

关于拟申报 2023 年度自然资源科学技术奖成果 “深部矿产资源智能预测理论方法创新与找突破”的公示

由湖南省地质调查所作为第七完成单位参与完成的“深部矿产资源智能预测理论方法创新与找突破”成果（第一完成单位：中国地质科学院矿产资源研究所）拟申报 2023 年度自然资源科学技术奖（科技进步奖一等奖），根据《自然资源科学技术奖章程（暂行）》及中国土地学会、中国地质学会等七学会联合自然资源科学技术奖励委员会办公室发《关于开展 2023 年度自然资源科学技术奖推荐工作的通知》（自然奖字〔2024〕2 号）相关要求，现将成果的规定公示内容予以公示。

公示期：2024 年 5 月 20 日—2024 年 5 月 24 日（5 个工作日）。

如对公示的内容持有异议，任何单位、个人均可在公示期内以书面形式向所纪检审计室或所科创中心提出，并提供必要的证明材料。为便于核实查证，确保客观公正处理异议，提出异议的单位或个人应提供有效联系方式。以单位名义提出异议的，须加盖单位公章；个人提出异议的，须签署真实姓名。匿名异议和超出期限的异议不予受理。

联系人：

唐湘晖 89807315 47947183@qq.com（纪检审计室）

向轲 89807305 hnsddskhb@163.com（科创中心）

附：

“深部矿产资源智能预测理论方法创新与找突破”成果基本情况等



附件 2

自然资源科学技术奖推荐书

科技进步奖

(2023 年度)

一、成果基本情况

专业评审组

中国地质学会

成果编号

成果名称	深部矿产资源智能预测理论方法创新与找矿突破		
主要完成人	肖克炎, 毛先成, 程志中, 李楠, 陈建国, 陈建平, 柳炳利, 邓浩, 孙莉, 文春华, 张文, 李康宁, 王泽鹏, 张世晖, 向杰		
主要完成单位	中国地质科学院矿产资源研究所; 中南大学; 中国地质调查局发展研究中心; 中国地质大学(北京); 中国地质大学(武汉); 成都理工大学; 湖南省地质调查所; 山东省地质调查院; 甘肃省地质矿产勘查开发局第三地质矿产勘查院; 贵州省地质矿产勘查开发局一〇五地质大队。		
推荐单位 (盖章)	中国地质学会数学地质与地学信息专业委员会		
学科分类 名称	1	数学地质学	代码 1705011
	2	勘查地质学	代码 1705061
	3	矿床学与矿相学	代码 1705024
所属国民经济行业	科学研究、技术服务和地质勘查业		
任务来源	A1 国家科技支撑计划; B 部委计划; D1 国家自然科学基金		
具体计划、基金名称、项目名称和编号: (1)国家重点研发计划“深部资源预测系统技术与示范(2017YFC0601500)”项目; (2)中国地质调查局“山东省莱州矿集区深部找矿预测(DD2019057019)”项目; (3)中国地质调查局“甘肃省玛曲-合作矿集区找矿预测(DD2016005219)”项目; (4)国家自然科学基金“区域大比例尺三维地质建模关键技术研究(41672330)”面上项目; (5)国家自然科学基金“基于地质拓扑模型的深部三维空间重构与评价关键技术研究(41972311)”面上项目			
授权发明专利(项)	31	授权的其他知识产权(项)	38
项目起止时间	起始: 2016 年 1 月 1 日		完成: 2021 年 12 月 31 日
推荐单位推荐等级	一等奖	是否推荐特等奖	是

二、推荐意见

(适用于推荐单位)

推荐单位	中国地质学会数学地质与地学信息专业委员会		
通讯地址	北京市海淀区学院路 29 号	邮政编码	100083
联系人	陈建平	联系电话	13910802638
电子邮箱	3s@cugb.edu.cn	传 真	

推荐意见：(限 600 字)

