

文章编号: 1671-6612 (2021) 06-871-04

# 880 客位客滚船空调系统设计

田正军<sup>1</sup> 顾鑫鑫<sup>2</sup> 张文楷<sup>2</sup> 冯国增<sup>2</sup>

(1. 招商局邮轮研究院(上海)有限公司 上海 200000;

2. 江苏科技大学能源与动力学院 镇江 212003)

**【摘要】** 针对客滚船舱室内空调系统的舒适性和节能性要求,以880客位客滚船为设计对象,介绍其公共区域内的空调系统设计,主要内容包括冷热负荷计算、空调系统方案选择、空调风系统形式选择、空调设备选型等。通过对客滚船的空调系统设计,可以对该类型船舶空调系统设计具有一定的参考价值。

**【关键词】** 客滚船; 空调系统; 负荷计算; 设备选型

中图分类号 U664.86 文献标识码 A

## Air-conditioning System Design for 880 Passenger Ro-ro Vessel

Tian Zhengjun<sup>1</sup> Gu Xinxin<sup>2</sup> Zhang Wenkai<sup>2</sup> Feng Guozeng<sup>2</sup>

(1.China Merchants Cruise Research Institute (Shanghai) Co., Ltd, Shanghai, 200000;

2.School of Energy and Power, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang, 212003)

**【Abstract】** In view of the comfort and energy-saving requirements of the indoor air-conditioning system of ro-ro vessel, the 880 passenger ro-ro vessel is the design object to introduce the air conditioning system design in the public area. The main contents include cooling and heating load calculation, air-conditioning system plan selection, air-conditioning wind system form selection, air-conditioning equipment selection, etc. Through the design of the air-conditioning system of the ro-ro vessel, it can have certain reference value for the design of the air-conditioning system of this type of vessel.

**【Keywords】** ro-ro vessel; air-conditioning system; load calculation; equipment selection

作者简介: 田正军 (1968.12-), 男, 硕士, E-mail: tianzhengjun1@cmhk.com

通讯作者: 冯国增 (1971.10-), 男, 硕士, 副教授, E-mail: fengguozeng@just.edu.cn

收稿日期: 2021-04-16

## 0 引言

客滚船作为一种人车两用运输船,主要用于装载车辆和相应人员、游客等,其内部设计有多重娱乐空间,包含影剧院、KTV、棋牌室、餐厅、豪华套间等休闲配套,能满足乘客的休闲娱乐、会客等需求。随着经济的快速发展,客滚船在海峡之间、海内外短途运输中扮演着越来越重要的地位,其需求量日益增长。

随着经济社会的发展进步,人们的生活水平不断提高,不再满足于物质需求,而对生活的品质要求提高。随着时代的发展,人们将越来越注重船舶

的快速性和舒适性,因此对船舶的居住环境和配套设施都有新的要求<sup>[1]</sup>。根据现代化需求,未来客滚船将朝着大型化、舒适化和豪华的方向发展<sup>[2]</sup>。

作为同时装运车辆和乘客的特殊船型,客滚船的空调系统选择和设计对乘客的舒适度和船舶的节能有着重要影响<sup>[3]</sup>,因此研究适用于客滚船的空调系统对改善船舶舱室内的舒适性和节能问题很有必要。

本文以880客位客滚船为设计对象,主要完成其公共区域内的空调系统设计。首先对公共区域进行冷热负荷计算,然后通过对各种空调系统方案的

特点及适用范围进行比较分析,根据客滚船的实际特点以及设计需求选择合理的空调系统方案,本工程最终选择冷水机组和蒸汽的冷热源方案,并在此基础上进行风系统的设计及机组设备的选型。

## 1 工程设计概况

### 1.1 客滚船基本资料

880 客位 2160 米车道客滚船全长 188.90m,垂线间长 171.50m,型宽 28.60m,型深 9.25m,设计吃水 6.20m,载重量 5400t。该客滚船设三层车辆甲板,可承载轿车、载重汽车、杂货和集装箱拖车等。客舱可容纳乘客 880 人,设客舱、旅客餐厅、娱乐处所、休息室、超市、吸烟室等公共处所,客舱涵盖豪华套房、行政房、双人间、四人间等类型。

