

附件 2：“华北型煤田底板隐蔽水害地质体透明化探测与智能防控技术及应用”

一、成果基本情况

成果名称	华北型煤田底板隐蔽水害地质体透明化探测与智能防控技术及应用
主要完成人	李冲、张凯、陆青锋、程彦、罗国平、鹿存金、马爱军、王文峰、王旭、赵延超
主要完成单位	中煤地华盛水文地质勘察有限公司、中国矿业大学、中国煤炭地质总局第三水文地质队、中国煤炭地质总局地球物理勘探研究院、开滦（集团）有限责任公司东欢坨矿业分公司
项目起止时间	2015 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日

二、推荐意见

针对我国华北型煤田深部开采面临的奥陶系灰岩高承压水害重大安全威胁，该项目历经多年产学研协同攻关，取得了系列创新成果：建立了深部矿井隐伏构造突水理论，揭示了隐蔽水害地质体的活化与致灾机理，为深部地质体的透明化探测与精准化治理提供坚实理论支撑；研发了煤矿隐蔽导水通道全空间精细探测关键技术，实现了深部隐蔽水害地质体的多尺度透明化定位；建立了深部水害超前注浆减渗加固治理技术体系，实现了隐蔽水害地质体主动改造与治理；开发了多源数据驱动的地质水害智能防控平台，实现了深部矿井隐蔽水害智能管控。

成果已在河北、河南、山西、山东等省 30 余座大型深部矿井推广应用，累计解放煤炭资源超 5 亿 t，经济效益显著。成果入选国家发改委示范工程、绿色技术推广目录及全国生态环境创新工程百佳案例。该成果有力支撑了国家能源资源安全保障，推动了煤矿防治水行业技术进步。鉴于成果的原创性、先进性和重大应用价值，特推荐河北省地质学会同意推荐该项目申报 2026 年度自然资源科学技术奖一等奖或二等奖。

三、成果简介

我国华北型煤田深部煤炭资源量巨大，但深部开采受奥陶系灰岩高承压复杂水害威胁的煤炭资源量达 950 亿 t。随着矿井开采向深部延伸，隐伏构造等隐蔽致灾因素在采动卸压和高水压耦合作用下极易活化，成为重特大突水事故的导水通道。传统防治水技术在大深度、小尺度、复杂水害趋势下，面临理论认识不足、探测定位不准、治理效果欠佳、实时风险难控等问题，直接导致了安全保障压力大、生产成本高、资源浪费严重。基于此，亟需开展深部矿井隐蔽致灾因素探查、治理及智能防控关键技术研究工作。

项目建立了 1 个理论（深部矿井隐伏构造链式突水理论）、研发了 2 套技术（隐蔽导水通道全空间精细探测技术、水害超前注浆减渗加固治理技术）、搭建了 1 个平台（多源数据驱动的煤矿水害智能防控平台），取得如下创新性成果：

1. 建立了深部矿井隐伏构造链式突水致灾理论体系。揭示了“高地应力-高承压水-强采动耦合作用-构造活化-裂隙扩展-突水通道贯通”的链式致灾机理，构建了 3 种采动活化与突水模型，为潜在受威胁资源的可采性评价提供科学依据。
2. 研发了煤矿隐蔽导水通道全空间精细探测关键技术。构建了覆盖空中、地面、钻孔及钻探的立体探测体系，融合地-空时频电磁、多方法联合反演、井地微观定位与定向钻多元信息判识，形成物探锁定-钻探核实协同模式，显著提升小尺度构造定位，为靶向治理提供可靠地质保障。
3. 构建了深部隐蔽水害地质体超前注浆减渗加固治理技术体系。攻克了深部水害治理技术难题，揭示了水平孔注浆浆液扩散规律与大型导水构造减渗加固机理，构建了深部隐蔽水害地质体地面定向钻孔立体靶向注浆技术，形成稳定的减渗加固隔水屏障，推动深部水害从被动治理向主动防控根本转变。
4. 搭建了多源数据驱动的煤矿水害智能防控平台。融合多源数据建立高精度动态三维地质模型，实现隐蔽水害体与注浆浆液空间展布透明化呈现；搭建全生命周期智能预警平台，推动煤矿防治水从经验驱动向数据驱动、智能决策转型。

以上成果取得了 4 个突破：（1）深部复杂地质条件下隐伏构造突水机理认知瓶颈；（2）大深度、小尺度导水通道精准探测难题；（3）深部水害超前注浆减渗加固技术瓶颈；（4）数据整合-智能预警-精准管控的地质水害智能防控瓶颈。

