

基于 BIM 的建筑暖通系统优化设计研究

朱成凤

北京外交人员服务局, 北京 100010

[摘要]建筑暖通系统的设计属于建筑工程设计的重要部分, 它所设计出的质量好坏会直接对建筑的舒适度、能耗情况以及运行状况产生影响。但是传统的暖通设计一直存在着多专业协同不畅、管线冲突频繁、设备布置不合理、节能设计流于形式等问题。建筑信息模型 (BIM) 技术依靠三维可视化、信息集成和协同工作这三个主要特点, 给暖通系统设计系统的改进赋予了新的技术途径。本文在分析目前建筑暖通系统设计主要问题的基础上, 对基于 BIM 的暖通系统优化设计方法进行了系统的探究, 包含设计流程重构、管线综合优化、设备参数化设计、能耗模拟分析等各个方面, 以期给暖通设计的数字化转型提供一定的借鉴。

[关键词]BIM; 暖通系统; 管线综合; 碰撞检测; 能耗模拟

DOI: 10.33142/ect.v4i8.20338

中图分类号: TU831

文献标识码: A

Research on Optimization Design of Building HVAC System Based on BIM

ZHU Chengfeng

Beijing Service Bureau for Diplomatic Missions, Beijing, 100010, China

Abstract: The design of building HVAC systems is an important part of building engineering design, and the quality of the design directly affects the comfort, energy consumption, and operation of the building. However, traditional HVAC design has always had problems such as poor collaboration among multiple specialties, frequent pipeline conflicts, unreasonable equipment layout, and energy-saving design becoming a mere formality. Building Information Modeling (BIM) technology relies on three main characteristics: 3D visualization, information integration, and collaborative work, providing new technological approaches for improving HVAC system design systems. On the basis of analyzing the main problems in the current design of building HVAC systems, this article systematically explores the optimization design method of BIM based HVAC systems, including design process reconstruction, pipeline comprehensive optimization, equipment parametric design, energy consumption simulation analysis, and other aspects, in order to provide some reference for the digital transformation of HVAC design.

Keywords: BIM; HVAC system; pipeline integration; collision detection; energy consumption simulation

引言

随着建筑功能越来越复杂、绿色建筑标准不断提高, 暖通空调系统在设计阶段所要求达到的标准也越来越高, 其设计质量的好坏直接影响到施工阶段的资源消耗以及运行阶段的能耗表现。传统的暖通设计模式依靠二维图纸和现场经验, 设计师在平面图纸上不能全面掌握各个专业管线的空间关系, 多专业之间设计冲突一般会在施工阶段才显现出来。伴随着建筑信息模型 (BIM) 技术在各个方面的应用, 暖通空调施工过程也正在发生根本性的变化。传统的模式是依靠二维图纸和现场经验, 存在着协同低效、管线冲突多、返工和浪费大等问题。BIM 技术凭借信息集成、三维可视化以及协同工作这三个主要特性, 把暖通

施工由后置、分散的作业变成前置、集成的进程。依靠三维建模以及信息集成, BIM 既加强了设计施工的精确程度, 又提升了各个专业之间的协作水平。本文从暖通系统设计现状问题入手, 探究 BIM 技术在暖通系统优化设计中的具体应用方式, 希望给暖通设计质量提高提供思路借鉴。

1 BIM 技术的基本特征

BIM 技术是以三维数字模型为依托, 将建筑工程项目从开始到结束的全过程, 包括几何信息、物理信息和功能信息等各方面整合起来的平台。其主要特点就是三个方面。

第一, 三维可视化。BIM 技术把传统二维图纸里隐藏的线条和符号变成可以被看见的三维实体模型, 设计师在虚拟空间里能清楚地看到建筑结构、设备以及管线之间

的空间位置。BIM 技术的可视化就是建筑物、构件以三维形式直接展现出来。可视化能力一方面提高了设计的可沟通性，另一方面也可以在建模阶段就发现设计冲突。

第二，信息集成和协同性。BIM 模型包含的不仅仅是几何数据，还有设备参数、材料属性、荷载信息这些非几何数据。各专业设计人员可以同在同一个模型平台上工作，可以相互共享各自的工程设计信息，可以同步地修改。在以 BIM 三维协同管理为基础的高共享度信息传递体系里，设计信息被赋予并加以结构化，准确而高效地传递给设计各个专业以及建筑全寿命周期。

