

BIM 在大型钢结构公共建筑扩建改造中的应用

张彤炜¹ 阳凤萍² 周书东¹ 叶雄明¹ 梁荣耀²

(1. 东莞市建筑科学研究所, 东莞 523809; 2. 东莞市莞城建筑工程有限公司, 东莞 523076)

【摘 要】 由于大型钢结构公共建筑扩建改造的特殊性及复杂性, 决定了它扩建改造工作的重点和难点。本文以“东莞市民服务中心”扩建改造项目为例, 主要介绍其在决策阶段、设计阶段、施工准备阶段、施工及验收阶段、运维管理阶段遇到的难题, 以及应用 BIM 技术进行解决的方法。

【关键词】 BIM; 大型钢结构; 公共建筑; 扩建改造

【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。

引言

随着社会经济的发展, 很多既有展览馆已经不能满足现状需求, 导致这些展览馆空置率高, 因此, 对这些空置的展览馆进行改造升级, 赋予新的使用功能是非常有必要的。对于大型钢结构公共建筑扩建改造项目而言, 建造过程复杂, 需要借助 BIM 技术才能有效的解决建造过程中遇到的难题^[1]。本文将以“东莞市民服务中心”扩建改造项目为例, 介绍 BIM 在大型钢结构公共建筑扩建改造中的应用。

1 工程概况

1.1 工程简介

东莞市民服务中心项目的前身是东莞国际会展中心, 建成于 2002 年, 位于鸿福路与东莞大道交汇处。原建筑地上 2 层, 地下 0 层, 高 35.60m, 建筑面积约为 4.10 万 m², 属于大跨度钢结构展览馆。随着东莞经济的快速发展, 原建筑已经无法满足更多的展览需求, 加之“放管服”行政改革的到来, 东莞市政府决定进一步改扩建, 成为集中式的东莞市民服务中心。

本工程主体建筑改扩建 74 482.69m², 新增地下建筑 42 989.65m², 幕墙改造 20 408m², 屋面改造 23 218.56m²。改扩建后, 东莞市民服务中心总建筑面积 117 574.41m², 地上 3 层, 局部 4 层; 地下 1 层, 局部 2 层, 停车位 1 129 个。工程总投资 6.6 亿元, 扩建改造完成后的效果如图 1 所示。



图 1 东莞市民中心项目效果图

1.2 工程重难点

由于大型钢结构公共建筑扩建改造的特殊性及复杂性, 决定了扩建改造工作的重点和难点。以

【作者简介】 张彤炜(1974 -), 男, 高级工程师, 东莞市建筑科学研究所副所长, 主要研究方向: BIM 技术研究与应用实践。

下是本工程项目的重难点:

(1)量大体广、结构复杂、施工场地狭小、工期紧,以及施工现场不确定性因素多,导致施工组织与协调难度大,且直接关系到整个工程项目能否按照规定工期内完工;

(2)本工程的高标准、高要求,导致扩建改造设计难度大,尤其是针对这种大体量、大跨度的公共建筑,常规的消防设计方法不能满足国家现行规范要求;

(3)本工程位于东莞市的中心城区,安全生产、文明施工要求高,施工前应制定切实可行的施工方案。根据以上分析,业主方决定采用 BIM 技术进行可视化设计、碰撞检查和模拟分析等,有效地解决本工程扩建改造过程中遇到的难题。

2 BIM 组织与应用环境

2.1 BIM 应用目标

本工程 BIM 应用目标为:作为工程项目管理和技术手段,解决大型钢结构公共建筑扩建改造过程中遇到的难题。同时,通过应用 BIM 技术的可视化、碰撞检查和模拟分析功能,提升工程项目的建设品质和运维管理水平。

2.2 实施方案

在本项目实施前,制定了完整的 BIM 实施方案,包括各阶段建模深度要求、文档及构件编码标准、协同方式等^[2]。在决策阶段,根据本项目已有图纸建立 BIM 模型,并依据模型进行扩建改造设计,同时,根据拆除重建方案建立模型,通过对比不同方案模型的工程量、材料价格等,为项目的科学决策提供数据支持。设计阶段模型应在决策阶段的模型基础上进行细化,达到设计阶段模型精度要求,重点考虑新、旧结构的空间位置关系、连接构造和施工便利性,以及要满足国家现行规范要求。施工阶段利用设计阶段已建立好的模型,与工期、成本进行关联,形成 5D BIM 模型,通过模拟分析,优化施工工序,解决施工现场组织与协调难的问题。施工模型根据现场实际变更情况,更改或添加变更信息,形成竣工模型,为项目的竣工验收做准备。在竣工模型的基础上,添加设备信息,提高运维管理的信息化,进而提升服务质量和降低运维管理成本。

