

VDC/BIM 技术在浦东美术馆项目的应用实践

应宇垦^{1,2} 吴雪洁² 周磊³

(1. 同济大学土木工程学院, 上海 200092; 2. 上海慧之建建设顾问有限公司, 上海 200092;
3. 上海陆家嘴金融贸易区联合发展有限公司, 上海 200120)

【摘要】伴随着 BIM 技术的推广, 建设项目 VDC 理念也逐渐得到实践。本文阐述了 VDC 框架下的 POP 模型, 并结合浦东美术馆项目中的案例实践, 论述了 VDC/BIM 技术在项目设计和施工过程中的应用价值。

【关键词】 VDC; POP; BIM; 可视化模拟

【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

2001 年, 美国斯坦福大学 CIFE (Center for Integrated Facility Engineering, 设施集成化工程) 中心首次提出 VDC (Virtual Design and Construction, 虚拟设计与施工) 理念, 随后其理论研究和实践应用不断拓展^[1]。VDC 理念强调将 BIM (Building Information Modeling, 建筑信息模型) 技术应用于工程项目, 通过可视化的模拟旨在提高建筑工程领域的生产和管理效率。CIFE 在北美利用其行业影响力推动了 VDC 的工程实践。在国内, 相关方面的研究和应用也逐步发展起来, 2008 年王广斌在建设工程管理领域引入了 VDC/BIM 理念, 李岩松等^[2]以上海天文馆项目为例, 探索研究了 VDC 在天文馆项目设计阶段中的应用。徐海峰^[3]利用施工模拟软件进行全过程虚拟可视化施工模拟, 最终建立建筑工程可视化管理平台, 通过工程实践证明基于 VDC 的可视化管理平台可以有效改进和提高项目管理效率。

随着 VDC/BIM 技术在工程项目领域的应用和推广, 相关研究也不断细分。国际智慧建造组织 (building SMART International) 对 BIM 的定义分为

三个层次, 建筑信息模型 (Building Information Model)、建筑信息模型应用 (Building Information Modeling)、建筑信息管理 (Building Information Management)。建筑信息模型是一个工程项目物理特征和功能特征的数字化表达。建筑信息模型应用是指创建和利用项目数据在其全生命周期内进行设计、施工和运营的业务过程。建筑信息管理是指通过使用建筑信息模型内的信息支持项目全生命周期信息共享的业务流程组织和控制过程^[4]。其中, 建筑信息管理的目标即充分融合了 VDC 理念和 BIM 技术, 提升到结合工程项目管理的视角寻求更大的应用价值。

1 VDC/BIM 框架

1.1 VDC/BIM 的内涵

VDC 相关概念提出后, 先后经过几次演变, 根据 2007 年第五版定义为, VDC 是在工程建设过程中通过应用多学科多专业集成化的信息技术模型, 来准确反映和控制项目建设的过程, 使项目建设目标能最好地实现^[5]。VDC 是基于集成化的管理思想, 借助先进的计算机技术手段在工程建设领域的

【作者简介】 应宇垦 (1973 -), 男, 博士, 董事长, 技术总监, 主要研究方向: 土木工程信息化、BIM 技术应用与研究; 吴雪洁 (1994 -), 女, 助理工程师, 主要研究方向: BIM 技术应用与项目管理; 周磊 (1980 -), 男, 高级工程师, 主要方向: BIM 技术应用与项目管理。

创造性应用。跨学科多专业的融合应用使 VDC 成为工程项目实现集成化设计和施工的重要管理方法。

行业内越来越多的专业承包商使用 VDC/BIM 技术对项目进行规划与设计,该领域学者对 VDC 的研究逐渐延伸到工程项目的各个环节。斯坦福大学 CIFE 中心的 Martin Fischer 教授长期致力于对于 VDC 的研究,在总结了 VDC 框架基础上将组织的概念与虚拟设计团队的内涵进行了整合^[6]。Justin Reginato^[7]等研究了设计变更对机电承包商虚拟设计和施工性能的影响。一些学者研究了 VDC/BIM 在工程项目中的运用,Mikkel Toppel 等^[8]研究了在 BIM 全生命周期方法中使用 VDC 理念探索结构化信息的优势。

