
上海市建筑信息模型技术应用与发展报告

Shanghai BIM Technology Application
& Development Report



2023

Building
Information
Modeling

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

第五届上海市 BIM 技术应用创新大赛获奖项目案例介绍	1
一、基于 BIM 的仿古建筑数字化建造——上海岩花园项目 BIM 应用实践	3
1. 项目概况	3
2. BIM 技术应用概况	3
3. BIM 技术应用成果与特色	5
4. BIM 技术应用效益与测算方法	12
5. BIM 技术应用推广与思考	13
二、上海交通大学医学院附属瑞金医院北部院区二期扩建工程全生命周期 BIM 应用	14
1. 项目概况	14
2. BIM 技术应用概况	15
3. BIM 技术应用的成果与特色	16
4. BIM 技术应用效益及测算方法	21
5. BIM 技术应用推广与思考	22
三、黄浦区 160 街坊保护性综合改造项目	23
1. 项目概况	23
2. BIM 技术应用概况	23
3. BIM 技术应用成果与特色	25
4. BIM 技术应用效益与测算方法	32
5. BIM 技术应用推广与思考	33
四、重庆城轨快线 15 号线一期工程基于 BIM 的数字化建设管理应用实践	34
1. 项目概况	34
2. BIM 技术应用概况	35
3. BIM 技术应用成果与特色	37
4. BIM 技术应用效益与测算方法	47
5. BIM 技术应用推广与思考	47
五、绍兴市二环南路快速路工程 BIM 设计与应用	49
1. 项目概况	49
2. BIM 技术应用概况	49

3. BIM 技术应用成果与特色	52
4. BIM 技术应用效益与测算方法	56
5. BIM 技术应用推广与思考	57
六、800 床全负压应急医学中心平疫结合 BIM 实施方案——上海公共卫生临床中心应急医学中心项目	58
1. 项目概况	58
2. BIM 技术应用概况	59
3. BIM 技术应用成果与特色	60
4. BIM 技术应用推广价值	64
七、智慧运维在租赁社区的研究及实践	66
1. 项目概况	66
2. BIM 技术应用概况	66
3. BIM 技术应用成果与特色	69
4. BIM 技术应用效益及推广价值	77
5. BIM 技术应用总结与思考	78

上海市第五届 BIM 技术应用创新大赛获奖项目案例介绍

上海建筑信息模型技术应用推广中心于 2023 年 2 月举办上海市第五届 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，分设项目案例奖和特别创意奖等，旨在展示上海市 BIM 技术在工程建设各方面推广应用的优秀成果。其中项目案例奖注重成熟型 BIM 关键技术工程项目中的广泛应用，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。

本次发展报告分别从三类奖项中选取了 7 个获奖项目案例（详见下表 1-1），其中项目案例奖房建类 3 个、市政类 2 个、特别创意类 2 个，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。希望这些案例能够成为行业标杆，发挥引领、示范作用，推动 BIM 更广泛的应用。

表 1-1 收录获奖项目清单

序号	奖项类别	项目名称	主申报单位	联合申报单位
1	项目案例奖- 房建类	基于 BIM 的仿古建筑数字化建造——上海岩花园项目 BIM 应用实践	上海建工四建集团有限公司	/
2		上海交通大学医学院附属瑞金医院北部院区二期扩建工程全生命周期 BIM 应用	上海交通大学医学院附属瑞金医院	上海申康卫生基建管理有限公司 上海科瑞真诚建设项目管理有限公司 上海霍普建筑规划设计有限公司 上海建工四建集团有限公司 上海科瑞漫拓信息技术有限公司
3		黄浦区 160 街坊保护性综合改造项目	上海建工二建集团有限公司	上海外滩老建筑投资发展有限公司

4	项目案例奖- 市政类	重庆城轨快线 15 号线一期 工程 BIM 技术应用	上海市隧道工程轨道交通 设计研究院	重庆市铁路（集团）有限公司
5		绍兴市二环南路快速路 工程 BIM 正向设计与应用	上海市政工程设计研究 总院（集团）有限公司	绍兴市基础设施建设投资 有限公司
6	特别创意奖	800 床全负压应急医学中心 平疫结合 BIM 实施方案一 —上海公共卫生临床中心应 急医学中心项目	上海市公共卫生临床中心	上海申康卫生基建管理有限公司 上海科瑞真诚建设项目管理 有限公司 同济大学建筑设计研究院 （集团）有限公司 上海容基工程项目管理有限公司 上海建工五建集团有限公司
7		智慧运维在租赁社区的 研究及实践	上海城投控股股份 有限公司	上海城投置业经营管理有限公司 上海城投置地（集团）有限公司 上海水石建筑规划设计股份 有限公司

一、基于 BIM 的仿古建筑数字化建造——上海岩花园项目

BIM 应用实践

1. 项目概况

上海岩花园项目位于上海市长宁区虹桥路街道 284 街坊 A1-01 地块，是以传统中式建筑风格为特色的园林式高档酒店。总建筑面积 6.06 万 m²，结构形式主要为钢结构，地上共 10 栋单体，包括京式、苏式、宋式、晋式、仿宋式现代等五种建筑风格，建成后将为上海国际高端商务活动及国际重要外事接待提供保障服务。



图 1 项目平面

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用策略

作为高端定位的仿古园林酒店，在本项目的建造过程中，既要体现古建效果，又要满足现代化功能，机电管线隐蔽要求高；本项目园景交融，假山形式多样，造型复杂、建造难度大；传统彩绘等工艺复杂耗时，人工、材料成本高，深化专业度高、难度大；仿古建筑修缮可参考规范少，后期维护难度大。

为了解决以上问题，岩花园项目基于 BIM 技术进行了仿古建筑数字化建造应用实践，应用点主要分为模型创建、深化设计、数字施工和项目管理四块：模型创建包括仿古建筑参

数字化建模、塑石假山逆向建模及轻量化整合；深化设计包括管综优化、管线隐藏、古建排砖和假山深化；数字化施工包括彩绘渲染漫游、彩绘可视化编程和彩绘自动扎谱；项目管理包括工程量计算、MR 复核、360 全景巡航和数字化资产留存。

2.2 组织建设

2.2.1 组织架构

本项目总包单位是上海建工四建集团有限公司，公司成立于 1964 年 2 月，是上海建工集团股份有限公司的全资子集团，具有房屋建筑工程施工总承包特级资质、建筑行业（建筑工程）甲级设计资质、市政公用工程施工总承包一级资质等。曾先后荣获鲁班奖 33 项，詹天佑奖 10 项，上海市科技进步奖 44 项，各类 BIM 奖项 100 余项。

本项目 BIM 团队的组织架构，主要由业主牵头，协调设计与施工单位进行 BIM 工作的沟通，施工单位设立联合 BIM 工作组，下分协调、机电、假山和彩绘四大组别。

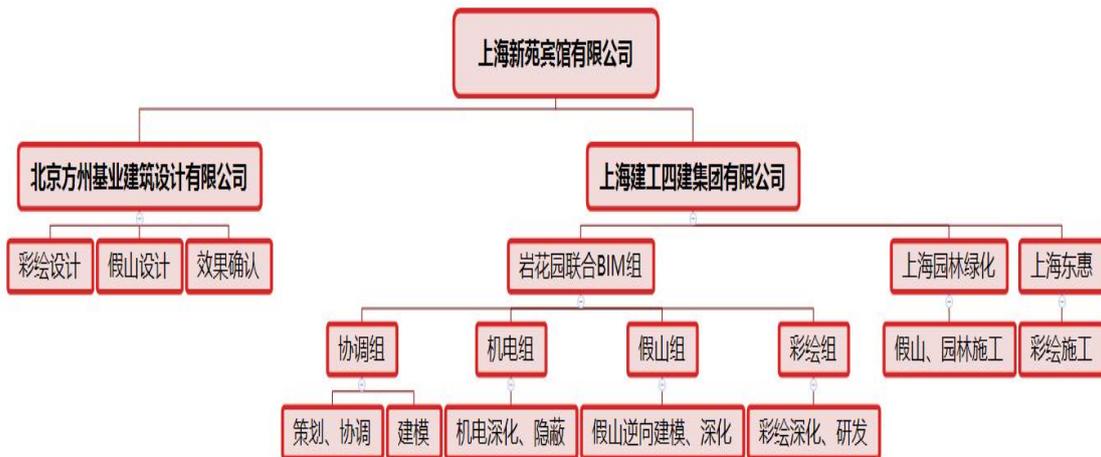


图 2-1 项目组织架构

2.2.2 BIM 管理体系总体思路

根据《上海市建筑信息模型技术应用指南》（2017 版）、《建筑信息模型施工应用标准》、《建筑工程设计信息模型制图标准》、《BIM 实施应用手册》编制《上海岩花园项目 BIM 实施导则》，通过项目实际应用，形成了一套从建立标准、模型维护、沟通机制到数字化交付的完善流程，如图 2-2 所示。

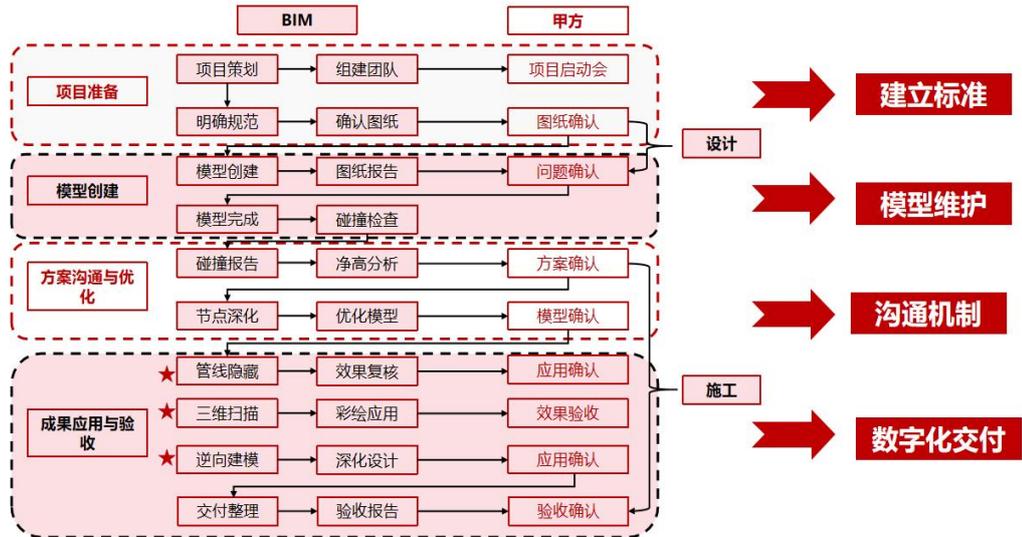


图 2-2 BIM 管理体系思路

2.2.3 BIM 应用环境

如图 2-3 所示，除常规硬件配置，本项目根据古建特色，配备了三维扫描仪、MR 头盔、激光雕刻机等设备，同时在软件上，也创新使用了可视化编程软件和自主研发插件系统，用于细部深化。

型号	设备用途	主要性能指标	数量	软件名	软件用途	软件名	软件用途
台式机工作站 Dell Precision T5820	建模 开发	CPU: Intel xeon E5 2640 v3 内存: 64GB DDR4 2133MHz ECC 显卡: Nvidia Quadro K4200	2	Autodesk Revit 2018	BIM建模, 用于全专业BIM正向设计建模	Dynamo	间隔编号编程
移动工作站 HP 8450w	建模 开发	CPU: i7 4796 HQ 内存: 16GB DDR3 1600MHz 显卡: AMD FirePro M6100	2	SketchUp	BIM建模设计软件	Enscape	模型渲染
服务器 Dell PowerEdge T630	存储 开发测试	CPU: Intel xeon E5 2640 v3 内存: 16GB DDR4 2133MHz ECC	1	ARCHICAD 24	BIM建模设计软件	自主研发排砖插件	古建砖深化
平板电脑 iPad Pro	问题处理 展示	64 位架构的 A9X 芯片 M9 协处理器	2	Rhino 7	假山逆向建模及钢筋网片深化	Trimble Connect	MR应用
站式三维扫描仪 Z+F 5010C	室内高精度扫描	像素: 8000万 精度: 1-2mm	1	Tekla Structures	钢结构建模设计软件	Geomagic Studio 2013	点云模型制作
手持三维扫描仪 Handyscan	构件彩绘采集	像素: 1200万 精度: 0.6-1.5cm	1	Autodesk AutoCAD 2020	绘图软件, 用于图纸查看及修改	720云平台	室内全景球制作
全景摄像机 insta 360	远程监控 质量验收	光学部件: 反射棱镜 分辨率: 6K 3:2	1	Autodesk Navisworks 2018	BIM分析软件, 用于三维模型的碰撞检测和工艺模拟		
MR头盔 hololens 2	模型现场复核	光学部件: 透明全息透镜 分辨率: 2k 3:2轻便引擎	2				
激光雕刻机	自动孔洞	自主研发	1				

图 2-3 BIM 软硬件应用环境

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 仿古建筑参数化建模

针对本项目仿古建筑群风格各异的特点，根据特色运用 ArchiCAD、Revit、SketchUp 等不同软件参数化建模，其中最具有特色的京式主殿，通过在 ArchiCAD 中调取图软官方图库、编辑 GDL 语言、移动热点、布尔重组等手段，参数化建模，使藻井斗拱等特色构件能还原设计要求，如图 3-1 所示；苏式建筑的参数化建模通过在 Revit 中添加参数编写公式实现，参数化成果可用于后续排砖、脚架布置等深化工作中；SketchUp 则主要用于构件彩绘的贴

图渲染，服务业主进行方案比选。

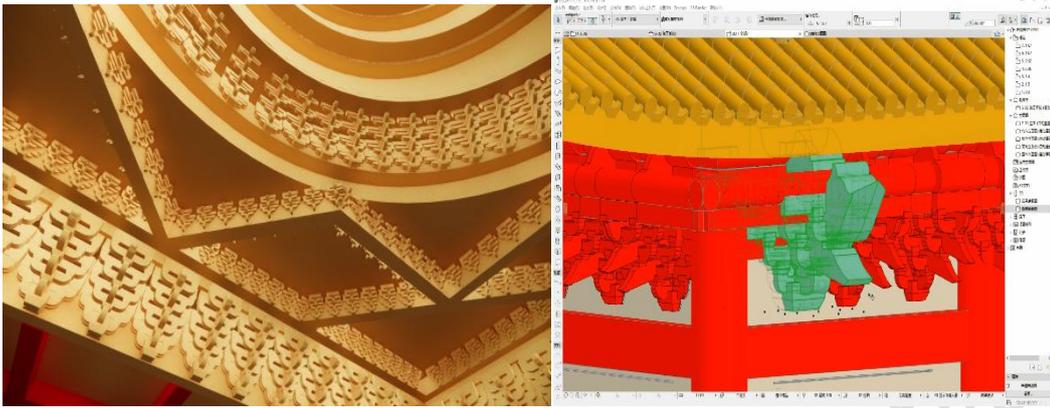


图 3-1 藻井及斗拱模型

3.2 管线深化

本项目地下室为主要机房区，管综复杂设备林立，通过三维深化实现管综排布和净高的双重优化。

除此之外，作为高端定位的仿古园林酒店，对机电隐蔽要求极高，以未进行隐藏处理的项目为鉴，岩花园项目通过建立节点模型、隐藏深化、MR 复核进行深化设计，遵循“内藏、遮挡、与环境融合、改变构造”四种思路，保证所有管线在满足使用功能的前提下，实现完全隐藏或视觉隐藏效果，如图 3-2 所示。

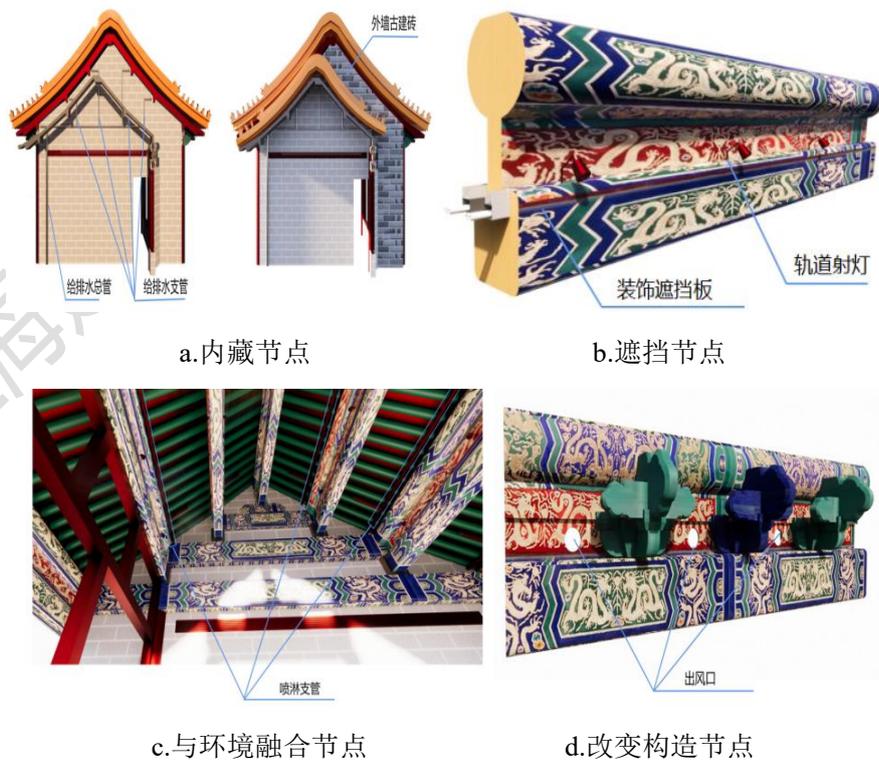


图 3-2 机电隐蔽思路

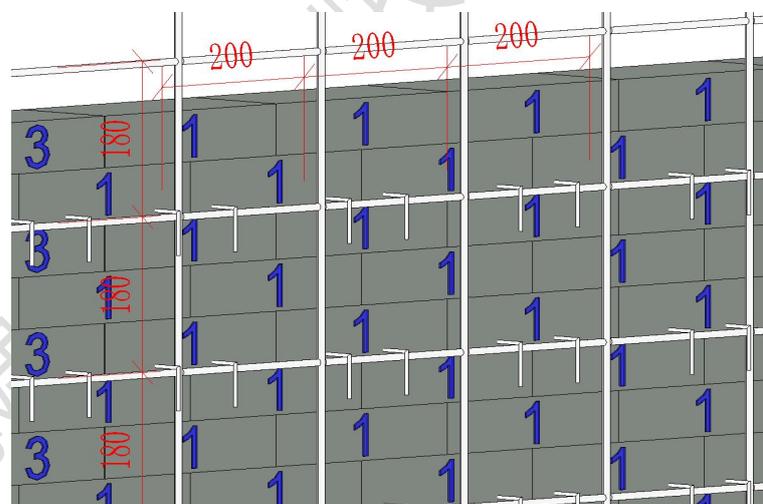
在完成节点深化后，通过佩戴 MR 眼镜，扫码匹配模型与实景，利用场景漫游、视线分析、截图录屏等功能，沉浸式复核验收，既能在正式施工前检验各节点隐蔽效果，提出优化措施，降低纠偏成本；又能在施工完成后进行对比验收，保证现场与模型的一致性，如图 3-3 所示。



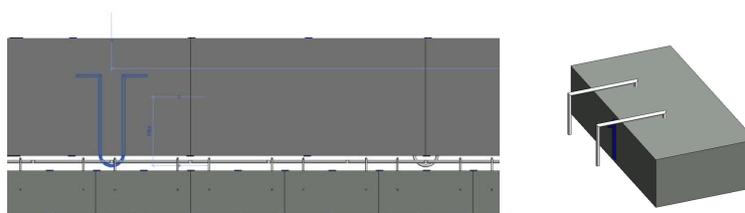
图 3-3 MR 复核及验收

3.3 古建砖深化

为了真实还原古建风格，本项目使用的外墙古建砖都是由房山、任丘等古镇拆旧而来，同时，外墙砖利用干挂工艺，由不锈钢挂件勾结钢筋网片、再将网片通过 U 型箍与内部砌体墙连接，材料成本高，工艺难度大，对用量需要精细控制，如图 3-4 所示。



a. 钢筋网片



b. U 型箍和不锈钢挂件

图 3-4 古建砖干挂工艺

项目利用自主研发的 Revit 插件，对外墙古建砖进行排砖、出图、算量，提前获取古建砖用量，方便材料采购，从采购源头控制成本，如图 3-5 所示。通过古建砖深化，也能同时确定不锈钢挂件的数量和布置位置，方便放线定位。

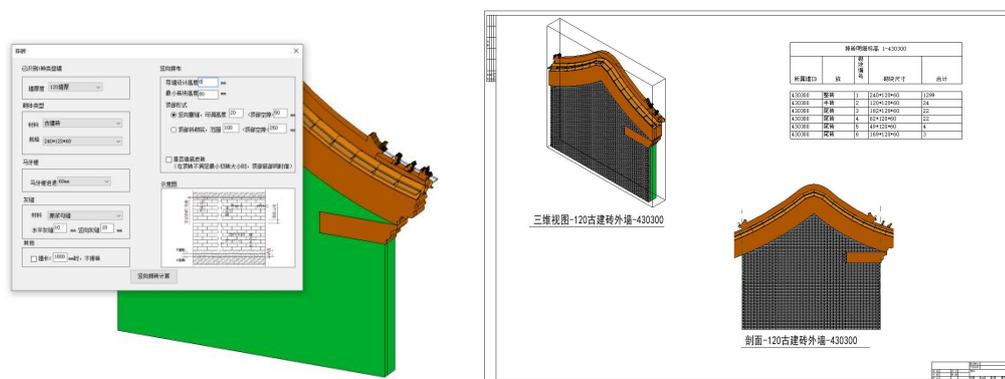


图 3-5 古建排砖深化

3.4 假山深化

假山深化主要分为钢筋网片深化和次钢结构深化两个部分。在塑石假山的建造中，为将概念模型更好的实体化表现，采用三维扫描+逆向建模技术，扫描缩尺模型，如图 3-6 所示，并将采集的点云导入 Rhino 软件中与建筑模型整合，调整优化。然后，在 Rhino 中，利用切片工具将调整后的假山切割编号，得到钢筋线模型，形成钢筋弯折图纸，进行钢筋弯折加工，再在现场焊接形成网片，绑扎密目网并喷涂砂浆，最终雕刻成型，如图 3-7 所示。次钢结构基于网片模型进行深化，通过后置埋件，将次钢结构固定到主体结构上，方便后续焊接钢筋，如图 3-8 所示。



图 3-6 三维扫描假山小样



图 3-7 塑石假山钢筋绑扎

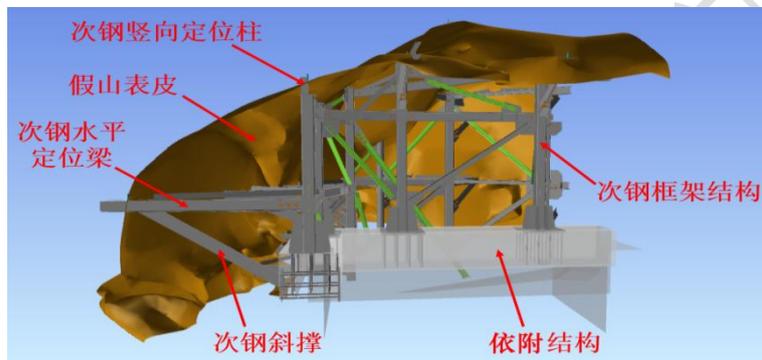


图 3-8 假山次钢结构深化

现场塑石假山脚手架的搭建,需同时考虑叠石和依附结构,参考扣件式脚手架技术规范,运用基于 Revit 栏杆扶手族的脚手架快速绘制方法,在 Revit 中根据投影轮廓放线调整,进行脚手架布置,便于指导现场搭设施工。

针对假山不规则的外形特征,可利用 Rhino 面积分析工具,分块计算表面积,得到塑石假山所需要的喷涂砂浆用量,方便计量结算,如图 3-9 所示。

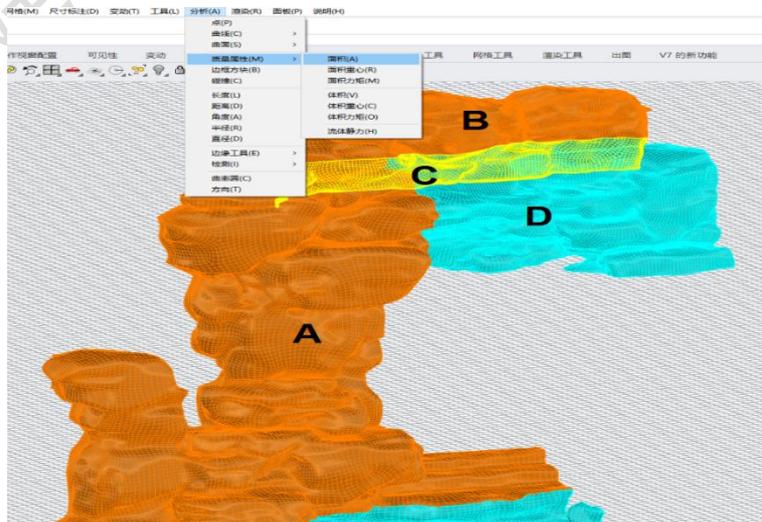


图 3-9 假山喷涂砂浆算量

3.5 彩绘应用

彩绘施工时值疫情期间，业主位于北京，彩绘效果的确认及验收开展困难，考虑到彩绘的要求高且现场返工情况严重，为了保证彩绘施工进度，及时验收减少返工，本项目使用三维扫描仪采集彩绘，导入模型纹理贴图，渲染呈现完工效果，方便业主远程确认及验收，如图 3-10 所示。同时，贴图素材依据彩绘分段规则，还可利用 AI 对枋心图案进行二次创作，渲染后进行效果比选。