2.3 团队组织

本项目是由业主主导,BIM 总包负责对各 BIM 应用团队进行管理的模式^[2]。各 BIM 应用团队皆来自项目本身的设计、施工、监理和咨询单位,有效地把传统项目管理和 BIM 技术结合在一起,提高本项目的建筑信息化水平,真正做到 BIM 技术为项目服务。

2.4 软硬件环境

本项目涉及到软件主要有:Autodesk Revit 2017 作为主要的 BIM 建模和深化设计软件,以 Autodesk Navisworks Manage 2017 作为模型整合、碰撞检查和浏览软件,以 Fuzor 2020 Virtual Design Construction 作为施工模拟软件,能够满足本工程项目的需要。同时,根据项目的规模,以及软件运行的要求,配置电脑。

3 BIM 应用

3.1 决策阶段

方案比选是决策阶段一项重要的工作内容,尤其是这种不满足使用功能要求的公共建筑物是选择新建还是选择改造,以及如何新建或改造可达到成本与效益的最优状态,这一系列问题都是业主比较关心的问题^[3]。本工程项目建成距今只有 17 年,主体结构完好^[4],施工图纸保留完整,只有极少部分出现图纸缺失或与图纸内容不符的情况。为了真实、准确反映出既有建筑物的情况,业主方决定采用三维激光扫描技术^[5]与 BIM 技术结合使用,得到真实、准确的既有建筑 BIM 模型,为后续的改造工作奠定良好基础。

利用 BIM 强大的信息存储以及统计分析功能^[3],对不同方案的 BIM 模型进行工程量统计,以及材料用量、材料价格等综合分析,获取不同方案的成本数据,为业主方提供准确有效的决策依据。

3.2 设计阶段

3.2.1 可视化设计

本工程考虑到传统的二维模式进行工程展示,对于工程概况及工程信息表达,具有较大的局限性,且可视化程度低^[3],不利于各专业的设计人员进行沟通和交流,导致产生设计变更的概率大,进而不利于扩建改造工作的开展。利用 BIM 技术进行模型的三维可视化展示(如图 2 所示),有利于业主及各参建方快速、直观的理解本项目扩建改造的

设计内容,进而可使得各种问题在设计阶段就得以充分解决,减少了施工阶段设计变更的发生,同时,提高设计质量。

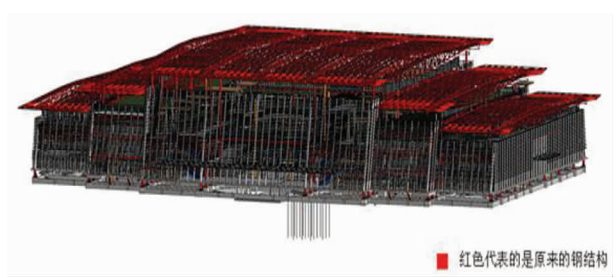


图 2 东莞市民服务中心 BIM 模型

3.2.2 多专业协同设计

本工程为集大跨度钢结构建筑物改造、扩建与功能提升的综合性大型工程建设项目,设计管理难度大。如一个 1 000t 的钢结构项目的图纸管理方面,其加工详图的数量要远多于施工图的数量,需要 70~80 张施工图纸和 1 000 张以上的加工详图。由于图纸的绘制和检查都以人工为主,难以确认其中的信息与整个设计方案是否一致^[6]。这种繁琐且低效的检查工作方式很难做到每张图纸上的信息都与整个改造设计方案保持一致,尤其是在变更设计方案时,由于各专业的的设计人员沟通不及时,经常导致变更信息不能协同,增大后期再次发生变更的概率。由此可知,若设计阶段不做好各专业之间的沟通和交流,很容易形成设计信息“孤岛”,导致施工阶段发生设计变更的可能性极大。

