

doi:10.3969/j.issn.1005-152X.2021.11.013

基于专利计量的船舶动力系统技术趋势分析

周航¹, 盛永祥¹, 吴洁^{1,2}(1. 江苏科技大学 经济管理学院, 江苏 镇江 212003;
2. 江苏科技大学 海洋装备研究院, 江苏 镇江 212003)

[摘要]采用专利挖掘与数据分析技术,研究船舶动力系统领域的发展趋势、研究动态、技术焦点等,并从全球和中国两个层面出发,研究船舶动力系统领域的发展现状及技术热点,有助于我国船舶行业进一步把握不同船舶动力系统的特性,为促进我国航运绿色发展给予相关启示与建议,也为我国船舶企业将船用传统能源转变为清洁能源转变提供有益参考。

[关键词]船舶动力系统;专利分析;技术演化

[中图分类号]F252

[文献标识码]A

[文章编号]1005-152X(2021)11-0066-05

Technology Trends Analysis of Ship Power System Based on Patent Metering

ZHOU Hang¹, SHENG Yongxiang¹, WU Jie^{1,2}

(1. School of Economics & management, Jiangsu University of Science & Technology, Zhenjiang 212003;

2. Institute of Marine Equipment Research, Jiangsu University of Science & Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: Using patent mining and data analysis technology, we studied the development trends, research trends, technical focus and so on in the field of ship power systems. From the aspects of both China and the whole world, we studied the development status and technical hot spots in said field, which will provide relevant enlightenment and suggestions to promote the green development of the shipping industry in China and lead ship companies to shift toward clean energy from traditional energy.

Key words: ship power system; patent analysis; technology evolution

0 引言

十九大报告指出,要加快建设海洋强国,提高海洋资源的开发和利用能力。随着船舶海工行业的飞速发展,现代化船舶正呈现出大型化、快速化以及自动化的发展趋势,而动力系统作为整船的核心,其运行不仅关系着船舶航行时的动力性,同时还与航行的可靠性、稳定性、经济性存在紧密联系,在科技飞速发展的当下,其重要性日益凸显。传统的船舶动

力系统有蒸汽轮机、燃气轮机、柴油发动机等,但是传统大型柴油发动机排放的废气会造成严重的海洋环境污染,因此,寻求功率、能耗、环保三者之间的均衡点是未来船舶动力系统领域技术发展亟需解决的问题。2018年4月第72届会议上国际海事组织(International Maritime Organization, IMO)海上环境保护委员会提出了IMO海运温室气体(Greenhouse Gas, GHG)减排初步战略,明确指出国际海运业未来的绿色发展方向、船舶低碳技术的发展方向,同时对海洋

[收稿日期]2021-07-23

[基金项目]国家社科基金后资助项目“产学研联盟主体知识转移博弈和创新绩效研究”(19FGLB029);江苏省高校哲学社会科学研究重点项目“资源双依赖视角下后发企业创新机理与实现研究”(2018SJDZ1053);教育部人文社科基金“地方高校协同创新中大学社会资本作用机制和培育路径研究”(20YJA880044)

[作者简介]周航(1997-),男,江苏常州人,硕士,研究方向:技术创新、供应链创新;盛永祥(1969-),男,江苏大丰人,博士,教授,硕士生导师,研究方向:复杂网络;吴洁(1968-),女,江苏滨海人,博士,教授,博士生导师,研究方向:技术创新及管理。

环境保护提出了更高的要求^[1]。因此,对船舶动力系统研究现状以及发展趋势进行深入分析,有着非常积极的现实意义与价值。

目前,已有较多学者对船舶动力系统领域进行研究,如林辉^[2]、负廷军,等^[3]对国内外船舶动力系统现状进行剖析,并预测未来船舶动力系统发展方向;岳万宁,等^[4]在电力推进系统方面设计的 AFE 变频器解决了因谐波注入造成的电网污染问题;何金平,等^[5]在现有双燃料船舶布置结构的基础上进行优化改进,降低了机舱内气体燃料爆炸的概率。关于专利分析,已有许多学者利用专利分析的方法探究技术发展动态,如 Braun,等^[6]对太阳能发电技术发展进行了研究;Varcoe,等^[7]对燃料电池技术发展现状进行了分析;丁礼谦,等^[8]对智能船舶相关重点技术进行了研究;王春杨,等^[9]基于地方城市专利数据,探讨了高铁对沿线城市创新能力的影响。