1.2 VDC/BIM 的 POP 模型

VDC 利用计算机技术构建的信息技术模型,包括产品(Product)模型、组织(Organization)模型和过程(Process)模型,即 POP 模型。POP 模型中这三个子项之间是通过一定的逻辑关系集成在一起的,一旦改变了其中一个子项,集成模型就需要改变相关联的其他子项^[9]。

CIFE 中心基于 POP 模型提出了一种工程项目管理方法。该方法可以用来指导 VDC 理念在工程建设领域的实践应用,其框架如图 1 所示。其中,产品(P)、组织(O)和过程(P)是指 POP 模型中的产品模型、组织模型和过程模型。产品模型(P)指的是组织为完成项目而交付的成果,其成果既可以是工程中间的设计,也可以是最终的建筑产品,可以用传统图纸或 BIM 模型来表达。组织模型(O)指的是为完成建筑产品所配备的团队成员及其相应职责。过程模型(P)指的是组织为完成建筑产品而经历的流程,是在施工过程中由施工计划和施工相关活动所构成的。POP 模型的每个子项内容都采用功能、形式、行为三个要素进行表达和分析。该框架反映了以功能需求、形式以及行为预期表示的产品、组织及过程,以此来更好地实现建设项目的目标。

在 VDC 的具体实施过程中,产品、组织和流程三个子项需要工具和软件的广泛支持,才能有效应用于设计、施工以及运维等各阶段任务。因此,VDC 需要开发许多数字化工具和软件,如产品可视化工具、产品过程模型及其可视化工具、组织过程模型

工具以及在线协同工具等。

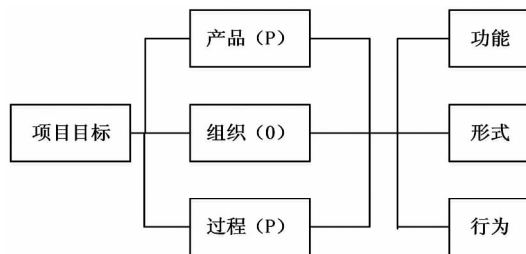


图1 VDC-POP 集成框架

1.3 VDC/BIM 的实施过程

VDC 框架的应用分为可视化建模、模型集成化和自动化应用三个不同深度的阶段。

(1)可视化建模阶段:先创建三维的 BIM 产品模型,再创建组织模型用于设计、施工和运维各阶段,最后创建 BIM 过程模型进行施工过程追踪。对产品、组织和流程进行建模和可视化分析,以及对实际项目进行配合与指导。

(2)模型集成化阶段:将产品、组织、过程模型进行整合、不同专业之间进行集成,形成集成的 POP 集成模型。为保证不同模型和不同应用软件之间数据信息共享的可靠性和交互过程的顺利,要使用统一的信息交换标准^[10]。

(3)自动化应用阶段:以可视化和集成化为基础,利用自动化的工具方法实现项目的自动化设计、施工模拟等,也可延伸到工厂构建预制的自动化^[11]。

2 案例应用

2.1 案例背景

浦东美术馆项目位于上海黄浦江畔,紧邻东方明珠和国际会议中心。该项目于 2016 年开工,2020 年年底竣工交付。建筑占地约 13 000m²,总建筑面积为 40 590m²,其中地上 4 层,地下 2 层,建筑高度约 30m。项目内部的建筑空间布局复杂,对净高控制要求高,装饰造型复杂、机电管线繁多,项目设计和施工难度很大。另外,项目周边重要建筑群聚,地面交通和地下管线错综复杂,施工环境较差。

浦东美术馆项目设计和施工阶段全过程采用了 VDC/BIM 技术,实现项目管理过程中的重难点控制。项目基于 VDC/BIM 框架的产品模型、组织模型、流程模型三个子项,定义了项目的全过程建

