技术水平。

三、兴科技搞攻关

开展了防治水关键技术研究。倡导与大专院校、科研院所交流合作，及时引进先进的防治水理论、技术和探查手段，

加强对现有地质与水文地质基础资料、突水（透水）案例的研究工作，积极开展实测垮落带、导水裂隙带发育高度，承压水上开采底板采动破坏（底板破坏带）深度、承压水导升带高度等观测工作，开展承压水、奥灰水突水机理的基础理论与防治等重大课题的技术攻关，推广应用地面区域超前治理、水害监测预警、充填开采等先进的技术工艺和设备，努力攻克防治水技术难题。老窑沟煤业开展了“奥灰带压开采水害防治关键技术及工程应用”项目，南沟煤业实施了“蹬空区开采水害防治关键技术研究”等项目，确保了受水害威胁矿井的安全生产。

四、结语

大运华盛能源集团以防范化解重大水害安全风险为重点，牢固树立区域治理、综合治理、超前治理的治灾理念，构建辨识评估、监测预警、治理评价重大水害防治机制，实施水害治理责任、技术、工程、资金、时限“五到位”闭环管理，真正做到水害可防、可治、可控。有防治水管理责任的各级干部很执行“一岗四责”（管业务、管安全、管培训、管考核），推进防治水工作的“标准化、规范化、精细化、信息化、自动化、智能化”，践行“六化合一”，有效防范了水害事故发生，保障全集团公司安全健康稳定发展。

煤矿防治水工作经验介绍

四川省古叙煤田开发股份有限公司

四川省古叙煤田公司是 2008 年 12 月由川煤集团、川投集团、化工控股集团、泸州兴泸集团合资组建的国有煤炭企业，是古叙矿区开发的龙头骨干煤矿企业。公司有 4 个煤炭生产子公司（矿井），分别是四川省川南煤业有限责任公司鲁班山北矿（以下简称鲁班山北矿）、川南煤业古叙煤电有限责任公司石屏一矿（以下简称石屏一矿）、古蔺县宏达煤业有限责任公司宏达煤矿（以下简称宏达煤矿）、四川省古叙煤田观沙煤业有限责任公司观文煤矿（以下简称观文煤矿），其核定生产能力分别为 90、100、15、90 万吨/年。各矿井地质条件差，地质类型均为极复杂，均属煤与瓦斯突出矿井，石屏一矿、观文煤矿、宏达煤矿、鲁班山北矿水文地质类型依次为极复杂、复杂、中等、中等，除鲁班山北矿为机械排水系统，其它矿井均为平硐自流排水系统。

一、防治水工作开展情况

（一）严格坚持防治水原则，科学采取水害防治措施。

公司所属矿井防治水工作坚持“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”的原则，根据不同水文地质条件，采取探、防、堵、疏、排、截、监等综合防治措施。

1. “预测预报”工作。各矿井主要开展年、月、临时水害预测预报工作。每年年初，根据年度采掘计划，结合矿井

水文地质资料，全面分析水害隐患，编制年度水文地质预报、水害分析预测表及水害预测图。在采掘过程中，对水害预测图、表逐月进行检查，不断补充和修正。发现水患险情、预兆，开展临时预报工作，发出水害通知单，查明原因，采取措施，消除威胁。

2. “有疑必探”工作。各矿井根据水害预测预报评价结论，对可能构成水害威胁的区域，采用物探与钻探等综合探测手段，查明或排出水害。所有掘进工作面严格按照《四川省探放水基准线“两把锁”管理规定》要求，坚持“有掘必探”，即所有掘进区域均采用物探与钻探的方式，开展探放水工作，相互验证，查明掘进区域水害情况，水害威胁区域，严禁作业。2023 年各矿井计划施工探放水钻孔 92879 米，物探 246 次。

3. “先探后掘”工作。各矿井所有掘进区域先综合探查、分析，编制掘进地质说明书、水文地质情况分析报告，并明确水害防治措施，在措施有效，确定巷道掘进区域没有水害威胁后，才能施工。

4. “先治后采”工作。各矿井所有回采工作面形成后，结合工作面巷道施工期间查明的水害情况，编制回采地质说明书，采取有针对性的治理措施，排除水害隐患。工作面回采前，编制回采工作面水文地质情况评价报告和水害隐患治理情况分析报告，明确采煤工作面及周边老空水、含水层富水性和断层、陷落柱含（导）水性等情况，存在水害威胁，严禁采煤。

5. “探、防、堵、疏、排、截、监”措施执行情况。各矿井所有的采掘区域与存在水害威胁的作业区域均采用探放水的方式，超前探测水害情况，消除水害威胁，落实水害防治“探”措施（如各矿井的探放水工程）；通过留设各类防隔水煤（岩）柱、修建防水闸墙的方式，落实水害防治“防”措施（如各矿井留设防隔水煤柱与观文煤矿 12124 防水闸墙）；通过注浆封堵突水威胁区域，增强安全隔水层抗压强度，落实水害防治“堵”措施（如石屏一矿+435m 运输大巷 1#、2#陷落柱注浆工程）；主要通过疏放老空水的方式，落实水害防治“疏”措施（如鲁班山北矿 1392 采空区积水疏放水工程）；通过完善矿井排水系统，确保矿井排水能力满足规定，落实水害防治“排”措施（如石屏一矿+428m 排水巷）；通过地表水（河流、水库、洪水等）的截流治理，落实水害防治“截”措施（如石屏一矿杉木河截水巷工程）；通过建立监测系统，及时掌握地下水的动态变化情况，落实水害防治“监”措施（如各矿井地下水动态监测监控系统 and 地面视频监控系統）。当前各矿井水害防治措施有效。

（二）夯实探放水“三专”基础

各矿井探放水工作严格落实“三专”措施。所有探放水工程均由专业技术人员编制探放水设计，采用专用钻机进行探放水，由专职探放水队伍施工。当前，各矿井均成立了探放水队，强化人员、设备配备，公司及矿井共有地测防治水管理人员 45 人、防治水专业技术人员 19 人、探放水工 99 人、探放水钻机 13 台，物探仪器 8 台。公司及各矿井“三

专”配备到位，符合相关规定，满足矿井安全生产工作需要。

（三）切实查清隐蔽致灾因素

2022年9月至12月，根据《国家矿山安全监察局关于全面开展煤矿隐蔽致灾因素普查工作的通知》（矿安〔2021〕121号）、《四川省应急管理厅 四川煤矿安全监察局关于转发<国家矿山安全监察局关于全面开展煤矿隐蔽致灾因素普查治理工作的通知>的通知》（川应急函〔2021〕380号）、《四川省应急管理厅关于贯彻落实国家矿山安全监察局领导同志对煤矿隐蔽致灾因素普查工作批示要求的通知》（川应急函〔2022〕302号）要求，公司各矿井开展了隐蔽致灾因素普查工作，形成了《隐蔽致灾因素普查报告》、《隐蔽致灾因素普查信息档案》、《隐蔽致灾因素普查治理工作方案》，并上报古叙煤田公司审查。2022年12月，古叙煤田公司组织相关人员，审查了各矿井隐蔽致灾普查的相关资料，并以古叙股份地测〔2022〕66号、67号、69号、70号文件，分别批复同意了宏达煤矿、鲁班山北矿、观文煤矿与石屏一矿的隐蔽致灾普查资料。2023年1至3月，各矿井隐蔽致灾普查资料经属地煤矿安全监管部门组织的专家审查，并在属地煤矿安全监管部门备案。各矿井均通过钻探、物探的等方式查明了矿井隐蔽致灾因素，老空水威胁区域均开展了物探工程，目前各矿井水文地质条件清楚。

