

BIM 技术在大型东欧群体建筑施工中的应用探索

江嘉炜 王克泉 李子文

(中国建筑一局(集团)有限公司,北京 100000)

【摘要】俄罗斯作为中国目前最具有国际性和战略意义的合作伙伴,其东欧风格浓郁的特色建筑群在国内建筑领域渐露头角,因此,深入研究东欧建筑风格、施工技术 etc 影响意义深远。本文以深圳北理莫斯科大学建设工程为例,详细地介绍了项目如何通过 BIM 技术来解决大型群体东欧风格建筑的施工与管理问题。本工程为中俄两国国家元首共同见证签署的中俄两国文化交流与战略合作项目,政治意义重大,建设的目标方向为创建国际性的一流大学,具有质量要求高、绿色建造要求高、工期进度紧张、管理难度大的特点。为解决上述难点,项目将 BIM 技术应用、平台集成应用、智慧工地应用三部分有机结合成为项目 BIM + 智慧建造体系,合理选用关键技术,通过解决项目施工过程中遇到的重难点问题形成创新技术,对具有东欧建筑风格的综合施工与管理技术进行了研究和应用,探索出基于 BIM 技术的项目管理新模式,形成符合项目定位的 BIM 应用成果,为后续类似工程提供借鉴经验。

【关键词】BIM; 智慧工地; BIM 平台; 大型群体建筑; 东欧

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

随着近年来中国与俄罗斯及世界其他国家的文化交流的不断深入和频繁,文化的多元性日益增强和凸显,各类建筑风格正在作为文化传播的载体时刻影响着中国的建筑风格。俄罗斯作为中国目前最具有国际性和战略意义的合作伙伴,其东欧风格浓郁的特色建筑群在国内建筑领域渐露头角,因此,深入研究东欧建筑风格、施工技术 etc 影响意义深远。

深圳北理莫斯科大学作为中俄两国历史上第一所联合举办的大学,是中俄两国国家元首共同见证签署的战略合作项目,对促进中俄两国的科技、教育、经济、文化以及各领域的合作意义重大。本文以深圳北理莫斯科大学项目为依托,通过合理选用现有施工领域关键技术,并对关键技术进行成果转化形成创新技术,以此解决项目施工过程中遇到的重难点问题,同时对具有东欧建筑风格的综合施

工技术进行研究和应用,为后续的大型群体东欧风格建筑的施工与管理工程提供借鉴经验。

1 工程概况

1.1 项目简介

深圳北理莫斯科大学是深圳市政府大力支持和引进国际教育资源的重要项目之一,由深圳市人民政府、北京理工大学和莫斯科大学三方联合举办的高等教育机构,是中国和俄罗斯两国高校联合举办的第一所合作大学。项目位于深圳大运中心和新城西南部,总规划用地建筑面积约 26.8 万平方米。大学校园的总体规划以充分保留校园内部现状的山体绿地为基础进行核心建筑景观布局,同时在校园内部现状的山体绿地西侧形成中心广场、人工湖组成的景观绿化中心轴,围绕绿化景观中心轴、山体绿地进行了建筑景观布局。校园的总体规划共划分为教学区、生活区、体育区及校园生态绿化共享服务区四大核心功能区,教学区分别位于大

【作者简介】 江嘉炜(1992 -),男,项目 BIM 经理,主要研究方向:BIM 技术在建筑全生命周期中的应用。

运新城校园西北侧,生活区位于大运新城校园东南侧与北侧,体育区分别位于大运新城校园东北侧,生态绿化共享服务区则分别是位于大运新城校园中部和南端,各区之间呈组团相对独立,通过生态绿化道路和山体绿化形成的景观与校园进行有机的联系。



图1 项目鸟瞰图

1.2 工程特点和难点

本工程为中国和俄罗斯两国国家元首共同出席见证签署的中俄两国文化交流与战略合作项目,政治意义重大,建设目标为国际一流大学,具有质量要求高、绿色建造要求高、工期进度紧张、管理难度大的特点。

质量安全控制要求高主要体现在项目需要创国家优质工程奖,品质要求高,同时,项目主要风格为俄式风格,内部造型多变,质量控制难度大;绿色建筑要求高主要体现在项目作为深圳市重点工程,必须严格执行国家关于建筑节能的相关条例,只有符合国家节能的条例有关要求,才能办理竣工验收合格证;工期紧张主要体现在项目总工期 768 天,为迎接重大国际交流活动,主楼塔尖必须于 2017 年 8 月 31 日前完成吊装。并于 2018 年底完成竣工验收;管理难度大主要体现在本项目共 21 栋单体建筑,劳动力用量高峰期达两千余人,协调各单位开展工作及人员管理难度大,科学组织资源保证目标实现是本工程实施重点。