图 3-10 彩绘渲染效果

针对天花彩绘施工，现场经过比选，最终采用贴纸软做的形式，直接在嵌板上绘制大边，通过调节大边宽度来实现中心彩绘的居中统一。项目部分区域为跳色天花，比起单色天花，在施工中更容易混淆出错，同时，在起扎谱和二次套谱作业中，存在效率低、出错率高、出品质量不稳定、人工成本高的问题。对此，项目利用 Dynamo，基于坐标赋值、二次排序、布尔分类等原理，在 Revit 模型中进行可视化编程，导出天花信息表，生成编号平面图，方便在起扎谱和二次套谱中批量放线、精准定位，既能保证质量又能提高效率，如图 3-11 所示。

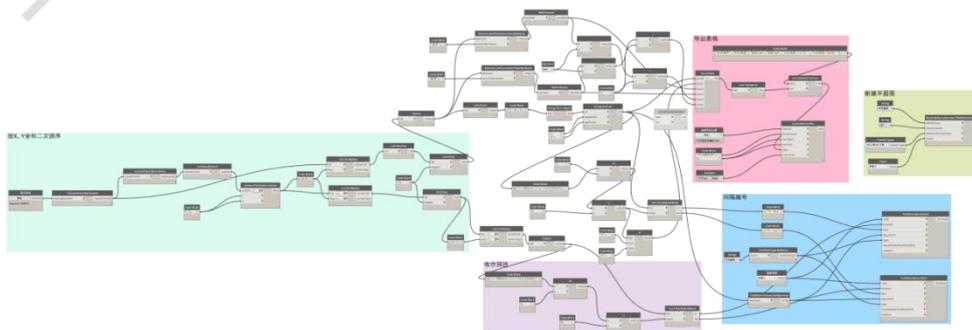


图 3-11 Dynamo 天花彩绘编程

针对传统彩绘施工中，起谱扎谱专业度高、人工成本高、效率低、成品不稳定的问题，项目通过基于稀疏点提取算法的彩绘自动扎谱方法进行解决。技术路线具体为：首先，三维扫描采集彩绘，基于最小值替代和亮度阈值比对原理，提取线稿；其次，基于点云算法拾取线条、通过遍历循环、化线为点，获取扎谱图中的点云坐标；然后，结合实际扎谱图尺寸和扎谱点大小，绘制电子扎谱图并保存为矢量图格式；最后，将矢量图导入振镜激光雕刻机中，设置合适直径进行纸品打点，如图 3-12 所示。对比传统人工作业，运用自动扎谱技术通过技术革新，既提高了施工效率，又保证了出品质量，还节约了人工成本。

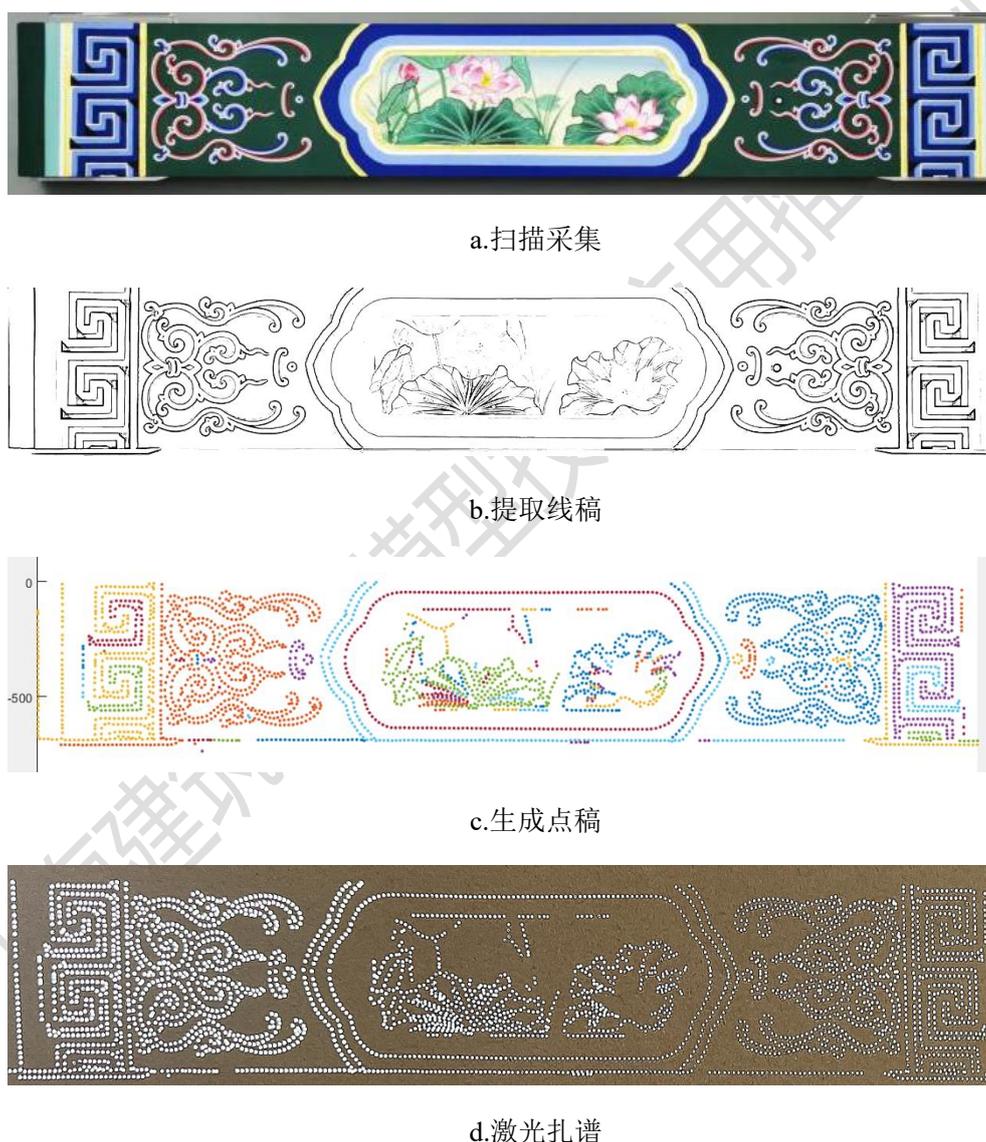


图 3-12 基于稀疏点提取算法的彩绘自动扎谱

3.6 数字化项目管理

项目利用 360 全景巡航相机，基于约束的智能对齐算法，实现 BIM 模型与全景照片的视图精确对齐，可进行虚拟模型与实景照片的重叠查看，便于远程验收和线上管理。

针对室内的三层鎏金藻井，项目利用全景相机制作全景球模型，添加标签记录施工流程及时间，形成影像资料，除此之外，还利用全站式三维扫描仪，逆向建模获得藻井模型，作为数字资产留存，可用于后期维修参考，如图 3-13 所示。



图 3-13 藻井点云模型

4. BIM 技术应用效益与测算方法

本项目运用 BIM 技术，通过以下四方面的应用创新，取得了较好的经济效益，人工、机械、材料费用都大大减少，现场综合管理效率显著提升，具体如下：

- (1) 形成了基于 MR 的仿古建筑机电隐藏效果验收技术，通过在施工前沉浸式检验，降低返工成本，可复制推广于同类古建与仿古项目中；
- (2) 形成了基于三维扫描的复杂假山建造技术，利用逆向建模深化假山钢筋，指导现场施工，假山点云模型还可用于不规则外轮廓线脚手架模型的创建，和外表皮喷涂砂浆的用量计算，和实际用量偏差小于 5%；
- (3) 形成了基于 Dynamo 的天花彩绘深化技术，可实现自动编号、导出表格、生成图纸，可辅助二次套谱和放线定位，和传统人工作业比较，误差率由 8%降至 1%；
- (4) 形成了基于稀疏点提取算法的彩绘自动扎谱方法，用机器代替人工扎谱，优化工序提高彩绘施工效率，单构件作业效率提高了 6 倍，项目共累计节约工期 55 天，人机材总计节约 35 万，节约率约 15%。

此外，还申请包括“一种基于稀疏点提取算法的彩绘自动扎谱方法”、“一种大型仿古藻井及建造方法”等 10 项专利，发表包括《一种现代仿古建筑基本形式的研究》、《基于 BIM

+MR 的仿古建筑机电隐蔽应用实践》等 4 篇论文，相关成果实现了科技转换，贡献了社会效益。

5. BIM 技术应用推广与思考

岩花园项目基于 BIM 技术，结合三维扫描、MR、点云算法等技术，进行了仿古建筑数字化建造应用实践，解决了建造中的疑难问题，该项目为传统古建彩绘、中式园林假山等的精确再现和高效施工提供了解决方案，同时为传统工艺的发扬和传承注入了新的活力。这种综合数字化技术的应用不仅有助于提升建筑行业的创新能力，还为仿古建筑智能化发展提供了有益的范例。

虽然受古建建造的专业性和文化性限制，以及数字化实施成本和复杂性约束，现阶段仍面临一系列问题和挑战，但前景广阔、希望与挑战共存，相信随着技术的不断发展和经验的积累总结，数字化将为古建筑领域带来活力和新机遇，成为推动行业向前发展的强大引擎。

二、上海交通大学医学院附属瑞金医院北部院区二期扩建工程全生命周期 BIM 应用

1. 项目概况

1.1 工程概况

上海交通大学医学院附属瑞金医院北部院区（嘉定区希望路 999 号）二期扩建工程，总建筑面积 136,807 m²，其中地上 93,643 m²，地下 43,164 m²，共设置床位数 600 床。拟建工程地下二层，地上十八层，建筑空间布局门诊、医技、住院、科教（上海市重点实验室、医学重点学科研究中心、住院医师规培基地）及配套工程（连廊、35KV 变电站、污水处理站）等附属建筑。

工程建设的实现解决制约瑞金医院北部院区学科发展的瓶颈问题，同时在一期建设基础上，融合瑞金肿瘤（质子）中心的功能特点，发挥瑞金创伤诊疗、危重症救治、心脏医学、妇幼医学等特色学科优势，承载着上海“五大新城”建设中公共卫生服务配套功能之一的历史使命，以满足嘉定新城建设综合性节点城市的医疗健康需求。



图 1-1 项目平面

1.2 BIM 组织架构

本项目由上海科瑞真诚建设项目管理有限公司担任全过程的 BIM 技术咨询服务，协同

设计单位、施工单位以及专业分包单利用 BIM 技术发挥最大的效益和价值。按照上海市发改委批复项目实行代建制度。上海市瑞金医院负责全面总体建设，上海申康卫生基建管理有限公司代建管理，其他单位分别由上海霍普建筑设计事务所股份有限公司设、上海建工四建集团有限公司负责施工的各项工作。

以“申康模式”助力医院建设工程全生命周期高质量发展以筹建办为核心，借助协同云平台集成各参建单位，创新与务实相结合，辅助医院建筑智慧建造。从纵向上在项目管理、模型管控、职责划分有高效的多角度模式，横向上在医疗建筑整体规划，开办运营管理、医疗工艺设计的辅助决策。

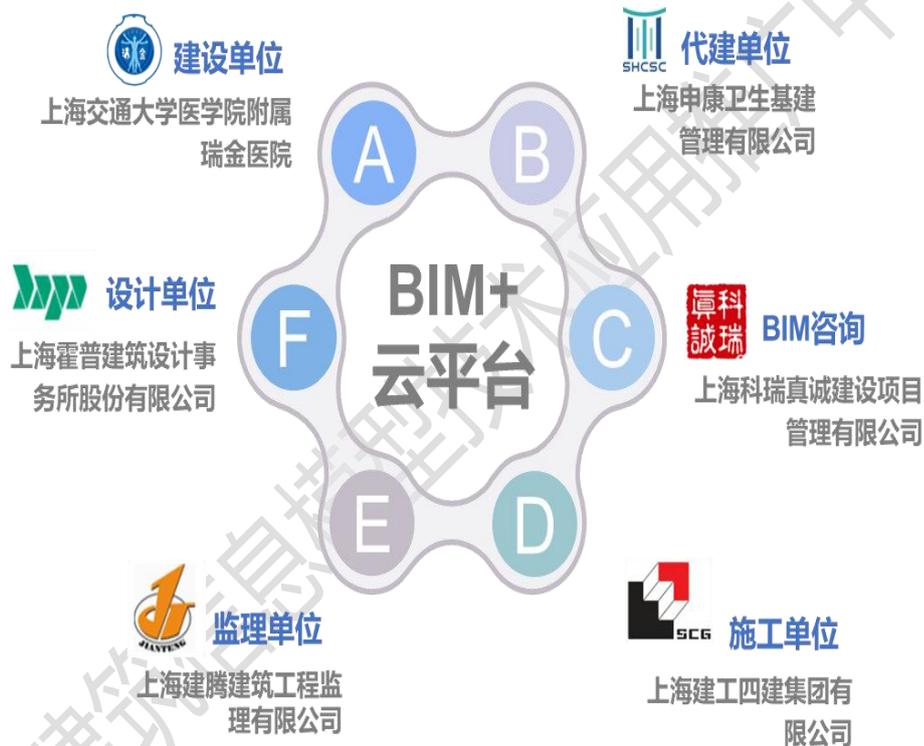


图 1-2 BIM 组织架构

2. BIM 技术应用概况

按照《上海市 BIM 技术应用指南 2017》及《市级医院 BIM 规范》并结合医疗建筑项目的特殊内容，编制全过程 BIM 技术应用服务解决方案，其中基础运用点累计 38 项，创新及拓展应用三大板块：

- (1) BIM+PM 项目管理：定期召开 BIM 工程例会，讨论解决设计模型碰撞问题、施工进度模拟计划，参与项目管理决策，针对设计变更、技术核定。单、工程量计算提供支持；
- (2) BIM+医疗工艺设计：基于 BIM 模型的医疗工艺（二级、三级），利用三维及仿真数据，医疗平面流线碰撞、医患人流仿真、科室工艺样板间完善传统医疗工艺设计的不足；

剖面专业图纸核查，集成整合各专业 BIM 模型，“查、漏、补、缺”，提高设计质量。

BIM 应用内容

问题示例：A-P轴与柱KZ7（1050*1150）和柱详图（1100*750）尺寸不一致；

设计回复：KZ7截面应为1050x11150，配筋不变

- 结构模型问题协调表（第一版）18处；
- 结构模型问题协调表（第二版）18处；
- 建筑模型问题协调表（第一版）16处；
- 机电模型问题协调表（第一版）12处；
- 结构模型问题协调表（第三版）33处；
- 管线模型问题协调表（第二版）28处；
- 标注缺失、详图不一致；

实施效果

通过创建BIM模型，进行平、立、剖面专业图纸核查，集成整合各专业BIM模型，“查、漏、补、缺”，提高设计质量，截止目前，已回复修正116处；



图 3-1 BIM 模型平立面核查

3.1.2 钢结构模型深化及桁架楼承板优化

项目采用钢框架-中心支撑结构，为了更好的管控钢结构施工，满足施工要求，项目上在深化设计阶段，利用 tekla 软件进行钢结构构件及节点深化。楼板采用钢筋桁架楼承板，钢筋模板支撑一体化产品，整体性好、施工便利、速度快捷，人工成本、材料成本降低，现场废料少，对环境污染少，混凝土成型质量高，可达到清水混凝土的标准。

钢框架-中心支撑结构，为了更好的管控钢结构施工，满足施工要求，项目上在深化设计阶段，利用tekla软件进行钢结构构件及节点深化。

楼板采用钢筋桁架楼承板，钢筋模板支撑一体化产品，整体性好、施工便利、速度快捷，人工成本、材料成本降低，现场废料少，对环境污染少，混凝土成型质量高，可达到清水混凝土的标准。

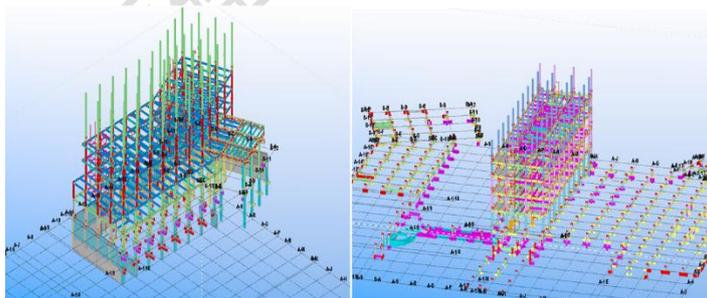
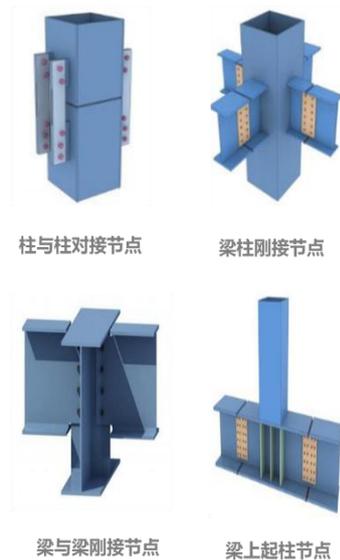


图 3-2 钢结构模型深化及桁架楼承板优化

3.1.3 管线综合深化设计

基于 BIM 模型，构建机电设备机房布局，各专业管线模型并进行综线综合，在虚拟建造的过程中，优化管线布局，满足安装和维护操作的空间需求，保持建筑使用净空高度，并



可对空调等系统进行性能模拟，确保性能模拟，调整设计参数，提高系统应用质量。已完成的管线综合设计模型同步进行现场模型校核。

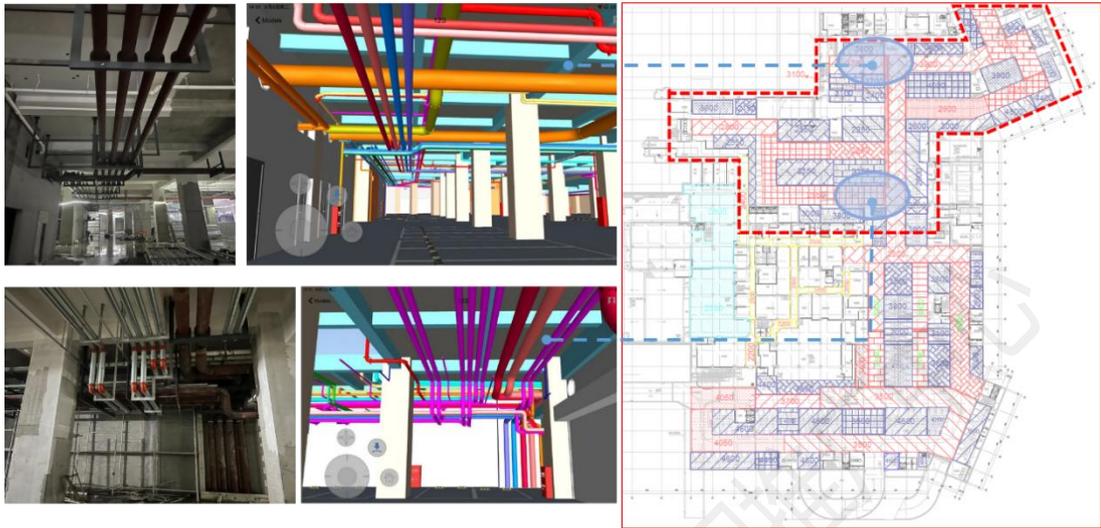


图 3-3 BIM 管线深化及现场校核

3.1.4 BIM+云平台协调管理

通过基于 BIM 的项目管理云工程平台（漫拓云工程系统）的应用，希望提升医院建设项目的管理效益，通过各移动终端设备，将所有施工现场的进度和问题及时暴露，降低隐藏的问题发生的几率；现场照片、录音、视频的传送，准确定位问题的严重性和优先性；工况过程的全过程跟踪反馈机制，确保管理者掌控工程进展，减少因信息缺失和跟踪不及时造成的管理疏漏，并且及时进行文档管理，实现施工信息集成，减少管理盲点和信息遗漏。

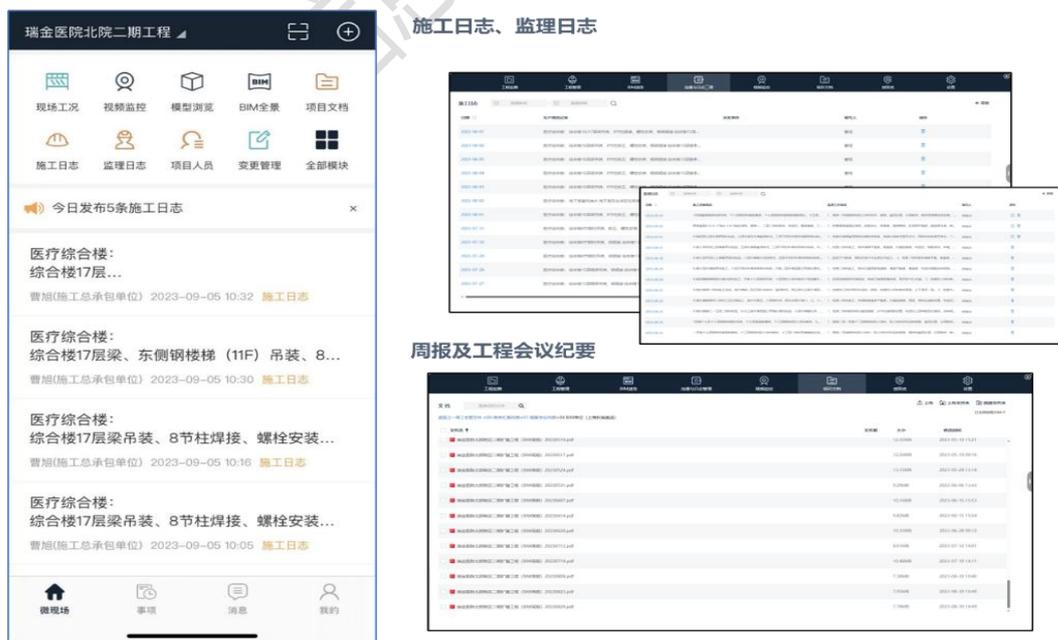


图 3-4 BIM 项目管理云平台应用

3.2 特点：基于 BIM 的医疗工程建设

3.2.1 基于 BIM 的模块化、中心化的医疗工艺流程设计

医用功能布局及医疗工艺流程不明确，进度策划和造价估算不准确，将导致后期变动较多，目标控制困难。项目的需求和功能复杂性，在前期及策划阶段，往往难以明确医疗工艺流程，导致建设过程中变动较多，平面布局调整频繁，方案稳定性差。进而影响项目的规模和标准确定，造价估算不准确，后期超投资严重。同时也为进度控制带来巨大风险。利用 BIM 模型进行可视化流线分析，将垂直方向和平面结合梳理医疗功能信息，完善医疗工艺设计。

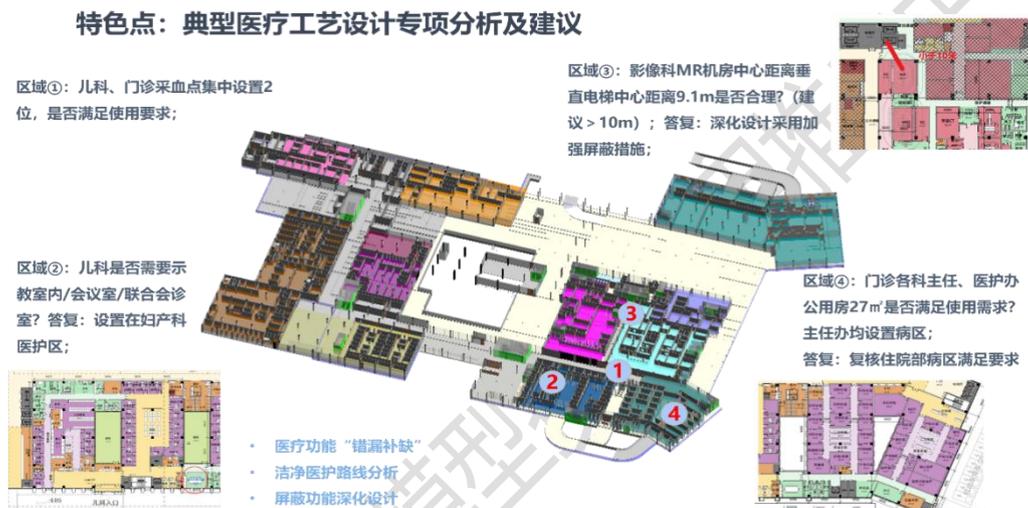


图 3-5 医疗工艺分析典型分析建议

二期工程与原有建筑交融，在一定程度上进行着交叉的模型，根据建设单位提出的中心化设计思路：既有建筑融合设计完成以后必须保证病患人员到各检查室科室的距离均衡，解决医护人员梳理、合理利用冗余空间，从而将模型空间感呈现分析各项参数设计。