基于上述情况,本工程利用 BIM 技术进行多专业的协同设计,通过中心文件和链接的方式进行连接,实现数据关联与智能互动。通过每个人的职务和所负责的工作内容设置相应的权限,例如,建筑设计师只能修改本专业自己负责的设计内容,但能查看和使用其他专业人员的设计信息。某专业进行修改后,其他专业可以通过链接中心文件,做到快速的更新,从而减少或避免设计变更的发生。本项目的多专业协调设计流程如图 3 所示。

3.2.3 碰撞检查及设计优化

本项目主要是在原有建筑设计基础上再进行改扩建,这就要求设计人员既要熟悉原来设计方案,又要满足现在的功能目标要求,以确保扩建改造设计方案满足可实施性、经济性和美观要求。因为大量的信息和限定因素,所以,很容易导致各个专业之间出现“错、漏、碰、缺”的问题,这些问题往

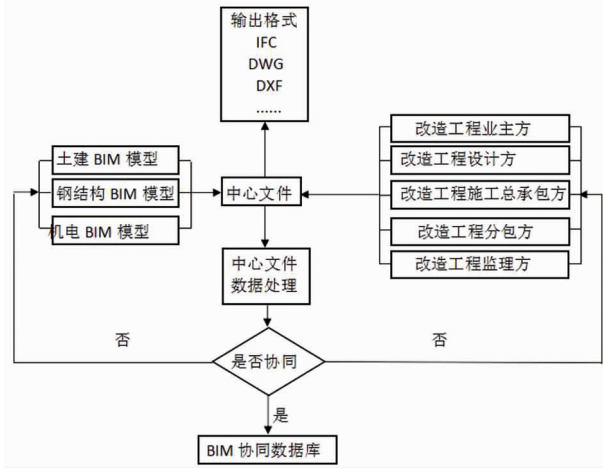


图 3 基于 BIM 理念的多专业协调设计分析

往直至施工阶段才会被发现,影响项目工期和成本。因此,本项目依据改造设计方案建立的 BIM 模型,利用 Navisworks 软件进行碰撞检查,发现原有建筑结构与新建结构存在碰撞、各专业间也存在碰撞或不合理的地方,例如,原有钢梁、楼板与新建网架结构发生碰撞,如图 4 所示;原有管线,以及新建管线与吊顶发生碰撞或位于吊顶下方,移动管道会与空调管并冲突,如图 5 所示。

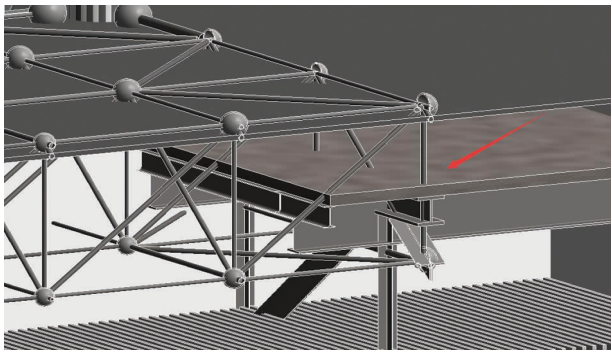


图 4 原有钢梁、楼板与网架结构碰撞

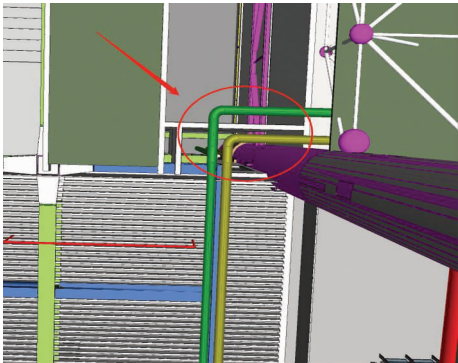


图 5 原有管道、及新建管道与吊顶冲突

据统计,1F 给排水专业通过碰撞检查发现共有 1 243 个碰撞点,如图 6 所示。经过设计优化后,已累计解决碰撞点 1 135 个,减少直接经济损失56 800 元^[7],如图 7 所示。对于微小碰撞可以结合现场实际作优化调整。



