

基于 BIM 的智能建造在香港感染控制中心项目中的探索与实践

张毅^{1,2} 葛斌^{1,2} 郑果^{1,2}

(1. 中国建筑工程(香港)有限公司, 香港 999077;
2. 中建国际医疗产业发展有限公司, 香港 999077)

【摘要】香港感染控制中心项目是中央援建香港的同心抗疫工程,是全国首家采用 MiC 建造技术的永久医院、全球首家全 MiC 负压隔离病房传染病医院,具有管理幅度大、建设工期紧、建设标准严、参与人数多、协调难度大、社会关注度高等诸多特点。项目采用了新型的设计建造理念,充分应用了以全流程 BIM 为平台、深度结合 AR、VR、MES、IoT、三维激光扫描、智慧工地系统等信息化技术的智能建造技术,构建了互联协同的项目信息化、数字化、智能化生态圈,实现项目设计、生产、建造及运营等全生命周期智慧管理,为 4 个月极限工期完成配备 816 张负压隔离病床的高品质防疫医院提供了关键技术支撑。

【关键词】智能建造; BIM; 抗疫工程; 医院建筑; MiC

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】文集数据被中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录,被本刊录用并在中国知网网络首发正式出版,严禁侵权转载。

引言

近年来,随着人民对美好生活需要的日益增长,国家对于建筑业的高质量发展也提出了更多要求。加快智能建造在工程建设全过程中的应用,提升工程质量安全、效益和品质,有效拉动内需,实现建筑业转型升级和持续健康发展已成为社会需求及政策指引的主要方向^[1]。其中,以建筑信息模型(Building Information Modeling,简称 BIM)为平台,集成相关数字化、信息化、智能化技术是发展智能建造的重要支撑^[2-3]。

香港感染控制中心是中央援建香港的同心抗疫工程,该项目的顺利完工并投入使用,进一步增强了香港抗击新冠肺炎疫情的能力,充分体现了“一国两制”的制度优势和强大生命力。

香港感染控制中心除了采用新型设计理念及建造技术外,还充分实践应用智能建造技术——以

BIM 技术为载体,深度创新结合 VR、AR、IoT、MES、智慧工地系统等信息化技术,为涵盖项目设计、生产、建造、运营的工程全生命周期的智慧管理提供关键支撑。通过科技赋能,在提升生产建造效率的同时确保工程质量,助力项目在 120 天内高标准、高质量、高效率完工。

本文将以前中央援建香港感染控制中心项目为例,分享智能建造在香港紧急防疫项目全过程中的创新应用探索及实践,以期为业界提供一些参考。

1 香港感染控制中心项目概况

1.1 项目背景及基本信息

2020 年 7 月,香港爆发第三波新冠肺炎疫情,七八两个月新增 3 500 多个确诊病例。危机关头,香港在中央的援助下兴建临时医院,后正式命名为北大屿山医院香港感染控制中心(以下简称“香港感染控制中心”或“项目”)。作为中央援港的三大

【基金项目】 中国建筑国际集团科技研发计划资助(编号:CSCI-2020-Z-16)

【作者简介】 张毅(1980-),男,高级工程师,中国建筑工程(香港)有限公司助理总经理,中建国际医疗产业发展有限公司总经理,主要研究方向:建筑工程、智能建造、项目管理等。

抗疫项目之一,香港感染控制中心的建成将大大提升香港应对疫情的能力,纾缓香港医疗系统压力,为香港防疫抗疫工作做出新的贡献。

项目位于香港亚洲国际博览馆旁,毗邻香港国际,总占地面积为 29 000m²,建筑面积为 44 000m²,由 6 座病房大楼、1 座医疗大楼、1 座能源中心及液氧缸、危险品贮存间、医疗气体总站组成。全院共设 136 间 6 人负压隔离病房,提供 816 张床位。项目采用 Design & Build(设计施工一体化)模式建设,合约工期仅 4 个月。

项目基于 DfMA(Design for Manufacture and Assembly)方法的模块化医院设计思路,采用 MiC(Modular Integrated Construction)技术快速建造,打造了国际一流品质防疫医院,成为全国首家采用 MiC 建造技术的永久医院、全球首家全 MiC 负压隔离病房传染病医院。

