

上海市建筑信息模型技术应用与发展报告

Shanghai BIM Technology Application & Development Report



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

首届上海市BIM技术应用创新大赛最佳项目案例.....	1
一、大团镇17-01地块征收安置房项目	3
1.1 项目概况	3
1.2 BIM技术应用概况	3
1.3 BIM技术应用成果与特色	9
4.4 BIM技术应用效益及测算方法	18
4.5 BIM技术应用推广与思考	19
二、上海天文馆全生命期BIM应用和管理	21
2.1 项目概况	21
2.2 BIM技术应用概况	22
2.3 BIM技术应用成果与特色	24
2.4 BIM技术应用效益及测算方法	26
2.5 BIM技术应用推广与思考	26
三、上海市胸科医院科教综合楼项目.....	27
3.1 项目概况	27
3.2 BIM技术应用概况	27
3.3 BIM技术应用成果与特色	30
3.4 BIM技术应用效益及测算方法	34
3.5 BIM技术应用推广与思考	36
四、上海交通大学医学院附属瑞金医院肿瘤（质子）中心项目.....	39
4.1 项目概况	39
4.2 BIM技术应用概况	39
4.3 BIM技术应用成果与特色	41
4.4 BIM技术应用效益与测算方法	43
4.5 BIM技术应用推广与思考	44
五、临港重装备产业区H36-02地块项目	46
5.1 项目概况	46

5.2 项目概况	47
5.3 BIM技术应用成果与特色	52
5.4 BIM技术应用效益及测算方法	59
5.5 BIM技术应用推广与思考	61
六、上海市轨道交通网络运营指挥调度大楼	64
6.1 项目概况	64
6.2 BIM技术应用概况	64
6.3 BIM技术应用成果与特色	66
6.4 BIM技术应用效益及测算方法	75
6.5 BIM技术应用推广与思考	75
七、上海市轨道交通17号线工程	76
7.1 项目概况	76
7.2 BIM技术应用概况	76
7.3 BIM技术应用成果与特色	81
7.4 BIM应用效益及测算方法	104
7.5 应用推广与思考	105
八、上海石洞口污水处理厂提标改造工程BIM技术综合应用	107
8.1 项目概况	107
8.2 BIM技术应用概况	107
8.3 BIM技术应用成果与特色	109
8.4 BIM技术应用效益及测算方法	120
8.5 BIM技术应用推广与思考	121

首届上海市BIM技术应用创新大赛最佳项目案例

上海建筑信息模型技术应用推广中心于2018年9月举办首届上海市BIM技术应用创新大赛。本次大赛针对上海地区的优秀项目案例、优秀技术方案、优秀创意以及优秀个人和团队，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、技术方案奖、特别奖（个人奖、团队奖、特别创意奖）三大类，旨在展示上海市推广BIM技术在工程建设各方面应用的优秀成果。其中，项目案例奖注重BIM技术在项目上的深入应用并形成应用效益，技术方案奖注重成熟型BIM关键技术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。

本次附录案例中选取了8个最佳项目案例，这不仅体现了全上海应用BIM技术的深度与广度，还深刻诠释了BIM技术在建造各阶段的巨大作用与潜力。希望通过这些案例成为行业标杆，鼓励BIM更广泛的应用发挥引领、示范作用。

序号	项目名称	主申报单位	联合申报单位	类型	备注
1	大团镇17-01地块征收安置房项目	农工商房地产集团汇慈（上海）置业有限公司	上海城乡建筑设计院有限公司 上海域邦建设集团有限公司 上海凯云建筑工程咨询有限公司	房 建 领 域	施工阶段
2	上海天文馆全生命期BIM应用和管理	上海科技馆	上海建筑设计研究院有限公司 上海建工七建集团有限公司 上海市建设工程监理咨询有限公司		全生命周期
3	上海市胸科医院科教综合楼项目	上海市胸科医院	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 上海建工二建集团有限公司 华东建筑设计研究院有限公司		全生命周期
4	上海交通大学医学院附属瑞金医院肿瘤（质子）中心项目	华建数创（上海）科技有限公司	上海建工一建集团有限公司 华东建筑设计研究有限公司		全生命周期
5	临港重装备产	上海临港新兴	上海建科工程咨询有限公司		全生命

	业区H36-02地块项目	产业城经济发展有限公司	上海建工五建集团有限公司 上海百通项目管理有限公司 同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司		周期
6	上海市轨道交通网络运营指挥调度大楼全生命期BIM应用	上海申通地铁集团有限公司	上海轨道交通十五号线发展有限公司 上海市隧道工程轨道交通设计研究院 华东建筑设计研究总院 上海建工四建集团有限公司	市政/其他领域	全生命周期
7	上海轨道交通17号线	上海轨道交通十七号线发展有限公司	上海市隧道工程轨道交通设计研究院 上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司 上海市地下空间设计研究总院有限公司 上海绿之都建筑科技有限公司 上海同舵建设项目管理有限公司		全生命周期
8	石洞口污水处理厂提标改造工程	上海城投水务工程项目管理有限公司	上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司 上海城投污水处理有限公司		全生命周期

一、大团镇17-01地块征收安置房项目

1.1 项目概况

本项目为浦东新区安置房项目，由农工商房地产集团汇慈（上海）置业有限公司开发，基地位于上海市浦东新区，地块东至南团公路，南至永旺路，西至通流路，北至永晨路。规划总用地面积 40764.5 平方米，总建筑面积：101000.37 平方米，其中地上建筑面积：78312.9 平方米，地下建筑面积 22687.47 平方米。包括 1 幢 16 层高层住宅、8 幢 17 层高层住宅，1 个人防地下车库及其它配套用房。建筑类型为装配式建筑，单体预制率大于 40%。项目目前处于施工阶段。



图1-1 鸟瞰图

1.2 BIM技术应用概况

1、工程范围

1~9#楼（住宅主楼，装配式建筑）、10#楼（配套用房，装配式建筑）、11~13#楼（电站）和地下车库。主要包括：建筑、结构、机电各BIM专业、预制构件深化BIM模型及项目竣工模型等。

2、应用阶段

本项目BIM技术主要应用阶段包括：设计阶段、构件预制阶段、施工准备阶段和施工实施阶段。

3、BIM技术实现目标

通过在本项目上使用BIM 技术和管理手段，提高深化设计图纸的质量，减少图纸中错漏碰缺的发生，使设计图纸切实符合施工现场操作的要求，并能更进一步辅助工程施工管理。预制构件运用BIM技术到达构件厂加工深度。同时应用BIM 技术，建立完整的工程模型和数据库。在本工程中，所列内容必须建立BIM 模型，建立BIM协同管理平台，并利用BIM 模型进行所要求的相关工作。

在预制装配式建筑整个过程中，对各阶段层层把控，并全局统筹协调，保证整个设计、深化施工和现场实施阶段都能相互衔接，保证 BIM 模型延续及数据传递能在各阶段使用。各阶段采用统一的技术标准，包括建模标准、命名规则、协同方式等，保证各阶段 BIM 模型能逐阶段传递，防止各做各的或者重复建模等浪费时间成本的工作。在管理方面采用同一个 BIM 平台进行数据整合、资源共享，并且各参与方在同一个平台进行协同工作。以此并保证各阶段的质量最终到达预期成果。做到“四个同一”：同一家咨询单位、同一套技术标准、同一个 BIM 模型、同一个 BIM 平台。

4、组织结构

本项目以建设单位作为主导方开展 BIM 技术应用。建设单位在工程项目管理中占主导地位，是联系工程项目各参与方的中心，是工程项目的总负责方，是重要的责任主体。建设单位通过 BIM 技术协同平台汇总由不同阶段、不同专业的项目团队提供相关建筑工程信息，消除工程项目各参见单位之间的“信息孤岛”，确保各参建单位能及时快速的获取并反馈各自所需的相关工程信息。建设单位利用 BIM 模型将汇总的各项工程信息进行整理和储存，便于在项目全过程中，信息随时传递共享。

项目组织结构采用项目领导层、项目管理层以及项目实施层的组织方式，采用分层次的协调管理和项目经理负责制的管理体系来实现组织保证，明确各机构职责，建立工程建设过程中的各项 BIM 管理制度，确保在 BIM 技术的协同下工程圆满、顺利完工。具体 BIM 项目管理组织结构如下图 1-2:

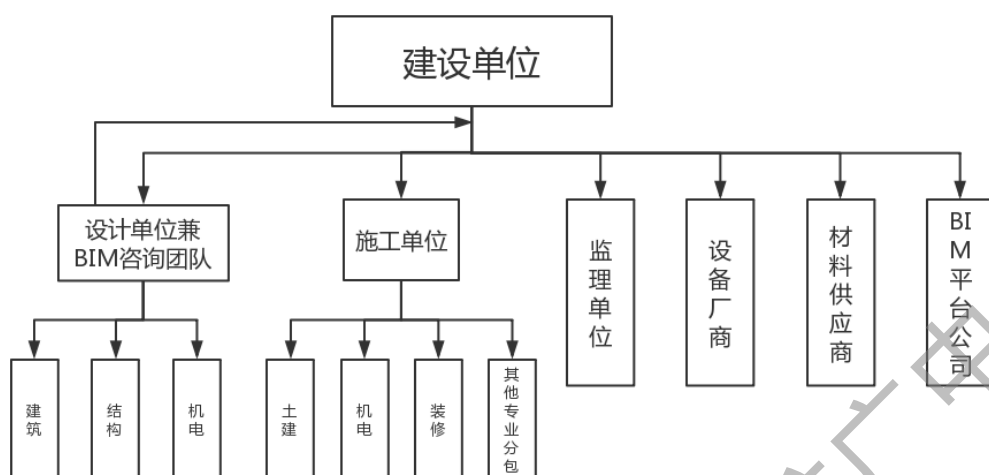


图 1-2 项目管理组织结构

5、团队配置

表 1-1 建设单位 BIM 总控团队

架构	团队角色	人选	数量	责任
BIM 中心领导层	BIM 中心领导	高层管理人员	1	负责制定 BIM 技术的实施目标和实施规划；监督项目的进展和落实情况。
BIM 中心管理层	技术负责人	技术中心主任	1	负责审核 BIM 技术运用方案，制定 BIM 协同平台的功能和 BIM 标准；把控各阶段的 BIM 模型质量。
BIM 中心成员	BIM 技术指导人员	技术部工程师	4	负责编制 BIM 技术运用方案，并监督现场实施人员落实方案；根据现场人员运用情况，升级优化 BIM 协同平台，对各个项目进行问题收集与总结，组织协调会议。

表 1-2 建设单位现场 BIM 实施团队

架构	团队角色	人选	数量	责任
项目领导层	项目总经理	高层管理人员	1 名	负责项目监督和组织落实，实施方案的审核

项目管理层	项目负责人	现场管理人员	1名	负责项目的执行和具体操作统筹、实施方案的制定，实施进度的把控
现场 BIM 运用层	土建专业负责人	土建工程师	4名	负责项目土建相关专业的 BIM 协调工作
	机电专业负责人	安装工程师	1名	负责项目机电安装相关专业的 BIM 协调工作
	BIM 平台管理人员	相关协调人员	3名	负责指导现场人员 BIM 平台的使用，对 BIM 平台进行日常维护。收集现场应用情况以及反馈问题，进行优化与调试。

表 1-3 BIM 设计兼咨询团队架构

架构	团队角色	适合人选	数量	责任
项目领导层	项目经理	高层管理人员	1名	负责项目监督和组织落实，实施方案的审核
项目管理层	项目负责人	高级 BIM 工程师	1名	负责项目的执行和具体操作统筹、实施方案的制定，实施进度的把控，项目调研；
项目实施层	建筑专业负责人	BIM 工程师	1名	负责建筑 BIM 模型的建立，专业技术协调管理，BIM 服务内容的实施和沟通
	结构专业负责人	BIM 工程师	1名	负责结构 BIM 模型的建立，专业技术协调管理，BIM 服务内容的实施和沟通
	机电专业负责人	BIM 工程师	1名	负责机电专业技术协调管理，专业技术协调管理，BIM 服务内容的实施和沟通
	各专业建模人员	BIM 工程师	多名	建立、协同各专业 BIM 模型

表 1-4 施工方 BIM 实施团队

团队角色	适合人选	数量	责任
项目总监	企业领导	1 名	监督、检查项目执行进展
项目经理	公司负责项目 高层领导	1 名	负责项目的管理、协调、统筹、审批、资源调配。 负责项目部内部的培训组织、考核、评审。
土建专业 负责人 (技术/经济)	土建技术负责 /土建预算员	5 名	负责提供并审核施工阶段 BIM 模型、图纸设计变更、签证单、技术核定单、工程联系单、施工方案、土建工程资料等全部资料内容； 配合 BIM 技术总负责确定项目进度和相关技术要求补充内容； 负责土建专业各相关工作协调、配合。
安装专业 负责人 (技术/经济)	安装技术负责 (分包) / 安装预算员 (分包)	5 名	负责提供并审核施工阶段 BIM 模型、图纸设计变更、签证单、技术核定单、工程联系单、施工方案、安装工程资料等全部资料内容； 配合 BIM 技术总负责确定项目进度和相关技术要求补充内容； 负责安装专业各相关工作协调、配合。
现场BIM技术 员	现场BIM专员	多名	负责现场与实施方BIM小组进行工作对接；负责协助实施方进行BIM模型维护；负责确认实际施工进度并协助维护BIM模型时间维；配合实施方对现场人员应用培训和指导；协助收集现场应用情况以及反馈问题等。负责辅助项目经理进行项目信息化软硬件的调试、测试、对接、应用推广等；

6、软硬件配置

软件配置：

根据招标文件要求、公司BIM团队要求以及项目实际情况，拟配备如下软件以满足日常工作需要，如表1-5所示。

表 1-5 软件配置

软件名称	功能及用途	版本
------	-------	----

Revit	BIM 模型数据读取、深化设计建模，数据导出等	2017
Navisworks manage	BIM 模型查看及施工过程模拟、方案实施模拟、施工进度管理、质量安全管理、资源配置管理等	2017
CAD	平面图形查看与设计、绘制	2014
Microsoft office Project	编制施工进度计划，配合 navisworks manage 实现施工 4D 模拟	2013
word	文本文档的编辑与整理	2013
excel	表格的编辑与整理	2013
PowerPoint	幻灯片制作与运用	2013
Photoshop	图片的处理与编辑	Cs6
3ds max	图片的渲染与效果模型的制作	2017
Corel VideoStudio X9	视频文件的编辑、合成等	X9

硬件配置：

由于BIM系列软件对电脑的配置要求特别高，如：Revit对电脑的内存要求特别高，3DMax、Corel VideoStudio X9等图形处理软件渲染时对电脑的CPU要求特别高等，项目配备高配置专用电脑，其主要配置如下：

- 1) i7 第四代处理器；
- 2) 16G 及以上内存；
- 3) 专业绘图显卡；
- 4) 配备 256Gb 固态+1Tb 机械硬盘方便数据的快速读取和大数据的存储；
- 5) 配备双显示器方便操作人员多窗口显示，方便同时多维度观察和操作。

现场运用设备配置：

- 1) 喷码打印机（用于构件二维码的打印）2个
- 2) 平板及手机若干（用于现场情况实时采集记录并与模型对比管理等）
- 3) 电脑（操作人员1人1台）

1.3 BIM技术应用成果与特色

1.3.1 模型建立

1、设计阶段模型

①、方案比选模型、户型优化模型

建立总体方案体量模型与单体户型模型，对总体不同布局方案各指标进行推敲比选（如建筑排布、配套设施、日照效果等）。并对单体房型进行优化比选（如房间功能布置合理性、空间利用率、入口布置效果、装配式构件组合与拆分的合理性等）。通过BIM模型可视化功能完成方案的评审及多方案比选更加直观，各部门、各专业之间沟通更加便捷，从而提升评审效果、节约评审时间。

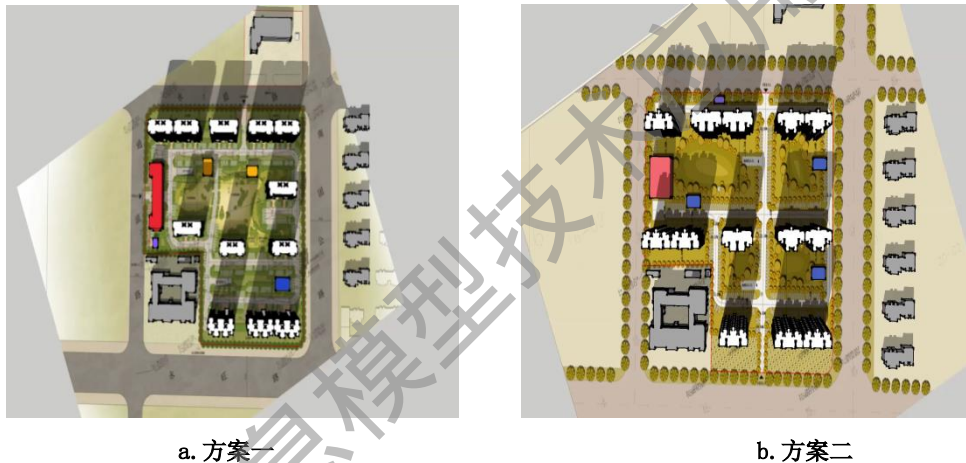


图1-2 多方案比选

比选内容	方案一	方案二
整体布置	错落布置，整体效果好	均衡布置，整体变化略显单一
入口表现	入口视野开阔，大面积绿化，视觉效果好	入口穿透，视觉效果狭窄
日照效果	各楼错落排布，日照更充足	各楼板式排布，日照稍受影响
比选结果	★★★★★	★★★

在户型优化中，除了房间功能布置合理性、空间利用率及美观性方面，对于PC建筑更重要的是户型的模块及标准化，减少外墙构件及楼板构件种类，提高建造效率，实现功能性与经济性的统一。因此在方案设计阶段应充分为后续深化及施工考虑。PC设计方案制定阶段就应该提前做好相应措施。