特点：医疗工艺中心化（检查功能）设计思路

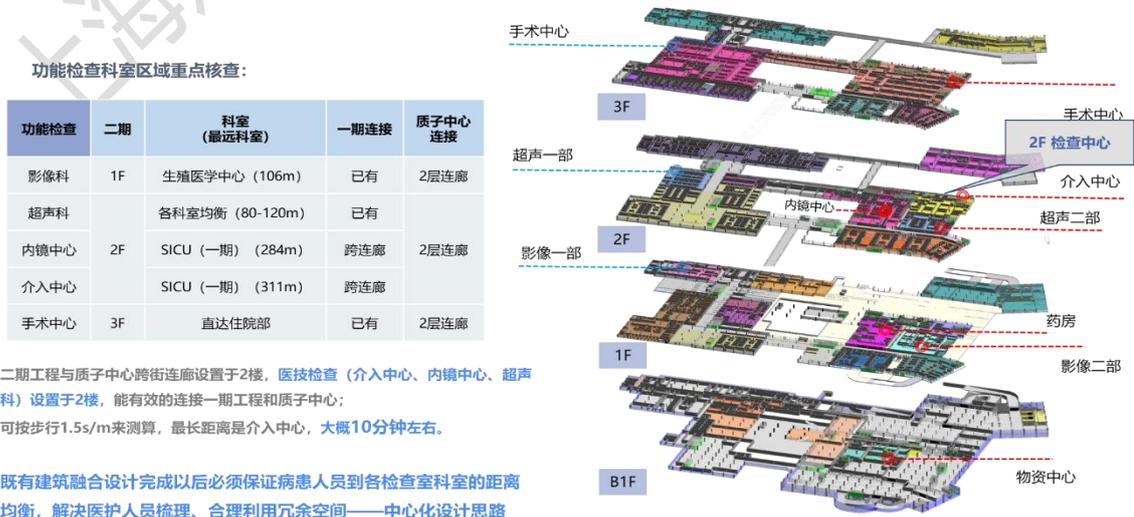


图 3-6 中心化设计思路

3.2.2 基于 BIM+仿真模拟的医患人流量测算

上海作为全国的经济核心之一，医疗水平同样是发展的重要方向，医疗建筑功能复杂横向涉及污染、洁净流线的感染性质要求，纵向上涉及访客、就诊、出院、规培等多项人流。起错综复杂的流线是建筑空间设计重点，项目进行实际调研数据，利用 BIM 模型多阶段的模拟人员密集程度，为设计方案调整进行理论支撑，为医院决策提供数据参考。

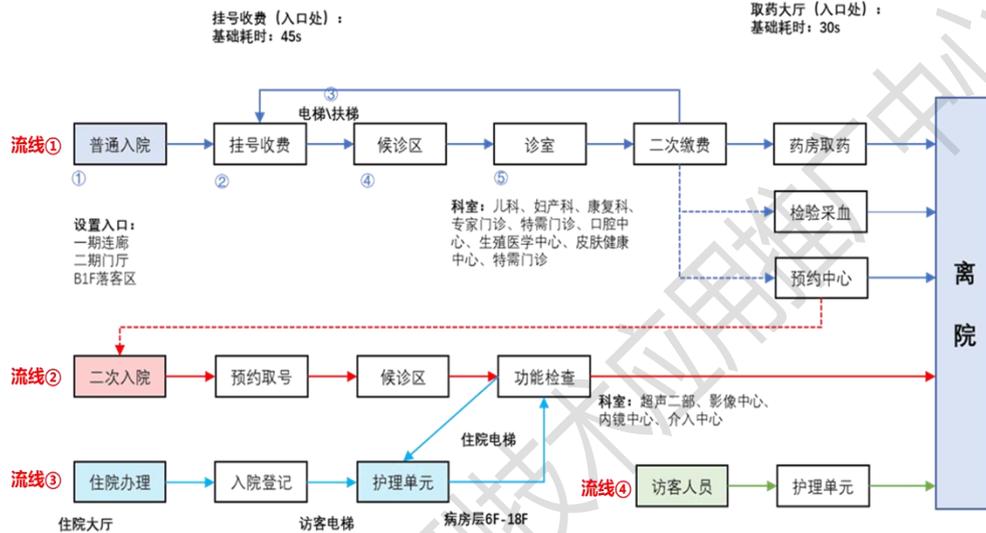


图 3-7 就诊服务各项医疗流线

特点：医患人流模拟分析——1F门诊高峰期测算

楼层	科室	一期数据	仿真结论	高峰候诊量	优化分析结论	情况反馈or解决方案
1F	儿科	450	650	24	儿科高峰期候诊24*2=48人次 > 预设候诊座椅32人次，建议增加等候座椅；	已重新调整平面
	妇产科	360	880	50	妇产科高峰期候诊50*1.5=75人次 < 预设候诊座椅128人次，空间区域充足；	满足
	康复科	150	312	75	康复科高峰期候诊60人次 > 无预设候诊，实际等候人数比模拟数值相对减少；	采取预制度，实际拥堵情适当缓解
	影像科	1500	327	64	影像科高峰期候诊64人次 < 预设候诊座椅96人次，空间区域充足；	满足

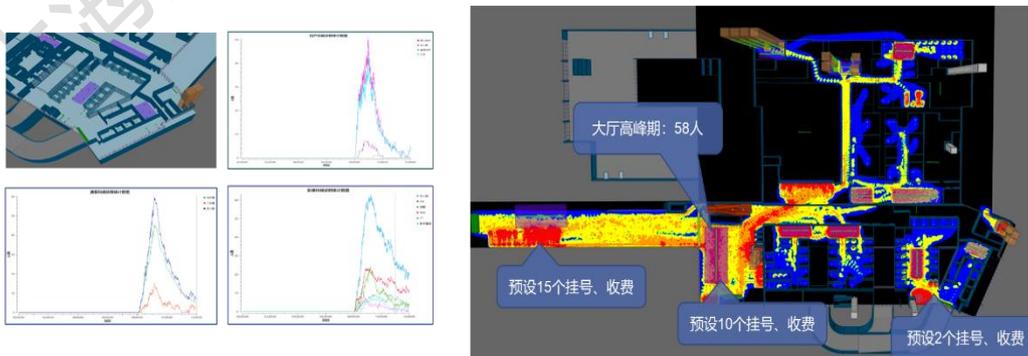


图 3-8 1F 建筑空间科室高峰期数值预测

3.2.3 基于 BIM 的智能化物流系统设计分析

智能化物流系统是现代医疗建筑设计的新理念，在一定程度上解决了医疗物资的运输，减少后勤人员的工作。本项目初步设计轨道、被服、气动以及智能机器人四大物流系统。物流系统的设计覆盖整个医疗院区，那么如何做到高校且合理的布置，利用 BIM 模型构建物流轨道及站点分析图。

特色点：物流系统专项设计——物流系统综合设计

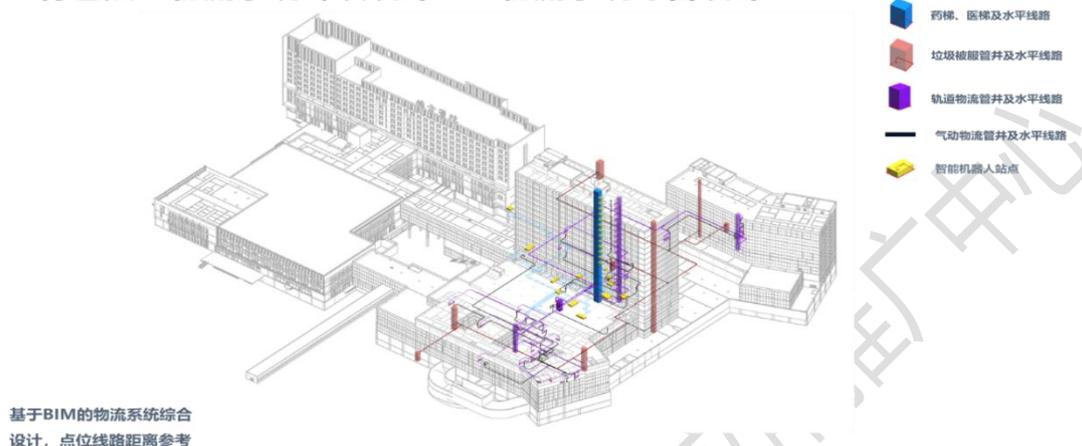


图 3-9 轨道物流综合设计模型

项目设计配备 AGV 机器人 9 台，通过验算模型计算二期工程与及其他建筑物的空间距离关系计算机器人物流系统的分析效率，从而在预测范围满足全院的物资运输时间。

系统配备AGV导车机器人9台，AGV导车平均速度1m/s；电梯垂直提升速度1.5m/s；机器人平均进出电梯时间以60s计算，发车间隔以60s计。

营养配餐发送 (以早餐为例)								
车次	目的科室	发车时间	水平距离	垂直距离	运输时间	到达时间	返回时间	备注
1	二期18F	6:00	135m	77m	4min	6:04	6:08	第一批9个车次 首批任务无需等待
2	二期17F	6:01	135m	73m	4min	6:05	.....
.....	
9	二期10F	6:08	135m	56m	4min	6:12	第二批9个车次 承接第1次任务的导车已返回可用， 以此类推
10	二期9F	6:09	135m	52m	4min	6:13	6:17	
11	二期8F	6:10	135m	48m	4min	6:14	.....
12	二期7F	6:11	135m	44m	4min	6:15	.....
13	二期6F	6:12	135m	40m	4min	6:16	.....
14	二期5F	6:13	135m	36m	4min	6:17	.....
15	二期4F	6:14	135m	32m	4min	6:18	.....
16	质子7F	6:15	510m	44m	10min	6:25	.....
17	质子6F	6:16	510m	40m	10min	6:26	.....
18	质子5F	6:17	510m	36m	10min	6:27	.....
19	质子4F	6:18	510m	32m	10min	6:28	第三批2个车次 承接第2批任务的导车已返回可用
20	质子3F	6:19	510m	28m	10min	6:29	.....

图 3-10 AGV 机器人物流系统效率分析

4. BIM 技术应用效益及测算方法

基于 BIM 的医疗建筑的全过程应用中主要以下工作内容：图纸模型校核“错漏补缺”共计 116 处，基于 BIM 的工程量计算 6 份，一期、二期工程贴建施工模拟，钢结构深化节点工作，钢结构连廊拆除及新建专项方案各类应用。解决施工图图纸问题，优化贴建施工工序，避免返工影响工期，有效提供施工效率，保障工程质量。

基于 BIM 可模拟性和参数化的特点，进行了系列创新应用（BIM+医疗工艺、BIM+医患测算、BIM+后勤开办、BIM+物流设计、BIM+交通组织等）：从模拟分析到平面医疗方案确定，在既有建筑中进行融合设计、中心化设计、模块化设计、合理性设计思路，既保证检查科室服务于北部院区的中心化概念，又能独立将科室、诊间、操作、手术等功能进行模块化划分调整。

5. BIM 技术应用推广与思考

医疗建筑工程属于民生工程，建筑设计的合理性质影响医疗体验，其工程中的设计、施工以及开办中每一个细节必须经过深思梳理，利用 BIM 技术中的可视化分析特点、仿真模拟特需、信息数据化平台助力医疗建筑的建设能有效的提高项目空间利用率，解决迫切关注的医疗规范问题，提升医疗就诊服务体验大幅度降低改造费用，从而减少资源和能源的浪费。

三、黄浦区 160 街坊保护性综合改造项目

1. 项目概况

黄浦区 160 街坊保护性综合改造项目位于至江西中路以西,福州路以北,河南中路以东,汉口路以南。项目总占地面积 15,325 m²,总建筑面积 68,306 m²,由保留的原工部局大楼与扩建建筑小红楼庭院建筑、三层地下室组成的围合式街区建筑综合体(图 1-1)。地块内上海工部局大楼,又名老市府大楼,建成于 1922 年 11 月,原为上海公共租界最高行政机构工部局的办公大楼;1949 年上海市人民政府在工部局大楼宣告成立,继而成为新中国上海市人民政府大楼,直至 1956 年。之后市政府部分委、办、局依然留在此处办公。1989 年被列为市第一批优秀历史建筑和市文物保护单位(1A024)。

本工程地处黄浦区外滩历史文化风貌区和外滩金融集聚带核心区域,包含历史建筑修复合围、钢结构、新建地下室、小红楼二次平移,是建筑功能重塑与历史风貌保护的城市更新示范项目,为地块内的历史建筑和街区人文历史风貌赋予新时代的元素,承前启后,使其焕发新生。



图 1-1 效果图

2. BIM 技术应用概况

2.1 难点应对策略

本工程位于黄浦区市中心,周边环境复杂且对安全文明控制较高;历史建筑 A 楼换撑,合围区域地下室施工,连通道管幕井施工对历史建筑扰动较大;历史建筑小红楼保护性平移,二次平移退让场地再复原方式改建;历史建筑项目对历史风貌的保护要求高,机电安装难度较大,专业单位多净高控制困难,且需对保护区域采取保护施工;重点保护区域修缮恢复原

历史样貌；老建筑有沉降偏移等问题，新老建筑围合偏差控制问题。

根据现有技术储备，利用 BIM 技术对上述难特点，拟采取的对策如下：

- (1) 布置多种自动化监测设备，结合智慧工地，协同平台等 BIM 网络技术有效组织施工；
- (2) 利用有限元分析、模拟实验比对、现场实验等手段确定合适的加固措施，对历史建筑砌体结构进行加固保护；
- (3) 通过建模和三维节点工况模拟，保障平移的场地合理规划和加固体系的设计安全；
- (4) 运用三维激光扫描获取高精度点云数据，合理优化、处理、拟合为轻量化的面片，修正模型数据，及 BIM 逆向建模技术辅助各专业深化设计；
- (5) 综合利用激光点云、全景相机、城市更新数字平台对复杂节点扫描-3D 打印、脱模、下料等从而保障修旧如旧，为历史建筑的策展、展馆策划和数字孪生做数据准备；
- (6) 基于点云扫描复核老建筑偏移沉降及 BIM 钢结构、BIM 幕墙模型整合深化提前对细节位置等做出相应调整，保障新老建筑围合无误。

2.2 应用目标

- (1) 在施工准备阶段的解决项目历史保护建筑数字化的难题，将轻量、精确、实用的模型数据应用于深化设计，方案模拟，场地规划；
- (2) BIM 技术用于施工实施阶段的质量、安全、进度和监测管理等各方面，减少返工、提高质量，保障进度；
- (3) BIM 技术服务于城市更新项目的未来规划，为功能提升，策展，数字化保护提供数据依托。

2.2 组织建设

在项目开始前根据本项目特点，成立了以总承包项目部 BIM 团队为核心，依托企业 BIM 中心的技术力量，服务业主、配合 BIM 顾问单位，协调各专业深化设计应用队伍的总协调的组织架构，对施工过程中的质量、进度、成本等进行控制，保障 BIM 应用落地和总包 BIM 的管理能力（图 2-1）。

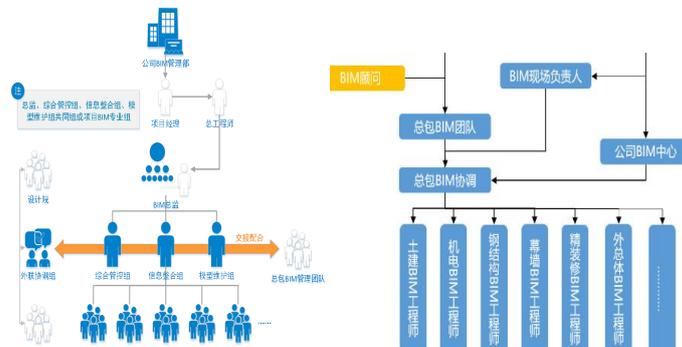


图 2-1 项目组织架构

2.2.2 BIM 管理体系总体思路

根据行业 BIM 标准、项目合同要求以及既往项目应用成功经验，编制 BIM 实施方案，创建项目样板和各专业实施原则等（图 2-2），保障项目 BIM 技术应用落地实施。

建立全专业 BIM 实施规划，以信息化先进建造理念为指引，坚持项目需求为根本，用平台信息化，历史建筑数据化，施工管理智能化等手段，根据各工程各阶段实施特点，务实落地各类应用；实现数据协同共享、提升精细化管理、节约施工成本、项目功能提升等目标；同时，通过企业 BIM 中心技术力量对项目进行技术支持，便于各类应用工作在现场开展。

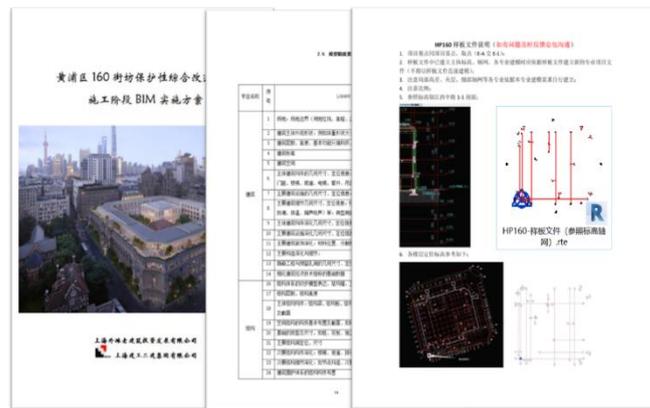


图 2-2 项目 BIM 实施方案、项目样板

2.2.3 BIM 应用环境

根据 BIM 技术实施应用需求，综合采用激光三维扫描，无人机、360 全景相机等各类硬件、模型搭建、处理、分析和演示等各种应用软件，协同管理、数据整合、智能化等各阶段的平台应用模块，实施本项目的 BIM 技术应用。

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 施工准备阶段

BIM 技术在实际历史建筑修复的过程中具有较大的局限，其本质在于历史建筑的数据化困难。本项目施工准备阶段应用的核心是从历史建筑实体中获取各类信息数据，重构和校准现有模型并对其进行轻量化，为各专业深化设计提供数据基础。而根据不同 BIM 应用目标处理数据是解决难题的关键。

3.1.1 三维扫描数据处理应用

本项目为百年历史建筑，花岗岩外立面和内部大理石马赛克等装修精美复杂，建造年代久远，三维激光扫描技术获得的测绘点云数据精确、详实、无死角，而且数字化的点云测量

数据可作为电子文件永久保留，日后可根据使用需要随时调用，高效方便。然而，由于点云数据精度高，数据量巨大，后续处理轻量化步骤复杂，数据处理成为后期应用的首要工作。

点云数据的处理思路如下：

- (1) 通过提取点云的采样距离，从载入的点云文件数据提取点云点阵坐标；
- (2) 计算平均点间距，将点云数据规格化，以进行切片处理；
- (3) 根据点云点基准面沿 Z 轴方向，以一定的采样距离进行点云模型切片；
- (4) 建立切片的点集，以及采样校准距离的副点集；
- (5) 拟合主要特征点切片点集将节点将沿各切片面截面曲线拟合生成建筑体表面。

三维扫描与模型重建实施步骤（图 3-1）如下：

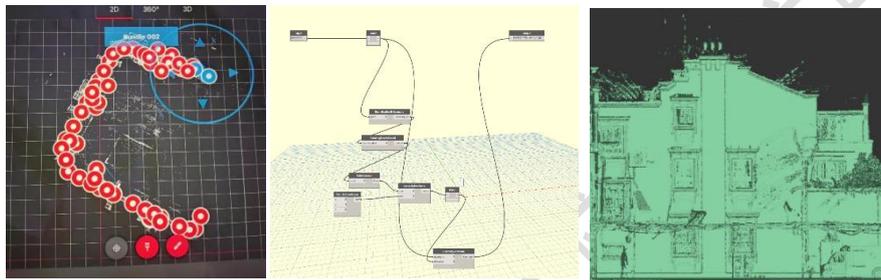


图 3-1 三维扫描与点云模型重建步骤

- (1) 设站策划与扫描；
- (2) 数据提取与校准；
- (3) 数据处理；
- (4) 特征化表面与模型重建。

公共走道空间连通老建筑各区功能的重要深化空间，以公共走道模型做基础，进行房间、构件的定位，对 A 楼模型进行修正和重建。依据现状的三维扫描点云数据，与原设计图纸、原测绘数据进行仔细比对，发现数十处平面、立面疑似不匹配的位置，并经过进一步的分析、归集，并进行外立面的模型重建（图 3-2）。施工图设计与加固设计存在偏差则通过点云扫描数据对加固图纸进行复核，为模型重建做准备。

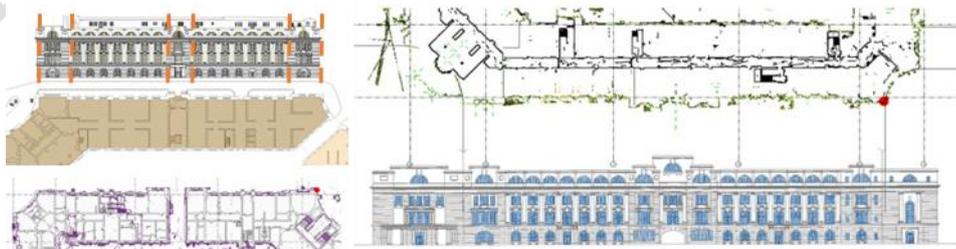


图 3-2 外立面重建

在三维扫描测绘中发现历经多次改建和周边环境的变化，多年沉降的造成 A 楼单体各

向不均匀高差，其中北向汉口路段与东向江西中路段高差明显，且各楼层高差响应不同（图 3-3）。连通的走道空间和房间以及各层的的沉降特征的表征更明显。对于新建钢结构，辅助新老结合部位的定位和深化设计。而高差直接影响给排水专业选型，对管线的衔接有更好的辅助意义。

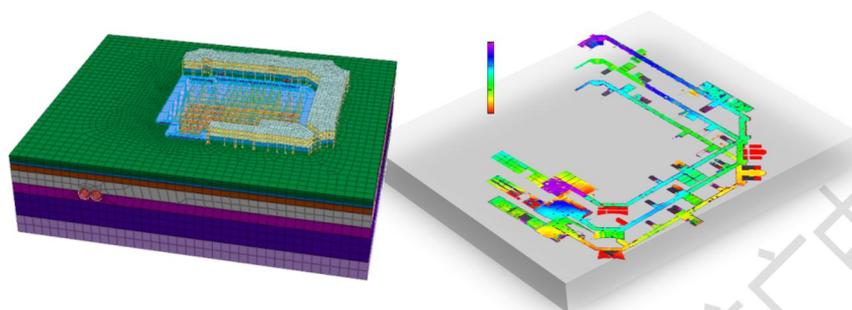


图 3-3 基于三维扫描的沉降分析

3.1.2 各专业深化设计

历史建筑实际状况与图纸不完全吻合的位置较多，需要大量的现场核对工作，保持原始风貌尽可能利用原有烟道，管井，通风口等狭小空间，机房的的空间局促。因老化导致墙体和结构需进行加固，机电各管线的穿墙位置需要以保证墙体强度的为前提，并兼顾考虑门上方原有的装饰腰线，对深化难度有相当大的影响，老建筑下方无地下室，厨房排水需要考虑至地下室隔油机房的的路由，精装吊顶高度要求高，机电管线安装空间极为有限，重保区不允许有明配管线，需要符合重保区风貌的安装方案。

管综考虑到历史风貌和结构强度的要求，对吊顶、装饰腰线和净高及视觉上不设置明配管线的要求，利用点云修正后的模型进行深化设计。点云模型的高精度定位对比传统测绘复核具有明显技术优势（图 3-4）。



图 3-4 历史建筑管综深化

在管综深化中利用点云特征数据修正后的 BIM 模型，优化综合管线，对各个区域进行净高分析，绘制各区域净高分析图及净高分析报告。修正后的模型与现场具有高一致性，并

在施工中采用 AR 预验证深化设计成果（图 3-5）。

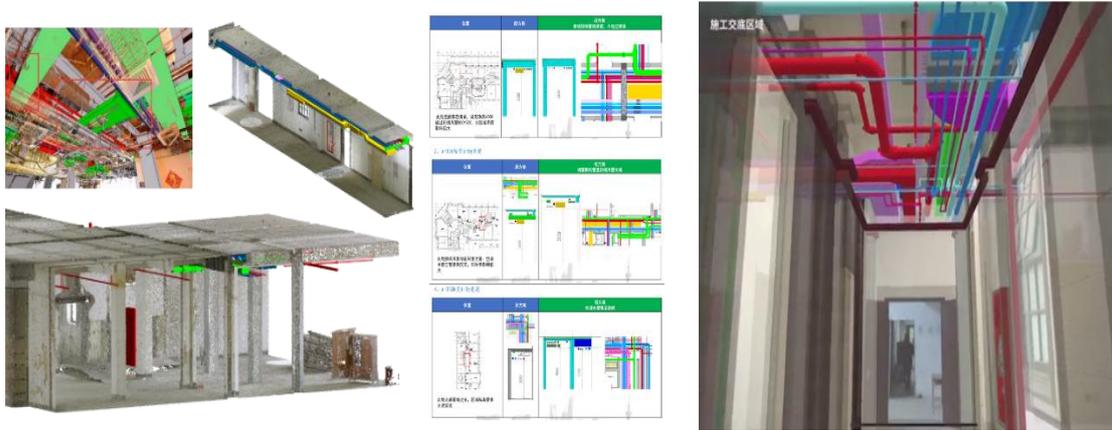


图 3-5 管综深化成果验证

3.1.3 施工现场场地策划

临时场地策划软件（图 3-6）根据企业临时设施定额，依据模型清单计算逻辑，优化为便于模型操作逻辑的计价方式。利用已绘制的大临设施平面布置图快速建立参数化的企业标准三维模型，输出至通用格式用于其他应用。生成三维模型结合企业定额单价信息，可以即时获得项目大临设施价格并导出清单用于方案编制，易于多部门联合审核，节约项目、企业成本。



图 3-6 场地策划软件应用

3.1.4 施工方案研究及模拟

对重难点施工方案模拟。包括地下室结构施工流程、地下室围护施工方案、A 楼砌体结构保护施工方案、小红楼平移施工方案、A 楼加固换撑施工方案、管幕井顶管施工方案、新建钢结构吊装模拟、外墙聚合物砂浆保护施工等（图 3-7）。

