

博物馆展厅室内装饰装修工程中暖通空调系统的设计要点与施工技术优化研究

莫伟

广东省集美设计工程有限公司, 广东 广州 510260

DOI:10.61369/UAID.2026030046

摘 要 : 博物馆展厅的暖通空调系统设计要以文物保护作为核心要点, 精确把控温湿度, 防止展品受到损伤。要和装饰装修进行深度结合, 通过 BIM 协同设计来处理管线冲突问题, 运用隐蔽安装工艺确保视觉显示效果。在施工期间重点加强质量把控, 将智能控制系统和节能技术相结合, 协调展品保护、观众舒适体验与系统能源效率。实例实践证实设计与施工协同优化具备有效性, 可给同类项目提供参考。

关 键 词 : 博物馆展厅; 暖通空调系统; 装饰装修协同

Research on the Design Points and Construction Technology optimization of HVAC System in the Interior Decoration Project Of Museum Exhibition Hall

Mo Wei

Guangdong Jimei Design & Construction Co.,Ltd., Guangzhou, Guangdong 510260

Abstract : The design of the HVAC system in the museum exhibition hall should focus on the protection of cultural relics as the core point. It is necessary to precisely control the temperature and humidity to prevent the exhibits from being damaged. It should be deeply integrated with the decoration and renovation. Through BIM collaborative design, pipeline conflicts can be handled, and concealed installation techniques can be used to ensure the visual display effect. During the construction period, emphasis should be placed on quality control. The intelligent control system and energy-saving technology should be combined to coordinate the protection of exhibits, the comfort experience of visitors, and the energy efficiency of the system. Practical examples have confirmed the effectiveness of the collaborative optimization of design and construction, and can provide references for similar projects.

Keywords : museum exhibition hall; HVAC system; decoration coordination

引言

博物馆展示空间作为文化遗产保护和公众文化传播的主要载体, 其室内环境的稳定性直接影响着文物的长久保存以及观众的参观体验。2023年发布的《博物馆建筑设计规范》(GB 50398-2023) 清晰规定展厅要符合不同文物在温湿度、空气品质方面的精确控制标准, 并且要兼顾空间装饰美感与系统能效。在这一政策环境下, 暖通空调系统的设计与建造要深度符合装饰装修的要求, 通过参数化模拟来优化气流分布、分区温控方案以及隐蔽式设备的布置, 协调好文物保护、观众舒适度和节能目的之间的关系。文章专注博物馆展厅暖通空调系统和装饰装修的协同设计、施工技术改进以及智能化运用开展研究, 为满足政策规定的展厅环境打造提供理论根据与实践参考。

一、博物馆展厅暖通空调系统相关理论与背景

(一) 展厅室内环境特征与空调需求

博物馆的展厅作为文化遗产保护与展示的主要空间, 它的室内环境对暖通空调系统的设计存在特殊要求。展示品丰富多样, 不同材质对于温湿度的敏感程度差异明显, 例如书画需要温度处于18-22℃、相对湿度保持在50%-60%, 以此避免物理或者化学损伤^[1]。展厅人员流动存在间歇情况, 高峰时段热湿负荷波动较

为明显, 系统需具备快速响应和动态调节的能力。在空气净化方面, 要对PM2.5、VOCs等污染物加以管控, 避免展品遭受损害, 空调系统应集成高效过滤以及活性炭吸附模块。另外结合当代建筑艺术设计的理念以及展陈空间设计师的破常规式设想, 展厅的空往往存在结构复杂、造型独特的状况, 因此存在气流死角或者温度分层的状况, 需要对气流组织进行优化, 以保证环境参数的均匀性。这些特性和需求促使空调系统在温湿度调控、负荷调整、空气品质保证以及气流分布等方面开展有针对性地设计, 以

平衡展品保护、观众舒适感与系统能源效率。

（二）暖通空调系统基本原理与装饰装修集成

博物馆展厅的暖通空调系统通过热湿交换、空气调节以及气流组织等理论，由冷热源、空气处理设施、输送管网和末端装置所组成。在装饰装修项目里，系统需和空间布置、材料以及展陈要求深度相符。若要防止风管和吊顶产生冲突，运用隐藏式的安装方式，在装饰设计环节规划暖通末端的位置和形式^[2]。装饰材料的热工特性会对系统能效产生影响，具备保温功能的面板能够降低冷热量的损失。展柜的局部空调系统需与展柜装饰相互融合，同时兼顾功能和美观。系统规划需兼顾功能性和装饰性，通过模拟来优化气流布局，让设备和装饰要素实现统一，提高环境舒适程度与展示成效。