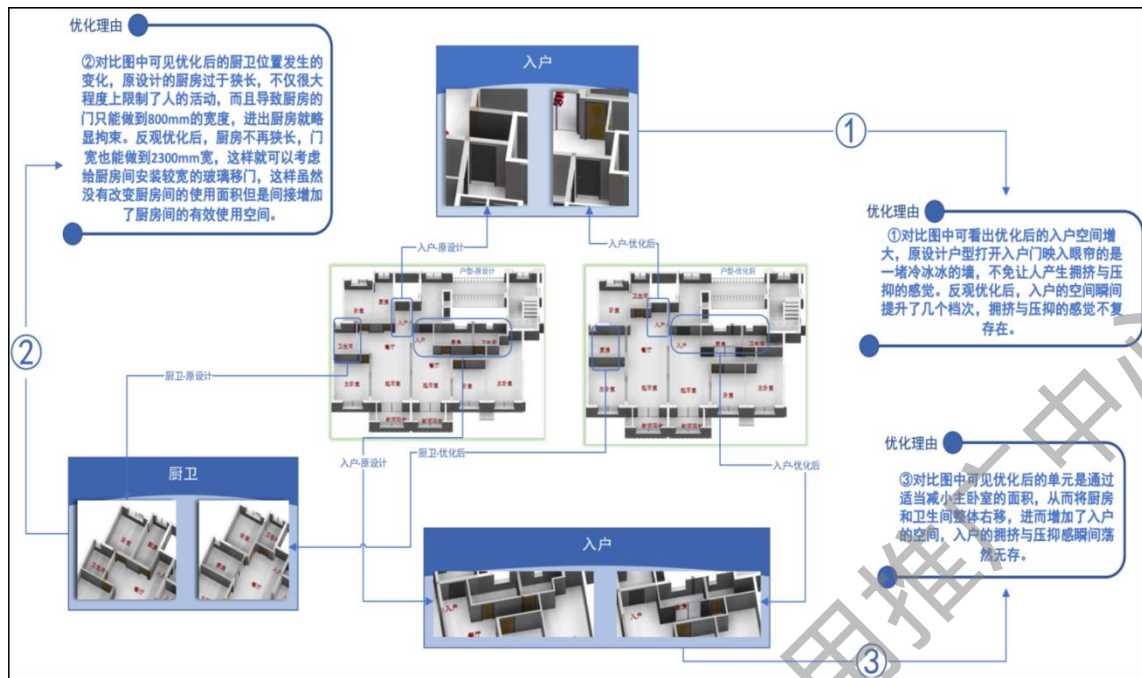


图1-3 户型优化模型

2、施工图设计模型

设计阶段的BIM 应用是各专业模型构建并进行优化设计的复杂过程。各专业信息模型包括建筑、结构、给排水、暖通、电气等专业。

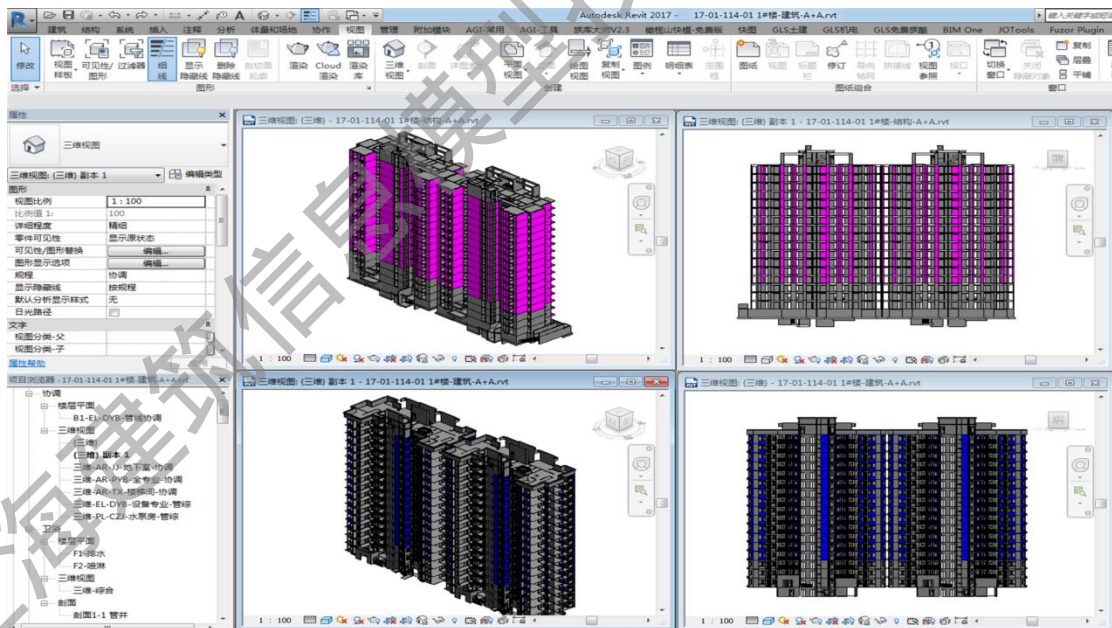


图1-4 1#楼 设计阶段结构、建筑模型

3、构件预制阶段

各专业根据预制构件、内装部品、设备设施等生产企业提供的设计参数，在预制阶段建模中充分考虑各专业要求。对预制构件中的门窗洞口、机电管线精确建模，还要考虑生产运输和现场安装时的吊钩、临时固定设施安装孔的预留预埋。

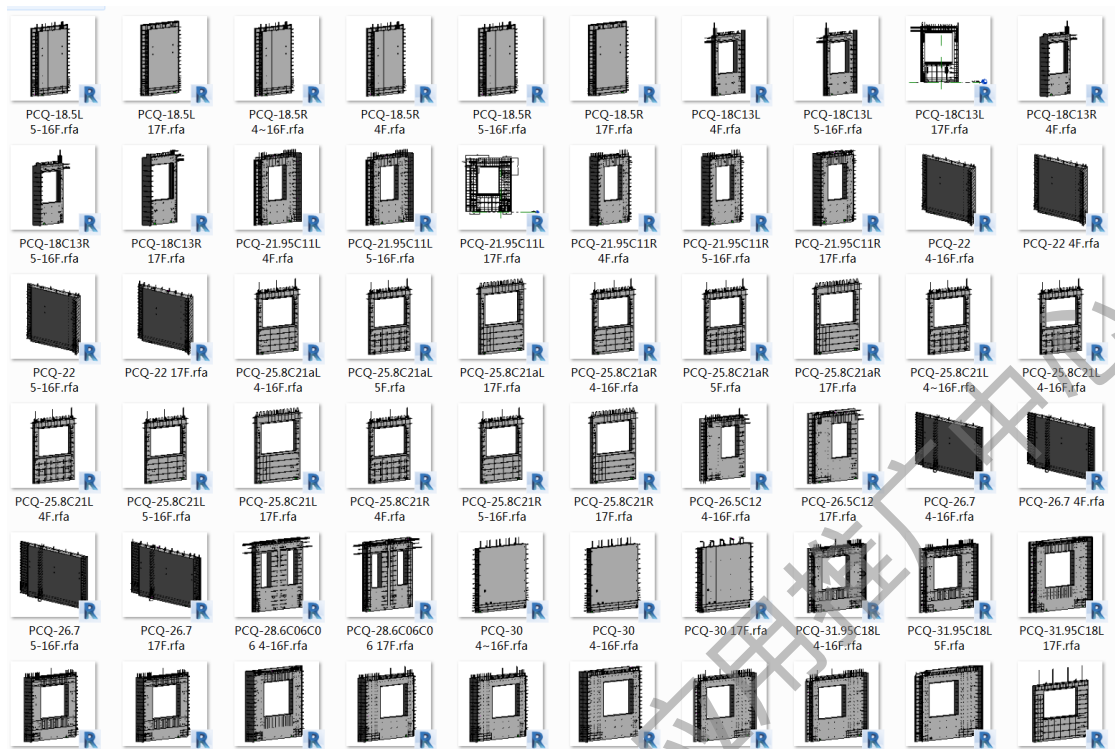


图1-5 预制构件族库

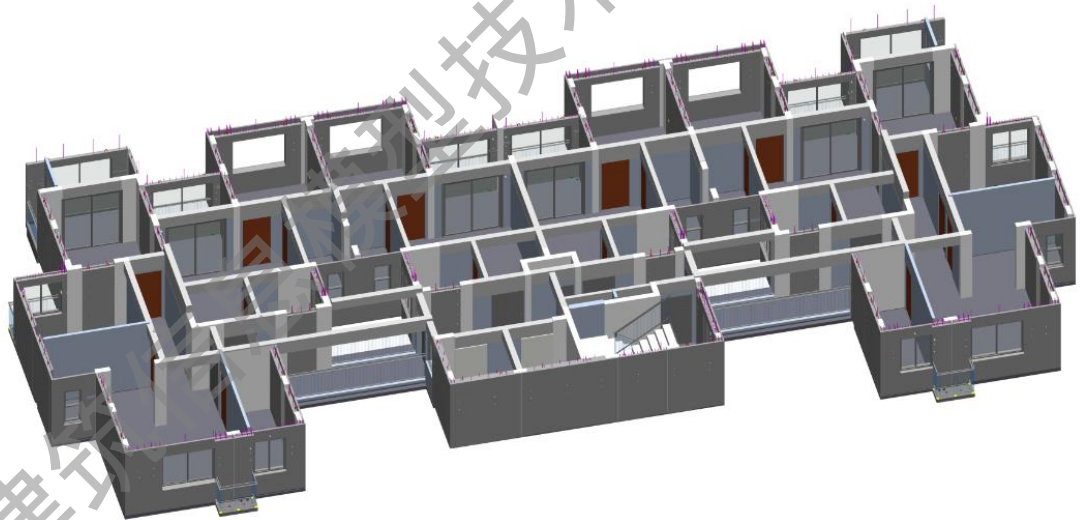


图1-6 预制阶段整合模型

4、施工阶段模型

施工阶段模型是在设计阶段和预制阶段模型的基础上，随着施工要求和工程进度，逐步深化模型。将现场的设计变更也同步落实到模型中进行深化。

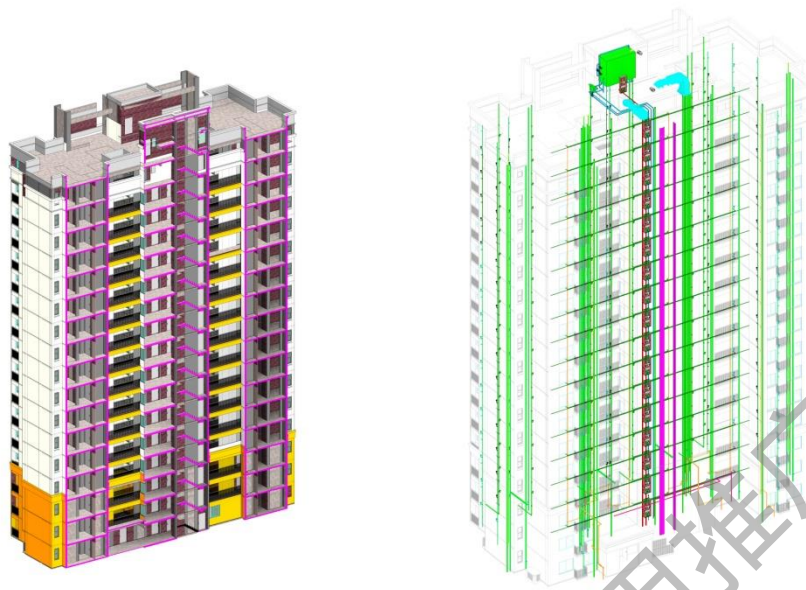


图1-7 2#楼施工阶段深化模型和机电管线模型

1.4 竣工模型

由于本工程尚未竣工，竣工模型仍在建立中。

1.3.2 碰撞检查

对设计阶段BIM模型和预制构件阶段BIM模型，进行碰撞检查。主要检查地下车库内管线、建筑、结构的碰撞问题和预制构件安装、内部的碰撞问题。通过提前发现问题，来规避现场的返工，增加工作效率，节约建造成本。

2.1 地下车库碰撞检查

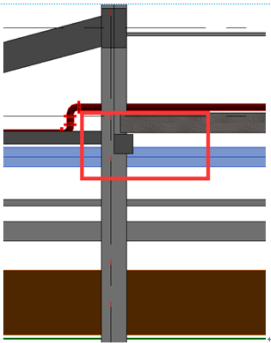
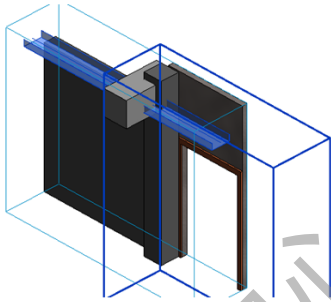
项目名称	大团镇 17-01 地块征收安置房项目	设计图	BIM 模型
校核编号	08		
校核单位	上海城乡建筑设计院有限公司		
校核日期			
建筑代码	E#		
所属专业	电气		
所在楼层	1 层		
户型编号	轴网位置: D-15 交 D-10		
图纸名称	一层电气平面图	设计图例	现场信息
问题描述	电缆桥架与结构柱碰撞 设计意见: 桥架模型往下移, 避开结构柱		

图1-8 地下车库结构柱和电气桥架碰撞问题

2.2 预制部分碰撞检查

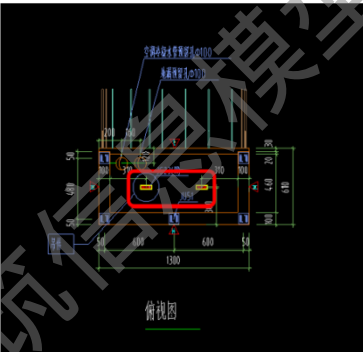
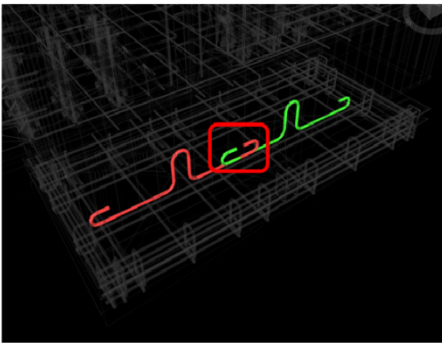
图纸	结施: 2~17F PCB14L, PCB15L 详图	位置	B户型预制件	等级	简单	中等	严重	
问题	如下图所示, 此处吊环根据通用图尺寸发现, 在空调板整体尺寸过小时, 仍采用这个尺寸的吊环不合适。						提出日期	2018.2.6
对应视点								

图1-9 预制构件（预制空调板）内部吊环碰撞问题

1.3.3 管综优化

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

管线优化前后对比报告			
编号	问题类型	多专业碰撞问题	
图名与图号	水总-01 给水消防总平面图； 水总-02 排水总平面图； 电施-04 排管图	位置	9号楼室外
问题描述	(1) 燃气管与污水井、雨水管相撞；(2) 雨水管与燃气管、给水管、电缆沟相撞；(3) 给水管与电缆沟相撞。		
解决方案	(1) 燃气管向左偏移350mm，避开污水井；(2) 给水管局部抬高500mm，电缆沟降低300mm；(3) 给水管向上偏移300mm，避开电缆沟。		

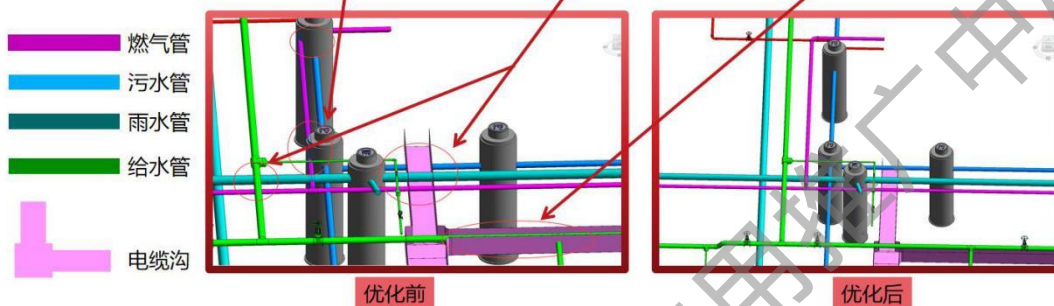


图1-10 管综优化案例

1.3.4 施工方案模拟

通过对施工方案进行模拟（如塔吊布置方案、施工场地布置方案、预制构件吊装安装方案等），验证施工方案的合理性，避免后期整改。



图1-11 施工场地方案模拟

大团镇17-01地块征收安置房项目



图1-12预制构件吊装模拟演示动画

5、地下车库虚拟漫游

虚拟仿真漫游的主要目的是利用BIM 软件模拟建筑物的三维空间，通过漫游、动画的形式提供身临其境的视觉、空间感受，及时发现不易察觉的设计缺陷或问题，减少由于事先规划不周全而造成的损失。

