

建筑改造项目中的施工方法优化与应用效果分析

文 / 施 智 广东省水利水电第三工程局有限公司

摘要：为应对既有工业建筑改造中施工协调难、安全风险高、文化融合难等挑战，本文以某工业厂房改造工程为例，系统分析了系列优化施工方法的应用。研究探讨了 BIM 协同管理、轻型钢结构与预制构件组合、CFRP 加固及干挂幕墙等关键技术。应用效果表明，该系列方法在缩短工期、控制成本、提升建筑品质与实现社会效益方面均取得了良好成效。

关键词：建筑改造；施工方法优化；工业遗产；BIM 技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.095

引言

随着城市发展进入存量更新时代，对老旧工业建筑的活化利用成为城市可持续发展的重要课题^[1]。此类改造不仅是设计理念的重塑，更对施工技术的精准性、高效性与安全性提出了全新要求。如何在保留历史肌理的基础上，通过优化施工方法实现建筑功能的现代化升级与品质提升，是当前工程界面临的共性难题。本文旨在通过具体工程案例，探索一套行之有效的技术路径与管理模式，为同类项目提供参考。

一、项目概况与改造难点分析

（一）项目背景及功能定位

随着我国城市化进程由增量扩张转向存量提质，对既有工业建筑进行适应性改造已成为城市更新的重要路径。本项目依托其所在地深厚的陶瓷文化底蕴，响应所在区域的整体发展规划与产业园区功能扩展需求，旨在将一座总建筑面积约 5000m² 的旧工业厂房改造为集文创、表演、精酿、美食于一体的复合型文化商业空间。项目以“地域陶瓷文化”与“篝火晚会”为核心设计理念，致力于打造一个服务于城市转型升级的立体化、多功能场所。这一功能定位要求改造不仅要实现空间的重新划分与美学提升，更对原有结构的安全承载、新旧结构的连接以及复杂功能的实现提出严峻的施工技术挑战。

（二）建筑现状及改造难点

该项目改造主体为一栋建于 20 世纪 90 年代的钢筋混凝土框架结构工业厂房。经初步检测，部分梁柱存在不同程度的混凝土碳化与保护层脱落现象，原有结构承载力已无法完全满足新增观景平台及多功能业态的荷载要求。因此，本次改造面临两大核心技术难点：其一，改造要求在完整保留主体框架的前提下，对内部非承重墙体、部分楼板及老旧外立面进行精细化拆除，施工过程极易因振动或意外碰撞对保留结构造成二次损伤。其二，项目地处仍在运营的产业园区内部，施工场地狭小，周边道路宽度不足 6m，与周边企业生产运输活动交叉，对大型机械进出、材料运输及整体安全保障提出较高要求。

二、项目改造的施工方法优化策略

（一）原有主体框架的保护性加固与改造施工技术

针对原结构混凝土碳化及承载力不足的问题，项目优化采用了以碳纤维增强复合材料（Carbon Fiber Reinforced Polymer, CFRP）为主的复合材料加固技术，取代了自重大、施工周期长的传统加大截面法^[2]。施工前，利用回弹法与超声波检测技术对框架梁柱进行全面无损检测，精确绘制出混凝土强度分布云图，识别出强度低于 C25 设计值的薄弱区域，为加固方案提供了定量依据。加固方案采取分区、分类的精细化原则：对于轴压比超限的底层框架柱，采用 2 层 300g/m² 的 CFRP 进行 U 型环向约束加固，以提高其延性与承载力；对于需承载新增观景平台荷载的二层主梁，则在梁底粘贴 3 层 CFRP 以提升其抗弯能力，设计抗弯承载力提升率达 22%。施工工艺上，严格控制基层打磨、底胶涂刷、找平胶修补、浸渍胶涂布及 CFRP 粘贴等关键工序^[3]。为确保加固质量，施工中引入红外热成像技术对粘贴效果进行实时、无损检测，确保了 CFRP 与混凝土基层的粘结密实度，将空鼓率有效控制在 1% 以内，远优于规范要求的 5%。此优化方案不仅有效避免了对原结构的二次破坏，更因其轻质、高强、施工便捷的特性，为后续工序的穿插施工创造了有利条件，旨在缩短整体改造周期。具体加固结构如图 1 所示。