### 1.2 室内外基本参数

根据《船舶起居处所空气调节与通风设计参数和计算方法》<sup>[4]</sup>进行参数设计,冬夏季舱室内外的基本参数如表 1 所示。

表 1 室内外基本参数

夏季	温湿度	冬季	温湿度
舱外	35°C, 70%RH	舱外	-20°C, /
舱内	27°C, 50%RH	舱内	22°C, 50%RH

根据船舶空调设计国际标准 ISO7547<sup>[5]</sup>,公共区域采用最小新风比为 50%。

## 2 负荷计算

由于本文研究的是某客滚船公共区域的空调系统设计,因此负荷计算的范围为客滚船的公共区域,包括甲板艏部各舱室、甲板尾部左舷各舱室、甲板尾部右舷各舱室和尾部各舱室等。甲板艏部包括客舱、娱乐室、医疗室、高级船员餐厅及休息室等,甲板尾部包括海景长廊、棋牌室、茶室、影院、超市、KTV 等,尾部主要是旅客餐厅和食品店。

客滚船每个舱室的负荷计算包括冷负荷和热负荷两个方面,热负荷包括露天甲板、内部甲板、玻璃窗、外围壁、内围壁等维护结构的传热,冷负荷除围护结构的传热以外,还包括人体显热、设备照明等散热。

负荷计算的计算方法依据《船舶起居处所空气调节与通风设计参数和计算方法》<sup>[4]</sup>。各区域负荷

计算结果如表 2 所示,该客滚船的公共区域总冷负荷为 552.6kW,总热负荷为 490kW。

表 2 公共区域冷热负荷计算结果

Table 2 Calculation results of cooling and heating loads in public areas

区域	冷负荷 (kW)	热负荷 (kW)
甲板艏部	136	104
甲板尾部左舷	96	89
甲板尾部右舷	107	98
尾部左舷	106.8	99.5
尾部右舷	106.8	99.5
总公共区域	552.6	490

## 3 系统设计及设备选型

### 3.1 系统方案的选取原则

虽然船舶空调系统在工作原理上与陆用空调系统并无太大差别,但是由于船舶航行于大海之中,航向不定,经常遇到各种极端气候条件和风浪的撞击,因此对于船舶空调系统提出了一系列不同于陆用空调系统的要求<sup>[6]</sup>,归纳如下:

(1) 可靠性。船舶上各种设备和系统都要保证工作时高度可靠,并有足够的备用设备、部件等。要求整个系统能经受舰船周期性横摇或者纵倾考验,能经受得住一定的冲击力;

(2) 设备体积小,重量轻。船舶上空间紧凑,各甲板间的高度也有一定的限制,设计时应使空调系统所占体积尽量小,并要适应船体结构,有效的利用空间,同时也应尽量减轻设备重量以便提高船舶运载能力;

(3) 设备材料要有一定的抗腐蚀能力;

(4) 减少振动与噪声。

### 3.2 空调系统方案的确定

目前,我国大型船舶中央空调系统普遍采用的型式包括直接式空调系统和间接式空调系统<sup>[7]</sup>。

直接式空调系统是由直接蒸发式空调装置直接处理空气,然后通过风管将空气输送至各舱室;而间接冷却式空调系统是通过中间冷却器让被制冷剂冷却过的冷媒来冷却空气,从而达到降低空气温度的目的,最后再将处理后的空气送至各舱室。

在大型舰艇和客轮上,由于空调容积大而分散,空调负荷大,而且船舶航行在海域中,有丰富的海水资源,可以采用海水来冷却制冷剂,因此该客滚

船的制冷系统方案冷水机组和间接式空调器组合的方式。

由于船舶柴油发电机在运行过程中需要大量蒸汽, 本着节能的原则, 对蒸汽的余热回收利用, 因此, 采用蒸汽作为空调系统的热源。

### 3.3 空调送风方式

空调风系统的设计是空调系统设计的重要组成部分, 经过处理的送风和回风都必须经过通风管道才能进入和离开舱室, 舱室的送风和回风能否达到设计要求完全取决于空调风系统设计的是否合理。

