

小庄矿业重大灾害防治主要做法

一、矿井概况

小庄矿地处陕西省咸阳市彬州市义门镇。设计生产能力 600 万吨/年。矿井采用立井单水平开拓，水平标高+480m，主采 4 煤层，平均厚度 18m，属高瓦斯矿井，I 类易自燃煤层，煤尘具有爆炸性，水文地质类型为“复杂”，4 煤层及其顶、底板具有弱冲击倾向性，4 煤层具有中等冲击危险。

矿井采用综采放顶煤开采工艺，全部垮落法管理顶板。采用中央分列式通风方式，机械抽出式通风方法，布置 4 条井筒，其中主立井、副立井、白家宫进风立井进风，白家宫回风立井回风。井下布置 5 条大巷，中央进风、辅运、胶带大巷进风，中央 1 号、2 号回风大巷回风。主运输采用带式输送机运输，辅助运输使用无轨胶轮车。

全井田划分为五个盘区，生产布局按照“一井两区、一区一面、区内后退、交替开采”进行组织。目前，主要在二、三盘区进行采掘活动，开拓大巷已掘进至三盘区北侧井田边界，通风、排水、供电、通讯等生产系统均按规定建设完成。

目前，井下共布置 1 个回采工作面，4 个掘进工作面。回采工作面为 40302 工作面，位于三盘区东翼，可采长度 1544m，掘

进工作面为 40307 运顺、40307 回顺、区域集中泄水巷和东部进风大巷。

二、瓦斯防治

（一）“13456”瓦斯防治技术体系

矿井采用“抽采为主，风排为辅，监测监控与人工巡检相结合”的瓦斯治理方式，统筹做好瓦斯超前治理与区域治理工作，大力推进瓦斯超前治理工程。通过采用区域预抽、采前预抽、上隅角埋管、高位长钻孔等抽采方法，建立规划区超前预抽、准备区区域预抽、采前分级抽采、采中联合抽采的瓦斯综合治理模式，形成了“13456”瓦斯防治技术体系，即

“1”——形成一套技术路线：矿井抽采专项设计→年度抽采工艺方案设计→工作面抽采达标施工组织设计→分单元抽采设计→抽采达标评判→抽采效果验证。

“3”——提升三项保障措施：地质保障措施、施工组织保障措施、工程验收保障措施（打钻过程可视化、钻孔轨迹可视化、抽采效果可视化）。

“4”——建立四种抽采模式：规划区超前预抽、准备区区域预抽、采前分级抽采、采中联合抽采。

“5”——应用五个技术途径：长距离定向钻孔区域预抽技术、本煤层网格化采前预抽技术、“2-111”瓦斯高效抽采技术、高位定向钻孔“以孔代巷”技术、上隅角“迈步式”埋管抽采。

“6”——加强六项抽采基础管理：抽采系统保障管理、抽采

作业标准化管理、抽采全生命周期管理、抽采数据库管理、抽采效果动态评价管理、前中后承接验证技术闭环管理。

目前矿井瓦斯涌出量 $20.93\text{m}^3/\text{min}$ ，风排瓦斯量 $7.68\text{m}^3/\text{min}$ ，瓦斯抽采量 $13.25\text{m}^3/\text{min}$ ，矿井瓦斯抽采率达 60% 以上，连年实现瓦斯“零超限”目标。

（二）瓦斯防治工作亮点和主要做法

1. “分区、分段、分级”优化抽采设计

（1）规划区超前预抽

采取定向长钻孔结合超高压水力压裂技术，利用盘区巷道对规划区进行超前抽采，突破掘进进度对预抽工程的限制。在施工的盘区底板集中泄水巷内沿工作面走向分别向两侧布置穿层定向钻孔对二、三盘区西翼 40305/40303/40301/40209/40207 工作面进行超前抽采，使煤层由高瓦斯区降为低瓦斯区，降低后期工作面内抽采钻孔施工量，缓解工作面接续紧张问题，同时回采期间可进行工作面卸压拦截抽采。

（2）准备区区域预抽

在工作面顺槽（辅助措施巷、泄水巷）内采用大功率钻机施工倾向预抽钻孔，使用定向钻机施工走向长距离定向钻孔，提高钻孔抽采浓度、延长服务时间，提前对 3~8 年准备区工作面进行抽采，实现局部超前治理。目前已累计在 40205 泄水巷、40307 辅助措施巷分别向 40207/40209 工作面、40305/40303 工作面施工区域预抽钻孔进尺 23.16 万 m，累计抽采瓦斯量 576.94 万 m^3 ，