2 BIM 组织与应用环境

2.1 BIM 应用目标

根据上述特点及难点,项目围绕优质建造、绿色建造、快速建造、智慧建造这四个方面的实施目标,将 BIM 信息化技术与传统工程管理模式相结

合,探索出基于 BIM 技术的项目管理新模式,形成符合项目定位的 BIM 应用成果。^[1] 优质建造主要是指减少项目的设计变更,提高施工质量,争创国家优质工程奖;绿色建造主要是指满足环境保护、节能、节地、节水、节材,达到节约资源,高效,低耗,统筹兼顾的目标;快速建造主要是指提前安排资金、材料、人工,以满足项目重大工程时间节点要求;智慧建造主要是指通过 BIM 平台对建筑项目进行云端精确管控,提高建筑质量、提升管理水平。

2.2 实施方案

项目编制了 BIM 实施三级标准体系,分别由规划层、方案层、细则层来规范项目 BIM 工作开展。规划层主要明确本项目 BIM 实际应用的技术总体定位与应用规划,给出本项目实施阶段 BIM 的具体应用范围和应用阶段,明确本项目 BIM 实施应用的价值点和各阶段的技术路线;方案层分别从 BIM 实施目标、BIM 实施组织、BIM 平台应用、BIM 应用价值点及方案、BIM 实施的保障措施上对项目 BIM 工作进行整体把控。细则层对平台后台配置、BIM 的构件编码规则、工作实施流程、用户分类、具体内容、成果检查标准、管控节点进行了规范要求。^[2]

2.3 团队组织

本项目以 BIM 管理平台作为项目协同工作平台并统一管理,根据项目的实施进展及应用要点、施工管理方式、各参建单位的组成情况进行协同管理的权限分配,制定项目协同管理要求和建立项目协同机制,制定各参建单位在项目 BIM 协同实施中的职责,保证项目的协同实施。项目各参建单位根据项目实施进度,按照要求使用 BIM 管理平台,遵守协同实施机制开展项目的 BIM 实施,共同维护、更新项目资料及 BIM 数据。^[3]

2.4 实施体系

为实现 BIM 实施目标,项目将平台管理的集成应用、BIM 技术的基础应用、智慧建筑工地应用三部分有机结合成为项目 BIM + 智慧建造体系。^[4] BIM 技术应用主要是指通过建立五维数据模型,打通 BIM 数据传输渠道,将 BIM 信息进行集成应用,是 BIM + 智慧建造开展的基础;平台集成应用主要是指搭建 BIM 管理平台,对现场安全、质量、进度状况进行高效协同和管理,是 BIM + 智慧建造开展的保障。智慧工地应用主要是指搭建视频监控系统、实名制管理系统、特种设备监控系统、环境监控系统组

