

# 基于 BIM 技术的换热站设计与施工优化研究

文 / 刘冬青 山东天润热电设计院有限公司

**摘要:** 本文研究了BIM技术在换热站设计、施工和运维中的应用,分析了传统设计和施工过程中存在的协调难、信息滞后和管理混乱等问题。通过在设计阶段引入BIM建模与数据集成、冲突检测,优化了设计流程,减少了设计变更和返工,提高了设计精度和效率。在施工阶段,通过BIM的进度模拟和资源调度,有效提升了施工过程的透明度,降低了施工冲突,优化了施工资源配置,减少了成本和时间浪费。在运维管理阶段,结合BIM与智能化技术,实现了设备的实时监控、故障预测与能效优化,提升了运维效率和设备的可靠性。BIM技术在换热站项目的全生命周期中,显著提升了项目管理的协同效率、智能化水平和可持续性,推动了项目的高效、低耗运行。

**关键词:** BIM技术; 换热站; 设计; 施工优化

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.04.012

## 前言

换热站的设计与建设涉及多个学科的交叉,设计过程复杂,施工任务繁重,传统的设计与施工管理模式面临着日益严峻的挑战。应用BIM技术优化换热站的设计与施工,不仅能提高项目效率,降低成本,还能够在运维阶段实现精细化管理,从而提升换热站项目的整体效益。

### 一、换热站设计的关键环节

#### (一) 换热站的主要组成与设计需求

(1) 换热设备。换热站的核心设备是换热器,通常根据传热介质和工作条件的不同,选择不同类型的换热器如管壳式换热器、板式换热器等。设计时需要考虑换热器的热交换能力、压力损失、耐腐蚀性、温度控制等要求,以满足能源的高效传输。合理选择换热器的类型与尺寸确保换热效率达到设计要求,根据换热介质的性质选择耐腐蚀材料,并设计合理的清洗与维护方案。同时,需要设计合适的温度与压力控制系统,确保换热过程的稳定性与安全性。

(2) 管道布局。换热站的管道系统用于连接换热设备与热源、负荷设备,管道布局设计不仅要考虑流体流动的经济性与便捷性,还要考虑施工可行性与后期维护的便利性。管道的设计应确保压力损失最小、流量均匀、操作安全,合理选择管道的尺寸与流速,避免流体堵塞与泵送能耗过高。管道布置应合理安排,避免交叉重叠,确保施工与维护的可操作性,根据热介质的性质进行管道防腐处理,并考虑节能保温设计,以降低能源损失。

(3) 电气系统。电气系统用于控制换热站的各项设备,包括换热器的温控系统、泵站控制系统、阀门控制系统等。电气系统的设计需要保证系统稳定运行、操作方便、能效高、以及具有必要的安全保护功能。设计基于可编程逻辑控制器或分布式控制系统等自动化控制系统,实现换热站设备的自动监控与调节。

(4) 辅助设施。除了核心的换热设备、管道与电气系统外,换热站还包括一些辅助设施,如水处理系统、监测系统、冷却系统等,这些设施的设计同样至关重要,确保换热站的高效稳定运行。

#### (二) 传统设计方法的问题和局限性

换热站涉及多个系统的协同设计,传统的二维设计图纸往往难以直观地呈现各专业间的相互关系,尤其是在空间狭窄或复杂的换热站设计中,设计师很难有效识别不同系统间的碰撞与冲突。在传统设计过程中,设计变更往往需要重新绘制大量图纸,尤其是涉及多专业协同的项目,变更信息的传递常常存在滞后与不准确的问题,容易导致施工阶段的误解与错误。在施工过程中,现场情况如果与设计图纸有所偏差,传统的设计方法无法及时反映这些变化,施工人员无法及时获取最新的设计数据,导致施工质量难以保证,甚至出现返工现象。传统设计方法中,计算和估算工作通常由人工完成,且与施工实际需求存在差距,导致材料采购不精确、施工进度预测不准确等问题,增加了资源浪费和项目成本,难以实现精准的成本控制与资源调度,容易导致项目超预算。