实现瓦斯治理从局部向区域的全面过渡。

(3) 采前分级抽采

按照“一矿一策、一面一策、一段一策”要求，根据煤层走向、煤厚、瓦斯含量情况，实施“一单元一设计，一单元一措施”精准抽采，根据煤层瓦斯原始含量划分单元（一级： $W > 4\text{m}^3/\text{t}$ ，二级： $3\text{m}^3/\text{t} < W \leq 4\text{m}^3/\text{t}$ ，三级： $2\text{m}^3/\text{t} < W \leq 3\text{m}^3/\text{t}$ ，四级： $W \leq 2\text{m}^3/\text{t}$ ），分别按照间距 1.5m、2.5m、3m 沿工作面倾向布置采前预抽钻孔，形成不同含量煤层对应不同的钻孔布置，实现分级精准抽采。同时增加水力压裂、水力割缝、液态二氧化碳驱替等至少 2 种增透措施，利用高压水射流割缝卸压和液态 CO_2 气相驱替原理及工艺，在单孔内开展 2 种技术作业（水力割缝+液态二氧化碳驱替），实现 1 次割缝卸压、1 次气相脱附驱替及 1 次导向扩冲驱气的瓦斯高效抽采新模式。通过实践，新工艺钻孔抽采效率可达到普通钻孔的 2~4 倍。

同时沿工作面走向布置长距离定向钻孔，辅以“2-111”、水力压裂等增透技术，以“分段扩张裂隙+整体沟通网络”为技术思路，使煤、岩层内产生裂缝形成新的裂隙，进而达到煤层增透、提高瓦斯抽采效率的作用，进一步增加瓦斯抽采量，降低煤层瓦斯残余量，实现本煤层不同层位全覆盖、全面达标，瓦斯精准治理“零盲区”。目前已在 40307 工作面南玉子向斜轴部瓦斯富集区施工走向定向钻孔 4 个，进尺 2114m，抽采浓度保持在 30%以上，实现瓦斯富集区“靶向、精准、高效”抽采。

(4) 采中联合抽采

工作面回采期间采用上隅角迈步式埋管抽采、大直径高位岩石钻孔卸压抽采以及工作面超前段采前预抽钻孔卸压拦截抽采，确保工作面安全回采。

在取消高抽巷的背景下，利用大功率定向钻机在煤层顶板15-30m范围内施工大直径、长距离高位岩石裂隙定向钻孔，根据采场瓦斯涌出情况布置6~10个高位钻孔，孔径 $\Phi 193\text{mm}$ ，孔深400~600m，内错回风顺槽覆盖工作面宽1/3区域，相邻两组钻孔水平段压茬不低于50m，用于取代高抽巷抽采，确保无高抽巷抽采条件下采煤工作面瓦斯治理效果，回采期间高位钻场抽采量占比工作面涌出量60%以上。

2. “三条主线”严控抽采工程

(1) 钻孔施工质量线

a. 打钻过程可视化。矿井引进了打钻监控系统，实现打钻现场过程验收，视频纠违，坚持“一钻孔一工程”“一钻孔一视频”，保证钻孔施工质量。

b. 钻孔轨迹可视化。利用随钻轨迹仪、钻孔测井分析仪，分析钻孔的空间轨迹和深度，掌握钻孔轨迹变化规律，有效指导钻孔工程管理，杜绝抽采盲区。

(2) 抽采过程管控线

a. 抽采生命周期管理。抽采钻孔工程进行过程管控，抽采钻孔施工进行标准化流程管理，对钻孔施工全过程进行实时监

控，进行抽采生命周期管理，实现钻孔自设计、开孔、封孔、连孔、测孔、拆孔等全过程的质量监督，保证抽采钻孔施工质量。

b. 系统运行透明化。引进瓦斯抽采效果智能分元评价系统，实现分单元瓦斯基础参数、瓦斯储量、抽采累积量、抽采达标量等精准计量，同时根据抽采达标情况合理调配抽采流量、抽采负压、抽采管径，实现对各单元的抽采效果动态评价、动态达标。

