

【高校设计研讨】

当代大型邮轮绿色设计体系构成分析

潘长学, 吴昊龙

(武汉理工大学, 武汉 430070)

摘要: **目的** 针对我国大型邮轮设计建造尚处于起步阶段, 急需建立邮轮绿色设计体系与方法, 以国外现有大型邮轮为蓝本, 分析评估大型邮轮从设计、建造、运营到报废拆解的整个生命周期进程, 探究当代大型邮轮的绿色设计体系构成要素。**方法** 运用工业工程中产品绿色设计原则与船舶行业中“绿色船舶”的定义, 提出了邮轮绿色设计的概念及邮轮绿色设计应遵循的基本原则; 依据国际海事组织(IMO)和各国船舶行业协会的船舶绿色设计建造相关法律法规和规范标准, 分析评估大型邮轮全生命周期, 以满足用户功能需求与安全可靠性为前提, 在遵循邮轮绿色总体优化、结构轻量化设计、降低振动噪声、采用先进建造工艺与绿色动力系统的基础上融合邮轮美学设计, 构建了邮轮总布置设计、外观涂装设计、功能空间规划布局、内部装饰设计、采光与照明设计、材料工艺应用等的绿色设计方法, 从而梳理出大型邮轮绿色设计体系。**结论** 研究结论可为建立我国大型邮轮绿色设计体系方法的标准和规范提供参考。**关键词:** 大型邮轮; 生命周期进程; 绿色设计; 体系构成

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)12-0223-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.12.030

Analyzing the Constitution of Contemporary Large Cruise Ships' Green Design System

PAN Chang-xue, WU Hao-long

(Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

ABSTRACT: For the large cruise ship design and construction is still in the initial stage in our country, it's urgent to establish the green design system and method. Based on existing foreign large cruise, evaluation of large cruise from design, construction and operation to scrapping and dismantling of the entire life cycle process, the contemporary green design system components of a major cruise are explored. Based on the green design principle of products in industrial engineering and the definition of "green ship" in shipping industry, the concept of green design of cruise ship and the basic principles for green design of cruise ship are put forward. According to relevant laws, regulations and standards about ship design and construction from the International Maritime Organization (IMO) and each country, the entire life cycle process of large cruise ships from design is evaluated. On the premise of meeting users' functional requirements and safety and reliability, the cruise aesthetic design is integrated on the basis of following the overall green optimization of cruise, lightweight design of structure, reduction of vibration and noise, advanced construction technology and green power system. The green design methods, such as general layout design, exterior coating design, functional space planning and layout, interior design, lighting design, and material technology application, are constructed to sort out the green design system of large cruise ships. The research conclusion can provide reference for establishing the standards and norms of green design system for large cruise ships in China.

KEY WORDS: large cruise ship; life cycle process; green design; system constitution

近年来, 世界邮轮产业, 特别是亚洲邮轮产业取得了快速的发展, 全球邮轮船队规模和邮轮旅游人数

收稿日期: 2021-02-09

基金项目: 工业和信息化部高技术船舶科研项目(工信部联装[2017]614号)

作者简介: 潘长学(1965—), 男, 湖北人, 武汉理工大学教授, 主要研究方向为工业设计。

通信作者: 吴昊龙(1988—), 男, 湖北人, 武汉理工大学博士生, 主要研究方向为工业设计。

持续增长,面对亚洲邮轮需求快速增加,导致当前全球邮轮建造产能不足,市场供求失衡。国内邮轮旅游人数的迅猛增长和邮轮母港数量的不断增加,引起了国家对邮轮设计和建造的高度重视,相关部委先后出台多个指导性文件,明确提出:“发展本土邮轮行业及相关配套产业,支持国内造船企业与国外造船企业联合生产制造大型邮轮项目”,“大力推进邮轮产业可持续发展”^[1]。现代大型邮轮区别于传统货船和客船,是一座具有复杂系统且功能完善的“海上移动城市”,被誉为船舶工业皇冠上的明珠,它的设计建造直接体现一个国家的综合工业能力、科学技术水平和集成建造实力。针对邮轮这类高技术高附加值船舶,如何设计建造绿色邮轮,建立现代大型豪华邮轮绿色设计体系,涉及诸多与传统货船和普通客船所不具备的全新设计概念,需要进行深入研究分析。为了实现大型邮轮设计制造关键技术的研发,工信部已设立高技术船舶科研计划专项,规划了大型邮轮自主设计制造的路线图。绿色邮轮的内涵覆盖了邮轮的绿色设计、绿色建造、绿色营运直至弃置拆解的全生命周期。本文针对邮轮的绿色设计体系的构成进行探讨。