### 二、换热站设计中的 BIM 应用

#### (一) 设计阶段的 BIM 建模与数据集成

BIM技术通过建模技术,将换热站的建筑结构、设备、管道、机电系统等多方面数据整合成三维虚拟模型(图1),这使得设计人员能够从不同角度审视设计,确保每个系统的合理性与可行性。例如,在换热站设计中,BIM模型能够呈现各个换热器、管道和电气设备的布局,帮助设计人员优化布局、减少空间浪费。BIM不仅是几何建模,还包括了详细的物理属性数据,设计人员可以通过BIM平台集成各专业的的设计信息,为项目提供全面的数据支持,这种集成不仅可以减少信息误差,还能为后续的施工、运维和管理提供数据支持。BIM模型可以实时反映设计的修改与更新,所有参与设计的人员可以共享最新的设计版本,确保设计数据的一致性与准确性,这对于大型复杂换热站的设计尤为重要,避免了设计变更过程中出现的沟通误差。

#### (二) 设计冲突检测与优化

在换热站的设计中,管道系统会与建筑结构中的柱子或其他设施发生冲突,电气线路与换热设备的布局产生干涉,通过BIM模型,设计人员可以提前发现这些问题,并进行优化调整(图2)。BIM软件不仅能够检测几

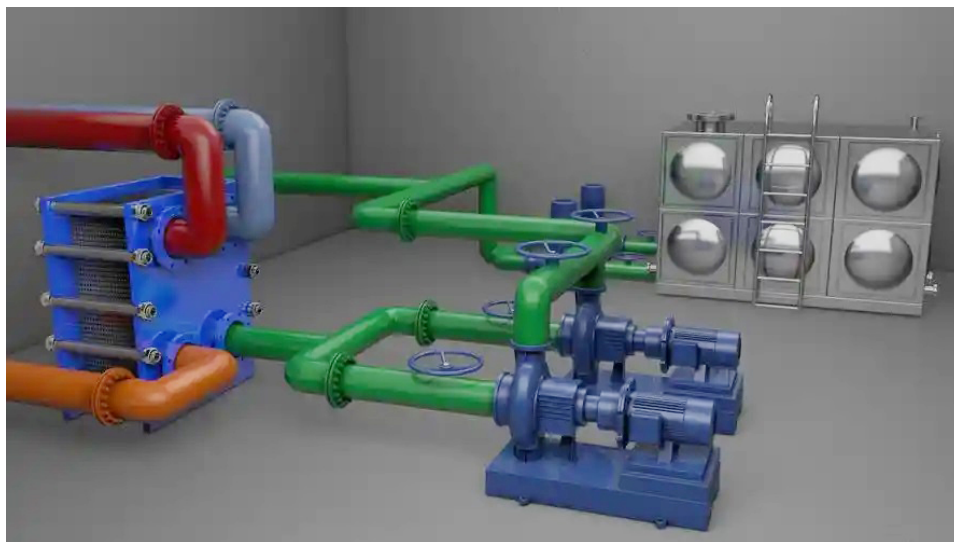


图 1 BIM 合成换热站三维模型

何冲突如管道穿透墙体和物理冲突如电气设备与机械设备相互干扰，还能够识别功能冲突如换热器无法正常运作的空间布局问题。通过对模型进行综合分析，可以及时发现潜在的冲突并进行优化，避免施工中的高额成本和延误。在发现冲突后，设计人员可以根据BIM平台提供的分析结果，调整设备位置、改变管道走向或修改结构设计，以确保各系统间的空间利用最大化且合理。此外，BIM还可以与其他分析工具结合，如能效模拟、流体动力学分析等，进一步优化设计方案。

化换热器的布局和维护策略。

在换热站中，可以结合太阳能热水系统，将太阳能作为辅助热源，尤其在阳光充足的地区，太阳能系统可以大幅降低化石能源的消耗。BIM技术可以帮助设计师在系统设计阶段模拟太阳能热水系统的布局与效能，评估系统与换热站主系统的匹配度，优化系统运行路径，并通过实时数据分析进一步提高能源利用效率。通过地热能利用技术，为换热站提供额外的热源，减少对传统能源的依赖。

