

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

案例集

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

第四届上海市 BIM 技术应用创新大赛获奖项目案例介绍	1
一、上海市轨道交通 18 号线一期工程 - 基于 BIM 的车站智慧运维管理平台	4
1. 项目概况	4
2. BIM 技术应用概况	4
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	12
二、 安阳文体中心建设工程 PPP 项目	13
1. 项目概况	13
2. BIM 技术应用概况	14
3. BIM 技术应用成果与特色	17
4. BIM 技术应用效益与测算方法	25
5. BIM 技术应用推广与思考	25
三、临空 12 号地块国际商务花园四期项目	27
1. 项目概况	27
2. BIM 技术应用概况	27
3. BIM 技术应用成果与特色	31
4. BIM 技术应用效益与测算方法	40
5. BIM 技术应用推广与思考	41
四、上海市疾病预防控制中心新建工程项目	42
1. 项目概况	43
2. BIM 技术应用概况	44
3. BIM 技术应用成果与特色	48
4. BIM 技术应用效益与测算方法	57
5. BIM 技术应用推广与思考	58
五、基于 BIM+GIS 的市政道路工程规划管理平台	59
1. 项目概况	59
2. BIM 技术应用概况	60

3. BIM 技术应用成果与特色	64
4. BIM 技术应用效益与测算方法	71
5. BIM 技术应用推广与思考	72
六、上海市口腔医院绿色设计及防疫优化 BIM 应用技术	74
1. 项目概况	74
2. BIM 技术应用概况	74
3. BIM 技术应用成果与特色	76
4. BIM 技术应用效益与测算方法	84
5. BIM 技术应用推广与思考	84
七、基于 BIM 的原创设计管理应用方案 - 花博会主场馆	85
1. 项目概况	85
2. BIM 技术应用概况	86
3. BIM 技术应用成果与特色	88
4. BIM 技术应用效益与测算方法	96
5. BIM 技术应用推广与思考	97
八、基于 Python 的体育建筑内场空间智能生成	98
1. 项目概况	98
2. BIM 技术应用概况	100
3. BIM 技术应用成果与特色	101
4. BIM 技术应用效益	105
5. BIM 技术应用推广与思考	105
九、基于 BIM 的超浅覆土盾构隧道数字化监测管理系统	107
1. 项目概况	107
2. BIM 技术应用概况	109
3. BIM 技术应用成果与特色	112
4. BIM 技术应用效益	117
5. BIM 技术应用推广与思考	118

第四届上海市 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 2021 年 11 月举办第四届上海市 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应用的优秀成果。其中项目案例奖注重成熟型 BIM 关键技术在行业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三类奖项中选取了 9 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 1 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，鼓励 BIM 更广泛的应用，发挥引领、示范作用。

表 1-1 收录获奖项目清单

项目案例奖（市政类）			
序号	申报项目名称 (按首字母排序)	主申报单位	联合申报单位
1	上海市轨道交通 18 号线一期工程	上海市隧道工程轨道交通设计研究院	上海轨道交通十八号线发展有限公司 上海磁浮交通发展有限公司

项目案例奖（房建类）

序号	申报项目名称 (按首字母排序)	主申报单位	联合申报单位
1	安阳文体中心建设工程 PPP 项目	上海宝冶集团有限公司	上海宝冶集团有限公司郑州分公司
2	凌空 12 号地块国际商务花园 四期项目	上海虹远房产开发有限公司	上海建筑设计研究院有限公司 彼爱游建筑城市设计咨询（上海）有限公司 上海建工集团股份有限公司 上海城建工程咨询有限公司
3	上海市疾病预防控制中心 新建工程	上海市疾病预防控制中心 上海市民防办公室	上海建科工程项目管理有限公司 上海同济工程项目管理咨询有限公司 上海建筑设计研究院有限公司 上海市地下空间设计研究总院有限公司 上海逸广信息科技有限公司

优秀技术方案奖（市政）

序号	申报创意名称 (按首字母排序)	主申报单位	联合申报单位
1	基于 BIM+GIS 的市政道路 工程规划管理平台	上海城投公路投资（集团） 有限公司	上海城建信息科技有限公司

优秀技术方案奖（房建）

序号	申报创意名称 (按首字母排序)	主申报单位	联合申报单位
1	口腔医院绿色设计及 防疫优化 BIM 应用技术	上海市口腔医院	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 同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司 上海建工四建集团有限公司 上海工程建设咨询监理有限公司
2	基于 BIM 的原创设计管理应用方案 —花博会主场馆	上海建筑设计研究院有限公司	华东建筑设计研究院有限公司 光明生态岛投资发展有限公司

特别创意奖

序号	申报创意名称 (按首字母排序)	主申报单位	联合申报单位
1	基于 Python 的体育建筑内场 空间智能生成	上海建筑设计研究院有限公司	/
2	基于 BIM 的超浅覆土盾构隧道 数字化监测管理系统	上海城投公路投资(集团) 有限公司	上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司 上海城建信息科技有限公司 上海隧道工程有限公司 上海市合流工程监理有限公司

一、上海市轨道交通 18 号线一期工程 — 基于 BIM 的车站智慧运维管理平台

1. 项目概况

上海市轨道交通 18 号线工程是一条从东南航头站至西北长江南路站的过江线路，全程共设置 26 座地下车站，控制中心一座。18 号线工程从设计、施工到运维阶段开展了全生命期的 BIM 技术应用，实现了 BIM 数据全生命期无缝传递，是首条在全线路推广应用基于 BIM 的车站智慧运维管理平台的线路。

2020 年 12 月 26 日，一期工程南段 8 座车站开通初期运营，基于 BIM 的车站智慧运维管理平台（以下简称“BIM 运维平台”）在南段全部车站实现了同步交付。

2. BIM 技术应用概况

2.1 BIM 应用组织

上海轨道交通 18 号线基于 BIM 的车站智慧运维管理平台项目在建设阶段提前考虑运营方的管理需求，以上海申通地铁集团有限公司牵头形成以下的 BIM 应用组织架构，如图 2-1 所示。



图 2-1 BIM 应用组织架构

-
- 1) 上海申通地铁集团作为本项目的牵头单位，负责项目总体技术路线的把控，协调各参与方资源，保障项目顺利推进。
 - 2) 上海磁浮交通发展有限公司作为 18 号线的运营方，是本项目的 BIM 应用需求方和最终使用方，将运营管理需求通过 BIM 运维平台进行落实，提升自身智慧化管理水平。
 - 3) 18 号线项目公司是本项目的建设方，负责项目立项、方案落实、硬件施工、现场协调等工作，是本项目推进的主力军。
 - 4) 上海市隧道工程轨道交通设计研究院一方面是本项目的设计方，一方面是 BIM 运维平台的核心研发团队，负责平台网络架构、功能架构等设计工作以及平台代码开发、数据实施、调试测试、系统培训等工作。

2.2 应用目标

本项目 BIM 应用目标主要包括：

- 1) 将包括 BIM 模型在内的竣工数据无缝传递至运维阶段，作为运维管理的基础数据，并实现轻量化共享。
- 2) 以 BIM 模型数据为基础，利用自动化集成技术，整合运维期间各类动态数据，形成运维数据库，实现“数字孪生”。
- 3) 以数据驱动标准化运营维护业务流程，辅助运维人员作业和协同管理。
- 4) 对运维数据进行综合分析和深度挖掘，为各类决策提供支撑，实现虚实结合的高效运维管理。

3. BIM 技术应用成果与特色

本项目将运维阶段的管理需求前置，在建设阶段明确建设期数字资产移交要求，搭建基于 BIM+IoT 打造轨道交通数字孪生底座，制定数据交换标准，实现全业务链数据深度融合，以数据驱动车站运维标准化管理业务，并建立主题数据库，解决运营管理难点痛点专项问题。

3.1 BIM 技术应用成果

(1) 竣工数据集成整合

本项目从建设阶段接收竣工模型后进行轻量化处理形成运维模型，模型场景与现实车站现状高度一致。如图 3-1、3-2 所示，18 号线从设计到施工阶段开展了全过程 BIM 数据建设，并且严格执行了集团 BIM 标准，通过多轮现场复核整改，最大程度上保证模型与现场的一致性。

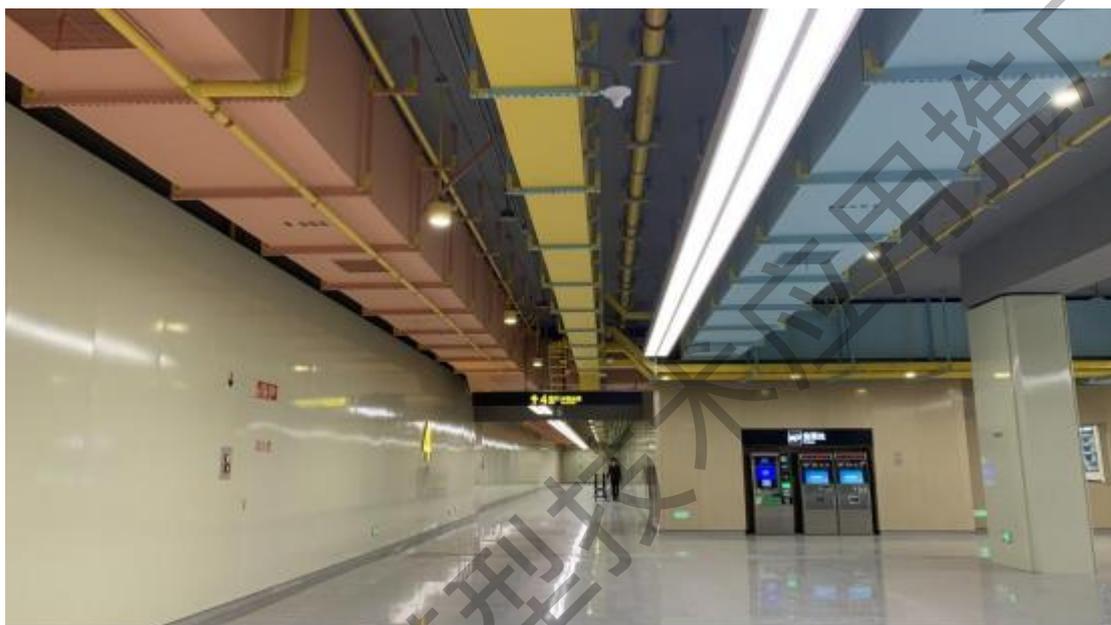


图 3-1 现场实景

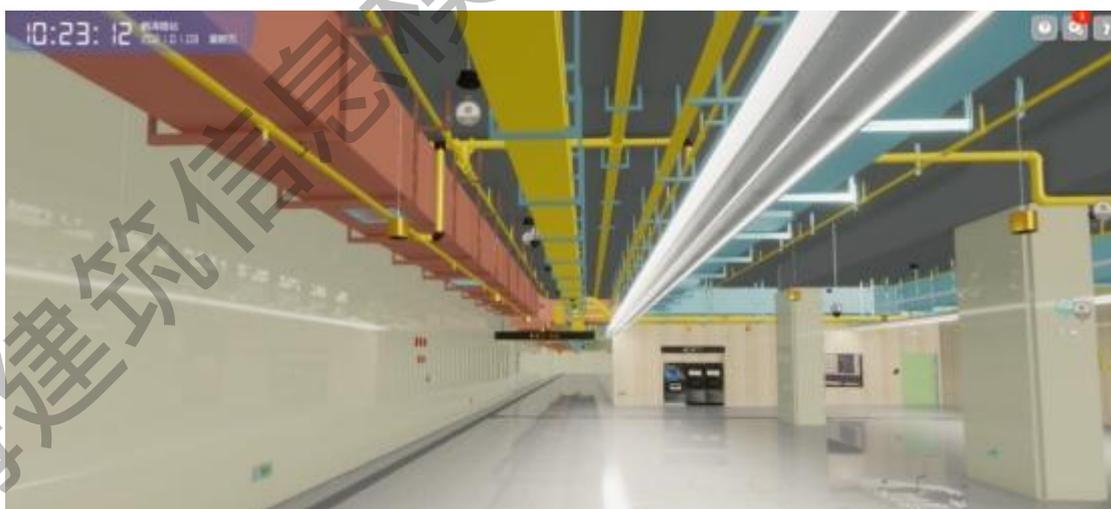


图 3-2 模型场景

另外，18 号线在建设阶段通过设备资料管理平台，由设备供应商提交了设施设备精细模型及 9 大类文档资料，设备种类共计 484 种，文件数量达 2 万 7

千余项，全部数字资产集成到 BIM 运维平台，保证信息的完整准确。

在运维模型场景中，如图 3-3、3-4 所示，通过模型即可查看设备详细信息，包括资产信息，比如生产厂商、产地等；可查看设备的精细模型，通过爆炸视图可查看设备内部的零部件；可查看该设备的 9 类文档资料。在车站现场，利用移动端扫描设备二维码同样可以查看这些信息，节省了以往查找纸质文件的时间，提升了信息查询效率。



图 3-3 设备基本信息查询

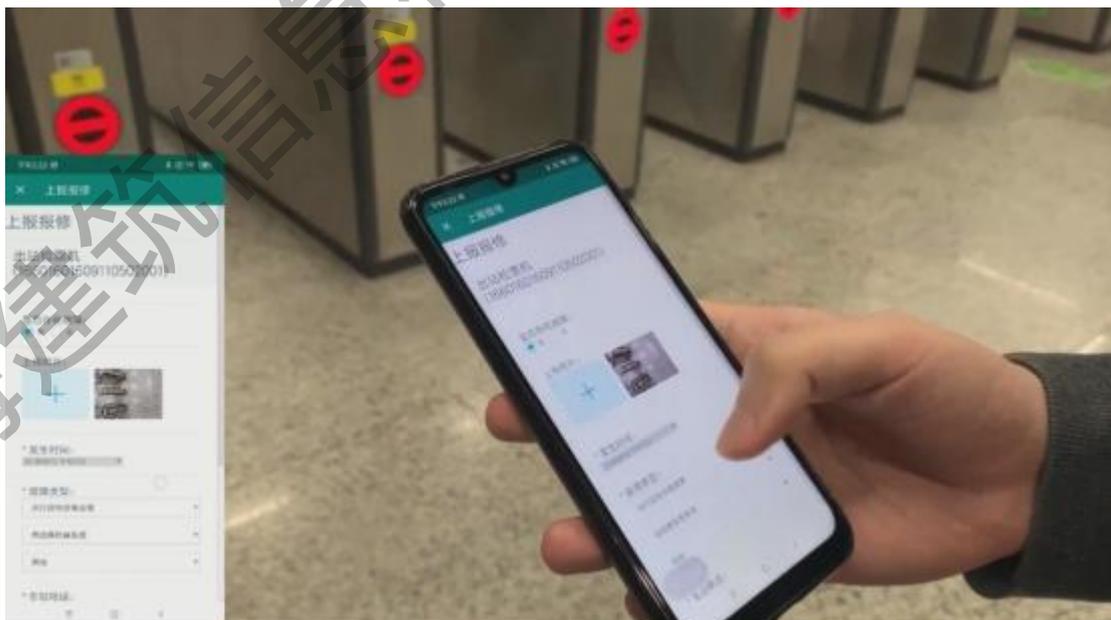


图 3-4 移动端故障上报

(2) 融合定位实现人员精细管控

本项目创新性地将蓝牙技术（BT）和超宽带技术（UWB）进行融合，满足车站内不同区域的人员定位精度需求，并与车站运营管理业务流程融合，对站内人员的巡检工作进行标准化配置和精细化过程管理，并在车站三维场景中实现人员实时位置和历史轨迹的可视化查询，实时掌握巡检工作进度，如图 3-5 所示。



图 3-5 站内人员实时定位

(3) 视频监控虚实结合

本项目集成了视频监控数据，通过点击三维场景中的摄像机模型可查看真实场景下对应摄像机的视频监控画面（如图 3-6 所示），做到模型与实时监控画面虚实结合，更好的为车站运维服务。并且站内人员可通过移动端进行车站事件上报，支持照片、视频等附件上传，自动记录事件发生位置。同时在三维场景中查看事件详情，提升车站运营管理的信息化水平。



图 3-6 视频监控查看

(4) 站务管理业务搭载

本项目以车站运营管理需求为导向，将站内的传统纸质台账进行电子化，如图 3-7 所示，站内人员可在巡视、巡检过程中使用移动端进行填写，也可在桌面端或网页端进行填写或更正，电子化台账一方面可减少纸张的使用，推进无纸化办公；一方面将站内的日常工作数据结构化，方便运营人员查询追溯、统计分析，充分发挥信息的价值。

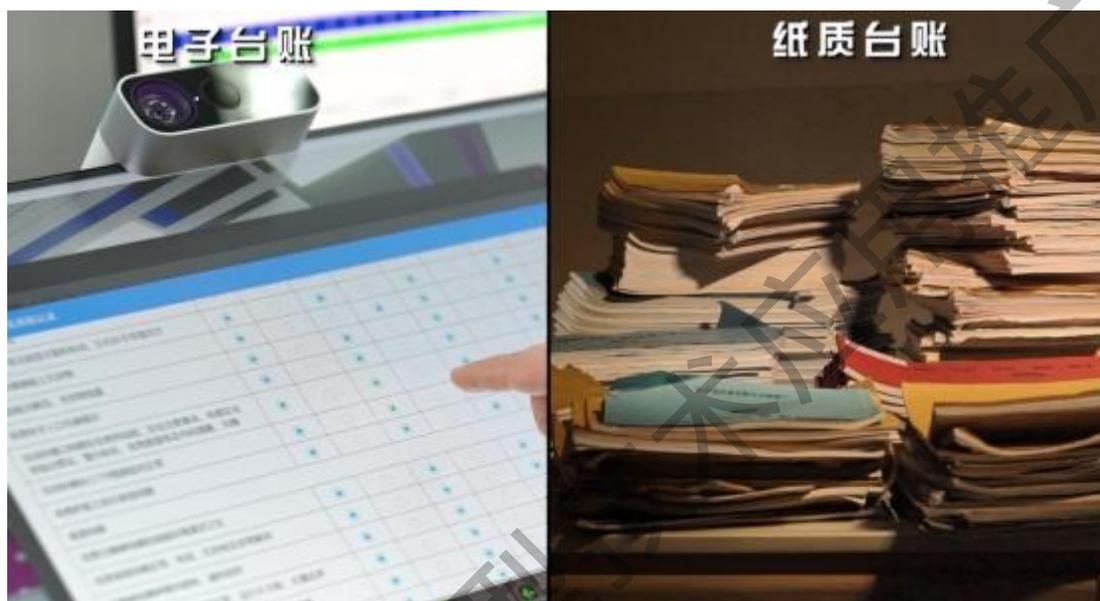


图 3-7 电子台账

另外，通过移动端可以对车站内发生的各类事件进行上报，例如客伤事件、四乱现象等，支持照片、视频等附件上传，并结合定位信息自动记录事件发生位置，提交后在三维场景中即可查看事件详情，包括发生时间、事件位置等，直观掌握各类事件的高发位置，来辅助运营决策，如图 3-8 所示。



图 3-8 事件查看

(6) 专项专题管理提升车站运营

平台对各类业务数据进行统计分析，包括资产数据统计，如图 3-9 所示，可以看到资产产地、使用年限、大修频次、剩余寿命等统计图表；还有客流数据分析，通过 AFC 获取进出站客流数据，并进行历史平均值和同期平均值计算，形成客流趋势曲线，帮助运营人员掌握本站客流趋势。



图 3-9 数据统计看板

3.2 BIM 技术应用特色

本项目的创新性与特色包括：

(1) 建设基于 BIM+IoT 的轨道交通数字孪生底座

本项目采用四大关键技术建设基于 BIM+IoT 的轨道交通数字孪生底座。关键技术一为数字资产平台化交付技术。本项目通过建设管理平台，由设备供应商提交设施设备精细模型及 9 大类文档资料，并在线上审核、归档和移交并自动同步到运维管理平台。关键技术二为运维模型数据轻量化共享技术。本项目通过自主研发的插件结合 Blender 对竣工模型进行轻量化处理，保证平台访问的便捷性、流畅性、稳定性。关键技术三为数据自动化集成技术。平台集成了设备运行状态数据、视频监控数据、空间定位数据等动态、静态数据，创新性地将 BIM 模型与设备运行状态实时联通，初步实现“数字孪生”。关键技术四为室内定位融合技术，本项目创新性的采用了超宽带技术与蓝牙技术融合的定位系统，满足不同区域的人员定位精度需求。

(2) 数字孪生驱动标准化运维管理业务

本项目由数字孪生驱动了标准化设备管理、客运管理、人员管理及统计分析四大运维管理业务，创新了管理模式。实现了办公电子化、管理精细化、数据一体化、分析智慧化。设备管理板块将 BIM 模型与设备运行状态实时联通，并与报修 OA 系统全面对接，一站式报修，实现设备全生命周期可视化管理。同时升级了固资二维码标签，可通过移动端扫描进行设备信息查询、故障报修等操作，提升现场工作效率。客运管理板块将车站管理的纸质台账切换为电子台账，可统计分析、查询追溯，充分发挥信息价值。另外，平台集成了视频监控数据，模型中与实时监控画面虚实结合，更好的为车站运维服务。人员管理板块通过集成融合定位系统的人员位置信息辅佐日常巡检工作的开展，可在三维场景中的实时查看人员位置和巡检工作执行情况，为车站人员考核管理提供可视化工具，提升管理效力和效率。统计分析板块对各类数据进行统计分析，形成业务报表，成为考核依据；另一方面针对巡查巡更、故障响应、乘客反馈等多类数据进行深度挖掘，发现异常，及时预警，为管理决策提供支持。

(3) 制定 BIM 与制造业、IoT 数据交换标准，实现全业务链数据深度融合

本项目在实施过程中制定了设备供应商数据交付技术指导要求，对原有项目级 BIM 交付标准进行了扩展和补充，打通制造业与 BIM 的数据链。与综合监控系统、视频监控系统等系统进行数据对接，形成了项目适用的标准数据接口，并在其他线路进行推广，逐步升级为企业级数据接口标准。

(4) 优化移交流程，实现数字资产与实物资产同步移交

本项目探索了数字资产与实物资产移交相结合的移交流程，升级了固资标签，实现了实物资产在数字孪生场景中的一一映射，为资产全寿命期管理提供数据支撑。

4. BIM 技术应用效益与测算方法

本项目为 BIM 技术在轨道交通车站运维管理中的应用提供明确的解决方案，保证 BIM 成果的全生命期应用，有较为直接的经济效益。同时，通过平台实现运维阶段信息集成管理，避免信息孤岛、信息冗余、信息缺失等问题，降低因这些问题造成的经济损失；对设施设备的状态进行跟踪和分析，有效降低工作人员的巡检强度，降低运维成本；通过将传统业务电子化，提高信息采集效率和正确率，大大减少人工和返工的成本；智慧可视化管理提供智能预测和辅助决策，能有效避免部分问题的发生，经济效益明显。

本项目技术成果的应用和推广，将轨道交通车站的各类静态、动态数据进行集成、共享和三维可视化展示，可初步形成覆盖地铁车站各专业系统、设施设备的综合数据展示平台，打破数据壁垒和信息孤岛，形成车站与车站、车站与线路、线路与管理部门之间有效的数据共享、信息传递机制，为初步形成统一指挥、相互支持、密切配合、协同应对各类应急管理工作提供支持。

5. BIM 技术应用推广与思考

上海轨道交通 18 号线 BIM 运维平台以建设阶段交付的 BIM 竣工模型数据为基础，搭建了三维轻量化数字化运维模型场景，集成了运营期间各类静态、动态数据，包括设备厂商产品模型与资料、资产信息、设备运行状态信息、视频监控、人员定位信息等，数字化模型与车站实际运行状态相对应，初步实现“数字孪生”。平台具备设备管理、人员管理、事件管理、站务管理和统计分析等五项功能，支持面部识别、触屏操作等智能化交互，桌面端、网页端和移动端形成多端互联。

通过本项目的实施应用，强化了轨道交通基于 BIM 的数字交付能力，提高了运维阶段人均劳动效能，实现了 BIM 技术全生命期应用和全专业覆盖。18 号线基于 BIM 的车站智慧运维管理平台在时间紧、任务重的条件下，攻关多项关键技术，在竣工交付前夕顺利完成，首次初步实现城市轨道交通车站数字化运维管理，将起到示范引领作用，并为交通强国、数字中国建设贡献重要力量。

二、安阳文体中心建设工程 PPP 项目

1. 项目概况

安阳市文体中心建设工程 PPP 项目（如图 1-1 所示）是安阳市政府为城市群众提供公共文化服务和体育运动的主要场所，是群众开展文体活动的重要阵地，对活跃市民生活，提高市民思想道德水平，促进精神文明建设有重要作用。

安阳市文体中心项目地处安阳市文峰区，项目总占地面积 702 亩，总建筑面积 24 万 m²，合同额为 22 亿；包含文化、体育中心两大部分，体育中心由四万座体育场、6000 座游泳馆、1500 座体育馆组成；文化中心由大剧院、音乐厅、科技馆和文化馆组成；四大场馆由北向南沿着中心轴线布置，通过景观广场、龙形水系串联起来；旨在体现：龙形水系、神气贯通、文体大成的整体效果。



图 1-1 项目效果图

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用策略

项目建立全专业 BIM 实施规划,如图 2-1 所示以信息化先进建造理念为指引,坚持专业模型为根本,用平台为手段,施工过程为主线,务实落地为重点的原则;实现数据协同共享、提升精细化管理、节约施工成本、提高工程品质等目标。

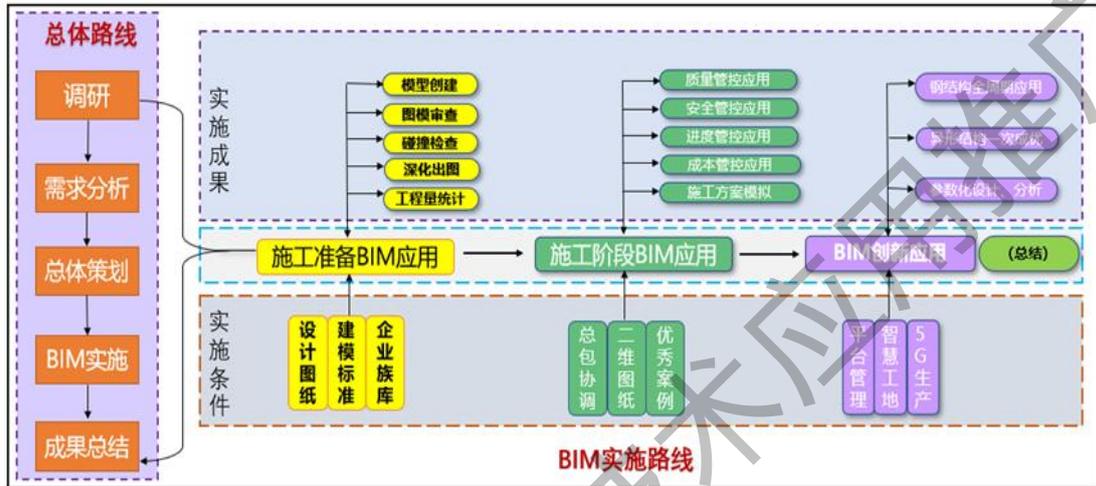


图 2-1 项目应用策略

2.2 组织建设

在项目开始前根据本项目特点,成立了以项目经理为主导,集团 BIM 中心总协调的组织架构,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,如图 2-2 所示。

2.2.1 组织架构

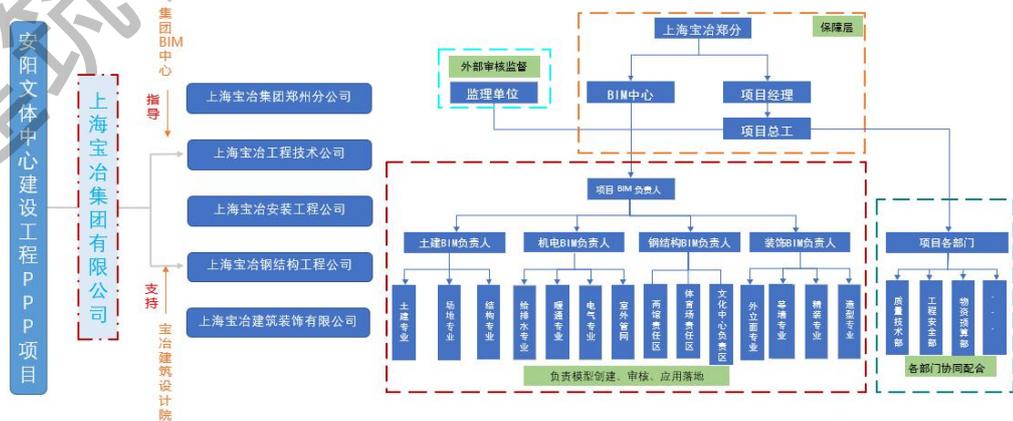


图 2-2 项目组织架构图

2.2.2 BIM 管理体系总体思路

结合行业 BIM 标准/项目实际需求以及公司类似项目应用成功经验，编制了 BIM 实施方案，管综优化原则、创建土建样板、机电样板等为保障 BIM 实施落地；并建立全专业 BIM 实施规划，以信息化先进建造理念为指引，坚持专业模型为根本，用平台为手段，施工过程为主线，务实落地为重点的原则；实现数据协同共享、提升精细化管理、节约施工成本、提高工程品质等目标；同时，通过集团 BIM 中心技术力量对项目各部门及分包管理人员进行阶段性的培训，便于后续实施工作开展，如图 2-3 所示。



图 2-3 项目 BIM 管理体系

2.2.3 BIM 应用环境

(1) 体育场结构设计形式为框架结构，其结构外围设计为 84° 外倾式大截面斜柱，斜柱截面尺寸为 $1.2\text{m} \times 2.5\text{m}$ ，斜柱高达 30m ，体育场结构施工过程中斜柱倾角定位、稳定性控制，将是确保体育场结构施工成败的关键点。

(2) 体育场看台设计为 4 万座，整个体育场由看台、田径场以及足球场组成，整个看台呈圆弧形布置且看台也仅设置四道抗震缝，每部分看台结构超过 200m 。超长混凝土结构易产生裂缝，且看台弧度大，精度要求高，看台的弧形精度质量难以控制，超长混凝土裂缝控制施工技术以及超长弧形定位以及施工措施将是看台施工的重中之重。

(3) 体育馆、游泳馆大跨度屋面采用直立锁边金属防水屋面，如图 2-3、2-4 所示，通过带肋的金属板相互咬合，从而达到防水目的一种新型、先进的屋面系统，掌握直立锁边屋面施工工艺、施工控制要点，将直接关系到直立屋面锁边施工的质量。

(4) 本项目为鲁班奖项目，相比于一般的公共建筑，文化中心机电系统更为复杂，机房种类更多，排布更为密集，与其他专业交叉现象更为严重，净高控制要求更为严格。

(5) 体育场悬挑钢结构桁架结构，其主承重结构采用空间悬挑桁架结构环向联系采用环向桁架+环向梁设计。节点深化工作体量大。南北跨度 260m，东西跨度 263.4m，罩棚高差约 7m，罩棚最高点离地面约 47.4m，覆盖面积约 30793 m²，整体用钢量重达到 12000 吨。同时，材料安装数量多、现场拼装工作量大，安全管理任务重，吊装难度大，安装精度高；其次隐蔽焊缝多、焊接管件量大、焊缝形变控制难钢管贯口切割精度高。本文重点介绍实际施工建造过程中应用 BIM 技术应用方法总结。

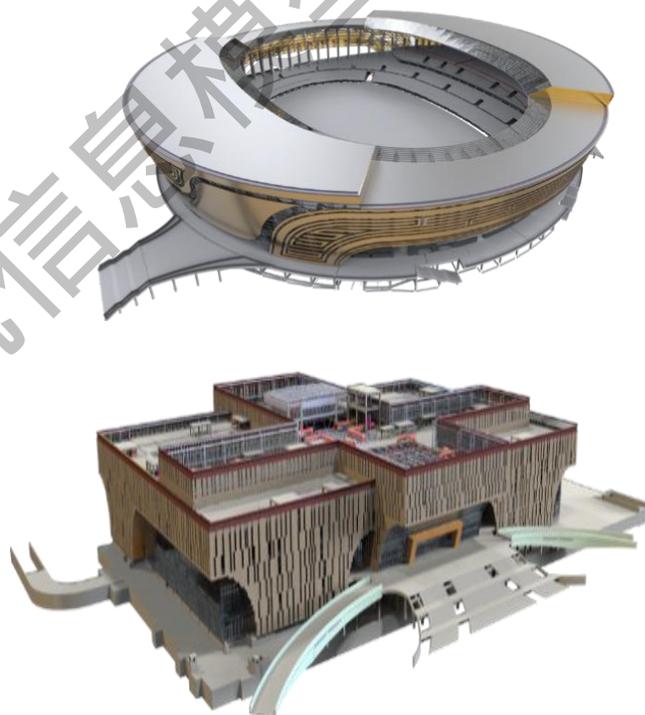


图 2-4 项目 BIM 模型

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 土建 BIM 技术应用

(1) 体育场大截面斜柱 BIM 施工应用

分析阶段：体育场结构设计形式为框架结构，其结构外围设计为 84° 外倾式大截面斜柱，斜柱截面尺寸为 $1.2\text{m} \times 2.5\text{m}$ ，斜柱高度 29m ；斜柱钢筋水平投影与下层生根柱钢筋之间存在一定倾斜关系图纸中无法精确定位，且传统 CAD 只能定位出柱子底端坐标，其他位置坐标和高程都需通过计算得到，这给施工过程中造成极大的定位困难；一旦定位不精确就会造成严重的质量问题。故此，斜柱定位成为施工重难点。

解决阶段：通过模型深化开展 BIM 技术应用，借助 BIM 空间三维坐标提取优势来解决此项问题。它是这样实现的。根据技术部门编制的专项斜柱施工方案，得到斜柱为分段浇筑。从而斜柱模板也为分段搭设，借助 Revit 软件优势，对 29m 高的斜柱进度拆分，按照方案拆分为六段，在拆分截面提取斜柱四个角点空间三维坐标，提取 XY 坐标及高程。同样的方法将柱子拆分。针对每根斜柱进行深化出图，深化图纸必须明确标出每段截面的三维坐标，文字说明等。其次导出每根斜柱的空间坐标数据，如图 3-1 所示。

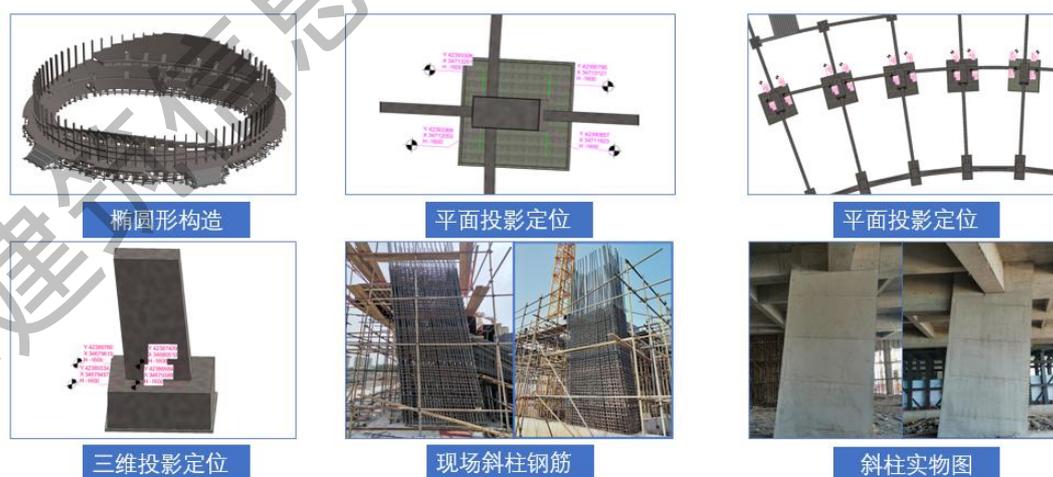


图 3-1 斜柱投影定位

实施阶段：通过深化模型提供的数据集、深化图纸、空间坐标。现场测量放线人员将坐标数据导入放线仪器中，在现场展开测量放线工作；待斜柱侧面模板搭设完成后，在通过测量仪器进行复核校对坐标，看是否与深化图纸出具三维坐标保持一致，如图 3-2 所示。

