

BIM 技术在波音 737 完工及交付中心项目 总承包管理中的综合应用

张 涛

(中铁建工集团有限公司,北京 100160)

【摘 要】波音 737 MAX 飞机完工及交付中心定制厂房及配套设施建设项目,具有占地面积巨大、专业繁多、综合性强,各专业设计施工协同要求高;施工工期紧张,场地平面规划布置和交通组织难度大;管理方众多,管理严格、标准要求高;设计施工专业繁多、综合性强,深化设计施工难度大,各专业协同要求高等典型特点。为保障工程如期完工交付,项目通过成立 BIM 技术应用研究团队,使用 BIM 技术进行建模和深化,并在总承包施工过程中以 BIM 模型为指导依据,进行了 BIM 集成平台、BIM 图审、三维场布、施工模拟、管线综合、无人机地形扫描、精装 VR 深化设计、三维激光扫描等应用,在整个工程施工的安全、质量、进度、成本等方面均取得了良好的效益,真正做到了“降本增效、科技创新”。本文将主要介绍 BIM 技术在波音 737 完工及交付中心项目总承包管理中的应用,希望为今后类似的大型复杂项目提供参考。

【关键词】BIM 技术;总承包管理;民航制造工厂;智能建造

【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。

前言

波音 737MAX 飞机完工及交付中心定制厂房及配套设施建设项目,是习近平主席 2015 年访问美国西雅图时的重要成果之一,是舟山市航空产业园的核心项目,其由舟山航空投资发展有限公司投资建设,其中 101 交付中心为波音独资,其余部分由美国波音公司和中国商用飞机有限责任公司合资运营。该项目工厂是美国波音公司 100 年来首次走出美国本土,在海外设立的工厂。项目具有占地面积巨大、专业繁多、综合性强,各专业设计施工协同要求高;施工工期紧张,场地平面规划布置和交通组织难度大;管理方众多,管理严格、标准要求高;设计施工专业繁多、综合性强,深化设计施工难度大,各专业协同要求高等典型特点。为保障工程如期完工交付,项目通过成立 BIM 技术应用研究团队,使用 BIM 技术进行建模和深化,并在总承包施工过

程中综合应用 BIM 技术辅助施工。

1 工程概况

波音 737MAX 飞机完工及交付中心定制厂房及配套设施建设项目,位于浙江省舟山市朱家尖航空产业园内,总占地面积 402 667m²,总建筑面积 64 166m²,主要包括停机坪与滑行道场地、交付中心、完工中心、喷漆机库、动力站及消防水泵站与相关生产配套设施等 10 栋单体建筑,以及园区道路、停车场、室外综合管廊等室外工程,如图 1 所示。