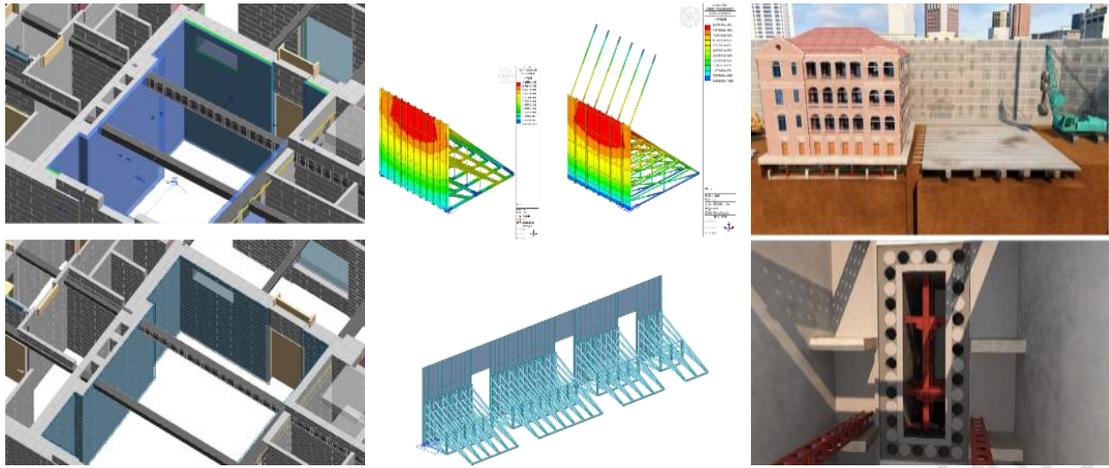


图 3-7 施工方案模拟

3.2 施工阶段

由业主牵头，顾问、监理、总承包、设计等各方共同参与的协同平台（图 3-8），完成项目日常审批流转、资料共享、质量安全进度管理等协同工作。



图 3-8 协同平台

企业与项目的管控双环。施工企业对项目部的管理，通过企业级项目管理平台进行管控。各项指令和方案由平台流转，实现项目与企业间的有效沟通。采用专业软件展现施工进度计划，可视化的 4D 模拟及软件分析，提高计划整体的准确性和细致性，分析各专业工作面和里程碑节点的可行性。

相较于三维激光扫描技术，无人机扫描能更快速完成施工场地的踏勘数据采集和测绘。

新旧钢结构结合部位，通过高精度三维扫描数字化技术，可以实现大型钢结构的完整三维数据，从而轻松完成测量任务，克服了传统方式下测量困难以及数据不准确的问题。将三维激光变形扫描检测技术用于钢结构及建筑物的变形测量检测（图 3-9），对结合部位的多个特征控制点进行计算，满足实际安装过程中钢结构建筑的变形测量检测及精度控制要求（平均小于 2 mm），作为辅助手段控制钢结构安装质量。

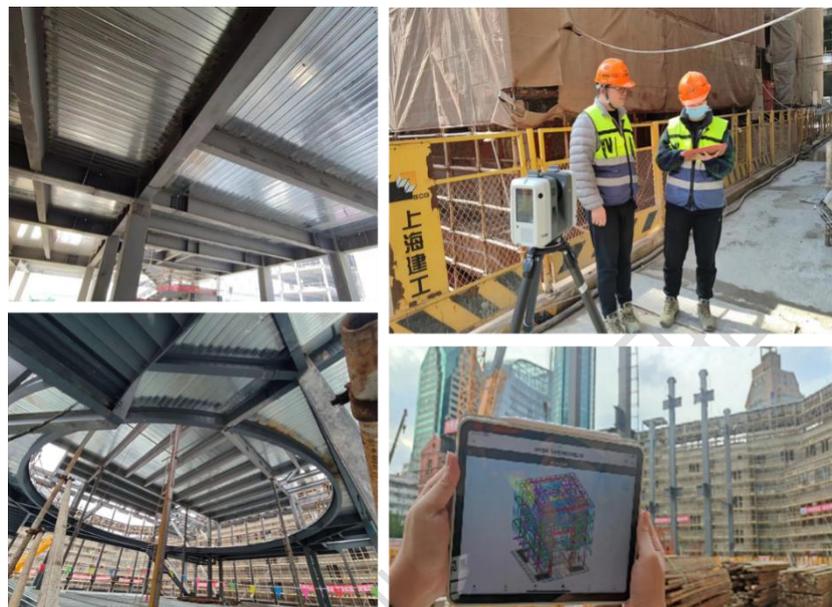


图 3-9 激光三维扫描钢结构质量控制

采用地下管线探测仪，隐蔽工程内窥镜，高精度垂直检测传感尺等数字化装备（图 3-10），建立航拍实景可直观查看现场周边情况，结合全景相机、地下管线探测仪器，建筑管道式内窥镜等勘查设备对项目场地进行方案的定性分析。

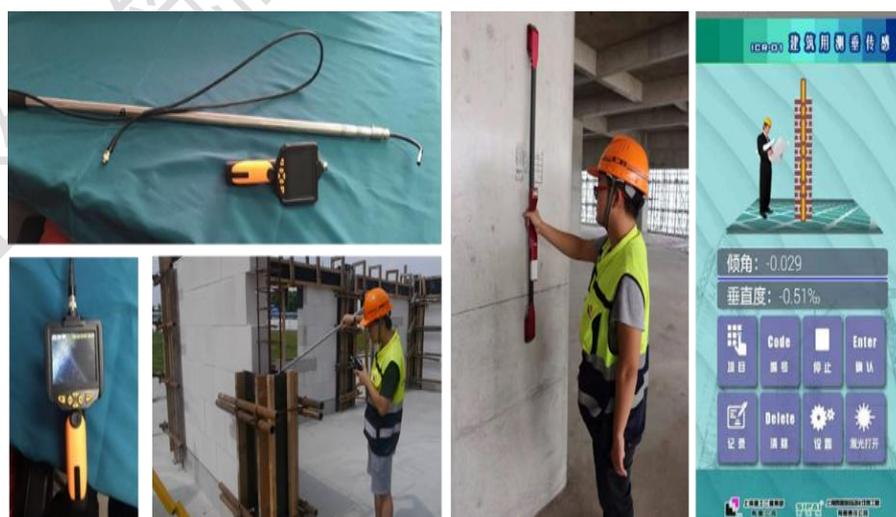


图 3-10 测量数字化装备

采用上海建工二建风险管理平台（图 3-11），优化安全巡查制度，控制重大危险源，提

高现场安全管理水平，预警监测设备与天网监控系统（图 3-12），接入企业数字建造平台（图 3-13），集成人员管控，环境监测等模块，实现管理精细化数字化。



图 3-11 风险管理平台

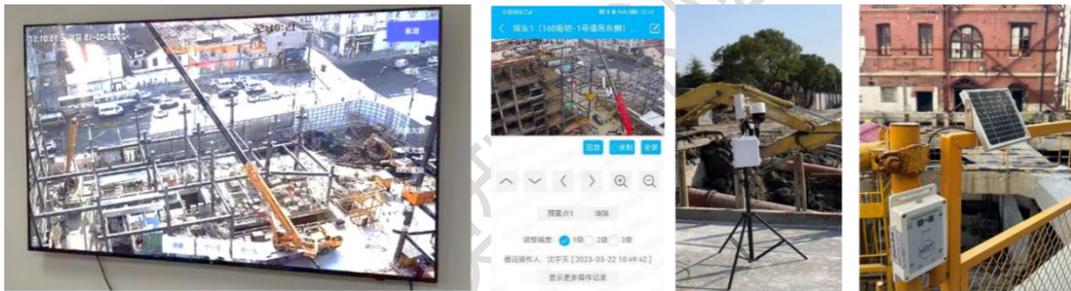


图 3-12 智能预警监测设备与天网系统



图 3-13 风险管理平台

3.3 数字交付

对修缮前的重点保护区进行高精度的扫描，旨在利用该技术对历史建筑原数据进行采集和保存，为未来策展和展馆规划提供数据存档。包括原陈毅市长办公室、二楼大堂、中厅等，

还包含侧室，原有通风井等隐蔽空间。准确的识别空间内木饰面，石材饰面，石膏，地砖，马赛克等材质信息。采用高精度扫描,保留修复性改造前的原始数据，为修复施工后的质量比对作数据准备。

城市更新改造过程中的数字化管理，通过二维码物联技术将保护建筑当中的保护构件，在企业城市更新数字平台（图 3-14）进行分类、存档。保护建筑的构件管理的难点和痛点，实现对构件的保护性卸解保留、运输、保存、复建的全过程管理。形成城市更新保护建筑数据无形资产库。

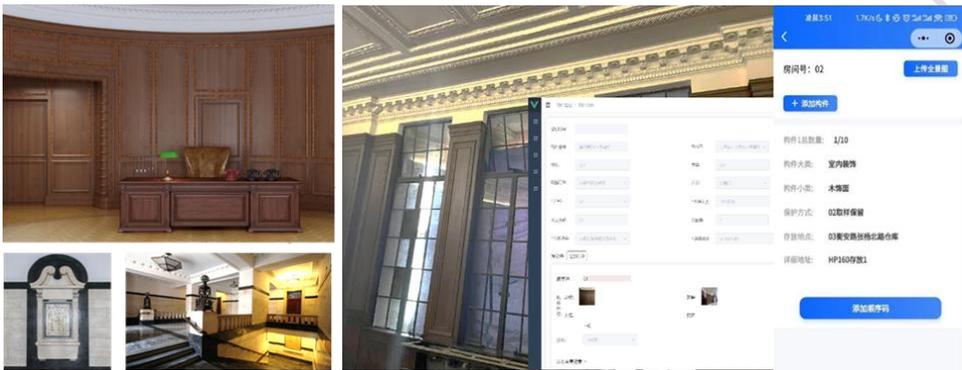


图 3-14 城市更新数字档案

交付扫描实景三维数据保存了原始空间数据和材质，构件档案保存了修复施工过程的完整档案，为陈列馆策划和兴建打下了保护性修缮和再生的基础；更可以打造信息化、智能化的陈列馆展示与沉浸式体验，为建筑生命的网络再生与线上传播提供数据基石。

4. BIM 技术应用效益与测算方法

4.1 经济效益

通过将传统的管理方式和流程数字化、信息化和移动化，极大地提高了整体管理效率和安全管理水平。优化施工配置和动态管理，为企业节约大量人力和施工资源，提升企业经济效益。通过与传统方法和技术的时间与费用对比计算，得出了 BIM 技术在一些方面的节约时间和经费情况。BIM 技术辅助各阶段施工策划，使用定型化设施进行场地规划，临时设施场地有效使用率达 98%，节约时间 10%，节约 35 万。碰撞检测方面，解决暖通、给排水、强弱电结构等专业碰撞问题 2,700 多处，查出 30 余处孔洞预流遗漏，净高分析调整采用预制式支吊架深化后 80 多处新增老建筑功能提升的开孔需求。节约时间 25%，节约 10 万。在施工优化方面，在施工准备阶段即对基坑、平移、砌体加固施工等 10 余本方案进行优化，提升方案可行性及施工效率，节约时间 10%，节约 50 万。在辅助幕墙深化方面，利用 BIM 深化设计，工厂预制化加工工艺，现场直接完成拼装作业，提升拼装效率降低人工成本，节

约时间 10%，节约 15 万。

4.2 社会效益

为城市核心区地下空间的开发、中心城区停车难、就医难等社会环境问题通过数字化的建造能力提升，提供了有效的技术途径。同时管理能级的提升也减少了施工事故可能带来的社会影响，维持了公众和政府对企业信任与支持，有力地保障城市安全运营。通过 BIM 技术与平台解决了保护建筑的构件管理的难点和痛点，实现对构件的保护性卸解保留、运输、保存、复建的全过程管理。形成城市更新保护建筑数据无形资产库。

4.3 城市生态效益

工部局大楼是近代上海一个世纪沧桑岁月的缩影，经历了公共租界的兴盛衰亡，接受过战争与和平的洗礼，见证了中华民族抵御外侮最终获得胜利的辉煌，目睹了新中国的曲折发展历程，具有非凡的历史价值。通过 BIM 技术在城市核心区极大提高了地下空间开发的安全性，同时各类基于 BIM 的模拟策划，考虑了建筑环境与周围环境的交互融合，使新的建筑物具有美感，为建筑注入了新鲜血液，利用各类低能耗技术进行修缮和改扩建，体现了施工过程中的绿色低碳特点。文化的传承是人类发展、社会进步得以延续的有效途径，而传统文化和时代精神碰撞产生的建筑是其显性表征。不同于全新的建筑，旧建筑的改造具有诸多的局限。但是，对历史建筑的保护修缮，能够保留历史记忆，同时又能跟进时代步伐。

5. BIM 技术应用推广与思考

黄浦区 160 街坊保护性综合改造项目的历史建筑曾是公共租界工部局的办公地，也曾是上海市人民政府办公大楼，这幢大楼也因此成为上海发展历史的一个重要缩影，是这座城市的重要地标。本项目积极探索了历史建筑在利用上的新路径，创新历史建筑的管理机制。本项目实践了 BIM 技术在历保项目多种施工方案的研究和验证能力。进一步验证了新设备与技术在城市更新项目中的广泛应用切实有效。论证了激光扫描技术及点云数据在历保建筑施工策划的数据处理 workflow，以及应用于深化设计的手段和方法，探索了老建筑数字化交付与企业级的历史建筑与数据云平台建设。项目的 BIM 应用挖掘了技术在城市更新项目的多元价值，连接过去与未来，让历史建筑回应新需求，赋予新功能，激活新机制，推动城市可持续发展。

四、重庆城轨快线 15 号线一期工程基于 BIM 的数字化建设管理应用实践

1. 项目概况

重庆城轨快线 15 号线一期工程为重庆首条城轨快线，是重庆市城市轨道交通第四期建设规划线网中连接三大槽谷北部东西向的骨干线路；15 号线一期工程起讫点为九曲河东站~两江影视城站，线路长 38.73 km，其中地下线 35.46 km，高架线 3.26 km，车站 14 座、区间 14 个、停车场 1 个。线路呈西-东走向，串联东部和中部槽谷，途经渝北区和两江新区，支持北部智慧创新带产学研三城一体发展；本线路采用 25 kV 交流制式的城轨快线车辆，最高运行速度 140 km/h。



图 1-1 重庆城轨快线 15 号线一期线路

15 号线一期工程已于 2021 年 2 月底开工，计划 2025 年 12 月初竣工验收，2025 年 12 月底初期试运营。项目工程类型复杂，包括明挖、暗挖、高架、公轨两用桥、矿山法隧道、路基段等多种工法施工，且车站埋深较深，如图 1-2 所示，区间较长，地质复杂，如图 1-3 所示。本项目工法复杂、施工人数较多，工作量大，存在风险较大、安全管理相对困难；15 号线一期工程为重庆市骨干交通，联接各大商圈、机场、车站等，换乘人员疏散较复杂；本工程体量大，约 40 km，且建设周期较长，目前处于土建施工阶段。

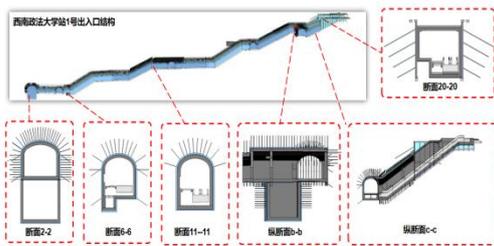


图 1-2 项目某车站 BIM 模型示意

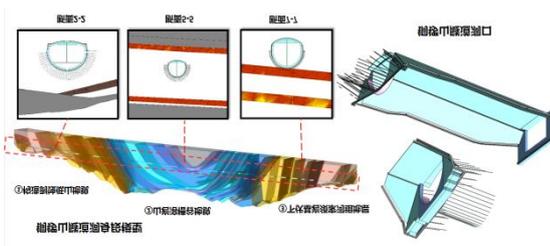


图 1-3 项目地质复杂区间 BIM 模型示意

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用目标

为积极响应国务院、住房和城乡建设部和交通运输部相关政策要求，全面深入推进重庆市轨道交通 BIM 技术应用，建立和完善面向轨道交通全生命周期的 BIM 应用技术体系，实现以 BIM 为核心的信息化技术整合应用，切实服务于重庆城市轨道交通规划设计、建设管理、运营维保三大业务板块，提高项目建设阶段与运维阶段的工程质量和水平，实现重庆市轨道交通全生命周期全方位的 BIM 系统性应用，集成化管理，建立企业级数字资产库，为 BIM 技术在运营阶段的应用打下坚实的基础，实现基于 BIM 技术的项目信息化管理，提高项目管理水平和效率。



以 BIM 为核心的信息化技术整合应用

助力实现智慧建设、智能运营

图 2-1 BIM 应用总目标示意

2.2 组织建设

2.2.1 组织架构

为满足基于 BIM 的数字化建设管理需求，重庆市铁路（集团）有限公司（以下简称市铁路集团）新组建协同创新中心，由技术部牵头，各职能部门业务管理人员、BIM 总体咨询单位共同组成，优化传统组织架构，并联合各参建单位共同实施，充分利用数字化优势提升管理效率，形成如图 2-2 所示项目组织架构。协同创新中心以 BIM 技术应用为核心，具有“大部门、小工作单元”的结构特点，并通过核心业务作业职能上移，实现职能部门的作业职能与管理职能“复合化”，提高管理水平与质量。

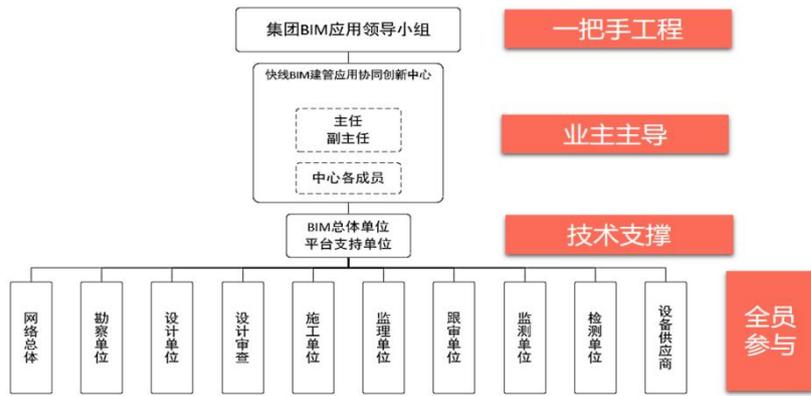


图 2-2 项目组织架构

2.2.2 BIM 管理体系总体思路

市铁路集团依托 BIM 技术采用顶层设计理念，开展企业级 BIM 应用及数据标准体系编制与全生命期 BIM 系统性应用，研发建设管理、安全管控及智慧运维等管控平台，将 BIM 应用过程与管理平台融为一体，结合科学的管理办法形成基于 BIM 应用的数字化建设管理体系，其技术路线如图 2-3 所示。BIM 应用管理采用招标要求、管理办法、标准体系、实施方案和实施流程共同约束的五维一体管控手段，规范化、精细化管控各参建单位 BIM 工作完成情况，并对应工作内容成果记录至协同中心台中账，保证项目 BIM 技术应用工作顺利推进。同时，通过管理平台进行 BIM 数据及工程数据的收集、传递、交付以及存储，将各阶段数据打通，形成从一套贯穿设计、施工、运维全过程管理的数据库。全面推进重庆市铁路集团数字化驱动建设管理，提高建设期与运维期的质量和管理水平。

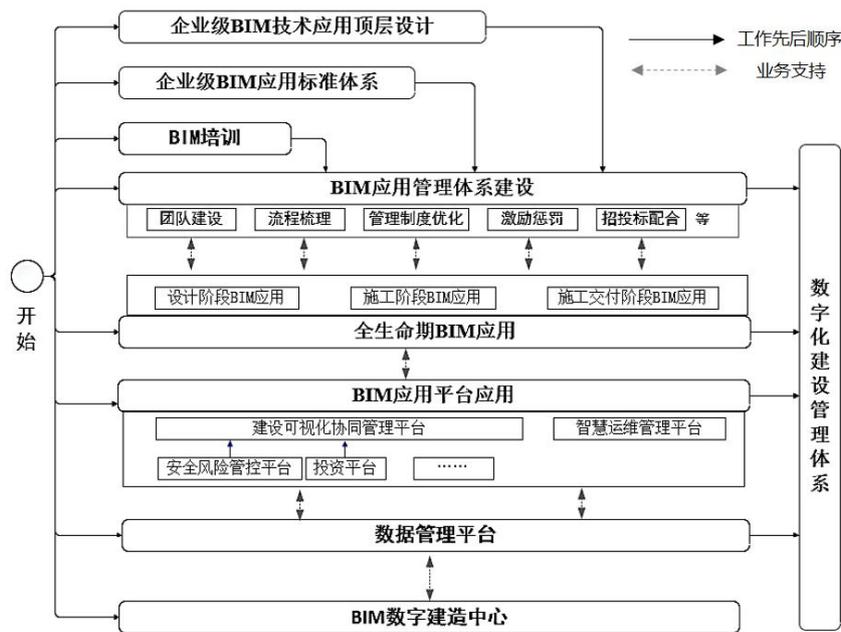


图 2-3 数字化管理体系技术路线

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 设计阶段

为解决工程重难点卡点、方案表达不直观、配合效率不高等问题。设计单位根据建设单位、项目管理需求策划 BIM 技术应用点，在设计总体单位、BIM 总体咨询单位的过程指导和督促下应用落地实施，最终形成一套完整的 BIM 技术应用成果交付业主归档。

设计阶段 BIM 技术应用流程具体如图 3-1 所示。

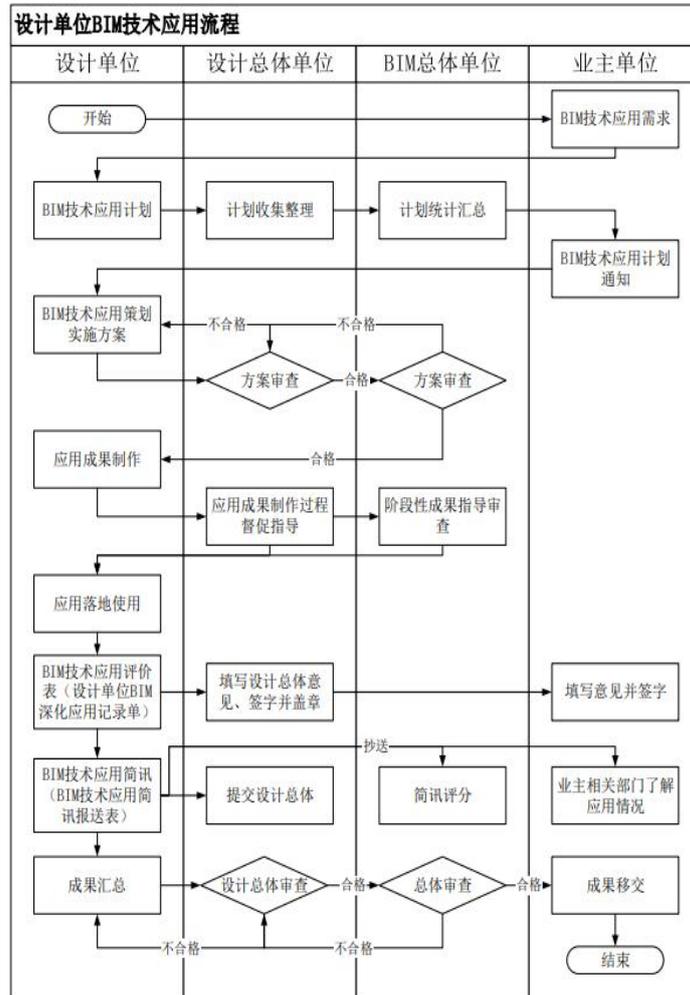


图 3-1 设计阶段 BIM 技术应用流程

3.1.1 工程量统计

根据建设单位应用标准要求，利用 BIM 模型计算工程量，形成与设计概算、招标工程量对比，辅助校核招标工程量、提高设计工程量的准确性。如图 3-2 场地工程量统计示意图所示，本项目通过对原始地形分析、处理，创建原始地形模型、土方试算平台模型、建筑地坪模型，形成土石方工程量表，分析挖填平衡，对比试算结果，选出最佳方案。



图 3-2 场地工程量统计示意

3.1.2 三维设计出图

利用三维模型，开展设计工作，优化设计方案，从三维模型直接导出二维图纸，如图 3-3 车站三维设计出图示意图所示。本项目三维设计 BIM 综合出图率达 60%。三维设计出图加强了专业间的协同设计，节省配合时间，有效地提升沟通的效率和决策的质量，从而提升了设计质量。

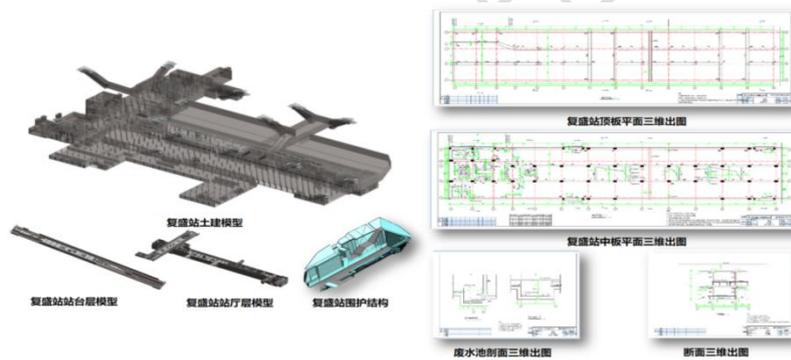


图 3-3 车站三维设计出图示意

3.1.3 设计方案数字化表现

为了更直观表达车站与周边环境关系、车站内部方案比选，利用三维模型开展漫游、仿真模拟，辅助方案决策。如图 3-4 车站站位表现示意图所示，整合周边环境倾斜摄影模型及车站模型，直观地展现车站与其周边风险点的位置关系；如图 3-5 管线改迁方案模拟示意图所示，通过整合周边管线、施工围挡、道路翻交及主体结构模型，进行三维空间仿真演示，完整地表达管迁方案，协助方案比选及审批；如图 3-6 场地、站内换乘漫游示意图所示，利用 BIM 模型开展仿真漫游，助力于换乘方案合理性、车站空间利用、人流疏散等方案研究，辅助方案汇报与决策；如图 3-7 车站设备运输路径模拟示意图所示，利用模型进行仿真模拟，清晰地展现了大型设备的运输路径，确认运输路径的通畅性和设备之间运输关系的合理性。



