

基于BIM的工业建筑结构与施工管理

贾新朋

中煤科工集团北京华宇工程有限公司 北京 100120

摘要: 本文聚焦基于BIM的工业建筑结构与施工管理。BIM技术凭借三维可视化、参数化建模等特性,在工业建筑中优势显著,可提高设计质量,减少施工返工;优化施工管理,实现进度可视化与动态管控;实现全生命周期管理,打破信息壁垒。在结构设计方面,涵盖方案优化、复杂节点设计、双向信息集成及管线综合碰撞检测;施工管理涉及计划、现场、成本与质量管理;运维管理包括设备设施运维与建筑结构健康监测评估,为工业建筑全生命周期提供有力支持。

关键词: BIM技术; 工业建筑; 结构设计; 施工管理

1 BIM技术在工业建筑中的应用优势

1.1 提高设计质量

BIM技术凭借其三维可视化与参数化建模的显著特性,从根源上为工业建筑结构设计质量的提升奠定了坚实基础。在传统二维设计模式下,各专业图纸信息相互孤立,宛如一座座信息孤岛,这极易引发标注冲突与理解偏差等问题。例如,结构专业与机电专业的图纸中,对同一位置的标注可能存在差异,导致施工人员无所适从。而BIM模型则巧妙地将结构、机电、工艺等专业信息集成于一体,构件参数实时关联。一旦某一专业进行修改,关联部分会自动同步更新,有效避免了图纸版本混乱的情况。其强大的可视化功能,能让设计成果以直观的方式呈现出来。设计师可以提前发现结构梁与设备基础、管线与柱体之间的空间冲突,在施工前就解决这些问题,大大减少了施工阶段的返工现象。同时,BIM技术与结构分析软件紧密结合,能够对复杂工况下的构件受力进行精准模拟,像重荷载厂房的吊车梁应力分析,确保设计方案符合安全规范,显著降低设计失误率。

1.2 优化施工管理

BIM技术为工业建筑施工管理提供了强有力的数字化支撑,推动管理模式从粗放型向精细型转变。通过构建包含丰富施工信息的BIM模型,能够将施工进度、资源配置等关键数据与三维模型紧密关联起来。这样一来,施工计划与实际进展之间的偏差可以直观地呈现出来,管理人员能够迅速发现问题并及时调整。在复杂施工场景中,如大跨度钢结构吊装,BIM技术的作用尤为突出。利用它进行施工模拟,可以提前精心规划吊装顺序、合理确定机械站位,还能预判吊装过程中可能出现的碰撞风险以及结构稳定性问题^[1]。此外,BIM技术支持施工现场数据的实时上传与共享。管理人员只需通过移动终

端,就能随时随地获取构件施工质量、材料消耗等重要信息,实现对施工过程的动态管控。这不仅提升了管理效率,还使决策更加科学合理,为施工项目的顺利进行提供了有力保障。

1.3 实现全生命周期管理

BIM技术成功打破了工业建筑设计、施工与运维阶段之间的信息壁垒,实现了全生命周期的一体化管理。在设计阶段构建的BIM模型,承载着构件材料、尺寸参数、施工工艺等丰富的基础信息,这些信息可以直接传递至施工阶段,为施工提供精准指导。施工阶段产生的进度、质量、成本等数据会反向更新至模型,形成一套完整的施工信息档案。当进入运维阶段后,BIM模型摇身一变成为运维管理的核心平台。它可以整合设备运行数据、结构监测信息等,实现设备故障预警、结构安全评估以及维修计划制定等功能。这种全周期信息集成模式,使得各阶段工作能够紧密衔接、顺畅进行,有效避免了信息的流失与重复劳动,为工业建筑的长期稳定运行提供了坚实的数据支撑,确保建筑在整个生命周期内都能保持良好的性能和状态。

2 基于BIM的工业建筑结构设计应用

2.1 方案设计与优化

在工业建筑结构方案设计阶段,BIM技术通过多维度模拟与对比分析,实现方案的科学优化。设计初期,利用BIM快速构建不同结构体系的三维模型,如钢结构、混凝土结构及混合结构,结合场地地质条件与工艺需求,对各方案的空间布局、构件受力性能进行初步分析。通过能耗模拟软件与BIM模型的数据对接,计算不同方案的能耗指标,为绿色设计提供依据。针对重荷载、大跨度等特殊工业建筑,借助BIM进行参数化设计,调整构件截面尺寸、材料类型等参数,实时查看对结构承载力与经