2 工程重难点及采用 BIM 技术的针对性

2.1 工程重难点

(1)项目占地面积巨大,专业繁多,综合性强,各专业设计施工协同要求高,且项目施工需同时满足国内规范标准和美国 LEED 认证、FM 认证的要求。

【作者简介】 张涛(1991-),男,工程师,主要研究方向:BIM 技术、3D 打印技术、智慧建造、智慧城市及工程项目信息化管理等新技术应用。

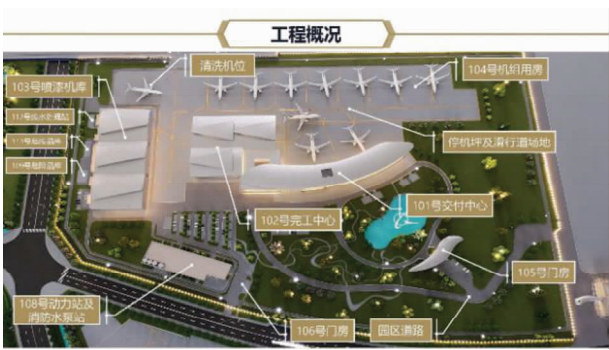


图 1 项目总平面效果图

(2)本工程 2017 年 5 月 11 日开工,要求 2018 年 12 月 31 日竣工交付使用,施工工期紧张,场地平面规划布置和交通组织难度大。

(3)项目由美国波音公司参与施工管理,施工安全质量需满足美国波音 SHEILSS 手册与 DB 手册标准,且项目管理方众多,管理严格、标准要求高。

(4)项目设计施工包含大跨度重型钢结构吊装、双曲金属屋面、架空停机坪、超宽机库大门、复杂机电安装工程、室外综合管廊、美国波音标准精装修施工等,专业繁多、综合性强,深化设计施工难度大,各专业协同要求高。

2.2 采用 BIM 技术的针对性

(1)由于本工程土建及机电工程复杂,而且有美方参与设计施工全过程管理,与国内常规项目不同,为“三边工程”,设计变更更多,同时,在设计施工过程中与美方管理人员沟通存在语言障碍,因此,我们在项目施工准备阶段即进行 BIM 技术的应用,用来解决大跨度重型钢结构、双曲造型铝板屋面、倒锥玻璃幕墙、室外综合管廊、复杂机电系统及设备安装等技术难题和沟通问题。

(2)利用 BIM 技术的信息化、数字化可持续更新等特点,对建筑工程的预期完成效果进行持续的更新,对施工过程中存在的问题进行连续的发掘,确保设计变更不影响其他相关专业及系统的施工,使工程建设顺利进行。

(3)利用 BIM 技术可视化的特点,使项目总包单位与美方管理人员在关于工程设计施工方面的沟通更加便捷、高效和直观,更好地保证工程建设进展。

3 BIM 组织架构

公司以波音 737 完工及交付中心项目为主体组

建 BIM 技术应用研究团队,由项目经理兼任 BIM 经理,下设土建结构、机电安装、钢结构、装饰装修、外围护结构和 BIM 系统管理 6 个 BIM 小组分管和组织实施,如图 2 所示。

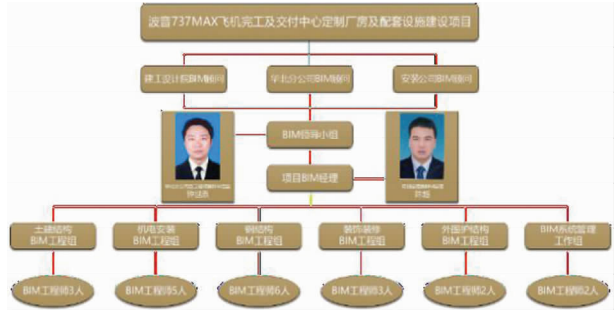


图 2 项目 BIM 组织架构图

4 BIM 技术应用点

4.1 核心应用点

(1)设计施工一体化

本工程由中航院进行总体设计,60% 施工图设计完成后将设计图纸交给总包施工单位;总包单位进行 LOD300 精度的基础 BIM 模型建立,同时会同其他各深化设计单位进行 LOD400 精度的深化设计,并整合各专业模型,进行施工模拟、BIM 图审等 BIM 技术拓展应用,解决设计图纸问题,辅助进行施工管理,提高施工管理效率;在工程施工完成后,我们将完善所有的 BIM 模型,将完成的 LOD500 精度的工程竣工 BIM 模型交给业主单位和使用单位,用以进行后期项目的运营和维护应用,如图 3 所示^[1]。