第三，参数化驱动。BIM 模型的构件是用参数来控制的，修改参数就会使模型自动更新。BIM 技术中可以用参数来表示建筑元素的属性、几何形状等。定义出长、宽、高、角度、半径等参数就可以创建出各种各样的建筑元素。该种参数化机制给暖通系统快速方案调整、设备选型和性能分析赋予了技术支撑，让设计由静态出图变为动态改良成为可能。

2 建筑暖通系统设计现状及主要问题

2.1 暖通系统设计流程与协同管理问题

目前暖通系统的设计流程一般都是一条从建筑方案确定、暖通负荷计算、系统方案设计、施工图绘制、施工配合的线性路径。暖通设计处于一个相对被动的地位，在建筑方案基本确定之后才开始介入，留给暖通系统优化的空间很小。各专业之间信息传递依靠图纸会审、会议交流等方式进行，设计变更要经过人工逐级传达。在建筑行业数字化转型的大背景下，传统的建筑与机电专业设计之间存在着数据不能交流、协同性差的问题，进而造成暖通系统设计效率低、智能化程度不高。目前建筑设备设计过程中各个专业设计互相独立，各专业设计的管线难免会存在交叉碰撞的问题，问题的解决只能依靠人工协调管线综合问题。传统的设计方式在设计阶段和后期采购、施工、运维阶段由于时空上的不一致、人员的频繁更替，常常会出现顾此失彼的情况。由于初期用户、设计单位以及不同的部门之间存在交付标准、流程不一致的情况，并且完全脱离了二维设计流程的正向设计方式，使得 BIM 技术不能充分发挥它的作用。设计信息在方案、初设、施工图等各

个阶段之间没有有效的传递机制，容易造成前期决策信息不能延续到后期设计、后期修改不能追溯到前期方案的状况。

2.2 管线综合设计协调不足

管线综合属于暖通系统设计中最为困难的环节之一。暖通管道种类繁多，有送风管、回风管、排烟管、冷冻水管、冷却水管、冷凝水管等，加上给排水管道、电气桥架、消防喷淋管等，各种管线在有限的吊顶空间和管井内密集排列。在传统的二维设计模式中，各个专业的平面图、剖面图都是分别绘制的，设计师很难在二维图纸上全面地掌握所有管线之间的空间交错关系。传统的暖通施工存在着协调性差、精确度不高、多专业协作管理不到位等问题，从而造成施工冲突频繁、返工率高、资源浪费严重。管线碰撞问题一般在施工安装阶段才会暴露出来，这时修改不但要走设计变更的繁琐程序，还会造成工期延误和成本增加。传统的二维图纸不能避免空间碰撞。传统的二维设计模式存在着信息孤岛、协同效率低、管线碰撞等种种问题，造成设计变更频繁、施工成本增加^[1]。另外，管线综合优化大多依靠设计师个人经验以及空间想象，缺少系统的优化办法和量化评价准则，造成管线排布方案良莠不齐。

2.3 暖通设备选型与空间布置不合理

暖通设备选型及空间布置对系统的性能起决定性作用，在工程实际中经常会出现不合理的状况。设备选型时部分设计人员喜欢依照经验估算或者照搬相似工程的设备参数，缺少依靠准确的负荷计算来完成的精细挑选。冷热源机组、空调末端、水泵、风机等设备的容量要么过大造成初投资和运行能耗浪费，要么过小导致夏季供冷或者冬季供热能力不足。设备参数控制无序，合规审查靠人工判断，很容易碰上国家的规范红线。空间布置上，暖通设备体积大，机房、管井、设备层等空间一般在建筑设计后期才考虑进去，给暖通设备留下的空间非常狭窄。设备之间检修通道不够，维护空间被占，设备与结构构件相冲突的现象经常发生。设备布置不合理会直接影响到安装施工的可行性，还会给日后运行维护带来长期的麻烦。传统的暖通空调设计模式是以行业标准或者专业人士的建议为依据，存在暖通空调设计深化度不够、能耗大等问题，造成暖通空调系统能耗大大增加。

