

特色专题

全球液氢运输船专利技术分析及发展建议

刘晓鹏¹, 金燕子², 何新^{1*}, 陈婷², 伍汉青¹

摘要 在碳中和的大环境下, 氢能源拥有巨大市场潜力, 能否实现液化天然气一样的海上运输规模, 成为制约其广泛应用的关键因素, 液氢运输船的研制显得尤为迫切。通过检索全球液氢运输船领域的专利文献, 采用定量与定性相结合的方法分析专利发展路径, 全面展现液氢运输船领域的技术创新态势; 聚焦船舶总体设计、液氢储罐设计、液货处理系统研发、液氢动力系统研究等关键技术, 从专利布局的角度研究技术发展路径, 在技术创新、专利布局、专利风险 3 个方面提出发展建议, 应重点围绕液氢运输船布置、液氢储罐设计、液氢蒸发气体处理等问题开展技术创新。同时, 加快在液氢运输船的船型结构、储罐型式(多种类型)、机舱布置方案及再液化系统(含制冷剂的选择)等关键技术方向的专利布局, 并在技术方案成熟应用之前, 完成所有具有潜在应用可能性的技术方案的专利保护。

关键词 液氢运输船; 专利布局; 技术发展路径

为应对全球气候变化, 世界各国相继出台环保法案, 彰显了未来全球能源绿色低碳转型的大趋势^[1-3]。氢能作为一种清洁无碳、灵活高效且应用场景广泛的二次能源, 具有零碳、可储能的特点, 能够实现与电能之间的相互转化, 是传统化石能源与可再生能源的促进者和协同者, 已成为全球能源清洁化转型的重要方向^[4-6]。氢气储运作为连接制氢侧和用氢侧的桥梁, 是实现氢能大规模应用的关键环节^[7-9]。由于液态氢运输相对于气态运输更具商业优势^[10], 因此, 克服液氢低温特性对液氢运输船发展的制约, 突破相关技术限制, 成为氢能能否全球大规模使用的关键^[11-12]。

1 研究方法

首先, 通过查阅文献、开展会议研讨等形式调研

液氢运输船的技术发展动态, 聚焦船舶总体设计、液氢储罐设计、绝缘隔热系统开发、液货处理系统研发、船舶动力系统研究等关键技术, 参考相关技术的中英文关键词和同义词, 结合对应技术的国际专利分类号(international patent classification, IPC), 构建专利检索策略形成检索式, 开展专利检索。再由本领域的技术人员和专利研究人员从主题词、专利权人、IPC、应用领域等角度进行筛选去噪和人工标引, 构建液氢运输船专利数据库, 为开展专利技术分析奠定数据基础^[13-14]。

其次, 基于专利数据, 采用数理分析方法对当前液氢运输船的专利申请趋势、专利类型分布、技术类别和主要专利权人等要素进行定量分析, 展现当前全球液氢运输船的创新发展态势^[15]。在此基础上, 筛选关键技术领域核心专利, 分析技术方案, 明晰技术发展路径。同时, 开展针对液氢运输船主要创新主体的专利布局重点对比研究, 揭示相关创新主体在本领域的专利保护思路。

1. 中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院, 北京 100081

2. 沪东中华造船(集团)有限公司, 上海 200129

收稿日期: 2024-01-08; 修回日期: 2024-07-11

作者简介: 刘晓鹏, 工程师, 研究方向为船舶知识产权研究, 电子信箱: liuxiaopeng@cimtec.net.cn; 何新(通信作者), 高级工程师, 研究方向为船舶知识产权研究, 电子信箱: hexin@cimtec.net.cn

引用格式: 刘晓鹏, 金燕子, 何新, 等. 全球液氢运输船专利技术分析及发展建议[J]. 科技导报, 2025, 43(7): 92-99; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2024.01.00058

最后,结合专利分析结论,结合情报跟踪和市场分析等其他学科方法进行解读和验证^[16],为中国液氢运输船研制相关创新主体的技术发展和专利布局提出合理化对策建议。

2 液氢运输船全球专利态势分析

基于 PatSnap 全球专利数据库,检索近 20 年液氢

运输船相关技术领域的专利数据。根据检索结果可知,截至 2023 年 10 月,全球相关技术创新主体在液氢运输船领域累计公开专利 868 件,其中有超过 40% 的专利申请为近 5 年新公开的专利技术。由此可见,随着国际环保法规要求的日趋严苛,本领域的创新主体正不断加紧对绿色低碳新能源的相关技术研发,对液氢运输船的相关技术创新活动也愈发活跃,其相关专利申请进入快速增长期(图 1)。