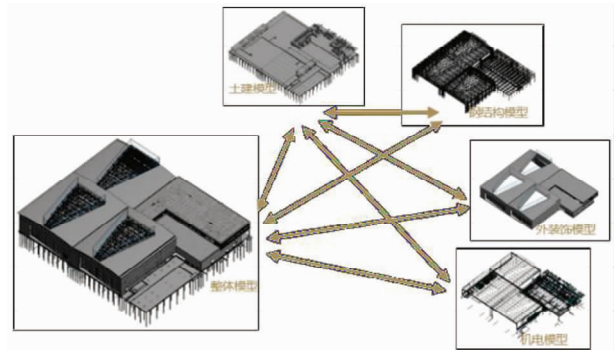


图 3 设计施工模型体系

(2)BIM 集成平台应用

公司以 BIM 模型为基础,利用欧特克 BIM 软件技术、互联网信息化技术、云计算技术,结合公司安

全、质量和进度管理相关要求,建立基于 BIM 技术的集成管理平台,(如图 4 所示)将工程项目 BIM 模型进行轻量化处理,利用轻量化 BIM 引擎在平台中进行整合,同时结合公司安全、质量和进度管理流程,将日常的安全、质量和进度管理工作在平台中与 BIM 模型进行结合,使项目日常管理工作的在直观的平台模型中展示,最终实现企业级的可视化工程项目管理,进而提高项目管理效率^[2]。



图 4 BIM 集成应用平台

(3)BIM 实施统一标准与编码

根据集团公司企业 BIM 实施标准,我们在项目实施前建立了针对本工程的 BIM 实施统一标准、管理办法、管理流程和统一的编码体系(如图 5 所示),统一各专业工程的建模标准、使用的软件和技术,为项目 BIM 技术的实施打好基础,减少因标准不统一造成的不同专业模型无法整合的情况^[3]。



图 5 BIM 实施统一标准

(4)BIM 三维场布

项目利用 Revit 软件对施工现场总平面布置进行多重方案设计、模拟和对比,与传统的二维 CAD 布置图相比,不仅可以显示各静态建筑物之间的关系,还可以真实地反映总平面交通组织,模拟物资材料、机械设备等的垂直和水平流向及运输工况,从而科学合理地优化场地布置,帮助决策最优的场地布置方案,减少因考虑不周造成的返工、浪费等现象,如图 6、图 7 所示。



图 6 BIM 三维场布



图 7 现场实际场布与 BIM 三维场布对比

(5)设计图纸会审及专业协同

项目建立土建、钢结构、机电、外围护结构等各专业精准的 BIM 模型,进行各专业内和专业间的协同碰撞检查,提前发现设计图纸存在的问题,生成碰撞检查报告(如图 8 所示),在工程施工前将问题及时向设计单位进行反馈,进行图纸优化调整,避

免出现返工、拆改等延误工期的情况^[4]。

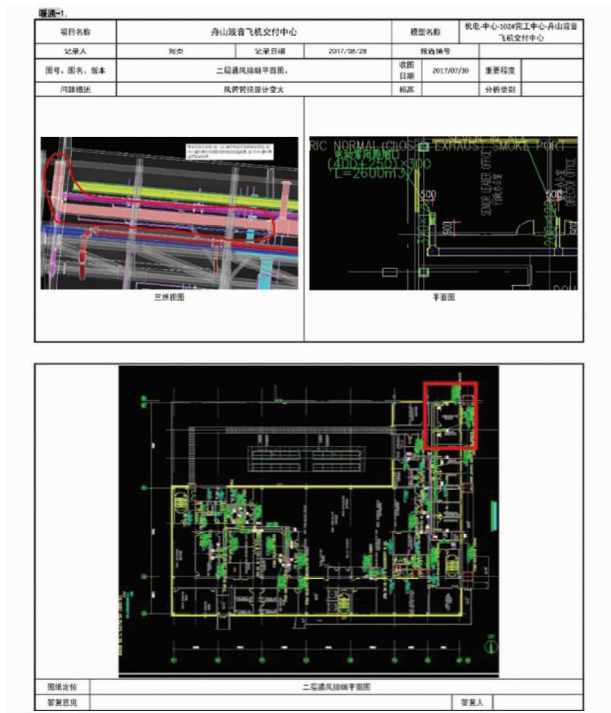


图 8 BIM 图审报告

(6)复杂节点模拟及交底

项目利用 BIM 技术,对土建、钢结构等的复杂工艺节点进行三维大样深化和方案模拟(如图 9 所示),通过三维大样图和模拟动画进行施工技术交底,做到真正意义上的 BIM 模型指导现场施工,减少以往的技术交底不清晰导致工人施工理解错误的情况,有效避免施工错误引起的返工和工期延误,提高施工管理效率,节约项目成本^[5]。