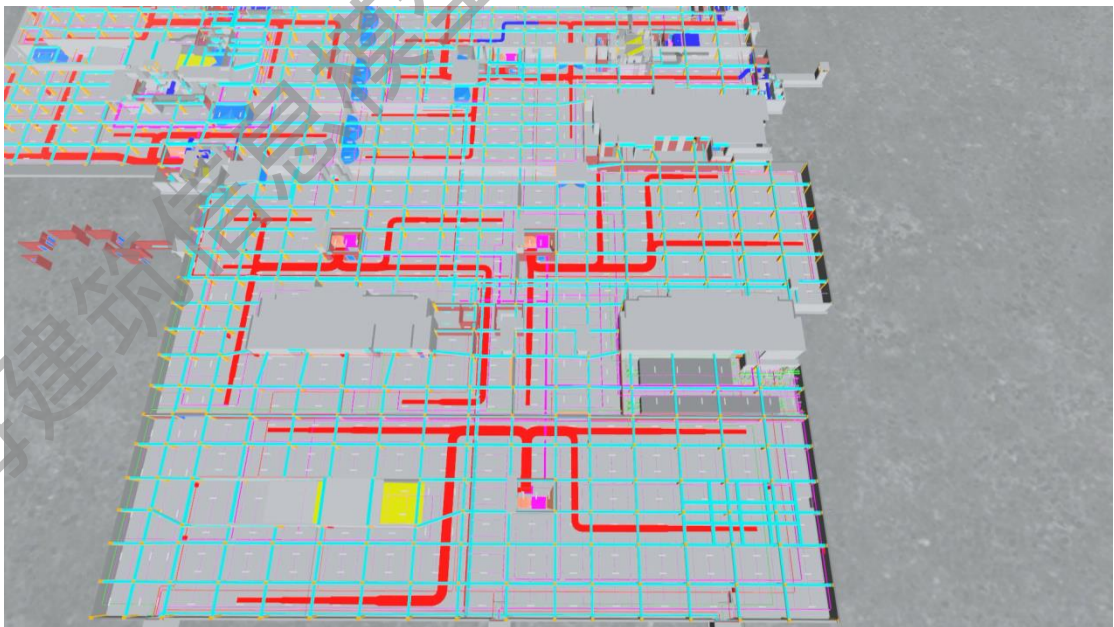


图1-13 地下车库虚拟仿真漫游

6、预制构件复杂节点模拟

在预制构件安装时，对复杂节点进行模型细化。把预制构件内部的钢筋、预埋

件、孔洞等进行深化建模，验证预制构件安装时的可行性，避免钢筋之间碰撞、钢筋和出浆孔套管碰撞等问题。

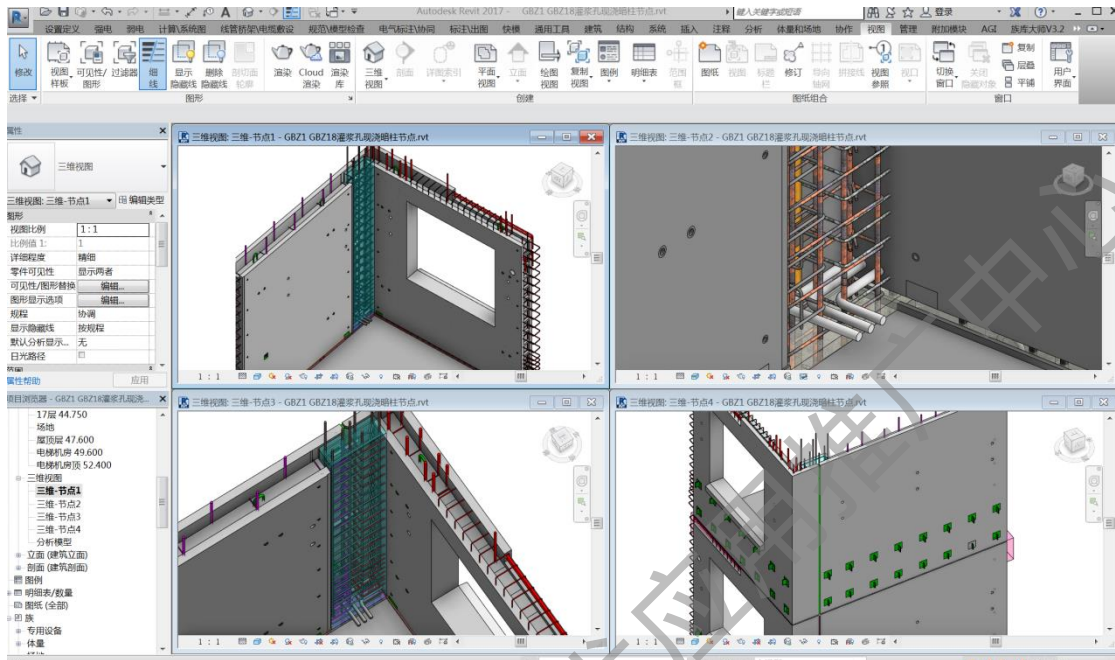


图1-14 B户型转角位置PC灌浆孔现浇暗柱节点

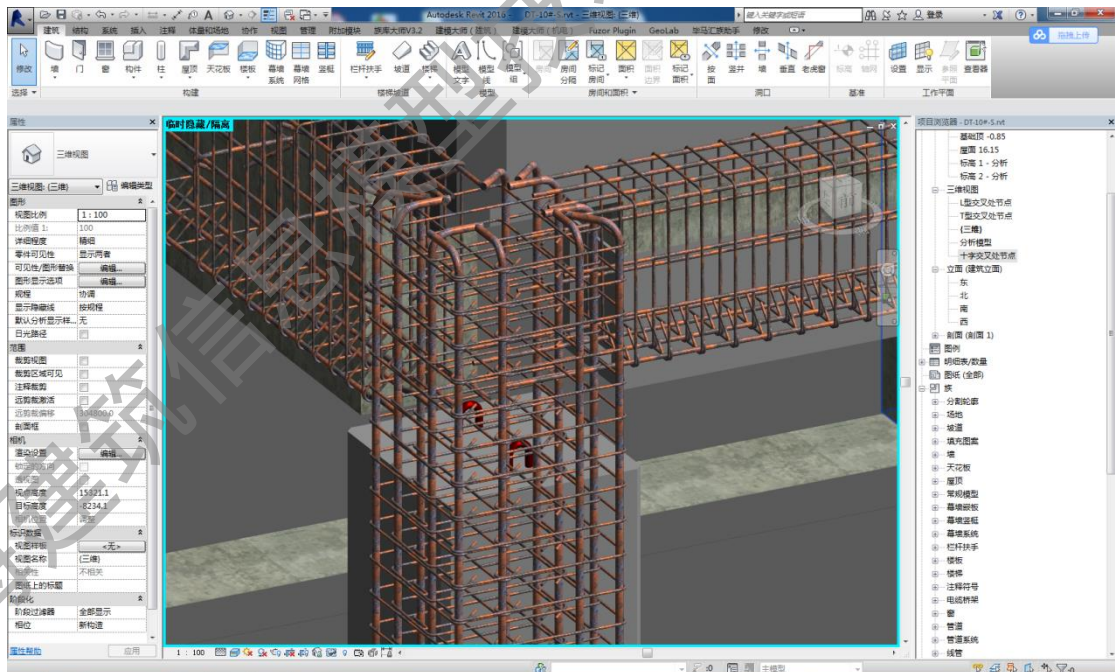
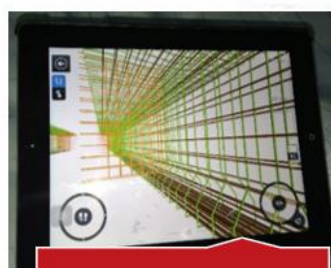


图1-15 预制梁、柱与现浇段搭接处钢筋节点

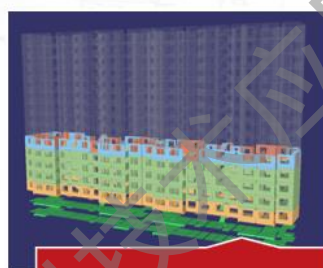
7、BIM协同管理平台

为了更好地将BIM技术落地，让现场所有参建方的管理人员都能应用BIM技术，光明地产第一事业部定制了一套属于自己的BIM协同管理平台。BIM平台将复杂的模型轻

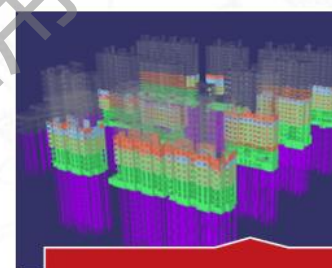
量化，能轻松地在电脑及手机端打开，让现场人员随时能调取BIM模型，进行协同管理。主要功能模块有：模型查看模块、问题协同模块、PC构件跟踪模块、二维码模块、资料模块等。



移动端轻量化



二维矢量图片轻量化



轻量化软件

图1-16 光明地产BIM协同管理平台

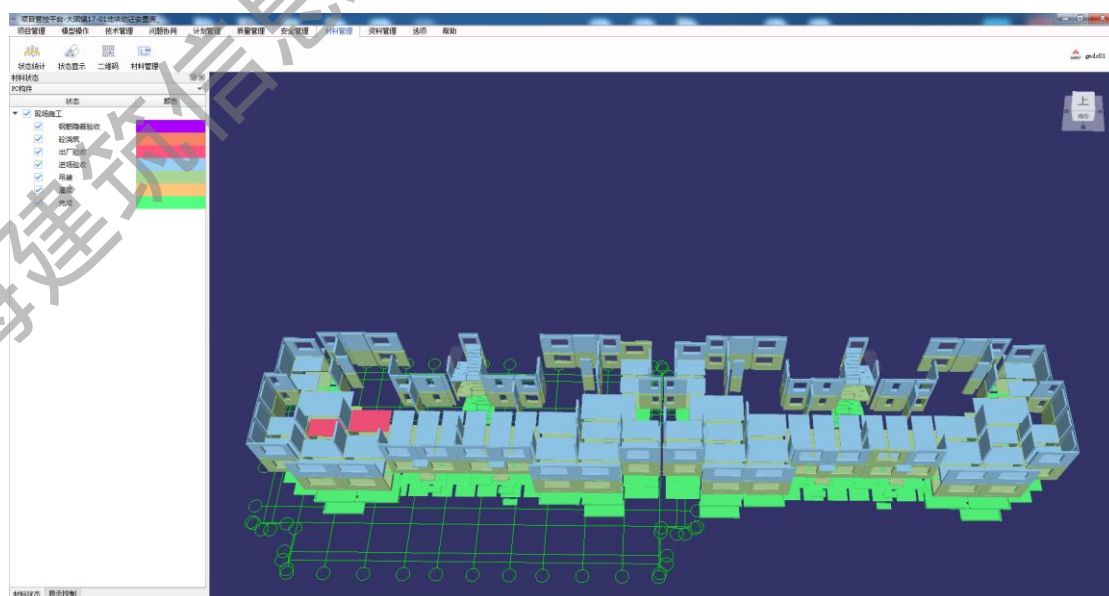


图1-17 平台对预制构件的跟踪

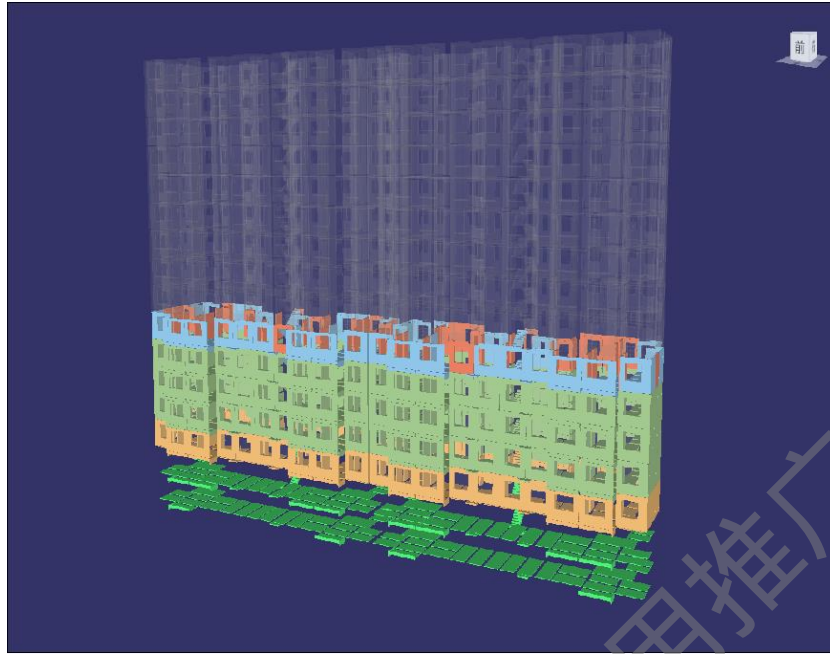


图1-18 用不同颜色区分预制构件的进度

4.4 BIM技术应用效益及测算方法

1、BIM投入

硬件投入：

- (1) 电脑（操作人员一人一台）
- (2) 二维码喷码打印机（两台）
- (3) 平板电脑或手机（操作人员一人一台）

设计费投入：（预估费用，实际费用随项目实施调整）

- (1) 设计阶段：70万元
- (2) 构件预制阶段：100万元
- (3) 施工准备阶段：80万元
- (4) 施工实施阶段：70万元
- (5) BIM协同管理平台搭建费用：120万元

2、BIM产出

BIM技术应用对于经济成本和时间成本的节省，主要体现在地下车库碰撞检测、管线优化、预制部分碰撞检测、预留点位孔洞复核等部分。选取1#楼和地下车库部分，做了大致的统计。具体数据如表1-6：

表1-6 BIM产出

大团镇17-01地块1#楼单体+地下车库数据统计		
BIM应用项	节约时间（天）	节约成本（万元）
地下车库碰撞检测	24	37.5
地下车库与号楼连通口处 管线优化	18	84
预制部分碰撞检测	32	49.5
预留孔洞复核、管线优化	9	9.7
合计	83	180.7

3、综合效益

表1-7 综合效益

应用阶段	综合效益
设计阶段	使设计图纸更加经济、合理，准确，提高设计效率，利用模型进行碰撞检测，减少后期施工阶段的修改和变更
构件预制阶段	精确复核预制率，3D模型指导预制构件生产，控制预制构件的质量和体积，能够进行拼装模拟，提高施工效率，避免返工
施工阶段	指导施工准备和施工阶段，虚拟模拟施工，及时发现施工过程中存在的问题，及时修改施工方案，使其能够按预期进度施工
BIM协同平台	<p>信息整合：从项目设计开始到构件预制、到施工、到竣工的信息资料在平台中汇集整合。</p> <p>全流程协同工作：不同参建单位、不同专业的参建人员，在平台中协作共享，共同进步。</p> <p>精细化管理：全程动态管理，实时把控项目进度，一切操作具有可追溯性。</p> <p>提升各级管理层对项目的管控：减少管理层去现场的时间成本，能够利用碎片时间进行管理。</p>

4.5 BIM技术应用推广与思考

在建设中引进BIM技术可以避免在设计、施工中的信息零碎化、孤立化；形成各参建单位的信息交互平台；进行碰撞检查、空间管理、工序进度管理、改进和弥补设计施工中的某些不足。

BIM平台价值：

1、信息整合：从项目开始到设计、施工、竣工的信息，在平台中汇集整合，信息之间互相关联。

2、精细化管理：全程动态管理，实时把控项目进度，一切操作具有可追溯性。

3、提升各级管理层对项目的管控：减少管理层去施工现场的时间成本，进行碎片化管理。

4、全生命周期协同管理：不同参建单位、不同专业人员在项目的整个建设周期中协作共享，共同提高。

上海建筑信息模型技术应用推广中心

二、上海天文馆全生命期BIM应用和管理

2.1 项目概况

上海天文馆项目位于浦东的临港新城，北侧是环湖北三路，西侧是临港大道，总用地面积58602平方米，总建筑面积38164平方米，其中地上建筑面积25762平方米，地下建筑面积12402平方米。整个地块内建筑包括主体建筑与附属建筑两部分。包括地下1层/地上3层主体建筑，1层青少年观测基地、3层大众天文台、2层魔力太阳塔等建筑；主体建筑地上共三层高，由两部分卵形的体量围合而成，两者中间由采光中庭联系在一起，这个中庭是建筑物主要的垂直交通，地上三层通过人行步道、观光电梯组织参观人流，同时也是一个主要的展示空间。一层平面建筑面积11119.35平方米，中庭空间将本层分为东西两部分，东侧布置“航向火星”主题区、球幕影院、特展展区（中华问天）；球幕影院位于主体建筑的东面卵形内，外形是一个直径内径23米，外径27米的球体，从地下室穿过二层屋面，远看像一个漂浮在屋面的星球。内部主要功能放映天象影像，360度半球天幕，这个空间是重要的科普内容之一。二层平面建筑面积6835.8平方米，主要功能为固定展览用房。三层平面建筑面积2489.9平方米，主要功能为业主后勤办公用房。如图2-1所示。

项目现已进入最后冲刺阶段，建安阶段预计今年7月全部完成施工。



图2-1 上海天文馆

2.2 BIM技术应用概况

由于天文馆项目建筑造型外观独特，特别是球幕影院、中庭人行步道等区域多以异形曲面为主，传统的二维设计出图模式很难满足项目需求，因此本项目采用全生命周期BIM应用和管理的方式，做到BIM先行，并对BIM实施质量进行高效管控。

BIM技术的高效应用离不开高质量的BIM策划管理，上海天文馆作为上海市重大工程地标性建筑，其影响力及重要性不言而喻；其具有特殊的设计、建设及布展需求，本项目在实施前进行了全面的策划从而保证BIM技术在项目建设全生命周期得到应用落实。

BIM策划工作针对项目特点进行全面剖析，根据项目特点确立了BIM应用目标，即：“基于BIM的协同设计与管理、精益化建造、智慧运营”以及“设计阶段BIM先行、施工阶段虚拟建造、智能化运维、基于BIM的全生命周期项目管理及全员参与”的BIM应用特色。项目设计阶段BIM应用，如图2-2和2-3所示。

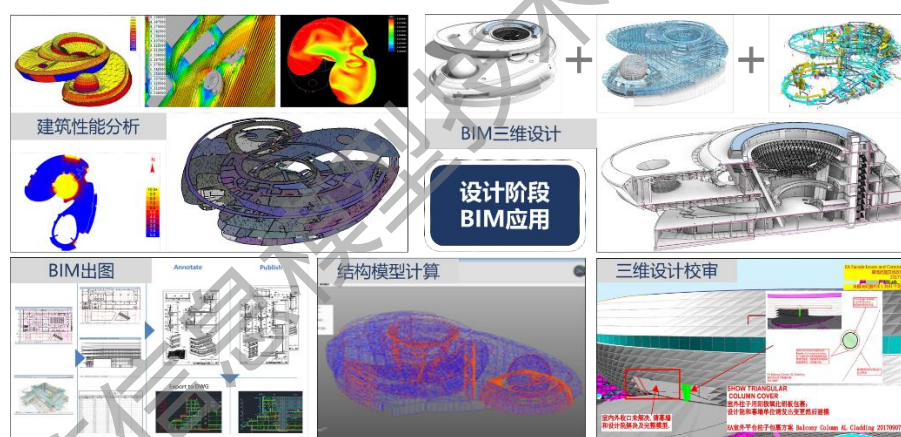


图2-2 设计阶段BIM应用一

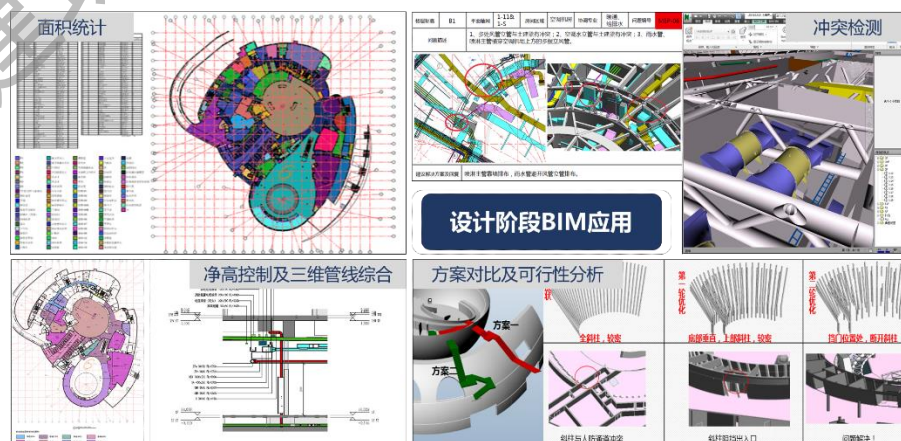


图2-3 设计阶段BIM应用二

项目委托专业的BIM管理咨询团队负责全生命周期BIM应用的管理工作，设计、施工总包单位分别负责设计、施工阶段BIM工作的实施及相关专业顾问的管控工作，财务及施工监理全面配合BIM工作的落实，全员参与BIM工作的开展实施。

为建设世界一流、智能化的上海天文馆，项目聘请了专业的BIM咨询管理团队实施全生命周期的BIM应用管理工作，将项目管理与BIM技术充分结合，实践“一个模型、一个标准、一个平台和统一管理”的BIM管理理念。基于一个标准的BIM管理理念，在项目实施前制定了BIM实施策划及适用于各阶段、不断深化、统一的BIM实施细则等一系列管理文件，规范了各参与方BIM工作的应用深度、技术标准及内容成果。

项目制定了BIM管理流程，并将BIM技术要求写入参建各方的招标要求中真正做到全员参与，通过制定双周工作计划、进行一系列宣贯培训、编制BIM周、月刊管理文件、召开各类技术专题汇报会议等手段对项目BIM工作进行统一管控，各参与方在统一的管理和协调下，各司其职开展各项BIM工作。保障BIM价值得到真正体现。

为了实现项目参建各方的高效协同工作，项目从建设之初就搭建了基于Autodesk Vault开发的BIM协同平台，实现基于数据管理的BIM协同实施，项目各参与方共享工程数据信息。项目分别在两个异地机房中搭建了两个数据服务器，做到双备份保证信息数据的安全。为了秉承“线上、线下同步进行”的工作原则，项目每周编制VAULT执行报告监督参建各方用好协同平台，杜绝项目实施中的各种推诿及扯皮情况，也为未来运营维护阶段提供信息支撑及数据保障。

模型质量的管控及不同阶段模型的迭代传递是本项目“一个模型”管理理念的主要体现，在设计阶段建立起一套完整的BIM成果审核机制及管理体系，通过Navisworks模型视点与二维图纸相结合的方式形成设计问题核查报告，整个设计阶段共发现438处设计问题，组织召开共计26次BIM设计专题协调会议；在施工阶段对模型进行拆分深化共计50次，对模型进行质量审核共计81次、共发现622处深化设计优化问题，召开施工阶段BIM双周技术例会共计24次。项目施工阶段BIM应用如图2-4所示。

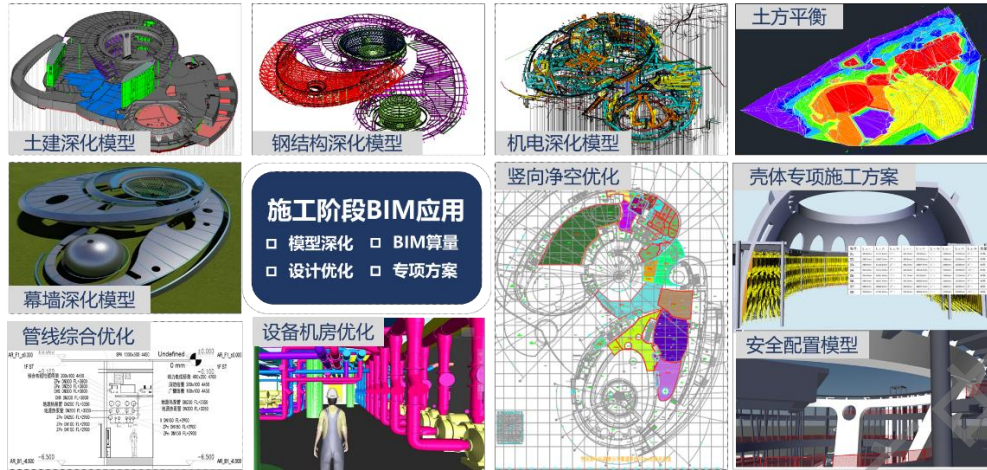


图2-4 项目施工阶段BIM应用

项目各参与方均配备专业的图形引擎工作站开展BIM工作，本项目BIM模型使用Revit软件进行建模、整合到Navisworks软件中进行各项应用，钢结构模型及幕墙模型分别采用Tekla、Rhino软件进行建模。

