

离岸型岛式港口暖通工程建设节能关键技术与应用

张 新

杭州章鼎电力科技有限公司 浙江 杭州 311100

摘 要：离岸岛式港口所处的特殊海洋环境，会让港区暖通系统出现能耗增加、设备损耗加快、碳排放量超标的问题，传统建设模式已经无法满足近零碳港区建设的发展需求。本文以海岛港口实际运行工况为基础，归纳适配极端作业环境的暖通绿色节能关键技术，建立全流程标准化应用体系，分析技术落地存在的缺陷与优化路径，梳理该领域的行业发展趋势，能够为离岸型岛式港口暖通工程的低碳建设与技术升级提供相应的研究参考。

关键词：离岸港口；暖通工程；绿色节能；近零碳建设；智能管控

引言：港口工程建设目前已经逐步落实低碳发展理念，离岸港口的特殊作业环境，会持续影响暖通设备的运行状态，设备腐蚀与能耗偏高的问题普遍存在，对港区低碳建设造成一定阻碍。现阶段国内针对海岛港口暖通低碳技术的研究内容相对零散，行业也没有形成统一的建设与运维标准，传统技术方案很难适配海岛特殊工况。本文基于暖通系统的实际运行问题，梳理适配该场景的节能技术，构建完整的应用体系，能够为港口暖通低碳改造和行业规范建设提供基础参考。

1 离岸型岛式港口暖通运行特征与近零碳建设核心痛点

离岸岛式港口的特殊海洋环境会对暖通设备运行造成诸多不利影响，高盐雾、高湿度与粉尘环境会腐蚀设备构件，降低设备换热工作效率，让设备长期保持低效运行的状态，港区温差的频繁变化也会造成暖通负荷不稳定，传统调控方式容易产生无效能耗，同时粉尘堆积还会增加设备运维压力与运行风险^[1]。海岛港口的能源供应模式相对特殊，能源输送损耗和运行成本都相对较高，分散化的作业布局也让暖通设备运行缺少统一调度，清洁能源利用率偏低，很难满足近零碳港区建设的管控要求。国内现有的港口暖通建设规范大多适用于内陆场景，针对离岸港口特殊工况的建设运维标准并不完善，多数项目的设计方案存在一定局限性。另外，离岸港口的人工运维模式存在明显短板，智能化调度与负荷预测体系较为缺失，设备空载运行问题普遍，难以形成长期稳定的节能降碳管控体系。

2 适配近零碳港区建设的暖通绿色节能关键核心技术

2.1 耐候防腐型高效暖通设备选型技术

为适配近零碳港口的建设标准，暖通设备需要兼顾

使用寿命、运维成本与运行能效，不能继续使用内陆常规设备，需要制定适配海洋极端环境的专属选型规范。项目可通过升级设备材质与防腐工艺，选用耐腐蚀金属材料制作设备构件，对核心换热部件做防腐喷涂处理，同时完善设备密封与过滤结构，能够有效减缓设备性能损耗，降低设备更替产生的碳排放。工程可搭配变频模块化机组与海水源热泵设备，匹配防腐型辅助设备，设备能够根据实际负荷调节运行功率，有效节约用电能耗。设备还需要优化整体结构设计，增设减震与密封防护结构，选用符合防爆标准的机型，以此适配海岛港口复杂工况，保障设备换热效率与运行稳定性。

2.2 温湿度独立控制节能调控技术

传统空调系统通过降温除湿再升温的运行模式开展调控工作，系统运行过程中容易出现冷热能耗相互抵消的问题，无法满足近零碳港区的能效管控标准。温湿度独立控制系统可以拆分设备的负荷处理模块，分别对应处理室内显热负荷与潜热负荷，实现温度和湿度的分开调控。系统会利用专属设备调节室内温度，有效稳定机组运行状态，提升设备整体运行效率，同时设备可依托港区排风余热完成空气除湿作业，维持室内湿度处于合理区间，减少设备腐蚀问题与多余能耗。两套系统可以通过自动控制设备协同运行，减少无效能源消耗，能够有效提升暖通系统整体运行能效，降低港区暖通设备运行的碳排放。

2.3 余热回收与可再生能源协同利用技术

近零碳港区建设工作要求项目优先开发和利用本地清洁能源，港口暖通工程可以利用港区光伏、风电、海洋能等各类可再生资源与废热资源，搭建源网荷储一体管控的绿色能源供给体系，从源头上降低陆上市电输送