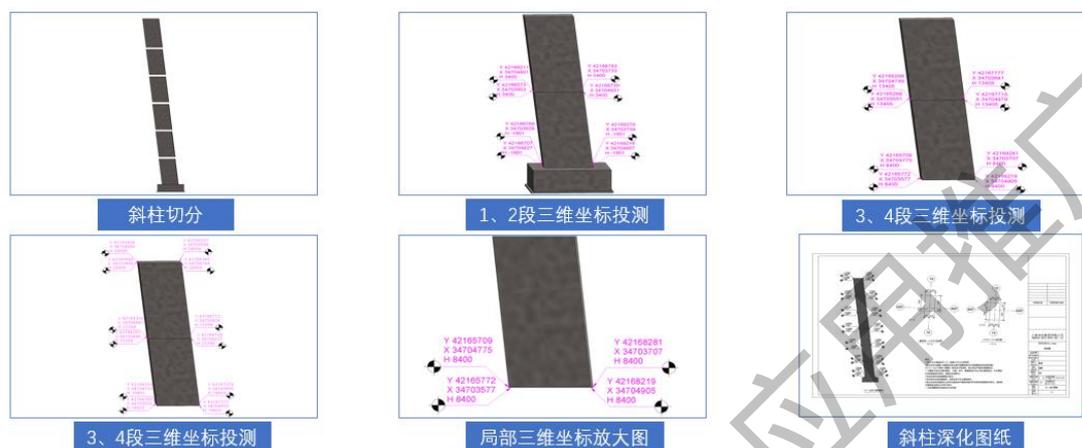


图 3-2 斜柱深化出图

(2) 体育场超长弧形看台 BIM 施工应用

分析阶段：体育场看台设计为 4 万座，整个看台呈圆弧形布置且看台也仅设置四道抗震缝，每部分看台结构超过 200m。超长混凝土结构易产生裂缝，且看台弧度大，精度要求高，看台的弧形精度质量难以控制，超长混凝土裂缝控制施工技术以及超长弧形定位以及施工措施将是看台施工的重中之重，如图 3-3、3-4 所示。

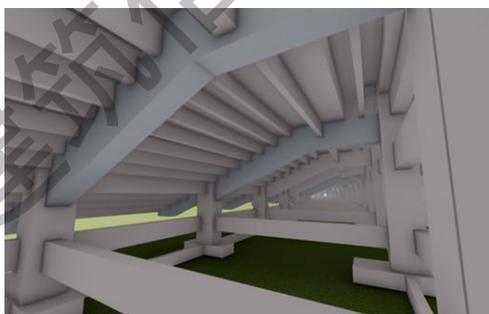


图 3-3 看台复杂节点



图 3-4 看台模板搭设

解决阶段：针对上述进行分析先解弧形看台定位难以控制问题；借助斜柱的

解决思路，看台依然在模型中提取坐标；但是，看台提取坐标手动提取容易出现差错。在 BIM 策划阶段，采用的软件有 Grasshopper For Rhino，这时，就很好解决这个空间坐标提取问题。将 BIM 深化模型导入到 Rhino 进行准确定位，通过 Grasshopper 进行坐标提取程序代码编写。完成后进行程序挂接模型，一键导出三维空间定位坐标。这样提取的坐标准确无误。对整体看台进行分析，一共为两层。要保证超长混凝土不产生裂缝必须要求一层看台一次性浇筑的方法。然而这种方法目前没有案例，于是通过 Revit 可模拟性的特点，对看台浇筑顺序进行模拟，出具对应的交底视频材料，来验证这种方法可行性。最终确定了整个看台每层一层一次性浇筑的方法。

实施阶段：通过 Grasshopper 导出的看台坐标，进行现场精确放线等位，放线方法与斜柱基本相同；同时，木工班组依据提供坐标参数进行模板搭设。确保看台模板搭设位置精确无误。同时，通过看台每层整体浇筑的施工方法模型视频，对现场管理人员及劳务班组进行视频交底，让施工人员明确每道施工工艺流程。其实，在看台面上搭设斜面方木，用于浇筑混凝土时收面踩脚使用，如图 3-5、3-6 所示。

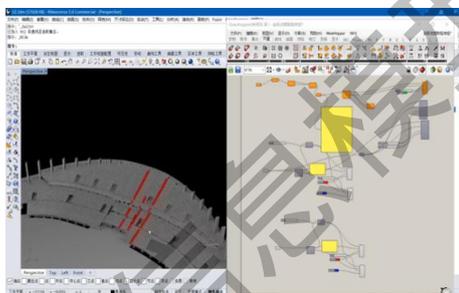


图 3-5 三维坐标定位

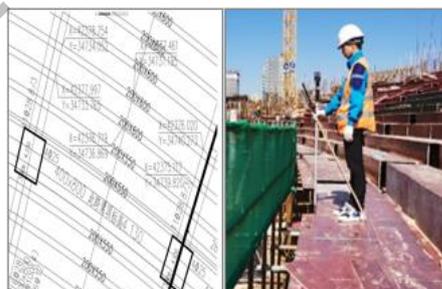


图 3-6 导出坐标+现场测量

(3) 钢混节点优化 BIM 施工应用

本项目中存在钢混节点大约 700 余处，钢筋与钢结构碰撞较多；这给施工生产带来了极大的困难。通过 BIM 技术对每个钢混节点进行模型，将钢结构预埋构件定位进行确定，在对钢筋进行放样，进行优化排布，对钢筋穿钢结构埋件部分进行专项处理。下面以游泳馆型钢节点具体阐述应用。

由于游泳馆上空方案变更，由空心楼板改为钢梁楼板。钢梁与混凝土柱相连，

连接处混凝土柱中预埋十字型钢，水平方向十字型钢与钢梁垂直相连。这给柱子箍筋与柱子纵向钢筋安装造成极大困难。同时，还需考虑节点的安全稳定性等问题。BIM 人员与项目总工联合提出两种方案。方案一：内箍筋穿十字型钢腹板，外箍筋在水平钢梁位置采用 U 型箍筋的方式，进行绑扎；柱纵筋与水平钢梁交界处钢梁下端直接切断主筋，将钢梁上端柱纵筋落钢梁面上。方案二：柱中一个大内箍筋改装成两个小内箍筋，安装时箍筋的一段直接顶到腹板处，其他内箍一样的方式进行处理，柱外箍筋和其他地方采用方案一的方式。上述两种方案分别进行深化，将钢筋进行逐一排布。与设计召开型钢柱深化专题会议，对方案进行评估，最后确定方案二，并在此方案上进行了优化，钢梁与十字型钢连接处，加一道 L 形钢板进行加强，截断处钢筋加套筒并焊接在 L 形钢板上，同时，内箍内侧焊接在腹板上，如图 3-7、3-8 所示。

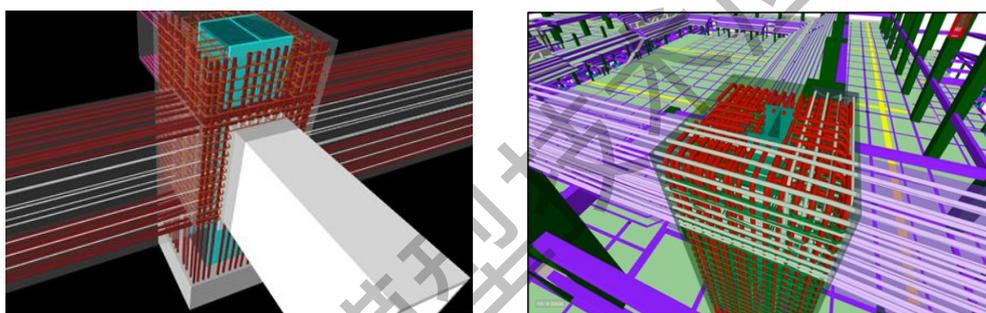


图 3-7 型钢柱节点



图 3-8 斜柱深化方案探讨

3.2 钢结构 BIM 技术应用

(1) 钢结构深化

体育场钢结构承重结构采用空间悬挑桁架结构。如图 3-9、3-10 所示，环向联系采用环向桁架+环向梁。南北跨度 260m，东西跨度 263.4m，罩棚高差约 7m，罩棚最高点离地面约 47.4m。由此可看出钢结构深化工作量比较大。且与机电专

业协调工作量很大。钢结构深化采用 Tekla 进行模型创建与各种钢结构节点进行深化。最终实现管桁网架零部件加工图及平面定位图。同时利用 Navisworks 软件进行与机电专业进行协同，解决各类专业与专业之间的问题，其次通过设计协调解决敲不定的各种协调方案。使其问题可及时得到解决，不耽误工厂加工生产与现场施工预制拼装与进度。

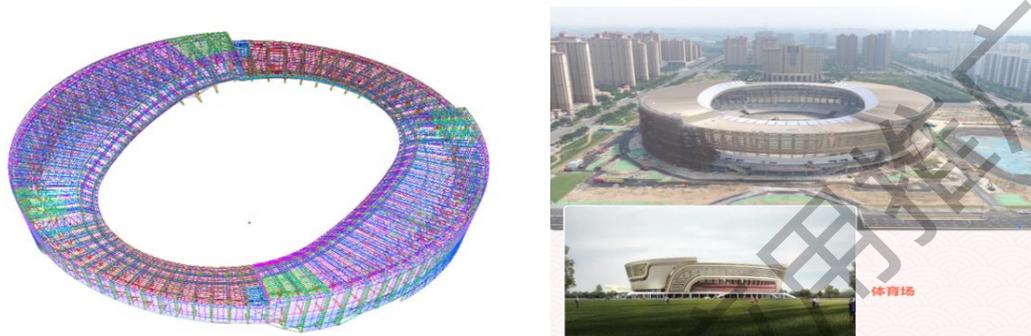


图 3-9 体育场钢结构深化模型与实景图对比



图 3-10 铸铁节点深化与加工

(2) 钢杆件智能加工与拼装

智能杆件加工是宝冶自主研发技术之一，如图 3-11 所示，通过前期深化设计、切割程序生成、智能加工执行等一系列流程操作，在提高杆件生产效率同时，也保证杆件生产质量，降低施工过程中的质量风险。在现场拼装环节，根据前期预制深化模型，验证拼装过程中可能会出现的质量问题，一旦模拟出来存在质量风险及时沟通解决；同时，通过全站仪辅助拼装定位，确保拼装质量。

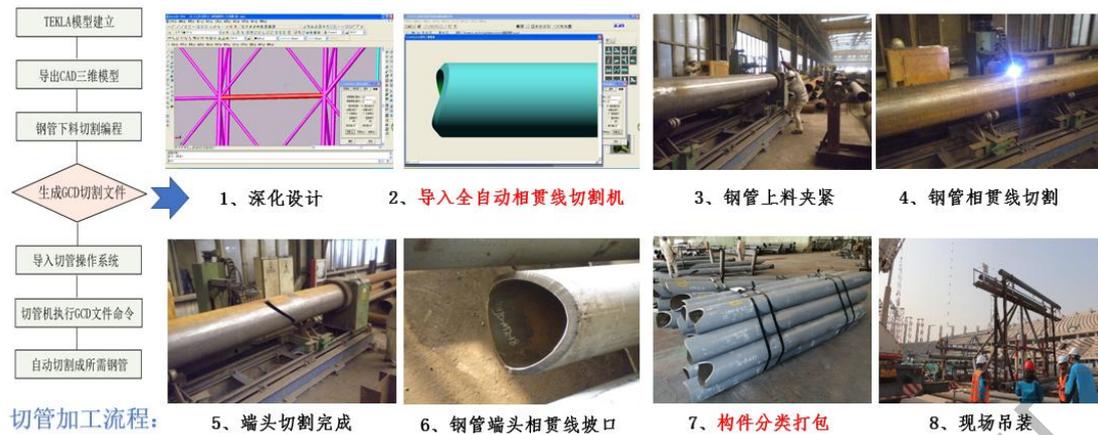


图 3-11 智能杆件无纸化加工流程

(3) 结合 BIM 技术的有限元分析

通过深化模型数据集的转化，与 Midas 软件相结合的方式，进行体育场管桁网架、应力、位移、应变等荷载组合进行可行仿真模拟分析，如图 3-12 所示。相关验证结果为吊装、卸载方案提供数据支撑，针对变化较大区域，制定相应的加固措施。以理论计算为依据，以变形控制为核心，以测量控制为手段，以平稳过渡为目标。

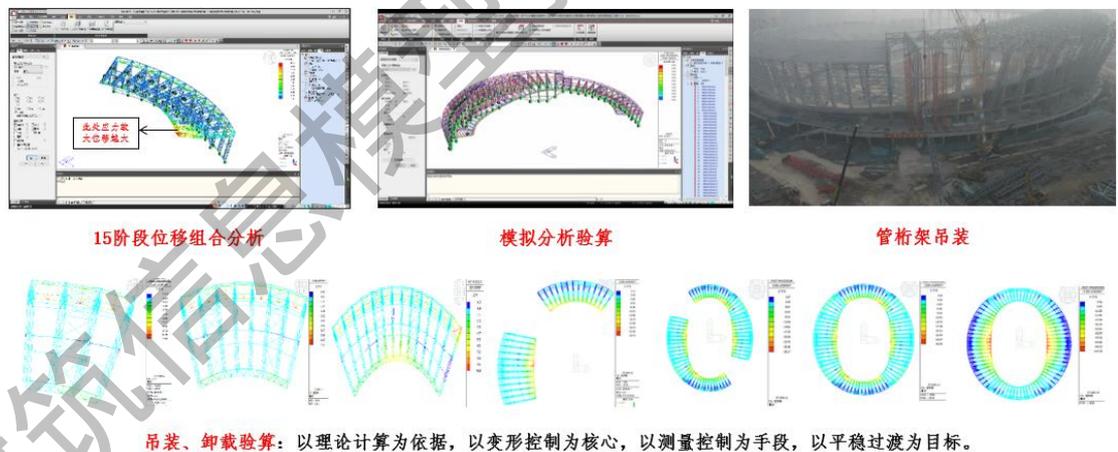


图 3-12 结合 BIM 技术的有限元分析

(4) 5G 智能钢构实验室

携手河南移动，建立 5G 智能钢构实验室，如图 3-13、3-14 所示。结合宝冶钢构智能化生产线，发挥中国移动“网络能力+平台能力+应用能力”三大能力，实现钢结构运营智能化、制造数字化、装备智联化，推广应用数字化技术、系统集成技术、智能化装备，实现少人甚至无人工厂。确定“1+2+N”整体解决方案，

3.3 机电深化 BIM 应用

本项目为鲁班奖项目，机电安装要求高，机房众多，地上吊顶区域管线复杂、系统多样，在满足精装区域机电净高要求尽量提高吊顶高度，机电末端与装修之间配合困难。故此前期机电深化工作是重中之重，在深化过程中解决各类潜在问题的存在。其次是深化出图也是重点。因此实有必要提出一种解决思路及办法，来解决问题。经过 BIM 内部讨论确定了如下的深化流程方法。同时还需考虑深化图的准确性与实用性，于是确定的深化图纸报审流程；来把控深化图纸的质量。现场施工时严格按照深化图纸进行施工验收等，如图 3-17、3-18、3-19 所示。

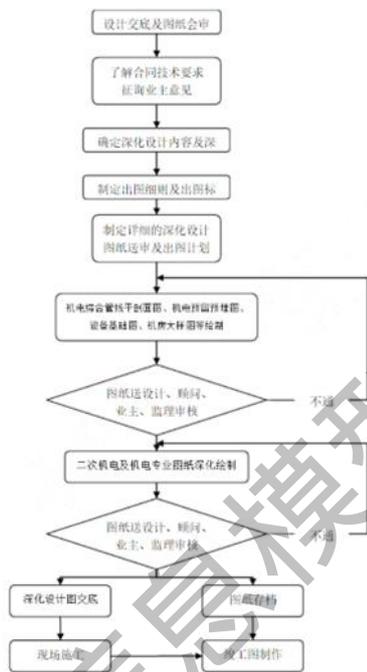


图 3-17 深化设计流程

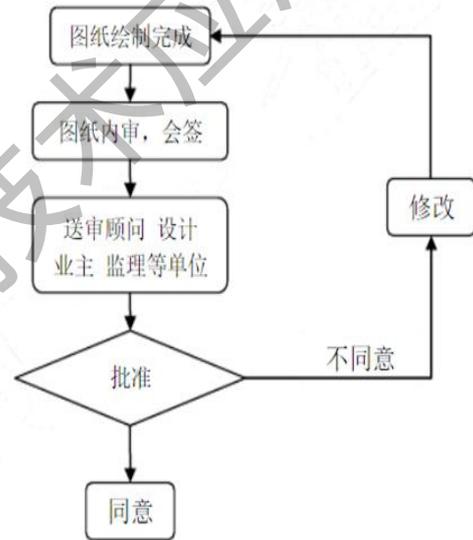


图 3-18 深化报审流程

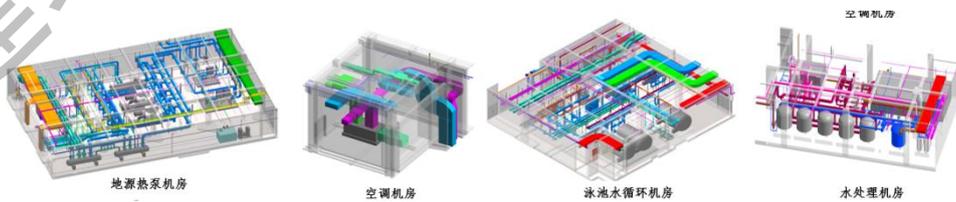


图 3-19 机房模型深化

3.4 幕墙深化

设计图纸 GRC 板只有平立剖图纸，无设计模型。很难实现数控加工生产。如题 3-20、3-21 所示根据设计图案，通过 Rhino 创建图设计图纸的深化模型；形成模块化进行数据打包，导入到数控设备中，进行雕刻。在利用硅胶制成图案模具最后实现批量生产加工。利用 Rhino 创建幕墙表皮，GH 制作幕墙细部程序组，采用 GH 程序分区深化，自动生成构件编号、龙骨、加工图等。实现参数化建模。

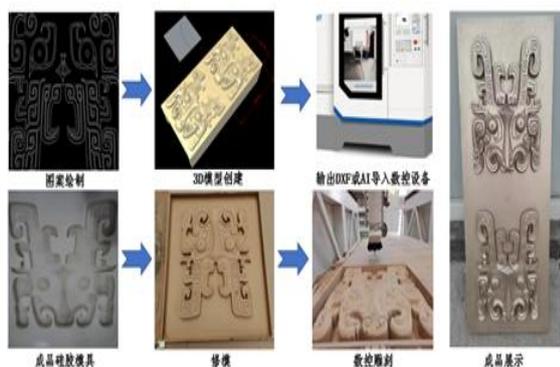


图 3-20 幕墙 GRC 板数控模具加工

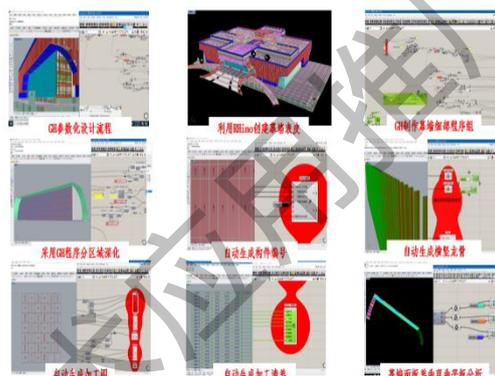


图 3-21 结合 Grasshopper 参数化设计

4. BIM 技术应用效益与测算方法

通过 BIM 技术在本项目综合应用，取得了阶段性的成果，解决各专业图模问题约 900 处，模型深化约 350 个批次，深化模型容量 60GB，深化图纸全专业多达 3000 余张，节约 15%设计成本。通过 BIM 技术模拟优化减少返工，管线节约 3 万 m。通过集团力量的支撑，使其资源得到统筹，同时，通过智慧平台的应用，各种信息可以实现及时性、准确性，辅助项目进行问题决策，促进项目精细化管理起到了决定性作用。其次，制定严格的工作流程，使其工作具有方向性。BIM 技术在项目上也取得了部分科技成果，其中包含专利五项、QC 成果三项、论文 6 篇、软件著作 2 项、中原杯 BIM 大赛一等奖、匠心杯 BIM 大赛一等奖，并获得上海宝冶集团有限公司优秀 QC 成果奖等。

5. BIM 技术应用推广与思考

以 PPP 项目成本管理为例，主要特点为在业务体系中既要兼顾业主计量需

求，又要控制施工成本创造最大经济效益；因此，做好计量与成本综合管理是项目成败的关键因素。安阳文体中心以项目部为总指挥，协调 5 家专业分公司，协调、统筹 BIM 资源，解决现场施工问题，同时创新运用 5G+ 技术，打造国内首条钢结构智能生产示范线，建立 5G 智能钢构实验室实现钢结构智能化、数字化、绿色化生产，赋予钢结构智能建造新活力。大量的 BIM 技术应用点在本项目得到实现，成功总结了一套在大型文化、体育场馆项目中，可推广、可应用的 BIM 技术方法。

尽管 BIM 全生命周期管理在 PPP 项目管理中极具潜力及优势，但是 BIM 技术在我国发展不成熟导致实际工程应用中局限性很大。主要体现在数据积累少、信息共享不及时、软件“水土不服”、主动运用性不强等方面，解决思路为：①不断探索装配式建筑 BIM 设计，推进信息化管理平台稳步提升，从而掌握核心技术，打造示范引领作用；②布局高端人才，注重开拓创新，培养并发挥中坚人才优势，完成攻坚提升；③注重培养基础 BIM 人员，储备人才团队实现可持续发展。

三、临空 12 号地块国际商务花园四期项目

1. 项目概况

长宁临空 12 号地块国际商务花园四期项目(如图 1-1 所示)南临北翟路,北临通协路,西至广顺北路,东至协和路,与天会商务广场隔北翟路相望,总用地面积 86277.2 平方米,总建筑面积 449033.6 平方米,地下建筑面积 192109.9 平方米,地上建筑面积 256923.7 平方米。本项目把运动、科技、智能、互动等理念融入项目的开发与建设与运营,围绕绿色、节能、环保等理念,重点打造人工智能、互联网+生活性服务的总部经济,是集合办公、研发、体育休闲、商业配套为一体的创新空间,是上海市虹桥临空产业经济区的重点开发项目,结合区域位置打造长宁新门户形象,创立科技前沿新阵地。



图 1-1 临空 12 地块鸟瞰图

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用策略

以“工程管理思维”将常规信息化模型集成化、精细化,实现更优、更高效的管控与决策,深挖项目难点与挑战,“对症下药”制定三大 BIM 实施策略,分

类施策、聚焦重点、纵横联合。实现由“人力密集型”向“人机交互型”转变，由“经验判断型”向“数据分析型”转变，由“被动处置型”向“主动发现型”转变。

分类施策：着重过程把控，明确重点范围和深度，依据不同区域不同诉求，全局策划、整体覆盖，实现高效应对，确保项目顺利推进。

◆ **过程把控：明确重点范围和深度**

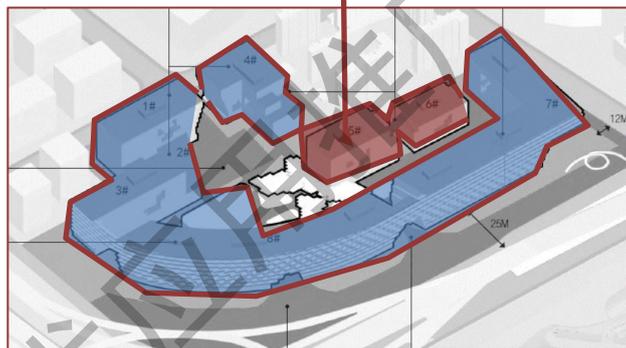
重点范围：1#、2#、3#、4#、7#、8#、9#、B1

重点区域：展示空间、商办大厅、公共空间

◆ **结果论证：全局策划、整体覆盖**

非重点区域：5#、6#、B2、B3

非重点区域：标准化的办公空间

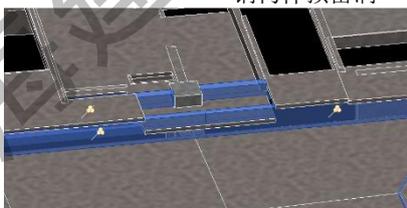


聚焦重点：应对技术难点 BIM 设计过程

把控聚焦一致性管控、深化前置、多维度因素决策三大要素，保证设计品质。

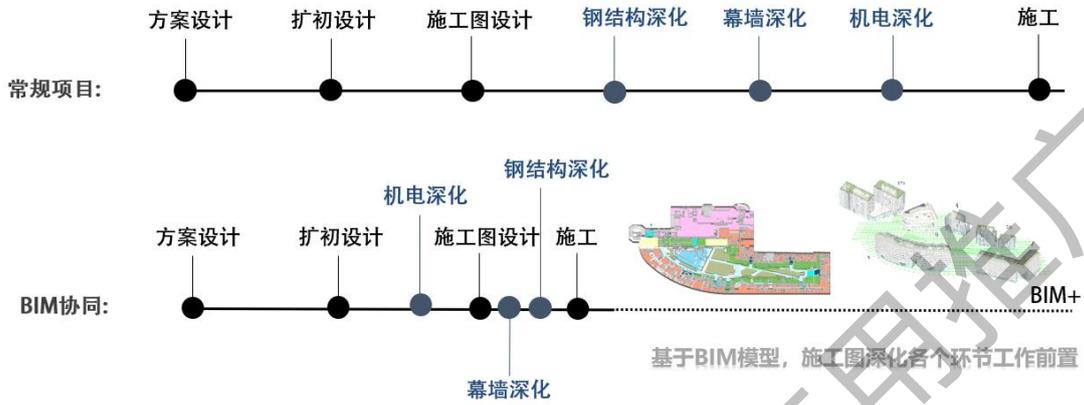
一致性管控：
全要素的一致性，保证设计品质

水平构件一致性	预留洞口	竖向构件核查	门窗开启性	楼梯坡道一致性
降板	大于等于 300 的	轴网	门与结构构件碰撞	建筑结构梯井的一致性
管沟	水管洞	结构柱	门与机电管线碰撞	梯段深度及平台厚度是否与
反梁	地下室外墙留洞	剪力墙	门开启范围内碰撞	结构详图一致
楼板边界	人防墙体留洞	竖井	建筑平立面一致性	建筑人防楼梯详图的一致性
	钢构件预留洞	集水井	(门、窗、百叶)	防火墙体在详图剖面 and 详图
		变形缝	建筑图和幕墙图的一致性	平面定位范围一致性
		女儿墙		建筑的平面需与 BIM 的详图一致性



深化前置：

景观、幕墙、机电施工深画前置



多维度因素决策：

净高品质、方案优化、运维策划

空间品质管理

建筑	空间边界	
结构	空间基础高度	
水	管线路由和尺寸	
暖通	管线路由和尺寸	相互叠加
强电	管线路由和尺寸	相互交叉
弱电	管线路由和尺寸	
室内	净高要求	

综合考虑、推动业主决策

方案优化、运维策划

- 多专业冲突协调管理
- 满足规范要求
- 提高空间利用率
- 施工安装便利性
- 提高节能效率
- 后期运维

2.2 组织建设

2.2.1 组织架构

BIM 管理组织采用全生命周期 BIM 总协调方主导实施的模式，如图 2-1 所示。BIM 总协调方由华建集团上海建筑设计研究院承担，施工阶段 BIM 总协调由上海建工承担，在项目全过程中 BIM 总协调统筹 BIM 的管理，制定统一的 BIM 实施及技术标准，编制各阶段 BIM 应用计划，组织协调设计单位、施工单位、监理单位以及承包商等参与方实施，审核汇总与组织验收设计阶段参与方以及施工 BIM 总包提交的 BIM 成果，对项目的 BIM 工作进行整体组织、规划、监督、管理与指导。

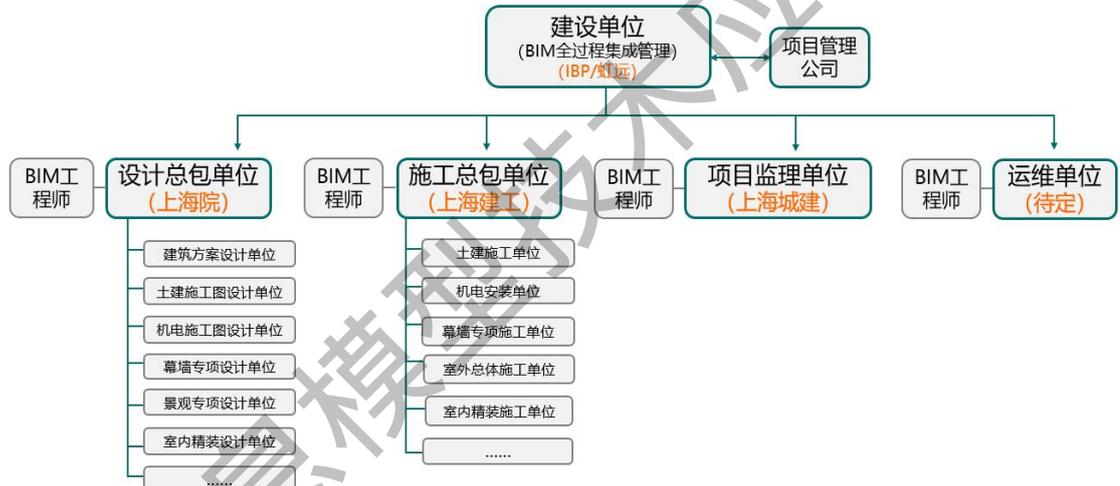


图 2-1 BIM 管理组织

2.2.2 BIM 管理体系总体思路

在 BIM 总协调管理模式下，BIM 总协调方实施工作涉及策划阶段、设计阶段、施工阶段、运营维护阶段，并由各个参与方协同完成。项目 BIM 实施总体流程如图 2-2 所示。

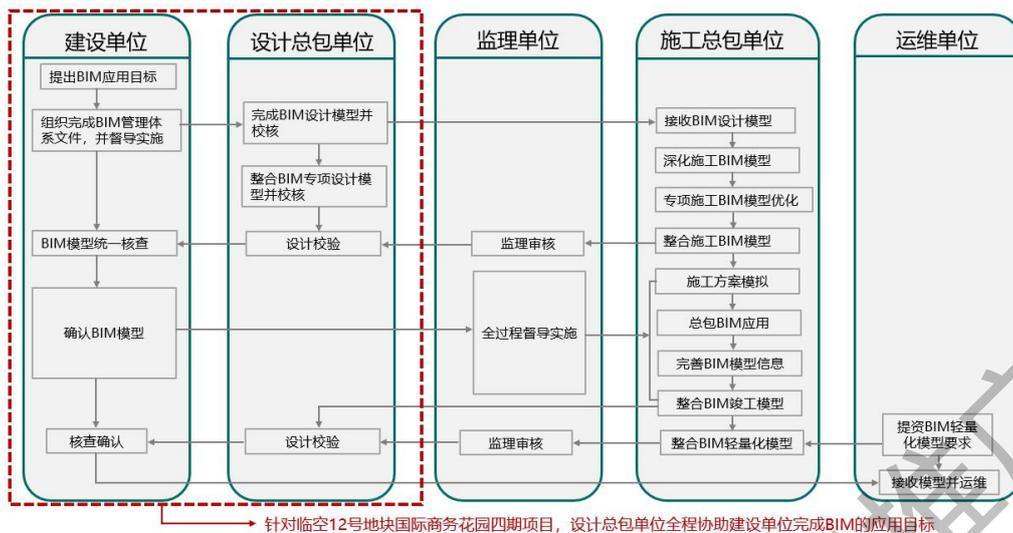


图 2-2 项目 BIM 管理流程图

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 设计阶段

3.1.1 基于 BIM 的原创意设计

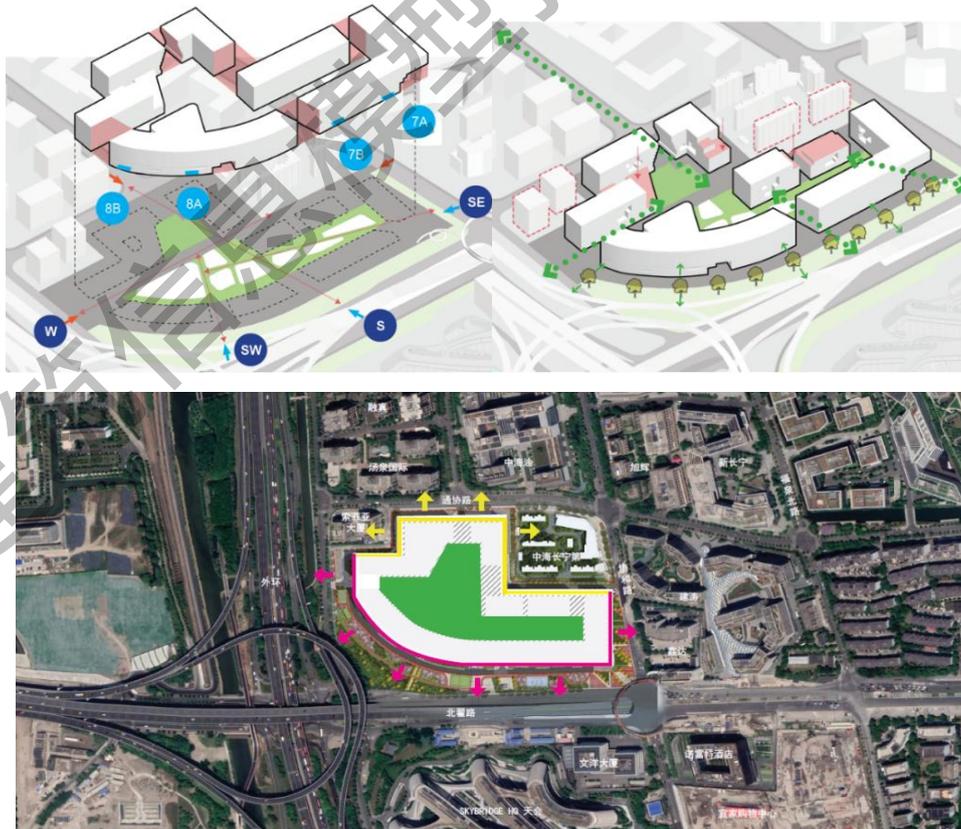


图 3-1 基于 BIM 的原创意设计

本项目在设计伊始就带有浓重的城市设计因素，伴随着设计进程的推进，这一因素也始终发挥着重要影响。基于此，BIM 应用在项目的初期就围绕分析这些关系展开。如图 3-1 所示，在确定使用“围合式”的总体布局之后，建筑体量的切削就受到面积、视线、日照、间距等这些指标的限制。数量繁杂的指标之间互相关联，如何快速平衡这些指标，达到综合效益最优解，是方案设计初期引入 BIM 技术的最大优势。