(3) 抽采效果验证线

a. 进行抽采数据库管理，精确掌握每一个区域、每一个工作面、每一个单元煤层瓦斯赋存情况，对抽采效果进行验证。

b. 加强前、中、后承接验证技术闭环管理，分析对比不同钻孔增透效果，确定最佳组合方式。通过采前预抽设计、采中动态评价、采后总结验证，形成“设计—施工—验证—设计”技术闭环管理。

c. 进行抽采效果动态预评价管理，建立瓦斯抽采智慧化分元评价系统，对瓦斯泵站及各工作面、各单元进行精确计量，实现工作面及评价单元抽采效果动态评价。

2022年以来，矿井为进一步深化瓦斯治理，以瓦斯抽采提质增效、瓦斯利用、节能减排为目标，建立“双提升”工作方案，以《矿井瓦斯抽采战略规划》为指导，以《双提升技术研究方案》和《双提升现场实施方案》为抓手，形成矿井瓦斯抽采浓度、抽采效率双提升“1+2”工作体系，实现抽采浓度、抽采纯量双提升管理目标，为矿井实现瓦斯综合治理利用提供气源保障。

矿井以 40307 工作面 2 号瓦斯抽采系统为“双提升”工作试点，2 月份开展至今，40307 运顺采前预抽瓦斯浓度由 1.2% 最高上升至 8.0%，并稳定在 6.5% 以上；2 号瓦斯抽采系统整体抽采浓度自 2% 最高上升至 5.0%，并稳定在 4.5% 以上。

三、冲击地压防治

（一）冲击倾向性鉴定及危险性评价

1. 根据煤炭科学技术研究院有限公司 2015 年 12 月编制的《小庄矿 4 煤及其顶底板岩层冲击倾向性鉴定报告》、2019 年 4 月编制的《小庄煤矿 4 煤冲击危险性评价报告》及中国矿业大学 2021 年 4 月编制的《小庄煤矿 4 煤煤岩冲击倾向性鉴定报告》，矿井 4 煤层及其顶、底板具有弱冲击倾向性，4 煤层具有中等冲击危险。

2. 根据煤炭科学技术研究院有限公司对矿井盘区及工作面冲击危险性评价，二、三盘区及 40205、40302、40307 工作面均具有中等冲击危险。

3. 天地科技股份有限公司对布置在煤层中的永久硐室进行了安全性论证，论证结果为 18 个硐室均满足安全要求，可继续使用，采用微震和应力监测系统加强对硐室使用期间的监测。

（二）冲击地压防治体系建设及工作亮点

矿井始终坚持“区域先行、局部跟进、分区管理、分类防治”的防冲原则，围绕以实现“零冲击”为目标的“12350”冲击地压防治工作思路，经过不断的实践探索，逐步构建了地面与井下、

区域与局部相结合的“井上下”立体防冲体系，提升矿井精准防灾减灾治灾能力。

1. “12350”冲击地压防治工作思路

“1”——构筑一项防冲安全红线体系。

“2”——认真落实《彬长矿业煤矿冲击地压防治技术标准》和《彬长矿业煤矿地面L型水平井分段压裂防治煤矿冲击地压技术操作标准》两项企业标准。

“3”——严格遵守《煤矿安全规程》《防治煤矿冲击地压细则》和《陕西省煤矿冲击地压防治规定》三项法则。

“5”——坚定“协同治灾、专家治灾、技术治灾、超前治灾、管理治灾”五个治灾理念。

“0”——实现冲击地压“零”冲击目标。

2. “井-地”立体式联合监测预警体系

矿井建立了分源权重监测预警平台，其中，区域监测采用 ARAMIS M/E 微震监测系统（32 通道），局部监测采用 ARES-5/E 地音监测系统（32 通道）和 KJ649 应力在线监测系统，对井下采掘工作面进行实时监测监控。为进一步提高微震监测的垂直方向的微震事件定位精度，矿井采用 ARP2018 P/E 型地面微震监测系统，布置 3 个地面监测台站，与 ARAMIS M/E 微震监测系统构成监测台网，实现“井-地”联合监测监控体系，对矿井冲击危险区域进行全方位的监测、预警。

3. “井上下”立体防治体系

矿井构建了地面与井下、区域与局部相结合的“井上下”立体防治体系。区域治理方法包括地面 L 型水平井及井下水平超长孔中高位顶板分段压裂，局部分源防治方法包括井下低位顶板爆破预裂、“钻-切-压”切顶、煤层爆破和大直径钻孔等卸压措施。