图 3-4 车站站位表现示意

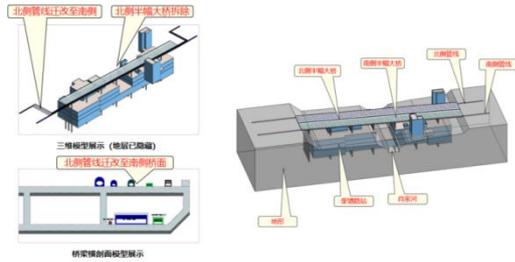


图 3-5 管线改迁方案模拟示意

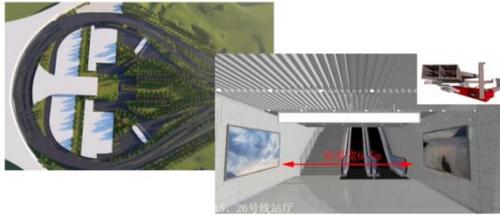


图 3-6 场地、站内换乘漫游示意

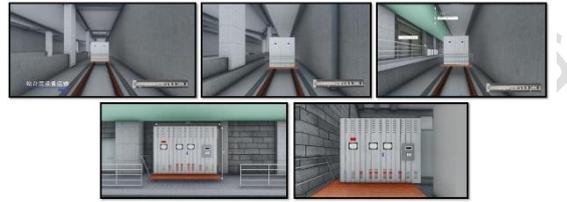


图 3-7 车站设备运输路径模拟示意

3.1.4 设计方案深化

为提高设计质量与精度，利用 BIM 技术将复杂、典型的内容进行深度建模，深化设计方案。如图 3-8 车站管线碰撞检测示意图所示，通过各专业模型碰撞检测，优化管线排布方案、提升空间净高、减少返工时间、提高设计质量；如图 3-9 预制站台板示意图所示，利用 BIM 技术深度建模，直观表达方案内容，辅助预制站台板设计方案优化；如图 3-10 土建节点深化示意图所示，创建关键节点 BIM 模型，并进行三维标注，深化二维设计方案，有利于设计方案交底，有效提高设计精度及质量。

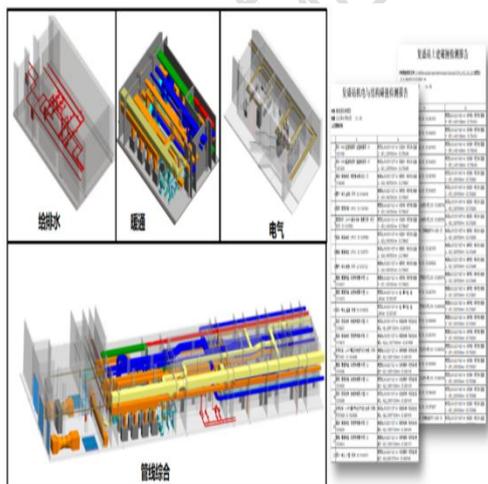


图 3-8 车站管线碰撞检测示意

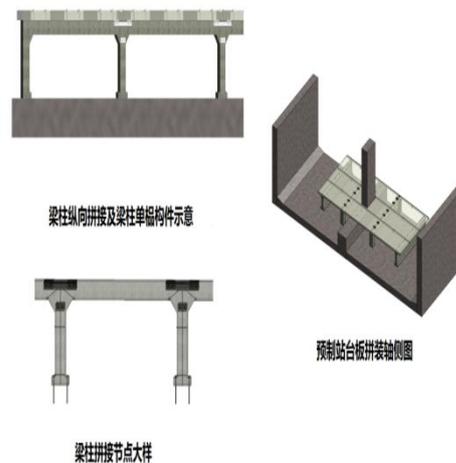


图 3-9 预制站台板示意

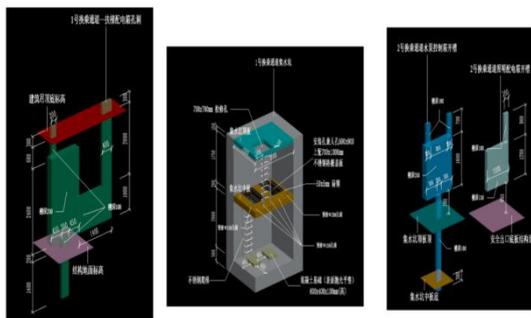


图 3-10 土建节点深化示意

3.1.5 设计阶段数字化管理平台

根据建设单位建模指导要求采用统一坐标体系，使用建管平台插件，将设计模型上传至建管平台，在平台中整合检查数据准确性，同时与设计方案模型对比，可直观展示出图进度，实现多模型同时浏览、移动端协同查看等功能，如图 3-11 所示。同时上传模型与各类校审文件至平台，交付后期施工方深化应用。



图 3-11 数字化建管平台展示示意

3.2 施工阶段

为解决轨道交通施工结构复杂、专业交叉多、环境风险高、施工难度大、施工工期长等问题，依据市铁路集团标准规定，结合项目建设期的业务需求与各参建方实际应用需求，施工单位遴选项目各阶段的 BIM 技术应用价值点，利用 BIM 技术可视化的优势，优化施工方案，并在监理单位、BIM 总体单位的过程指导和督促下应用于施工现场管理实施，最终形成一套完整的 BIM 技术应用成果交付业主归档。

施工阶段 BIM 技术应用流程如图 3-12 所示。

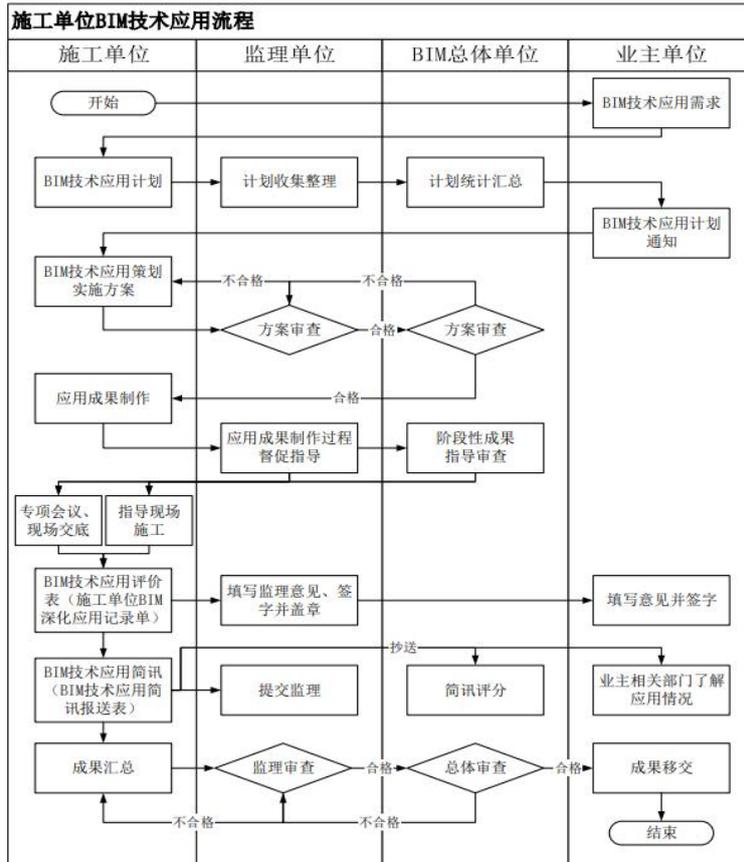


图 3-12 施工阶段 BIM 技术应用流程

3.2.1 工程量统计

利用 BIM 模型与倾斜摄影相结合的数据分析，推演划定目标区域的土方工程量，如图 3-13 所示，实现场地平整，路基开挖及填筑土方量的快速、精细化计算，更快速、准确、直观的进行土石方管理；如图 3-14 所示，利用 Dynamo 插件对现场材料用量进行测算，并结合图纸量、模型量、工程量进行三算对比，缩小工程量阈值，节约工程材料。

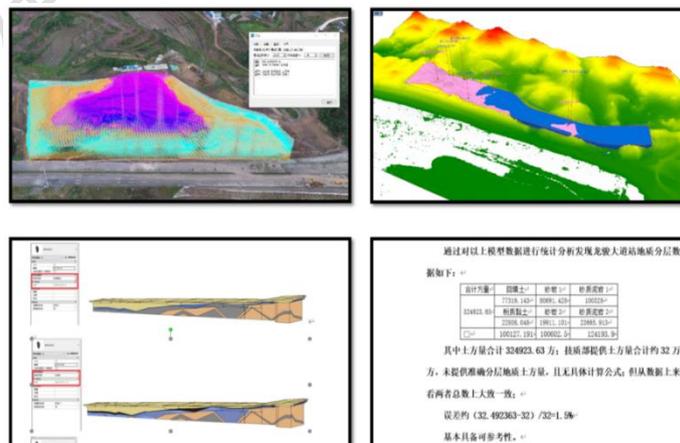


图 3-13 现场挖填方土石方量统计

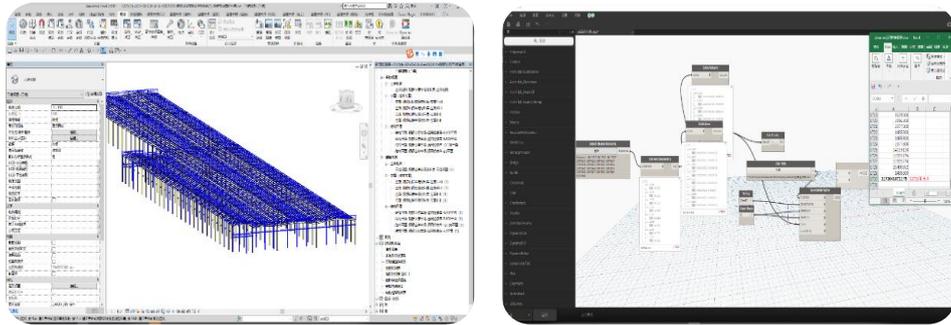


图 3-14 利用 Dynamo 提取钢结构表面积测算涂料用量

3.2.2 施工方案数字化展示

采用模型与倾斜摄影进行叠合制作场地漫游，管线迁改，施工工艺模拟等动画模拟，如图 3-15 所示，对方案不合理处进行优化，在施工前展现施工完成效果，直观展示各标段工程风貌，召开专家论证会，确定方案可行性；并用于施工三维技术交底，利用可视化优势让各班组直观了解工程内容，便于加深施工人员理解。



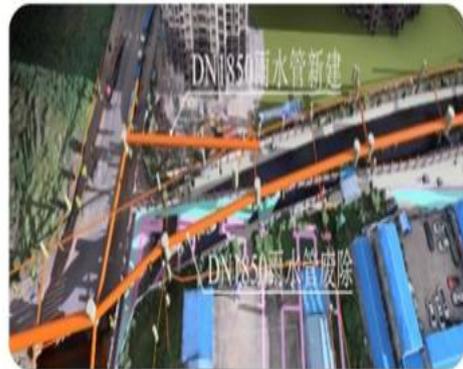
T3航站楼站-龙骏大道站二区段施工场布



铜锣山停车场模型与倾斜摄影叠合



九曲河东站初支施工模拟



龙骏大道站管线迁改模拟

图 3-15 施工方案数字化方案展示示意

3.2.3 施工深化设计

根据设计图纸创建节点钢筋 BIM 模型，如图 3-16 所示，用于施工现场复杂节点交底，对钢筋绑扎要求进行宣贯，便于班组理解；并可通过节点钢筋模型估算钢筋下料形式，优化钢筋利用率，减少材料损耗。

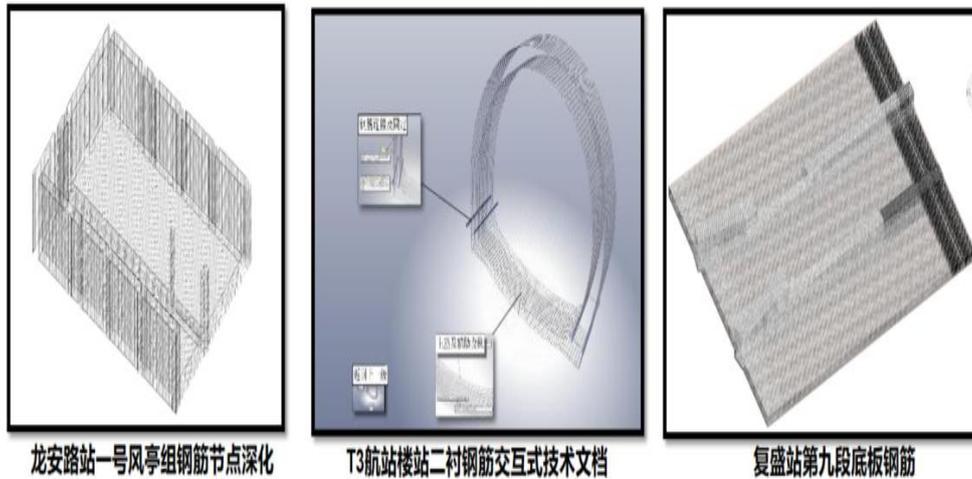


图 3-16 施工钢筋节点深化设计示意

3.2.4 虚拟现实技术

利用 AR 模型与现实环境拟合，如图 3-17 所示，直观展示出设备安装后或工程建成后的实际场景，利用拟合碰撞的效果，实现辅助大型机械的选型，指导现场施工，明确施工注意事项，确保后续施工的正常进行，有效提高施工技术人员的工作效率。



图 3-17 虚拟现实技术应用示意

3.2.5 建管平台与智慧工地

基于 BIM 的数字化建设管理体系建管平台应用围绕 BIM 三维数据集成、施工进度、质量、安全、投资以及流程管理、竣工数字化交付等功能展开，实现以 BIM 数据为载体，深度融合建设管理流程与手段，协同五方责任主体的全方位数字化管理应用。应用亮点如下：

- (1) 一张图全局统筹：平台通过将各个线路信息整合，实现全网信息一屏掌握，便于集团领导调度生产进度，助力领导决策，统筹全线网总体管理实施，如图 3-18 所示；



图 3-18 平台驾驶舱管理示意

(2) GIS 场景综合应用：依托 GIS 大场景，可实现全线路各工点当日状况概览、管线迁改征地拆迁管理、同时待办事项、通知公告、预警信息等集成于此场景中，便于参与人员及时操作，直观展现实际施工进展，方便领导层把控现场进度，实施层及时响应并处理存在的问题，保证现场工作正常推进，如图 3-19 所示；



图 3-19 平台线网地图示意

(3) BIM 可视化管控：细化施工单位分部分项，并将分部分项与 BIM 模型相关联，实时更新工程量、结合综合单价自动计算每个分项工程、子单位工程、单位工程、标段、总包、全线的投资完成情况，达到动态管理投资进度，提升管理细度。基于 BIM 的质量验收与模型分部分项绑定，监测点位与模型绑定，实现可视化、精细化管控，如图 3-20 所示；



图 3-20 平台进度管理示意

- (4) 管理流程表单化：平台内嵌各类管理流程，包括收发文管理、变更流程管理、各类资料审核管理、月度计划执行审批等，每步流程均定岗定员，责任压实到人，并过程留痕，有效提高管理效率。流程中审批意见记录均已表单形式呈现，表单中数据可实现集成、分析、共享，便于管理者分析情况及决策，如图 3-21 所示：

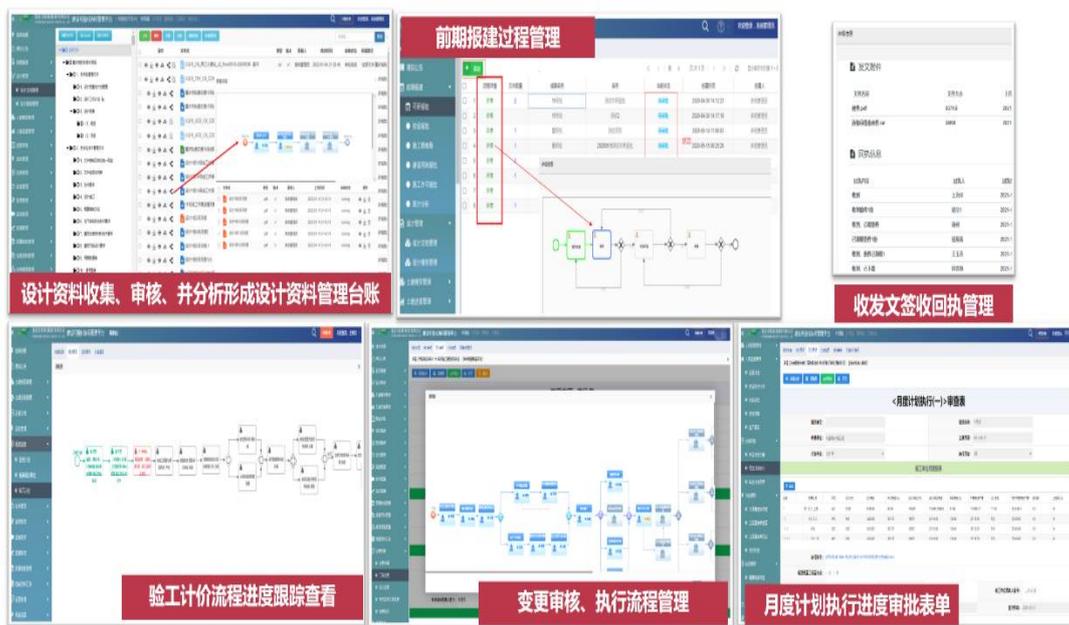


图 3-21 平台管理流程示意

- (5) 资料管理易归档：平台上各类资料可根据资产管理要求快速进行归档，例如：设备资料管理：设备可实现管理至最小维护单元，基于平台实现设备资料收集、审核、统计并分析设备履历情况，并形成数字资产移交运维，如图 3-22 所示：



图 3-22 平台资料管理示意

(6) 智慧工地系统：集成视频监控、实名制人员管理、环境监测、大型设备、特种设备管理功能，并完成与市建委系统对接，如图 3-23 所示；运用 UWB 定位技术与 BIM 模型相结合，通过安全帽定位芯片，精准显示隧道内人员位置信息，动态展示人员位置状态，提升应急管理能力，如图 3-24 所示。



图 3-23 智慧工地系统示意



图 3-24 BIM+物联网技术示意

4. BIM 技术应用效益与测算方法

BIM 技术应用效益测算主要从质量效益、时间效益、经济效益以及社会效益四个维度进行测算评估，从“人、材、机、法、环”五个方面综合考量，并将质量、时间、经济效益转化为投资造价的节约与效率的提升。本项目产生的主要效益价值如下：

(1) 经济效益

- 分析决策时间节约 20%；
- 优化设计方案，提升沟通效率，减少设计配合问题约 90%；
- 正向三维设计，图纸成果“错漏碰缺”减少 85%。提高图纸质量，减少设计变更约 30%，有效控制造价预算成本约 5%；
- 大幅减少返工，改善工程质量，实现项目精细化施工，减少施工错误 30%，减少施工成本浪费约 15%，缩短施工工期 180 天，节约造价成本，经理论估算总经济效益可达约 2,000 万元。

(2) 社会效益

- 为设计人员合理规划线路提供辅助，减少破坏，降低对环境的影响；
- 借助 BIM 技术模拟仿真，降低对周边城镇居民出行影响，提高市民出行安全性、舒适性及便捷性；
- 建立更具安全性、便捷性、经济性和高效化、绿色化基础上的城市轨道交通，打造一流设施、一流技术、一流管理、一流服务的城轨快线；
- 促进工程建设管理制度与流程的优化创新，实现城轨快线建设过程的标准化、数字化、精细化、智慧化管理，有效控制施工过程中的安全、质量风险，减少安全事故，通过既有经验的总结，进一步细化、深化、创新，推动数据管理标准化，为后续快线项目起到示范作用。

(3) 管理效益

- 综合应用基于 BIM 的数字化建设管理体系，综合减少项目管理人员需求约 10%，提高各参与人员沟通效率约 80%，达到管理减员增效的目的；
- 在实体工程交付时，同步交付一套带有完整建设过程信息的虚拟工程，夯实企业数字资产库，为智慧运维打下坚实的数据基础。

5. BIM 技术应用推广与思考

重庆城轨快线 15 号线一期工程基于 BIM 的数字化建设管理遵循“三全”原则：首先是全专业覆盖，BIM 应用范围涉及城轨快线全专业内容，各参建方在相应阶段针对本专业特色，开展相应 BIM 应用与数字化管理。其次全过程实施，全过程数字化驱动管控，从设计阶段的协同设计，到施工阶段的数据共享分析，到运维的数据可视化管理，全过程实现数

数字化驱动管控。最后全维度管控，将五方责任主体协同在同一个建管平台上开展工作，使各方责任明确、关系透明化，业务流程关系卡点等可在线跟踪，助力项目的四控两管一协调，提升项目管理效率。

同时在本项目的实践过程中逐步形成了一套标准化的管理模式。

- (1) “总体策划+统一标准”顶层设计：在企业创立之初，站在行业成果的基础上，进行信息化总体策划，制定统一的应用标准、导则和制度，确保交付成果的标准性和统一性，规范各参与方的工作模式；
- (2) “业主主导+全员参与”管理模式：“业主主导全员参与”的组织管理模式，业主主导，所有参建方共同承担 BIM 应用及数字化管理任务，BIM 与设计、施工深度融合，提高 BIM 真正应用价值，助推轨交工程建设数字化转型；
- (3) “招标要求+合同限定”商务支撑：在招标阶段就对设计、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，并给予一定的资金支持，限定参与方的责任，同时也提高参与方的积极性，从而确保 BIM 能真正服务于工程；
- (4) “数字技术+管理业务”平台支撑：将 BIM、GIS、物联网等数字技术与管理业务相结合，开发“数字化、标准化、移动化、智能化”的全生命期信息管理平台。使用数字技术为设计、建设、运维赋能。基于统一的数字化管理平台上，并采用协同办公模式，为各参建方提供实时、高效、有益的技术支撑，保证各方 BIM 应用的保质保量开展。

通过本项目的实践应用形成的数字化建设管理体系和数字化管理平台工具，具有轨道交通行业建设过程管理的通用性，具备良好的可推广性。在全面贯彻落实党中央和国务院“交通强国”、“智慧城市”和“新型基础建设”的决策部署，本项目在自主创新基础上，围绕数字化、智能化、网络化，大力推进应用新技术与城轨交通建设管理深度融合，为智慧运维打下坚实基础，助力于企业数字化转型。

五、绍兴市二环南路快速路工程 BIM 设计与应用

1. 项目概况

绍兴市二环南路快速路工程西起规划常禧路以东（接二环西路二期工程），东至二环东路，全长约 6.24 km，是绍兴市规划“六横八纵”快速路网骨架的重要组成部分。

项目采用“高架+地面+地道”的组合形式，起点至中兴大道段采用高架快速路，中兴大道至设计终点段采用地面快速路，其中，会稽路和阳明北路路口主线采用地道形式下穿，平面通过浣江路后止于二环东路。

主线高架长 2,594.7 m，双向 6 车道规模，设两对平行匝道，采用全预制方案。地面道路长 1,895 m，会稽路以西基本路段采用双向 6 车道，会稽路以东基本路段采用双向 4 车道，设 4 对地面出入口。会稽路地道 1,315 m，阳明北路地道 440 m，均为双孔双向四车道，另有 2 座人行过街地道。



图 1-1 本工程二环南路-解放南路交叉口

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用策略

本工程采用倾斜摄影技术完成地形数据的采集工作，从方案阶段到详细设计阶段，基于我院自主研发的软件进行三维正向设计。方案阶段 BIM 设计基于三维地形，应用交通仿真、碰撞检查、虚拟驾驶、漫游展示等技术对方案进行展示和比选，该阶段模型轻量，可以快速进行各项 BIM 应用，方便模型修改与变更，帮助决策；详细设计阶段的模型从方案设计的模型深化而来，各专业对模型进行标准化和精细化设计，模型属性信息更加丰富，再通过结

构分析、专业间和专业内的各类碰撞检查对设计安全、设计质量把关，成果输出形式为二维图纸、工程量统计校核；最后按照交付标准交付到施工阶段完成后续应用。



图 1-2 BIM 技术应用策略

2.2 组织建设

2.2.1 组织架构

本项目严格按照我院标准的设计流程，BIM 团队由专业总师牵头，设计负责人和 BIM 负责人共同策划 BIM 技术路线，由具有丰富设计经验的设计师应用 BIM 软件完成本工程的三维正向设计，此外还有 BIM 研发团队提供专业的技术支持。