3.1.2 参数化设计

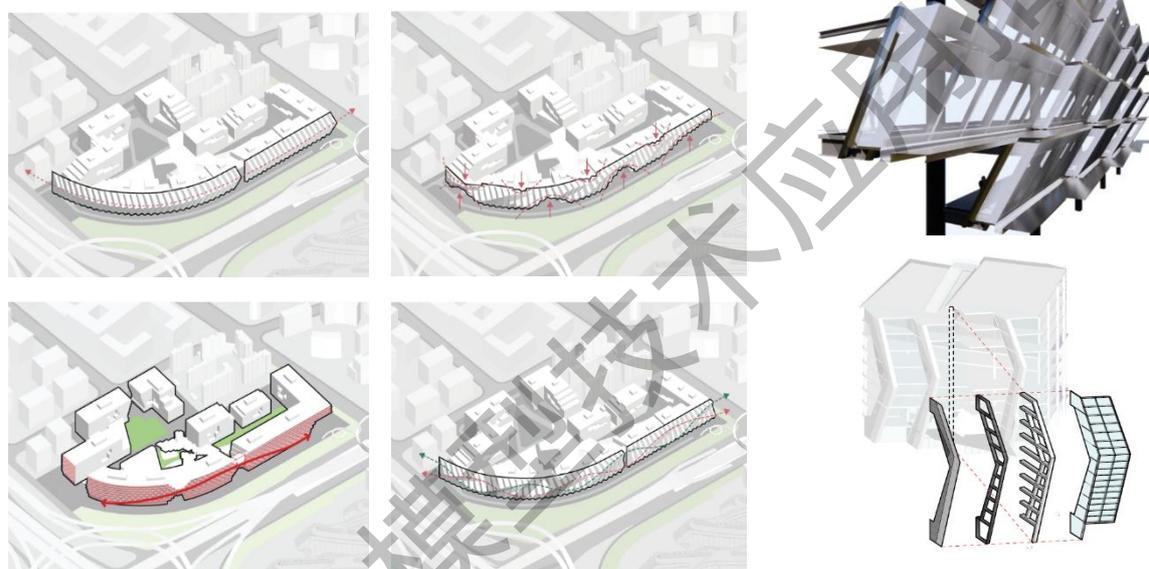


图 3-2 参数化幕墙设计

对于临高架一侧的立面处理，则是方案外观设计的重点、难点，利用参数化技术手段，采用犀牛+Grasshopper 精准造型定位，在前期尝试多种不同风格与韵律感的立面方案进行对比，如图 3-2 所示。充分利用 BIM 参数化和可视化的技术优势，在方案前期的形体推敲中起到重要的辅助作用。更进一步，在前期利用 BIM 三维模型对立面进行细部构造对比，与结构和幕墙专业在方案的初期即进行了深度的可行性探讨，对于最终方案的选定和整体推进起到重要作用。

3.1.3 BIM 节能设计

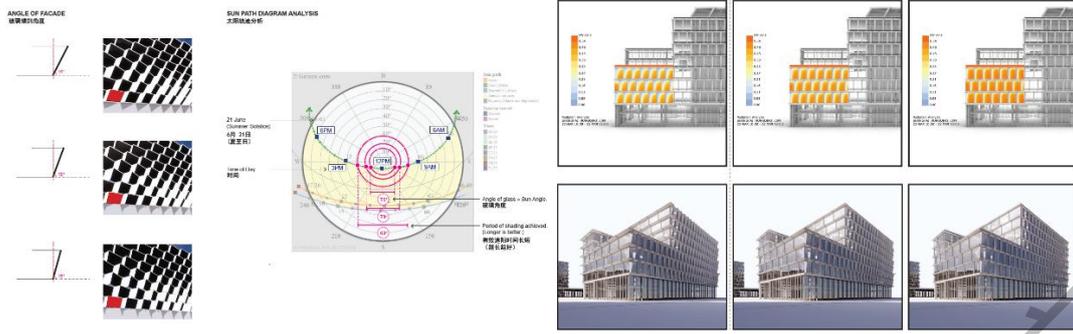


图 3-3 基于 BIM 的节能设计

方案选型确认后的优化设计工作，BIM 技术也发挥了重要作用——模拟主立面上不同倾角的遮阳效果，使得方案设计更加合理，如图 3-3 所示。分析模拟不同尺寸遮阳构件的遮阳效果和立面效果。在立面效果、遮阳效果、造价之间取得一个多方平衡的结果。

3.1.4 BIM 工程量测算

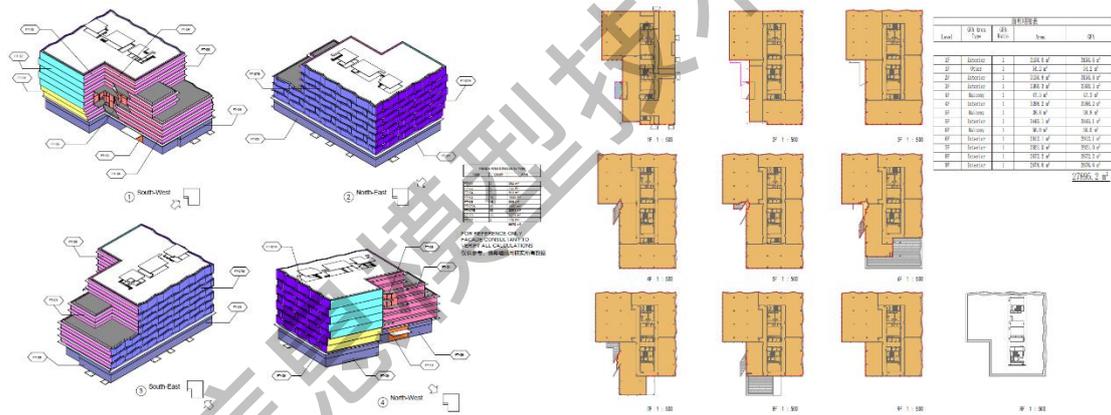


图 3-4 基于 BIM 的工程量测算

如图 3-4 所示，对不同立面类型的精确算量统计，也是 BIM 技术在方案阶段的重要应用，可以辅助业主方快速进行成本测控，对于推动方案前期的决策具有重要意义。

3.1.5 基于 BIM 的全过程伴随设计

本项目在设计阶段 BIM 的实施模式有两种，如图 3-5 所示。方案、扩初阶段采用“伴随设计 BIM 实施模式”，在不影响设计流程的情况下，将 BIM 构件要素搭建与设计节点紧密结合，逐步跟随图纸迭代，聚焦把控设计、施工角度可建造性论证。施工图阶段采用“伴随设计过程的 BIM 正向实施模式”，通过 BIM 模型

协调、解决各类问题后，由模型直接输出立面、幕墙平面、墙身等图纸，保证设计品质精准落地。

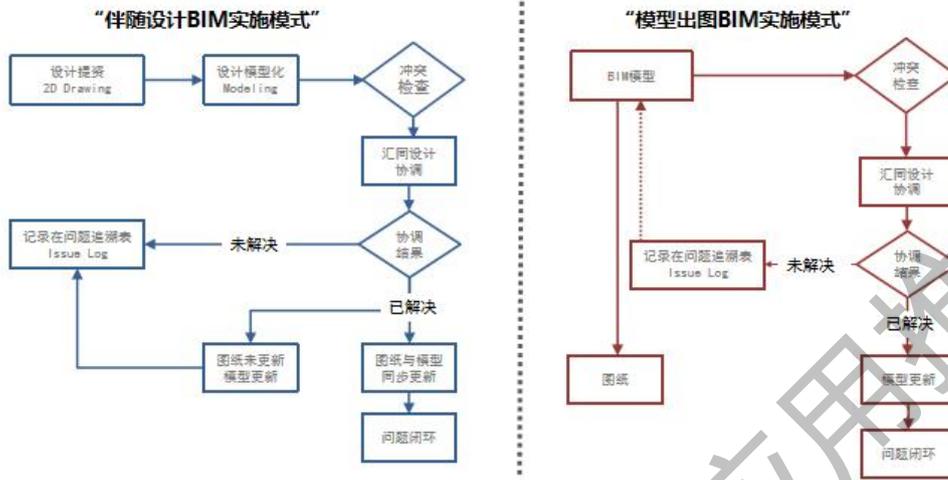
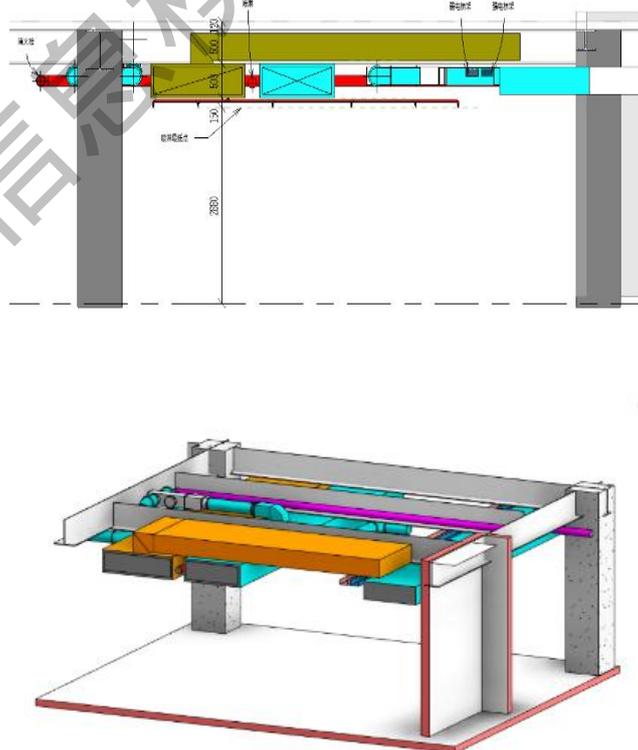


图 3-5 基于 BIM 的全过程伴随式正向设计

3.1.6 方案阶段机电 BIM 正向设计

作为一个大型办公建筑，办公区域的净高感受尤为重要。因此本项目在方案阶段，在业主主导设计全专业支持下，运用 BIM 模型进行机电管线预排布，确定机电管线路由基本设计原则，最大限度优化层高利用率，如图 3-6 所示。



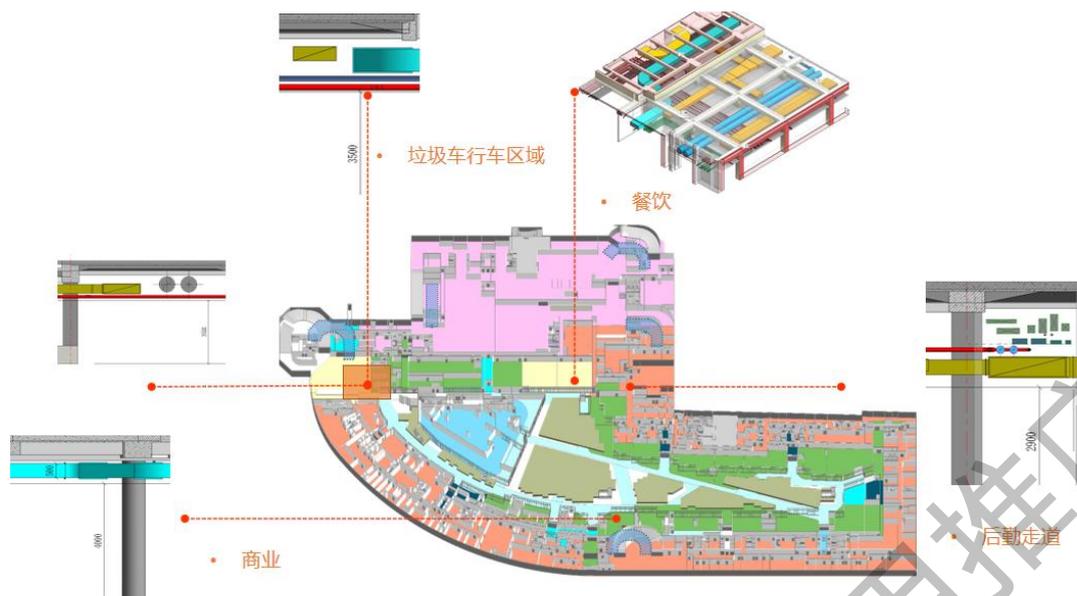


图 3-6 方案阶段机电 BIM 正向设计

3.1.7 基于 BIM 的幕墙专项设计

本工程空间异形折面的“菠萝面”幕墙构体体系复杂，如图 3-7 所示，与主体结构配合至关重要，在幕墙设计阶段，对建筑 BIM 模型调整加工，生成幕墙模型，并基于幕墙 BIM 模型，对幕墙单元板块支撑结构体系，面板固定方式、整体立面分格等进行优化，不断调整改进，推进幕墙进入深化设计阶段。并通过最终确定的体系，建立 BIM 模型，输出图纸。

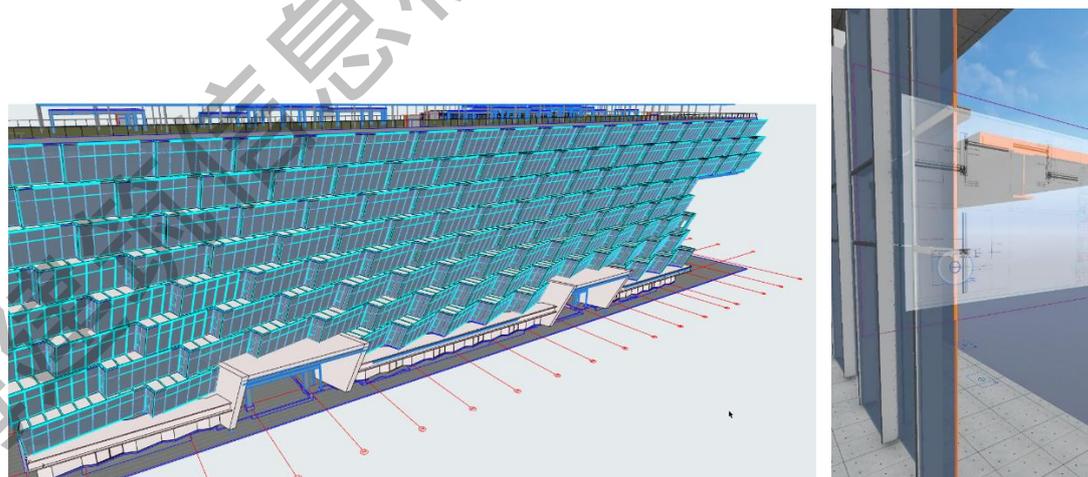


图 3-7 基于 BIM 的幕墙专项设计

更进一步，通过 BIM 模型分析优化幕墙单元板块支撑结构体系，优化分析幕墙单元，如图 3-8 所示。通过幕墙 BIM 生成幕墙龙骨，与主体结构进行碰撞检

测，优化幕墙龙骨布置方案。幕墙通过 BIM 技术的应用，设计更加科学合理，工程成本得到进一步降低。同时通过正向设计，保障图纸的准确性。

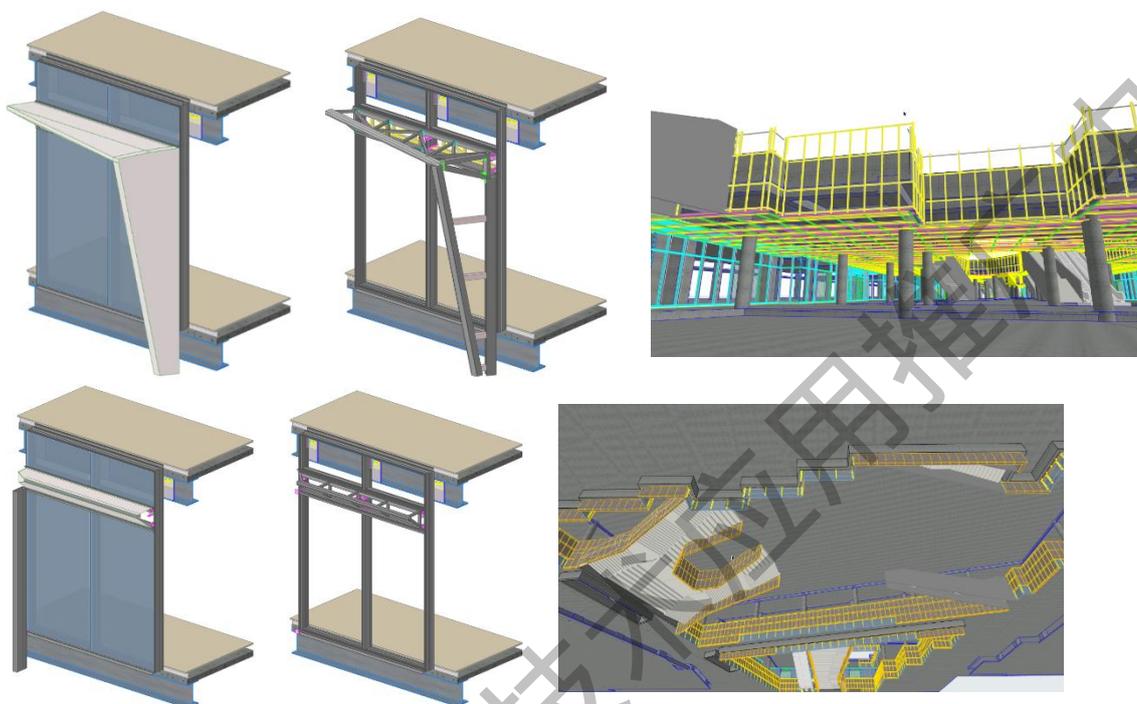


图 3-8 基于 BIM 的幕墙细节设计

3.2 施工阶段

3.2.1 施工深化设计

如图 3-9、3-10、3-11 所示，在施工图设计模型基础上，对各专业模型进行深化，提升深化设计准确性，满足指导施工作业的需求。

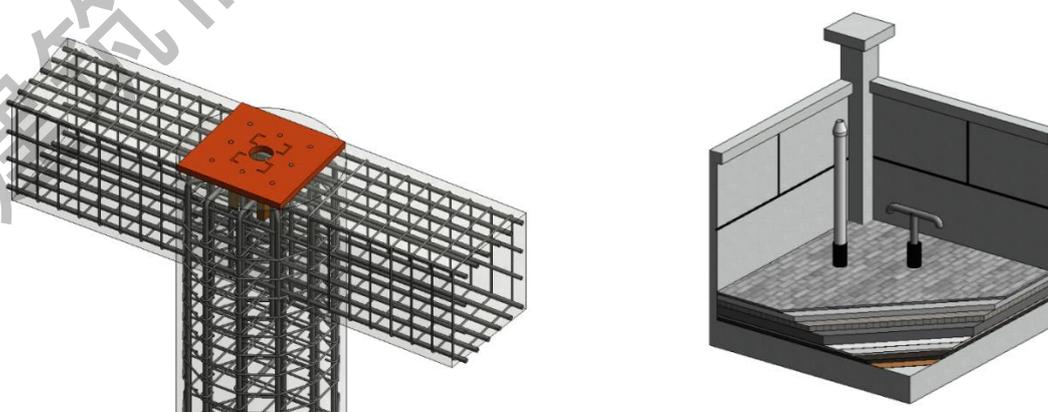


图 3-9 土建专业深化设计

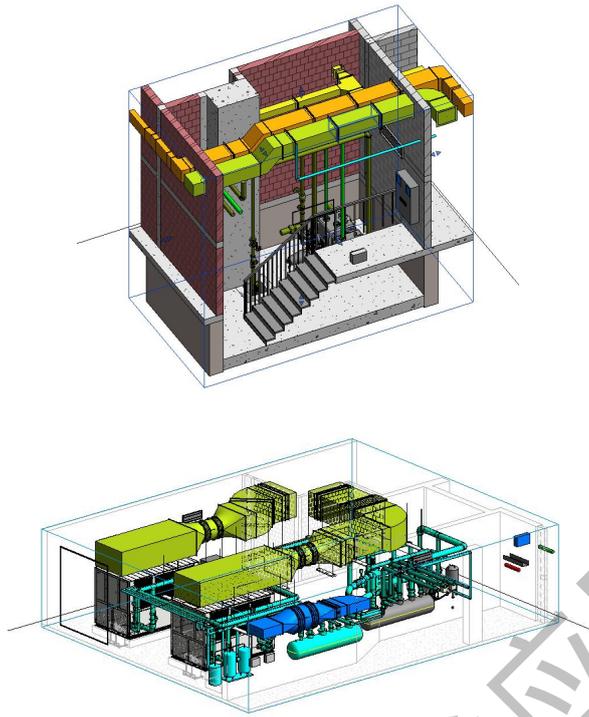


图 3-10 机电专业深化设计

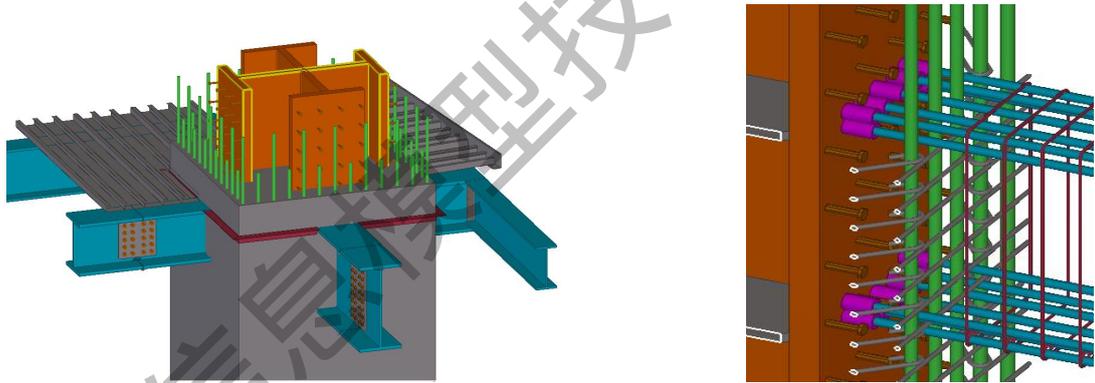


图 3-11 钢结构专业深化设计

3.2.2 施工场地规划

对施工各阶段的场地地形、既有建筑设施、周边环境、施工区域、临时道路、临时设施、加工区域、材料堆场、临水临电、施工机械、安全文明施工设施等进行规划布置和分析优化，以实现场地布置科学合理，如图 3-12 所示。

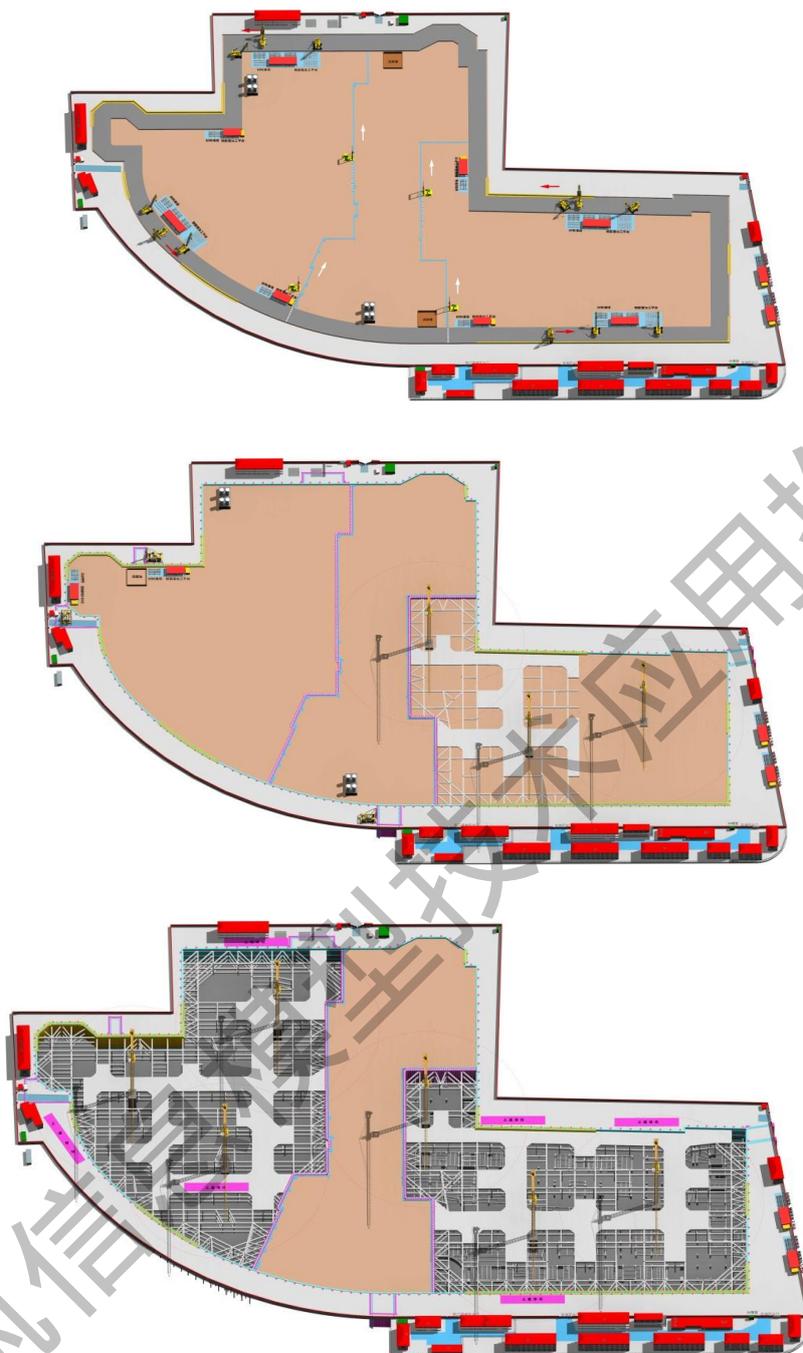


图 3-12 施工场地规划

3.2.3 施工进度推演

根据施工现场项目进度计划对整个项目的施工进度进行模拟，将实际施工中不同格式的进度数据与模型之间快速形成关联关系，将进度与材料、人员、机械等相关信息结合，按照施工顺序和流程模拟施工过程，实现对工程施工过程的可视化和信息化管理，如图 3-13 所示。

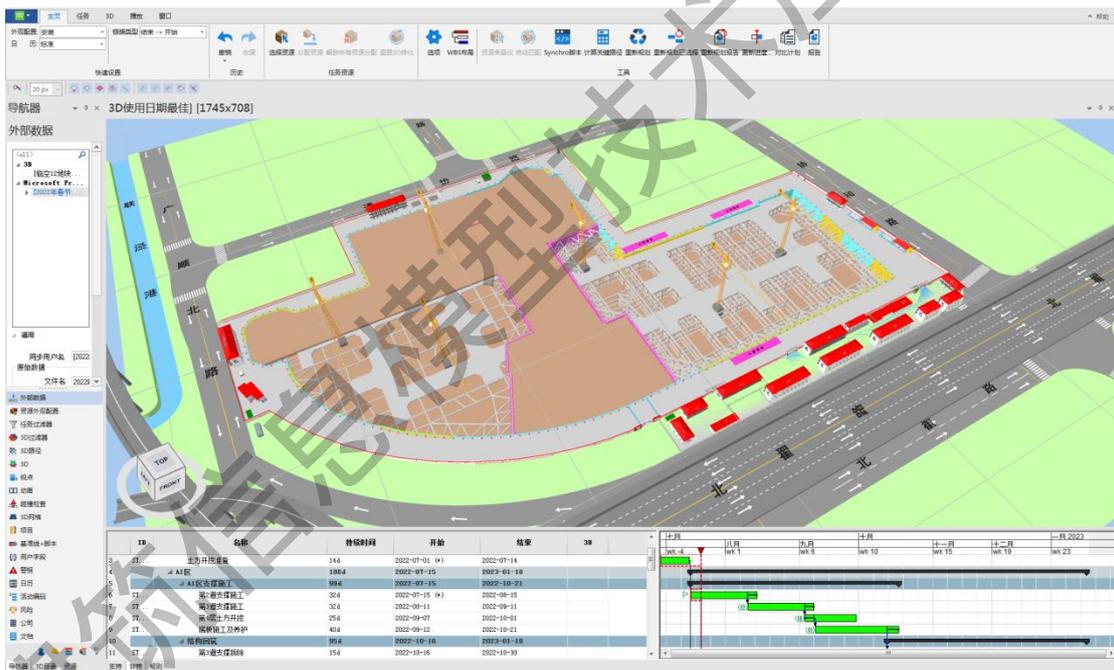


图 3-13 施工进度推演

3.3 运维阶段策划

随着城市经济的发展，高楼大厦越来越多，传统的出租管理、物业管理模式以及基础设施维护等工作都会由于管理工程量的增加而导致管理不到位。目前移动高层建筑的管理工程量是非常大的，首先是楼层的出租管理，办公面积、租户

信息、整体的出租率。其次是楼栋的基础设施管理，比如空调、照明、电路、排水、电梯、监控等。因此，搭建指挥建筑管控平台就显得尤为重要。

为了解决管理问题，本项目策划重点打造一个园区能耗智慧管控管理平台，接轨数字园区，依托数字孪生技术，在虚拟空间中完成映射，从而反应相对应实体产品的全生命周期过程。以 BIM 为载体，将更多的建筑信息关联在一起，通过数据分析、性能分析、模拟分析发挥智慧建筑“以人为中心、为人服务”的最大价值

4. BIM 技术应用效益与测算方法

4.1 方案设计阶段效益评估

利用 BIM 技术进行方案前期的设计与绘图工作，不可避免的会造成相对于传统设计方式的工作量增加，但是作为回报收益评价，这部分工作量的增加显然也是得到了超额的回馈。

方案阶段以方案选型和优化为主，传统方案设计流程，前期的主要设计精力集中在造型方面。对方案选型有重要影响力的面积指标和造价控制往往不能得到准确的对应关系，而这两点恰恰是导致后期反复修改方案的重要因素。利用 BIM 技术进行辅助方案设计，可以将这些影响因素准确的在方案前期进行反馈，也为一些后期才可以介入的专项设计单位，在前期配合方案设计时有据可依。综合这些因素，本项目在方案阶段即完成了选型、指标和造价的统一控制，后续各专业的介入和工作变得水到渠成，避免了后期出现重大方案调整。对整个设计阶段起到了正向的推动作用。

4.2 施工图设计阶段效益评估

在设计阶段，业主支持 BIM 正向设计模式，设计周期长达两年，目的就是让 BIM 扎实地做设计，不受紧张的设计周期约束，让既定的策划方案一一落地。以业主为主导的临空 12 号项目，将 BIM 技术充分应用于项目的全生命周期，虽然项目还未建成，但通过设计阶段的实施、前期工作的缜密铺垫，可以预见，项目建成后的 BIM 效益非常可观。

如表 4-1 所示，目前通过 BIM 技术优化设计图纸，共发现问题 803 处，预计节省 481.8 万元，经济效益非常可观。

表 4-1 经济效益评估

施工图设计阶段 建筑结构问题	发现问题 数量	经济效益	主要经济指标
初步设计阶段复核解决设计问题	103	61.8 万元	
施工图设计阶段建筑结构问题	336	201.6 万元	平均每一个碰撞点增加设计变更费用 6000 元测算
施工图设计阶段地上管综问题	107	64.2 万元	
施工图设计阶段地下管综问题	257	154.2 万元	
总计	803	481.8 万元	

4.3 施工阶段的效益评估

区别于传统基于二维图纸的施工，BIM 技术应用使得设计参数和相关施工信息无须反复记录，避免数据冗杂、歧义和错误；三维可视化环境使得碰撞检测、技术交底、问题讨论、决策制定等更加清晰、直观、准确；4D 虚拟建造使得进度问题在施工之前得以发现并解决，有效减少现场返工、降低施工成本、增加施工效率、节约施工工期。

5. BIM 技术应用推广与思考

5.1 以业主为主导的 BIM 全过程咨询机制

近年来，随着工程建设行业信息化水平的不断升级，BIM 技术的应用也不断深化，越来越多的工程信息技术与 BIM 相融合，创造出新的应用价值。本项目中，BIM 通过与工程项目协同管理平台相结合，形成以 BIM 为核心的项目协同管理模式，可对工程项目全流程进行整合优化，实现投资、设计、施工、运维等项目全生命周期的精细化管理，大大提升了工程项目的管理能效，在工期和成本管

控上显现出巨大优势。伴随着这种价值的显现，BIM 技术应用的主导力量从设计、施工、总包方，前移到开发方。因为有明确的市场目标和价值预期，本项目业主不仅主动要求自主开发的项目要应用 BIM，而且对 BIM 应用的要求越来越明确、深入，将 BIM 技术应用于投资决策中，单个工程项目管理也升级到对项目群的集成管理，旨在为工程大数据的积累和应用创造条件。

以业主方为主导、BIM 为核心的协同管理，在本项目中不仅调动各方积极协同推进项目进程，更做到将 BIM 的应用价值最大化。这对 BIM 咨询方也提出了更高的要求，要求其不仅能利用 BIM 在项目层面解决项目问题，更要主动积累经验，结合企业及 BIM 的应用现状与需求，共同探索企业级 BIM 应用，实现项目协同管理体制与 BIM 管理流程的有机结合。

5.2 标准先行

BIM 标准的应用重点主要有以下三个方面：一是信息共享能力，即 BIM 技术标准的核心；二是协同工作能力，即 BIM 技术标准的应用过程；三是专业任务能力，即 BIM 技术标准的目标。

使用 BIM 技术的目标是通过 BIM 技术提升管理效益、降低成本。BIM 标准的制定使建筑产品信息模型的建立、流转与应用更加标准化与规范化，可以有效促进 BIM 技术的发展与应用。

5.3 全阶段全专业贯彻性的 BIM 应用

全阶段全专业贯彻性的 BIM 应用是推进 BIM 技术落地、规范应用、快速推广的重要手段，通过全阶段全专业贯彻性的 BIM 成功应用可以实现建筑全生命周期各参与方在统一多维建筑信息模型基础上的数据共享，本项目 BIM 实施采用了“一套标准原则”+“一套流程管控追溯”方式，以“聚焦、适度、兼容、追溯”的原则推动以 BIM 为抓手的工程设计建造落地模式。“纵向聚焦”全过程各个阶段 BIM 应用重点，“横向联合”全参与方，包括：设计总包、外方、专项分包、施工总包、施工分包及信息化拓展（绿建能耗、智能化）等，此模式不仅能够加快建筑产业链的贯通，对促进企业 BIM 技术进步也有很大作用。

四、上海市疾病预防控制中心新建工程项目

1. 项目概况

本项目位于上海市虹桥商务区主功能区北部，III-A01-08 地块内，位于虹桥商务区主功能区北部，东至申虹路、南至天山西路、西至北横沥港、北至北翟公路，如图 1-1 所示。

总用地面积 34153 m²，总建筑面积 117420 m²，其中地上建筑面积 80000 m²，由三幢主要建筑及零星单体组成，园区自南向北依次为综合楼，微生物实验楼，理化实验楼，辅助用房及门卫。地下建筑面积 37420 m²，主要为生物样本库，菌种库，应急设备库，设备机房及地下车库（其中新建市民防办地下公用民防设施建筑面积为 20000 m²，建设主体为上海市民防办公室）。