当前，各矿井正在按《国家矿山安全监察局关于加强煤矿隐蔽致灾因素普查治理工作的通知》（矿安〔2022〕132号）、《四川省应急管理厅、国家矿山安全监察局四川局关于进

一步做好煤矿隐蔽致灾因素普查治理工作的通知》（川应急函〔2023〕40号）要求，编制《隐蔽致灾因素普查治理工作方案》，并据此开展第三轮隐蔽致灾因素普查治理工作，形成《隐蔽致灾因素普查治理报告》。

（四）合理划分防治水“三区”

2022年7月至9月，各矿井根据国家矿山安全监察局《关于印发〈煤矿防治水“三区”管理办法〉的通知》（矿安〔2022〕85号）、四川省应急管理厅 国家矿山安全监察局四川局《关于贯彻落实〈煤矿防治水“三区”管理办法〉的通知》（川应急函〔2022〕249号）规定，结合矿井相关因素水害威胁情况，编制了《防治水“三区”管理报告》，并上报公司审查。2022年9月，公司组织的有关专家审查了各矿井《防治水“三区”管理报告》，形成了审查意见，并以古叙股份地测〔2022〕56号至59号文件，分别批复同意了观文煤矿、石屏一矿、宏达煤矿与鲁班山北矿的《防治水“三区”管理报告》。当前各矿井严格按报告措施，落实防治水三区管理，严禁在禁采区内进行采掘作业，严禁在缓采区内进行回采作业和与水害探查、治理无关的掘进作业。。

（五）严防老空水害

各矿井老空区积水探放严格执行“查全、探清、放净、验准”四步工作法，确保疏干放净，严禁在老空水害威胁区域内从事采掘活动。各矿井通过隐蔽致灾因素普查和矿井及周边煤矿老空分布范围及积水情况调查工作，掌握了本矿及相邻矿井距离本矿200m范围内的采掘动态，查清了矿井和

周边老空及积水情况，形成了隐蔽致灾因素普查报告和矿井及周边煤矿老空积水情况调查报告，所有老空水害威胁区域，均留设了防隔水煤柱，并在采掘工程图、充水性图上标明其防隔水煤柱线、积水线、探水线、警戒线位置与积水情况。当前各矿井老空积水区域已查全、探清。

各矿井疏放老空水时，均由地测部门编制了专门疏放水设计，明确了老空积水情况，设计了放水钻孔、验证钻孔、物探验证方法，经矿总工程师组织审批后，按设计实施。疏放过程中，都详细记录放水量、水压情况。放水结束，对比放水量与预计积水量，采用钻探、物探方法对放水效果进行验证，确保疏干放净。近期，开展了观文煤矿 12624 工作面、鲁班山北矿 1392 工作面采空区积水疏放水工程，经邻近巷道工程检验，老空积水探放四步工作法落实到位。

（六）强化水害预警、果断撤人

各矿井均建立了暴雨、洪水等极端天气与井下发生透水征兆可能引发水害等事故灾害时，撤出井下人员的制度，明确了启动标准、指挥部门、联络人员、撤人程序和撤退路线等，当暴雨威胁矿井安全时，必须立即停产撤出井下全部人员，只有在确认暴雨洪水安全威胁消除、风险研判出的安全风险管控措施到位、排查出安全隐患治理合格后，方可恢复生产。当收到暴雨蓝色及以上等级预警信息时或者矿区暴雨达到蓝色等级时，各矿井必须立即撤出井下所有人员，防止发生水害事故。各矿井矿长均赋予了调度员、安检员、井下带班人员、班组长等相关人员紧急撤人的权力，凡是发现突

水（透水、溃水）征兆、极端天气可能导致淹井等重大险情，立即撤出所有受水患威胁地点的人员，在原因未查清、风险未研判评估、隐患未排除之前，不得进行任何采掘活动。

各矿井撤人的相关工作，严格执行井下撤人制度，按照规定的避灾线路出井，水害事故原则上避开水流，优先选择水害标高以上的撤退线路，确保安全。

（七）实时监测，规范救援

各矿井均建设了地下水动态监测系统，实时记录矿井水位、涌水量、水压情况，以掌握矿井涌水规律。其中，石屏一矿还建立了井上下视频系统、全川第一个水害微震监测系统。井上下视频系统可直观监测，观测点（河流）实时画面，观测涌水情况；水害微震监测系统可掌握矿井工作面回采扰动下围岩震动场的分布特征及规律，可监测工作面的顶板“三带”发育高度、底板采动破坏深度，基于水害微震监测结果，评估发生突水的可能性。在监测值超过警戒值时，这些系统会发出预警，矿井必须立即，查明原因，采取措施，杜绝水害。

各矿井均开展了水害风险评估和应急资源调查工作，并根据风险评估结论及应急资源状况，制定了水害应急专项预案和现场处置方案，并经评审，由本单位主要负责人批准实施，应急预案内容具有针对性、科学性和可操作性。

每年雨季前，根据矿井水害应急预案演练方案，各矿井均组织开展了1次水害应急预案演练。在演练结束后，对演练效果进行评估，分析存在的问题与不足，并据此修订完善

水害应急预案。演练计划、方案、记录和总结评估报告等资料存档备查。

（八）深化科技攻关，提升防治水能力

公司高度重视科技治灾工作，大力发展科技攻关项目。近年来，主要开展了导水裂隙带实测、顶板离层水害论证等水害防治科研项目，成效明显。为准确掌握煤矿老空区导水裂隙带发育高度，研究了老空区导水裂隙带发育高度影响因素，开展了各矿井导水裂隙带发育高度实测工作，通过地质钻孔注水实验、水害微震监测的方法，准确判定矿井老空区导水裂隙带发育高度。为研究煤矿离层水害问题，组织开展了各矿井离层水害威胁论证工作，与中国矿业大学合作，通过分析煤层覆岩特征及其组合关系、力学性质、含水层富水性等地质资料，结合钻孔实测情况，明确矿区离层发育的层位与位置，论证离层水害威胁程度，落实其防治措施。这些科研项目，为各矿井水害预测和防治工作提供了科学依据，有助于落实水害防治措施，提升水害防治能力。

二、下一步水害防治工作措施

（一）加大资金保障。公司及各矿井将确保防治水工作所需人、财、物及时准备到位，加大防治水资金支持力度，优先考虑包括防治水在内的灾害治理资金。各类防治水技术方案及时审查，确保方案科学、合理；防治水工作发生重大调整 and 变化时，将及时修订防治水计划，保证防治水工作有序开展。

（二）坚决落实“三专两探一撤”的水害防治措施。公

司及各矿井把落实好《煤矿防治水细则》作为水害防治工作的主线，对标整改、逐条落实，突出抓好水害防治工作。一是增配“三专”。按 10%增加专业技术人员，增加先进的专用钻机进行探放水，按 5%增加专职探放水队伍施工。特别是配强防治水方面的技术人才，在薪酬待遇和职业发展空间上予以激励，千方百计引进人才、留住人才。二是做好“两探”。树立“透明地质”的理念，物探与钻探并行，互相验证，提高探查的可靠性。三是坚持“一撤”。坚持矿长赋予调度人员、安检员、井下带班人员、班组长等相关人员紧急情况撤人的权力，发现险情果断处置，第一时间下达撤人命令，撤出威胁区域的人员，在原因未查清隐患未排除前，不得进行任何采掘活动。