二、暖通空调系统设计要点分析

（一）展厅空调负荷计算与设计优化策略

展厅空调负荷的计算需全面考量空间特征、展品热特点以及人员活动规律，采用动态负荷计算方式来提高精度，例如运用建筑能耗模拟软件建立模型，输入相关参数对逐时负荷进行预测^[3]。设计改进需结合室内装饰布局，科学安排空调末端，防止风口直接吹向展品或影响装饰效果，运用分区分管控制技术，根据不同区域功能调节送风参数，减少能耗。协调空调管道和装修吊顶的空间关联，运用隐蔽式安装或者与装修造型相融合，实现温湿度精确控制和装修美观的统一。

（二）装饰装修工程中的系统兼容性设计

在博物馆展厅的装饰装修工作里，暖通空调系统和室内设计元素的适配性会对展览成效与系统效能产生影响。天花板造型、材料和高度对空调风口布局与气流分布有影响，若没有预留充足的安装空间，会使温度控制精准度下降。墙面装饰材料的热工特性对空调负荷计算和能耗有影响，要开展热工模拟分析。制定整合设计方案时可运用 BIM 技术开展三维协同设计，排查管道、风口和吊顶龙骨、墙面基层结构之间的空间冲突。针对温湿度敏感地带，预留单独的空调分区控制接口，运用嵌入式风口与隐藏型管道设计，实现功能和美学的统一，同时参照行业标准来满足特殊要求^[4]。

三、施工技术与工程实践

（一）空调设备安装技术

1. 设备布局与位置优化

设备的布局与位置调整要全面考量展厅的空间功能、文物的保护要求以及系统的能效情况，在保障设备稳定且高效运转的同时，实现与室内装饰的隐蔽性融合。设备的安装地点应优先挑选展厅非核心的展示区域，例如走廊的吊顶、展品背部的夹层或者墙体预留的空间，防止直接暴露在观众的视线中，或者对展品的陈列布局产生影响。针对风管和风口的布置，要结合展厅的层高以及吊顶结构，运用暗藏式的安装方法，风口的位置应当避开文

物展品的正上方，避免气流直接吹拂而造成温湿度波动，确保文物保存环境的稳定^[5]。空调机组的装设应远离展厅的主体范围，通过消声处置与减振办法减少运行噪音，防止对观众的参观感受产生干扰。设备布置要预留检修区域，保证后续维护操作便利，并且运用 BIM 技术模拟设备安装位置和装饰界面的空间关联，提前避免管道冲突和安装死角，提高施工精准度与装饰效果的协调性。

2. 管道系统布置与隐蔽施工

博物馆展厅的管道系统安排要兼顾功能要求和装饰美感，其布置技术要结合建筑构造与展陈空间的特点，运用分层分区的办法优化路线设计，保证管道走向和装饰造型相适配，防止对展陈区域产生视觉妨碍。隐蔽处理技术需根据不同装饰面层的特点挑选适配的方案，例如吊顶里的管道要使用防火保温材料包裹，通过吊顶龙骨的间隙或者定制的检修口实现隐蔽效果，地面的管道可结合地面找平层或者架空地板来开展暗敷操作。施工期间要严格把控管道坡度和固定间距，保障系统运行的稳定性，并且运用 BIM 技术开展管线碰撞检测，提前避免与装饰构件产生冲突^[6]。隐蔽操作前要完成压力测试、密封测试、防腐、保温等处理，验收通过之后才可开展面层封闭工作，以此确保系统能够长期稳定运行，并且满足博物馆展厅的装饰效果需求。

（二）施工质量控制与安全管理

1. 施工质量控制要点

在博物馆展览厅暖通空调系统的施工过程中，材料挑选要优先考量与展厅环境的适配性，像风管材料应当具备低挥发性有机化合物（VOC）释放的特质，防止对文物展品产生潜在危害^[7]。在工艺标准领域，风管安装要严格根据密封性规定，当采用法兰连接时，需保证垫片材质和系统介质相匹配，降低漏风率来保障展厅温湿度的稳定。在管道焊接阶段，要把控焊缝品质，通过无损检测手段来验证焊接的牢固程度，避免系统在运行期间出现泄漏情况。另外设备在安装之前要开展基础平整度的校验和承载力的测算工作，保证机组运行期间振动满足规范要求，防止对展厅结构以及展品造成干扰。在施工进程里需建立材料进场检验体系，针对保温材料的导热系数、防火等级等指标开展抽样测试，保证其符合博物馆环境的特定需求。工艺实施要根据当下暖通空调施工标准，结合展厅空间的分布情况优化管道走向，降低对装饰效果的干扰，同时确保系统后期维护的便利性。