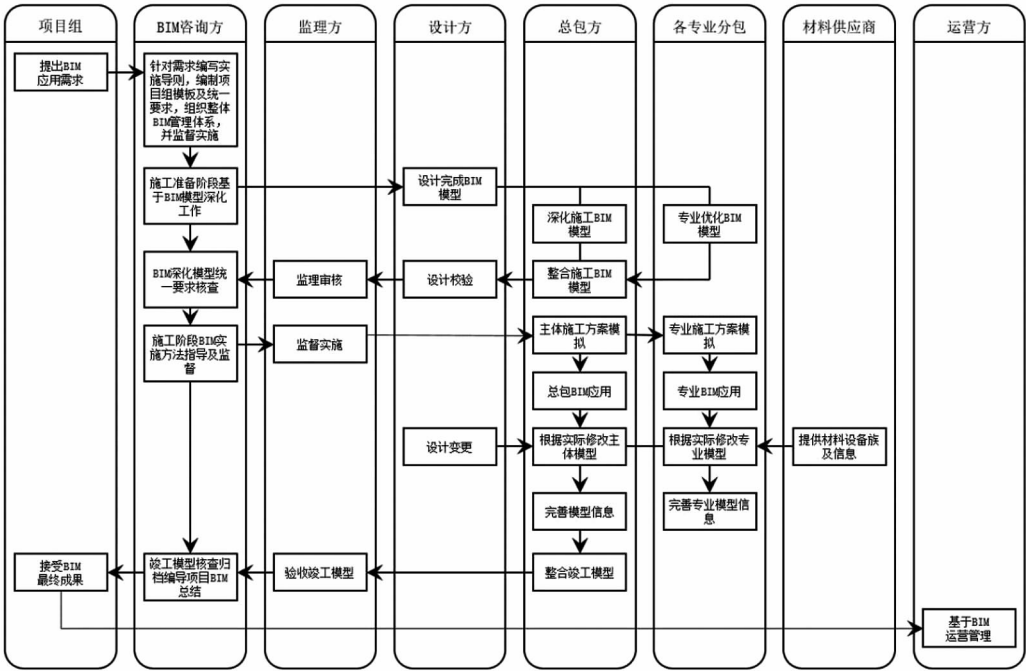


图 2 项目 BIM 管理流程图

成。是 BIM + 智慧建造应用的拓展。

2.5 软硬件环境

硬件方面,项目配有多台台式服务器与移动工作站以满足 BIM 日常工作开展需求,BIM 工作站、无人机、移动工作站、服务器等先进设备均已配备,确保 BIM + 工作能有序开展;软件方面,项目上配备了建模软件、效果渲染软件、动画制作软件、智慧工地软件,并依托项目 BIM 管理平台,将日常管理数据与 BIM 进行有机的结合。^[5]

3 BIM 应用

3.1 优质建造

项目主要风格为俄式风格,内部造型多变,质量控制难度大,同时以创鲁班奖和国家优质工程奖做为质量控制的目标。同时结合整个项目的特点,我们以多专业协同、深化设计、预制化管理、精确测量的方式来提升项目品质。

项目划分多个施工段进行流水施工,各单体布局不一,施工场地部署复杂。我们利用 BIM 模型对不同施工阶段的机械设备、临时施工道路、临时水电管道、临时加工材料堆场等进行 BIM 模拟设计部署,检验项目施工场地布置的准确性和合理性。^[6]

传统的二维图纸难以发现各专业间的图纸碰



图 3 各节点场布 BIM 模型

撞问题,我们利用 BIM 模型进行多专业协同,找出建筑、结构、机电等不同专业之间的碰撞问题,辅助深化设计并出具问题报告书。通过 BIM 模型进行模型会审,发现并解决了各专业间一千余处的错漏碰缺问题。

项目机电系统复杂,结构多中庭天井,管线集中于不足 2 米的狭窄走廊中,同时存在大量防火卷帘占用管线空间。为符合俄式建筑风格,项目净空要求保证在 3 米以上。我们通过 BIM 模型对管线综合排布和深化设计出图。对管综的成果进行全员交底,明确施工过程中主要控制区域。经过现场

复核,管线高度在满足 3 米净高的基础上,整体再提高 200mm,在保证主要空间的使用要求的同时给项目带来品质的提升。^[7]

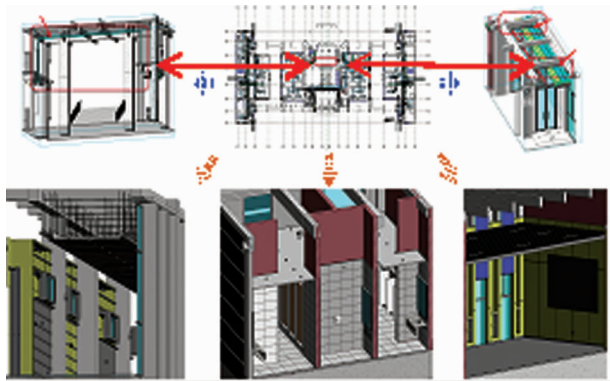


图 4 机电管线深化 BIM 模型

传统情况下砌体排布效率低、工作量大,导致施工班组领料难把控、二次施工搬运多、穿插作业打架等问题层出。我们运用 BIM 进行二次结构深化设计,将部分短墙与构造柱整体浇筑,非整砖排达到定尺加工,现场按深化设计进行切割加工,过程中应用二维码技术手段进行管控。通过 BIM 进行排砖后,项目二次结构深化设计效率大幅提高了 10 倍、精确控量节省砌块 13% 左右、极大地减少了材料的浪费和二次搬运。^[8]

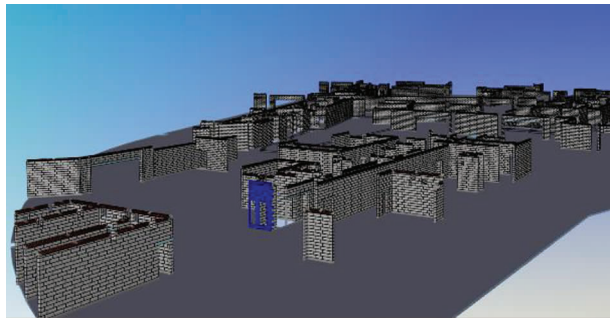


图 5 二次结构深化 BIM 模型

本项目的幕墙工程中石材幕墙约有 9.18 万平方米,同时与主体结构及其他专业工程交接和接触面多,深化设计工作量大。我们依据项目幕墙深化设计模型,导出项目节点、石材编号、清单等工程图纸,直接利用模型精准出具连接件的零件图以及材料明细表,进行项目数字化下料,让工厂进行预制加工。^[9]