（三）持续开展隐蔽致灾因素普查治理工作。严格按照《国家矿山安全监察局关于加强煤矿隐蔽致灾因素普查治理工作的通知》（矿安〔2022〕132 号）、《四川省应急管理厅、国家矿山安全监察局四川局关于进一步做好煤矿隐蔽致灾因素普查治理工作的通知》（川应急函〔2023〕40 号）要求，在 2023 年 3 月 5 日前编制矿井《隐蔽致灾因素普查治理工作方案》，并按此开展隐蔽致灾因素普查治理工作；在 2023 年 5 月 30 日前编制矿井《隐蔽致灾因素普查治理报告》，明确相关隐蔽致灾因素的防范或治理措施，日常严格落实，防范事故。

（四）强化地表水害防治措施。强化与当地气象、水利、防汛等部门进行联系，建立灾害性天气预警和预防机制，密

切关注灾害性天气的预报预警信息，及时掌握可能危及矿井安全生产的暴雨洪水灾害信息，当接到暴雨蓝色及以上等级预警信息，矿井立即停止生产撤出井下人员。坚持重点部位巡视检查制度，对井田范围内废弃老窑、地面塌陷坑、采动裂隙以及可能影响矿井安全生产的地表水体实施巡查，矿井主要排水线路必须定期巡视检查，确保水流畅通，并充分发挥矿井水文在线监测监控系统、微震预警系统作用。矿区强降雨期间及以后，必须派专业人员及时观测矿井相关涌水指标变化情况，严格执行井下撤人制度，保证安全。

（五）严格水害风险研判评估和隐患排查治理。坚持每季度必须至少组织开展一次水害风险研判评估和隐患排查治理，其中观文煤矿与石屏一矿每月至少开展两次水害隐患排查，查找矿井防治水资料、现场、设备、技术与管理等水害隐患，发现问题，采取措施，严格按照“五落实”要求进行整改，实行闭环管理，水害隐患排查的相关资料，存档备查。

（六）依靠科技，智能防灾。公司坚持科技治灾，智能防灾之路，将加大科技投入，大力推进煤矿科技发展工作。2023年内，各矿井在隐蔽致灾因素普查治理工作基础上，将与相关科研机构合作，采用三维激光扫描等先进技术，精准构建“透明矿山”数字化模型，实现矿井水害精准定位，指导矿井安全生产工作。公司规划2030年前，各矿井将建成智能化地质保障系统，将地质及水文地质数据与工程数据进行深度融合，采用地质及水文地质数据推演、多元复用、智能更新等方法，研究建立实时更新的地质与工程数据高精度融

合系统，科学预测预警水害威胁性，实现矿井地质及水文地质信息的透明化，智能化防治水害。

做好矿井水害防治工作责任重大、任务艰巨，古叙煤田公司将以“开小灶”工作为抓手，转变作风、善抓落实，敢于担当、攻坚克难，进一步提升公司水害防治工作水平，杜绝发生水害事故，为煤矿发展创造稳定可靠的安全生产环境。

创新引领，科技赋能 提升矿井水害治理智慧化水平

大唐集团国源矿业开发公司龙王沟煤矿

鄂尔多斯市国源矿业开发有限责任公司龙王沟煤矿是中国大唐集团自主开发建设的首个特大型千万吨级井工煤矿，产能 1200 万吨/年。矿井水文地质类型属中等，主采 6# 煤层首采区均处于底板奥灰带压范围，属带压采掘，是矿井采掘活动的主要水害威胁来源。矿井自建设以来，以国家八部委联合发布的《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》为纲领，积极落实国家矿山安全监察局《煤矿防治水“三区”管理办法》、《煤矿水害防治监管监察执法要点(2022 年版)》，内蒙古自治区能源局、煤矿安全监察局内蒙古分局《关于建设矿井水害监测监控系统的通知》、《准旗煤矿防治奥灰专项措施》等文件要求，秉承“实际、实用、实效”原则，以水文微震监测系统、水动态实时监测系统、电法智能监测系统、突水水源快速识别系统、“两探”和地质参数数据库为**感知平台**，以地面到煤层、岩层、构造、井巷等完整地质模型构建的四维地理信息系统为**数据平台**，以真三维组态的全息智慧水文地质保障系统为**决策平台**，与应急管理部部属华北科技学院等科研机构合作共建的水害防治研究中心为**专家平台**，以矿井水害治理专业团队和数据融合治理中心为**指挥平台**，以常规钻、千米定向钻、地面连续注浆系统等专业

化队伍和设备为水害治理工程平台，构建矿井四维多参数水文地质致灾因素精准探测、灾害防治与智能预警体系。

一、配备高端智能装备实现水害关键参数智能联动监测

矿井与中煤科工集团西安研究院有限公司、北京安科兴业科技股份有限公司和准旗气象局等合作建设有地下水动态实时观测系统、微震突水监测预警系统、电法智能监测系统、突水水源快速识别系统、气象防灾减灾多媒体服务系统共计 5 个水害动态监测系统，实现矿井水位、水压、流量、涌水突变、水质、顶底板能量事件、富水区域运移、气象等 21 项水文关键参数的联合动态监测。借助定向钻、孔中物探等两探数据，收集矿井隐伏导水构造赋存、发育及富水情况，实现隐伏地质数据的精准感知，数据汇入智慧矿山大数据库，形成覆盖地表、巷道、地层、构造等多维度、全方位的精准感知水文数据湖，为水害精准防治提供数据支撑。

二、建设四维地测地理信息系统支撑数据分析与智能决策

矿井与山东蓝光软件有限公司合作开发四维地测地理信息系统，建设有精细地测地理信息系统、矿山真三维模型实时更新系统、安全生产一张图管控系统、矿山安全预警与灾害防治决策支持系统、安全风险分级管控系统、矿山安全隐患闭环管理系统和煤矿应急指挥系统 7 个水害防治子系统，系统具有开发性，可与水害监测监控系统实现数据自动传输入库，具备数据、图形统计、分析和三维模型精细建模、实时更新，达到透明地质要求。数据通过二维、三维形式进行直观展示并与安全风险分级管控、隐患排查治理、应急救援

等系统联动，实现危险源自动探测、矿井水害分析、地表沉降分析和煤矿重大灾害综合预警功能，对灾害防治技术提供决策支持。

三、成立水害防治研究中心推进水害防治智能化提升

龙王沟煤矿与应急管理部直属的华北科技学院联合组建水害防治技术研究中心，与华北科技学院、山东蓝光公司、中国矿业大学、西安煤科院、武汉研究院等十余家行业顶尖机构开展深入持续合作，形成系列水文地质精准探测与灾害防治创新成果，具体如下：

1.透明地质逐级精细化建模技术

针对矿井构造、富水异常等水文地质体采取“地-巷-孔”三维探测治理技术进行三维探测，实现地面、巷道、孔中的多维度探测与治理。以三维地震勘探成果资料、地面勘探钻孔资料为基础，通过内插和深度转换，构建三维地质初始模型；增加井巷工程地质信息、局部高精度三维地震数据、工作面区域槽波、音频电透视等物探数据和定向钻、常规钻等钻探数据，对三维地质模型进行精细处理；利用采掘智能监测数据、回采揭露数据等进行透明化处理和时态监测，形成小区域透明模型，满足智能采掘需要。

2.快速掘进“定向钻探+孔中智能监测”超前探测技术

通过“孔中瞬变电磁探测+长距离定向孔”手段对煤矿含水体进行精细探测与控制。矿井自主开展定向钻套管快速封固材料及工艺、保直技术和分支造斜技术研究，与西安煤科院开展孔中瞬变电磁法智能监测装备与工艺研究，形成满

