

多联机中央空调系统施工重难点分析

——以某教学楼改造施工为例

沈岚

国防科技大学电子对抗学院 230031

DOI:10.12238/ems.v7i9.15165

[摘要] 随着中央空调的普及,为保证中央空调在实际场所运用中能最大程度发挥其作用并能达到设计标准,系统施工的重难点尤为重要与突出。本文以某六层教学楼中央空调系统施工项目为研究对象,详细分析了多联机系统在复杂教育建筑中实施的关键难点与应对策略。针对该楼6套独立系统、192台室内机与6台室外机的配置特点,深入探讨了管线综合排布、冷媒管路施工、设备吊装与减振、电气与控制系统集成、季节性施工与成品保护五大核心重难点问题,提出了切实可行的解决方案。实践表明,精细化设计与施工管理是确保系统高效、稳定、安全运行的核心保障,为类似公共建筑项目提供参考。

[关键词] 中央空调系统;多联机;教学楼;施工重难点;冷媒管路;设备减振;管线综合;施工管理

一、工程概况

本项目为某高校教学楼主楼,地上6层,总建筑面积约6000平方米(每层约1000平方米)。为满足不同楼层分区域、分时段独立运行的管理需求,采用6套完全独立的多联机中央空调系统(VRV/VRF),每层楼配置一套系统。每层楼设有4个大教室(或功能区),每个房间配备4台嵌入式风管式室内机,均需与装饰吊顶配合安装。6台大型室外机组集中布置于建筑北侧(屋后)设备平台区域。系统施工需满足高效节能、低噪音运行、与建筑装修紧密配合以及学校特定工期要求。

二、施工重难点分析与应对策略

(一) 复杂空间内管线综合排布与吊顶空间受限

1、施工难点。

教学楼层高有限(通常3-3.5米),吊顶空间高度极其宝贵。密集的空调冷媒管、冷凝水管、动力电缆、信号线、送回风管、消防喷淋管、强弱电桥架等需在狭小吊顶空间内有序排布,既要满足安装规范(坡度、间距),又要保证吊顶完成高度不影响教学使用且美观。

各类管道“打架”现象严重,特别是大管径风管与冷媒主管交汇处。冷凝水管需保持严格坡度($\geq 0.3\%$),在有限空间内很难实现。大量管道需穿越结构梁,开孔位置、大小、加固措施需精确设计与协调。室内机定位需避开主梁、灯槽、喷头、烟感、喇叭等,并预留足够检修口。

2、应对策略。

深化BIM应用:施工前必须进行全面的建筑信息模型(BIM)管线综合深化设计,进行三维碰撞检测,优化路由和标高,生成精准的管线综合布置图与预留套管图。

制定严格排布规则:明确“小管让大管、有压让无压、电让水、水让风、弱电让强电”等原则,并设定不同管线的优先层级和最小间距。

利用公共走廊区域:主要干管优先布置在公共走廊区域吊顶内,减小对教室内部空间的压力。

优化穿梁方案:与结构专业紧密配合,严格按照规范进行梁上开孔(位置、尺寸、加固),必要时采用预埋钢套管。

(二) 冷媒管路系统施工质量的高要求

1、施工难点。

多联机系统对冷媒管路(铜管)的清洁度、气密性、干燥度、焊接质量、管径选择、长度与高差控制要求极其严格,直接影响系统运行效率、可靠性和寿命。管路设计需合理合规,总管长、室内外机高差、第一分歧管后管路长度等必须符合所选设备的技术规范限制。

铜管切割、扩口、焊接过程中极易产生氧化物粉末、水分、杂质,如进入系统将堵塞毛细管、损坏压缩机。焊接质量要求高,需在高空、狭小空间进行充氮保护焊,操作难度大,质量不易保证。工程管路长、焊点多(尤其本项目为6个独立系统,管路复杂),微小泄漏点难以察觉,会导致制冷剂逐年减少,性能衰减。

2、应对策略。

严格执行“三清洁、两干燥、一保护”工艺:管材封口运输存储;切割后毛刺清除并用高压氮气吹扫;焊接时持续充入高纯氮气($\geq 99.99\%$)进行内部保护;焊接完成后再次氮气吹扫;全程防止水分、灰尘进入。

双重气密性试验:分段、分系统进行高精度(通常R410A系统需4.0MPa)氮气保压试验(24-48小时),并进行高灵敏度(R410A系统需2.8MPa)真空保压试验(真空度达标后保压24小时以上)。

焊工认证与过程监控:焊工需持证上岗,焊接过程有专人监督并记录(焊接点、时间、操作者)。

精确计算与放样:依据设备厂家资料,精确计算各支路管长、高差并进行现场放样,确保符合技术规格。

(三) 大型室外机吊装、就位与减振降噪

1、施工难点。

6台大型室外机组需安全吊装至屋顶设备平台,屋顶空间有限,大型设备吊装路径复杂(可能需跨越女儿墙),需精确计算吊点、选用合适吊具,确保安全。基础承重与平整度:设备基础(通常是混凝土台或型钢支架)必须满足承重要求且保证顶面水平度。

设备运行振动和噪音易对楼下教室(特别是顶层教室)