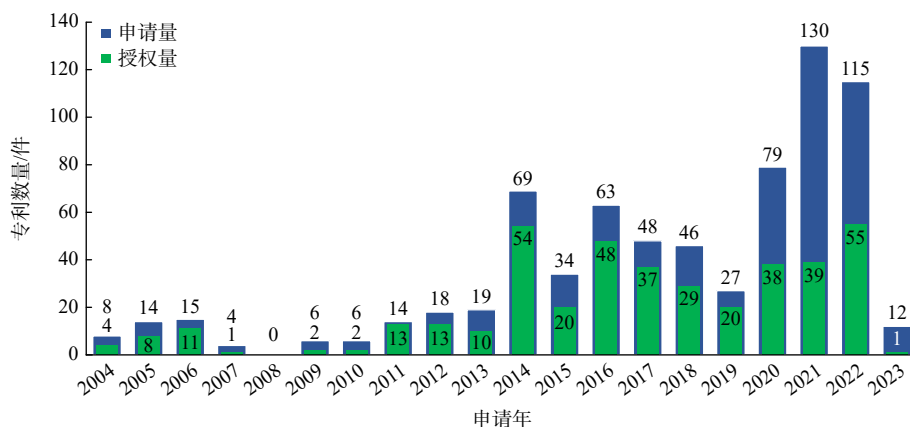


图 1 全球液氢运输船专利申请趋势

专利类型的分布是判断该技术领域创新水平高低的重要指标,也是衡量相关创新主体对本领域技术创新成果重视程度的关键要素。图 2 为液氢运输船专利类型分析图,由图 2 可知:当前液氢运输船的相关技术专利中发明专利(即发明申请和授权发明专利数量的总和)占比超过 85%,远高于船舶工业的总体行业水平。由此可知,当前该领域的相关技术专利具备较高创新水平,同时本领域的创新主体也十分重视相关技术的创新保护,更倾向于通过申请技术保护周期更长、保护范围更全面的发明专利进行创新成果保

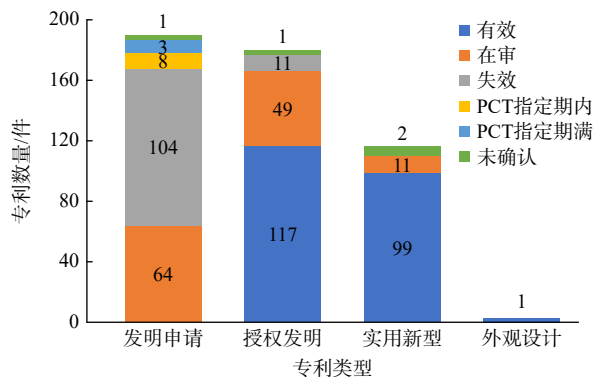


图 2 全球液氢运输船专利类型分析

护。此外,通过对当前本领域的专利法律状态分析可知,目前液氢运输船相关技术专利中大部分处于有效状态,在审专利占比接近 20%。由此可知:当前本领域的相关技术专利创新活跃度较高,未来的发展势头强劲,相关专利技术发展仍旧处于成长期。

通过将液氢运输船专利进行 IPC 技术归类,直观展现该领域当前的技术创新方向和专利布局热点。表 1 为液氢运输船专利 IPC 分析。由表 1 可知,目前本领域的专利技术主要集中在液氢储罐的零部件设计、氢气液化的方法或设备开发、船舶总体布置方案、液氢泵或泵送系统研究、船舶推进设备或装置的使用等方向。进一步结合具体的专利文本分析可知,当前液氢运输船相关专利数据中,船型设计、储罐结构、液货处理系统是当前创新热点,各创新主体的专利布局重点主要集中在开发与液氢储罐适配的船型和解决液氢储存、液氢运输过程中蒸发处理 2 项关键难题。

