

暖通工程施工质量管理关键环节控制研究

张 骞

包头市热力(集团)有限责任公司 内蒙古 包头 014030

摘要: 随着我国建筑行业的快速发展和绿色低碳理念的深入贯彻,暖通空调(HVAC)系统作为现代建筑的重要组成部分,其施工质量直接关系到建筑的使用功能、能源效率与用户舒适度。然而,在实际工程实践中,暖通工程施工仍存在诸多质量问题,如系统漏风、冷热不均、噪音超标、能耗偏高等,严重影响建筑整体性能。本文以暖通工程施工全过程为研究对象,系统梳理施工质量管理的关键环节,重点分析设计交底、材料设备进场、风管与水管安装、设备调试及竣工验收等核心阶段的质量控制要点。通过引入全面质量管理(TQM)理念与BIM技术辅助手段,构建覆盖“人、机、料、法、环”五要素的质量控制体系。研究表明,强化关键环节的过程控制、完善质量责任追究机制、推动信息化管理是提升暖通工程施工质量的有效路径。

关键词: 暖通工程; 施工质量; 关键环节; 过程控制; BIM技术; 全面质量管理

引言

暖通空调系统是保障建筑室内环境舒适性、空气品质与能源效率的核心设施,广泛应用于住宅、商业综合体、医院、数据中心等各类建筑中。近年来,随着国家“双碳”战略的推进和《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB55015-2021)等强制性标准的实施,对暖通系统的能效水平与施工精度提出了更高要求。然而,暖通工程具有系统复杂、专业交叉多、隐蔽工程占比高、施工周期长等特点,极易在施工过程中因管理疏漏或技术偏差导致质量缺陷。据中国建筑业协会统计,2023年全国建筑机电安装工程质量问题投诉中,暖通类问题占比达37%,主要集中在风管漏风、水系统平衡失调、设备噪声振动超标等方面。这些问题不仅影响使用体验,还可能导致后期运维成本激增,甚至引发安全事故。因此,深入研究暖通工程施工质量管理的关键环节,建立科学有效的控制机制,具有重要的现实意义与工程价值。

1 暖通工程施工质量现状与问题分析

1.1 主要质量问题表现

当前暖通工程施工中常见的质量问题呈现出多样化和系统性的特征。风管系统方面,由于制作工艺粗糙或密封处理不到位,常出现咬口松动、法兰连接处螺栓间距过大、密封胶涂抹不均等问题,导致系统运行时漏风严重,不仅降低送风效率,还可能造成室内温湿度失控。水系统则普遍存在管道焊接质量不佳、阀门安装方向错误、冲洗不彻底等现象,进而引发堵塞、腐蚀或水力失衡,使得末端房间冷热不均,用户体验大打折扣。此外,设备安装环节也频现隐患,例如风机、水泵基础未设置有效减振措

施,运行时产生明显噪声与振动,影响周边环境;大型设备如冷却塔、锅炉定位偏差,不仅影响系统效能,还可能带来安全隐患。更为突出的是,部分项目在系统调试阶段流于形式,缺乏科学的风量、水量平衡测试,导致系统无法达到设计工况,最终在竣工验收时资料缺失或与现场不符,为后期运维埋下隐患。

1.2 质量问题成因分析

上述质量问题的根源并非单一因素所致,而是贯穿于设计、采购、施工、验收等多个环节的系统性管理缺失。首先,设计深度不足是源头性问题。部分项目图纸仅提供原理性示意,缺乏详细的节点构造图和管线综合排布方案,导致施工过程中频繁出现专业冲突,不得不返工调整,既延误工期又影响质量。其次,材料设备管控不严也是重要原因。一些施工单位为降低成本,采购不符合规范要求的保温材料、阀门或管材,而监理单位在进场验收时把关不严,致使劣质材料流入施工现场^[1]。再次,施工工艺执行不规范反映出作业人员技能水平参差不齐,加之技术交底不到位,工人凭经验操作,忽视标准工艺流程,造成质量波动。此外,过程监管缺位进一步加剧了问题的发生。隐蔽工程如风管保温、管道焊接等环节若未严格执行旁站验收制度,后期难以整改。最后,传统二维图纸难以直观反映复杂的三维空间关系,导致管线排布混乱、碰撞频发,暴露出信息化管理水平的滞后。