“深部矿产资源智能预测理论方法创新与找矿突破”是按照《国家找矿突破行动纲要(2011-2020)》及国家“深地资源勘查开采”重点专项要求,围绕“深部成矿空间三维结构重建机制”和“深部矿化定位机制及深部预测途径”等关键科学问题的深度剖析和刻苦攻关,取得了理论、技术、系统平台及找矿突破成果。在理论方面,该成果首次提出了找矿模型-三维建模-定量预测的三元大数据深部矿产资源预测理论体系,为我国矿集区 3000 米以浅大深度矿产预测工作提供理论支撑。在技术方面,该成果创新研发了地质文本大数据找矿模型挖掘、多尺度分层立体三维建模、大深度成矿构造与物化探响应特征智能提取等新技术,突破了深部成矿空间三维结构重建以及矿化空间定位等关键技术瓶颈。在集成创新方面,该成果研制了一套具有完全自主知识产权的软件平台系统,填补了我国深部矿产预测信息化、智能化领域的空白,打破了我国矿产资源预测评价软件卡脖子技术壁垒。通过上述理论、技术、平台等创新,在山东焦家、甘肃早子沟等 6 个示范区分别预测金潜在资源 4960 余吨、铜潜在资源 4972 万吨、锰潜在资源 4.17 亿吨,拉动社会投资数亿元,取得了显著的社会经济效益,也为全国深部“第二成矿空间”找矿提供思路与技术支持。2022 年以来,该成果已在全国范围推广使用,在内蒙古、河南、山东等地区重要矿山取得了新的找矿成果,潜在经济效益千亿元。主要支撑项目先后发表学术论文 231 篇,出版专著 4 部,取得各类知识产权授权 69 项,获得省部级以上人才 9 人次,培养中青年学术带头人 7 名,硕士、博士、博士后 130 余人。

鉴于上述突出业绩成果,特推荐申报自然资源科技进步奖一等奖。

声明:本单位遵守《自然资源科学技术奖章程(暂行)》规定,承诺遵守评审工作纪律,对申报材料的真实性和准确性负责,确认不存在任何违反国家保密法律法规或侵犯他人知识产权的情形,以及其他依规不得推荐的情况。如产生争议,将承担相应的调查核实责任,并积极配合处理。如有材料虚假或违纪行为,愿承担相应责任。

法人代表签名:

推荐单位(公章)

年 月 日

三、成果简介

(限 1 页, 1200 字)

矿产资源是工农业的粮食。《国家中长期科学与技术发展纲要(2006~2020)》提出了资源勘探增储上产要求。随着探获地表矿、浅层矿及易发现矿产难度加大,深部找矿已成为提升我国矿产资源自主保障能力的战略性方向和重要途径。然而,如何从全国矿产资源潜力评价所形成的“平面”预测理论延拓至深部“第二成矿空间”找矿,面临深部成矿空间三维结构重建机制、深部矿化定位与预测途径等关键科学问题。自 2017 年以来,由中国地质科学院矿产资源研究所牵头组织 10 余家单位开展产-学-研-用联合攻关,运用人工智能技术提质赋能矿产资源潜力评价,完成了山东莱州-招远等 6 个整装勘查区金、铜、锰等矿产资源 3000 米以浅定位、定量、定概率三维可视化预测,取得了一系列创新成果。

首次提出三元大数据深部矿产资源智能预测评价理论体系。创新建立了重要矿集区找矿模型构建-三维结构建模-综合信息预测三元大数据智能预测理论体系,创新发展形成了矿集区地质专项填图解析-多源异构地学时空大数据建立-深部成矿空间三维结构表达-大数据综合信息立体预测四大核心工作流程,凝练了因果关联-求异组合-将浅论深-深度迁移-空间定位五大三维可视化预测方法,实现了矿产资源潜力评价从二维走向三维、从经验驱动到知识-数据双驱动的里程碑式突破。相关成果已形成教材并在中国地质调查及高校推广应用。