筑模型的虚拟应用。本项目在 VDC/BIM 框架下,通过科学地组织和架构实现了虚拟设计和施工的场景应用,取得较好的效果。

2.2 VDC 框架的子项

2.2.1 产品模型

浦东美术馆项目的设计团队运用可视化软件(如 Revit、Navisworks 等)根据建筑、结构、机电、幕墙各专业图纸以及建模标准构建三维产品模型,如图 2 所示。

为加快速度,设计团队和 BIM 团队高效配合。在施工图后期,有效利用 BIM 建模,直接利用模型导出图纸,在工作流中形成了局部的 BIM 半正向化,提高了深化效率,缩短了设计周期。

2.2.2 组织模型

浦东美术馆项目由业主方主导,聘请 BIM 顾问作为项目的总协调方,并要求设计单位、总承包单位、专业分包单位和供应商根据要求组建自身 BIM 团队形成 BIM 应用能力。由 BIM 顾问制定项目标准与管控措施,统筹和管理整个 BIM 团队。图 3 为本项目的 BIM 团队组织架构。

2.2.3 流程模型

浦东美术馆项目的总体工作流程如图 4 所示。

业主 BIM 团队负责 BIM 成果应用; BIM 顾问团队负责整个 BIM 的质量、进度和数据安全的把控管理;各个参与方 BIM 团队依据图纸和建模标准构建相应的 BIM 产品模型,解决各阶段实施过程中遇到的工程项目问题。

在浦东美术馆项目的 BIM 实施中,VDC 的三个子项相互作用,形成一体,对于推进和指导浦东美术馆项目的 BIM 应用,非常重要。

2.3 设计阶段应用

浦东美术馆项目在设计过程中以 VDC 框架为基础结合 BIM 技术进行建筑性能模拟和碰撞检查等,通过可视化的模拟分析,发现设计问题,支持优化设计。

1) 建筑能耗分析。利用 Revit + Trace700 进行能耗模拟分析,结合冷热负荷、逐月及全年能耗进行节能设计,通过提高冷热设备的能效、通风系统和供水系统的变频控制等节能措施,美术馆暖通空调系统的年能耗比参考建筑低 6.29%。建筑能耗模拟分析如图 5 所示。

