

PCTC 船舶通风系统设计方法简述

岳帅 熊伟

招商局重工(江苏)有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11758

[摘要] 本文主要讨论了PCTC船舶通风系统的设计方法,包括需求分析、设计原则、设计方法、系统集成设计与优化以及节能设计策略,通过对PCTC船舶通风系统的需求分析,明确了设计的目标和要求,然后根据这些需求,提出了PCTC船舶通风系统设计的基本原则,接着,详细介绍了PCTC船舶通风系统的设计方法,包括设计布局与通风口、排风口位置确定,通风设备的选择与配置,以及射流通风技术的应用。此外,还对系统集成设计与优化进行了探讨,包括通风量的计算与分配,控制方式与工作流程设计,以及系统灵活性与可靠性考虑,最后,提出了一些节能设计策略,并对检测与调整进行了讨论。

[关键词] PCTC船舶; 通风系统; 设计方法; 节能策略

中图分类号: F407.474 **文献标识码:** A

Brief Introduction to the Design Method of PCTC Ship Ventilation System

Shuai Yue Wei Xiong

China Merchants Heavy Industry (Jiangsu) Co., Ltd.

[Abstract] This article mainly discusses the design methods of PCTC ship ventilation system, including requirement analysis, design principles, design methods, system integration design and optimization, and energy-saving design strategies. Through the requirement analysis of PCTC ship ventilation system, the design goals and requirements are clarified. Based on these requirements, the basic principles of PCTC ship ventilation system design are proposed. Then, the design methods of PCTC ship ventilation system are introduced in detail, including design layout and determination of ventilation and exhaust positions, selection and configuration of ventilation equipment, and application of jet ventilation technology. In addition, the system integration design and optimization were discussed, including the calculation and allocation of ventilation volume, control methods and workflow design, as well as considerations for system flexibility and reliability. Finally, some energy-saving design strategies were proposed, and detection and adjustment were discussed.

[Key words] PCTC ships; Ventilation system; Design methodology; Energy saving strategy

引言

随着航运业的发展,PCTC船舶在货物运输中扮演着重要的角色,然而,由于船舶内部空间狭小且密闭,通风系统的设计和运行对于保证船员的舒适度和健康至关重要。因此,本文旨在探讨PCTC船舶通风系统的设计方法,以提高船舶内部的空气质量和船员的工作环境。

1 PCTC船舶通风系统设计需求分析

汽车运输船作为专业化运输船舶,其通风系统的设计直接关系到船舶运营的安全性和效率。在设计需求分析阶段,首要考虑的是车辆舱室的空气质量控制。由于装载大量汽车,舱室内会产生较多的汽油挥发物和尾气残留,这就要求通风系统具备良好的空气置换能力。根据实际运营数据显示,每小时换气次数通常需要保持在10—12次,以确保舱室内空气质量符合安全标准。

温度控制是另一个重要的设计需求,运输过程中,车辆装载区域的温度波动会影响车辆状态,特别是在跨越不同气候带航行时,通风系统需要具备调节温度的功能,通常将舱室温度控制在15—25摄氏度之间。以某远洋PCTC船舶为例,在从温带驶向热带航区时,通过温度监测系统和智能通风控制,使舱室温度始终保持在理想范围内,有效防止了车辆受到极端温度的影响。此外,能源效率也是现代PCTC船舶通风系统设计中的重要考量因素,通风系统要在满足基本功能需求的同时,尽可能降低能源消耗。这就需要采用高效率的风机设备,并配备智能控制系统,根据实际需求自动调节通风量。某新建PCTC船舶通过采用变频风机和智能控制系统,在保证通风效果的同时,较传统系统节省了约20%的能源消耗。