2.3 BIM技术应用成果与特色

作为全生命周期BIM应用项目，本项目在扩初设计阶段就建立了包括建筑、结构、钢结构、机电等专业的BIM模型，为设计优化及后续一系列应用工作打好基础。利用BIM模型对建筑的功能分区及其结构形式进行分析，确定主体建筑内各区域的功能设置及各部位的结构形式，保证设计方案切实可行。

上海天文馆作为大型公共类展馆承载着绿色环保及成为世界可持续发展建筑设计典范的使命，项目在设计之初就提出了要达到LEED绿色建筑白金、三星建筑评级，减少45%能源及75%用水消耗等一系列标准要求，我们运用BIM模型进行了包括室内、外通风环境、自然采光、日照、人流疏散等一系列性能化模拟分析确保项目的设计方案达到绿色节能减排的要求，同时也能满足人体舒适性要求及大型场馆建筑的安全疏散要求。

本项目BIM技术始终贯穿于整个设计过程中，包括局部三维正向设计、三维设计校审、球幕区域结构方案比选、机电管线排布方案比选、各专业冲突碰撞、管线综合及重点区域的净高分析等一系列BIM应用工作，及时发现并解决设计错漏，减少设计图纸的反复修改，从而提升设计工作的质量。

在设计阶段BIM成果的基础上对模型进行进一步的深化，建立了建筑、结构、机

电、钢结构、幕墙、室内精装等专业深化模型。为深化设计及施工指导交底提供了依据。

在项目施工之前制作施工总进度模拟动画，每月根据施工方案及项目现场实际情况进行更新，对项目施工方案、进度工期、大临场地布置情况、施工车辆行进路线、各道工序的前后搭界顺序及施工作业区域等进行模拟预演，指导施工技术交底，每月根据现场形象进度进行比对分析监控实际进度是否符合进度计划。

由于本项目建筑设计外观比较奇特部分区域结构相当复杂，因此对施工工艺的要求非常之高，特别是球幕影院及大悬挑区域的钢结构吊装施工更是项目的建设重点难点，大悬挑区域更是国内最大的悬挑结构。本项目运用BIM模型制作了球幕区域及大悬挑区域钢结构施工专项方案模拟动画，将这两块区域的钢结构施工及拼装方案展示出来，包括钢支撑的搭设、定位及卸载、环梁牛腿的焊接固定拼接、桁架的吊装组合、各支撑杆件的安装、钢结构节点安装等一系列复杂工艺，在施工前进行技术交底并在过程中不断深化，切实为本项目钢结构施工的顺利完成提供了技术保障。

上海天文馆项目作为一个科技馆建筑，其布展需求相对较高，加之建筑造型异性不规则导致局部空间机电管线排布密集影响净高，通过三维可视化虚拟漫游对布展重点净高控制区域进行漫游巡查测量，特别针对设备机房及走道等管线排布困难区域，及时发现存在的问题并通过三维管线综合提出优化解决方案。

为了加强施工阶段BIM技术的现场应用，项目每周都会进行现场一致性核查，将现场测量数据与模型尺寸信息进行比对，至今为止已共进行9次核查，完成共计58类检测数据分析，所有误差数值均在允许范围之内。通过建立安全配置模型进行三维可视化安全交底，彻底杜绝安全隐患。除此之外还将验收信息挂接至模型中，现已完成桩基及钢结构验收信息模型。

多种新技术设备的应用365度无死角地对项目进度、质量、安全进行全面监控，无人机从高处跟踪现场总体形象进度，每周进行航拍并与施工总进度模拟进行比对，应用智能眼镜SMART GLASS进行现场高清直播拍摄，实时传输至技术后台进行模型比对分析，快速发现并解决现场施工难题。

整个施工阶段都运用BIM三维可视化进行技术协调工作，例如对现场钢结构深化埋件定位、设备机房与控制室的空间关系、电梯方案比选等现场技术问题提供了可视化解决方案，成为了技术方案比选的重要技术参考。除此之外还通过BIM模型发现解决了

劲性柱与连桥碰撞及幕墙深化过程中总计41项的碰撞问题，保证了施工质量减少返工。

项目尚处于施工收尾阶段，运维阶段BIM实施方案现已编制完成，正在搭建基于BIM技术的IBMS可视化系统平台，为后续运维阶段BIM技术的实施奠定数据基础。

2.4 BIM技术应用效益及测算方法

本项目由临港管委会拨款860万元用于全生命期BIM技术的开展实施。总结本项目的BIM应用成效，发现大部分的技术问题都由BIM团队发现并提出，70%的设计变更通过BIM技术发现和解决、施工阶段60%的技术问题由BIM团队汇总提出，项目所有重大技术问题BIM团队全部参与解决。相比同类型没有应用BIM技术的项目，本项目设计变更减少了12%、项目决策效率提升了14%、由设计变更及施工返工造成的造价费用减少了15%、深化设计阶段全专业100%使用BIM技术。

2.5 BIM技术应用推广与思考

本项目是上海市BIM应用指南和地方标准的实践和创新；形成了一整套基于BIM的项目管理方法、流程和制度，对未来大型公共项目的建设具有一定的借鉴意义；通过全员参与BIM技术开展的方式培育了一批BIM应用和管理复合型人才，将项目成功的实践经验推广传承至其他项目中。

展望未来，本项目希望打造公共场馆类项目全生命期BIM应用实施案例典范；为实现上海公共展馆类建筑“多馆合一、智慧场馆”的运营目标建立信息数据基础。从公共场馆类建筑项目覆盖所有建设项目，全面推广全生命期BIM技术应用及管理的开展实施。

三、上海市胸科医院科教综合楼项目

3.1 项目概况

上海市胸科医院创建于1957年，为我国最早建立的集医疗、教学、科研为一体的，以诊治心、肺、食管、气管、纵隔疾病为主的三甲专科医院，核定床位580张，开放床位826张。现有10个临床科室和10个医技科室，附设上海市胸部肿瘤研究所、心肺血管转化医学中心和国家药物临床试验机构，拥有国家重点学科1个、国家临床重点专科3个、国家中医药管理局“十二五”重点专科1个、上海市医学临床医学中心1个、上海市医学重点学科1个。射频消融治疗房颤的手术数量和质量为亚太地区之首。医院承担国家“十一五”、“863”等多项课题研究。医院先后获得全国卫生系统先进集体、上海市文明单位八连冠等荣誉，胸科医院全景如图3-1所示。



图3-1上海市胸科医院全景

3.2 BIM技术应用概况

1、工程范围

上海市胸科医院新建科教综合楼项目位于上海市徐汇区内环以内，北临淮海西路，南邻番禺绿地，东面为安顺路，本项目位于胸科医院东北角。项目总投资估算约为18596万元，项目类型为医疗卫生公共建筑，投资性质为政府投资以及医院自筹，总

建筑面积24208平方米，其中地上建筑面积18868平方米（地上十三层），地下建筑面积5340平方米（地下三层）；建筑高度约60米，机动车位169辆（全部为智能化机械地下停车位）。

2、应用阶段

该项目施工场地非常狭小，北侧又与地铁10号线相邻，基坑变形控制要求高，施工难度大。为提高建设过程中的精细化管理能力，充分发挥BIM技术在该项目上的积极作用，项目采用了建设单位驱动的全生命周期BIM应用模式，同时该项目于2015年12月被列为上海市第一批BIM试点项目政府投资工程。项目已经于2017年10月31日顺利通过竣工验收，并获得上海市建设工程“白玉兰”奖。

3、BIM技术实现目标

基于BIM在工程建设方面的应用实践所体现出来的优势，尤其是在设计阶段的三维模拟和设备管线碰撞优化、施工过程的空间和进度可视化展示、竣工阶段的设备管线模型信息移交等方面的价值；为更好地开展上海市胸科医院科教综合楼的项目管理工作，达到项目设定的安全、质量、进度、投资等各项管理目标，建立工程 3D 模型、结合 4D/5D 动态工程筹划及造价等BIM先进管理手段，以数字化、信息化和可视化的方式实现基于BIM的建设项目管理，提升前期策划、设计管理和施工管理的深度和精度；基于建设阶段的BIM 模型运维转换和运维平台开发，提升医院后勤智能化管理水平。

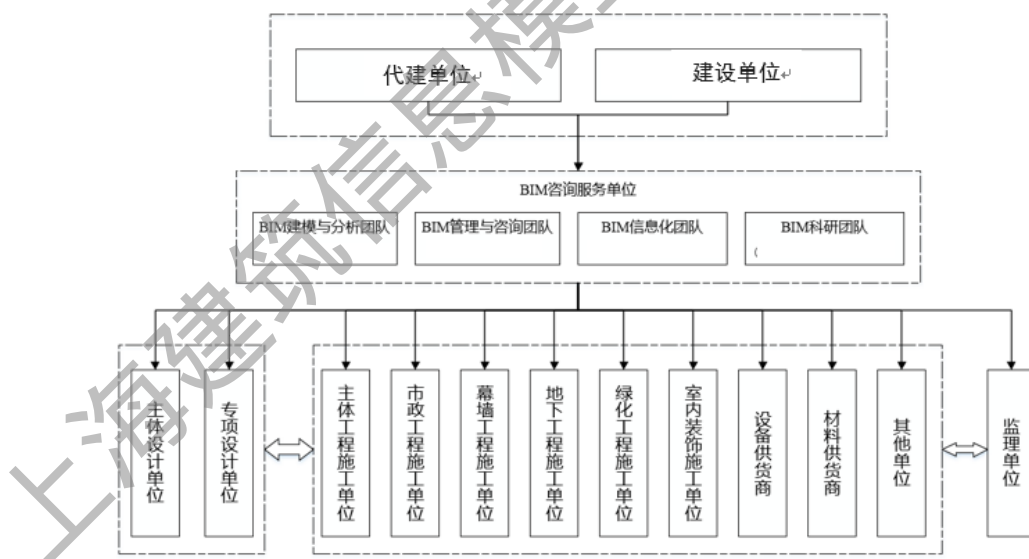


图3-2上海市胸科医院医院BIM应用组织架构图

4、组织结构

考虑到上海市级医院普遍采用项目代建模式，一般由建设单位和代建单位共同实施合作项目管理，因此，在BIM应用中，采用“建设单位驱动、BIM咨询单位全过程服

务、其他参建单位共同参与的组织模式”，其组织架构如图3-2所示。

5、团队配置

本项目BIM应用实施组织与传统项目管理组织相融合，采用BIM咨询单位辅助建设方总协调的方式展开。由上海市胸科医院主持成立本项目BIM工作小组，并指派专人作为组长，2人为组员。BIM咨询单位指派5人作为组员，负责协助处理本方与BIM服务实施相关的事务。其它参建各方（设计、总包、分包、BIM服务单位、监理等）指派至少2人作为组员，负责处理本方与BIM咨询实施相关的事务。

BIM工作小组旨在整个BIM服务实施过程中推动各阶段BIM应用的具体工作，协调工程建设全生命周期中各参与方的BIM应用，督促相关方各类数据输入和成果信息输出，确保BIM实施成果的增值应用，研究和推进基于BIM的PM管理中各项创新应用实践。

6、软硬件配置

本项目应用了Autodesk Revit、Vissim、Pathfinder、Lumion等主流三维建模和模拟仿真软件，并且应用了在本项目实施过程中应用了BIM咨询单位自主研发的漫拓云工程平台（TTekPM）和漫拓云运维平台（TTekFM）。主要软硬件配置如表3-1、表3-2。

表3-1 软件配置一览表

应用	软件	版本
操作系统	Windows	Win7/Win10
应用服务器	Tomcat	7.0.64
代理服务器	nginx	1.9.9
数据库	Mysql	5.5
三维建模软件	Autodesk Revit	2015
基于BIM的协同管理平台	TTekPM	自主研发
云平台安卓版	TTekPM	自主研发
云平台iOS版	TTekPM	自主研发
疏散模拟	Pathfinder	2015
交通模拟	Vissim	8.0
电梯仿真模拟	Flexsim	7.5
虚拟仿真漫游	Lumion	6.0
工程量计算	Thsware	2015

碰撞检测、施工模拟	Navisworks	2015
基于BIM的后勤运维管理平台	TTekFM	自主研发

表3-2 硬件配置一览表

序号	主要用途	建议配置参数
1	云服务器	DELLPrecisionT7600 双英特尔®至强®处理器 E5-2643 (3.3GHz 10M) 64GB (8x8GB) DDR3 RDIMM 内存, 1600MHz, ECC 2TB 7200RPM 3.5'' 512e/4K 硬盘 2个戴尔™ Ultra Sharp U2412M 24 LED 显示器 显卡: 2.5GB Nvidia Quadro 5000 双显示器 (带2个DP和1个DVI-I) (1个DP-DVI和1个DVI-VGA适配器)(HEGA17)
2	手机	智能手机
3	移动工作设备	iPad 平板 屏幕尺寸: 9.7 英寸电容式触 操作系统: iOS9.1 处理器: A8x 处理器 系统内存: 2GB 存储容量: 16GB 屏幕分辨率: 2048x1536

3.3 BIM技术应用成果与特色

1、模型建立



图3-3 上海市胸科医院科教综合楼项目BIM模型

胸科医院科教综合楼项目的主要使用REVIT软件进行BIM完全正向建模，如图3-3所示。当建模工作量较大时，将制作模型工作集并采取多人协同的建模方式以提高建模

效率。胸科医院所有专业的模型都基于同一模型原点搭建，相互之间可以快速链接。

2、设计方案比选

对基坑施工的顺作法、逆作法进行了BIM模拟，并且从造价、工期、基坑周边环境保护、场地布置、安全文明、绿色施工等方面对两种方案进行了综合比较，提出了合理的基坑施工方案，如图3-4所示。

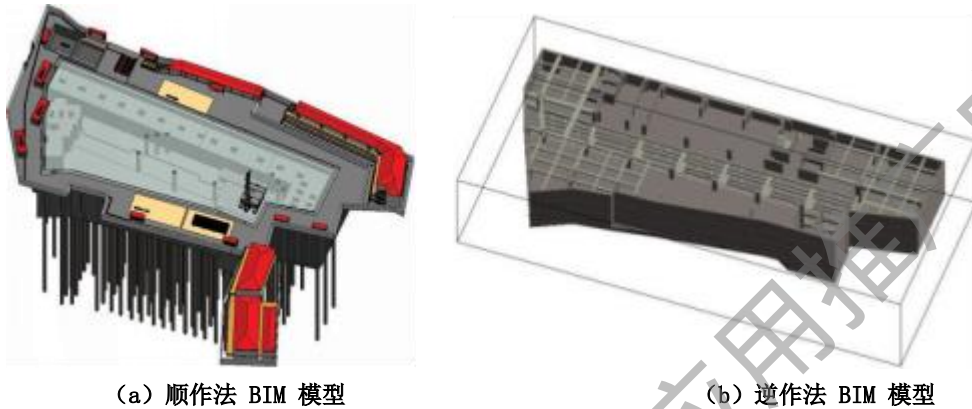


图3-4 基坑施工方案 BIM 模拟

通过BIM的优秀可视化效果，对样板间的多个装饰方案进行了模拟，结合业主及财务监理的意见，在造价控制范围内为采纳合适的设计方案提供了辅助与支撑，如图3-5所示：

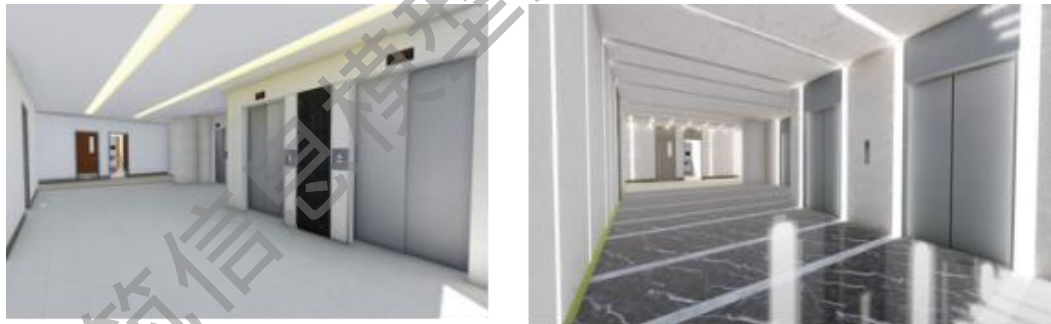


图3-5 电梯间装修方案

3、特殊设施模拟

通过BIM技术模拟了车辆进入医院后三条不同的路线进入地下停车库的过程，对可能出现的意外情况进行了模拟，给出了通行效率最高的方案，同时也给出了在高峰时段采取疏导的措施；通过BIM技术模拟了车辆进入停车库后运行情况，模拟了不同情况入库、出库的流程和耗时。从提高存取车的效率角度，对结构构件（梁、板、柱）的空间位置给出了建议，并且对存取车方式、停车库的机械设备参数提出了建议，如图3-6所示；



图3-6 机械车库BIM模型及取车BIM模拟

4、特殊场所疏散模拟

通过BIM技术对上海市胸科医院科研综合楼整栋建筑以及顶层的人群在突发情况下的疏散进行了模拟。通过模拟结果给出了具体的疏散路线以及保证安全采取的措施，如图3-7所示。

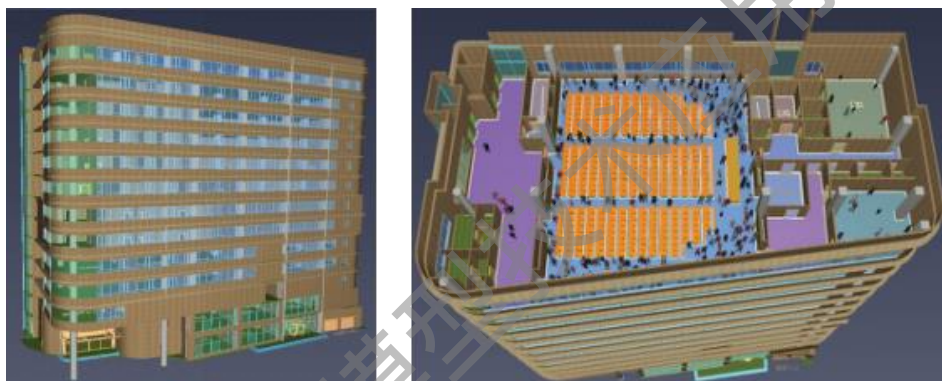


图3-7 特殊场所疏散模拟

5、建筑性能模拟分析

通过BIM技术对上海市胸科医院科研综合楼场地风环境、室内自然采光、以及室内通风进行了模拟分析。通过模拟分析结果，比照《绿色建筑评价标准》，对胸科医院科研综合楼的建筑性能进行了评价，并且在各方面与《绿色建筑评价标准》存在的差距，为今后的深化设计采取改进措施指明了方向，如图3-8所示。