1 邮轮绿色设计的概念

绿色设计是随着人类绿色消费理念与绿色市场的兴起,在工业产品设计领域中出现的一股新潮流,又称环境友好设计。它倡导产品在设计、制造、使用及报废的全生命周期内,重点考虑产品与环境的关系,通过可拆解、易维护、可回收与再利用设计,达到环境保护的目标^[2]。这一理念的提出反映了设计伦理与社会责任在设计领域的回归。对工业设计而言,绿色设计的基本点是节材(Reduce)、可回收(Recycle)与再利用(Reuse),简称“3R”,即在设计工程中首先要考虑产品及部件能够方便地拆解、可分类回收并再生循环或重新利用,其次是尽量减少物质和能源的损耗、降低有害物质的排泻,直至实现“零废弃物”^[3]。绿色设计是一个不断创新的过程,更是一种设计理念上的突破,必须舍弃刻意在产品外观上别具一格的传统理念,在满足产品使用功能需求的条件下,使其有更简洁的型貌和更长的使用周期。“绿色船舶”概念的提出始于20世纪90年代中期,其主旨是在船舶整个生命周期中,满足用户功能和使用性能的同时,提高经济性并降低直至消除环境污染^[4]。

邮轮作为一种特殊船舶,其绿色设计是本世纪提出的新概念,如何在全生命周期中实现邮轮安全、高效、经济、环保,保证各项绿色指标协调统一并适应国际公约、法规和标准的不断完善和升级,同时满足日益增长的邮轮市场需求,是邮轮绿色设计的基本任务。只有运用绿色设计理念和最新绿色技术最大程度上减少排放直至零排放、降低污染,实现节能环保、高效安全、环境优美舒适、各项绿色性能指标和谐均

衡的目标,才能获得真正意义上的绿色邮轮产品。

2 邮轮绿色设计原则

Reuse、Reduce、Recycle,即“3R”原则,被认为是绿色设计的基本原则。随着时代的进步,“3R”原则有其新的内涵,也就是通过绿色设计技术,使产品在全生命周期内使用性能优良、降低能源消耗、减少环境污染、并可回收再利用。现代邮轮被誉为集休闲、度假娱乐于一体的“海上漂移的超豪华酒店”,其绿色设计理念是以环境友好,以人为本、追求人与自然和谐发展为目的,从设计、制造、营运到报废拆解的全生命周期中实现绿色化,因此,邮轮的绿色设计过程中应遵循以下基本原则。

1) 节能原则。邮轮在设计过程中首先是要采用先进技术减少航行阻力并提高推进效率;其次是要将邮轮、主机及推进系统进行匹配优化,提高动力装置效率;再者是要充分利用天然能源与先进能量回收技术,如配备太阳能光伏发电,采用自然光源进行照明,废热回收利用等;运用智能技术进行能耗系统综合管理,实现最佳节能效果。

2) 节材原则。绿色邮轮在设计过程中重量重心控制是其关键技术之一,节材是应遵循的必要原则。材料特性与功能对邮轮的绿色设计具有重要的作用,所以新材料选用与结构最优设计是邮轮绿色设计技术的一个重要发展方向。那些便于回收、生产过程简便、易于模块化加工,产生的废料不污染环境的材料;生产加工过程不损害身体健康且对环境无污染的材料;可再生的材料;工艺性能优良且易于优化配置的材料等,将越来越受到结构设计师的重视。