足快速掘进需要的智能化两探装备与工艺体系。目前,定向钻、孔中静态瞬变电磁已经广泛应用于巷道掘进超前物探、地质异常体富水性探测和注浆治理验证等工作,取得良好的探测效果。

3.多源数据融合与智能分析技术

利用云计算、物联网和边缘计算等先进技术,打破地下水动态实时观测系统、微震突水监测预警系统、电法智能监测系统、突水水源快速识别系统、气象防灾减灾多媒体服务系统等“自动化孤岛”、“信息化孤岛”和“数据孤岛”,实现各自动化系统、安全监控类系统和信息化子系统之间的互联互通和数据高度利用,以端边云融合模式,构建透明矿井的综合感知指标体系,达到地质体三维动态精细化建模及可视化的目的,对地层、构造、特殊地质体、瓦斯、地下水和应力等因素进行实时分析,为煤矿绿色智能化开采提供基础信息平台。

4.“四位一体”水文地质保障系统

与山东蓝光软件有限公司合作开发以本源-全息-模态为技术核心的“四位一体”水文地质保障系统,通过建设水文地质勘察试验静态数据库和包括降雨量、径流、观测井(孔)、涌水量等在内的水文监测动态数据库,利用各种探测数据,建立了与水文有关的地质模型和采动空间三维模型,搭建了一个时空水文辨识、预测、预报和预警信息管控平台,实现各含水层、隔水层的厚度、赋存状态,各含水层、富水区的位置、产状、水压、静水水位和残余水位的分布,以及抽水井、涌水

区和涌水点流动形式及流动参数的动态反演,实现导水通道、注浆通道的动态识别和涌水量的可靠预测预报,为开采决策和水害防治提供了精准的水文地质信息,实现煤矿的水害防治的可视化透明和智能化管理。

四、多源数据融合赋能水害探测与超前防治

1. “1234”多维度综合勘探技术实现数据多源采集

矿井采用“一化、两震、三钻、四电”的井上下多维度综合勘探手段,实现区域探查“先整体后局部”、“由定性向定量”的转变。“一化”指水质化验;“两震”指地面三维地震勘探和井下槽波透射、反射勘探;“三钻”指地面定向钻、井下常规钻和井下定向钻;“四电”指井下音频电透视、瞬变电磁、直流电法和孔中瞬变电磁。通过上述手段的开展获得矿井、工作面详实的地质、工程地质数据,借助矿山真三维模型系统形成矿井井上下的多源耦合三维地质体,为矿井采掘、防灾治灾提供数据支撑。

2.科技赋能实现特厚煤层带压开采精准靶域注浆治理

“智能监测+无人注浆系统+差异注浆理论”构成龙王沟煤矿水害精准靶域注浆治理的核心。通过敷设在临近巷道内的微震突水监测系统、定向钻孔中的电法在线监测系统实现了注浆区域能量事件个数、级别、空间位置、浆液扩散运移方向、充填效果等动态监测;借助具备自动配比、压力智能监测的注浆站 PLC 控制系统和矿井实践总结的不同条件下注浆封堵工艺完成了注浆全过程的无人化作业,数据的自动化入库,累计减少直接作业人员 6 人,实现注浆治理效果从

定性评价向定量可视化展现的转变。

3.数据治理实现水害探测治理工程全过程精准管控

智慧矿山建设将传统的“人工管理”变为“自动化操作+辅助决策”，水害探测治理工程的设计、措施编审，工程计划编排，设备及人员调配，施工过程监控，原始记录及施工资料存档，数据入库建模分析等工作均由系统自动完成，管理人员按照预设流程按节点开展工作并重点对施工异常进行管控分析，必要时借助远程专家会诊系统将监测数据、施工资料、现场情况进行可视化展示，与行业前沿专家进行技术会诊，实现施工全过程的自动化、智能化精准控制。施工结束采用突水系数、钻孔水量等7个量化指标对工作面进行水害安全评价。

4.智能监测为工作面安全高效回采保驾护航

工作面回采期间借助水动态观测系统、微震突水监测预警系统和电法智能监测系统等先进的感知仪器和数据处理终端，实现水位、水质、水温、流量、能量、富水性等13项指标参数在线监测和分析预警，井下数据采集无人化，数据联动精准分析和智能预测预警，有效防范滞后突水问题。

五、智慧班组打通智慧矿山建设的“最后一公里”

依托完备的矿井数据库、先进的数据治理平台和智能的办公系统打造智慧班组，彻底打破了传统班前会召开模式，实现考勤签到、健康监测、安全培训、档案核验、设计交底、会议记录等传统项目的自动化开展，数据直接与矿井人资管理系统、安全风险分级管控系统、矿山安全隐患闭环管理系

统等联动互通，可实时调取井下监控图像、系统风险评价数据、事故案例及应急处置措施等，以视频、图片或 3D 形式展示，丰富了班前会的信息量、展现形式，增强了人员间的互动，提高了班前会召开效果，打通智慧矿山建设的“最后一公里”。

龙王沟煤矿奥灰水文地质条件相对复杂，水害威胁严重，要想实现矿井长治久安，离不开高端智能装备和智慧矿山软件系统的支撑，必须以高端智能装备为手段，以智慧矿山软件系统为核心，切实发挥软硬件系统的智能操作、高效运行、动态监测、数据分析、辅助决策和应急联动等作用，实现水文地质隐蔽致灾因素的精准探测、治理和智能监测。

坚持地表治理和井下防治相结合 扎实推动煤矿水害治理工作取得实效

湖北省建始县龙潭坪煤矿

湖北省恩施自治州建始茂源煤矿有限责任公司龙潭坪煤矿是一处生产能力 30 万吨/年的生产煤矿。井田面积 9.628km²，开采深度为+1650m ~ +1200m，开采二叠系下统栖霞组马鞍段Ⅲ煤层，煤性质为无烟煤，煤层平均倾角 7°，平均厚度 3.25m，煤矿总资源储量 819.5 万吨，可采储量 451.3 万吨，服务年限 13.4 年。煤矿瓦斯等级为低瓦斯，煤层自燃倾向性等级为Ⅲ类，属不易自燃煤层，煤尘无爆炸性，煤层无冲击危险性，井下无地热灾害，水文地质类型为中等。煤矿最大风险点是来自暴雨后地表水经 Fa 衍生断层流入井下威胁煤矿安全。近年来，我矿坚持地表防治和井下防治相结合，认真组织开展水害治理工作，取得了明显成效。主要做了以下五个方面的工作：

一、建立健全矿井防治水责任体系

我矿建立了以矿长为防治水第一责任人、总工程师为防治水技术负责人的责任体系。配备了 1 名地测专业和 1 名防治水专业技术人员；配齐了专用探放水设备，包括 1 台物探设备（YCS75 型矿用瞬变电磁仪）和 2 台钻探设备（ZY-1250 型、ZYJ-680/200 型液压架柱式回转钻机）及注浆泵、止水管、注浆材料等配套设备；建立了专门的探放水作业队伍，

由 4 名探放水作业人员组成。建立健全了水害防治岗位责任制、水害防治技术管理制度、水害预测预报制度、水害隐患排查治理制度、探放水制度、重大水患停产撤人制度以及应急处置制度。坚持“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”的防治水原则，严格执行“三专两探一撤”措施，赋予了调度员、安全员、瓦检员、井下带班人员、班组长等相关人员紧急撤人的权力。通过建立健全矿井防治水责任体系，从制度上保障了防治水工作有效开展。