气流组织形式是否合理很大程度上影响热舒适环境, 此外风速也是影响热舒适性的一个重要因素, 我国设计规范对舒适性空调工作区风速作出以下规定<sup>[8]</sup>: 冬季室内风速不应大于 0.2m/s, 夏季不应大于 0.3m/s。

船舶空调舱室的风系统设计中既要满足室内空气参数要求, 还要使得公共区域内舱室速度场均匀, 避免人员有直接吹风感, 影响人体的舒适性, 因此本工程采用球型布风器平送风的方式, 避免送风直接吹向人体和吹风感等问题, 球形空气分配器能四周转动, 使得舱室内空气分布均匀。

根据舰船空调器选型手册, 选择 TMU(W)-105 型间接式空调器。间接冷却式空调器采用一次回风的处理方式, 夏季空气处理的焓湿图如图 1 所示。室外状态点 W 与室内经回风管的状态点 N 混合到达状态点 C, 经空气冷却器冷却去湿处理到送风状态点 O, 然后送入舱室内。

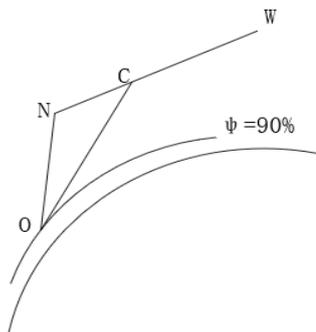


图 1 夏季空气一次回风焓湿图

Fig.1 Summer air return enthalpy humidity diagram

冬季空气处理的焓湿图如图 2 所示。室外状态点 W 与室内经回风管的状态点 N 混合到状态点 C, 经加热器加湿热蒸汽加湿后处理到送风状态点 O, 然后送入舱室内。

然后送入舱室内。

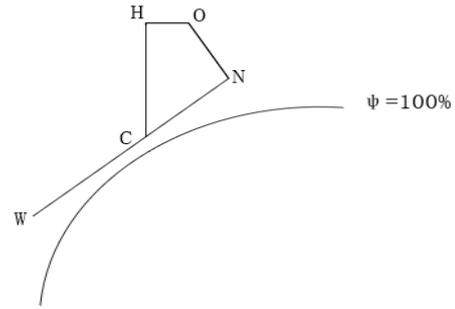


图 2 冬季工况焓湿图

Fig.2 Enthalpy diagram for winter conditions

### 3.4 设备选型

#### 3.4.1 冷水机组选型

舰船式冷水机组是间接式空调系统的主要设备, 以制冷剂为制冷工质, 制取低温冷媒水, 向各末端设备提供所需的冷媒水。舰船用冷水机组具有设计新颖、操作简便、运行稳定的特点, 广泛用于各类型客船、货船、石油平台等。其设计、制作、交付均按船级社要求。

根据负荷计算得到客滚船公共区域的总冷负荷为 552.6kW, 从舰船冷水机组选型手册中选择 CLS-600 型舰船用冷水机组, 其型号及性能参数如表 3 所示。

表 3 冷水机组型号及性能参数

Table 3 Chiller model and performance parameters

型号	CLS-600
制冷量	600kW
压缩机功率	152.4kW
制冷剂	R407C
冷却水量	海水-163m <sup>3</sup> /h
冷却水温度	32°C
冷媒水量	淡水-105m <sup>3</sup> /h
冷媒水进/出口温度	11/6°C
制冷剂充注量	150kg
电源	440V 60Hz

为满足安全返港要求, 冷媒水系统的设备分布在两个机舱内, 即每个机舱配置有 2 套冷水机组、2 台冷/热媒循环泵、2 台冷水机组冷却海水泵等。每套冷水机组包括 1 台制冷压缩机, 1 台海水冷却的冷凝器, 1 个油分离器, 1 个蒸发器及必需的阀门控制装置及管路等。冷水机组的安装需采用减震