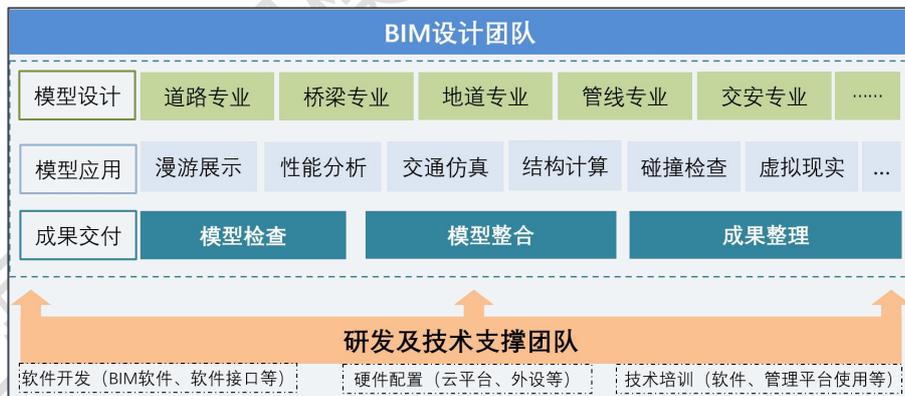


图 2-1 BIM 团队架构

2.2.2 BIM 管理体系总体思路

为了更高效地应用 BIM 技术服务本项目，在项目启动前进行系统且细致的 BIM 实施策划，建立适用于本项目的 BIM 实施方案和 BIM 技术标准，规范 BIM 实施中的资源、行为和交付等内容，强化 BIM 实施的系统性和规范性。

根据项目要求和设计进度计划，编制 BIM 实施方案，明确本项目 BIM 应用的总体目标、

实施内容、技术路线、应用流程、团队组织、进度计划以及人员分工等。根据浙江省《建筑信息模型（BIM）应用统一标准》、《中国市政设计行业 BIM 指南》、《城市道路工程设计建筑信息模型应用规程》等相关标准，编制适用于本工程的项目级 BIM 应用标准，统一本项目 BIM 技术应用的基本要求，协调参与各方对模型和信息的创建、关联和整合工作，主要内容包括建模范围、模型拆分、模型精度、模型命名、模型质量控制、模型交付要求等。

2.2.3 BIM 应用环境

(1) 软件环境

采用我院基于达索 3DE 平台自主研发的 BIM 设计软件 SMEDI-RDBIM，进行各个专业设计。在此基础上集成多个应用软件，对模型进行各项 BIM 应用从而优化设计。

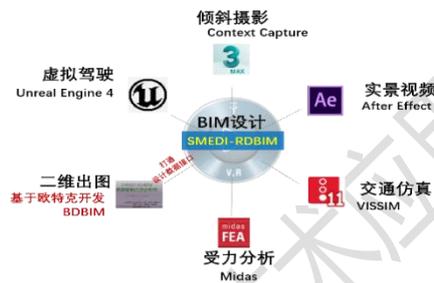


图 2-2 BIM 软件

(2) 虚拟应用云平台

在高性能的服务器上搭建我院企业私有云平台，发布基于网络的虚拟化应用。已发布专业设计建模、计算分析软件 10 余种。已部署账户 150 余个，同时使用人数超 80 人。主要优点有：软件线上部署及更新、许可线上分配，根据专业及需求，配置对应设计软件，无需本地安装；环境配置线上保存、设计文件实时协同交互，多种场景、不同设备，灵活访问，符合习惯的工作环境；云端计算，不消耗本地硬件资源，减少终端硬件投入，轻松加载大型模型、高效分析计算；硬件资源异地共享，根据实时使用负载，动态分配性能资源。

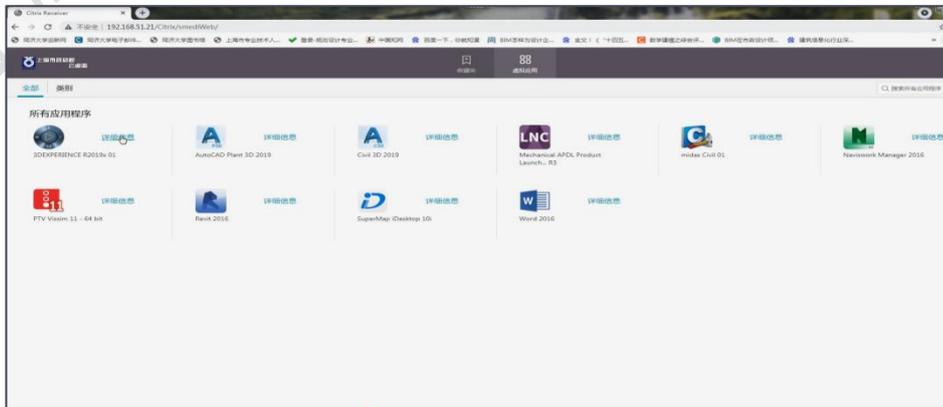


图 2-2 虚拟应用云平台

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 BIM 模型设计

本项目从方案设计阶段使用倾斜摄影技术，采集面积约 3.5km²，由于设计进度紧张，选择大疆经纬 M300RTK，携带五镜头倾斜相机，2 人在 1 天内完成全部倾斜摄影外业数据采集。内业作业采用 Context Capture，基于服务器算力集群，2 天完成地面模型创建，短时间内为设计提供基础数据。

随后，道路设计人员使用我院自主开发的 BIM 设计软件 SMEDI-RDBIM 中的地形模块，将地形数据处理后导入 CATIA 中生成三维网格模型。随后进行三维中心线设计，通过软件实时交互功能，并基于多个专业道路规范，相继完成路段、交叉口、挡土墙、边坡等道路实体设计。桥梁设计人员根据我院积累的丰富的桥梁构件库，进行桥梁结构的快速布墩布跨，批量化修改结构类型、创建防撞墙及铺装，实现桥梁专业三维可视化设计。地道设计人员进行地道专业的参数化快速化设计，尤其是地道变宽段，可根据设计边线自动拟合，建模效率大幅提高。管线设计人员可以根据地勘资料完成现状管线的一键建模，还可以根据设计数据进行设计管线包含井点在内的分段交互设计。标线设计是依托道路设计数据生成，复杂的导向线和填充线都能快速完成。此外，为保证模型的完整性，可在专门的附属结构构件库中快速调用标牌、绿化带、涵洞、护栏、路灯和景观树等。



图 3-1 BIM 模型展示

3.2 BIM 模型应用

3.2.1 交通仿真

自主开发 VISSIM 交通仿真接口，直接导入轻量化 BIM 模型，读取模型几何数据及道路信息，自动生成车辆路径，完成交通评价。方案调整后，快速导入变更的 BIM 模型，无需再重复输入数据。

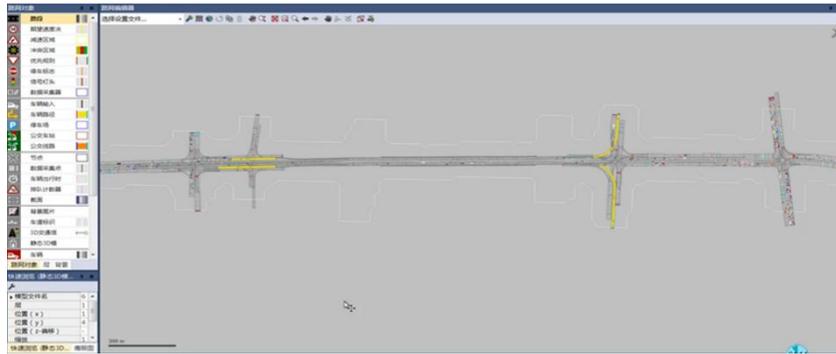


图 3-2 VISSIM 交通仿真

3.2.2 模拟驾驶

将本项目的 BIM 设计模型和环境模型导入到自主开发的虚拟驾驶仿真系统中，在系统中进行场景、车辆、地图等功能设置后进行成果发布，最后通过外接 VR 设备，直观验证复杂节点交通标志标线的合理性，进行设计方案优化。



图 3-3 模拟驾驶

3.2.3 AE 实景视频

本工程体量大，常规将倾斜摄影场景模型与设计模型叠加展示的方法费时费力，采用 AE 视频处理技术，提取倾斜摄影的飞行路径，将 BIM 模型导入 3ds Max 中参照飞行路径处理，然后通过 AE 视频处理技术，得到设计方案在实景中展示的视频，创新性地实现了 BIM 模型和实景场地视频融合，具有展示性优、速度快、对硬件要求不高的优点。



图 3-3 AE 实景视频

3.2.4 碰撞检查

采用自主开发的道路限界检查工具，一键检查道路、桥梁、地道空间是否满足通行要求，尤其是复杂空间区域。此外设计人员还利用 CATIA 的干扰模拟，实时检查各专业在设计时的冲突问题，及时修改。最终将模型导入到 Navisworks 中，进行各专业间的硬碰撞、软碰撞和间隙碰撞检查，形成碰撞检查报告，多重检查保证设计质量。



图 3-4 碰撞检查

3.2.5 二维出图

将 SMEDI-RDBIM 中的设计数据导入道路专业软件 RADS、桥梁设计软件 SMEDI-BDBIM，快速生成各类符合设计习惯的图纸和表格。与使用三维模型投影二维的出图方式相比，直接使用设计数据出图大大减少了图面模板订制量，提高出图率与出图效率。

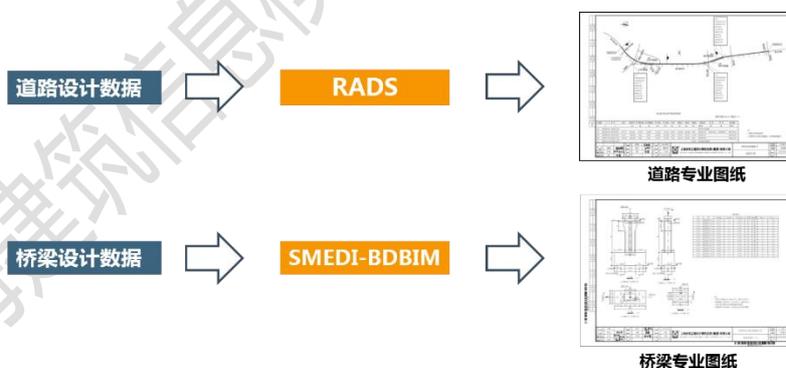


图 3-5 二维出图

3.3 BIM 创新点

3.3.1 数据跨平台交互

为完成市政道路工程正向设计的最后一环——二维出图，在本项目中创新性地通过自主研发数据接口，打通达索 3DE 平台与欧特克 CAD 平台，在 3DE 平台中完成三维模型设计，将设计数据格式通过*.civil 格式传递到欧特克 CAD 平台，通过设计数据而不是三维模型完成出图，更符合设计人员一贯出图习惯。

在串联两大 BIM 平台的同时，为保证本项目 BIM 成果的通用性、兼容性，继续开发了多款跨平台接口，如 Civil3D、Revit 等以及各类格式设计输出文件，如 excel、word 等，方便模型信息的传递和共享。

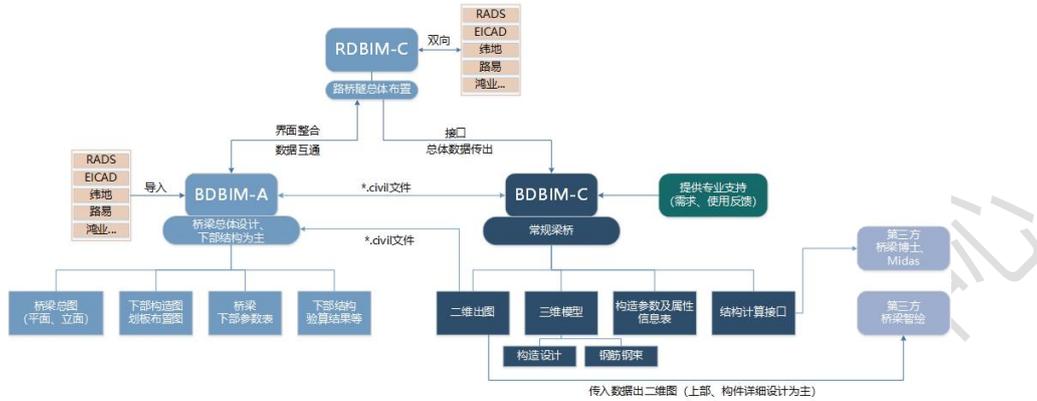


图 3-6 数据跨平台交互

3.3.2 软件集成结构验算

在本项目中自主开发了结构验算功能，在完成相应的桥梁结构设计后，软件模块可根据内置规范自动调用设计参数，批量完成混凝土构件的结构验算并输出验算结果，不需要重新建模或者输入大量数据。该功能专业逻辑强，输入参数少，为设计人员节省大量的计算时间。

3.3.3 软件集成预制梁自动划板

在本项目中自主开发了预制梁自动划板功能，预设了变挑臂、变湿接缝、简支变连续等多种预制梁布置逻辑，自动调取桥梁线形与桥跨布置信息，动态生成预制梁布置方案。设计数据不仅能输出至 AutoCAD 得到图纸，还能在 CATIA 中生成对应预制梁模型。划板参数、二维图纸与三维模型根据桥梁线形、桥跨方案的调整动态更新，为设计人员减少了大量重复建模工作。

3.3.4 BIM 标准编制

目前国家 BIM 标准体系基本上以建筑工程为蓝本进行编写，导致国标在城市道路工程落地应用时存在一定的适用性问题。本项目是典型的城市道路工程，专业齐全，在本项目 BIM 技术应用的基础上，团队编制了符合我国城市道路工程国情的、科学的、可实施的城市道路工程 BIM 标准体系。

目前已主编《城市道路工程设计建筑信息模型应用规程》(T/CECS 701-2020)、《城市道路工程信息模型分类和编码标准》(T/CECS 1195-2022)。本项目也是《城市道路工程信息模型分类和编码标准》的研究依托项目和《城市道路工程设计建筑信息模型应用规程》的成果推广载体。在项目应用实践中，测试验证了标准相关技术要求的准确性和可操作性，通

过标准对 BIM 应用的统一约束和引导，提高了项目 BIM 整体实施效率，实现“从工程中来、到工程中去”的编制愿景。

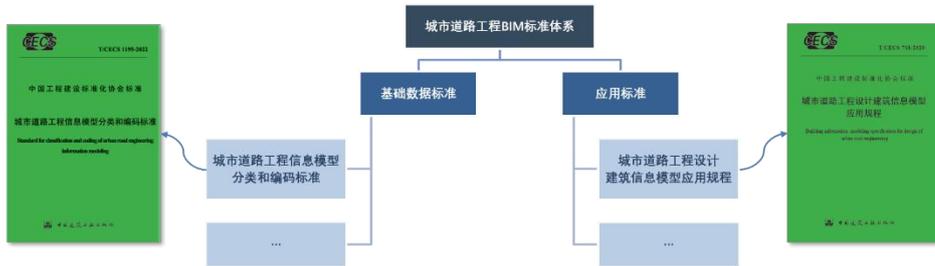


图 3-6 BIM 标准规范编制

3.3.5 企业共享构件库

在本项目的基础上，搭建了企业级别的构件库系统，涵盖了城市道路工程常见常用的构件，将本项目 BIM 实施成果可拓展、可沿用。构件库中的构件统一存储、统一管理，解决重复创建、无序存储、质量参差等问题，并通过加密措施对知识成果加以保护。



图 3-7 企业级 BIM 构件库

4. BIM 技术应用效益与测算方法

4.1 应用效益

在本项目中，组建了以设计师为主的 BIM 技术应用团队，通过虚拟云平台实现了专业协同设计与异地协同设计，在预定的设计时间内高效率高质量地完成了设计任务，设计成果满足交付标准，施工期间无重大设计变更，确保了项目按计划顺利推进，得到业主高度评价。

基于多款自主开发软件完成大体量、短设计周期工程的三维正向设计，解决了结构分析、二维出图等长久以来的 BIM 应用痛点，打破了“二维设计+三维翻模”BIM 应用形式，设

计效率和质量大幅提高。

在项目中实现了多款 BIM 软件间的功能互补集成与数据互通，提升了 BIM 设计与应用的综合效益。通过 BIM+ 的方式，融合 BIM 模型与交通仿真、虚拟驾驶、AE 实景等技术，为工程设计与汇报提供新的技术手段。

根据本项目应用目标，优化升级了自主开发软件及相关插件，优化或新增功能 20 余项、代码 11 万余行，丰富了我院企业级构件库，总结主编 BIM 行业标准两部，申请相关专利 6 项，为城市道路工程 BIM 技术的深入推广与应用打下坚实的基础。

4.2 测算方法

虽然 BIM 技术应用给设计带来了许多效益，但目前在测算这些应用效益上缺乏统一或者公认的方法。由于市政工程每个项目的特点和情况都不同，BIM 的应用效益也会因此而异。可以考虑从提高设计进度和设计质量、减少设计变更、加强沟通协调、投资回报率等方面进行测算。

5. BIM 技术应用推广与思考

在 BIM 技术应用推广上，需要综合考虑技术、组织和经济等多个方面的因素。

- (1) 明确目标与利益：首先，明确 BIM 应用的目标和预期效益，其中包括减少成本、提高设计质量、缩短项目周期等，确保这些目标与利益能够与各利益相关者的关注点相匹配；
- (2) 培训和技术支持：提供培训和技术支持，确保项目团队 BIM 工具的熟练使用。技术支持可以帮助解决使用中遇到的问题，培训可以提高团队的技能水平；
- (3) 项目示范：选择典型项目进行 BIM 应用的示范，以展示其效益；
- (4) 合作与跨部门沟通：促进设计团队内外的合作与沟通，确保各个专业的信息得以整合和共享，BIM 的应用需要各专业的紧密合作，以实现最佳效果；
- (5) 管理支持：企业对于 BIM 的推广决心和力度至关重要，相应的投入可以帮助 BIM 应用过程中在组织中得到足够的资源和关注；
- (6) 绩效评估和反馈：定期评估 BIM 应用的绩效，收集数据和反馈，有助于确定 BIM 应用的效果，及时调整策略和方法；
- (7) 知识共享与培训计划：创建共享平台，分享 BIM 应用的成功实践以及经验教训，定期举办培训和研讨会，促进团队成员的知识共享和技能提升。

六、800 床全负压应急医学中心平疫结合 BIM 实施方案

—上海公共卫生临床中心应急医学中心项目

1. 项目概况

2022 年初，上海市委市政府着眼新冠疫情防控和城市公共卫生体系建设大局，科学决策在上海市公共卫生临床中心金山院区规划建设“应急医学中心项目”，要求按照烈性呼吸类传染病的最高标准和平疫结合的最新模式设计和建设。

上海公共卫生临床中心应急医学中心项目，新建医疗综合楼、多功能综合楼、能源中心和液氧站 4 个建筑单体，总建筑面积 152,777 m²，地上建筑面积 106,542 m²，地下建筑面积 46,235 m²。本项目平时为以传染病患者为主的各类患者提供综合性医疗服务，疫时强化集中收治重大传染病患者，参与公共卫生重要事件应急防控、开展重大传染病防治规范研究制定等公共卫生职能。



图 1-1 上海公共卫生临床中心应急医学中心项目效果图

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用策略

建筑信息模型（Building Information Modeling, BIM）是一种促进建筑全生命周期信息集成和管理的数字化工具，并已经广泛应用到医院建设当中。在应急医学中心项目中，BIM 技术全面结合项目全负压特色需求与平疫结合的特征，取得了特色应用成果，实现项目全方位技术支持，为项目全生命周期提供增值服务。

2.2 组织建设

2.2.1 组织架构

本项目采用（图 2-1）所示的 BIM 实施组织架构，以建设单位为主导，BIM 咨询单位辅助业主制定相关 BIM 项目管理规程、明确各项目参建方的职责，利用 BIM 项目管理技术协助业主进行项目管理，并对 BIM 实施进行技术指导与技术支持。

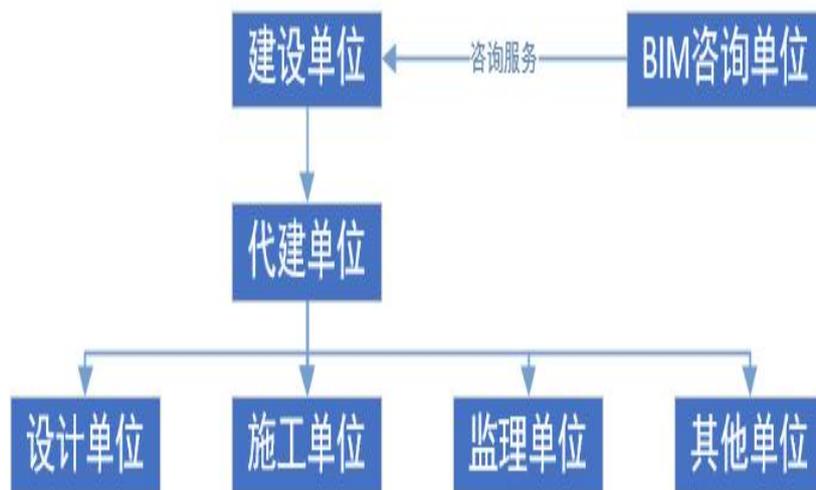


图 2-1 项目组织架构

2.2.2 BIM 管理体系总体思路

本项目除了进行建设全过程的 BIM 技术应用和基于 BIM 的项目管理以外，还应研究应用 BIM 管控平台和医院项目 BIM 科研课题研究。我公司在对医院以及项目情况的了解基础上，编制了本项目基于 BIM 的项目管理、BIM 课题、平台和应用“四位一体”技术路线。BIM 课题研究从文献研究和工程调研开始，然后依次研究医院项目的设计、施工和运营各阶段 BIM 技术的相关内容。据此研究应用 BIM 管控平台，并且应用 BIM 平台进行上海市公共卫生临床中心应急医学中心工程的建设全过程管理（图 2-2）。

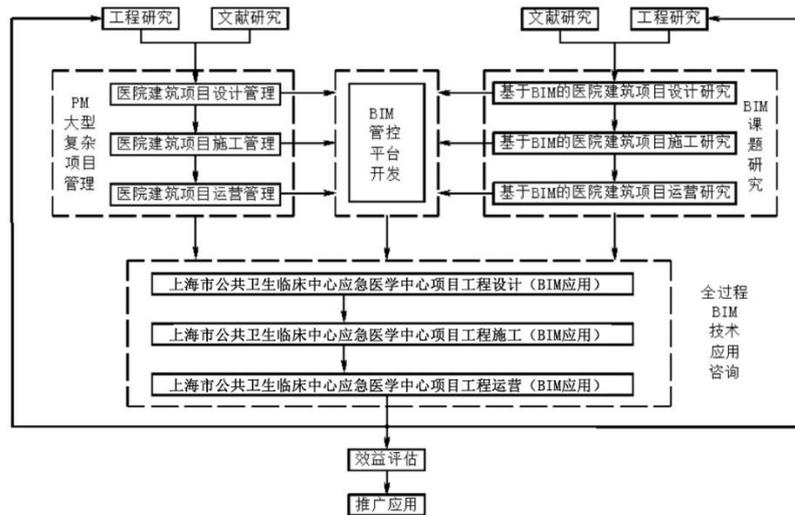


图 2-2 基于 BIM 技术的项目管理服务路线

2.2.3 BIM 应用环境

上海市公共卫生临床中心应急医学中心项目 BIM 应用以建设单位为主导，BIM 咨询单位辅助业主制定相关 BIM 项目管理规程、明确各项目参建方的职责、涵盖项目各专业 BIM 应用点以及应用标准。为更好地开展项目管理工作，达到项目所需的安全、质量、工期、投资等各项管理目标，在设计阶段、施工阶段和运维阶段的项目全过程推行 BIM 技术，通过 3D 建模、模型碰撞、施工方案模拟与优化、基于 BIM 的 4D 可视化进度管理等全过程的 BIM 应用，以数字化、信息化和可视化的方式提升项目建设水平，做到精细化管理。

3. BIM 技术应用成果与特色

BIM 应用成果具体包括以下五个方面：不同科室（空间）负压模拟应用、“平疫结合”模式下的交通模拟、“平疫结合”模式的管综及净高分析、“平疫结合”模式的 PC 应用和“平疫结合”模式智慧平台的应用。

3.1 三种不同科室（空间）负压模拟应用

本项目采用负压模拟的方法，综合利用 BIM 技术的多种模拟功能，对负压病房、放射科、负压手术室等特殊空间中的医疗工艺流程、气流组织和疏散路线等进行模拟，为优化空间设计和改善室内环境提供依据，提高医院职工和患者使用体验。结合实际医疗需求，本项目重点选取负压病房、放射科及负压手术室等三种平疫均使用的科室（空间）进行模拟分析。

3.1.1 负压病房

气流模拟分析可用于指导负压病房的空间布局设计。呼吸道传染病房（负压病房、负压隔离病房）对卫生间应保持定向流，其他相邻相通房间的相对压差应不小于 5Pa，负压程度

由高到低依次为卫生间、病房、缓冲间、内走廊。机械送、排风系统应使医院内空气压力从清洁区至半污染区至污染区依次降低，清洁区应为正压区，污染区应为负压区。清洁区送风量应大于排风量，污染区排风量应大于送风量。据此，建立负压病房的气流模拟模型，气流模拟分析结果如图 3-1 所示。

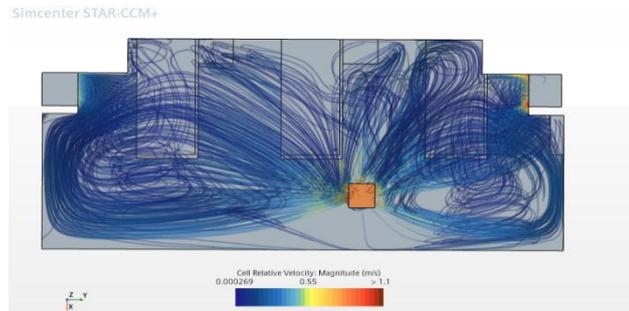


图 3-1 负压病房气流模拟分析

气流从送风口流出后，气流会快速的冲击地面，然后向四周扩散，扩散之后的气流在房间左右两侧形成大的漩涡，最后会流回排风口，同时可以观察到，靠近送风口两侧的病床受到气流作用相对会更加明显。