二、认真组织开展煤矿隐蔽致灾因素普查工作

我矿在推进隐蔽致灾因素普查工作中，通过多方比较，最终委托对湖北煤矿比较熟悉的中煤科工集团重庆研究院有限公司开展隐蔽致灾因素普查工作。重庆研究院进驻煤矿后，开展了走访调查、地表踏勘普查和井下实测检验，通过物探、钻探、化探等多种方法对煤矿进行了全面隐蔽致灾因素普查，集中审查后出具了隐蔽致灾因素普查报告。我矿在生产过程中发现了原地质普查报告中未提及的 Fa 衍生断层，通过组织技术、地测部门人员对 Fa 衍生断层进行物探、钻探、地质素描、涌水量观测、Fa 衍生断层地面投影点踏勘、凹陷坑治理等多种技术措施，已将 I 采区和 II 采区 Fa 衍生断层影响区域的构造情况和涌水点探查清楚，Fa 衍生断层导水通道已基本查明，并编制完成了《隐蔽致灾因素普查 Fa 衍生断层物探补充报告》。通过隐蔽致灾因素普查、评估与治理，从源头解决了我矿防治水问题。

三、坚持“两探一撤”制度

在钻探无法满足井下防治水需要的情况下，2021 年 9 月，

经过多方比较，我矿投入 14 万元，采购了一台福建平潭旭坤实业有限公司生产的 YCS75 型矿用瞬变电磁仪，并邀请厂家专业技术人员井下现场教学。掌握该项技术后，我矿坚持物探先行、钻探验证，坚决落实防治水工作措施。

一是坚持物探先行。矿用瞬变电磁仪适用于煤矿顶底板、侧帮以及巷道前方富水区的探测，为矿井在生产过程中水患和导水构造的超前预测预报提供了技术手段。因此，我矿对井下所有采掘工作面进行了定期物探，YCS75 型矿用瞬变电磁仪探测有效距离为 100m，为保证作业安全，井下所有掘进巷道，物探、钻探均执行探水超前距 30m，掘进工作面每 70m 进行一次物探工作，每次沿掘进工作面迎头布置 3 条测线，通过在掘进迎头移动发射接收线圈，分为顶板（斜向上 45° ）、顺层、底板（斜向下 45° ），形成 3 条超前探测的实测剖面，每条测线平均布设 9 个测点，每次物探共 27 个测点，原始数据经系统软件处理后形成视电阻率断面图，通过图中不同的颜色表示不同的视电阻值，从而直观判定掘进工作面前方水害情况。

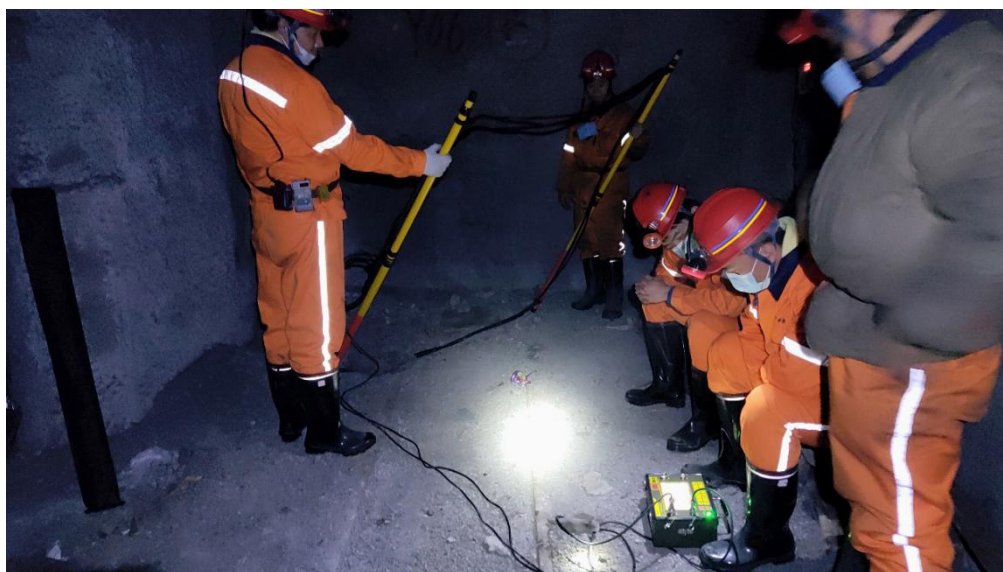


图 1 井下现场进行物探作业



图 2 物探仪探测界面

二是坚持钻探验证。我矿在对所有掘进工作面开展物探的基础上进行了钻探验证工作。根据《煤矿防治水细则》探放水有关规定，一律采取就高不就低原则进行采掘工作面探放水设计，我矿无论煤巷、岩巷统一按 30m 超前距取值，以超前钻探 60m、允许掘进 30m、终孔帮距不小于 20m 的规定，认真组织在每个掘进工作面进行超前钻探。在总工程师的技术指导下，在每个掘进面布置 5 个钻眼进行钻探作业。其中，掘进工作面迎头全断面中部顺掘进方位与坡度布置 1 个钻眼，顺坡度偏左 27° 布置 1 个钻眼，顺坡度偏右 27° 布置 1 个钻眼，顺方位向上 27° 布置 1 个钻眼，顺方位向下 27° 布置 1 个钻眼。中置钻孔深度不少于 60m，上下左右 4 个斜孔深度不少于 68m。为更好地达到设计要求，探放水专业技术人员亲临现场，共同确定钻孔方位、倾角、钻孔布置数目和钻进的深度。事实证明只要坚持“预测预报、有掘必探、先探后采、先治后采”的防治水原则，严格执行《煤矿防治水细则》，井下水害隐蔽致灾因素是可防可控的。



图 3 井下现场开展钻探施工作业

三是坚决落实遇险情撤人措施。我矿根据《煤矿防治水细则》、《煤矿安全规程》及上级主管部门有关要求，重新组织修订了重大水患停产撤人制度，明确了启动标准、指挥部门、联络人员、撤人程序、撤退路线和安全措施。通过健全完善防范自然灾害预警、预报、预防处置机制，密切掌握本地区汛情通报、矿区范围降雨量情况及井下涌水变化情况，突出抓好调度员应急处置权和三分钟通知到井下所有人员的规定，确保在遇到突降暴雨和井下涌水变大等险情时，第一时间采取有效应对措施。我矿每次遇暴雨灾害天气或上级下达停产撤人预警响应时，立即无条件组织撤出了井下人员。

四、加强地面勘查、巡查和治理

龙潭坪煤矿矿区范围地处高山地带，为便于开展地表踏勘测绘，公司配备了 RTK 实时动态测量仪器，对于井下揭露出的断层、溶洞、涌水点等地质构造后，采用 RTK 找准地表

对应投影点，分析判定井下构造与地表联系，并指导采用“探、防、堵、疏、排、截、监”等综合防治措施对地表裂隙、塌陷坑、不良钻孔和井下陷落柱、断层、裂隙、褶曲等构造以及采空区进行灾害治理，目前应用取得成效显著。



图 4 采用 RTK 进行地表踏勘

我矿还采取了多种措施开展周边矿井水文地质调查工作，一是对周边矿井进行走访调查和地表踏勘，二是通过联系周边矿井技术负责人获取原始实测图纸资料，三是通过申请县应急管理局和县自然资源和规划局调阅周边矿井相关地质原始资料。矿井在取得周边矿井一手原始资料后，并将原始资料绘制成图，并反映在矿井充水性图上，通过对比分析与矿井水害隐蔽致灾因素的影响情况，采取相应措施，消除老空水害威胁。