的使用比例,提升节能降碳。项目能够借助专用设备回收港区作业排风与机组运行产生的余热,对室外新风进行预处理,有效降低新风处理环节的能源消耗^[2],实现资源循环利用。港区配套的光伏、风电及配套储能系统可以为暖通设备提供运行电力,海水恒温资源也能作为天然冷热来源服务于暖通系统运行。相关控制程序或系统可以对各类能源流进行智能调度、精确控制与动态优化,系统会优先使用清洁能源,在资源供给不足时再启用市电供电,能够稳定提升港区清洁能源利用率,满足港口低碳建设的基本指标。

2.4 智能自适应多能协同控制技术

离岸港口暖通系统可以搭建“监测、预测、控制、优化、核算”闭环的智能管控平台,平台会整合负荷预测、能源调度和设备运维等多项基础功能,以此实现精准供能与低碳运行。系统能够利用变频技术调节水泵、风机的运行参数,根据现场实际负荷调整风量与水量,有效降低设备输送环节的能源消耗。该平台可以和港区各类管理系统实现数据互通,结合港口作业、风光储及通风需求统一调度设备运行,不断提升能源利用效率。系统依托历史运行数据建立预测模型,可提前判断暖通负荷变化并调整运行方案,有效杜绝设备空载运行问题。同时平台能够统计能耗与碳排放数据,对设备故障和性能衰减进行预警,自动生成符合 ISO 标准的碳排放报告,逐步形成完整的数字化低碳运维管理体系。

3 面向近零碳目标的暖通节能技术全生命周期规范化应用体系

3.1 前置化低碳节能设计优化

港口暖通工程的前期设计工作,需要严格贴合近零碳港区的建设规范,设计人员应当摒弃内陆通用的传统设计模式。设计阶段可以结合海岛区域的风向特征调整建筑布局与通风结构,依托自然通风条件降低机械设备的运行能耗,通过优化建筑围护结构的保温和密封性能,减少建筑自身的冷热负荷,实现建筑节能。工作人员需要依托能耗模拟工具完成负荷核算,结合海岛气候特征修正相关参数,规避设备选型冗余问题,优化管道布置形式并做好防腐保温处理,降低能源输送损耗。暖通设计工作需要和其他专业设计工作同步开展,提前预留清洁能源设备接入端口,合理规划多能源系统布局,保障暖通与清洁能源系统可以同步落地建设。

3.2 精细化防腐节能设备选型与标准化安装

工作人员需要从能效标准、防腐能力以及碳排放指标三个维度,完成暖通设备的筛选工作,设备供货方

需要出具防腐检测和能效检测的相关报告,项目会优先选用使用寿命长、碳排放低的国产防腐节能设备,以此兼顾项目初期投入成本与长期低碳运行效益。在施工阶段,工作人员要做好管道密封与防腐作业,对室外金属支架和管路涂刷防腐涂层,保证保温结构的完整性,减少冷桥、漏热漏风带来的能源损耗。设备安装过程需要配套各类防护配件,施工完成以后,工作人员还要对水力、风量参数进行调试校准,保障暖通系统可以达到预设的节能运行标准。

3.3 智能化多能协同运行管控落地

港口需要搭建适配低碳运行需求的暖通智能管控平台,以此完善港区暖通系统的智能化管理体系。相关设备传感器可以布置在冷热源、通风末端、光伏接入点位与室外监测点位,设备能够持续采集环境参数、能耗数据、设备运行状态以及光伏发电数据,实现港区暖通运行数据的全面采集^[3]。平台可以结合清洁能源产出情况与室内负荷变化,自主切换设备运行模式,优先使用余热资源与风光储等各类可再生资源开展供能工作,平衡室内环境质量与低碳运行需求。管理人员能够依托平台远程查看运行数据,及时识别高能耗的异常工况,系统也可以主动推送设备养护提醒,减少人工巡检的工作压力,保障暖通系统长期稳定低碳运行。

3.4 长效化低碳运维与持续迭代优化

相关单位需要建立适配海岛腐蚀环境的常态化低碳运维机制,以此规避设备性能衰减引发的碳排放上升问题。检修人员需要适当缩短设备基础部件的检修与清洁周期,及时清理设备表面积盐积尘,保障设备换热效率,同时定期校准自控传感设备,维持系统调控精度。单位需要建立完整的设备运维档案,对设备能耗、运行故障、防腐养护等相关数据进行统一记录,定期梳理系统运行存在的能效短板,对设备控制逻辑做出针对性调整。技术人员可以结合行业标准更新速度与新能源技术发展趋势,持续优化多能源协同控制算法,逐步加装新型节能设备,持续挖掘暖通系统的低碳运行潜力。