保证工程质量除了要做到优化设计和精细施工,还需进行精确的实测实量来保证工程质量。由

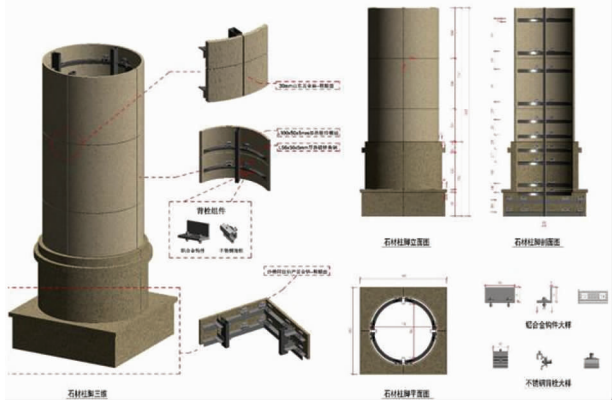


图 6 石材幕墙 BIM 模型

于传统的建筑工程实测实量主要依靠各种各种测量设备和仪器,需要在工程中耗费大量的时间和人力物力,而且其测量的效率和质量也难以在工程中得到实质性的提升,因此我们将基于 BIM 的三维激光扫描技术应用推广到工程的实测实量中去,利用三维的激光扫描仪对现场的实体进行精确的扫描,通过和 BIM 模型比对生成平整度、垂直度等对比数据,精确把控现场质量,提高检查效率,提升施工质量。^[10]

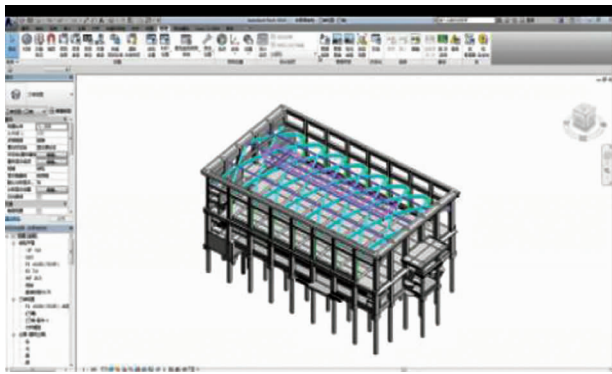


图 7 模实对比

3.2 绿色建造

本项目绿色施工重点多,难度大。首先建筑垃圾总量控制难度大,为达成此绿色施工目标,项目采用了永临结合的施工工艺。其次,土方阶段的能源节约与环境保护是本项目绿色施工的主要目标之一,项目利用无人机、3D 扫描等先进技术配合现场完成土方的测量与扫描工作,对土方量精确计算后采用现场内土方自平衡,避免土方外运工作。

为快速采集原地面高程数据,我们考虑 GPS、无人机、三维扫描三种方式,由于条件限制及功效要

求,最终我们采用三维扫描的方式进行数据收集。通过三维扫描仪对土方量进行精准复核,在 5 天时间完成了 14 万平方米范围的外业扫描工作,通过点云数据计算,场地内余土 5 万方。全部外运方案受交通、环保及弃土场地制约,经测算需要 60 天完成,无法满足工期要求,必须采用其他方案。我们采用土方自平衡零外运的处置方案,该方案不仅能满足工期要求,而且不占用额外土地,契合创建“生态新城”的城市发展理念。为实现上述目标,我们利用 3D 扫描所得数据创建点云模型,并在点云分析软件中进行分区试算,将项目整体标高提高了 0.5 米,保证项目整体挖填数量大致相同。通过采用场地内土方挖填自平衡和零外运的方案,我们减少土方外运和回运工期 32 天。^[11]

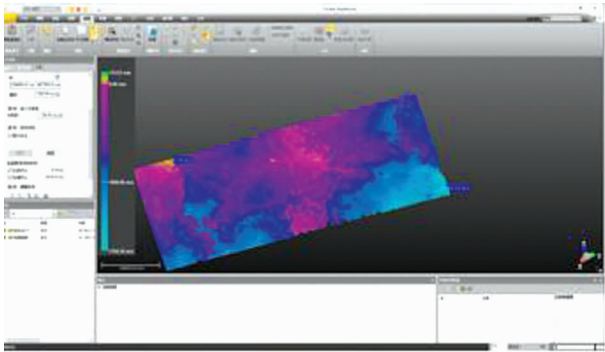


图 8 土方平衡计算模型

在解决土方外运问题后,我们又面临堆土场及运输道路的规划问题,需要合理的规划土方及其道路,避免土方二次倒运。我们通过运用 BIM 技术直观的展示正式道路、临时施工道路与场内建筑物、料场间的地理位置关系,对场内施工道路的设计进行了优化,最终可以实现正式道路先行施工,与临时施工道路结合的方式以满足运输需要且节约工期。最终共利用永久道路千余米,节约工期 15 天。

