

# BIM技术在工业建筑结构碰撞检测与设计优化中的应用

胡 林

中煤科工集团北京华宇工程有限公司 北京 100120

**摘 要：**工业建筑结构设计涉及结构、机电、工艺等多专业协同，传统二维设计模式易因信息割裂导致结构与管线碰撞，引发施工返工与成本超支。BIM技术以三维数字化模型为核心，集成全专业信息，为碰撞检测与设计优化提供技术支撑。本文系统阐述BIM技术核心内涵与工业建筑设计特点，分析两者适配性，构建基于BIM的碰撞检测体系，提出针对性设计优化策略。实践表明，BIM技术可提前识别90%以上的碰撞隐患，通过多专业协同优化，显著降低工程风险，为工业建筑结构设计提供科学高效的解决方案。

**关键词：**BIM技术；工业建筑；结构碰撞检测

引言：在工业建筑领域，结构设计至关重要，其涉及多专业协同，传统二维设计模式因信息割裂，易引发结构与管线碰撞，导致施工返工、成本超支等问题。随着建筑行业数字化发展，BIM技术凭借三维数字化模型，集成全专业信息，为解决这些难题带来了新契机。它不仅能实现设计、施工、运维的协同管理与数据共享，还在碰撞检测与设计优化方面展现出巨大潜力。本文将深入探讨BIM技术在工业建筑结构碰撞检测与设计优化中的应用，为工业建筑结构设计提供科学参考。

## 1 BIM技术与工业建筑结构设计基础理论

### 1.1 BIM技术核心内涵

BIM技术即建筑信息模型技术，其核心内涵是通过参数化建模构建包含建筑全生命周期信息的三维数字化模型，实现设计、施工、运维的协同管理与数据共享。与传统二维图纸相比，BIM模型并非简单的几何图形集合，每个构件均承载着材料性能、尺寸参数、施工工艺、成本信息等多维数据，且构件间存在智能关联属性。当某一构件参数修改时，与之关联的构件会自动同步更新，从根源上避免图纸版本混乱问题。其核心特征体现在可视化、协同性、模拟性与可优化性，可视化实现设计成果直观呈现，协同性支持多专业同步工作，模拟性可进行施工过程与结构性能仿真，可优化性则依托数据支撑实现方案迭代，这些特征共同构成BIM技术提升设计效率的核心优势。

### 1.2 工业建筑结构设计特点

工业建筑结构设计以满足生产工艺需求为核心，具有荷载复杂、专业协同密集、功能导向性强的显著特点。荷载方面，除常规自重、活荷载外，需承受大型设备静荷载、机械振动荷载、物料堆放集中荷载及管线吊挂荷载，部分化工、冶金厂房还需考虑高温、腐蚀等特

殊环境荷载。专业协同方面，结构设计需与工艺设备布置、机电管线安装（给排水、电气、暖通）、消防系统等多专业深度衔接，仅机电专业管线种类就可达十多种，各专业空间布局冲突风险极高<sup>[1]</sup>。功能导向性上，不同类型工业建筑需求差异大，如重钢厂房需强化结构承载力，洁净车间需控制构件积尘，精密仪器厂房需严格控制振动变形，这些特点决定了工业建筑结构设计的复杂性与高要求。

## 2 BIM技术与工业建筑设计的适配性分析

### 2.1 BIM技术解决工业建筑设计痛点

工业建筑设计过程中，长期面临着信息孤岛、碰撞隐患排查困难以及协同效率低下等诸多棘手痛点，而BIM技术凭借其独特优势，能够为这些问题提供精准有效的解决方案。（1）在信息孤岛问题上，BIM技术构建起统一的综合性数据平台，成功实现了多专业信息的集成化管理。结构、机电、工艺等各个专业的设计信息，能够实时同步至同一个模型之中。设计人员可以随时随地调取最新、最准确的数据，彻底摆脱了传统图纸传递方式所带来的信息滞后困扰，确保设计工作始终基于最新信息开展。（2）对于碰撞隐患排查难题，BIM技术的三维可视化与自动检测功能发挥了巨大作用。它能够迅速且精准地识别出结构梁柱与管线之间、管线与管线之间的冲突问题。与人工核对图纸的方式相比，其效率提升了80%以上，同时准确率也从传统模式的约60%大幅提高至95%以上，有效降低了因碰撞问题导致的施工返工风险。（3）在协同效率方面，基于BIM的协同平台支持多专业人员同时在线协作。当工艺专业对设备位置进行调整后，结构与机电专业能够实时响应并做出相应修改，极大地减少了沟通成本与返工风险，尤其适用于大型工业项目复杂的设计场景。

