

上海市建筑信息模型技术应用与发展报告

Shanghai BIM Technology Application & Development Report

Building
Information
Modeling

2020

附录案例

上海市住房和城乡建设管理委员会

Shanghai Municipal Commission of Housing
Urban-Rural Development and Management

目录

第二届上海市 BIM 技术应用创新大赛获奖项目案例

一、新开发银行总部大楼项目数字化建造与交付.....	3
1.1 项目概况.....	3
1.2 BIM 技术应用概况	4
1.3 BIM 技术应用成果与特色	5
1.4 BIM 技术应用效益及测算方法	10
1.5 BIM 技术应用推广与思考	12
二、基于 BIM 构件要素的原创设计项目管理——未来公园（艺术馆）项目.....	13
2.1 项目概况.....	13
2.2 BIM 技术应用概况	14
2.3 BIM 技术应用成果与特色	15
2.4 BIM 技术应用效益以及测算方法.....	19
2.5 BIM 技术应用推广与思考.....	20
三、上海东方医院改扩建工程建造运维一体化 BIM 综合应用.....	22
3.1 项目概况.....	22
3.2 BIM 技术应用概况.....	23
3.3 BIM 技术应用成果与特色	25
3.4 BIM 技术应用效益及测算方法	32
3.5 BIM 技术应用推广与思考	33
四、基于 BIM 技术在上海松江南站大型居住社区综合管廊一期工程项目中的探索与实践	34
4.1 项目概况.....	34
4.2 BIM 技术应用概况	35
4.3 BIM 技术应用成果与特色	39
4.4 BIM 技术应用效益与测算方法	50
4.5 BIM 技术应用推广与思考	52
五、上海轨道交通 13 号线建设阶段 BIM 技术的应用.....	54

5.1 项目概况.....	54
5.2 BIM 技术应用概况	54
5.3 BIM 技术应用成果与特色	55
5.4 BIM 技术应用效益及测算方法	61
5.5 BIM 技术应用推广与思考	61
六、BIM 技术在公路工程中的综合应用解决方案	62
6.1 项目概况.....	62
6.2 BIM 技术应用概况	63
6.3 BIM 技术应用成果与特色	65
6.4 BIM 技术应用效益及测算方法	72
6.5 BIM 技术应用推广与思考	72
七、以自动化检查技术为主的云平台集成解决方案.....	74
7.1 项目概况.....	74
7.2 BIM 技术应用概况	75
7.3 BIM 技术应用成果与特色	79
7.4 BIM 技术应用效益与测算方法	93
7.5 BIM 技术应用推广与思考	94
八、基于 BIM 技术的医院复杂弹性空间研究与实践.....	96
8.1 项目概况.....	96
8.2. BIM 技术应用概况	96
8.3 BIM 技术应用成果与特色	97
8.4 BIM 技术效益及测算方法	99
8.5 BIM 技术应用推广与思考	100
九、九棵树（上海）未来艺术中心新建工程项目 EPC 模式的 BIM 全过程应用..	102
9.1 项目概况	102
9.2. BIM 技术应用概况	103
9.3 BIM 技术应用成果与特色	104
9.4 BIM 技术效益及测算方法	111
9.5 BIM 技术应用推广与思考	112

第二届上海市 BIM 技术应用创新大赛获奖项目案例

上海建筑信息模型技术应用推广中心于 2019 年 10 月举办第二届上海市 BIM 技术应用创新大赛。本届大赛聚焦 BIM 技术的深入研究与应用，针对在工程建设各阶段的优秀 BIM 技术解决方案和在 BIM 推广实施中极具亮点的创新创意，遵循“自愿报名，免费参赛；资料初审，择优入围；专家评审，公开发布”的原则进行。

本次大赛的奖项设有技术方案奖和特别创意奖，旨在展示上海市推广 BIM 技术在工程建设各方面应用的优秀成果。其中技术方案奖注重成熟型 BIM 关键技术在国内工程项目的广泛应用，特别创意奖注重思维模式，高新技术，管理模式等方面的创新创意。

本次附录案例分别从两类奖项中选取了共 9 个获奖项目案例，这不仅体现了全上海应用 BIM 技术的深度与广度，还深刻诠释了 BIM 技术在工程建设各阶段的巨大作用与潜力。希望通过这些案例成为行业标杆，鼓励 BIM 更广泛的应用发挥引领、示范作用。

序号	项目名称	主申报单位	联合申报单位
1	新开发银行总部大楼项目数字化建造与交付	上海世博建设开发有限公司	华东建筑设计研究院有限公司 上海建工集团股份有限公司 上海建科工程咨询有限公司
2	基于 BIM 构件要素的原創设计项目管理——未来公园（艺术馆）项目	上海张江（集团）有限公司	上海建筑设计研究院有限公司
3	上海东方医院改扩建工程建造运维一体化 BIM 综合应用	上海建工四建集团有限公司	—
4	基于 BIM 技术在上海松江南站大型居住社区综合管廊一期工程项目中的探索与实践	上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司	上海鲁班工程顾问有限公司
5	上海轨道交通 13 号线建	上海同筑信息科	—

	设阶段 BIM 技术的应用	技有限公司	
6	BIM 技术在公路工程中的综合应用解决方案	上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司	—
7	以自动化检查技术为主的云平台集成解决方案	上海舜谷建筑工程有限公司	上海陆家嘴（集团）有限公司 上海建工七建集团有限公司 上海建津建设工程咨询有限公司
8	基于 BIM 技术的医院复杂弹性空间研究与实践	上海交通大学医学院附属仁济医院	上海申康医院发展中心 同济大学复杂工程管理研究院 上海科瑞真诚建设项目管理有限公司
9	九棵树（上海）未来艺术中心新建工程项目 EPC 模式的 BIM 全过程应用	上海市建工设计研究总院有限公司	—

上海建筑信息模型技术及应用中心

一、新开发银行总部大楼项目数字化建造与交付

1.1 项目概况

2014年7月16日，中国、巴西、俄罗斯、印度和南非在巴西福塔莱萨签署协议，发表《福塔莱萨宣言》，宣布成立金砖国家开发银行，总部设在上海。2015年7月21日，金砖国家开发银行在上海举行了开业仪式，并正式更名为新开发银行(New Development Bank)。新开发银行由金砖五国发起设立，由5个创始成员平均出资。新开发银行是新兴经济体为促进全球基础设施建设、推动国际经济治理改革的重要举措，主要资助金砖国家以及其他发展中国家的基础设施建设。它可促进全球基础设施建设，增强国际多边体系的整体力量，为推动全球和区域共同发展做出贡献。在投入运营后，新开发银行将成为世界银行和国际货币基金组织外成立的具有全球影响的金融机构，对金砖国家具有重要的战略意义。

2016年2月27日，外交部部长王毅与时任上海市市长杨雄分别同金砖国家新开发银行行长卡马特正式签署了新开发银行总部协定和新开发银行总部安排的谅解备忘录。新开发银行总部大楼项目作为国际性组织驻华机构、上海市建设国际金融中心的重要载体项目以及上海市2018年度重大工程，其承载的政治、经济和社会影响深远，以高定位、高标准、高起点为建设目标，打造百年大计、精品工程。

新开发银行总部大楼项目的基本情况详见表1-1，项目效果图如图1-1所示。

表 1-1 本项目工程概况

项目概况	金砖国家新开发银行总部大楼项目
建设地址	上海市世博园 A 区 A11-01 地块，东接 A11-02 发展备用地，南至雪野路，西至高科西路，北至国展路。
招标人	上海市机关事务管理局
建设单位概况	上海世博建设开发有限公司
勘察单位	上海岩土工程勘察设计研究院有限公司
设计单位	华东建筑设计研究院有限公司
施工单位	上海建工集团股份有限公司
监理单位	上海建科工程咨询有限公司
建筑概况	金砖国家新开发银行总部大楼选址位于上海市世博园 A 区，世博会中国馆东侧，南至雪野路，西至高科西路，北至国展路，总占地面积

项目概况	金砖国家新开发银行总部大楼项目
	12067.4m ² ，总建筑面积约 126659.51m ² ，地上建筑面积 85913.36m ² ，地下建筑面积 40746.15m ² ，建筑高度 150 米，建成后将满足约 2500 人的办公需求。
计划施工工期	开工日期为 2017 年 9 月，预计于 2021 年 9 月正式交付使用
BIM 服务期	开工日期至本项目保修期满。



图 1-1 项目效果图

1.2 BIM技术应用概况

根据上海市人民政府与新开发银行于 2016 年 2 月 27 日在上海签订的《关于在上海设立新开发银行总部安排的谅解备忘录》，项目需要在动工之日的四年内完成包括实体建筑和数字化建筑模型在内的所有竣工交付工作。

项目建造过程涉及建设方（上海市机关事务局）、项目使用方（新开发银行）、项目管理方（上海世博建设开发有限公司）三家主要管理主体，另有设计、施工、专业顾问等十多家建设参与方。多主体的联合管理模式，加大了项目建设中沟通协调和管理信息共享的难度。项目建设各方都使用 BIM 技术，由于使用的软件、文件格式、BIM 信息精度不同，也导致全过程数据的贯通乃至数字化交付的实现困难重重。

综合考虑项目的特点和难点，实施中确立了全过程数字化建造和交付的 BIM 实施总

目标，通过整合项目前期 BIM 需求以及 BIM 实施准备调研，做好了项目全过程 BIM 应用的顶层设计和实施规划，明确各阶段的模型标准和应用标准，形成全过程 BIM 应用的“行动纲领”；在实施过程中，依照顶层设计和实施规划落实各个阶段的 BIM 应用，利用协同管理工具保证项目数据和信息在各个环节中的有效产生、存储、传递、利用和交换，实现数据的互联互通和资源共享，解决工程建设中的信息孤岛和实施深度问题，改善传统的项目管理方式和方法，形成代表未来趋势的全过程 BIM 应用管理模式和技术标准的整套体系，建立可推广的示范性工程技术和管理模式；最终，以三维数字化的形式整合建筑信息模型和建设过程数据，实现对工程的直观展示和工程资料的综合管理，完成项目完整的数字化交付。

1.3 BIM技术应用成果与特色

用推

1) 对标国际的管理和技术标准体系

参考国际主流 BIM 标准 ISO 19650-1:2018 和 ISO 19650-2:2018、最新国家 BIM 标准 GB/T51212-2016 对项目 BIM 工作进行先行的、整体性的策划，编制针对项目的整体实施规划，建立模型、信息、数据交换等技术标准体系，以及工作流程、管理制度、实施指南等管理导则体系。

BIM 体系文件和应用实施细则样例展示详见图 1-2、3 所示。



图 1-2 BIM 体系文件样例展示



图 1-3 BIM 应用实施细则样例展示

2) 基于 BIM 的正向设计

先建模后出图的正向设计方式，保证了图纸和模型的一致性，减少了大量的错漏碰缺，极大的提高了设计质量，如图 1-4、5 所示。



图 1-4 BIM 正向设计模型应用

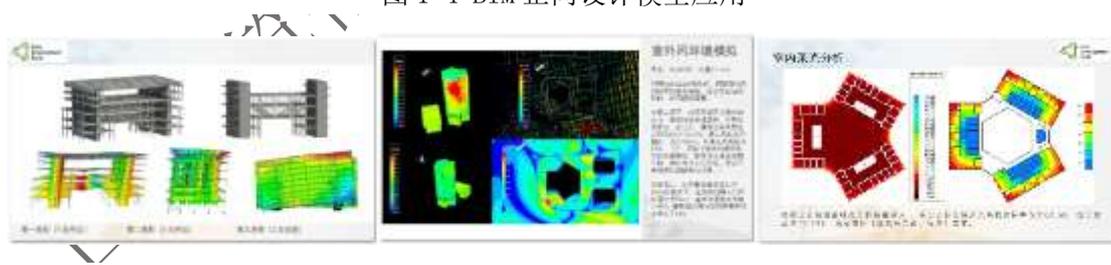


图 1-5 BIM 正向设计方案应用

3) 项目建设全过程的 BIM 实施与数字化管控

以 BIM 技术辅助设计、施工优化，以协同平台促进数字化管控，并完成过程数据的归纳和传递，做到信息数据与项目管理的紧密融合，如图 1-6 所示。



图 1-6 BIM 正向设计图纸平台应用

4) 多种数字化工具集成运用

根据数字化管理工作的实际需求，制定了包含协同管理平台、VR、二维码、倾斜摄影、数据交互插件等多种新兴技术手段与 BIM 技术集成的数字化技术解决方案。

其中，通过科研技术创新，定制开发项目级 BIM 协同平台一项，实现各参与单位建设管理过程中的在线协调；开发基于 Revit 的数据导入、导出处理插件一项，基于部分分项工程的数据交互标准体系一项，实现 BIM 模型中的参数添加、构件编码、信息录入、信息导出统计以及房间空间信息统计（Room Data Sheet）等功能，实现 BIM 模型信息的高效录入导出，解决传统 BIM 项目模型信息不全面、录入困难的现状，如图 1-7~10 所示。

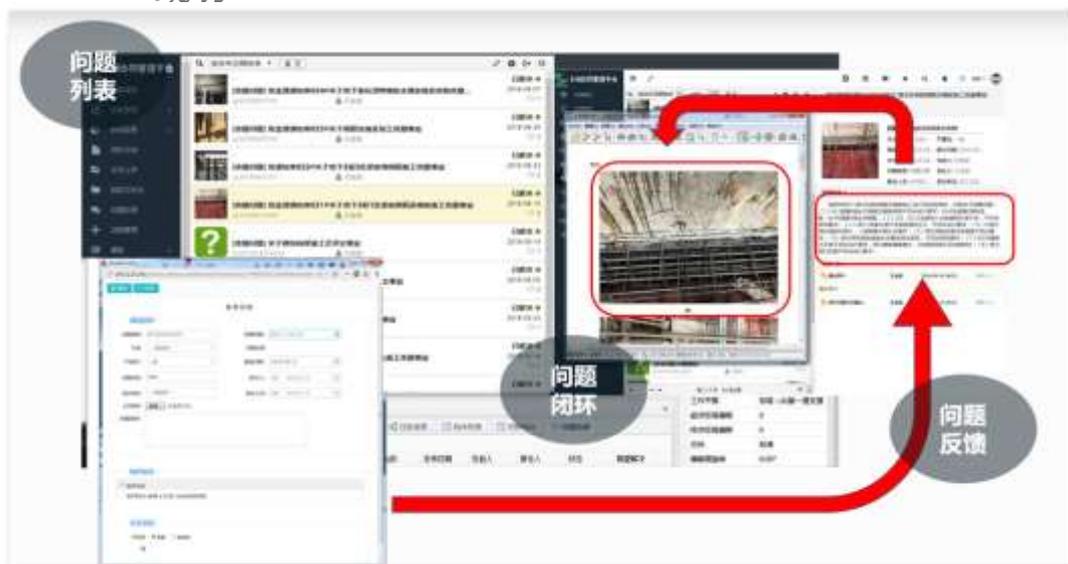


图 1-7 问题闭环平台应用



图 1-8 在线流程平台应用



图 1-9 VR 技术协调



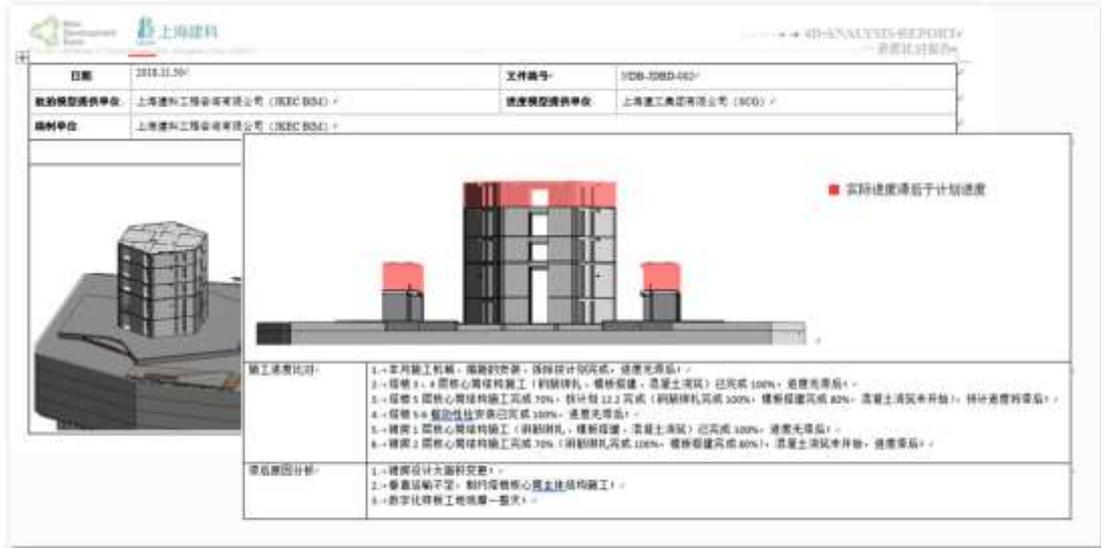


图 1-10 倾斜摄影和进度比对

5) 数字化交付

设计过程中设计数据已实现二三维集成及多专业协同，同时采用基于 BIM 的项目协同管理平台实现了非结构性数据文档关联，项目数字化交付是基于全过程成果及资料的信息化管理和数据贯通而最终实现的，如图 1-11、12 所示。



图 1-11 分类编码体系和数据信息规格书应用

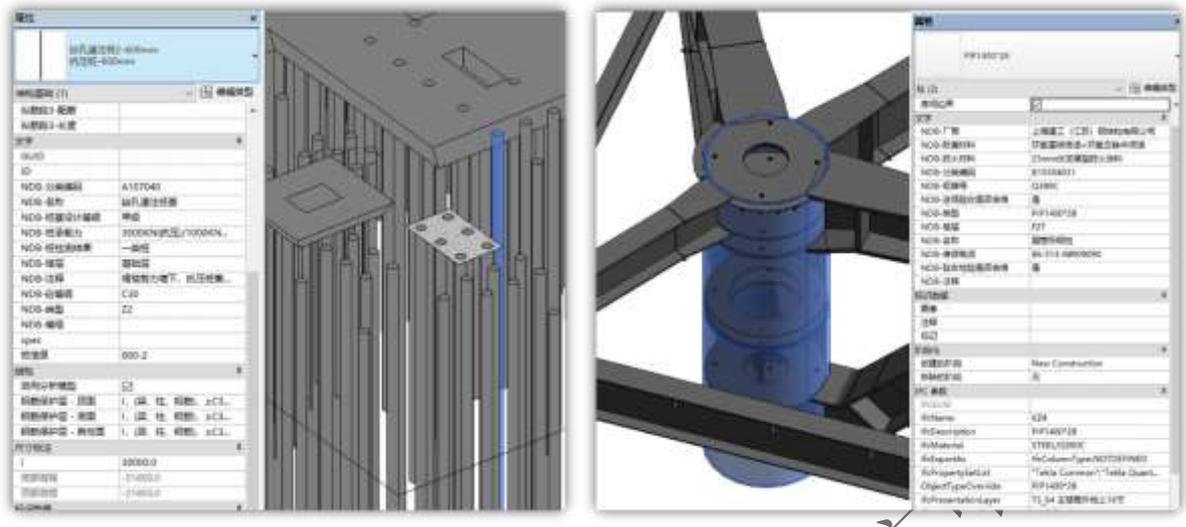


图 1-12 数字化交付模型

1.4 BIM技术应用效益及测算方法

标准体系层面，项目形成了包括实施规划、模型标准、数据标准、交互标准、交付标准等策划体系文件 8 份，应用实施细则 8 份；完成了与模型构件相对应的分类编码体系一套，数据信息交互规格书 823 张，并完成了数据批处理插件和项目级协同平台开发。

应用层面，完成包括场地布置模拟、基坑施工系列模拟、复杂节点模拟、爬架方案模拟、裙房屋盖钢结构吊装模拟、巨柱桁架吊装模拟、机房预拼装模拟等基于 BIM 技术的施工方案模拟和可视化交底 17 次；利用 BIM 技术、VR 技术、协同管理平台进行方案汇报、现场协调 180 余次；无人机航拍记录和施工进度比对 13 次；通过 BIM 协同平台实现了精细化项目管理：截止目前，平台使用超过 30 万次，闭环解决施工质量问题 122 个，安全问题 109 个，完成包括图纸审批、费用审批、材料报审等管理流程 176 个，各类线上技术沟通 3 百余次，如图 1-13~16 所示。

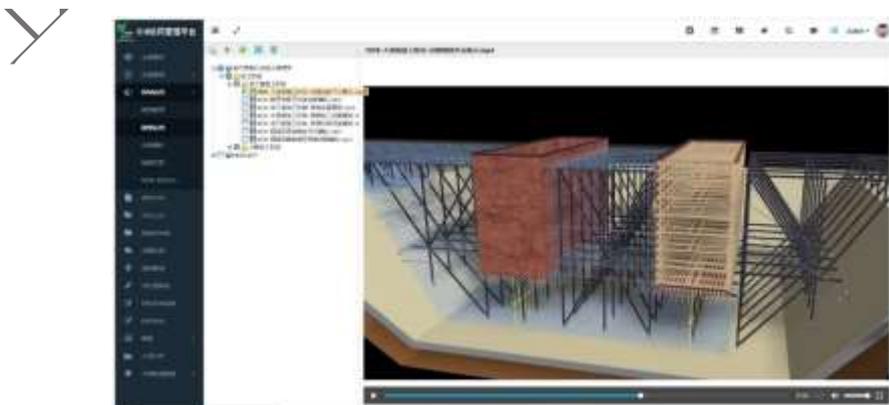


图 1-13 基坑吊模加固节点模拟



图 1-14 复杂节点模拟

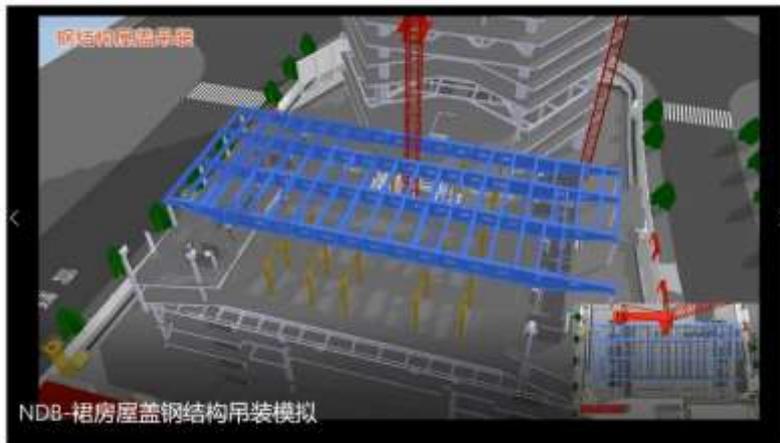


图 1-15 裙房屋盖钢结构吊装模拟



图 1-16 机房预拼装模拟

设计优化层面，完成主体结构预埋件、预留洞、节点、二次结构，机电系统管综、二次排布、设备基础设计、支吊架排布，钢结构连接节点、预留洞、预埋件，装饰系统机电末端排布、墙地饰面的铺装、吊顶安装节点、软装排版布置，幕墙预埋件、转接件、安装节点等二十项 BIM 深化出图工作，完成正向设计模型 423 个，正向设计图纸 5086 张；各专业内部碰撞在三维设计过程中直接规避，又通过专业间协同设计优化提前解决土建与机电碰撞点 3840 余个，幕墙与钢结构外挂节点碰撞点 1100 余个、预埋节点碰撞

点 500 余个。幕墙专业利用 BIM 正向设计归并脚部复杂开模点 38 个,节省开模费用 1060 余万元;钢结构专业利用 BIM 正向设计归并成品钢柱、钢梁截面形式 120 余类,节省生产、安装费用 1100 余万元;土建专业利用 BIM 正向设计减少墙上开洞 2300 余处,节省相关费用 80 余万元;机电专业利用 BIM 正向设计减少桥架、管道、风管、设备等专业内碰撞 1500 余处,节省相关费用 330 余万元,仅可计算项就节省建安工程返工成本 2510 余万元,还有大量通过三维可视化工作直接消弭的潜在冲突和隐形成本。

1.5 BIM技术应用推广与思考

自新开发银行总部大楼项目 BIM 实施以来,通过参建各方的共同努力,不断推进项目的进展,使得项目各方面都取得了良好的成绩,数字化建造与交付的工作价值得到了项目各参建单位的广泛肯定,但在项目的具体实践中,发现数字化建造与交付本身还面临着如下问题:

- 1) 数字化项目管理缺乏法律支持。质监站和档案馆等管理部门仍然依靠传统的方式展开工作,大量管理文档只承认纸质签字版的法律地位,BIM 模型也不作为法律承认的设计成果和竣工交付成果。
- 2) 数字化手段与项目管理管理工作的结合。数字化项目管理对项目管理工作中的细度和深度也提出了相应的要求。BIM 技术、云协同平台技术等等只是项目管理的工具和手段,想要发挥其效益,需要传统管理方式的升级。当前项目管理模式对基于数据信息的管理手段相对欠缺,这也源于传统的管理流程中搜集数据非常困难。但当出现了 BIM 技术以及一系列新型技术时,真实、实时数据的搜集成为了可能,有了项目上的这些数据信息,无疑有助于项目管理能力的提升,当然也对原有的管理流程提出了新的要求。

二、基于BIM构件要素的原创设计项目管理——未来公园（艺术馆）项目

2.1 项目概况

上海正加快建设智慧城市的步伐，以开放、交流的心态促进城市建设与市民间的良性互动，丰富和拓展公众的文化视野，提升公众科学艺术修养，因此浦东新区在张江高新科技园内新建未来公园展示馆。

基地位于张江高新科技园区内，罗山路以东、川杨河以南、外环线（环东二大道）以西、华夏中路以北。距人民广场 13 公里、距外滩 9 公里、距虹桥机场 25 公里、距浦东国际机场 21 公里、距外高桥港区 25 公里、距上海集装箱码头 30 公里、距上海火车站 17 公里。东西侧为教育科研用地，南侧为教育科研、商业服务业用地，北侧为住宅用地。项目总建筑面积约 4.29 公顷，总建筑面积约 5300 平方米，建筑高度 10.81 米。

基地东侧紧挨的张江人工智能岛是上海市唯一 AI+园区。其作为张江发展人工智能产业的重要空间载体，已集聚了包括 IBM、英飞凌、微软、Ada Health 等跨国企业巨头，中国健康大数据等央企，同济大学自主智能无人系统科学中心等科研院所以及云从科技、小蚁科技、汇纳信息、黑瞳科技等“独角兽”企业。

项目已于 2019 年 10 月顺利竣工，现已对外开放，如图 2-1 所示。



图 2-1 张江未来公园人工智能应用场景展示馆

2.2 BIM技术应用概况

本项目虽然规模不大，但是一直饱受领导和社会各界的广泛关注，最大的项目挑战是特别紧凑的时间进度。从施工图设计到竣工只有4个月，无论采用装配式、标准化平行施工，大前提就是设计一定不能滞后，为了保证原创高品质的落地完成度，图纸正确性和可实施性必须严格把控，确保现场得到的图纸正确无返工。针对4个月完成设计和施工，BIM策划摒弃“大全空”，科学合理、具有针对性、且能落地和执行，如图2-2所示。

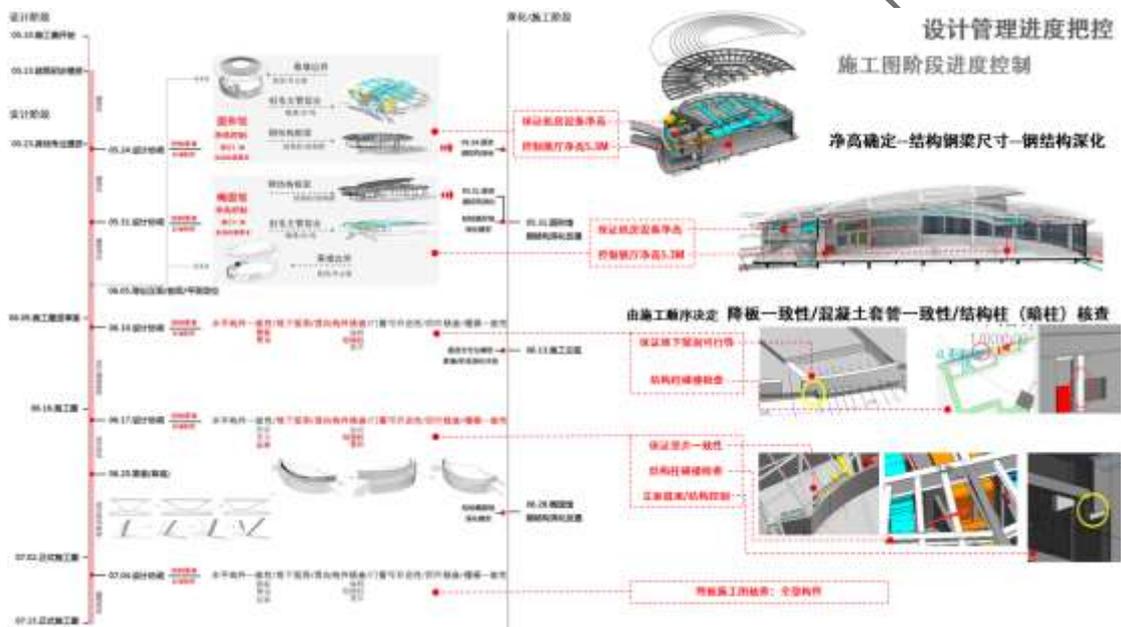


图 2-2 设计进度控制+BIM 应用

另外，从技术层面上看，无论是非线性设计的造型优化和把控，还是原创设计对品质的追求，BIM 配合设计完成了大量的优化工作，例如：反复修改配合设计为了满足展厅和功能用房严格的净高控制要求；水专业受工期时间因素的影响，采用预作用喷淋系统，加快进度，但是该系统下水管不可二次翻绕，对机电管线综合也是一个很大挑战。