1.2 智能建造方案探索

考虑到香港感染控制中心项目有建设工期极紧张、设计工艺复杂、施工精度高、验收标准严格、管理协调难度大等特点,项目计划应用“BIM + X”——以 BIM 技术为核心,集成虚拟现实技术(VR)、扩增现实技术(AR)、生产管理系统(MES)、三维激光扫描技术、智慧工地等其他信息技术、管理手段——作为智能建造的整体实施方案。

1.3 组织架构

项目智能建造组织架构(如图 1 所示)。

2 智慧设计

2.1 BIM 正向设计的应用

全专业、全流程协同是 BIM 正向设计的关键^[4]。在本项目设计工作启动的早期,全专业、全流程的 BIM 正向设计模式的统筹布局工作就已启动:建立项目智能建造统筹小组直接领导的深港两地 BIM 工作小组,确立了深港 BIM 小组线上 24 小时不间断协同作业模式的工作机制和 workflows。成立线上协同云平台,并为不同项目参与方设立了不同的平台权限:例如,设计部有上传和删除设计图、观看模型和标记的权限;工程部有补充设计图,观看模型和标记的权限;所有分包商有观看模型的权限;而项目管理团队以及深港两地 BIM 小组则享有平台全部权限。深港两地 BIM 小组利用该平台进行建筑和机电模型的线上无缝衔接配合工作:一改下载模型并更新之后再上传这样的传统协同模式,而是可以两地多账号同步云端更改模型并同步更新,结合 24 小时不间断协同作业模式,将项目沟通及协同效率最大化,确保了在最短时间内生产出最新协同模型(图 2)。线上协同云平台也确保了 BIM 正向设计的信息传递高效性和保密性,也为项目后期的生产建造协调工作确立了相应的网络工作平台。

利用线上协同云平台,项目团队只耗时 1 天便

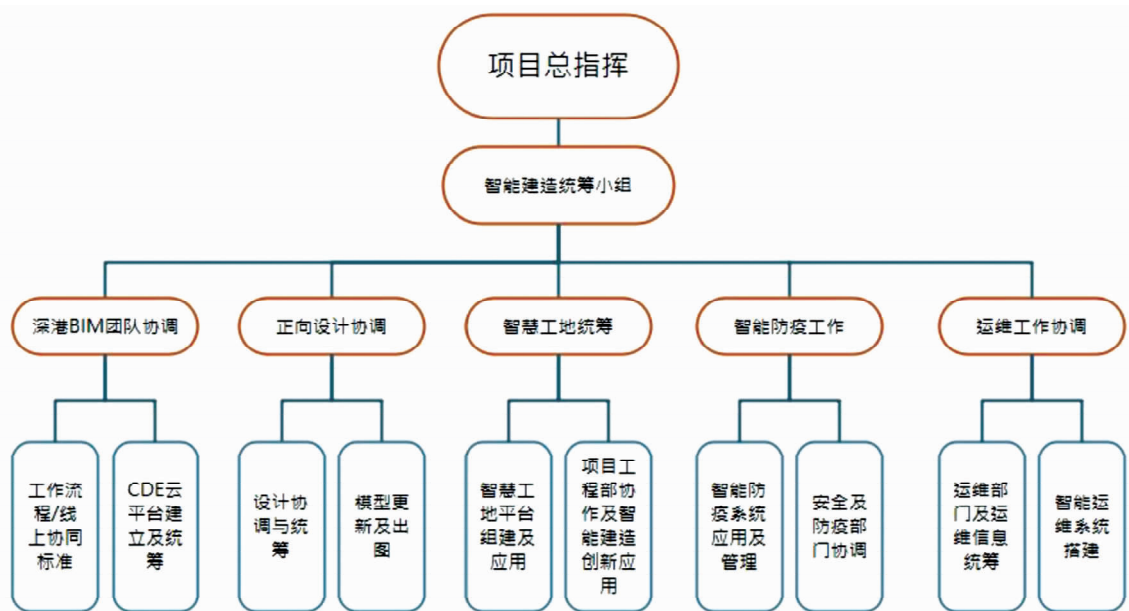


图 1 项目智能建造组织架构

完成模块化负压病房所有相关专业图纸的上传、分析、整理、建模等相关工作。短短几天内于病房 BIM 模型中解决了所有专业的碰撞和检查、图纸协同、材料尺寸面积统计等等工作,并运用已完成协调的 BIM 模型直接出图用于模块化病房箱体的生产工作。