为进一步展现液氢运输船关键技术各创新主体间的主要竞争态势,为国内相关创新主体有针对性地开展专利侵权风险规避和技术研发提供参考,将液氢

表 1 全球液氢运输船专利 IPC 分析

IPC分类号	IPC技术类别	专利数量/件
F17C13	容器或容器装填排放的零部件	97
F25J1	气体或气体混合物液化或固化的方法或设备	93
B63B25	载荷处理装置,例如堆放,平衡;以其为特征的船只	67
F04B39	不包含在F04B25/00至F04B37/00组中或与上述组无关的专门适用于弹性流体的 泵或泵送系统的零件、部件或附件	67
F17C3	非压力容器	63
F17C9	自非压力容器排放液化或固化气体的方法或装置	48
F17C1	压力容器,如气瓶、气罐、可替换的筒	36
B63H21	船上推进动力设备或装置的使用	32
F04B37	专门适用于弹性流体的并且其相关特征不包含在F04B25/00至F04B35/00组中或与上述各组无关的泵	25
B65D90	大型容器的零件、部件或附件	20

运输船主要创新主体在本领域的专利技术布局情况进行汇总和归纳,如表 2 液氢运输船主要创新主体专利布局分析所示。由表 2 可知,液氢运输船当前主要创新主体包括川崎重工、林德公司、法国液空、大宇造船、三星重工、三菱重工等企业,其中,川崎重工在液氢运输船 4 项关键技术方面均有布局,在本领域拥有较强的技术实力。通过对专利文本的进一步研读,

总结归纳其核心布局要点发现,目前液氢储罐、液货处理系统是液氢运输船实现应用所需突破的关键核心技术;液氢运输船设计与布置则主要是基于液氢储罐的特点,在液化天然气(liquefied natural gas, LNG)运输船型上进行针对性改进;而液氢运输船动力目前主要聚焦在 LNG 动力、氢发动机、氢燃料电池 3 种技术路线。

表 2 全球液氢运输船主要创新主体专利布局分析

技术领域	专利数量/件	主要创新主体	核心布局点	对国内创新主体的影响
船型设计与布置	172	川崎重工、三星重工、大宇造船	储罐布置、装卸系统、通风结构、其他配套结构	较高
液氢储罐(含绝热)	320	川崎重工、林德公司、法国液空	储罐壁结构、内部及顶端结构、顶端结构、绝热结构	较高
液货处理系统	399	三菱重工、法国液空、林德公司、川崎重工	液氢泵、压缩机、换热器的结构与控制方法、再液化流程与方法	一般
船用动力系统	10	川崎重工	LNG动力系统、燃料电池动力、氢发动机动力	一般

3 关键技术专利创新态势分析

3.1 船舶总体设计

截至 2023 年 10 月,在液氢运输船船舶总体设计相关技术领域,全球创新主体总计申请专利 172 件,经过技术归纳共涉及 76 个技术方案。本领域的相关创新主体中川崎重工、三星重工和大宇造船 3 家企业具有较为明显的技术优势,表 3 为液氢运输船船舶总体设计专利创新态势分析。由表 3 可知,该领域的主要创新主体技术创新热点各有不同,其中川崎重工综

合实力最强,重点解决液氢储罐在船上的布置、液氢储罐装配到船上所需的配套结构、装卸系统、通风桅杆的设计、紧急情况下液氢的处理问题;三星重工聚焦 LNG 动力液氢运输船进行布局,解决了船体甲板上船员起居室、燃料舱和机舱的布置问题,以及围堰的加热方法;大宇造船基于液氢储罐结构进行多项外围创新,提出同时运输液氢和 LNG 的技术方案。上海船舶研究设计院作为国内相关技术发展的典型代表,在本领域的专利布局主要涉及液氢储罐装配到船