同时为避免对已完正式路基造成影响,并实现市政管线的前置施工,我们运用 BIM 对市政管网进行优化,对管井标高及管线路由进行了调整,历时 1 个月时间经历 9 版图纸,解决重大碰撞 33 处,其他碰撞 1 000 余处,最终实现市政管线与土方作业的同期施工。

3.3 快速建造

依据施工经验分析,若土方工程持续至雨季,受天气影响 831 节点将完全不可控,为此我们将工

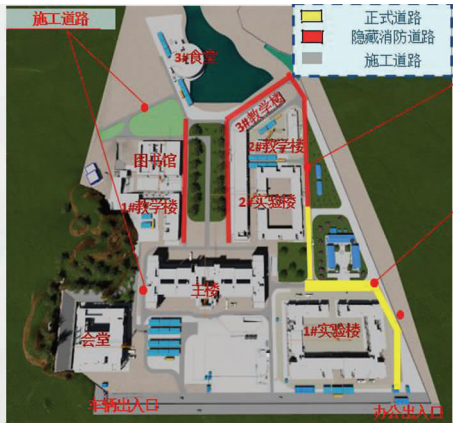


图 9 永临结合规划模型

期优化重点放在土方施工及钢结构吊装两个方面,为确保 831 工期节点,需 30 天内完成土方处置,15 天内完成钢结构吊装,工期极为紧张。为此我们应用 BIM 进行了异形钢结构安装方案优化和人工湖数字开挖,最大限度的提高施工效率和缩短工期。

主楼塔尖钢结构北莫之星的吊装是制约工期的重要因素,为确保 831 节点,工期必须压缩至 15 天内完成,在高 110M,不足 80 平米的区域内顺利完成高 46.35M,重量近 300T 的钢结构安装。项目借助 BIM 技术,对塔吊位置、吊重能力等关键因素综合分析,多方案模拟施工比选,确定吊装最优方案。

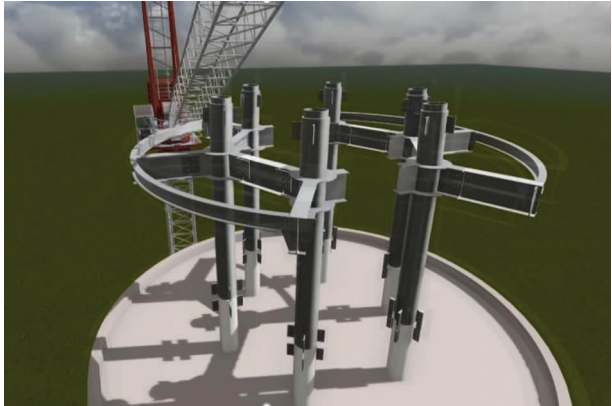


图 10 钢结构塔尖吊装模拟

由于构件的运输和塔吊吊装能力的限制,钢柱只能在加工厂进行分段构件的制作,然后在现场空中进行对接,如何保证空中的对接质量是钢结构加工、安装中要重点考虑的问题。塔吊选型设计方案确定后,通过 BIM 优化钢结构安装施工方案,对钢结构进行节段分割,并通过 BIM 提取数据统计各节段构件重量进行吊重分析得出,塔吊吊装过程平均

力矩百分比达到 85%,在保证安全前提下,充分发挥了塔吊性能,达到吊次最优。

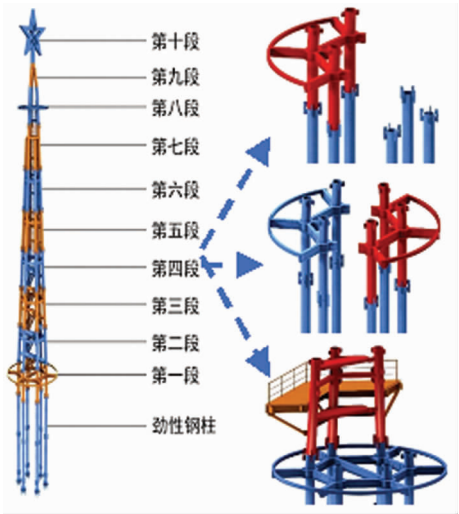


图 11 钢结构塔尖分段模型

由于拼装胎架的每个立面支撑架牛腿的的顶标高数值各不相同,拼装胎架的精度会直接影响到钢结构的拼装精度,建立胎架 BIM 模型,由 BIM 模型直接导出胎架详图,利用 BIM 模型提取控制坐标信息,保证钢结构地面拼装精度误差不大于 2mm。^[12]