自矿井开展冲击地压防治工作以来，累计施工各类防冲钻孔近 100 万米，率先在陕西煤炭系统应用高压水力压裂技术防治冲击地压灾害，并顺利完成地面水平井分段压裂、井下超长水平孔定向水力压裂工程实践和高压水射流割缝压裂工业性试验，取得了理想的防冲效果。

(1) 地面 L 型水平井分段压裂防冲技术

矿井采用地面 L 型水平井分段压裂技术，实现对工作面煤层顶板 50-70m 分布的约 28.5m 的粗砂岩和细砂岩复合层进行高位水力压裂，充分对煤层上方上覆岩层进行弱化改性。

目前，在 40302 工作面部署水平井 2 口 (XZ-01L 水平井和 XZ-02L 水平井)，井口在工作面对应中间位置部署，分别向切眼和停采线施工，水平井按照总体三开井身结构，依次完成一开、二开、三开钻井工程，并进行分段压裂。XZ-02L 水平井完钻井深 1615m，压裂 15 段，XZ-01L 水平井完钻井深 1680m，设计压裂 17 段，目前已压裂 16 段，全程采用高粘液体压裂液施工，施工排量为 10-16m³/min，施工压力约为 20-30MPa。压裂期间，地面微震监测布置检波器 53 个，井下压裂区域微震监测系统布置 4 个拾震器、2 个微震探头，地音监测系统布置地音探头 4 个，两顺槽

各布置 2 个，并随压裂段进行挪移。通过对两井压裂裂缝实时监测，两翼裂缝分布均衡，缝络高度、宽度均有一定的扩展，事件点分布密集，平均全缝长 320.7m、带宽 47.5m、缝高 45.8m，裂缝形态参数达到预期结果，实现了工作面及煤柱区域上覆坚硬复合顶板区域弱化治理，降低工作面回采期间冲击风险。

(2) 井下超长孔顶板定向水力压裂防冲技术

矿井采用超长孔顶板定向水力压裂技术对井下回采工作面及大巷上覆岩层顶板进行充分弱化处理，选取工作面顶板上方关键层位，通过高位顶板和低位顶板压裂相结合的方式，在工作面回采前对巷道上方顶板岩层进行高压水力压裂，有效促进煤层顶板岩体内部裂隙发育，促使顶板岩层内部松动，改变上覆岩层内部应力分布结构，降低巷道掘进过程中顶板岩层及煤体的冲击势能。

目前，已在 40205 工作面外段和中央大巷对顶板进行弱化，40205 工作面外段共施工 6 个顶板定向水力压裂孔，总进尺 2475m，压裂 48 段；中央大巷区域设计超长顶板定向水力压裂孔 6 个，总进尺 3000m，压裂 85 段。通过对压裂前后监测数据进行分析，40205 工作面进入压裂区域后，回采期间 10^3J 能级的微震事件占比明显下降， 10^2J 能级的微震事件占比明显升高，单个微震事件平均能量明显下降，取得了一定的防冲效果。

(3) 顶板“钻-切-压”精准防冲技术

顶板“钻切压”精准防冲技术采用磨砂水射流切顶压裂工艺，

主要包含钻孔-切缝-压裂 3 个环节。矿井在 40309 工作面胶带顺槽开展顶板“钻-切-压”工程实践，施工完成 10 组，共计 20 个孔，总进尺 800m，采用分段割缝、分段压裂的方式，使坚硬顶板内形成以轴向裂缝为主的裂缝网，以便于坚硬顶板的及时垮落。

通过压裂前后的震动波 CT 反演分析得出，压裂后，压裂区域微震事件明显减少，巷道应力集中程度降低，压裂区域冲击危险性显著降低。

4. 打造防冲工程“一张图”动态透明达标管理

为直观有效的查看矿井各项防冲措施落实情况，绘制了冲击地压防治工程“一张图”，明确各类卸压钻孔的参数，标明施工时间、位置等，对工作面推采进度、钻孔施工情况以及各项冲击地压防治重点工作进行实时更新，确保卸压工程施工透明化，进一步加强了卸压工程施工管理，也为监测数据分析提供了依据。

