

BIM技术在暖通空调设计中的应用

彭 华

新疆生产建设兵团建工设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要: BIM技术以三维参数化建模为核心, 变革暖通空调设计范式, 实现从绘图表达向模型驱动的转变。其通过参数化建模、多专业协同、性能模拟分析及信息管理等核心应用, 优化设计流程、解决专业冲突、提升设计科学性。同时, 结合数字化预制、全生命周期管理、智能算法及物联网技术, 推动暖通空调设计向智能化、工业化、全流程协同方向发展, 为系统设计、施工及运维提供全面支撑。

关键词: BIM技术; 暖通空调设计; 应用

引言: 暖通空调设计作为建筑机电工程核心, 关乎建筑使用舒适度与能源利用效率。传统设计模式有专业协同差、设计与施工脱节、信息传递不畅等弊端, 无法满足现代建筑高效、节能、智能的需求。而BIM技术具备信息关联、可视化、协同性强等优势, 正逐步融入暖通空调设计各环节, 推动行业设计模式革新升级。

1 BIM 技术对暖通空调设计范式的变革

BIM技术通过三维参数化建模改变了HVAC设计的底层逻辑, 实现了从“绘图表达”到“模型驱动”的范式转换。与传统CAD设计相比, BIM模型具有信息关联性和参数驱动特性, 设备族库的建立使设计元素具备可计算的物理属性, 如风管的尺寸参数直接关联阻力计算, 空调箱的性能参数自动参与负荷匹配。这种特性使设计过程本质上成为参数优化过程, 当建筑体量发生变化时, HVAC系统模型可通过关联性更新自动调整, 避免传统设计中因建筑修改导致的大量重复工作。BIM平台提供的可视化设计环境, 使设计师能直观判断系统空间布局合理性, 提前发现管线交叉等潜在问题, 将传统施工阶段的碰撞问题解决在设计阶段。同时, BIM模型作为信息载体, 集成了设备选型、材料参数、安装工艺等全要素信息, 为后续招投标、施工管理、运维阶段提供数据支撑, 实现设计信息的无损传递^[1]。

2 BIM 在暖通空调设计阶段的核心技术应用

2.1 参数化系统建模与族库构建

BIM参数化建模技术为HVAC系统设计提供了精准的数字表达工具。通过建立包含几何参数、性能参数、连接属性的设备族库, 设计师可快速调用符合国家标准的风管、水管、空调机组等构件, 实现模型的参数化驱动。族库构件具有智能行为特征, 如风管弯头自动计算阻力系数, 阀门构件包含流量特性曲线, 设备模型关联制造商的性能数据。参数化设计支持变量化调整, 当设

计条件变化时, 通过修改关键参数(如风管尺寸、设备容量)即可实现模型的整体更新, 并自动关联影响区域的系统调整。这种建模方式不仅提高设计效率, 更确保了模型数据的一致性和准确性, 为后续性能分析奠定数据基础。专业族库的标准化构建是参数化设计的前提, 需结合设计规范、施工工艺和设备特性, 建立包含尺寸系列、材料属性、连接方式的参数化构件体系, 实现设计资源的复用和标准化。

2.2 多专业协同与碰撞检测

BIM技术通过协同平台实现建筑、结构、机电多专业的并行设计, 其核心价值在于打破专业壁垒, 建立实时信息共享机制。暖通空调设计作为机电专业的重要组成部分, 需与建筑空间布局、结构承重体系紧密配合。BIM协同设计平台支持各专业在同一模型环境下工作, 设计师可实时查看其他专业的设计成果, 进行即时协调。碰撞检测功能通过计算机算法自动识别HVAC管线与结构构件、其他机电系统的空间冲突, 生成碰撞报告并定位冲突位置。该技术改变了传统二维图纸“错漏碰缺”的被动局面, 将碰撞检查从人工复核转变为计算机自动分析。高级碰撞检测可实现硬碰撞(实体冲突)、间隙碰撞(安全距离不足)和逻辑碰撞(系统功能冲突)的全方位检查, 如风管与结构梁的空间冲突、水管与桥架的净距不足、空调回风口与照明灯具的功能干扰等。通过碰撞检测的迭代优化, 可显著减少设计变更和现场返工, 据行业数据统计, BIM碰撞检测可降低机电专业施工冲突60%-80%, 大幅提升施工效率^[2]。

2.3 性能化模拟分析集成

BIM与性能模拟软件的集成实现了HVAC设计从经验驱动到数据驱动的转变。通过IFC标准数据接口, BIM模型可将几何信息、材料属性、设备参数等数据无损传递至专业模拟软件, 进行负荷计算、气流组织、能耗分析