创新研发深部成矿空间三维建模与矿化定位关键技术。研发了地质文本大数据机器学习找矿模型构建技术,实现了不同矿床成因和典型矿床专家知识模型的智能融合。研发了矿集区-矿区多尺度多方法三维地质建模技术,支撑了深部成矿空间的精细化与透明化重构。研发了贝叶斯数据同化成矿构造三维形态控矿信息提取与增强技术,实现系统化的深部结构和多样化控矿样式规律的定量还原。研发了矿床深部结构力-热-流耦合作用分析技术,实现构造-流体系统控矿作用非线性关联特征的定量模拟。研发了融入地质先验认识的地球物理卷积神经网络智能反演技术,降低了模型多解性,提高了地球物理深部矿产资源勘探能力。研发了具备精准识别与智能分析能力的地球化学三维原生晕技术,实现了深部热液系统物质迁移过程重现与元素异常溯源。提出了连续插值-离散推断、深度迁移学习等深部控矿要素组合与延展量化推演技术,实现了深部立体找矿靶区的定位、定量、定概率预测。

自主创新研制首套大深度综合信息三维可视化预测评价软件系统平台,打破了矿产勘查领域国外软件技术壁垒。开发了面向地质文本大数据的发现、抓取、统计分析等信息挖掘模块,实现了矿产资源预测找矿知识库构建的自动化。原创开发了最优遗传生长、知识约束多变量地质统计模拟、贝叶斯数据同化等分层立体建模功能模块,实现了模型的精细化构建与大深度延拓推演,为成矿空间三维结构模型表征提供了可视化仿真与分析引擎。开发了涵盖成矿/找矿信息智能化提取与集成融合的机器学习算法库,为系统平台提供智能计算模型,实现了大深度成矿地质构造形态、物化探异常等深层次找矿信息提取与集成融合。发展了图形化的综合信息矿产预测流程建模工具,提高了软件系统的知识库-模型库-算法库自动化关联水平。

在山东等 6 个示范区取得了重要找矿突破，推动社会经济可持续发展。预测金资源量 4960 吨、铜资源量 4972 万吨、锰资源量 4.17 亿吨。在山东、甘肃、四川地区共计探获金资源量 75 吨，铜资源量 65 万吨，为国家“第二成矿空间”扩展、找矿增储提供生动的技术示范，为地方带来显著的社会经济效益，拉动社会投资数亿元。带动了湖南省“雪峰弧金腰带找矿战略行动”的实施，吸引了社会资金 8000 万元，新探获金矿资源储量达 300 吨；带动了西藏巨龙公司投入钻探资金，新增铜资源量 705 万吨；拉动了四川省基金投入资金 2700 万元；拉动了贵州省基金投入 5000 万元，带动了社会资本投入 6000 万元，支撑了国家设立南盘江-右江地区“千吨级”黄金资源基地，取得了显著社会与经济效益。

先后发表学术论文 231 篇，专著 4 部并入选十四五高等教育本科规划教材；获得发明专利 31 项，软件著作权 38 项；获得省部级人才 9 人次，培养中青年学术带头人 7 名、学术骨干 30 名，硕士、博士、博士后 130 余人，形成了深部矿产资源预测国际领先学科团队。

五、客观评价

(限 2 页)

1. 成果评审意见

2022 年 1 月 6 日, 中国 21 世纪议程管理中心组织专家对本成果的主要支撑项目“深部资源预测系统技术与示范”项目开展了综合绩效评价, 专家组一致认为: ①项目围绕深部资源预测需求, 系统开展了深部矿产资源预测理论研究、关键技术、平台系统研究, 突破了成矿空间三维结构重建机制、深部矿化定位机制及深部预测途径等关键技术瓶颈, 创立了深部矿产资源三维预测系列理论方法与技术系统, 完成了典型整装勘查区深部找矿预测示范; ②项目创立了找矿模型-三维建模-定量预测三元大数据深部矿产资源预测理论方法体系, 自主研制了一套具有自主知识产权的深部综合信息预测评价平台系统, 为我国深部找矿预测提供了重要的理论和技术支撑。③项目创新研发了深部成矿构造、地球物理、地球化学和地质异常的时空结构解析方法与深层次信息提取新技术, 解决了矿集区深部成矿空间三维结构重建、成矿地质异常空间重构以及矿化空间定位等技术难题, 推动了我国在深部找矿、三维预测领域的技术进步。④项目在 6 个整装勘查区预测示范, 预测金潜在资源 4960 吨、铜潜在资源 4972 万吨、锰潜在资源 4.17 亿吨, 并取得深部资源的新发现。项目完成了任务书规定的内容和考核指标, 专家组同意通过项目综合绩效评价。

