

基于专利信息的深海矿产资源开发技术趋势分析^①

段晓影, 卓晓军, 高静, 郑皓
(长沙矿冶研究院有限责任公司, 湖南 长沙 410012)

摘要: 为了解深海矿产资源开发技术现状,从专利的视角对深海矿产资源开发技术趋势进行了简要分析。通过 incoPat 全球专利数据库,对 2000—2023 年全球公开发表的 3 236 件深海矿产资源开发技术相关专利进行检索,分析全球专利申请趋势、地域分布、技术构成、中国专利申请趋势及中国专利申请人来源分布等情况。结果表明,相关专利主要集中在中国、美国、韩国、俄罗斯和日本,技术构成主要包括探测系统、采集系统、输送系统。近年来中国申请人逐渐主导全球相关专利申请,展现出中国在深海矿产资源开发技术研发和市场开拓方面的巨大潜力。

关键词: 深海矿产资源; 深海采矿; 海洋开发; 开发技术; 专利申请; 专利分析; 技术构成

中图分类号: TD857; G250

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2024.05.002

文章编号: 0253-6099(2024)05-0007-05

Discussion of Deep-Sea Mineral Resources Development Technologies Based on Patent Data Analysis

DUAN Xiaoying, ZHUO Xiaojun, GAO Jing, ZHENG Hao

(Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co., Ltd., Changsha 410012, Hunan, China)

Abstract: In order to know the status quo of technologies for deep-sea mineral resources development, the related patents were briefly analyzed. A total of 3 236 patents regarding deep-sea mineral resources development technologies published worldwide from 2000 to 2023 were taken from the incoPat global patent database, and analyzed in terms of number of patent applications, geological distribution, subdivision of technologies, time of Chinese patents applications, as well as nationalities of Chinese patent applicants among others. It is found that the patents regarding deep-sea mineral resources development are mainly from China, United States, Korea, Russia and Japan, focusing on technologies including detection system, mining system and transportation system. In recent years, Chinese patent applicants have gradually predominated in the related patent application worldwide, reflecting China's great potential in R&D and market expansion of deep-sea mineral resources development technologies.

Key words: deep-sea mineral resources; deep-sea mining; ocean development; development technology; patent application; patent analysis; subdivision of technology

深海底部蕴藏着丰富的矿产资源。深海矿产资源开发技术的探索起源于 20 世纪 50 年代,随着人类对矿产资源的需求与日俱增,深海矿产资源开发热度剧增^[1-3]。相关技术及装备的研发吸引了世界主要工业国家和一些国际大型企业的高度关注和持续投入,技术竞争急速加剧^[4-6]。

深海矿产资源开发技术为深海科学调查与深海资源开发提供了保障,其主要分为深海资源勘探技术、深

海资源开采技术、深海空间利用技术、深海环境保护技术以及海洋工程装备技术等,各分支技术之间的交叉融合日益显著^[7-9]。

专利是技术创新成果的载体,涵盖了全球 90% 以上的技术创新成果^[10],一定程度上反映了行业的技术路径、研发方向,已成为近年来开展竞争情报研究的重要信息源。我国高度重视深海矿产资源开发技术的发展,2016 年出台了《中华人民共和国深海海底区域资

① 收稿日期: 2024-04-26

基金项目: 国家重点研发计划(2023YFC2811300)

作者简介: 段晓影(1990—),女,江西宜春人,中级经济师,主要从事科研企业知识产权布局研究及管理工作。E-mail: duanxy@minmetals.com

源勘探开发法》。由此可见,我国正在大力发展深海矿产资源开发技术,以期实现海洋强国战略。

本文从全球深海矿产资源开发技术专利申请趋势、技术构成等多个角度,结合中国的专利发展情况,探讨全球深海矿产资源开发技术的发展现状及重点研发方向,以帮助我国相关行业研发人员洞悉全球深海采矿发展状况,助力深海矿产资源开发技术的发展和推广应用。

1 专利分析方法

本文选取全球范围内的专利数据库进行数据处理及专利分析。专利分析主要包括以下几个阶段:确定检索范围及策略、确定技术分支、数据处理、数据分析并形成分析报告。本文采用的检索系统主要为incompat全球专利数据库^[11]。检索截止日期为2024年4月10日,经过人工去噪和反复提炼分类号进行筛选和补检,最终确定深海矿产资源开发技术的相关专利3 236件(由于专利公开时间滞后等原因,近年数据收录不全,仅供参考)。需要说明的是,为进一步聚焦分析目的,辅助研发,同时尽可能地关注该领域近年来较新的技术动态,本文将专利分析数据锁定至2000年以后的有效及审中专利,以尽可能地挖掘有价值的专利情报。