等性能评估。负荷计算方面，BIM模型包含精确的建筑围护结构热工参数、空间划分和使用功能信息，使动态负荷计算更接近实际运行工况；气流组织模拟可可视化展示空调区域的温度场、速度场分布，优化风口布置和气流组织形式；能耗模拟则通过全年逐时负荷分析，评估不同系统方案的能耗指标，为节能设计提供量化依据。这种集成化分析模式支持设计方案的多目标优化，设计师可通过调整围护结构参数、系统形式、设备选型等变量，对比不同方案的性能指标，实现HVAC系统的最优化设计。BIM平台的开放性支持与多种专业模拟工具的集成，如EnergyPlus、TRNSYS、CFD软件等，形成从建模到分析的闭环工作流。

2.4 设计信息管理与交付

BIM技术构建了HVAC设计的全信息模型，实现设计数据的结构化管理和标准化交付。与传统图纸相比，BIM模型包含的信息维度更为丰富，不仅有几何图形信息，还包括设备技术参数、材料规格、安装信息、维护数据等非图形信息。通过模型信息管理，设计师可快速查询系统任何构件的详细参数，如风管的材质厚度、保温层导热系数、空调箱的额定风量等。设计交付阶段，BIM模型可生成符合国家标准施工图、材料清单、设备统计表等交付成果，且所有成果均关联于同一模型数据源，确保数据一致性。BIM交付标准（如LOD分级）定义了不同设计阶段的模型精度要求，从概念设计阶段的LOD100到施工阶段的LOD400，明确各阶段需包含的信息深度。这种结构化信息交付方式为施工单位提供了更精准的建造依据，也为业主方的运营管理奠定数据基础，实现设计信息向运维阶段的无缝传递。

3 BIM技术在暖通空调设计中的深度应用与技术创新

3.1 基于BIM的HVAC系统优化设计方法

BIM技术为HVAC系统优化提供了系统性方法，通过参数化建模与性能模拟的协同工作流，实现系统方案的多维度优化。在空调系统形式选择阶段，BIM模型可集成建筑功能分区信息，结合动态负荷计算结果，进行系统分区合理性分析，如根据不同区域的负荷特性确定风量系统、风机盘管系统或辐射供暖制冷系统的适用范围。风管系统优化方面，基于BIM的流体动力学分析可模拟不同风管尺寸、风速下的系统阻力分布，通过管径优化算法实现风管系统的经济流速设计，降低风机能耗。水管系统优化则通过水力平衡计算，确定最不利环路，优化管径和水泵选型，确保系统各支路流量平衡。BIM支持的优化设计是一个迭代过程，设计师可建立参数化分析模型，设定优化目标（如初投资最小、能耗最低、

舒适度最优），通过调整设计变量（设备容量、管线尺寸、材料选择），利用模拟工具评估各方案性能，最终筛选出最优解决方案。这种基于数据的优化方法克服了传统设计依赖经验的局限性，使HVAC系统设计更加科学合理^[1]。

3.2 数字化预制与模块化建造支持

BIM技术推动HVAC工程向数字化预制和模块化建造方向发展，通过精确的模型数据指导工厂预制和现场装配。在风管预制方面，BIM模型可直接生成加工数据，传递至数控加工设备进行风管的自动化切割、成型，提高加工精度和效率。BIM模型包含的详细尺寸信息和连接方式，使预制构件能在工厂完成组装，形成模块化单元（如空调箱与风管的集成模块），减少现场安装工作量。对于复杂管线系统，BIM可进行预装配模拟，优化安装顺序和工艺，提前发现预制构件的装配问题。数字化预制的优势在于：提高构件加工精度，减少现场切割和调整；缩短施工周期，将传统现场加工工作转移至工厂并行进行；降低材料浪费，通过精确的材料计算减少余料；改善施工环境，减少现场粉尘和噪音污染。BIM模型为预制加工提供了完整的数据源，包括构件几何尺寸、材料清单、连接节点详图等，实现设计与制造的数字化集成，推动HVAC施工向工业化建造模式转型。

3.3 全生命周期信息集成与管理

BIM技术为HVAC系统构建了贯穿设计、施工、运维全流程的信息管理平台，实现了工程信息的动态积累与全程可控。在设计阶段，BIM模型作为信息载体，完整记录系统设计参数、设备选型依据、性能模拟结果等核心数据，通过参数化设计确保各专业协同，减少设计冲突。施工阶段通过BIM模型与现场施工的实时比对，精准记录施工变更、材料替换、安装工艺等过程信息，形成可追溯的施工档案，同时利用模型可视化特性优化施工流程，提升安装精度。运维阶段则整合设备运行数据、维护记录、能耗统计等关键信息，构建动态更新的资产信息模型，实现设备全生命周期状态的可视化管理。

