**一、项目名称：地下空间探测开发与灾害防控关键技术及应用**

**二、完成人：**

李晓昭、王勃、刘江峰、赵鹏、黄俊、周书明、刘四进、王迎超、张巍、王志辉、李福清

**三、完成单位：**

中国矿业大学，南京大学，苏交科集团股份有限公司，北京城建设计发展集团股份有限公司，中国地质科学院，中铁十四局集团大盾构工程有限公司

**四、项目简介：**

地下空间是自然资源和国土空间重要组成部分，中国开启了人类史上空前、影响深远的大开发。然而，由于精细探测、灾害防控与协同开发理论技术制约，地下情况不明、事故灾变不断、资源浪费严重。在国家国际合作专项、国防科技、大型仪器研制、重大科技平台培育、国家基金、国家重要经济区综合调查、欧盟Marie-Curie合作计划、瑞士国家基金、重大工程攻关等项目支持下，项目组经二十年研发，取得一批国际原创学术成果与技术发明：

1）攻克控渗构造内在结构与渗透特性精细探测世界难题，为地下空间精细探查与重大科技设施提供关键技术支撑：揭示多尺度地质结构面成因关系与确定-随机（D-S）分布规律，提出D-S耦合建模与渗透参数反演方法，攻克控渗构造内在结构与渗透参数提取国际难题，算法为国际主流软件采纳，研发仪器为多个科研院所购买，为地下空间调查示范项目、国家高放地下实验室提供关键支撑。

2）揭示地下空间突水突气孕灾模式，攻克致灾构造搜索-判识-精准治理关键技术，成功应用于重大工程灾害防控：提出富水优势断裂WPF与防突岩盘稳定性CR判别原理、岩石与气体突出预测防治新方法；研发控渗致灾构造图论-深度优先搜索算法，发现地下极化波轨迹指示致灾构造方位，研发的震电磁一体化观测系统采集能力比国际提高50%，实现围岩破裂与水气运移灾变动态监控，多次成功预报防治重大灾害。

3）提出地下空间资源评价与协同开发系统动力学原理，攻克紧缺区集约利用与能源地下结构关键技术，示范引领地下空间调查与协同开发：提出基于精细探测与价值测评的变熵权地下空间资源QUSR评价及规划控导方法，揭示地下空间-水-热-材料资源开发相互影响模式并提出协同开发系统动力学原理，解决能源地下结构热力耦合内力计算理论难题，攻克紧缺区地下空间一体化开发与防灾关键技术，成本降低30%，空间利用率提高60%，在江苏等多个省市应用示范。

国内外院士鉴定：总体达国际领先水平。发表论著60余篇/部、标准/工法6项、软著12项，获发明专利20项和日内瓦国际发明金奖，研发算法为国际主流软件采纳、仪器被多科研院所购买，为国家重大科技设施、高风险矿区、川藏铁路、海底隧道等30+重大工程、20+城市地下空间资源调查规划提供支撑，效益超过10亿元，成功预测防治重大灾害，大幅提高资源利用率；多个战略研究报告上报自然资源部、国务院和中央，在中科院前沿论坛、中国浦东干部学院等特邀报告；提出的地下空间协同开发原理入选联合国人居署UTC主题，应用于英、法、德、新、瑞士等，国际地下空间大会、知名大学\机构特邀报告20余次，当选国际地下空间大会EUUS、国际岩石动力学大会RocDyn-4主席，全国学会公开讲座\培训万人次，促进了科技创新、行业进步与国际科技合作。