专利作为技术信息的有效载体,囊括了全球 90% 以上的最新技术情报^[10],已有许多学者采用专利分析方法研究太阳能发电^[6]、微电网^[11]等领域的技术演化,以此来分析各领域的技术发展趋势。由此可见,目前专利分析技术在诸多领域得以广泛应用。虽然已有较多学者对具体船舶动力系统技术进行研究,但尚未有学者基于专利的视角对船舶动力系统技术发展进行分析。因此,本文将基于专利分析的方法,聚焦技术发展,对全球船舶动力系统领域发展态势、核心专利和技术演化等进行分析,为今后船舶动力系统领域的技术发展提供有益参考。

1 专利分析

1.1 专利总体发展态势分析

通过对专利申请的能够及时掌握目标技术的发展态势^[12]。截至 2020 年 12 月 30 日,运用 Patsnap 全球专利数据库检索并进一步通过人工筛选出船舶动力系统领域专利 490 条,共 381 组。图 1 给出了全球和中国船舶动力系统技术专利申请趋势。由图 1 可知,2000 年以前,全球和中国都仅有少量专利申请;2000 至 2013 年,由于船舶海工行业发展需要,对

船舶动力系统在动力、稳定等方面提出了更高的要求,专利申请开始缓慢上升。2013 年之后,随着经济全球化的快速发展,世界各国对大型运输船舶的需求日益增加,专利申请量进入快速增长时期。可见,船舶动力在未来具有较大的发展潜力。中国的专利申请趋势与全球申请趋势相似,但是出现时间较晚,直到 2006 年之后才出现相关专利申请。然而,从中国专利申请占比来看,呈现逐年上升趋势,这表明我国在船舶动力系统领域的创新力和影响力正不断提升,占有一席之地。

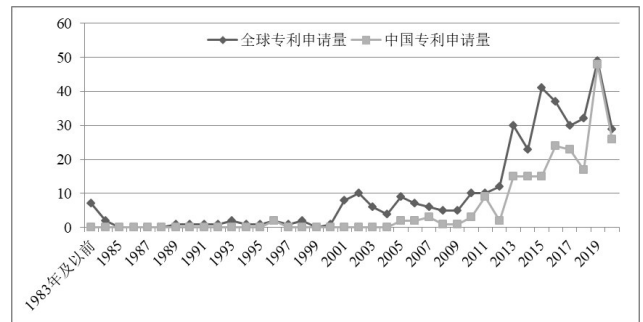


图1 船舶动力系统领域专利申请趋势

1.2 专利技术关注焦点分析

国际专利分类(International Patent Classification, IPC)是现有通用的专利技术分类方法。通过对 IPC 分析可以了解当前技术领域的研发重点,从而把握目标技术未来的发展方向。因此,本文通过对船舶动力系统领域专利的 IPC 进行统计分析,将全球排名前 10 的 IPC 技术定为技术焦点,对筛选出的 381 组专利进行分析,发现船舶动力系统领域的专利申请情况见表 1。

1.3 重点专利申请人分析

针对船舶动力系统领域的专利申请人进行分析。由图 2 可知,全球排名前 15 的申请人共申请专利 141 件,占据全部申请量的 36.06%,而排名前列的中国的哈尔滨工程大学的专利申请量是 36 件,占全球申请量的 9.21%,属于第一梯队,遥遥领先于其他公司,可以看出由于其雄厚的科研实力和分布较广的技术领域,在全球市场竞争中掌握着主动权;GENERAL ELECTRIC COMPANY(通用电气公司)和上海海事大学的专利申请量分别为 24 件、10 件,分别

表1 全球数量排名前10的IPC技术

排名	IPC	专利数/件	专利占比	技术含义
1	B63H21	189	22.63	船上推进动力设备或装置的使用
2	B63H23	52	6.23	从推进动力设备至推进部件的动力传递
3	H02J3	38	4.55	交流干线或交流配电网络的电路装置
4	H02J1	37	4.43	直流干线或直流配电网络的电路装置
5	H02J7	29	3.47	用于电池组的充电或去极化或用于由电池组向负载供电的装置
6	B63J3	27	3.23	辅助设备的驱动
7	H01M10	21	2.51	二次电池;及其制造
8	F02D19	17	2.04	以使用非液体燃料、多种燃料,或在可燃混合气中添加非燃料物质为特点的发动机的控制
9	H01M8	17	2.04	燃料电池;及其制造
10	H02H7	17	2.04	专用于特种电机或电设备的或专用于电缆或线路系统分段保护的紧急保护电路装置