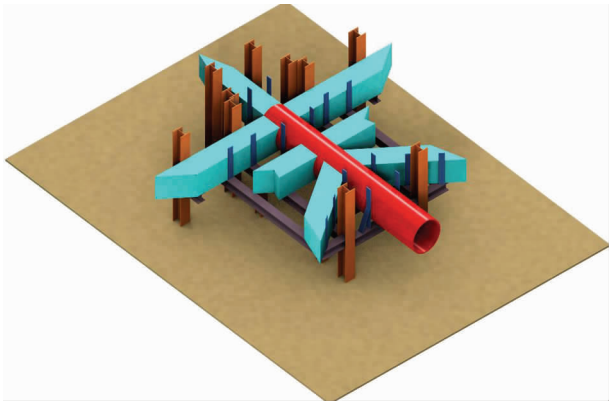


图 12 钢结构塔尖胎架模型

人工湖湖岸线复杂,坡面形式多样,采用传统施工方法测量工作量大,施工难度高。为保证人工湖在工期内保质保量完成,项目引进挖机智能引导系统,通过对人工湖 BIM 建模、系统传感器和挖机的深化和改造,使得智慧系统能满足本项目的小型复杂地形的高精度开挖。数字开挖技术减少了放线、修坡的时间,缩短人工湖开挖时间,避免开挖完成前进入雨季导致工期延后。通过对比,采用该系

统的挖机出土效率比普通挖机日均出土量多 25%。^[13]

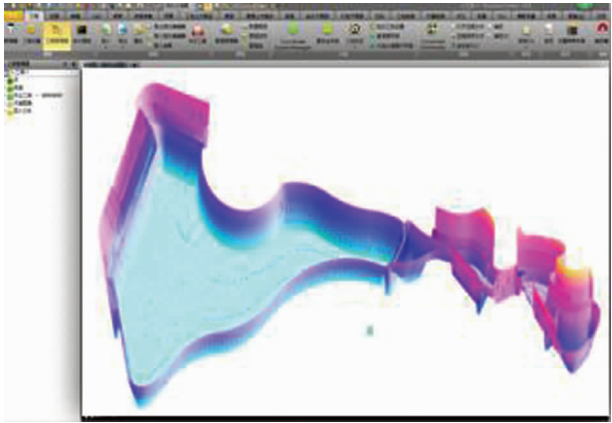


图 13 人工湖开挖模型

3.4 智慧建造

项目开发的协同管理平台是基于 BIM 的建筑全生命周期管理平台。平台开发与 BIM 标准、项目管理相结合,利用多源 BIM 模型支持和轻量化技术、大规模建筑信息模型的可视化技术等行业先进技术,将 BIM 标准融入平台功能,管理信息与 BIM 模型关联,提供最真实的基础数据,对建筑全生命周期进行精确管控,使决策真正有据、管控随时随地进行、风险预测及时准确,提高建筑质量、提升管理水平。



图 14 平台架构

会议管理模块是以项目工程例会以模型为核心,结合平台记录、现场照片、影像资料的三屏联动模式,比传统会议节省了 40% 的时间。^[14]

项目基于 BIM 管理平台对石材等构件进行管理,将任务众多的工作具体分解和层层落实。并将模型与构件关联,使 BIM 模型与现场设备联动,用不同色彩实时反馈构件状态到 BIM 模型,通过移动



图 15 三屏会议模式

设备扫描二维码对构件进行从生产到安装的全过程精准管理工作。

由于传统的质量安全巡检方法存在数据信息丢失的安全隐患,我们通过平台对现场质量安全巡检工作进行现场定点签到,并将信息与 BIM 模型紧密关联,确保现场质量安全巡检工作落实到位。