2) 日照与人工光源分析。日照与人工光源分析同样采用产品模型,光学团队利用 BIM 软件进行模拟分析,研究自然光对室内空间的影响,实现人

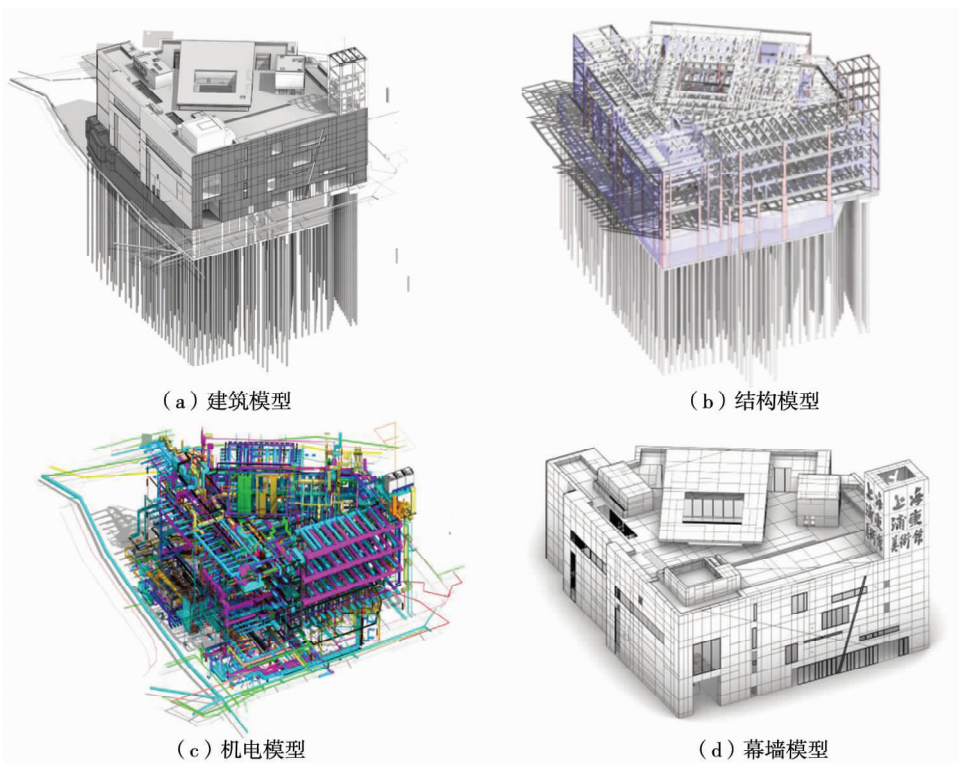


图 2 各专业产品模型

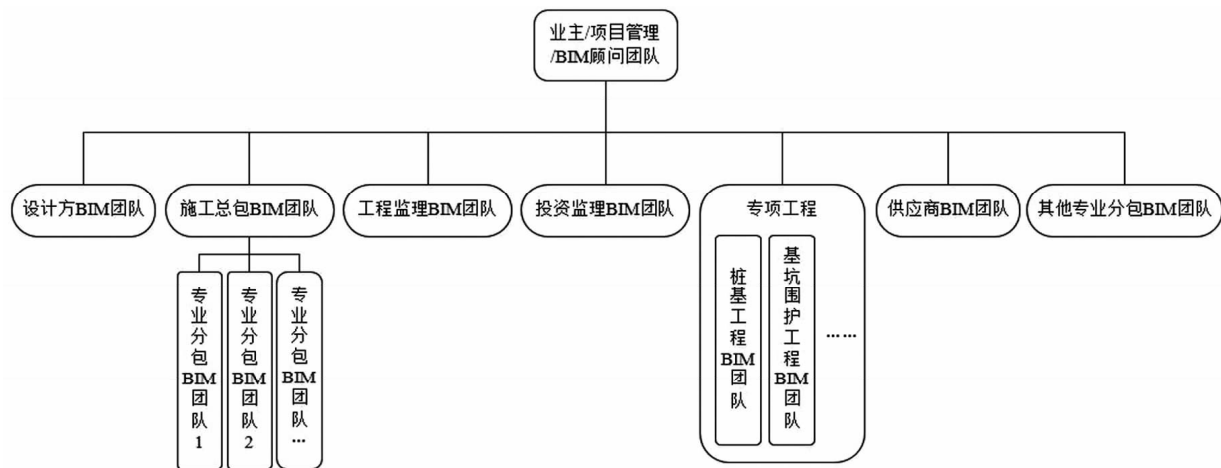


图3 项目组织架构图