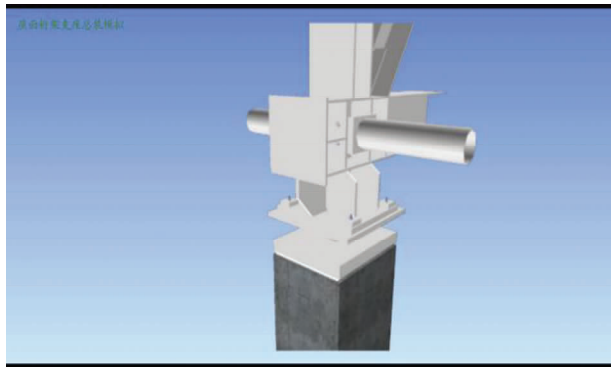


图 9 屋面桁架支座总装模拟

(7)4D 施工模拟

利用 BIM 技术 4D 施工模拟,对整个工程项目的建造过程进行模拟(如图 10 所示),可以直观地

展现工程施工进展情况,在施工过程中及时与实际施工情况进行对比分析,帮助项目管理人员发现工程进度存在的问题^[6],合理地制定进度纠偏措施,优化调整施工人员、材料、机械的使用和投入,提高施工生产效率,达到保证工期的目的^[7]。

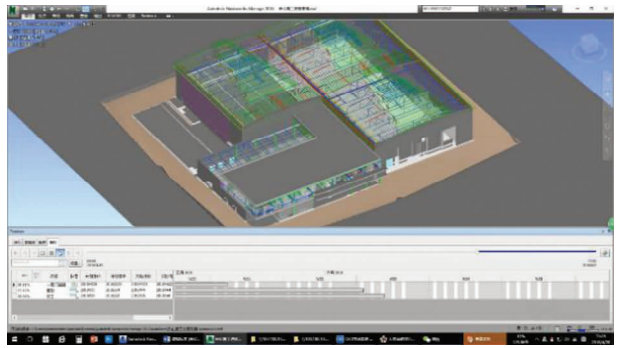


图 10 4D 施工模拟

(8)机电管线综合

基于已经建立的土建模型,进行机电安装各专业深化设计(如图 11 所示),可以有效解决管线排布及碰撞问题,复核管线排布是否满足设计、安装及后期维修的要求,同时还可以优化设备管线末端与精装修的协同排布,确保施工质量创优^[8]。

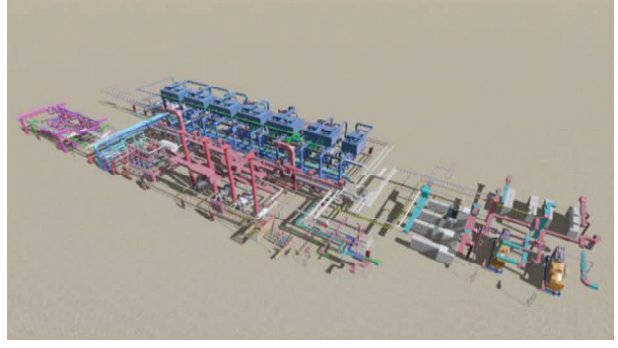


图 11 108 号动力站机电管线综合模型

(9)物资提量

项目以建立完成的工程项目 BIM 模型为基础,对土建结构、机电安装工程中 85% 左右的施工物资材料快速提取所需工程量(如图 12 所示),与工程现场实际用量、物资部门进场材料用量和经营部图纸算量进行四方对比,对项目部材料使用进行管控,减少材料浪费及损耗,降低项目成本^[9]。

