

引用格式: 孙家鹏, 张敏健. 豪华邮轮设计相关技术及发展趋势综述 [J]. 中国舰船研究, 2022, 17(2): 1–7.

SUN J P, ZHANG M J. Survey on some key technologies and development trends of luxury cruise ship [J]. Chinese Journal of Ship Research, 2022, 17(2): 1–7.

豪华邮轮设计相关技术及 发展趋势综述



扫码阅读全文

孙家鹏*, 张敏健

上海船舶研究设计院, 上海 201203

摘 要:豪华邮轮的设计建造目前已成为国内造船行业的热点, 但因缺乏实际项目, 在设计方面的能力还非常薄弱。结合国内已完成的多型 1.5~7.5 万总吨级邮轮的研发和改装设计及豪华客滚船项目的设计建造, 并参考近年来新规范的发展及已交付的国外豪华邮轮的设计特点, 基于豪华邮轮的整个设计阶段, 介绍船舶的三维建模、全寿期灵活设计考虑、基于全局考虑的性能优化、替代设计应用。同时, 阐述未来绿色环保型新燃料、数字化、智能化、卫生医疗对豪华邮轮设计建造的影响, 以期能够对国内豪华邮轮设计能力的提升起到一定支撑和借鉴作用。

关键词:豪华邮轮; 三维建模; 灵活设计; 替代设计; 绿色能源; 智能化设计; 卫生医疗

中图分类号: U674.11

文献标志码: A

DOI: 10.19693/j.issn.1673-3185.02202

Survey on some key technologies and development trends of luxury cruise ship

SUN Jiapeng*, ZHANG Minjian

Shanghai Merchant Ship Design and Research Institute, Shanghai 201203, China

Abstract: The design and construction of luxury cruise ships is currently a hot topic in the domestic shipbuilding industry, but the design skills are insufficient due to a lack of practical experience derived from real projects. First, based on a survey of the internal R&D and refitting design of luxury cruise ships and ferry/passenger ship projects with gross tonnages of 15 000–75 000, as well as referring to the latest developments in rules regarding cruise and passenger ships, and the design features of delivered ships across the world, this paper seeks to review the relevant advanced technologies employed in the international design and construction of luxury cruise ships, with a focus on 3D modelling, flexible design throughout the full life cycle, holistic ship performance optimal design and alternative design application. Moreover, the effects of the application of green fuel, digital and intelligent design, and health and hygiene safety requirements on the future design of cruise ships are discussed. It is hoped that this paper can provide valuable references for improving the domestic design level of luxury cruise ships.

Key words: luxury cruise ship; three-dimensional modelling; flexible design; alternative design; green energy; intelligent design; hygiene

0 引 言

豪华邮轮目前已成为国内造船行业内的热点, 但因缺乏实际设计建造项目, 设计能力还相当薄弱。为了增强业界对邮轮设计特点及难点的认知, 有必要对相关内容进行梳理及阐述。

近年来, 上海船舶研究设计院完成了包括 30 余艘邮轮和豪华客滚船项目的研发设计、改

装、建造工作, 例如, 两型 1.5 万总吨 (gross tonnage, GT) 级的小型邮轮, 多型 3~7.5 万总吨级的邮轮, “中华泰山”号、“天海”号、“鼓浪屿”号邮轮, 以及“中华复兴”号邮轮型豪华客滚船。与此同时, 作者也实船考察了“大西洋”号、“水手”号、“盛世公主”号等多艘豪华邮轮的设计。因此, 结合上述工作以及国外最新的设计建造规范、新技术发展以及近年来国外交付的豪华邮轮的设计特

收稿日期: 2020-11-25

修回日期: 2021-02-27

网络首发时间: 2022-04-02 08:49

基金项目: 国家部委基金项目资助 ([2019]331 号)

作者简介: 孙家鹏, 男, 1979 年生, 硕士, 研究员

张敏健, 男, 1959 年生, 研究员, 中船集团首席专家

*通信作者: 孙家鹏

点,本文拟从整个设计阶段的角度,介绍三维建模的必要性、全寿期灵活设计、基于全局考虑的性能优化、替代设计的应用、疫情影响等,并阐述新能源应用及智能化对邮轮设计带来的影响;通过对豪华邮轮所特有的设计理念及相关案例介绍,加深业界同行对其设计特点的认识,促进国内豪华邮轮自主设计建造能力的提升。