基于深海矿产资源开发技术构成、技术分布情况以及专利文献的特点,将深海矿产资源开发技术按照处理过程划分,如表1所示。

2 深海矿产资源开发技术宏观专利分析

本文以检索并经数据处理后的专利样本为基础,分别从专利申请趋势、专利地域分布、深海矿产资源开发技术构成、中国专利申请趋势及中国专利申请人来源国分布等角度对全球深海矿产资源开发技术专利进行分析,以期从宏观层面为深海矿产资源开发技术提供全景式概况。

2.1 全球专利申请趋势

对检索到的3 236件深海矿产资源开发技术相关专利的申请时间进行了统计,各年份专利申请量如图1所示。

由于专利申请公开滞后的原因,图1中2020—2023年的专利统计数据少于实际专利申请量。由图1可见,2020年前,深海矿产资源开发技术全球专利申请量整体呈逐年上升趋势。

表1 深海矿产资源开发技术分解及释义

一级技术分支	二级技术分支	三级技术分支
深海矿产资源探测系统	勘探	声学勘探
		光学勘探
		电法勘探
		磁法勘探
	取样	箱式取样
		无缆取样
		连续取样
		重力柱、多管取样 岩心取样、沉积物取样
采集/采掘技术		水力式/机械式/混合式多金属结核采集
		富钴结核剥离采集技术
		多金属硫化物采掘技术
破碎/剥离/切割		旋转式切割
		颚式破碎
		冲击式破碎
海底采矿车行走技术		机械式破碎剥离
		浮游式
		拖曳式
海底矿物采集系统/采矿车	定位通信导航	阿基米德螺旋式履带式
		声学定位系统
		光学探测
动力和控制技术		电磁通信
		惯性导航
		多普勒测速
集矿系统整体	其他	监测系统
		控制系统
		智能识别
其他		动力输配系统
		深水液压系统
		电子舱
矿物由海底向海面输送系统	水力提升	脐带缆箱
		气力提升
		机械提升
水下中继站	管道	采矿车总体技术
		底座、舱体、车体等
		底座、舱体、车体等
其他		中间舱
		给料机
		定位系统
其他		提升硬管
		输送软管
		管道接头
水面支持系统	采矿船	磁力输送、浮子
		采矿平台结构设计
		能源供给
总体采矿方案		船电系统
		布放回收系统
		矿石运转系统
其他		动力定位系统
		脱水/脱泥/尾水排放
		升沉补偿系统
其他		海底自行式采集+管道输送+水面支持
		新型深海采矿作业模式
其他		水面矿物运输系统、海岸矿物提炼加工系统、环保清淤、可燃冰开采方法、实验、冶炼、布放等

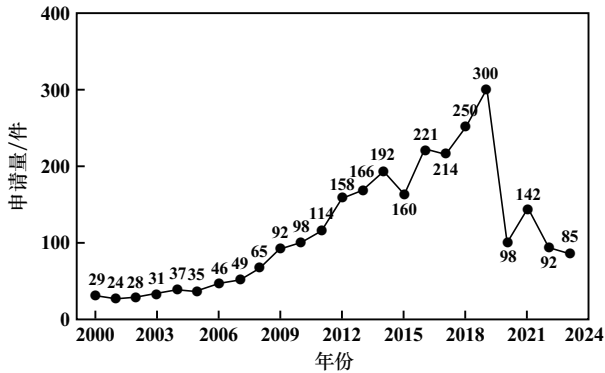


图1 深海矿产资源开发技术全球专利申请趋势

深海矿产资源开发技术研究工作始于20世纪50年代,虽然起步较早,但早期专利申请量并不大,属于技术孕育阶段。2000—2010年间,该领域年专利申请量以10件左右的增速稳步发展,但均未突破100件。进入2011年,深海矿产资源开发技术专利年申请量突破100件,并于2019年达到峰值。随着深海矿产资源勘探、开发技术不断成熟,预计全球深海采矿相关技术的专利申请量将继续增长。

从技术生命周期来看,经历四五十年技术萌芽期,深海矿产资源开发技术目前处于第二阶段——技术发展期。随着深海矿产资源开发技术的不断发展,市场逐步扩大,进入该领域的创新主体数量增多,技术分布范围和涉及面也进一步扩张、深入,具体表现为相关专利申请量和专利申请人数量呈逐年上升态势,因此未来该领域的技术发展整体向好。