2. 安全操作规程与风险防范

在博物馆展厅室内装饰装修项目的暖通空调系统施工期间，安全操作规范要根据展厅空间的独特性来拟定，包含设备安装、管道焊接、高空作业等方面的标准化程序。对于空调机组的吊装作业，要确定吊装设备的载重参数以及作业半径的准确性，防止对展厅结构或者文物展柜产生挤压破坏；在进行管道焊接工作时，应选用低烟尘的焊接工艺，并且配备局部排风设备，同时设置防火隔离区域，避免火花点燃装饰材料。技术风险管理策略要关注系统安装和装饰装修交叉施工的风险，运用 BIM 技术模拟管道和吊顶龙骨的空间碰撞，预先优化管线走向，降低现场返工带来的安全隐患。施工人员要经过专项培训，熟知展厅环境里的设

备操作要点。另外对于制冷剂泄漏这类潜在隐患,需建立实时监控机制,配备气体检测装置并拟定应急处理预案,保证施工流程符合博物馆安全管理规定^[8]。

四、技术优化与工程应用研究

(一) 节能与智能化技术优化

1. 高效节能空调系统应用

在博物馆展厅的装饰装修项目里,高效节能空调系统的运用需综合考量空间特点和文物保护要求,协调能耗降低与环境稳定性之间的关系。在设计阶段,优先采用变频多联机系统,通过动态调整压缩机转速来适配展厅负荷,相较于传统定频系统,能耗大约降低25%~30%^[9]。根据展厅分层分区的特性,运用分区温控方式,给不同功能区域设定有差异的温湿度参数,防止能源的浪费。在施工过程中重点关注风管的密封以及保温层的质量状况,采用高密度离心玻璃棉这种保温材料,把风管的漏风率把控在3%以内,以此降低冷热量的损耗。采用热回收工艺,通过全热交换器回收排风的能量对新风进行预热或者预冷,提高能效。

2. 智能控制系统优化

节能与智能化技术优化的主要在于智能控制系统的集成以及性能的提高。智能控制体系融合传感器、物联网技术以及算法模型,实时监控并动态调控展厅温湿度、CO₂浓度和人员密度等主要参数^[10]。系统根据预设准则和节能目的,自动对空调机组的运行方式、送风温度以及风量分配进行调整,防止传统系统因固定参数而造成的能源损耗。在博物馆的展厅之中,系统可适配展品的特殊需求,像书画类展品对温湿度较为敏感,通过分区控制以及多变量耦合算法,在保护展品的同时实现能耗降低。它的自学习功能会对历史数据进行分析,以此来优化策略,例如根据参观人流的变动调整负荷分配,提高能源利用的效率。在施工过程中保证控制系统和暖通设备相互兼容,采用模块化的安装调试方式来缩短集成的时间周期,建立数据反馈机制以实时对参数进行修正。

(二) 实际工程案例研究

1. 博物馆展厅案例剖析

以新疆维吾尔自治区博物馆二期建设项目《新疆历史文物陈列》为例,此展厅面积大概为2900 m²,展陈区域包括纸质文献、丝织品以及金属器等多种对温湿度较为敏感的文物,装饰装修方案运用无吊顶裸顶+局部造型的设计,要同时兼顾空间视觉的通透性与系统的隐蔽性。在设计环节,根据展厅的功能分区以及文物保护的要求,运用分层空调系统。针对展柜区域,设置独立的恒温恒湿机组,温湿度控制精准度达到±0.5℃、±3%RH。对于公共通道区域,采用变风量末端,并且配合装饰性风口和裸顶管线进行艺术化处理,实现系统与装修风格的融合。在工程施工期间,针对无顶空间的管线布置难题,运用BIM技术对管线走向进行模拟,防止与消防、弱电系统产生冲突,并且在展柜周边的地面预留隐蔽的检修口,降低对装修美观性的影响。在调试时期发现展柜区域的温湿度起伏较大,通过优化送风口的角度以及风速

参数,把送风的风速控制在0.2m/s以下,确实解决气流直接吹向展柜所引发的温湿度不稳定状况。

2. 酒店等公共空间扩展应用

技术改进与工程应用研究实际工程项目案例研究酒店等公共区域拓展应用以永定龙湖大酒店酒店作为实例,该酒店的公共区域包括高吊顶的大堂、大跨度的宴会厅以及多分区的客房,和博物馆展厅具备空间高度、人员密度波动较大的共同特性。该酒店参考博物馆展厅空调系统的分区控温策略,运用分层空调搭配置换通风技术,在大堂区域通过顶部送风与地面低温送风的组合模式,既保证人员活动区的热舒适程度,又减少上部空间的能源消耗,相较于传统全空间空调系统节能约18%。在施工阶段参考博物馆隐蔽式管道的安装经验,对空调风管和装饰吊顶龙骨进行一体化设计,在宴会厅运用弧形风管和曲面吊顶精准贴合的安装方式,在减少空间占用的同时提高装饰美观程度。