1 整个设计阶段的三维建模

与常规运输船舶不同,船体造型对豪华邮轮的意义极为重要。因此,包括船体的外形、艏部外飘样式、烟囱外形及位置、预期涂装配合等,这些方面都需要在概念设计阶段予以考虑。而船舶内部所谓“靓点区域”(或重要区域),在概念设计阶段通常也需要采用三维效果图形式加以呈现,如图1所示,在确定了船体造型和“靓点区域”设计后才会开展船舶的基本设计。



图1 某7万总吨级邮轮内的酒吧手绘及三维效果图

Fig. 1 Sketch map and three-dimensional effect drawing of a bar aboard a 70 000 GT luxury cruise ship

从邮轮的基本设计开始,几乎所有公共场所的布置均需要与船东进行反复协商。而且,有关客船安全返港规范中的独特要求也极大增加了船舶设计的复杂性。因此,采用三维建模的方式可以解决各专业在布置上的干涉问题,也增强了设计方与船东间的沟通效率。

多年前,国外两大邮轮建造集团德国的迈尔造船公司(Meyer Werft GmbH)及意大利芬坎蒂尼造船集团(Fincantieri)均开展了邮轮的三维设计,而国内造船行业在三维设计方面目前只是应用于后期的生产设计阶段。在此阶段,若发现设计出

现问题,一般只能对设计进行小的修补,故也就谈不上对船舶进行优化设计。这里,以国内最大的民船设计公司——上海船舶研究设计院为例,经过多年的不懈探索,其已将三维设计工作提前到了方案及详细设计阶段,基于CADMATIC数字和智能三维设计平台,全船三维设计已在包括小型邮轮等多艘实船项目上得到应用,如图2所示。通过此设计平台的接口并经二次开发,可以在三维结构设计软件NAPA STEEL上生成的结构模型基础上,快速进行机电和舾装专业的并行建模,进而基于所建模型开展重量计算、振动噪声分析、排气管系和风管阻力的CFD计算以及上层建筑的风阻计算等,如图3所示。对于豪华邮轮设计而言,重量重心的把控尤为重要。因此,通过三维建模可以实时精确跟踪最新数据,并及时采取相应措施。除此之外,三维建模也可为后续的虚拟(VR)漫游的全景呈现、软件模拟疏散撤离等奠定基础。

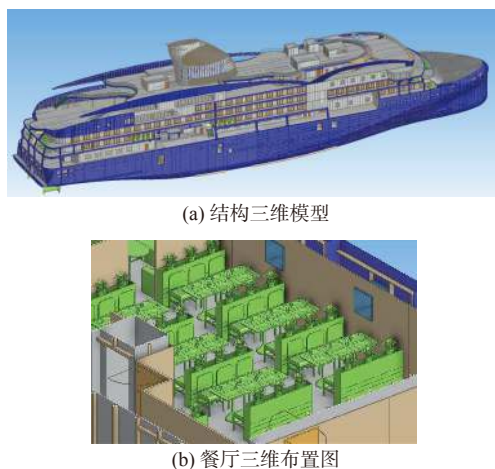


图2 某1.5万总吨级豪华邮轮总体结构及餐厅局部的三维图

Fig. 2 The 3D structural model of a 15 000 GT luxury cruise ship and restaurant layout drawing

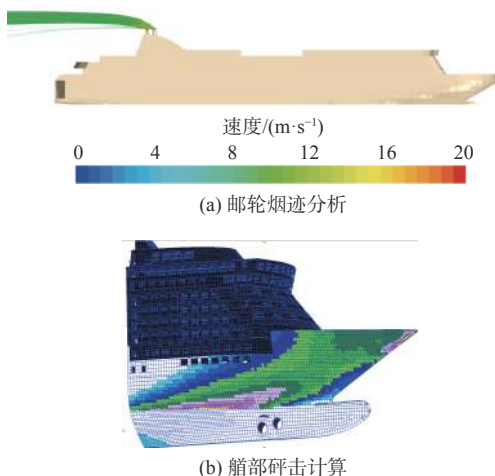


图3 三维建模在豪华邮轮后继设计中的应用

Fig. 3 Application of 3D model in a luxury cruise ship at later stages

2 考虑全寿期的灵活设计

邮轮的使用寿命至少 30 年, 营运 40~50 年的邮轮也不罕见。在此期间, 船舶需要每隔 3~5 年进行一次维修或翻新, 大的翻新工作甚至包括全部公共区域的调整, 例如更新主题和增加“靓点区域”, 这不仅可以满足旅客的需求, 还可以增强运营方的市场竞争力, 所以需要在设计初期阶段就与船东共同对未来可能的翻新带来的影响给予考虑。据业界知名的芬兰 Foreship 邮轮设计公司估计, 即使在不考虑改装的情况下, 空船重量也会每 10 年有 2%~3% 的增加^[1], 所以这也是需要在设计前期予以考虑的因素。