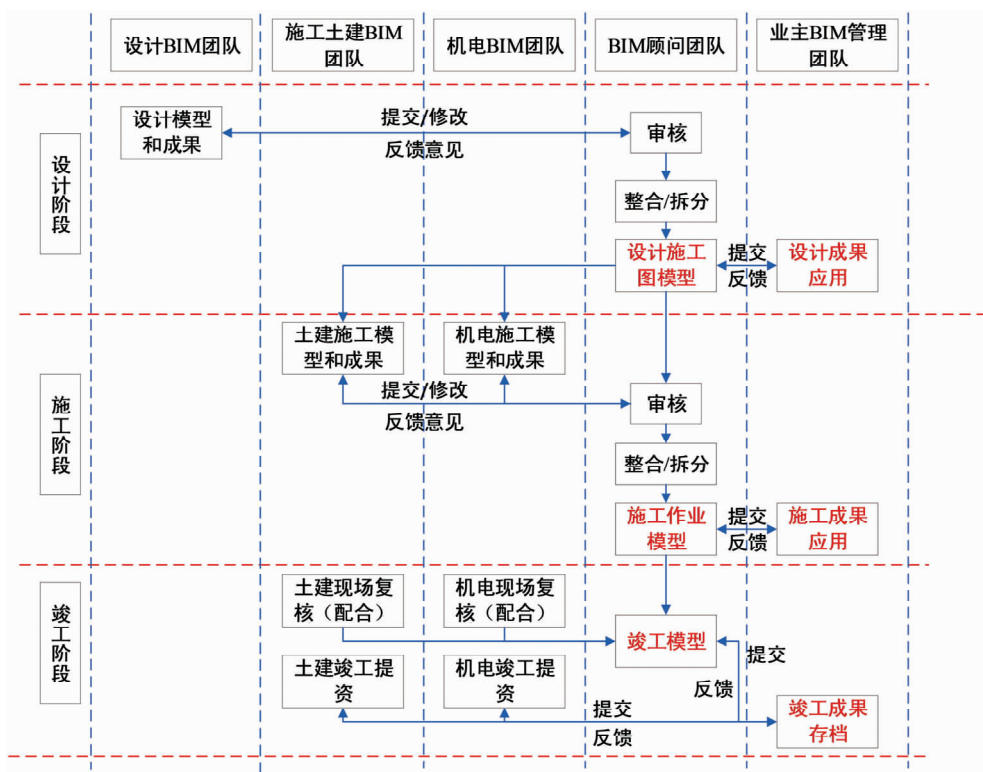


图4 工作流程图

工光与自然光的更好结合,营造更加舒适的展示空间。

3) 碰撞检查分析

浦东美术馆项目的空间结构复杂、机电管线繁多。尤其在设备转换间的机电管井转换部分与土建冲突严重,屋面设备机房的管线与土建钢结构冲突严重。利用建筑、结构及机电的 BIM 模型进行碰撞检查,在此基础上进行讨论,有效解决了管线排布