2 暖通工程施工质量管理的关键环节识别

2.1 设计交底与图纸会审阶段

设计交底与图纸会审是确保施工质量的第一道关口,其重要性不容忽视。在这一阶段,建设单位应组织

设计、施工、监理等多方参与,围绕系统原理、设备选型、管线走向、预留预埋等关键内容进行深入沟通。尤其需要关注图纸的完整性与可实施性,例如系统原理图是否与平面布置图一致,设备参数是否满足负荷计算要求,以及各专业之间是否存在空间冲突。通过细致的图纸会审,不仅可以提前发现设计疏漏,还能优化施工方案,减少后期变更。更重要的是,该阶段形成的会议纪要和技术澄清文件,将成为后续施工和验收的重要依据,有助于统一各方对质量标准的理解,从源头上规避质量风险。

2.2 材料与设备进场验收环节

材料与设备是构成暖通工程实体的基础,其质量直接决定系统运行的可靠性与耐久性。因此,必须建立严格的进场验收制度。施工单位应会同监理单位,依据国家规范和合同约定,对每一批次的材料设备进行查验,重点核对其合格证、检测报告、出厂证明及必要的复检报告^[2]。对于风管板材,需检查其厚度、镀锌层均匀性及抗腐蚀性能;保温材料则应验证其导热系数、防火等级是否符合设计要求;阀门、水泵、风机等关键设备,不仅要核对铭牌参数,还需确认其性能曲线与系统匹配度。对于进口设备,还需审查报关单、原产地证明及认证文件。只有确保所有进场物资均符合质量标准,才能为后续施工奠定坚实基础。

2.3 风管与水管安装施工环节

风管与水管的安装是暖通工程中隐蔽工程最为集中的环节,也是质量控制的重点和难点。风管制作过程中,咬口形式的选择至关重要——低压系统常用单咬口或联合角咬口,而高压系统则需采用转角咬口或按扣式咬口以增强密封性;法兰螺栓孔距应控制在不大于150mm,且螺栓应均匀拧紧,防止局部应力集中导致变形。支吊架的设置不仅要满足规范规定的间距要求(如前述4m以内),还需考虑防晃、防震等特殊需求,特别是在穿越变形缝或竖井处应设置柔性连接与独立支撑。水管安装则对焊接质量提出更高要求,焊工必须持证上岗,焊缝需经100%外观检查,必要时进行射线或超声波无损探伤;管道试压应分阶段进行,强度试验压力通常为工作压力的1.5倍且不低于0.6MPa,稳压10分钟无渗漏后降至工作压力进行严密性试验。同时,管道冲洗必须彻底,冲洗流速不应低于1.5m/s,直至出水清澈无杂质。保温施工同样不可忽视,接缝应错开布置,铝箔胶带密封严密,尤其在阀门、法兰等部位,应采用可拆卸式保温结构,便于日后检修。这些看似琐碎的工艺细节,实则是保障系统长期稳定运行的关键。

2.4 设备安装与系统调试环节

设备安装质量直接关系到系统能否高效、安静地运行。风机、水泵等旋转设备的基础必须达到设计强度,混凝土强度等级通常不低于C25,地脚螺栓预埋位置偏差应控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内,且必须配备匹配的减振器或减振垫(如橡胶减振垫或弹簧减振器),其固有频率应低于设备扰动频率的0.7倍,以实现有效隔振。风机皮带轮的对中误差应控制在1毫米以内,否则将加剧轴承磨损并产生异常噪声。系统调试是检验施工成果的最终手段,应分阶段进行:先进行单机试运转,确认设备自身运行正常;再进行无生产负荷联合试运转,测试整个系统的风量、水量分配是否均衡^[3]。风量测试可采用风速仪或风量罩,在送回风口处测量,各风口实测风量与设计值偏差不应超过 $\pm 15\%$;水系统则通过平衡阀调节,使末端设备流量偏差控制在 $\pm 10\%$ 以内。温湿度、噪声等参数也需同步监测,例如医院病房噪声限值昼间 $\leq 45\text{dB(A)}$,夜间 $\leq 40\text{dB(A)}$ 。调试过程中应使用专业仪器进行数据采集,并形成完整的调试报告,作为竣工验收的重要依据。忽视调试或调试不充分,往往导致系统“带病运行”,后期难以根治。