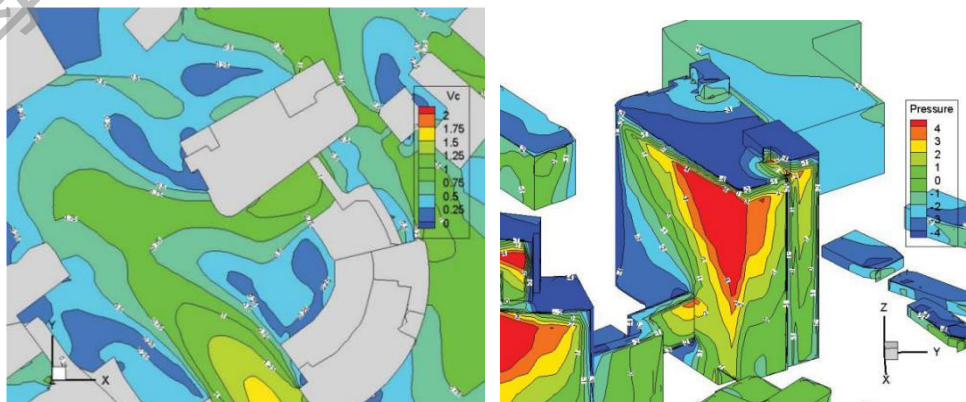


图3-8场地风环境BIM模拟

6、设备选型

对上海市胸科医院的科研楼的设备进行了分析，初步确定了电梯、空调、医用气体系统等设备的需求参数，然后利用BIM技术对设备使用情况进行了模拟，避免了由于计算失误造成的设备不足或浪费，在满足使用功能要求的前提下，大大节省了设备的投资。

7、场地布置

因施工场地有限，利用BIM进行施工现场模拟，取得了节省施工工期、提高施工质量与安全性的良好效果，为类似工程提供借鉴作用，如图3-9所示。



图3-9施工场地BIM模拟及现场施工实景

8、施工模拟

依据BIM技术的合优势，应用BIM模拟技术将每一个施工环节的先行状态模拟出来，结合现场实际经验进行进度计划的编制，优化和控制施工进度，施工进度如图3-10所示。



图3-10桩基工程BIM-4D进度模拟

9、预制构件加工

实现建筑产业现代化的重要内容和途径。上海市胸科医院科教综合楼，针对地下

室机械停车库和钢结构连廊构件，应用了基于BIM的构件预制加工技术，如图3-11所示。实现流水化生产，提高了构件加工质量，缩短了现场施工工期，降低劳动成本。

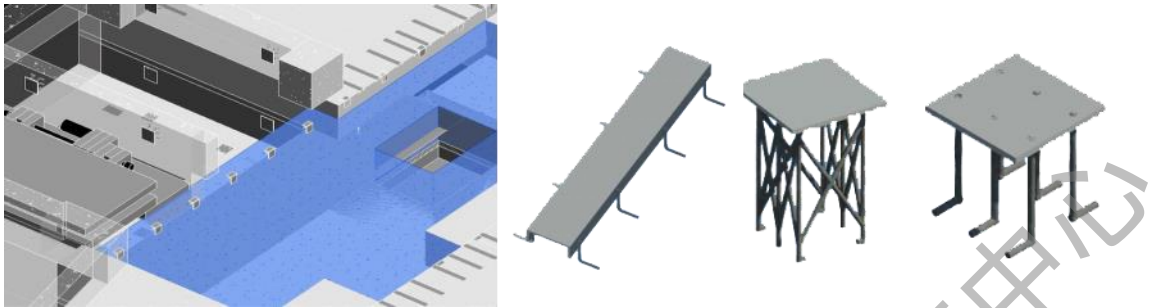


图3-11地下车库预埋件设计深化分析

10、运维平台应用

利用建设过程BIM的应用及其优势，与传统运维系统的结合，助推医院后勤智能化运维达到了新的革命性水平。依托上海市胸科医院，结合既有运维平台的应用经验，设计开发了基于BIM技术的医院建筑运维平台。



图3-12运维平台

3.4 BIM技术应用效益及测算方法

上海市胸科医院科教综合楼项目通过BIM技术的应用共节省费用1669.2万元，其中通过BIM技术提前工期创造经济效益662.7万元（见表3-3）；通过BIM技术优化施工方案创造经济效益100万元（见表3-4）；通过BIM技术优化设计图纸创造经济效益201.6万元

(见表3-5)，通过BIM造价核算优化经济效益。共计704.9万元，具体效益核算如表3-3所示。

表3-3 通过BIM技术优化工期经济效益

建设阶段	优化内容	优化工期	经济效益	主要经济指标
桩基工程	通过BIM-4D模拟优化施工场地布置、顺序及设备数量	15天	64.5万元	1、人员管理费：10000元/天 2、设备租赁(塔吊、运输电梯、打桩机、清障设备、运输车辆等)：10000元/天 3、开办费(生活水电、临时房租赁、集装箱、设备折旧等)：10000元/天 4、周转材料(模板、钢管、脚手架等)：10000元/天 5、规费及税金：2000元/天 6、资金利息：1000元/天
地下结构施工	通过BIM-4D模拟优化施工场地布置、顺序	20天	86万元	
地上结构施工	通过BIM-4D模拟优化施工场地布置、顺序	11天	47.3万元	
施工总工期	通过BIM-4D优化总工期，漫拓云平台集成管理信息，提高管理效益	92天	464.9万元	1、原工程建设总控工期至2018年2月竣工，实际2017年10月竣工，节省3个月 2、财务成本收益，按年息10%计算： $18596 \text{ 万元} \times 10\% \times 3/12=464.9 \text{ 万元}$
共计节省费用：662.7万元				

表3-4 施工方案优化经济效益

工程名称	优化内容	经济效益	主要经济指标
3号楼裙楼设备移机	通过BIM精确建模及施工模拟，发现可以避免移机	10万元	1、3号楼裙楼设备移机费：10万元 2、120T汽车吊：5300元/天 3、30T汽车吊：2000元/天 4、50T汽车吊：2500元/天 5、25T汽车吊：1800元/天 6、地下室结构加固：25万元
连廊方案设计及吊装工程优化	原定采用：120T+30T汽车吊施工7天，出于安全原因3号楼地下室钢管回顶加固费用25万元。钢结构设计方案优化20万元 通过BIM模拟优化降低汽车吊重量为50T+25T汽车吊施工6天，同时降低了人力成本及安全风险	70万元	

主体建筑结 构及装饰方 案优化及 BIM工程算 量校核	建筑外立面材料变更及装饰 修改、大厅装饰材料变更、内 部装饰方案优化等节省费用， 结构预留洞口校核	30万元	
---	--	------	--

共计节省费用：100万元

表3-5 通过BIM优化图纸经济效益

BIM分析工作	发现问题	经济效益	主要经济指 标
建筑结构问题	193处	115.8万元	平均每一个 碰撞点增加 设计变更费 6000元测算
地上管线综合问题	44处	26.4万元	
地下管线综合问题	99处	59.4万元	

共计节省费用：201.6万元

表3-6 通过BIM造价核算优化经济效益

BIM分析工作	经济效益	主要经济指标
对桩基工程量进行BIM造价核算	220.1万元	按工程量差额乘以各种材料或 构件的综合单价（包含规费措 施费并平摊人材机费用）
对建筑结构工程量进行BIM造价核算	305.4万元	
对机电工程量进行BIM造价核算	179.4万元	

共计节省费用：704.9万元

3.5 BIM技术应用推广与思考

3.5.1 经验推广

1、应用模式的推广

经过本项目的BIM应用实践，证明了BIM咨询公司和建设单位、代建单位等共同组成一体化的BIM应用组织的应用模式的优势，在该模式下，由BIM经验相对丰富的BIM咨询公司与落实管理能力较强的建设单位与代建单位共同主导贯彻BIM应用、可充分利用各参建单位各自专业性特长来完成BIM工作并利用BIM技术解决项目问题，讲BIM与项目管理（PM）充分结合，解决了BIM落实“两张皮”的问题。

2、管理平台的推广

医院建筑建设过程具有专业性和高度复杂性，无法完全参考其他类建筑的建设管

理过程。如果在平台后续实施应用中，通过上海市胸科医院科研综合楼项目数据，对建设过程审视分析，观察全生命周期中风险程度最高的部位、专业及阶段，为后续其他医院类建筑项目管理所参考，可以降低项目风险。

3.5.2 应用思考

医院项目具有功能和专业系统复杂，物业和设施长期持有特点，在运营过程中需要根据不断变化的实际需求进行功能重组、改建和扩建，这就决定了医院项目需要探索符合自身特征的应用模式。通过上海市胸科医院的应用实践，我们认为，业主主导、专业BIM咨询公司全过程服务、面向全寿命期的BIM应用是充分发挥BIM价值的最佳模式之一。该模式的应用包含以下内涵和支撑要素：

1、BIM应用和前期决策管理、实施期项目管理和运维期后勤管理深度结合

BIM应用不能和全过程管理两张皮，不能为了BIM而BIM，应结合每个医院项目特点，做好全过程应用点的策划，从实际需求出发，充分发挥BIM的价值。应发挥不同阶段BIM模型成果、数据成果和研究成果的价值，最大化减少阶段转换所带来的信息和知识丢失。在BIM应用策划时，应充分体现运维导向的BIM应用理念，从使用需求出发、从运维需求出发，建立应用组织、管理流程、协调机制、数据要求和应用标准等，应将医生需求、行政管理人员需求、病人需求、后勤运维需求等进行充分的体现，将施工和运维等后续单位、部门或人员的项目参与充分前置，将后续数据要求标准化、制度化，尽可能地保证数据创建、共享和管理的及时性、实时性和完整性，以提高项目前期决策管理、实施期项目管理以及运维期后勤管理整体水平。

2、业主方驱动、BIM咨询、全员参与的组织模式

BIM应用是一个系统工程，涉及到工程管理的绝大部分内容以及几乎所有的参与方。因此，作为总组织者、总协调者和总集成者，业主需要在BIM中发挥关键作用。而鉴于医院建设单位的特点以及BIM应用的专业性，BIM咨询公司在医院项目BIM应用中具有重要地位，是业主在BIM应用方面“脑的延伸，手的延长”。但同时，BIM咨询单位应具有项目管理能力、BIM建模与应用能力、BIM信息化能力以及相应科研创新能力，以适应业主在BIM应用方面的现实需求。另外，BIM的应用离不开几乎所有参建单位的参与和支持，因此各参建单位应在BIM应用方面配置相应人才，按照各自分工，积极参与BIM应用中。当然，由于各项目的特征不同、管理模式不同、参建单位BIM应用水平不

同，具体的应用模式和应用分工应根据项目情况进行适应性调整。

3、制定BIM应用的应用规划、实施方案、组织协调机制和相应标准

从总体而言，BIM在医院项目中的应用还在探索阶段，还没有形成成熟的应用模式、应用指南和应用标准。另外，由于项目的差异性，每个项目BIM应用的模式、需求、深度等都不尽相同，因此就有必要针对项目制定应用规划作为BIM应用的最高纲领，编制具体的实施方案作为BIM应用的操作依据，必要的话，制定相应技术标准作为BIM建模与协同应用、信息化平台构建以及模型移交和验收的依据。同时，需要借助信息化管理软件，搭建BIM应用的信息共享和沟通平台，形成BIM会议机制，充分发挥BIM的信息集成、信息共享以及可视化和数字化优势，进行价值工程分析，为项目精益建设和项目全过程增值提供服务。

四、上海交通大学医学院附属瑞金医院肿瘤（质子）中心项目

4.1 项目概况

本项目建成后将是我国首台完全自主知识产权、完全自主建造的肿瘤放疗利器——质子治疗装置的产学研基地。项目融合了质子放疗、科研，PET-CT, 直线加速器，大孔径CT, MR等众多复杂医技诊疗功能，技术难点众多；如：复杂功能的流线组织，辐射屏蔽防护，大型混凝土墙板构造，微震动设计，复杂管线综合设计，突破常规的消防设计，绿色医院创建等。本项目由上海交通大学瑞金医院领衔，中科院上海应用物理研究所负责国产质子治疗装置的研发；代建方为上海申康卫生基建管理有限公司；设计院为现代华盖建筑设计研究院；施工方为上海建工一建集团；监理方为上海建科咨询有限公司；参与各方众多，信息对接滞后，各方需求不能及时对接，需要透明化、集成化管理，最大化满足各方需求。为响应上海市政府58号文《关于在本市推进建筑信息模型技术应用的指导意见》，本项目引入BIM技术，辅助进行项目设计、施工及运营维护，实现项目全生命周期BIM应用试点成功，达到增强项目各专业设计的协调与沟通能力；虚拟建设、方案推敲优选；控制施工成本；缩短施工周期；降低工程实施风险等目标。

4.2 BIM技术应用概况

本项目采用BIM技术融入项目全寿命周期，针对本项目的特点难点采用相应的BIM技术，具体如表3-1所示

表3-1 项目应用特点、重点及对策

序号	项目特点及难点	BIM技术应用点
1	医院项目功能繁复、工程建设难度高	全过程三维可视化、由模型生成工程量、4D(进度)模拟、5D(成本)模拟
2	医院设计性能指标要求高、质子治疗装置设计精密度要求高	基于模型的性能分析 基于BIM模型的精确表达
3	医院功能类型众多、设施管线布置复杂、空间构成要求精确	碰撞检测、管线综合、空间分析

4	既有建筑对工程建设的影响颇大、老桩基与新桩位相互干涉	激光三维扫描技术、基于BIM模型的新老桩基模拟
5	项目专业种类多、工程建设参与方众多、信息沟通尤为重要	统一的协同云平台便于各方沟通
6	项目设施复杂后期管理难度颇高	基于BIM模型的智能运维管理

4.2.1应用目标

- 1、实现项目全生命周期BIM应用试点成功
- 2、总结一套可推广应用的BIM标准和流程
- 3、结合质子医院项目特点技术和管理创新

4.2.2组织模式

本项目由独立的BIM牵头团队（华东建筑设计研究院数字化技术研究咨询部）协同中科院上海应用物理研究所、设计单位——上海现代华盖建筑设计研究院有限公司、施工单位——上海建工一建集团、监理单位——上海建科咨询有限公司在建设方——上海交通大学医学院附属瑞金医院及管理方——上海申康卫生基建管理有限公司的领导下进行工程建设各阶段的BIM应用。

4.2.3各参与方职责

表3-2 各方指责表

应用点	建设单位	项目管理单位	中科院应用物理研究所	BIM咨询单位	设计单位	施工单位	监理单位
BIM整体策划	D	E	E	P	E	E	E
BIM系统平台实施	C	E	E	P	E	E	E
BIM模型建立即更新	C	C	I	E	I	E	C
性能化模拟分析	D	C		E	I		
管线综合	D	C		E/C	I/C	E	C
工程量统计	C	C	C	E/C	I	E	C
室内精装优化	D	C	I	E/C	I	E	C
三维出图				P/E	I/E		
进度（4D）模拟	C	C	C	C	I	E	C
施工方案模拟	C	C	C	C	I	E	C

成本 (5D) 管理	C	C	C	C		E	C
运维管理	D	C	I	P/E	I	E	C
可视化交流	D	C	I	P/E	I	E	C

P—筹划；D—决策；E—执行；C—检查；I—提供信息

4.3 BIM技术应用成果与特色

4.3.1 项目BIM技术应用阶段

表3-3 项目BIM技术应用在各阶段的应用

项目BIM技术计划应用阶段	应用阶段	实际应用 (请描述)
	立项决策阶段	制定BIM实施手册；基于BIM模型的项目管理平台；
	设计阶段	基于BIM模型的性能化分析（治疗装置微变形、自然通风、采光、遮阳）；基于BIM模型的管线综合；基于BIM模型的工程量统计；基于BIM模型的可视化展示；基于BIM模型的三维打印；激光三维扫描技术；
	招投标阶段	配合编写施工总包的BIM招投标文件
	施工阶段	模型的更新、完善；进度（4D）模拟；施工工艺模拟，施工工序模拟，吊装模拟；工程量统计；天宝全站仪的测试应用；
	竣工验收阶段	使用BIM模型辅助分部分项验收、竣工验收；提供竣工模型

4.3.2 项目BIM技术应用内容

表3-4 项目BIM技术应用成果

*BIM应用开始时间	2016年8月1日	BIM应用结束时间	2016年12月07日
成果	阶段性成果内容简述		是否可推广（简述理由）
	项目参与方多，配合周期长，为保证工作沟通的即时性和高效性，保证模型数据的可传承性及一致性，以基于混合云技术的虚拟化项目协同管理平台——现代管理云平台（XD-BIM工程平台）为协同平台，以Revit建模软件为主，对项目全生命周期进行管理、整合各阶段图纸、模型和照片，统一协调各参与方		是，提高沟通效率，信息共享，规避信息盲点。
	利用Revit建立模型，结合性能化分析（治疗装置微变形、自然通风、采光、遮阳），从经济、美学、施工难度等进行比较，结合绿色建筑设计理念和技术运用，		是，辅助建筑设计，有利于绿色节能建筑的实施。

实现高效节能目标。	
在BIM的协调模式下，各专业模型搭建完成后组装成一个整体作为各个专业提资、沟通的平台，建筑、结构及机电专业以三维立体的形式呈现。所有碰撞、净空分析基于三维模型解决。优化后的管线排布、走向符合原始设计意图，满足设计功能及技术要求，同时使各专业管线的空间排布更加合理，空间利用更加充分，各专业管线之间重要的冲突得以消除。	是，辅助设计师三维协同设计，提高了管线综合的设计能力和工作效率，便于沟通协调。
根据需求，分析、调整已建的基于Revit的BIM模型，将建成的三维模型“分区”成逐层的截面，从而指导打印机逐层打印出3D模型，辅助各方理解建筑功能布局，以直观的方式消除各参与方对项目的认知隔阂。	否，看建设方需求。
使用三维扫描仪对质子医院基地旧厂房内部柱墙位置和设备安放点进行扫描，得到三维点云数据及模型，转换成CAD数据，与原设计资料进行比对分析，确定地下桩位，输出厂房内柱墙和设备放置处的实际位置。	是，获取原有现场信息，保证基础数据的准确性，辅助设计。
基于BIM模型，采用ECVS（元素/构件/S/视图/图纸）的方式组织设计，辅助出具设计图纸，实现BIM三维协同设计。	是，辅助设计出图，提高设计协同效率。
根据已经建立的施工图设计阶段的Revit模型，根据造价中土建扣减规则和分类，严格按照国标GB500《建设工程工程量清单计价规范》完成土建、机电的工程量统计，校核概算。	是，看建设方需求是否引入第三方平台辅助算量。
施工阶段联络单的流转：BIM团队根据设计图纸分专业依次进行模型构建，在建模过程中及后续碰撞检测中发现各类图纸问题，整理形成联络单提交总包技术部，而后收到问题处理意见再对模型进行相关的维护工作。提出联络单46份，解决35份，流转中11份，回复率达76%。有效地提升了施工前的图纸质量，早发现问题，早解决问题。	是，通过BIM建模提早发现问题，并通过联络单共同可以在施工前提早解决图纸问题，减少现场返工，加快工程进度
在BIM的协调模式下，各专业模型搭建完成后组装成一个整体作为各个专业提资、沟通的平台，建筑、结构及机电专业以三维立体的形式呈现。所有碰撞、净空分析基于三维模型解决。优化后的管线排布、走向符合施工要求，满足功能及技术要求，同时使各专业管线的空间排布更加合理，空间利用更加充分，各专业管线之间重要的冲突得以消除。	是，辅助施工交底，提高了管线综合的施工能力和工作效率，便于沟通协调。
基于3D模型，关联进度文件形成4D模型，基于Naviswork软件，通过输入施工资源的各种数据，对整个施工过程进行动态追踪，查询施工设施称、类型等属性，实现施工进度和场地布置的关联，形成动态的4D现场管理（计划进度和实际进度的对比，协助项目部进行现场施工管理）	是，在工程例会上采用BIM的方式汇报工程进度，使业主方和总包能更直观的把控工程进度情况，提升工程的管理水平。
通过整合装饰及安装模型，使装饰最终图纸和安装最终图纸的末端点位保持一致，提高装饰施工的一次合格率，减少现场返工，减少了返工造成的费用	是，通过BIM装饰及安装模型直观呈现装饰效果，辅助院方决策