4.2 创新应用点

(1)无人机航拍地形地貌扫描

传统三维地貌建立多基于谷歌地球数据模型

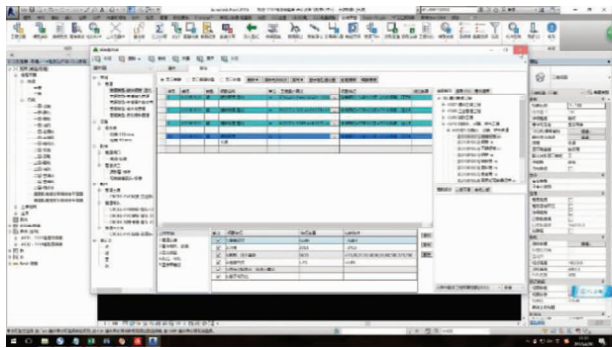


图 12 BIM 物资提量

或人工外业测量数据模型,存在模型处理难度大、精度不够高等问题;项目利用无人机倾斜摄影技术对场地进行航拍,可以有针对性地、精确快速地“反向”建立场地地形地貌模型(如图 13 所示),与工程总平面 BIM 模型进行叠合,应用土方自平衡技术,对场内土方挖填进行精确算量,减少场内土方的重复开挖和回填,以控制挖填方量和项目成本,可以使土方工程节约率达 5%,极大地降低土方施工成本^[10]。

由于项目占地面积巨大,周边没有合适的全景拍摄点,项目每周利用无人机对场区进行全景拍摄记录,监控工程施工进度进展情况,同时对施工现场的安全隐患点进行排查。

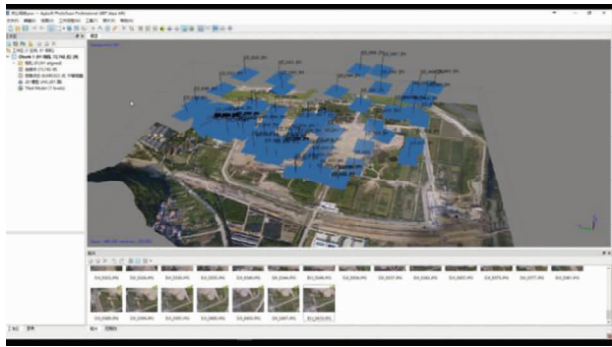


图 13 航拍场地地形地貌建模

(2)精装修 VR 深化设计

因本工程交付中心由美国波音公司独资,故其精装修设计施工标准要求极高,不仅需满足国内设计施工相关要求,还需要满足美国波音标准,满足人性化建筑使用的要求,由于传统的精装修深化设计方法不能满足其要求,使得深化设计方案不能尽快定型,于是项目对交付中心利用 BIM 技术进行精装修工程的深化设计(如图 15 所示),并利用 VR 虚

拟现实技术以第一人称视角进行漫游检查,以交互式方式对模型进行调整和优化(如图 14 所示),以尽快稳定装修深化设计方案,进而加快施工进度,提高精装修设计施工质量^[11]。



图 14 精装修 VR 虚拟漫游检查

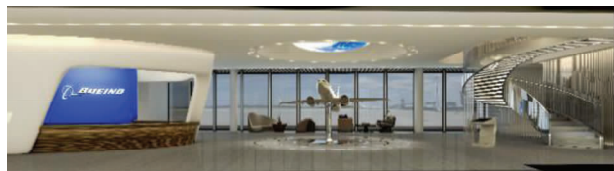


图 15 101 号交付中心一层大堂精装修模型

(3)三维激光扫描

项目采用 FARO Focus3DS 大空间三维激光扫描仪,对 101 交付中心和 102 完工中心的钢结构主体进行扫描,建立建筑点云模型,与工程深化设计 BIM 模型进行叠合对比分析(如图 16 所示),一方面可以用于检查结构施工质量,另一方面可以在后续的机电安装、装饰装修等工程专业深化设计及施工前校正误差,减少累计误差带来的返工、拆改,与传统人工使用仪器进行非规则结构构件质量检查相比,可大大提高质量检查效率,从而降低材料浪费风险,提高施工质量^[12]。