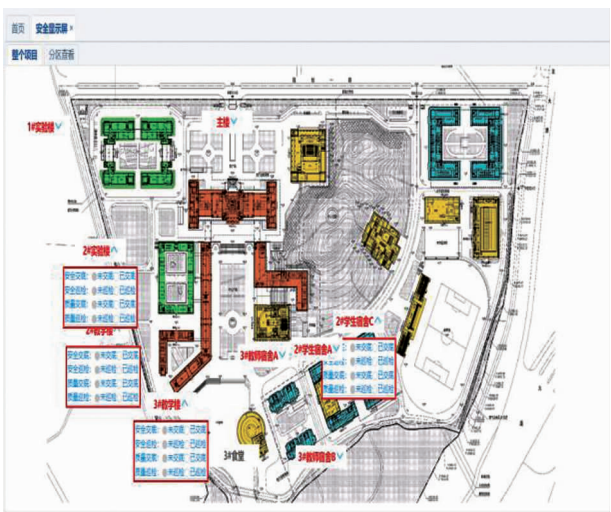


图 17 平台巡检看板

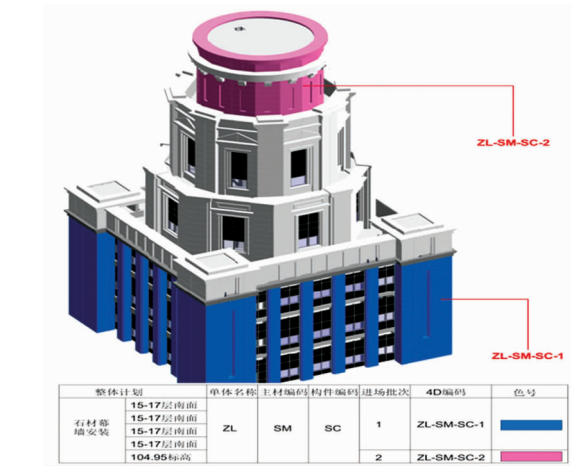


图 16 石材幕墙构件管理模型

智慧工地系统为项目提供信息化监管手段和信息化管理支撑,视频监控、实名制管理、特种设备监控、环境监控等系统可实时了解施工现场各种情况,降低自身管理成本,提升施工质量。^[15]

4 项目应用效果

从对比常规方案与 BIM 解决方案出发,得出本项目应用 BIM 的解决方案后所产生的应用成效,具体成效如表 1 所示。

通过此表可以看出,通过 BIM 技术,项目在工作效率、工期进度以及成本管控等方面均取得了良

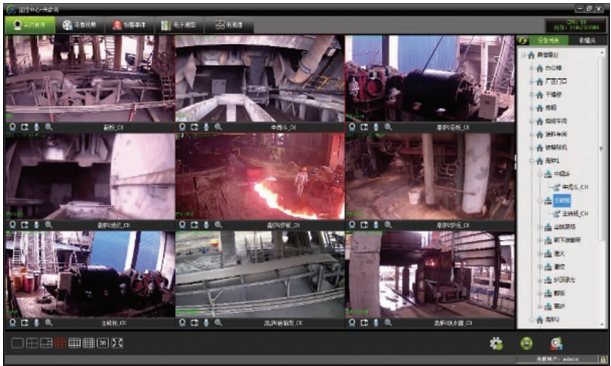


图 18 视频监控



图 19 智慧工地体验馆

好的效益。通过关键技术和创新技术等合理选用,累计节约工 100 余天,节省费用 460 余万元,经济效益显著。BIM 不仅直接带来了现有工地建造技术的进步和更新换代,也会直接推动企业的现场管理思维和模式的重大改变。通过智慧工地体验馆对项

表 1 BIM 应用成效分析

内容	常规方案	采用方案	应用成效
土方自平衡	按照图纸标高进行土方开挖。	同设计沟通,抬高场地整体标高,减少挖方量,增加填方量。	避免土地占用及土料遗撒,节约费用 260 万。
设计施工体化	设计下发蓝图后,进行图纸会审,提出优化,甲方、设计确认后出具变更。	在设计阶段,BIM 工作组介入并进行优化,结果直接反映在蓝图内。	减少设计变更,节约图纸会审时间,节省工期约 15 天。
永临结合	铺设临时道路、管线。	在进行场地平面布置时,将永久管线、道路纳入布置范围。	减少建筑垃圾 4700m3,节约费用 21 万。
重难点方案优化及模拟	仅依靠 CAD 进行二维模拟。	通过方案模拟、优化确定最优方案。	通过方案优化,原需用 30 天完成的钢结构吊装,在 15 天内完成,节约大型机械使用费 167 万。
人工湖智慧开挖	按照蓝图放线后开挖。	根据 BIM + GIS 定位开挖,减少放线及二次修坡时间。	节约工期 17 天,挖掘机由 2 台大挖机变为 1 大 1 小,节约费用 86800 元节约测量人员费用 11210 元。

目 BIM + 智慧建造成果进行了集中展示。对项目内部的人员进行智慧建造知识普及。在同时,也对外也成功地接待了上万人次的智慧工地考察与现场观摩,也起到了积极地社会效益。

作为中俄文化交流战略合作项目、项目多次受到各级领导关怀与肯定。项目开工至今,受到社会各界的广泛关注,截至目前已累计接待考察、观摩、交流 120 余次,接待行业同仁一万余人,得到各级领导与同行的一致肯定。

6 总结

项目以 BIM 综合施工技术为主要工具,以打造智慧绿色工地为管理手段,将 BIM 信息化技术与传统工程管理模式相结合,采用超高超重钢结构塔尖吊装施工技术、永临结合市政先行、智慧测量土方自平衡和智能土方开挖等低投入、高产出的施工技术,实现了节约能源、减低环境污染等的绿色施工要求,辅助完成项目各技术重难点的攻克,完成项目综合施工技术的研究与应用,进而从根本上实现了经济效益、社会效益与生态环境效益的完美统一。

参考文献

[1] 李智,王静. 施工阶段 BIM 应用风险及应对策略[J]. 土木工程信息技术,2016,8(2) : 6-15.