图 1-1 三维效果图

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用策略

针对本项目痛点难点，分析 BIM 应用的原因，制定 BIM 应用实施策划方案。

● 本项目重难点

（一）设计图纸错漏碰缺

传统设计图纸，由于基于二维平面制图，难免会出现缺项，碰撞、表达错误等情况导致施工性不足。

（二）设计图纸审查难，周期长

施工图设计完成后，各个专业之间需要通过专业经验进行大量审核工作，设计问题难以排查。

（三）设计图纸深化复杂

高支模、大体积混凝土、钢结构、深基坑、装修、幕墙、机电工程等工序多、专业多、做法多。

（四）安装系统复杂

机电专业多、管线多、设备多，同时与建筑、结构、装修等联系紧密。安装空间有限，图纸深化难度极大。

（五）设计专业多协同困难，图纸版本多

设计阶段各个专业之间无法进行专业全面协同，所以导致图纸出现碰撞，专业打架的情况；各单位、工种交叉作业多，存在大量的内外协调问题。

● BIM 技术应用原因

（一）BIM 可视化

三维 BIM 模型可视化，更全面直观发现全专业图纸中各项错漏碰缺，防止设计错误传递至施工阶段，避免施工返工，节约成本。

（二）BIM 辅助设计审查专业碰撞

通过创建三维模型可视化的优势，审查设计图纸规范及专业之间碰撞，大大提高了设计质量及节约了周期。

（三）三维可视化交底

通过 BIM 技术辅助施工，对项目进行三维模拟，制作可视化交底的图纸和视频。

(四) BIM 深化设计，出图

通过 BIM 进行专业深化，更加保证图纸的施工性，深化后可直接进行施工，节省时间，方便后续各个专业协调施工。

(五) 可视化项目协同平台应用，客户端开发

设计图纸管理，沟通协作可通过基于 BIM 的可视化项目协同平台进行，一方面提升了设计项目管理的质量，沟通效率，一方面加强了项目各个参与方的协同工作效率。

2.2 组织建设

2.2.1 组织架构

组织架构如图 2-1、2-2 所示。

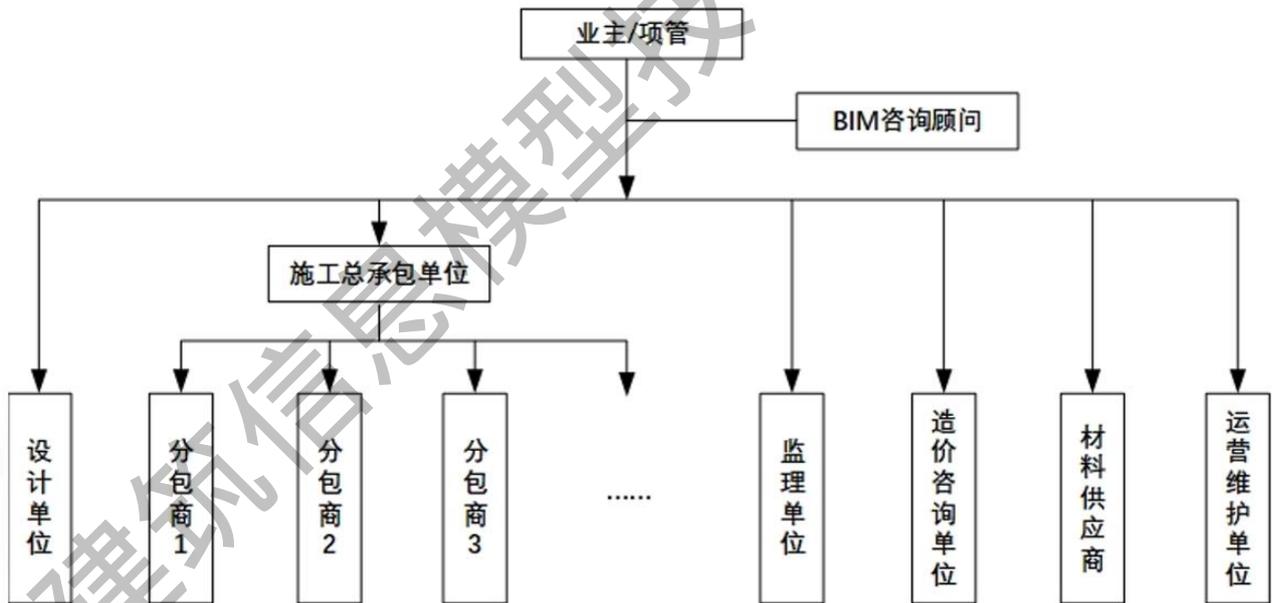


图 2-1 各参与方组织架构

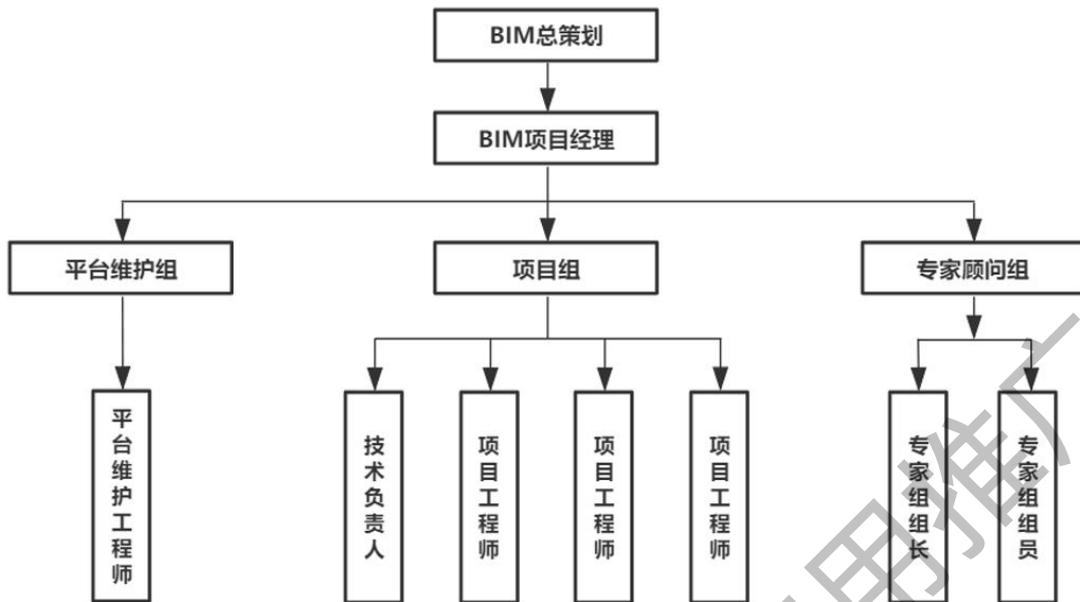


图 2-2 BIM 咨询顾问团队组织架构

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（2015 版）》《建筑信息模型设计交付标准》《建筑工程设计信息模型制图标准》《BIM 实施应用手册》编制《上海市疾病预防控制中心新建工程 BIM 实施导则》，执行 BIM 实施的各项计划及内容，如图 2-3 所示。



图 2-3 BIM 应用实施标准

基于 BIM 例会制度，规范项目 BIM 技术应用落实深度，同时建立了健全沟

通协调机制，有助于 BIM 技术协同各个参与方更好的参与并执行工作，解决项目建设中的专业协同问题，如图 2-4 所示。

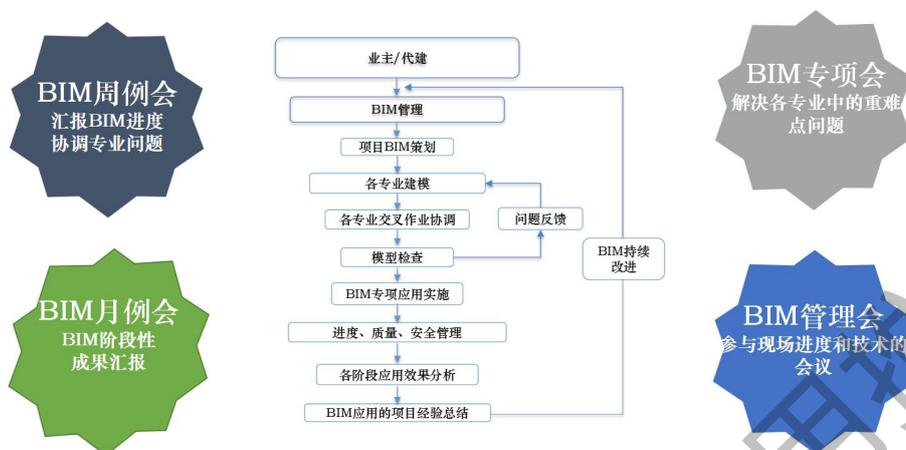


图 2-4 BIM 流程图

2.2.3 BIM 应用环境

如图 2-5 所示。根据 BIM 技术实施应用项，选择合适模型工具、可视化展示工具，协同平台等。

应用类

Revit, Tekla, Sketchup, Rhino

视觉类

去土云, CAD, Navisworks, Fuzor

CINEMA 4D, Photoshop, Premiere Pro

软件功能	
软件名称	用途
Revit	建立、修改模型
Sketchup	建模、渲染
Rhino	幕墙建模
Tekla	钢结构建模
去土云	BIM管理平台
CAD	二维图纸的查看
Navisworks	施工模拟，碰撞检测
Fuzor	人机互动、虚拟漫游、移动端模型查看
CINEMA 4D、PS、PR	模型效果渲染及动画制作

台式电脑 (7台)

处理器：英特尔 i7 11700；内存：16GB；硬盘：512G 固态硬盘+1TB 机械硬盘；显卡：独立显卡 6GB；台式电脑共计配置7台

笔记本 (3台)

处理器：AMD R9 5900H；内存：16GB；硬盘：512G 固态硬盘；显卡：2060 6GB；笔记本共计配置3台

平板电脑 (1台)

iPad pro 2020
1台

图 2-5 BIM 应用软硬件配置

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 设计阶段

支撑绿色建筑设计理念、强化协同设计工作模式、尽量减少因“错、漏、碰、缺”等问题而导致的设计变更，提升设计效率及设计质量，如图 3-1 所示。

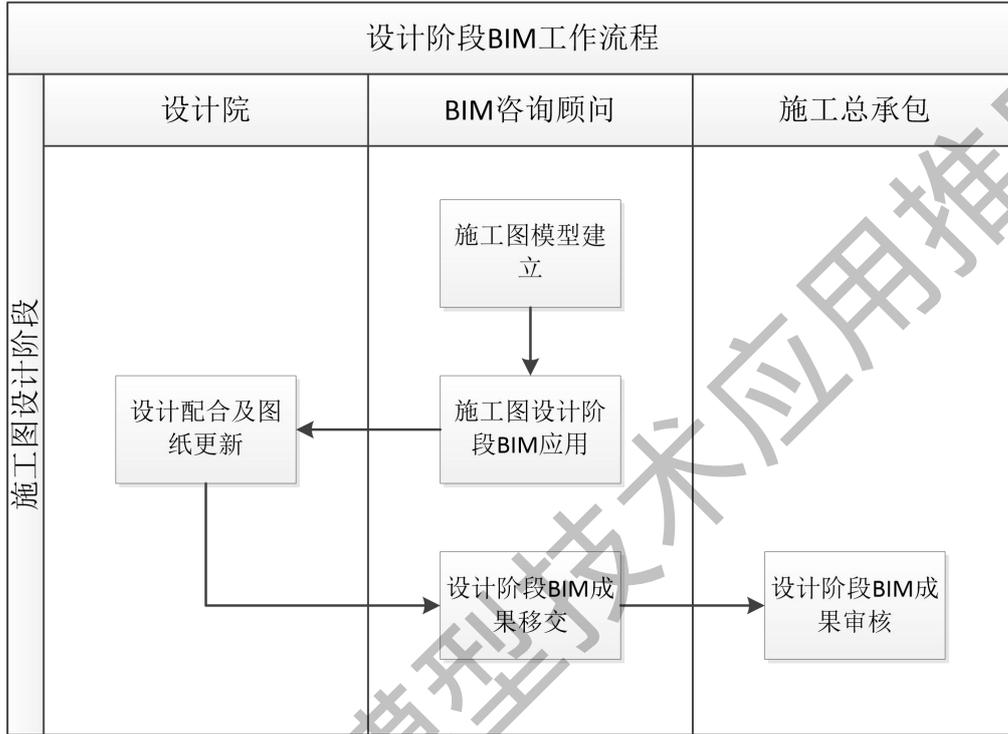


图 3-1 设计阶段 BIM 工作流程

3.1.1 全专业三维模型构建

如图 3-2 所示，根据图纸创建三维 BIM 模型，使设计图纸三维可视化，能够直观看到图纸专业之间的位置关系及效果等。

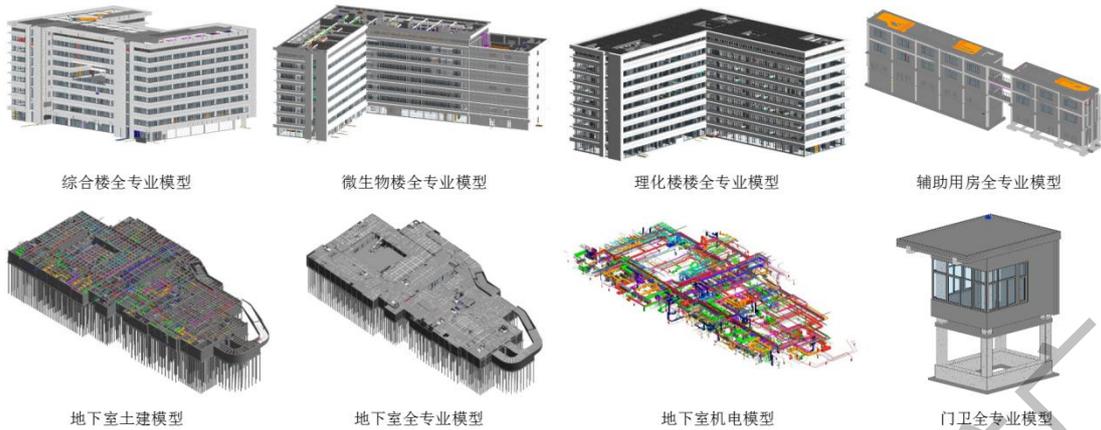


图 3-2 全专业 BIM 模型

3.1.2 设计图纸内容审查

在审图和模型过程中，将发现问题记录生成图纸问题报告，提交给设计院。根据设计院反馈、图纸修改进行复核，直到问题报告完全闭合，如图 3-3 所示。提升图纸设计质量，辅助优化设计。

土建问题报告

问题编号	结构 B01-008	问题状态	未解决
问题位置	地下室 轴 AH/A2	涉及专业	结构
问题描述	此处剪力墙构造人防平面图与详图不符，如果按照人防详图施工，剪力墙会和洞位置套到 T25、T40 楼板上		
问题编号	B2 人防平面图	问题状态	已解决
问题位置	建筑 B01-001	涉及专业	建筑、结构
问题描述	人防平面图 B12 夹层标高与剖面图不符，现模型按平面图建		
问题描述	人防建筑详图 H10-10 剖面	人防建筑详图 B12 剖面与详图	
问题描述			
建议解决方案:	B12/B12/B12 标高 1000 改为 800，B12/B12 标高 4.000 改为 3.800，地下室标高 3300 平面标高改为 3176-4.700 改为 3.800		
问题描述:	例：B1F 建筑图纸，B12/BE 轴位置夹层标高，平面图与剖面图不符。		

机电问题报告

问题编号	暖通 B01-002	问题状态	已解决
问题位置	ANS10	涉及专业	暖通
问题描述	此处两个排风管排烟支管尺寸标注为 1000*400，但图例尺寸为 800*400，请设计确认。		
问题编号	B1F 给排水	问题状态	已解决
问题位置	B3/BC 轴位置	涉及专业	暖通
问题描述	此知管编号与图例单元应为 CSHLD-1。		
问题描述		BIM 模型	
建议解决方案:	暖通图例单元，应为 CSHLD-1，剖面中调整		
问题描述:	例：B1F 给排水图，B3/BC 轴位置管道系统标记为 CSHLD-2，通过对此系统分析，该根管道系统应为 CSHLD-1。		

图 3-3 图纸问题分析报告

3.1.3 碰撞检测分析

建模完成后，运行同专业、各专业之间的碰撞检测，记录整理生成碰撞报告，如图 3-4 所示。



图 3-5 管线综合剖面及展示

3.1.5 净高不利点排查

根据优化后的管综模型，查看管综深化后的模型各区域管底净高，绘制净高分析图，复杂区域做出剖面。净高不满足设计要求的方，与设计开会讨论解决方案，收到变更图纸后进行更新，直到各区域净高满足要求为止，如图 3-6 所示。

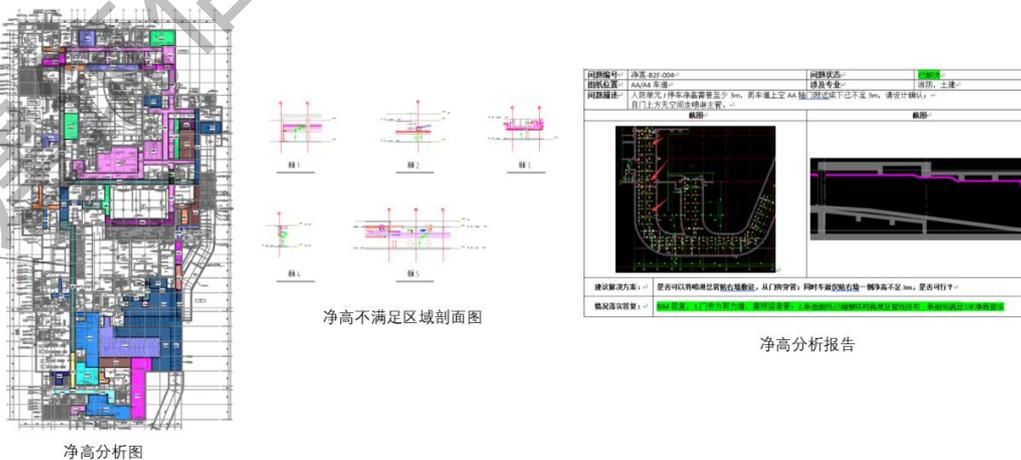


图 3-6 净高分析图

3.1.6 工程量统计

随着模型在设计变更、BIM 深化中的不断调整，深化后模型中的工程量相比设计图更加接近施工实际使用量。根据模型工程量统计功能，能够及时地调整数据，为施工招投标、概算提供有力的数据支撑，如图 3-7 所示。

电缆桥架明细表			风管明细表				管道明细表				
1	尺寸	长度	2	系统类型	尺寸	面积	长度	1	系统类型	尺寸	长度
3	安防监控	100mmx50mm	3	EA-排风	100 mmx100 mm	7 m ²	16.844	3	CA	15 mm	209.977
4	安防监控	100mmx100mm	4	EA-排风	120 mmx320 mm	12 m ²	13.92	4	Ar	25 mm	101.639
5	安防监控	200mmx100mm	5	EA-排风	150 mmx150 mm	1 m ²	1.04	5	Ar 气	15 mm	124.182
6	安防监控	300mmx100mm	6	EA-排风	150 mmx200 mm	2 m ²	3.34	6	Ar 气	15 mm	31.968
7	安防监控	300mmx150mm	7	EA-排风	150 mmx250 mm	3 m ²	4.245	7	Ar 气	15 mm	1.947
8	安防监控	300mmx200mm	8	EA-排风	150 mmx250 mm	0 m ²	0.383	8	C2H2-乙炔	15 mm	6.990
9	安防监控	400mmx200mm	9	EA-排风	150 mmx300 mm	1 m ²	0.7	9	CA	15 mm	416.261
10	安防监控	600mmx200mm	10	EA-排风	150 mmx350 mm	4 m ²	3.932	10	CA	25 mm	43.344
11	弱电综合	100mmx50mm	11	EA-排风	150 mmx500 mm	0 m ²	0.165	11	CA 气	15 mm	57.230
12	弱电综合	100mmx100mm	12	EA-排风	160 mmx250 mm	2 m ²	2.166	12	CA 压管空气	15 mm	11.316
13	弱电综合	100mmx100mm	13	EA-排风	160 mmx250 mm	1 m ²	1.569	13	CA 压管空气	15 mm	7.448
14	弱电综合	200mmx100mm	14	EA-排风	160 mmx250 mm	4 m ²	4.889	14	CDA	15 mm	33.701
15	弱电综合	300mmx100mm	15	EA-排风	160 mmx250 mm	6 m ²	7.202	15	CDA 气	15 mm	128.997
16	弱电综合	300mmx200mm	16	EA-排风	180 mmx180 mm	4 m ²	5.930	16	CH4	15 mm	316.372
17	弱电	400mmx200mm	17	EA-排风	180 mmx180 mm	3 m ²	4.450	17	CH4 气	15 mm	34.180
18	弱电	200mmx100mm	18	EA-排风	200 mmx100 mm	2 m ²	9.160	18	CH4 甲统	15 mm	26.795
19	弱电	200mmx200mm	19	EA-排风	200 mmx100 mm	2 m ²	2.653	19	CH4 冷热水回水	65 mm	67.073
20	弱电	300mmx200mm	20	EA-排风	200 mmx120 mm	2 m ²	2.934	20	CH4 冷热水回水	80 mm	61.464
21	弱电	400mmx200mm	21	EA-排风	200 mmx120 mm	2 m ²	3.124	21	CH4 冷热水回水	100 mm	49.944
22	弱电	600mmx200mm	22	EA-排风	200 mmx150 mm	11 m ²	15.070	22	CH4 冷热水供水	50 mm	16.398
23	弱电	800mmx200mm	23	EA-排风	200 mmx150 mm	3 m ²	3.795	23	CH4 冷热水供水	80 mm	26.122
24	手动控制线槽盒	200mmx100mm	24	EA-排风	200 mmx160 mm	28 m ²	39.336	24	CH4 冷热水供水	200 mm	41.199
25	母线	250mmx250mm	25	EA-排风	200 mmx160 mm	82 m ²	113.756	25	CO2	15 mm	253.689
26	消防弱电	100mmx100mm	26	EA-排风	200 mmx160 mm	37 m ²	50.800	26	CO2	25 mm	151.596
27	消防弱电	400mmx200mm	27	EA-排风	200 mmx160 mm	23 m ²	31.825	27	CO2 气	15 mm	96.412
28	火灾报警	200mmx200mm	28	EA-排风	200 mmx160 mm	6 m ²	10.630	28	CR 冷水回水	65 mm	1267.540
29	综合布线	100mmx50mm	29	EA-排风	200 mmx160 mm	5 m ²	6.807	29	CR 冷水回水	80 mm	630.962
30	综合布线	100mmx100mm	30	EA-排风	200 mmx200 mm	18 m ²	22.532	30	CR 冷水回水	40 mm	152.638
31	综合布线	200mmx100mm	31	EA-排风	200 mmx200 mm	37 m ²	46.308	31	CR 冷水回水	50 mm	248.955
32	综合布线	200mmx200mm	32	EA-排风	200 mmx200 mm	49 m ²	60.910	32	CR 冷水回水	65 mm	288.692
33	综合布线	300mmx100mm	33	EA-排风	200 mmx200 mm	49 m ²	60.910	33	CR 冷水回水	80 mm	141.969
34	综合布线	300mmx150mm	34	EA-排风	200 mmx200 mm	23 m ²	28.708	34	CR 冷水回水	100 mm	96.339
35	综合布线	400mmx200mm	35	EA-排风	200 mmx200 mm	165 m ²	206.107	35	CR 冷水回水	125 mm	152.055
			36	EA-排风	200 mmx200 mm	23 m ²	28.708				
			37	EA-排风	200 mmx200 mm	8 m ²	10.483				

图 3-7 工程量数据统计

3.1.7 视觉呈现

建筑漫游动画可以看到楼房的整体结构，空间的布置，犹如身临其境的感受效果。建筑漫游动画不仅可以拥有身临其境，还可以让整个环境动起来。渲染三维模型，通过漫游视频真实反映项目建成之后的效果，如图 3-8 所示。





图 3-8 三维漫游展示

3.1.8 辅助工程招标

本项目专业分包多，BIM 技术辅助业主进行招标工作，制定 BIM 技术招标要求，如图 3-9 所示。

上海市疾病预防控制中心新建工程暂估专业工程BIM要求			上海市疾病预防控制中心新建工程暂估专业工程BIM要求		
序号	工程/材料名称	BIM工作具体要求	序号	工程/材料名称	BIM工作具体要求
专业暂估工程			专业暂估材料及设备（已含总包范围内）		
1	通风空调工程（含燃气锅炉地下室通风）	施工阶段： 提供本工程所有专业范围内的BIM模型，模型深度达到LOD300+； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查。	1	幕墙材料	
	7	变配电工程（含室外电管沟）	2	招牌	
2	电子智能化（含入侵智能化）	施工阶段： 提供本工程所有专业范围内的BIM模型，模型深度达到LOD300+； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查。	实验室纯水系统		
3	装饰装修工程	施工阶段： 提供本工程所有专业范围内的BIM模型，模型深度达到LOD300+； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查。	4	实验室气柜	
4	绿化景观工程	施工阶段： 提供本工程所有专业范围内的BIM模型，模型深度达到LOD300+； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查。	9	污水处理站	
5	消防工程（含火灾报警）	施工阶段： 提供本工程所有专业范围内的BIM模型，模型深度达到LOD300+； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查。	10	电梯	
6	电气工程（含供配电系统）	施工阶段： 提供本工程所有专业范围内的BIM模型，模型深度达到LOD300+； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查； 提供模型深化设计管理方案，配合进行碰撞检查。	11	高压设备	
	11	通信工程（指传输系统及生化监测设备）	12	垃圾处理装置	
	12	燃气工程	1	食堂燃气热水系统、办公淋浴系统	

图 3-9 工程招标 BIM 要求

3.2 施工阶段

辅助深化设计、优化施工方案、对工程进度、质量、安全等方面进行有效管控，提高工程质量、降低成本和安全风险，提升项目整体精细化管理水平，如图 3-10 所示。

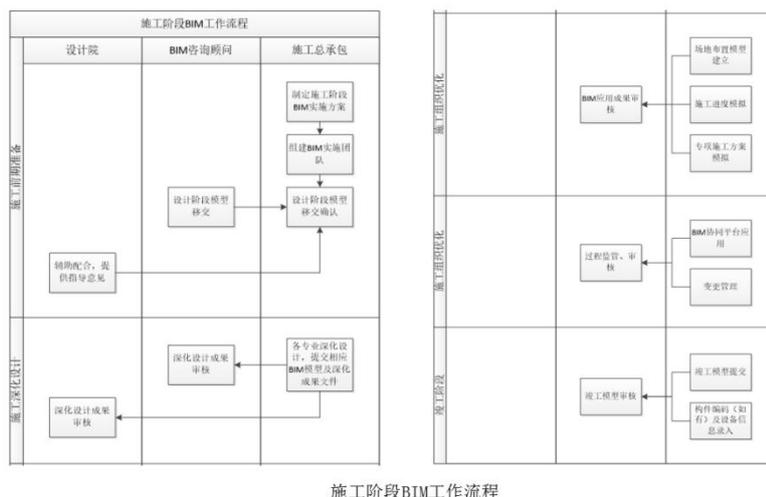


图 3-10 施工阶段 BIM 工作流程

3.2.1 深化设计管线审查

审核总包施工阶段深化模型，排查碰撞问题，将碰撞点做成视图，同时对应记录生成碰撞问题报告，反馈给对应单位修改，直至问题完全闭合，如图 3-11 所示。

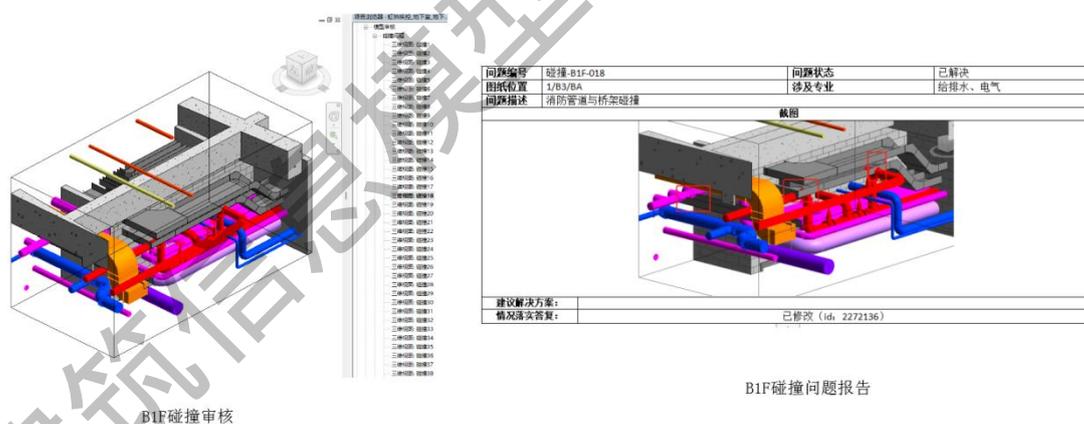
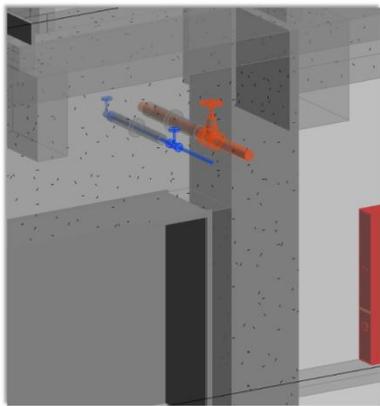


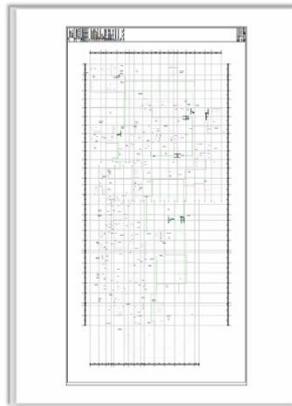
图 3-11 深化设计审查报告

3.2.2 施工预留孔洞专项核查

审核总包施工阶段深化模型，依据预留洞图纸，查看是否与模型中管线匹配，预留洞口位置是否合理等。对应问题记录生成问题报告，反馈给对应单位修改，直至问题完全闭合，如图 3-12 所示。



B2F给排水一次预留洞模型



B2F给排水一次预留洞图

图 3-12 预留孔洞图

3.3 BIM 平台的全过程应用

1、资料管理与文件自动同步

项目各参与方的施工计划、图纸、BIM 模型、方案、各类成果等资料根据设置自动同步更新至云平台，平台识别有更改文件，对相关人员提示并生成目录表格。一键生成 excel 项目文件目录，同时高亮显示指定时间区间内更新的文件列表，显示云端和本地存储路径，如图 3-13 所示。

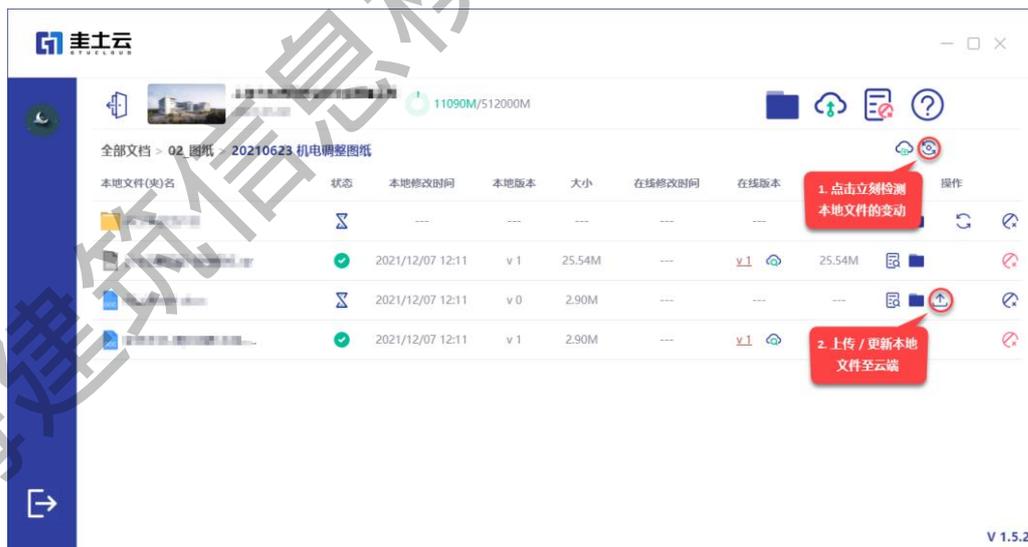


图 3-13 文件自动同步

2、可视化交底

设计团队、施工团队通过平台将各专业模型、装配综合模型、现场复杂节点模型以及工艺做法模型进行轻量化处理，保证模型可在多终端流畅查看，现场工作人员更加具象的了解施工交底的做法及工序，有效地减少返工、材料浪费。

3、权限管理

将项目的施工计划、图纸、方案、成果等资料归档、分类上传到平台中，同时根据不同参与方进行分类权限设置。方便项目进度的展示及各方资料的上传、下载，保证项目资料的完整性，如图 3-14 所示。



图 3-14 权限管理

4、多方、多终端协同

移动端、网页端、客户端满足不同场景需求，可以随时进行成员管理，任务分配、查看、分享项目资料，了解项目实施进度，如图 3-15 所示。



图 3-15 多终端协同

4. BIM 技术应用效益与测算方法

项目应用效益测算结果如表 4-1 所示：

表 4-1 BIM 项目应用效益测算

应用项	效益说明
图纸设计问题查找	通过三维模型反馈图纸设计问题 86 处，优化了设计图纸，精准提高了设计质量，同时减少了后续施工设计变更；
专业之间碰撞问题检测	发现图纸中碰撞问题 307 处，严重碰撞 125 处，其中结果设计图纸变更 52 处，机电安装设计系统调整 73 处，优化了设计路径 182 处，使其顺利得到现场施工安装，避免延误工期；
净高不足问题	发现净高问题 35 处，减少结构变更 5 处，变更结构梁的位置关系，安装图纸优化 30 处，重点设备移位，管线设计参数调整，最终节约工期预计 10 天；
深化设计	深化设计辅助施工，避免了专业分包之间探讨、深化、协调、沟通的时间，节约工期预计 35 天，同时也避免了过程中及返工材料浪费；
施工过程管理	全过程施工 BIM 管理，对现场施工质量进行成果比对监测，提高项目施工质量，减少施工中的设计变更，节约项目建设成本；
项目协同应用	团队应用 BIM 协同平台，大大提升了工作效率，方便项目管理，文档管理，过程进度跟踪，成果验收等。

5. BIM 技术应用推广与思考

- 可视化展示功能业态分布，分析业态分布空间合理性，可行性，有利于设计调整，验证方案可行性，为设计提供优化思路。
- 利用三维模型可视化展示设计建筑模型，分析图纸存在设计问题，图面标注问题等。提高设计质量，减少后续施工设计变更。
- 全设计阶段碰撞检测，实现专业内及专业间碰撞检测，及时发现并调整，防止遗留至施工中，提高建设质量，节约成本。
- 机电安装深化设计调整，与室内设计方案结合，快速可视化调整管线排布，优化室内设计点位，提高施工质量。
- 施工建设过程中，净高控制是项目建设重点，涉及后续项目体验感与空间利用，所以提前确认净空，从而优化管线设计与室内吊顶造型设计。
- 预留预埋孔洞预设，使主体结构施工中，提前做好预留，节约材料，防止后面再次人工去确定预埋孔洞，节约人力成本。
- 工程量统计与分析，验证施工过程中数据应用，设备采购的数量，使其施工过程避免材料浪费，有利于建设方合理规划成本。
- **BIM** 三维可视化表达最直观反映建设项目真实效果表达，为建设方提供最直观的视觉体验。
- 协同平台应用更方便了项目管理的进程和质量，同时对于资料，任务，进度起到有效的管理支撑作用，优化了项目管理。

五、基于 BIM+GIS 的市政道路工程规划管理平台

1. 项目概况

随着城市规模的不断扩大,作为其重要组成部分的市政道路工程也面临着日益复杂的全生命周期管理难题。尤其在项目前期阶段,对市政道路项目的规划需要统筹城市经济发展、具体交通需求和项目建设目标等多种因素。同时,对市政道路工程项目的规划审批也是涉及部门最多,审批级别最高和审批层次最多的工程项目之一。

目前,对市政道路工程前期规划所需要的多源数据或既有成果的梳理、汇总、分析、引用主要依赖于传统的手工作业方法进行,需要耗费大量的人力资源和成本。同时,由于人员水平或经验的差异,导致相关成果的好坏与具体人员具有较大的关系。其次,由于仍主要依赖于传统的纸质文档管理方式或建立权限不同的文件夹树等模式对相关前期研究成果进行管理,其天然的具有文档汇总难度大、资料调用难、信息割裂多等诸多问题。再者,由于缺乏适用的协同工具和平台,目前项目各方在规划方案的协同设计与展示过程中仍主要采用基于单专业的 CAD 图纸或 BIM 模型,项目规划成果展示效果差、协同效率低。

作为承担了上海市一半以上市政公路水利等基础设施建设项目的大型综合性服务提供商,上海城投公路投资(集团)有限公司以“十四五”规划发展新阶段和上海市《上海市综合交通发展“十四五”规划》等政策为指引,以漕宝路快速路新建工程为基础开展了“基于 BIM+GIS 的市政道路工程规划管理平台”。

漕宝路快速路新建工程横跨闵行区、徐汇区和松江区,为虹桥枢纽集散“一纵三横”之南横通道,承担虹桥枢纽与中心城南部的的主要对外疏解功能。工程主线西起嘉闵高架路立交,东至中环路(漕宝路与桂果路交叉口),全长约 7.1 千米。其中,地面道路西起漕宝路与 S20 交叉口,东至漕宝路与桂平路交叉口,全长约 3.9 千米,标准红线宽度 50 米,如图 1-1 所示。本工程一方面位于虹桥商务区,周边环境复杂;另一方面涵盖了隧道、桥梁、地面道路等几乎城市道路所有工程类型,具有典型示范意义。