近年来, 邮轮、豪华客滚船加长的案例较多, 图 4 所示为瑞士地中海航运公司 (MSC) 改装的“和睦”号 (Armonia) 邮轮。此邮轮的改装工作主要源于市场的驱动, 当然, 也有应对新规范 (包括 SOLAS 2020、安全返港以及硫氧化物、氮氧化物、温室气体排放) 要求的考虑。例如, 国内正在建造的某大型邮轮, 其后续船通过增加船长以满足最新的 SOLAS 2020 规范的要求。对船舶加长的方案属于重大改装, 若在设计初期没有考虑电缆管系布置、防火要求、撤离计算等, 特别是针对安全返港规则无应对预案, 后期改装的工作量将难以估量。

邮轮作为一种定制型船舶, 即使尺度、吨位完全相同, 不同船东、不同航线的船舶, 其内部的布置也会千差万别。设计一型 5 万总吨级的中、小型邮轮, 往往至少需要 1 年, 大型邮轮则会更长。鉴于此, 国内设计方可以借鉴全球最大渡轮运营商之一的欧洲 Stena Line 公司提出的“灵活”



图 4 地中海“和睦”号豪华邮轮加长型设计方案

Fig. 4 Lengthening design scheme of luxury cruise ship MSC Armonia

设计的概念, 在总结以往设计经验的基础上, 深入设计几型典型船舶。在设计初期阶段, 可以对未来可能的设计变化予以考虑, 例如旅客数增加对破舱稳性的影响、增加船长对总纵强度及主竖区长度的影响等等, 以实现在某一个级别的船舶内更好地适应不同船东 (运营商) 需求的目标。一般来说, 船宽的改变会导致水动力、结构设计的颠覆, 因此一个系列的设计往往会保持相同的船宽。表 1 给出了瑞典 Stena Line 渡轮公司推出的 E-flexer 系列客滚船的主要数据。目前, 基于原型的 11 艘该系统客滚船由 4 种变型组成, 以适应不同船东和不同航线的要求^[2]。这种设计理念前期需要对母型作更深入的研究, 整体上, 可以起到事半功倍的效果。

表 1 Stena Line 渡轮公司的 E-flexer 系列客滚客船主要数据

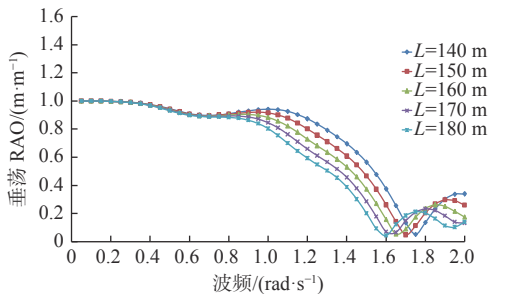
Table 1 Main data of E-flexer series ropax passenger ship of Stena Line ferry

船东	船长/m	船宽/m	车道长/m	载客量/人	住舱数/个	小型车搭载量/辆	其他
Stena Line	214.5	27.8	3 100	900	175	120	
DFDS	214.5	27.8	3 100	1 000	—	—	住舱全为坐席, 增加1个侧推
Brittany Ferries	214.5	27.8	2 758	约1 500	300	—	采用LNG燃料
Stena Line (新航线)	239.7	27.8	3 600	1 100	263	200	

3 基于全局考虑的性能优化

船舶作为一种复杂的海上建筑, 全局优化理念多年前已被提出, 运用计算机软件可以开展多方面的优化工作^[3-4]。与常规船舶不同的是, 耐波性和操纵性对邮轮的重要程度不亚于稳性和快速性, 故需要在前期予以评估。

图 5 所示为某一型 2.5 万总吨级豪华邮轮前期耐波性分析的结果。通过计算垂荡、纵摇、横摇运动的传递函数来粗选尺度 (图 5(a))。然后, 在综合考虑选定尺度的典型工况下, 计算指定位置的横摇有义值 (图 5(b)), 其中红色表示不满足衡准的横摇 5°, 黄色表示不满足衡准的横摇 4°。最后, 根据计算结果再配置相应的减摇鳍, 甚至