及周边环境产生干扰。设备自身运行噪音及气流噪音需在合理范围内,避免影响教学。设备运行振动需有效隔离,防止通过基础或管道传递至建筑结构。

2、应对策略。

专项吊装方案:制定详细的屋顶设备吊装专项方案,明确吊机站位、荷载、吊点、指挥协调、应急预案,并进行安全技术交底。

高标准基础施工:严格按照设备重量及厂家要求设计基础,确保强度足够,顶面平整度误差 $\leq 3\text{mm}$ 。

多级高效减振:设备底座与基础之间安装厂家推荐的或符合要求的弹簧减振器(或阻尼减振垫),隔断低频振动。

设备与冷媒管、水管连接处必须采用符合规范的柔性减振软接(长度足够),如不锈钢波纹管(耐压、耐候)等,隔断管道传递的中高频振动和固体传声。

降噪辅助措施:合理设置导风消声装置(如导风罩、消声百叶),优化设备平台布局,避免气流短路和噪音叠加。

(四)多系统独立运行下的电气与智能控制集成

1、施工难点。

6套独立空调系统要求能实现分层、分区域独立控制、计量和管理(如教室、办公室、会议室)。强电配电复杂,弱电控制网络需稳定可靠,且集成到楼宇管理系统。每台室内机、室外机、集中控制器之间需布设专用通讯线(如RS485总线),网络拓扑结构(手拉手、星型)设计、抗干扰(远离强电)布设是关键。每台室外机需独立供电回路(容量、电缆规格、开关保护),配电箱位置需合理,线路敷设量大且需与其他管线协调。需实现楼层或教室级别的能耗的分户计量与管理(通常需加装电量计量模块)。需接入楼宇自控系统(BAS),需解决协议转换、接口匹配问题。

2、应对策略。

精细化配电设计:精确计算每台外机、内机功耗,设计独立回路并留有裕量,绘制清晰的配电系统图,明确线缆规格、敷设路径。

专用通讯与屏蔽接地:采用空调厂家指定品牌/型号的屏蔽双绞线(如RVSP 2*1.0)作为通讯线,严格按规范敷设(与强电保持 $\geq 300\text{mm}$ 间距,穿金属管或走独立弱电桥架),两端做好屏蔽层单端接地。网络末端加装匹配电阻。

模块化配置集中控制器:每层或按区域配置集中控制器(如每层一套),实现对本层系统的集中管理、场景模式设置和能耗数据采集(通过计量模块)。

明确集成接口:如需集成BAS,在设备选型阶段明确开放协议(如Modbus, BACnet等)和支持性,预留标准接口。

(五)季节性施工协调与成品保护

1、施工难点。

学校项目通常有严格的开学时间节点。空调施工往往在装修中期或后期进场,需与土建、装饰、水电、消防等大量交叉作业,且已完成的装修面、设备管线需要重点保护。项目可能经历冬夏季施工。其中交叉作业频繁,高空作业(管道安装)与地面作业(吊顶、地砖)同时进行,协调不当易引发安全事故或返工。成品保护艰巨,已安装的室内机(尤

其是面板)、外露的铜管保温、吊顶龙骨、墙面地面瓷砖等极易在后续施工中被污染、碰撞损坏。受季节性影响大,冬季低温影响焊接质量(需预热)、管内易结霜;夏季高温高空作业风险大,油漆干燥过快等。

2、应对策略。

周密施工计划与界面管理:制定详细的总控计划和空调专项计划,明确各专业工作面移交节点和穿插顺序,建立高效的现场协调例会制度。

全方位成品保护:室内机设备到货后原包装存放,安装后及时用厂家原配保护罩(或定制厚纸板/泡沫板覆盖)严密包裹机体和面板,直至移交。安装完成的铜管保温层(特别是接缝处)用PVC胶带+铝箔胶带缠绕密封,外包防火布或硬纸壳防止刮蹭破损、污染。末端风口安装后保留保护膜或用专用风口保护罩覆盖。地面墙面管道穿墙洞周边、设备基础周边地面铺设保护板(如瓦楞纸板、胶合板)。

季节性措施:冬季焊接搭设防风保温棚,使用焊枪预热;夏季调整作息时,提供充足防暑降温用品,加强通风。严格遵守安全操作规程。

三、工程经验总结

通过对某教学楼6套独立多联机中央空调系统施工案例的深入剖析,本研究揭示了此类项目在复杂公共建筑环境中实施的核心重难点:管线综合空间冲突、冷媒管路质量严控、大型设备吊装减振、多系统独立控制集成、复杂交叉作业与成品保护。成功克服这些挑战的关键在于:

深化设计与BIM先行:施工前进行详尽的管线综合设计(尤其BIM技术应用)是解决空间冲突、避免返工的根本前提。

工艺标准与过程严控:在冷媒管路、电气施工、设备安装等核心环节,必须严格执行规范和高标准工艺(如充氮焊接、双重保压、减振软接安装、屏蔽布线),强化过程监控与质量验收。

精细化管理与协同:制定周密的专项方案(吊装、季节性施工)和施工计划,加强各专业间的协调界面管理,是保障进度、安全和减少交叉污染的关键。

全面主动的成品保护:将成品保护视为贯穿始终的重要工序,投入必要资源(专用保护罩、覆盖材料、人力),制定并落实保护措施清单,最大程度减少损坏。

技术培训与交底:针对多联机系统的特殊性(如通讯网络、冷媒管理、控制逻辑),对施工班组和管理人员进行充分的技术培训和安全质量交底至关重要。

本项目的实践经验表明,将精细化设计、高标准工艺、科学管理与有效协同相结合,是确保教学楼等公共建筑多联机中央空调系统施工质量、实现预期功能与效能、满足用户使用要求的必由之路。相关重难点分析及应对策略对同类项目具有显著的参考价值。未来可进一步探索模块化预制装配、数字化施工管理平台等技术在上述难点中的应用潜力,以提升效率和质量稳定性。

作者简介:沈岚 1986年11月,男,汉族,安徽合肥,学士学位,工程师,研究方向营房及教学场地设施建设,智慧教室建设等。