2.2 全球专利地域分析

某个国家/地区公开的专利申请量可以直接反映该国家/地区在全球市场中的地位。通常除了对本国进行专利保护外,为了在国外使用、生产或销售专利技术产品等,还应在目标国家/地区申请相关专利以获得知识产权保护。

专利申请人所属的国家/地区专利数量分布可以反映各申请人所属国家/地区的专利分布状况,间接反映各国在该领域的技术创新情况。2000—2023年间,深海矿产资源开发技术相关专利主要集中在中国、美国、韩国、俄罗斯和日本。

进一步对比分析中国、美国、韩国、俄罗斯以及日本5国专利申请流向情况,结果见表2。

从表2可以看出,中、美、韩、俄、日五国均有多边专利布局行为。其中,在中国申请人申请的1461件专利中,中国本国的专利布局量为1423件,占比97.4%,国外多边专利布局仅占不到3%,美国是中国申请人最为重视的海外目标市场。

表2 深海采矿领域主要国家专利申请流向情况 件

原创国	目标国					合计
	中国	美国	韩国	俄罗斯	日本	
中国	1423	26	6	1	5	1461
美国	12	258	10	0	11	291
韩国	2	4	355	0	2	363
俄罗斯	1	5	0	179	0	185
日本	4	9	1	0	134	148

对比而言,在美国申请人申请的291件专利中,美国申请人在本国的专利布局量仅258件,占比88.7%,海外多边专利布局总占比接近12%,显现美国对于深海采矿领域目标市场的全球布局意图。在多边布局中,中国是美国申请人最为重视的海外目标市场。而韩国申请人和日本申请人依然以本国专利布局为主,海外多边专利布局量分别占比约2%和10%,其中,美国是韩国和日本最为重视的海外目标市场。

从上述信息来看,中国虽然在技术原创国和技术目标国中均处于榜首位置,但其更多的是中国申请人在本国进行的专利布局行为,结合其他国家的海外布局情况和多边专利布局占比可以发现,除中国外,美国、韩国、俄罗斯、日本是深海采矿领域的市场核心地带。因此,中国创新主体在进行目标市场专利布局时可适当关注上述地区,同时,加强与国际创新主体的合作、交流,以实现深海矿产资源高效、绿色开发。

2.3 深海矿产资源开发技术构成

深海采矿领域一级技术分支主要包括探测系统、采集系统、输送系统、总体采矿方案以及水面支持系统5个分支,不属于这5个主要分支的专利则归类为其他。分析2000—2023年深海矿产资源开发的专利技术构成,结果见表3。

表3 深海采矿领域全球专利技术分支分布

技术分支	专利数量/件
探测系统	1184
采集系统	599
输送系统	521
总体采矿方案	300
水面支持系统	223
其他	409

由表3可知,深海矿产资源开发技术领域有效及审中专利中,涉及探测系统技术的专利申请量最多,为1184件,占比达到36.6%,其中关于资源勘探或地质勘探的专利申请量占比达70%,采样技术占比达30%。这也从侧面反映了深海采矿领域目前距离全面商业化开采还有一定距离,较多创新主体还停留在深

海采矿产业链的勘探及采样测试等上游技术研究层面。在该技术分支上,专利申请量排名前三位的创新主体分别为挪威的PGS地球物理公司(主要研究海洋勘探设备及方法)、中国的湖南科技大学(主要研究海底岩心取样装置及取样方法)、中国的中国海洋大学(主要研究海底沉积物的取样及测量)等。

该领域排名第二的技术分支为海底矿物采集系统,专利申请量为599件,占比18.5%。深海采矿往往需要在4 000~6 000 m水深的海底进行矿石开采,面临距离远、压力大且温度低等极端环境,因此普通陆地采矿设备不能直接作为深海矿产资源的采集设备,需要在此基础上进行进一步的创新和适应性优化,且矿物采集系统在整个深海采矿产业链中有着至关重要的地位,由此相关专利申请较多。在该技术分支上,专利申请量排名前三位的创新主体分别为中国的长沙矿冶研究院有限责任公司、上海交通大学以及中南大学,由此体现出该技术分支上中国申请人的技术优势。