表 1 暖通系统传统设计流程各阶段协同问题分析

设计阶段	主要参与方	信息传递方式	主要协同障碍
方案设计	建筑专业主导，暖通初步介入	口头沟通、草图	暖通介入滞后，系统方案缺乏空间依据
初步设计	暖通、结构、给排水并行	图纸互提、会议协调	专业间信息不对称，设计条件频繁变更
施工图设计	各专业深化设计	图纸会审、设计说明	管线冲突难以提前发现，修改率涉面广
施工配合	设计方、施工方、监理方	设计变更单、现场签证	变更信息传递滞后，返工与浪费严重

2.4 能耗分析与节能设计不足

建筑能耗中暖通空调系统所占比例最大,但传统设计流程下能耗分析大多只是形式上的,没有起到应有的作用。大部分项目在设计阶段只根据规范指标做简单的负荷估算,没有对建筑实际使用工况进行动态能耗模拟。设计方案确定之后,很少对不同的系统方案、不同的运行策略进行量化的能耗对比和优化。节能措施的选择大多依靠经验而不是数据驱动,变风量控制、热回收、免费供冷等节能技术的使用没有得到充分的可行性论证。另外,暖通系统运行策略(冷水机组台数控制、水系统变流量调节、空调末端温度设定等)在设计阶段很少被考虑进去,设计方案和实际运行之间存在较大差距,很多节能潜力没有得到充分的发挥^[2]。暖通设计一般需要使用多种专业的分析软件来进行能耗、流体等的模拟,但是由于各个软件和建筑信息模型平台之间数据接口标准不同,常常造成信息在交换过程中出现丢失或者失真的情况。

3 基于BIM的建筑暖通系统优化设计方法

3.1 基于BIM的设计流程重构与协同管理优化

BIM技术的引入给暖通设计流程的重构赋予了机会。不同于传统的“串行”设计,基于BIM的设计流程更加强调整多专业的“并行协同”,即暖通、给排水、电气、结构等专业可以在同一个BIM模型上同时进行工作。各个专业的设计修改立刻反映到中心模型上,其他专业人员可以立即知道变更的信息,大大减少由于信息滞后造成的重复设计。从设计管理角度来讲,依靠BIM的协同平台创建起统一的模型标准、命名准则以及交付规矩。设计变更不再依靠口头传达或者纸质变更单,而是用模型版本管理、变更记录功能来实现全过程可追溯。采用BIM生态链,用Revit建模软件做平台,把各个专业建模信息整合起来,冲破信息传递壁垒,提升设计效率,进而获得更加准确的设计方案。在设计之初就做好基于BIM设计软件框架体系的搭建,选择合适的阶段进行BIM正向设计,充分发挥BIM设计软件的特点和优势。除此之外,BIM模型还可以将设计信息延伸到采购、施工和运维阶段,打破传统设计中各个阶段信息孤立的局面。以BIM正向设计协同应用为出发点,建立基于BIM的协同设计平台,全面优化设计管理,用三维模型做管线综合和净高控制,实现建筑、结构、机电精细化设计,保证设计与施工无缝对接。

3.2 暖通管线综合优化与碰撞检测

基于BIM的管线综合优化属于暖通系统设计里最有

效的方法之一。设计师利用三维空间对各个专业的管线进行布置,可以清楚地看出管线之间、管线与建筑结构之间的距离。在此基础上,用BIM软件的碰撞检测功能可以自动发现管线之间、管线与结构构件之间的硬碰撞(实体相交)和软碰撞(间距不足)。通过BIM创建暖通管道和给排水管线三维信息模型,结合多专业设计数据,用BIM软件碰撞检测功能找出硬碰撞、软碰撞问题。利用碰撞检测功能提前发现管线交叉冲突点,用BIM的模拟优化功能重新设计排布方案,提高管道安装的空间利用率^[3]。设计师根据以上分析结果,用管线避让、管线路由调整、管径优化等方法对管线进行优化布置,达到管线空间有效利用的目的。利用BIM技术将给排水、暖通、电气等各个专业的管线方案进行整合,代替人工进行管线碰撞校核,从而达到自动化碰撞预警的目的。