图 6 优化前的碰撞检查结果



图 7 优化后的碰撞检查结果

根据碰撞检查结果可对模型进行修改,利用 BIM 技术的联动性和参数化功能,可实现模型中同一问题的同步修改,同时,通知其他专业进行复核。这种利用建筑信息集成的技术,大大地提高了设计效率和设计质量,其碰撞检测过程如图 8 所示。

3.2.4 模拟分析

既有建筑的初步设计完成后,需进行结构分析、消防分析和室内净高分析,确保本工程扩建改造完成后,满足结构安全和使用功能要求。

(1)结构信息分析

既有建筑在改造设计时,必须掌握与结构设计相关的技术信息:第一,清楚既有建筑结构改造内

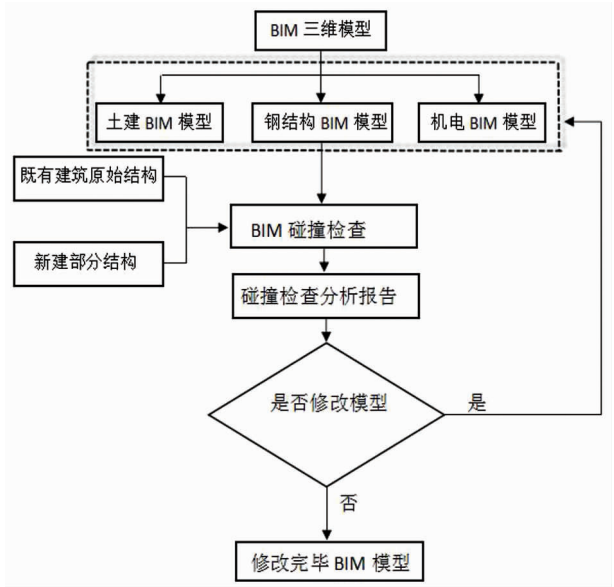


图 8 碰撞检查过程

容,如构件的拆除、加固、新增等内容,空间关系和连接信息,最后将这些信息加以归类表达出来;第二,要满足最新版结构设计规范,新老结构要相结合一起进行计算,并判断既有建筑构件的承载力情况;第三,结构改造设计方案是否满足现场施工要求,结合施工工序、工艺、组织和施工易建性来确定结构改造设计方案。

基于以上的要求,传统的改造结构设计方法,无疑难度较大,费时费力。尤其,标识出每根原有构件,新增构件的属性等,如果改造方案不断调整,这些信息也要随之进行变更,从而消耗了设计师大量的时间和精力,且容易出错。BIM 技术的引进,可将 BIM 模型直接导入到结构分析软件中(如 Robot、ETSBS 等),然后在分析软件中对改造项目的整体结构进行计算分析,随着改造设计方案的不断修改,模型中的建筑结构也会快速随之更改,且在软件中也可直接输出新的施工图纸,有效地提高了设计质量和效率,为成本、质量、进度、安全目标的实现提供有力条件。

(2)消防分析

大型钢结构公共建筑扩建改造项目的设计要比新建项目复杂,特别是在消防方面,常规的设计方法根本不能满足国家现行规范要求。为了解决这一难题,本项目聘请了国内权威的消防设计咨询单位,开展消防设计工作。他们根据本项目的特点,提出了创造性的解决方案:通过设置“十字内

街”将原建筑分成四个防火分区,同时借用“十字内街”解决建筑内部的人员疏散问题^[8],如图 9 所示。

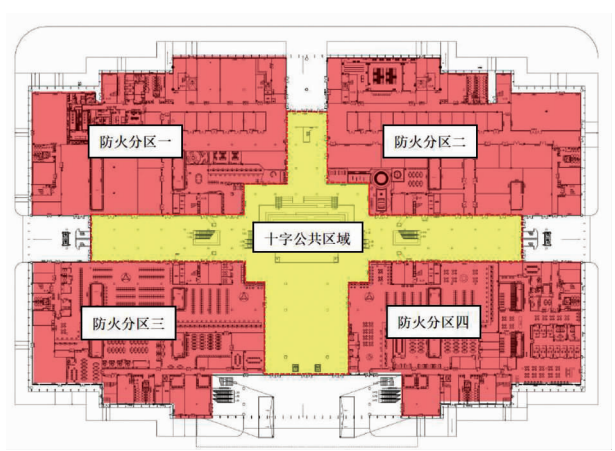


图 9 防火分区平面示意图

为验证上述消防设计方案的可行性,并本着“以人为本,安全第一”的原则,采用 BIM 软件进行火灾场景和人员疏散路线的模拟分析。图 10 是采用 STEPS 软件进行整个建筑物人员疏散模拟,可观察人员疏散时走动的情况及确认在疏散途中有可能发生瓶颈的位置^[8],方便设计人员进行方案调整,以满足现行规范要求。