深海采矿领域输送系统专利申请量为521件,占比16.1%。相比于采集系统,输送系统的组成部分更为简单,现阶段以管道运输的矿物提升系统为主。输送系统中,专利申请量前三位申请人分别为法国的泰克尼普公司、中国的长沙矿冶研究院有限责任公司以及美国的卡梅伦国际有限公司,国外申请人在这一技术分支上的优势可能得益于矿物输送系统在一定程度上可借鉴石油或天然气的输送方式,因此国外申请人在该技术分支上积累的专利布局量较多。

总体采矿方案主要是指包括海底矿物采集系统、矿物输送系统以及水面支持系统等多个子系统在内的整体采矿方案,这一类专利申请往往更加注重多个子系统的集成配合、总体采矿方案及集矿效率优化。在申请人方面,法国的泰克尼普公司以及澳大利亚的诺蒂勒斯矿物太平洋有限公司具有较大技术优势。

相比其他几个技术分支,水面支持系统的专利申请量较少,为223件,占比6.9%,主要原因是水面支持系统的技术研究通常是船舶及其搭载设备或采矿作业平台的研究,这一类设备装置目前已经存在较多可借鉴的技术,如深海石油及天然气开采平台或船舶等,相关专利申请量相对较少。

2.4 中国专利申请趋势分析

对中国深海矿产资源开发技术相关专利作进一步分析。2000—2023年间深海矿产资源开发技术领域中国专利申请趋势如图2所示。

由图2可知,与全球专利申请趋势一致,2000—2023年间,深海矿产资源开发技术领域中国专利发展

态势整体上扬,至2019年达到申请顶峰。这一年,中国深海采矿相关技术专利申请量在世界专利申请量中占比约80%,显示出中国在这一领域的极大技术优势和市场前景。2020—2023年因专利申请公开滞后的原因,图2统计的专利数据要少于实际专利申请量。

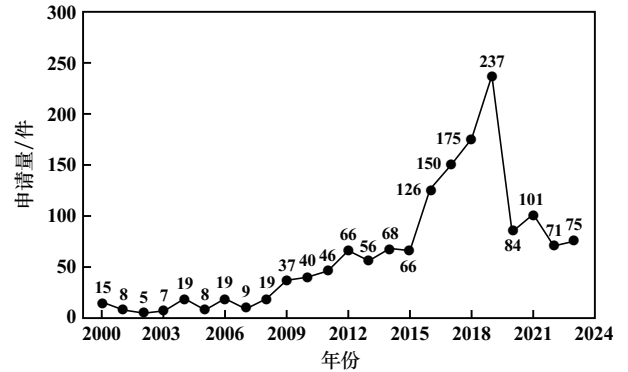


图2 深海矿产资源开发技术中国专利申请趋势

需要注意的是,虽然现阶段中国在该领域具有一定发展优势,但就早期而言,中国在深海采矿相关技术领域的探索比全球起步晚30年左右。且从图2中发现,2010年以前,中国专利申请量仅有零星几件,整体增速缓慢,进入该领域的申请人数量也较少。自2012年开始,中国在该领域的专利申请趋势才开始明显上升,并一路稳步发展至今。因此,整体而言,中国在该领域的技术发展属于后来者居上,且随着中国深海勘察技术、深海载运技术等的发展和积累,未来中国在深海采矿领域的发展也必将保持良好势头。

2.5 中国专利申请人来源国分布

2000—2023年间,深海矿产资源开发技术中国专利申请人来源国分布情况见表4。在公开的1 494件专利中,有1 423件专利的申请人来自中国,占比达到95.2%,而来自国外的申请人占比4.8%,主要来自美国、法国、挪威等国家。

表4 深海矿产资源开发技术中国专利申请人来源国分布

申请人来源国	专利数量/件
中国	1 423
美国	26
法国	16
挪威	10
其他	19

由表4可知,中国申请人的布局依然是主流,其技术研发实力基本来源于国内高校和企业等。2010年以后,国外来华专利布局的行动开始逐步增多,经过10余年的发展,整体积累的专利体量并不大,但可以

预测的是,随着中国在深海采矿领域话语权增强及技术进步,未来国外来华专利申请将进一步增多,以期采取专利布局规划打开中国市场,抢占市场份额。

3 相关工作建议

1) 推动技术攻关、加强专利布局。中、美、韩、日、俄5国为深海采矿领域主要的技术原创国家和目标市场国家。中国是该领域专利布局和市场研究热度最集中的国家,具有较大市场前景和技术优势,但整体海外保护力度较薄弱。对比而言,美国、韩国是深海采矿领域的市场核心地带。建议国内高校和企业持续推动深海矿产开发技术原创性、引领性科技攻关,以期实现深海采矿全产业链的专利布局和技术研发,并建立周密的高价值专利包围圈。

