

# 2022年重庆市科学技术进步奖推荐项目 公示材料

## 一、项目名称

富水岩体致灾特征辨识及预警关键技术

## 二、提名者

姓名：彭苏萍 工作单位：中国矿业大学（北京）

职称：教授、工程院院士 专业：地质工程与地球物理信息

## 三、提名等级

2022年度科技进步奖 一等奖

### 提名意见：

针对西南施工隧道等地下工程面临的突水突泥、软岩大变形灾害超前预警的重大难题，依托国家重大科技专项、国家自然科学基金项目研发形成了富水异常体地质灾变监测预警成套技术。

项目建立了复杂地质条件下富水岩体时效变形破损模型，研发了工程尺度流固耦合岩体灾变全过程模拟分析系统，揭示了突水通道形成演化机制和西南地区典型构造突水灾变特征；研发了瞬变电磁探测仪，实现了全空间富水异常体远距离探测与即时成像；研发了全断面柔性动态在线监测技术装备，建立了基于岩体破裂灾变过程的导水通道识别技术，实现了富水异常体深部与表面结合的精准立体监测；提出了集“探测-监测-计算-决策-预警”多位一体的灾变预警方法，为富水异常体灾变超前预警提供了有效手段，预警准确度大于85%。

项目授权国家发明专利16项、实用新型专利12项、软件著作权13项，发表SCI/EI高水平论文35篇，出版专著1部；参编地方/行业团体标准2项；研究的技术装备列入自然资源部《矿产资源节约和综合利用先进适用技术目录（2022年版）》。项目成果经重庆科技成果转化促进会评价为国际领先水平。

成套技术在泛亚铁路西线-大瑞铁路畹町隧道、国家高速-京昆高速复线华蓥山隧道等重大工程进行了推广应用，为西南地区富水条件下地下工程地质灾变预警提供了新技术手段，产生了良好的社会效益。

推荐该项目为重庆市科技进步奖一等奖。

#### 四、项目简介

我国隧道地质灾害事故主要集中在中西部，其中西南地区富水岩溶分布广泛、高压富水断裂、软岩大变形不良地质问题突出。在施工过程中极易直接揭露岩溶富水构造区或者充水岩溶管网，造成直发型涌突水；而隧道与潜在突水源间存在不良地质时，在高水头压力作用下，破碎带开裂可能形成地下水运移通道，造成间发型涌突水；或者隧道充水、淋水诱发岩体形成膨胀性破坏。西南区隧道涌突水的发生取决于隧道岩溶、富水空间等地质条件在开挖过程中的动态协调程度。实现隧道施工富水地质异常体精准探测与灾害超前预警是事故预防的关键，尤其是间发型涌突水不易被发现，超前识别水源源头、动态获取导水通道分布成为技术关键。由于岩体地质和施工双重条件的复杂性、以及岩体的天然不可透视性，目前对于西南区地质灾害预警相关技术尚不成熟。

本项目在国家重大科技专项、国家自然科学基金等项目的联合支持下，取得的主要科技创新如下：

(1) 建立了复杂地质条件下富水岩体变形破损模型，研发了工程尺度多场耦合岩体灾变全过程模拟分析系统，开发了超亿级自由度的流固耦合高性能并行计算模拟器，揭示了隧道突水通道形成演化机制和西南地区典型构造突水灾变特征。

(2) 提出了全空间三维可视化算法与基于数字罗盘方位角精准测量相结合的瞬变电磁富水异常体探测技术方法，研发了基于大电流恒流高速关断发射技术的瞬变电磁探测仪，实现了全空间富水异常体远距离探测与即时成像，最远探测距离 150m。

(3) 建立了基于微震监测的岩体复杂裂隙网络与导水能力关键指标表征与解译方法，提出了基于瞬变电磁、微震震源信息三维映射等多手段动-静协同的导水通道精细识别技术，研发了全断面柔性动态在线监测技术，实现了富水异常体深部与表面相结合的精准立体监测。

(4) 建立了以指标型、统计型与智能型多指标融合的灾变预警模型，提出了富水岩体灾变，集“探测-监测-计算-决策-预警”多位一体的防控方法，开发了综合监测预警软件平台，为富水异常体灾变超前预警提供了有效手段。

项目授权发明专利 16 项、实用新型专利 12 项，获得软件著作权 13 项；发表论文 58 篇，其中 SCI/EI 论文 35 篇；出版专著 1 部，参编地方/行业团体标准 2 项。

自成果首次应用以来，成套技术先后在重庆、四川、云南等 70 余项隧道工程及市政工程进行了推广应用，取得了良好应用效果，特别是为西南地区富水条件下地下工程地质灾变预警提供了新的技术手段，保障了工程安全高效建设；产生经济效益 10.3 亿元。