优化的问题。图7所示为机电管综进行碰撞检查的结果。

2.4 施工阶段应用

1) 施工场地分析

浦东美术馆项目的周边环境复杂,在 VDC 框架指导下利用 BIM 技术进行施工场地模拟,为施工决策提供了重要依据。

在这个阶段,施工作业 BIM 产品模型的搭建非

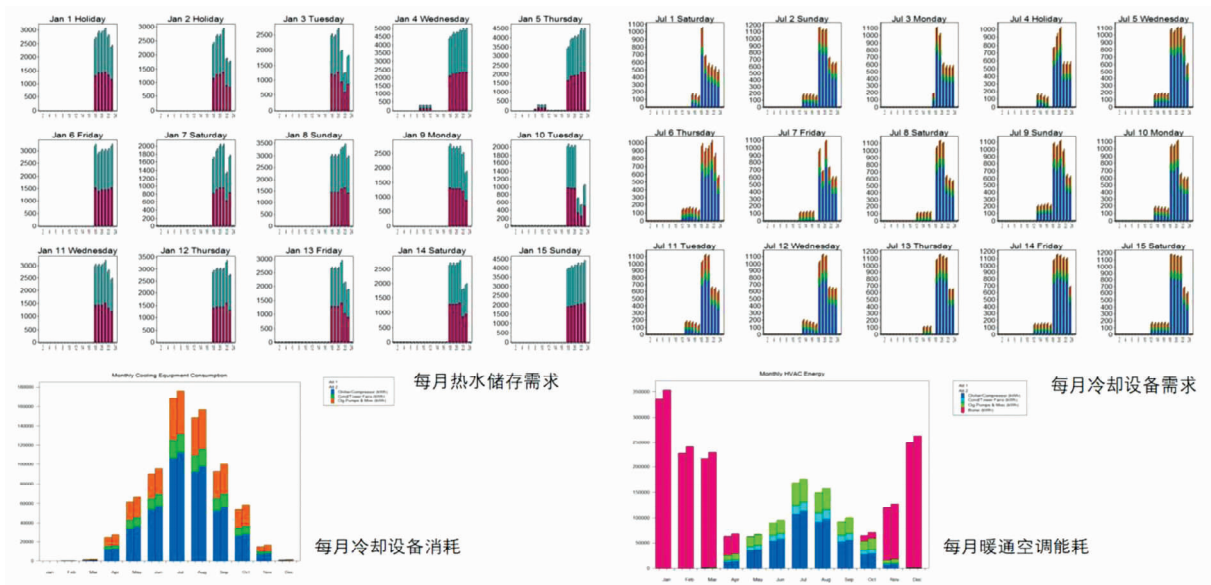


图5 建筑能耗模拟分析图

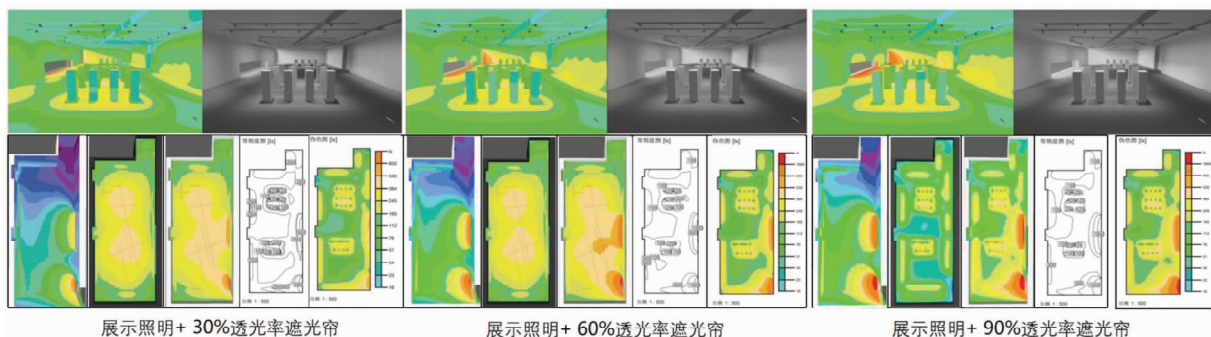


图6 人工光与自然光结合分析图

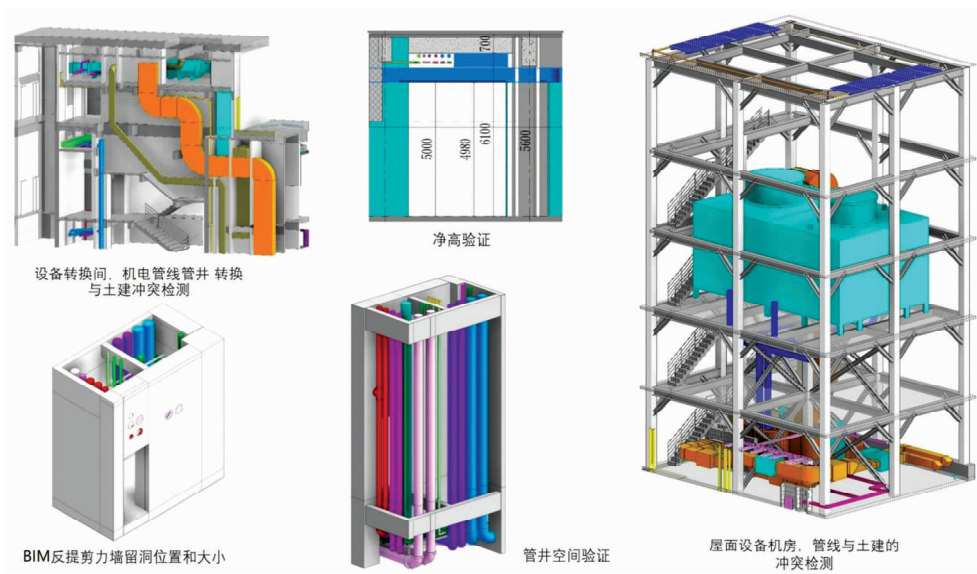


图7 机电碰撞检查结果图

常关键。土建施工 BIM 团队在设计模型的基础上进行修改,在 Navisworks 软件中附加了建造过程、施工顺序等信息。在进行施工过程的可视化模拟过程中,帮助项目人员及时发现施工方案中存在的问题,并对方案进行分析和优化,提高方案审核的准确性,实现施工方案的可视化交底,以便更好地指导施工过程,如图 8 所示。



图 8 土方开挖及支撑施工方案模拟

2) 大玻璃幕墙安装模拟分析

浦东美术馆面向黄浦江的一侧,其外玻璃幕墙采用 12m 及 6m 超高双层“大玻璃”+ LED 屏系统的特殊设计。玻璃幕墙采用了 12m * 3m 的大规格尺寸,单块重量达到 10t,这给施工安装及后期更换带来了巨大挑战。