### 三、换热站施工中的 BIM 应用

#### （一）施工进度模拟与资源调度

通过在BIM模型中嵌入施工进度信息，项目管理人员可以实时监控每一施工环节的进度，并将其与三维模型相结合，进行动态的进度追踪。这种模拟能够直观呈现各施工环节的时间安排，帮助管理团队优化施工时间表，确保项目按时完成。在施工过程中，资源的合理调配对项目的顺利推进至关重要，BIM技术能够将资源调度信息集成到模型中，实时反映资源使用情况，帮助项目经理做出及时的调整。例如，BIM可以自动提示设备的使用时间、人员分配情况等，从而避免资源的浪费和调配不当。BIM的进度模拟不仅可以显示当前的施工进度，还能够进行未来进度的预测。如果项目进度滞后，BIM可以帮助项目经理及时发现问题并调整施工策略，这种预测功能提升了项目管理的灵活性，使施工过程中能够更快地应对潜在的风险。

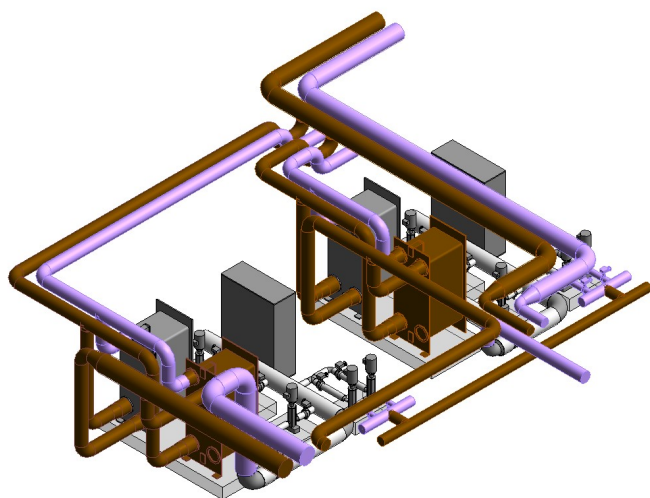


图 2 BIM 技术进行换热站管道系统冲突检测

#### （三）通过 BIM 技术实现绿色低碳设计

通过设计废热回收装置，将排放的废热回收并用于加热或供暖系统。利用BIM模型可对热回收系统进行全面的协同设计与优化，通过数据集成和冲突检测，避免系统布局中的冲突，从而提高热回收系统的运行效率。为了提高换热器的抗污能力，可以采用自清洁或抗结垢的表面材料，这种技术能够减少因结垢导致的换热效率下降，从而提高系统的长期运行效率。BIM技术可以通过虚拟仿真评估不同材料的抗污效果，并在设计阶段优

#### （二）施工过程中的变更管理与实时数据共享

在施工过程中，设计变更、现场条件变化或客户需求调整等因素都会导致施工方案的修改。BIM系统能够实时跟踪变更信息，并在模型中进行更新，确保所有相关团队都能及时了解最新的设计和施工变更。通过BIM平台，所有变更记录和相关数据可以被集中管理，减少了误解和错漏。在施工过程中，变更引发新的冲突或设计不合理的情况，BIM技术能够通过自动化的冲突检测工具，及时发现设计变更后可能引发的空间、结构或设

备冲突。例如，管道系统的调整与其他结构部分发生干涉，BIM可以在变更时自动检测这些冲突，帮助设计人员提前修正，避免施工阶段发生问题。在传统施工管理中，各施工团队通常依赖单独的信息系统进行管理，导致信息无法高效共享，而BIM技术通过云平台实现了实时数据共享，确保各方可以通过同一个平台获取最新的施工数据和进度信息。

#### 四、基于BIM技术的换热站运维管理优化

##### （一）利用BIM模型进行资产管理、设施生命周期管理

利用BIM模型，所有的设备、构件、管道、阀门等都被详细建模和数字化，换热站的每一项资产都可以通过模型进行可视化管理。对于每个设备，不仅能查看其基本信息，还可以进行设备的状态跟踪和维护记录管理。通过BIM模型，设施的管理者可以清晰地了解资产的当前状况和历史数据，及时进行维修、替换或升级。BIM技术能够对设施的全生命周期进行有效跟踪，从设计、施工到后期的运营和维护，所有阶段的工作可以通过BIM平台进行一体化管理。例如，在换热站的运维过程中，管理人员可以通过BIM系统实时查询设备的安装和运行情况、维护保养历史、设备故障记录等，从而优化维护计划、避免设备故障的发生。BIM技术使得各类设施管理人员能够在同一平台上协同工作，实现信息共享。