5. 强化技术革新、成果转化和产学研相结合，与科研院校开展全方位合作

在冲击地压灾害治理上，矿井与中煤科工开采研究院有限公司、中国矿业大学、西安科技大学等多家科研院校进行合作，在理论研究、现场指导、设计优化、技术创新、装备升级等多方面进行探索研究，攻克了多项技术性难题。

通过与科研院校开展全方位的合作，构建了管理体系、规划体系、评价体系、监测体系、防治设计体系、效果检验体系相结合的“六位一体”冲击地压防治技术体系，形成防冲长效机制，

为突破开采技术瓶颈，实现矿井长远、可持续发展奠定基础。

四、水害防治

矿井水文地质类型为“复杂”，主要涌水来源为顶板洛河组砂岩含水层水和自身采空区积水，主要导水通道为导水裂隙带，目前矿井涌水量 1450m³/h。

（一）水害防治工作理念

矿井坚持“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”的防治水原则，综合利用各种探查手段，超前查清采掘区域水文地质条件，扎实开展采掘前探放水工程，加强防排水系统能力建设，坚持“清污分排”思路，充分发挥泄水巷排水优势和水文监测系统预警功能，做到水害“零影响”。

（二）建立井上下立体动态监测系统

一是建成 KJ628 水文监测预警系统，地面布置 6 个洛河组水文长观孔，井下主要排水点布置 13 套管道流量计，采空区布置 2 套水压传感器，可实现洛河组含水层水位、井下各区域涌水量、采空区水压实时监测。二是建成随采多元智能物探系统，在 40302 工作面井上下布置微震监测装置、在两顺槽布置视电阻率监测装置，实现工作面回采过程中导水裂隙带发育高度、上覆盖（隔）水层视电阻率变化动态监测。

五、火灾防治

根据 2022 年 3 月中国矿业大学出具的《小庄矿煤自燃倾向性鉴定报告》和《小庄矿煤尘爆炸性鉴定报告》，矿井 4 煤层为

I类易自燃煤层，煤尘具有爆炸性。

矿井采用持续性注氮、不间断汽雾阻化、上下隅角封堵、光纤测温、束管监测及人工检测等相结合的综合防灭火措施，根据自然发火预警等级，进行阶段预防性黄泥灌浆，特殊时期采取注凝胶、灌注液态二氧化碳等专项防灭火技术措施，形成了“常规预防、预警管控、精准施策”的综合防灭火三级响应体系，建立了矿井《自然发火“六级”精准防控及预警处置体系》，充分发挥自然发火综合在线监测系统预警处置功能，连年实现“零发火”目标。

六、智慧矿山建设

（一）统筹规划，有序推进，智能化建设稳步提升

小庄矿实现了煤炭开采智能化、现场作业自动化、固定设施无人化、运营管理信息化的目标。目前，正由智能化开采向生产全智能化、4G向5G迭代的转变，取得了良好成效。构建了“1+2”智能化运行模式。即，1个终端-智能化开采终端，2大平台-智能化集中控制平台、智能化数据共享平台。两个平台共同服务于一个终端。

1. 智能化开采终端。由40302智能化综放工作面支架、煤机、前后溜、转载机、顺槽皮带等开采设备成套组成。智能化开采终端操作方式可以实现现场手动、井下综采面设备硐室集中操控、地面调度室远程智能一键启动模式。

2. 智能化集中控制平台。由十大生产辅助系统（排水系统、

提升系统、供电系统、运输系统、洗选系统、水处理系统) 等的远程集中控制与人员定位等各类监测监控系统集成。智能化集中控制平台通过辅助系统和监测监控系统的有机配合, 为智能化开采终端功能延伸和补偿有效服务。

3. 智能化数据共享平台。将综合调度、煤质选煤、生产技术、一通三防、地测防治水、机电运输、综合监测、安全管理、防冲管理、数字档案、节能环保等十五个功能模块, 整合为“一张图”, 为智能化开采终端的安全生产业务数据进行了图形一体化集中管理、科学共享与智能分析, 为透明矿山建设搭建了平台和基础。