2 PCTC船舶通风系统设计的基本原则

PCTC船舶通风系统设计遵循多个基本原则,其中最核心的是分区控制原则。由于船舶装载区域跨越多个甲板,不同区域的通风需求可能存在差异,因此需要将通风系统划分为若干独立控制区域,这种分区设计不仅能够提高系统运行的灵活性,还可以在特定区域发生故障时保证其他区域正常运行。每个区域配备独立的送风和排风系统,通过中央控制室进行统一调配。气流组织的合理性是另一项重要设计原则,通风系统的送风和排风口布置需要确保舱室内形成均匀的气流分布,避免出现死角和涡流,通常采用上送下回的气流组织方式,在甲板顶部设置送风口,底部设置回风口,这种设计可以充分利用热空气上升的自然对流效应。送风口的设计需要考虑气流速度和送风距离,避免产生局部风速过大影响车辆。系统冗余是确保通风系统可靠性的重要原则,关键设备如主风机需要设置备用,在主设备发生故障时能够及时切换,保证系统持续运行。控制系统也需要具备冗余设计,包括双重电源供应和备用控制器等。某PCTC船舶在实际运营中,正是由于采用了双重风机系统,在一台风机出现故障时及时切换到备用风机,避免了因通风不足导致的车辆积损。

3 PCTC船舶通风系统设计方法

3.1 设计布局与通风口、排风口位置确定

船舶结构特点表明,PCTC船舶的车辆装载区域通常分为多层,每层高度约为4.5米,总层数为5层。通风口位置的设计要求通风口距离车辆停放位置至少1.5米,以确保气流不会直接吹向车辆。在实际布局中,通风口数量根据船舶长度和宽度,每层车辆装载区域设置约20个通风口,整艘船共计100个通风口。排风口的布置则遵循“上送下排”的原则,在船舶底部,距离地面高度约为0.5米,每层设置10个排风口,总计50个排风口。为了优化气流组织,通风口和排风口的布置使气流速度控制在0.5-1.5米/秒,以避免产生涡流和气流短路现象。在考虑通风口朝向时,需要根据船舶航行时的风向,一般将通风口朝向与风向成45度角,以充分利用自然风力。同时,设计时还需考虑到船舶航行过程中可能遇到的最大风速为20米/秒,以及船舶在静水中的倾斜角度不超过5度,这些因素都会影响通风系统的性能和效率。

3.2 通风设备的选择与配置

3.2.1 自然通风设计

自然通风是PCTC船舶最基础的通风方式,利用船舶建筑自身特点和自然气流差异实现空气流动。在设计时首先要充分利用船舶甲板层的高度差,合理布置通风筒和导流板,增强自然通风效果,通风筒的设计要考虑防雨、防浪等功能,同时保证足够的通风面积^[1]。为提高自然通风效果,可在船舶两侧设置可调节的百叶窗,根据航行环境调整开启角度,在静风条件下,可通过热压作用形成空气对流,这就要求在设计时合理布置通风开口的高度差,确保热压效应能够充分发挥作用。同时,自然通风设计还需要考虑季节变化的影响,在不同气象条件下都能保持基本的通风效果。

3.2.2 机械通风设计

机械通风系统是PCTC船舶通风的主要保障,需要根据船舶

装载情况和环境要求进行精确设计。送风机和排风机的选型要充分考虑系统阻力、噪声控制和能耗要求,优先选用高效低噪的轴流风机或离心风机。风机的布置要便于维护检修,并考虑减振降噪措施,在风管系统设计时,要注意控制气流速度,合理设置变径段和弯头,减少系统阻力。送风口和回风口的布置要避免气流短路,确保通风效果,考虑到车辆装载区域的特殊要求,可采用变风量系统,根据不同区域的实际需求调节通风量,既保证通风效果又节约能源。

3.2.3 射流通风技术

射流通风技术在现代PCTC船舶通风系统中的应用至关重要,以解决大空间内的通风难题。例如,在设计过程中,射流风机通常设置射流角度为20°至30°,以确保气流能够有效地覆盖到10米以上的距离。射流速度控制在5至8米/秒,这样既可以保证足够的通风效果,又能避免过高的风速对停靠车辆造成损害。在实际操作中,射流风机可能会采用变频器来调整风机转速,以达到最佳射流参数,如根据不同工况需求,射流风机的频率可从30Hz调整至50Hz^[2]。