拍摄现场实际照片，采集现场实际工程量统计，汇总整理导入数据平台，通过互联网平台直观形象地反映现场施工进度和材料应用情况。	否
将模型轻量化处理，导入移动设备，与项目部技术员、质量员、安全员一同前往现场，参照模型对施工质量、安全进行复核和检查。	是，通过现场施工检查管理与建筑信息模型的结合辅助工程监理人员进行事前控制，提高工作效率。
使用BIM模型辅助分部分项验收、竣工验收	是，辅助监理工作，提高效率
提出竣工模型要求，审核竣工模型	是，为运维阶段工作做准备

4.4 BIM技术应用效益与测算方法

基于 BIM 在医院新建项目中的三维模拟和设备管线碰撞优化、施工过程的空间和进度可视化展示、竣工阶段的设备管线模型信息移交等方面的优势和价值，通过建立工程 3D 模型、结合动态工程筹划及造价辅助等 BIM 先进管理手段，能够更好地开展上海瑞金医院肿瘤（质子）中心项目的项目管理工作，达到项目设定的安全、质量、进度、投资等各项管理最终最佳目标，以数字化、信息化和可视化的方式实现基于 BIM 的建设项目管理，提升项目精细化管理水平。

1、经济效益

通过 BIM 技术构建的建筑模型提供的各类信息，协助决策者做出准确的判断，特别在项目设计初期，减少因方案变更产生的追加成本；通过碰撞检查、成本统计和进度模拟，实现进度控制的同时有效控制工程造价；在运维阶段通过和监控系统结合，实现运行维护的成本最低化。通过 BIM 技术加强的精细化管理过程，能实现较快、较好地投入产出比，产生较大的经济效益。

以施工阶段为例，在本工程 BIM 实施过程中，采用问题联络单的方式，将 BIM 团队在建模实施过程中发现的每一处问题，形成唯一的问题联络单，发送到各相关单位和个人，并跟踪回复和解决方案，确认最终问题联络单能够关闭，并调整相应的 BIM 模型。通过测算每张有效问题联络单影响的关键工期天数，可计算 BIM 对促进项目进度产生的工期影响，再将天数折算成费用。以此作为 BIM 价值的测算方法。在施工过程中因避免了碰撞点的返工、修复、开洞减少的费用计算。在本项目产生的费用按每个碰撞费用 150 元，共碰撞 900 个点，直接产生 135,000 元（150 元 x 900）。

2、社会效应

通过 BIM 技术在本项目的应用，首次将BIM模型植入医院建设领域，一改过去传统的建设项目管理模式，将各参与方真正融入到一个BIM 管理平台，协同高效工作，为共同的项目目标付诸实施。上海瑞金医院作为全国为数不多的在基本建设领域应用 BIM 技术的单位，建立基于 BIM 3D 和移动互联技术的项目建设管理信息化模型的探索和实践，为国内其他类似机构的建设管理起到了典型示范作用，其成功经验和失败教训都是一笔宝贵财富。

4.5 BIM技术应用推广与思考

4.5.1 值得推广的方面

1、BIM 系统协同管理平台：项目参与方多，配合周期长，为保证工作沟通的即时性和高效性，保证模型数据的可传承性及一致性，以基于混合云技术的虚拟化项目协同管理平台——现代管理云平台（XD-BIM 工程平台）为协同平台，以 Revit 建模软件为主，对项目全生命周期进行管理、整合各阶段图纸、模型和照片，统一协调各参与方

2、性能化模拟分析：利用 Revit 建立模型，结合性能化分析（治疗装置微变形、自然通风、采光、遮阳），结合绿色建筑设计理念和技术运用，实现高效节能目标。

3、管线综合：在 BIM 的协调模式下，各专业模型搭建完成后组装成一个整体作为各个专业提资、沟通的平台，建筑、结构及机电专业以三维立体的形式呈现。所有碰撞、净空分析基于三维模型解决。优化后的管线排布、走向符合原始设计意图，满足设计功能及技术要求，同时使各专业管线的空间排布更加合理，空间利用更加充分，各专业管线之间重要的冲突得以消除。

4、三维出图：基于 BIM 模型，采用 ECVS（元素/构件/S/视图/图纸）的方式组织设计，辅助出具设计图纸，实现 BIM 三维协同设计。

5、进度（4D）模拟：基于 3D 模型，关联进度文件形成 4D 模型，基于 Naviswork 软件，通过输入施工资源的各种数据，对整个施工过程进行动态追踪，查询施工设施称、类型等属性，实现施工进度和场地布置的关联，形成动态的 4D 现场管理（计划进度和实际进度的对比，协助项目部进行现场施工管理）。

6、施工方案模拟：施工工序模拟（2 段模拟：质子区混凝土分段浇筑、质子区施工流程）；复杂施工节点建模（5 个节点：旋转治疗舱和加速仓留洞钢筋节点、质子区套

管留洞、质子区三段浇筑计划可行性的模型验证、二结构排砖模拟、钢结构与女儿墙节点)。

4.5.2 需要改进的方面

1、管理问题

BIM 技术建立了更加有效、能实时共享项目数据的协同环境，改变了现有建设项目的工作流程，在这种环境下，需探讨有效的管理模式，协调各参与方有序推进项目实地开展。

2、人才问题

熟悉 BIM 技术的咨询员与项目实施的工程师在项目应用中走的是两种模式，尤其是对于设计、施工人员，一方面已形成的工作习惯很难改变，另一方面由于项目工期紧，现场以二维图纸为准，设计院不能提前提供图纸，且图纸时刻在变化，这样 BIM 模型的应用是随时更改且滞后的。

3、技术问题

BIM 软件的功能没有成熟，最突出的技术问题是数据互用性，大部分公司开发的软件采用 IFC 标准不彻底，软件之间存在数据不完全兼容的问题。

五、临港重装备产业区H36-02地块项目

5.1 项目概况

临港重装备产业区H36-02地块项目位于浦东新区临港重装备产业区和物流园区内，东至鸿音路绿化带及H36-02地块，南至琼阁路，西至云端路，北至正茂路绿化带及H6-03地块。北侧紧邻公租房小区，南侧为生产厂房区，西侧为临港重装备产业区H36-02地块项目的规划用地，东侧为规划的市政公园。

本项目是由高层塔楼、方形小高层和多层建筑组合，形成形态错落有致的研发类建筑群，地下室整体为现浇结构，有大跨度梁板结构。地上结构采用预制装配式混凝土或钢结构，预制率达40%以上，其中，西1，西2楼预制率超过45%。项目容积率不大于2.0，绿地率不小于50%，绿化面积不小于4.2万平方米，集中绿地率不小于10%。项目整体规划均满足绿色建筑要求，达到绿色建筑二星，建筑场地及配套用地满足海绵城市建设要求。

主要参建单位包括：上海临港新兴产业城经济发展有限公司（建设单位）、上海建科工程咨询有限公司（BIM咨询单位）、同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司（设计单位）、上海百通项目管理咨询有限公司（监理单位）、上海建工五建集团有限公司（施工总包）、上海住总金属结构件有限公司（幕墙安装单位）等。



图5-1 项目效果图

根据本工程体量较大、界面复杂、装配率高等特点，项目采用“业主为主导、顾问为支撑、各方全参与”BIM应用模式，围绕“一个模型、两大阶段、三类目标”的核心理念，运用BIM技术开展三维设计协同、施工精细管理、成本过程管控。通过平台应用，以运营为导向，重点解决传统管理中各阶段、各专业间信息传递问题，实现跨区域协同作业，保证过程目标主动控制，奠定园区楼宇远距离智慧运营管理基础，实现

园区建设管理和运维管理的新模式。

5.2 项目概况

5.2.1 工程范围

本工程总建筑面积约21万平方米，其中地下室部分共一层，建筑面积约4万平方米；地上包含研发厂房、研发中心及办公建筑，共计24栋，建筑面积约17万平方米。项目BIM技术应用范围为地块红线范围内所有建筑单体及地下室的全专业，包括但不限于以下专业：建筑、结构、机电全专业、钢结构深化、预制混凝土结构深化、幕墙深化、机电安装深化、室内精装修设计、室外总体、景观等。

5.2.2 应用阶段

本项目BIM应用重点围绕建设工程的建设期（包括：设计阶段、施工阶段、竣工阶段）和运营期两大阶段，覆盖建设工程全生命周期，以满足项目整体实施要求及目标：

- 设计阶段，通过导则标准和信息框架的整体设计，创建能为项目和各方实施应用的三维模型，通过碰撞检查和净空优化等 BIM 应用优化设计，辅助解决复杂的沟通协调工作。
- 施工阶段，通过 BIM 技术解决大量的施工进度模拟和模型深化工作，辅助工程施工对进度、质量、安全的整体把控。同时，通过协同管理平台对 BIM 成果进行共享和传递，保证各方信息一致性。
- 竣工阶段，通过竣工模型整合，对建造过程中的信息进行分类提取，完成项目数字化交付和竣工归档。
- 运维阶段，通过搭建基于 BIM 的运维管理平台，对项目园区物业进行集成化管理，实现平台数据监测和分析，以满足项目智能化运维需求。

5.2.3 BIM技术实现目标

根据BIM应用范围，本项目BIM实施目标主要包括以下四个方面：

1、围绕一个模型，夯实应用基础

BIM模型是本项目实现数字化设计-数字化施工-数字化运维的基础，如何保证模型复用以及围绕“一个模型”进行全过程BIM应用是本项目BIM工作开展的难点和重点之一。因此，编制本项目BIM实施标准，包括实施流程、建模标准、数据标准及信息交付标准等，实现“一个模型”的逐步更新和完善，直至项目竣工交付，保证模型的可传递性和有效性，为后续各个阶段的BIM应用提供坚实的模型基础。

2、打通两大阶段，实现信息共享

建设期和运营期是本项目实施主体不同、目标主体不同、管理思路不同的两个阶段，如何在BIM应用中综合两个阶段，保证时间维度（建设期+运营期）上信息共享和传递、空间维度（建筑群建设管理+运维管理）上的相对独立和集成，是本项目BIM工作开展的难点和重点之二。因此，本项目BIM应用以项目为载体，面向项目的全生命周期，以运营为导向，开展项目各个阶段的数据策划和BIM实施，打破数据壁垒，形成以数据流为主线的BIM全过程应用。

3、搭建两大平台，提高管理效率

在项目建设期，以“项目协同管理平台”为依托，全方位、全过程参与业主项目管理工作。通过对各单位BIM应用成果进行审核和验收，将项目协同管理平台和RFID物联网技术相结合，将模型与资金、进度、质量等设计施工信息关联，实现工程进度、投资、质量等管理目标的可视化、动态化、精细化管理。

在项目运营期，以“项目运维管理平台”为依托，通过对接BIM模型在建设期的信息积累和传递，建立以空间和设备为基础的集团化运营维护管控体系，打通线上线下业务链，提升运营维护管理服务品质，对园区楼宇进行远距离、数据化、高效化管理。

4、融合三类目标，创造项目价值

本项目以模型为载体，以WBS为核心，以项目管理思路为主线，将模型与资金、进度、质量等设计施工信息关联，通过设计缺陷和空间盲点的提前发现，现场方案的多方论证，过程进度的实时追踪，变更签证的有效追溯，实现工程进度、投资、质量三类管理目标的有机融合，用BIM技术为项目创造价值。

5.2.4 组织结构

结合本项目BIM应用特点，BIM实施组织形成以建设单位为主导，各参建单位共同参与的组织实施模式，其组织架构如下图所示。

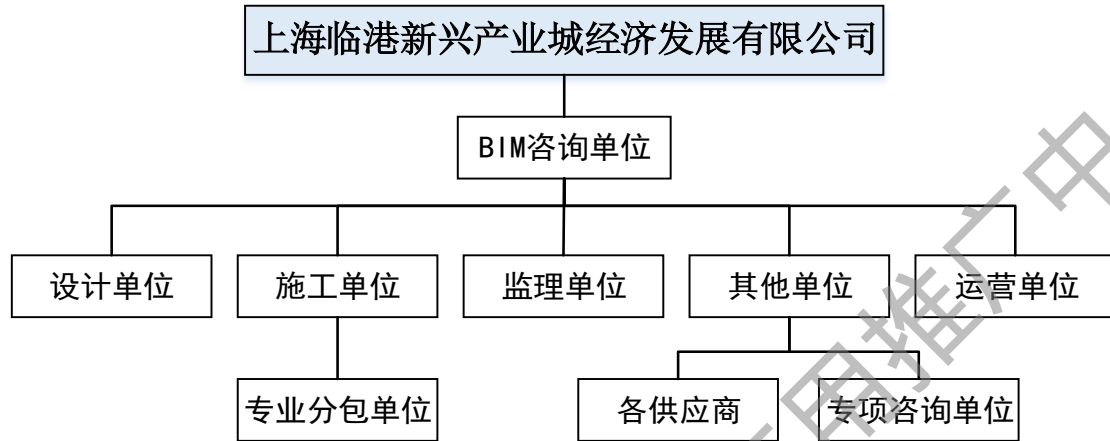


图5-2 组织架构示意图

5.2.5 团队配置

根据上述BIM实施组织架构，在项目实施过程中，各参建单位的BIM工作职责分工见表5-1：

表5-1 本项目各单位的主要职责说明

项目定位	主要职责
建设单位	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制定方针政策，指导 BIM 项目实施； 2. 审定项目目标、范围及评价考核标准； 3. 确认方案及各项成果； 4. 协调推进、监督执行、整体把控与协调，避免项目 BIM 工作方向发生大的偏差。
BIM 咨询单位	<ol style="list-style-type: none"> 1. 总体策划，制定实施规划和标准，职责界面划分； 2. 协助建设单位编制施工和监理等 BIM 技术应用相关招标和合同条款； 3. 配合建设单位建立 BIM 应用组织体系和管理制度； 4. 完成施工图设计阶段全专业 BIM 模型的创建； 5. 主持开展合同范围内的各项 BIM 应用； 6. 提供基于 BIM 模型及 BIM 应用各类分析报告； 7. 对设计、总包、分包、监理等第三方公司的 BIM 工作进行管理、监督、审查和协调，提供专业的 BIM 技术支持；

项目定位	主要职责
	8. 对各方项目全过程的模型进行整合、审核和分析，以及监督第三方公司的模型修改； 9. 整合完成竣工模型，配合归档验收工作； 10. 建立基于 BIM 的协同管理平台、运维管理平台的开发建设、维护和扩展开发及相关软硬件的采购； 11. 提供 BIM 培训。
设计单位	1. 定期提供设计成果，进行技术配合，并参与研讨 BIM 技术在设计和施工阶段的应用； 2. 完成数据信息的收集、集成、更新和完善等工作； 3. 接受相关平台培训，在协同平台上开展有关工作。
施工单位	1. 接收施工图设计模型，对合约范围内的施工图设计模型进行必要的校核和调整，完善成为施工图深化设计模型，并在施工过程中及时更新，保持适用性，创建和更新施工过程 BIM 模型； 2. 统筹管理各分包方 BIM 团队施工深化设计模型和施工过程模型，方便各专业间模型互用； 3. 完成 BIM 在施工阶段的应用，提交应用成果； 4. 进行施工阶段 BIM 模型专业信息收集、更新和完善； 5. 接受相关平台培训，在协同平台上开展有关工作。
监理单位	1. 配合建设单位及 BIM 咨询单位，监督和管理各类施工现场 BIM 工作开展及 BIM 成果应用； 2. 应用 BIM 技术对施工单位提交的施工模型、信息、资料进行审核； 3. 积极响应和落实建设单位和 BIM 咨询单位的各类 BIM 工作要求； 4. 接受相关平台培训，在协同平台上开展有关工作。
其他单位	1. 完成合同范围内的各项 BIM 工作并提交相关工作成果； 2. 积极响应和落实建设单位和 BIM 咨询单位的各类 BIM 工作要求； 3. 完成各自工作范围内的各类相关配合工作； 4. 接受相关平台培训，在协同平台上开展有关工作。

根据本项目BIM工作实施的内容及各参与方职责要求，各参与方人力资源配置如下：

表2-2 项目人力资源配置表

项目	项目	人员配置
----	----	------

参与方	施工阶段	主要联系人数	前台工作人员人数	后台工作人员人数
建设单位单位	策划阶段	1	2	后台工作人员，以满足工作需求为主，若不能完成相关工作，需直接增加相应前台工作人员
	设计阶段			
	施工阶段			
	运营阶段			
BIM咨询单位	策划阶段	1	1	
	设计阶段	1	2	
	施工阶段	1	3	
	运营阶段	1	2	
设计单位	策划阶段	1	/	
	设计阶段	1	1	
	施工阶段	1	/	
	运营阶段	1	/	
施工单位	策划阶段	1	/	
	设计阶段	1	/	
	施工阶段	1	5	
	运营阶段	1	/	
监理单位	策划阶段	1	/	
	设计阶段	1	/	
	施工阶段	1	1	
监测单位	施工阶段	1	1	
其他单位	各工程阶段	按需	按需	

5.3 BIM技术应用成果与特色

1. 设计阶段

在设计阶段BIM技术应用是各专业模型构建并进行优化设计，主要包括建筑、结构、给排水、暖通、电气等专业建模。其中结合装配式项目特点，结构模型又拆分成现浇结构（预制现浇段）和PC构件两部分。并通过冲突检查和净空分析等基本应用，完成施工图设计的多次优化问题，建立一个三维可视的各专业协同环境。

(1) 模型建立

本项目体量大、地上单体多，装配式构件数量庞大。在建模时，要考虑PC构件类型及BIM应用需求，基于PC构件模型要满足快速修改和替换的基本原则，建立本项目PC构件库如图3.1所示。并以此为基础，建立本项目的全专业BIM模型。