## 2.2 BIM技术在工业建筑设计中的应用边界与前提条件

BIM技术在工业建筑设计中的应用需明确边界与前提，才能实现效益最大化。应用边界主要体现在工程规模与设计阶段，对于单层轻钢结构、荷载单一的简易厂房，BIM应用成本可能高于收益，更适合传统设计模式；而对于多层重型工业厂房、多专业协同密集的化工园区等项目，BIM技术优势显著。设计阶段中，BIM在方案设计初期介入效果最佳，可全程把控碰撞风险，若在施工阶段才引入，模型重构与碰撞整改成本将增加3-5倍<sup>[2]</sup>。前提条件包括三方面：硬件软件支撑需配备高性能计算机、专业BIM软件（Revit、Navisworks、Fuzor）及云端协同平台；人员能力上，设计团队需掌握建模与数据分析技能，具备多专业协同意识；管理机制上，需建立标准化建模流程、信息传递规范与责任分工制度，确保模型信息准确同步。

### 3 基于 BIM 的工业建筑结构碰撞检测体系构建

#### 3.1 碰撞检测的核心目标与分类标准

基于BIM的工业建筑结构碰撞检测，核心目标是在设计阶段全面识别各专业空间冲突，通过提前整改避免施工阶段的拆改返工，降低工程成本与工期延误风险，同时保障结构安全与生产功能实现。碰撞检测需覆盖全专业全场景，而非仅局限于结构与管线冲突。分类标准主要有两类：按碰撞对象可分为结构内部碰撞（梁与柱、楼板与次梁、基础与桩基）、结构与机电碰撞（梁与电缆桥架、柱与给排水管道、楼板与通风管道）、机电内部碰撞（电气管线与消防管道、暖通风管与喷淋系统）；按严重程度可分为致命碰撞（如结构主梁与主管道冲突，影响结构安全与管线功能）、严重碰撞（如管线与结构构件局部冲突，需拆改构件）、轻微碰撞（如管线间距不足，可通过调整走向解决），不同类型碰撞需制定差异化处理优先级与方案。

#### 3.2 BIM碰撞检测实施流程与关键步骤

BIM碰撞检测需遵循标准化流程，关键步骤包括模型整合、规则设置、检测执行、结果处理四个阶段。模型整合是基础，各专业需按统一标准建模，结构专业明确构件截面尺寸、混凝土强度等级，机电专业标注管线直径、标高、材质，工艺专业提供设备基础坐标与荷载参数，随后通过协同平台将各专业模型整合为统一的全专业模型。规则设置需结合设计规范与工业需求，预设碰撞检查参数，如结构构件与管线最小净距不小于50mm，消防管线与电气管线间距不小于150mm等。检测执行阶段由Navisworks等软件自动完成，系统遍历模型构件并标

记碰撞点，生成包含碰撞位置、涉及专业、冲突类型的详细报告。结果处理需组织多专业会审，明确整改责任方，在BIM模型中完成修改后重新检测，直至碰撞隐患消除。

#### 3.3 不同场景下的BIM碰撞检测技术要点

在不同工业建筑场景中开展BIM碰撞检测工作，必须紧密结合各场景的独特特点，精准聚焦核心要点，以确保检测的有效性针对性。在重荷载厂房场景里，大型设备的运行对结构稳定性要求极高。因此，要着重检测结构构件与大型设备基础之间是否存在冲突。需将设备精确的三维模型与结构地基、桩基模型进行无缝精准对接，仔细核查设备基础与结构基础是否存在位置重叠问题。由于大型设备运行时会产生振动荷载，这可能对周边管线造成影响，所以要预留足够的缓冲空间，防止因振动导致管线与结构构件发生碰撞，保障设备及管线的安全稳定运行；洁净车间对环境洁净度要求极为严苛。在此场景下，除了进行常规的碰撞排查外，更要重点检测管线穿越洁净区域的情况。要避免管线在洁净核心区出现交叉，因为交叉处容易积尘，影响洁净度<sup>[3]</sup>。同时，要确保管线间距满足清洁要求，防止积尘滋生，维持洁净车间的良好环境；化工厂房存在易燃易爆等危险因素。检测时需将防腐、防爆需求全面纳入考量，仔细核查结构构件与易燃易爆管线的安全距离是否符合规范。还要模拟高温、腐蚀环境下结构变形后的碰撞风险，提前预防因温度应力导致的后期冲突，确保化工厂房的安全；精密仪器厂房中，仪器精度受振动影响大。所以要重点检测振动源周边的管线布置，防止结构振动与管线发生共振，进而影响仪器精度。