表 3 船舶总体设计专利创新态势分析

创新主体	创新点	专利技术创新方案
川崎重工	储罐布置	沿船体纵向布置3个以上液氢储罐,液氢储罐顶部高出船体上甲板
		液氢储罐之间的间距设计
		氢输送与转驳的设备的位置布置以及相应的液舱间距的设计
	配套结构	应急绝热层设计在储罐真空绝热空间之外
		液氢储罐要配置有储罐盖子,储罐与储罐盖之间配置有惰性气体
	装卸系统	不同于LNG装卸系统的旋转接头,采用真空绝热双层管装卸液氢
		惰性气体及替代气体管路的设计和传输流程
三星重工	通风桅杆	由于氢的燃烧范围比LNG大,通风桅杆需要将氢气排放得更远
		桅杆主体,上方设置有排放管,排放管和桅杆主体通过鼓出管道连接,鼓出管道内设置有承接雨水的漏斗
		排放管的长度大于内径,能够抑制氢气沿水平方向扩散,更多地从垂直方向排放
	紧急处理	液氢储罐中设置有泵和配管,用于将液氢向海洋排放
三星重工	机舱和燃料舱布置	外周部的末端侧部分与外部空气的接触面积比所述外周部的其他部分与外部空气的接触面积大,抑制了所述配管的末端附近被固态空气封堵
		船体布置上,甲板室(船员起居室)设置在甲板上靠近船首一端,机舱和燃料舱(C型罐)都安装在甲板上,甲板下能沿船体纵向布置更多的液氢储罐
		局部结构上,燃料舱与液氢储罐之间围堰的加热方法
大宇造船	液氢储罐内部结构	蒸发气体处理上,3个技术要点,一是液氢蒸发气作为燃料电池的能源,LNG蒸发气作为发动机的能源;二是液氢蒸发气体作为热源冷却循环通过空气冷却器的工作流体,或者是用于锅炉产生蒸汽;三是液氢蒸发气体再液化,涵盖冷却装置冷却、膨胀再液化、气液分离3个主要步骤
		液氢蒸发气体作为燃料电池的能源(可结合压载水系统产生的氧气)
		液氢蒸发气体用作合成氨
		发动机直接燃烧蒸发气体
上海船舶设计研究院	配套结构	液氢蒸发气体再液化系统(回流至储罐)和方法
		储氢金属储存液氢蒸发气体,并做余热回收
		LNG与液氢同步运输
上海船舶设计研究院	配套结构	同时运输LNG与液氢,液氢蒸发气体的冷却热量用于将LNG蒸发气体再液化
		在船舶止浮平台和支撑平台之间设置多个沿着液氢球罐周向分布的鞍座
上海船舶设计研究院	配套结构	液氢球罐设于船舶货舱区域内,并在液氢球罐的周围设置水平支撑平台

上所需的配套结构,但创新技术专利产出相对本领域优势技术企业偏少。

3.2 液氢储罐设计

不同于传统的陆用液氢储罐,液氢运输船的液氢储罐设计,一方面需要关注储罐结型式对船舶空间布置的影响以期实现液氢运载量的最大化,提高船舶运输的经济性;另一方面需要关注在远洋运输中不同海况条件下船舶姿态化对液氢存储的影响以期实现液氢运载过程的平稳高效,提高船舶运输的安全性。同时,液氢储罐与船舶系统的适配性也是需要重点关注的方向之一。表 4 为液氢运输船液氢储罐设计专利

创新态势分析。由表 4 可知,当前本领域的主要创新主体中,川崎重工聚焦液氢储罐型式设计,提出顶部凸起球罐、双体型罐、球形罐改进 3 种液氢储罐;林德公司聚焦液氢储罐稳定性设计,提出内部设置平衡支撑板或六边形管束的小型液氢储罐;法国液空也同样关注液氢储罐的稳定性设计,在液氢储罐内设置纵横交错的板,用于限制和引导液氢流动。作为国内本领域的主要创新主体,北京航天试验技术研究所则是主要关注液氢储罐的绝缘隔热设计,提出设置多层隔热结构并利用氢物理状态变化的吸热特性,减少液氢存储过程中的漏热问题。

表 4 液氢储罐设计专利创新态势分析

创新主体	创新点	专利技术创新方案
川崎重工	顶部设置凸起部的球形罐	内槽以及包围内槽的外槽 内槽与外槽之间设置3个支持机构,支持机构内设置有隔热构件
	双体型罐	罐主体具有圆筒形的2个筒体部,每个筒体部具有比半圆长的圆弧状横截面形状 罐主体上设置有底连接部,该底连接部形成将所述2个筒体部的所述底部线之间直线连接的底部连接通路
	球形罐的改进	围绕铅垂中心轴对称的压力容器的船用液化气罐 向下方开口的具有下端部的上侧罐体和向上方开口的具有上端部的下侧罐体
	小型罐	储罐分为内壁、外壁,内外壁之间设置有真空绝缘空间 外壁上设置有多个平行螺纹,用于放置真空造成的牵引力所引发的变形 内壁所围成的内容器中间设置多个平行布置的支撑板,支撑板上可以设置有六边形的孔或者矩形孔
林德公司	内部多个管束	包括外容器和内部储存空间,内部储存空间由六边形的管组成 外容器和内部储存空间设置有绝缘空间 内部储存空间与外容器之间,设置若干制冷、导热性差的支撑件
	液氢储罐内部结构	在液氢储罐中设置多个水平布置、垂直布置的板,用于限制和引导液氢 液氢抽取的管路、增压管路
	双层低温液氢储罐	将液氢储罐分为上罐和下罐,罐体为双层,双层之间设置有绝缘层 上、下罐均设置有流体排出管 加压罐可以将气体供应到上罐和下罐
北京航天试验 技术研究所	储罐内部	储罐内部设置有氢气液化装置
	多层液氢储罐	液氢储罐分为内层和外层,内外层间设置绝热夹层