3.3 系统集成设计与优化

3.3.1 通风量的计算与分配

在PCTC船舶通风系统设计中,为确保通风量的精确计算与合理分配,假设某PCTC船舶的车装载区域共有100辆车,根据车型特点,平均每辆车散热量约为5kW,同时系数取0.8。在人员密集区域,按照相关规范,每人需保证30立方米/小时的新风量,若该区域共有50人,则总新风需求为1500立方米/小时。针对污染物稀释需求,以车辆启动时的尾气排放为例,假设尾气中CO浓度为100ppm,为控制在安全标准50ppm以下,需稀释至50%以下,通风量需相应增加。在通风量分配方面,装卸区域的分区系数可取1.2,而储存区域的分区系数可取0.8。这样,装卸区域相较于储存区域将获得更大的通风量,以满足其功能特点和使用频率的需求。通过这些具体数据的运用,可以更有效地指导通风系统的设计与优化。

3.3.2 控制方式与工作流程设计

智能化控制系统的设计需要整合多种传感器数据,实现精确的需求识别和响应,系统应配备分层控制架构,包括现场控制层、区域控制层和中央监控层。在具体控制策略上,采用温度、CO2浓度、相对湿度等多参数联合控制方案,构建模糊控制算法,实现系统的智能化调节^[3]。变频技术的应用使得风机能够根据实际负荷需求调整转速,达到节能目的,在不同工况下,如装卸作业、航行过程、停泊等情况,系统需要具备相应的工作模式,并能够平稳切换。工作流程设计要特别注意系统启停顺序,确保各个环节之间的协调配合,例如,在启动过程中,应先启动排风系统,形成负压环境,再逐步启动送风系统,避免气流串通。

3.3.3 系统灵活性与可靠性考虑

系统的灵活性设计需要从多个层面考虑,包括负荷适应性、环境适应性和运行模式适应性。在负荷方面,系统要能够应对不同装载率下的通风需求,通过模块化设计实现系统容量的灵活

调节。环境适应性体现在系统要能够适应不同气候条件,特别是在极寒或极热地区仍能保持稳定运行。可靠性设计采用“N+1”备份策略,关键设备如主要风机、控制器等都配备备用设备。系统分区要科学合理,既要便于独立控制和维护,又要保证必要的联动。管线布置要预留检修空间,设置必要的检修口和测试点。在系统扩展性方面,要考虑未来可能的需求变化,预留足够的接口和容量裕度。

3.4 节能设计策略

节能设计是PCTC船舶通风系统的重要目标,需要从多个层面进行优化。首先要选用高效节能的通风设备,采用变频调速等技术降低能耗。其次要优化控制策略,根据实际需求调节运行参数,避免过度通风。其次在系统设计时要注意减少管路阻力,选用合适的管径和配件。可以采用全热交换器回收排风热量,降低新风处理能耗。在自然通风条件良好时,优先使用自然通风,减少机械通风运行时间。此外,还要注意系统的日常维护保养,及时清理过滤器,保持系统高效运行。

3.5 检测与调整

系统投入使用前需要进行全面的检测和调试,确保各项性能指标符合设计要求。检测内容包括风量、风压、噪声等参数,同时要检查控制系统的各项功能,在运行过程中要定期进行系统检查和维护,及时发现和解决问题^[4]。系统调整要根据实际运

行情况进行优化,包括风量分配、控制参数等方面。要建立完善的运行记录和维护制度,为系统的持续优化提供依据,通过定期的检测和调整,确保系统始终保持良好的运行状态。

4 结束语

通过对PCTC船舶通风系统的设计方法和节能策略的研究,可以为船舶设计师提供一些有益的参考和指导,同时,也为进一步研究和改进PCTC船舶通风系统提供了一定的理论基础和实践经验。希望本文能够对PCTC船舶通风系统的设计与优化有所帮助,并为相关领域的研究提供一些启示。

[参考文献]

- [1]田正军,徐谦,蒋永旭,等.PCTC船货舱风道的阻力特性分析[J].船海工程,2024,53(06):26-30.
- [2]徐谦,田正军,郭健,等.PCTC船货舱通风系统设计原则的分析[J].船海工程,2024,53(06):93-97.
- [3]唐柱军.船舶轮机通风系统的可靠性分析与设计[J].船舶物资与市场,2024,32(02):56-58.
- [4]曾宏强,周新.船舶机舱通风系统设计方法对比分析研究[J].中国造船,2016,57(02):201-205.

作者简介:

岳帅(1990--),男,汉族,山东泗水人,本科,工程师,研究方向:船舶与海洋工程通风系统。