

附件 2

“多模态地质数据的融合建模与智能服务 关键技术及应用”公示材料

1. 项目名称：多模态地质数据的融合建模与智能服务关键技术及应用

2. 提名奖项和登记：自然资源科学技术奖（科技进步奖）一等奖或二等奖

3. 完成单位：山东省地质测绘院、山东建筑大学、北京大学、成都理工大学、青岛地质工程勘察院（青岛地质勘查开发局）、北京超维创想信息技术有限公司

4. 推荐意见：随着生态文明建设工作的全面深入推进，对地质勘查工作信息化与智能化服务水平提出了更高要求。山东省地质测绘院、山东建筑大学、北京大学等 6 家单位历经 10 余年的产学研联合攻关，形成了如下创新成果：1）提出了面向复杂断层网络的三维地质体精细化建模、全要素实景三维场景建模、以及多尺度地质与地表三维模型融合等系列方法，解决了三维地质与地表对象建模效率低与融合难的问题；2）研发了多模态地质数据的知识图谱表示学习与推理技术，提出了知识图谱引导的地质对象语义建模方法，突破了传统地质数据挖掘方法难以获取和解析地质对象隐含语义的瓶颈；3）构建了地勘业

务智能服务计算模型，提出了地质矢量大数据实时渲染计算方法，研发了多网络/跨平台的智慧地矿综合信息服务平台，显著提升了地勘业务的精准化、高效化与智能化水平。

研究成果在山东省的矿产资源调查评价、地质信息集成与综合利用、生态环境治理修复、救灾应急调查等业务工作得到广泛应用，并推广到云南、宁夏、重庆等省市，社会经济效益显著。

该项成果发表学术论文 73 篇，授权发明专利 14 项，计算机软件著作权 36 项，制订国家标准 1 项，地方标准 1 项，数字山东技术标准 3 项，5 项技术达到国际领先水平。获批省部级、厅局级人才 12 人，对科技进步有重大推动作用。根据自然资源科学技术奖授奖条件，推荐该项目申报 2024 年度自然资源科学技术奖一等奖或二等奖。

5. 成果简介：地质数据具有多模态、多尺度、多维度的典型特征，如何集成、管理、分析这些数据，进而有效支撑地质勘查智能服务，是最大化地质时空大数据价值的关键。传统地质数据服务模式存在三大瓶颈：①数据异构性强导致融合建模困难；②知识发现依赖人工经验制约决策效率；③数据服务模式单一难以满足工程需求。本项目成果面向国家能源安全、防灾减灾与数字中国战略需求，历时 12 年的产学研攻关，形成了多模态地质数据智能融合-知识挖掘-服务应用技术体系，构建了地质数据全生命周期智能服务新模式。

本项目成果建成了山东省地矿局地质大数据中心，包含建局 67 年以来的 13000 余档标准化、数字化地质资料，地质图件 23.3 万余幅，100 万余条结构化字段信息，50 余套三维地质模型。研发了涉及“智慧勘查-智慧管理-智慧服务”的软件系统 30 余套，在全局 8700 余名技术人员中广泛应用。共取得授权发明专利 14 项，软件著作权 36 项，科研论文 73 篇（SCI 检索 25 篇，EI 检索 10 篇），制订国家标准 1 项，地方标准 1 项，数字山东技术标准 3 项。项目成果经业内院士及专家鉴定为“总体达到国际先进水平，其中 5 项关键技术达到国际领先水平”。王家耀院士评价“成果面向海量多模态地质数据综合管理与智能应用的重大需求，突破了三维地质体精密建模、知识图谱深度挖掘、智能服务计算等关键技术，构建了智慧地矿综合信息服务平台，为地质大数据的开发应用提供了技术支撑。成果总体达到国际先进水平，其中复杂断层网自动建模技术、多模态地质数据的知识图谱表示学习与推理技术处于国际领先水平”；龚健雅院士评价“地质大数据轻量化系统与专题应用研究，面向矿山三维修复治理、地灾数据展示、应急救援矿体与采空区等典型应用领域，首次实现了基于轻量级平台的实时在线设计功能，有效提高了预警预报能力和决策的科学性。研究成果整体达到国际先进水平，其中基于 BS 架构的依托地上一体化三维模型进行实时在线规划设计与集成展示，达到国内甚至国际领先水平”。

成果在山东省的矿产资源调查评价、地质信息集成与综合利用、生态环境治理修复、救灾应急调查等业务工作得到广泛应用，并推广到云南、宁夏、重庆等省市，提升了我国地质数据智能化应用水平，推动了行业数字化转型、支撑了国家能源资源安全保障能力建设、为国家重大战略实施提供了重要技术支撑，社会经济效益显著。