(二) 科技引领, 创新发展, 智能化开采效果显著

2019 年至今, 矿井共建成 3 个智能化采煤工作面, 顺利完成了国产特厚煤层综采装备智能化无人开采技术研究与应用项目, 在彬长矿区首次实现了地面指挥控制中心和井下监控中心对工作面所有设备的全面自动化控制和“一键”启停功能, 形成了“以工作面自动控制为主、监控中心远程干预为辅”的自动化生产模式, 探索出了一套完整的特厚煤层自动化采煤工艺和流程。引进喷浆机器人、巡检机器人等自动化设备, 建成了供电、排水系统、主运输等 10 个集控系统, 实现了辅助系统的远程集中控制, 达到了“无人值守、有人巡视”的目的。同时, 根据矿井地质条件和煤岩结构等实际情况, 联合沈阳天安科技股份有限公司、西安科技大学、西安煤矿机械有限公司共同研发小庄矿煤巷护盾式掘进机器人, 解决复杂地质条件下的智能掘进, 计划 10 月份投入使用;

引进小断面岩巷 TBM 硬岩掘进机，解决底板集中泄水巷快速掘进问题；与西安煤矿机械有限公司合作，升级改造快掘设备，进一步提高单进进尺，破解接续紧张的难题。

科技引领思路，创新推动发展。我矿实现智能化开采以来，安全生产经营取得了显著效果，管理水平明显提升。

一是安全生产得到保证。通过智能化开采工序的精准控制，设备故障率大幅下降，生产误时率降低 60%以上，避免了人工操作失误，智能化开采后隐患发生率同比下降 43%，“三违”发生率同比下降 58%，工伤发生率同比下降 40%。安全生产水平不断提高。

二是劳动减员成效明显。综采队进一步优化了劳动组织，由原来的“四六作业制”调整为“三八作业制”，减少一个作业班（减人 53 人），综采队在册人员预计控制在 130 人内，每日出勤将控制在 90 人内，为安全限员生产和灾害治理进一步夯实了基础。

三是劳动强度大幅下降。实现智能化开采后，职工脱离了一线现场环境和繁重的体力劳动，坐在地面采煤的梦想已逐步成为了现实，劳动强度不断减轻。

四是经济效益显著提升。仅综采队用工减少 53 人一项，每年就节约了 1200 万元。调整完成后预计每年还能再节约 830 万元，预计人力成本每年可节约共 2030 万元。

五是科技创新成果丰硕。以问题为导向，开展了全员创新，

形成了《电液控换向阀组“手自一体”》等 10 余项创新成果，《远程供回液系统优化改造》等 6 项创新项目已发表了学术论文。

六是职工素质得到提升。实施智能化开采以来综采作业人员、管理人员、监督人员素质均得到了有效提升。通过超前理论培训、模拟实操、现场培训、应急处置和不断总结，使职工增强了理论知识，转变了职工的思维方式；

小庄矿以建成具有彬长特色多元灾害协同治理的国家 II 类高级智能化煤矿为目标，智能引领、科技引领，打造智慧矿区，为矿井安全、高效、绿色发展增添新活力。

七、构建煤矿地质保障系统

（一）建立井上下钻探与物探一体化精细探查体系

1. 地面综合勘探

一是根据矿井采掘接续计划制定中长期补勘规划，定期开展地表地质及水文地质补勘工程，查明矿井各地层厚度、岩性特征、地质构造发育情况、主采煤层赋存特征、瓦斯赋存特征、含（隔）水层水文地质特征等。同时，为进一步查明区域地质及水文地质情况，增大地表补勘孔覆盖面积，将勘探线线距由 750m 调整至 375m，终孔层位由 4 煤层底板以下 30m 调整至 4 煤层底板以下 60m，为矿井冲击地压防治及盘区集中泄水巷设计提供地质基础。**二是**采用三维地震勘探及瞬变电磁勘探技术，查明矿井断层、裂隙等构造发育情况及各含水层富水性，解释勘探区内洛河、宜君组含水层组厚度变化趋势，绘制主要煤层至洛河、宜君组含水层组之

