

暖通空调管道安装施工质量控制措施探究

陈本清

中国电子系统工程第二建设有限公司 江苏 无锡 214135

摘要：本文针对暖通空调管道安装中普遍存在的质量通病，探讨了全流程质量控制策略。文章首先剖析了管道安装质量的隐蔽性与滞后性特征，指出材料缺陷、加工粗糙及调试失衡等核心问题。进而构建了涵盖事前预控、事中精细化管控及事后严格验收的质量管理体系。重点阐述了 BIM 技术在数字化预制、施工模拟及可视化交底中的创新应用，旨在通过标准化与智能化手段消除质量隐患，提升系统运行能效，为建筑环境调控提供坚实保障。

关键词：暖通空调；管道安装；施工质量；质量控制

引言：暖通空调系统作为现代建筑的核心功能组件，其管道安装质量直接决定了室内的温湿度环境舒适度与系统运行能效。然而，当前工程实践中，管道安装常因材料把控不严、施工工艺粗糙及多专业协同缺失，导致渗漏、气堵及噪音等隐患频发。这些问题不仅增加了后期运维成本，更影响建筑使用寿命。本文旨在结合流体输配力学与系统工程理论，深入剖析安装质量现状，并引入 BIM 技术构建全过程管控体系，为提升暖通工程质量提供科学路径。

1 暖通空调管道安装工程质量控制的理论基础

暖通空调管道安装工程质量控制，以流体输配力学、建筑热工与系统工程学为核心理论支撑，依托现行国家施工验收规范构建全流程管控体系。其核心逻辑围绕水系统循环动力平衡原理展开，通过管控管道坡度、支吊架定位与排气装置布设，避免管网内形成气囊引发气堵，保障冷热源介质稳定输配。基于材料热工性能匹配理论，针对冷冻水、冷凝水、冷却水不同工况差异化选型，兼顾管道耐压等级、抗腐蚀能力与保温隔热性能，从源头规避结露滴水、管路锈蚀等常见隐患。同时以管线综合协同理论为基础，统筹协调通风、给排水、电气等多专业管线的空间排布，利用 BIM 模拟优化路由，减少交叉冲突^[1]。全过程遵循“事前预控、事中管控、事后校验”的系统管控逻辑，覆盖材料进场检验、焊接与连接工艺管控、水压试验与系统冲洗等关键环节，通过标准化工序约束，实现暖通系统运行能效提升、故障率降低的核心目标，为建筑室内温湿度环境稳定调控筑牢工程基础。

2 暖通空调管道安装施工质量现状与常见问题

2.1 管道安装质量问题的总体特征

当前建筑暖通空调管道安装质量问题具有普遍性、隐蔽性、关联性与滞后性特征，管控难度大。普遍性表现为各类建筑项目中安装瑕疵频发，尤以中小型工程为甚。隐蔽性在于多数管道敷于吊顶、墙体内，隐患难在施工期发现，多至调试运维期才暴露。关联性指各工序、构件紧密相连，单一缺陷易引发连锁反应，如支架偏移可致受力不均、保温破损及流通不畅。滞后性则指隐患多不即时显现，而在长期运行、温度荷载变化及介质冲刷后逐步爆发，引发渗漏、噪音超标、换热效率下降等问题，大幅增加后期维修成本，严重影响系统长期稳定运行。

2.2 材料与配件质量方面的典型问题

材料配件质量直接决定工程整体水平，当前现场问题突出。部分施工单位为控成本选用非标管材与劣质配件，其壁厚不均、材质杂质超标，阀门等配件密封与抗压性不达标。进场验收流于形式，未严格核查规格、合格证及检测报告，缺乏对强度、防腐性能的抽样复检，致不合格材料入场。存放管理亦不规范，金属管道防潮防锈不足致锈蚀变形，塑料管道暴晒老化脆化，配件随意堆放致破损混用。另外，配件选型与设计不符现象普遍，如高低压配件错配、不同材质混用，导致系统密封与承压能力不足，埋下渗漏、爆管等安全隐患。

2.3 管道加工与安装过程中的质量通病

管道加工与安装是质量通病高发环节。加工阶段常见切口不平、毛刺未打磨、弯曲角度偏差及缩径等问题，致对接缝隙过大，影响焊接或粘接质量。焊接施工存在焊缝厚度不足、夹渣、气孔等缺陷，螺纹连接则有丝扣过松过紧、密封填料不规范等，极易引发渗漏^[2]。安装过程中，坡度设置不合理致倒坡或平坡，造成积水

积气；支吊架间距超标、固定不牢或选型不符，致管道下垂变形、振动异响。穿墙及穿楼板部位未规范设套管或封堵不严，保温层拼接缝隙大、厚薄不均或破损脱落，不仅降低换热效果，还会引发结露滴水、管道冻裂，严重降低施工质量。