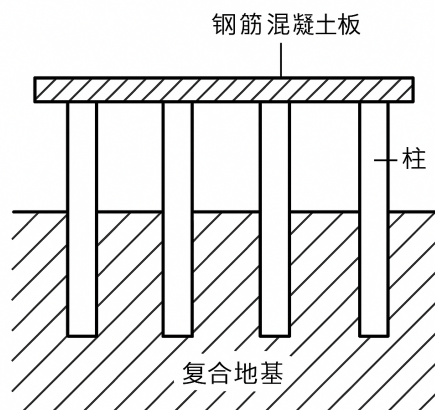


图 1 加固结构示意图

(二) 新增观景平台与立体空间的建造方法优化

为实现设计方案中新增观景平台与立体廊道的构想，项目面临的核心技术挑战是在不大幅增加原结构荷载的前提下，完成大跨度、异形空间的建造。传统的现浇钢筋混凝土方案，因其庞大的自重、复杂的现场支模体系以及漫长的养护周期，被认为不适用于本次改造。为此，项目在设计阶段即确定了采用“轻型钢结构+预制构件”的工业化建造技术体系。

该体系的实施方案主要包含三个技术层面：

1. 在主体结构选型上，新增平台的梁、柱均采用Q355B高强度热轧H型钢。这种材料具备优越的强度重量比，能够在满足承载力要求的同时，最大限度地减轻结构自重对下部既有框架的附加压力^[4]。

2. 在新旧结构的连接处理上，这是决定改造安全性的关键节点。施工中采用了化学植筋与后扩底锚栓相结合的混合锚固技术。针对梁-柱连接等主要受力节点，通过精确钻孔后植入高强度化学锚栓；而对于次要构件，则使用机械式后扩底锚栓，以保证连接的可靠性与施工的灵活性。所有锚固作业前均进行了现场拉拔试验，以确保锚固力达到设计要求。

3. 在楼板系统的选择上，项目采用了预制蒸压轻质加气混凝土板（Autoclaved Lightweight Concrete, ALC）。ALC板材不仅质量轻，仅为同体积混凝土的四分之一，还集保温、隔热、防火等性能于一体，减少后续的构造层次^[5]。

整个施工流程遵循了数字化与工业化的逻辑：先利用三维激光扫描技术对原有建筑进行精确测绘，建立BIM模型；随后，所有钢构件及ALC板在工厂内依据模型进行预制加工；最后在现场进行模块化吊装与快速装配。这种建造方法将绝大部分的“建造”过程转移至工厂，现场则更侧重于精准的“安装”，从而系统性地解决了在复杂受限的改造环境中进行大规模结构施工的技术难题。

(三) 融合地域文化特色的建筑立面更新施工方案

建筑立面的更新是体现地域陶瓷文化主题的关键。项目优化采用了集装饰、保温、文化表达于一体的干挂幕墙系统，以应对旧建筑基层处理复杂、传统湿贴工艺易产生空鼓脱落等技术难题。方案融合了两种不同材质：主体墙面采用定制的陶土色纤维水泥板，以现代材料模拟当地陶器的质朴肌理；而在建筑主要入口及观景平台区域，则创新性地使用了参数化设计的穿孔铝板。其孔洞样式通过参数化设计软件生成，将篝火的火焰形态数字化，转化为不同孔径与密度的组合，再由数控机床精确加工，赋予立面独特的韵律感。施工技术上，首先通过三维激光扫描获取原墙体的精确数据，建立数字模型以修正安装基准^[6]。随后安装经过热浸镀锌防腐处理的

钢龙骨体系，并利用可调式连接件精确找平。陶土板与穿孔铝板均采用安全可靠的背栓式干挂工艺，不仅保证了面板安装的平整度，其形成的空气腔还有助于提升建筑的热工性能。此外，穿孔铝板幕墙后方整合了LED线性光源，通过智能控制系统，可在夜间模拟出篝火闪烁的动态效果，将地域文化元素转化为独特的建筑语汇。

