

# 大型商业建筑洁净空调系统施工质量控制与调试方法研究

刘金兴

441821\*\*\*\*\*0235

**摘要:** 大型商业建筑洁净空调系统作为保障室内空气洁净度与温湿度稳定的关键设施,其施工质量与调试效果直接影响建筑使用功能与运营安全。本文针对大型商业建筑洁净空调系统的特点,系统探讨施工质量控制与调试方法。首先分析洁净空调系统在大型商业建筑中的应用需求与技术难点,明确施工质量控制与调试的重要性;其次从施工准备、材料与设备管理、安装过程控制等维度,详细阐述施工质量控制的关键技术要点;再次从单机调试、系统联合调试等层面,深入解析调试方法与技术要求;最后提出质量保障与持续改进策略,为提升大型商业建筑洁净空调系统施工质量与调试水平提供理论参考。

**关键词:** 大型商业建筑; 洁净空调系统; 施工质量; 控制要点; 调试方法

**DOI:** 10. 64216/3080-1508. 25. 12. 072

## 引言

随着商业建筑功能多元化发展,大型商业综合体、高端购物中心及医疗商业中心等建筑对室内环境质量的要求日益严格,洁净空调系统作为维持特定区域空气洁净度、温湿度及气流组织的关键设施,其重要性愈发凸显。与普通空调系统相比,洁净空调系统需满足更高的洁净度等级(如 ISO 7 级及以上)、更精准的温湿度控制(如 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 5\%\text{RH}$ )及更稳定的气流组织(如单向流、非单向流均匀分布),这对施工质量与调试精度提出了更高要求。然而,大型商业建筑洁净空调系统施工涉及多专业交叉(如暖通、电气、给排水)、材料与设备精密性高(如高效过滤器、洁净板材)、安装工艺复杂(如风管密封、洁净室围护结构拼接),施工过程中易出现质量问题,影响系统最终性能。调试作为检验施工质量、优化系统运行的关键环节,其方法科学与否直接决定系统能否达到设计要求。本文通过理论分析与逻辑推导,深入探究大型商业建筑洁净空调系统施工质量控制与调试方法,旨在为行业实践提供指导。

## 1 大型商业建筑洁净空调系统的特点与应用需求

### 1.1 洁净空调系统的技术特性

大型商业建筑洁净空调系统是为满足特定功能区域(如高端化妆品展示区、医疗手术室、数据中心机房等)对空气洁净度、温湿度及气流组织的严格要求而设计的专项空调系统。其技术特性主要体现在三个方面:

其一为空气洁净度控制,通过高效过滤器(如 HEPA、ULPA)过滤空气中的悬浮颗粒物(如尘埃、微生物),将室内洁净度维持在 ISO 7 级( $\geq 0.5\mu\text{m}$  颗粒 $\leq 352000/\text{m}^3$ )及以上等级,部分特殊区域(如生物制药实验室)甚至需达到 ISO 5 级( $\geq 0.5\mu\text{m}$  颗粒 $\leq 3520/\text{m}^3$ );其二为温湿度精准调控,根据功能需求将室内温度控制在 $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度控制在 $50\% \pm 5\%$ 范围内,部分精密设备区域(如电子设备机房)需将温湿度波动范围缩小至 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 3\%\text{RH}$ ;其三为气流组织优化,通过单向流(层流)或非单向流(乱流)设计,确保洁净空气均匀分布,避免涡流与死角,例如单向流洁净室需保证气流速度均匀性偏差 $\leq \pm 15\%$ ,非单向流洁净室需满足换气次数 $\geq 15$ 次/h 且气流组织无明显分层<sup>[1]</sup>。

### 1.2 大型商业建筑的应用需求与挑战

大型商业建筑中洁净空调系统的应用场景多样,不同功能区域对系统性能的需求差异显著。例如,高端商业展示区需维持较高洁净度以防止展品积尘影响展示效果,同时要求温湿度稳定以保护展品材质;医疗商业中心(如体检中心、牙科诊所)需满足医疗环境的基本洁净要求,避免交叉感染;数据中心机房则需严格控制温湿度与气流组织,确保服务器等精密设备正常运行。此外,大型商业建筑的空间尺度大(如单体建筑面积超 10 万平方米)、人员流动密集(如日客流量超万人次),对洁净空调系统的负荷适应性(如瞬时冷热负荷变化)、噪音控制(如洁净室背景噪音 $\leq 55\text{dB(A)}$ )及节能性(如系统能效比 $\geq 3.5$ )提出了额外要求。这些需求与挑战