占比6.14%、2.56%,属于第二梯度,研发团队实力相对较强;其他申请人西门子股份公司、中国船舶重工集团公司、三菱重工有限公司、中国舰船研究设计中心等专利申请量的差异不大,属于第三梯队。

全球主要申请人中,属于中国的有10家,分别是哈尔滨工程大学、上海海事大学、中国船舶重工集团、江苏科技大学等,总申请量占全球主要申请人的66.7%,位居第一。

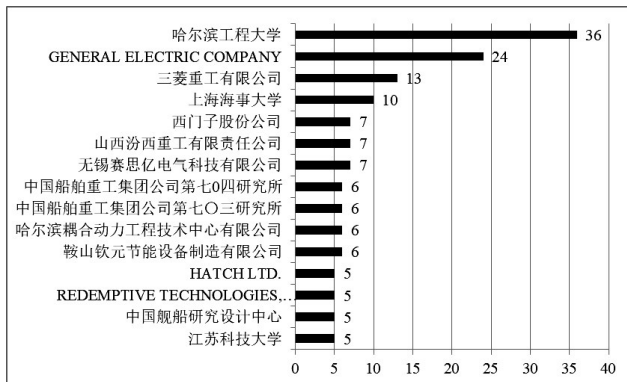


图2 船舶动力系统领域专利全球重点申请人分析

1.4 核心专利识别

核心专利是指在某个领域具有高度影响力和创新性的且具有重要经济价值的专利^[13]。因此,识别核心专利是进行技术演化分析的基础,对于分析目标技术当前发展现状和预测未来发展方向起到重要作用。一般情况下,专利被引频次是识别核心专利的

重要指标,若目标专利被引频次越高,表明此专利在该技术领域具有较高的创新性和价值。

依据普莱斯定律,本文以专利被引频次界定专利是否为核心专利^[14-15]。定义专利被引频次在 $M \sim N_{\max}$ 内则为核心专利。其中 $M = 0.749\sqrt{N_{\max}}$, N_{\max} 为目标技术领域专利中最高被引频次。经统计,船舶动力系统领域内单件专利被引频次最高达到140次,即 $N_{\max} = 140$, $M = 0.749\sqrt{N_{\max}} \approx 8.86$ (次),所以被引频次达到9的专利方可认定为核心专利。为了保证核心专利的有效性,本文还结合专利的法律状态对专利进行识别,对有关驳回、撤销等法律状态的专利予以排除,最终统计获得51件核心专利,见表2。

表2 核心专利被引频次排序表

排名	公开(公告)号	IPC分类号	被引用专利数量
1	US6434945B1	F23D14	140
2	US20040199297A1	H02J3	84
3	JP2008202545A	F02D19	76
4	US6573691B2	H02J3	72
5	US20130009469A1	H02J3	70
6	US6603795B2	H05B7	67
7	US6551731B1	H01M8	65
8	JP2009219263A	H02M7	50
9	US20070122667A1	H01M8	48
10	JP2013193503A	B63H21	43
11	US5804953A	H02M1	41
12	US20150021998A1	H02J5	38
13	US7963117B2	F25B39	38
14	JP1994159182A	F02D1	37
15	JP2003074855A	F23R3	34
16	WO2004028899A1	H02J4	32
17	JP2005354861A	B63H21	29
18	US6645017B1	B63J3	29
19	CN101219644A	B60L11	22
...
51	JP1985018495A	B63H21	9

2 专利技术演化分析

进行专利文本分析有利于精确把握目标技术的核心要点。通过专利文本发现,船舶动力系统领域的专利申请主要集中于电力推进系统和燃料系统两个技术层面。本文结合核心专利技术分析,针对动力系统发展过程中存在的技术问题进行研究,为相关研发机构和企业提供新的研究方向和思路。

2.1 核心专利筛选

本文引用专利文献数量和非专利文献数量、被引频次等10个指标^[16]从381组专利中筛选出28条核心专利,并根据电力推进系统和燃料系统两个技术层面对核心专利进行归纳分析,最后按照时间顺序绘制专利发展演化图,如图3所示。