从管理层面上看，面对众多参与方，如此高品质以及快节奏的项目要求，我们的管理必须突破传统，因为在正常节奏下的项目管理，很多串行的工作，在本项目中，不得不大幅度的前置和并行。本项目摒弃“碰撞检查”式的 BIM 应用，利用历年积累的数据，进行大数据分析，提前预判常见错漏碰缺问题和解决办法，总结了一套 BIM 设计流程，如图 2-3，与 BIM 设计的成果——问题追溯报告，如图 2-4 所示，把 BIM 从单一项目的

设计管理上升到品控策略研究。只有采用超出常规的设计管理方式，才有可能在非常短及其集中的 4 个月里，落实好这个极具社会意义的建筑作品。

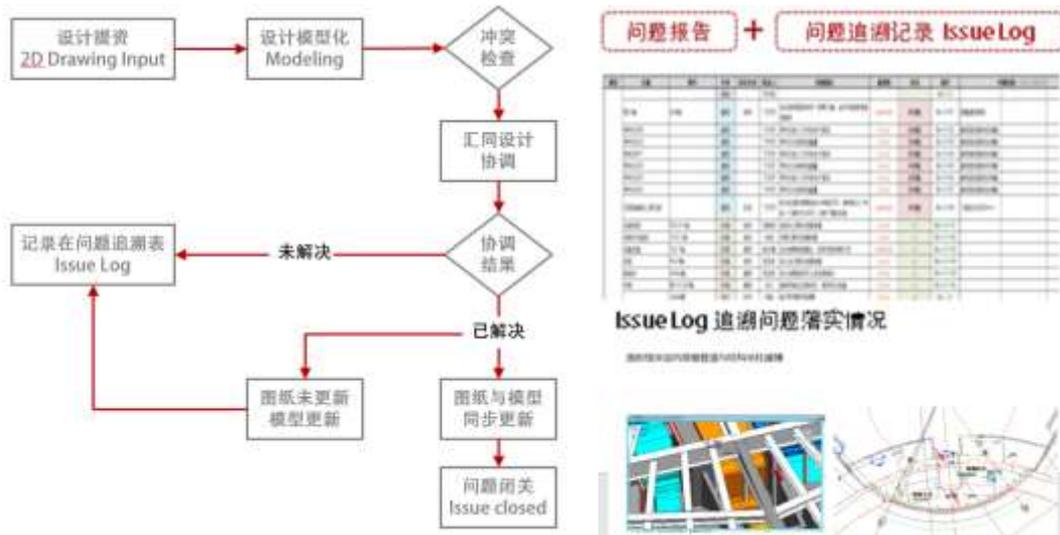


图 2-3 BIM 设计流程

图 2-4 问题追溯报告

2.3 BIM技术应用成果与特色

精细化和集成化的设计管理思维

如上所述，在这些众多背景的驱动力下，本项目放弃了传统的四要素管理模式，提出了精细化和集成化的设计管理思维，为了在较短的时间周期内创造高品质的空间、完成大量非线性造型优化、同时控制成本以及保证设计的落地还原度，BIM 技术服务与设计管理必须采用复合型的设计管理思维，聚焦了 3 个重点：**一致性管控；多维度的因素决策；深化前置。**

这些要素之间的关系相互交融、非常复杂，无法按照常规管理手段，划分清楚工作界面，聚焦这三个要素是这个工程项目精准落地实现的核心。

1 一致性管控

一致性管控实际上是在从根本上解决协调多专业、多要素之间的冲突矛盾问题。工程项目通常会割裂为很多专业和分包，但是专业之间有很多界面或者要素是相互重合的，比如竖井，主要是为了机电管线服务的，但是又同时出现在建筑和结构两个专业的图纸中，这一个构建要素同时涉及到 5 个专业。确保这些要素在所有专业里的一致性，将会在源头上消除很多设计冲突问题，为顺利施工扫平障碍。

在本项目中，原创设计的 BIM+设计管理模式一直坚持“一个模型+先模型后图纸”的方式来控制设计图纸的品质，保证建筑立面、剖面与自身平面、结构、幕墙等多专业之间的协调性，一致性和可建造性，如图 2-5、6 所示



图 2-5 一致性管控—立面控制



图 2-6 一致性管控—剖面控制

2 多维度的因素决策

在项目管理协调过程中，管理者会面对很多不同专业、不同利益方，他们的需求和角度各不相同。在这种多维度的因素下，BIM 技术的介入利于平衡，协调管理，减少内部消耗，及时发现暴露影藏的问题，帮助设计师、项目管理者乃至业主去做项目决策推动。

净高管理就是一个典型的多维度因素决策。一般传统净高管理的做法是靠各个专业之间图纸叠加，比如建筑提供空间的边界，结构提供梁高，水暖电各个专业提供管线路

由和尺寸，往往他们会相互的叠加和交叉，最后室内专业提出净高的要求。

基于叠加后的图纸，如图 2-7 所示，设计师和管理者可能需要花很多时间和精力，去判断净高品质的问题，这种状态下是无法全部覆盖的，往往会有很多隐藏的问题，在施工后期暴露，或者牺牲净高，或者代价很大地做设计变更，施工调整。

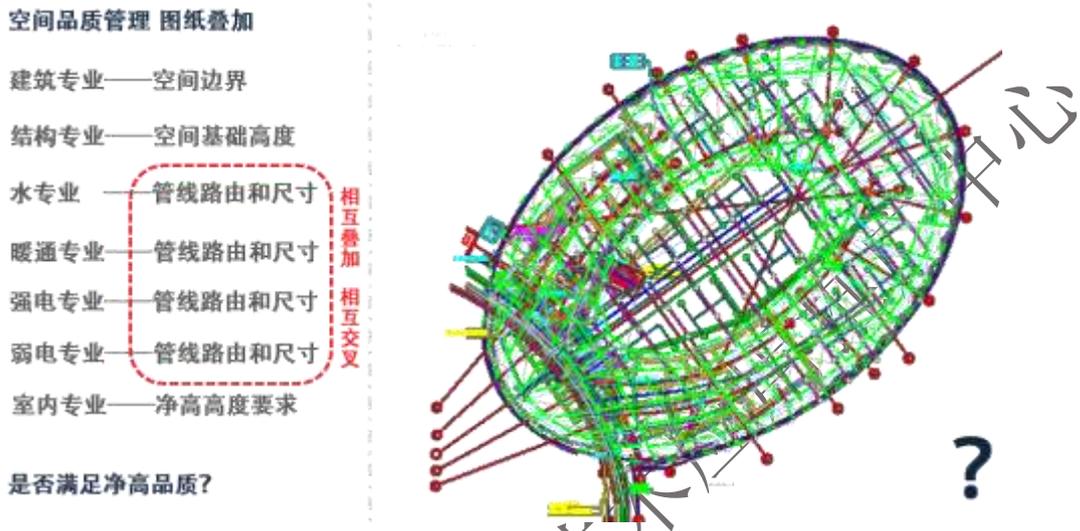


图 2-7 多专业图纸叠加分析净高

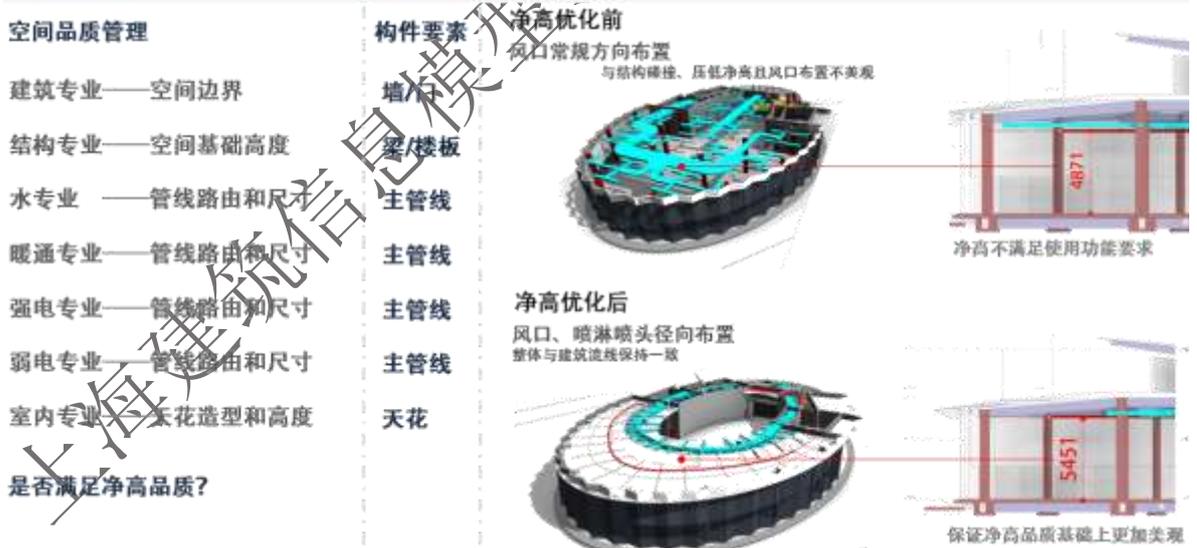


图 2-8 构件要素集成优化净高

3 深化前置

基于多年的设计项目经验，本项目初期预判筛选出哪几个专项设计在本项目中需要前置，比如机电管线深化、钢结构深化以及幕墙深化。而在实际的项目应用中，各项深化前置也确实缩短设计周期、避免了因施工现场返工造成的不必要的资源浪费和造价调

整。

在这个项目中，机电深化非常早，可以说前置到方案设计阶段，提前指导和干预了建筑层高和结构布置，如图 2-9 所示。施工图后期，室内的机电管线综合深度已经几乎达到了施工模型的要求，所有的翻绕基本敲定，这个对后期机电安装有重要的指导意义。

除了机电深化，钢结构深化前置到施工图初期阶段，采用模型与模型对接审核的方式，如图 2-10 所示，将钢结构深化与建筑、幕墙和机电多专业协调工作并行，进一步压缩时间进度。

幕墙的方案优化一直全过程地配合原创团队的精细化设计追求反复优化调整。正是因为本项目中幕墙专业深化的前置，在造价控制方面，模型非常及时地配合精细化造价的管控，如图 2-11 所示。

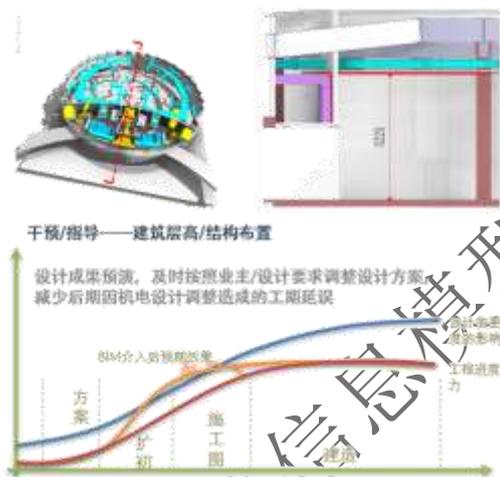


图 2-9 机电安装深化前置

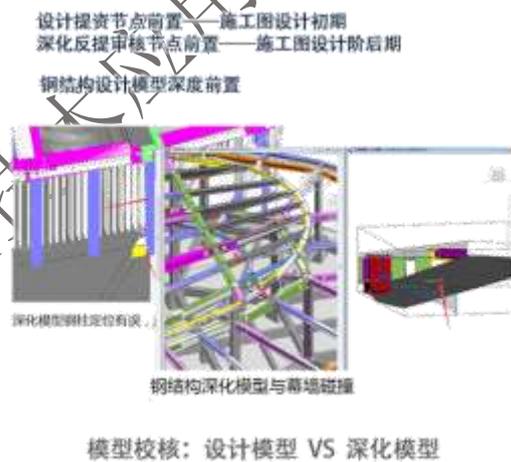


图 2-10 钢结构深化前置

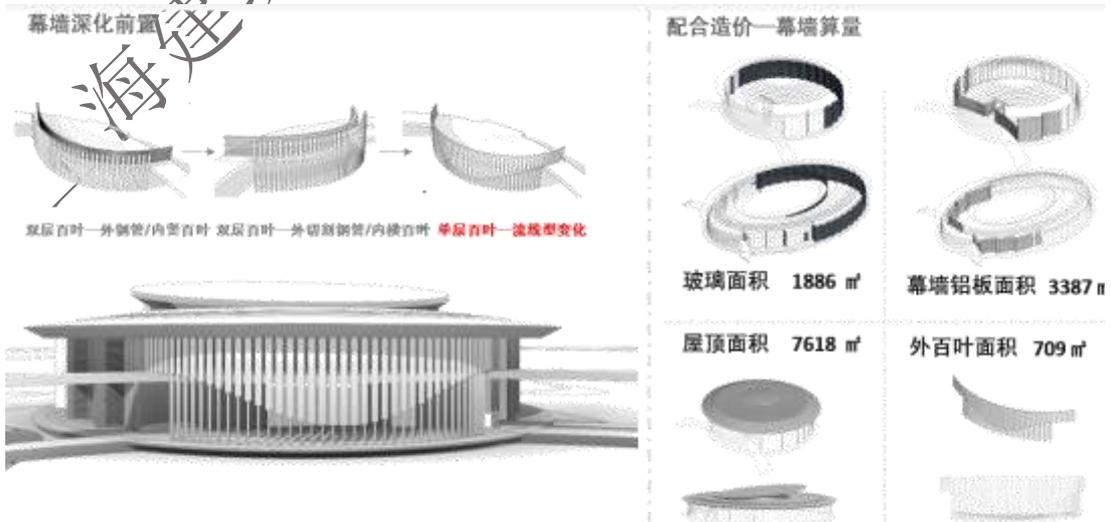


图 2-11 幕墙深化前置

原创设计精准落地—超高还原度

未来公园展示馆项目的设计尊重地区自然环境状况，在健康、舒适、高效、绿色的未来公园内契合周边张江高科技的产业氛围，营造出一个充满科技感，未来感的艺术馆。原创设计感要求很高，对设计细节把控严格，，如图 2-12 所示，未来公园展示馆项目的设计模型与实景照片对比，不难看出，通过 BIM 技术应用的设计项目管理让原创建筑师对作品的把控力达到了极致，让项目管理者对设计品质成果精准把控。

基于 BIM 的精细化设计管理，实际上是顺应工程本身的需求规律，将设计管理工作落实到更精细的层面，让设计回归工程本身。如此精细化的管理手段掌握在高品质要求的项目管理者手中，超高还原度的原创设计落地将不再有任何障碍。



图 2-12 BIM 模型 VS 实景照片

2.4 BIM技术应用效益以及测算方法

基于 BIM 技术在原创作品中的设计优化、项目管理进度把控、项目品质的提升、深化设计前置、施工过程的空间和进度可视化指导等各方面的优势，为整个设计团队、深化团队、施工团队、项目管理乃至业主创造了巨大的价值。

在设计实践中，人力资源只能根据建筑设计企业的经验进行大致的判断，缺乏量化

的手段，本项目人力资源成本控制的数据基础以问卷回访的形式采集。问卷以网络匿名的方式进行数据收集，被采集人为本项目的项目负责人、专业负责人以及设计人员。问卷内容以及结果如图 2-13 所示。

调查结果显示：项目负责人和专业负责人中，90%的人认为工作效率提高 50%以上，30%的负责人认为工作效率提高 100%以上，BIM 在施工图前期的应用提升工作效率最高。

除了设计阶段的人力效益，在设计阶段 BIM 技术优化了大量的设计问题和难点，为施工阶段扫平了一切障碍，从结构设计开始到钢结构深化至最终的施工结束零错误，保证了项目最紧张的工期。

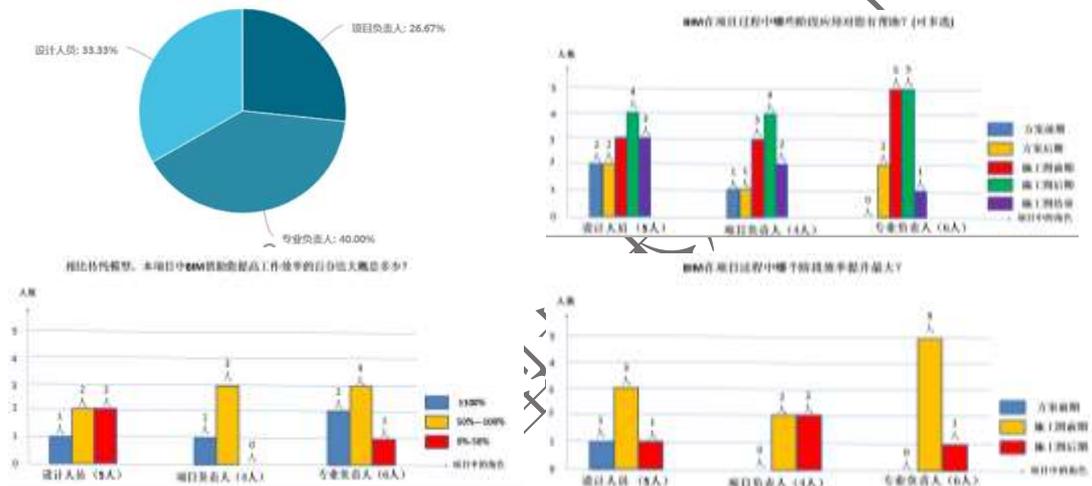


图 2-13 设计人力资源成本控制问卷调查及结果

2.5 BIM技术应用推广与思考

1 有效构件要素

针对 BIM 构件要素的概念，目前已经出台的国家标准——《建筑信息模型分类和编码标准》中，将建筑构件按元素划分至 480 多种，在技术层面上，这是目前较为成熟的最精细化的分类标准。

在国家标准基础上，基于上海院多年的设计管理经验，尤其是通过 BIM 开展的设计管理项目总结，从项目管理的角度，对 400 多个元素构件行二次梳理，初步提炼了几十类，有效的、具有普适工程意义的要素类别。从工程维度（时间、深度、应用方向各个角度）对它们赋予了一些具有设计管理者理解的意义，让这些构件要素成为项目管理者

的着力点，从而协调团队工作、提升设计品质、顺应工程时序、加快项目进度、严格控制成本、推动业主决策。

2 重构管理组织计划

基于一致性把控 / 深化前置/ 多维度的因素决策这些角度，对构件要素之间的关联性和设计项目管理的内在逻辑进行匹配研究。在不影响设计流程的情况下，将核心关注问题与设计节点紧密结合，随着初步设计、施工图 30% 60% 90% 100%，每个节点严控专题协调设计问题，BIM 构件要素逐步跟随图纸迭代，严控构件要素专题问题协调，确保现场得到的图纸正确少返工甚至无返工。

3 追溯机制

基于多年的项目积累，创新基于问题报告和追溯记录的，全团队合作的技术路线，实际上落实了问题追溯机制。对可能出现反复性、衍生性的问题提出了多条记录的管理追溯办法，明确了设计边界和责任主体，问题记录中可以清晰看到该由哪个专业落实、消化问题。通过状态栏、非常明确地辨别是否还有问题没有解决，逐条问题进行管理分类，可以分为 3 类：未解决的问题，有解决方案还未落实图纸的问题，闭环的问题。管理者通过问题报告和记录追溯机制，直接落实到责任主体，使项目往明确方向地推进。

4 管理成果质量指标化

管理成果质量的指标化是项目管理科学数字化实现的难题，通过要素之间的关联性研究，这些指标具备普适性、可复制性、完全可以覆盖大多数的项目需求。在不同的设计阶段，通过基础的质量核查以及各个专题校核，全面提高图纸质量，保证设计品质，也能避免繁复设计的修改工作，引导设计师更加专注于设计本身。

在过往的项目中，BIM 技术的应用可能一直伴随设计扮演这项目记录者的角色，面向今后的设计管理项目中，基于 BIM 的构件要素管理可以成为项目推动者手中利器，协助各方将工程设计项目完美落地。

三、上海东方医院改扩建工程建造运维一体化BIM 综合应用

3.1 项目概况

上海市东方医院（同济大学附属东方医院）是一所集医疗、教学、科研、急救、预防、保健于一体的三级甲等综合性医院。东方医院包括南北两址，分别位于上海陆家嘴金融贸易区和世博园区。目前正扩建的新楼工程位于陆家嘴地区，总建筑面积 83161.97 m²，包括地上 24 层、地下 2 层，主要服务于重大保障和高端医疗，建成后将增加床位 500 张。

上海建工四建集团在上海市东方医院改扩建工程中为业主提供设计咨询、施工总承包和运营管理的全生命期服务，通过服务模式创新和技术创新打造优质的建筑全生命期服务商。

项目效果图如 3-1、2 所示。



图 3-1 项目效果图



图 3-2 项目效果图

3.2 BIM技术应用概况

BIM 应用组织

上海东方医院改扩建工程建造运维一体化BIM综合应用项目结合目前东方医院现有的建设管理体制，形成以下 BIM 应用组织方案，如表 3-1 所示。

表 3-1 BIM 应用组织

层次	需求层		核心研发层	执行层	
单位	上海市东方医院 (建设方)	上海浦东工程建设管理有限公司 (代建方)	四建智慧建筑与大数据中心	四建设计院	四建安装公司

职责	项目策划 功能需求 运营需求 组织协调 应用反馈	方案审核 监管控制 组织实施 应用反馈 专家评审	需求调研与分析 方案策划 核心技术研发 平台测试与持续优化 系统部署与实施 课题研究	BIM 建模 现场配合 建议反馈 专项分析	机电系统施工 工程资料收集 机电系统对接
----	--------------------------------------	--------------------------------------	---	--------------------------------	----------------------------

上海东方医院是本项目的建设单位，是 BIM 应用团队的总体负责，总牵头者，负责总体方向的把控，同时也是 BIM 应用的需求层。上海浦东工程建设管理有限公司负责沟通整合协调各家参与方，并有效地协助业主进行相关 BIM 项目管理，同时也是 BIM 应用的需求层。四建智慧建筑与大数据中心，作为本项目 BIM 的实际操作者和核心研发层，负责 BIM 应用的研发、推进和落地。四建设计院、四建安装公司作为执行层，负责具体事项的配合。

应用目标

上海市东方医院新楼，是国内首次将 BIM 技术大规模应用到医院建筑施工和运维阶段，将海量异构的建筑静态和动态信息整合在一起，形成建筑全生命期大数据。

本项目 BIM 技术应用目标：

(1) 以运维为导向的模型构建，并进行施工图审核及优化、三维深化设计、模型综合协调及碰撞检查、重点施工工艺模拟的 BIM 应用。研究东方医院建筑工程竣工模型的交付标准，建立满足东方医院建筑运维管理需求的建模规则、建筑空间及设施设备分类体系和编码标准，梳理空间、资产、设施设备、人员的属性信息和组织结构，为智慧运维提供数据基础。

(2) 突破建造 BIM 模型向运维 BIM 模型转化的关键技术，包括机电系统逻辑结构自动生成、几何模型轻量化等关键技术。结合物联网技术，研究基于 BIM 集成建筑监

测数据、空间分配信息、设备维护维修信息和视频监控等信息的方法，形成建筑全生命周期大数据。

(3) 在上海市东方医院项目进行运维阶段的 BIM 应用。开发基于 BIM 的医院建筑智慧运维管理系统，涵盖包括建筑信息管理、空间管理、机电设备智能监测、视频安防管理、综合分析与决策支持、系统管理等模块功能。

BIM 技术应用路线如图 3-3 所示。

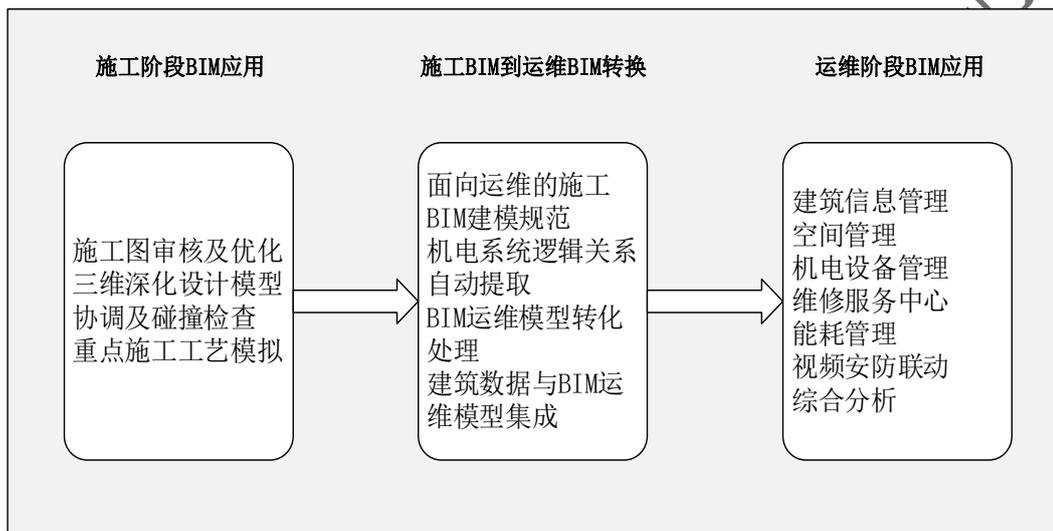


图 3-3 BIM 技术应用路线

3.3 BIM 技术应用成果与特色

面向运维的 BIM 模型创建

由于施工和运维对 BIM 需求存在差异，面向运维的 BIM 模型创建，除了考虑施工 BIM 应用需求，还需要考虑运维需求，包括模型组织结构、重要设备模型精细度、运维信息的完整性、系统运行逻辑结构等。通过建立面向运维的 BIM 建模标准，约定竣工模型文件的拆分及命名方式、各个专业的建模内容、空间及设备编码要求、信息录入要求等，在施工 BIM 建模过程中收集完整的施工阶段信息、确保机电系统管路完全联通、而且管道内的介质流向准确、完整、与现场情况一致。对于重要的机电设备，需要建立设备精细模型，描述设备的内部结构和传感器点位，如图 4 所示。此外，通过融合 BIM 和虚拟现实技术完成了医院办公室、病房层的装修深化设计，通过虚拟装修场景直观反

映室内装修装饰方案和施工阶段的信息，帮助业主提高设计沟通效率，如图 3-5 所示。



图 3-4 重点设备精细模型

图 3-5 基于 BIM 和 VR 的病房层装修深化设计效果

相较于传统的 BIM 应用，面向运维的 BIM 模型创建可提供结构和信息记录更精细的设备模型，有利于后期运维过程中直接应用 BIM 模型实现设备重要点位的实时监测数据的有效集成，有利于故障的快速定位和处理、问题溯源等功能的开发，使得基于 BIM 的运维平台研发更贴合实际管理需求。

施工 BIM 向运维 BIM 的跨阶段模型转化

公共建筑建造和运维阶段对 BIM 模型应用需求存在较大的差距，譬如，建造阶段更多使用 BIM 中设备的外轮廓来判断安装过程是否会有碰撞检测，而运维阶段则需要使用机电系统的逻辑关系进行溯源管理，针对重要设备的内部构造的维修保养培训、掌握零部件健康状态等。本项目实践过程中，针对跨阶段 BIM 模型转换的若干关键问题提出了对应的解决方法。

1) 利用自动化审查工具检查 BIM 模型

人工检查 BIM 模型几何数据和校验 BIM 信息质量难度大，反复修改成本极高，而且准确性难以保证，已有的方法和工具尚不能实现对机电系统 BIM 模型质量的自动审查。本项目基于 Revit 开发了竣工模型自动化检查工具，自动审查 BIM 中空间信息、空间几何完整性、机电设备属性信息、机电设备连接关系等运维阶段关键要素，确保了竣工模型的几何完整性、信息准确性和关系联通性。各专业施工 BIM 团队都需获得审查通过报告后方可将 BIM 模型交付给运维开发团队，如图 3-6 所示。

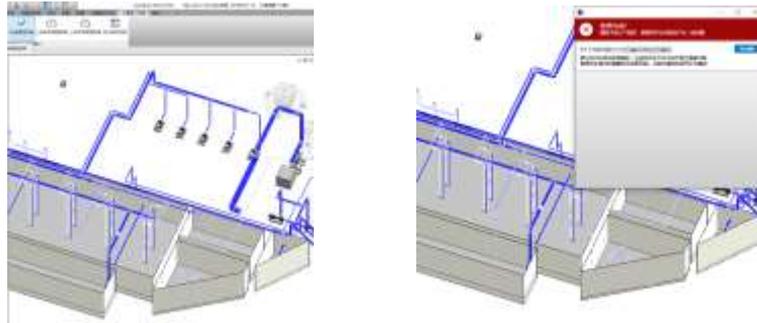
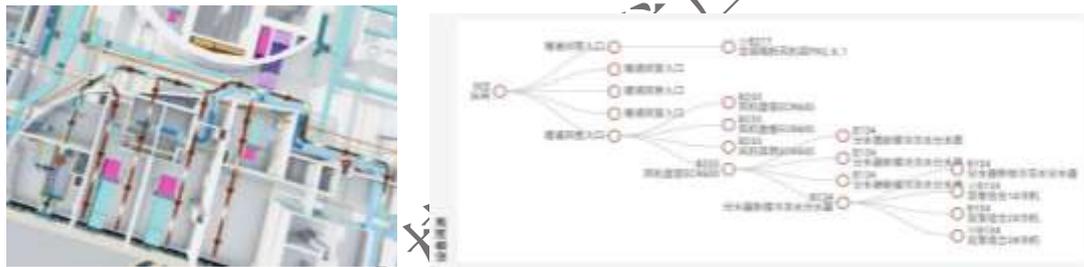