使得洁净空调系统的施工质量与调试精度成为决定系统能否稳定运行的关键因素。

## 2 大型商业建筑洁净空调系统施工质量控制要点

### 2.1 施工准备阶段的质量控制

施工准备阶段是确保洁净空调系统施工质量的基础环节,其核心在于技术交底、施工方案优化及环境条件确认。技术交底需组织设计单位、施工单位及监理单位共同参与,明确设计参数(如洁净度等级、换气次数、温湿度要求)、材料规格(如洁净板材厚度、风管材质)及施工工艺(如风管密封要求、高效过滤器安装顺序)。施工方案需结合建筑特点(如结构形式、空间布局)与系统需求(如管道走向、设备布置),重点优化风管安装顺序(如先主管后支管)、洁净室围护结构拼接工艺(如板材接缝处采用密封胶+密封条双重密封)及交叉作业协调措施(如与装修工程错开高粉尘作业时段)。环境条件确认需检查施工场地清洁度(如地面无积尘、墙面无脱落物)、材料堆放环境(如洁净板材需存放在封闭库房,避免受潮变形)及临时设施(如材料加工区需设置吸尘装置,防止粉尘扩散)<sup>[2]</sup>。

### 2.2 材料与设备质量管理

材料与设备的质量直接影响洁净空调系统的长期性能,其控制要点包括源头把关与过程检验。源头把关需严格筛选供应商资质(如高效过滤器供应商需具备 ISO 9001 认证及行业业绩证明),核查材料出厂合格证(如风管板材需提供密度、导热系数检测报告)、检测报告(如洁净板材需提供甲醛释放量、防火等级证明)及技术参数(如风管法兰密封垫需符合耐高温、耐腐蚀要求)。过程检验需对进场材料进行抽样复检(如风管板材厚度偏差 $\leq \pm 2\%$ 、平整度偏差 $\leq 3\text{mm/m}$ ),重点检查高效过滤器的完整性(如滤纸无破损、密封胶条无脱落)、洁净板材的拼接精度(如接缝处缝隙 $\leq 1\text{mm}$ )、风管法兰的平整度(如相邻法兰高度差 $\leq 1\text{mm}$ )。对于关键部件(如高效过滤器、洁净室电动风阀),需在安装前进行预组装测试(如过滤器与框架密封性测试、风阀开关灵活性检查),确保其符合设计要求。

### 2.3 安装过程质量控制

安装过程是洁净空调系统施工质量形成的核心环

节,需重点控制风管系统、洁净室围护结构及设备安装三大模块。风管系统安装需确保制作精度(如矩形风管长边 $\leq 630\text{mm}$ 时,允许偏差 $\leq 3\text{mm}$ ;长边 $> 630\text{mm}$ 时,允许偏差 $\leq 5\text{mm}$ )、连接严密性(如咬口缝处涂密封胶,法兰连接处加密封垫)及清洁度(如风管内表面无油污、灰尘,安装过程中采用塑料薄膜临时密封)。洁净室围护结构安装需注重板材拼接质量(如采用企口式拼接,接缝处涂专用密封胶,密封胶宽度 $\geq 5\text{mm}$ )、门窗安装精度(如门框与墙体间隙 $\leq 2\text{mm}$ ,门扇关闭后与门框四周缝隙均匀)、地面处理(如防静电地板铺设前需进行基层找平,平整度偏差 $\leq 2\text{mm/m}^2$ )。设备安装需确保位置准确(如空调机组与基础预埋件连接牢固,水平度偏差 $\leq 1\%$ )、管道连接严密性(如冷凝水管坡度 $\geq 0.5\%$ ,与机组接口处加密封垫)、电气接线正确性(如传感器信号线屏蔽层接地可靠,避免干扰)<sup>[3]</sup>。

## 3 大型商业建筑洁净空调系统调试方法

### 3.1 单机调试: 关键设备的性能验证

单机调试是检验单个设备运行性能的基础步骤,其目标是确保空调机组、风机、水泵等关键设备在独立运行状态下符合设计参数。空调机组调试需检查风机转速(如额定转速偏差 $\leq \pm 5\%$ )、风量(如实测风量与设计风量偏差 $\leq \pm 10\%$ )、压头(如机组出口静压与设计值偏差 $\leq \pm 15\%$ )及温湿度调节能力(如加热段、冷却段温度控制精度 $\leq \pm 2^\circ\text{C}$ )。风机调试需测量轴承振动值(如转速 $\leq 1500\text{r/min}$ 时,振动速度 $\leq 4.5\text{mm/s}$ )、噪音水平(如距风机 1m 处噪音 $\leq 85\text{dB(A)}$ )及密封性(如风机进出口管道无漏风现象)。水泵调试需验证流量(如实测流量与设计流量偏差 $\leq \pm 5\%$ )、扬程(如实际扬程与设计扬程偏差 $\leq \pm 10\%$ )及电机电流(如运行电流 $\leq$ 额定电流的 90%)。此外,需对电动风阀、电动水阀进行开关动作测试(如阀门开启/关闭时间 $\leq 3\text{s}$ ,开度与控制信号线性度偏差 $\leq \pm 5\%$ ),确保其响应灵敏度符合系统联动要求。