2. 成果鉴定意见

2021 年 12 月 24 日, 中国地质学会组织国内知名同行专家对本成果进行了鉴定: ①首次提出了找矿模型-三维建模-定量预测等三元大数据深部矿产资源预测理论方法体系, 自主研制了一套具有自主知识产权的深部综合信息预测评价平台系统, 为我国深部找矿预测提供了重要的理论和技术支撑。②在成矿背景、成矿时代、成矿作用、矿化类型、找矿模型综合研究基础上, 创新提出了大数据地质找矿模型及深部空间三维地质建模方法, 研发了深部地球物理、地球化学结构分析等深层次异常信息提取新技术, 解决了矿集区深部成矿空间三维结构重建、成矿地质异常空间重构以及矿化空间定位等技术难题, 推动了我国在找矿模型、三维预测领域的技术进步, 三维建模预测方法平台具有里程碑意义。③应用上述理论与技术在山东焦家等 6 个示范区开展深部找矿取得重大突破, 为国家深部“第二成矿空间”找矿提供思路与技术支持, 经济效益显著。专家组一致认为该项目成果总体水平达到国际领先水平。

3. 权威机构意见

1) 中国地质学会、中国地质调查局等权威机构都认为本成果构建了我国矿集区 3000 米以浅矿产资源预测评价理论方法体系, 对国家矿产资源找矿勘查重大科学问题具有重要意义。研发了一系列深部地质构造、地球物理、地球化学等异常空间三维重构技术, 研制了一套完全自主实施产权平台系统, 取得了理论方法创新、技术平台创新及重大找矿突破, 为我国深地资源勘查提供了系统的理论方法支撑, 推动了我国在找矿模型、定量预测评价领域的重大技术进步, 为国家深部“第二成矿空间”找矿突破提供了指导思路和技术支撑, 并已经取得大量应用证明。由此, 获得 2021 年度地质调查十大进展、地质科技十大进展。

2) 2021 年, 中国软件测评中心受中国地质科学院矿产资源研究所的委托, 依据《系统与软件质量要求的评价》、《系统和软件产品测试规范 V4.0》等国家、行业等标准, 对“深部矿产三维可视化预测评价软件”进行了现场测试, 认为本软件系统在功能性方面符合测试需求规格说明书的相关要求。**软件运行稳定, 通过了中国软件测评中心的软件产品测试, 取得质量合格证书。**

4. 国内外地质专家评价

1) 我国著名地质学家陈毓川、赵鹏大、赵文津、毛景文等院士一致认为本成果为我国深部找矿预测提供了重要的理论和技术支撑, 推动了我国在矿产预测领域的技术进步。研发的大数据综合信息立体预测平台具有里程碑意义, 为国家覆盖区、高寒高海拔等地质景观区隐伏矿找矿提供思路与技术支持, 经济社会效益显著, 成果总体水平达到国际领先水平。

2) 国际权威学者对我们团队在地球科学领域的成果给予高度评价。其中, 国际矿床成因协会副主席 Pirajno 教授认为项目使用的专家系统、信息整合以及资源量外推等综合预测评价技术方法是对固体地球科学的重要贡献, 值得世界各国借鉴; 国际勘查地球化学学会前主席 Carranza 教授指出本成果的三维建模证据权预测评价技术在定量评价矿区深部的应用具有重要示范意义。其他十余位国际数学地质专家如 Enkhsaikhan、Parsa、Esmaeiloghli、Christopher L. Kirkland 和 Paul Alexandre 等, 则分别强调了本成果在地质文本信息挖掘、卷积神经网络方法、三维建模技术和非线性定量预测方面的领先地位。

5. 用户单位评价

1) 山东省地质矿产勘查开发局第六地质大队应用本成果优化深部及外围找矿工作部署方案、扩大了勘查范围, 施工了 352ZK03、288ZK05、320ZK05 等一批深部钻孔, 将焦家金成矿带 1 号主矿体向南西延伸了近 500 米, 有效支撑了莱州-招远整装勘查区深部和外围的进一步找矿突破, 成果应用效果显著。