图 1-1 漕宝路快速路项目概况

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用策略

针对市政道路工程在规划前期工作过程中所遇到的种种障碍和挑战，上海城投公路投资（集团）有限公司联合上海城建信息科技有限公司共同开发了“基于 BIM+GIS 的市政道路工程规划管理平台”。

如图 2-1 所示，该平台以项目展示、成果汇总、方案展示、证照管理为功能逻辑出发点，以节点管理、方案管理和系统管理为业务逻辑出发点，以碰撞分析、土地证拆、管线改迁、噪声分析、绿化移植和交通流量为具体应用场景，构建了以 BIM+GIS 等为关键支撑技术的市政道路工程规划前期可视化平台。

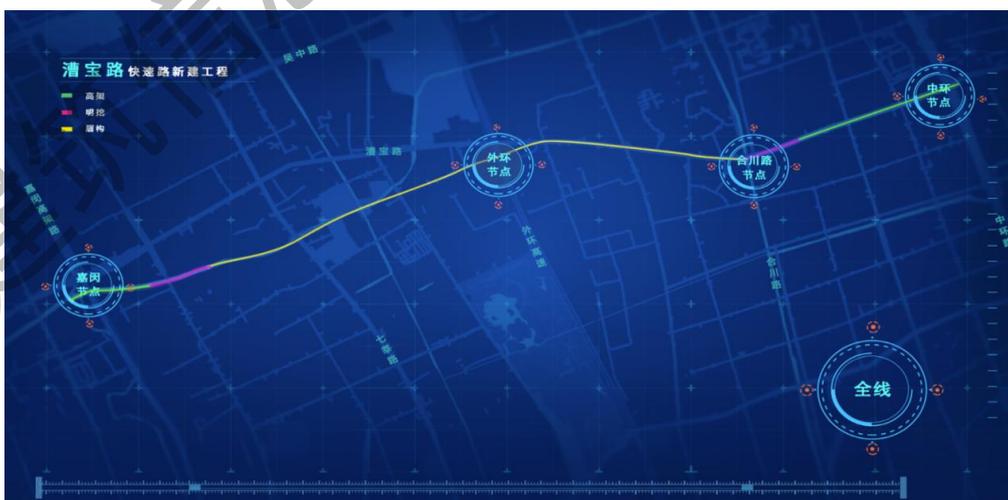


图 2-1 漕宝路快速路项目关键工点

2.2 组织建设

2.2.1 项目团队配置

项目团队配置如表 2-1 所示。

表 2-1 项目团队

	技术职务	责任分工	人数
项目领导层	教授级高工	项目总负责人	1
	教授级高工	项目技术负责人	1
高级研究人员	教授级高工	示范项目负责人	1
	教授级高工、高工	项目实施负责人	4
	教授级高工	技术研究负责人	1
	高工	平台设计负责人	1
	高工	开发负责人	1
项目参与人员	高工	架构设计负责人	1
	高工、工程师	需求与技术研究	5
	高工、工程师、助理工程师	项目实施	6
	工程师、助理工程师	平台设计与开发	4

2.2.2 BIM 管理体系总体思路

从技术方面来讲，本项目的管理体系主要包含两个方面的内容与工作，即制定并实施了项目开展技术路线和数据规范。

(1) 技术路线

本项目主要按照项目立项--需求调研与分析--技术研究路线确定--关键技术研究和平台总体架构与功能设计--平台开发--平台试运行--平台优化与正式上线--

项目验收等阶段，并主要开展了空地联合影像融合、适量驱动建模、工程规划空间分析等关键技术研究，如图 2-2 所示。

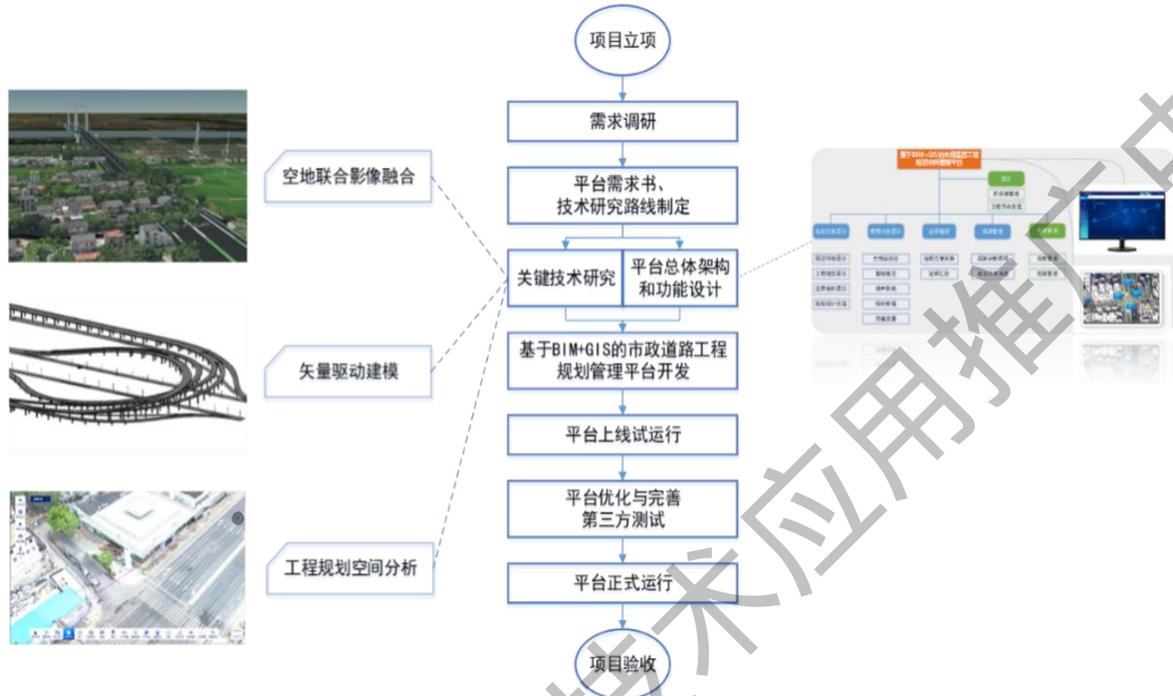


图 2-2 项目实施技术路线

(2) 数据规范制定

数据规范的制定是保障数据和信息在不同项目参与方之间流转和产生价值的重要保障，其主要包含两个层面，即数据的流转规范和数据本身的规范。为了实现对规划前期多源数据的无缝化流转与应用，项目团队建立了“多源信息数据应用指南”。该指南从一般规定、对 BIM 模型的规定、对 GIS 数据的规定、对倾斜摄影数据的规定入手，从方案比选、征地拆迁、管线搬迁、噪音影响、绿化移植、交通流量、证照关联等多个业务需求出发，制定了多源信息数据应用指南。该指南主要包含对建筑信息模型的要求、对三维模型的要求、对地理空间数据的要求、对信息数据分类与构成的要求，以及对具体信息数据的应用要求等多个方面的统一规定。

2.2.3 平台总体架构

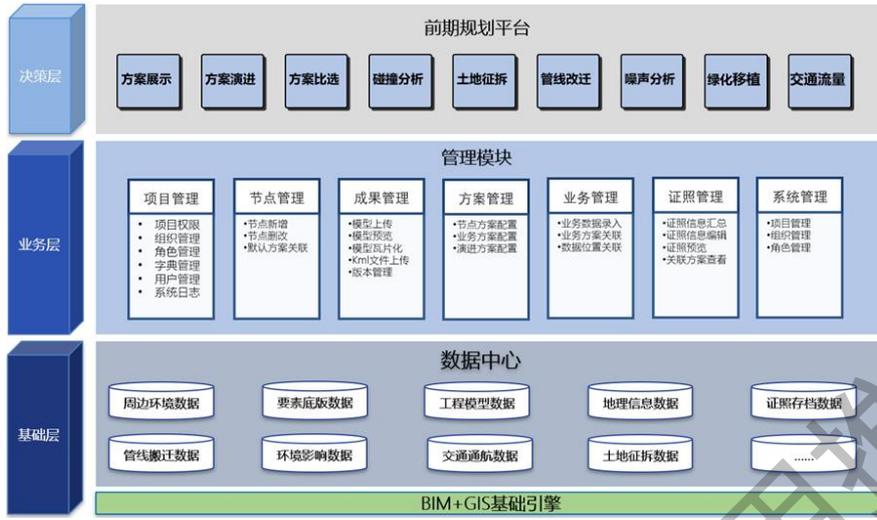


图 2-3 系统整体框架

本项目采用云平台技术进行系统布局，系统的布局如图 2-3、2-4 所示。

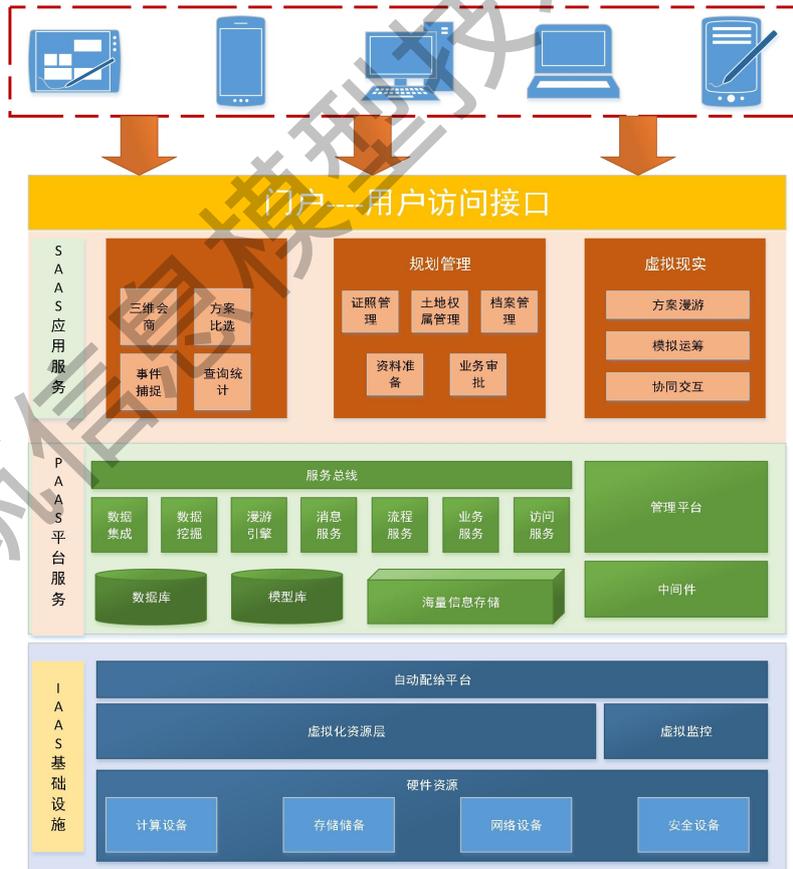


图 2-4 系统布局图

IaaS 层(设施即服务)是云平台的基础,为上层云计算服务提供海量硬件资源。同时,在虚拟化技术的支持下,IaaS 层为用户按需提供计算、存储和网络等资源,以实现硬件资源的按需配置,为企业内外部用户提供可定制、高可靠、规模动态扩展的服务。

PaaS(平台即服务)提供虚拟化、池化的应用平台,它支持平台的安全性、中间件平台的缓存、HTTP 的请求排队路由以及平台配置的存储供应等功能,同时,PaaS 简化底层硬件管理,直接提供中间件平台,而且在中间件系统软件管理、中间件系统安装、中间件系统补丁等方面简化运维,降低运维成本。PaaS 可以通过对应用平台的调度优化硬件平台资源,减少 CPU 和内存的空闲时间,进一步提高硬件的利用效率。通过 PaaS 的软件快速部署平台,可以明显降低软件部署的工作量。

SaaS(应用即服务)减少了应用开发和部署的周期,节约了建设成本,同时使系统技术架构和相关标准能够保持一致,实现应用和信息的纵向、横向集成,提高了数据的安全性和控制能力。同时使企业对信息系统实现统一规划、建设和管理,部分功能及模式具有可复用性和扩展性,很好地解决了不同建设单位在信息化建设统一性和适用性之间的矛盾。

系统提供了 web 门户和移动门户两种方式,适用于 PC、笔记本电脑、平板和手机等不同终端接入设备。

3. BIM 技术应用成果与特色

本项目基于 BIM+GIS 矢量驱动建模技术,融合了无人机倾斜摄影技术、空地联合影响融合建模技术、WebGL BIM 模型轻量化技术等技术,主要应用于市政道路工程项目规划前期的可视化应用与成果归集,主要应用场景有:

3.1 成果管理

成果管理主要包括成果归档、成果预览和成果分解结构配置三个部分。它可以完整记录前期规划数据传递过程,同时查询追溯,能够支持项目动态信息的创建、共享、更新和管理,保持信息的清晰度、一致性,如图 3-1 所示。

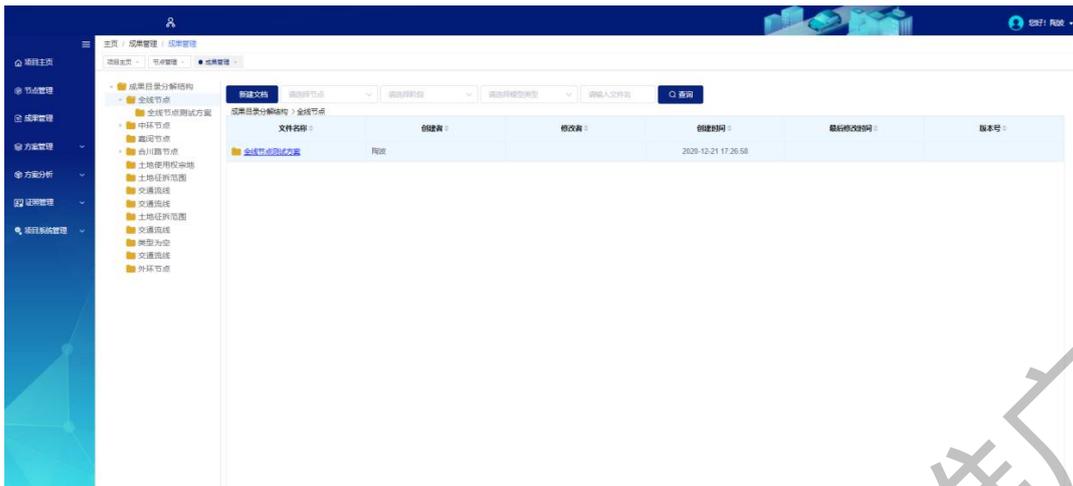


图 3-1 成果管理系统

3.2 方案管理

方案管理模块是平台集中配置新建工程相关多源异构业务数据，如图 3-2 所示。最终形成可以在平台方案分析模块进行展示的规划设计方案的中台管理模块；方案管理统成果文件中归档的结构化文件，以新建工程规划设计方案为单位，整合三维模型及工程相关二维线型数据和其他相关业务数据，实现规划工程、边界条件和前期业务集中展示，便于前期规划各相关单位决策、沟通与讨论，提升项目管理的效率。

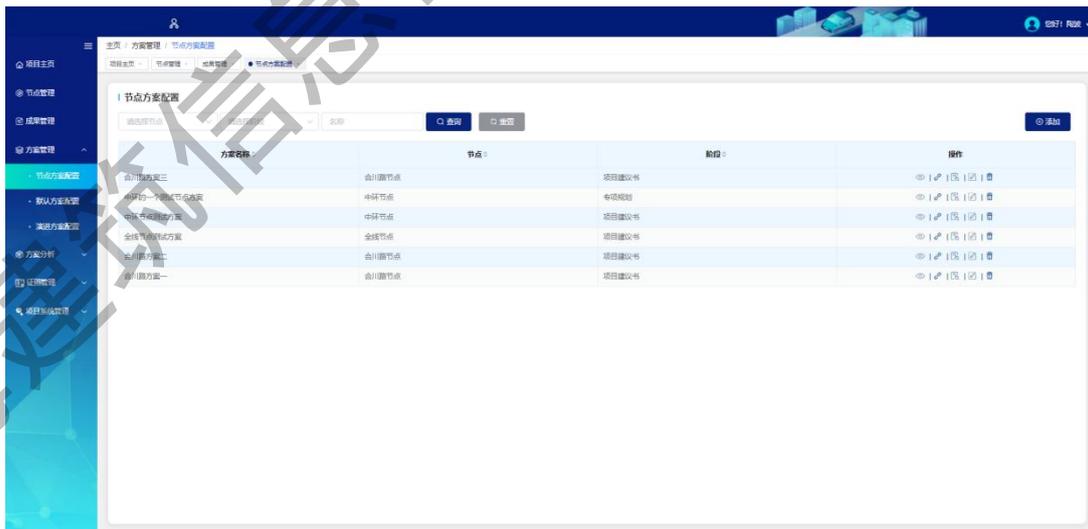


图 3-2 节点方案配置

3.3 方案分析

方案分析实现对前期规划信息的集成展示，直观查看规划方案的工程信息和周边环境情况，对比方案优劣性，辅助方案决策。具体包括方案展示、方案比选和方案演进模块。

方案展示模块主要是对前期规划方案的多源数据，包括工程模型、基础地理信息数据、无人机倾斜摄影数据、地面近景数据、工程限制条件等进行集成展示，如图 3-3 所示。通过鼠标的拖拽、点击、滚轮滚动等基本操作就可以实现场景浏览，并且通过模型结构树可以快速点选构件、实现模型的显隐，也可以通过视点定位至特定关注区域，多角度多方位的查看规划方案。

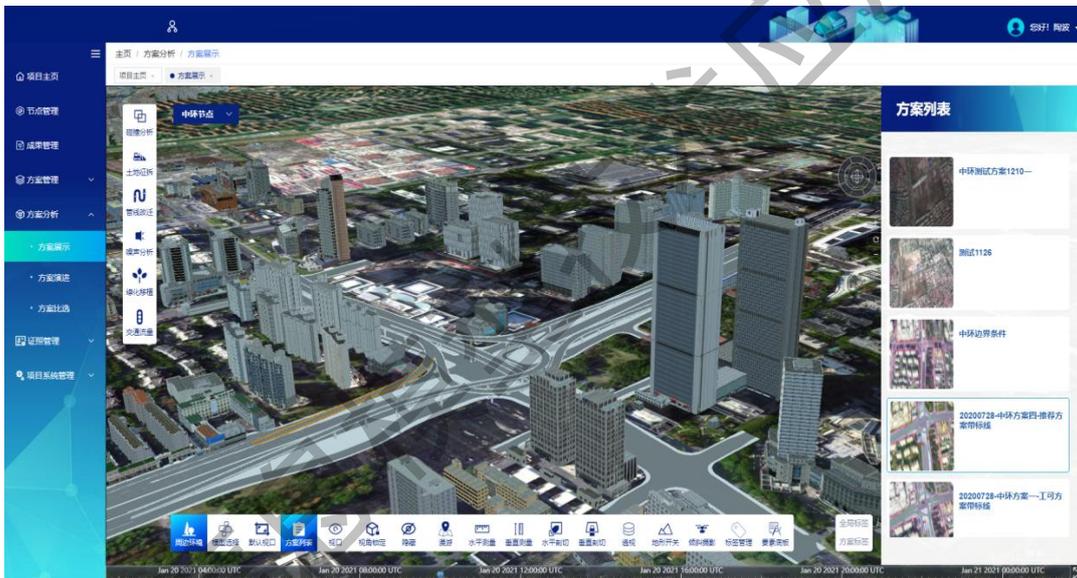


图 3-3 方案展示

在规划方案比选阶段，如图 3-4 所示，平台三维展示界面将方案 BIM 模型与周边环境模型相结合，可直观反映各方案与环境融合度，同点快速切换和双屏展示更易于方案之间的比较与选择。针对各方案不同组成的工程类型进行信息分类统计，数据展示与对比更为直接，辅助方案决策。



图 3-4 规划方案

方案演进模块展现了设计方案演变历史，可以追溯早期方案，展现方案比选结果，说明方案更新内容及原由，如图 3-5 所示。



图 3-5 方案演进

3.4 征地拆迁展示

土地征拆展示模块展示了前期规划阶段设计方案需进行征地、借地和拆迁的房屋或土地的位置、面积、地类及权利人等信息，多方面展示规划土地征拆方案，如图 3-6 所示。



图 3-6 征地拆迁展示

3.5 管线搬迁模拟

管线搬迁模拟模块展示了前期规划设计方案对应的现状和各阶段管线搬迁方案与工程模型之间的碰撞等相互关系，统计管线类别、长度和费用，挂接相关图纸、汇报资料等信息，多角度生动展现规划管线搬迁方案，如图 3-7 所示。

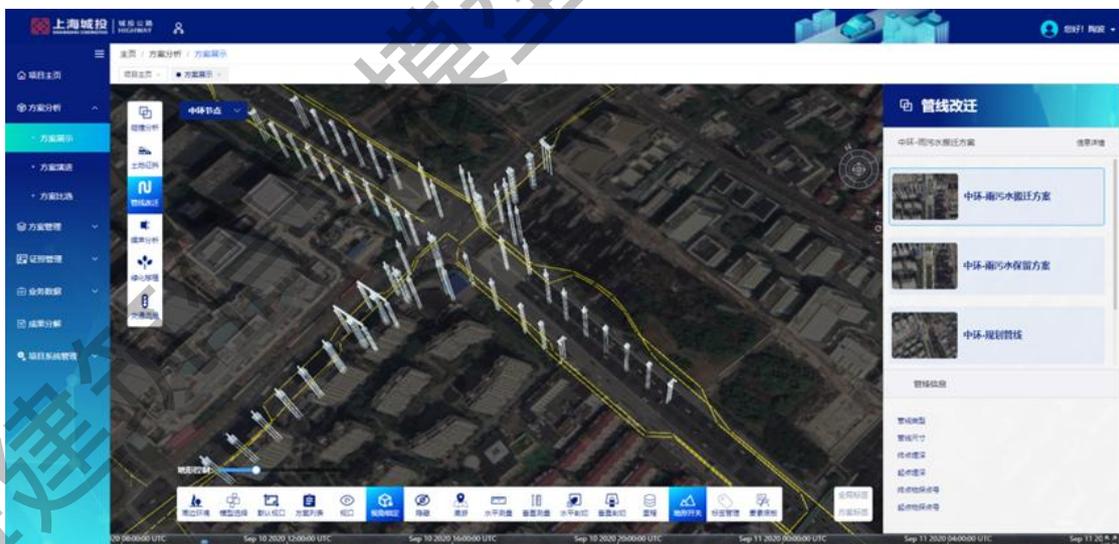


图 3-7 管线搬迁模拟

3.6 噪声影响展示

展示方案影响周边环境的噪声评价范围，和受影响范围内的敏感点区域，点击敏感点标签可查看噪音超标信息和相应的环保措施，如隔声窗、声屏障等，如图 3-8 所示。



图 3-8 噪声影响展示

3.7 绿化移植展示

绿容局关注工程周边所涉及的绿化区域及乔木搬迁情况，平台针对性展示因工程影响，需进行绿化移植区域的绿化位置，同时可查询各区域内乔木名称、乔木胸径、数量、搬迁面积等数据，并实时汇总统计，如图 3-9 所示。



图 3-9 绿化移植展示

3.8 交通流量展示

平台可展示道路工程近、远期交通流量的具体数据信息，并用流线或移动车辆模型的形式模拟工程交通预期状况，并将方案所涉及的交通组织方案匹配的流量集成展示分析，对方案的合理性、可操作性进行验证，如图 3-10 所示。



图 3-10 交通流量展示

3.9 证照管理

证照管理模块针对工程目前期阶段所获取的各类证照进行结构化归档，并将该阶段规划方案与证照文件一对一关联，可即时查看某项证照批复对规划设计方案产生的影响。配合证照关联方案展示，形象具体地展示出证照所确认的规划内容，同时实现规划方案随证照批复变更情况的动态跟踪和清晰追溯，如图 3-11 所示。



图 3-11 证照管理

4. BIM 技术应用效益与测算方法

基于 BIM+GIS 的市政道路工程规划管理平台提供了一套针对前期规划阶段的信息化管理工具。目前平台正处于试用阶段，并基于试点项目漕宝路快速路新建工程进行了平台实施工作。

截至目前，在数据管理方面，平台在线整合设计方案 25 个，共管理各类文件 416 份，其中 BIM 模型文件 183 份，二维 CAD 文件 233 份；平台共存档工程模型数据 1.4GB，周边环境模型数据 2.34GB，完整记录了漕宝路快速路新建工程前期规划阶段的成果数据；在前期业务管理方面，平台土地征拆迁模块整合漕宝路快速路新建工程全线待征地地块 33 处，合计面积 17703 平方米；待拆迁房屋 66 栋，合计拆迁面积 49249 平方米；整合展示 12 个管线搬迁方案及管线信息；录入统计噪音敏感点 24 个及其相关整改措施；绿化移植模块整合了全线红线内绿化数据，合计 5307 平方米，2216 棵乔木；并实现展示工程嘉闵立交节点和中环立交节点的交通流量近期、远期预测数据；在证照管理方面，平台汇总存档工程前期规划阶段 6 项重要证照、文件，实现了规划方案随证照批复变更情况的动态跟踪和清晰追溯。

4.1 应用评价

(1) 在数据管理方面，通过将市政道路前期规划阶段所涉及的各类数据进行统一标准化归档，完整记录了前期规划数据的传递过程，支持项目规划信息的动态创建、共享、更新和管理，保持了规划成果的清晰度和一致性；

(2) 在规划方案管理方面，通过项目周边环境和各规划方案融合度的横向对比，以及不同规划设计方案之间的优劣纵向对比，辅助快速判断不同规划方案与周边环境的影响关系，帮助及时发现规划方案存在的问题、洞察可能发生的问题、比较各种方案的优劣、在三维模型与用户的互动和反馈中，为规划方案的管理和演进提供了数据和影像支持；

(3) 在前期业务管理方面，通过对项目前期阶段焦点业务场景各类数据的汇总统计和场景演绎，帮助面对交通委、市容局、航道局等相关部门汇报规划方案是时，针对各部门关注重点提供相应业务场景，提高了问题的聚焦性、沟通的高效性；

(4) 在证照管理方面，通过对各类证照进行结构化归档，配合证照关联方案展示，形象具体的展示出不同证照所确认的规划内容，实现了规划方案随证照批复变更情况的动态跟踪和清晰追溯。

4.2 经济效益

本项目研究成果将为市政道路工程提供集成所有前期规划阶段控制条件的三维可视化信息模型、前期规划与决策平台，可有效地提高沟通和决策效率、减少后期方案变更、节省资源，使各参与方都能获益。更为重要的是，前期方案的稳定性、准确性及绿色可持续性，可合理降低和有效控制工程建设整体投资，同时为后期运营维护提供便利，在中长期运维期产生的经济效益巨大。此外，本项目的专利成果可推广至规划行政主管部门、参与市政道路工程的建设单位及设计院使用，市场潜力极大，其产生的经济效益亦是巨大的。

4.3 社会效益

本项目研究成果将为市政道路工程前期规划阶段提供信息化的多维信息集成展示平台，以促进规划方案的快速、准确决策，推动管理机制和 workflow 优化，有效减少因沟通引起的方案的变更、返工，推动 BIM、GIS 等新兴信息技术在市政道路工程前期规划阶段的应用与发展，为建设方和政府主管部门提供管理上的便利，对未来城市市政基础设施建设水平的提高产生积极的影响，其总体社会效益十分显著。本项目的数据信息可以为后期智慧城市、智慧道路等信息化建设提供基础数据。

5. BIM 技术应用推广与思考

5.1 数据赋能，知识传递

BIM、GIS 等信息化技术的应用为项目全生命周期的数据生产和项目生产阶段的数据应用提供了良好基础和保障。然而，如何利用既有数据和经验教训对未来的项目赋能需要引起每一个行业从业者的关注。在“基于 BIM+GIS 的市政道路工程规划管理平台”的基础上，结合上海市要素管理新规定和城投公路集团的多年行业经验，开展要素保障工作，形成诸如知识库、案例库等“决策支撑”工具。

同时,平台还将与大数据分析与应用等技术相结合,努力实现决策过程的规范化、科学化、智能化、自动化。

5.2 环环相扣,稳步提升

不同于之前 BIM 主要服务于施工单位或设计单位,目前 BIM 的服务对象正在逐步扩大,其覆盖项目全生命周期的范围也从施工和运维阶段逐步向规划阶段扩大。各个阶段之间的数据与成果传递、项目后评价等工作也应该引起从业者的关注和重视。具体来说,在概念设计阶段如何评价规划阶段的工作与成果、在初步设计阶段如何评价概念设计阶段的工作与成果、在详细设计阶段如何评价初步设计阶段的工作与成果、在施工阶段如何评价设计阶段的工作与成果、在运维阶段如何评价施工阶段的工作和成果等都是需要我们深入研究的问题。借助项目后评价机制,通过 BIM、GIS 等信息化手段对前一阶段的工作进行分析、评价和总结,通过项目后期实践反哺前期分析与决策也将会是 BIM 等信息化技术应用和推广的重要助动力。

六、上海市口腔医院绿色设计及防疫优化 BIM 应用技术

1. 项目概况

上海市口腔医院闵行院区建设项目（如图 1-1 所示）位于闵行区古美社区，紧邻合川路和顾戴路，总建筑面积 45717 平方米，其中地上 33083 平方米、地下 12634 平方米，建筑面积约 63998.18 平方米，地上建筑包括 1# 门诊综合楼、2# 科教中心。其中门诊综合楼为 12 层，主要功能为门急诊、检验科、中心供应、手术中心、住院、科研、信息及部分行政办公，在三层设连廊与科教中心相通。科教中心共 4 层，包括教学、行政、图书馆、报告厅、学生宿舍等。地下室共 2 层，为放射科、中心药库、职工餐厅及厨房、后勤、设备机房、停车库等功能，地下二层设人防。该项目容积率 2.32，绿地率 35%；设置机动车停车位 402 个，其中地上 52 个，地下 350 个。设置牙椅 380 台、床位 83 张。



图 1-1 上海市口腔医院闵行院区建成效果图

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用重点、难点、创新点

- (1) 功能综合：新建医院，医教研结合，需平衡使用空间。
- (2) 布局特殊：口腔科就诊模式、使用需求不同于一般学科。
- (3) 建设创新：口腔专科医院建设无标准，无指南可供参考。

- (4) 绿色建造：“双碳”背景下的绿色设计、施工和运营。
- (5) 安全运营：“平疫结合”理念下，满足疫情防控、感控。
- (6) 管理复杂：参建单位多，管理信息量大，需要 BIM 全过程集成与应用。

2.2 组织架构

项目组织架构如图 2-1 所示。

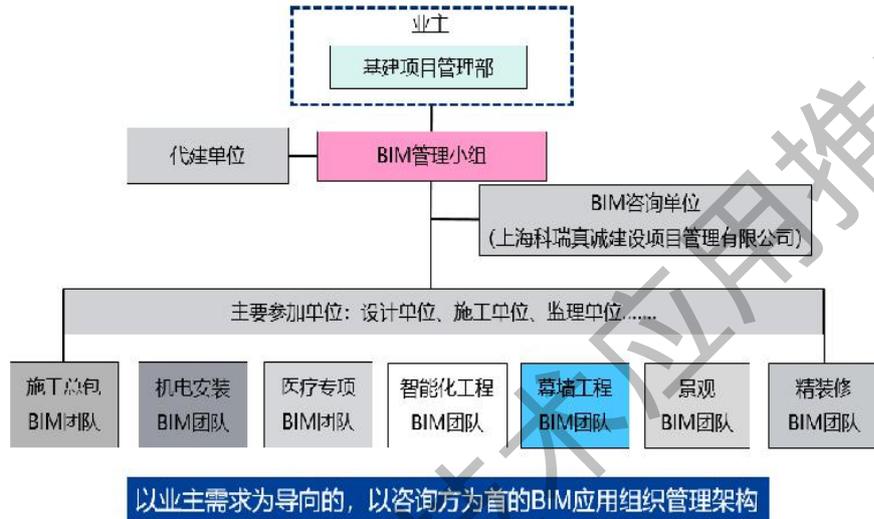


图 2-1 项目组织架构图

2.3 应用背景

项目应用紧密结合国家及地区 BIM 标准、指南，如建筑信息模型施工应用标准、上海市建筑信息模型技术应用指南等。项目应用成果作为行业指南《医院建设工程项目管理指南》和《医院物理环境安全、规划与建设》等的重要支撑，如图 2-2 所示。



图 2-2 应用成果

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 设计阶段

3.1.1 日照辐射分析

在收集齐全项目场地信息的基础上，应用 Aotodesk@reivt 平台的 BIM 模型分析项目全年日照辐射，如图 3-1 所示。在分析模型中发现南侧病房以及门诊区域获取的太阳能辐射量偏高，因此建议设计在南侧病房以及门诊区域提高遮阳系数，降低这些区域获得的热能。

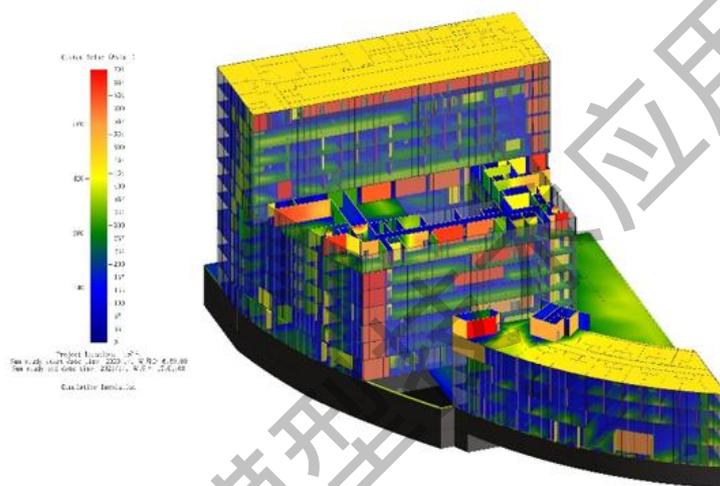


图 3-1 日照辐射分析模型

3.1.2 自然照度分析

为了实现绿色设计，充分应用自然光照。项目组采用 Aotodesk@reivt 平台的 BIM 模型分析全年自然照度情况，如图 3-2 所示。在分析模型中发现南侧病房以及门诊区域获照度数值偏高，因此建议在南侧病房（8F 以上）以及门诊区域（2F-5F）采取遮阳措施，避免强烈的太阳光直射进入病房床位以及门诊椅位区域对这些区域使用者造成影响。门诊区域电梯厅由于位于门诊综合楼内西北角，为缺少太阳光线照射、反射的区域，因此全年大部分时间自然光线将会很弱，建议营业时间内保持良好的照明条件，以满足该区域功能使用。

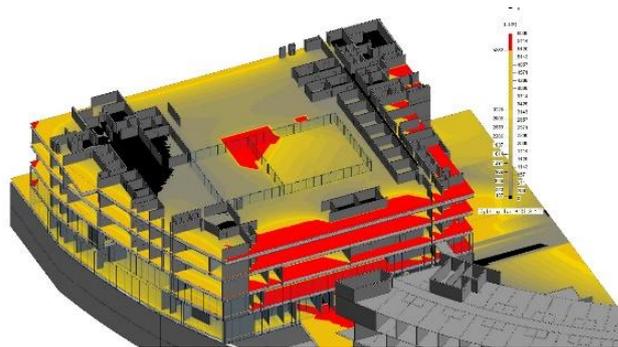


图 3-2 自然采光分析模型（秋至日）

3.1.3 院区地面漫游

对新建院区进行地面漫游，主要关注院区地面的人流、车流等交通流线畅通、组织有序，特别关注新院区的两处出入口，分别为合川路出入口和顾戴路出入口，除此外，还有一块区域用作非机动车停放处，如图 3-3 所示。