2.5 竣工验收与资料归档环节

竣工验收是施工质量管理的最后一环,也是对整个工程成果的全面检验。验收工作应严格依据《通风与空调工程施工质量验收规范》(GB50243-2016)执行,重点核查隐蔽工程的影像资料是否齐全、系统性能测试报告是否真实有效、竣工图是否与现场完全一致。特别是对于洁净手术室、数据中心等对环境要求极高的场所,还需进行专项检测,如洁净度、压差、气流组织等。同时,所有质量保修书、设备使用说明书、维护手册等技术资料必须完整归档,并移交建设单位。这些资料不仅是后期运维的基础,也是质量责任追溯的重要凭证。只有做到“图实相符、资料完备”,才能真正实现工程质量的闭环管理。

3 关键环节质量控制策略与技术措施

3.1 构建“人、机、料、法、环”五要素控制体系

暖通工程施工质量的提升,离不开对“人、机、料、法、环”五大要素的系统化管控。人员方面,应强化岗前培训和技术交底,确保每位作业人员熟悉工艺标准和安全规程,并推行持证上岗制度;同时建立质量责任制,落实自检、互检、专检的“三检制”,形成全员参与的质量文化。机械设备方面,需定期校验风量罩、声级计、红外热像仪等检测工具,确保其精度可靠,并对焊接、切割等施工机具进行日常维护,保障设备处于

良好状态。材料管理上,应建立进场台账,实行二维码溯源,对关键材料如橡塑保温进行第三方复检,杜绝不合格品流入现场^[4]。施工方法上,应针对复杂节点编制专项施工方案,明确工艺流程、质量标准和验收节点,并推广标准化作业指导书,减少人为操作差异。环境控制则包括合理安排施工时段,避免在雨天或极端温湿度条件下进行焊接、保温等敏感作业,并做好成品保护,防止交叉施工造成的污染或损坏。

3.2 推行BIM技术辅助全过程质量管理

BIM技术为暖通工程施工质量管理提供了强有力的数字化支撑。在设计阶段,通过全专业BIM建模,可在虚拟环境中进行多专业碰撞检查,提前发现并解决管线冲突,大幅减少施工返工。进入施工阶段,BIM模型可作为可视化交底工具,使工人直观理解复杂节点的构造做法,提高施工准确性。同时,可将质量验收点与模型构件绑定,实现“模型即档案”的动态管理,任何质量问题均可在模型中精确定位。在调试与运维阶段,竣工BIM模型可集成设备参数、保修信息、维护周期等数据,为智慧运维提供基础。这种从设计到运维的全生命周期信息贯通,不仅提升了质量管理效率,也为建筑碳排放核算、能效优化等绿色目标提供了数据支持。

3.3 强化全过程动态监控与追溯机制

有效的质量控制必须贯穿施工全过程,并具备可追溯性。为此,应建立常态化的质量巡检制度,由监理单位每日巡查施工现场,记录并跟踪问题整改情况。对风管漏风量测试、管道压力试验等关键工序,实行监理旁站监督,确保数据真实可靠。同时,可引入移动质检APP,施工人员通过手机端实时上传工序照片、检测数据及整改反馈,形成闭环管理流程。更重要的是,应落实

质量终身责任制,将项目经理、技术负责人、班组长等关键岗位人员信息录入工程档案,一旦出现质量问题,可迅速追溯责任主体。这种“过程可查、责任可究”的机制,有助于倒逼各方切实履行质量职责。

4 结语

本文通过对暖通工程施工全过程的系统分析,识别出设计交底、材料验收、安装施工、系统调试与竣工验收五大关键质量控制环节,并围绕“人、机、料、法、环”五要素构建了全过程质量控制体系,强调了BIM技术与动态追溯机制在提升管理效能中的重要作用。展望未来,暖通工程施工质量管理将朝着智能化、标准化与绿色化方向持续演进。物联网传感器与AI算法的结合,将实现对施工环境与工艺参数的实时监控与风险预警;装配式风管、模块化机房等工厂预制技术的普及,将大幅减少现场作业误差,提升安装精度;而将碳排放指标纳入质量评价体系,则有助于推动低碳施工工艺的应用,助力国家“双碳”目标实现。建议行业主管部门加快制定精细化施工标准,鼓励企业加大数字化投入,同时加强一线技术工人技能培训,共同推动暖通工程质量迈向高质量发展新阶段。

参考文献

- [1]王圣元.暖通工程施工质量控制要点与精细化管理策略[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(26):170-172.
- [2]何柏华.建筑暖通工程施工要点及质量控制措施[J].城市建筑,2025,22(06):227-229.
- [3]杜喻帅.暖通工程施工要点及质量管理探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(26):193-195.
- [4]黄晓庆.暖通工程施工质量管理与控制研究[J].居业,2021,(08):129-130.