3.3 液货处理系统研发

液氢运输船的液货处理系统是实现提高液氢运输效率的关键系统之一,结合专利数据展现的技术创新方向可知,当前本领域的技术创新主要围绕液氢泵、氢气压缩机、氢气再液化系统、氢气换热器等技术方向展开。表 5 为液氢运输船液货处理系统专利创新态势分析。由表 5 可知,当前本领域的主要创新主体为三菱重工、法国液空、林德公司和川崎重工公司,其专利保护要点主要涵盖液氢泵、压缩机、换热器的结构与控制方法(智能控制),特别是在液氢蒸发气体再液化方面,整体流程、制冷剂的选择创新性强,是配套系统专利竞争的焦点。此外,国内以合肥通用机械研究院、北京航天试验技术研究所、蚌埠艾普压缩机制造有限公司、江苏国富氢能技术装备股份有限公司等为代表的创新主体,也围绕液氢运输船液货处理系统中的液氢泵隔离组件、氢气压缩机冷却器、氢气再液化系统蒸发气回收装置、氢气换热器支撑活动板等相关的零配件方面开展了部分的专利布局。

3.4 液氢动力系统研究

随着绿色能源动力系统的不断发展,开发绿色能源储存、运输、使用一体化的新能源船舶已经成为未来绿色船舶发展的重点方向之一。综合液氢运输船关键技术领域的检索结果和当前船舶领域的液氢动力发展现状可知,目前本领域的相关技术创新仍处于探索阶段,相关创新主体在本领域的相关技术专利布局数量较少,其中国外创新主体,川崎重工、大宇造船等企业拥有的 4 项技术方案,主要是将蒸发气体供应到发动机端,类似于 LNG 供气系统的思路;三星重工提出一种氢燃料电池船的技术方案。国内创新主体青岛科技大学提出一种 LNG 动力液氢运输船利用燃料冷能预冷液氢舱的系统;北京工业大学提出一种基于液氢燃料的椭圆活塞旋转发动机及其控制方法。

4 发展建议

当前在液氢运输船船舶总体设计相关技术领域,中国企业、高校与科研院所共申请液氢运输船专利

表 5 液货处理系统专利创新态势分析

关键部件	创新主体	专利技术创新方案
液氢泵	三菱重工 林德公司	液氢泵的结构,以往复式为主,也有离心泵,双层保冷池、密封装置是核心布局点
		液氢泵控制系统与方法
		液氢泵转速、流量测量装置,以及整体性能测试平台
氢气压缩机	法国液空 林德公司	氢气压缩机(液驱、往复式、活塞式)的结构,包括气缸、冷却装置、驱动结构、壳体
		结构、密封结构等
		氢气压缩机控制系统与方法
		氢气压缩机性能测试平台
氢气再液化 系统	川崎重工	无压缩机的再液化系统
		再液化管道,分为冷凝段和散热段
		磁制冷机可以通过在退磁和激发之间切换来冷却蒸发气体,并将热量释放给氢气
		液化后的氢气返回液氢储罐
		带有膨胀机再液化系统
		将氢气供应到供给管路
		制冷剂循环管路,包括使得氢气膨胀并生成冷热的涡轮式膨胀机,膨胀机入口设置有阀门(遥控阀门),膨胀机转速传感器
		热交换器,用于与氢气进行热交换
		初期冷却器,用于与液氮的热交换进行所述氢气及所述制冷剂的初期冷却(至液氮温度);冷却器,将氢气冷却至液氢
		压缩机,用于压缩氢气
氢气换热器	法国液空	包括压缩装置、冷却装置、膨胀装置
		冷却线路和回收线路
		第1制冷循环,采用液氮或者MR混合制冷剂
		第2制冷循环,使用有液氮或者包含液氮的制冷剂
		换热器包括壳体、换热室
	川崎重工	换热室内有承接液化气体和沉淀物的托盘
		液化气体的排出机构