3) 环保原则。邮轮绿色设计理念的初衷就是在环保的基础上尽可能为人们提供舒适健康的休闲、生活与娱乐环境。因此,邮轮在设计过程中应遵循环保原则,如应尽量选用清洁能源作为动力、废物尽可能回收再利用、尽可能选择避免对人与环境造成破坏的健康环保材料等。在邮轮布置设计上,各功能舱室要科学实用,遵循自然规律,实现人与邮轮、海洋的和谐统一。

3 邮轮绿色设计体系分析

3.1 邮轮绿色规范标准体系

国际上“绿色船舶”的标准是国际海事组织在现有海上人命安全公约和国际船舶防污染公约两大海事公约的基础上进行延伸和拓展的,上述两个公约中与绿色元素有关的要求成为绿色船舶规范标准的基本构成^[5]。近年来,IMO陆续颁布一系列海事新规,旨在进一步完善以实现节能环保、安全可靠、舒适高效等方面为目标的要求,这些将构成未来“绿色邮轮”的规范标准体系。为此各国船级社出台了相应规范标

准,如中国船级社(CCS)的《绿色船舶规范》、《邮轮规范》^[6-7]。为保障邮轮舒适性,欧洲几家主要豪华邮轮入级大户的船级社均对申请舒适性符号的邮轮振动噪声提出了严格要求,如挪威船级社(DNV)和法国船级社(BV)将邮轮振动噪声舒适性分为游客舒适性和船员舒适性,并将其噪声舒适性品级划分为1、2、3级,DNV规定邮轮客房1、2、3级噪声被限制在44 dBA、47 dBA、50 dBA。在邮轮振动控制要求方面,DNV规定客房在5~100 Hz时1、2、3等级振动限制在1.5 mm/s、2.0 mm/s、2.5 mm/s的水平,该振动控制指标较国际标准化组织制订的ISO 6954-2000E船舶振动衡准值6 mm/s更为严格^[8]。上述规范、标准为邮轮振动噪声设计与控制提出了巨大的挑战。除了满足公约法规和规范标准的最低要求,绿色邮轮还应集成应用最先进、成熟的技术和工艺,使其对环境无影响或影响最小化。邮轮的设计阶段是实现邮轮绿色化的关键阶段,在建造、营运和报废拆解环节的各项绿色指标只有通过合理的设计加以控制,才能达到邮轮绿色设计的目的。

3.2 邮轮的全生命周期绿色总体设计

大型豪华邮轮与一般客船的主要区别在于,前者须为乘客提供多种类、高密度、高规格的特殊服务功能。如何实现邮轮在全生命周期内功能与绿色指标协调统一,关键在于绿色总体设计成功与否。要确保邮轮在全生命周期内实现与绿色指标有关的标准,需要仔细考虑如何实施:船型综合优化、结构轻量化设计、新能源的利用、新型结构与内装新材料、绿色建造与加工技术、智能能效管理与优化、报废拆解无污染且可回收再利用等^[9]。如在船型设计方面,首先要考虑如何减小航行阻力,亦即运用计算流体力学方法对船体型线和上层建筑外形进行优化以降低水与空气阻力;其次,是采用高效、低激振、低噪声的推进技术并进行船机桨优化,提高邮轮的快速性;此外,选取使用节能环保、技术先进的设施设备以及绿色清洁能源,也直接关系到邮轮的绿色性能指标,比如废气排放、油水分离装置的选择、废热回收装置、码头岸电使用接收设施等。

3.3 邮轮船体结构绿色设计

邮轮结构设计中的绿色主要体现在新材料、新型结构形式及最优化设计上,即在满足使用功能且符合结构安全和可靠性标准的前提下尽可能使结构轻量化,同时考虑可拆解与回收再利用。这些设计主要从两个方面来实现,其一是新型轻质材料的应用,如碳纤维和铝合金等,这样可以减轻船体重量,更便于控制空船重量重心;另一方面则是采用方便安装和拆解的一些新型结构形式,如模块化结构、蜂窝式结构等。这些新理念和技术将促进邮轮船体结构的绿色设计。