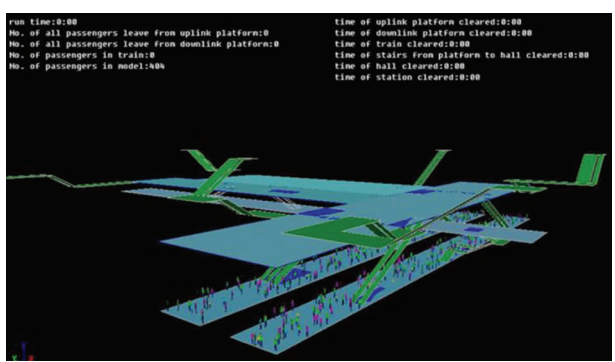


图 10 STEPS 软件的人员疏散模拟分析示意图

3.2.5 净高分析

本项目设备管线繁多、新旧管线相互交错复杂、设计和施工难度大,因此需要对管线进行综合考虑和设计优化。为了解决这个难题,本项目根据设计图纸建立三维 BIM 模型,并制定管综方案:

- (1)所有钢梁都喷涂有防火涂料,厚度 50mm,优化注意预留;
- (2)天花内所有风管都需保温,保温厚度 30~50mm,优化注意预留,空调水也要考虑保温厚度;

(3)现一层地面完成面标高为 +0.05m,所有出图管道标高要以完成面到管心或管底标高;

(4)净空计算考虑 150mm 以上的天花安装空间;

(5)十字连廊净空保证 4.3m,过道区域保证 3.0m,办公区域 4.0m 以上;

(6)桥架,空调水主管已先做,考虑放到最上层;

(7)各专业能错开分层布置尽量错开,以减少翻弯情况。根据上述方案进行优化,并针对不同功能区进行专项分析,以 1F 为例,其走道、办公室、十字连廊净高分析结果如表 1 和图 11~15 所示^[9]。