6. 客观评价：1) 科技成果评价：本研究成果有 5 项关键技术成果经科技成果评价达到“国际领先”以及“国际先进”水平，主要评价和验收的成果包括：①2025 年 4 月，王家耀院士为组长的专家组对“多模态地质数据的融合建模与智能服务关键技术及应用”进行了科技成果评价，认为该成果总体达到国际先进水平，其中多模态地质数据的知识图谱表示学习与推理技术处于国际领先水平；②2023 年 1 月 15 日，王家耀院士为组长的专家组对“地勘业务全流程智能化关键技术研究与应用”进行了科技成果评价，认为该成果总体达到国际先进水平，其中地表形态精细提取达到国际领先水平；③2022 年 3 月，王家耀院士为组长的专家组对“‘智慧地矿’建设关键技术研究及应用”进行了科技成果评价，认为该成果总体居于国际先进水平，其中复杂断层网自动建模技术达到国际领先水平；④2021 年 3 月，龚健雅院士为组长的专家组对“地质大数据轻量化系统与专题应用研究”进行了科技成果评价，研究成果整体达到国际先进水平，其中基于 BS 架构的依托地上一体化三维模型

进行实时在线规划设计与集成展示，达到国内甚至国际领先水平；⑤2021年2月，刘先林院士为组长的专家组对“基于多源异构数据的参数化三维建模技术在矿山治理设计中的开发与应用”进行科技成果评价，认为研究成果整体达到国际先进水平，其中虚拟矿山改造设计、边坡治理、水土保持、植被绿化等及其可视化达到国内甚至国际领先水平。

2) 科技查新：山东省科学院情报研究所对本项目成果经国际国内范围内查新并给予结论：该查新项目构建复杂三维地质与地表对象建模与融合技术体系，解决了现有建模融合方法效率低、细节粗、融合难的问题；研究顾及深层关联特征的异构地质知识图谱挖掘方法体系，解决了现有挖掘方法无法处理深层次关联关系的问题；研究地质大数据智能服务计算与应用体系，解决了现有服务系统存在数据发布周期长、时效性低、在线处理弱、海量数据处理差等技术难题。国内外未见有与查新项目同样研究内容的文献报道。

7. 主要知识产权和标准规范等目录

知识产权 (标准) 类别	知识产权(标准)具 体名称	国家 (地区)	授权号 (标准编号)	授权(标准发布) 日期	发明专利(标 准)有效状态
标准	地质矿产勘查测量规范	中国	GB/T 18341-2021	2021-05-21	有效
标准	矿床三维地质建模规范	中国	DB 37/T 4309-2021	2021-02-02	有效
发明专利	适用于地质数据和地理信息数据的融合方法、装置及系统	中国	CN113989454B	2022-03-18	有效

发明专利	结合后验概率和空间邻域信息的遥感影像变化检测方法	中国	CN113837074B	2023-08-11	有效
发明专利	基于图像处理的地质灾害监测及预警方法	中国	CN116597389B	2023-09-15	有效
发明专利	地质裂缝表面勘查测量装置	中国	CN116659386B	2023-09-29	有效
发明专利	基于机器学习的地质大数据智能清洗方法	中国	CN116958717B	2023-12-12	有效
发明专利	一种基于大数据分析的地质灾害智能预警系统	中国	CN116663752B	2023-10-10	有效
计算机软件著作权	地质大数据集成综合服务平台V1.0.0.1	中国	软著登字第8091009号	2021-04-13	有效
计算机软件著作权	山东省地矿业务应用系统V1.0.0.1	中国	软著登字第8091009号	2021-09-13	有效

8. 代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	年卷页码	发表时间 (年 月 日)
1	三维复杂断层网建模方法及应用	北京大学学报(自然科学版)	2015 年 1 期 79-85 页	2015-01-07
2	Optimized algorithm for multipoint geostatistical facies modeling based on a deep feedforward neural network	PLOS ONE	2021 年 6 期 16 页	2021-06-22
3	Integrating change magnitude maps of spectrally enhanced multi-features for land cover change detection	International Journal of Remote Sensing	2021 年 11 期 4284-4308 页	2021-01-18

4	Knowledge embedding with geospatial distance restriction for geographic knowledge graph completion	ISPRS International Journal of Geo-Information	2019 年 8 期 254-277 页	2019-05-30
5	Research on landslide hazard spatial prediction models based on deep neural networks: a case study of northwest Sichuan, China	Environmental Earth Sciences	2022 年 81 期 258-276 页	2022-03-26
6	A Service Relation Model for Web-based Land Cover Change Detection	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	2017 年 132 期 20-32 页	2017-08-14
7	地质大数据轻量化集成展示与专题应用	测绘通报	2021 年 11 期 140-144 页	2021-11-25
8	地质大数据支持下的智慧地矿业务支撑平台构建	测绘通报	2022 年 12 期 128-131 页	2020-09-16