图 3-6 基于 Revit 的模型自动化审查工具

2) 提取竣工 BIM 建筑信息

通过竣工 BIM 模型提取建筑内管道的管径尺寸、建筑荷载信息、防火墙承重墙分布信息、设备空间位置、建立重点机电设备与安防摄像头、报警探头等弱电设备的空间位置关联，可在后期建筑装修改造时快速检索信息，或者故障发生时通过多系统联动实现快速故障处置。本项目通过引入图论的方法，实现了建筑机电设备逻辑连接关系的自动提取，如 3-7 所示。



(a) 移动端推送逻辑连接图

(b) 空调机箱故障影响的下游房间

图 3-7 机电设备逻辑连接关系提取结果

3) BIM 模型轻量化处理

为解决竣工 BIM 模型构件数量多、全专业集成渲染难度高等问题。首先，对同一类型的机电设备实例化，只保留该设备类型的一份几何数据，通过渲染管线中的几何变换和数据库中传感器与精细模型的关联得到运维平台多个设备不同状态展示，如图 所示；第二，合并运维阶段不需要单独管理且面片数量较多的构件，减少构件数量；第三，采用 LOD 分层次渲染策略，当机电系统靠近相机视点时，选用高精度的几何模型进行渲染，反之，则降低几何精度减少三角面片数量，保证渲染体验。



图 3-8 空调机箱实例化

通常情况下，大多数施工 BIM 模型的几何完整性和准确度低，信息质量参差不齐，严重影响了运维阶段的模型复用和信息提取，通过本项目跨阶段模型转化流程的引入，有助于保证施工 BIM 质量，确保跨阶段 BIM 转换的成功；而且传统应用中通常不包含机电系统逻辑关系的标记和提取，本项目的突破为运维管理中的故障溯源应用提供了基础；模型轻量化相比于以往的做法，能够显示更多的机电设备内部细节，而且不影响渲染效果和操作体验，为运维功能落地提供了保证。

跨系统的海量异构建筑运维信息集成

本项目从建造阶段开始，院方和施工方已开始筹划将 BIM 技术大规模应用到医院建筑运维阶段，联合总承包单位开发了 BIM 运维系统，要求视频监控系统、BA 系统、医用气体监控系统、污水处理监控系统、机房环控系统、人脸识别系统等运维信息系统预留接口，支持将海量异构的建筑静态和动态信息整合在一起，形成建筑全生命期大数据。对 BIM 中建筑、系统、设备、零件等不同层级构件，建立对应的监测数据匹配和集成方法，通过提前规划网络传输、与分包厂家提前确定通讯协议等实现了东方医院项目 30 个系统的数据集成，为进一步运维应用和运维数据收集奠定基础。最终 BIM 模型与监测数据可以精确匹配如图所示，支持后续的设备状态分析和主动式维保。

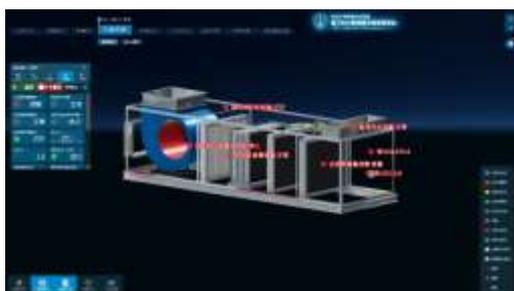


图 3-9 监测数据与 BIM 模型集成

以往的建筑运维管理通常借助不同的信息化系统，例如 BA、报修系统、维保管理系统、空间管理系统等，这些系统通常部署在建筑的不同空间，有的甚至归属不同的部门，系统的实际利用率不高。通过基于 BIM 的信息集成，使得各类建筑运维管理相关的信息可以统一管理，现场任何问题都可以直接反馈在对应的 BIM 模型上，促进了系统的深入应用创新，保证建筑运维管理质量和效果。

基于 BIM 的公共建筑主动式运维管理技术

本项目基于医院建筑静态数据和医院就诊客流、机电设备运行过程中的故障描述、维修记录等动态数据开发了医院建筑设备故障诊断与风险评估的方法，开发了建筑大数据分析可视化平台，提供灵活的数据报表、可视化数据大屏、深度数据分析引擎，创新性地将建筑大数据智能分析的结果展示到 BIM 模型上形成了闭环的医院建筑故障的发起-诊断-分析-处理-评价流程，有效地提高医院建筑安全保障的效率和质量，如图所示。

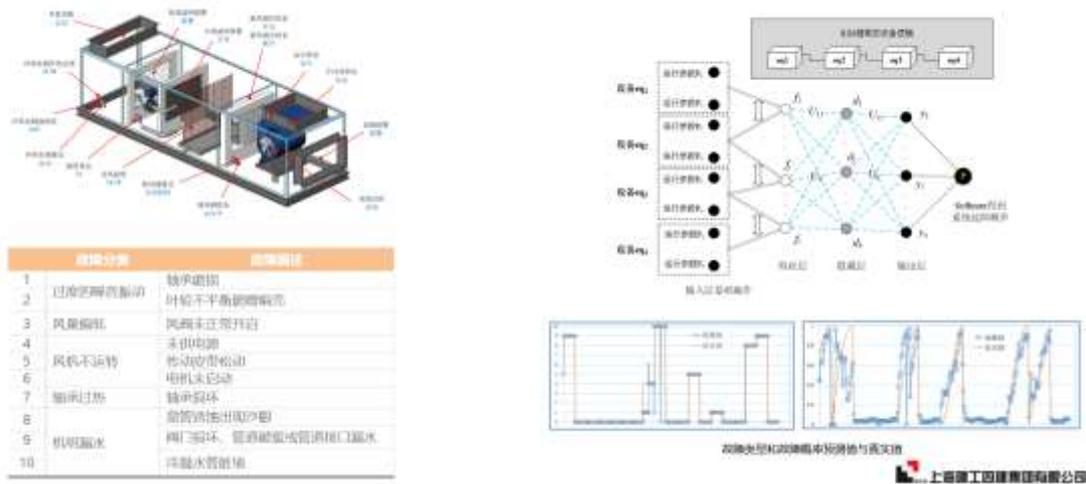


图 3-10 基于 LSTM 的空调机组故障诊断与风险评估技术

传统建筑运维管理往往采用被动式的方式，现场发现问题报修后才处理问题，这种方式可能会引发一些重大的故障，影响建筑环境的安全和舒适运行。应用 BIM 技术后，在机电设备管理流程上，与现有业务流程相比，可在 BIM 模型上直观地了解所有重要机电系统和机电设备的实时运行状态；基于 BIM 和设备运行大数据实现了设备故障预测，可以提前预测设备故障，并自动发起设备故障预警处理流程，自动化管理程度大大提高，安全保障能力也因此提升。此外，还通过维修、维保数据的智能分析，挖掘深层次的信息，例如智能评价高频问题、外包公司质量等，通过 BIM 直观反映有问题的区域，对工

单分析时，即可通过机电系统溯源查找故障源头，也可以快速查阅相关的维修历史、资料文件，有利于问题快速定位和解决，通过基于 BIM 的多源数据的融合应用创新了运维管理的方式，如图 3-11 所示。



图 3-11 设备异常详情和历史查询

基于建筑静态和动态数据，引入多种数据挖掘和机器学习算法，对公共建筑的运行监测数据进行多维度的统计分析，以得到海量监测数据背后的深层次的规律性信息和异常情况，通过形象地展示，辅助管理优化，达到节约能耗、辅助设备可靠运行的目标，辅助绿色医院的建设。譬如，基于聚类算法分析用能异常行为和回路，辅助节能管理；基于报警报修数据，自动生成设备维保计划，实现有针对性的预防式维保，如图 3-12 所示。



图 3-12 能耗监测、追踪与统计分析

应用 BIM 技术前，传统的节能管理主要借助能耗统计报表和基础的数据分析；应用

BIM 技术后，可将每条用能回路的控制的区域和设备在 BIM 模型上直观地展示，管理方可直观了解到能耗从哪里来，到哪里去，哪个位置用能多，通过大数据分析还可以精准定位到有问题的回路和使用的责任单位，为节能管理带来了全新的思路。

基于 BIM 的公共建筑智慧运维管理系统

本项目开发的基于 BIM 的公共建筑智慧运维系统包括网页端、智能移动端、桌面客户端 3 个终端。网页端用于机电设备管理、维护、维修等运维日常管理与统计分析，方便管理人员随时随地通过浏览器查看楼宇运营情况。智能移动端用于现场维护维修人员上传反馈信息，包括建筑信息浏览、评价等服务和设备设施盘点等功能，借助 RFID/二维码等物联网技术，实现对医院设备快速定位、盘点、查询等管理。桌面客户端作为运维数据的导入端口、运维管理内容的展示和培训，需保证模型的轻量化、清晰化及运维相关流程的直观性；桌面客户端基于 VR 技术开发，展示高度真实感的 BIM 模型，运行于楼宇运维服务中心，如图 3-13 所示。



图 3-13 桌面管理端主页面

本项目已将新大楼工程 BIM 模型导入系统，实现与视频监控、电子巡更、安防报警、电力监测、机电系统监测、客流车流、人脸识别、室内定位、机房环控等系统对接，可支持医院运维团队随时随地查看新楼设备运维和报警情况，发起报修服务，支持管理人员查看运维团队工作情况和大楼运行评价，制定新楼节能管理方案；当有应急事件发生时，运维管理人员直接在应急指挥中心应用 BIM 运维系统进行应急指挥和决策，如图 3-14 所示。



图 3-14 BIM 技术在东方医院运维阶段应用实践

在新大楼竣工后，运维人员使用智慧运维管理平台辅助日常的空间分配、维修维保管理、机电设备管理、节能管理、使用 BIM 模型进行设备操作维保培训，相比于以往子系统分散、很多建筑相关问题不能及时发现处置、资料难以查询调阅，基于 BIM 的运维系统改变了现有的工作方式支持可视化、在线化、主动式运维管理，助力建筑精细化管理，为建筑内的使用者提供了更加舒适稳定的环境。

3.4 BIM 技术应用效益及测算方法

BIM 技术应用经济效益

本项目在施工阶段应用 BIM，提高了项目参建各方之间的沟通互动；提升了项目体深化设计良好的直观性、协同性和精准性，避免了大量潜在的返工风险，节约了项目成本提升了现场功效；通过大量的方案模拟确保了方案的可实施性和最优选择性；同时通过进度模拟与实际进度的对比分析管理推进了项目的工期进展。

在运维阶段，通过本项目应用实现了：1) 基于 BIM 可以减少东方医院运维突发故障 10%，节约运维成本，保障平稳运营；2) 提高东方医院故障报修处理效率 20%以上，提升服务满意度；3) 通过可视化运维培训和标准化在线运维流程控制，提高运维效率。4) 提高节能管控工作的针对性，辅助院方实现节能管理目标。

BIM 技术应用社会效益

从建造阶段开始，院方和施工方已开始筹划将 BIM 技术大规模应用到医院建筑运维阶段，联合总承包单位开发了 BIM 运维系统，要求视频监控系统、BA 系统、医用气体监控系统、污水处理监控系统、机房环控系统、人脸识别系统等运维信息系统预留接口，

支持将海量异构的建筑静态和动态信息整合在一起,形成建筑全生命期大数据。引入 BIM、物联网、人工智能、人脸识别等即使实现三维可视化、集成化空间运维、报修服务管理、安防管理,以及主动式设备管理和能耗管理。通过应用:1)首次在医院智慧运维应用 BIM 技术,将建筑本体和医院运维信息有机结合,逐渐形成建筑全生命期大数据;2)基于 BIM 可以实现空间管理、机电设备运行机理和状态查看、视频安防管理,实现可视化、集成化运维管理,提升医院建筑运维管理水平;3)初步探索了基于人工智能的智慧运维管理模式,减少设备故障数量,节约运维成本。

3.5 BIM技术应用推广与思考

基于 BIM 的医院建筑运维管理系统运行良好,达到了医院主动式智慧运维管理的目标,能够全面支撑医院建筑的精细化管理。本项目的成果还在新华医院既有儿外科楼进行了应用推广。应用过程中,大量外部专家到访东方医院和新华医院参观考察 BIM 运维技术,高度肯定了本项目的价值,如图 3-15 所示。同时,在研发和运行过程中总结经验,形成了《医院建筑运维信息模型应用标准》全国团体标准,经济效益和社会效益明显。



图 3-15 外部专家参观交流

四、基于BIM技术在上海松江南站大型居住社区综合管廊一期工程项目中的探索与实践

4.1 项目概况

项目简介

松江南站大型居住社区综合管廊一期工程分为旗亭路和白粮路段工程、玉阳大道段工程，全长 7.425km，总投资约 11 亿元。是上海市委、市政府确定的三个管廊试点区之一，也是松江新型城镇化建设的 30 项试点任务之一，更是“十三五”上海市级重大工程。松江管廊一期工程位于松江新建城区，要探索在新建城区如何建造综合管廊，尤其是要与市政道路、居民社区有效衔接，与人们的生活居住、城市景观有效相融本项目采用 EPC 总承包模式。其中：

旗亭路综合管廊，全长 2.749km。综合管廊布置在旗亭路机非分隔带及非机动车道下方，综合管廊设双舱，拟容纳的管线包括 110KV 和 10KV 电力、信息、给水等。

白粮路综合管廊，全长 0.669km。综合管廊布置在白粮路机非分隔带下方，综合管廊设单舱，拟容纳的管线包括 10KV 电力、信息、给水等。

玉阳大道综合管廊，全长 3.52km。综合管廊布置在玉阳大道带路北侧公共绿化地地下方，综合管廊设三舱及六舱断面，拟容纳的管线包括 110KV 和 10KV 电力、信息、给水、燃气、雨水、污水等。

项目概况如图 4-1 所示。



图 4-1 项目概况图示

项目重难点分析

a) 项目协同管理难度大

本工程采用EPC总承包模式建设,设计施工同时进行;管理总承包下设3个分包,分7个施工工区,30余家材料设备供应单位;项目管理人员相对较少,协同管理难度大。

b) 技术及施工要求复杂

工程有单舱、双舱、三舱、六舱,最多达到七舱的5种标准断面,45种节点类型。采用基坑支护明挖法、装配式施工法、沉井顶管施工法等多种施工工艺;并融入海绵城市设计理念、地下空间设计理念,技术难度大。

c) 外部协调意见难统一

工程占线总长达7.425km,施工作业面长,涉及给水、通信、电力等十余家管线单位对原有管线的搬迁问题,对原有管线搬迁不及时,将严重影响工程的施工进度、增加工程施工成本。

d) 质量安全管理要求高

松江综合管廊将天然气、给水、通信、110千伏电力、10千伏电力、污水、雨水等管线全部纳入综合管廊、极大考验管廊主体结构自身对防水、防火、防电的要求。由于工程的施工周期短,涉及施工专业多,施工队伍多,施工机械多,影响施工质量与风险因素多,对工程质量管理要求高,做到事前预防、事中控制、事后总结。

e) 过程资料、竣工资料管理难度大

项目体量庞大,过程资料多,竣工资料庞杂,资料管理工作量大,过程中资料容易丢失,不能及时有效共享,给后续的施工带来资料、信息不全、资料混乱找不到等问题。

4.2 BIM技术应用概况

BIM 技术目标与实施思路

BIM 技术目标

a) BIM 技术落地,为项目创造价值

在工程施工阶段应用BIM技术,发挥BIM三维可视化、虚拟仿真、信息协同等功

能，通过施工各阶段的 BIM 管理，辅助项目解决技术及管理难点，实现 BIM 在技术管理、进度管理、质量安全、物料管理等多方面结合应用，让 BIM 技术融入日常管理流程中，帮助项目提高信息共享和协同能力，提高信息沟通效率，增强项目过程管控能力，提升项目精细化管理水平，实现实体工程与数字工程的同步验收。

b) 组建团队，创优创新，树立行业标杆

以松江管廊作为项目试点，在项目 BIM 技术实施过程中，梯队培养 BIM 技术人才，组建项目级，甚至企业级 BIM 技术团队。在项目实施过程中完成 BIM 相关工作，包括辅助项目可视化技术交底，基于 BIM 技术的协同管理工作、模型整合应用等工作，保证项目 BIM 技术顺利开展，同时为项目创优创新，树立企业标杆夯实人才基础。

实施思路

a) BIM 技术

利用 BIM 技术，将工程模型与项目信息相结合，实现模型信息化，信息可视化，资料可追溯。基于 BIM 平台实现协同化管理，提高沟通效率。

b) BIM+技术

利用基坑监测技术、视频监控技术及 VR 安全技术等“BIM+”的先进技术手段，在 BIM 基础上辅助项目管理，力求提高项目精细化管理的程度。

团队建设

组织架构

良好的组织保障是确保 BIM 项目执行力的先决条件。组织保障主要分为整个项目层次的组织保障、实施应用阶段的组织保障、实施顾问内部的组织保障三个层面。

在整个项目层次，应由公司领导支持，根据项目情况，建立以 BIM 领导小组和 BIM 实施小组的管理体系，领导小组主要负责 BIM 应用的统筹规划、宏观管理等工作，BIM 实施小组主要负责具体组织协调、应用等工作，如图 4-2 所示。

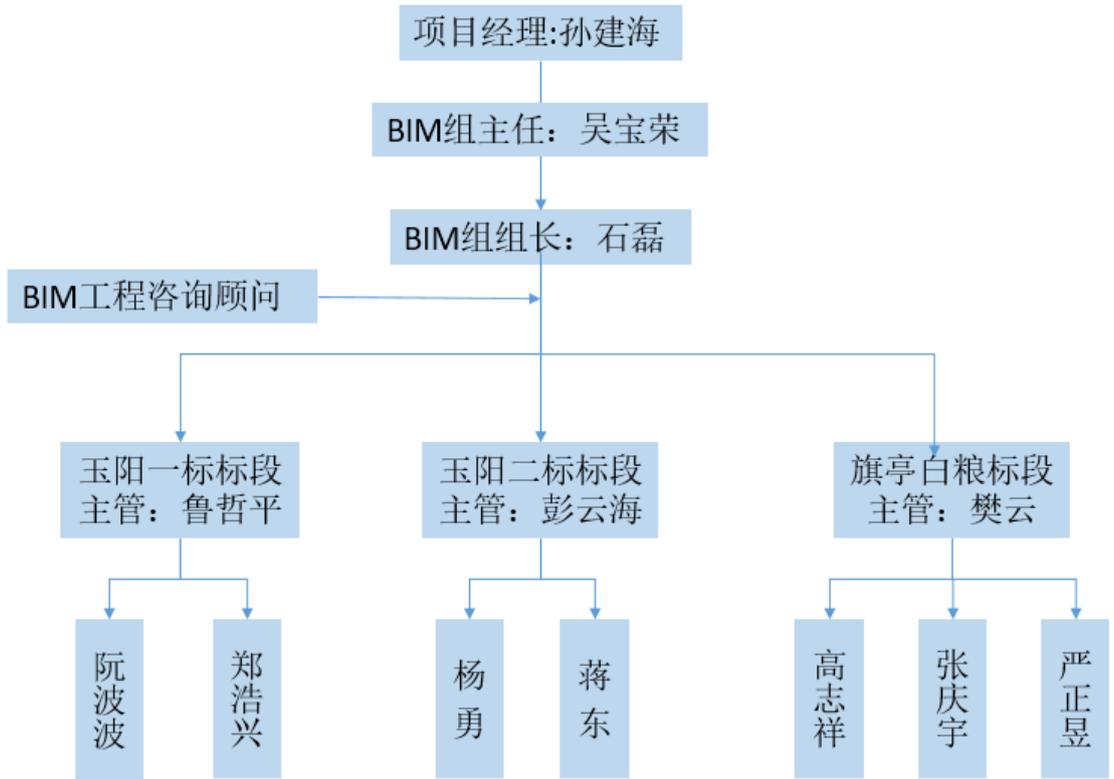


图 4-2 组织架构

制度建设

无规矩不成方圆，在 BIM 团队成立初期，制定一系列 BIM 实施应用制度，包括各岗位人员职责，平台应用标准、例会制度、奖惩制度及评分细则等等。以“奖个人，罚公司”的形式调动项目人员的积极性，为 BIM 工作在项目顺利推行提供制度保障，如图 4-3、4 所示。



图 4-3 BIM 实施管理制度截图

松江南站大型居住社区综合管廊一期工程项目-BIM考评标准											
序号	类别	编号	项目	工程部		技术部		质检部		安全部	
				考评要求	得分	考评要求	得分	考评要求	得分	考评要求	得分
1	总则	1.1	BIM模型管理	泄露工程模型：-50分		泄露工程模型：-50分		泄露工程模型：-50分		泄露工程模型：-50分	
		1.2	系统权限管理	账号不允许借用：-5分		账号不允许借用：-5分		账号不允许借用：-5分		账号不允许借用：-5分	
		1.3	系统应用管理	对BIM的掌握度不合格：-10分		对BIM的掌握度不合格：-10分		对BIM的掌握度不合格：-10分		对BIM的掌握度不合格：-10分	
2	信息管理	2.1	属性录入	抽查属性录入情况良好：+3分/ 抽查属性录入不合格：-1分/次		抽查属性录入情况良好：+3分/ 抽查属性录入不合格：-1分/次		抽查属性录入情况良好：+3分/ 抽查属性录入不合格：-1分/次		抽查属性录入情况良好：+3分/ 抽查属性录入不合格：-1分/次	
		2.2	信息检索	抽查属性录入不及时：-2分/次		抽查属性录入不及时：-2分/次		抽查属性录入不及时：-2分/次		抽查属性录入不及时：-2分/次	
3	质量管理	3.1	质量问题上传	/		/		/		/	
		3.2	质量问题闭合	/		/		/		/	
		3.3	质量问题报告	/		/		发布质量类协作：+1分/次 每月上限：+30分 抽查质量类协作未闭合：-2分/ 闭合协作未导出报告：-1分/次		/	
4	安全管理	4.1	安全问题上传	/		/		/		/	
		4.2	安全问题闭合	/		/		/		/	
		4.3	安全问题报告	/		/		发布安全类协作：+1分/次 每月上限：+30分 抽查安全类协作未闭合：-2分/ 闭合协作未导出报告：-1分/次		/	
5	进度管理	5.1	进度计划上传	进度计划上传错误：-1分/次		/		/		/	
		5.2	实际进度上传	进度状态录入：+1分/天 每月上限：+30分		/		/		/	
		5.3	进度的数据检查	抽查进度状态数据错误：-1分/次		/		/		/	
6	成本管理	6.1	工程量申报	/		/		/		/	
		6.2	工程量对比	/		/		/		/	
		6.3	工程量审核	/		/		/		/	
7	资料管理	7.1	资料上传	日常资料上传：+1分/天 每月上限：+30分		日常资料上传：+1分/天 每月上限：+30分		日常资料上传：+1分/天 每月上限：+30分		日常资料上传：+1分/天 每月上限：+30分	
		7.2	资料检查	抽查资料上传不合格：-1分/次 抽查资料上传不及时：-2分/次		抽查资料上传不合格：-1分/次 抽查资料上传不及时：-2分/次		抽查资料上传不合格：-1分/次 抽查资料上传不及时：-2分/次		抽查资料上传不合格：-1分/次 抽查资料上传不及时：-2分/次	
8	人员管理	8.1	人员信息采集	/		/		/		/	
		8.2	人员二维码检查	/		/		/		/	
		8.3	人员资料检查	/		/		/		/	
9	机械设备管理	9.1	机械设备信息采集	/		/		/		/	
		9.2	机械设备二维码检查	/		/		/		/	
		9.3	机械设备资料检查	/		/		/		/	
10	预制构件管理	10.1	预制构件状态录入	/		/		/		/	
		10.2	预制构件二维码检查	/		/		/		/	
11	BIM例会	11.1	例会参与	无正当理由缺席：-5分/次		无正当理由缺席：-5分/次		无正当理由缺席：-5分/次		无正当理由缺席：-5分/次	
		11.2	例会汇报	无下周（月）工作计划：-5分/次		无下周（月）工作计划：-5分/次		无下周（月）工作计划：-5分/次		无下周（月）工作计划：-5分/次	

图 4-4 BIM 考评标准

BIM 技术培训

BIM 技术是一种技术手段，是一种管理理念，只有项目人员了解 BIM 技术，有相关的管理意识，会用 BIM 相关的软件，才是 BIM 技术在项目落地的基础，才能发挥其价值。在项目团队组建初期，BIM 团队先对 BIM 技术进行系统培训，然后再在项目上进行推广，由项目自己团队去指导下面施工分包，推行效果更加明显，如图 4-5 所示。



图 4-5 BIM 技术培训

软硬件配置

结合管廊特点，运用多种建模软件；为便于整合项目各参与方，保障项目数据信息沟通顺畅，以 BIM 平台为核心的集成软件体系，创建了扁平化和透明的工作环境，提供了任务、分享、文件、日程等集成化项目管理方式。软件配置如图 4-6、7 所示：

	Autodesk Revit 三维建模软件。在本项目中完成的模型包括：管廊主体结构混凝土结构模型、管廊全线机电模型、钢结构模型、临时模型、基坑模型。		鲁班BIM浏览器 Luban Explorer 鲁班BIM浏览器，是系统的端应用。通过BE，工程项目管理人员可以随时随地的快速查询管理基础数据，操作简单方便，实现按时间、区域多维度检索与统计数据。
	Autodesk Civil3d 道路、场地建模软件。在本项目中主要进行路线的提取		鲁班移动浏览 MyLuban MyLuban是鲁班基于支持移动端查看BIM模型的APP产品。在本项目中主要是按功能的应用，能快速、准确的知道项目中存的问题及整改情况。
	Dynamo 可视化编程软件。在本项目中完成的模型包括：管廊主体结构混凝土结构模型、管廊全线机电模型、钢结构模型、基坑模型。		Autodesk Navisworks 可视化和仿真，分析多种格式的二维设计模型。在本项目中主要进行钢筋、动性骨架、预应力管束之间的碰撞检查。软件缺点是稳定性需要加强。
	Tekla 三维钢结构建模软件。在本项目中完成的模型包括：基坑模型。软件优点是针对钢结构有极强的专业性，软件缺点是模型变更较难。		Lumion Lumion是一个实际的3D可视化工具，用来制作电影和静帧作品，涉及到的领域包括建筑、规划和设计。它可以快速现场演示。在本项目中用于模型漫游和全景制作。

图 4-6 软件配置表

根据软件对硬件环境的需求，配置符合项目团队需求和应用的硬件，具体如下：

序号	名称	用途	配置				数量
			CPU	显卡	内存	硬盘	
1	主机	建模/动画	CORE-i7-7700	GTX1060	16G	120G固态硬盘+2T硬盘	3
2	主机	日常应用	CORE-i5-6500	GTX960	4G	2T硬盘	5
3	笔记本	建模/动画	CORE-i7-7700	GTX1060	16G	120G固态硬盘+2T硬盘	3
4	笔记本	日常应用	CORE-i5-6500	GTX960	4G	2T硬盘	5
5	平板	移动应用	ipad pro				2
6	手机 (安卓)	移动应用	8核/内存: 3G/存储空间: 32G				8
7	手机 (IOS)	移动应用	iPhone 5s及以上				6

图 4-7 硬件配置表

4.3 BIM技术应用成果与特色

BIM 模型创建

综合管廊建模标准

为更好的加强项目 BIM 技术能力，培养 BIM 人员独立建模能力，根据项目要求，针对建模原则、技术路线、图纸管理、命名规则、模型审核等方面建立综合管廊模型建模标准，提高项目 BIM 技术硬实力，如图 4-8 所示。



图 4-8 综合管廊 BIM 建模标准

BIM 模型建立

采用 Civil3D+Dynamo+Revit 的创新建模方式，实现土建+机电+基坑支护的快速建模，如图 4-9 所示。

6	501351 8606	3330591 61	37610.3
7	501351 8555	3330592 61	38610.2
8	501351 8503	3330593 61	39610.2
9	501351 8452	3330594 61	40610.2
10	501351 84	3330595 61	41610.2
11	501351 8349	3330596 61	42610.2
12	501351 8298	3330597 61	43610.2
13	501351 8246	3330598 61	44610.2
14	501351 8195	3330599 609	45610.2
15	501351 8143	3330600 609	46610.1
16	501351 8092	3330601 609	47610.1
17	501351 8041	3330602 609	48610.1
18	501351 7989	3330603 609	49610.1
19	501351 7938	3330604 609	50610.1
20	501351 7886	3330605 609	51610.1
21	501351 7835	3330606 609	52610.1

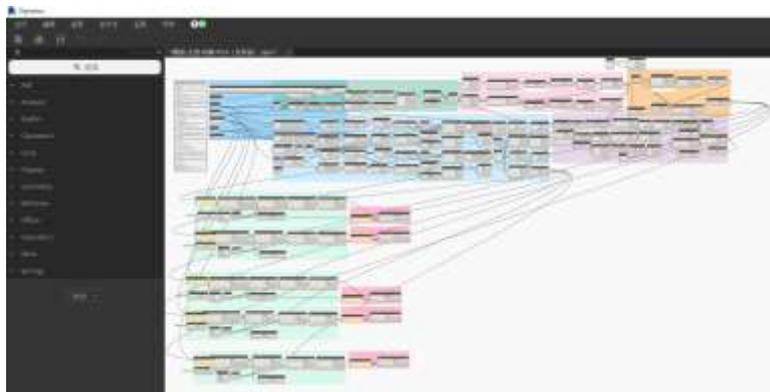


图 4-9 Civil3D 逐桩坐标表+dynamo 程序

1) 土建模型

按照本项目施工要求，对综合管廊的现浇段及预制段按施工段划分进行建模，并将主体结构和围护结构分开建模，以满足不同阶段的模型调取，最终进行模型整合，实现不同阶段的应用交底和展示内容。