### 3.2 系统联合调试: 整体运行性能的优化

系统联合调试是在单机调试合格基础上,检验各设备协同运行及系统整体性能的关键环节。其核心目标是实现洁净空调系统的风量平衡(如各区域送风量与设计值偏差 $\leq \pm 5\%$ )、压差控制(如洁净区与非洁净区压差

$\geq 10\text{Pa}$ ，相邻洁净区压差 $\geq 5\text{Pa}$ )及温湿度均匀性(如室内各测点温度偏差 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ ，湿度偏差 $\leq \pm 3\%$ )。风量平衡调试需通过调节风管上的调节阀(如手动或电动调节阀)，结合风速仪测量各送风口风速(如风口风速均匀性偏差 $\leq \pm 15\%$ )，确保总送风量与回风量、排风量满足设计平衡关系(如送风量=回风量+排风量+渗漏量)。压差控制调试需根据洁净度等级要求(如ISO 7级洁净区与非洁净区压差 $\geq 10\text{Pa}$ )，通过调整送风量与排风量比例，利用微压差计监测各区域压差，确保气流流向符合单向流(从洁净度高区域流向洁净度低区域)或非单向流(均匀分布)的设计意图。温湿度均匀性调试需检查空调机组温湿度传感器精度(如温度传感器误差 $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，湿度传感器误差 $\leq \pm 3\%\text{RH}$ )，通过调节加热、冷却及加湿段的运行参数，结合室内多点温湿度仪测量数据(如测点间距 $\leq 2\text{m}$ ，覆盖洁净区主要功能区域)，优化系统控制逻辑<sup>[4]</sup>。信号传输延迟 $\leq 1\text{s}$ ，执行器动作准确率 $\geq 99\%$ )。

## 4 质量保障与持续改进策略

### 4.1 质量保障体系的构建

质量保障体系是确保洁净空调系统施工质量与调试效果的长效机制，其核心包括制度规范、过程监控及责任追溯。制度规范需制定详细的施工质量验收标准(如《洁净室施工及验收规范》GB 50591)、调试操作规程(如《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243)及检测方法指南(如《洁净厂房设计规范》GB 50073)，明确各环节的质量要求与操作流程。过程监控需采用旁站监督(如关键工序如高效过滤器安装、风管密封由监理工程师全程监督)、影像记录(如施工过程留存照片或视频，便于追溯问题根源)及第三方检测(如委托专业机构进行洁净度、风量平衡检测)，确保质量控制措施落实到位。责任追溯需建立质量问题台账(如记录材料不合格批次、施工缺陷位置)，明确责任人(如材料供应商、施工班组)及整改期限(如一般问题24小时内整改，严重问题48小时内制定方案)，形成“发现问题-分析原因-落实整改-验证效果”的闭环管理。

### 4.2 持续改进的技术路径

持续改进是提升洁净空调系统施工质量与调试水平的关键手段，其技术路径包括经验总结、技术创新及标准优化。经验总结需定期组织施工、调试及运维人员开展技术交流会，分析典型质量问题(如风管漏风、高效过滤器安装不规范)的产生原因(如施工工艺缺陷、材料选型不当)及解决措施(如改进密封工艺、优化过滤器选型)，形成案例库供后续项目参考。技术创新需关注新材料(如低泄漏高效过滤器、抗菌洁净板材)、新工艺(如BIM技术辅助风管预制安装、机器人焊接洁净室围护结构)及新设备(如智能风量调节阀、高精度温湿度传感器)的应用，通过技术升级提升系统性能与施工效率。标准优化需结合行业最新研究成果(如洁净度检测方法改进、节能控制策略)与项目实践经验(如大型商业建筑特殊功能区域需求)，参与行业标准修订(如《洁净空调系统施工质量验收标准》)，推动质量控制要求的科学化与精细化。

## 5 结束语

大型商业建筑洁净空调系统的施工质量与调试效果直接关系到建筑使用功能的实现与运营安全。通过系统分析洁净空调系统的技术特性与应用需求，明确施工准备、材料与设备管理、安装过程的质量控制要点，解析单机调试、系统联合调试及性能验证的调试方法，提出质量保障体系与持续改进策略，可为提升系统施工质量与调试水平提供理论指导。未来研究可进一步聚焦数字化技术(如BIM与物联网融合)在施工过程监控与调试优化中的应用，深化不同功能区域(如医疗洁净区、数据中心机房)的差异化控制策略，为大型商业建筑洁净空调系统的高效运行提供更精准的支持。

## 参考文献

- [1] 黄润军. 谈暖通空调安装施工的质量控制[J]. 山西建筑, 2017, 43(36): 116-118.
- [2] 石小雷. 洁净室暖通空调安装施工的质量控制分析[J]. 中国设备工程, 2017(23): 204-205.
- [3] 何波辉. 暖通空调工程安装施工中的质量控制问题研究[J]. 科技创新与应用, 2018, 8(9): 188-189.
- [4] 刘涛. 浅谈洁净车间空调工程施工质量控制要点体会[J]. 中国设备工程, 2022(6): 229-230.