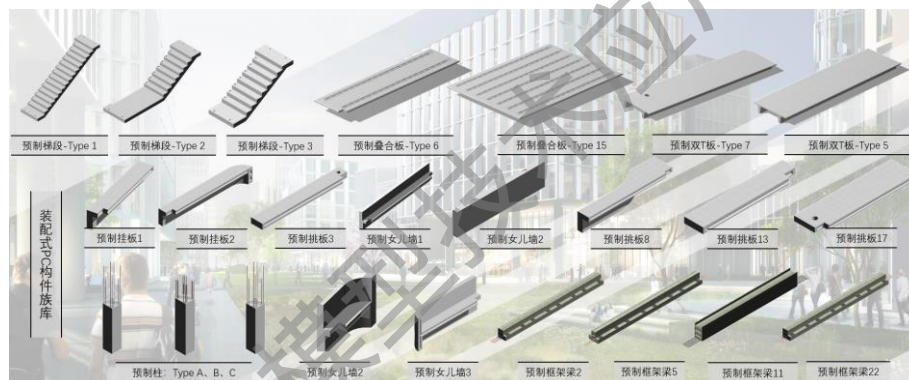


图3.1 PC构件库

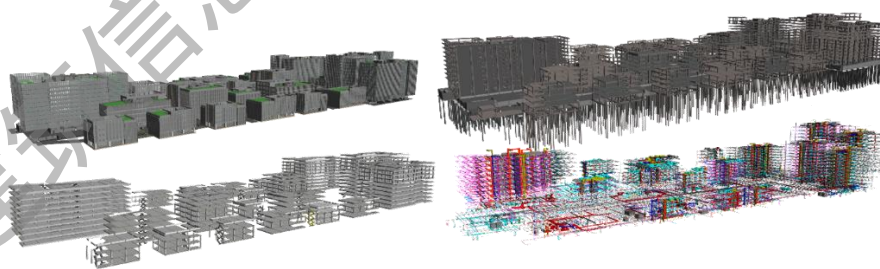


图3.2 全专业模型

(2) 碰撞检查

利用BIM技术除了解决各专业间碰撞检查外，还针对PC构件设计特点，检查预埋件与PC构件设计间的碰撞问题，解决PC构件与幕墙埋件的搭接错误，辅助幕墙深化设计定位和出图。例如，根据幕墙及幕墙预埋件模型，发现幕墙埋件尺寸、形式等设计错误460处，发现幕墙埋件布置不合理区域179处。

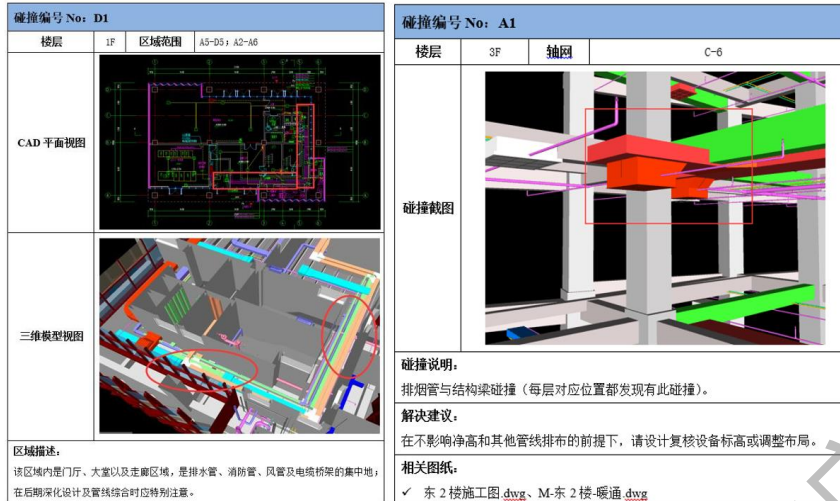


图3.3 碰撞报告

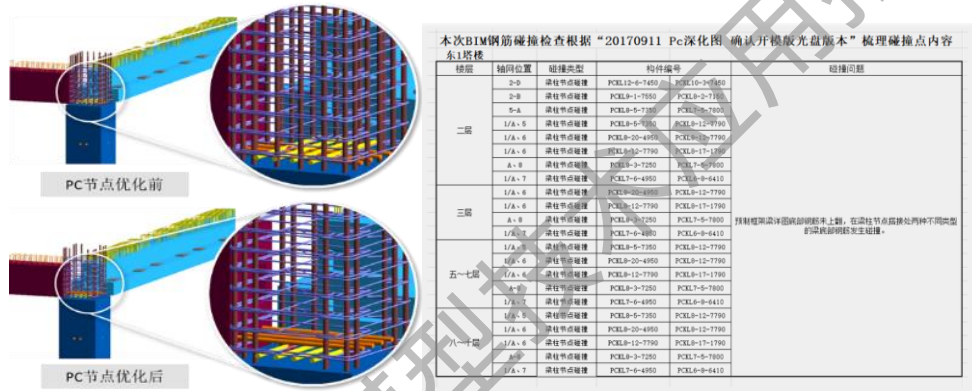


图3.4 PC节点碰撞分析



图3.5 幕墙埋件碰撞报告

(3) 净空优化

对重点区域净高进行检查，将净空整体分布情况进行复核，形成检查报告。



图3.6 地下室净空检查分布

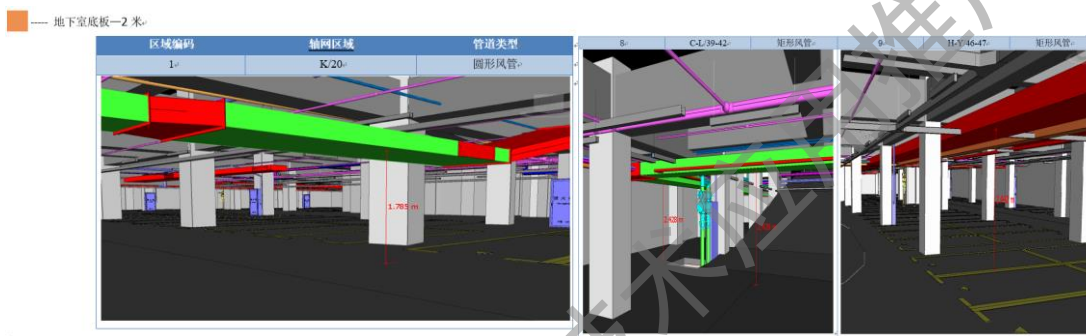


图3.7 重点区域净空检查

2. 施工准备阶段

(1) 编码体系及程序开发

根据前期调研，将PC构件管理流程分为构件生产、出厂检验、构件运输、现场仓储、现场吊装和质量检验等6个环节。同时，建立预制构件的编码体系，利用RFID物联网技术，为PC构件的全产业链管理提供支撑。过程中，进行RFID芯片加载试验13次，RFID芯片编码平台读取试验19次。



图3.8 编码确立及写入

(2) 场布优化

根据施工场地方案，利用BIM技术进行场地布置模拟。同时，考虑到车辆载重大和PC构件自重量大的特点，针对场地内主要行车路线和构件堆场模拟，并对场地布置、行车路线及构件堆场进行优化。



图3.9 场布线路及堆场优化

(3) 工序模拟

本项目工期长、施工单体较多，对施工工序要求高。在施工准备阶段，通过BIM技术对桩基施工、基坑土方开挖等进行工序模拟，及时发现施工方案中潜在问题。

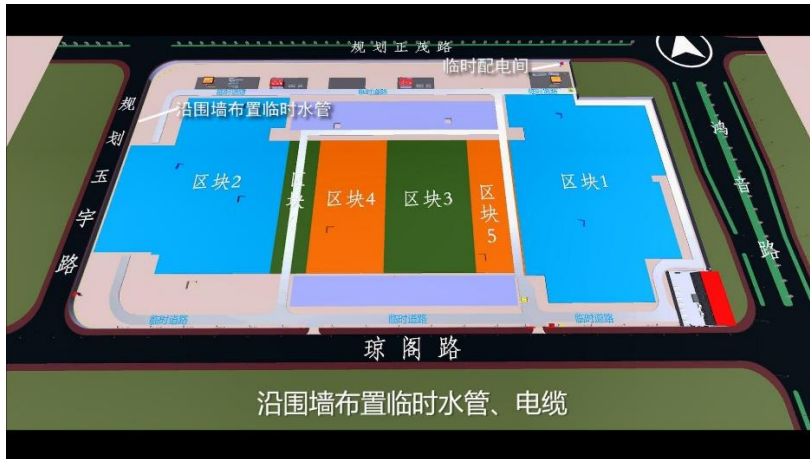


图3.10 土方开挖及取土路线模拟

3. 施工阶段

在施工实施阶段，围绕项目质量、安全和进度管理目标，依托信息化技术进行过程协调和管理，为PC构件全产业链管理和施工阶段精细化管理提供技术支撑。

(1) PC构件现场检验

结合前期编制的编码体系和协同管理平台的PC构件管理模块，对每批进入施工现场的构件进行PC构件现场检验，并将现场检验结果及相关资料与BIM模型进行挂接，及时记录现场质量检查信息。



图3.11 PC构件进场检验

(2) 工艺模拟及技术交底

对于复杂工艺或关键部位，利用BIM技术进行工艺或施工模拟，形象展示施工操作要求，规范现场作业人员的操作流程，提供现场作业效率。

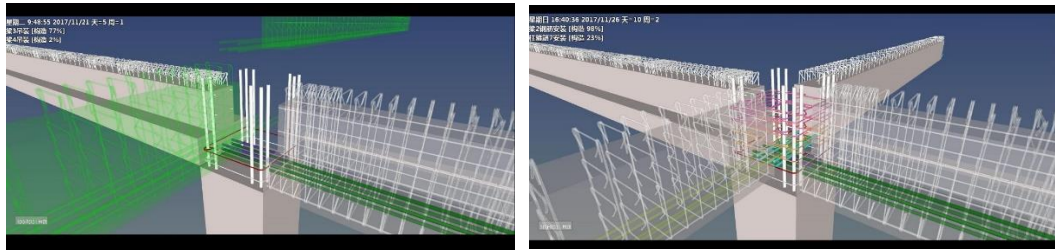


图3.12 复杂节点工艺模拟及技术交底

(3) 进度模拟及管理

通过实际进度与项目计划进度的对比分析，发现当前施工的潜在问题，及时调整施工措施及进度计划，做到施工进度的有效控制。同时，阶段性分析进度完成情况，对于延期部分提前预警。

同时，利用协同管理平台将BIM模型与现场进度关联，对当前施工任务进行分色展示，实时查看当前施工进度情况，进度状态一目了然。对于当前滞后的任务，推送预警信息于相关责任人，做到进度状态的精准把控。并通过数据分析，查看相对阶段任务完成率，为建设单位进度管控提供准确数据支持。

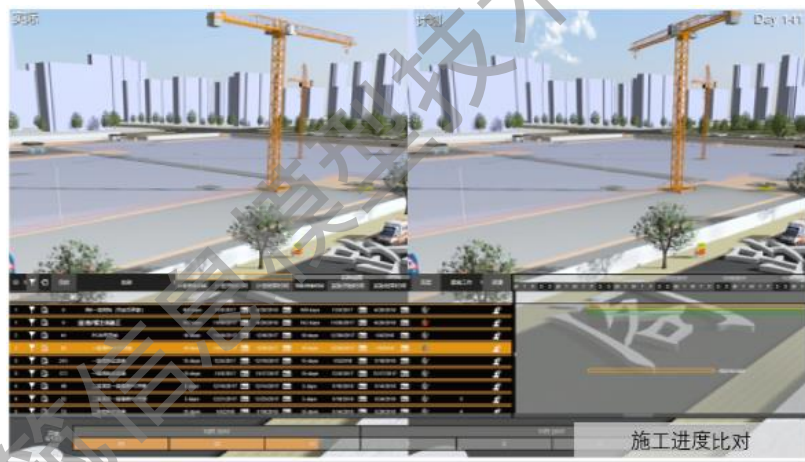


图3.12 4D施工进度模拟

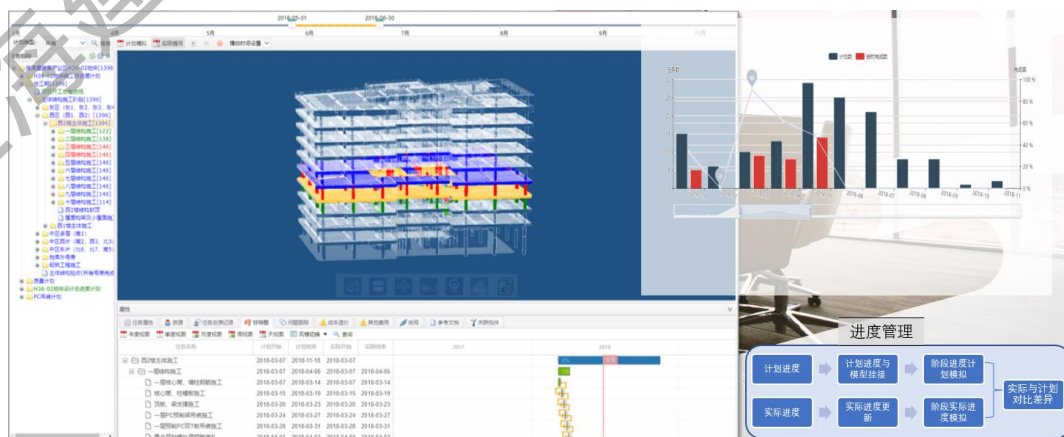


图3.13进度管理

(4) 施工质量管理

通过BIM技术，利用协同管理平台与参建各方日常管理 workflow 衔接，将现场施工质量问题提交平台，并推送相关责任人，做到质量问题可查询、问题整改可追踪、问题处理可闭环。并通过质量问题的分类与分析，查看项目累计质量问题类型和处理率，提高建设单位质量管控效率。

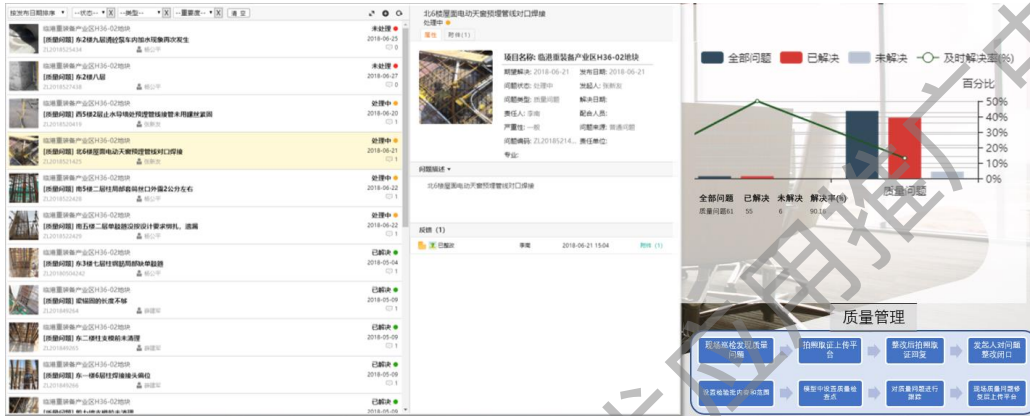


图3.14 质量管理

(5) 施工安全管理

本项目涉及PC吊装、大型机械作业、高于50米的幕墙安装、钢结构吊装等危大工程，按照“隐患当作事故处理”的原则，施工过程中对安全管控要求较高，利用BIM技术识别风险源，做好安全措施样板。同时，通过协同管理平台，对施工过程和专项作业分别设置不同安全等级，及时跟踪和监督处理，做到全过程、全方位管控。



图3.15 安全措施样板

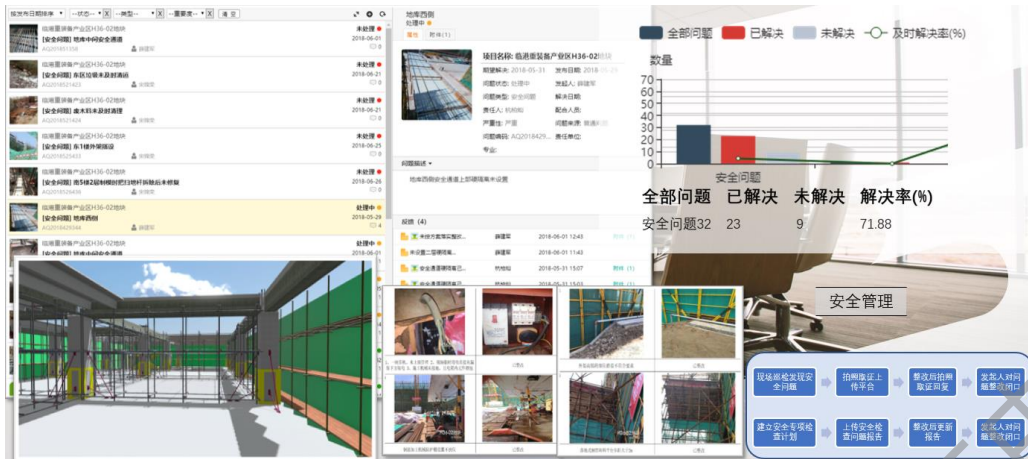


图3.16 安全管理

(6) 成本全过程控制

本项目借助BIM协同管理平台，将BIM模型与项目全过程成本控制有机结合，通过将BIM模型工程量统计与实际工程量进行对比分析，各项统计差别平均控制在7%左右，对项目的成本投入进行动态监控；设计计价无缝对接，工程投资动态监控；设计图纸发生变更，工程造价同步调整；模型指导现场施工，降低项目资源浪费；模型关联工程进度，项目节点形象支付，实现工程项目的价值创造。

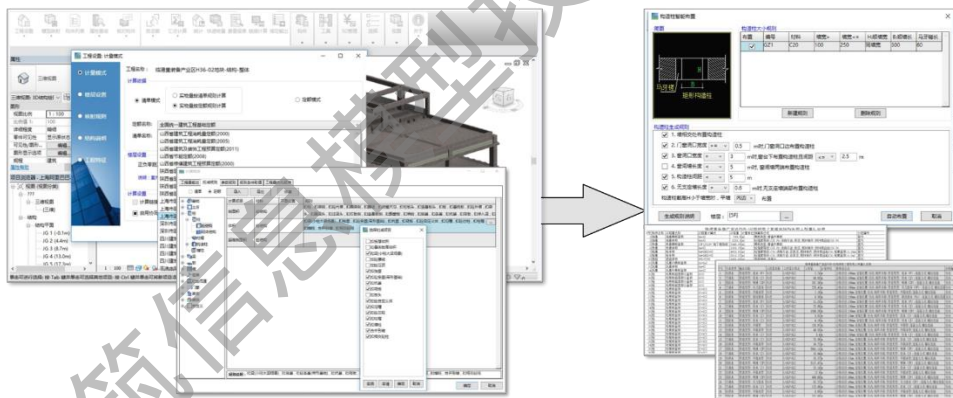


图3.17 成本管控

5.4 BIM技术应用效益及测算方法

1、BIM投入

本项目采用建设单位主导，BIM顾问提供BIM技术全生命周期咨询，各参建单位共同参与的BIM应用模式。在项目应用层面，建设单位BIM投入398万元，同时在施工阶段，施工总包单位BIM单独投入费用为10万元，主要用于在施工阶段的BIM应用及配合。

2、BIM产出

(1) 人才培养

在整个项目实施过程中，通过全过程应用，上海临港产城经济发展有限公司、上海建科咨询、同济设计院、上海建工五建、百通项目管理等各参建单位具体技术人员均参与BIM应用和实施，通过周例会协调、会后实时互动，整个项目BIM团队人员稳定，团队素质不断提高，整个项目主要参与BIM人员有20人左右，形成一支具有创新精神、技术能力扎实的团队组织，保障本项目BIM各项工作顺利。

(2) 经济效益

通过BIM技术进行碰撞检查、空间优化和方案比选，并尝试通过BIM模型导出机电平、立、剖图纸，提高设计质量，节约沟通交流时间，加快建设单位决策效率，排除90%图纸错误，减少10%的现场施工返工，具体效益分析详见表1-1。

装配式部分，通过PC构件碰撞分析，发现节点问题共计150余处，完成设计优化和管线综合优化，共计点位约242余处。

表1-1 效益分析表

序号	应用点	效益分析
1	碰撞检查	施工图阶段共发现各类碰撞问题3284个，一般性碰撞问题2477个，重点问题807个。其中地下室273处，地上534处。 其中图纸错漏问题12处，根据BIM问题提资修改图纸1版。
2	净空分析	施工图阶段共发现地下室净空问题11处，地上净空问题5处。
3	管线综合	根据BIM模型进行管线综合，地下室区域，17次BIM三维拍图，共解决问题178处；地上区域，93次BIM三维拍图，共解决问题207处。