228 项,数量不少,但分散掌握在近百个专利权人中,专利申请数量第 1 的专利权人北京航天试验技术研究所仅有 13 件相关技术专利申请,数量上与川崎重工、林德集团、法国液空等国外优势企业相比差距巨大。从技术方案看,中国液氢运输船专利创新点集中在液货处理相关的零配件方面,技术方案主要借鉴航空及陆上储氢技术,储罐结构及海上液货处理系统创新不足。此外,当前以川崎重工为代表的国外液氢运输船相关优势技术企业,已经在液氢运输船船型结构设计、舱室布置研究、船舶用液氢储罐形式开发以及氢液货处理系统总体设计等领域初步建立起专利技术优势,同时正在利用其在液化气体运输领域的技术积累,逐步构建液氢运输船关键技术领域的专利技术壁垒,企图遏制中国液氢运输船的进一步发展。

鉴于中国在液氢运输船研制、专利保护方面落后于川崎重工,以及欧洲、韩国的企业,未来自主研发设计建造液氢运输船难免触碰专利壁垒,发生专利纠纷。为对中国液氢运输船研制形成有效专利保护,并预先防范化解潜在专利纠纷,中国相关创新主体可以考虑从以下几个方面进行发展布局。

- 1) 在技术创新方面,充分剖析川崎重工专利布局体系,理清专利技术方案保护要点,提炼可借鉴的技术方案。结合中国陆上储氢装置现有成果,尽快提出液氢运输船设计思路与基本方案,重点突破液氢储罐、液氢蒸发气体处理、液氢运输船布置 3 大技术问题。
- 2) 在专利布局方面,参考川崎重工、林德公司及法国液空专利布局思路,重点围绕液氢运输船的船型结构、储罐型式(多种类型)、机舱布置方案,以及再

液化系统(制冷剂的选择)开展专利布局,在技术方案成熟应用之前,尽早完成所有具有潜在应用可能性技术方案的专利保护,尤其是再液化系统的专利布局,须尽快形成国内外专利组合。同时针对国外优势技术企业已经开展专利布局的技术领域,可考虑通过加强与国内相关技术优势创新主体的专利技术交叉许可和合作,积极开展联合攻关,形成产学研一体化发展模式,积极布局外围专利,形成能够与国外企业相抗衡的专利组合。

3) 在专利风险方面,重点跟踪川崎重工、林德集团、法国液空在中国布局专利法律状态,以及最新公开专利是否进入中国和潜在船东所在国家。针对审查阶段专利,立即向国家知识产权局提出公众意见,影响其授权进程与保护范围,提前化解潜在侵权风险;针对授权专利,协同相关技术单位判定侵权风险以及发生纠纷的可能性,提前制定应对策略。对专利稳定性好或者缩限后较为稳定且仍无法排查风险的,应当及时进行规避设计。

5 结论与展望

通过对全球液氢运输船相关技术专利的检索分析发现,目前该领域的专利技术正处于成长期,专利申请数量逐年增长,未来一段时间仍有较大可能保持稳定的增长态势。进一步聚焦本领域关键技术的主要创新主体,研究其专利技术创新方案可知,当前液氢运输船的船舶总体设计、液氢储罐设计、液货处理系统及液氢动力系统等关键技术领域涵盖的技术路线较多,部分技术仍旧处于探索阶段。

因此,中国的相关创新主体应当抓住液氢运输船关键技术发展的历史机遇,充分借鉴 LNG 运输船的相关技术,结合陆上储氢装置技术,重点围绕液氢运输船布置、液氢储罐设计、液氢蒸发气体处理 3 大核心问题开展技术创新。同时,加快设计思路的专利布局,学习借鉴国外创新主体在液氢运输船的船型结构、储罐型式(多种类型)、机舱布置方案以及再液化系统(含制冷剂的选择)等领域关键技术方向的专利布局方案,在技术方案成熟应用之前,完成所有具有潜在应用可能性的技术方案的专利保护。