该项目发表论文 65 篇，授权发明专利 24 项，实用新型专利 28 项，软件著作权 7 件，制定国家标准 1 项、行业标准 5 项、团体标准 3 项，出版专著 3 部。

形成的“华北型煤田底板隐蔽水害地质体透明化探测与智能防控技术及应用”已在河北、河南、山西、山东等省 30 余座大型深部矿井推广应用，累计解放煤炭资源超 5 亿 t；同时，实现了矿井水大幅减排，保护了黑龙洞泉等岩溶水系统，具有显著的经济与生态环境效益。成果入选国家发改委示范工程、绿色技术推广目录及全国生态环境创新工程百佳案例，引领了我国煤矿防治水技术的进步，为提升自然资源治理效能、保

障国家能源资源安全、培育壮大新质生产力提供了源头活水。

四、客观评价

(一) 科技查新结论

中国地质图书馆自然资源部地学科技查新站于 2026 年 9 月对该项目成果“华北型煤田底板隐蔽水害地质体透明化探测与智能防控技术及应用”进行国内外查新，查新结论：在本次检索范围内，除查新课题成果外，国内外均未见与该课题技术特点相同的公开文献报道。

(二) 科技成果鉴定

中科合创（北京）科技成果评价中心于 2026 年 9 月组织以武强院士为主任委员的评审委员会，对科技成果“华北型煤田底板隐蔽水害地质体透明化探测与智能防控技术及应用”进行了评审，评价专家组一致认为，项目经济社会效益显著，具有推广应用价值，整体达到国际先进水平，在煤矿深部隐伏构造探测与防治领域达到国际领先水平。

(三) 政府部门评价

(1) “顾北矿北一与中央 1 煤采区开采底板灰岩水害地面区域探查、治理”入选 2018 年国家发展和改革委员会煤矿安全改造和重大灾害治理示范工程。(2) “深部煤层底板奥灰水保水探查与治理技术”入选 2020 年国家发展和改革委员会绿色技术推广目录。(3) “新集二矿地面超前区域探查治理工程”入选 2021 年全国生态环境创新工程百佳案例。

(四) 验收意见

全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会勘查技术与实验测试分技术委员会对自然资源部计划项目“煤层底板多分支水平孔定向技术规范”的验收意见：“颁布和实施本规范，将在促进我国煤炭行业科技进步方面发挥重要作用”。

河北省科技厅对河北省重点研发项目“矿山复杂水害地面立体靶向封堵技术研究”的验收意见：“该项目研发了立体示踪剂通道探查、水平分支局部帷幕治理、快速注浆治理封堵、定向水平孔投料、定向分支井探查导水通道等关键技术，建立了矿山复杂水害地面立体靶向封堵技术体系，工程实践效果良好，可推广应用”。

五、主要知识产权目录

序号	类型	名 称
1	发明专利	小煤窑开采情况不明地区奥灰突水通道快速确定方法
2	发明专利	一种震电数据多属性融合技术
3	发明专利	一种瞬变电磁数据多属性融合技术
4	发明专利	一种频率域电磁测深方法、系统及电子设备
5	发明专利	一种获取水平层状大地不同方向下的水平电场视电阻率变化趋势的方法及系统
6	发明专利	一种分析煤样自动磨粉装置及制备工艺
7	发明专利	一种基于压力渗流原理及电磁响应特征的陷落柱探查方法
8	行业标准	煤矿床水文地质工程地质勘查规范
9	行业标准	煤层底板分支孔定向技术规范
10	行业标准	煤层底板地面探查与注浆技术规范
11	论文	深部矿井奥灰水害防治技术
12	论文	深部煤层开采高承压奥灰水害防治关键技术
13	论文	小尺度曲率属性在煤田小微构造解释中的应用
14	论文	地震波形分类技术在地质异常体解释中的应用
15	论文	Diffusion Mechanism of Variable-Rate Grouting in Water Prevention and Control of Coal Mine
16	论文	Risk assessment of floor water inrush based on TOPSIS combined weighting model: a case study in a coal mine, China
17	论文	An Investigation of Seepage Reduction and Structural Reinforcement of a Fault-Cut Karst Collapse Column by Grouting
18	论文	Knowledge map analysis of coal mine water disaster prevention and control in China from 2000 to 2023