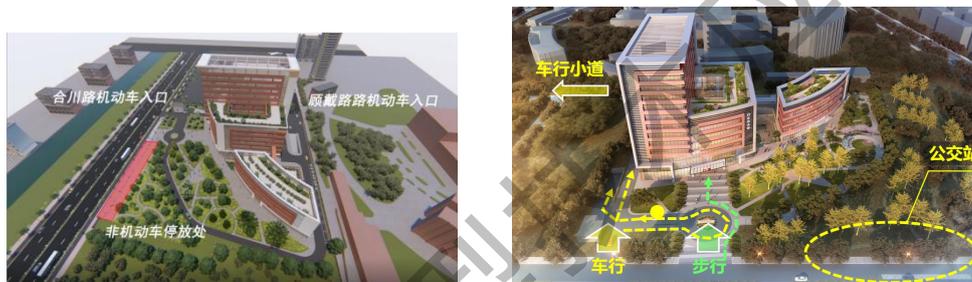


图 3-3 院区地面漫游

3.1.4 院区地下漫游

基于 BIM 进行地下使用空间漫游分析，主要关注层高对车辆交通、机械式停车设备等要素的影响，同时关注地下人流、车流、物流的流线是否畅通，以便进一步优化设计，如图 3-4 所示。



图 3-4 院区地下漫游（-2F）

通过漫游分析后优化设计的地下停车系统内容包括：

(1) 地下一层：优化设计机械停车位 54 个，普通车位 15 个，共计 69 个停车位，机械停车位为上下两层。

(2) 地下二层：优化设计机械停车位 157 个，普通车位 34 个，共计 191 个停车位，地下室的主要停车位都集中在地下二层。

3.1.5 特殊场所消防疏散模拟分析

求证标准门诊设计方案是否存在疏散瓶颈，如图 3-5、3-6 所示。140 人在 62S 内疏散完毕，能够满足消防要求，若地面铺贴紧急逃生指引，能加快疏散过程 7S。



图 3-5 消防疏散模拟视角 1

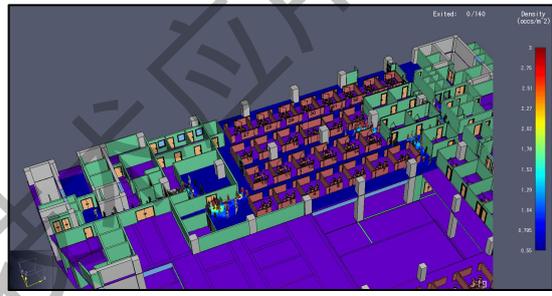


图 3-6 消防疏散模拟视角 2

3.1.6 绿色运营分析

考虑到了口腔医院的特殊性，其中高预约率、门诊单元化程度高、病患与医护流线清晰等因素，基于绿色运营的理念，实施全院门诊的 Analogic 仿真模拟分析，如图 3-7、3-8 所示。通过对未来运营情况做出仿真预测，为动态发展考量。此类数据可以对未来运营管理做出决策支撑，并可有效为当前设计做出参考。

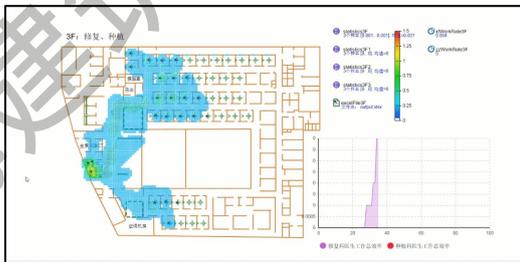


图 3-7 开放 100%的椅位数量



图 3-8 开放 40%的椅位数量

由仿真模拟输出的运营效率对比表，其中绿色的为推荐的牙椅最佳效率。红

色为超负荷运营。此案例为开放 50%~60%的牙椅为最佳。

3.1.7 平疫结合分析（平面人流）

基于“平疫结合”理念，考虑“平时”与“疫情”两种状态下的医疗工艺流程，各种流线组织，并且考虑气流组织对空调系统的需求，从而提高医院应对疫情的“快速转换”可能性和可操作性，增加诊疗系统的弹性与韧性，实现疫情条件下不停诊，维持医院主要诊疗功能不受影响，如图 3-9、3-10 所示。1



图 3-9 门诊医护人员流线模拟

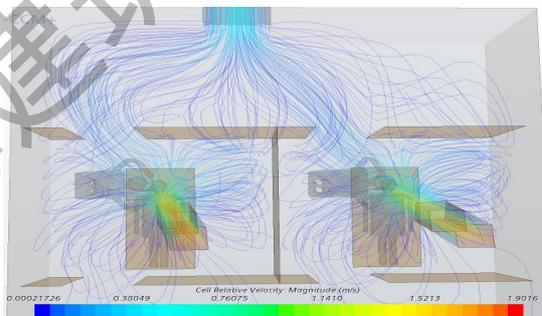


图 3-10 门诊病患流线模拟

3.1.8 气流模拟分析

通过用离散多相流（DMP）分析从口腔出释放液体颗粒（气溶胶），统计液体从开始释放到最终运动到回风口的时间，来优化送风口风速（或者流量）、回风口负压压强。基于模拟分析，统计了几组不同组合下的液滴颗粒停留时间。

如图 3-11 所示，当负压为-2Bar，风速为 1m/s 时，气溶胶停留时间最短。同时也发现，对于相同的负压情况下，风速较大时，液滴停留时间越长，原因是风速越大时，在房间内部产生旋涡的情况越明显，所以送风速度不宜过大。

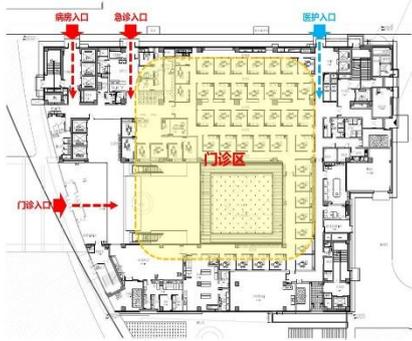


回风口压力 (Bar)	送风口风速 (m/s)	口腔产生的气溶胶逗留时间 (s)
0	1	351
-0.5	1	159
-1	1	67
-2	1	36
0	2	418
-0.5	2	182
-1	2	105
-2	2	81

图 3-11 离散多相流（DMP）分析

3.1.9 “平疫结合”诊疗空间一创新点（防疫优化设计）

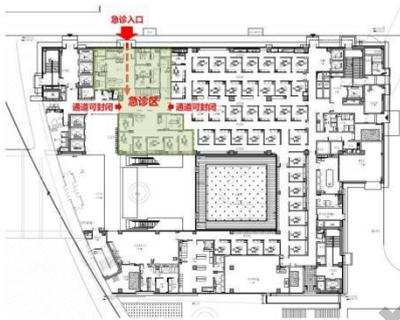
(1) 入口医患分离，减少交叉感染可能性



(2) 应急隔离间管控



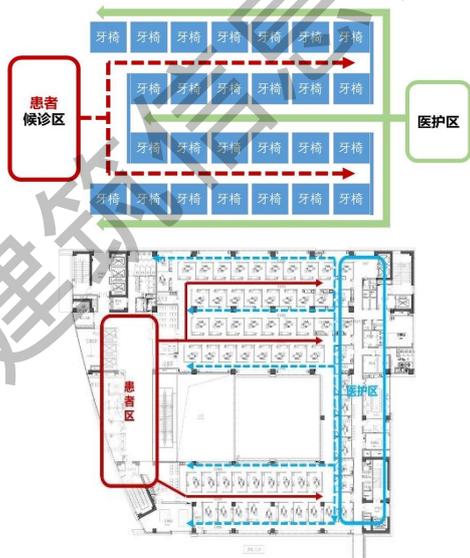
(3) 急诊独立出入



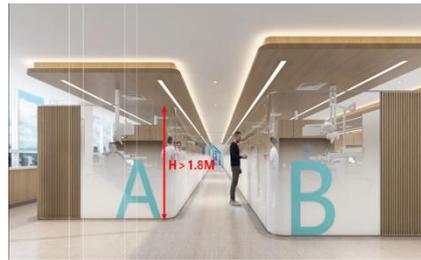
(4) 急诊空调系统独立



(5) 门诊双通道布局——医患分离



(6) 诊疗单元隔断高度 $\geq 1.8m$



3.2 施工阶段

3.2.1 施工进度控制

基于 BIM-4D 应用，将 BIM 与进度管理集成，利用 fuzor 等软件模拟整个进度计划，突破二维的限制，施工进度计划模拟可以将进程以 4D 可视化的方式直观地展示出来。通过可视化环境来观察各项施工作业，识别出潜在的施工过程中的交错、打架现象，进行小范围的工序和时间上的变更，如图 3-12 所示。

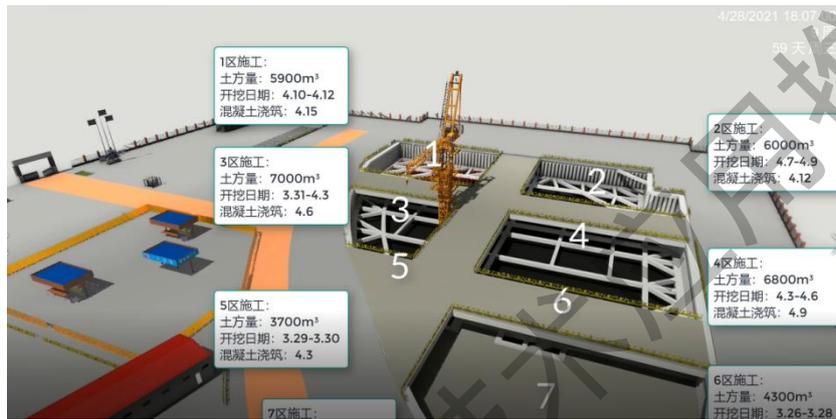


图 3-12 施工进度计划模拟

3.2.2 施工质量控制

本项目为预制装配式混凝土结构建筑（PC 结构），PC 施工质量就代表着整体结构的施工质量，本项目预制构件的种类较多，涉及预制叠合梁、预制叠合板、预制柱、预制楼梯等构件。通过 BIM 模型建立，在此基础上进行模型分析以及施工阶段关键节点模拟分析，提高本项目 PC 结构的施工质量。

(1) 根据最新的 PC 施工图纸，构建 PC 结构模型，如图 3-13 所示。

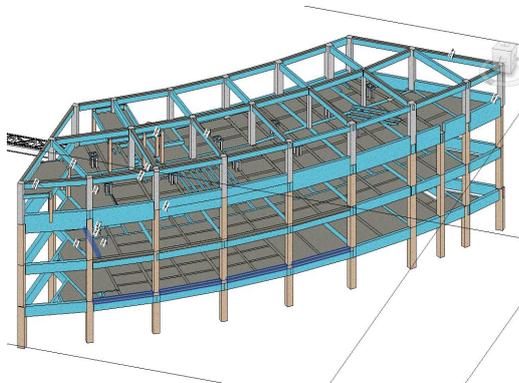


图 3-13 PC 结构 BIM 模型图

(2) 对具有代表性的 PC 构件进行深化模拟，如图 3-14 所示。

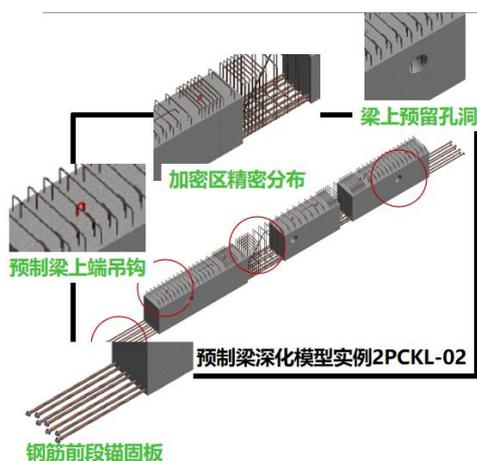


图 3-14 PC 深化模型

(3) 基于 BIM 模型对 PC 构件加工工艺进行模拟，如图 3-15 所示。



图 3-15 PC 构件加工模拟

(4) 运送至施工现场后，对 PC 构件的吊装过程进行模拟，如图 3-16 所示。



图 3-16 PC 构件吊装模拟

3.2.3 施工造价控制

通过 BIM 模型与管线综合优化工作共同积累的成果，对本项目所有区域净高进行分析，针对设计院、业主、医院规范三重要求进行把控，为财务监理对本项目安装施工中的造价控制提供模型依据，导出工程量清单与财务监理的清单相互核对，在确保施工质量、安全的前提下，优化本项目的造价成本，争取以最优秀的造价方案完成本项目的安装工程，如图 3-17、3-18 所示。

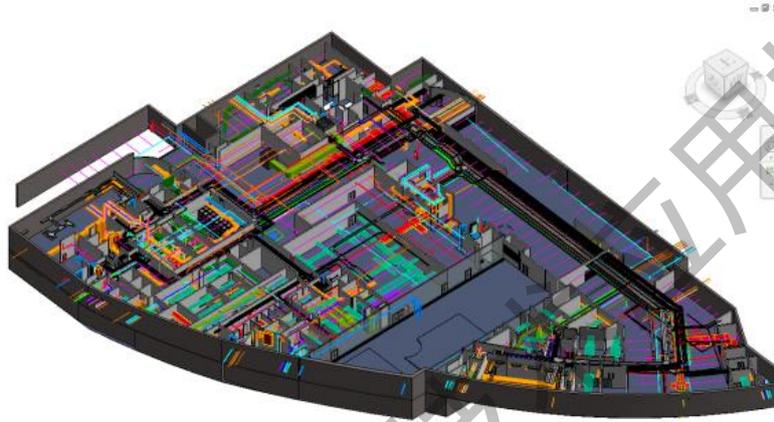


图 3-17 管线综合 BIM 模型图

表 1 给排水+消防栓系统工程量统计表

BIM 三维模型

序号	项目名称	计量单位	工程量
1	给排水+消防栓水管总长度	m	22245.2
2	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_废水_150mm)	m	60.6
3	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_废水_100mm)	m	1141.8
4	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_废水_80mm)	m	36.1
5	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_废水_75mm)	m	7.4
6	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_废水_70mm)	m	16.2

14	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_污水_100mm)	m	611.8
15	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_污水_75mm)	m	99
16	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_污水_65mm)	m	75.6
17	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_雨水_150mm)	m	772.1
18	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_雨水_100mm)	m	403
19	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_牙椅排水_150mm)	m	14.4
20	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_牙椅排水_100mm)	m	375.1
21	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_牙椅排水_65mm)	m	626.7
22	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_牙椅排水_40mm)	m	872.2
23	管道类型: FRPP 玻纤增强聚丙烯静音管 (承插_压力雨水_100mm)	m	45.3
24	管道类型: H/W 内外热镀锌钢管-卡箍_废水_80mm	m	27.5
25	管道类型: PPR 管_厨房排水_150mm	m	6.4
26	管道类型: 不锈钢管-卡压_冲凉供水_32mm	m	163.4
27	管道类型: 不锈钢管-卡压_冲凉供水_20mm	m	201.3
28	管道类型: 不锈钢管-卡压_冲凉回水_32mm	m	25.6
29	管道类型: 不锈钢管-卡压_冲凉回水_25mm	m	82.3
30	管道类型: 不锈钢管-卡压_冲凉回水_20mm	m	149.5
31	管道类型: 不锈钢管-卡压_低区饮用供水_40mm	m	93.6
32	管道类型: 不锈钢管-卡压_低区饮用供水_20mm	m	2611.6

图 3-18 安装工程量清单

4. BIM 技术应用效益与测算方法

(1) 对院方产生的效益：3D 的视角呈现有助于院方做正确的决策拟定；运用 BIM 的建筑表现及分析功能，可改善整体建筑效益、缩短整个项目的执行时间、获得可靠精确的成本评估、确保建筑符合法规、并运用于设施及资产管理。

(2) 对设计院产生的效益：清楚传达工程信息、减少沟通不良的情况发生，利用 3D 效果直观的沟通设计内容，减少修改的情况；基于 BIM 平台整合各专业的模型，通过碰撞分析，减少设计错误；可对设计内容进行更精确的绿能分析及环境舒适度分析，进一步提升设计服务质量。

(3) 对施工方产生的效益：利用三维视角呈现，可减少施工问题、通过 4D 模型仿真施工进度，时刻掌控施工进度，及时进行进度计划的修正，为项目工期的优化提供有效的数据支撑。

5. BIM 技术应用推广与思考

随着社会经济不断进步与发展，国民生活水平不断提升，人民口腔保健意识不断提升，口腔医疗需求也呈现了明显的上升趋势，而口腔专科医院的建设标准及规范比较滞后。因此，在设计时需对建筑空间布局、建筑物理性能、内部机电管线系统的安装等内容进行研究分析，而应用建筑信息模型（BIM）技术是最有效的辅助优化设计的措施之一。以上海市口腔医院闵行院区建设项目为例，阐述 BIM 技术辅助专科医院设计的典型应用，可为同类工程项目的建设提供参考和借鉴作用。

基于 BIM 技术的应用，上海市口腔医院闵行院区工程充分考虑了设计阶段和施工阶段中所涉及到的各项内容，为建设绿色建造、绿色运营的高品质口腔专科医院提供良好的范例。

七、基于 BIM 的原创设计管理应用方案 - 花博会主场馆

1. 项目概况

2021 年 5 月至 7 月，第十届中国花卉博览会在上海市崇明区举行。该项目总投资超 50 亿元，位于上海崇明东平国家森林公园及周边地区，整体规划面积 9.91 平方公里，以“花开中国梦”为主题，构建“三区、一心、一轴、六馆、六园”的整体布局（如图 1-1 所示）。中国花卉博览会是我国规模最大、规格最高、影响最广、内容最为丰富的国家级花事盛会，被誉为中国花卉界的“奥林匹克”。本次花博会项目贯彻落实了“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念。

三大永久场馆——“中国潮”复兴馆、“蝶恋花”世纪馆、“破茧为蝶”竹藤馆，均采用基于 BIM 的原创设计、数字建造手段。场馆建筑作品涉及面广、量大、新技术、新工艺的应用超前，具有较强的综合性和独特性。



图 1-1 第十届中国花博会场馆总览

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用策略

花博会项目 BIM 实施以建设阶段全过程、全方位数字化管理为总体目标，从设计、技术、质量等多角度广泛开展 BIM 技术应用提升项目设计水平和管理效率。根据项目特点以及组织结构复杂性，采用工程项目建设周期的 BIM 应用模型。

花博会项目设计阶段采用的是基于 BIM 的精细化原创设计管理应用方案，在原创设计诞生的初期，设计概念描绘下的建筑是朦胧的，有很多伟大的设计概念，最终却没能付诸实施，因此，本方案重点关切品、质、控三个方面，“品”即原创品质，“质”即设计质量、“控”即管控追溯，对原创设计进行理性重塑。

例如，我司设计的综合保税区也实现了感性与理性的结合，做到了运用 BIM 技术对原创设计质量的管控追溯，综合保税区是通关服务中心集报关、金融保险、商务展示、办公等功能为一体的综保区综合配套服务大楼。这个项目特殊之处在于反传统设计流程，机电管综净高控制是最先完成的，将机电综合净高结果反向影响土建的几何尺寸和布置形式，在确保满足高品质的净高要求后，再将结构专业的图纸传递给钢结构深化单位。整个原创设计过程中，全部构件要素根据优先级进行梳理核查，保证所有专业图纸的精准度。

2.2 组织建设

组织架构上本方案坚持 BIM 经理（BIM Manager）对接建筑专业设计总负责人，同时统筹管理各专业 BIM 协调员或绘图员。如图 2-1 所示，土建类的如建筑、结构、幕墙、景观、室内等专业均归到一个大的专业类别，机电水、电、风三专业与各专项设计归到另一类别。协同规则由 BIM 经理制定，例如专业间的共享构件是归属建筑模型还是结构模型的问题，看上去很小的事情却是影响了设计院几代人的争论。

为打破专业间壁垒，本方案中 BIM 以相对中立的姿态参与协同。协同方式上采用常规的“中心文件+链接”的方式，同时约定好专业间共享构件的归属问题，

保证不同专业图纸上出现的某一构件数据源是唯一的。通过工作集划分各专业和
专业内的工作界面，并尽量将工作集划分固定化，有利于明确工作范围和权限设
置。另外，工作集命名格式统一，便于工作集状态操作，有利于协同开展，在交
付时要求 BIM 使用说明与之对应，便于下游单位使用。

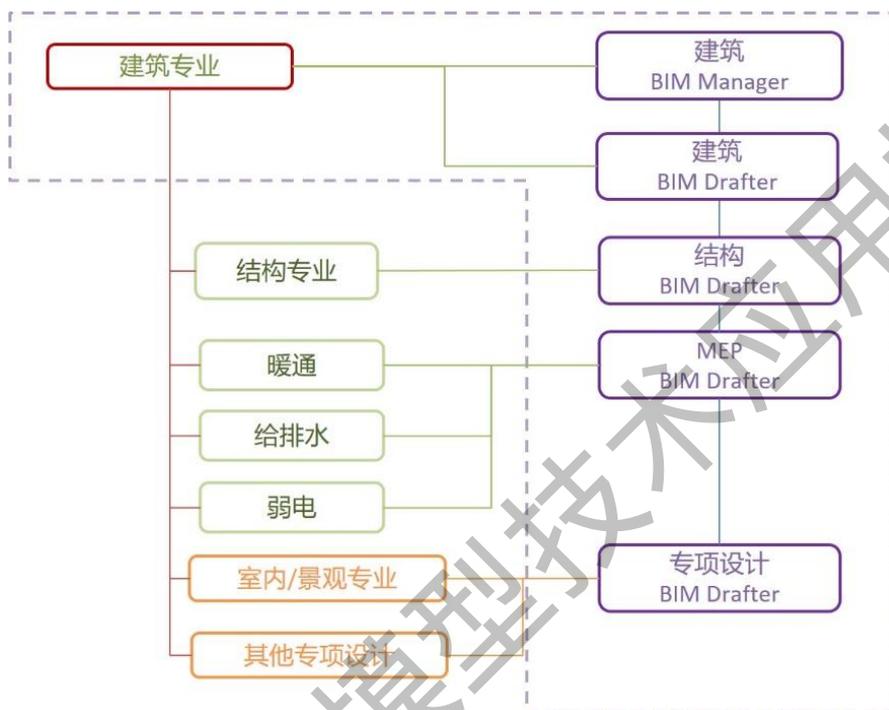


图 2-1 BIM 设计生产组织

2.3 BIM 设计模式

本方案中的 BIM 设计模式（图 2-2）是经过大量的尝试、筛选、总结过程形成的，通过不断的摸索 BIM 与设计融合的方式，寻找最佳的解决方案。我们尝试过采用以建筑主导的各专业自主 BIM 协同设计模式，即由模型直接输出 PDF 图纸，CAD 图纸只作为过程提资的介质。我们也尝试过伴随设计过程的 BIM 设计模式，也就是 BIM 参与设计过程，且首轮提资反提资后，后续设计工作都是先模型后图纸，最终设计成果维持 CAD 输出图纸。

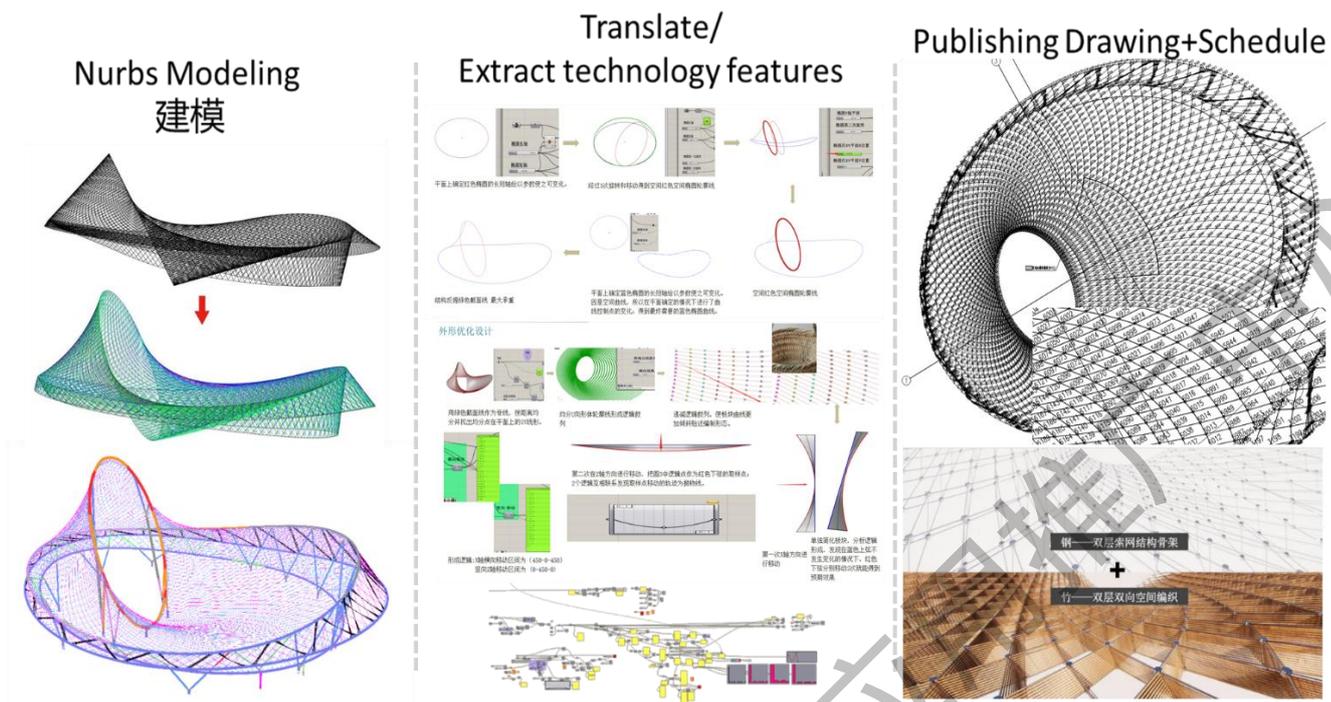


图 2-2 BIM 设计模式

3. BIM 技术应用成果与特色

当下，建筑行业粗放扩张的时期已成过去，伴随着建筑业数字化转型的浪潮，精益求精的数字化原创设计已逐渐兴起。建筑师引导的原创设计以 BIM 作为技术支撑进行协同设计，以 BIM 作为管理手段，提升项目整体设计管控能力，使 BIM 技术成为实现精细化原创设计管理的落脚点。

第十届花博会六大场馆均为以原创建筑设计为主导下的 BIM 正向设计，通过 BIM 技术对每个场馆实现全过程协调管控，使得每个原创作品得以超高还原、精准实现。

3.1 器与筑—穿梭于“竹茧”的菱形光影

竹藤馆占地面积 940 平方米，高 14.5 米，通过多个套叠的异形曲线，采用钢框架—双层斜交索网结构体系，形成具有一个缺口的竹茧形态(如图 3-1 所示)，具有“破茧成蝶”的寓意。

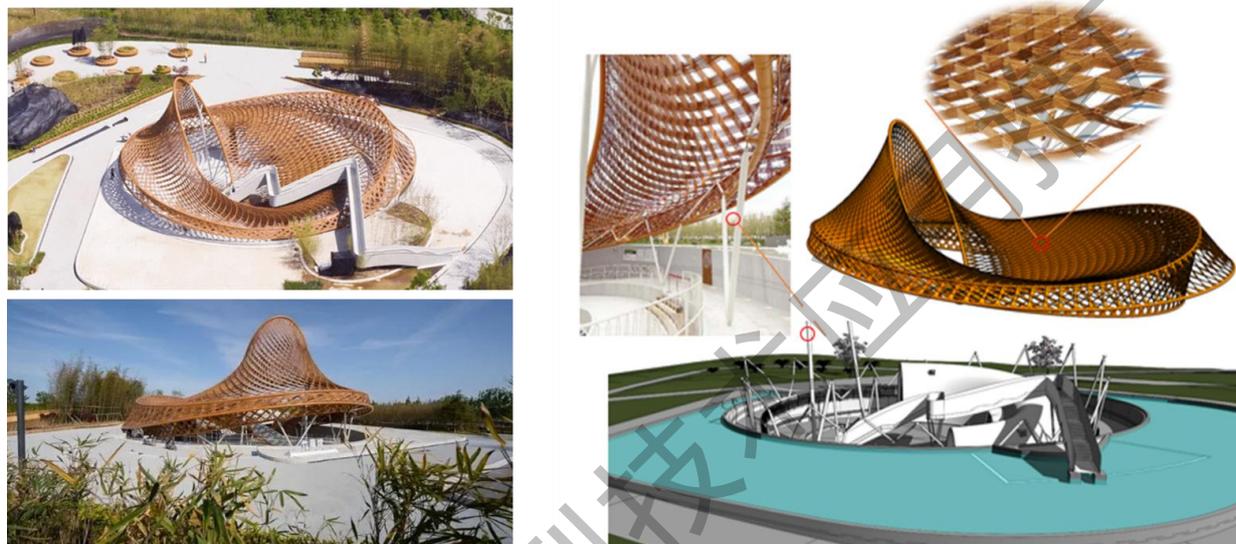
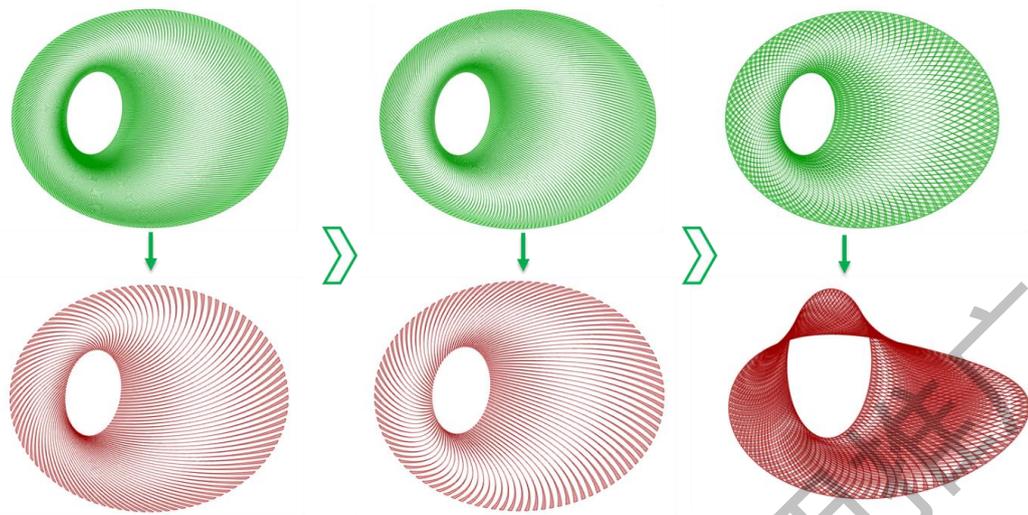


图 3-1 竹藤馆

竹藤馆的特色在于其采用“去建筑化”设计理念使场馆从建筑物转变为“器物”，获得一种景观雕塑式的艺术特质来展现编织特性的意义性建构。通过四个错动的椭圆构成局部开放的竹茧骨架，以 BIM 参数化工具，进行编织肌理设计逻辑梳理(如图 3-2 所示)，将编织单元在椭圆环延曲面展开，在椭圆环间逐渐扭转为垂直曲面排列，整体形成了具有空间深度变化的结构表皮，使其在编织肌理之外有了强烈的立体感和光影变幻。并在 Revit 模型中进行预制构件的预拼装、碰撞校准，节省了大量的人力物力。



形成点阵之后连接点阵，得到上下弦，以2个截面放样所得单向编织板块。考虑到首尾会出现重叠现象所以去掉了板块中的偶数列。

更改数据逻辑方向得到反向数据组

合并正反向板块，得到新的编织模块，并且符合端头贴合首尾平直轮廓，中间为垂直曲面法线方向的编织肌理，并所有参数均可调整。

图 3-2 编织肌理设计逻辑

通过 BIM+仿真模拟技术，实现了异形拱壳结构的数字化精准建造。在钢球的高速冲击下，被撞击处产生明显凹陷和多条裂缝，但混凝土壳体结构完整，未发生明显破坏（如图 3-3 所示）。为了验证不配筋的可行性，基于 BIM 模型，结构对设计荷载下的壳体应力进行了计算和分析。

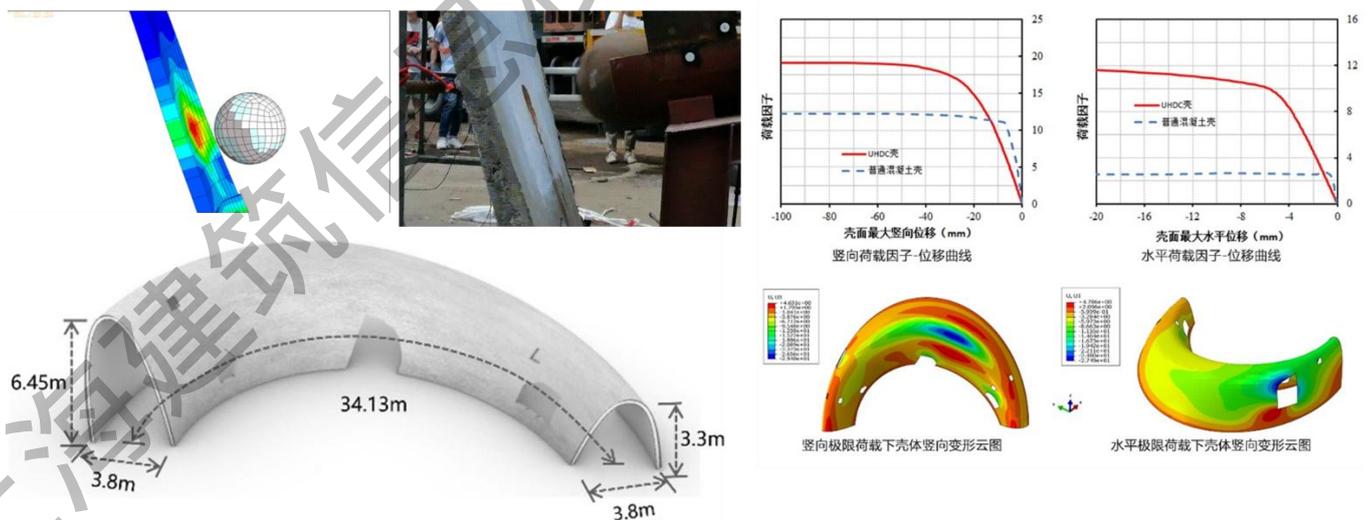


图 3-3 钢球冲击模拟

馆内展厅创新性地采用单层 3D 打印模板+无配筋超高延性混凝土喷射建造工艺，打造位于下沉庭院中的拱形展厅（如图 3-4 所示）。3D 打印模板的新型数字建造工艺、能够实现精度高、重量轻的快速高效搭建模板、配合喷射混凝土工艺，实现异形拱壳结构的数字化精准建造。

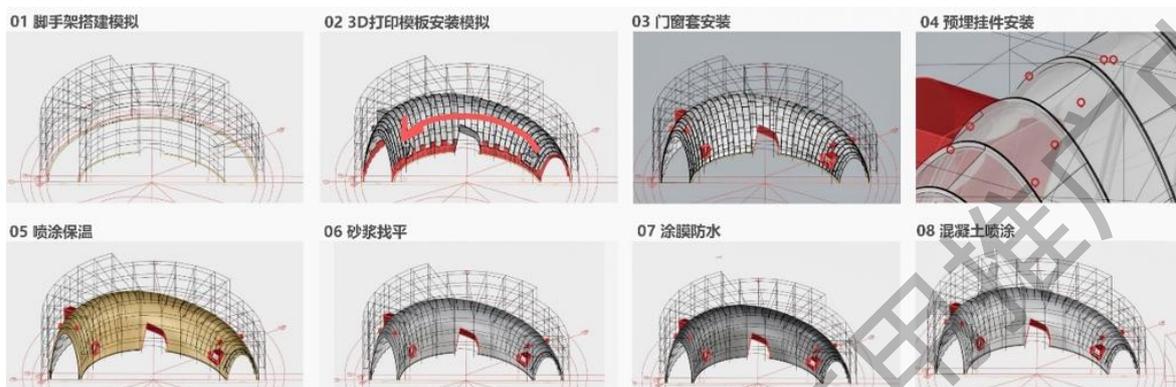


图 3-4 钢球冲击模拟

3.2 “手工打磨”的蝶恋花—平衡建筑美学与结构力学

世纪馆占地面积约 2 万平方米，高 15 米，其最大的特色是一个模拟中华虎凤蝶的拟态建筑（如图 3-5 所示）。如何将蝴蝶的轻盈舒展与钢筋混凝土的厚重相结合，是该项目最大的挑战。为了完美地平衡建筑美学与结构力学之间的碰撞，项目结构设计采用 BIM 正向设计手段，解决屋顶形体推敲的设计难点。建筑专业 Nurbs 找形定方案，直接通过模型与结构专业提资和反提资，再基于结构分析反馈的网格模型（不直接参与三维协同的影子模型），逆向还原参与强协同的 Nurbs 模型。经过 BIM 模型反复找形，确定了屋面拱高、优化曲面与梁的位置关系，保证了建筑立面的蝴蝶翼造型舒展平滑。