4 绿色暖通技术应用价值、现存局限与升级方向

4.1 近零碳建设视角下多重应用价值

这套绿色暖通技术体系能够从多个层面推动离岸港口的低碳建设与高效运营,该技术的防腐防护机制可以减缓设备老化速度,减少设备故障停机时间,延长设备使用周期,有效降低设备更替带来的碳排放。技术体系整体具备良好的节能效果,能够有效降低暖通系统的电力消耗,搭配港区可再生能源系统可以进一步缩减市电

用量,智能化管理模式也能减少人工运维支出,控制项目运营成本。技术应用可以持续降低港区暖通碳排放,和港口现有绿色设施形成协同作用,帮助港口满足近零碳建设的相关考核标准。同时,该技术体系可以弥补离岛港口暖通低碳技术的研究空缺,为同类型港口的绿色改造提供理论与实践参考,完善水运工程绿色建设技术体系。

4.2 当前技术落地制约短板

目前离岛港口暖通低碳技术的落地工作仍然存在较多限制条件,各类清洁能源系统大多处于独立运行的状态,行业暂时没有完善的一体化调控框架,系统之间的联动性相对较弱,整体节能降碳效果无法达到预期标准。国内现有的行业规范并不完善,暂时没有针对海岛特殊工况的暖通防腐、节能与碳核算等相关细则,项目建设和运维工作缺少统一执行标准。多数智能调控算法都是沿用陆域港口的运行逻辑,没有适配海岛复杂的气候与负荷变化,设备调控精度存在一定缺陷。另外,新型节能设备与智能平台的建设成本相对更高,会增加中小型海岛港口的投资压力,拉长项目回本周期,在很大程度上制约了低碳暖通技术的规模化普及。

4.3 面向近零碳发展的优化升级方向

离岛港口暖通节能技术可以从体系、标准、智能管控与建设成本四个方向完成优化升级。行业可以整合各类能源系统搭建一体化能源调度平台,打通港区能耗数据通道,提升清洁能源的实际利用效率。相关部门可以结合海岛工况条件,制定专属的暖通节能、防腐与碳核算规范,明确工程建设与运维的统一标准^[4]。技术人员能够依托数字化仿真技术优化调控算法,提升系统在复杂天气与负荷波动情况下的运行精度。行业也可以通过设备量产、新式施工工艺降低项目建设开销,借助市场化运营模式缓解项目投资压力,有效缩短节能改造项目的成本回收周期,推动低碳暖通技术实现大范围普及。

5 行业发展未来展望

国内近零碳港区建设体系正在持续完善,这也让离岛式港口暖通工程的建设与发展方向出现整体性调整,行业的核心发展重点会慢慢转向低碳化、智能化以及多能源协同的综合建设模式。行业会逐步摒弃只依靠单一设备实现节能改造的传统思路,通过整合港区各类清洁能源资源,对整体供能体系进行优化升级,同时搭配成熟的智能控制技术,提高暖通系统的自主运行与调控能力^[5]。适配海岛特殊工况的暖通建设、防腐运维与碳核算相关标准,也会在行业发展过程中不断补充完善,可为各类离岛港口暖通项目的建设与管理提供统一执行依据。这套适配海岛港口的低碳暖通技术体系会逐步完成行业普及,能够持续降低港区暖通系统的能源消耗与碳排放量,为港口领域的绿色低碳转型以及水运工程行业的高质量发展提供稳定的技术保障与支撑。

结束语

综上所述,近零碳港区建设工作,离不开离岛港口暖通系统的绿色升级改造。适配海岛工况的设备与调控技术,能够改善传统暖通设备能耗高、损耗快、碳排放超标的缺陷,整体系统运行稳定性与节能效益也可以得到提升。现阶段这套技术体系还存在行业标准缺失、能源融合效果差、落地成本较高等问题。后续行业需要优化智能调控算法,补齐专项建设规范,压缩项目落地成本,以此推进离岛港口暖通工程的标准化与低碳化发展。

参考文献

- [1] 陈丽媛. 新型节能技术在建筑暖通设计中的应用[J]. 居业,2026(2):96-98.
- [2] 丁力勤. 高层建筑暖通系统施工关键技术应用[J]. 江西建材,2025(11):280-281+295.
- [3] 许旭伟. 海上平台的绿色节能暖通空调技术研究[J]. 现代工程科技,2026,5(4):113-116.
- [4] 孟超. 建筑工程中暖通空调节能技术应用研究[J]. 中国科技纵横,2025(1):120-122.
- [5] 汤元辉. 建筑工程中节能施工技术的应用与优化研究[J]. 大众科学,2025,46(21):110-112.