(三) 问题解决与发展展望

1. 常见技术问题与应对策略

在博物馆展厅室内装饰装修项目里,暖通空调系统施工常见的技术难题主要专注于噪声管控、气流组织失调以及设备和装饰界面的冲突等领域。在应对噪音状况时,施工期间要优先挑选低噪音的风机和水泵,并且在设备基础位置设置弹簧减震装置或者橡胶减震垫片。要对风管实施消声操作,运用消声弯头和静压箱,防止气流高速流通引发的二次噪声。针对气流组织混乱的情况,要根据展厅空间样式优化风口布局,选用旋流风口或者散流器,结合CFD模拟来调试风口角度和风速,保证文物展示区域的温度与湿度均匀且稳定。若设备和装饰界面出现冲突,那就需要在施工之前开展BIM模型碰撞检查工作,提前调节设备管线的走向,采用隐蔽式的安装工艺,把风管和水管嵌入装饰吊顶或者墙面夹层之中,这样既能确保系统功能,又不会破坏展厅的视觉效果。

2. 技术创新与未来方向

技术改进与工程实践研究应关注博物馆展厅的空间特点与展品保护要求,通过BIM技术建立三维模型来模拟气流组织和温度分布状况,精确优化风管布置与风口样式,防止传统设计里出现局部温湿度起伏的问题。施工环节运用模块化预制风道和工厂化制作,搭配现场精确就位技术,缩减安装时长并加强系统密闭性,同时针对展厅高大空间以及复杂装饰界面,创造性采用隐蔽式风道与装饰融合设计,保障视觉效果和功能要求的均衡。问题应对与发展前瞻要留意现存系统运转时能耗偏高、局部温湿度调控精度不够等状况,通过引入AI算法实时监测展品微环境数据,动态调节空调运行参数,融合可再生能源运用与余热回收技术,打造低能耗、强适应性的暖通系统。技术改革与未来走向应朝着智慧化、低排放方向迈进,研制通过物联网的多参数监控体系,实现对展厅温湿度、空气质量的即时调控与预警,同时探寻相变材料在展厅保温与温度调控里的运用,结合被动式设计思路降低系统负载,促使博物馆暖通空调系统朝绿色、高效、智能的方向发展,为展品长久保护与观众舒适感受提供技术保障。

五、总结

本研究专注博物馆展厅室内装饰装修项目里暖通空调系统的设计和施工开展，通过理论分析与实践案例融合，全面梳理设计主要要点与施工技术的优化途径。设计方面要以展厅文物保护的需求作为核心，精确把控温湿度的参数，结合装饰装修的风格以

及空间的布局，运用分区控制和气流组织优化的策略，保证环境稳定性和展示效果之间的平衡。在施工阶段，要重点加强装饰装修和暖通系统之间的协同配合。通过 BIM 技术实现管线的综合规划布局，降低空间冲突的发生，并且对安装工艺进行优化。

参考文献

[1] 秦浩森. 暖通空调系统的时间序列优化控制 [D]. 河北工业大学, 2022.
[2] 马帅. 基于强化学习的暖通空调系统节能控制方法 [D]. 苏州科技大学, 2022.
[3] 章超波. 知识-数据驱动的暖通空调系统故障检测与诊断方法研究 [D]. 浙江大学, 2022.
[4] 王乘熙. 基于 MPC 算法的暖通空调系统舒适节能控制策略研究 [D]. 苏州科技大学, 2022.
[5] 汤钰. 成都博物馆民俗展厅陪同口译实践报告 [D]. 西南科技大学, 2023.
[6] 白麟. 建筑暖通空调系统的热源选择与节能设计优化研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(21): 46-48.
[7] 张永祥. 建筑暖通空调系统节能设计研究 [J]. 江苏建材, 2025, (05): 90-92.
[8] 张美琪. 建筑工程暖通空调系统节能技术要点及应用 [J]. 石材, 2024, (05): 77-79.
[9] 聂斌霞. 绿色理念在建筑暖通空调系统节能设计中的应用 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (04): 87-89.
[10] 许艳. 公共建筑暖通空调系统设计要点研究 [J]. 江西建材, 2023, (06): 144-145+148.