本项目将先进制造业的 DfMA 方法应用于建筑施工领域,着重考虑设计对于简化制造和组装最终建筑组件的重要性,减少了设计与现场需求的脱节。BIM 技术的应用,使得 DfMA 的关键作用得以发挥,例如借助 3D 模型辅助部品部件的分析及优化,有助于减少设计图转换成生产施工图的时间成本,促进了设计、制造、施工与管理环节协同。

BIM 正向设计工作的高效落实顺利帮助项目团队在模块化病房生产开始的关键节点完成全部设计协调统筹和出图工作,为项目生产建设的顺利实施打下了坚实基础。

2.3 BIM + VR 技术辅助室内设计

VR(虚拟现实技术)与 BIM 技术的结合,是利用 VR 设备的全方位代入式沉浸体验的特点,将 BIM 模型在 VR 设备中展示,令设计团队和项目使用者第一时间可以体验到最新的室内设计并给出专业意见。当多方同时带上 VR 设备进入同一个虚拟场景后,更可以进行虚拟空间互动、沟通,且可以实时看到其他参与者的标注和建议。VR 技术对于项目早期的室内设计起到了不可忽视的作用,设计团队运用 VR 技术即时查看最新的室内设计,并且在虚拟立体空间内优化洗手盆出水高度、洁具的实际高度使用体验等等,使项目室内设计在极短时间内完成全方位而人性化的实用设计。另一方面,VR 技术亦帮助项目使用者在设计早期阶段得以通过虚拟的方式亲身体验,并且早期确定相关设计细节,推动项目进展^[5]。

3 智慧生产

3.1 BIM 正向设计出图生产

在 BIM 工作的统筹计划过程中,BIM 工作小组就已经制定详细的 BIM 建模工作标准流程、模型族命名框架、模型信息文字标准格式等等。其中,BIM 建模工作标准流程包括图纸上传流程、图纸命名规范、建模命名规范、两地分工部署、更改模型流程及记录等等。在设计协调过程中,BIM 小组按照标准流程严格执行模型的信息整合工作,包括材料信息,材料供应商、材料颜色、物料单价、机电设备能耗信息、设备运营维护信息等。项目团队通过正向设计完成的 BIM 模型直接输出生产图纸,用于 MiC 箱体生产工作,以此确保设计与生产无缝衔接。

3.2 MES 智能系统

MiC 实时数据面板是控制项目关键路线进度的关键面板。该面板反映了所有组成香港感染控制中心病房的 MiC 箱体的生产、物流、质检、安装等全程的实时动态。所有数据均来自每一个对应环节中,运用 MES(生产管理系统)系统对于箱体上二维码的扫码及确认,确保实时跟踪,实时反馈。虽然 MiC 箱体于内地生产,但通过项目总指挥室智慧工地系统的项目数据中心,团队对于内地厂房的生产、物流、质检以及到港日期等每一个环节都能了如指掌。

4 智慧建造

4.1 基于 BIM 的施工模拟

利用已建立的 BIM 模型进行施工模拟,是香港感染控制中心项目应用 BIM 技术的一个重点。在实际操作中,利用 BIM 模型参与的施工模拟动画以及施工机械演示有效地帮助了项目管理团队提前



图2 运用 BIM 进行多专业协调过程,有效提高了沟通效率,节省 67% 沟通时间

制定了标准病房大楼的建造顺序、机械移动路线及摆位、物料运输路线及顺序等建造管理关键方案。BIM 工作小组和项目工程部紧密合作,在 3D 模拟过程中加入相应的施工机械的型号、关键时间节点、构件信息标注、工法重点标注等,帮助更加准确高效的模拟建造过程。而施工建造模拟的过程本身也帮助项目工程部提前发现了一些现场部署安排的重点、难点问题,并且得以提前逐一解决,在未进场施工前已经做好周全计划。