[2] 罗嫦玲,李珏. 基于内容分析法的中、美、英三国 BIM 标准的研究[J]. 土木工程信息技术,2018,10(6) : 21-26.

[3] 黄佳佳,马翔,张尚,等. 承包商的 BIM 团队建设研究[J]. 土木工程信息技术,2019(3) :70-75.

[4] 曹少卫,王伟,杨志强,等,. 基于 BIM 集成管理平台的房地产项目协同建设研究[J]. 土木工程信息技术,2019,11(2) : 59-69.

[5] 蒋中行,徐旻洋,胡珉,等. 基于 IFC 认证的 BIM 建模软件选择方案研究[J]. 土木工程信息技术,2018,10(1) : 1-8.

[6] 李飞,刘宇恒,杨成,等. 基于 BIM 技术的施工场地布置研究与应用[J]. 土木工程信息技术,2017,9(1) : 60-64.

[7] 邵统宇,全振,左超,等,. BIM 与轻量化技术在新盛万豪酒店机电工程中的应用探索[J]. 土木工程信息技术,2019,11(2) : 41-46.

[8] 黄湘富,韦继赫. BIM 技术在优化砌体工程中的应用[J]. 城市住宅,2017(8) :66-68.

[9] 陈炳任,邱继衡. BIM 融合工业数字化的创新技术在幕墙出图下料中的应用[J]. 土木工程信息技术,2019,11(3) : 81-88.

[10] 陈滨津,姚守俨,苗冬梅,等. BIM + 三维激光扫描技术在工程质量管控中的应用[J]. 土木工程信息技术,2019,11(5) : 55-60.

[11] 何建军,王硕,姚守俨. 基坑工程 BIM 应用[J]. 土木工程信息技术,2016,08(6) : 55-59.

[12] 李智勇,胡旭华,王玉泽,等. 类哥特式钢结构尖塔安装施工技术[J]. 施工技术,2019,48(6) :54-56 +97.

[13] 应博,苏黎,孙健,等. 智能土方开挖技术在房建工程的应用分析[J]. 施工技术,2018,47(S1) :231-232.

[14] 王剑非,沈家文,杨成. 基于 BIM 的境外施工总承包项目风险管控平台的研究与实践[J]. 土木工程信息技术,2018,10(6) : 44-49.

[15] 杨晓毅,李立洪,陆建新,等. 基于 BIM 技术的特大型多方协作智慧管理[J]. 土木工程信息技术,2018,10(5) : 16-24.

Study on BIM Technologies Application in Large-scale Building Complex Construction in Eastern Europe

Jiang Jiawei, Wang Kequan, Li Ziwen

(*China Construction First Bureau (Group) Co., Ltd., Beijing 100000, China*)

Abstract: Russia is now an international cooperative partner of China with extremely strategic significance. Its architectural complexes featured in distinctive Eastern Europe characteristics have been welcomed in domestic architecture field. Therefore, it is quite meaningful to deeply study Eastern European architectural style and construction technologies. In this paper, the construction project of Shenzhen MSU-BIT University was taken for instance to introduce how the BIM technologies were used to solve the construction and management problems in large-scale building complex with Eastern European style. As a matter of fact, this is a cultural exchange and strategic cooperation project signed under the witnessing of the presidents of both China and Russia. Therefore, it is a project with great political significance, aiming at building a first-class university in the world, and featured in high requirements on quality, green construction, tight construction period, and tough management difficulties. In order to solve the above difficulties, a "BIM + Smart Construction System" was built up by organically integrating BIM technologies, platform integrated application, and smart construction site. It has selected rational key technologies and has formed innovative technologies by solving key and difficult problems during the construction process. Meanwhile, the comprehensive construction and management technologies for building complex featured in Eastern European style were studied and applied in this paper to figure out a new managerial model based on BIM technologies, thus has formed the BIM application achievements which is suitable for project orientation, and providing references and experience for similar projects in the future.

Key Words: BIM; Smart Construction Site; BIM Platform; Large-scale Building Complex; Eastern Europe