

自然资源科学技术奖 科技进步奖 公示材料

(2023 年度)

一、成果基本情况

专业评审组

成果编号

成果名称	我国富钴结壳合同区资源勘探评价和第一次区域放弃方案研究			
主要完成人	何高文、杨永、姚会强、韦振权、刘永刚、马维林、胡波、黄敏燕、高晶晶、赵斌、王海峰、孙晓明、方念乔、宋宏、洪峰			
主要完成单位	广州海洋地质调查局、自然资源部第二海洋研究所、自然资源部第一海洋研究所、中山大学、中国地质大学(北京)、中国科学院声学研究所东海研究站、浙江大学			
院士 (签字)				
推荐单位 (盖章)				
学科分类 名称	1	海洋资源学	代码	170.6075
	2	海洋地质学	代码	170.6030
	3		代码	
所属国民经济行业	采矿业			
任 务 来 源	国家大洋专项			
具体计划、基金名称、项目名称和编号：(不超过 300 字) 该成果基于广州海洋地质调查局牵头承担的国家大洋专项“富钴结壳合同区资源勘探与评价”重大项目，主要包括：合同区海山富钴结壳资源综合评价(DY135-C1-1-01)、合同区海山富钴结壳伴生有用元素成矿机制与多组分综合评价指标体系研究(DY135-C1-1-04)、合同区海山浅埋藏型富钴结壳资源潜力评价(DY135-C1-1-05)、合同区海山形成演化及铁锰矿床成矿模型研究(DY135-C1-1-06)、富钴结壳资源原位精细探查技术研究及示范性应用(DY135-C1-1-08)等课题的研究成果				
授权发明专利(项)	3		授权的其他知识产权(项)	4
项目起止时间	起始：2017 年 9 月	完成：2021 年 12 月		
推荐单位推荐等级	一等		是否推荐特等奖	否

二、推荐意见

(适用于推荐单位)

推荐单位	广州海洋地质调查局		
通讯地址	广州市南沙区海滨路 1133 号	邮政编码	511458
联系人	何高文	联系电话	18022868508
电子邮箱	hegaowen@163.com	传 真	

推荐意见：（限 600 字）

该成果依托国际海域资源研究开发“十三五”资源环境课题，经过 4 年的科技攻关和协同创新，取得了 5 项主要科技创新。**一是**全面了解合同区资源状况，圈定了富钴结壳矿区范围，获得可观的钴、镍、铜、稀土等资源量。**二是**创新性提出最适用于合同区海山富钴结壳的钼同位素-钴经验公式联合定年法，建立富钴结壳年代学框架；利用自主开发的激光线扫-面扫元素含量分析技术，揭示结壳时空成矿演化、金属元素富集规律。**三是**形成了基于无人遥控潜水器平台，集高清光学、高频声学 and 多种取样工具为一体的富钴结壳精细探测技术体系；实现了富钴结壳厚度实时连续探测和海底视像自动拼接。**四是**建立主要有用元素和伴生有用元素多组分综合评价指标体系；开发了基于高斯过程的海山底质类型监督分类技术，实现了富钴结壳宏观分布的智能圈定。**五是**建立适用于合同区区域放弃方法，开发区域放弃软件系统，提出了确保合同区保留区内资源最大化的区域放弃方案。

项目发表 SCI 论文 17 篇，EI 和核心论文 28 篇，获批发明专利 3 项，实用新型专利 1 项，软件著作权 2 项，发布国家标准 1 项。项目成果为我国履行富钴结壳勘探合同提供了有力支撑，极大拓展了我国深海矿产资源的战略空间，对维护我国在国际海底区域的海洋权益具有重要意义。

我单位认真审阅了提名材料，确认提名材料真实有效、完成人排序无异议、相关栏目填写符合要求，并已按要求在推荐单位和完成人工作单位进行公示，目前无异议。参照自然资源科学技术奖提名条件，提名该成果授予自然资源科技进步奖一等奖。

三、成果简介

(限 1 页, 1200 字)

本项目属于国际海底资源调查与开发领域。

深海富钴结壳中富含钴、镍、铜、锰、稀土、铂等金属, 其中钴、镍、锰和稀土更是被我国列为了关键金属。而且, 我国对钴、镍、锰、铜等金属的对外依存度非常高, 其中铜和锰的对外依存大于 85%, 钴和镍的对外依存度大于 90%。富钴结壳中的这些金属在航空航天、军工、高分子材料等应用中具有不可替代的作用, 是新能源汽车等战略新兴矿产发展所需的重要矿产资源, 对提升国家资源战略安全等级具有重要意义。2014 年, 我国在西太平洋获得了 3000 平方千米具有专属勘探权和商业优先开采权的富钴结壳勘探合同区。根据合同规定, 我国需在合同签订第八年(2021 年)和第十年(2023 年)分两个阶段完成合同区的区域放弃工作, 最终保留 1000 平方千米的矿区。2017-2021 年, 广州海洋地质调查局牵头承担了大洋协会“十三五”“富钴结壳合同区资源勘探与评价”重大项目, 通过航次调查和综合研究, 在合同区富钴结壳资源勘探及关键矿产增储、结壳成矿理论、精细探测技术和评价方法、合同区第一次区域放弃方案研究等方面取得了一系列创新性成果:

(一) 通过对合同区开展了系统资源评价, 全面了解合同区资源状况, 圈定了富钴结壳含矿区和矿体范围, 获得可观的锰、钴、镍、铜、稀土、稀土、钼、碲、铂等矿产的资源量, 其中钴金属资源量高达我国陆地钴金属储量的 3.6 倍, 为我国提供了可观的重要战略性矿产资源储备。

(二) 创新性提出最适用于合同区海山富钴结壳的钐同位素-钴经验公式联合定年法, 建立富钴结壳年代学框架; 突破传统, 利用自主开发的激光线扫-面扫元素含量分析技术进行结壳成矿作用研究, 揭示结壳时空成矿演化、金属元素富集规律。

(三) 形成了基于无人遥控潜水器(ROV)平台, 集高清光学、高频声学 and 多种取样工具为一体的富钴结壳精细探测技术体系; 实现了富钴结壳厚度实时连续探测和海底视像自动拼接。这些技术已成功应用于合同区资源调查航次中, 极大提高了资源勘探效率和勘探精度。

(四) 建立主要有用元素和伴生有用元素多组分综合评价指标体系, 开发了海山地貌单元自动分类技术、声回波定量建模技术及基于高斯过程的海山底质类型监督分类技术, 实现了富钴结壳宏观分布的智能圈定。

(五) 建立适用于合同区区域优选和放弃方法, 开发优选与放弃软件系统, 提出了确保合同区保留区内资源最大化的区域优选和放弃方案。

项目研究完成合同区资源评价报告 1 份, 区域放弃方案 1 份, 合同区年度报告 4 份, 五年阶段报告 1 份, 发表论文 45 篇(其中 SCI 论文 17 篇, EI 和核心论文 28 篇), 获批发明专利 3 项, 实用新型专利 1 项, 软件著作权 2 项, 发布国家标准 1 项。央视、国土资源报、中国地质调查局网站、中国矿业报、科技成果管理与研究等新闻媒体和杂志对项目相关成果进行了报道。这些创新系列成果的取得, 使我国对深海大洋富钴结壳资源勘探技术、评价方法及成矿理论的认知水平得到了明显提升, 为我国履行富钴结壳勘探合同提供了有力支撑, 极大拓展了我国深海矿产资源的战略空间, 增加了相关矿产的储量, 对维护我国长期能源资源安全和在国际海底区域的海洋权益具有重要意义。

四、客观评价

(限 2 页)

1. 验收意见

2021 年 10 月 30 日, 广州海洋地质调查局受中国大洋协会办公室委托, 组织有关专家对大洋十三五富钴结壳合同区资源勘探与评价项目下属课题进行了验收评议。

“合同区海山富钴结壳资源综合评价(DY135-C1-1-01)”课题验收综合评分 93.8, 验收等级为优秀, 验收专家组意见: “提出了富钴结壳地质模型, 开展了合同区结壳资源综合评价, 估算了控制资源量和探明资源量, 同时构建了富钴结壳资源综合数据集, ……为区域优选和放弃的等工作提供服务和决策依据”。

“合同区海山富钴结壳伴生有用元素成矿机制与多组分综合评价指标体系研究(DY135-C1-1-04)”课题验收综合评分 90.2, 验收等级为优秀, 验收专家组意见: “首次对富钴结壳伴生有用元素进行选冶工艺研究, ……首次将伴生有用元素纳入结壳资源评价中, 建立主要有用元素和伴生有用元素多组分综合评价指标体系, ……这对富钴结壳资源综合评价具有重要意义, 这些研究方法和技术手段都具有创新性”。

“合同区海山浅埋藏型富钴结壳资源潜力评价(DY135-C1-1-05)”课题验收综合评分 89.3, 验收等级为合格, 验收专家组意见: “首次获得了对合同区海山浅埋藏结壳资源状况较为系统的认知”, “……对合同区浅埋藏结壳研究获得的相关认识具有创新性。……浅埋藏结壳因具有更高富集度的稀土含量, 具有一定的资源潜力和较好的综合利用价值”。

