

基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯体系构建与应用

侯长波

徐州新腾置业有限公司 江苏徐州 221000

摘要: 在以往的建筑机电安装工程项目中,存在信息分散、追溯效率低等问题,为了解决该问题,本文聚焦于BIM的建筑机电安装工程质量追溯体系。通过整合BIM技术的三维可视化、信息集成等优势,从而将建筑机电安装工程各阶段质量信息与模型构建深度关联。以实现设计、施工、运维等全生命周期质量数据的实时采集、存储和共享,能够有效降低质量事故发生率,从而为建筑行业质量管理数字化转型提供有力支持。

关键词: BIM; 机电安装; 质量追溯构建

引言

建筑机电安装工程作为建筑工程的重要组成部分,其质量直接关系到建筑物的使用功能和安全性。而传统模式下的机电安装工程质量追溯依赖于纸质文档和人工审查,导致质量追溯效率较低,很难满足现代建筑工程对质量管理的需求。而随着信息技术的快速发展,BIM模型能够集成建筑全生命周期的各类信息,并为质量追溯提供了全新的思路和方法,为此,通过构建BIM的建筑机电安装工程质量追溯体系,不但能有效提升工程质量管理水平,还能有效推动建筑行业向着智能化、数字化的方向发展。

一、基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯体系构建

(一) 体系总体框架设计

在构建基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯体系过程中,体系架构设计作为核心要素,需确立科学合理的分层框架。本文构建的体系架构包含数据层、模型层、应用层与用户层四个逻辑维度。数据层作为基础支撑层,承担工程全生命周期质量数据的系统化采集、归档与管理职责,涵盖设计参数、施工日志、检测报告等多源异构信息,确保数据的完整性与可靠性。模型层依托BIM技术构建的三维数字孪生体,实现质量数据与建筑构件的语义化映射,通过可视化手段精准呈现质量信息的时空分布特征。应用层部署质量追溯查询、多维统计分析及风险预警等核心功能模块,满足不同主体对质量信息的差异化需求^[1]。用户层面向工程参与方的多维度需求,

为建设单位、施工单位及监理单位等提供适配的交互界面。四层架构遵循数据驱动原则,形成“数据采集-模型构建-功能实现-用户服务”的闭环流程,各层级通过标准化接口实现信息的有序流转与深度交互,共同构建起具备实时性、可追溯性与决策支持能力的工程质量追溯体系,其结构关系与信息流向可通过体系架构图予以直观表达。

(二) 质量信息分类与编码

在构建基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯体系中,质量信息的分类与编码构成基础性支撑环节。鉴于建筑机电安装工程涉及多阶段、多主体作业,质量信息呈现高度异构性与复杂性,亟需建立系统化的分类体系。该分类体系涵盖四个核心维度,设计信息包括设计图纸、设计变更通知等,为工程初始规划与技术标准提供依据^[2]。施工过程信息涵盖施工方案、施工日志、工序交接记录等,实时记录工程实施动态,材料设备信息涉及规格型号、质量证明文件及进场验收记录等,构成工程实体质量的核心保障。检验检测信息如各类试验报告、质量检验评定记录等,用于工程质量达标性验证。同时,需制定科学严谨的编码规则,综合考量信息类别、产生阶段及所属部位等关键维度,为每项质量信息分配唯一编码标识。该编码机制显著提升信息检索效率与精准度,优化后续管理与追溯的系统性,从而保障质量追溯体系的高效、可靠运行。

(三) BIM模型创建与优化

在构建基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯体系过程中,BIM模型的构建与优化是核心技术环节。首先,基于机电安装工程设计图纸构建BIM模型,严格界定模型精度标准,确保管道构件精确表征管径、壁厚等几何

作者简介: 侯长波(1983-),男,汉族,江苏徐州,大学本科,中级职称,研究方向:工程管理。

参数，设备构件准确呈现外形尺寸与空间定位，以真实还原工程实体特征。同时，建立规范化的构件命名体系，采用“专业-系统-构件类型-编号”的层级化编码结构，实现构件的高效识别与精准定位。模型构建完成后，实施轻量化处理，移除非必要几何细节与冗余数据，降低模型文件体积，提升系统运行效率。此外，开展多专业碰撞检测与协调，通过BIM软件自动化识别专业间构件冲突，及时优化设计方案，预防施工返工及质量风险。上述优化措施显著提升模型的几何精度与工程适用性，为工程质量追溯体系提供精确、可靠的空间数据基础，支撑全生命周期质量信息的精准关联与追溯。