2) 甘肃省合作早子沟金矿有限责任公司应用项目提出的技术方法, 开拓了早子沟金矿深部找矿空间约 1000 米, 实施了钻孔 ZK8318、ZK8319 等十余个深部验证控制钻孔, 新增金资源量约 20 吨, 有效支撑了早子沟金矿深部找矿突破, 成果应用显著。

3) 贵州省地质矿产勘查开发局一〇五地质大队通过推广应用本项目科技创新系列成果, 在黔西南地区圈定预测区 21 个, 预测 3000 米以浅金资源量 1510 吨, 优选找矿靶区 9 个, 带动省基金投入 5000 余万元, 带动社会资金投入超 6000 万元, 实施深部钻探工程验证, 发现了上寨、万人洞, 扩大了者相二、泥堡、架底等矿床规模, 其中者相二金矿最新探获金矿资源量达大型规模, 揭示了海子、燕塘等预测区深部存在构造蚀变体及矿化体, 成果转化效果十分显著。

4) 凉山矿业股份有限公司根据项目研究成果, 在拉拉地区南部外围先后部署并施工了 ZK-1801 等深部钻孔, 发现了潜在工业铜矿体, 为凉山矿业股份有限公司在拉拉地区外围找矿提供了多个有效靶区, 成果应用效果显著。

5) 西藏巨龙铜业有限公司应用项目提出的技术方法, 系统建立了驱龙铜矿综合

找矿预测模型，优化设计了深部及外围找矿工作部署方案，调整了深部找矿方向，扩大了勘查范围，施工了 **ZK1104** 等一批深部钻孔，新增铜资源量 **705** 万吨，有效支撑了驱龙矿区深部和外围的进一步找矿突破，成果应用效果显著。

八、主要知识产权和标准规范等目录（不超过 10 件）

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	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	ORE PROSPECTING PREDICTION METHOD OF NONLINEAR DISCRETE SPECULATION MODEL	澳大利亚	2020103098	2020	2020103098	中国地质大学（北京）	陈建平，朱鹏飞，安文通等	有效
发明专利	一种矿集区尺度矿产资源估算方法及系统	中国	ZL201710150213.6	2018	2857839	中国地质科学院矿产资源研究所	李楠，肖克炎，王琨等	有效
发明专利	一种顾及地质体形态-产状-韧性约束的地质空间复原方法	中国	ZL201910313868.X	2019	5137148	中南大学	毛先成，邓浩，陈进	有效
发明专利	一种基于地球化学	中国	ZL202011	2021	4526991	中国地质	孙莉，肖克	有效

	数据的找矿靶区圈定方法及系统		2630 74.6			科学院矿产资源研究所	炎，高阳	
发明专利	基于机器学习的找矿模型预测方法	中国	ZL201710279023.4	2017	3864650	中国地质大学（北京）	陈建平，贾志杰，徐彬等	有效
发明专利	重力约束下断裂面形态的贝叶斯推断方法	中国	ZL202110374216.4	2021	5167802	中南大学	邓浩，黄珏璇，毛先成等	有效
发明专利	矿产资源覆盖区、深部矿床勘查预测方法及系统	中国	ZL201810482267.7	2018	4082942	成都理工大学	梁元，柳炳利，罗德江等	有效
发明专利	一种基于三维地质模型的地质表征情况的评价方法及系统	中国	ZL202110580495.1	2021	4710520	中国科学院矿产资源研究所	李楠，肖克炎，樊铭静等	有效
计算机软件著作权	矿产地质勘查评价软件 V2.0	中国	2010SRBJ2844	2010	软著登字第BJ28227号	中国地质科学院矿产资源研究所	中国地质科学院矿产资源研究所	有效

计算机 软件著作 权	地球物理 三维可视 化软件 [简称 Geophysical Vision] V1.0	中国	2019 SR13 1406 6	2019	软著登 字第 473482 3 号	成都 理工 大学	成都理 工大学	有效
------------------	--	----	---------------------------	------	----------------------------	----------------	------------	----