3.4 邮轮的振动噪声控制

乘坐舒适性是邮轮设计的首要选择。根据邮轮乘坐舒适性调查结果显示,噪声控制指标是超过温度、视觉、光学、人体工程学设计等邮轮乘坐舒适性指标的首要指标,由此可见,邮轮舱室的振动与噪声控制是绿色设计的关键问题之一。大型豪华邮轮与其他船型差异较大(更为复杂),其振动噪声控制技术主要掌握在欧洲少数几个国家手中,对我国实行技术封锁,国内尚无大型邮轮设计建造的实船工程技术经验。因此,为满足我国大型邮轮乘坐舒适性和减少对环境的影响要求,需要突破大型邮轮振动噪声初步评估及指标分配、设计建造减振降噪流程等顶层设计技术,掌握邮轮振动噪声源分析及测试、振动噪声预报及试验方法,形成邮轮振动噪声验证评价技术,研发减振降噪材料和应用装置,从而建立邮轮振动与噪声控制的系统化方法、流程体系及规范标准。除满足邮轮舒适性要求外,邮轮还需往返于不同海域、航道,随着航线相关国家环保意识的增强,邮轮港口对邮轮向周围环境辐射的空气噪声和水下噪声控制要求越来越高。为防止邮轮航行对航线海域及航道海洋生物产生危害,欧盟、国际大洋勘探协会(ICES)、各国船级社、邮轮港口等对船舶水下噪声提出了严格要求。上述趋势均对我国邮轮减振降噪设计提出了新的挑战。

3.5 邮轮的绿色动力设计

动力系统是邮轮的“心脏”,也是主要的排放源,如何进行绿色动力设计是实现绿色邮轮设计制造的关键之一。现今豪华邮轮的动力系统主要有柴油机驱动电动机带动螺旋桨工作、柴油机与燃气轮机共同输出为邮轮提供动力、柴油机单独提供动力和燃气轮机单独提供动力等4种形式^[10]。在未来的绿色新能源中,LNG能源、核能以及氢能等都是邮轮绿色动力的重点发展方向。首条LNG动力邮轮“AIDAnova”号已投入使用,在设计建造中该轮重点考虑了能源效率提升与优化管理,如优先考虑废热回收利用、创新的电机、LED照明、机舱自动化、涂层减阻、能效综合优化及许多其他措施。这些绿色新技术的应用将成为邮轮行业的风向标。

3.6 邮轮舱室及公共空间的舒适性设计

乘坐大型豪华邮轮是当今最清闲自在、最具浪漫情调的旅游方式之一,在邮轮上既可以饱览海洋的辽阔景观,又可以品味美味佳肴及体验丰富的休闲娱乐。邮轮的主要功能空间可分为住宿、餐饮、购物、休闲、娱乐等,如何在外观与内装设计上体现人文情怀与主题风格,既要考虑其安全性与舒适性,又要考虑功能空间与外观内饰及自然环境的谐调一致,使邮轮真正成为满足大众需求的综合型“海上移动休闲度假胜地”,邮轮舱室及公共空间的绿色设计尤为重要。

船舶的绿色设计技术主要是针对“物”的,例如结构轻量化、船舶阻力最小化,节能装置和高效螺旋桨设计等。而邮轮作为一种特殊船舶,它的绿色设计,除了继续针对“物”以外,需要更加关注人文因素。如何将环境协调性、技术先进性和营运经济性这3个要素在全生命周期中有机地融合为一体,则要注重如下几点。

1) 应用各种绿色的装饰材料。在绿色理念下,在邮轮的舱室内装设计中应用绿色装饰材料见图1,是当今最重要的手段。运用先进技术对邮轮舱室进行绿色设计,实现人造环境与自然生态环境的和谐统一,对绿色材料的选择至关重要^[11]。绿色装饰材料具有耗能低、污染小、可回收等优点,能在一定程度上降低室内能源消耗及对环境造成的污染,使室内空间更加舒适。当前我国绿色装饰材料与加工工艺发展迅速,各种新型环保材料应用在现代邮轮的室内设计中,可大大提高邮轮的节能和环保性能。如当前广泛应用在建筑中的吸热、调光、热反射等类型的玻璃,在合理的设计与选用下,可用于邮轮海景房门窗,能够提高室内采光与空间热交换能力,同时搭配使用节能灯以及其他环保材料,达到最佳的绿色指标。