(四) 质量信息与BIM模型的关联

在构建基于BIM的建筑机电安装工程的质量追溯体系过程中，质量信息与BIM模型的关联机制构成核心支撑环节^[3]。为实现精准关联，需采用系统化技术路径，其一，实施属性嵌入策略，在BIM模型构件的属性字段中直接存储质量信息要素，形成构件级的质量信息档案。其二，建立数据库关联机制，将质量信息集中归档于专用数据库，通过模型构件与数据库记录的语义化映射，实现信息的集中化管理与高效检索，如表1所示。其三，开发动态关联机制，依托BIM软件的二次开发接口或专用插件，设定触发条件与更新策略。当模型构件因设计变更或施工调整发生变动时，系统能自动识别变化节点并依据预设规则同步更新相关质量信息，确保追溯数据的时效性与一致性，为工程质量追溯体系提供精准可靠的技术支撑。

表1 基于BIM建筑机电安装数据库关联机制表

关联层级	关联字段	关联说明
设计	构件编号	将设计图纸中每个构件的详细信息，通过唯一-构件编号关联到BIM模型对应构件的属性中
材料	材料设备唯一标识	材料设备采购后，为每批材料设备分配唯一标识，将其与BIM模型中使用该材料设备的构件关联
施工	施工记录编号	施工过程中，每天记录施工情况，并将施工记录编号与涉及的BIM模型构件编号关联
检验检测	检验报告编号	对建筑机电安装工程中的构件进行检验检测后，将检验报告编号与对应的BIM模型构件编号关联
质量问题	质量问题编号	当发现质量问题时，记录问题等信息，并将问题编号与出现问题的BIM模型构件编号关联

(五) 追溯流程设计

在构建基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯体系过程中，追溯流程的系统化设计构成关键支撑要素。该流程需严格遵循多阶段操作逻辑，涵盖质量问题发现、信息追溯查询、责任主体判定及整改过程跟踪等核心环节。质量问题发现环节，依托日常巡检、质量检测及用户反馈等多源数据渠道，通过BIM模型的可视化与信息集成特性，实现问题点位的精确定位与关联构件的精准识别。追溯信息查询环节，基于BIM模型与质量信息的语义化关联机制，输入构件标识后可即时获取其全生命周期数据。责任判定环节，依据查询结果并参照现行技术规范与合同条款，进行责任主体的科学界定，整改措施制定与跟踪环节，针对问题性质制定专项整改方案，并在BIM模型中动态标记整改部位与技术要求，同步实施进度监控与效果评估^[4]。此外，通过绘制标准化追溯流程图，以图形化方式系统呈现各环节操作步骤及信息流转路径，为质量追溯工作提供结构化操作指引，有效保障追溯过程的高效性、准确性与可追溯性。

二、基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯系统开发与应用

(一) 系统需求分析

在基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯系统开发与应用进程中，系统需求分析作为核心起始环节，需从用户视角进行结构化界定。功能需求维度涵盖质量信息录入、查询检索、统计分析、智能挖掘及可视化展示五大模块，质量信息录入功能应支持多格式数据导入与现场实时采集，确保数据完整性与准确性。查询检索功能需建立多维条件匹配机制，实现质量信息的精准定位，统计分析功能应完成质量数据的聚合计算与结构化报表生成。智能挖掘功能依托数据挖掘算法，识别质量问题的潜在规律与演变趋势，可视化展示功能基于BIM模型空间属性，以三维可视化形式呈现质量信息，提升信息解读效率。性能需求维度需严格满足，系统响应延迟控制在毫秒级以保障操作流畅性，数据安全防护机制完善，采用端到端加密与增量备份策略防范数据泄露与丢失，系统稳定性设计需支持高并发访问与持续运行，确保服务可用性与容错能力。上述需求的系统化实现为工程质量追溯体系的高效运行提供技术支撑，有效保障追溯过程的可靠性与精准性。

(二) 系统架构设计

在基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯系统开发与应用中，系统架构设计作为技术实现的核心环节，需遵循分层式架构范式进行科学构建。该架构体系严格划