济性的影响。最终通过多目标综合评估,筛选出安全、经济、适用的最优方案^[2]。

2.2 复杂节点精细化设计与分析

工业建筑中钢结构与混凝土结构的复杂节点,是设计与施工的重难点,BIM技术可实现此类节点的精细化设计与精准分析。利用BIM软件参数化建模功能,构建节点三维模型,清晰呈现螺栓连接、焊缝布置、钢筋锚固等细节,避免二维图纸中节点构造表达模糊的问题。将节点模型导入有限元分析软件,如ABAQUS,对节点在荷载作用下的应力分布、变形情况进行仿真计算,验证节点设计的安全性。针对分析中发现的应力集中区域,通过调整节点构造、增加加劲肋等方式优化设计。同时,精细化节点模型可直接用于指导工厂预制与现场安装,确保节点施工质量符合设计要求。

2.3 结构分析与BIM模型双向信息集成

BIM技术实现工业建筑结构分析与模型的双向信息集成,打破设计与分析软件间的信息孤岛。传统设计中,结构分析需人工将图纸信息转化为分析模型,过程繁琐且易出错,而BIM模型可直接导入PKPM、YJK等结构分析软件,自动提取构件参数生成分析模型,减少人工干预。分析完成后,将结构内力、配筋结果等数据反向更新至BIM模型,使设计人员直观查看构件配筋情况与受力状态。若分析结果显示构件承载力不足,可在BIM模型中直接修改参数并重新提交分析,实现设计与分析的快速迭代。这种双向集成模式,提升结构分析效率与设计精准度,确保设计成果符合规范要求。

2.4 多专业管线综合与碰撞检测

工业建筑管线系统复杂,涉及给排水、电气、暖通、工艺管道等多个专业,BIM技术通过多专业管线综合与碰撞检测,提前解决空间冲突问题。各专业基于统一的BIM平台构建管线模型,按照设计规范与工艺需求进行管线初步排布。利用Navisworks等碰撞检测软件,对整合后的多专业模型进行全面碰撞检查,自动识别结构构件与管线、管线与管线间的碰撞点,生成包含碰撞位置、涉及专业的详细报告。组织多专业人员针对碰撞问题进行协同优化,如调整管线走向、标高或合并管线支架,在设计阶段消除碰撞隐患。同时,优化后的管线综合模型可作为施工阶段的管线安装依据,减少现场拆改与返工。

3 基于BIM的工业建筑施工管理应用

3.1 施工计划管理

基于BIM的施工计划管理实现工业建筑施工进度的可视化、精细化管理,有效提升计划执行效率。传统施工计划多以甘特图形式呈现,难以直观反映各工序与构件的

空间关联,而BIM技术将施工进度计划与三维模型深度融合,构建4D施工模拟模型,使各阶段施工内容、工序衔接及资源配置清晰可见。通过模拟施工过程,可提前发现计划中的不合理之处,如工序逻辑冲突、关键线路延误风险,及时调整施工顺序与资源投入。施工过程中,利用BIM协同平台实时更新实际施工进度,与计划进度进行对比分析,生成进度偏差报告。管理人员根据报告精准定位滞后工序,分析延误原因并采取纠偏措施,如增加施工班组、调整作业时间,确保工程按计划推进^[3]。对于大型工业项目,还可通过BIM模型分解施工任务至具体构件,明确各班组施工范围与时间节点,实现施工计划的精准落地。

3.2 施工现场管理

BIM技术为工业建筑施工现场管理提供数字化手段,实现对施工安全、工序衔接及资源调度的全方位管控。利用BIM构建施工现场三维模型,标注施工道路、材料堆场、临时设施等布局,优化场地规划,避免材料堆放混乱与交通拥堵。通过移动BIM应用,施工人员可在现场通过手机或平板调取构件施工图纸、技术交底等信息,实时对照模型进行作业,确保施工符合设计要求。在高空作业区域,如深基坑、高空吊装,利用BIM进行施工模拟,明确安全防护措施与作业流程,并通过现场二维码技术,让施工人员扫描即可获取安全注意事项。同时,将施工现场的设备运行状态、人员出勤情况等数据实时上传至BIM平台,管理人员可远程监控现场动态,及时协调解决施工过程中出现的设备故障、人员调配等问题,保障施工现场有序高效运行。此外,BIM技术还可结合物联网技术,对施工现场的扬尘、噪音等环境指标进行监测,实现绿色施工管理。