3.3 暖通设备参数化设计与空间布置优化

基于BIM的参数化设计方法给暖通设备选型和空间布置赋予了准确的技术手段。在BIM环境当中,各种暖通设备是以参数化的“族”形式出现的,每一个设备族都会包含型号、尺寸、性能参数、接口位置等全部的信息。设计师根据负荷计算结果,在族库中选择合适的设备型号,设备外形尺寸、接口位置随型号改变而变化。设计人员可以查阅模型中的设备设计参数,然后进行选型。用Revit共享参数作为媒介,以暖通设备为对象,可以创建出一套标准的参数体系。应用该体系可以实现正向设计过程中设备参数统一的标准化表示,给注释族复用、协同设计数据传递、自动化设计程序开发、平台间信息交互等提供标准化的数据结构基础。符合国家暖通设计强制性规范,内置企业定制标准族库和标准化出图模板,统一图层、构件命名、设备参数规范,支持上百种暖通构件参数化定制,可以自由调节管径、尺寸等参数。从空间布置角度而言,三维模型使得设计师可以准确地控制设备同墙体、梁柱、其它设备间的距离,在检修空间不够、运输通道受阻等问题出现之前就予以发现并加以解决。设备基础定位、预留预埋位置、支吊架布置等都可以用模型来准确表示。参数化模型可以实现设备清单的自动产生以及工程量的准确统计,给采购、成本控制提供可靠的依据。

3.4 基于BIM的能耗模拟分析与运行参数优化

BIM模型不只是几何和设备信息的载体,还能给能耗模拟分析提供数据支撑。将BIM模型转换成能耗模拟软件可以识别的格式,就可以得到建筑的几何尺寸、围护结构参数、房间功能分区、暖通系统构成等信息。利用

BIM 模型集成暖通系统参数,可以对建筑全年能耗进行准确模拟。设计阶段可以对不同的暖通系统方案进行能耗比较,选择节能效果最好的方案。在系统设计进一步深化之后,还可以对水系统供回水温度、风系统送风温度、变流量控制策略等运行参数开展敏感性分析,从而达成设计参数的动态改善。根据 BIM 参数优化可以使得暖通系统的能耗降低 15%~25%^[4],并且可以提高设计效率 30%以上。能耗模拟结果还可以反哺到 BIM 模型当中,从而促使设备选择方案得以调整,系统控制策略得以制订,进而塑造起“建模-模拟-优化-再建模”这种闭环的设计流程。BIM 技术可以很好地支持暖通系统的设计和优化,给建筑的绿色节能发展提供科学的依据。

4 结语

建筑暖通系统设计质量的好坏直接关系到建筑的舒适度、能耗水平和全生命周期成本。传统的设计模式在协同管理、管线综合、设备布置和节能分析等各方面存在着不足,从而影响暖通设计水平的提高。BIM 技术凭借三维可视化、信息集成、参数化驱动、协同工作等特性,给

以上问题的解决赋予了系统性方案,即重新塑造设计流程达成多专业高效协同,利用碰撞检测和管线综合优化削减施工冲突,依靠参数化设备选型加强选型精确度并提高空间利用率,借助能耗模拟分析达成节能设计的定量分析和最优化。伴随着 BIM 技术在建筑行业不断深入地应用,暖通系统设计也由原来的依靠经验驱动转变为数据驱动的、三维协同的、全生命周期优化的设计方式。

[参考文献]

- [1]付全卫.基于 BIM 的建筑暖通系统优化设计研究[J].全面腐蚀控制,2026,40(5):268-270.
- [2]蔡福东.绿色建筑理念下的暖通系统优化设计研究[J].新城建科技,2024,33(7):58-60.
- [3]刘苗苗.建筑暖通系统设计优化措施研究[J].江西建材,2022(10):298-299.
- [4]王晓旭.基于新型节能理念的建筑暖通系统优化设计及其应用[J].四川水泥,2024(5):86-88.

作者简介:朱成凤(1995—),女,汉族,北京,硕士研究生,工程师,现从事建筑工程管理。