(a) 不同船长下的垂荡幅值响应算子 (RAO) 对比 (浪向 75°)

有义波高	跨零周期	浪向/(°)						
		0	15	30	45	60	75	90
$H_s=1.25\text{ m}$	$T_z=4\text{ s}$	1.45	2.02	2.46	2.73	2.82	2.72	2.44
	$T_z=5\text{ s}$	1.60	2.21	2.67	2.96	3.05	2.94	2.63
	$T_z=6\text{ s}$	1.41	1.94	2.35	2.61	2.69	2.59	2.32
	$T_z=7\text{ s}$	1.19	1.65	2.01	2.25	2.34	2.27	2.06
	$T_z=8\text{ s}$	1.00	1.41	1.75	1.99	2.10	2.08	1.92
	$T_z=9\text{ s}$	0.85	1.23	1.55	1.79	1.92	1.94	1.84
	$T_z=10\text{ s}$	0.73	1.07	1.38	1.62	1.77	1.82	1.76
$H_s=2.5\text{ m}$	$T_z=4\text{ s}$	2.91	4.05	4.92	5.47	5.65	5.44	4.87
	$T_z=5\text{ s}$	3.19	4.41	5.35	5.93	6.11	5.88	5.26
	$T_z=6\text{ s}$	2.82	3.88	4.71	5.22	5.39	5.19	4.65
	$T_z=7\text{ s}$	2.37	3.30	4.03	4.50	4.68	4.55	4.12
	$T_z=8\text{ s}$	2.00	2.83	3.51	3.98	4.20	4.15	3.85
	$T_z=9\text{ s}$	1.70	2.45	3.10	3.58	3.85	3.88	3.68
	$T_z=10\text{ s}$	1.46	2.14	2.75	3.23	3.54	3.64	3.52
$H_s=4.0\text{ m}$	$T_z=4\text{ s}$	4.65	6.48	7.88	8.75	9.03	8.71	7.80
	$T_z=5\text{ s}$	5.11	7.06	8.56	9.48	9.77	9.41	8.41
	$T_z=6\text{ s}$	4.51	6.22	7.53	8.35	8.62	8.30	7.44
	$T_z=7\text{ s}$	3.80	5.28	6.44	7.20	7.49	7.28	6.60
	$T_z=8\text{ s}$	3.20	4.52	5.61	6.37	6.72	6.65	6.15

(b) 典型工况下各海况下的横摇值

图 5 某 2.5 万总吨级豪华邮轮耐波性的分析



(a) Scarlet Lady 号



(b) AIDA prima 号



(c) “翡翠”号

图 6 采用直立型艏设计的邮轮

Fig. 6 Cruise ships with vertical bow design

图 5 Seakeeping analysis of a 25 000 GT luxury cruise ship
重新选择尺度。

SOLAS 2020 规范对于新的客船破舱稳性要求有了大幅提高。例如,总人数在 1 500~2 400 人的船舶,要求其分舱指数 R 值提高 8%~11%。因此,为满足破舱稳性 SOLAS 2020 的要求,不仅需要重新划分舱室,甚至尺度也要重新考虑^[5-7]。然而,针对大幅提高的破舱稳性要求,只能适当增加船宽来提高稳性,但初稳心高度 GM 值增大,导致横摇周期降低,从而影响乘客在船上的舒适性。鉴此,在设计极地小型邮轮及客滚船时,采用了直立型艏的设计方案^[8]。近几年以来,在大、中型邮轮设计中艏部外飘明显减小,直立型艏或小球艏越来越多,如图 6 所示,其中包括了 2020 年意大利芬坎蒂尼造船集团为英国维珍邮轮公司 (Virgin Voyage) 建造的 11 万总吨级的 Scarlet Lady 号、2016 年日本三菱重工集团为德国爱达 (AIDA) 邮轮运营商建造的 12.5 万总吨级 AIDA prima 号、2019 年德国 Meyer 造船厂为意大利歌诗达邮轮公司 (Costa) 建造的 18.5 万总吨级“翡翠”号 (Smeralda)。相对于传统的球艏及大外飘艏部设计,直立型艏可以减小船艏在波浪中的升沉,降低船艏受到的砰击,同时也可船舶带来较好的快速性及经济性收益。未来将会有越来越多的新建船舶采用这种直立型艏的设计。