2) 室内空间与自然元素的融合。邮轮主要功能空间有居住空间、餐饮空间、休闲娱乐空间、交通(过渡)空间等,通过室内设计能够营造良好的绿色空间^[12],使人充分品味到自然环境所带来的生机与活力。在进行邮轮舱室内装设计过程中,必需重视空间设计与生态环境的完美结合,通过舱室环境舒适性设计,实现绿色景观在室内设计中的融合,达到对游客心情的调节,为乘员构建更加和谐、美好的居住与生活环境。

3) 各类先进技术的应用。在科学技术快速发展的今天,各种先进的技术特别是智能技术应用在邮轮室内设计当中,可节约资源、保护环境,同时还能提高室内空间利用率,因此,在邮轮舱室设计中要综合应用各种先进技术。首先,在绿色照明的应用方面,要最大化利用自然光,展现出绿色理念的经济性和安全性。例如:使用遮光板、透光玻璃等,科学控制室内环境的采光。在室内照明方面应选择各类新型节能灯(如LED灯、智能调光灯等),提高照明效果,同时降低电力能源的消耗、实现绿色照明。

4) 色彩与光环境设计。色彩与光环境设计是绿色邮轮内装设计的重要部分,直接影响游客的舒适性,也是营造空间层次变化的一项常用措施。每一艘邮轮都有其主题风格,且空间类型众多,在进行内装设计时,需要根据邮轮内部空间的布局情况进行科学规划,最大程度考虑各舱室主题功能与色彩心理性格关联、舱室主题与色系搭配、色彩内在属性与游客视觉感应,尽量提高自然光照的利用率,自然光、照明与装饰色彩搭配见图2。同时,合理划分室内分隔,减少对照明设备的使用,有效降低能源的消耗量。



图1 绿色装饰材料

Fig.1 Green decorative materials



图2 自然光、照明与装饰色彩搭配

Fig.2 Natural light, illumination and adornment colours are tie-in

4 绿色设计理念在邮轮设计中的应用实例

1) 在邮轮的布局设计上。大型邮轮可以看作是“漂浮移动的度假村”,其主要功能空间可分为游客功能舱室(居住、餐饮、休闲娱乐及购物、运动健身等)、船员舱室(居住舱、工作舱、餐饮舱等)和辅助舱室(厨房、储藏室、盥洗间等)3类。如何在布局上体现绿色设计理念,确保功能区域的便捷畅达、空间的有效利用且满足乘员的安全舒适,是邮轮设计师首先要考虑的一个重要问题。绿色邮轮的布局设计既要考虑安全性与舒适性,又要考虑功能空间与外观内饰及自然环境的和谐统一,仿海滩设计的露天甲板泳池见图3,使邮轮真正成为满足大众海上休闲娱乐度假需求的一种综合型高附加值产品。

2) 在邮轮配套系统的设计上。配套系统的合理设计不仅决定了邮轮舱室环境环保性能,还直接关系到整个邮轮的绿色节能指标。例如,法国STX船厂推出的概念邮轮EOSEAS,通过使用特殊的风帆作为辅助动力,减少燃料消耗和废气排放,提高整体能源效率。邮轮EOSEAS概念图见图4,采用新风系统,将舱室外新鲜空气进行净化与过滤处理,再通过管道输送到室内,使邮轮舱室内部的湿度及温度满足绿色邮轮的舒适性要求。



图 3 仿海滩设计的露天甲板泳池
Fig.3 An outdoor deck swimming pool
designed by imitation of beach



图 4 邮轮 EOSEAS 概念图
Fig.4 Concept of cruise ship EOSEAS

3) 在废物回收利用上。邮轮每天造成大量的灰水(轻度污染水)和黑水(重污染水),使用污水回收系统进行处理:利用细菌来分解废物,废水经过处理已达到饮用标准后可进入封闭水循环系统用于邮轮空中花园浇灌再利用或排入大海;分离出的固体,通过紫外线杀菌进行干燥和焚烧处理。干燥后的废弃物屯起来,停靠码头后专车运到陆上指定场所处理。