2.4 系统调试与验收阶段暴露的质量问题

调试与验收阶段集中暴露前期隐蔽质量问题。水压及气密性试验中，频现接口渗漏、焊缝渗水、阀门关闭不严及泄压不畅等，部分管道承压不达标。试运行阶段，管道内杂物堵塞、介质流通不畅，致设备换热效率低、温湿度调节不达标，且伴随振动噪音超标。风量水量调试不均，各支路分配失衡，致局部供暖供冷不足。验收阶段还常发现资料与现场不符、工序缺失、隐蔽工程未验即封、尺寸偏差超标等管理问题。此外，防腐保温验收不合格，如保护层脱落、涂层破损，加速管道腐蚀老化，缩短设备寿命，导致工程验收通过率降低，需二次整改。

3 管道安装全过程质量控制措施体系

3.1 施工准备阶段质量控制措施（事前控制）

施工准备阶段的事前质量控制是从根源规避质量隐患的核心环节，需从图纸审核、方案编制、材料管控、人员设备筹备多维度落实管控。首先需开展精细化图纸会审，组织技术、施工、监理人员核对管道布局、标高、尺寸、走向，排查管道与梁柱、电气、消防管线的碰撞冲突问题，结合现场实际优化施工图纸，杜绝图纸设计缺陷。其次，编制专项施工组织方案与质量管控细则，明确管道加工、安装、焊接、保温等各工序的施工标准、操作流程及质量验收要求，针对重难点施工环节制定专项防控方案。严格落实材料设备进场管控，建立材料进场验收台账，核查管材、配件、设备的资质文件，对关键材料进行抽样送检，杜绝不合格材料进场。同时，做好施工人员技术交底与岗前培训，明确施工规范、质量标准及常见问题防控要点，校验施工机具、检测设备精度，清理平整施工现场，完善临时水电布置，为标准化施工奠定基础，从源头降低质量问题发生率。

3.2 施工实施阶段质量控制措施（事中控制）

施工实施阶段的事中控制是保障管道安装施工质量的核心，需落实工序化、常态化、精细化管控，实时把控施工全过程质量。严格执行工序报验制度，每道管道加工、安装工序完成后，施工班组先行自检，再由技术人员复检、监理人员核验，验收合格后方可进入下一道工序，杜绝带病施工。规范管道加工操作，统一管口

切割、打磨、弯曲、焊接施工标准，安排专业持证人员开展焊接、螺纹连接等关键工序施工，全程监督操作流程，及时纠正违规操作行为。严控管道安装精度，精准把控管道标高、坡度、间距、支吊架安装位置，确保管道排布平整、固定牢固，穿墙、穿楼板套管安装规范，封堵密实^[3]。同时，做好施工过程隐蔽工程管控，对管道预埋、焊接、防腐、保温等隐蔽工序全程拍照留存、记录台账，及时排查隐蔽质量隐患。实时监测施工环境，高温、低温、雨雪天气做好专项防护，避免环境因素影响施工质量，全方位把控施工过程质量。

3.3 施工验收阶段质量控制措施（事后控制）

施工验收阶段的事后控制是核验工程质量、闭环整改隐患、保障工程达标交付的关键环节，需构建全面、严谨的验收管控体系。首先，施工单位完成全部施工内容后，开展全面自检自查，对照设计图纸、施工规范逐一核查管道安装质量、系统完整性，自行整改渗漏、变形、保温破损等各类问题，整理完善施工技术资料、隐蔽工程记录、材料检测报告等验收文件，确保资料齐全、真实、合规。其次，联合监理、建设单位开展分项、分部工程验收，严格开展管道水压试验、气密性试验、系统调试工作，精准检测管道承压能力、密封性、介质流通效率，核验系统温湿度调节、风量水量分配等运行指标。针对验收中发现的质量问题，建立问题整改台账，明确整改责任人、整改措施及整改时限，全程跟踪整改进度，整改完成后重新复检，确保所有隐患闭环处理。最后，完善竣工验收备案工作，梳理工程质量管控全过程资料，完成竣工交付交接，同时总结施工质量问题及管控经验，为后续工程施工提供参考。

4 BIM 技术在管道安装质量控制中的应用

4.1 BIM 技术在机电安装领域的应用概况

BIM 技术即建筑信息模型技术，凭借可视化、数字化、协同化、模拟化的核心优势，已成为现代建筑机电安装工程质量管控的核心技术手段，广泛应用于暖通、给排水、电气等专业施工全过程。相较于传统二维图纸施工模式，BIM 技术依托三维数字化模型，可精准还原建筑机电工程整体布局，打破二维图纸信息碎片化、偏差大、协同难的弊端，实现工程设计、施工、管控、验收、运维全生命周期信息化管理。在机电安装领域，BIM 技术主要应用于图纸深化、碰撞检测、数字化预制、施工模拟、可视化交底、质量验收、竣工归档等多个场景，有效解决传统施工中管线冲突、安装偏差、工序混乱、质量隐患多等痛点。随着建筑工程智能化、精细化发展，BIM 技术的应用深度持续提升，从单一建

