

# 基于BIM的工业建筑围护结构设计优化：节能与构造合理性双重实践

严佳敏 莫晶晶 程浩 刘丽  
中国五洲工程设计集团有限公司 北京 100053

**摘要：**本文聚焦基于BIM的工业建筑围护结构设计优化，阐述核心概念与理论基础，分析BIM在工业建筑围护结构设计中的应用基础，构建“节能-构造”双重优化体系，涵盖总体框架、各阶段流程、关键优化内容与方法及效果评价指标。通过老旧工业建筑分场景实践，验证优化方案的可行性，实现节能与构造合理性的双重提升，为工业建筑围护结构设计提供新思路。

**关键词：**BIM技术；工业建筑；围护结构；节能优化

引言：在工业建筑领域，围护结构设计至关重要，其性能直接影响建筑能耗、使用安全与舒适度。然而传统设计方式面临诸多痛点，难以满足多样化需求。随着建筑信息模型（BIM）技术的发展，其为工业建筑围护结构设计带来了新的思路与方法。本文聚焦基于BIM的工业建筑围护结构设计优化，通过构建“节能-构造”双重优化体系，并在不同场景开展实践，探索实现节能与构造合理性提升的有效路径。

## 1 核心概念与理论基础

### 1.1 核心概念界定

工业建筑围护结构指工业厂房、仓库等建筑中起围护作用的构件及系统，包括墙体、屋面、门窗、天窗及连接节点等，其核心功能涵盖保温隔热、防风防雨、防火防爆、采光通风等，直接影响建筑使用性能、能耗及安全性。BIM即建筑信息模型，是基于数字化技术构建的包含建筑全生命周期信息的参数化模型，具有可视化、协同化、参数化、模拟性等特征<sup>[1]</sup>。围护结构设计优化是以满足工业建筑使用需求为前提，通过技术手段提升围护结构性能、降低成本、减少能耗的设计改进过程，三者结合形成BIM技术应用于围护结构设计优化的基础概念体系，明确研究对象与技术边界。

### 1.2 理论支撑

本研究核心理论支撑包括建筑信息模型理论、建筑节能理论、协同设计理论及性能化设计理论。建筑信息模型理论为技术应用提供核心框架，其信息集成与参数化特性实现围护结构设计信息的高效管理与传递。建筑节能理论提供能耗优化依据，通过传热系数计算、热工性能分析等方法指导围护结构保温隔热设计。协同设计理论解决设计过程中多专业协同问题，实现建筑、结构、机电等专业在围护结构设计中的数据共享与协同工

作。性能化设计理论突破传统规范局限，根据工业建筑具体使用场景需求，针对性优化围护结构防火、抗风、抗震等性能，各理论相互支撑，构成BIM驱动围护结构设计优化的理论体系。

### 1.3 BIM驱动围护结构设计优化的核心逻辑

BIM驱动围护结构设计优化的核心逻辑以信息集成为基础，通过参数化建模实现设计过程的可视化与动态调整，形成“信息输入-模型构建-性能模拟-优化调整-成果输出”的闭环流程。首先通过需求分析明确围护结构性能指标，将设计规范、能耗标准、使用场景等信息输入BIM模型；其次利用参数化建模构建包含几何信息、材料信息、性能信息的围护结构模型；再通过BIM软件的模拟分析功能，对围护结构保温隔热、防火、通风等性能进行多维度模拟；根据模拟结果识别设计短板，通过参数调整实现针对性优化；最后将优化后的设计成果转化为施工图纸与信息模型，指导后续施工。同时通过协同平台实现多专业数据交互，确保优化过程的科学性与高效性。

## 2 BIM在工业建筑围护结构设计中的应用基础

### 2.1 工业建筑围护结构设计核心需求与痛点

工业建筑围护结构设计核心需求围绕生产工艺特性展开，保证结构安全性与耐久性，实现节能降耗目标，兼顾施工便捷性与成本可控性。不同工业场景需求差异显著，当前设计痛点突出：传统二维设计难以直观呈现复杂节点构造，易出现专业间冲突；性能分析依赖后期单独计算，无法实时反馈设计调整对能耗、安全等指标的影响；材料选型与构造设计缺乏精准数据支撑，易导致性能过剩或不足；设计信息传递过程中存在损耗，施工阶段易出现变更返工，增加工期与成本，这些痛点为BIM技术应用提供切入点。