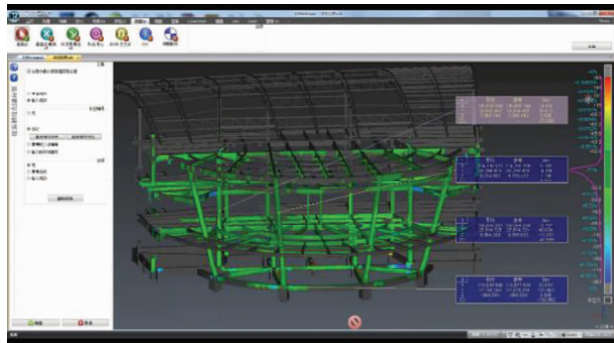


图 16 三维激光扫描模型对比

(4)智能放样机器人

以往机电工程支吊架吊点的放样大多为人工测量仪器放样,具有很大的人为随意性,不能有效保障放样的精准度。项目采用徕卡 Robot60 放样机器人结合深化设计完成的机电安装工程 BIM 模型,对 101 交付中心机电管线综合支吊架的吊点进行智能放样。首先将机电安装工程 BIM 模型数据导入 ICON,再利用 ICON 进行现场测量放样或放样点校验,进行高效、精准的单人可视化放样操作,实时导航放样,实现工程 BIM 模型指导现场放样施工,可使放样工作效率提升 30% 左右,如图 17 所示^[13]。



图 17 智能放样机器人操作实施

(5)智能全自动三维测量仪

项目采用徕卡 3D Disto 全自动三维测量仪,快速获取如 101 交付中心钢结构旋转楼梯等异形结构的实地尺寸和数据(如图 18 所示),从而实现精装修的精准深化设计,减少传统施工过程中异形结构精装修施工时的材料浪费,提高其精装修施工速度和质量;还可以对房间(尤其是高大空间、异形空间房间)方正度、墙面垂直平整度等进行快速测量检测,一方面可以用来检查施工质量,另一方面可以用于后期精装修深化设计及施工,避免因结构尺寸偏差导致后期装修返工及材料浪费^[14]。

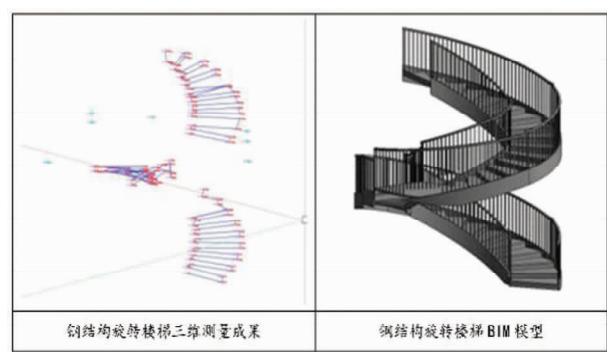


图 18 钢结构旋转楼梯三维测量成果与 BIM 模型对比

5 BIM 技术应用效果及总结

(1)截止目前,项目利用 BIM 技术共计节约成本约 172 万元(塘渣开挖回填量约 42.3 万方,节约率达 5.23%,其中材料约 156.8 万元,人工、机械约 15.2 万元);预计整个工程施工完成后在机电和精装修方面节省成本约 287 万元(预计节约率可达 2%,其中机电部分约占 35%,精装修部分约占 65%);预计在二次结构方面节省成本 33.9 万元,预计节约率可达 5.9%,如图 19 所示。