2.2 电力推进系统

由于传统大型柴油发电机会造成严重环境污

染,各大船舶动力系统生产商开始努力设计更加节能环保的推进方式。船舶电力推进系统一般与柴油发电机、变频器、变压器等电气设备进行组合使用,以传统的驱动螺旋桨的方式进行推进。电力推进系统最早出现在20世纪80年代,三菱重工株式会社应急电动推进装置(JP1985018495A)和(JP3576528B2)的研发为之后船舶电力推进领域的发展奠定了基础;之后国外企业开始尝试使用电力作为船舶动力源,例如西门子公司的(WO2000047464A1)正式将电力推进引入到船舶的推进系统中,此后电力推进系统得到大力发展,直到2006年株式会社日立制造所(JP4857442B2)公开了一种简化船体螺旋桨结构和舵结构的新型吊舱式螺旋桨,吊舱式推进系统开始出现。

2007–2016年间,随着内燃机类船舶推进系统的废气排放对环境造成的污染愈加严重,而现有电动

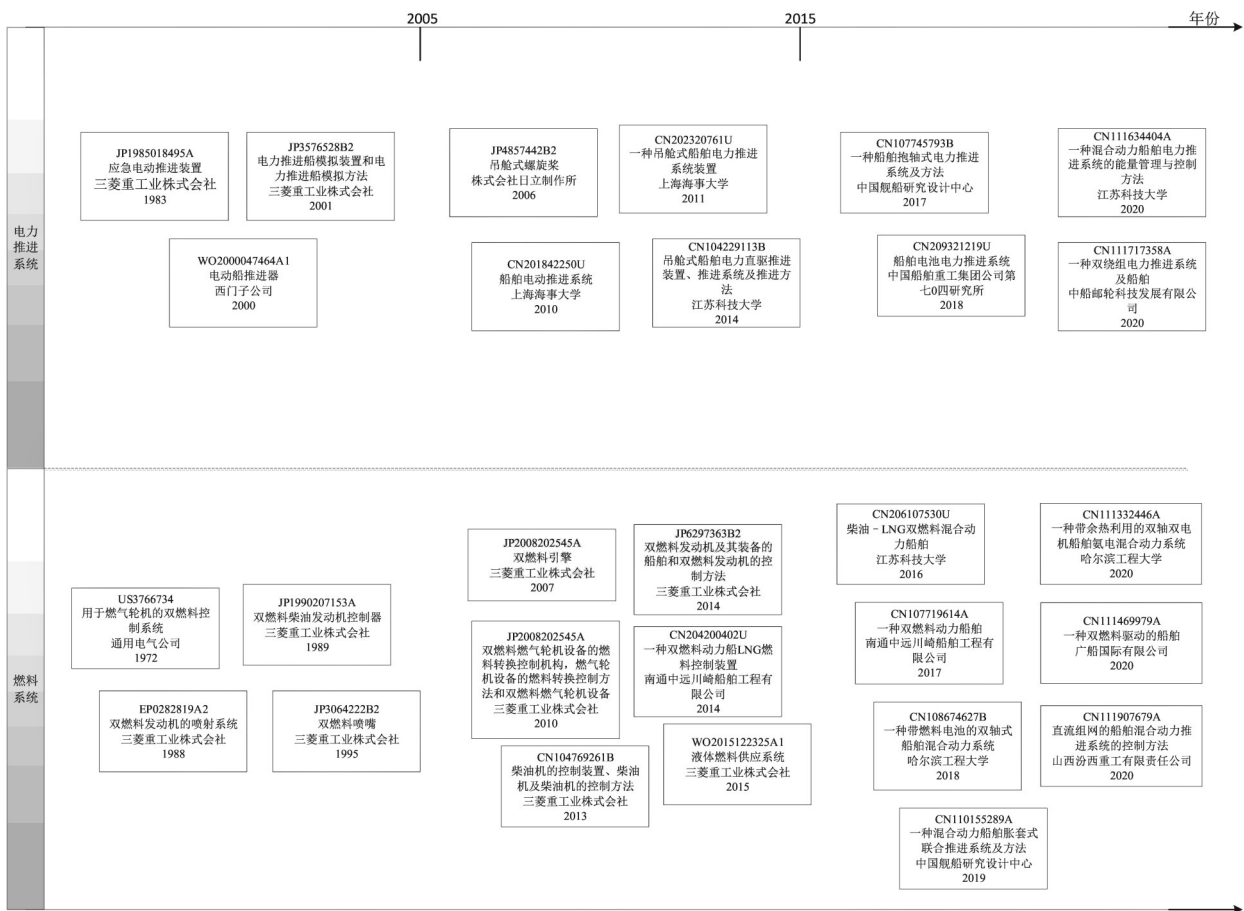


图3 船舶动力系统领域技术路线图

船舶电能利用率低,提高船舶电能利用率成为需要迫切解决的问题。近年来国内船舶电力推进领域稳步发展,2010年上海海事大学提出了基于动力电池的船舶电动推进系统(CN201842250U),为了简化船舶动力系统结构和布局,上海海事大学的(CN202320761U)和江苏科技大学的(CN104229113B)在现有吊舱式电力推进系统技术的基础上进行深度探索,并取得了一定的成果。

2017–2020年间,随着国家对船舶污染物排放进行大力度的控制,混合电力推进的供能方式逐渐替代了以往单一的柴电电力推进方式,例如,2017年中国舰船研究设计中心的抱轴式电力推进(CN107745793B)、2018年中船重工的电池电力推进方式(CN209321219U)、2020年中船邮轮科技发展有限公司的双绕组电力推进方式(CN111717358A);而在电力推进控制方面,2020年江苏科技大学采用的锂电池、燃料发电以及超级电容三种能量供给技术(CN111634404A),为船舶不同的动力需求提供了贴切的供能组合。

2.3 燃料系统

燃料系统作为大型运输船舶常用的动力源,主要分为传统的柴油机动力系统和燃气轮机动力系统。较于电力推进系统,燃料系统兴起较早,最早出现在20世纪70年代,是由通用电气公司推出的双燃料控制系统技术(US3766734)。