图 3-5 世纪馆效果图

世纪馆数字化技术与大跨度连续起拱结构设计，基于数字模型，结构工程师系统性定量力学分析验算，计算结果反馈 BIM 修正造型。反复多次修正中，数字化找形过程实际上更像是逐层递进的“手工打磨”，壳体逐渐演变为指标均好的“定型”。数字验算的 280 米跨度，平均 250mm 厚度的自由曲面预应力混凝土薄壳（如图 3-6 所示），成就了“中国最大”的蝴蝶型建筑。

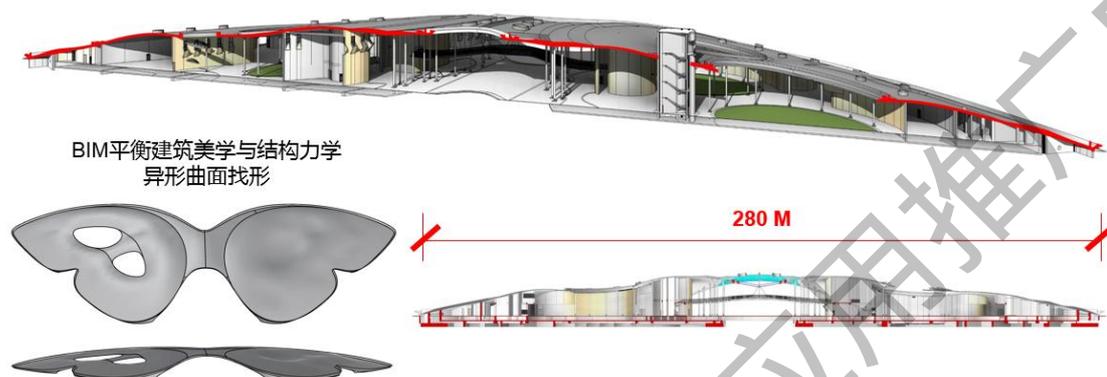


图 3-6 自由曲面预应力混凝土薄壳

世纪馆在设计过程中基于 BIM 集成化技术的优势，进行多维度综合管理（如图 3-7 所示），包括全专业设计协调、优化设计方案的模型论证以及伴随设计的 BIM 审图等，为后续的建设节省了大量的沟通协调成本。

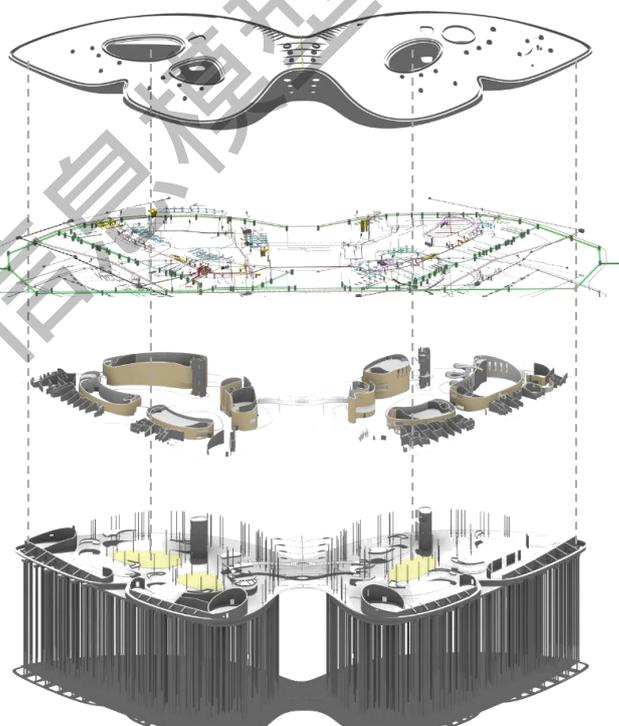


图 3-7 模型结构

为实现屋面大面积的覆土设计，BIM 对其混凝土壳进行了坡度分析以及覆土深度差值分析，以满足覆土深度要求。如图 3-8 所示，为屋顶坡度分析图，不同的颜色代表不同的坡度区间，从分析结果可以发现，屋面坡度从两翼到拱顶逐渐减小，高度越高坡度越趋于平缓。通过屋顶覆土深度差值分析图，埋深直观地表达了屋面的整体的覆土情况，并据此进行优化混凝土板的厚度。

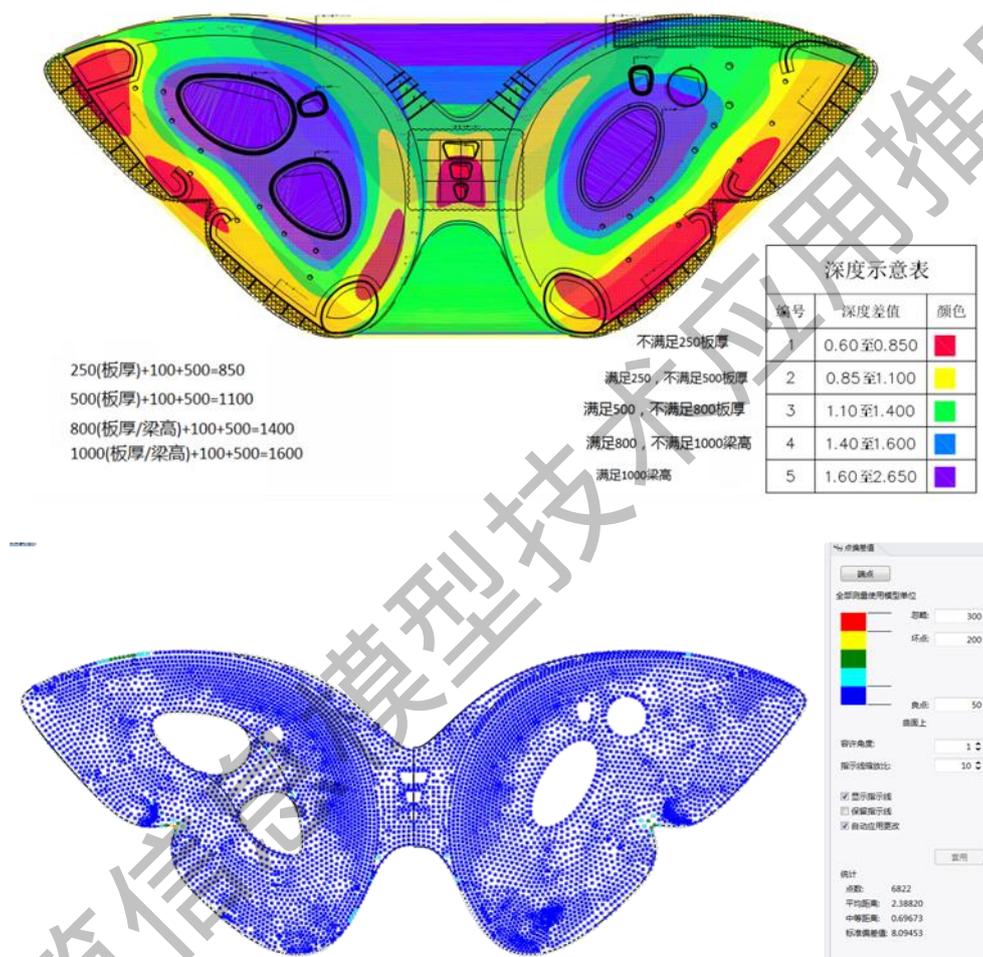


图 3-8 屋顶坡度分析图

BIM 伴随设计流程从扩初阶段至施工图审图阶段实施全专业设计协调工作，形成了多专业协调模型（如图 3-9 所示）以及阶段性的问题报告。土建方面聚焦竖向构件的定位复核、调整了竖井的合理性，开展了对屋面排水沟、外部导墙、女儿墙的优化设计，协调了景观与建筑、结构之间的关系。机电方面，为营造纯净的空间，消隐机电管线，项目在地下-1.5 米的空间内设置设备夹层，配合上部使用将管线下穿，最大限度地节约了空间占用。

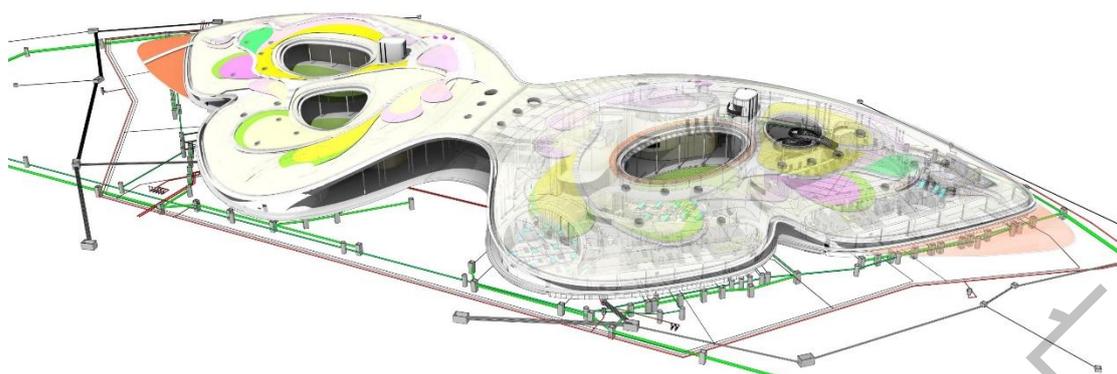
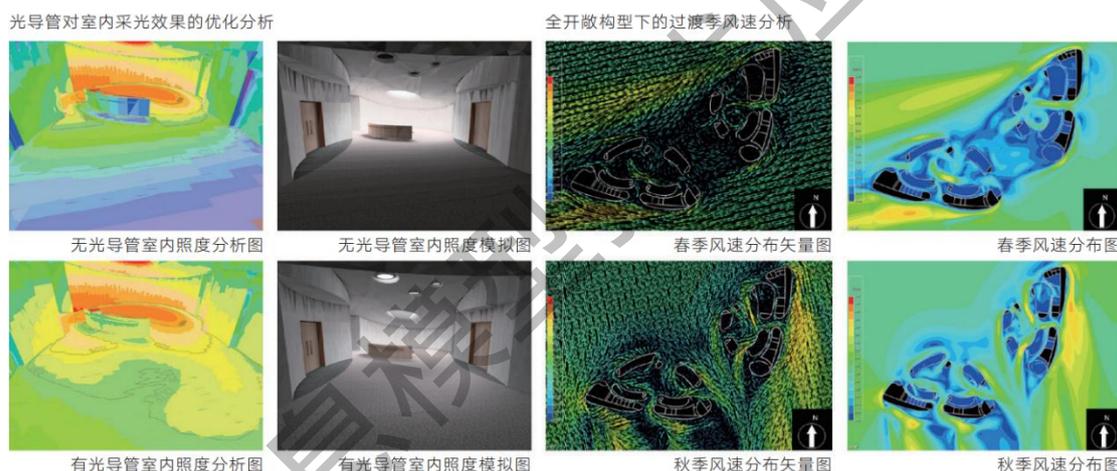


图 3-9 协调模型

世纪馆是异形仿生覆土型花坡建筑，采用了基于 BIM+ “以被动引导主动” 的绿色技术，让这只彩色的蝴蝶拥有着一副“绿色”的身心骨架（如图 3-10 所示）。项目设计完成获得了中国绿色建筑三星标识、美国 WELL 建筑标准的预评



金奖。

图 3-10 建筑性能分析图

3.3 不同寻常的“中国潮”

复兴馆是本届花博会规模最大的主题永久场馆（如图 3-11 所示），建筑面积 3.7 万平方米，高 18 米，造型采用中国传统折纸的概念，高低起伏、错落有致，宛如一张可以折叠的薄纸，使得整个建筑屋面显得轻盈舒展。

复兴馆设计的最大难点在于其造型复杂、连续起伏的超长大屋面。将折纸艺术从纸面复刻到建筑屋面（如图 3-12 所示），不仅需要多专业间的多轮次协调，还需要考虑多种材料交叠、多种退距原则、结构布置限制等多种因素的限制。因

此，复兴馆采用全过程伴随式 BIM 正向设计，通过技术手段克服多因素限制，以达成设计目标。



图 3-11 复兴馆效果图

• 感性 & 理性

1. 感知与共鸣
2. 理性重塑
3. 回归感性

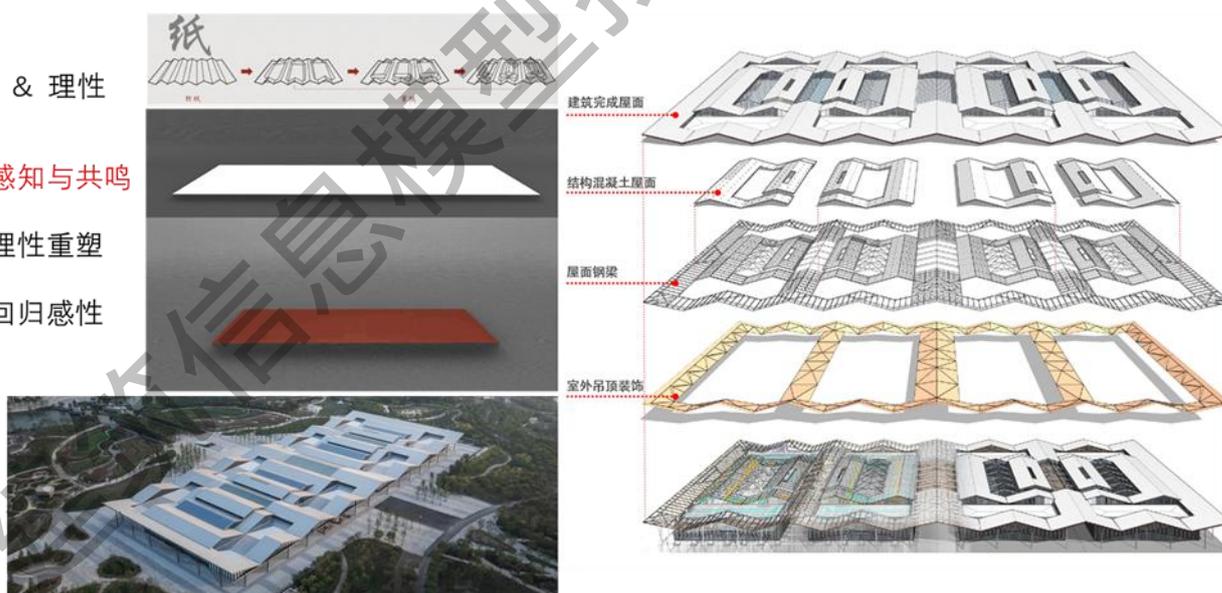


图 3-12 折纸屋面图解

针对不同材料厚度、排水功能、龙骨大小等，BIM 精细化设计打造完美平整的折纸屋面（如图 3-13 所示），精准定位不规则的钢梁结构，并模型直接对接钢结构深化设计（如图 3-14 所示），保证原创作品完美落地。

屋面设计优化

完美平整的建筑屋面 VS 不规则的结构钢架

多因素决策——多种退距原则 屋面做法

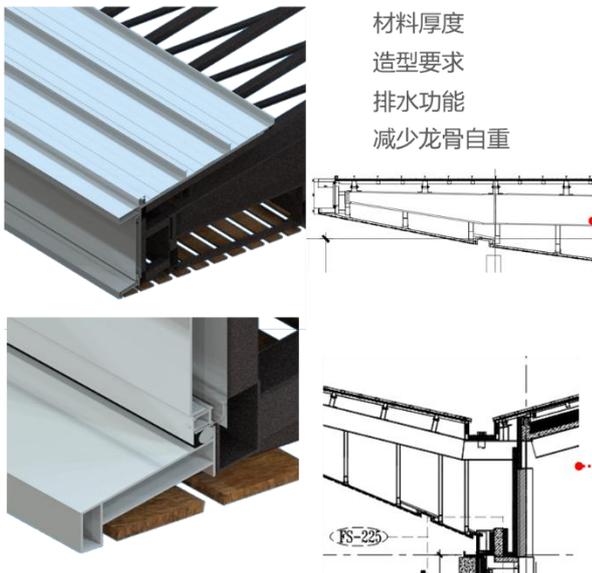


图 3-13 屋面设计优化

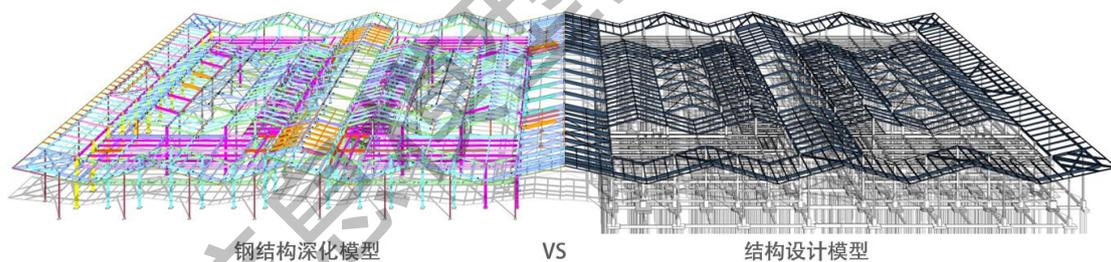


图 3-14 辅助结构设计优化

4. BIM 技术应用效益与测算方法

花博会项目，是国内首个碳中和园区和双碳达标最佳示范案例。2021年7月，获得由环交所颁发的“碳中和示范园区证书”。围绕“生态办博、创新办博、勤俭办博”的理念，BIM技术的可持续效益全过程贯彻本项目的的设计、建造与运维阶段：

1. 复兴馆利用波澜壮阔的屋顶造型，集中布置太阳能光伏发电系统，基于BIM模型同时满足原创造型要求的天窗光伏一体化设计以及基于模型模拟最佳日照

角度，充分利用日照资源，预测 20 年生命期内，平均每年发电量 11.4 万千瓦时，每年减少碳排放 100 吨。

2.复兴馆作为园区最大的永久场馆，设计阶段基于模型多方案论证会后场馆的布局，根据会后方案在钢柱预留节点板，预留洞口，为会后改造节省资源。

3.利用 BIM+GIS 技术建立基于 WEB 端的苗木模型库，分区域、种类对所有苗木进行统一管理。每棵苗木拥有独立的编码信息，满足苗木从采购进场到运营维护的全生命周期管理需求，为碳汇计算提供了数字化的追踪方式。

5. BIM 技术应用推广与思考

本项目对上海市 BIM 应用指南和标准进行了实践和深耕，形成了一整套的 BIM 管理方法、流程和制度，对大型园区类公共建设项目具有借鉴及可复制性意义：

- 通过不断地摸索 BIM 与设计融合的方式，采用以建筑主导的各专业自主 BIM 协同设计模式，实现了更高效、更实际地将 BIM 融入传统设计院的组织模式。
- 通过剖析原创设计的痛点、难点，重点关注原创建筑设计的“品、质、控”三个方面，以 BIM 技术作为统筹管理的手段，从构造细节上控制到专业间协同把控，全方位服务原创设计，使原创方案精准落地，将成为构建数字孪生城市中重要的数字资产。
- 该方案运用的精细化设计管理模式是站在设计师的立场，以真正解决设计问题为出发点，结合团队多年的项目经验，总结的 BIM 应用于原创设计中的角色变化，并寻找到最有利于项目本身的设计模式，对设计院原创设计项目有很强的借鉴意义。

八、基于 Python 的体育建筑内场空间智能生成

1. 项目概况

随着我国体育场馆建设的蓬勃发展，催生了体育建筑设计走向高质量、精细化设计的方向。竞技功能是专业体育场馆的核心，场馆内部均以观众围绕比赛场地的方式来观赏比赛，如图 1-1 所示。这些看起来似乎千篇一律的内场空间实则千变万化、各不相同；尤其对于顶级标准（FIFA、NBA、FINA 等）的场馆要求更是极为苛刻。所涉及功能流线、座席容量、场地大小、包厢数量、视觉质量等等都是重要的设计要素，会强烈影响未来的使用品质与感受。

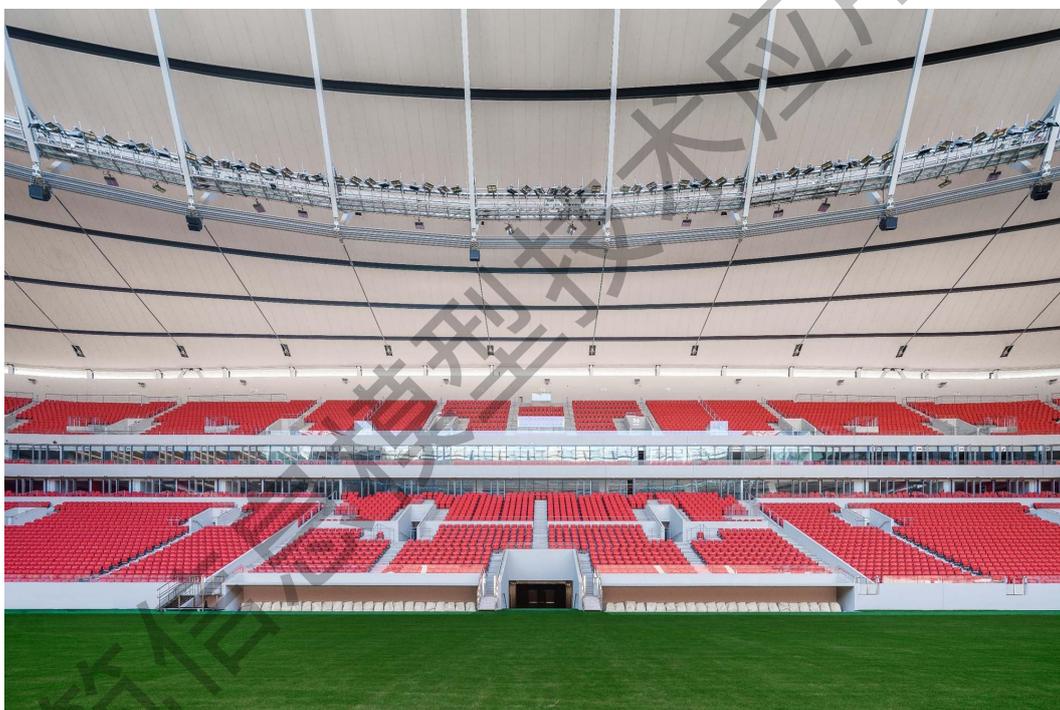


图 1-1 足球场场内意向图

传统的工作方式以 Excel 中输入公式计算或以画法几何的方式在 cad 软件中进行典型断面设计。这些方法并未将数据与图形联动，并且由于观众看台是三维空间的，各个位置与角度均需要考虑，利用传统的二维方式无法全局掌控，造成设计上的反复调改，如图 1-2 所示。

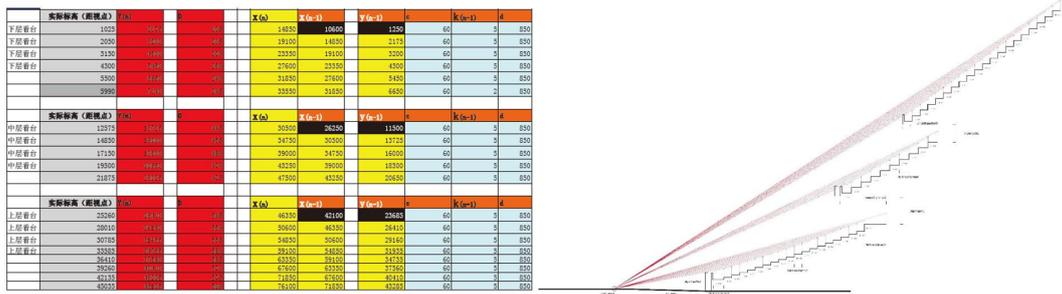


图 1-2 表格算法与典型画法

本方案以 Python 语言和 Rhino、Grasshopper 为平台，开发出一套专门针对体育建筑内场形态生成、优化的插件，目的是通过 Python 编程预先设置好体育建筑内场的各组成部分生成逻辑，在后续使用过程中只需要输入对应参数便可以快速生成内场形态。提供从设计到输出二维图纸的一站式操作，减少工作时间及人员配置的同时提高设计准确性与合理性，如图 1-3 所示。

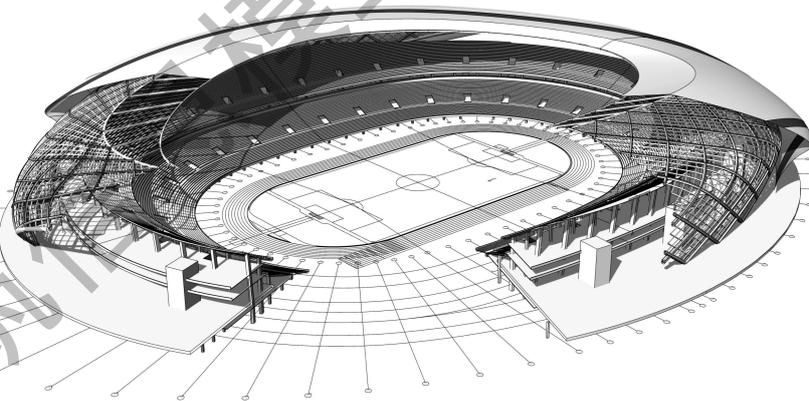


图 1-3 Python 生成结果

2. BIM 技术应用概况

2.1 应用场景

该技术可广泛应用于综合田径场、专业足球场、体育馆、游泳馆、网球场等多种类型场馆。对于不同的组织机构的标准差异，可以支持用户修改参数。例如：国际标准足球场地尺寸为 $105\text{m} \times 68\text{m}$ ，FIFA（国际足联）要求边线缓冲区最小距离为 5m ，而 UEFA（欧足联）要求为 4m 。用户可以通过输入不同的参数轻松调整，以进行后续设计。

对于部分非最高标准比赛要求或满足公众日常健身娱乐项目的设计亦有很好的支持。例如：FINA（国际泳联）要求比赛标准泳池为 $50\text{m} \times 21\text{m}$ ，8 泳道，但非比赛的低级别泳池可以设置为其他尺寸，在插件中亦有很好的支持。

2.2 应用策略

通过利用 Rhino 与 Grasshopper 的三维设计与参数化平台，结合 Python 语言的编程，利用算法与算力系统性地解决体育建筑内场设计问题，如图 2-1 所示。所有计算逻辑封装在内核，外部 UI 界面将软件中的通用语言转译为设计师熟悉的“看台层数”、“C 值”、“排宽”等设计用语，提高操作中的效率。软件根据输入参数做出实时反馈的三维模型与分析数据，供设计师研判。



图 2-1 应用软件与生成结果

2.3 技术路线

由常规设计思路与经验出发,通过总结设计流程与各部分技术要点后进行汇总与代码逻辑的整体架构部署,如图 2-2 所示。协调各功能模块的数据传递关系与输出结果。架构部署完成后,进行各功能模块的脚本编写,之后进行联动测试分析。

通过设计流程与体育建筑的内场空间元素拆分处理,形成了比赛场地、场芯轮廓、轴网、看台部分、座椅配色、视觉质量评估、功能房间、输出系统共 8 个组成模块。通过模块建的相互连接实现智能生成。

在逻辑验证阶段需要大量案例进行兼容性测试,用来扩充功能的广度与精度,并协调修正各个模块间可能出现的传输错误。

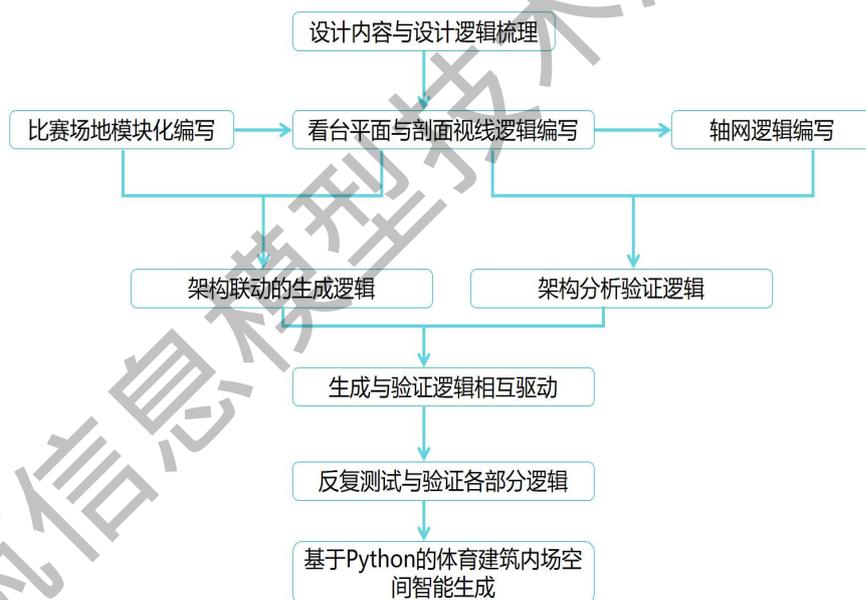


图 2-2 技术路线逻辑示意图

3. BIM 技术应用成果与特色

在某 6 万座专业足球场项目方案设计中,赛事标准与专业要求,从场芯进行

轮廓推算到最后的看台性能分析与成果输出全部依靠本软件完成,如图 3-1 所示。

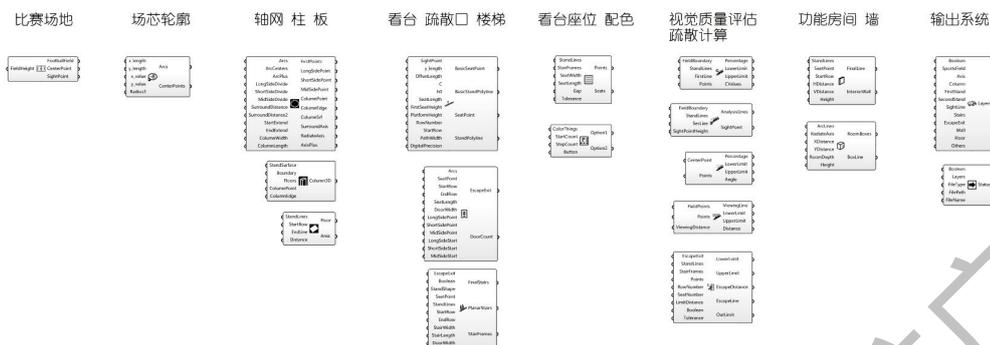


图 3-1 功能模块示意图

3.1 场芯设计

利用比赛场地运算器模块,在 Grasshopper 中通过参数修改快速实现满足国际足联(FIFA)标准的场芯轮廓尺寸、标高设置与视点选择。再根据设计需求,利用场芯轮廓运算器输入端的参数设置,兼容数据库中类似案例的比对,完成场芯矩形倒角轮廓的设置,为接下来看台设计提供基础,如图 3-2 所示。

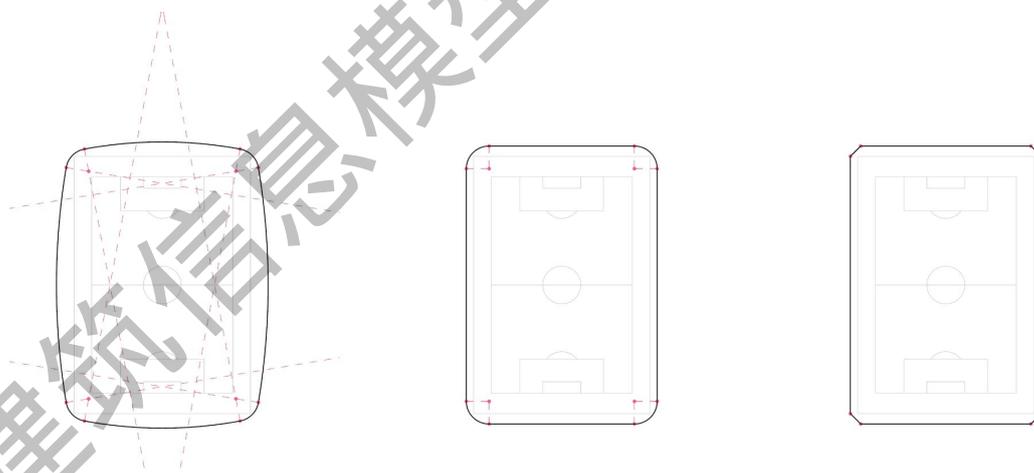


图 3-2 场芯轮廓的筛选比对

3.2 看台设计

在场地与场芯轮廓运算器后接入看台设计运算器,利用上一步的成果继续参与设计运算。根据 6 万座坐席规模,将看台分为高、中、低区三层看台形式,其

中中区看台后接入 VIP 贵宾包厢与看台，如图 3-3 所示。

利用看台运算器可以轻松实现 C 值、排宽、首排据地高度、各层看台高度与水平距离等 100 多项设计取值的联动。在经过生形、比对分析、调整、再验证的步骤后，完成看台的初期设计。

在精细深化步骤中，利用轴网、疏散口、台阶、栏杆栏板、座椅配色运算器，快速完成基于目前看台模型的细化工作。

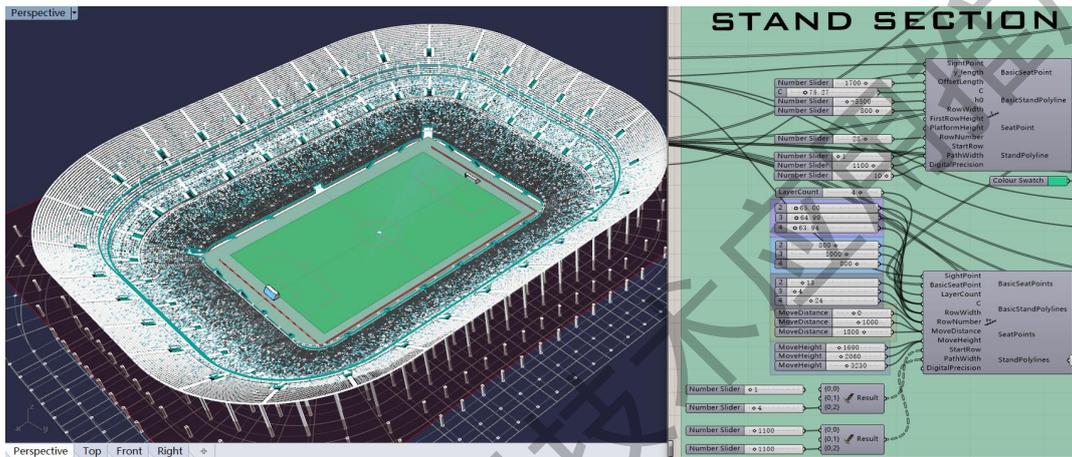


图 3-3 看台生成与细化设计

3.3 视觉质量评估

基于上一步骤操作，实现从看台到疏散口、座椅排布的设计成果。座位专业场馆，视觉质量评估涉及 C 值、方位角、俯角、视距诸多考量标准并需要评估到每一个座位的视觉质量，如图 3-4 所示。