3.1.2 放射科

流线模拟分析可用于指导放射科的医患流线调整。在充分满足疫情时期的卫生通过和感控流程（如空气流组织、分区管理等），平时将非必要卫生通过区域转换为平时辅助功能，疫时为医护防护空间，满足隔离防护要求，如图 3-2 所示。不同时期，医患流线需随之调整。结合 BIM 模型使用流线模拟分析的方法，可对平时医患流线和疫时医患流线的模拟与对比分析，生成路线长度及行走时间对比结果，有助于优化放射科平疫结合医患流线设计。

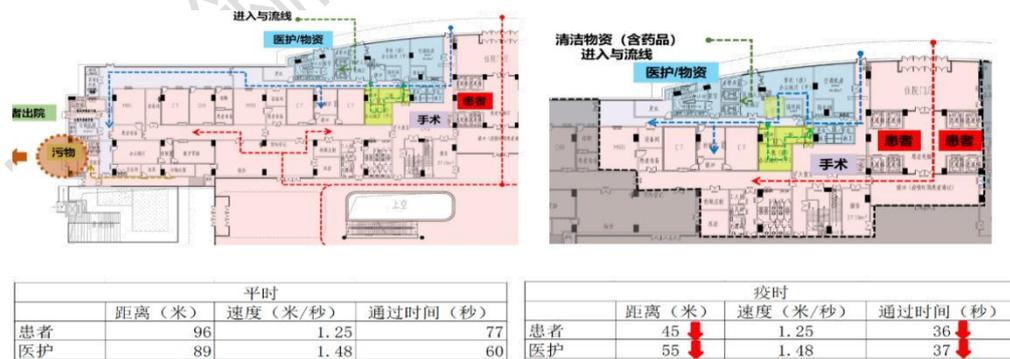


图 3-2 放射科平疫结合流线分析

3.1.3 负压手术室

气流运动模拟的方法同样应用于负压手术室。手术室气流从送风口流出，经过手术台，然后再四周扩散开，气流扩散的时候与墙壁之间会形成漩涡，最后从排风口流出。结合气流

运动模拟的结果，根据平疫结合特征，负压手术室调整换气次数，以满足各类收治任务。平时，换气次数为3次/小时；疫时为12次/小时。排风量应大于送风量。

3.2 “平疫结合”模式下的交通模拟

BIM 技术从水平和垂直两个维度支持应急医学中心项目交通流线的优化，通过三维仿真软件分析医院水平和垂直交通压力等，为医院未来人流的规划提供参考依据。

如图 3-3 所示，利用 BIM 软件，对不同情境下楼层各科室的水平交通流线进行模拟分析。模拟结果显示，不同情境下楼层各科室拥堵区域不同，需对部分路线进行优化，同时增加导向标示，将人员疏导至不同科室，减少人员往返及聚集。



图 3-3 水平交通流线分析

在垂直交通组织层面，应急医学中心项目通过设置医疗街、组织主次交通空间关系达到有序组织整体人流进出的目的，在垂直系统上，通过设置不同功能的电梯系统（患者、医生、手术、货物、污物等），形成了医护物资、患者、污物、手术“四大环通流线”，分区实现高效快速的垂直交通运输。通过对竖向交通承载力进行模拟分析，发现由于人的行走习惯导致南楼右侧电梯厅位置人员容易聚集（如图 3-4），此时需根据各电梯负荷情况，将人员疏导至其他空闲电梯，减少人员往返及聚集。

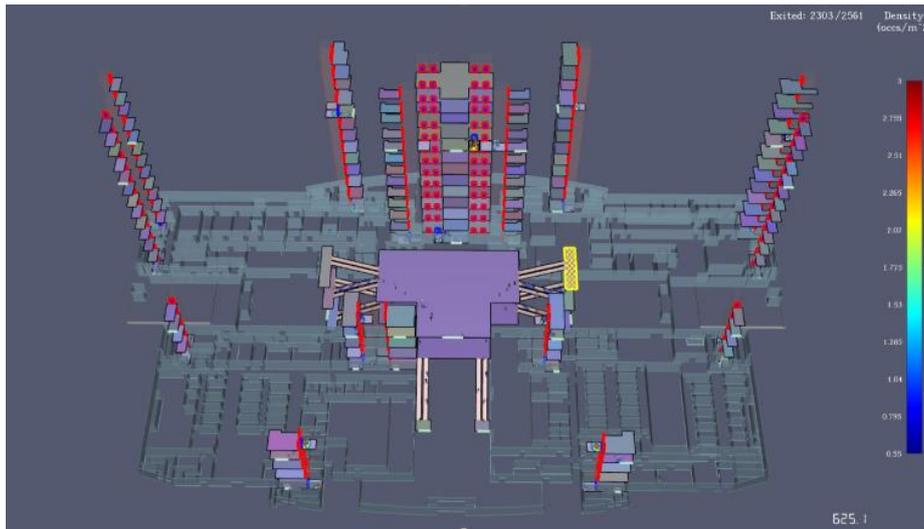


图 3-4 垂直交通模拟

3.3 “平疫结合”模式的管综及净高分析

本项目在暖通设计保证“平疫结合”简单可靠的前提下，清洁区、半污染区、污染区机械送排风按区域单独设置，从而导致暖通管线增多，管综排布更复杂。在有限的条件下，利用 BIM 技术，提前进行管综及净高分析，最大限度的优化层高利用率，在实际施工前解决相关问题，从而减少返工。

调整前

走道梁下净高3.8m,该区域有5路水管, 5路桥架, 6根风管
走道管底标高0.90m, 吊顶与支架按0.15m考虑, 吊顶只有0.75m

调整后

风管尺寸及路由调整, 桥架水管部分移到卫生间
最终走道管底标高2.55m, 吊顶与支架按0.15m考虑, 吊顶有2.40m

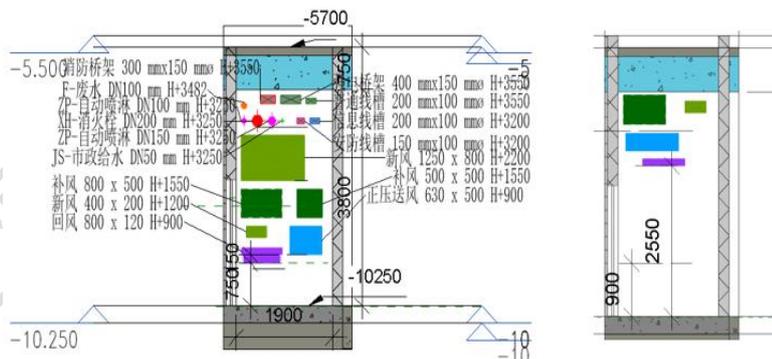


图 3-5 管综及净高分析

3.4 “平疫结合”模式的 PC 应用

利用 BIM 可视化、参数化特性对 PC 构件进行建模模拟，提前复核机电预留孔洞，保证全负压管线的安装实施。同时进行专项施工模拟，优化施工顺序，提高施工质量，保证污染区、半污染区和清洁区所有缝隙孔洞匹配且封堵严实。

3.5 “平疫结合”智慧平台的应用

3.5.1 智慧工地管理平台

在施工阶段运用智慧工地管理平台，通过录入本工程的详细信息，展示项目概况，并在地图上直观的显示项目所在地理位置。该平台集成多项管理应用，将工程的进度、合同、成本、质量、物料等各项信息进行关联，为项目各个岗位提供模型和信息数据，达成各方协同管理。在施工安全方面，该平台结合现场安防及摄像头，实现工地“平疫”安全管理。

3.5.2 智慧运维管理平台

智慧运维管理平台（如图 3-6）是全院 BIM 模型的集成和整合，结合医院后勤智慧管理平台及安防系统，在各个路口门厅增设摄像头、数字哨兵、门禁等，利用大数据、云计算、AI 等技术，辅助研判各种场景，提升应急事件的发现和预警效率，提高管理的智慧化水平。例如，疫时医院医疗区闭环管理，利用智慧运维管理平台 AI 智能研判护士站医护人员离岗、非医护人员的出入、病人非正常时段出入等，平台及时预警，自动按照预案流转，提升医院在“平疫结合”情境下应对各类应急事件的发现和预警效率。



图 3-6 智慧运维管理平台界面

4. BIM 技术应用推广价值

公共卫生建设是当前城市建设的一大战略方向，也是国内外医疗卫生领域的探索热点，特别是“新冠”“甲流”等呼吸类传染病的流行和爆发。在疫情时期，实现可快速平疫转换的医疗建筑已成为医疗设施设计的新课题。应急医学中心项目的建设及 BIM 应用，具有以下四个方面的推广价值：

- (1) 本项目的经验可为烈性呼吸道传染病负压病房和平疫结合的最新模式医疗建筑的建设提供参考，形成此类医疗建筑的标准，为 BIM 精细化应用提供借鉴；
- (2) 本项目通过 BIM 技术集成，以及在本项目的试点应用，如基于 BIM 的诊疗空间、机电管线、医疗设备等 BIM 模型构建、交通组织模拟、气流组织模拟、医患路线模拟、

BIM+医疗工艺分析等应用，可为 BIM 技术在公共卫生领域的建设、应用和实践提供经验，具有巨大的推广价值；

- (3) 本项目的建设及 BIM 应用，可为打造全国领先的公共卫生临床中心和诊疗中心建设提供支持，为形成基于 BIM 的“800 床全负压”“平疫转换”应急医学中心提供知识积累；
- (4) 基于 BIM+大数据、云计算、人工智能等技术的三维可视化智慧运维管理平台，提升应急事件的发现和预警效率，提高管理的智慧化水平，形成可复制、可重复的 BIM 模型、BIM 应用经验，具有直接的推广复用价值。

上海建筑信息模型技术应用推广中心

七、智慧运维在租赁社区的研究及实践

1. 项目概况

近年来，城投集团积极推进租赁住宅项目建设运营，发布以“宽适居住、宽心服务、宽活体验”为内涵的租赁住宅品牌“城投宽庭”，为广大住户提供高标准、高质量、高起点的整体居住方案。

城投集团目前正在建设或运营了7个租赁住宅社区：湾谷社区、江湾社区、光华社区、浦江社区、九星社区、张江社区、临港社区，合计约15,000+套租赁用房。

针对城投面临的租赁住宅大规模运维管理需求，解决租赁住宅规模化运营面临的大数据资产、数据融通、数据治理、数据共享、数据安全等难点，借助BIM技术、物联网技术、物业管理技术、数据算法能力等技术手段，建设租赁住宅运维数据平台，开发租赁住宅运维平台，实现租赁住宅多项目智慧化运营，提出租赁住宅数字化创新管理模式，把握租赁住宅细分市场的创新机会，使数字资产在全生命期发挥价值，从而在实现7+个租赁社区，15,000+套租赁住宅整体智慧运营管理的同时形成可向外部输出的数字化运管模式。

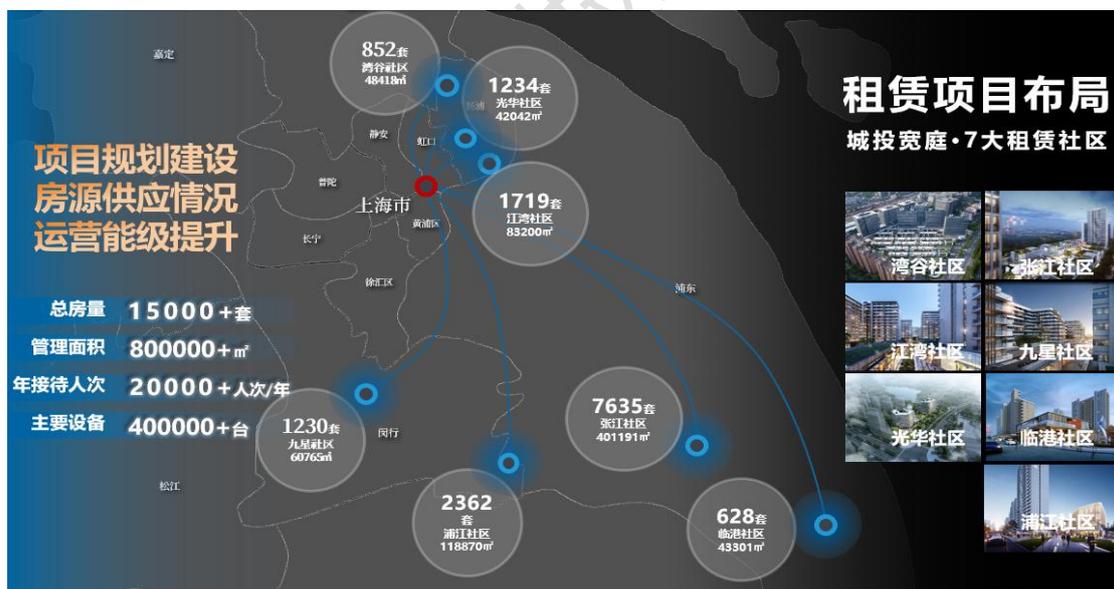


图 1-1 城投宽庭租赁项目布局

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用策略

智慧运维的本质是在于利用新兴的IT技术，实现更高效的决策，来提高运营管理的水平，实现降本增效。

本项目的智慧运维并不是一种单一技术，而是融合了物业管理技术、建筑信息化技术、物联网技术、大数据技术、人工智能技术五大领域技术和先进的现代企业管理理念的全新运营模式，它实现了企业运营模式的创新。智慧运维是一个“海纳百川”的集大成者。

本项目智慧运维的实施策略主要体现在两个方面：业主信息化和数据资产化。其中，业务信息化主要有三个阶段，业务流程的标准化梳理；业务流程在线化管理；业务流程数字化改造。数据资产化主要有四个阶段，数据格式标准化梳理；多系统数据对接；数据仓库建设及存储；数据分析及应用。BIM 的主要价值在于实现了建筑过程数据的结构化，以及形成多源数据的载体。



图 2-1 智慧运维的策略

2.2 应用团队

本项目的实施团队主要是包括城投控股、城投置地、城投置业和水石建筑等。

- (1) 城投控股为牵头单位，完成任务布置和总体把控；
- (2) 城投置地作为租赁社区建设的主体，完成建筑源数据的交付和局部整改；
- (3) 城投置业作为租赁社区运营的主体，完成运营需求的提资、业务功能提资、以及最后智慧平台的应用；
- (4) 水石建筑作为项目实施的总包，完成 BIM 数据提资、业务功能确认、多方工作协调、平台开发及最后的交付验收。

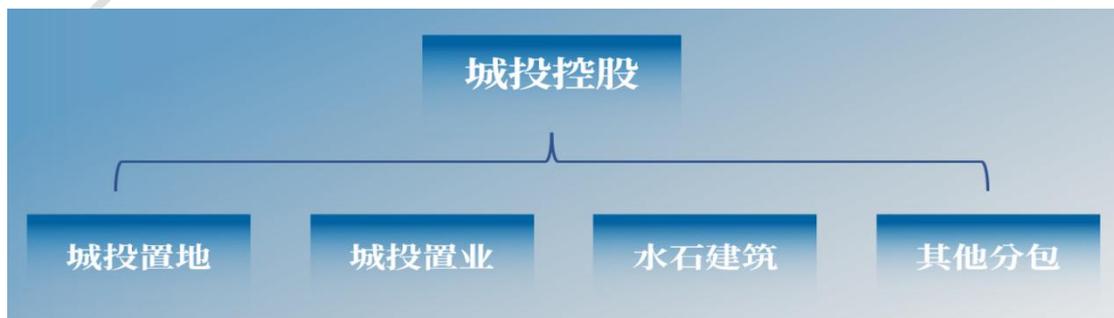


图 2-2 组织架构

2.3 应用目标

现阶段，租赁社区管理主要面临管理效率、运营效率和作业效率三方面的发展瓶颈。基于数字化技术的智慧运维希望实现以下目标：

- (1) 提高管理效率，实现少人化或无任何管理。社区的物业行业属于劳动密集型，随着在管项目的不断增加，导致运营成本高居不下，管理效率和企业利润率难有较高的保证。而基于智慧管理平台，可以实现一人管理多社区、多楼栋的管理模式，从而减少人员投入；
- (2) 提高运营效率，实现工作的自动化。日常的维保等工作，主要是通过业主报修和维保人员进行现场作业，大量的运营故障只有在发生之后才能做事后维护，缺乏实时性的故障预警机制。基于智慧管理平台，可以减少传统的电话通讯方式，降低用户和物业方的沟通成本；
- (3) 提高作业效率，提供更好的物业服务。一线的物业工作主要依靠人工作业，且人员能力方面基本年龄结构偏大，学习能力较差，无法快速响应用户的需求。基于智慧管理平台，量化员工的工作成绩，提升员工的工作积极性；
- (4) 实现客户数据分析与数据挖掘，提升整体的服务能力。通过智慧管理平台，可以形成有效的数据资产，以便企业能够通过数据的运营分析更好的挖掘客户痛点满足需求；企业也可以更科学的实行作业计划安排，优化企业资源配置能力。

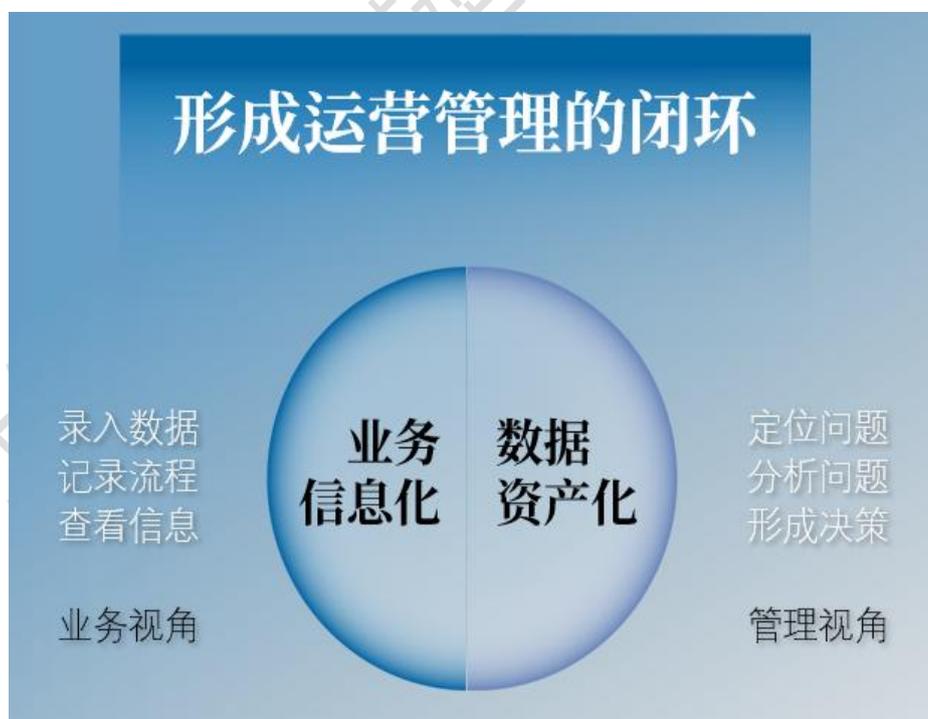


图 2-3 智慧运维的目标

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 基于 BIM 的数字化交付

3.1.1 基于 BIM 的数字化交付的定义

智慧运营和传统模式的一个最大的不同是融入了数字化的各种技术。而 BIM 模型作为建设过程的数据的载体，需要有效的传递给运营，是一个必不可少的重要因素。因此，需要在之前的基础上，将传统的验收交付进行升级改造，转变为“数字化交付”

数字化交付，交付的是一座物理建筑的数字孪生建筑、一座数字化的虚拟建筑，而构建这座虚拟建筑的“建筑材料”正是数字化交付的内容：数据、文档、三维模型，以及构件与构件、三者与构件的关联关系。



图 3-1 以风机为例的数字化交付

(1) 数据

交付的数据包含建筑构件的通用属性、工艺属性、产品属性、设计属性、可靠性维护属性、计量单位、采购订单号、备品备件等信息，数据范围涵盖了设计、采购、施工、试运行全过程。参与建筑建设全过程的单位很多，有建设方、设计院、施工方，也有供货商、监理单位、专业检测机构等等，这些不同单位交付的数据形式多样，内容可能会有叠加，需要去除冗余数据，并按类库的要求进行组织，以确保能正确地加载到交付平台，且关联关系正确，

才能有效的归类存储，供用户浏览查询。

(2) 文档

交付的文档属于非结构构型数据，包括一些图形图片，图纸资料，如仪表回路图、产品合格证、安装操作说明书、关键调试过程记录等，与交付的数据一样，涵盖设计、采购、施工、试车全过程，各单位提交前，应按照数字化交付平台的文档格式要求,如.docx、.dwg 等进行规范整理。

(3) 三维模型

交付的三维模型是对物理建筑的虚拟可视化表达，它涵盖设备模型、管道模型、建筑模型、结构模型、电气模型、仪表模型，具体包括设备外形、接口、管道管件及附属仪表、建筑外形、路面、梯子、平台、电缆桥架等等物理建筑的实物对象模型。设计院为了构建这些种类繁杂的立体模型所使用的三维设计软件如 Revit、Tekla 等多种，并根据专业分类，每个专业仅设计建筑模型中的一部分，比如管道设计软件、电缆设计软件、钢结构设计软件等等，因此需要将它们转化为交付平台要求的统一格式，并拼接成一个完整的建筑模型。

(4) 数据、文档或三维模型与“社区对象”的关联关系

无论交付的是数据、文档或三维模型，它们都是以“社区对象”为中心，建立关联关系，这些关联关系像人体的血液和筋脉，将分散的“肌肉、骨骼”——数据、文档和模型连接成一个充满活力的数字化虚拟社区。

数字化交付的是社区建设过程中产生的设计、采购、施工的工程信息，即数字化静态信息，这些信息在工程建设阶段主要掌握在设计院和施工单位手中，通过数字化交付，企业可以数字化掌握、管理这些工程数据，建立工程数据中心，再加上社区运营后的数字化动态信息，包括管理数据（ERP、采购、租赁、财务等），以及运行数据（用水、用电等），“动静结合”，形成智慧社区的建设基础。



图 3-2 智慧社区的数据集成

智慧社区在建设过程中，基于工程数据的数字化交付为参与项目的设计院、施工方、设备供货商、企业提供一个基于 IE 浏览器的跨组织的协作平台、信息共享平台，帮助企业实现采购施工进度可视化模拟、施工安排、施工条件数据的自动获取等功能。在运维期，借助移交过来的工程数据，并关联运维阶段的运行数据、维修数据、改扩建数据，形成以编码和三维模型为索引的大数据中心，依托此数据中心建立的智慧运营管理平台，可有效进行风险预警、提高运维效率、减少服务响应时间、提高社区安全管理、提高各管理系统数据的一致性、减少差错。

3.1.2 基于 BIM 的数字化交付的技术体系

为了实现智慧运维，需要做数字化交付，为了保证数字化交付的顺利实施，需要应用到以下技术体系：

(1) 交付标准。交付标准主要包括了建模标准、编码标准和数据标准。

其中，建模标准主要解决的问题包括：第一、运维模型需要具备拓扑关系上。第二、运维阶段大量需要弱电系统的应用。例如各种弱电的设备，摄像头，插座，道闸，电柜等，都不是重点建模，甚至很多是不建模的。第三、建设阶段的模型主要面向设备和土建的施工，会忽视对空间模型的创建。在运维阶段，空间是另外一类重要的资产需要管理。

其次，编码标准主要解决的问题包括：构件标识、系统标识和空间标识和设备编码。所有构件加上设计编号字段；设备构件里添加所属房间号；部分构件添加轴网坐标等。

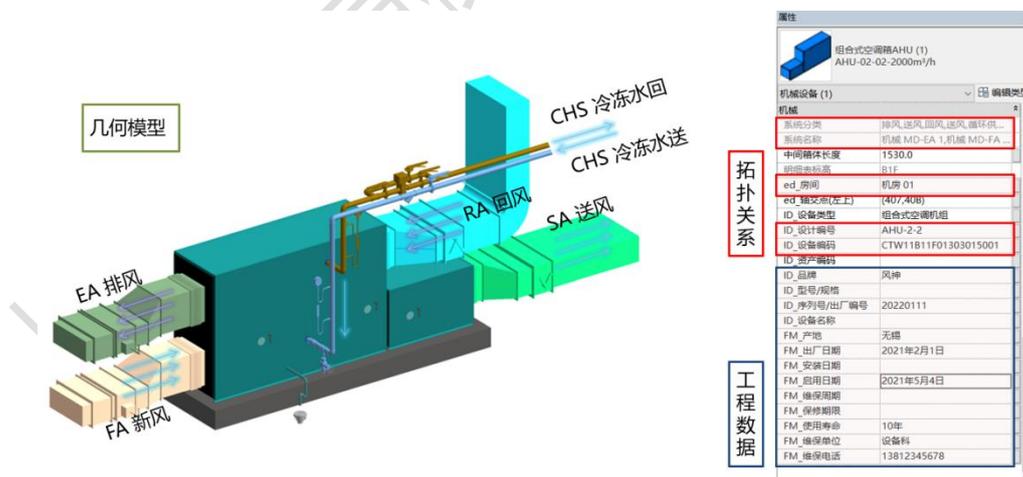


图 3-3 BIM 交付模型示例

编码最重要的一环是分类编码，这种编码需要具备以下特点：

- 能唯一性的表述一类设施设备；
- 具备无限的扩容性；
- 方便识别的精简性；

- 和数据字典关联的灵活性;
- 实施的便利性。

分类编码	备注	LV1	LV2	LV3	LV4	LV5	LV6
WR-30.00.00		机电					
WR-30.10.00			风处理				
WR-30.10.21				风机			
WR-30.10.21.03					轴流风机		
WR-30.10.21.06					离心风机		
WR-30.10.21.09					混流风机		
WR-30.10.21.12					管道风机		
WR-30.10.21.15					屋顶风机		
WR-30.20.00			冷热源				
WR-30.20.21				制冷机组			
WR-30.20.21.03					活塞式制冷机组		
WR-30.20.21.06					螺杆式制冷机组		
WR-30.20.21.09					离心式制冷机组		
WR-30.20.21.12					模块化制冷机组		
WR-30.20.21.15					吸收式制冷机组		
WR-30.30.00			水处理				
WR-30.30.45				泵			
WR-30.30.45.45					冷冻水循环泵		
WR-30.30.45.48					冷却水循环泵		
WR-30.30.45.55					热水循环泵		
WR-30.30.45.58					消防水泵		