“合同区海山形成演化及铁锰矿床成矿模型研究(DY135-C1-1-06)”课题验收综合评分 91.0, 验收等级为优秀, 验收专家组意见: “突破传统, 利用多种先进分析技术和新开发新的激光线扫-面扫技术进行样品测试分析, 在富钴结壳成矿富集规律方面取得新进展”, “首次对比分析不同 Co 经验公式法的应用结果, 提出最适合合同区海山富钴结壳定年的方法……, 研究方法和技术手段具有创新性”。

“富钴结壳资源原位精细探查技术研究及示范性应用(DY135-C1-1-08)”课题验收综合评分 91.2, 验收等级为优秀, 验收专家组意见: “以 ROV 系统为平台, 实现多种作业手段的集成和综合应用, 提出富钴结壳资源精细探查技术方法体系, ……研究方法和技术手段具有创新性”。

2. 知识产权及论文发表情况

本项目授权发明专利 3 项, 实用新型专利 1 项, 软件著作权 2 项, 形成了系统完整的知识产权保护。相关成果在 Deep Sea Research Part I、Marine Georesources & Geotechnology、Marine Geology、Sensors 等高水平期刊发表, 发表论文 45 篇, 其中 SCI 论文 17 篇, EI 和核心论文 28 篇。代表性成果被 SCI 他引 65 次, 他引总共 79 次。

3. 标准制定

2021 年 10 月 11 日, 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会发布了《大洋富钴结壳资源勘查规程 GB/T 40873-2021》。该标准属于国家标准, 由中国大洋矿产资源研究开发协会办公室、广州海洋地质调查局起草, 其中规定了大洋富钴结壳资源勘查的地质调查、地球物理调查、环境与工程地质调查、资源量估算、成果报告和图件编制、资料汇交和保存, 适用于大洋富钴结壳勘查各个阶段(资源调查、一般勘探、详细勘探)的海上调查和室内分析。

4. 人才培养

2021 年 12 月，主要完成人何高文获中国有色金属工业科学技术奖二等奖，获中国有色金属工业协会、中国有色金属学会颁发的证书。

2023 年 10 月，主要完成人何高文被推荐为全国能源化学地质系统“大国工匠”，获中国能源化学地质工会全国委员会颁发的荣誉证书。

2023 年 4 月，主要完成人何高文被授予广东省五一劳动奖章，获广东省总工会颁发的证书。

以本项目研究为依托，主要完成人何高文成功申请国家自然科学基金地质联合基金项目 1 项——西太平洋多类型深海表生沉积物矿产关键金属元素富集机制与成矿系统（U2244222），项目经费 247 万元。

以本项目研究为依托，主要完成人杨永成功申请国家自然科学基金面上基金项目 1 项——基于多源地学数据的监督学习识别海山富钴结壳空间分布（42072324），项目经费 60 万元。

五、主要知识产权目录（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	一种基于双通道信息的图像域富钴结壳厚度提取方法	中国	ZL 2019 1 0743691 . 7	2021. 06. 22	国家知识产权局	中国科学院声学研究所东海研究站	洪峰；冯海泓；黄敏燕	已授权
发明专利	球面聚焦相控参量阵声探测装置	中国	ZL 2019 1 0406877 . 3	2021. 04. 30	国家知识产权局	中国科学院声学研究所东海研究站	冯海泓；洪峰；黄敏燕；杨震亚；李记龙	已授权
发明专利	一种基于小波技术的自适应富钴结壳厚度提取方法	中国	ZL 2019 1 0934174 . 8	2019. 12. 27	国家知识产权局	中国科学院声学研究所东海研究站	洪峰；冯海泓；黄敏燕	已授权
实用新型专利	一种水下三维扫描仪	中国	ZL 2019 2 2280063 . 8	2020. 08. 25	国家知识产权局	广州海洋地质调查局；浙江大学	胡波；陈宗恒；陈春亮；杨永；万启新；张杨帆；王文鑫；胡相胜；黄慧；宋宏	已授权
软件著作权	海底图像智能拼接软件 V1. 0	中国	软著登字第 5016654 号	2019. 11. 20	国家版权局	广州海洋地质调查局、浙江大		

						学		
软件著作权	深海多金属 结核与富钴 结壳摄像探 测实时视频 智能处理软 件[简称:“深 海实时视频 处理系统”软 件]V1.0	中国	软著登 字第 3575854 号	2018. 11. 15	国家版权局	浙江大 学、广州 海洋地 质调查 局		
国家标准	大洋富钴结 壳资源勘查 规程	中国	GB/T 40873-2 021	2021. 10. 11	国家市场监 督管理总局 国家标准化 管理委员会	中国大 洋矿产 资源研 究开发 协会办 公室、广 州海洋 地质调 查局	李波、何 高文、姚 会强、杨 永、邓希 光、罗 祎、朱 磊、杨胜 雄、王汾 连、胡 波、韦振 权、于宗 泽、刘永 刚、王嘹 亮、梁德 华	2022-05-01 实施