我矿根据地面踏勘成果，对于地表较明显凹陷坑进行了治理工作。在进矿公路分水岭往矿区下坡路段大拐弯处附近地表有 1 处凹陷坑，直径约 6m，该凹陷坑坐标投影正在井

下最大涌水点+1410m 总回风大巷涌水点附近。我矿安排施工队对该凹陷坑及周围区域进行了混凝土底板浇筑，并修建挡墙和引水导渠，后井下+1410m 总回风大巷涌水点涌水量比以前减小，经过几年汛期的观测验证及考验，该涌水点只要日常加强观测，通过排、疏措施，及时引流，并严格执行暴雨天气停产撤人制度，对矿井人员安全威胁不大。



图 5 凹陷坑治理现场图片

五、强化防治水日常管理

一是加强日常地面天气观测和井下涌水量观测工作。安排专人每天进行天气观测，矿内设置温湿度计、风向标等仪器，并与建始县气象局龙坪乡气象水文监测站联系调阅当日气象数据，将最高气温、最低气温、平均气温、天气状况、降雨量、风向风力、环境湿度及气压等参数进行记录归档，于每月底进行统计分析汇总至矿井涌水量 16 种基础台账。安排专人对井下涌水点进行每月不少于 3 次的定期观测，在

雨季期间遇暴雨等天气时进行专门观测。将地面天气观测数据与井下涌水量观测数据进行汇总、分析对比发现，井下涌水量与地表降水量成正比关系，且相当明显，矿地测部门根据观测数据绘制了矿井涌水量相关因素动态曲线图，用于指导井下防治水工作，目前，矿井井下涌水量均可防可控，未发生过突水情况。

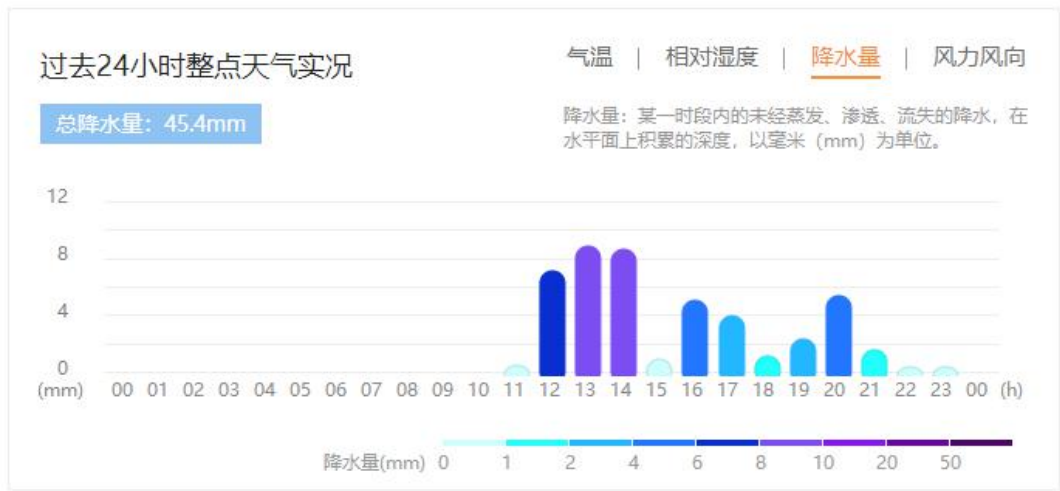


图 6 降雨天分时段降水量实况记录

二是建立雨季灾害天气预警联动机制。我矿与上级部门和周边矿井建立了应急联动机制，2022 年 6 月 26 日接到国家矿山安全监察局湖北局、建始县应急管理局和龙坪乡安办暴雨 IV 级应急响应预警一次，6 月 27 日开展了一次雨季“三防”应急响应期间巡查，并进行了一次暴雨灾害天气停产撤人行动，通过实际检验，矿井应急联动机制运转畅通，井下撤人迅速，应急响应及时，切实保障了矿工生命安全。



图7 开展雨季“三防”应急演练活动

三是认真开展防治水日常工作。根据《煤矿防治水细则》要求，每年初由技术、地测、安全等部门编制了矿井防治水中长期规划及年度计划、矿井防治水“一矿一策、一面一策”、年度水情水害预测预报及水害分析预报表、采掘工作面探放水设计、老空水分析报告等资料；定期修订了矿井充水性图、矿井涌水量与相关因素动态曲线图、矿井综合水文地质图及剖面图、矿井综合水文地质柱状图、排水系统图等防治水图件；进入雨季前，机电、地测部门开展了矿井主排水泵与Ⅱ采区排水泵联合排水试验，生产、技术、通风、安全等部门开展了雨季“三防”与井下水灾避灾联合应急演练；进入雨季，每当遇中到大雨及以上天气即开展雨季“三防”巡查；每季度矿井开展了一次水害隐患大排查，并按“五落实”要求认真组织整改；每年度组织防治水作业人员开展了防治水专项培训工作。通过日常工作开展，矿井防治水工作稳步推进。



图 8 开展应急演练专项培训

我矿坚持在实践中不断探索，总结提出了“五必须”和“三查三对口”的防治水措施。“五必须”，即必须完善防治水管理机构，严格执行“三专两探一撤”规定，必须落实防治水“三区”管理，必须严格执行“物探先行、钻探验证”，必须加强雨季“三防”工作、做好应急物资储备和应急演练，必须建立灾害天气预警机制、坚持暴雨天气停产撤人制度。

“三查三对口”，即查物探报告、钻探台账、人员定位系统记录，做到物探成果、钻探验证成果和人员定位记录三对口。下一步，我们将不断完善水害隐蔽致灾因素普查治理工作，积极引进先进的隐蔽致灾因素探查技术与设备，确保灾害治理到位，不断提升我矿安全水平。

查全 探清 放净 提能 管好 物探钻探结合 井下地面双管齐下

湖南省煤业集团大岭矿业有限公司大岭煤矿

大岭煤矿位于湖南省耒阳市三都乡境内，设计生产能力 30 万吨/年，核定生产能力 21 万吨/年，矿井水文地质类型复杂。

近两年来，大岭煤矿从地面到井下、从区域到局部、从横向到纵向采取了堵、疏、排、截、探、放等综合防治水措施进行了全面的治理，井下涌水量大幅减少，井下可疑积水区全面掌握。主要做法如下：

一、查全，做到心中有数

矿井积水是看不见、摸不着的，必须要查明白，为采掘部署指明方向。大岭煤矿主动聘请湖南省煤田地质局第一勘探队专门针对大岭煤矿水害对矿井地表及周边老窑进行了地勘，地面物探共完成 EH-4 测线 15 条，物探测线总长 10400m，测量点 431 个，编制了大岭煤矿水害隐蔽致灾因素普查报告。2021 年 11 月，大岭煤矿又聘请湖南省瓦斯治理和利用工程研究中心有限公司对大岭煤矿隐蔽致灾因素全面普查，并编制大岭煤矿重大灾害治理规划，在之前的基础上新增投入 26 万元进行补充物探工作，总共布置了 8 条测线（其中：B 区 3 条；C 区 5 条），测线合计 6200m，测量点 256 个。查清了：在矿井范围内及周围共有 38 个生产小