表 1 走道、办公室、十字连廊净高分析检查表

位置	控制净高 (mm)	是否满足要求	备注
走道	3 000	√	满足净空要求
办公室	4 000	√	满足净空要求
十字连廊	4 300	√	满足净空要求

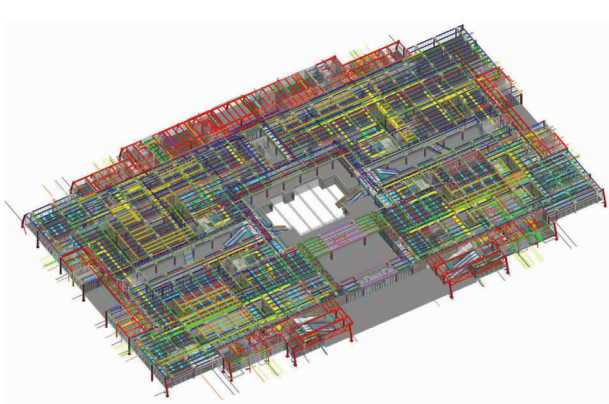


图 11 1F 管综优化后的 BIM 模型

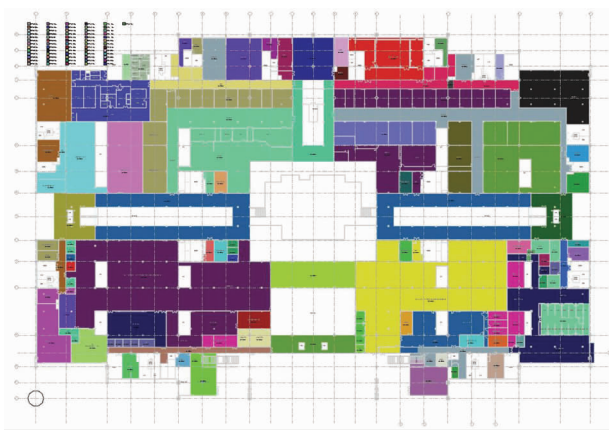


图 12 1F 净高分析

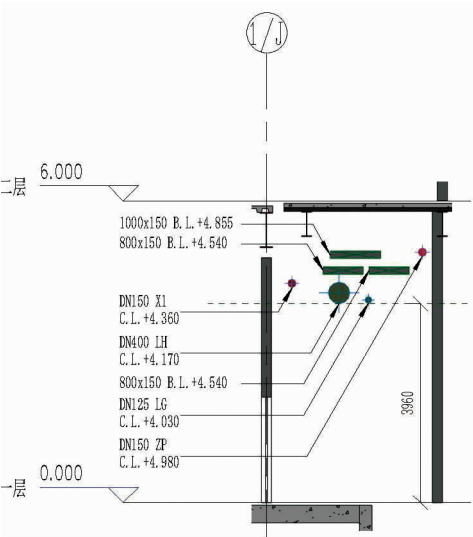


图 13 1F 走道净高分析图

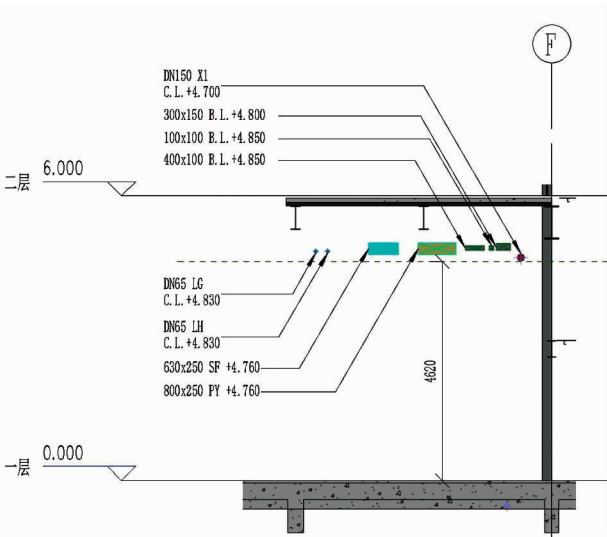


图 14 1F 十字连廊净高分析图

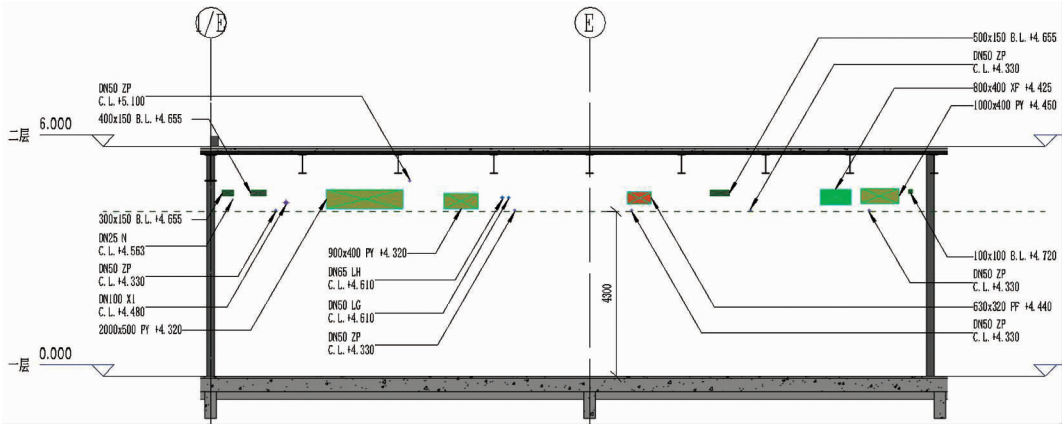


图 15 1F 办公室净高分析图

3.3 施工准备阶段

3.3.1 施工场地布置

本工程位于东莞市南城区的核心商业地带，周边交通及配套设施健全，所以在改造施工时，其周边的外部空间环境有限，在施工过程中也存在诸多的限制条件，例如，施工场地狭小、周围建筑物和人流密集等。因此，在施工前必须对施工场地进行合理布置。传统的场地布置方法在本工程中显得力不从心，通过引入 BIM 技术，对本工程的施工场地进行科学合理的规划，在有限的区域内布置办公区、生产区、材料堆放场所，垂直运输机械，临时道路等，从而减少施工场地的占用、保证现场道路通畅、避免二次搬运以及施工便利，提高工程项目的精细化管理水平^[3]。