2) 拓展研发思路、充分发散借鉴。深海采矿系统技术可分为通用技术和专用技术。通用技术如深海动力、深海通信等,可充分借鉴深海油气工业中的深水电机、深海电缆及声纳等技术和装备;深海矿产采集、输送等专用技术和装备,也可在参考海洋油气和陆地采矿方法与技术基础上,针对深海采矿特殊环境和特殊要求进行适应性调整,尽可能利用现有技术基础,缩短深海采矿研发周期,加快海洋矿产商业化开采进程。

3) 重视环境保护、突破关键技术。目前,我国在环境监测、环境影响评估和环境管理技术方面仍停留在基础研究阶段,尚未取得实质性突破。未来,商业化采矿的环境保护将成为实现矿产资源可持续开发利用的关键难题,建议国内高校和企业加大深海采矿环境保护技术研发的投入,加快突破关键难题,降低采矿活动对环境的影响。

4) 加强政策引导、推动产学研合作。建议我国政府积极制定相关政策,鼓励企业、高校和研究机构之间的合作,共同开展深海矿产资源开发技术的研发和创新。例如,提供资金支持、税收优惠和知识产权保护等,以促进产学研合作的开展。此外,还可以定期组织专家论坛、技术交流会和展览会等活动,为产学研合作提供平台,促进深海矿产资源开发技术的交流与协同创新。

4 结 语

1) 深海矿产资源开发技术目前处于第二阶段——技术发展期,专利申请趋势呈现总体上扬的态度。

2010年之前,全球专利申请以国外申请人为主;自2012年起,中国申请人积极布局,逐渐占据了全球专利申请的主导地位,这充分体现了中国在技术研发和市场开拓方面的巨大潜力。

2) 深海矿产资源开发技术的快速进展为全球矿产资源的开采、利用及环境保护提供了强有力的支持。随着技术的不断进步和各国在该领域的激烈竞争,深海矿产资源开发已成为国家战略的重要组成部分。从专利申请的趋势来看,海洋工程装备、资源勘探技术和开采技术等领域逐渐成为关注的重点,反映了技术创新的加速。

3) 中国的创新主体在积极推进深海矿产资源开发的过程中,应紧密关注全球专利布局和技术趋势,以抓住未来的发展机遇,推动国内技术进步和产业升级。同时,国内高校和企业应继续发挥主导作用,攻克核心技术,加强国际合作与技术交流,以实现深海矿产资源高效、绿色开发,为全球资源可持续利用作出贡献。

参考文献:

- [1] 李家彪,王叶剑,刘磊,等. 深海矿产资源开发技术发展现状与展望[J]. 前瞻科技, 2022,1(2):92-102.
- [2] 张明,郑皓,李满红,等. 深海采矿水下输送系统提升硬管选型及水动力校核研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(5):37-41.
- [3] 吴卓,郑皓,刘效松,等. 海底多金属硫化物采掘机构滚筒切削特性研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(6):1-5.
- [4] 王芳,林群锋,王艺菲,等. 深海法视域下的深海资源调查装备发展研究[J]. 海洋开发与管理, 2023,40(8):64-69.
- [5] 李嘉豪,金永平,刘德顺,等. 履带式微型海底钻机行驶动力学建模与分析[J]. 矿冶工程, 2023,43(5):1-5.
- [6] 刘辛军,于靖军,谢福贵,等. 行为机构学与高端装备创新设计[J]. 机械工程学报, 2023,59(19):202-212.
- [7] 许明,徐江敏,卢道华,等. 深海采矿垂直管道内异形粗颗粒运动状况研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(3):42-46.
- [8] 吴波,程小明,田超,等. 深海采矿系统水动力技术研究综述[J]. 中国造船, 2016(3):204-214.
- [9] 张浩,陈小平,汤明刚,等. 深海多金属结核矿物输送模式特征与适应性研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(4):32-38.
- [10] 胥彦玲,李纯,张红. 基于专利信息的国际大气污染防治技术发展趋势分析[J]. 科技管理研究, 2018,38(7):63-72.
- [11] incopat 全球专利数据库[EB/OL]. <https://www.incopat.com/>.

引用本文: 段晓影,卓晓军,高静,等. 基于专利信息的深海矿产资源开发技术趋势分析[J]. 矿冶工程, 2024,44(5):7-11.