2) 机电模型

根据综合管廊项目自身特点，对全线管线提前建模，尤其是对特殊节点顶管井、沉井等复杂节点进行全专业机电建模，并用不同颜色进行区分，以模型为基础做后续管线优化和管线入廊方案的判断。

3) 钢筋模型

选取个别极复杂节点建立精确的三维钢筋模型，直观反映二维图纸中难以发现的碰撞问题。以不同角度直观展现并强调技术控制要领，大大提高交底的效率和准确性，从而更好的保证施工质量。

BIM 模型维护

为确保 BIM 模型的数据信息贯穿项目施工的全周期，根据施工进度对模型的数据进行更新及维护，保证模型与数据关联的及时性与准确性。为后期项目竣工交付及运维阶段提供数据基础。

BIM 模型应用—施工图设计阶段

图纸校核

利用 BIM 技术在施工前将施工图纸还原成模型，模型的建立相当于施工全过程的预演，通过 BIM 技术团队在建模过程中的详细识图，可发现绝大部分的图纸问题，减少工程部审图的工作量，将图纸问题在施工前规避掉，可大大提高后续的施工效率，如图 4-10, 11 所示。

图纸问题		
序号	位置	图纸问题说明
1	CP200C-03	防水卷材铺贴完后直接施工底板，无卷材的保护层，底板钢筋绑扎过程中表可能会破坏卷材的完整性，建议增加防水保护层。
2	CC205C-03	标准层底板高度与的板桥高度不一样，该衔接方式使防水卷材部分裸露在外面，无轮保护，存在渗水隐患，变形缝密封胶封堵不完全
3	CC207C-03	结构详图与总平面图不一致
4	CC201C-01	根据平屋面布置图施工 80+136.5-80+145.15，漏部并节点的长度为 8.65m，结构详图中，漏部并的长度为 9.2m，图纸冲突。
5	CC207C-03	白棉路禁止苯地路雨水管倒虹平屋面布置图的检修盖板中留有预留孔洞，与机电图纸不符。
6	CC204C-03	剖面图中转角为 L 型，配筋图中为 T 型
7	CC205C-03	管径分支口 A-A 剖面图中 C20 主体下部无倒角，与 CC205C-08 图纸不对应
8	CC202C-02	白棉路标准层配筋图中管廊的垫层厚 100mm，白棉路吊架口结构图（二）中，垫层厚度为 200mm，尺寸冲突
9	CC206C-02	A-A 截面中显示排水沟无堵脚，但是 CC206C-03 中显示排水沟有堵脚

图 4-10 图纸问题报告截图

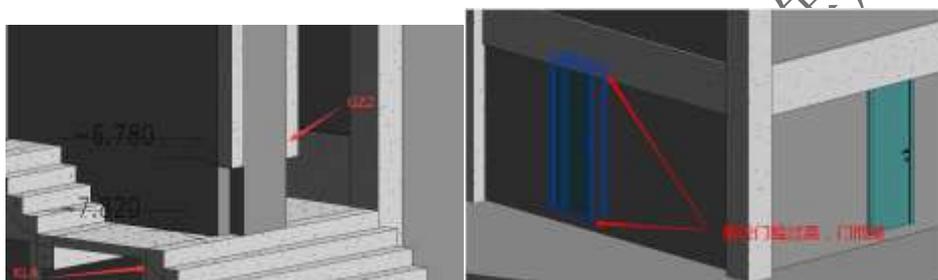


图 4-11 图纸问题截图

管综优化

传统的二维图纸很难直观的体现各个机电专业之间的排布问题，协调难度大，沟通成本高。基于管廊的入廊管线中，110KV 电力管线的转弯半径须大于 2.2m，10KV 电力管线转弯半径大于 2m 的特点，通过利用 BIM 技术可视化对管线进行校核并重新排布，优化预留孔洞的位置，确保施工后，管线能正常入廊，如图 4-12 所示。

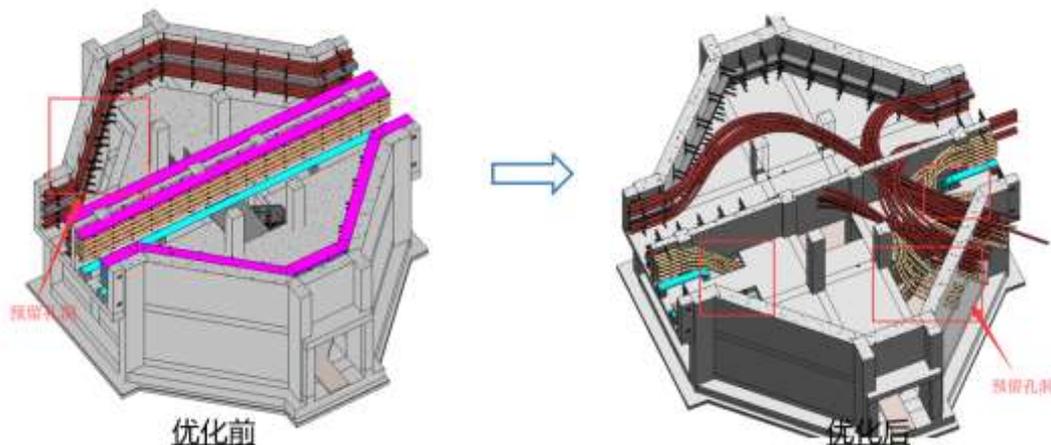


图 4-12 电力电缆管线排布优化前后截图

BIM 模型运用—施工准备阶段

管线搬迁管理

松江管廊项目占线总长达 7.425km，施工作业面长，施工区域内涉及给水、通讯、电力等十余家管线单位对原有管线的搬迁。仅玉阳大道区域就有 10 中地下管线类型，65 处电线杆。利用 BIM 技术，在施工前期，结合物探报告建立原有管线模型，通过不同颜色的设置明确管线的权属单位，将搬迁方案通过模型直观展示，便于方案的技术交底，同时记录迁改后管线情况，规避迁改后无依可寻，如图 4-13 所示。

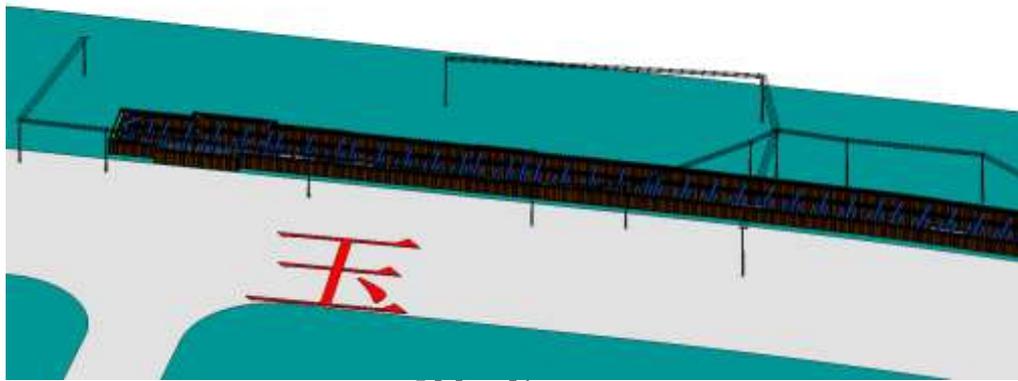


图 4-13 原有管线还原模型截图

利用 BIM 平台将管线的搬迁计划进度与基坑开挖的计划进度进行细化，以甘特图的方式直观体现两施工进度的交叉或重叠，直观预判不合理的地方，为各方协调提供数据基础。同时，将管线搬迁的实际进度与施工进度录入 BIM 系统平台，直观展示管线搬迁不及时造成的跨段施工，以一种直观的数据记录方式为事后追溯提供数据模型，如图 4-14 所示。

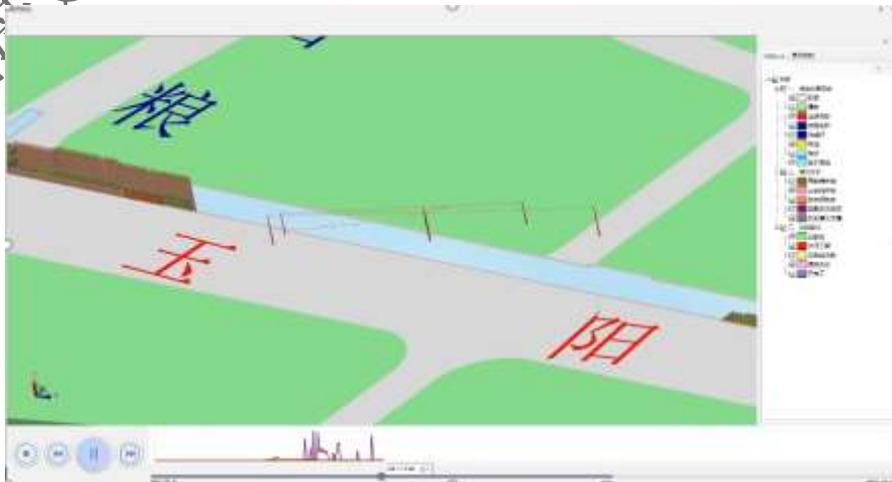


图 4-14 沙盘记录管线搬迁不及时造成的跨段施工

场地规划

利用航拍技术采集实景影像，直观获取施工区域范围内的综合情况。根据直观的影像图片+管廊 BIM 模型，综合考虑施工区域周边情况，包括现有道路及就近进出口等，合理规划临建设施位置，如图 4-15 所示。



图 4-15 场地规划

方案比选

对于项目一些重难点区域，涉及交通疏导、周边环境情况往往要多个部门进行协商沟通方案，通过采用 Navisworks 简易的三维模拟表达方式，直观对比不同方案的施工方式，有助于各参建方决策，提高会议效率，如图 4-16 所示。

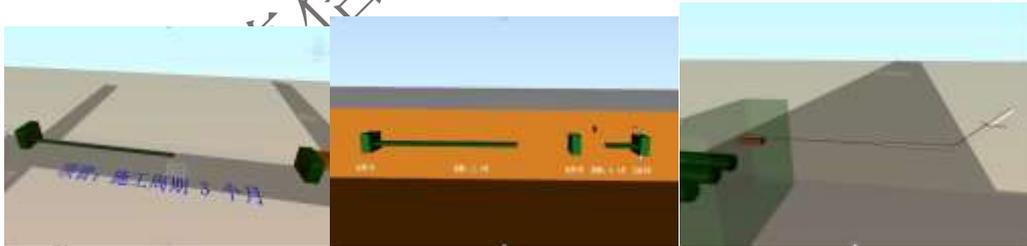


图 4-16 道路翻浇施工-三井施工-拖拉管施工三方案模拟截图

技术交底

通过 BIM 技术，针对复杂节点进行详细模型建模，一方面，通过模型的建立，对复杂节点的设计情况进行反向验证，另一方面，以方案模拟、施工动画的方式直观、高效向基层技术人员、施工班组表达出方案的意图，以及施工中各工序应重点注意的技术问题。达到快速提高技术人员、施工人员素质的目的，如图 4-17 所示。

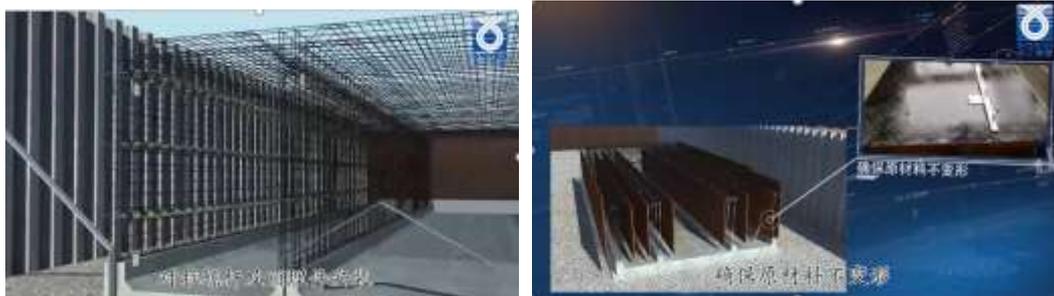


图 4-17 施工模拟动画截图

BIM 模型运用—施工实施阶段

质量安全管理

松江管廊全线多采用明挖现浇方法，基坑质量为工程质量管理的中中之重。项目采用基坑监测技术+BIM 管理平台+VR 安全教育的管理模式最大程度规避工程风险。

a) 基坑监测技术

在基坑支护布设基坑监测点，通过数据的采集可及时查看现场的监测情况。通过数据的采集和存储，可获得基坑监测以来的所有数据，形成监测曲线，为基坑安全及预警提供数据的积累，如图 4-18 所示。

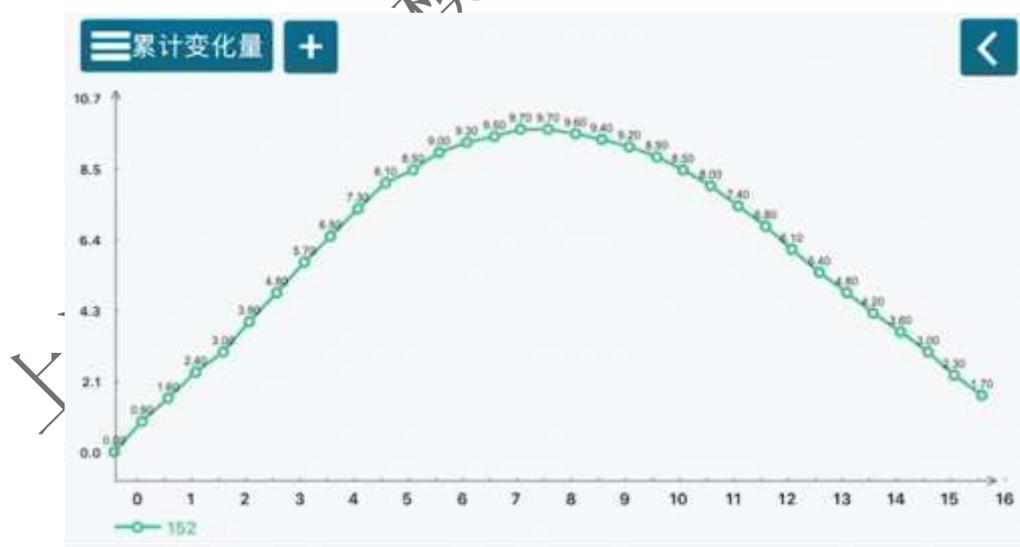


图 4-18 基坑监测数据

b) 基于 BIM 技术的质量安全管理平台

运用 BIM 平台移动端，将现场施工情况录入 BIM 模型，通过@相关人，对应负责人可直接通过模型结合相应质量、安全协作流程来了解现场施工情况，及时发现安全

及质量问题和隐患，在平台中记录及督促相应人员进行整改，可以有效提高项目管理协同效率，实现工程过程数据资料的可追溯性，规避问题追责不明确等问题。同时，通过后台的统计筛选，能够对质量、安全等协作问题按照一定时间进行分类统计，从而得出该阶段内项目质量及安全情况的数据总结，针对该阶段中安全、质量隐患所呈现的特点，对项目的质量安全进行有针对性的管理和整改，及时进行项目的管理调控，如图 4-19 所示。



图 4-19 BIM 系统平台截图

c) VR 安全教育

VR 安全体验可最大程度模拟真实场景下的安全事故，让施工人员通过视觉、听觉、触觉来体验不安全操作形式带来的严重后果，从而有效提高安全意识，预防安全事故发生，如图 4-20 所示。



图 4-20 VR 安全教育

进度管理

项目引进无人机+视频监控+BIM 管理平台的创新管理方式，实现由宏观至微观，由整体到构件，整体把控施工进度。

a) 航拍技术

利用无人机每月定点拍摄施工区域的实景影像，可从宏观上了解项目现场的整体施工进度。通过各阶段的对比，直观体现整体的施工进度变化，如图 4-21 所示。

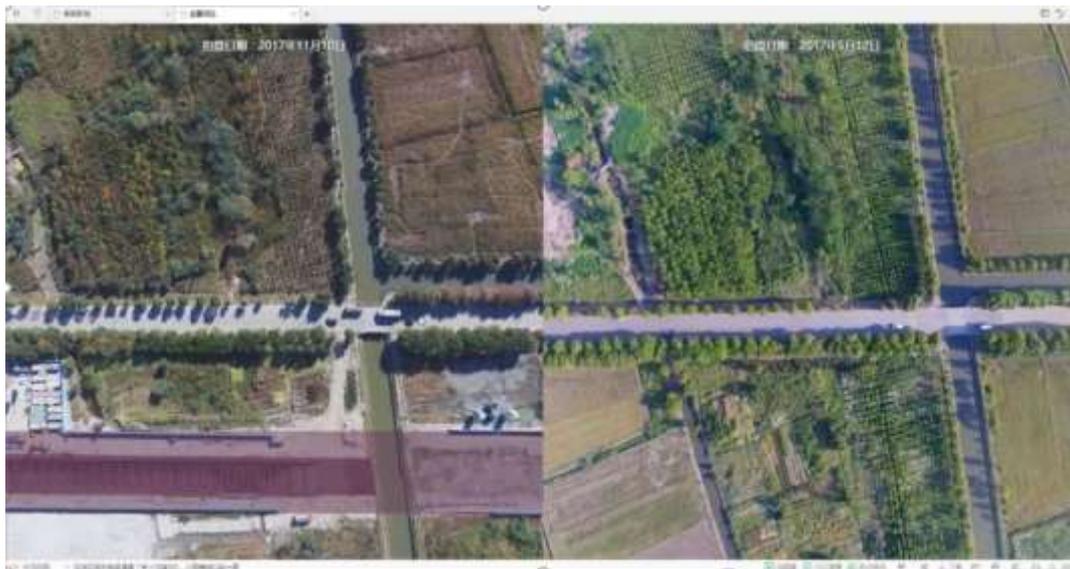


图 4-21 两进度对比

b) 视频监控技术

通过在现场布设视频监控点，以航拍全景图为底层平面，可更加直观展示的视频监控点点的相对位置。通过点击对应监控点位，快速了解施工现场情况，获取最直观的影像资料，如图 4-22 所示。



图 4-22 航拍与视频结合

c) 基于 BIM 技术的进度管理平台

通过将实际进度情况的影像资料通过线上协作，录入 BIM 系统平台，方便各个参建方从平台上获取工程实际施工情况的影像资料，减少由于多层级沟通而产生的信息衰减和变化，同时，将实际进度和计划进度录入 BIM 系统平台，管理层可快速获取实际进度与计划进度的偏差以及每道工序实际发生时间及完成时间，追溯偏差原因，从宏观上对项目进行把控，及时调整进度计划及资源调配，优化项目管理，如图 4-23 所示。

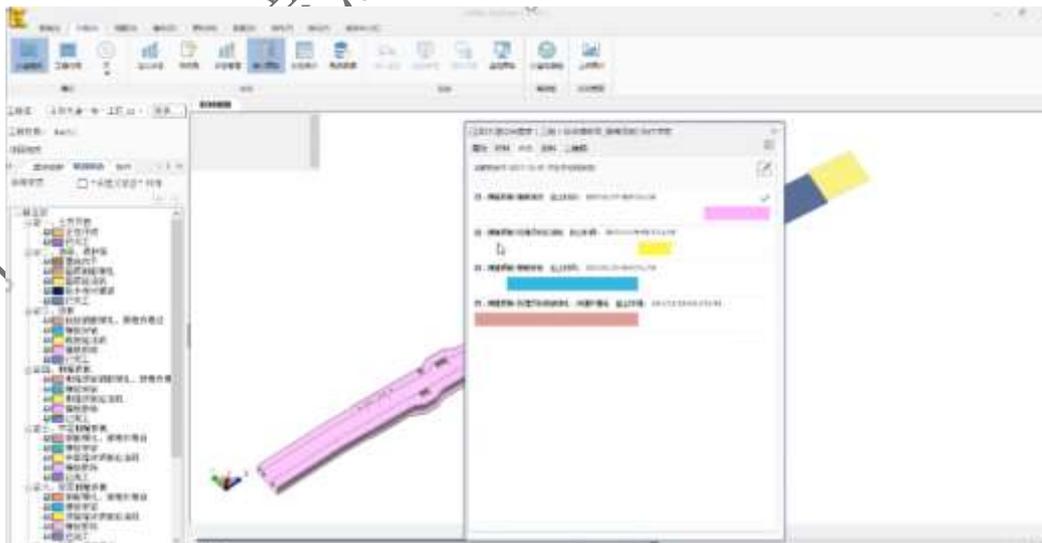


图 4-23 航拍与视频结合

资料数据管理

通过 BIM 平台的数据管理功能，实现资料的及时上传，并且在数据库中可以保证项目资料的永久保存。并且，通过 BIM 平台可以将导入的资料通过分类模板来进行资料规范分类存储，保证了资料的全面性。通过对相应人员在资料调取的权限分级制度，可以保证资料的安全性，保证对应的人员准确掌握相应的工程资料信息。

同时，BIM 系统平台实现资料与模型的一一挂接，从工程构件层面对资料进行分类，便于项目人员对资料的快速调取查看。以二维码为搜索端口，通过手机扫描二维码实现现场工作人员对数据的快速调用，如图 4-24 所示。



图 4-24 数据资料的快速调取

物料管理

通过三算对比，确定最适合项目的工程量表，将该数据与 BIM 平台的构件一一对应后，相关负责人可快速提取任意施工段的物料数据，节省相关人员工程量的计算时间，同时便于项目进行质检计量时，实际用量和设计量等信息的快速调取。并且通过从平台直接获取场地各区域的可容纳量数据，为场地容量分析提供数据支撑，如图 4-25 所示。



图 4-25 物料管理

4.4 BIM技术应用效益与测算方法

直观的经济效益

自项目引入 BIM 技术以来，从辅助设计图纸的优化，技术方案论证、三维技术交底等技术层面和质量安全管理，资料云平台存储，进度管控等管理层面论证，很大程度上提高了各岗位人员的工作效率，特别是在交底、沟通协调会议以及资料的调用效率上。据初步统计，BIM 技术在项目上创造的经济效益达到 189.5 万元，如图 4-26 所示。



图 4-26 经济效益认证截图

可推广的应用标准

通过 BIM 技术在松江管廊项目的试点运用，培养出一支专业的 BIM 技术团队，同时也整理出一套基于 BIM 技术的管理流程及制度，可运用于后期同类型项目的推广及运用，如图 4-27 所示。

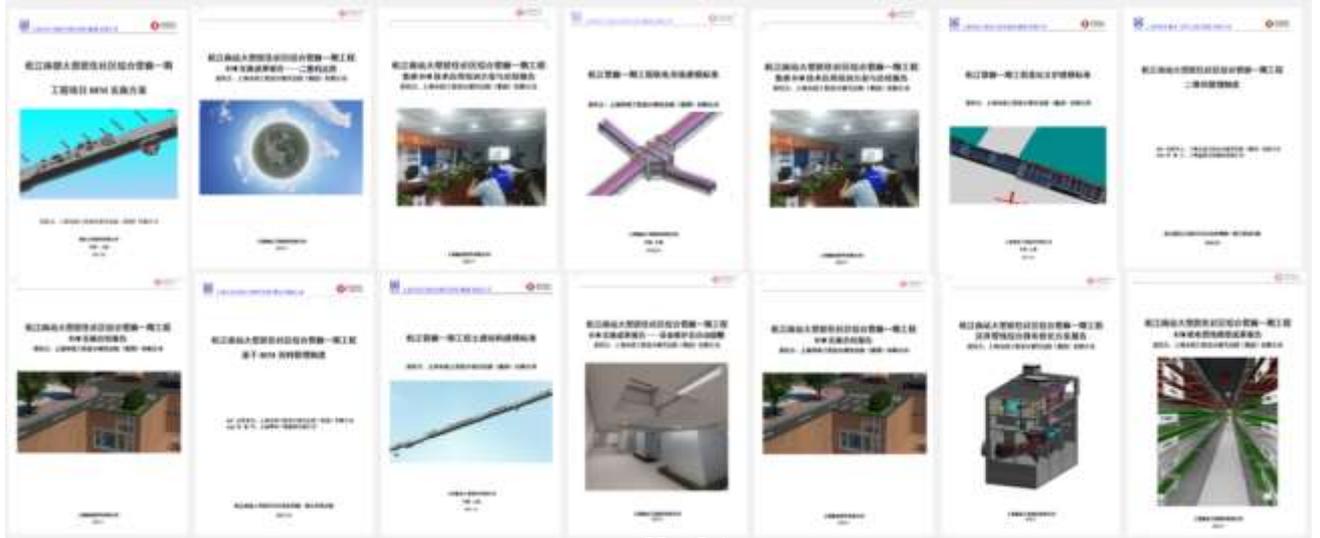


图 4-27 BIM 技术实施管理制度

社会效益

项目施工期间，在各大协会、上海建工集团及上海市政总院的支持与领导下多次主办、承办及参与观摩会，如智慧基建暨松江综合管廊项目 BIM 技术应用观摩会、2018 年工程建设行业绿色建造大会、2018 年度上海市绿色施工样板工程交流观摩会、工业化装配式市政工程建设技术大会等，累计观摩人数达 2000 余人。项目 BIM 技术的运用及成果受到各工程领域专家的一致认可，如图 4-28 所示。

同时，松江管廊项目也受到了社会的高度重视，各大电视台及媒体争相报导。先后受到了 20 多家电视台及媒体的报导。如松江电视台、看看新闻、新民晚报、上海工地等，如图 4-29 所示。



图 4-28 展览会及观摩会现场截图



图 4-29 媒体报导截图

荣誉证书

松江管廊项目自开工以来，先后获得近 30 个奖项，其中 BIM 技术相关奖项有的 6 项，BIM 技术辅助得分有 8 项。获得行业内的高度评价，如图 4-30 所示。



图 4-30 荣誉部分截图

4.5 BIM技术应用推广与思考

BIM 技术在项目开展初期，一定要确定好实施目标，并做好实施路线及规划。切勿边实施边提需求；BIM 技术不仅是咨询单位的事，也不仅是项目 BIM 中心的事，是

需要全项目甚至全公司共同参与进来，从行为习惯上改变，从管理思路改变。才能让 BIM 模型更具信息化，信息化更具价值。

BIM 技术是国家大力推动信息化浪潮下的必然产物，BIM 技术是信息化的抓手，带来的是项目管理标准化。管廊工程是国家近年来大力推行的新型工程，又是城市的“健康生命线”，承载着城市正常运行的各类民生工程。管廊的施工质量及后期运维是保证“百年运维”的基础，利用 BIM 技术，将设计、施工、运维全过程信息化，可视化，优化管理。打造精品项目工程，为智慧城市添砖加瓦。

上海建筑信息模型技术应用推广中心

五、上海轨道交通13号线建设阶段BIM技术的应用

5.1 项目概况

上海轨道交通13号线(Shanghai Metro Line 13)是上海一条正在建设中且运营中的轨道交通路线,分为一期、二期和三期工程。线路全长38千米,均为地下线,共有31座车站和2座车场,分别为北翟路停车场(与2号线共享)及川杨河辅助停车场(与11、16号线共享)。本线现已开通19站,二期工程长寿路站至世博大道站于2015年12月19日开通运营。二期剩余段(世博大道站—华夏中路站区间),三期(华夏中路站—张江路站)在建,预计于2018年贯通并试运营。全线工程总投资为198.68亿元人民币。

13号线线路走向图如图5-1所示。



图 5-1 13 号线线路走向图

5.2 BIM技术应用概况

近年来,我国城市轨道交通行业进入建设高潮时代,并呈现出建设规模越来越大的趋势。上海轨道交通十三号线地下穿越城市中心区域的多个繁华商业地块和多条地铁线路,施工环境复杂、情况多变,面临着建设成本高、建设环境复杂、建设管理难度大、

涉及专业众多以及资产管理难度大等问题。

建筑信息模型（Building Information Modeling，以下简称 BIM）技术的出现为我们提供了打破传统地铁建设管理模式瓶颈的突破口，被认为是继 CAD 技术之后工程建设领域出现的又一项重要的计算机应用技术。BIM 的核心就是利用 3D 建模技术搭建建筑工程项目的三维模型，同时为它添加完整的、实际的工程信息，使之成为一个包含有设计意图、项目资料、施工信息、材料信息及设计管理数据等方面信息的信息化的三维实体。以这个信息化的三维模型为基础，通过对项目信息的收集、交换、管理、存储和更新，为建设项目生命周期中的不同阶段和不同参与方提供及时、准确、足够的信息，用以支持不同阶段之间、不同项目参与方之间以及不同应用软件之间的信息交流和共享，使合适的人在合适的时间得到合适的信息，最终实现项目设计、施工、运营、维护效率和质量的提高，以及工程建设行业持续不断的生产力水平的提高。

上海轨道交通十三号线从 2011 年开始，在全国率先开展 BIM 全线应用示范，由业主方主导组建 BIM 执行团队，各职能部门设立专人对口 BIM 系统执行小组，建立系统运行体系，并在项目实施过程中不断调整完善体系；同时为了适应项目的进程，BIM 应用不断迭代更新，由 BIM1.0 逐渐发展为 2.0、3.0 以及至智慧运维，将 BIM 运用到工程建设全过程中，使 BIM 在本项目中的价值最大化，如图 5-2 所示。