3.3.2 协助工程招标工作

工程进行招投标时，招标单位尽可能的缩短工程量清单编制时间，并且尽可能的提高工程量清单编制的质量，因为施工过程中的工程进度款以及施工结算都会以合同的工程量清单作为依据。若要有效的控制成本，减少索赔以及变更等问题，就要把控招标工程量清单的完整性和清单工程量的准确性。本工程通过 BIM 技术建立的数据库，可以从模型中快速准确的提取工程量，从而提高了招标管理工作的精细化水平，有效的避免了错项和漏项状况的发生，减少施工阶段因为工程量的偏差产生的价格调整，从而达到成本的合理管控。

3.4 施工及验收阶段

3.4.1 4D 施工模拟

本项目在原来的东莞国际会展中心的基础上，

进行了扩建改造,由于施工场地狭小、工程量较大、结构较复杂、工期紧等因素,导致现场施工难度大。针对这个问题,本项目施工前运用 Fuzor 软件进行 4D 虚拟仿真分析,将构件与时间进行关联(如图 16 所示),对施工方案的模拟分析,发现方案中的不足之处并加以完善。此外,本项目通过视频或模型的方式进行施工技术交底,使施工现场管理人员能够在施工前掌握施工的工序以及施工过程中的重难点,做到安全生产、文明施工,提高施工效率和质量,降低返工和整改等问题发生的概率,从而有效的解决本项目施工过程中遇到的难题。

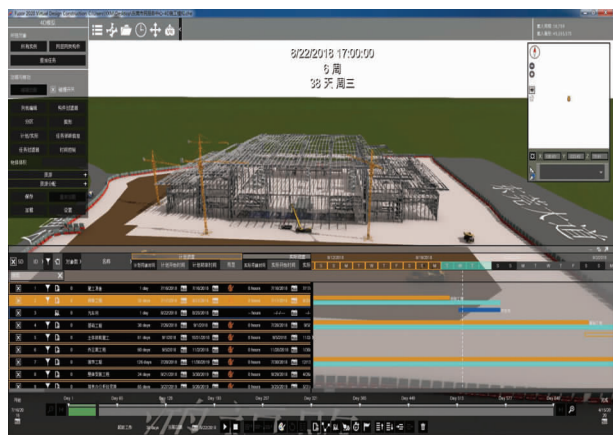


图 16 4D 施工模拟

3.4.2 优化竣工移交

施工单位按照合同的约定完成了项目的建设后,即进入了竣工验收交付阶段。传统的竣工移交阶段都是施工单位以纸质或者电子稿的形式将其上交,资料数量较多,在整理以及查阅时需要耗费大量的时间以及人力。本项目施工完成后,通过 BIM 模型作为主要的移交方式,节省了大量的人力、物力去准备纸质版和电子版验收材料,同时,BIM 模型可以为后期的运维提供数据支持。

3.5 运维管理阶段

本项目利用 BIM 竣工模型与设备实时关联,通过在设备上设置传感器的方式,来定位设备的位置,以及获取相应设备的运行信息。通过查看设备上的传感器震动频率,来判断设备的运行状况,例如,震动频率波动较大时,应查看现场设备实际运行情况,来判断是否需要维修或者更换。若确定需要进行维修或更换设备时,可以查看 BIM 竣工模型里面的设备信息,例如,设备供应商、保修期限和维修记录等信息,来联系相关人员进行设备的维

修或更换工作。这种方式与传统的运营管理方式相比,极大的提高了管理效率,降低了运维成本。

此外,本项目还利用 BIM 竣工模型,在室内设置多个导航栏,为市民来本中心办事提供便利。市民可以利用 BIM 模型里面的信息在屏幕上进行定终点定位,获取以现在位置为起点至终点的最优路径,正确的指引办事人员以最短的时间到达指定终点,极大的提高了办事效率,节省办事人员的时间,从而获得了市民的一致好评。如图 17 所示。