4.2 BIM 技术辅助工程造价管理

通过 BIM 工作标准流程中的信息整合环节,工程造价部门可利用 BIM 模型中已嵌入的材料信息、物料单价以及供应商信息等直接生成最新设计模型对应的材料清单、造价统计清单、订货追踪清单等,令工程计量工作和设计工作保持信息同步,对于项目的材料采购和成本控制工作的高效、精细化管理也起到了关键作用^[6-7]。

4.2 BIM + AR 技术——安装缺陷检查

AR(增强现实技术)可以在真实环境中无缝融合虚拟场景,并进行实时交互,与 BIM 技术结合能够充分发挥两者的优势^[8],更好地帮助实现建造信息化、智能化。在项目 BIM 工作小组更新完 BIM 模型后,通过 AR 软件上传模型并生成对应区域的区域二维码。工程师在项目现场通过 AR 手持平板设备扫描定位二维码,便可以在设备上看到并操作叠加在现实场景中的虚拟 BIM 模型。这一应用方便了工程师直观地对比施工现场和设计模型,系统化地检查结构龙骨、机电系统以及装修饰面等工序的安装进度,安装位置和完成质量。AR 系统还可以实现单一构件的隐藏,以便查看已隐蔽验收的构件,方便在错综复杂的管道中定位到具体某个系统或者构件(图 3)。



图 3 手持 AR 设备现场查看机电设计模型

4.3 BIM + IoT 技术——MiC 安装进度实时动态追踪

项目建造顺序和进度的信息化、可视化管理是将 BIM 模型与 IoT 技术精准结合的成果。运用搭载箱体信息和病房构件编号的 BIM 模型作为系统显示载体,当现场 MiC 箱体安装完成并且由管理人员现场验收、扫码确认后,智慧工地系统内的进度页面中对应位置的箱体模型就会显示出来,令管理团队随时直观地掌握 MiC 安装情况。

4.4 BIM + 三维激光扫描技术——质量管控

三维激光扫描具有适应性强,测量速度快、精度高,信息量大,实时动态等特点,BIM 与该技术的集成应用成为大型复杂工程施工质量过程管控的新兴手段^[9]。

项目团队对现场施工中的构件实体进行激光扫描,并将扫描得到的 3D 模型在云平台中与设计模型进行点对点的对照分析(图 4)。该技术应用可精准且无遗漏地检查对比设计和现场,确保设计图纸的落实和现场问题的精准发现。另外,激光扫描技术可以帮助团队更快速地制作竣工图,利用扫描产生的点云模型直接生成 BIM 模型,再导入相应的材料信息例如材料供应商、材料颜色、材料特性等等,这对于有限时间内完成竣工模型(As - built model)起到了关键作用。



图 4 工程师在现场检查三维激光扫描生成的点云模型

4.5 BIM + IoT 创新应用——智慧防疫

项目建设高峰期与香港第四波疫情重叠,单日最高新增案例高达 115 宗。疫情防控形势非常严峻,科学精准防疫是项目顺利推进的重要保障。基于 IoT(Internet of Things, 物联网)原理的智能安全帽追踪定位系统是香港感染控制中心智慧工地系统的另一大技术亮点(图 5),也是项目防疫工作的重要手段。



图5 智能工人定位防疫系统截图

当佩戴装有定位芯片的智能安全帽的工人进入项目工地内以后,装在场内不同区域的芯片信号接收器就会接受到相应芯片发出的信号,并记录该工人的进场时间、工作区域、工作位置、工作时长,以及实时记录活动范围。结合每一枚芯片本身已携带的该工人身份及所属公司等信息,智慧工地系统便可以实时生成项目工人作业分布的数字网络,包括实时统计现场分区作业人数、分层作业人数、作业总人数、各分包商作业人数等信息。凭借该系统,可以获得过去 14 天所有工人的活动范围和活动记录。当有突发疑似疫情时,通过系统可以生成任何一个工人的历史活动记录,并且自动导出曾经同区工作的密切接触工友列表。利用此技术,项目团队可将疫情造成的影响降到最低,并且利用科学手段精准定位需隔离人群,实现严格精准防控。