煤窑，老窑积水及周边关闭煤矿对大岭煤矿产生水害危害较大，是大岭煤矿水害致灾的主要原因之一。地面老窑、封闭不良钻孔会成为矿井水害隐蔽致灾因素之一。断层、裂隙和褶曲仍需作为本矿水害隐蔽致灾因素之一。

二、探清，做到心中有底

存在积水可疑区，必须要探清楚，为采掘工程扫除“雷区”。一是防治水人员、探放水设备配齐配强。大岭煤矿配备了防治水副矿长、防治水副总工程师、防治水技术员，组建了专业的探放水队伍。购置了煤矿专用全液压探防水钻机 ZDY-750 型 2 台、ZDY1300LS 履带式全液压钻机 1 台、气动架柱式钻机 ZQJC580 型 1 台和气动架柱式钻机 ZQJC1400 型 1 台、YCS2000A 瞬变电磁物探仪一台。二是实行物探先行、钻探验证，有疑必探。所有工作面均进行了物探，半煤巷、煤巷均进行了钻探验证，专人验孔监督，并根据钻探成果下发允掘通知，跟踪工作面掘进进度，严禁超允掘距掘进。

三、放净，做到心中有秤

存在积水区，必须要放干净，为采掘工程消除隐患。一是放净临近旭泰永兴大岭煤矿积水。大岭煤矿组织人员在矿井东翼边界下山安装了 2 台 200D、1 台 240D 的潜水泵打追水，井下积水位已与本矿井东翼-84m 区段标高基本持平，解除了目前对大岭煤矿的安全生产威胁。但下部积水对矿井东翼边界开采还存在威胁，大岭煤矿制定了东翼排水系统优化方案，在-130m 东大巷布置专门的疏水巷石门，彻底解决临近旭泰煤矿水患威胁，现正在施工当中。二是治理地表水。

对周边的 10 余个老窑口及西风井、北风井地表水沟疏通和夯填，对阻塞的水沟进行了疏排，部分进行了埋涵管，共回填堵渗漏区土方约 30 多万立方，疏挖水沟 5000 多米，通过观测地表涌水减少了 50%。

四、提能，做到胸有成竹

大岭煤矿正常涌水量 $266\text{m}^3/\text{h}$ ，最大涌水量为 $376\text{m}^3/\text{h}$ 。**一是**增强排水能力。在原有的基础上新增 1 台 $280\text{m}^3/\text{h}$ 的多级水泵、一台 $280\text{m}^3/\text{h}$ 的应急潜水泵和一个水泵房，并铺设专门管路直排地面，整个矿井三个水泵房共有 13 台水泵，排水能力高达 $3750\text{m}^3/\text{h}$ 。**二是**增加水仓容量。2023 年对 -130m 区段水泵房进行了扩容，新增二水平排水系统。目前整个矿井水仓容量高达 4260m^3 。**三是**提高供电系统稳定性。大岭煤矿原供电方式仅 35KV 樟大线单回路供电，无备供。我们与永兴县、耒阳市多方协调以最快的速度恢复了盐大线供电，实现地面双回路供电，另外，我们重新铺设 5 趟高、低压电缆共计 6000 余米，实现了井下各个排水点双回路供电。**四是**实现实时监测。建立安装了水文动态监测系统，直通调度室。在矿井各水平东、西大巷共 10 个重要位置安装监测点实时掌握井下水文动态情况。

五、管好，做到可靠长效

防治水过程，必须要管好，确保闭环运行。**一是**建立健全了防治水管理制度，坚持“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”的原则，认真落实“三专两探一撤”的防治水措施。编制了防治水五年规划和年度防治水计划，公司每

季度召开防治水专题会议，每月组织一次防治水专项检查。

二是分区管理。对全井田进行分区管理论证，在采掘工程平面图、充水性图上规范划分好“三区四线”，分为“可采区”、“缓采区”、“禁采区”。将大岭煤矿 1、5、6₁ 煤及除向 4 轴以西至 F14 断层下延至矿井边界区域-36m 标高以下 6₂、6₃ 煤以外划为可采区。将大岭煤矿向 4 轴以西至 F14 断层下延至矿井边界区域-36m 标高以下 6₂、6₃ 煤暂时划为缓采区；矿井东翼边界，采取探放水措施对该水体进行消除前，暂时划为缓采区。矿井准采范围内封闭不良钻孔为中心，钻孔周边从隔水煤柱 50m 向封闭不良钻孔边界线外推 35m 为半径范围的区域划分为缓采区。矿井范围内+150m 标高以上老窑较多，开采比较杂乱，附着开采推进，部分过水巷道或采空区可能引起堵塞形成积水，故+150m 标高以上范围划分为禁采区。

大岭矿业公司大岭煤矿将进一步多维研判，压实责任，以严之又严的作风、细之又细的态度、实之又实的举措，脚踏实地、精进作为，将全年工作的“施工图”变为“实景图”，完成各项工作任务。

煤矿防治水工作经验介绍

贵州林东矿业集团红林煤矿

红林煤矿为正常生产矿井，生产能力 90 万 t/a，煤与瓦斯突出矿井，水文地质类型为中等。主要开采 9 号、15 号煤层，均位于龙潭组煤系地层中，其中 9 号煤层与顶板长兴组中等含水层灰岩平均距离为 65m，与底板茅口组强含水层灰岩平均距离 60m，15 号煤层与顶板长兴组中等含水层灰岩平均距离为 124m，与底板茅口组强含水层灰岩平均距离 4m。

一、矿井水文地质

矿区为单斜构造，总体地势东北高西南低。矿区及周边出露的地层从老至新主要为茅口组、龙潭组、长兴组、夜郎组以及第四系松散物等。其中由灰岩组成的茅口组、夜郎组二段（玉龙山段），岩溶发育，含岩溶水，富水性强，确定茅口组地下水最高水位为 1600.08m，确定夜郎组二段（玉龙山段）地下水最高水位为 1751.493m，两层富水性强的层位其富水性均为极不均匀性。由灰岩组成的长兴组，岩溶也较发育，含岩溶裂隙水，富水性中等，确定长兴组地下水最高水位为 1656.99m。龙潭组、玉龙山一、三段主要由砂泥岩组成，含基岩裂隙水和风化裂隙水，富水性弱、为相对隔水层。地表无大的地表水，有些冲沟枯季无水。流量较大的冲沟水为矿区西部边界的冲沟水，由北往南，流出矿区外，属长江流域的乌江水系。

井田内地形起伏较大，地质构造中等，可采煤层均位于地下水位以下，地表地形条件不利于地下水自然排水。区内及相邻地带有多年煤炭开采历史，已形成一定规模的采空区，存在一定规模的积水。15号可采煤层以上的可采煤层主要充水水源来自龙潭组含煤地层裂隙水及上覆长兴组中岩溶水，15号煤层下伏茅口组岩溶水地下水水位高出15号煤底板上百米，为开采15号煤层的主要充水水源。综上，本矿床水文地质类型为以顶、底板进水的裂隙、岩溶充水矿床，水文地质条件中等。

二、水害防治理念及技术研究

矿井前期开采面积较小，开采煤层在相对隔水层中，距离顶底板含水层较远，受水害隐患影响较小，防治水工作基本以被动排放为主，探水工作没有针对性。

现随着矿井开采面积增大，开采深度变大，又有巷道穿过或进入含水层中或者采矿裂隙带导通含水层充水通道情况变多，矿井水害类型变为以顶底板水和采空区积水为主，采取的防治水措施也从单纯被动排放水变为“探、防、堵、疏、排、截、监”相结合的综合防治水措施。在“探”方面，坚持执行“有掘必探”、“物探先行、钻探验证”，大大加强矿井地面水文地质补勘工作力度，对于存在异常影响的区域，使用定向钻机实现远距离定向勘探，除此之外，针对开采15号层风险较大的茅口组强含水灰岩又单独开展了水文补勘以及上煤层开采评价工作；在“防”方面，小窑和井口防水防洪设施全部完善，井下水仓以及存在涌水的工作面全部安