通过预先设定的评估运算器，可以便利地展示视觉质量评估的各项成果，此成果包含图形、数据两大方面。利用成果对设计提出修正指导。

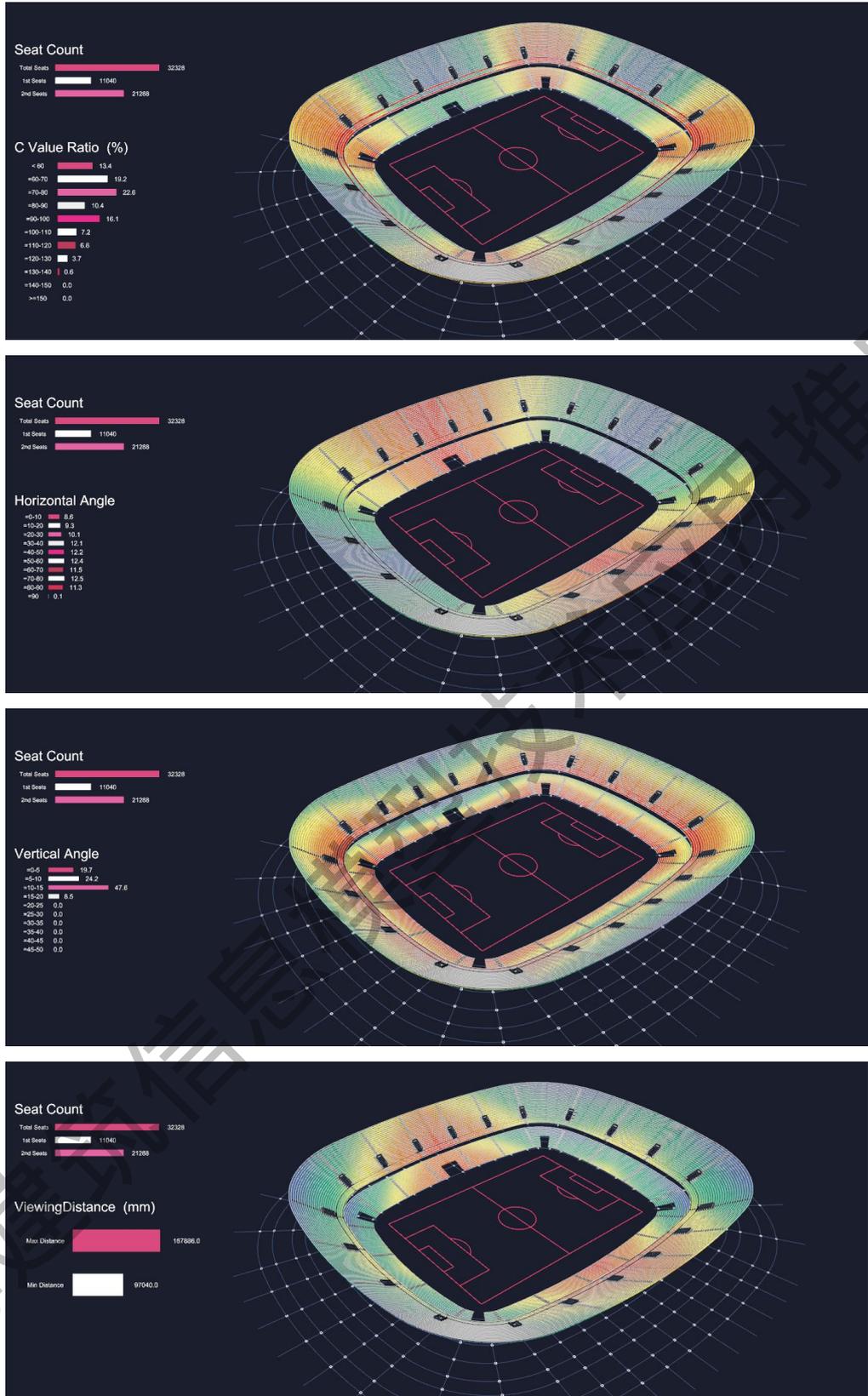


图 3-4 视觉质量评估成果

4. BIM 技术应用效益

BIM 技术的高度使用，提升了设计品质与设计效率，与传统的 BIM 应用技术相比，本方案着重打造专属于体育建筑内场空间的专项算法，依托算法逻辑的计算能力与联动性实现生成与评估，极大地减少了人为手工操作的步骤及过程中产生的人为错误与精度损耗的问题。

作为面向未来的专业化设计软件，应用效益着重表现在以下三个方面：

4.1 提效

通过算法实现的三维设计与数据驱动成眠的人机交互，缩短传统手工二维绘制或三维手工建模的时间，降低反复修改的几率与修改时间。成倍提升设计效率。在使用过程中，将设计师的注意力集中到设计本身，降低软件操作中的思维转换过程，满足“所想即所得”的愿景，提升设计效率。

4.2 服务

每一次使用与设计参数将保留，并支持参数的录入。长期积累过程中形成专项数据库。设计经验由不易于归类总结的图纸转为易于计算机识别与存储的参数数值。利用数据库的积累，调取相匹配的规模、等级案例进行分析，根据赛事与业主、运营需求进行定制化设计。

4.3 赋能

充分利用数字化思维与方法促进设计方式的升级转型，为设计过程与设计人员赋能，培养新型设计人才，提升设计品质。

5. BIM 技术应用推广与思考

伴随着大数据科学与人工智能的兴起，建筑设计行业的数字化转型已经到来。目前已经有很多先行者在设计的不同领域进行开拓创新并取得了意想不到的成绩与启发，例如：通过 NLP 自然语言处理算法将设计规范转译为计算机可识别、可判定的代码逻辑，用以施工图设计和 AI 审图；通过算法解决住宅的强排问题或车库自动停车位的问题；通过对城市设计中街区尺度、亲密度、活力

度等因素的考虑生成三维模型；通过对办公室的日照、温度、湿度、人行流线等因素的综合计算自动排布工位；对于机场航站楼的构型与多方案比较；超高层核心筒排布与利用效率分析等等，呈现出非常具有创新性的多维度思考、创新研究趋势。

面向未来的建筑设计，会有更多利用跨学科知识能力来解决建筑设计中的种种难题的案例，建筑设计的智能体工具将在未来承担更多的工作。

伴随着科技不断进步，网络的发展与算力的大幅提升，在移动端与线上工作将成为主流趋势。届时，设计师们将不再依赖于台式机或工作站进行创作，地理位置的差别将进一步缩小。当设计工作的平台由本地转向线上或移动端时，设计软件、设计算法的网络化与云端化也必然增强。即：将算法嫁接到网络云端，利用 WebGL 技术在网页端即可浏览、编辑操作三维模型，而无须本地安装相应的软件，进一步扁平化软件壁垒以及文件格式问题。

希望不懈的努力能够为推动建筑设计的数字化转型做出贡献，能够利用科技的力量为更多设计师与项目创造出更大的价值。

九、基于 BIM 的超浅覆土盾构隧道数字化监测管理系统



图 1-1 效果图

1. 项目概况

1.1 背景情况

大城市的隧道建设不可避免地遇到房屋拆迁、管线搬迁、交通组织等难题，相关的工作的协调难度不断增大。超浅覆土盾构技术是一种创新的技术手段。较传统盾构隧道，超浅覆土盾构隧道最大程度增加了盾构段长度，甚至可以做到无工作井。可带来优势主要有：充分发挥了盾构法扰动小、速度快的优势，提高了隧道的预制化率，节约了成本和工期，明显地改善了隧道施工对周边环境的影响，从根源上缓解用地拆迁、施工扰动等带来的一系列社会和经济问题，推广“低碳环保、绿色隧道”的理念，如图 1-1、1-2、1-3 所示。

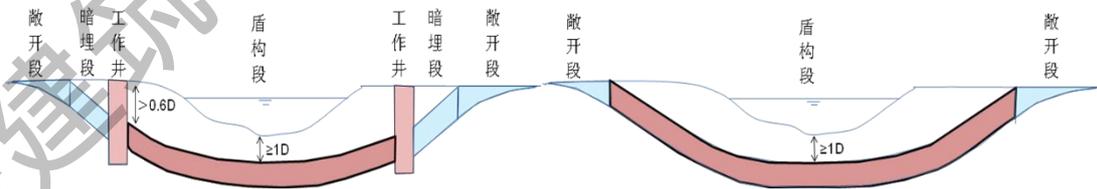


图 1-2 常规越江隧道纵断面示意图

图 1-3 超浅覆土盾构隧道纵断面示意图

但超浅覆土盾构技术在软土地区实施，具有一定的挑战。小半径、急曲线、下穿、侧穿等难题。盾构施工经历风险点时，若设备选型或施工参数选择不当，

容易引起地面沉降、防汛墙、桩基及建构筑物沉降偏大、管线破损、河底坍塌、盾构姿态超标、盾尾渗漏等事故。因此，对于超浅覆土盾构隧道的施工风险管提出了更高的要求。

1.2 工程概况

龙水南路越江隧道新建工程西起徐汇区的龙水南路喜泰北路交叉口，工程分南、北两线，北线至浦东新区海阳西路耀龙路交叉口，全长 1781m；南线至浦东新区高青西路耀龙路交叉口，全长 2331m。隧道在 1 号工作井以西，采用 14m 外径单管双层盾构越江，在 1 号工作井以东，转两个 11.36m 外径小盾构，南线接高青西路，北线接海阳西路，如图 1-4、1-5、1-6 所示。

本工程采用超浅覆土盾构隧道技术，盾构直接穿越前滩大道，不影响其交通和管线。明挖段长度减小，大幅节省了工程工期和造价，最大程度降低了隧道施工对学校及周边地块的影响。

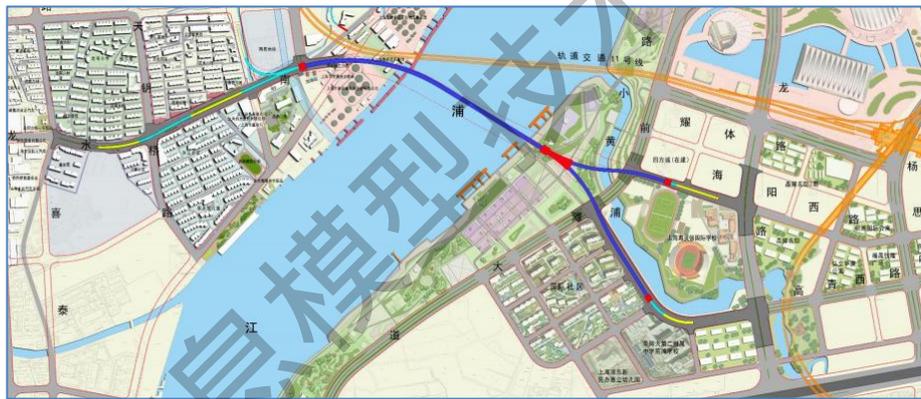


图 1-4 工程总体平面图

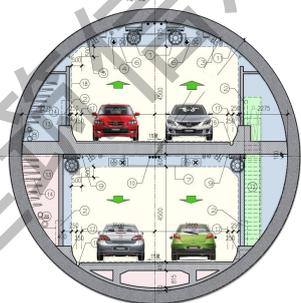


图 1-5 14m 盾构断面

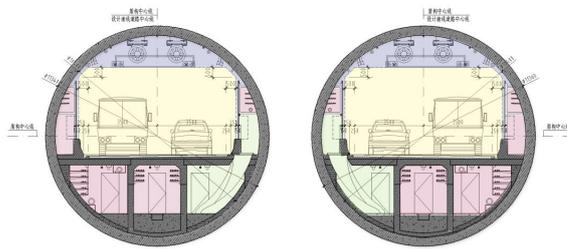


图 1-6 11.36m 盾构断面

2. BIM 技术应用概况

2.1 风险管控难点

(1) 传统工程建设管理在隧道施工风险管控中暴露出的难点和不足：

- **数据不完整：**程数据不完整，边界条件梳理困难，监测与保护容易产生遗漏；
- **数据不集中：**各类资料散在各地，收集并整合困难，大量的监测数据缺乏统筹；
- **响应不及时：**盾构施工中的数据传递不及时，导致应急响应速度慢，容易造成疏忽；
- **科学决策困难：**对风险的判断及对策缺乏有效手段，仅凭经验，后期补救代价高；
- **风险监管难度大：**风险点分布范围广，且随着掘进呈现动态变化，传统方式很难监管到位，易产生管理盲点；
- **多方协调难度大：**多方参与，信息不对称、不直观会增加协调和处理难度。

(2) 隧道工程施工中的主要风险点：

- 浦东盾构段采用超浅覆土盾构法技术，其中南线盾构段工作井处盾构覆土不足 3m；北线盾构段工作井处覆土仅为 1m；
- 盾构下穿前滩大道 DN3000 雨水总管；
- 盾构穿越小黄埔河道及其大堤；
- 隧道出口临近国际学校；
- 盾构临近在建商业地块。

2.2 组织架构

项目组织架构如图 2-1 所示。

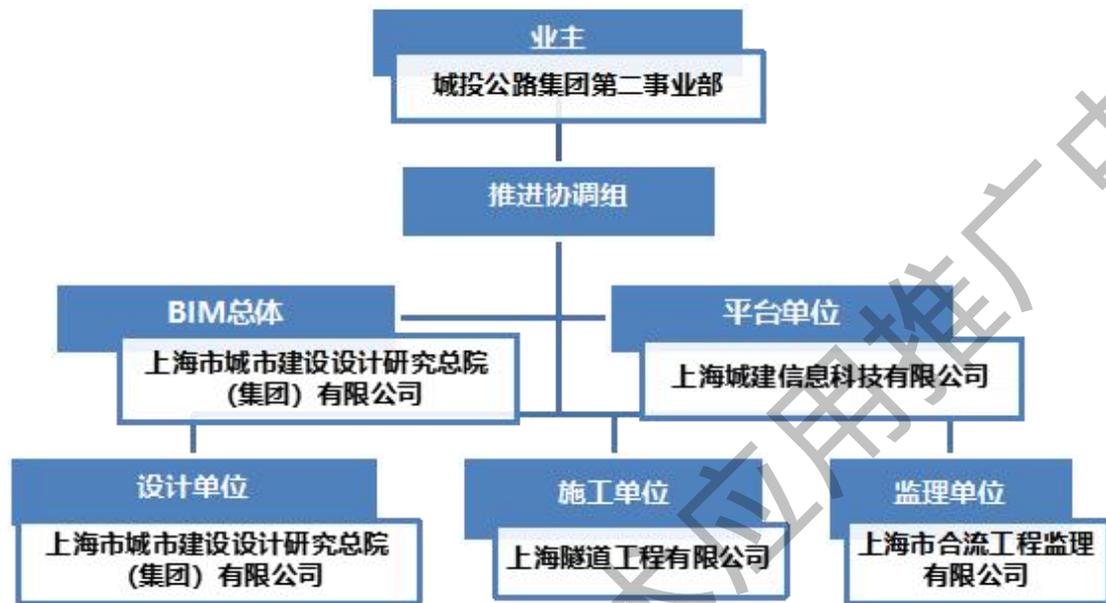


图 2-1 项目组织架构图

2.3 应用策略

2.3.1 数字化监测系统介绍

利用高效的 3D 可视化引擎，整合各类空间数据，为工程各阶段信息和业务管理提供基础；结合 BIM 技术与 GIS、物联网、云计算等技术，打造一套智能、安全、快捷的超浅覆土盾构隧道在线自动化监测与管理系统，为隧道盾构掘进与风险管理提供有效的数据支撑。

通过数据导入及接入实时监测数据并加以清洗、优化和分析，使施工监测数据实时同步至管理平台，如图 2-2 所示，基于阈值算法的超值预警，并通过 BIM 技术在空间和时间维度实现“监控状态可跟踪、监控数据可追溯、主动报警可视化”的监控量测“三可”能力，为超浅覆土盾构隧道施工保驾护航。

2.3.2 数字化监测系统架构

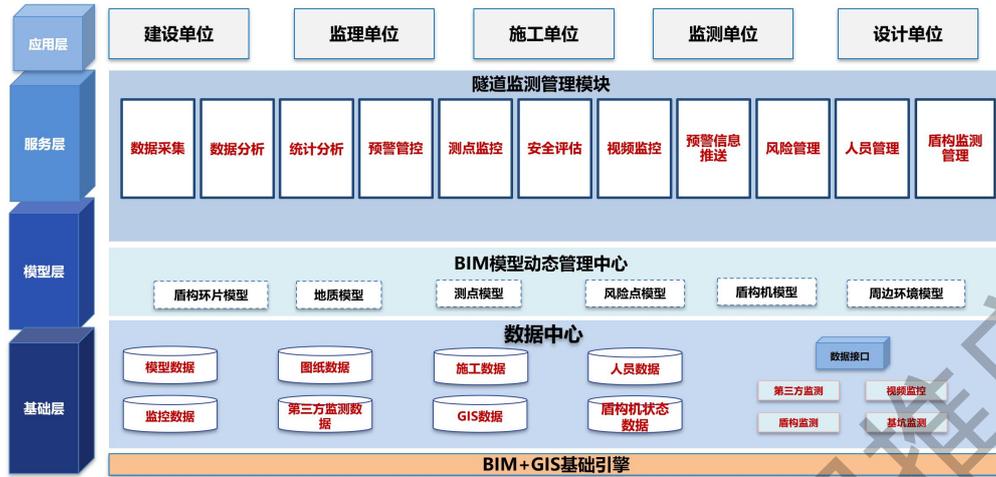


图 2-2 数字化盾构隧道监测平台架构图

2.3.3 数字化监测系统基本功能

数字化监测数字化检测基本功能及描述如表 2-1 所示。

表 2-1 数字化检测基本功能及描述

	基本功能	功能描述
1	自动监测	自动检测盾构掘进沿线的变形和结构安全性，一旦超过阈值，系统立即报警
2	数据采集	支持数据自动化采集的同时，支持人工数据导入，实现自动化数据与人工数据相融合
3	盾构监测	系统实时记录盾构机状态、当前环号、推进速度、刀盘转速、总推力、切口水平偏差、切口垂直偏差
4	分析与统计	图表反映测量点数据变化，统计分析监测点报警信息，并分析历史报警原因
5	应急响应	系统内置分级应急响应通讯录，一级、二级、三级响应对应不同的响应单位
6	视频监控	接入盾构内部监控视频，实时掌握盾构机内部运作情况，盾构机操作人员情况
7	数据追溯	根据现场要求，远程无线传输至服务器，支持网页端和 APP 端随时查询现场数据

3. BIM 技术应用成果与特色

3.1 数字化监测前期工作

3.1.1 工程数字环境搭建

采用无人机对工程环境进行采集。高精度影像结合模型，真实反映工程地面现状，如图 3-1 所示。

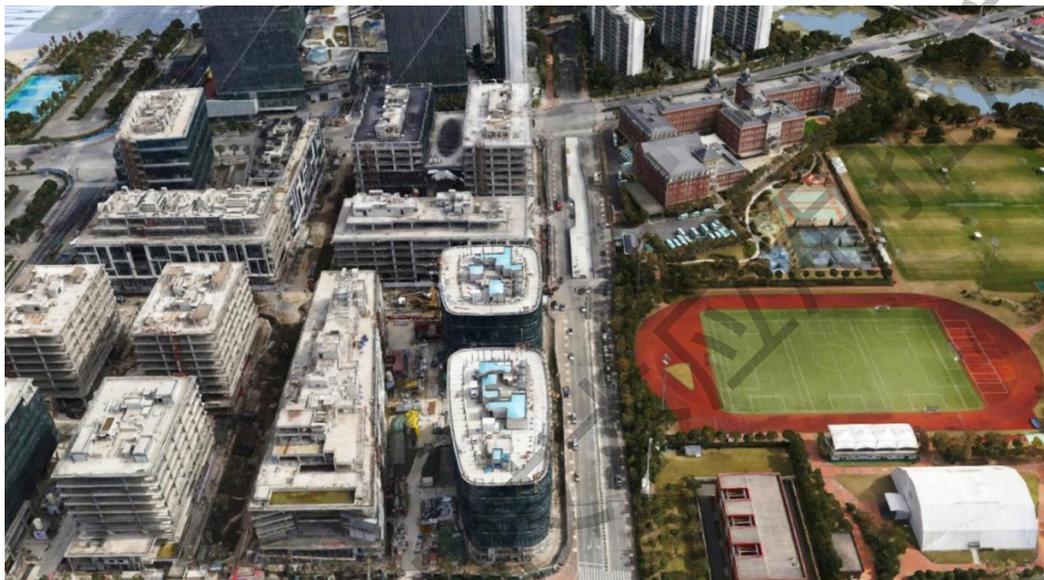


图 3-1 工程周边环境倾斜摄影

3.1.2 创建 BIM 模型并整合

建立 BIM 模型，模型的拆分与工程分部分项尽可能保持一致。将各区段、各专业 BIM 模型整合，所有模型成果在平台中集成，如图 3-2 所示。

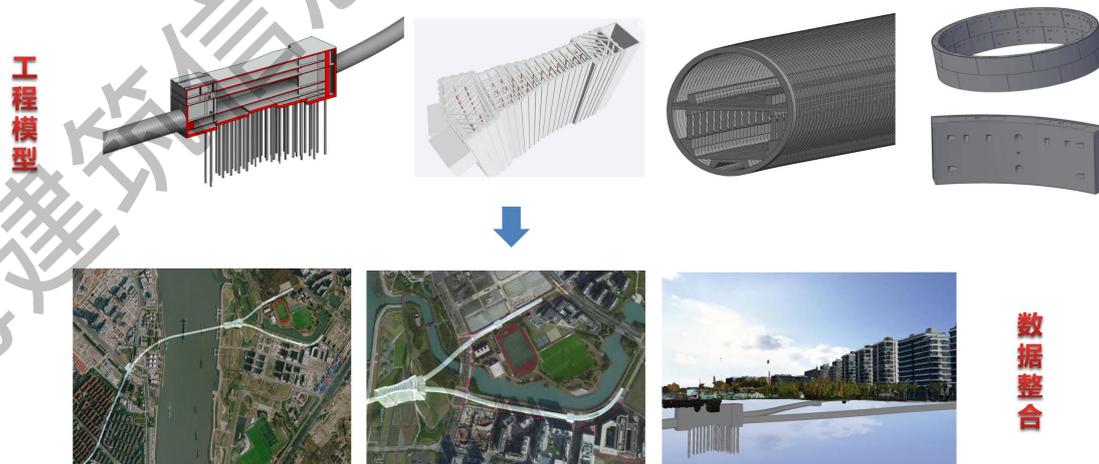


图 3-2 模型创建与整合

3.1.3 工程进度任务分解与进度关联

进度管理实现盾构掘进计划的精细化管理过程，总计划、年、季、月 WBS 工程筹划进行查看、跟踪和管理。通过 WBS 与 BIM 模型进行关联，根据工程实际进展情况填报进度，可视化展示工程进度，如图 3-3 所示。

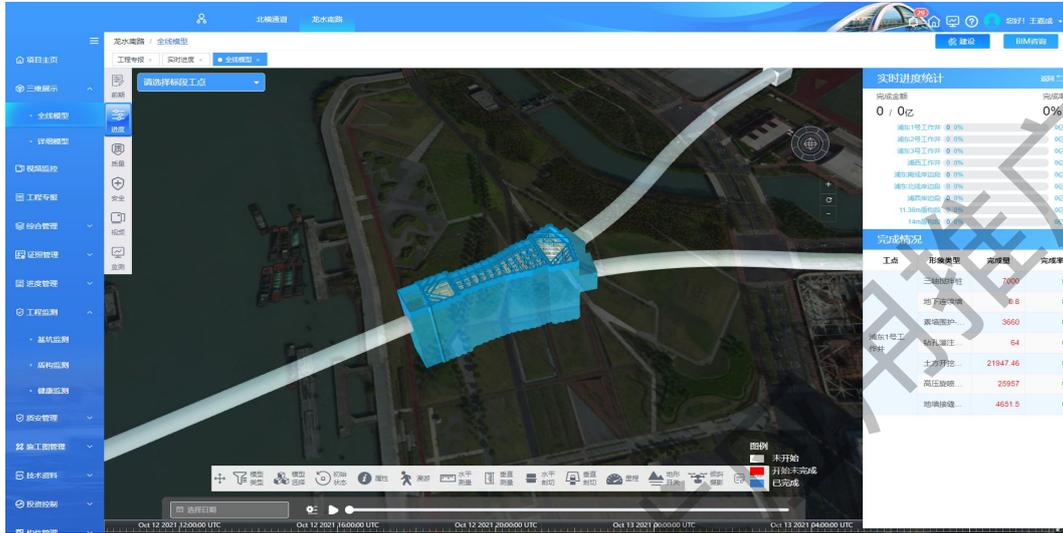


图 3-3 工程进度信息录入并与模型关联

3.1.4 风险点与监测点布置及相关措施

在超浅覆土隧道沿轴线方向每隔 3 环布置一个测点，洞口段每隔 10 米设置 1 个沉降断面，每个断面设 9 个监测点，施工过程中提高监测频率，确保每天监测不少于 4 次，如图 3-4 所示。

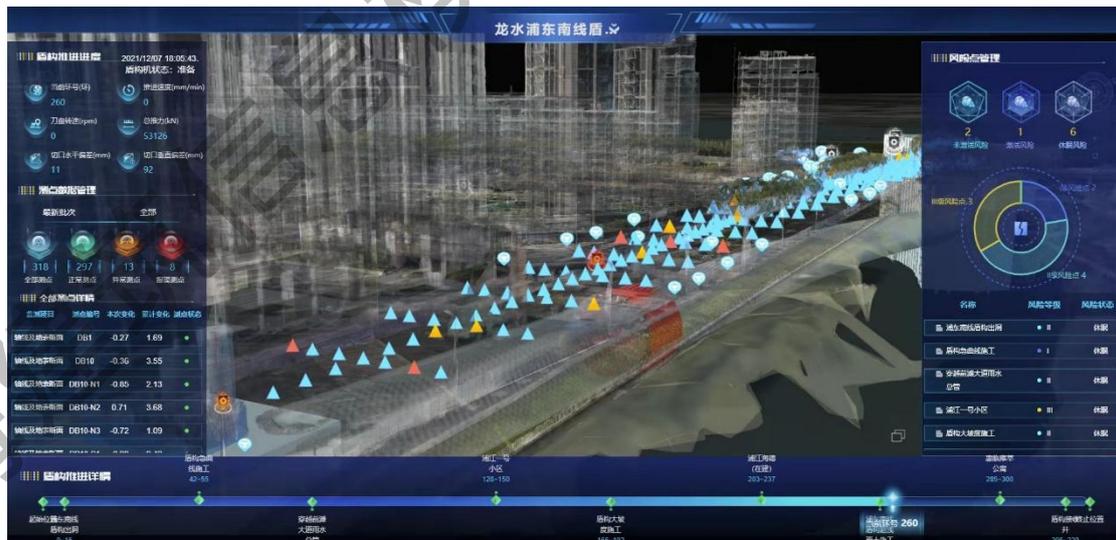


图 3-4 监测点信息录入并与模型关联

3.1.5 数字化监测与风险管理一体化

基于数字化监测平台开展隧道掘进动态环境监测及风险管控。通过预设的进

度信息，平台自动激活潜在的风险点，通过平台进行风险提示，并关联危大方案；点选沿线监测点即可获悉沉降监测点的数据详情，直观了解沉降数据变化，根据监测曲线辅助分析沉降趋势；在遇到沉降数据异常时，平台会及时报警，通过信息推送给相关人员，并提供应急预案；除了沉降监测，周边及有关先监测数据也可做到实时跟踪，如图 3-5、3-6、3-7、3-8 所示。



图 3-5 下穿既有管线风险点提示

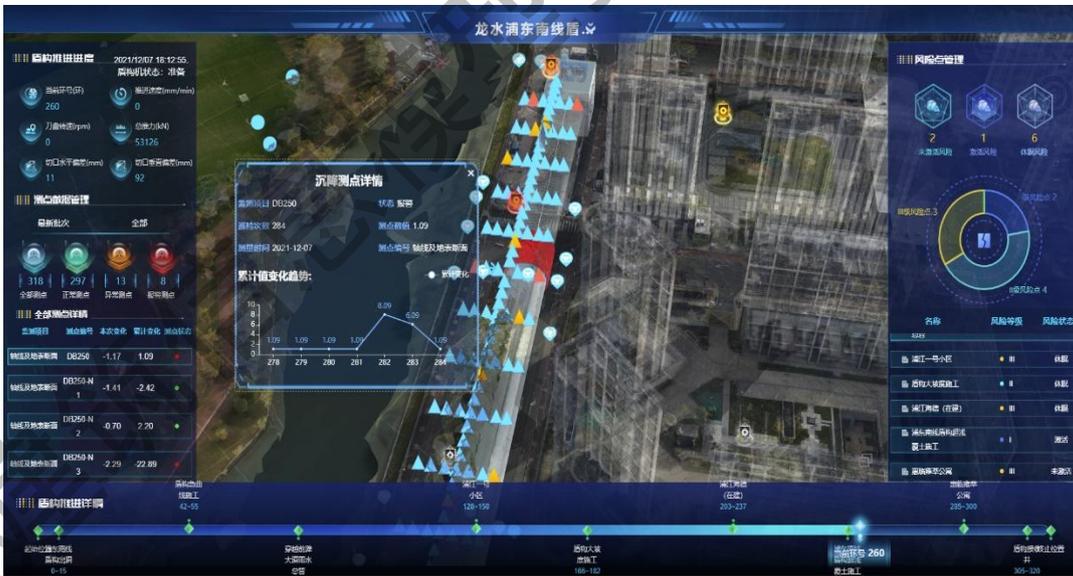


图 3-6 沉降监测数据变化查询



图 3-7 沉降值异常预警

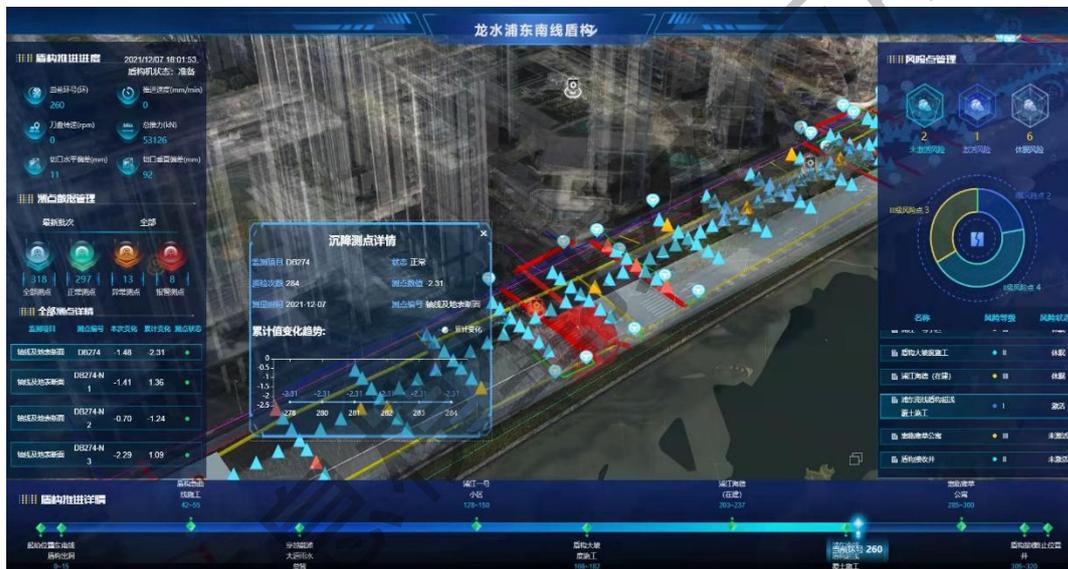


图 3-8 既有管线监测数据实时监测

3.2 数字化监测特色介绍

3.4.1 监测数据集成

工程监测情况结合全线模型可视化展示，不同类型监测点准确定位，优化三维交互，便捷查询测点详情，实时计算监测数值变化按趋势，异常情况突出预警。

结合标段监测方案和监测日报预览，全方位、多角度展示基坑周边工程监测情况。集成不同批次的监测数据进行，点击测点即可查看近期监测的变化情况，帮助直观了解各类监测项目的变化趋势，如图 3-9 所示。



图 3-9 数字化盾构隧道监测平台界面

3.4.2 盾构掘进实时监测

平台每小时获取最新推进环号，自动刷新平台模型，实时展现盾构推进进度。根据推进进度。可视化分析周边风险源。

平台接入盾构中控室盾构机状态页面，实现盾构数据实时传输，对盾构机运行状态同步查看。并接入盾构内部监控视频，实时掌握盾构机内部运作情况，盾构机操作人员情况，如图 3-10、3-11 所示。

利用无人机，远程、实时掌握工程动态信息，并定期上传云平台，参与各方同步查看。



图 3-10 盾构掘进实时监测界面

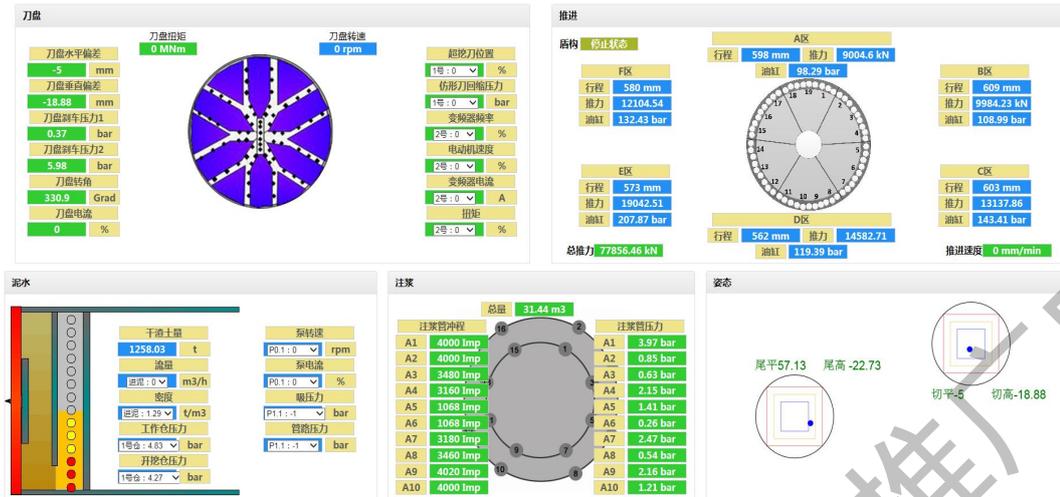


图 3-11 盾构机运行状态实时监测

4. BIM 技术应用效益

(1) 预期效益:

- **成果更直观。**在线轻量化展示，通过模型集成周边地理信息和建筑，直观地体现盾构掘进中的总体情况；
- **过程更高效。**根据推进进度，每小时自动刷新，获取最新推进环号，自动激活周边相关风险源；
- **协同更流畅。**相关方都能通过可视化、信息化的方式改善沟通和协调效率；
- **响应更及时。**紧急情况发生后，平台操作人员判定响应等级，并将紧急情况和处理措施同步微信推送给相关响应人员；
- **决策更科学。**动态根据相邻建筑、管道、道路等为准确制定应急方案提供基础，通过数据分析，更加全面地评估施工安全。

(2) 实际工程中的效益:

基于 BIM 的超浅覆土盾构隧道数字化监测系统在施工风险管控中的效益主要体现在以下四方面:

- 盾构掘进中 24 小时不间断监测，保障数据连续性、及时性，及早排查安全隐患；
- 监测点历史分析，动态更新风险点，做到提前预警，及时响应，数据积累；

-
- 远程数据无线传输，手机端在线可查，减少人力检查成本，实时了解现场情况；
 - 监测点历史分析展示数据变化轨迹，异常告警提醒，预防事故发生。

5. BIM 技术应用推广与思考

- 数字化监测使超浅盾构施工的风险更可控，该工法“减小地面开挖面积，减少搬拆迁和对周围环境的影响”的优势得以充分体现；
- 数字化手段对风险预警、防范、动态跟进更及时。全面提升城市地下空间及隧道建设的安全性、可靠性；
- 通过工程实践验证了数字化隧道监测的可行性，该平台在上海市在建重大工程中应用，为行业精细化管理提供场景示范。