### 2.2 围护结构设计优化常用BIM软件与功能

围护结构设计优化常用BIM软件涵盖建模、分析、协同等多个类别,各软件功能互补形成完整技术工具链。建模软件以Revit为核心,支持围护结构参数化建模,可精准构建墙体、屋面、门窗等构件的几何模型与信息模型,实现材料属性、构造层次等信息的关联挂载。分析软件包括Energy Plus、PKPM、Fuzor等,Energy Plus可开展围护结构能耗模拟,计算不同构造方案的传热系数、年能耗等指标;PKPM能进行围护结构抗风、抗震等结构性能分析;Fuzor可实现设计成果的可视化漫游与施工模拟<sup>[2]</sup>。协同软件以BIM360为代表,支持多专业设计人员实时共享模型、标注修改意见,解决设计过程中信息不对称问题。另外,Navisworks可进行模型碰撞检测,提前发现围护结构与机电管线等专业的冲突问题。

### 2.3 BIM模型构建与信息集成标准

BIM模型构建需遵循统一标准,确保模型精度与可用性。建模精度应符合LOD300级要求,围护结构构件需明确几何尺寸、构造层次、材料类型等核心参数,节点部位需细化建模以反映实际构造做法。模型命名规则需统一,按“建筑部位-构件类型-编号”格式命名,如“屋面-保温层-01”,便于构件识别与管理。信息集成标准明确需纳入模型的信息类别,包括基础信息、性能信息、施工信息及运维信息。基础信息含构件材质、规格型号、生产厂家;性能信息含传热系数、防火等级、抗风压值;施工信息含安装工艺、工期要求、质量标准;运维信息含维护周期、更换年限、保修信息。同时需采用IFC标准作为信息交换格式,确保不同软件间模型数据的兼容与顺畅传递,避免信息丢失。

## 3 基于BIM的围护结构“节能-构造”双重优化体系构建

### 3.1 优化体系总体框架与原则

“节能-构造”双重优化体系总体框架以BIM技术为核心载体,构建“需求分析-方案设计-模拟优化-验证输出”四阶段架构,实现节能性能与构造合理性的协同优化。需求分析阶段明确工业建筑围护结构的节能指标与构造要求,结合生产工艺确定传热系数限值、构造强度标准等核心参数;方案设计阶段基于BIM平台构建多套围护结构设计方案,整合材料选型、构造层次设计等关键内容;模拟优化阶段通过能耗模拟、结构性能分析等工具对方案进行评估,识别节能短板与构造缺陷并针对性调整;验证输出阶段通过现场试验与数据检测验证优化方案可行性,形成最终设计成果。体系遵循实用性、协同性、经济性原则,确保优化效果与工程实际需求匹配。

### 3.2 各阶段优化流程与技术要点

设计前期优化流程为需求调研→指标拆解→标准制定,技术要点是结合工业建筑生产类型确定节能指标与构造参数,利用BIM平台建立需求指标数据库,实现指标与模型的关联。方案设计阶段流程为模型构建→多方案生成→初步筛选,技术要点是采用参数化建模快速生成不同材料、构造组合的方案,通过BIM协同平台实现多专业联合评审,初步筛选满足基础要求的方案。深化设计阶段流程为性能模拟→冲突检测→参数调整,技术要点是利用能耗模拟软件分析各方案节能效果,通过碰撞检测排查构造节点与其他专业冲突,基于模拟结果调整构件参数。施工阶段优化流程为施工模拟→现场反馈→动态调整,技术要点是通过施工模拟优化安装顺序,结合现场施工数据实时更新模型,对构造细节进行动态优化,确保施工可行性。

### 3.3 关键优化内容与方法

关键优化聚焦于节能与构造两大核心领域。节能优化方面,着重提升围护结构热工性能:墙体采用复合保温构造,选用挤塑聚苯板、岩棉等高效保温材料,并借助BIM模拟技术精准确定最佳保温层厚度,以实现高效节能;屋面则采用倒置式保温构造,巧妙结合采光天窗设计,达成自然采光与保温效果的和谐平衡;门窗选用断桥铝型材搭配Low-E玻璃,优化密封构造,有效减少热损失。构造优化重点攻克节点防水、抗风揭、防火等难题。墙体与屋面连接节点采用企口咬合构造,并增设密封胶层,通过BIM技术细化节点模型,确保构造的合理性与可靠性<sup>[3]</sup>。同时,针对不同使用场景,在围护结构中增设特殊节点构造,如设置抗变形节点,采用柔性连接方式,减少温度应力对结构的影响。优化方法运用模拟分析法、参数化调整法与多方案对比法,借助BIM平台整合各项优化措施,实现节能与构造的双重优化目标。