##### （二）结合物联网与传感器技术，进行设备的状态监测与实时反馈

物联网和传感器技术为BIM技术的智能化运维提供了关键支持，通过在设备上安装各种传感器，实时采集设备的状态数据，并通过物联网技术将数据传输到BIM平台中进行分析和处理，运维人员可以更及时地了解设备的运行状态、预测设备故障，并根据实时反馈做出相应的调整。在换热站中，重要设备如换热器、泵、电气控制系统等，可以通过传感器进行实时监控，这些传感器可以监测设备的温度、压力、流量、震动等参数，并将这些数据实时传输到BIM系统。通过集成传感器数据，BIM平台能够实时反馈设备的运行状况，帮助运维人员及时发现设备故障或异常。基于实时监测数据，BIM与物联网技术能够实现设备健康状态的动态评估，通过对设备的运行数据进行分析，系统可以预测设备的故障风险、剩余使用寿命等，及时发出预警信号。这种预测性维护方法可以显著降低突发故障的发生频率，减少设备停机时间，并优化维护资源的分配。当设备发生故障或出现异常时，BIM系统能够结合物联网数据自动进行故障诊断，分析故障原因，并提供修复建议或自动反馈给相关人员。

##### （三）数据驱动预测性维护

BIM技术结合物联网传感器，能够实时采集设备的运行数据如温度、压力、流量等，并通过历史数据分析，识别出设备潜在的故障趋势。例如，温度传感器和振动传感器可以帮助分析换热器、泵等设备的运行状态，并通过对比历史数据预测设备可能出现的故障模

式。通过这种数据驱动的分析，BIM系统能够提前识别问题，发出警报，指导运维人员进行维护或更换部件。通过BIM平台，设备的运行数据、故障记录、维修历史等都能够被精确地记录和整合，这些信息为运维人员提供了充足的依据来优化维护计划。BIM系统能够帮助运维人员基于设备的实际使用情况、负荷变化、能效表现等数据，制定更加灵活和科学的维护计划。这种基于实际数据的维护模式能够有效降低设备停机时间，减少故障发生，从而提升整体运行效率。

##### （四）提升换热站的可持续性与智能化水平

BIM技术可以整合各类实时运行数据，进行能效分析与优化，进而提升换热站的能源利用效率。例如，通过BIM平台，运维人员可以实时监控换热站的能耗情况，分析设备和系统的热效率，及时发现能源浪费的环节。结合能效分析工具，BIM平台能够建议节能措施，如调整泵和换热器的运行模式，或优化管道流量等。通过这种方式，换热站能够降低不必要的能源消耗，减少碳排放，实现更为可持续的运营。换热站的运行不仅涉及能源的使用，还关系到资源的合理配置与环境影响的降低。BIM平台还能够实现与环境监控系统的对接，实时监控换热站对环境的影响，包括空气质量、噪音排放等，并依据实时数据调整运行策略，确保设施的绿色环保。此外，BIM技术的可视化功能，使得管理人员能够直观地了解设施的运行状况，从而更有效地制定未来的节能改造计划和设备升级路径。

#### 结论

综上所述，BIM技术在换热站的设计、施工和运维中的应用，有效提升了项目的整体效益，尤其在协调性、透明度、精准度和智能化管理方面表现出色，推动了换热站项目管理的现代化进程。同时，BIM技术在换热站项目的全生命周期中，显著提高了项目管理的透明度和智能化水平，推动了项目的高效、低耗、可持续发展。

#### 参考文献

- [1]董辉,章拓.浅析BIM技术在供热工程施工管理中的应用[A]2022供热工程建设与高效运行研讨会论文集[C].中国市政工程华北设计研究总院有限公司、《煤气与热力》杂志社有限公司、中国建设科技集团股份有限公司、《煤气与热力》杂志社有限公司,2022:6.
- [2]王博伟.城市供热换热站通用换热控制器的研制[D].吉林化工学院,2022.
- [3]张志芳.换热站设备管线布局优化及实施要点探析[J].山西建筑,2021,47(16):101-103.
- [4]周荣超.基于BIM的地下管网实时监测系统的开发研究[D].烟台大学,2021.
- [5]赵立波.PH换热站项目质量控制体系研究[D].哈尔滨理工大学,2021.
- [6]米倡华.集中供暖换热站安装技术研究[J].机电信息,2020,(30):81-82.
- [7]李明柱,李华鑫.BIM技术在集中供热系统节能的应用[J].绿色环保建材,2020,(01):51+53.