间地层等厚线图；采用瞬变电磁法圈定洛河组、宜君组地层、三维地震解释的各煤层顶板附近的富水异常范围。

2. 井下探查验证及综合防治

一是井下掘进工作面坚持“物探先行、钻探验证”的原则，采用地震勘探、瞬变电磁等物探方法超前探明掘进工作面前方地质构造发育情况及富水性，针对物探解释的异常区设计施工探查孔进行验证，超前治理。二是工作面圈定后采用槽波勘探技术、顶板直流电法勘探技术查明回采工作面内部构造发育情况、顶板上方160m范围内各层段富水异常区分布范围，采用钻探技术对地质异常区和富水异常区进行验证和超前治理。三是常态化开展矿井地层精细探查工作。开拓巷道每400m左右施工一组顶底板取心钻孔；回采巷道每200m左右施工一组顶底板施工1组取心钻孔，对煤层顶板以上100m范围坚硬岩层和煤层底板以下60m范围内坚硬岩层进行精细化探查，为煤层顶板压裂和底板泄水巷设计提供地质依据。四是利用地层结构精细化探查取心成果开展煤层精化解释，通过将厚煤层分层取样进行物理力学性质、瓦斯含量、硫分含量测试，分析其沿垂向分布规律，为合理确定巷道施工层位、开展瓦斯抽采、硫化氢防治工作提供依据。

（二）建立煤矿智能地质保障系统

煤矿智能地质保障系统通过建立以地质、物探、钻探、采掘、测量和瓦斯、冲击地压在线监测等数字化信息为支撑的智能地质数据库，统筹多源多专业数据与实时生产数据，搭建地质信息智

能管理、二三维一体化建模、开采地质条件评价预测、地质灾害预警、工作面精细建模等综合智能研究子系统，实现数据一键更新、成果一键展示、专业数据向数据资产快速转化；实现了二三维一体化联动，高精度三维地质体与属性体、巷道模型快速创建、三维查询、智能更新、交互漫游；建立了开采地质条件综合评价预测模型，实现了地质构造评价预测、顶板突水评价预测、煤与瓦斯危险性预测、冲击地压评价预测、矿井地质类型评价、开采地质条件综合评价；建立了地质灾害监测报警预警的智能响应机制，实现了煤矿水害、冲击地压灾害和煤与瓦斯灾害距离预警和实时预警。

八、多元灾害协同治理

矿井冲击地压、瓦斯、水、火、煤尘、顶板、热害等各种灾害耦合叠加，面临生产经营与多元灾害综合治理等众多亟待解决的问题，特别是在防冲限员条件下，灾害治理人员和生产作业人员很难同时兼顾。因此优化灾害治理方案及施工组织，从时间和空间上错开与正常生产的交叉，最大限度的降低限员影响，显得尤为重要。在各灾害并存条件下，按照多元灾害“协同治理、超前治理”的原则，以地质为先导，以灾害治理为目的，建立多元灾害协同治理会诊机制，统筹兼顾，标本兼治，实现提高回采和掘进效率，降低限员与生产之间的矛盾。

（一）推行“地质探查+压裂卸压+瓦斯抽采”一孔多用

在 40207 措施巷、40307 措施巷内沿煤层走向施工定向钻孔，

一方面可以对准备工作面进行地质探查，另一方面辅以压裂可实现超前卸压，同时可对钻孔覆盖区域进行超前抽采，解决工作面快速掘进需要。

（二）抽采后工作面防冲、卸压效果再评价

开展抽采、卸压钻孔联合“一孔两用”技术研究，辅以割缝增透、水力压裂、深部卸压，对抽采后工作面防冲、卸压效果再评价，将本煤层抽采钻孔和卸压消冲钻孔合二为一。

（三）探索灾害治理综合措施巷

按照大巷开拓、盘区准备、顺槽掘进、工作面回采四个环节，采用灾害治理措施巷、区域瓦斯预抽巷、底板集中治灾巷、地面水平井辅以定向长钻孔、“2-111”、水力压裂等技术解决冲击地压、瓦斯、水害等问题，提升防灾减灾能力，防范化解重大灾害事故风险，减少采煤工作面回采期间作业人员，促进矿井高质量发展。

沿盘区底板施工集中泄水巷用于排水、瓦斯抽采和卸压工作。一是巷道施工完成后用于盘区集中排水，实现清污分离。二是在巷道内沿煤层走向分别向两侧布置定向钻孔对二、三盘区内40305/40303/40301/40209工作面进行地质探查，并进行超前抽采，使煤层由高瓦斯区降为低瓦斯区。三是根据工作面接续情况施工高位岩石定向钻孔解决采场瓦斯涌出问题，形成规划区、准备区、生产区“三区联动”高低位瓦斯联合抽采模式。四是在巷道内施工高位岩石定向压裂钻孔解决区域防冲卸压问题。