3.3 施工成本控制

基于BIM的施工成本控制贯穿工业建筑施工全流程,实现成本的精准测算、动态监控与有效节约。在施工准备阶段,利用BIM模型自动提取构件工程量,生成准确的工程量清单,避免传统人工算量的漏算与错算问题,为投标报价与成本预算提供精准数据支撑。将工程量清单与市场价格信息关联,快速计算出分部分项工程成本,制定详细的成本控制计划。施工过程中,通过BIM协同平台实时记录材料消耗、人工费用、机械租赁等成本数据,与预算成本进行对比分析,及时发现成本偏差。当出现材料浪费、人工效率低下等问题时,系统自动发出预警,管理人员可追溯成本偏差源头,采取针对性措施,如优化材料采购计划、提高施工班组效率。对于设计变更与现场签证,利用BIM模型快速核算变更工程量与

成本影响,为变更决策提供依据,避免成本失控。工程竣工后,基于BIM模型生成完整的成本结算资料,确保结算数据真实准确,实现施工成本的全过程精细化控制。

3.4 施工质量管理

BIM技术通过全流程数据集成与可视化管控,显著提升工业建筑施工质量管理水平。在施工前,将质量标准、验收规范与BIM模型关联,明确各构件的施工质量要求与检测节点,如混凝土强度等级、钢筋保护层厚度等,为施工人员提供清晰的质量控制依据。施工过程中,利用移动BIM设备记录构件施工质量信息,如钢筋绑扎间距、焊缝高度等,通过拍照、录像等方式留存质量验收影像资料,并上传至BIM平台形成质量档案。对于隐蔽工程,如地基基础、管线预埋,在施工完成后及时通过BIM模型标注验收情况,确保隐蔽工程质量可追溯。利用BIM结合激光扫描、无人机航拍等技术,对已完成的施工部位进行三维扫描,将扫描数据与设计模型对比,精准检测施工偏差,如构件安装位置偏差、表面平整度等,及时发现并整改质量问题。建立基于BIM的质量验收流程,各专业人员通过平台在线审核质量数据,实现质量验收的高效协同。同时,通过BIM平台对施工质量问题进行统计分析,总结常见质量隐患及原因,为后续施工提供改进措施,持续提升施工管理水平。

4 基于BIM的工业建筑运维管理应用

4.1 设备设施运维管理

在工业建筑运维阶段,BIM技术为设备设施管理提供了高效且精准的手段。基于设计施工阶段构建的BIM模型,将各类设备设施的详细信息,如型号、规格、生产厂家、安装位置、维护周期等集成于模型中。运维人员通过移动端访问BIM平台,可快速定位设备位置,获取设备技术参数与维护历史记录。借助物联网技术,将设备运行状态传感器与BIM模型连接,实时采集设备运行数据,如温度、压力、振动等。当设备运行参数超出正常范围时,系统自动发出预警,提示运维人员及时检查维修,避免设备故障扩大影响生产。同时,利用BIM模型制定设备维护计划,根据设备运行状况与维护周期合理安

排维护任务,提前准备维护所需配件与工具,提高设备维护效率,延长设备使用寿命,降低设备运维成本^[4]。

4.2 建筑结构健康监测与评估

BIM技术结合结构监测传感器,可实现对工业建筑结构健康状况的实时监测与评估。在建筑关键结构部位,如梁、柱、基础等,布置应力、应变、位移等传感器,将监测数据实时传输至BIM平台。通过与BIM模型中结构初始设计参数对比,分析结构受力状态与变形情况,判断结构是否处于安全状态。利用大数据分析 with 人工智能算法,对长期监测数据进行挖掘分析,预测结构性能退化趋势,提前发现潜在安全隐患。当监测数据异常或结构性能退化达到一定程度时,系统自动生成结构安全评估报告,为维修加固决策提供科学依据。同时,BIM模型可根据结构健康监测结果进行动态更新,反映结构当前实际状态,为后续运维管理提供准确信息,确保工业建筑结构长期安全稳定运行。

结束语

BIM技术在工业建筑结构设计与管理中展现出强大潜力与价值。从设计阶段的精准优化,到施工阶段的精细管控,再到运维阶段的高效管理,BIM贯穿始终,打破各阶段信息壁垒,实现全生命周期一体化管理。随着技术不断发展,BIM将与更多新技术融合,为工业建筑带来更高效、智能、可持续发展模式。未来,应进一步推广和完善BIM技术应用,推动工业建筑领域迈向新的高度。

参考文献

- [1]胡登先,唐昊.工业建筑结构设计中的防腐设计探析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(31):181183.
- [2]王彩香.现代工业建筑结构设计研究[J].居舍,2023,(17):110112+176.
- [3]林萍云,陈培源.基于BIM技术的工业建筑全过程造价管理研究——以纯碱工业为例[J].新城建科技,2024,33(08):166-168.
- [4]蒋慧.BIM技术在既有工业建筑改造设计中的应用与优化[J].工程建设与设计,2024(14):107-109.