### 五、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权类别	知识产权（标准）具体名称	授权/标准号	权利人	授权/发布状态
发明专利	一种煤岩石硬度检测试验装置及试验方法	CN112229745B	中煤科工集团重庆研究院有限公司	已授权
发明专利	全空间瞬变电磁定向探测系统和定位异常体的方法	CN107817530B	中煤科工集团重庆研究院有限公司	已授权
发明专利	一种隧道监测实体风险预警评估模型	CN112907901B	中煤科工集团重庆研究院有限公司	已授权
发明专利	一种干湿循环三轴实验机及其使用方法	CN112834320B	贵州大学	已授权
发明专利	一种预制不同含水饱和度裂隙网络岩体试样的方法	CN110470522B	东北大学	已授权
发明专利	用于隧道断面变形监测的旋转云台及其控制系统	CN113157005B	中煤科工集团重庆研究院有限公司	已授权
发明专利	单路激光测距隧道变形监测系统和方法	CN113044651B	中煤科工集团重庆研究院有限公司	已授权
发明专利	一种开挖应力下预制含裂纹岩体注浆试验系统和使用方法	CN108445193B	东北大学，平安煤炭开采工程技术研究院有限公司	已授权
发明专利	一种基于 TBM 的微震监测线路自动铺设装置及使用方法	CN109713615B	东北大学	已授权
发明专利	一种贯通裂隙岩体注浆浆液扩散试验方法	CN108519308B	东北大学	已授权
团体标准	隧道病害快速调查与评价技术规程	CSPSTC76-2021	中煤科工集团重庆研究院有限公司	已发布

重庆市地方标准	公路瓦斯隧道施工技术规范	DB50/T 962-2019	中煤科工集团重庆研究院有限公司	已发布
---------	--------------	-----------------	-----------------	-----

## 六、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
张志刚	1	副总经理	研究员	中煤科工集团重庆研究院有限公司	中煤科工集团重庆研究院有限公司	总体规划、方案设计
赵瑜	2	院长	教授	贵州大学	贵州大学	提出多场多尺度灾害预警理论模型
胡运兵	3	分院院长	研究员	中煤科工集团重庆研究院有限公司	中煤科工集团重庆研究院有限公司	探测关键技术装备研究
康跃明	4	无	副研究员	中煤科工集团重庆研究院有限公司	中煤科工集团重庆研究院有限公司	监测预警技术研究
牟文强	5	无	讲师	东北大学	东北大学	水害监测预警理论与技术研究
吴燕清	6	无	教授	重庆大学	重庆大学	方案制定、组织实施
刘延保	7	副主任	研究员	中煤科工集团重庆研究院有限公司	中煤科工集团重庆研究院有限公司	监测数据分析及规律研究
陈结	8	副院长	教授	重庆大学	重庆大学	岩体深部灾变规律研究
李铮	9	部长	研究员	重庆市城市建设投资(集团)有限公司	重庆市城市建设投资(集团)有限公司	隧道灾害监测预警平台软件推广应用
袁永榜	10	无	副研究员	中煤科工集团重庆研究院有限公司	中煤科工集团重庆研究院有限公司	瞬变电磁全空间探测技术装备研究
毕靖	11	无	副教授	贵州大学	贵州大学	提出裂隙岩体渗流-应力-损伤耦合模型
李好	12	无	副研究员	中煤科工集团重庆研究院有限公司	中煤科工集团重庆研究院有限公司	现场探测技术研究

王超林	13	无	副教授	贵州大学	贵州大学	确定富水隧道灾害预警阈值计算方法
覃海明	14	无	副研究员	中煤科工集团重庆研究院有限公司	中煤科工集团重庆研究院有限公司	瞬变电磁全空间探测装备研究
肖勇	15	无	高级工程师	中煤科工集团重庆研究院有限公司	中煤科工集团重庆研究院有限公司	监测平台软件开发

注：“主要完成人”摘自“主要完成人情况表”部分内容，公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目的主要贡献。

### 七、主要完成单位情况

排名	完成单位	对本项目科技创新和推广应用情况的贡献
1	中煤科工集团重庆研究院有限公司	负责完成整体方案设计，主持完成现场实验及推广应用
2	贵州大学	协助完成整体方案设计“多场多尺度灾害预警理论模型关键技术研究”；协助完成试验、现场实验及推广应用
3	重庆大学	协助完成整体方案设计“岩体深部灾变规律研究”；协助完成实验室、现场实验及推广应用
4	东北大学	协助完成整体方案设计“岩体破裂灾变过程导水通道识别技术研究”；协助完成实验室、现场实验及推广应用
5	重庆市城市建设投资（集团）有限公司	协助完成“探测-监测-计算-决策-预警”多位一体灾变预警方法工业试验