模应用逐步转向全过程数字化管控,实现多专业协同施工、精准化质量管控,大幅提升机电安装工程的施工精度、质量水平与施工效率,有效降低施工返工率与质量隐患发生率。

4.2 基于 BIM 的数字化预制加工

BIM 数字化预制加工颠覆了传统现场加工的粗放式施工模式,实现暖通管道构件标准化、精准化加工,大幅提升管道安装施工质量与精度。传统现场管道加工受人工操作、场地环境影响,极易出现尺寸偏差、切口不平整、构件规格不符等问题,是安装质量通病的主要诱因。依托 BIM 三维模型提取精准的管道尺寸、角度、规格等参数,生成标准化预制加工图纸与数据清单,直接对接工厂数字化加工设备,实现管道、管件、支吊架等构件的工业化预制生产。工厂预制采用数控设备精准加工,有效规避人工操作误差,保障所有预制构件尺寸统一、规格标准、加工精度达标,构件接口贴合度、平整度完全满足施工规范要求。同时,BIM 技术可对预制构件进行编码分类,记录构件规格、安装位置、加工参数,实现构件精细化管理,避免现场混用、错用构件的问题。预制构件运输至现场后可直接拼装安装,大幅减少现场加工工序,降低现场施工污染与操作误差,从构件加工环节严控施工质量。

4.3 基于 BIM 的施工模拟与可视化交底

基于 BIM 技术的施工模拟与可视化交底,可有效规范施工工序、统一施工标准,从施工操作层面保障管道安装质量。传统技术交底以纸质图纸、文字说明为主,内容抽象、理解偏差大,施工人员易出现操作不规范、工序颠倒等问题,引发质量缺陷。利用 BIM 模型开展 4D 施工模拟,将管道安装施工工序、施工进度与三维模型相结合,动态模拟管道预埋、加工、吊装、对接、保温、防腐等全流程施工过程,直观展示各工序的施工顺序、操作要点、施工重难点。针对复杂管段、高空作业、密集管线安装等重难点施工环节,通过施工模拟优化施工流程,规避工序冲突、施工盲区,制定最优施工方案^[4]。同时,依托 BIM 可视化模型开展现场技术交底,通过三维模型、动态视频直观展示安装标准、尺寸要求、质量控制点,让施工人员清晰掌握施工规范与操作细节,彻底解决传统交底信息传递偏差问题,规范一

线施工操作,有效减少人为操作导致的质量通病,提升整体施工标准化水平。

4.4 基于 BIM 的质量验收与竣工交付

BIM 技术可实现暖通管道安装工程数字化质量验收与智能化竣工交付,构建精准、高效、可追溯的事后质量管控体系。传统质量验收依赖人工现场核验、纸质记录,存在验收偏差大、隐患排查不全面、资料追溯难等问题。依托 BIM 三维模型建立验收标准数据库,将施工规范、设计参数录入模型,验收人员可通过移动端设备对比现场施工实景与 BIM 模型参数,精准核查管道安装尺寸、标高、坡度、间距等关键指标,快速识别安装偏差、质量缺陷,提升验收精准度与效率。针对验收发现的质量问题,可在 BIM 模型中精准标注问题位置、问题类型,绑定整改方案与整改记录,实现质量问题闭环管控、全程可追溯。工程竣工阶段,整合 BIM 模型、施工资料、检测报告、验收记录等所有数据信息,形成数字化竣工模型,替代传统纸质竣工资料。数字化竣工交付资料完整、数据精准、查阅便捷,不仅提升竣工交付效率,也为后续工程运维、检修、改造提供精准的数据支撑,实现工程质量全生命周期管控。

结束语

暖通空调管道安装是一项系统性工程,其质量控制需贯穿施工全生命周期。通过建立严密的事前、事中、事后管控体系,可有效规避材料缺陷与施工通病。特别是 BIM 技术的应用,实现了从设计优化到数字化交付的精准闭环,显著提升了安装精度与协同效率。未来,随着建筑工业化发展,坚持标准化施工与数字化赋能并重,将是解决隐蔽工程隐患、保障系统长效稳定运行、实现建筑绿色节能目标的必由之路。

参考文献

- [1] 刘泽方. 洁净室暖通空调安装施工的质量控制对策分析[J]. 工程建设与设计,2022(7):168-170.
- [2] 黄威. 暖通空调工程现场管道安装精度控制技术[J]. 砖瓦世界, 2025(9): 124-126.
- [3] 尤洪涛. 大型购物中心暖通空调安装工艺质量控制研究[J]. 设备管理与维修,2024(2):158-160.
- [4] 曹波. 医院建筑工程暖通空调管道安装技术要点研究[J]. 中国住宅设施, 2024(3): 88-90.