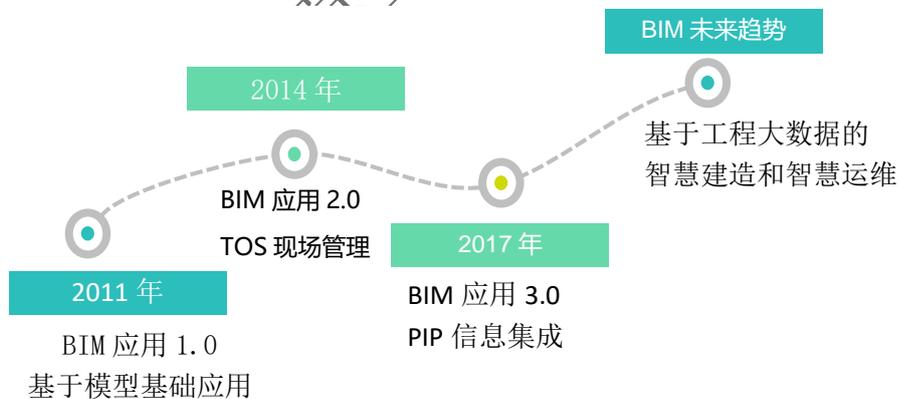


图 5-2 BIM 应用趋势

5.3 BIM技术应用成果与特色

勘察物探管理

由于轨道工程建设的特殊性，从地下穿越城市中心区域的多个繁华商业地块和多条地铁线路，施工环境复杂，情况多变，传统的二维图纸无法直观的将地下管线反映在图

纸上。通过 BIM 三维模型将工程与其周边探物成果、环境模型整合、分析，直观地看清楚拟建工程与地下障碍物的相对位置关系，为风险工程设计提出具体要求和提供科学依据，利于指导施工，如图 5-3 所示。



图 5-3 BIM 勘察物探应用

道路翻交管理

道路环境模型模拟包括管线搬迁和道路翻交模拟，传统二维设计带来的信息量限制及建设过程信息的缺失，给轨交项目施工带来了巨大的挑战。BIM 技术在虚拟环境中进行道路翻交及管线搬迁模拟，优化施工方案；将设施资产管理与设备运维管理集成到三维可视化平台，进行现场管理，提高了设计、建设和运维的效果及效率，提高运营可靠性和应急处理能力，降低了安全风险，如图 5-4 所示。

上海

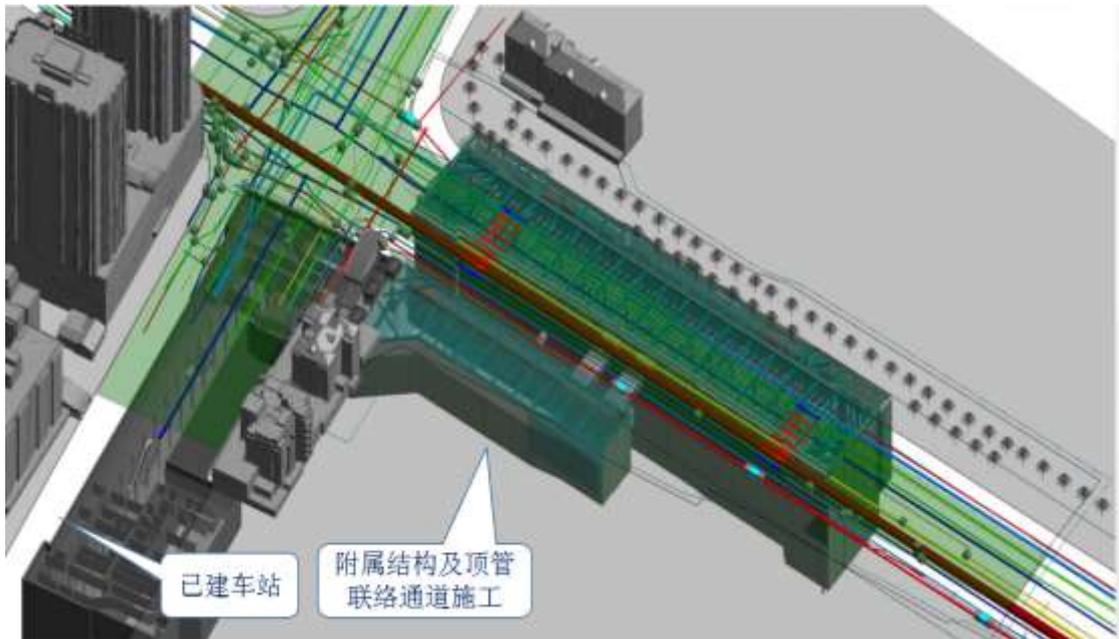


图 5-4 BIM 道路翻交管理应用

设计协调管理

建立统一的 BIM 数据集中存储与管理平台及其应用规范,保证各专业交付数据的及时性与一致性,并建通过交流平台立良好的沟通机制,对设计任务进行合理的任务分配及模型管理,按角色、标段、专业、功能等分层级、多维度进行任务划分。依据项目开展的不同人员角色,分配不同的权限,确保能够相互得到及时准确的信息,工作开展顺畅有序,如图 5-5 所示。

自主研发 TOS-PIP 管理平台,随时随地访问工程文件,浏览“可视化的文件资料库”;基于 BIM-GIS 大场景浏览与分析---“可视化的工程关系库”;支持在线添加批注,并可发起事件,方便项目团队进行文档审阅,沟通与协作;自动记录保留文档所有历史版本,方便追溯、查阅文档历史信息,并可进行评论、下载等操作;可直接发送云内容地址给相关参建方,有效管理事件往来。

[车站]结构		车站										
[车站]结构		进站	购票	检票	安检	候车	换乘	出站	人防系统	安防系统	消防系统	综合系统
1	行车控制	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
2	站厅	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
3	车控	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
4	票务	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
5	安检	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
6	候车	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
7	出站	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
8	车站	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
9	换乘	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
10	站厅	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
11	人防系统	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入
12	安防系统	入	出	入	出	入	出	入	出	入	出	入

图 5-5 BIM 接口总览

建设进度控制

通过将 BIM 与施工进度计划相连接，可以直观、精确地反映整个建筑的施工过程。施工模拟技术可以在项目建造过程中合理制定施工计划、4D 精确掌握施工进度，优化使用施工资源以及科学地进行场地布置，对整个工程的施工进度、资源和质量进行统一管理和控制，以缩短工期、降低成本、提高质量。根据项目建设进度建立和维护 BIM 模型，实质是使用 BIM 平台汇总各项目团队所有的建筑工程信息，消除项目中的信息孤岛，并且将得到的信息结合三维模型进行整理和储存，以备项目全过程中项目各参与方随时共享。

在“进度计划”模块中将施工进度计划导入平台，在平台中做好模型关联，并将各分部分项工程分配给各负责人。制作好计划后推送给生产经理审核，审核后经总工程师在平台中确认。随后，该进度计划就通过平台自动推送各负责人进行落实。负责人以周为单位在“进度追踪”模块中进行实际施工进度的录入。通过此应用，有效提高了对整个项目进度管理的精细度和控制力度，如图 5-6 所示。

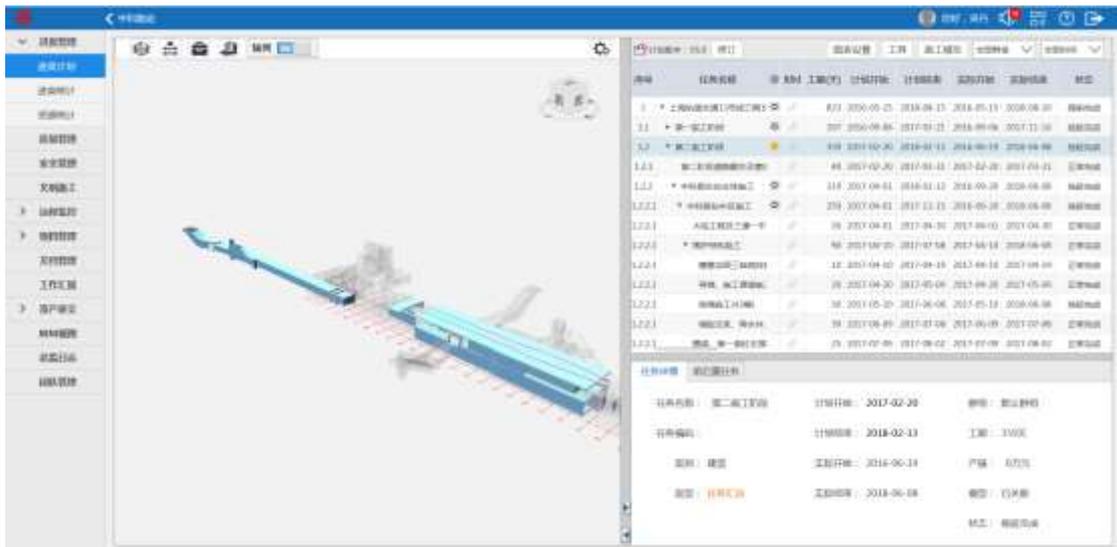


图 5-6 进度控制

质量、安全、文明施工管理

通过整理了城市轨道交通质量关键控制点、重大风险源数据库和文明施工措施要点，在平台中利用“项目管理员”角色账号使其与分部分项工程一一对应。随着施工的推进，平台自动推送质量安全控制任务推送给总包和分包责任人，并推送给项目管理员设定的业主和监理相应责任人，通过“发起、经办、督办、验收”的事件闭环管理流程，有效地落实了各类施工任务，如图 5-7 所示。

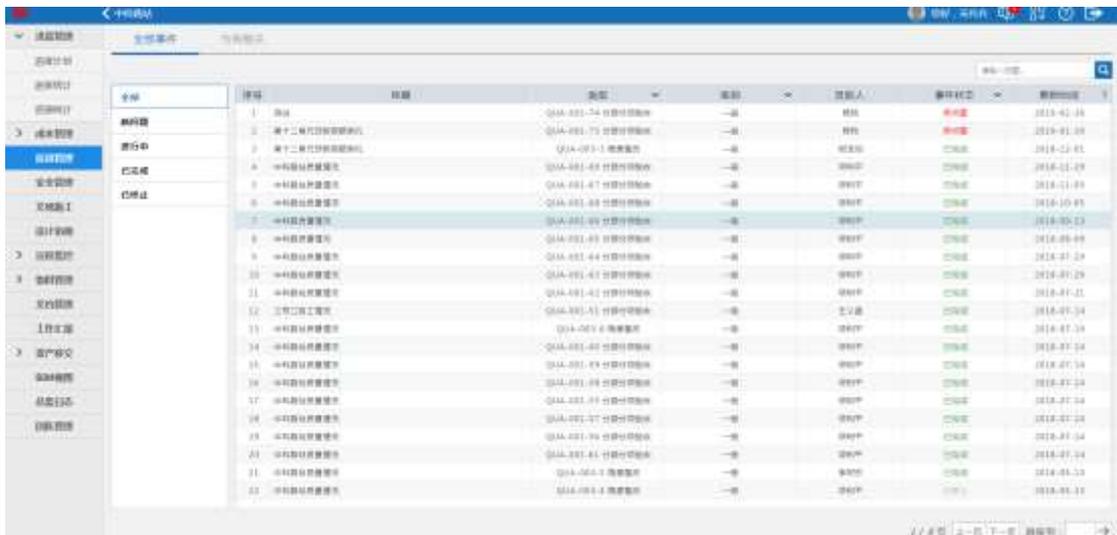


图 5-7 质量管理事件列表

远程监控管理

在平台中整合主体结构、周边环境、场地布置、围护结构、道路管线等 BIM 模型，搭建监测模型，并将监测点与其所监测的实体构件相关联，将监测结果实时反映到三维场景，同时形成各种监测结果的分析报表，并按安全隐患的级别自动推送给总包和分包

相应负责人。系统根据后台设定的阈值，在三维视图中标示预警信息，并自动推送预警通知到相关责任人。负责人在收到预警信息的同时便可通过平台移动端 APP 查看工程图纸、空间位置、围护方案、周边建筑管线等工程信息，大大提高隐患排查和突发事件响应的时效性，如图 5-8 所示。



图 5-8 工程监测看板

上海建筑信息模型技术

5.4 BIM技术应用效益及测算方法

根据 BIM 投资效益分析，仅根据 13 号线一期工程中直接收益测算，BIM 的投资回报率已达到 225.9%，如表 5-1 所示。

表 5-1 BIM 投资效益分析

BIM投资 效益分析	BIM收益	直接收益	协同设计所避免的设计错误产生的成本节约	节约不合理设计产生的成本	各专业碰撞检查产生的成本节约 节约一般性的绘图错误产生的损失
				节约各专业文件差异产生的成本	
				节约设计条目缺失带来的损失	
			BIM精细化管理在招投标阶段的成本节约	土建招标	
				机电招标	
			方案优化产生的成本节约	设计方案比选优化产生的成本节约	
				空间优化产生的成本节约	
				施工方案模拟优化产生的成本节约	
			避免项目工期延期带来的损失	项目参与方的日常费用	
				项目管理费用	
				合同违约金	
				贷款利率	
			BIM精细化管理避免的质量和安全隐患		
间接受益	信息化移交节约运营成本				
	节能既环保性能提升				

项目可测算收益	每站点估计(万元)	站点数	合计(万元)	在上海市地铁13号线一期工程中，项目直接投入BIM成本1078.3万元，由此带来的BIM直接经济收益为节省了项目开支3315万元，BIM投资回报率为225.9%。	
碰撞检测带来的成本节约	55.00	13	715.00	ROI :	0.712225899
BIM在招投标阶段的成本节约	1.00	13	13.00		
BIM应用于全过程方案优化的成本节约	40.00	1	40.00		
其他					
合计	56.00		768.00		

5.5 BIM技术应用推广与思考

本项目的 BIM 应用对我国的建筑信息化产业具有里程碑的意义，引领轨道交通行业信息技术应用走向更高的层次，大大提高建筑工程的集成化程度，必将推动我国轨道交通行业迈入一个崭新的数字化新时代。

六、BIM技术在公路工程中的综合应用解决方案

6.1 项目概况

德州至上饶国家高速公路合肥至枞阳段是安徽省高速公路“五纵九横”规划网中“纵三”的一部分，路线全长 134 公里，批复概算金额 104.59 亿元。全线采用双向 4 车道高速公路技术标准，设计速度 120 公里每小时。项目沿线途径合肥市、六安市、安庆市、铜陵市，位于合肥经济圈与皖江城市带承接产业转移示范区结合部，本项目的建设对加快皖江地区整体开发开放，带动沿线城市的经济与社会发展具有十分重要的意义。对于进一步改善安徽省高速公路网布局，加强区域综合交通运输发挥着重要的作用。

在交通部倡导绿色公路理念，提倡公路建设大型化，工厂化，标准化施工的大背景下，本项目广泛采用了装配式桥面板轻型预制 T 梁、装配式钢板组合梁桥、装配式桩板路基和装配式下部结构等多项新技术，力争将项目打造成绿色公路的示范项目，实现工程品质的全面提升。

合枞高速为交通运输部第一批公路 BIM 技术应用示范项目，承担全寿命周期 BIM 技术应用示范任务，如图 6-1 所示。



图 6-1 项目效果图示意

6.2 BIM技术应用概况

工程范围

本工程全线包含道路 134 公里，特大桥 4 座、大桥 17 座，中、小桥 13 座，分离立交桥 32 座；长隧道 1 座；设铭传、山南、舒城西、汤池、吕亭、吕亭南（枢纽）、孔城、浮山 8 处互通立交；设 3 处服务区，3 处养护工区，7 处匝道收费站等配套设施。

应用目标

本项目作为交通运输部批准的第一批公路 BIM 技术应用示范项目，积极响应并落实交通运输部提出的技术应用要求，从 BIM 角度上来解决项目实施过程中遇到的问题，拟从技术和管理两个层面上来进行提升和管控。

在技术层面上，针对各阶段的 BIM 应用进行验收，制定模型交付规范，整合模型并轻量化，用以集成应用；针对本项目是集团公司“大工业化示范项目”的特点，建立工业化结构构件库，为今后工业化建造项目奠定数据基础；对一般性和关键技术应用进行区分，对关键技术进行攻关突破，制定专项方案，如倾斜摄影技术、BIM 钢筋下料技术等，提高项目的推进效率。

在管理层面上，对参建各单位成果提出交付标准要求，并指导其完成；搭建管理平台，组织各单位协同工作，做到项目有序、高效的运行；针对运维服务，建立全寿命周期的数据管理方案，全面提升管理水平。

通过以上两个层面的工作，主要达成以下目的：

- (1) 建立健全相关 BIM 技术标准、指南与规范，为今后项目开展树立应用示范。
- (2) 服务项目全寿命周期各个阶段的相关工作，实现工程建设与运营管理的提质、增效、降低成本与管控风险。
- (3) 梳理并完善 BIM 管理流程，对管理人员、资源配置提出合理化建议，为今后项目的开展做好知识和人才储备。

集成解决方案

本项目 BIM 集成应用解决方案如图 6-2 所示，主要分为设计阶段、施工阶段和运维阶段的应用，目前在项目的建设过程阶段以设计和施工集成应用为主。

BIM技术在公路工程中的综合应用解决方案

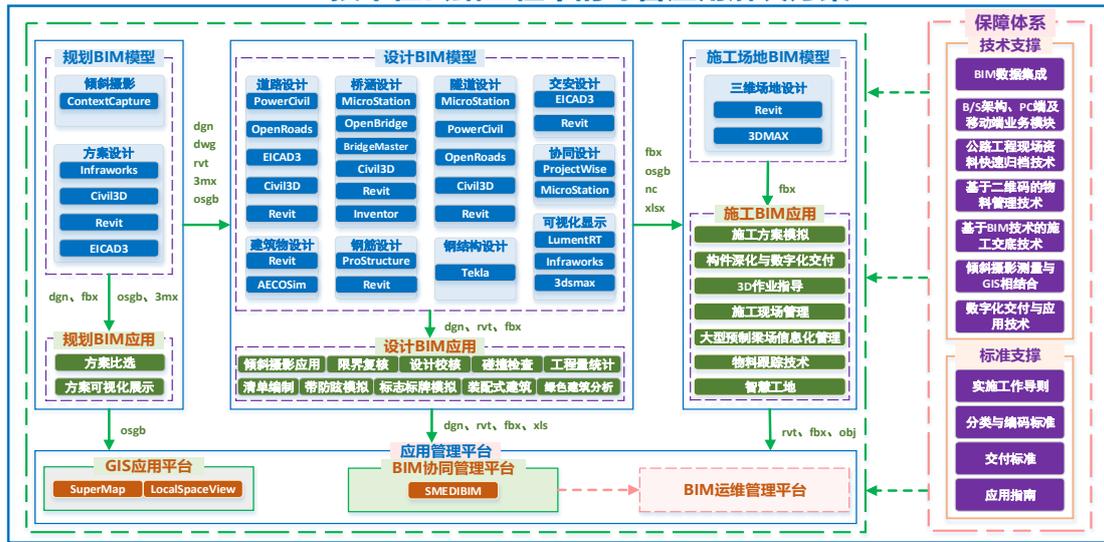


图 6-2 BIM 集成应用解决方案

组织架构

为保障本项目 BIM 应用工作的顺利实施，组建 BIM 技术领导小组，全面负责本项目 BIM 应用工作的推进。BIM 技术领导小组组长由建设方分管领导担任，组员由各参建单位分管领导组成。

领导小组下设 BIM 实施管理办公室。BIM 实施管理办公室主任由项目公司分管领导担任，办公室成员由项目公司有关科室领导、参建单位项目经理组成，负责本项目 BIM 应用目标的落实及日常工作的安排，协调处理 BIM 技术应用过程中存在的问题。BIM 实施管理办公室下设若干技术组，组织机构如图 6-3 所示：

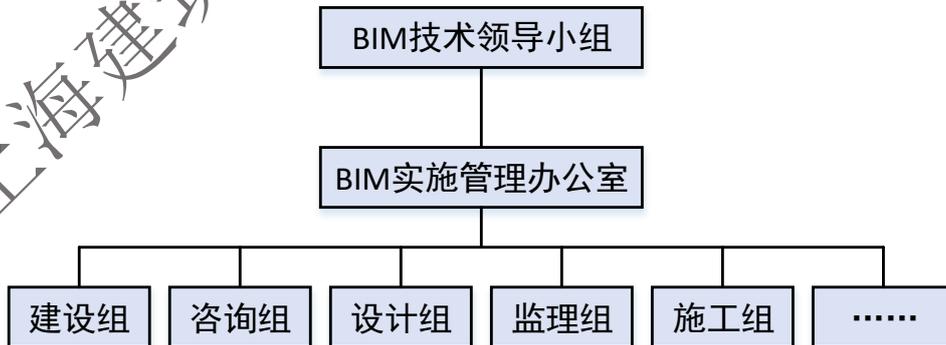


图 6-3 组织架构

6.3 BIM技术应用成果与特色

标准制定

为了保证项目的顺利开展，在项目前期，建立了如下 BIM 标准：

(1) 《公路工程建筑信息模型分类与编码标准》

项目参考相关标准、规范，编写了项目级分类编码标准，首次提出了公路工程施工工艺分类表。施工工艺决定了构件所需资源、工期、相关危险源、质量控制要点等信息，是施工阶段进行信息交互必不可缺的信息要素。

本项目还建立了公路工程构件编码体系，用于链接构件全生命周期数据。

(2) 《公路工程建筑信息模型交付标准》

本项目针对项目全生命周期管理的需要，明确设计模型应遵循的模型拆分方法及应包含的相关属性，对文件命名、构件拆分、几何精度、信息丰富度、交付流程等内容进行规定。

项目以“数据完整”为目标，采用兼容性高、可实施性强的“数据模板”非几何信息交付方式。

(3) 《质量管理单元划分手册》及《建模与编码手册》

BIM 模型的分解结构应与施工管理分解结构相适应。本项目结合 BIM 应用需要对分部分项划分方式进行调整、细化，形成《质量管理单元划分手册》；按设计人员建模习惯编写与之对应的《建模与编码手册》，打通设计与施工之间的信息鸿沟。

(4) 《公路工程建筑信息模型应用指南》

对应本项目制定的 BIM 技术应用目标，明确应用的资源需求、应用流程、应提交的成果等内容。

在上述工作成果的基础上，依托于本项目的《公路工程建筑信息模型分类与编码标准》、《公路工程建筑信息模型交付标准》已列入安徽省地方标准编制计划。

在上述工作成果的基础上，已成功申报安徽省《公路工程建筑信息模型分类与编码》、《公路工程建筑信息模型交付标准》编制任务，相关工作正在开展中。

模型建立

本项目分别基于欧特克平台与 Bentley 平台建立构件级设计模型，设计人员依据

交付标准同时提交几何模型和 EXCEL 格式的非几何信息，共建立道路、桥梁、隧道、房建、机电交安设施等构件级模型近 24 万个，向施工阶段提供有价值信息超过 1000 万条，模型如图 6-4 至图 6-7 所示：

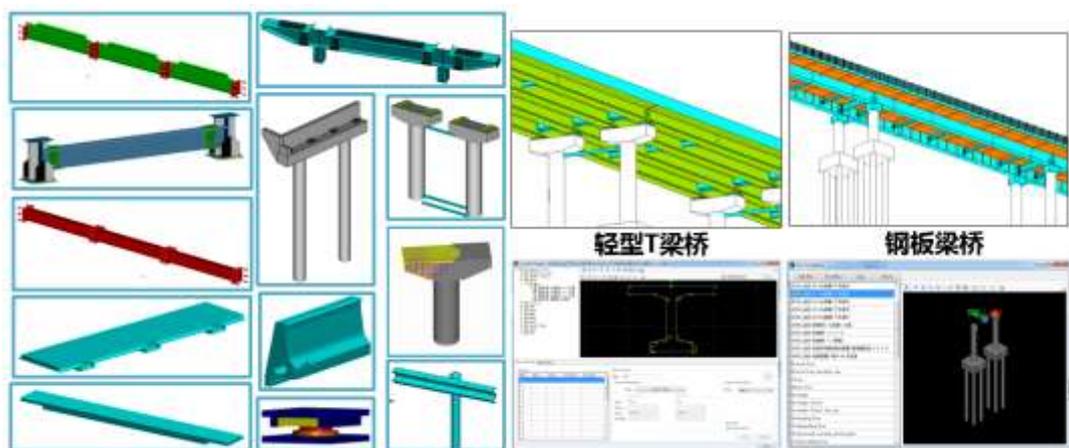


图 6-4 桥梁构件

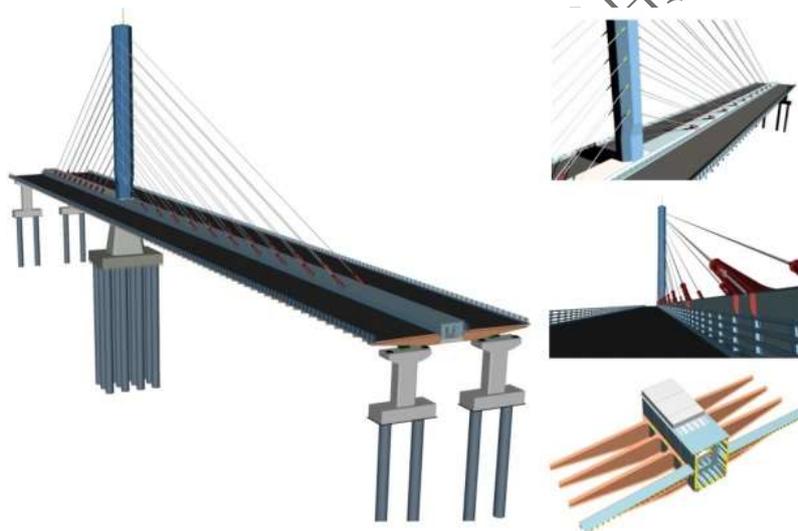


图 6-5 特大桥模型



图 6-6 互通模型

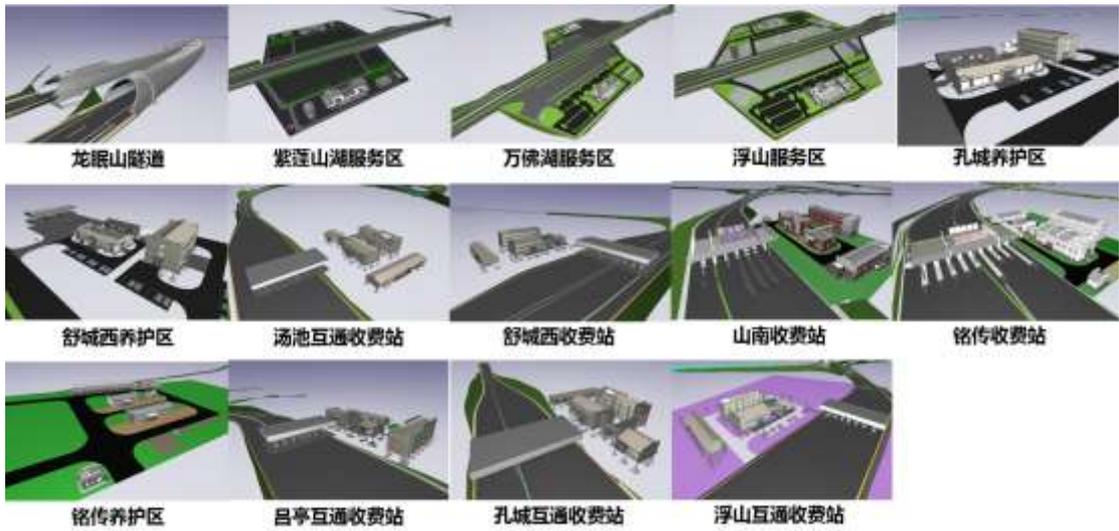


图 6-7 隧道与房建模型

模型应用

设计方案的优化

将不同设计方案集成到倾斜摄影三维模型中，直观反应不同方案与周边环境的空间位置关系，优化设计方案，如图 6-8 所示，承台漏出地面且在路上，设计不合理，如图 6-9 所示，改路改到人口密集区了，影响出行。



图 6-8 设计方案优化 1

防眩模拟

本项目以最不利路段为检验对象，利用 BIM 模型进行真实的第一视角驾驶模拟，对防眩设施高度进行验证。通过模拟发现：防眩设施高度符合设计规范要求，但部分路段存在超出理论视距范围的眩光。在交通量较大的情况下，连续眩光照射会对行车安全造成一定影响，如图 6-11 所示：



图 6-11 防眩模拟

标志标牌模拟

利用 BIM 软件模拟工程与周边环境的三维空间，通过驾驶模拟、漫游等形式提供身临其境的视觉、空间感受，及时发现不易察觉的标志标线设计缺陷或问题，减少由于事先设计不周而造成的损失，如图 6-12 所示：



图 6-12 标志标牌模拟

工程量统计

利用建模软件对构件长度、面积、体积计算功能以及族库/构件库中预设的属性参数，自动提取有效工程量信息，将工程量信息与分类编码进行人工挂接；依据模型信息完成工程量统计。由于现有软件不支持同时导出要素描述（即可识别的文字）与要素编码（即分类编码），为保证设计人员可识别性，在预设属性参数中参数名采用了要素描述，在数据模板中由人工添加对应的要素编码，如图 6-13 所示：