1972–2000年间,由于航运经济发展需要,三菱重工业株式会社开始大力发展燃料系统,从最初的双燃料喷射系统(EP0282819A2),转向双燃料发动机(JP3064222B2)、(JP2008202545A)、(JP6297363B2)的改进和双燃料控制系统(JP1990207153A)、(JP2008202545A)、(CN104769261B)的优化,不断完善油、气燃料模式的切换,以保障燃料系统的安全性和稳定性。2014年,南通中远川崎船舶工程有限公司在国际现有技术的基础上,优化升级了原有燃料的加注管路(CN204200402U);与此同时,三菱重工业株式会社针对气体燃料和液体燃料的供应问题(WO2015122325A1),进一步深入研究,并取得了一定的成果。

随着LNG作为清洁能源越来越受到青睐,船运等相关行业将LNG列为可代替常规船用燃油的首选燃料,2016–2018年间,国内科研院所和企业在现有技术条件下开始发展双燃料动力船舶,其中,江苏科技大学(CN206107530U)、南通中远川崎船舶工程有限公司(CN107719614A)实现了柴油–LNG双燃料动力系统在滚装船上的运用;随着节能减排成为研究热点,混合动力系统开始出现。

2019–2020年间,混合动力系统逐渐成为国内各企业和科研院所的研发重点,中国舰船研究设计中心的胀套式联合推进(CN110155289A)、哈尔滨工程大学的氨电混合动力系统(CN111332446A)、广船国际有限公司的低硫油和甲醇双燃料驱动方式(CN111469979A)和山西汾西重工有限责任公司的直流组网的混合动力系统(CN111907679A)丰富了船舶动力源,设计出一种控制系统,以根据工况切换不同的运行推进模式,极大地发展了船舶混合动力系统。

3 结语

从专利统计来看,船舶动力系统技术领域的全球和中国技术发展总体呈现上涨趋势。从全球专利申请态势的角度分析,2001年之前为技术空窗期;2001–2013年间开始步入缓慢增长期;2013年之后进入快速发展阶段。我国的船舶动力领域技术发展稍有滞后,但2014年之后,我国无论是在专利数量方面,还是在专利质量方面,都有很大突破,成长为全球船舶动力系统领域申请专利最多的国家。

由技术演化路径分析可知,船舶动力系统领域的技术发展主要集中在电力推进系统和燃料系统两个方面。其中,电力推进系统的技术重点主要集中在使用燃料电池、超级电容等多种电力源发电;燃料系统的技术重点主要集中在LNG双燃料动力系统、船舶混合动力系统。节能、环保是未来船舶动力系统领域的主流发展方向。

船舶动力系统在传统柴油发动机、电力推进系统和混合动力系统等方面已有了一定的技术突破,但随着船舶海工行业发展需求和(下转第160页)