器及挠性接管。冷、热媒水系统配备有电动三通阀、静态水力平衡阀，通过初始调节建立冷、热媒水系统管路的水量平衡，保证各空调器的冷、热媒水供给。

### 3.4.2 风机选型

风机的选择根据空调通风系统的风量和风压两个参数进行选择，一般地，风机的风压应为空调通风系统中最不利环路阻力损失总和的 1.1 ~ 1.5 倍，风量取空调通风系统总风量的 1.1 倍。

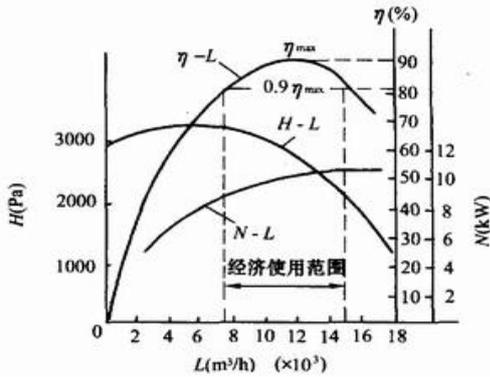


图3 离心式风机性能曲线

Fig.3 Centrifugal fan performance curve

以甲板艏部区域的通风系统为例，该风系统的风量为 1197m³/h，总阻力损失为 1142Pa，则风机的风量为 1316.7m³/h，风压为 1256Pa。根据风量和最不利管路阻力损失并结合离心式风机的性能曲线在经济使用范围内选择 2 台 CWL-100 ~ 200 舰船用小型离心风机(1 用 1 备)，风量为 2300m³/h，全压为 2000~2300Pa，功率为 3kW。

## 4 结语

本文针对某 880 位客滚船空调系统进行工程设计，可以对该类型船舶空调系统设计研究提供参考建议。该工程的负荷计算是根据船舶设计等标准规范进行，空调系统采用的是间接冷却式空调系统，空调风系统采用定风量单风管系统，送风方式采用一次回风露点送风，冷水机组选用 CLS-600 型舰船用冷水机组，热源采用回收蒸汽的余热。在本工程设计的基础上，还应考虑管路、设备的防腐、消声减振等问题。

### 参考文献:

- [1] 朱丽红. 渤海湾客滚船的特点和发展趋势[J]. 珠江水运,2020,(12):115-116.
- [2] 蔡敬伟. 客滚船市场形势及趋势展望[J]. 船舶物资与市场,2016,(6):25-27.
- [3] 胡崇伟. 客滚船空调系统方案探讨[J]. 上海船舶运输科学研究所学报,2018,41(4):43-47.
- [4] GB/T 13409-1992, 船舶起居处所空气调节与通风设计参数和计算方法[S].北京:中国标准出版社,1992.
- [5] DIN EN ISO 7547-2009, 船舶和海洋技术: 住舱的空调和通风设计条件和计算依据[S].
- [6] 王乃义. 船舶空调原理与设备[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社,2001.
- [7] 卜锋斌. 船舶空调系统方案研究[J]. 机电设备,2013, 30(2):49-51.
- [8] 中国建筑科学研究院. 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.

(上接第 833 页)

探出更优化、更节能、更高效的复合能源系统控制策略;此外,还对系统运行控制所涉及的关键技术进行了详细梳理,以期为实现多能耦合系统的智能控制提供详实的技术支撑。

### 参考文献:

- [1] 庄运超. 复合地源热泵系统的长期经济运行策略研究[D].株洲:湖南工业大学,2012.

- [2] 谢鹏,徐菱虹,张银安.混合式地源热泵系统不同控制策略的分析与比较[J].暖通空调,2009,39(3):110-114.
- [3] 刘元. 基于负荷特性的复合地源热泵系统运行策略研究[D].武汉:华中科技大学,2012.
- [4] 蒋晓梅,管建峰,陈启东,等.地源热泵机组电控系统设计应用[J].电子器件,2018,41(1):256-260.
- [5] 朱兵.地源热泵机房的设计及节能智能控制系统 EICS 的研究[D].合肥:安徽建筑大学,2018.