构件编码	型号	C30砼-现浇 (上下)	钢筋 28kg	钢筋 25kg	钢筋 22kg	钢筋 20kg	钢筋 18kg	钢筋 16kg	钢筋 14kg	钢筋 12kg	钢筋 10kg	钢筋 8kg	钢筋 6kg	钢筋 4kg	钢筋 2kg	钢筋 1kg	钢筋 0.5kg	钢筋 0.2kg	钢筋 0.1kg
02-05-0120-0010102-0017-001	001102a1-钻孔灌注桩-桩-水上φ1200	18.1																	
02-05-0120-0010102-0017-002	001102a2-钻孔灌注桩-桩-水中φ1400	27.7	1912.3	28.0	27.0	234.0	254.9138	11.227916	1.51										18
02-05-0120-0010102-0017-003	001102a3-钻孔灌注桩-桩-水中φ1400	27.7	1912.3	28.0	27.0	234.0	254.9138	11.227916	1.51										18
02-05-0120-0010102-0017-004	001102a4-钻孔灌注桩-桩-水中φ1400	27.7	1912.3	28.0	27.0	234.0	254.9138	11.227916	1.51										18
02-05-0120-0010102-0017-005	001102a5-钻孔灌注桩-桩-水中φ1400	30.8	1702.9	30.1	27.0	259.2	282.8216	12.2246	1.51										20
02-05-0120-0010102-0017-006	001102a6-钻孔灌注桩-桩-水中φ1400	30.8	1702.9	30.1	27.0	259.2	282.8216	12.2246	1.51										20
02-05-0120-0010102-0017-007	001102a7-钻孔灌注桩-桩-水中φ1400	30.8	1702.9	30.1	27.0	259.2	282.8216	12.2246	1.51										20
02-05-0120-0010102-0017-008	001102a8-钻孔灌注桩-桩-水中φ1400	30.8	1702.9	30.1	27.0	259.2	282.8216	12.2246	1.51										20

通过软件导出的构件信息（按数据模板要求）

图 6-13 工程量统计

清单工程量计算

本项目建立了清单子目与构件属性间的链接关系，通过构件属性计算生成针对每个构件的清单工程量。以桥梁桩基为例，咨询方对设计模型的数据模板验收后，补充与属性对应的信息编码，然后利用 VBA 程序从数据模板中获取设计数据，根据清单子目与属性的链接关系，生成清单编码，如图 6-14 所示：

分类代码	构件类型	型号	清单编码	计算规则	计算量
020102	桩基	001102a1-钻孔灌注桩-水中φ120405-1-a-1	桩基	64-030400	
020102	桩基	001102a1-钻孔灌注桩-水中φ120405-1-a	光面钢筋	63-150504	
020102	桩基	001102a2-钻孔灌注桩-水中φ120405-1-b	等轴钢筋	63-150301, 63-150302, 63-150303, 63-150304, 63-150305, 63-150306, 63-150307, 63-150308	
020102	桩基	001102a3-钻孔灌注桩-水中φ120405-1-b-2	声测管	64-030400	
020102	桩基	001102a3-钻孔灌注桩-水中φ120405-1-a	光面钢筋	63-150504	
020102	桩基	001102a4-钻孔灌注桩-水中φ120405-1-b	等轴钢筋	63-150301, 63-150302, 63-150303, 63-150304, 63-150305, 63-150306, 63-150307, 63-150308	

图 6-14 清单工程量计算

BIM 协同管理平台

本项目以构件为基本模型单元，建立了包含几何外形、设计参数、清单数据、物

料数据、2D 图纸的数据中心，通过 BIM 协同管理平台，实现基于 BIM 技术的协同管理。在施工过程中，构件的进度信息可以触发安全预警和质量验收提醒，质量验收后可以触发计量提醒，计量数据可直接从模型中获取。构件信息遵循构件编码标准和信息分类与编码标准，施工单位可通过数据接口从数据中心获取构件原材料数据，辅助制定施工组织计划；智慧工地的工程数据也能即时传递给数据中心，为施工管理提供帮助。系统总体架构如图 6-15 所示，功能如图 6-16 所示：

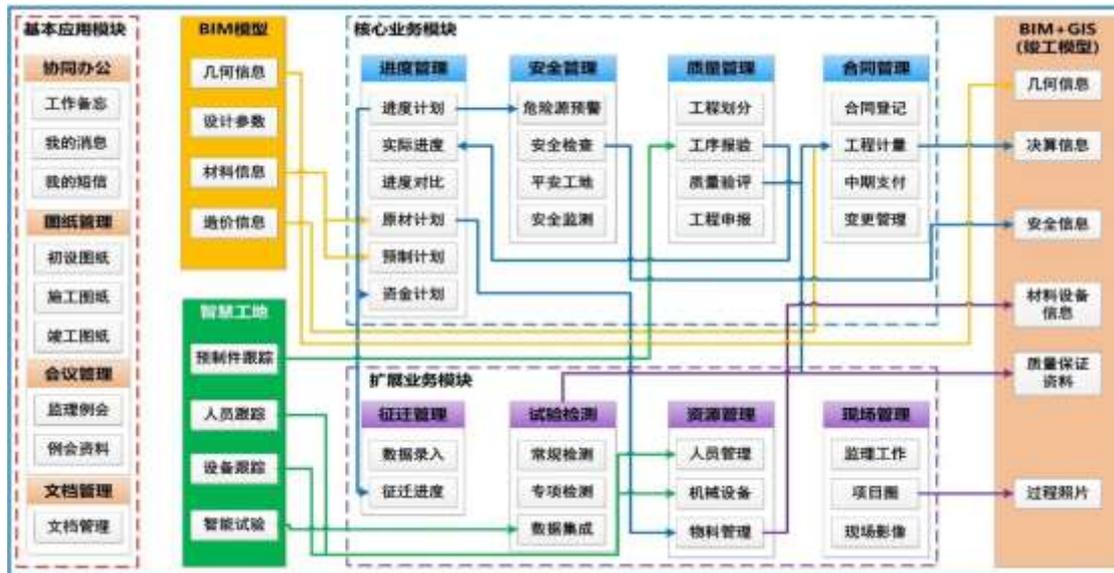


图 6-15 总体架构图



图 6-16 系统功能

6.4 BIM技术应用效益及测算方法

经济效益

(1) 通过 BIM 技术对施工图进行校核，发现图纸不一致性、预制装配构件的不合理性等问题，预期减少被动变更近亿元。

(2) 利用信息化手段改进项目管理模式，减少因材料短缺、施工组织不合理造成的工期延误，缩短建设工期。

(3) 减少材料堆积、工人窝工的现象，避免技术性失误，为施工方节约施工成本。

社会效益

(1) 倾斜摄影技术的应用，为设计人员合理规划线路提供辅助，对减少拆迁量，减少对树木、水域、旅游区的破坏，降低对环境的影响有一定帮助。

(2) 借助 BIM 技术对施工交通进行组织，可以最大限度降低施工对周边城镇居民出行的影响。

(3) 利用 BIM 技术进行智能安全预警，可减少施工过程中的安全事故。

6.5 BIM技术应用推广与思考

应用推广

(1) 管理模式

通过本项目的 BIM 实施，充分证明了以建设方位主导，BIM 总体咨询支撑，各参建方共同参与的管理模式的优势，在该模式下，保证了 BIM 技术的落地，并真正在项目上发挥作用。

(2) 技术标准

在项目前期，制定项目级的 BIM 标准体系，能够有效规范 BIM 实施过程中的各种行为，对于项目实施具有十分重要的意义，通过本项目对标准的检验和完善，可为后续类似项目的实施提供技术保障。

(3) BIM 协同管理平台

公路工程建设存在工地面积大、人员多、设备物资分散、管理作业流程琐碎等

特点，采用传统的人工巡视、手工纸介质记录的工作方式，难以满足大型项目管控的要求。BIM协同管理平台是全过程BIM技术应用的关键工具，可借助其实现项目质量、进度、安全、成本等管理要素的全方位协同管理，实现精细化、扁平化管理目标，提高管理效率，降低管理成本，通过本项目的实施，可为市政基础设施工程的建设管理提供借鉴。

应用展望

（1）从单纯技术应用向与项目管理集成应用转化

BIM 技术可有效解决项目管理中生产协同、数据协同的难题，目前正在深入应用于项目管理的各个方面，包括成本管理、进度管理、质量管理等方面，与项目管理集成将成 BIM 应用的一个趋势。BIM 技术可为项目管理过程提供数据有效集成的手段以及更为及时准确的业务数据，可提高管理单元之间的数据协同和共享效率。BIM 技术可为项目管理提供一致的模型，模型集成了不同业务的数据，采用可视化方式动态获取各方所需的数据，确保数据能够及时、准确地在参建各方之间得到共享和协同应用。

（2）从单机应用向基于网络的多方协同应用转变

物联网、移动应用等新的客户端技术迅速发展普及，依托于云计算、大数据等服务端技术实现了真正的协同，满足了工程现场数据和信息的实时采集、高效分析、及时发布和随时获取，形成了“云+端”的应用模式。这种基于网络的多方协同应用方式可与 BIM 技术集成应用，形成优势互补。一方面，BIM 技术提供了协同的介质，基于统一的模型工作，降低了各方沟通协同的成本；另一方面，“云+端”的应用模式可更好地支持基于 BIM 模型的现场数据信息采集、模型高效存储分析、信息及时获取沟通传递等，为工程现场基于 BIM 技术的协同提供新的技术手段。

（3）从标志性项目应用向一般项目应用延伸

随着 BIM 技术的不断成熟和 BIM 价值的不断显现，企业对 BIM 技术认识的进一步深入，应用范围逐步扩大，项目经验也更加丰富，从最初应用于一些大规模、标志性的项目，发展到近两年已开始应用到一些中小型项目，基础设施领域也开始积极推广各类项目的 BIM 应用。

七、以自动化检查技术为主的云平台集成解决方案

7.1 项目概况

前滩九宫格 41#、42#、47#、53#地块住宅项目地处前滩国际商务区，是上海市第三批上海市智慧园区试点单位及 3.0 版城市模板的重要组成部分。

本项目具体位置位于上海市浦东新区前滩，东至芋秋路，南至翠溪路，西至园照路，北至前滩大道。共包括四个地块，分别为 41 地块、42 地块、47 地块、53 地块。四个地块地下部分均包含两层地下停车库，地上为中高层住宅及配套商业。项目总用地面积 42266 m²，其中 41-01 地块 10204.4 m²，42-01 地块 13314.2 m²，47-01 地块 9732.4 m²，53-01 地块 9015 m²。项目总建筑面积为 171347.15 m²，计算容积率面积为 94150.48 m²；地上建筑面积 94862.37 m²，地下建筑面积 76484.78 m²，共有 21 个新建单体，如图 7-1 所示。



图 7-1 鸟瞰（效果）图

7.2 BIM技术应用概况

BIM 技术应用背景

前滩国际商务区做为第三批上海市智慧园区试点单位及 3.0 版城市模板，自 2015 年起，前滩国际商务区全力推进“互联网+智慧前滩”发展战略，正式启动智慧前滩的建设工作，开发了基于 BIM 的前滩智慧园区综合管理信息系统，制定了园区内可视化管理的先进思路。

智慧前滩建设要点包括：

一是实体前滩+“虚拟前滩”。

二是建立统一的规范化标准体系。

三是两个平台和三个系统应用，开发了两个平台，即综合管理平台和公众服务平台，三个主要的系统应用是指工程进度监控系统（BIM+GIS）、园区建筑运营系统（BIM+IBMS）、物业运行管理系统（BIM+FM）。

为响应智慧前滩的建设，参建单位各方协力在前滩前滩九宫格 41#、42#、47#、53# 地块住宅项目中进行了全过程 BIM 技术应用探索，致力于集成更好用、更易用、更能用的信息，与前滩智慧园区综合管理信息系统的数据对接，完成 3.0 版本城市模板中的 3.0 版本住宅建筑建造，助力于打造新型国际城市综合体，完成宜居 BIM 模板数据存档，为其他住宅建造提供参照。

BIM 技术实现目标

为更好辅助项目建造，制定了“1+3”BIM 技术应用目标体系，即时围绕项目总体目标，制定“1 个过程目标”+“1 个示范目标”+“1 个探索目标”，以便指导项目 BIM 开展方向。

总体目标：通过 BIM 技术完成 3.0 版前滩区域的高端租赁住宅建造，集成更准确、更好用的完整项目信息数据，助力于与前滩智慧园区综合管理信息系统的数据全对接。

建造过程目标：建造全过程 BIM 应用目标，如表 7-1 所示。

表 7-1 建造过程目标

阶段	应用目标
方案设计阶段	通过对场地及建筑进行系列模拟分析，从而提高建筑绿色、安全及合理性。通过模型搭建及模拟分析，为设计方案比选、初步设计图纸完善起到保障性作用。
初步设计阶段	搭建各专业模型，对土建的平、立、剖面进行检查，将模型进行剖切修正，导出平、立、剖面图，形成初设阶段的土建模型及二维图纸，并完成各类型明细表，作为经济技术指标。
施工图设计阶段	通过可视化模型最大程度地减少传统设计可能产生的错、漏、碰、缺等错误，对设计进行优化和调整，提高设计质量。
施工阶段	对项目中的重要施工环节、施工现场平面布置等施工指导措施进行模拟和分析，可以提高施工组织计划的可行性；使施工进度及各施工环节的过程可视化，优化施工资源，为本工程的顺利实施提供保障。
运维阶段（待进行）	将客观数据落实到 BIM 模型，形成全专业数据竣工模型，达到与陆家嘴管理平台的数据全对接的要求。

住宅示范目标：本工程 BIM 的实施可为同类工程提供有益的示范。同时构建一批适用于高端租凭住宅的构件、设备族库，为同类工程借鉴和重复使用。

创新探索目标：完成自动化检查技术实践，以实际项目为载体，完成与智慧前滩的衔接，致力于形成更好用、更易用、更能用的数据集成方案探索与实践。

BIM 技术方案特点

BIM 应用环境：云平台集成解决方案。

本项目 BIM 实施全过程基于云平台的集成 BIM 应用环境。

在云平台的基础上，集成部块主要有 BIM 软件系统集成、企业运营管理系统集成、数据管理系统集成、高清即时会议系统集成，提供基于云端的 BIM 应用开展，为项目团队及各参与方提供了统一联合办公的协作环境。

BIM 融合应用：BIM+。

在项目实施全过程中，BIM 技术应用对绿色建筑、装配式、成本管理、VR 等重难点

进行集成化“BIM+”技术应用。在项目全周期过程中将各项“BIM+”技术得到了充分应用，为提高项目质量及工期提供可靠保障。

BIM 核心应用：自动化检查技术。

自动化检查技术主要分为两部分：BIM 模型质量自动化检查、设计与施工合规自动化检查。

本项目以“合规模型 + BIM 应用”的模式开展项目全过程的 BIM 技术应用实施，完成了从方案设计到施工阶段的十余项 BIM 技术应用。自动化检查技术做为基础性，全过程保证数据的合规性。提供准确的数据模型的同时，对应用过后的模型数据能再次检查，快速对模型质量进行验收。

应用阶段

本项目 BIM 技术应用阶段为：设计阶段、施工阶段、构件预制阶段、运维阶段。

组织模式

本次 BIM 组织模式采用全生命周期 BIM 总协调方主导实施的模式，如图 7-2 所示。

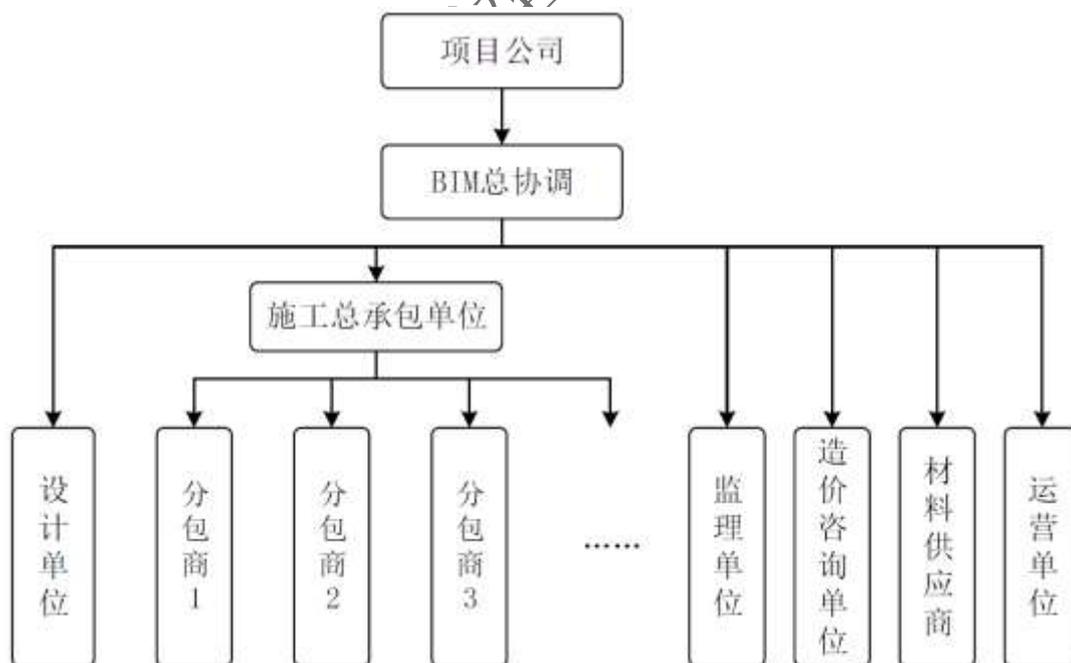


图 7-2 组织模式

团队配置

为确保本项目的 BIM 技术应用的有效实施，以上海陆家嘴（集团）有限公司项目总负责人为牵头人组成项目 BIM 管理团队，直接管控由 BIM 总负责人牵头组成的实施团队，再辅以行业工程技术专家及优秀 BIM 技术支持供应商，确保项目 BIM 实施高质量完成，如图 7-3 所示。

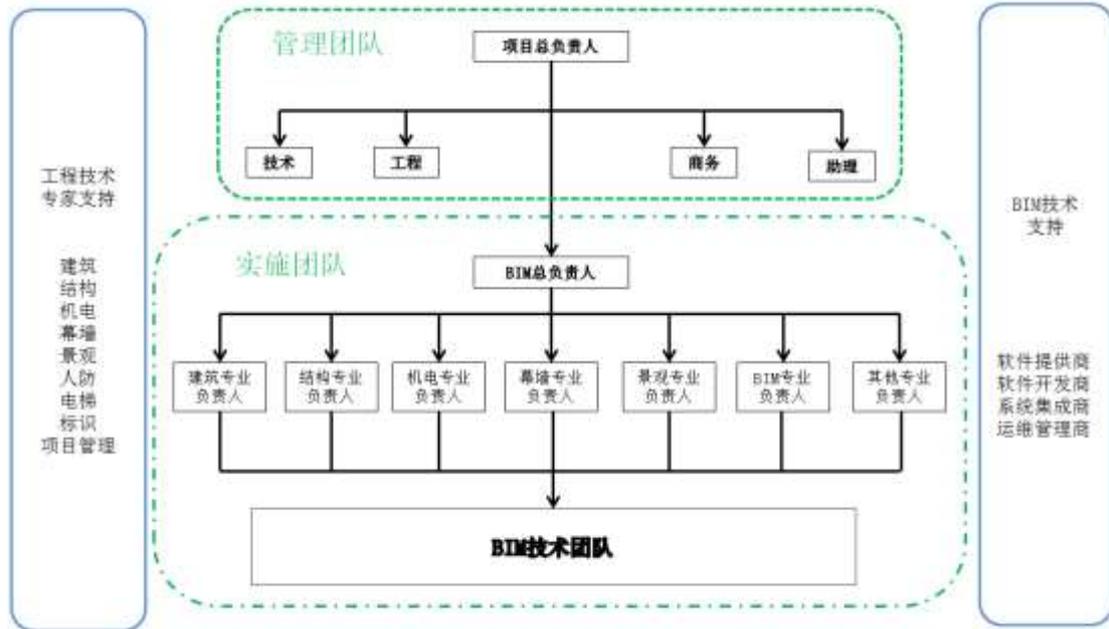


图 7-3 团队配置

软硬件配置

本次软硬件配置以云平台为基础集成系列 BIM 应用工具，以提高 BIM 实施效率，实现高效协同。以一个底层云台+一套系统解决方案构成整体软硬件建配置，如表 7-2、3 所示。

表 7-2 主要软件配置表

软件	应用介绍
斯维尔分析软件	模拟分析
Insight	模拟分析
AutoCAD 2014	图纸浏览和处理
Revit 2016	信息模型搭建

Rhino 5	异性构件搭建
Tekla 2018	钢结构建模
Naviswork 2016	管综碰撞调整
Cinema 4D R20	施工模拟
EBO	项目管理系统（自研）
自动化检查系统	工程合规性检查

表 7-3 主要硬件配置表

硬件	型号	基本配置
云平台	v5	英特尔至强金牌 6146(3.2GHz/12-core/24.75M/165W)处理器(带散热器)*2。 384G 内存；48G 显存；20T 固态硬盘。 提供 SOL、远程 KVM、远程开关机等丰富管理功能，实现便捷安全的系统管理。
NAS 存储系统	RS3618xs	硬盘接口：SATA III 硬盘位：双盘位；容量：100TB
成果 PC 机	DELL	至强®处理器 E7-2730 (2.3GHz 15M) 32GB (4x8GB) DDR3 RDIMM 内存，2666MHz, ECC 1TB 7200RPM 3.5' 512e/4K 硬盘
HTC VIVE	2018 版	VIVE 头戴式设备参数 屏幕：双 AMOLED 屏幕，对角直径 3.6 吋 分辨率：单眼分辨率为 1080 x 1200 像素（组合分辨率为 2160 x 1200 像素）；刷新率：90 Hz；视场角：110 度

7.3 BIM技术应用成果与特色

本项目已经根据《上海市 BIM 技术应用指南 2017》、《陆家嘴股份 BIM 技术应用管理标准》、《前滩国际商务区建筑信息模型（BIM）竣工交付标准》、《上海建工七建集团 BIM 应用标准》等标准规范完成了设计阶段 BIM 应用，并完成了与施工交底及成果传递，为

后期运维提供准确的 BIM 数据。

项目现处于施工阶段，基于自动化检查技术，开展了 BIM 基础应用、“BIM+”应用，有序协助项目建造与数据落实。

主要基础应用

➤ 图模检查

基于模型完成一致性、完整性、合规性、适用性检查，保证施工图纸的质量，如图 7-4 所示。

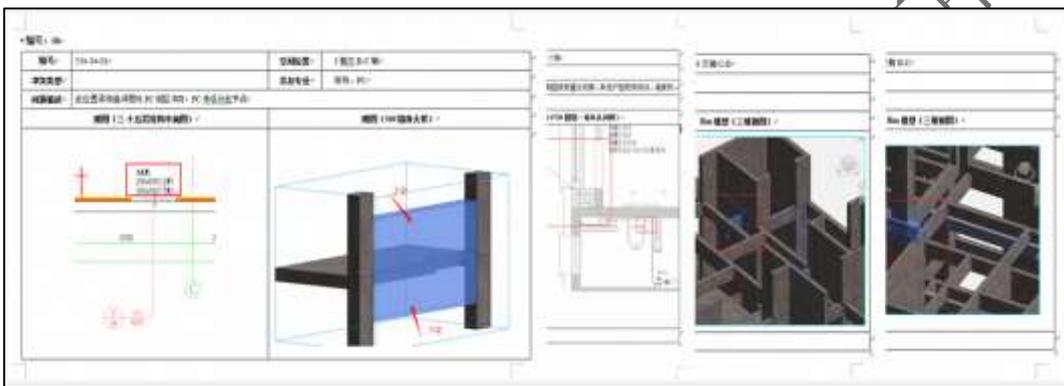


图 7-4 图模检查

➤ 碰撞检查

针对碰撞的位置、点位图、问题描述、碰撞标高、碰撞间距及问题的严重程度等进行核查分析，输出 BIM 优化报告，避免设计疑问向后传递，如图 7-5 所示。

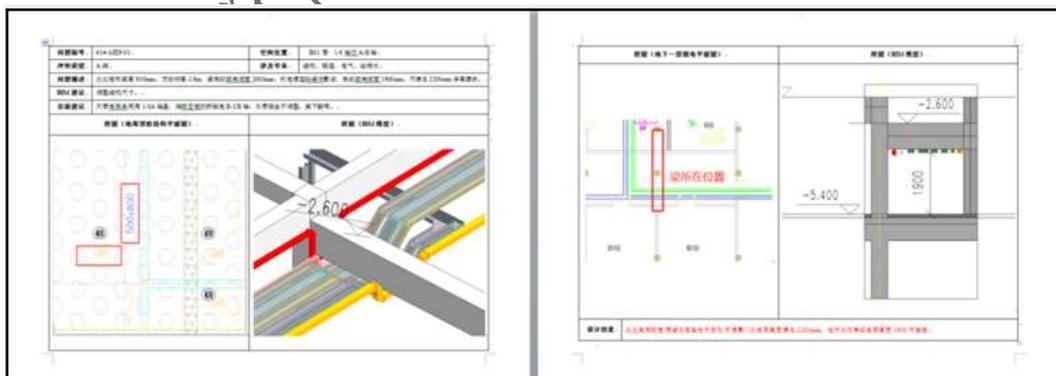


图 7-5 碰撞检查

➤ 管线综合

本项目采用工作集模式为基础而进行的协同工作，在同一工作集界面中，各专业工程师实时更新模型进行调整，在协同平台中进行所存在问题的沟通解决，如图 7-6 所示。

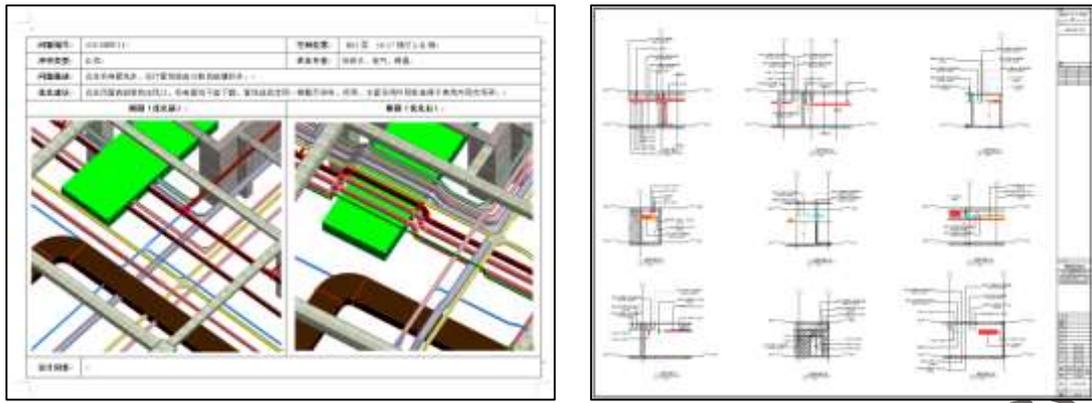


图 7-6 管线综合

➤ 人流疏散模拟

通过人流疏散模拟分析，对比各个方案的疏散成果，有效控制方案比选、疏散路线的制定，为设计方案提供有力依据，如图 7-7 所示。

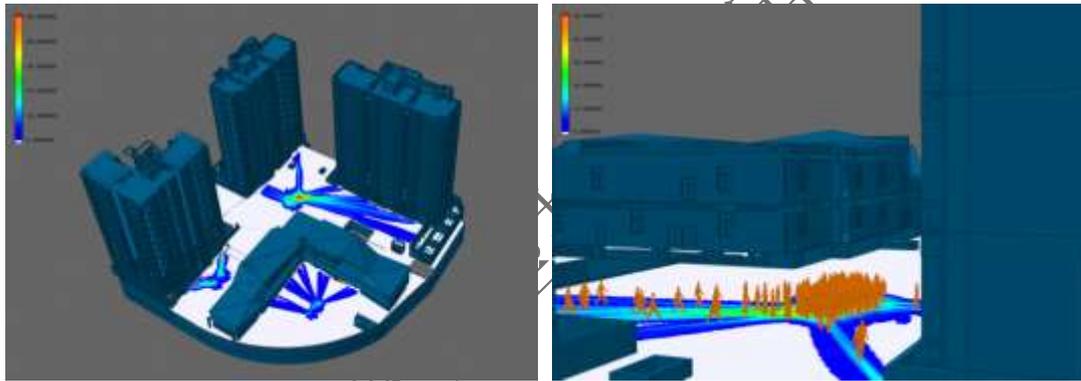


图 7-7 人流疏散模拟

➤ 施工深化设计

本项目在施工阶段，通过传递设计阶段成果，进行模型深化，贴合现场施工情况进行模型更新及成果表达。模型导出三维制图及二维视图，搭配三维漫游能更好完成与施工单位的交底，并有利于指导施工作用，如图 7-8 所示。

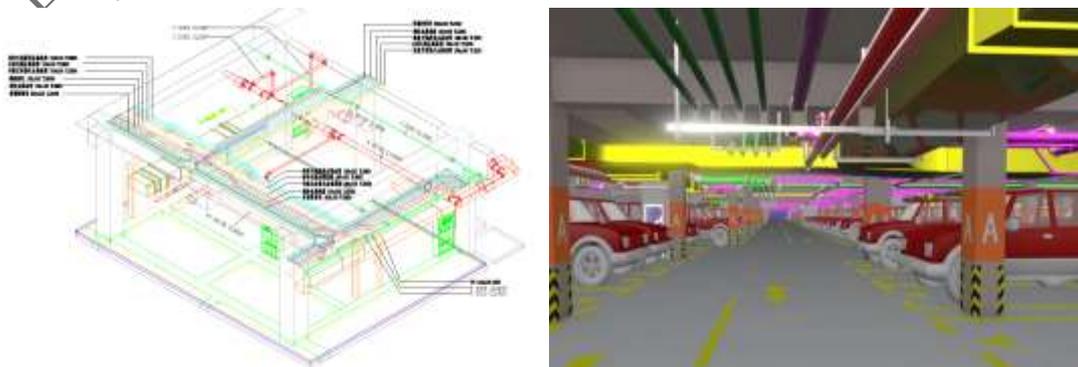


图 7-8 施工深化设计

➤ 精装修

本项目为全精装修交付，模型在保证合规及完整的前提下，进行一个效果表达及演示，检查精装修内部的点位及主体碰撞，检查吊顶与安装碰撞，检查 PC 和电气碰撞等，成果出具点位及碰撞报告，协助设计完成施工图深化与可视化交底，如图 7-9 所示。