邮轮靠港频繁,对操纵性要求较高。根据

Clarkson 及 IHS 数据库的统计数据,目前 10 万总吨级以上的大型邮轮普遍采用吊舱推进器 (POD) 推进方式,而已签合同的 53 艘 4~6 万总吨级邮轮中仅有 3 艘采用了 POD 推进方式,其他均采用常规双桨推进的柴油机或者柴电推进的方式,在此情况下,通常需结合港口情况进行操纵性计算。目前,基于数学模型的仿真模拟及 CFD 计算普遍应用于船舶的前期设计评估工作中,计算精度相对可以接受。至于在合同设计阶段,通常都会开展操纵性模型试验以对结果再次验证。

4 替代设计在豪华邮轮上的应用

替代设计是风险评估方法 (FSA) 应用方向之一。在国际海事组织 (IMO) 颁布的规范中,应用 FSA 方法最早出现在 2002 年 7 月 1 日生效的 SOLAS 的第 II-2 章的第 17 款中,并可追溯到 20 世纪 80 年代设计交付给挪威皇家加勒比国际邮轮公司 (The Royal Caribbean Cruise Line) 的“海洋君主”号 (Sovereign of the Seas) 邮轮的设计。该邮轮中的一个防火区内有一个中庭延伸了 3 层甲板,而 1999 年交付的“海洋航行者”号 (Voyager

of the Seas) 邮轮中庭设计延伸了 3 个防火区^[9]。

目前, 在大、中型豪华邮轮上已广泛应用了超长防火主竖区和超过 150 人的大型救生艇。例如: 2015 年意大利芬坎蒂尼造船集团为美国维京邮轮公司建造交付的 4.8 万总吨级的 Viking Star 号小型邮轮(图 7), 其最后一个防火主竖区的长度超过了规范要求的 48 m 的限制, 达到了 52 m; 2019 年交付的 18.5 万总吨级的“翡翠”号邮轮则采用了 440 人的救生艇(图 6(c))。不仅如此, 各大型豪华邮轮的“靚点”项目都采用了 FSA 方法。例如, 皇家加勒比国际邮轮公司“海洋量子”号上的“北极星”高空玻璃舱项目, 嘉年华集团旗下“盛世公主”号的“天空走道”(sky rid)项目, 皇家加勒比国际邮轮公司“名人巅峰”号(Celebrity APEX)的“魔毯”(magic carpet)项目, 以及其他众多大型邮轮的大型水上滑梯项目等。IMO 规范(例如概率破舱稳性、极地规则、天然气燃料规则、安全返港)均是基于风险评估的思想制定的。因此, 基于风险评估的替代设计方法可为未来的邮轮设计提供无限的可能性。



图 7 替代设计在豪华邮轮上的应用案例

Fig. 7 An example of alternative design in Viking Star luxury cruise ship

5 豪华邮轮的发展趋势

5.1 绿色环保型燃料的应用

1) LNG 燃料。

豪华邮轮近岸航行时间在整个航程中的占比很高, 相对其他远洋船舶而言, 其对环境的影响更大, 也一直备受诟病。多年以前, 有学者对邮轮造成的污染进行了批评, 指出“一艘大型邮轮对环境的污染相当于 100 万辆小轿车”^[10-12]。近年来, IMO 对海上船舶的排放要求更加严格, 使用液化天然气(LNG)燃料的邮轮占比很大。据邮轮工业新闻(cruise industry news)的统计, 2021~2027 年共有 46 艘大型邮轮建造交付, 其中有 21 艘采用 LNG 燃料推进, 占订单总数的 46%^[13]。目前, 在码头、加注船、安全性方面的研究也基本上可

以支撑 LNG 邮轮的进一步发展。

2) 锂电池辅助推进。

2019 年 9 月交付的挪威 Color Line 渡轮公司的 Color Hyrid 号混合动力客滚船, 加装了 5 MWh 的超大容量锂电池, 可以让船舶以 12 kn 速度航行 1 h(可满足进出港各半个小时的需求)。近年来, 电池价格大幅度下降且能效也大幅度提升, 北欧等国家对环保的要求使这种锂电池辅助推进的模式被迅速复制, 瑞典 Stena Line 渡轮公司, 德国 AIDA 邮轮公司超过半数的新造船均加装了锂电池。例如, 2016 年 Stena Line 渡轮公司 Eleka 号船研发项目表明, 采用 20 MWh 的锂电池可以航行 6 h, 航程可达 100 n mile。