序号	节约项目	节约金额	节约率
1	塘渣开挖回填	材料费 156.8 万元	5.23%
		人工、机械费 15.2 万元	
2	机电安装工程综合节约	287 万元	2%
3	精装修工程综合节约		
4	二次结构施工综合节约	33.9 万元	5.9%

图 19 经济效益汇总表

(2)项目在钢结构、机电安装、玻璃幕墙安装和装饰装修等工程中充分应用 BIM 技术,对专业工程进行深化设计和模型预排版,输出至工厂对构件/零件进行预制加工,在现场进行快速装配施工(如图 20 所示),极大地提高了工程的施工质量和进度,减少了材料浪费和对环境的影响,降低了项目成本^[15]。

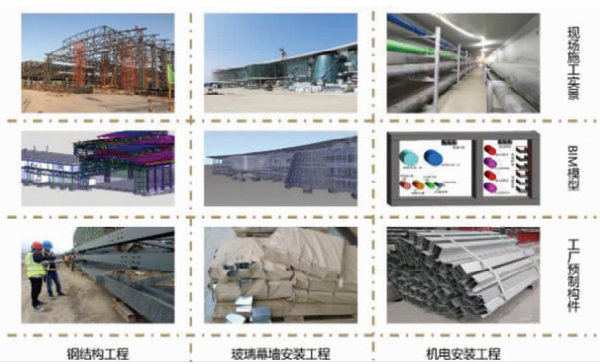


图 20 预制装配式施工

(3)项目利用已经建立的 BIM 模型,应用 Navisworks 软件进行 4D 施工模拟,优化调整施工组织设计,提高场地利用率,减少机械设备的窝工浪费,加快施工进度,保证施工工期按要求进行。本工程自 2017 年 10 月开始主体结构施工至 2018 年 12 月,月平均完成产值约 1.2 亿元,满足业主单位预期

的施工进度要求,如图 21 所示。



图 21 工程航拍进度照片——拍摄于 2019 年 3 月 25 日

(4)项目自 BIM 技术应用至今,不仅在安全、质量、进度和成本等方面取得了极好的成效,还经历了国家发改委、浙江省、舟山市、波音公司、中国商飞公司等各级的检查检验,均获得了很高的赞誉,取得了极高的社会效益,同时,项目还积极与各外部单位和组织进行交流和学习。

2018 年 11 月在中国建筑学会施工学术年会上做了项目智慧建造实践(智慧工地 + BIM)的专题会议报告,得到了行业内专家、学者等的高度赞誉;2018 年 12 月在工信部组织的 2018 首届“优路杯”全国 BIM 技术大赛中荣获施工组金奖(如图 22 所示);此外,项目 BIM 技术应用实践还参加了 2018 全球工程建设行业卓越 BIM 大赛,最终从来自 40 个国家/地区的所有 256 份提交的作品中脱颖而出,斩获施工组中型项目三等奖的殊荣(如图 23 所示)。



图 22 2018 首届“优路杯”全国 BIM 技术大赛施工组金奖

6 结语

由于本工程土建、机电安装等工程施工复杂,且有美方参与设计施工全过程管理,因此,项目积



图 23 2018 全球工程建设行业卓越 BIM 大赛
施工组中型项目三等奖

极使用 BIM 技术来解决大跨度重型钢结构、双曲造型金属屋面、室外综合管廊、复杂机电系统及设备安装等技术难题,解决设计施工过程中图纸中存在的相关问题,以及大面积施工现场的施工组织等问题。

项目自开工伊始即策划实施 BIM 技术应用,从 BIM 集成平台、BIM 三维场布、图纸会审及专业协同、复杂节点模拟及可视化交底、4D 施工模拟、管线综合、BIM 物资提量等常规、基础的应用,到航拍反向地形地貌建立、精装修 VR 深化设计、三维激光扫描、智能放样机器人、三维测量仪等创新应用,均取得了极好的社会、经济效益。

通过本工程 BIM 技术在总承包管理中的综合应用,在整个工程施工的安全、质量、进度、成本等方面均取得了良好的效益,同时积累了大型复杂项目 BIM 技术应用的宝贵经验,也为 BIM 技术的发展提供了相应的人才储备,具有重要的意义。

参考文献

[1] 闫文凯,李雷,哈敏. BIM 技术助力提升设计质量—可视化设计与模型分析[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(2): 5-14.