全生命周期信息管理的核心价值体现在三个维度：一是建立信息追溯机制，通过模型关联的变更记录，可快速定位任何系统调整的原因及影响范围，为责任界定和问题排查提供依据；二是支持数据驱动的运维决策，通过对设备运行数据的趋势分析，能够预测潜在故障风险，实现从被动维修到主动预防性维护的转变；三是为设施改造提供精准数据支持，改造前可直接从模型调取系统现状信息，避免重复勘察，缩短改造周期并降低成本。

BIM平台通过标准化数据接口与设施管理（FM）

系统深度集成,将模型几何信息与属性数据导入FM系统,构建面向运维的资产数据库。该数据库不仅包含设备基本参数,还整合了维护周期、供应商信息、备品备件库存等运维要素,为日常管理提供一站式数据支持。通过全生命周期信息的闭环管理,HVAC系统管理模式实现从被动响应向主动规划的转型升级,显著提升系统运行效率,延长设备使用寿命约15%-20%,综合降低全生命周期成本达20%以上,为建筑能源系统的智慧化管理奠定基础^[4]。

3.4 智能算法与BIM的融合应用

人工智能算法与BIM技术的融合为HVAC设计带来智能化解决方案,通过机器学习和优化算法提升设计质量和效率。在负荷预测方面,基于BIM模型的历史数据和实时气象数据,结合神经网络算法可实现更精准的负荷预测,为系统选型提供数据支持。系统优化设计中,遗传算法、粒子群优化等智能优化算法可在BIM参数化模型中自动搜索最优设计方案,平衡初投资、能耗、舒适度等多目标优化问题。风管布局优化方面,路径规划算法可基于BIM建筑模型自动生成最优风管走向,满足空间限制和流体力学要求。设备选型智能推荐系统通过分析BIM模型中的负荷数据、空间条件和设计标准,自动匹配最合适的设备型号和参数。智能算法与BIM的融合实现了设计过程的部分自动化,减轻设计师的重复劳动,同时提供超越人工经验的优化方案。这种智能化设计模式代表了HVAC工程技术的发展方向,通过数据驱动和算法优化,持续提升系统设计的科学性和经济性。

3.5 BIM与物联网技术的协同应用

BIM与物联网(IoT)技术的结合构建了HVAC系统的数字孪生体,实现物理系统与数字模型的实时交互。通过在HVAC设备上安装传感器,采集温度、湿度、压力、流量、能耗等运行数据,经物联网平台传输至BIM模型,使数字模型能够实时反映物理系统的运行状态。

这种实时数据集成支持多种应用场景:在调试阶段,通过对比模型模拟数据与实际运行数据,快速定位系统问题,优化控制参数;在运行阶段,基于实时数据的能耗分析可识别系统低效运行区域,指导节能改造;在维护阶段,通过设备运行数据的趋势分析,预测可能的故障,实现预测性维护。BIM模型作为数据集成平台,将物联网采集的实时数据与设计阶段的静态数据相结合,形成完整的系统信息画像。数字孪生技术使HVAC系统的管理从传统的被动维护转变为主动监控和预测性管理,显著提升系统运行效率和可靠性,同时为系统的持续优化提供数据支持^[5]。

结束语

BIM技术应用于暖通空调设计,带来设计范式、技术方法与管理模式的全方位变革,弥补了传统设计短板。从参数化建模、协同碰撞检测,到全生命周期管理等深度融合应用,其价值贯穿设计、施工、运维全程。未来,随着技术成熟,BIM将推动该设计更高效、节能、智能,保障建筑机电工程高质量发展。

参考文献

- [1]林兴伙.基于BIM技术的绿色建筑工程项目成本精细化管理研究[J].中国建筑金属结构,2026,25(4):145-147.
- [2]赵萍.建筑工程项目成本控制与精细化管理模式优化研究[J].建筑,2025(5):91-93.
- [3]吴茂铭.基于BIM技术的建筑工程全流程精细化管理实践研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2026(1):076-079.
- [4]居福亮.建筑工程施工现场精细化管理策略研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026(1):065-067.
- [5]刘毅楠.基于全周期成本管控的建筑工程造价精细化管理路径研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2026(1):134-136.