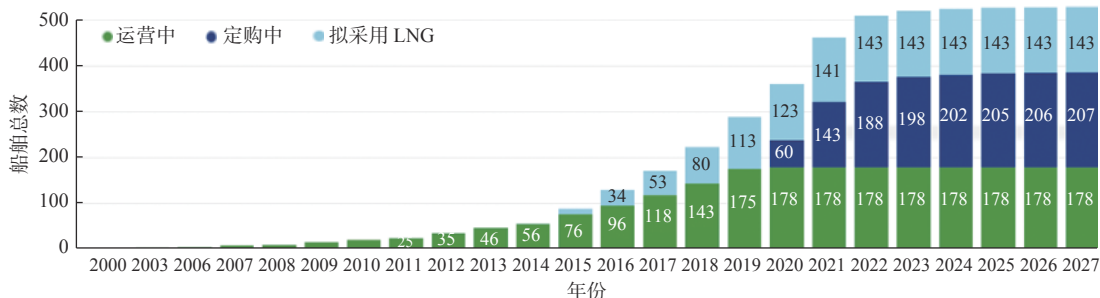
本文认为邮轮进出港状态下的零排放是未来 5 年内的趋势。豪华邮轮航速不高, 对于 7 万总吨级的邮轮, 15 kn 航速下, 20 MWh 可以覆盖约 2~3 h 的零排放, 可满足进出港航段的航程。锂电池在技术、安全性方面均已得到验证。并且, 20 MWh 的锂电池约占 15 个标准集装箱(TEU)的空间, 不会改变邮轮的布置格局。

3) 其他燃料。

为应对 IMO 提出的 2050 年较 2008 年温室气体减排 50% 的计划, 包括氢燃料、氨燃料等新型燃料的应用近两年得到了极为热烈的讨论, 业界一些专家认为, 采用一定量级的氨燃料推进的船舶将在 2030 年之前实现。本文认为, 对于豪华邮轮而言, 未来 10 年 LNG 燃料仍将是主流。其原因在于: 一方面, 从 LNG 燃料船舶的发展来看, 20 年的发展才达到目前的规模, 如图 8 所示, 其他燃料诸如甲醇等生物燃料本身并不是难点, 早在 2014 年 Stena Line 渡轮公司旗下的客滚船就已使用了, 只是普及率不高, 经济性也没有绝对的优势, 因此很难得到普及; 另一方面, 对于客船而言, 安全性是首要条件, 其他燃料需要在货船上有足够的实船案例才可能在客船上实施。

5.2 数字化和智能化转型

各工业部门正朝着信息化、智能化的方向迈进, 信息技术已在各工业领域得到广泛应用, 大数据、物联网、云计算、人工智能等先进技术也正引领着工业向着智能化的方向转型发展。大数据是智能化的基础, 目前, 在船舶设计中已得到了一定的应用, 包括分析船舶设备状态和备件情况、为船舶制定最经济 and 安全的航线、分析船舶主机的能耗、航速等数据(旨在为船舶设定最经济的航速)、分析航段所有船舶的历史流量和轨迹等^[15-16]。

图8 LNG燃料船发展趋势^[14]Fig. 8 Development trend of LNG fuel-powered ship^[14]

近年来,豪华邮轮在乘客体验方面有较大的提升。例如,皇家加勒比、嘉年华等公司旗下的邮轮使用了智能手环,为乘客提供购物、博彩、叫餐、定位儿童位置的服务。通过智能手环,服务员可以查询旅客是否在房间内,以便清洁等。其他正在探索的智能化技术应用还包括:查询公共场所的人流量,以便自动调节空调温度灯光;逃生时,通过智能手环提示最优逃生路线;用餐高峰期间,通过智能手环提醒当前用餐人数,以及反馈旅客的健康指数等。5G等技术的成熟还会出现越来越多的产品,从而提升用户体验,也将提升船舶的安全性。

船舶智能化的终极目标是实现无人驾驶。在这方面,IMO已经开始着手制定海上水面自主航行船舶(MASS)的发展标准。MASS将对现行规范和公约起到颠覆性的效果,据估计,此项工作的完成至少需要20~30年的时间。作者认为,未来10年,替代设计将是智能化转型在“超规范”方面应用的突破口,并且还会有越来越多的应用。