图 3-4 分类编码示例

最后是数据标准。一般包括以下内容：身份属性、位置属性、关联属性、产品属性、施工属性、运维属性、认证属性、商务属性、运行控制等。

(2) 交付需要具备的使能技术。使能技术主要包括以下内容：全景技术：主要解决现场竣工和模型一致性以及真实可视的需求。三维轻量化技术：主要解决三维模型在线展示的需求。CDE 技术：主要解决数据和模型一致性的需求。数据仓库技术：主要解决数据存储和分析的需求。



图 3-5 使能技术示例

3.2 基于 BIM 的智慧运维管理平台

本项目的智慧运维管理平台如前所述，不是一个平台，是为了解决业务信息化和数据资产化的一套解决方案，这个解决方案包括了一个中心和五个功能模块。一个中心是指统一的数据平台。数据平台打破传统平台数据独立、业务独立和界面独立的管理方式，定义了建筑运维管理对象的静态数据、动态数据、关系数据、业务数据等数据标准，将数据标准化和结

构化，统一对数据进行存储及计算，并实现各系统的数据共享。同时，在根据业务场景研发了五大功能中心，100 余项功能，包括物管模块、BIM 模块、物联网模块、租赁模块和资产模块。

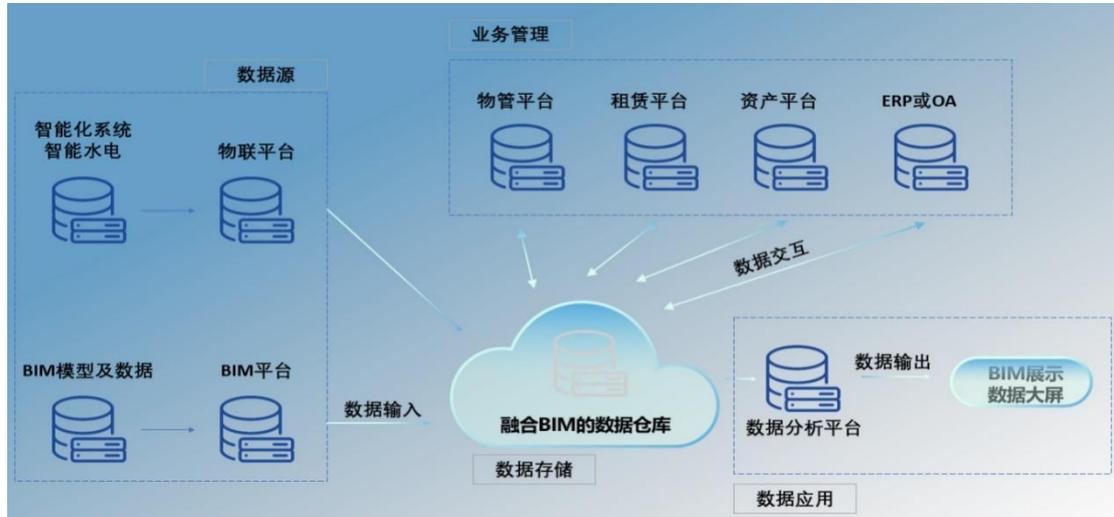


图 3-6 智慧运维平台的设计架构

3.2.1 BIM 模块

BIM 模块是整个社区的建筑资产数据门户和设备全生命数据管理。BIM 模块面向运营管理监测多社区设备运行状况和运维业务情况，及时调整业务标准。同时 BIM 运维平台实现建筑数据的结构化及标准化，提供一个可视化的建筑资产数据门户，面向服务解决多社区连锁运营的设备设施信息查询。

主要功能包括有：模型轻量化展示、设备查询、空间查询、系统查询、异常追踪、物管数据对接、物联网数据对接、能源数据对接、租赁数据对接、资产数据对接等、数据过滤、数据报警等。



图 3-7 BIM 模块功能展示

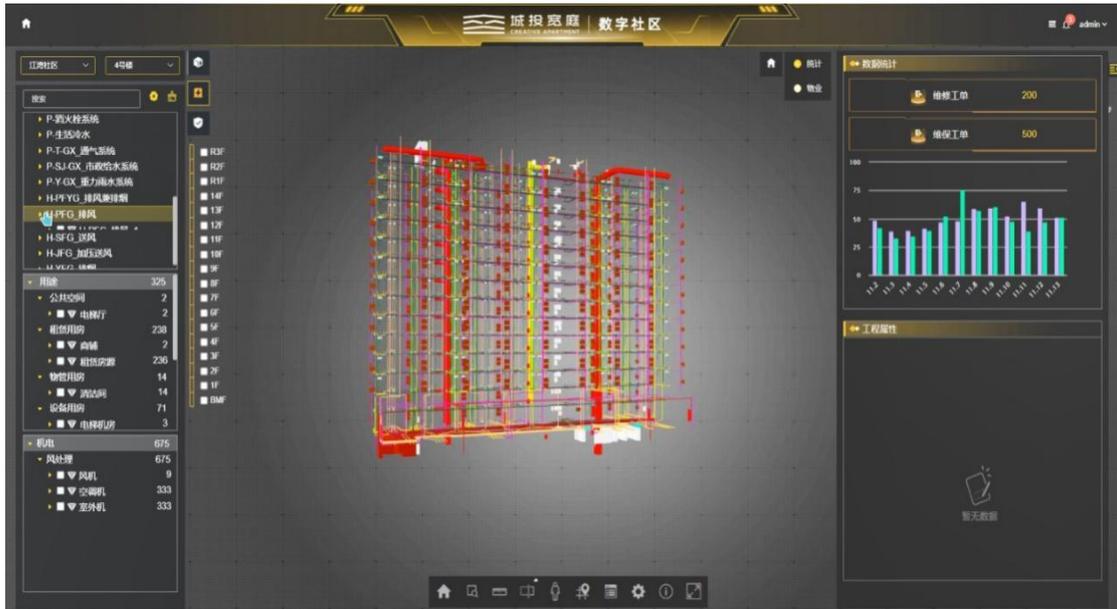


图 3-8 BIM 模块功能展示

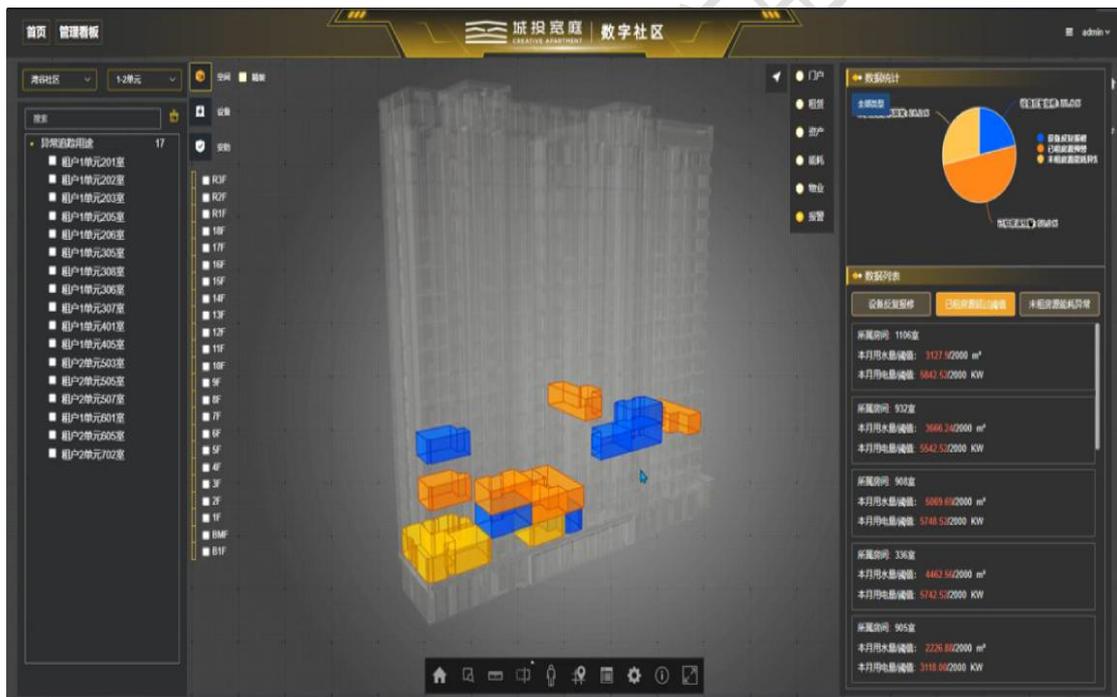


图 3-9 BIM 模块功能展示

3.2.2 物管模块

物管模块包括物管平台+APP，主要面向服务，串联物管人员和维修、安保、保洁等服务人员的日常事务。解决多社区连锁运营中繁琐的物管事务。

主要功能包括有：接报修管理、维护保养管理、日常巡检管理、能源抄表管理、质量安全管理、设备管理、空间资源管理、一户一档、承接查验、APP 移动端。

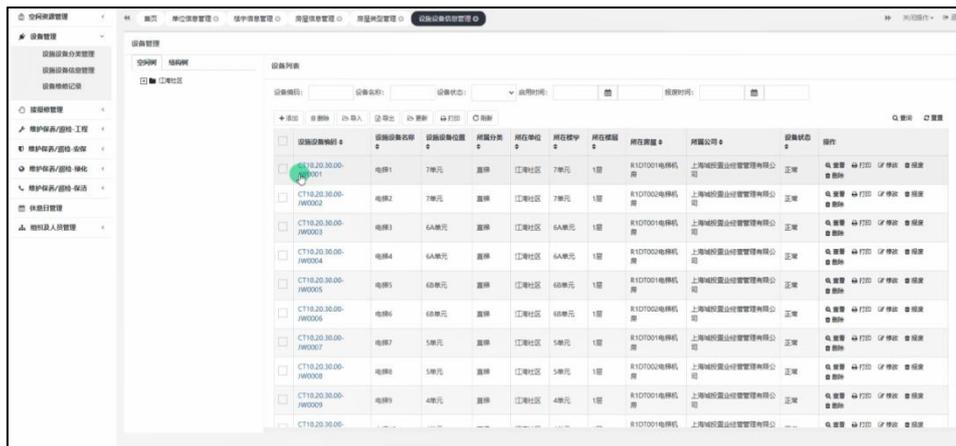


图 3-10 物管模块功能展示

3.2.3 物联网模块

物联网模块实现城投租赁社区所有智能化系统的标准化接口，及动态数据接入。可拓展性强，代替单项目 IBMS 的投入。向数据平台提供动态数据，数据共享至 BIM 运维平台。

主要功能包括有：视频监控、门禁管理、巡更管理、报警管理、智能水电等。

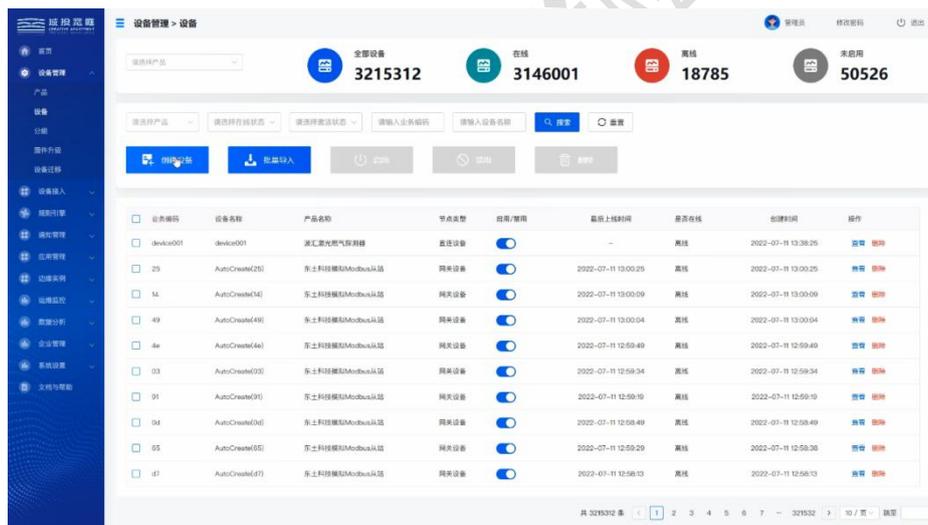


图 3-11 物联网模块功能展示

3.2.4 租赁模块

租赁模块包括租赁平台+APP，面向客户提供租住服务，打造卓越的租住体验，提供城投租赁社区所有租客相关的标准化管理。向数据平台提供业务数据。

租赁模块通过强化数字化、融合化、自动化为抓手，充分挖掘移动端自服务化操作（账单流水上传、账单查看及确认、账单支付、租赁申请、线上报修），技术上用于创新场景探索不断形成技术生产力，最终达到为社区减员增效的效果。通过合同及财务自动化，合同每月出账、催账、以及账单的自动推送和核查，水电自动计算和推送，流水凭证生成，使数据互联互通，使作业上标准同质。实现数字化精细化运营管理要求。

主要功能包括有：租客入住、报修、交费、合同、退租等。

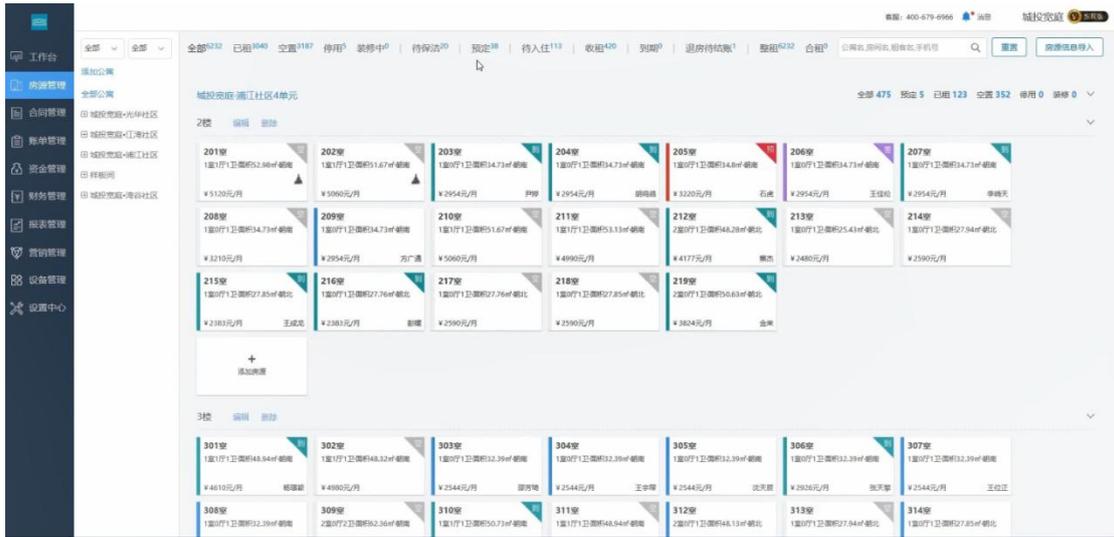


图 3-12 租赁模块功能展示

3.2.5 资产模块

资产模块主要服务实现城投租赁社区所有资产的标准化、精细化管理。给数据中台提供业务数据。资产模块实现资产帐、卡、物的一致，资产全生命周期成本有效精细化统计、预测、控制。将与物管报修、工单模块深度融合，未来向数据门户平台提供数据、接口支持。目前资产管理系统共管理宽庭 4 个社区，5 个资产一级分类，34 个资产二级分类，241 个资产三级分类，共计 93,540 条资产数据。所管理的资产数据量还在不断增加中。

主要功能包括有：资产入库、资产盘点、资产报废、资金管理等。

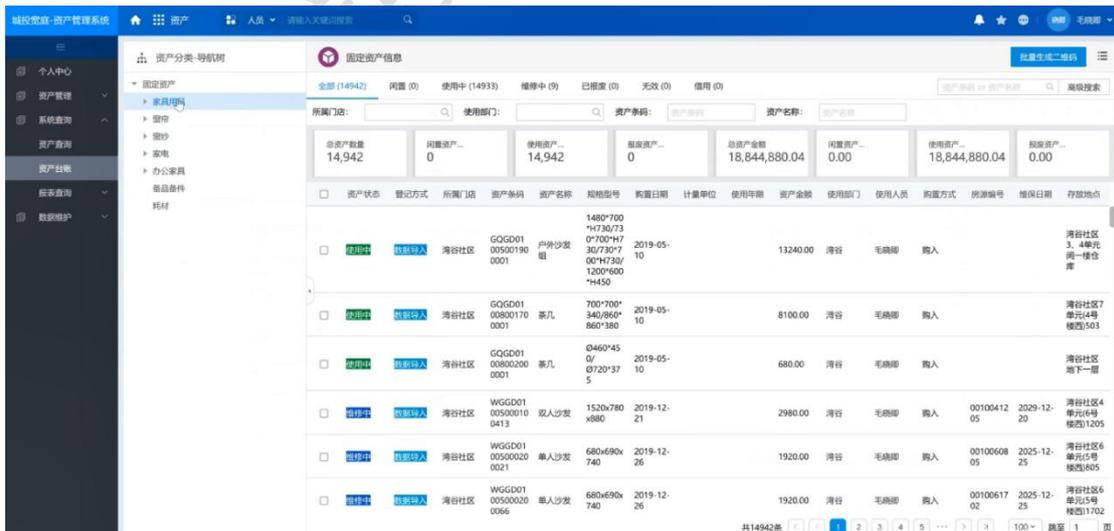


图 3-12 资产模块功能展示

3.2.6 BIM+数仓

传统的数仓是用来帮助企业更好地利用数据提高决策质量的技术集合，是从大量的数据

中钻取信息与知识的过程。简单讲就是业务、数据、数据价值应用的过程。对企业来说，数仓不能直接产生决策，而是利用数仓处理后的数据来支持决策。核心是通过构建数据仓库平台，有效整合数据、组织数据，为分析决策提供支持并实现其价值。

数仓最终展现给用户的信息就是可视化报表或视图。需要注意的是，报表是一个结果，只能达到查询的效果，查询仅仅只能告诉我们结果是什么、有没有问题。而基于可视化图表背后的数据分析才能告诉我们问题的原因是什么，只要问题发现了，原因也找到了，那么企业业务人员或者管理人员如何去决策就会变得简单与轻松。

BIM 解决了建筑有什么数据，而数仓解决了从数据获取信息和发现问题。

建筑项目会产生大量数据，尤其是在 BIM 环境中。数仓使挖掘所有这些数据成为可能，从而轻松发现趋势、衡量绩效并突出问题领域。

本项目的 BIM+数仓主要功能包括：获得竞争优势。数仓可帮助本项目深入了解社区的业务优势，并突出需要做些什么来保持竞争优势。风险管理。在数仓平台中显示项目数据可以帮助用户使用实时数据和易于阅读的视觉效果来监控项目运行状况，从而使社区管理人员能够查明存在风险的项目进度表，隔离和细分特定团队、区域或学科以发现特定的可操作项目。更准确的预测。自多个社区的数据时，数仓就会发挥作用。有了这些数据，社区管理人员可以对团队进行精准测试，并更准确地规划和控制成本。



图 3-13 数仓大屏功能展示

4. BIM 技术应用效益及推广价值

本项目的成果除了可以在城投宽庭中应用外，也可以为城投集团的其他分子公司或其他产业提供一系列有价值的参考。

- (1) 建营一体化的管理模式的复用。建营一体化的本质是将运维的数据需求前置到建设阶段，同时基于 BIM 技术实现数据的结构化并有效向后传递，实现真正的 BIM 全生命周期的应用。此种管理模式已经在城投宽庭的浦江社区得到验证，并取得了良好的经济价

- 值。可以在城投其他建筑业态很好的复用，从而形成城投集团级别的一体化管理模式；
- (2) 数据标准的复用。城投宽庭已经基于本项目编制了较有通用性的数据标准，其中分类编码是可以形成所有设施设备的唯一身份识别码，使得设备在不同系统中的数据都可以有效的整合在一起，形成设备及社区的完整画像，避免了数据孤岛和缺失。此种标准具有较好的通用性，可以在多个业态中进行复用，从而形成城投集团级别的标准体系；
- (3) 软件架构的复用。城投宽庭采用的一个基座多维功能的架构，具备数据夯实，业务灵活的特点，也是在市场经历过考验的模式。在城投的其他业态中，业务功能可以是多变的，也可以灵活对接。而数据管理是可以保持一致性。此种软件架构是可以针对不同业态都具备生命力的方式，从而形成城投集团级别的数字化产品的架构模式。

5. BIM 技术应用总结与思考

5.1 风险分析

本项目已经实施完成并交付应用，在项目的实施过程中，依然遇到诸多难题和风险。

风险一：重展示，轻实用

当前，面向智慧运营的产品已经处于一个井喷状态，基于各种技术的产品也五花八门。企业在此类系统的引入时，一般会有两个“标准配置”。一个是基于模型的三维可视展示，另外一个是基于大屏的指挥中心的建设。特别是基于模型的三维可视这块，容易出现“买椟还珠”的情况。BIM 模型本身具备数据结构化、数据关联性和三维可视的作用。如果引入 BIM 引擎，可以很好的继承以上这些数据的特性，但是因为技术的原因，在三维可视上，效果相对一般。而某些项目为了更炫酷的展示，就会采用游戏引擎进行三维可视，而这些引擎的好处是效果更好，但是会丢失数据特性，需要后续人工干预进行弥补。这其实是一个典型的为了展示而展示的行为。推进智慧运营，一定是以解决问题的实际应用为主。如果没有解决问题，系统就没有生命力。

风险二：重业务，轻数据。

当前，人力资源成本已经是社区最大的成本。因此，企业希望通过引入业务系统来更高效的完成各项工作，实现少人化或自动化。业务和数据如何有机结合。或者说业务和数据的比重，在企业管理中各占比多少。南京一家企业通过业务系统实现全自动管理，少人 90% 以上，后来发现调整为 70%，在增加了若干人员后，整体的效率反而最优。所以，一味的少人不是最佳的选择。而有了数据后，通过数据分析，合理的逐步的少人，才是有效的途径。

以城投宽庭来说，现阶段应该业务和数据并重。在积极使用业务系统的同时，要积累各个业务系统有效的数据。有了社区大量的管理数据，才能挖掘存在的管理漏洞，从而优化管

理流程，实现降本增效。

风险三：重建设，轻运营。

企业在引入智慧运营技术的过程中，普遍存在重建设、轻运营的问题。在系统研究采购和实施阶段，企业会开展需求分析、系统评估等工作，高层领导也会参与决策，投入大量的人力、物力和财力。但是在系统上线后，缺乏持续的应用和维护，系统多年不进行升级，功能和实际业务的匹配度差距越来越大，系统难以发挥应有的价值。其次，会出现高层领导重视，但是下面实施层面的执行不给力的情况。一个系统的价值或者生命力，一定是在使用的过程产生的，不管是产生积极的作用还是带来一些麻烦。

智慧运营的系统，和传统的软件系统有一个最大的区别，就是主导的人都是建筑工程的背景。而在建筑工程中，一般一个项目交付，就意味着结束。但是智慧运营的交付不是结束，是开始。智慧运营系统交付后，运营人员才开始使用，在使用中，会发现不足，再优化升级。所以，智慧运营系统不是一个一蹴而就的交付性项目，而是一种伴随式成长的项目。

这些持续的投入包括：共识保障，唯有达成数字化转型全面共识，方可目标一致；组织保障，一把手、分管领导、CIO 所组成的战略、运营、技术所融合“铁三角”组织；资金保障，持续不断的资金投入；制度保障，顺利推进的各种制度约束；技术保障，满足转型需要的各种技术；人才保障，专业技术、专业业务融合人才团队；文化保障，全新的数字文化贯穿企业经营、转型全过程。其中，最重要的是达成共识和专业人才。达成共识就可以上下一心，社区所有人意识到重要性，完成度必然就高；专业人才的引入才能保证系统推进有专职人员的维护，而不会出现“三不管”情况。

5.2 展望

城投宽庭智慧运维是在全面数字化的基础上建立起来的，社区管理和运营的智慧化，是未来发展的趋势。本项目的“智慧”，主要解决数据采集和共享的问题。在有了数据以后，下一步就是数据的高阶应用。在夯实了相关工作之后，后续可以有以下拓展的方向：

(1) 深入挖掘运营数据，形成行业指标，例如租赁社区的评价体系等，最终打造一套面向租赁社区的专用的管理体系。

(2) 基于当前的管理内容，再融合城投的其他业态，例如常规住宅、办公及酒店等，最终打造一套面向城投所有业态的通用的新型管理体系。