参考文献(References)

- [1] 丁虹匀. 低碳经济—全球气候变化背景下新的发展向度[D]. 南京: 南京财经大学, 2011.
- [2] 张中祥. 碳达峰、碳中和目标下的中国与世界: 绿色低碳转型、绿色金融、碳市场与碳边境调节机制[J]. 人民论坛·学术前沿, 2021(14): 69–79.
- [3] 赵斌, 谢淑敏. “跨大西洋气候行动”: 拜登执政以来美欧气候政治发展析论[J]. 福建师范大学学报(哲学社会科学版), 2022(4): 30–42.
- [4] 张超, 宋鹏飞, 肖立, 等. 天然气催化裂解制氢与熔融金属裂解制氢的技术分析[J]. 低碳化学与化工, 2023(2): 127–132.
- [5] 宋鹏飞, 侯建国, 王秀林. 可再生能源氢储能与氢转化利用技术及发展模式分析[J]. 天然气化工—C1化学与化工, 2022, 47(3): 26–32.
- [6] Kannaiyan K, Lekshmi G S, Ramakrishna S, et al. Perspectives for the green hydrogen energy-based economy[J]. Energy, 2023, 284: 129358.
- [7] 黄嘉豪, 田志鹏, 雷励斌, 等. 氢储运行业现状及发展趋势[J]. 新能源进展, 2023, 11(2): 162–173.
- [8] Allendorf M D, Stavila V, Snider J L, et al. Challenges to developing materials for the transport and storage of hydrogen[J]. Nature Chemistry, 2022, 14(11): 1214–1223.
- [9] 冯展博, 孟凡玉. 氢能储运技术优缺点比较分析及未来发展探讨[J]. 能源技术与管理, 2023, 48(4): 30–33.
- [10] 吕翠, 王金阵, 朱伟平, 等. 氢液化技术研究进展及能耗分析[J]. 低温与超导, 2019, 47(7): 11–18.
- [11] 林文胜, 刘洪茹, 许婧煊. 液氢和液态有机氢载体的氢运输链能效及碳排放[J]. 天然气工业, 2023, 43(2): 131–138.
- [12] 时光志. 液氢运输船技术现状及发展方向[J]. 船海工程, 2022, 51(2): 81–85.
- [13] 陈伟, 王朔, 张凡, 等. 基于专利分析的煤制合成天然气技术竞争态势研究[J]. 天然气化工—C1化学与化工, 2018, 43(6): 107–117.
- [14] 王秀林, 隋依言, 侯建国, 等. 基于专利分析的小型站内天然气制氢技术发展态势研究[J]. 低碳化学与化工, 2023(6): 120–126.
- [15] 刘晓鹏, 魏剑, 何新, 等. 从专利布局看全球智能船舶关键技术发展路径[J]. 船舶工程, 2023, 45(4): 34–39.
- [16] Sun M H, Jia Y W, Wei J, et al. Exploring the green-oriented transition process of ship power systems: A patent-based overview on innovation trends and patterns[J]. Energies, 2023, 16(6): 2566.

Patent technology analysis and recommendations for liquid hydrogen carrier development

LIU Xiaopeng¹, JIN Yanzi², HE Xin^{1*}, CHEN Ting², WU Hanqing¹

1. China Institute of Marine Technology and Economy of China State Shipbuilding Corporation Limited, Beijing 100081, China

2. Hudong-Zhonghua Shipbuilding (Group) Co., Ltd., Shanghai 200129, China

Abstract Under the environment of carbon neutrality, hydrogen energy has a huge market potential, and whether it can realize the same scale of marine transportation as LNG has become the key factor restricting its wide application. So the development of liquid hydrogen carriers is particularly urgent. By searching the global patent literature in the field of liquid hydrogen carriers and analyzing the patent development path by combining quantitative and qualitative methods, the technological innovation situation in the field of liquid hydrogen carriers is fully displayed in this article. Then the development path of technology is studied from a perspective of patent layout in terms of key technologies such as overall design of the carrier, design of the liquid hydrogen storage tank, research of the liquid cargo handling system, and exploration of the liquid hydrogen power system. Finally, recommendations for China's development are put forward with a view of providing reference for domestic innovation subjects in this field.

Keywords liquid hydrogen carrier; patent layout; the development path of technology ●



(责任编辑 王微)