### 3.4 优化效果评价指标体系

优化效果评价指标体系涵盖节能性能、构造性能、经济性能三大维度,共12项具体指标。节能性能指标包括传热系数、年空调负荷、年采暖负荷、自然采光利用率,其中传热系数需符合现行节能规范要求,高温厂房屋面传热系数不大于 $0.6\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,洁净厂房墙体传热系数不大于 $0.45\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;自然采光利用率需达到30%以上。构造性能指标包括防水合格率、抗风揭性能等级、防火极限、节点密封性,防水合格率需达到100%,抗风揭性能等级不低于C5级,防火极限满足对应建筑防火等级要求。经济性能指标包括单位面积造价、施工工期缩短比例、运维成本降低比例,单位面积造价需控制在同

类工程平均水平以内,施工工期缩短比例不低于10%,运维成本降低比例不低于15%,各指标通过BIM数据提取与现场检测相结合的方式获取。

#### 4 分场景 BIM 优化设计方案实践

##### 4.1 烟草工业厂房围护结构优化方案

烟草工业厂房对环境要求严苛,围护结构优化需兼顾工艺与节能。以卷烟生产厂房为例,用BIM构建精细化模型,墙体采用“双层彩钢板+离心玻璃棉保温层+防潮膜”构造,经模拟确定玻璃棉厚度为80mm,传热系数 $0.48\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,满足温湿度要求;屋面增设铝箔反射层与通风屋脊,结合采光天窗,通风屋脊可降低夏季屋面温度 $4 - 6^\circ\text{C}$ 。节点优化上,墙体与屋面用企口咬合构造并填充防火密封胶,门窗选气密型防火门窗。施工用 Fuzor 模拟安装顺序,优先完成屋面保温层施工。优化后厂房夏季室内温湿度波动范围缩30%,年空调能耗降低15%,空气洁净度达到Class6级要求,满足卷烟生产对环境的高精度控制需求。

##### 4.2 化工工业厂房围护结构优化方案

化工厂环境极端,围护结构优化着重防腐、防火与抗爆。以合成氨生产厂房为例,基于BIM构建防腐模型,墙体采用“耐酸砖砌筑+环氧树脂涂层+防腐隔离层”构造;屋面为复合构造,接缝热熔焊接。防火方面,墙体增设防火隔离带,门窗选防火防爆门窗。抗爆设计上,屋面增设抗爆吊顶,用BIM模拟计算优化参数。施工用 Navisworks 检测模型碰撞。优化后厂房防腐层使用寿命延长至15年以上,防火性能满足二级耐火等级要求,抗爆能力提升40%,同时通过保温优化使厂房年能耗降低13%,实现安全与节能的双重目标。

##### 4.3 老旧工业建筑围护结构改造优化方案

老旧工业建筑以20世纪80年代建造的机械加工厂房为实践对象,改造优化聚焦节能提升与结构安全加固。首先通过BIM技术对原有围护结构进行扫描建模,还原

墙体开裂、屋面渗漏等损坏状况,结合检测数据评估结构安全性。墙体改造采用“原有砖墙+界面处理剂+挤塑聚苯板+抗裂砂浆面层”构造,在BIM模型中精确标注保温层粘贴位置与锚固点间距,避免破坏原有墙体结构<sup>[4]</sup>。屋面改造拆除原有破损防水层,采用“水泥砂浆找平层+SBS改性沥青防水层+岩棉保温层+彩钢板保护层”构造,通过BIM模拟确定屋面排水坡度与落水口位置,解决渗漏问题。门窗拆除原有木质门窗,更换为断桥铝节能门窗,在BIM模型中核对门窗洞口尺寸确保安装精度。改造过程中利用BIM平台进行施工进度模拟,分区域施工减少对生产的影响。优化后厂房墙体传热系数从原来的 $1.8\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 降至 $0.6\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,屋面渗漏问题彻底解决,结构安全性满足现行规范要求,年采暖能耗降低22%。

#### 结束语

BIM技术为工业建筑围护结构设计优化带来新契机。通过构建“节能-构造”双重优化体系,并在不同场景实践中取得显著成效,有效提升了围护结构的节能性能与构造合理性,降低了能耗与成本。未来,随着BIM技术的持续发展,其在工业建筑领域的应用将更加广泛深入,有望推动工业建筑围护结构设计向更高效、更绿色、更智能的方向迈进。

#### 参考文献

- [1]张建北.某工业建筑结构设计探讨[J].中国建筑金属结构,2022(8):157-159.
- [2]冯彭思城.基于BIM的工业建筑结构与施工管理[J].工程管理,2025,6(8):109-111.
- [3]姚旭.BIM技术在土木建筑能耗分析与节能优化中的实践探究[J].陶瓷,2025(10):146-149.
- [4]叶永健,刘斯思.基于BIM的工业建筑结构与施工管理[J].砖瓦,2025(6):121-123.