5.3 卫生及医疗保障

鉴于新冠疫情给邮轮产业带来了沉重的打击,在设计方面,各大船级社包括中国船级社(CCS)、意大利船级社(RINA)、挪威船级社(DNVGL)、英国劳氏船级社(LR)等反应迅速,推出了相关的船级符号或指南文件。例如,RINA推出了生物安全船级符号 BIOSAFE SHIP(防疫认证),该符号旨在通过不同系统、设备、流程管理来控制并阻止可能的病毒感染爆发。作为一般参考,船东、船厂可以从10种解决方案(船舶总布置图、舱室房间、公共空间、防止表面污染、防止空气污染、防止淡水系统污染、防止灰水和生活污水污染、垃圾处理、加强医疗救治、监测系统)中做出选择,以获得足够的生物安全指数^[17]。CCS于2020年8月1日也发布了相关指南文件,推出了防疫安全附加标志符号EPC。该标志分3个等级,在防疫安全保障、舱室布置、空调通风

和空气过滤系统、负压隔离房、健康辅助功能等方面对每个等级都提出了要求^[18]。最近,国内交付的“中华富强”号大型客滚船取得了EPC 2船级符号的认证。

业界专家、邮轮联盟等各方对卫生及医疗保障也进行了许多讨论^[19-21],部分邮轮公司在新船上更新了空调系统。例如,在空调器末端增加净化杀菌及微粒过滤功能的滤网,甚至也考虑在新船上加装全新风的空调,甚至考虑取消内舱房^[22]。然而,上述举措不仅代价高昂,也无法解决根本问题。本文认为,在后疫情时代设计的邮轮,提升卫生及医疗保障设计水平是必然的,但邮轮旅游所独有人员密集、密接和空间密闭的特点无法改变。若要打破这些限制,邮轮设计理念将会根本颠覆。因此,未来主要应在管理方面多进行深入研究。例如,考虑二次检测后才能允许乘客登船和增加海上无目的游、岛屿游等。在船舶设计方面,可以基于现行较为严格且已完善的地方性规范和规则,例如美国公共卫生署和美国疾病防控和预防中心的船舶卫生计划规范、欧盟客船卫生标准及传染病监察指南进行增补更新^[23-24],进而逐步纳入国际性规范。

6 结 论

本文结合国内豪华邮轮设计建造的现状,参考国外先进技术经验及近年来豪华邮轮的设计特点,考虑SOLAS 2000规范和安全返港规则要求,从邮轮的整个设计阶段角度,阐述了三维建模、全寿期灵活设计、基于全局考虑的性能优化、替代设计应用等设计理念,展望了新能源应用及数字化、智能化技术的影响。通过豪华邮轮所特有的设计理念及相关案例介绍,得到如下几点结论:

- 1) 三维建模提前到方案设计阶段是邮轮设计的必经之路;
- 2) 考虑到邮轮使用寿命长、拓扑关系复杂及市场需求发展变化的特点,应在设计初期就考虑未来可能的改装需求;

3) SOLAS 2020 及安全返港规则将豪华邮轮的安全性提到了前所未有的高度, 在满足规范的同时, 更应对耐波性、操纵性等予以关注;

4) 未来 10 年内, LNG 将作为豪华邮轮的主要燃料, 基于风险评估的替代设计以及数字化和智能化技术将为未来的邮轮带来更多的可能性, 并给乘客带来更多的新体验。

综上所述, 国内业者在进入该领域时, 仍需在设计、管理、配套等技术方面潜心研究, 通过消化国外先进技术, 不断提高自身设计能力, 早日实现真正的中国自主设计的具有国际竞争力的豪华邮轮。

参考文献:

[1] SMITH A. Foreship creates guide to impact of vessel weight gain on stability [EB/OL]. (2020-12-11)[2020-12-30]. <https://www.cruiseandferry.net>.

[2] TARBOX S. Stena's E-Flexer –an overview of stena's new generation of passenger ferries[EB/OL]. (2018-05-31) [2020-12-30]. <https://www.niferry.co.uk>.

[3] PAPANIKOLAOU A. A holistic approach to ship design-volume 1: optimisation of ship design and operation for life cycle[M]. Althens Greece: Springer, 2019.

[4] ROH M I, LEE K Y. Computational ship design[M]. Singapore: Springer, 2018.

[5] 顾雅娟. SOLAS 2020 破舱稳性要求对邮轮船型开发的影响研究 [J]. 中国舰船研究, 2020, 15(5): 25–30.

GU Y J. The impact of SOLAS 2020 damaged stability requirement on the conceptual design of cruise ships[J]. Chinese Journal of Ship Research, 2020, 15(5): 25–30 (in Chinese).