图 7-9 精装修效果

➤ 施工场地规划

根据现场实际情况，结合周边人车要求，通过revit建立场地布置模型，设置临时设施占位，与施工协同，确定材料、土方、人员、车辆等所在的位置，以及参考顺作法及逆作法进行模拟比选，完成施工场地规划，如图 7-10 所示。



图 7-10 施工场地规划

➤ 施工模拟

通过与现场沟通及会议，确定现场施工作业法，同步模型表达，输入时间、数量等信息参数，完成模型，输出视频仿真动画，使现场施工可直观现场施工进度及实际施工情况，完成可视化施工模拟，如图 7-11 所示。



图 7-11 施工模拟

➤ 竣工模型

根据实际施工进度，结合变更资料等，同步对已完成的部分进行竣工模型搭建，避免过程性的数据丢失。完成所有建筑、结构、机电合并的竣工模型，以符合最终施工实际状况，及附加建置所需的文件信息说明，如图 7-12 所示。



图 7-12 竣工模型

“BIM+”融合应用

➤ BIM+绿色建筑

BIM 模型提供绿色建筑分析基础，通过模拟分析提高设计方案的绿色、安全及可靠性，在设计阶段控制绿建设计的质量，在施工阶段完成可视化交底，如图 7-13 所示。

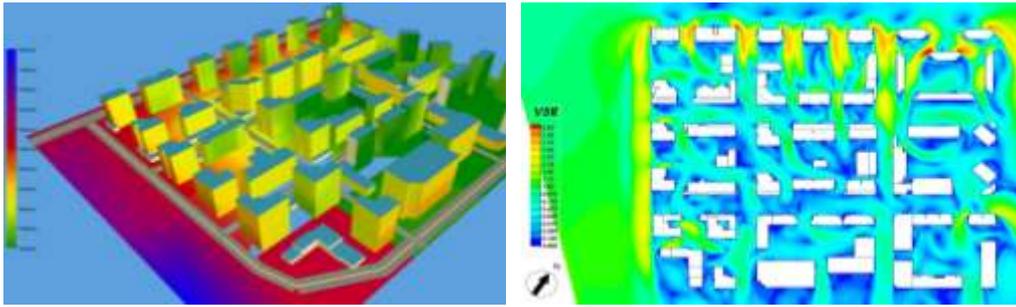


图 7-13 BIM+绿色建筑

➤ BIM+装配式

BIM+装配式技术融合完成对设计质量验证、生产数据检测、构件预制生产管理、施工吊装模拟、施工技术交底等实施，完成可视化建造管理，提高建造质量，如图 7-14 所示。

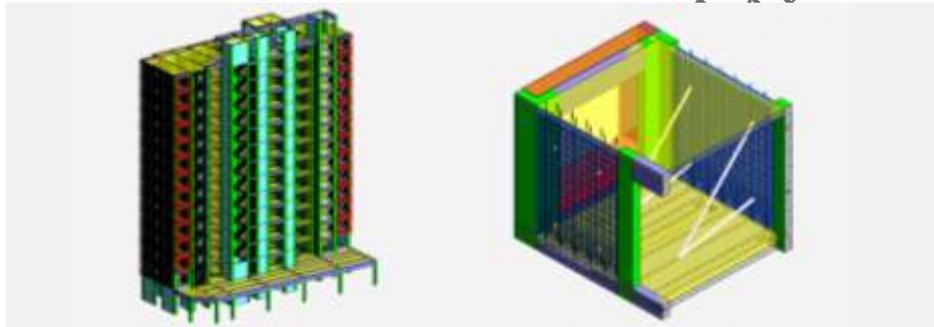


图 7-14 BIM+装配式

➤ BIM+成本管理

BIM+造价技术融合，完成辅助设计阶段概预算编制，辅助施工阶段工程量统计、结算管理，如图 7-15 所示。



图 7-15 BIM+成本管理

➤ BIM+VR

为更好的完成可视化信息的传递，让实施人员了解 BIM 的带来的可用信息，采用 BIM+VR 技术融合，完成设计及施工阶段建筑（含精装修）可视化展示及施工交底，如图 7-16 所示。



图 7-16 BIM+VR

云平台集成解决方案

为避免 BIM 数据的割裂，保证 BIM 数据的即时性、一致性、完整性，制定了云平台集成解决方案。

➤ BIM 应用软件方案集成

基于互联网的高清云操作平台，集成满足 BIM 实施的系统软件，支撑 BIM 技术开展，如图 7-17 所示。



图 7-17 BIM 应用软件方案集成

➤ 项目级企业运营管理系统集成

集成满足项目级企业运营管理系统，完成项目协同管理，促进 BIM 实施落地，如图 7-18 所示。



图 7-18 运营管理系统集成

➤ 数据管理系统集成

BIM 数据集中管理，管理权限逐级划分，云端存储和云操作平台无缝衔接，如图 7-19 所示。



图 7-19 数据管理系统集成

➤ 高清即时会议系统集成

通过各类终端，组织与参加项目相关交流事宜，随时随地简捷地实现屏幕共享、音视频与数据的实时传递以及交互式操作；实现团队便捷地沟通、互动、实时协作，如图 7-20 所示。



图 7-20 会议系统集成

工程质量自动化检查

工程质量自动化检查分两个部分：**BIM 模型质量自动化检查**、**设计与施工合规自动化检查**。用于实现全过程 BIM 数据“QA”级管控，如图 7-21 所示。



图 7-21 云平台与自动化质量检查体系

BIM 模型质量自动化检查：主要是依据国家和各省有关 BIM 标准及企业对项目要求，建立符合项目的模型质量检查标准，对项目进行建筑、结构、机电等专业模型检查，包括模型质量检查、碰撞检查及工程量统计等，如图 7-22 所示。

设计与施工合规性检查：主要是依据国家/行业/地方的工程建设标准，企业/项目的工程质量标准、当地审图要求进行合规性检查，主要包括：

- 消防检查
- 设计性能检查
- 设备安装合规检查等。

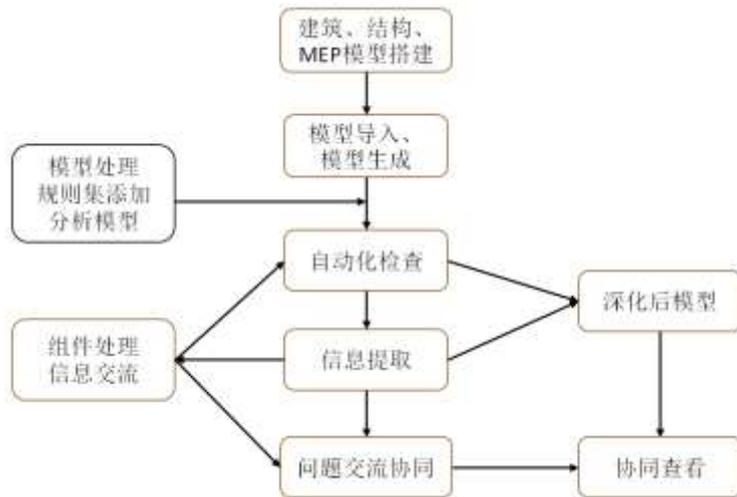


图 7-22 自动化质量检查体系工作流程

(1) BIM 模型质量自动化检查

根据模型标准完成模型检查规则的建立与完善。本项目以《前滩国际商务区建筑信息模型（BIM）竣工交付标准》为主要依据完成模型规则的数据化、逻辑化处理，在自动化检查系统中形成严谨的逻辑判定，如表 7-4 所示。

表 7-4 土建建模标准检查规则表

5.4. 构件命名				
结构专业构件	内容	例举	检查规则	备注
结构基础	<功能>+<尺寸>	基础筏板+尺寸	S01-结构模型构件命名.cset	
结构墙体	<功能>+<尺寸>	剪力墙-300mm		
结构柱	<类型>+<形状>+<尺寸>	混凝土矩形柱-600*600		
结构梁	<类型>+<形状>+<尺寸>	混凝土矩形梁-200*600		
结构板	<功能>+<材质类型>+<主体厚度>	结构板-混凝土-120mm		
8.2.2 结构专业非几何信息				
构件	模型元素	非几何信息	检查规则	备注
墙体（混凝土）	面层+安装构件	(1) 实施过程：构件的施工信息、安装信息等 (2) 产品信息：构件的材料参数、技术参数、生产厂家、出厂编号/日期等 (3) 采购信息：供应商、价格	S03-结构模型构件非几何信息.cset	
基础				
梁柱支撑	基层/面层、保温层、防水层、安装构件			
楼板				
屋面	基层/面层、保温层、防水层、安装构件			
楼梯、排水沟、集水坑等				
结构专业构件材质			S02-结构模型构件材质说明.cset	



图 7-23 模型规则数据库编制

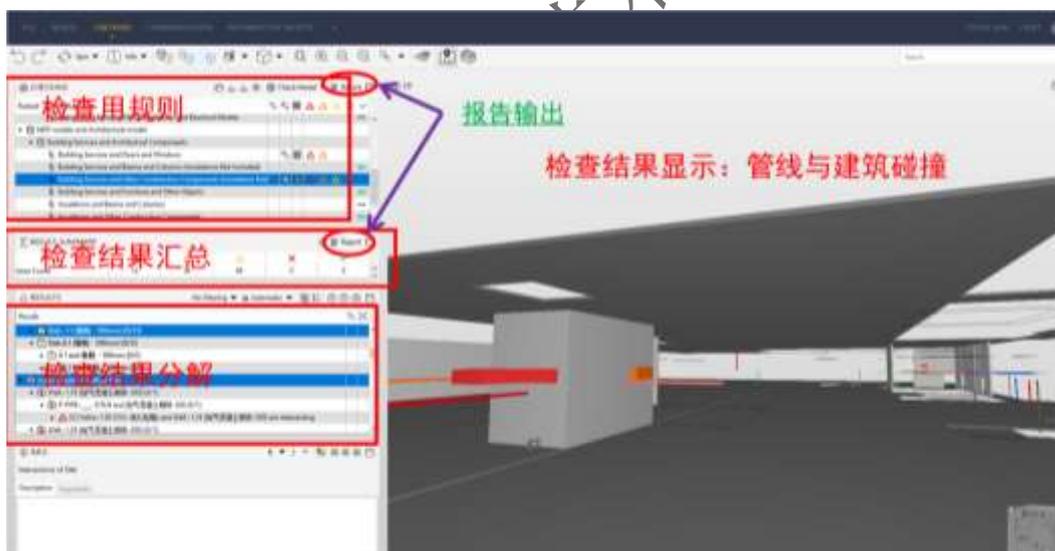


图 7-24 模型检查规则、结果及显示

市场的一些软件关于模型质量检查功能主要提供了基础的碰撞检查功能，功能比较单一，并不能完全满足项目的需求，且在质量和效率上有进一步提升的空间。为此，自主研发了相应的平台软件，基于 Revit 的 BIM 咨询与项目管理软件，其中包含了自动化检查体系，如图 7-23、24、25 所示。



图 7-25 自主研发

(2) 设计与施工合规自动化检查

设计与施工合规自动化检查主要根据设计规范、验收规范、项目实际需求等完成合规性逻辑编程数据表达，对使用性能规范要求、是否满足消防性能要求、是否符合审图要求等进行核查。

例如：公共建筑一般对楼梯的使用净高、踏步尺寸等有要求，通过建立相应的楼梯检查规则，可以检查楼梯设计是否符合要求。

楼梯净高检查规则及检查结果示例，如图 7-26 所示。

规范 要求	<p>4. 空间高度</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 楼梯平台部位的净高不应小于2000mm, ◆ 楼梯梯段部位的净高不应小于2200mm. 	
规则 设置	<p>Minimum Clear Height Above: 2.20 m</p> <p>Minimum Intermediate Landing Length: 0 mm</p> <p>Minimum Space at the End: 0 mm</p> <p>Minimum Clear Height Under: 2.30 m</p>	
检查 结果	<p>要求楼梯净高 2.2m，检查只有 2.02m。详图见右。</p>	

图 7-26 楼梯净高控制示例

(3) 全自动对标检查

根据建立的规则，就可以对模型进行质量检查，检查时可以单个规则检查，也可成组规则一起检查。建议按建筑、结构、机电各专业及构件尺寸和构件属性分别进行，如图 7-27、28 所示。

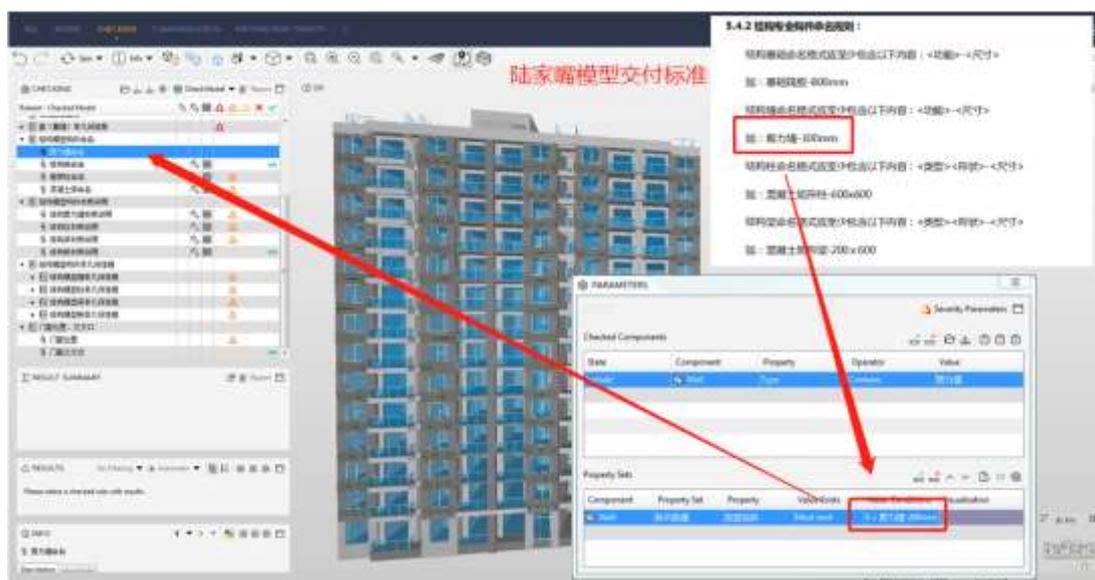


图 7-27 土建对标检查举例

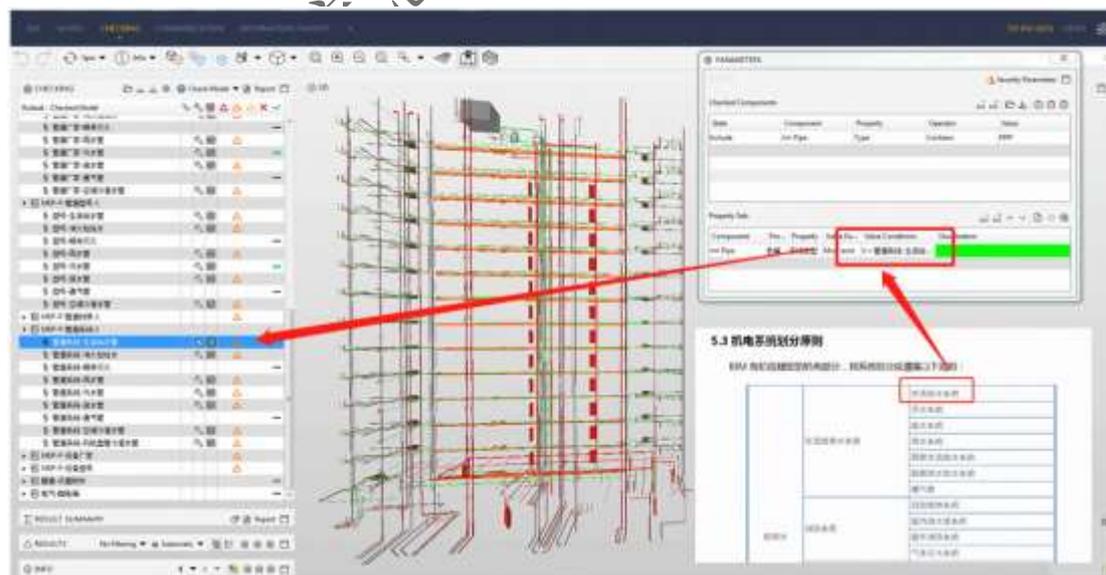


图 7-28 机电对标检查举例

(4) 结果输出

检查结果提供 3D 可视化，便于协调交流。输出结果可以根据需求提供 EXCEL、Word 等报告，如图 7-29 所示。

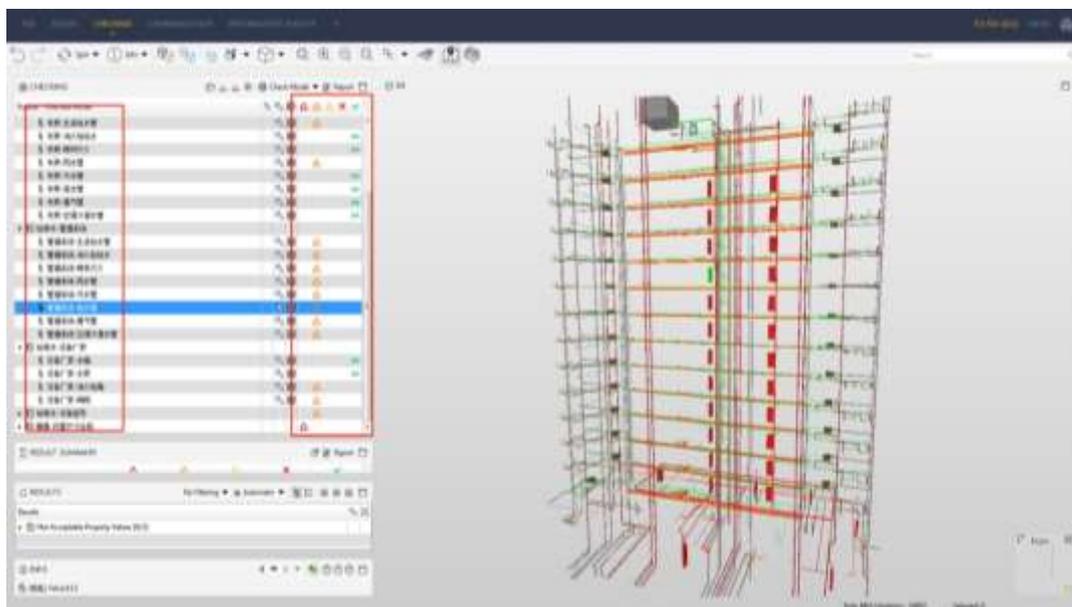


图 7-29 可视化检查结果

依据问题数量分析，涉及的主要为建筑信息缺失、构件命名错误，管道命名错误、管道信息缺失、设备信息缺失等，这些不符合标准的构件占模型总构件很高的比例。类比本项目的其他单体，也会有相同问题出现，构件命名错误、信息缺失等将导致模型不符合交付标准，如图 7-30 所示。

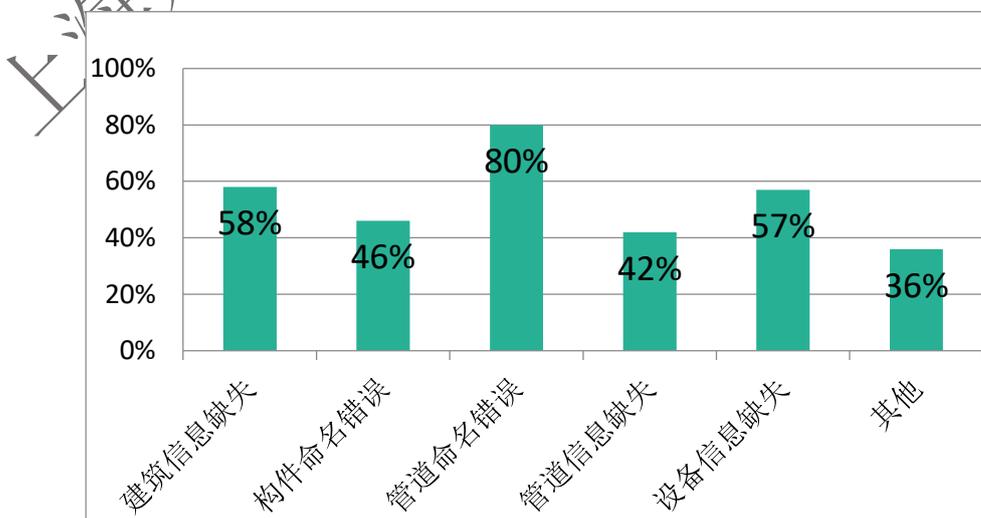


图 7-30 检查结果分析

根据技术检查结果及模型交付标准要求修改模型，对其中暂不能提供属性的数据也进行说明，最终达到模型标准的零错误，完全符合标准要求。

7.4 BIM技术应用效益与测算方法

以自动化检查技术为主的云平台解决方案，从 BIM 实施环境可以提高实施与协同效率，从 BIM 实施质量可以严格把控模型数据的准确性，从 BIM 实施流程上可以连通建造全过程的 BIM 应用通道。实现数据全过程同一平台生产、应用、验收、交付。

投入

➤ 云平台应用环境搭建：

云平台建设，指的是一体化云平台集成系统，包括基于互联网的高清云操作平台（集成满足 BIM 实施的系统软件），联合办公手机端和 PC 端，企业运营管理系统及数据管理系统。这是公司业务发展已经投入及正在投入的，是独立于本自动化检查系统的投入，可不计入本系统的投入。

➤ 自动化检查系统的研发。

项目 BIM 团队致力于行业进步，一直在 BIM 新技术及新应用进行探索和研发，同时结合实际 BIM 项目开展。自动化检查系统是逐步开展，逐步完善的，是个长期的过程。如计算本项目的投入费用，主要是研发人员的成本及 BIM 工程师学习自动化检查系统的时间成本。

估算：

本阶段测试及硬件成本：20 万元。

工程师使用学习成本：5 人，计 8 万元/人/年。在项目中实际操作自动化检查系统的时间成本，结合到由于提高效率，减少总得项目时间成本，而作为收益的一部分进行计算。

因此本自动化检查系统投入估算为 60 万元/年。

收益计算

从自动检查立项开始，自动化检查系统已经在本项目取得显著成效，主要是模型标准检查，管线碰撞检查及合规性检查。由于管线碰撞检查，市面上许多软件也有这个

功能，暂不计入其收益；而合规性检查，尚属于项目试验阶段，并没有在项目上推广，因此也暂不计入收益。自动化检查系统的收益只计算模型标准检查这一块。

根据 BIM 工程师的汇报，可以减少返工，提升模型质量；同时好质量的模型给后续管综、净高分析等都带来便利和减少时间。估算在模型间建立和修改上化的时间可至少降低总时间的 10~20%之间；我们以 10%为例估算收益，或 1.2 元/平米估算。

直接收益估算： $17 \times 1.2 = 20.4$ 万；

BIM 模型核查总周期：约 2 个月；

模型质量保证收益：约 120 万。

小结

本阶段自动化检查系统投入 60 万元，直接收益约 20.4 万。虽然 2019 年直接收益小于投入资金，但这只是开始，2020 年会进行更深层次自动化检查技术应用，核查周期会进一步缩短，节省时间成本；强大的模型质量保证，为后期运营等应用将带来显著的收益，总体收益会显著上升；而且这还没计入由于应用自动化检查系统带来的品牌效益和社会效益。

7.5 BIM 技术应用推广与思考

应用推广

BIM 模型在 BIM 领域的应用广度、深度及价值实现程度，其标准化、规范化是 BIM 技术广泛应用的重要基石。根据相关报道，综合各工程项目，BIM 技术应用给项目所带来的价值：消除 40% 预算外更改；造价估算控制在 3% 精确度范围内，并可缩短造价估算耗费的时间 80% 左右；通过发现和解决冲突，将合同价格降低 10%；项目工期缩短 7%，及早实现投资回报等。而这些都是建立在高质量的 BIM 模型基础之上。

运用自动化检查技术，可以实现 BIM 数据模型“QA”级交付，对模型进行全方位 100% 客观核查，避免了人工检查的遗漏问题。模型质量自动化检查相较于人工检查时间约降低 2/3 时间，同时模型的质量、合规性可极大提升；能有效保证三维数据的准确性和完整性、族类别和族类型的准确性、构件的属性数据符合标准要求、所有数据都是一致和连贯性等；有助于实现规范化建模、规范化审模等，为项目全生命周期 BIM 应用的实施提供高质量的模型基础。

利用 BIM 自动化检查系统可以做到：

- 模型审查，高效快速，提升模型质量减少人工，改变目前行业现状模型质量普遍较低现状；
- 提升设计质量；
- 自动化审图的可能性，促进审图流程进步；
- 提升 BIM 应用价值，深度挖掘价值实现；
- 有助于 BIM 技术推广。

以自动化检查技术为主的云平台集成应用，解决了 BIM 碎片化、一致性、协同性、重复性的工作问题，极大的提高了 BIM 运作效率，促成了项目的 BIM 应用价值。有利于提高项目 BIM 应用开展在设计、施工、运维全过程的准确性与合规性，有效提升项目质量与工程品质，推动行业 BIM 规范发展。

思考

目前建筑设计行业在推行取消施工图审查制度，同时推进 BIM 审图。而自动化检查系统有助于促进 BIM 审图。二者的方向是一致的，均符合国内行业 BIM 技术应用的发展趋势；同时方法上都是利用 BIM 模型拥有的几何和非几何信息的属性数据，与模型标准、规范进行对照比较，从而进行判断是否符合要求有关标准、有关规范及有关规定要求；这是确保设计质量、提高检查检查和审图效率的重要工具，同时自动化检查技术也是提升建筑行业大数据应用的基础，为建筑项目后期施工、运维及进一步的智慧城市应用打好必要的基础。

成熟的自动化检查技术的应用将会为 BIM 数据提供了“QA”级质量保证，实现全生命周期的数据合规管控。

我司在自动化检查系统技术上应用实践刚刚起步，后面需要根据不同类型的项目、不同阶段的需求、不同的客户需求等进一步完善自动化检查规则库，同时如能进一步完善与设计规范、施工标准的对标，则能进一步提升行业的精细化设计与施工，促进行业进步。当然，这里面还有很多工作要做，需要行业共同努力。

八、基于BIM技术的医院复杂弹性空间研究与实践

8.1 项目概况

基于 BIM 技术的医院复杂弹性空间研究与实践项目是在上海交通大学医学院附属仁济医院科研综合楼暨上海市肿瘤研究所整体迁建工程 BIM 技术应用基础上进行的二次 BIM 应用，本工程建筑面积 38354 平方米，项目地上 18 层均为科研实验用房及相关辅助用房。地下共计 2 层，建筑面积为 9929 平方米，地下二层均为停车库，本项目建设将实现上海交通大学医学院附属仁济医院科研团队及上海市肿瘤研究所癌基因及相关基因国家重点实验室整体搬迁，并在此基础上进行深化建设，构建以国家重点实验室为基础的以 GMP 实验室为主体的转化医学中心、以健康/疾病人群队列为主体的人类遗传资源保藏中心以及以科学研究公共平台为主体的科研资源共享服务平台。该项目采用了全过程 BIM 应用，并作为医院弹性空间课题研究的实践应用支撑，如图 8-1 所示。



图 8-1 仁济医院科研楼建成全景

8.2. BIM技术应用概况

医院空间类型多样，需求变化频繁，如何提高医院空间的有效利用，成为医院高效能运营管理的关键。基于 BIM 技术的医院复杂弹性空间研究与实践分析了医院空间资源

验室。

科研活动-空间的映射

根据现有方案，可以进行科研活动-空间的映射，如图 8-3 所示。其中会议室含有 2 个子单元的弹性空间。图 8-2 (a) 即是弹性空间的组合示例。这种映射既可以人工处理，也可以设计一定的规则由计算机完成，而实验表明，人工处理效率和准确性都会成为很大问题。

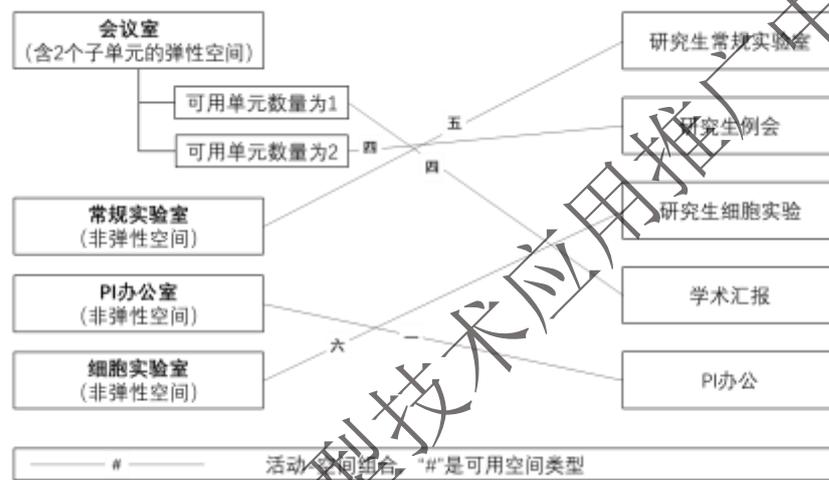


图 8-3 科研活动-空间的映射关系

基于 BIM 的科研楼弹性空间管理与优化的自动化实现

由于科研活动和空间的复杂性和动态性，手工完成这些工作在实践中是不可能的。为此，需要开发出活动-空间的自动映射和优化工具。利用 BIM 建模常用软件 Revit 的 API 可以进行二次开发，从而大幅度提升映射与优化的效率和精度。该项目开发的自动化处理插件如图 8-4 所示。基于该工具，可以不断分析不同的空间组合与需求的满足程度，并计算各类空间的利用率，优化和提高空间使用效率。