5 结语

邮轮绿色设计涉及在全生命周期实现安全、高效、经济、环保,这些指标很多时候都是互相矛盾和制约的。为了推进邮轮绿色设计体系与标准建立,使各项绿色性能指标达到和谐均衡,必须依靠技术创新。绿色邮轮设计技术的发展和进步,仍应以相关产业技术的突破和发展来相互促进。除了船舶与海洋工程领域正在大力研发的高新技术,如新船型技术、新能源技术、新材料及新型结构、高效推进技术、减阻技术等外,还应与工业与艺术设计、信息与人工智能、材料科学与工程等学科深度融合,使邮轮绿色设计适应国际公约、法规和标准的不断完善和升级。节

能减排无止境,技术创新日新月异,邮轮绿色设计体系日臻完善,相信未来绿色邮轮产业的发展前景广阔。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通运输部. 关于促进我国邮轮经济发展的若干意见[EB/OL]. (2018-09-27)[2019-12-20]. http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/syj/201809/t20180927_3093269.html.
Ministry of Transport of the People's Republic of China. Suggestions on Promoting the Economic Development of Cruise Ships in China[EB/OL]. (2018-09-27)[2019-12-20]. http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/syj/201809/t20180927_3093269.html.
- [2] 王雪皎. 导视系统设计中的绿色设计理念与方法探究[J]. 包装工程, 2018, 39(14): 44-48.
WANG Xue-jiao. Green Design Concept and Method in the Wayfinding Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(14): 44-48.
- [3] 贺志博. 基于机械产品绿色设计的研究[J]. 机电技术, 2010, 33(4): 136-138.
HE Zhi-bo. Research on Green Design of Mechanical Products[J]. Mechanical & Electrical Technology, 2010, 33(4): 136-138.
- [4] 张勇. 基于船舶绿色制造技术初探[J]. 中国水运(下半月), 2016, 16(5): 4-5.
ZHANG Yong. Preliminary Study on Ship Green Manufacturing Technology[J]. China Water Transport (The Second Half of the Month), 2016, 16(5): 4-5.
- [5] 李奇楠. 船舶绿色制造标准体系构建研究[J]. 中国标准化, 2017(5): 86-91.
LI Qi-nan. Research on the Construction of Ship Green Manufacturing Standard System[J]. China Standardization, 2017(5): 86-91.
- [6] 中国船级社, 绿色船舶规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
CCS, Green Ship Specification[S]. Beijing: China Communications Press, 2015.
- [7] 中国船级社, 邮轮规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2017.
CCS, Cruise Ship Specification[S]. Beijing: China Communications Press, 2017.
- [8] DNV. Rules and Standards of Det Norske Veritas[R]. Norway: DNV Press, 2013.
- [9] 许晓云, 刘亚琦, 李美, 等. 基于生命周期的绿色水上交通工具人因价值研究[J]. 包装工程, 2018, 39(12): 1-5.
XU Xiao-yun, LIU Ya-qi, LI Mei, et al. Study on the Human Factor Value of Green Water Vehicle Based on Life Cycle[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(12): 1-5.
- [10] 李夏青. 豪华邮轮动力产业“谁主沉浮”[J]. 船舶物资与市场, 2018(3): 23-26.
LI Xia-qing. The Luxury Cruise Power Industry “Domination of the Ups and Downs”[J]. Ships and the Market, 2018(3): 23-26.
- [11] 蒋旻昱. 走向绿色生态的船舶室内设计—以豪华游轮室内绿色装饰材料设计为例[J]. 设计艺术研究, 2016, 6(3): 96-100.
JIANG Min-yu. The Ship Interior Design of the Green Ecology: A Case Study on the Design of Interior Green Decoration Materials for Luxury Cruise Ships[J]. Design Research, 2016, 6(3): 96-100.
- [12] 郭晨. 大型邮轮功能空间布局设计研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2017.
GUO Chen. Major Cruise Function Space Layout Design Research[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2017.