幕墙 BIM 团队采用了 Navisworks 软件进行幕墙大玻璃安装过程的反复模拟,帮助总包管理团队和幕墙工程师推敲和寻找施工方案,如图 9 所示。通过 BIM 技术对外玻璃幕墙施工工艺进行预施工、预模拟以及辅助专家评审,最终确定最优的施工方案,顺利完成安装。



图 9 外幕墙超透大玻璃安装工艺模拟图

3 结论与展望

在浦东美术馆项目中,VDC/BIM 框架从数字化顶层设计的高度,指导 BIM 技术与工程项目进行有机结合。通过案例应用得出,VDC/BIM 框架的产品模型、组织模型、流程模型三个 POP 模型在整个项目的数字化技术应用中是相互耦合的。不同项目参与方构建了不同阶段和用途的的 BIM 产品模型,用于错漏碰缺的设计模型、用于场地模拟的土建施工模型、用于大玻璃安装的幕墙模拟模型。所有模型在 BIM 顾问团队的规划和管理下流转,形成了有序高效的工作流程。BIM 技术的应用不但辅助解决了项目中遇到的难题,比如室内净空问题、大玻璃安装问题,同时也提升了所有团队的生产和管理效率。这也 VDC/BIM 在可视化建模应用阶段取得的效益。

VDC/BIM 框架的应用深度取决于 BIM 技术在项目的应用能力。目前国内项目,错漏碰缺核查、施工模拟等可视化建模技术的应用已经取得广泛的共识;以信息共享和交互为特征的集成化应用尚在成熟过程中;在 5G 技术、人工智能以及大数据等技术的催生下、业内正在积极探索 VDC 在自动化和智能化阶段的更大的应用价值。

参考文献

- [1] 王广斌,张洋,杨学英,等. 工程项目建设信息化发展方向——虚拟设计与施工[J]. 武汉大学学报:工学版,2008(2):90-93.
- [2] 李岩松,石亚杰,郑威. 虚拟设计与施工(VDC)技术的应用研究[J]. 项目管理技术,2016,14(7):46-51.
- [3] 徐海峰. VDC 技术在工程施工可视化模拟中的应用研究[J]. 工程建设,2015,47(3):56-58+62.

- [4] 何关培,王轶群等. BIM 技术应用基础[M]. 中国建筑工业出版社,2015.
- [5] Kunz,John, Martin,Fischer. Virtual Design and Construction;Themes, Case Studie s and Implementation Suggestions[G]. 2007.
- [6] John Kunz,Martin Fischer. Virtual design and construction[J]. 2020,38(4): 355-363.
- [7] Hisham M. Said, Justin Reginato. Impact of Design Changes on Virtual Design and Construction Performance for Electrical Contractors[J]. 2018, 144(1).
- [8] Mikkel Toppel Andersen, Ann-Louise Findsen. Exploring the benefits of structured information with the use of virtual design and construction principles in a BIM life-cycle approach[J]. 2019,15(2): 83-100.
- [9] 何关培,王轶群,应宇垦. BIM 总论,中国建筑工业出版社,2011.
- [10] 季克锋. 浅谈 VDC 虚拟设计与施工[J]. 东方企业文化,2013(23):263-264.
- [11] 刘琰,李世蓉. 虚拟建造在工程项目施工阶段中的应用及其 4D/5D LOD 研究[J]. 施工技术,2014,43(3): 62-66.

Application of VDC/BIM Technology in Pudong Art Museum Project

Ying Yuken^{1,2}, Wu Xuejie², Zhou Lei³

(1. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Shanghai SmartBIM Consulting Co., Ltd., Shanghai 200092, China;

3. Shanghai Lujiazui Finance and Trade Zone United Development Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: With the promotion of BIM Technology, the concept of VDC is gradually formed and put into practice. This paper introduces the VDC framework and POP model, and expounds the implementation value of VDC/BIM technology in the project design and construction process, combining with the BIM practice case of Pudong art museum project.

Key Words: VDC; POP; BIM; Visual Simulation