[6] 王晓强, 李鹏. 基于 SOLAS 2020 概率破舱稳性要求的中型邮轮优化措施研究 [J]. 中国舰船研究, 2020, 15(5): 17–24,56.

WANG X Q, LI P. The improvement measures of medium-sized cruise ships based on SOLAS 2020 probabilistic damaged stability requirements[J]. Chinese Journal of Ship Research, 2020, 15(5): 17–24,56 (in Chinese).

[7] 孙家鹏, 张敏健. SOLAS 2020 对我国客滚船的影响和对策 [J]. 船舶工程, 2019, 41(10): 29–32.

SUN J P, ZHANG M J. Influence and countermeasure of SOLAS 2020 on domestic Ro-Pax ship[J]. Ship Engineering, 2019, 41(10): 29–32 (in Chinese).

[8] JOKIOINEN E, AARNIO M. Expedition cruising puts seakeeping in spotlight[J]. The Naval Architect, 2020(2): 24–25.

[9] PAPANIKOLAOU A. Risk-based ship design[M]. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.

[10] KRENSHAW O G. Cruise ship pollution[M]. New York: Nova Science Publishers, 2009

[11] KLEIN R A. Cruise ship blues: the underside of the cruise industry[M]. Gabor Island, British : New Soci-

ety Publishers, 2002.

[12] BANNON E. Luxury cruise giant emits 10 times more air pollution (SO_x) than all of Europe's cars-study [EB/OL]. (2019-06-04) [2020-12-30]. <https://www.transportenvironment.org/press>.

[13] Cruise ship orderbook[EB/OL]. (2021-02-01)[2021-02-26]. <https://www.cruiseindustrynews.com/cruise-news/cruise-ship-orderbook.html>.

[14] DNVGL. DNV GL's alternative fuels insight platform [EB/OL]. (2021-02-01)[2021-02-26]. <https://afi.dnvgl.com/Statistics>.

[15] 柳晨光, 初秀民, 谢朔, 等. 船舶智能化研究现状与展望 [J]. 船舶工程, 2016, 38(3): 77–84, 92.

LIU C G, CHU X M, XIE S, et al. Review and prospect of ship intelligence[J]. Ship Engineering, 2016, 38(3): 77–84, 92 (in Chinese).

[16] 王刚毅, 秦尧, 张文斌, 等. 绿色和智能——船舶的未来 [J]. 船舶设计通讯, 2019(2): 1–7.

WANG G Y, QIN Y, ZHANG W B, et al. Green and smart: future of ship[J]. Journal of Ship Design, 2019(2): 1–7 (in Chinese).

[17] RINA. Rules for the classification of ships[S]. [S.1.]: RINA, 2018.

[18] CCS. 船舶防疫安全指南 2020[S]. 北京: 中国船级社, 2020.

CCS. Ship epidemic safety guildline 2020[S]. Beijing: China Classification Society, 2020 (in Chinese).

[19] 谢燮, 新冠疫情如何重塑邮轮市场 [J]. 中国船检, 2020(4): 42–45.

XIE X. How to reboot cruise market by COVID-19[J]. China Ship Survey, 2020(4): 42–45 (in Chinese).

[20] 李芳敏, 孙超. 后疫情时代, 邮轮产业如何“攻坚”[J]. 中国船检, 2020(9): 36–39.

LI F M, SUN C. Tackling challenges of cruise industry in post-epidemic era[J]. China Ship Survey, 2020(9): 36–39 (in Chinese).

[21] 张君辉, 吴兵, 严新平. 大型邮轮人员感染新冠肺炎风险评估方法 [J]. 交通信息与安全, 2020, 38(2): 112–119.

ZHANG J H, WU B, YAN X P. A method for risk assessment of COVID-19 infection on large cruise ships[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2020, 38(2): 112–119 (in Chinese).

[22] REINIKAINEN K. COVID-19 brings flexibility of cruise ship designs to the spotlight[J]. The Naval Architect, 2021(1): 20–21.

[23] U. S. Department of Health and Human Services. Vessel sanitation program construction guidelines 2011[S]. Atlanta, GA: Vessel Sanitation Program Centers for Disease Control and Prevention, 2011.

[24] EU. European manual for hygiene standards and communicable disease surveillance on passenger ships 2016[S]. [S. 1.] : European Commission Directorate General for Health and Food Safety (SANTE), 2016.