(四) 室内多功能空间的快速施工与协调管理

项目室内集合了文创、表演、精酿、餐饮等多种功能，各区域对机电管线、声学、消防等要求差异巨大，交叉施工协调难度极高。为应对挑战，项目在施工策划阶段即全面引入建筑信息模型（Building Information Modeling, BIM）技术进行深化设计与虚拟建造。通过构建统一的BIM模型，将建筑、结构、机电、消防、精酿设备工艺管道等所有专业信息进行整合，从而建立了一套高效的多专业协同施工流程，如图1所示：

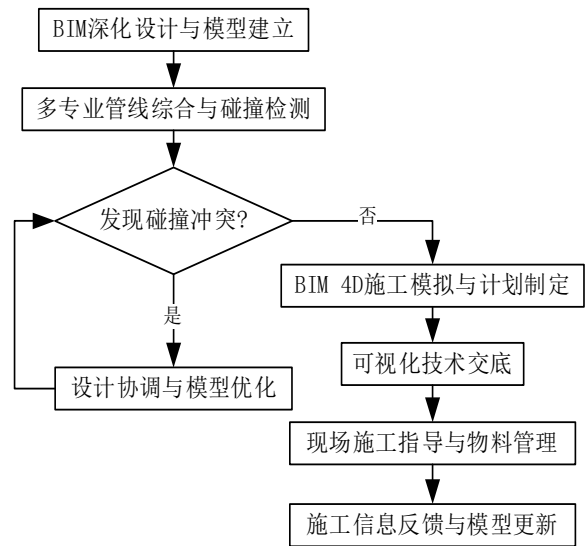


图2 基于BIM的室内多专业协同施工流程

该流程首先通过BIM模型进行多专业管线综合与碰撞检测，在施工前预先解决了超过120处管线交叉与结构冲突问题，从源头上避免了现场返工。随后，基于无冲突的最终模型生成BIM 4D施工模拟，制定出精细化的分区、分时施工流水计划，实现了“空间换时间”的平行作业。例如，在餐饮区的厨房进行机电预埋和防水施工的同时，表演区即可同步进行轻钢龙骨隔墙与吸音材料的安装。施工中，通过BIM模型进行可视化技术交底，使各班组对施工任务和节点做法一目了然。

三、优化施工方法的应用效果分析

(一) 施工管理效益分析

为评估本项目所采用系列优化施工方法的管理成效，从工期、成本与安全三个核心维度进行量化分析^[7]。通过将本项目的实际管理绩效与采用传统工艺的预测情况进行对比，具体数据如表1所示：

表1 优化施工方法管理效益对比

评价指标	传统工艺预测	优化方法实绩	优化效益
项目总工期	310天	245天	缩短65天,提前21%
综合成本	按预算执行	预算内节余2.8%	节约直接成本超60万元
高风险作业量	基准值100%	约减少70%	安全风险明显降低
安全事故率	行业平均水平	重大事故率为零	实现“零事故”管理目标

从表2的数据对比可以看出,优化策略的应用在管理层面带来了多项积极成果。在工期方面,通过采用“轻型钢结构+预制构件”建造新增平台、BIM技术指导室内多专业协同施工等措施,有效实现了平行作业与工序穿插,使项目总工期缩短了65天,为后续商业招租与运营赢得了宝贵时间。在成本控制方面,虽然CFRP及干挂幕墙等新材料的单位成本略高,但因BIM技术应用避免的管线返工直接节约成本约35万元,快速施工体系减少的大型机械租赁与周转材料费用约28万元,这些效率提升带来的综合效益使得项目最终总成本较预算实现了2.8%的节余。在安全管理方面,项目大力推行预制装配式施工,极大减少了现场脚手架搭设、高空湿作业和动火作业等高风险活动量,从源头上降低了安全风险,整个施工周期内未发生任何重大安全事故,实现了高效、经济、安全兼备的综合管理目标。