[2] 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]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(2): 59-69.

[3] 曹少卫. BIM 技术在工程施工全生命周期的应用[J]. 建筑施工, 2014, 36(9): 1100-1101.

[4] 吴佳. 垃圾焚烧发电厂 BIM 应用探索[J]. 建筑技术, 2019, 50(7): 838-840.

[5] 鞠竹,丁益民,李松伟,等. 国家核与辐射安全监管技术研发基地建设项目 BIM 技术应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(3): 69-73.

- [6] 孙益星. BIM 技术在建筑工程管理中的优势[J]. 科技风, 2019, (19): 211.
- [7] 王婷, 池文婷. BIM 技术在 4D 施工进度模拟的应用探讨[J]. 图学学报, 2015, 36(2): 306-311.
- [8] 王曦, 张洪伟, 于英汉, 等. BIM 技术在大型商业综合体项目中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(2): 46-51.
- [9] 鞠竹, 丁益民, 李松伟, 等. 国家核与辐射安全监管技术研发基地建设项目 BIM 技术应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(3): 69-73.
- [10] 杜仲云, 梁昊. 无人机倾斜摄影实景建模技术在施工中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(2): 72-77.
- [11] 邵正达, 宋天任. 基于 BIM 的建筑 VR 交互技术研究与应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(3): 17-21.
- [12] 陈滨津, 姚守俨, 蒋绮琛, 等. BIM + 三维激光扫描技术在工程质量管控中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(5): 55-60.
- [13] 张亮. BIM 与机器人全站仪在场地地下管线施工中的综合应用[J]. 施工技术, 2016, 45(6): 27-31.
- [14] 周焕童, 王鑫, 张希波, 等. 浅谈 Leica 3D Disto 在建筑物立面测量上的应用[J]. 测绘通报, 2018(2): 157-159.
- [15] 欧亮, 黄峰. 基于 BIM 的建设工程全过程造价管理研究[J]. 中国标准化, 2017(18): 112-113.

Comprehensive Application of BIM Technology in General Contracting Management of Boeing 737 Completion & Delivery Center Project

Zhang Tao

(China Railway Construction Engineering Group Co., Ltd., Beijing 100160, China)

Abstract: The construction project of Boeing 737 Max aircraft completion & delivery center customized plant and supporting facilities possesses many typical characteristics, including covering large area and various specialties with strong comprehensiveness, high requirement of coordination for design and construction, tight construction period, many difficulties in on-site plan arrangement and transportation organization, multi management parties with strict and high-level requirements, multi disciplines involved in design and construction with strong comprehensiveness, difficulties in deepening design and construction, high coordination requirements among disciplines, and etc. In order to ensure the project completion and delivery as scheduled, the project established a BIM technology application research team to use the BIM technology for modeling and deepening. During the process of EPC construction, the BIM model is the guidance of applications of BIM integrated platform, BIM drawing review, 3D field layout, construction simulation, pipeline synthesis, UAV terrain scanning, hardcover VR in-depth design, 3D laser scanning, etc. The project has achieved good benefits in safety, quality, progress, cost and other aspects of the whole project construction, and truly achieved cost reduction and efficiency increase, as well as scientific and technological innovation. This paper mainly introduces the application of BIM technology in the general contracting management of Boeing 737 completion & delivery center project, providing reference for similar large and complex projects in the future.

Key Words: BIM Technology; General Contracting Management; Civil Aviation Manufacturing Plant; Intelligent Construction