图 8-4 基于 BIM API 的空间弹性管理与分析的自动化实现方法

8.4 BIM技术效益及测算方法

(1) BIM 技术效益

BIM 的可视化、性能化、参数化和集成化特征为医院弹性空间管理提供了重要的创新技术支撑，具有巨大的应用效益，主要体现在：

(1) 弹性空间管理的可视化分析。由于医院空间的复杂性，如何充分考虑空间设计的弹性，既需要设计师设计手段的提升，也需要用户的深度参与，而可视化是其中的重要支撑技术。通过空间的可视化展示、模拟和多方案比较，可大幅度提升面向用户需求的空间弹性性能。

(2) 弹性空间管理的性能化分析。如果将医院空间视为面向医疗服务的支撑和载体，空间系统本身也可视为是产品，这就需要针对空间进行多维度的性能分析，包括物理环境、空间组合、防护、使用便捷性等，以模拟分析未来不同应用场景及其满足程度。BIM 及其相关性能分析工具的组合使用可开展多维度、多角度和多场景的空间弹性性能分析。

(3) 弹性空间管理的参数化分析。可测度、定量化是提升空间弹性的必要方式，通过 BIM 中丰富的模型参数，可进行多维度参数分析，包括空间统计、使用率、改造成本、单位面积投入产出率等，可测量地持续改进空间使用效能。

(4) 弹性空间管理的集成化分析。正如前述医院空间的复杂性分析，医院空间具

有复杂的多维度属性，是一个复杂的系统，空间的弹性管理需要集成化的数据和信息，而 BIM 的多专业集成及分析功能可有效辅助空间的弹性集成管理。例如，多专业的协调与优化、“设备-空间-医疗工艺”的集成分析、多专业系统的集成应用、重要空间的智慧运营管理等。

本项目由中国医院发展研究院与上海交通大学医学院附属仁济医院投资实施，总结本项目的 BIM 应用成效，发现医护人员及科研人员对空间的需求很敏感，在初步设计阶段就提出了自己的需求，BIM 团队依靠空间弹性理念及软件解决了医院科研空间分配的问题，大幅优化和提高了科研楼空间使用率，相较以前的科研空间分配效率提升了 50%。

8.5 BIM 技术应用推广与思考

本项目是在上海市 BIM 应用指南和地方标准的实践和技术创新，科研空间即是医疗科研活动的重要载体，也是医院的重要资产。但由于医院科研空间的多样性和多变性，以及医疗活动需求的复杂性，医院空间的设计、分配、改造和管理成为目前医院管理实践中的一个难题。本项目基于 BIM 创新技术和弹性理念，分析了医院空间资源管理的复杂性、弹性空间管理的理念和 BIM 技术在医院弹性空间管理中的应用价值，构建了基于 BIM 技术的医院弹性空间管理实现方法，并进行了实践验证，为医院弹性空间资源管理及提高医院的运营效能提供了新的思维和方法，具有较大的理论和实践意义，为后期上海乃至全国其它医院科研类大楼 BIM 空间应用项目提供了参考和样板。

九、九棵树（上海）未来艺术中心新建工程项目 EPC 模式的 BIM 全过程应用

9.1 项目概况

九棵树(上海)未来艺术中心地处奉贤新城生态核心区,总建设规模 71700 平方米,其中地上面积 52800 平方米,主要建设内容包括剧场、艺术交流、展示创作中心、培训和商业服务等建筑设施。其中剧场包括 1200 座主剧场,500 座多功能剧场和 300 座主题剧场,以及森林剧场、水秀剧场两个户外剧场。三个建筑单体通过首层的艺术街及二层的景观平台连接为整体,功能分布清晰,应用灵活多变。在建设规模和剧场类型及数量是目前上海及周边地区配置最全、载体最为丰富的综合性艺术中心。

九棵树(上海)未来艺术中心与 2019 年 8 月底顺利竣工交付使用,为奉贤打造一处多元化的艺术观演场所,形成艺术表演、艺术培训、艺术产业协同发展的新格局的建设将极大的提升奉贤区的文化地位,提升南上海地区的公共文化功能,并有效的辐射长三角地区,如图 9-1、2、3 所示。



图 9-1 室外实景图



图 9-2 室内实景图



图 9-3 效果图

9.2.BIM技术应用概况

为打造奉贤新城，生态新城，并喜迎艺术节，此项目工期仅有 22 个月，形体异性、结构形式多样复杂，施工难度和风险比较大，施工单位多。面临这样的现状，项目采用 BIM 技术全过程辅助设计施工运维，并将 BIM 技术深度应用于设计、施工过程。

逐步实现基于 BIM 技术的设计、施工一体化管理应用，如图 9-4 所示：



图 9-4 模型数据管理

在设计阶段 BIM 应用旨在创建精确且满足应用需求的各专业三维信息模型，通过平立剖检查、场地现状仿真、冲突检测及三维管线综合、竖向净空优化、工程量复核、装修效果仿真等多个应用点优化设计方案，提高设计质量，控制项目造价。

在施工阶段 BIM 应用通过施工专项方案模拟与优化、施工进度科学管理及竣工模型构建等多项应用点的开展，减少工期，提高施工质量，促进施工安全，控制项目造价，提高施工管理水平。

9.3 BIM技术应用成果与特色

1, 建立 EPC 模式下的 BIM 管理体系

该项目 BIM 技术推进由上海建工设计总院 EPC-BIM 管理小组牵头协调，委托设计单位

主持，BIM 分包单位具体实施，各参与方配合的组织模式。各司其职，共同推进本项目 BIM 技术的深入应用。管理模式如图 9-5 所示：



图 9-5 EPC 模式 BIM 管理

2, 建立建工总院 BIM 应用标准划分策划书

由设计单位担任主导，负责项目前期 BIM 策划工作，核对各阶段所有模型，完成各阶段碰撞检测，指导协调各专业专项单位完成各阶段合模工作，跟踪各阶段碰撞报告的解决情况，利用项目协同平台进行管理。负责协调咨询单位完成各阶段 BIM 工作对业主单位、监理单位等的技术交底汇报，如表 9-1 所示。

表 9-1 BIM 应用点汇总表

阶段/参与方	BIM 咨询单位	各专业专项 施工单位	各设计单位	BIM 管理小组	BIM 造价	
施工图 设计	施工图送审版	1, 搭建模型 2, 平, 立, 剖碰撞检测 3, 面积统计	无	1, 核对模型 2, 回复问题报告	1, 项目前期策划 2, 设计提资 3, 碰撞检测	招投 标明 细清 单
	施工图正式版	4, 搭建变更模型 5, 碰撞检测 6, 管线综合优化 7, 净空分析 8, 局部二维出图 9, 工程量清单	无	3, 核对模型 4, 回复解决问题 5, 指导出图	4, 组织 BIM 协调会议 5, 核对模型 6, BIM 设计管理	招投 标明 细清 单
施工	施工准备	10, 搭建场部模型 11, 施工过程演示动画	1, 搭建深化模型 2, 管线综合深化	6, 解决设计碰撞问题	7, 核对深化模型 8, 合各专业模型 9, 碰撞检测, 问题追踪	明细 清单
	施工	12, 辅助施工管理	3, 施工进	无	10, 协调管理	

	实施	(协同平台, 合模)	度模型			
竣工	竣工阶段	13, 升级版模型搭建 14, BIM族库整理	4, 竣工模型搭建	无	11, 核对模型	竣工结算

3, 建立完善的 BIM 标准体系

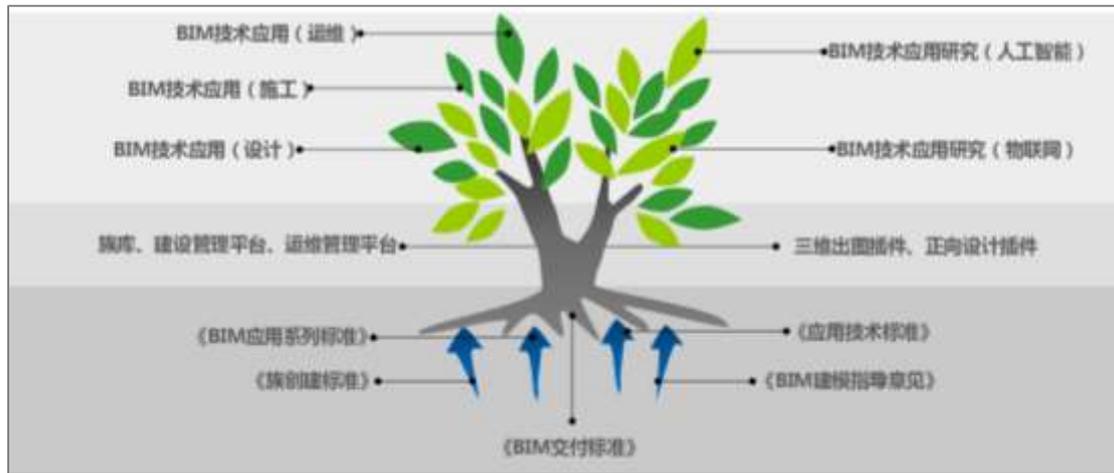


图 9-6 BIM 交付标准体系

发挥 EPC 总承包一体化优势, 针对现场的图纸问题, 设计问题, 工程问题, 深入现场与施工单位群策群力, 通过设计方案的合理优化, 解决施工上的难点问题, 节约工期, 降低成本, 保障质量, 如图 9-6 所示。

4, BIM 模型创建及维护

建立与施工图一致的施工图设计阶段 BIM 模型, 满足上海市 BIM 指南标准 LOD300, 如图 9-7 所示。

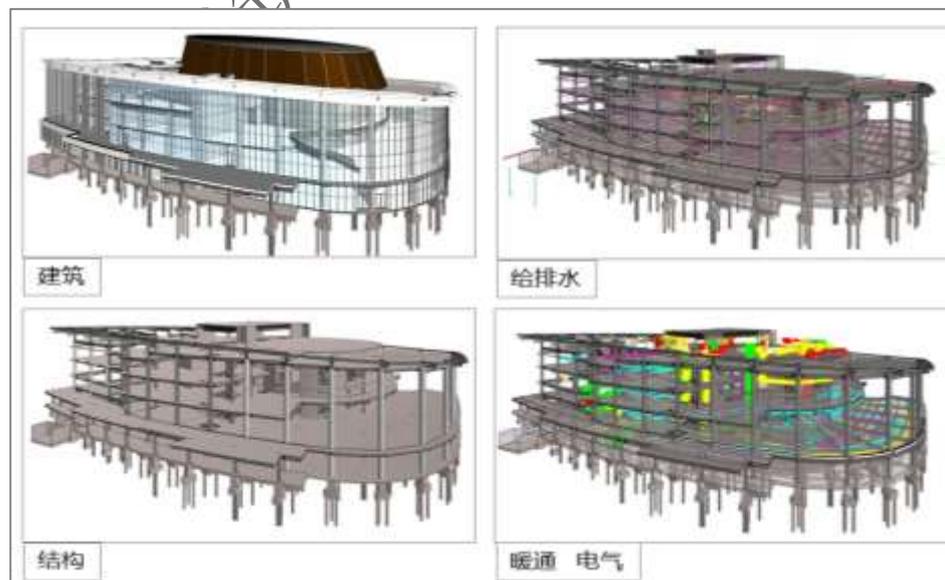


图 9-7 BIM 模型创建

并且在项目的实施推进过程中不断更新模型，如图 9-8 所示：



图 9-8 BIM 更新模型

5, 三维方案模拟

通过场地周边环境数据、地形图、航拍图像等资料，对项目的周边场地及环境进行仿真建模，创建包括但不限于周边环境模型、主体轮廓和附属设施模型辅助项目设计方案的决策，如图 9-9 所示。



图 9-9 三维方案模拟

6, 招标工程量复核, 材料统计

BIM 是一门包含丰富数据，面向对象，具有智能化和参数化特点的建筑设施数字化表达技术，其进行工程量计算的基本思路是：BIM 中的构件信息是可运算的，计算机可自动识别构件属性，根据模型中构件类型和组成信息进行分类，同时，根据构件的运算规则在建模时对各构件计算工程量自动统计。

BIM 设计软件直接输出构件工程量然后进行统计计算的方式主要障碍在于：1.Revit 软

件的工程量不符合我国国标《建设工程工程量清单统计规范》和其他建设定额对建筑物构件分类、编码和工程量计算规则的规定，Revit 软件能提取构件尺寸，输出构件体量，但与清单工程量计算规则仍存在不符，且计算的是工程净量，并且有些字段软件本身缺失，无法按清单要求计算统计出来。2.设计模型的深度没有达到算量模型要求。

该项目根据各专业分部分项开项表，提供满足招标要求的土建、机电、装修工程量模型，辅助招标工程量统计，并与投资监理算出的工程量进行对比，复核差异较大的项，提高工程算量的准确性，如表 9-2 所示。

表 9-2 工程清单——地库消防

风管明细表					风管主辅明细表							
序号	系统类型	项目名称	单位	工程量	备注	序号	系统类型	规格名称	尺寸/mm	单位	工程量	备注
1	F(Y)普通排风兼送	镀锌钢板 0.6厚	m ²	124.04		1	F(Y)普通排风兼送	AE-普通镀锌-射片水罩	800x200	个	24	
2	F(Y)普通排风兼送	镀锌钢板 0.8厚	m ²	721.32		2	F(Y)普通排风兼送	AE-普通镀锌-射片水罩	600x200	个	20	
3	F(Y)普通排风兼送	镀锌钢板 1.0厚	m ²	934.49		3	F(Y)普通排风兼送	AE-普通镀锌-射片水罩	3000x200	个	20	
4	F(Y)普通排风兼送	镀锌钢板 1.2厚	m ²	2165.9		4	F(Y)普通排风兼送	AE-普通镀锌-射片水罩	3000x400	个	17	
5	F排风系统	不锈钢板 1.0厚	m ²	53.91		5	F排风系统	SE-单向风阀口	300x200	个	5	
6	F排风系统	不锈钢板 1.2厚	m ²	78.43		6	F排风系统	AE-普通镀锌-射片水罩	800x200	个	1	
7	F排风系统	镀锌钢板 0.6厚	m ²	6.18		7	F排风系统	AE-普通镀锌-射片水罩	800x200	个	4	
8	F排风系统	镀锌钢板 0.75厚	m ²	53.97		8	F排风系统	AE-普通镀锌-射片水罩	600x200	个	5	
9	F排风系统	镀锌钢板 1.0厚	m ²	51.9		9	F排风系统	AE-普通镀锌-射片水罩	3000x200	个	2	
10	F排风系统	镀锌钢板 1.0厚	m ²	1.47		10	F排风系统	AE-普通镀锌-射片水罩	3000x200	个	2	
11	F排风系统	镀锌钢板 1.0厚	m ²	9.89		11	F排风系统	F-防雨百叶	3000x900	个	2	
12	F排风系统	镀锌钢板 1.2厚	m ²	370.82		12	F排风系统	F-防雨百叶	3000x900	个	2	
13	F加压正压风	镀锌钢板 0.6厚	m ²	1.12		13	F排风系统	F-防雨百叶	3000x900	个	1	
14	F加压正压风	镀锌钢板 0.8厚	m ²	34.19		14	F排风系统	AE-普通镀锌-射片水罩	600x200	个	5	
15	F加压正压风	镀锌钢板 1.0厚	m ²	1.13		15	F排风系统	AE-普通镀锌-射片水罩	3000x200	个	10	
16	F加压正压风	镀锌钢板 1.2厚	m ²	96.22		16	F加压正压风	F-单向百叶	800x300	个	1	
						17	F加压正压风	F-单向百叶	1000x1000	个	2	
						18	F加压正压风	F-单向百叶	1200x1000	个	1	

风管汇总表					
序号	系统类型	规格名称	尺寸	工程量	备注
1	镀锌钢板风管系统	数量统计	300 mm	1	
2	镀锌钢板风管系统	数量统计	300 mm	2	
3	合计	风管数量	300 mm	3	
4	镀锌钢板风管系统	风管数量	300 mm	123.44	
5	镀锌钢板风管系统	风管数量	300 mm	123.22	
6	数量合计			246.66	

7, 三维管线综合设计

三维管线综合，应用 BIM 软件检查施工图设计阶段的碰撞，完成建筑项目设计图纸范围内各种管线布设与建筑、结构平面布置和竖向高程相协调的三维协同设计工作，以避免空间冲突，尽可能减少碰撞，避免设计错误传递到施工阶段，如图 9-10 所示。

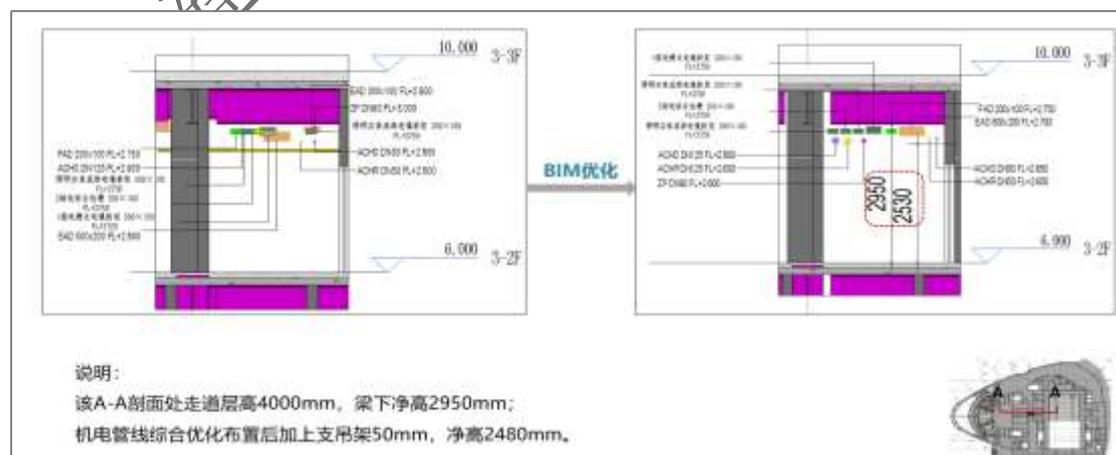


图 9-10 三维管线综合设计

8, 装修效果仿真

利用 BIM 技术实现装修设计的模拟仿真，根据二维装修设计施工图创建 BIM 模型并做场景模拟，对 BIM 模型对象赋予材质信息，颜色信息以及光源信息，模拟场景效果，生成效果图，辅助方案沟通并优化装饰方案，提高装修设计效率，如图 9-11 所示。



图 9-11 装修效果仿真

9, 深化设计二次碰撞检测

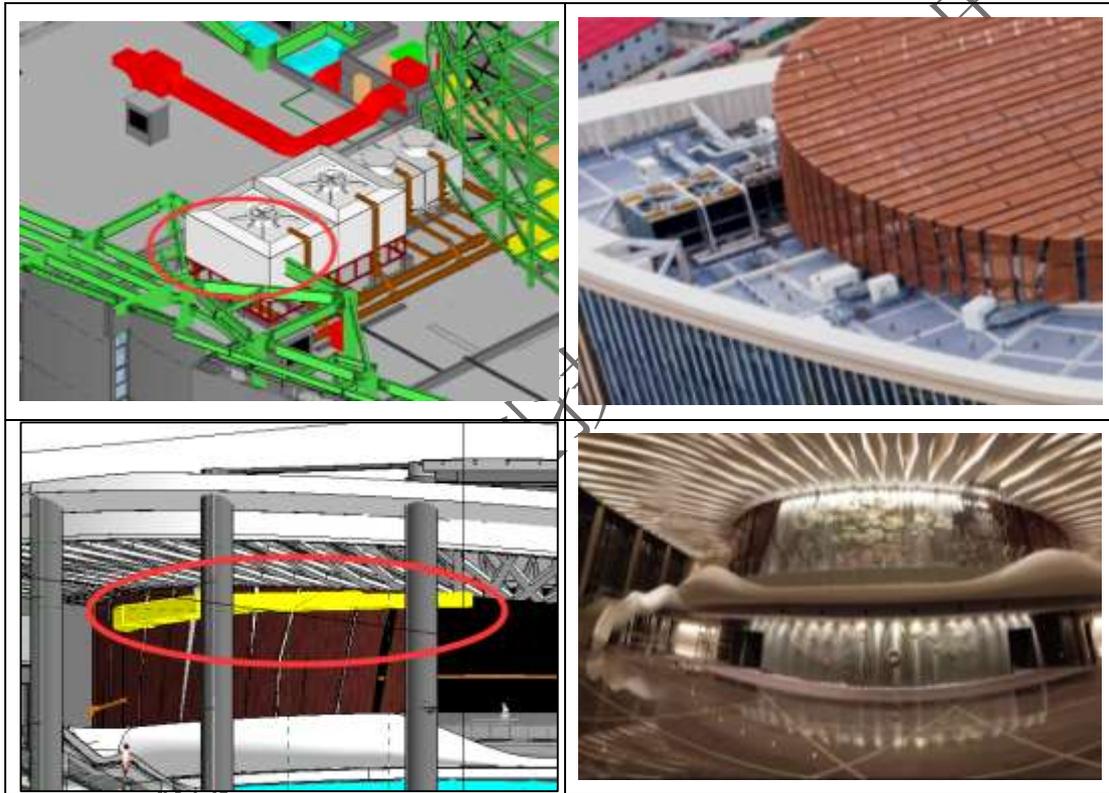
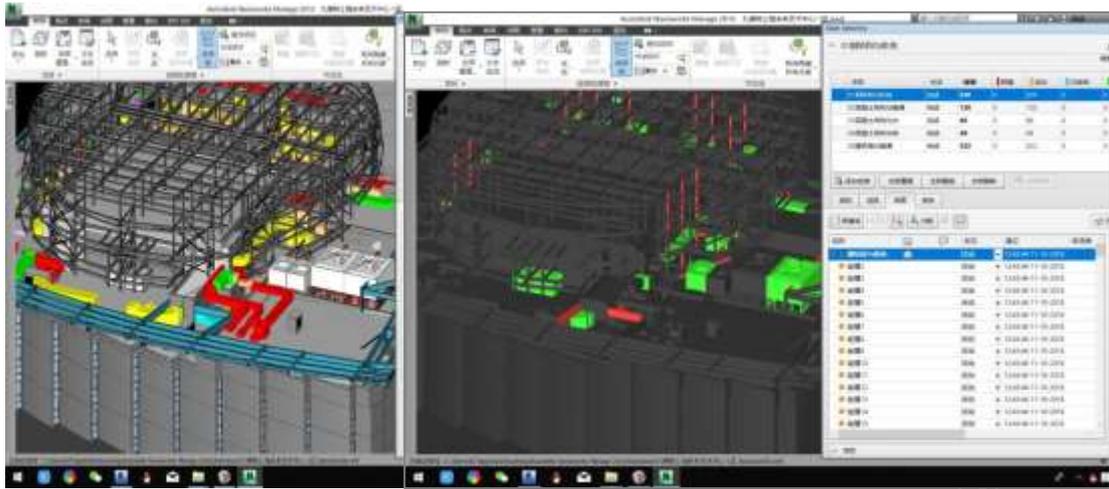


图 9-12 深化设计二次碰撞检测

二次碰撞检测问题报告

- 钢结构与机电碰撞
- 混凝土结构与机电碰撞
- 建筑与机电碰撞
- 建筑与精装修碰撞
- 机电与精装修碰撞
- 现场点云模型与精装修碰撞
- 外围钢结构与幕墙碰撞

- 混凝土结构与幕墙碰撞
- 建筑与幕墙碰撞

一次施工图碰撞发现 200 多个问题，在深化阶段全部解决，如图 9-12 所示。

10, 三维扫描及航拍

在建模技术手段方面，我们除了传统的建模手段还借助于先进的工具进行辅助，主要包括三维激光扫描及航拍。通过三维激光扫描逆向建模，从而达到控制设计误差，还原实际情况、保证设计效果的目的。另外还通过无人机记录进度，实现进度管理，如图 9-13 所示。

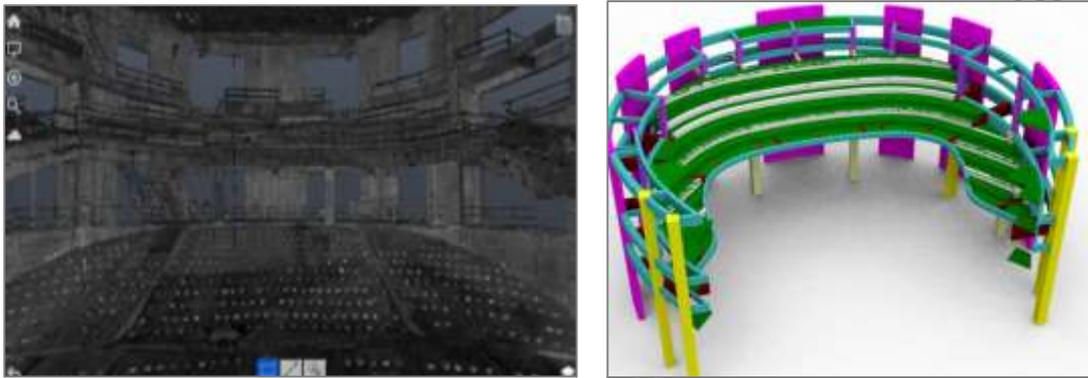


图 9-13 三维扫描与舞台楼座模型

11, 数字化管理协同平台

在项目设计建造过程中，通过项目管理平台进行各参与方之间的信息化管理，为项目信息化交付提供了一整套完整的模型数据。轻量化的模型显示为现场例会，模型问题浏览等提供了可视化的平台，如图 9-14 所示。



图 9-14 数字管理协同平台

9.4 BIM技术效益及测算方法

资金投入（参考）：九棵树项目 BIM 咨询服务的总投入费用约为 500 万元，其中设计阶段咨询费用为 258 万元（含平台使用费），施工阶段的 BIM 费用合计在各专项施工单位的工程费中预计每个专项设计 80 余万元，BIM 管理费用为 75 万元。（资金数据仅供参考）

时间投入：BIM 工作从 2017 年 10 月开始扩初设计到 2019 年 8 月底竣工模型的完善，历时 22 个月。

人员投入：BIM 咨询单位人员 10 余人，各施工专项单位精装，钢结构，土建总包等 10 余人，BIM 总承包管理人员 3 人，平台以及后期技术服务 3 人。

项目设计阶段总共解决 16820 个设计碰撞问题，总共节约约 1000 万余元的返工费用。施工阶段二次深化解解决 2735 个问题，解决在错误出现之前，节约工成本约 345 万余元。（数据来源与造价初步估计，仅供参考）项目星云管理平台的使用有效的实现了组织文件和流程管理，促进项目设计管理水平的总体提高，减少沟通成本，控制设计进度。

长期效益，在建设结束后，交付给运营一套包含完整建设信息的竣工模型，为运营提供了详实准确的设施设备信息数据库，能在运营维护阶段大幅度提高管理效率，产生显著的长期效益。

9.5 BIM技术应用推广与思考

通过该项目成功经验的总结，形成了可复制、可推广的 BIM 技术应用成果。

（1）可推广的经验

1, “业主主导+BIM 总体”管理模式

“业主主导+BIM 总体”的组织管理模式，可以充分发挥 BIM 总体单位在 BIM 应用策划、标准制定、过程管理、成果审核方面的专业优势，同时也减少项目公司的管理压力，提高效率，降低成本。

2, “总体策划+统一标准”顶层设计

在 BIM 工作开始之前进行 BIM 总体策划，确定 BIM 应用目标、应用范围、应用阶段、应用点，并制定统一的应用标准、导则和制度，确保各参与方交付成果的一致性和互用性。

3, “招标要求+合同限定”商务支撑

在招标阶段就对施工、设备供应商等参与方提出 BIM 应用要求，并在合同中明确各方

的 BIM 工作内容、提交成果的标准和要求，从而确保 BIM 能真正应用于现场，BIM 的数据准确真实。

4, “实体交付+虚拟交付”虚实结合

在实体交付的基础上，项目公司、运维单位、BIM 总体三方在现场进行实体构筑物及设备与 BIM 竣工模型的比对和验收，确保竣工模型与实体交付物的一致性，为运维提供数据保障。

(2) 需思考解决的不足

1, 提升 BIM 技术与管理融合度。

BIM 工作的技术硬成果与项目建设管理软环境需进一步融合，进一步深度渗透、融入管理的重要环节，以发挥更大的管理精细化价值。

2, 适度的把握。

部分 BIM 应用，没有达到预期的应用效果。应针对工程的体量大、系统复杂特点，对 BIM 应用的度进一步聚焦、整合和裁夺，克服“过与不及”，对效果良好的应用进一步推广，对弊端进行革除。

3, 严格标准能力建设。

各参与方的 BIM 能力参差不齐，各方的 BIM 工作进度和成果质量有差异。应加强参与方 BIM 标准能力建设，通过对标、达标，以全面提升 BIM 应用能力。

4, 完善建设运营移交环节。

各参与方的 BIM 能力参差不齐，各方的 BIM 工作进度和成果质量有差异。应加强参与方 BIM 标准能力建设，通过对标、达标，以全面提升 BIM 应用能力。

5, 设计质量的提升。

在如此复杂，专业交叉多的项目中，如何通过运用 BIM 三维辅助设计来提高设计质量也是值得总结的。

在这个项目中 BIM 技术从以往的记录者开始逐步向一位主导者的方式转变，基于 EPC 总承包模式下的 BIM 应用也是我们后期将探索和实施的主要方向。通过总承包的主导与各参与方的全力配合实施，使我们的九棵树未来艺术中心完美落地，如图 9-15 所示。



图 9-15 剧场效果图

上海建筑信息模型技术应用推广