装双回路的排水系统；在“堵”方面，对穿层掘进过含水层的井筒以及计划在茅口灰岩层中掘进的大巷，采用巷道表面喷浆，巷道松动圈帷幕注浆封堵的治理措施；在“疏”方面，对茅口组含水层物探探明的不均匀富水区域进行提前排放静态积水；在“排”方面，对采空区和小窑积水进行疏放排干，预埋管理持续自排补给水；在“截”方面，在底板老巷对着穿层掘穿含水层的待掘巷道前方施工穿层钻孔，对巷道掘进可能揭露的含水层见孔隙水进行拦截排放，以及在采面推采时，出现顶板含水层补给水涌出的，在超前采面的两行位置提前施工采面上方的拦截钻孔水，提前引流以减小对才灭工作面的影响；在“监”方面，矿井安装了地下水动态监测系统，对主要涌水位置的水量、水压、水温、水质进行监测，掌握地下水的来源以及对矿井影响程度的变化情况。

除此之外，矿井建立了智能化排水系统，该系统覆盖矿井 1540 水仓、1435 水仓，可实现水泵房无人值守。

总的来说，红林煤矿水害防治理念不断加强，与相关资质单位合作开展的水文地质方面技术服务工作增多，矿井地质条件区域透明化，矿区内水文地质异常区域基本上全部探明，矿井水害防治采取的措施更加多元化也更加有力，矿井水害抗灾能力显著提高。

三、水害防治成功案例

（一）帷幕注浆堵水

红林煤矿几条斜井从地面开始下山穿层施工至设计位置，穿过地层顺序为第四系松散含水层、强含水层夜郎组二

段（玉龙山段）、相对隔水层夜郎组三段（沙堡湾段）、中等含水层长兴组、相对隔水层龙潭组。在一采区主斜井、二采区运输井、二采区回风井、轨道斜井受含水层涌水影响较大，主要补给的含水层为玉龙山段、长兴组，因该两层与地表较近，又受采掘影响的地裂缝导水影响，在雨季期间井筒淋水严重，巷道底板、巷帮、顶板等出水点较多，其中一采区主斜井、二采区运输井和回风井主要受顶板及巷帮淋水影响，轨道斜井受底板水影响。

针对以上情况，红林煤矿结合实际对一采区主斜井、二采区回风井和运输井进行顶板及巷帮的帷幕注浆堵水，注浆厚度 4m，注浆工程完成后，在雨季期间，一采区主斜井的总涌水从平均 $60\text{m}^3/\text{h}$ 变为平均 $8\text{m}^3/\text{h}$ ，堵水率达到 90%；二采区回风井的总涌水从平均 $35\text{m}^3/\text{h}$ 变为平均 $3\text{m}^3/\text{h}$ ，堵水率达到 91.4%；二采区运输井的总涌水从平均 $45\text{m}^3/\text{h}$ 变为平均 $15\text{m}^3/\text{h}$ ，堵水率 66.7%，其他未实现完全封堵的原因是非全断面帷幕注浆，而是只针对主要受水影响的部位进行注堵，对顶板和巷帮封堵时有少量的底板涌水未有效治理，顶板及巷帮临水得到了有效控制，仅局部点还存在极少量的渗水情况。

而针对轨道斜井受下山穿层掘进期间底板含水层影响的情况，则采取了在巷道底板老巷施工含水层拦截孔以及放水孔的方式减小工作面受到的影响，然后在下方老巷中采用远距离定向钻机沿着巷道掘进中腰线施工钻孔贯通掘进工作面进行提前放水，也可以在巷道掘进期间出现涌水时能通

过定向钻孔自行流出避免巷道下山掘进出水导致淹面，同时即将采用巷道表面喷浆配合深孔超前帷幕注浆的方式超前进行含水层隔绝，超前距离控制在 20m ~ 30m 间，然后随着巷道掘进逐步以循环施工方式不断进行，确保在掘进过程中尽量不揭露含水层充水通道。

（二）底板涌水综合防治

红林煤矿受底板水威胁区域主要为茅口灰岩中掘进的工作面以及 15 号煤层中的采、掘工作面，因茅口组灰岩的富水性为极不均匀性，因此需要采用地质物探、水文物探两种物探手段确定可能富水区域的异常区，根据异常区的空间形态、可能积水量和面积等选择采区疏放或封堵方式进行。在下山掘进过程中底板来水时，可选用大孔径探水钻孔沿待掘巷道前方施工，若出现涌水，则使用矿用管道泵将管路深埋至钻孔中提前进行排水，降低水头，或者在掘进前，循环施工深孔注浆将待掘巷道前方周边进行帷幕注浆封堵。目前红林煤矿未受高压水头的底板水影响，因此采用常规的疏水排放手段进行治理，但该项综合治水工作已经提上计划日程。

（三）建立地下水动态监测系统和智能化排水系统

红林煤矿已经建设并投入使用了地下水动态监测系统和智能化排水系统。其中地下水动态监测系统主要监测受顶板含水层长兴组灰岩补给的 110916 采空区积水量及涌水源的变化情况，监测矿井各水仓的进水量和排水量、水质，该系统自投入使用以来一直正常运行中，可满足矿井涌水变化的动态监测。

红林煤矿在建立智能化矿井时已经建立了矿井智能化排水系统，系统覆盖矿井主要水仓，可实现水位到一定高度后开启水泵自动排水功能，同时可以在地面直接操作矿井主要水仓（1540 水仓、1435 水仓）的排水泵，统计总排水量，通过排水流量核实水泵实际运行效率，为以后的排水设备购置提供依据。

（四）实现矿山地质透明化

通过与科研院校、设计单位、勘查单位合作，在红林煤矿全矿区方位内开展过了电法、瞬变电磁法的物探工作，实现矿区物探全覆盖，水文地质异常区域清晰。在矿井勘探期间以及建井后开展大量的水文地质补勘工作，增加了 5 个地质钻孔，地质钻孔覆盖率高，对于特殊点的地质情况有了更清晰认识。在矿井一、二采区开展了三维地震勘探工作，探明矿井地质赋存情况。

预计在本年度开始对三、四、五采区继续开展三维地震勘探工作，探明 5m 以上的所有地质构造，结合前期开展的多次物探工作综合分析，真正实现矿山地质透明化。

四、今后防治水工程技术研究方向

（一）分区对矿井地质构造进行全面探测，继续选用三维地震勘探方式探明矿区地质构造，再结合前期矿井地面电法、瞬变电磁法物探成果以及地质钻孔揭露的水文地质情况综合分析，针对异常区采取不同治理方式。

（二）继续深入对远距离定向钻孔探放异常水体的研究并实施应用。

（三）继续推广应用穿层掘进井筒帷幕注浆封堵技术。

（四）试行在水头标高以上对异常水体进行定向钻孔施工，再安装使用管道泵提前进行水体抽排治理。

（五）对于含水层积水异常区面积大、积水量多、水头值过大等区域，无法满足疏放作业的，考虑采用含水层改造方式，将水体隔绝在生产区之外。