(二) 建筑功能与品质提升

优化施工方法的应用,不仅保障了施工过程,更对建筑最终的功能实现与品质提升起到了决定性作用。在结构安全与耐久性方面,CFRP加固技术的精确应用,使得原主体框架的承载力满足了新的功能荷载要求。竣工后的结构荷载试验表明,加固后梁板的挠度变形值比设计限值小15%以上,充分保证了建筑的长期使用安全。在建筑功能实现方面,轻型钢结构成功塑造了宽敞无柱的室内表演区,为后续的演艺活动提供了极佳的空间灵活性。而BIM技术的深度应用,确保了精酿设备、餐饮厨房排烟、舞台灯光音响等复杂系统管线的安装精确无误,避免了功能上的妥协与体验上的折扣。在建筑品质与美学呈现方面,三维激光扫描与干挂幕墙施工技术的结合,保证了建筑立面的极高平整度与精细度,陶土板与参数化穿孔铝板的质感对比,完美诠释了“地域陶瓷文化”与“篝火晚会”的设计理念。室内空间通过模块化、装配式内装技术,实现了高精度的细部收口,整体品质感远超传统现场手工作业。这些技术共同作用,最终将一座老旧厂房成功蝶变为一个高品质、功能复合的现代化文化地标。

(三) 项目综合社会效益评价

本项目的成功改造,超越了单一建筑的范畴,产生了积极而深远的综合社会效益。首先,在城市更新与工业遗产保护层面,项目为同类型旧工业厂房的适应性再利用提供了一个可复制、可推广的技术范本。它证明了通过精准的结构评估、现代化的加固技术和创新的建造

方法,能够在保留历史风貌的同时,赋予工业遗产全新的生命力,实现了保护与发展的有机统一,对该区域的整体更新规划起到了重要的示范引领作用。其次,在推动绿色建筑与可持续发展方面,项目通过采用预制装配式构件和干挂施工系统,大幅减少了现场的建筑垃圾和粉尘污染,据测算,相比传统现浇与湿贴工艺,本项目减少建筑废弃物约60t,节水约85%,践行了低碳环保的建设理念。最后,在文化遗产与区域经济发展方面,项目将当地的陶瓷文化元素融入现代建筑语汇,打造了一个富有吸引力的文化消费新场景,预计每年可吸引超过10万名游客,直接创造就业岗位50余个,有效带动了区域产业园区的转型升级,为城市注入了新的文化活力与经济增长点。

结语

本文以某工业厂房改造为例,系统分析了BIM协同管理、预制装配式建造、CFRP加固等优化施工方法的集成应用。通过对项目管理效益、建筑品质及社会效益的综合评价,验证了该技术路径在提升施工效率、保障工程质量与实现项目综合价值方面的有效性。未来研究可向两个方向深化:一是探索数字化孪生技术在改造项目全生命周期管理中的深度融合;二是研究更多新型环保建材在工业遗产再利用中的适用性与施工工艺。

参考文献

- [1] 顾涵. 基于BIM技术改进建筑工程施工现场安全评价方法[J]. 徐州工程学院学报(自然科学版), 2025, (02): 13-19.
- [2] 王兆云, 赵雪星. 科研类老旧建筑改造思路和难点研究[J]. 建筑技艺(中英文), 2025, (S1): 326-329.
- [3] 吴卫. 既有建筑节能改造方案的绿色化优化研究[J]. 佛山陶瓷, 2025, (06): 80-82+93.
- [4] 赵宇. 建筑结构加固技术在老旧建筑改造中的应用设计[J]. 建设科技, 2025, (11): 75-77.
- [5] 郑吓忠. 既有建筑改造项目电气设计探究[J]. 福建建筑, 2025, (06): 121-125.
- [6] 詹立敏. BIM技术在老旧房屋建筑加固与改造中的应用[J]. 建设科技, 2025, (10): 83-85+89.
- [7] 张宇强. 智慧化施工管理平台在既有建筑改造工程的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025, (05): 137-139.

作者简介: 施智(1998.02-),男,广东东莞人,汉族,大专,无职称,研究方向为建筑工程施工。