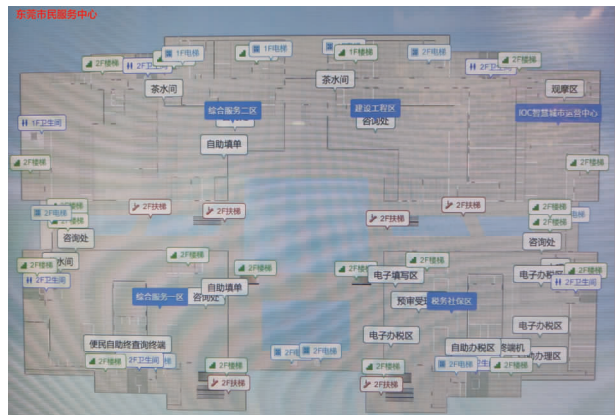


图 17 基于 BIM 竣工模型的导航栏

4 总结

本项目应用 BIM 技术有效的解决了建造过程中遇到的难题。在决策阶段,通过提供不同方案的成本与效益信息,为科学决策提供数据支持;在设计阶段,通过利用 BIM 技术的可视化、碰撞检查和模拟分析等功能,有效的解决了大型钢结构公共建筑扩建改造设计难的问题;在施工阶段,应用 BIM 技术对施工方案进行虚拟仿真分析,优化施工工序,解决施工现场组织与协调难的问题;在竣工验收阶段,通过提交模型的方式,有利于简化验收程序,降低验收工作强度;在运维管理阶段,运用 BIM 技术有利于提升管理效率和服务质量,同时,降低运维管理成本。

综上所述,BIM 技术对大型钢结构公共建筑扩建改造项目而言,具有不可替代的优势。

参考文献

[1] 王华阳. BIM 技术在既有建筑项目改造中的应用分析[J]. 郑州铁路职业技术学院学报, 2017, 29(4): 20-22.

[2] 陈军. 上海世博会博物馆全生命周期 BIM 应用[J]. 土

- 木建筑工程信息技术,2017,9(2): 8-15.
- [3] 张琦. BIM 技术在既有建筑改造建设期精细化管理中的应用[D]. 长春:长春工程学院,2016.
- [4] 刘雪可. 基于 BIM 的既有建筑改造管理研究[D]. 江苏:中国矿业大学,2019.
- [5] 廖盾,吴竞、张广兴. BIM 结合三维激光扫描在建筑中的应用[J]. 低温建筑计算,2017,39(5): 133-134.
- [6] 黄子浩. BIM 技术在钢结构工程中的应用研究[D]. 广东:华南理工大学土木与交通学院,2013.
- [7] 广州星城工程咨询有限公司. 东莞市民服务中心项目 BIM 碰撞报告[R]. 广州:广州星城工程咨询有限公司,2019.
- [8] 四川法斯特消防安全性能评估有限公司. 东莞市民服务中心特殊消防设计分析报告[R]. 四川:四川法斯特消防安全性能评估有限公司,2019.
- [9] 广州星城工程咨询有限公司. 东莞市民服务中心项目一层 BIM 优化复核报告[R]. 广州:广州星城工程咨询有限公司,2019.

BIM in the Expansion and Reconstruction of Large-scale Steel Structure Public Buildings

Zhang Tongwei¹, Yang Fengping², Zhou Shudong¹,
Ye Xiongming¹, Liang Rongyao²

(1. *Dongguan building science research institute, Dongguan 523809, China;*
2. *Dongguan guancheng construction engineering Co., Ltd., Dongguan 523076, China*)

Abstract: Due to the particularity and complexity of the expansion and reconstruction of large steel structure public buildings, the keys and the difficulties of its expansion and reconstruction work have been determined. This article takes the "Dongguan Citizen Service Center" expansion and reconstruction project as an example. It mainly introduces the problems encountered during the decision-making phase, design phase, construction preparation phase, construction and acceptance phase, facilities management phase. Finally find the methods of applying BIM technologies to solve the problems.

Key Words: BIM; Large Steel Structure; Public Buildings; Expansion and Reconstruction