分为表示层、业务逻辑层、数据访问层及数据存储层四个逻辑层次。表示层承担用户交互功能，通过Web端与移动端双平台交互界面实现输入处理与输出展示，确保操作界面的直观性与用户友好性。业务逻辑层封装系统核心业务规则，包括质量信息追溯流程、多维统计分析 & 数据挖掘算法等关键逻辑，以服务化组件形式提供高内聚性功能支持^[5]。数据访问层作为业务逻辑与数据存储的中介层，通过标准化数据库访问中间件实现数据的高效增删改查操作，保障数据交互的可靠性与响应效率。数据存储层负责持久化存储质量信息、BIM模型数据及关联元数据，采用关系型数据库与非关系型数据库的混合存储策略，满足结构化与非结构化数据的差异化管理需求。同时，系统开发基于.NET或Java技术栈构建，选用分布式框架与微服务架构设计，强化了系统的可扩展性与容错能力，为工程质量追溯的实时性、稳定性与数据一致性提供坚实的技术支撑。

（三）系统功能模块开发

在基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯系统开发与应用进程中，功能模块的构建构成系统实现的核心技术环节。质量信息管理模块的开发需建立标准化录入机制，支持手动录入与批量数据导入功能，并实施录入信息的格式校验与完整性验证，确保数据质量。模型管理模块的核心功能涵盖BIM模型的上传、解析与存储，依托专业接口实现模型构件属性的自动化提取与语义化关联。追溯查询模块的开发重点在于构建多维查询条件体系，通过数据库关联机制实现质量信息的精准定位与快速检索。统计分析模块采用数据挖掘算法对质量数据进行分类汇总、趋势识别与模式分析，生成结构化可视化图表。可视化展示模块依托三维渲染技术，实现质量信息与BIM模型的语义化融合呈现，提升信息解读效率。各功能模块界面设计遵循简洁性与直观性原则，操作流程实现标准化，例如质量信息管理模块采用信息类别分页展示机制。模块间通过标准化接口实现数据交互，质量信息管理模块录入的数据经预处理后传输至数据库，追溯查询模块基于数据库查询结果进行可视化呈现，统计分析模块调用数据库数据执行计算分析，可视化展示模块整合多源数据实现三维空间信息的动态呈现。上述设计保障了系统运行的高效性、数据一致性与操作可靠性，为工程质量追溯提供技术支撑。

（四）系统测试与优化

在基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯系统开发

与应用进程中，系统测试与优化是确保系统可靠运行的核心技术环节。需构建系统化的测试方案，涵盖功能验证、性能基准测试及安全评估三大维度。功能验证环节严格评估各模块是否符合设计规范，包括质量信息管理模块的数据录入、修改及删除操作的准确性，以及追溯查询模块对质量信息的快速精准检索能力^[6]。性能基准测试聚焦系统在不同负载条件下的响应时间、吞吐量等关键指标，验证高并发访问场景下的运行稳定性。安全评估系统排查潜在安全风险，如数据泄露、非法访问等漏洞，确保数据完整性与访问控制机制的有效性。基于全面测试结果，实施针对性优化措施，通过重构核心代码逻辑提升功能实现精度，优化数据库索引结构与查询算法以增强数据处理效率，强化加密机制与访问控制策略完善安全防护体系。上述优化过程显著提升系统性能指标与用户体验，为工程质量追溯的实时性、准确性与可操作性提供坚实保障，有效支撑建筑机电安装工程全生命周期质量管理的高效实施。

结束语

基于BIM的建筑机电安装工程质量追溯体系构建和应用，能够为建筑行业质量管理奠定坚实的基础。而随着BIM技术的不断进步和完善，基于BIM技术的质量追溯体系也必然会得到完善和优化，为建筑机电安装工程以及整个建筑行业的高质量发展提供更加坚实的技术保障，也能有效推动BIM技术在质量管理领域的深度应用，以实现建筑行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 谢建江. 机电安装质量全面管理体系研究[J]. 中国机械, 2024, (26): 153-156.
- [2] 党晓光. BIM技术在机电安装工程中的应用[J]. 南方农机, 2022, 53(15): 190-192.
- [3] 季华卫. 加快建造方式转变, 推动机电安装高质量发展——中建八局一公司安装公司机电工业化探索与实践[J]. 安装, 2022, (02): 9-11.
- [4] 姜世明, 刘雅. 核岛机电安装施工质量体系文件建立的方法与实践[J]. 安装, 2021, (06): 12-14.
- [5] 谢建江. 机电安装质量全面管理体系研究[J]. 中国机械, 2024, (26): 153-156.
- [6] 姜世明, 刘雅. 核岛机电安装施工质量体系文件建立的方法与实践[J]. 安装, 2021, (06): 12-14.