4.6 项目现场智慧工地控制系统

智慧工地作为智能建造的重要一环,通过运用信息化手段,使工程项目全生命周期的各个环节高度集成,实现系统上的集成性、功能上的智慧性以及使用上的便利性。

由项目智能建造统筹小组直接指挥并建立的智慧工地系统,在项目启动初期已经和项目设计工作并行开发。该系统涵盖项目所有关键数据及信息,包括生产、安全、进度、质量、物流等等所有动态数据。在项目现场的指挥部(图 6)中,智慧工地系统的控制屏幕实时显示所有关键数据、最新 BIM 模型、项目实时 CCTV、内地生产车间的实时监控画面、质量检查体系的实时统计数据等(图 7)。项目指挥团队亦可以通过手机版智慧工地系统来随时随地查看关键信息。



图6 项目现场指挥部的智慧工地控制中心



图7 智慧工地系统主控制页面

5 智慧运营——基于 BIM 的可视化运维管理平台

在项目的 BIM 建模过程中,各机电设备(Mechanical, Electrical and Plumbing, MEP)的运维信息的整理和输入工作在同步进行。当正向设计完成后,BIM 模型亦是运维模型。运维信息的系统分类、早期统筹、同步更新等部署工作为运维平台的应用打下了坚实基础^[10]。

项目智能运维平台(图 8)以 BIM 模型为载体,

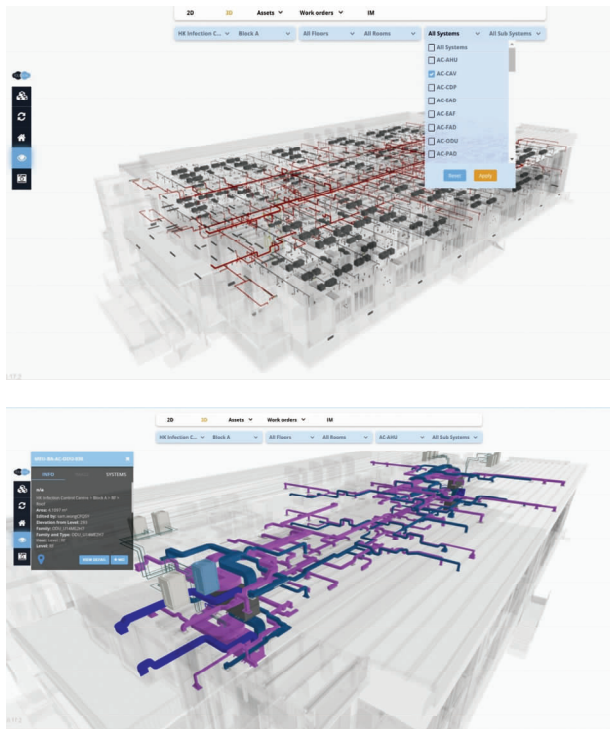


图 8 项目运维管理平台示例

融合 AR、IoT 等技术,将建筑设备运维过程中的各个系统统一整合,实现了人、设备与建筑之间的互联互通,提高智能化管理,全方位提升其运营与管理效率。例如,BIM + AR 技术在项目运维工作中充分发挥作用。利用 AR 系统可以与虚拟对照结合显示的特点,项目管理人员或维修人员得以在无须开启天花板的情况下,精准定位并且查看天花内部机电设备系统的排布、走向以及系统信息。在 AR 手持平板设备上点击显示的虚拟构件,亦可以查看相应系统的构件信息如尺寸、安装时间、品牌、特定系统信息、维修联络电话等,方便管理人员提高检查维修的效率。

6 结语

本文以香港感染控制中心项目为例,介绍了智能建造在紧急防疫工程全生命周期中的应用,结果表明:

(1)全专业、全流程 BIM 正向设计的应用极大地提高了设计及生产效率,各专业协同效应得到充分发挥,保障了图纸质量及设计、生产、建造环节之间的紧密衔接。

(2)BIM 技术是实现 DfMA 设计理念的重要基

础,也是推进建筑工业化的技术保障。

(3)通过 BIM 深度结合 VR、AR、MES、三维激光扫描等信息技术,实现了 VR 辅助室内设计、AR 辅助施工检查、三维激光扫描助力质量管控、智慧工地打通工厂现场、AR 辅助维修更换等创新应用;同时,基于 BIM 实现了高效的施工模拟及精细化的工程造价管理等,将智慧化纵向贯穿于项目设计、生产、建造到运维的全生命周期。

(4)基于自主搭建的智慧工地系统,实现了对项目生产、安全、防疫、进度、质量、物流等多方位的科学、高效、信息化、精细化管理。

智能建造为中央援建香港感染控制中心项目的顺利完工提供了关键技术支撑,其在工程建设多环节、多维度中的深入应用,符合建筑工业化、数字化、智能化趋势需求,具有一定的推广示范价值。智能建造在本项目的成功探索及实践,将为加快行业建造方式转变、推动建筑业高质量发展提供有益借鉴。

参考文献

- [1] 毛志兵. 推进智慧工地建设 助力建筑业的持续健康发展[J]. 工程管理学报, 2017, 31(5):80-84.
- [2] 曾凝霜,刘琰,徐波. 基于 BIM 的智慧工地管理体系框架研究[J]. 施工技术, 2015, 44(10):96-100.
- [3] 王宇佳,王佳,于辉. BIM 技术在建筑工程施工管理中的应用探索[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(4):89-93.
- [4] 刘程. 基于 BIM 平台的协同设计研究[D]. 山东建筑大学, 2017.
- [5] 孙传翔,林欣,刘翀. 面向建筑行业的 VR 协同设计系统研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(4):1-6.
- [6] 方芳,刘月君,李艳芳,等. 基于 BIM 的工程造价精细化管理研究[J]. 建筑经济, 2014(6):59-62.
- [7] 李静,方后春,罗春贺. 基于 BIM 的全过程造价管理研究[J]. 建筑经济, 2012(9):96-100.
- [8] 胡攀辉. 基于 BIM 与 AR 的施工现场应用模块集成研究[D]. 重庆大学, 2015.
- [9] 覃亚伟,石文洁,肖明钊. 基于 BIM + 三维激光扫描技术的桥梁钢构件工程质量管控[J]. 土木工程与管理学报, 2019, 36(4):119-125.
- [10] 胡振中,陈祥祥,王亮,等. 基于 BIM 的机电设备智能管理系统[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(1):17-21.

The Exploration and Practice of BIM-Based Intelligent Construction in the Hong Kong Infection Control Center Project

Zhang Yi^{1,2}, Ge Bin^{1,2}, Zheng Guo^{1,2}

(1. *China State Construction Engineering (Hong Kong) Limited, Hong Kong 999077, China;*

2. *China State Construction International Medical Industry Development Co., Ltd., Hong Kong 999077, China*)

Abstract: The Hong Kong Infection Control Center project is an anti-epidemic project funded by the central government of the People's Republic of China for treating COVID-19 patients in the Hong Kong Special Administrative Region (HKSAR). It is the first permanent hospital in China to adopt MiC (Modular Integrated Construction) construction technology and the world's first all-MiC negative pressure isolation hospital, which has many characteristics such as large management scope, tight construction period, strict construction standards, large number of participants, difficulty in coordination, and high social attention. The project adopts a new design and construction concept, and fully applies intelligent construction technology that uses the full-process BIM (Building Information Modelling) as a platform and deeply integrates information technology such as AR, VR, MES, IoT, 3D laser scanning, and smart site systems, etc. The project has built an information, digital, and intelligent ecosystem based on interconnection and collaboration, and realized the intelligent management of the whole life cycle including project design, production, construction and operation. Intelligent construction provides key technical support for the completion of a high-quality epidemic prevention hospital equipped with 816 negative pressure isolation beds within the extremely tight timeline of 4-month.

Key Words: Intelligent Construction; Building Information Modelling; Anti-epidemic Project; Hospital Building; Modular Integrated Construction