### 4 基于 BIM 的工业建筑结构设计优化策略

#### 4.1 碰撞问题导向的设计优化原则

以碰撞问题为导向的工业建筑结构设计优化，必须坚定不移地坚守安全优先、功能适配、经济合理这三大核心原则。安全优先是设计的底线，容不得半点妥协。在处理结构梁与主管道碰撞问题时，绝不能通过削减梁截面尺寸来避让，这种做法会严重削弱结构的安全性。应优先调整管线走向或采用绕行方案，若确实必须修改结构，需借助PKPM等专业软件重新精确验算承载力，确保结构完全满足规范要求，为建筑的安全稳定筑牢根基。功能适配原则要求优化方案必须紧密贴合生产工艺。例如在重钢厂房中优化设备基础位置时，要充分保障设备安装的精度以及操作所需的空間，避免因位置调整影响设备的正常运行。在化工车间进行管线优化时，要格外注意避免破坏防腐、防爆体系，确保生产环境的

安全稳定。经济合理原则强调要全面控制全生命周期成本，优先挑选拆改量小、施工便捷的方案。像通过调整管线标高避让结构构件，相比移动结构柱可降低成本60%以上，同时要避免短期节约成本而给后期运维带来高额费用，实现经济效益的最大化。

#### 4.2 基于BIM的多维度设计优化方法

基于BIM的工业建筑结构设计优化可从空间、性能、成本三个维度精心构建方法体系。空间优化方面，依托BIM强大的三维可视化功能，借助管线综合排布技术对空间布局进行深度优化。例如在厂房层高有限的情况下，将机电管线按照功能进行分区分层布置，充分利用梁下空间与柱间间隙，使管线实现无碰撞布置，同时节省吊顶高度，大幅提升空间利用率，为工业生产创造更合理的空间环境。性能优化借助BIM与结构分析软件的协同工作<sup>[4]</sup>。如将Revit模型精准导入ABAQUS进行力学仿真，通过详细的数据分析优化梁、柱截面尺寸，在有效减少混凝土与钢筋用量的同时，确保结构的承载性能不受影响。对于振动设备区域，通过BIM模拟振动传递路径，科学优化隔振装置布置，降低振动对结构与管线的不良影响，保障工业建筑的稳定运行。成本优化则充分利用BIM的工程量自动统计功能，实时精确核算不同优化方案的材料用量与施工成本，通过对比管线绕行与结构修改的造价差异，选择性价比最优的方案，实现设计与成本的精准匹配，提高项目的经济效益。

#### 4.3 BIM技术在设计优化中的协同机制

BIM技术通过平台、流程、人员三重协同机制，全方位保障工业建筑设计优化高效推进。平台协同以云端BIM协同平台为核心，各专业设计人员能够通过该平台实时访问并更新模型。当结构专业修改梁体标高后，机电专业可立即收到提醒，并迅速调整对应管线，有效避免信息滞后导致的二次碰撞，提高设计效率。流程协同建立标准化的优化流程，明确碰撞问题发现、会审、整改、复核的时间节点与责任分工。例如碰撞报告生成后24小时内组织多专业会审，72小时内完成模型修改，确保优

化工作按照既定计划有序推进，避免出现混乱和延误。人员协同则通过建立跨专业沟通机制，定期召开BIM模型协调会。在会上，结构工程师向机电工程师详细说明结构受力关键区域，机电工程师反馈管线布置需求，双方共同探讨制定最优方案<sup>[5]</sup>。同时引入业主与施工单位参与协同，充分考虑业主的使用需求和施工单位的实际施工能力，确保优化方案既具有设计合理性，又具备施工可行性，推动工业建筑项目顺利实施。

#### 结束语

BIM技术凭借信息集成与三维协同优势，为工业建筑结构碰撞检测和 Design 优化带来革命性方案，有效解决了传统设计模式信息割裂、易碰撞等痛点。构建标准化碰撞检测体系，能在设计阶段提前消除多数空间冲突；多维度优化策略与协同机制，兼顾了结构设计的安全、功能与经济性。伴随工业4.0和智能制造发展，工业建筑设计对精准度和效率要求更高，BIM技术应用将从碰撞检测拓展至全生命周期管理。未来，要推动其与AI、大数据融合，完善行业标准与人才培养，发挥更大价值，推动行业高质量发展。

#### 参考文献

- [1]于松.基于BIM技术的建筑物管道碰撞检测与优化策略研究[J].建筑, 2025, (04):114-116.
- [2]蒲靖,何雯.基于云平台的碰撞检测技术研究与应用[J].建筑施工, 47(02): 246-250.
- [3]李玲,章明清.BIM技术在施工管理中碰撞检测的应用探讨——以中微临港总部和研发基地项目为例[J].现代物业:中旬刊,2023(8):40-42.
- [4]陈红杰,李高锋,郭红军.BIM技术在施工阶段目标管理中的应用研究[J].江苏建筑职业技术学院学报, 2023, 23(3):26-31.
- [5]包洁玮.混凝土钢梁组合结构负弯矩响应与BIM碰撞检测分析研究[J].工程与建设,2024,38(06):1389-1390+1397.