4	支持和配合 出图	支持和配合地下和地上机电管线综合平面、剖面图纸共248张。其中地上127张，地下室121张。
5	工程量统计	土建工程量统计控制量差0-7%之间。

3、综合效益

整个项目实践的过程，需要各家通力配合，协同工作，才能保证各家单位根据自身任务和目标，完成相应BIM应用工作。由于项目各阶段工作目标不同，BIM技术的应用方向和深度也各有特点：

- 设计阶段，通过导则标准和信息框架的整体设计，创建能为项目和各方实施应用的三维模型，这是一个需要反复讨论、逐步深化的过程。因此，设计阶段主要以BIM技术优化设计，辅助解决复杂的沟通协调工作。
- 施工阶段，工程的进度、质量和安全是最主要问题。通过BIM技术解决大量的施工进度模拟和模型深化工作，以辅助参建各方对工程进度、质量和安全的有效把控。同时，通过协同管理平台的项目流程管理、协同管理等功能对BIM成果进行共享和传递，保证各方信息一致性。
- 竣工阶段，通过竣工模型整合，对建造过程中的信息进行分类提取，用以满足项目运维需求。
- 运营阶段，通过添加设备信息及运行信息等形成运营模型，通过建立以空间和设备为基础的集团化运营维护管控体系，可打通线上线下业务链，实现建筑单体内各子系统之间信息资源共享和管理，相关系统之间的互操作、快速响应和联动控制，对园区楼宇进行远距离、数据化、高效化管理。

5.5 BIM技术应用推广与思考

5.5.1 应用推广

(1) BIM应用模式的推广

经过本项目的试验，初步验证了“业主为主导、顾问为支撑、各方全参与”的BIM应用模式的有效性。在该模式下，由建设单位从项目整体推进的角度提出BIM应用的总体目标和阶段目标，由咨询顾问按照目标要求制定技术标准、工作流程、工作职责、

管理规范、任务分解以及过程管控，由参建各方根据标准和任务完成各单位的工作内容，从“BIM+项目管理”的角度将BIM技术的应用贴近工程实际，让BIM真正发挥其应用价值。

2、BIM管理工具的推广

在“业主为主导、顾问为支撑、各方全参与”的BIM应用模式下，各方的协同管理和专业间的专业配合是BIM在项目全生命周期应用中的重点和难点，传统的建设管理缺少有效的管理手段和管理工具，不利于项目的整理推进和BIM应用价值的体现。因此，在项目实施过程中，采用了基于BIM的协同管理平台，有效解决“BIM+项目管理”中的问题瓶颈，显著提高建设单位在项目管理过程中的管理效率。

3、工业园区类项目BIM指南

本项目通过BIM咨询服务，初步形成企业BIM技术应用的管理体系，综合本项目整体BIM应用实施情况，编制项目园区类BIM指南，在实施路径、应用深度、各方职责和交付标准等各方面进行梳理和总结，为建设单位后续类似项目BIM技术的应用和推广奠定基础。

5.5.2应用展望

1、“BIM+PC+IoT”的深度结合

随着BIM技术、物联网技术、互联网技术等信息化技术的飞速发展，结合的装配式产业园区的项目特点分析，可以将BIM、IoT、PC深度融合，结合协同管理平台对PC构件实施全产业链的信息化动态跟踪和管理，实现装配式建筑构件采购、生产加工、物流运输、物料堆场、现场吊装、进度管理、质量控制、返厂追踪的管理需求，达到精细化管控的阶段性目标，更有助于智能建造、精益管理、智慧运营远期目标的实现。

2、“信息化+工业化+绿色化”三化融合建设管理新模式

本项目在开始之初全面策划项目在装配式建筑和绿色建筑方面与BIM技术结合的应用策划和信息策划，通过BIM技术在项目全生命周期中的全面实施，打通各阶段、各专业间的信息壁垒，实现有效信息交互应用。同时，通过对PC构件的全产业链管控，将管理模式得以落地实施，满足项目工业化、绿色化的全过程应用和管理要求，为后续类似项目的BIM技术应用和推广起到良好的示范效益。

3、BIM与大数据、人工智能的结合应用

大数据及人工智能是当前信息技术革命的重要趋势，应思考如何与BIM技术相结合在工程建设和工程管理方面的技术突破和管理创新。随着BIM在项目全生命周期的深度应用，模型和属性数据的积累，逐步形成建设期和运维期的BIM模型库、构件/设施/设备数据库、管理数据库，结合人工智能算法、优化分析算法、数据挖掘算法等，可进一步为智能建造、精益管理、智慧运营的实现提供强有力的数据基础，用数据支持决策、用数据驱动管理。

上海建筑信息模型技术应用推广中心

六、上海市轨道交通网络运营指挥调度大楼

6.1 项目概况

上海市轨道交通网络运营指挥调度大楼，建设地点在上海市桂林路909号。其中，运营指挥调度中心是对全线列车运行、电力供应、车站设备运行、防灾、环境，等地铁运营全程进行调度、指挥和监控的“中枢”。

项目时间紧、任务重、标准高，并且由多方共同参与。在申通地铁集团和上海轨道交通15号线发展有限公司的直接领导下，由设计院与施工单位协同工作，积累了大量的BIM工程经验。

项目在设计阶段进行了光照分析、能耗分析、管线综合、净空分析，等应用。通过施工管理平台，进行了施工质量、进度、安全管理，以及预制加工拼装、幕墙安装模拟等应用。并借助智能运维管理平台，为大楼投入使用后的智慧管理提供数据准备。

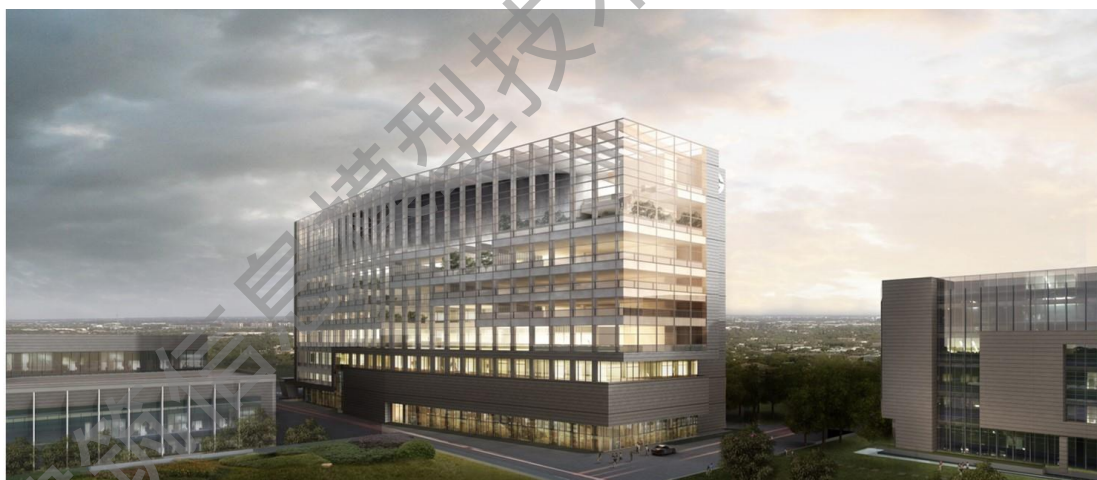


图6-1 效果图

6.2 BIM技术应用概况

6.2.1 工程范围

项目建设用地总建筑面积50393m²，其中地上建筑面积33314m²，地下室建筑面积17079m²。地下室三层，功能为车库及楼宇设备OCC机房，主楼九层，功能为OCC机房和数据中心机房等。

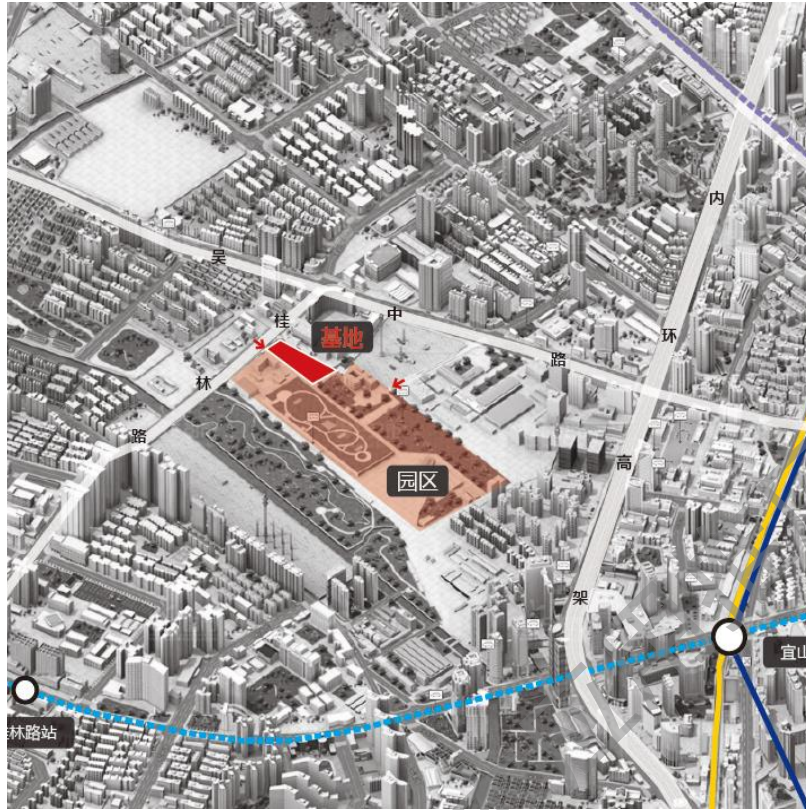


图6-2 位置信息

6.2.2 应用阶段

本项目为全生命期BIM应用，从初步设计阶段开始介入，一直贯穿到运维阶段。

1、BIM技术实现目标

通过本项目工程实践，探索了BIM技术在全生命期领域的应用。尤其是两家设计院与施工单位一起协同工作，探索了全新的BIM协同工作机制与模式。通过在施工阶段和运维阶段引入智能管理平台，将BIM信息数据作为真实可用的数据应用在项目管理，实现BIM技术的落地。

2、组织结构

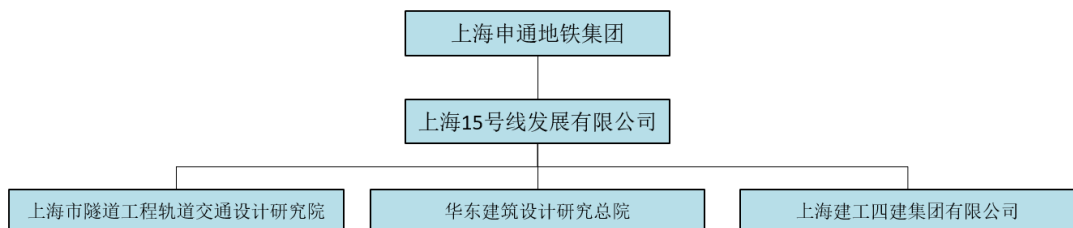


图6-3 组织结构图

3、软硬件配置

本项目主要采用的建模软件有Revit、Civil3D、Tekl等，模型整合软件有Navisworks、Infraworks等，模拟软件有Navisworks，效果表现软件有Lumion、Fuzor等，底层平台软件有ProjectWise平台、Unity 3D。

6.3 BIM技术应用成果与特色

6.3.1 应用成果

1、BIM碰撞检测

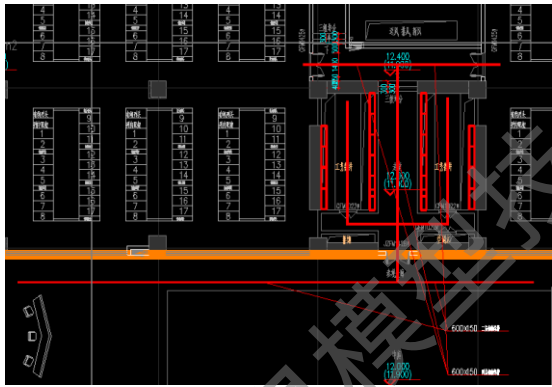
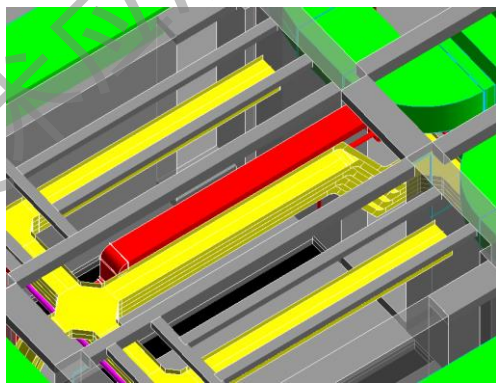
问题编号	问题楼层	对应图纸	平面位置
10	3F	强电 E-20-20	4-12/D、7-8/C-D
			
CAD 图纸		BIM 模型	
问题说明	走道梁高 5200mm，有 900*1630 风管，布置 4 层 600*150 工艺桥架，净空最低处仅有 2450mm。		
设计回复	风管高度上调，工艺桥架变成 2X2 布置模式		

图6-4 碰撞检查

2、管线综合优化

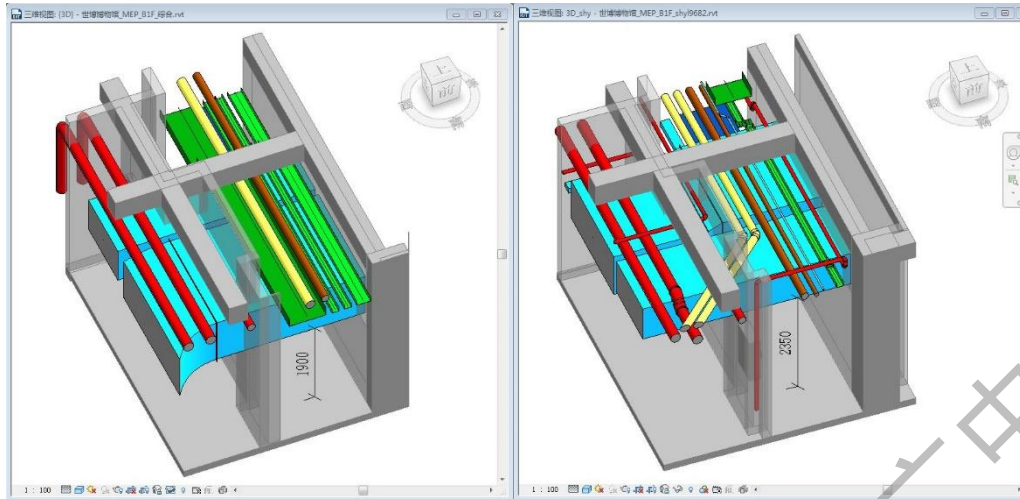


图6-5 管综优化

3、光照分析

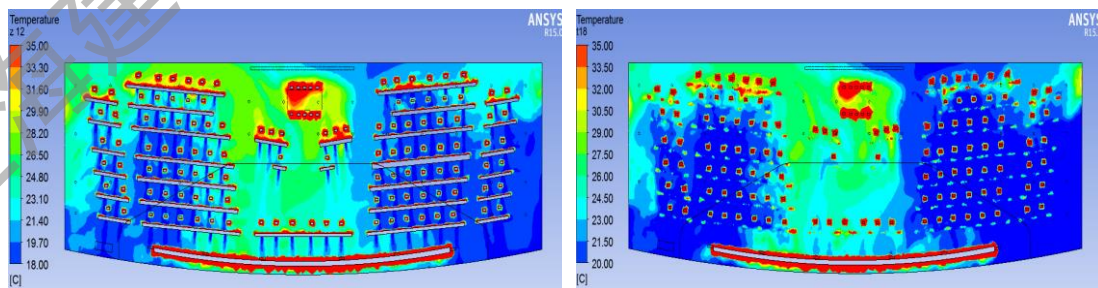
结合天花模数，布置28W，T5荧光灯盘；灯具安装间距1550*1550mm；工作面照度要求为500lx，垂直面照度要求为150lx；眩光计算UGR不超过22。

表6-1 光照分析

结果	平均照度 (lx)	最大照度 (lx)	最小照度 (lx)	最小/平均值
工作面	678	821	508	0.75
垂直面	274	347	197	0.72

4、舒适度模拟分析

调度大厅热环境室内设计参数，夏季室内设计温度25℃ 相对湿度55%。冬季夏季室内设计温度20℃ 相对湿度40%。人均新风量 30m³/h。夏季室内活动区空气流速小于0.25m/s，冬季室内活动区空气流速小于0.20m/s。



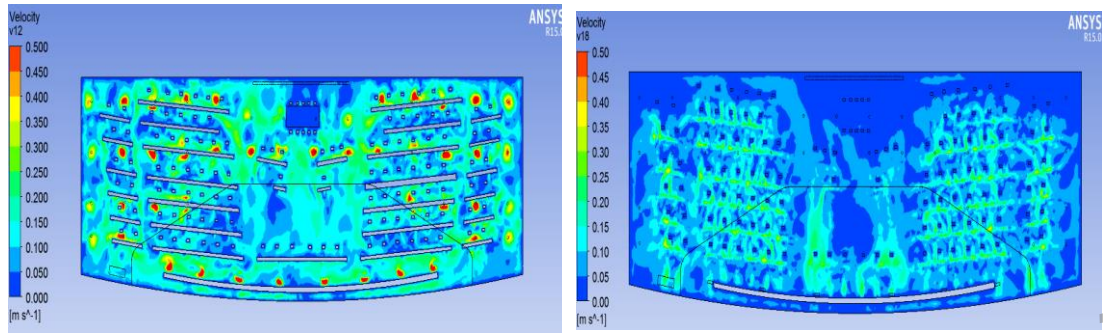


图6-6 舒适度分析

5、BIM模型深化

在设计模型基础上添加分区编码等建筑信息，赋予建筑构件有逻辑的唯一编码，使模型可以和现场构件数字化关联，为进度、安全管理提供信息基础。

BIM深化设计综合平衡技术：通过应用施工图电子版，在计算机上将各个系统进行施工前的模拟预装配，将机电工程各专业管线合理布置，避免施工阶段各个专业管线相互交叉、衔接不当造成返工，提高整体布局的观感质量。



图6-7 BIM模型深化

8、管线搬迁

配合工程综合管理做好管线搬迁前的现场调查，对管线搬迁方案综合规划设计，结合工程现场实际情况对管线综合规划提出方案。

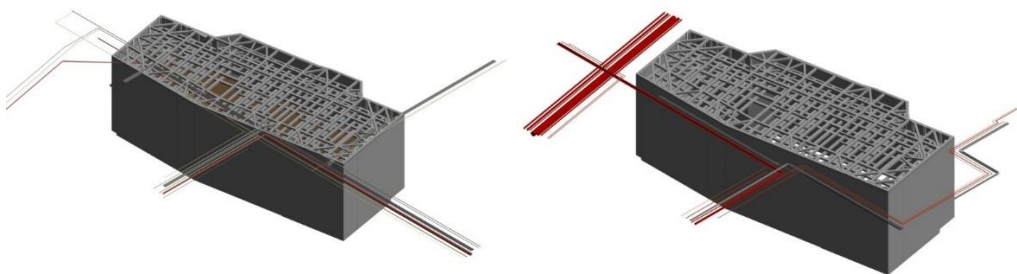


图6-8 管线搬迁

6.3.2 特色应用

1、风管预制加工

开发的风管预制化Revit插件，实现以下特性：

自动断料：将Revit模型中的风管自动划分为预制件，划分位置考虑风管类型、开洞位置、加工设备限制等因素，并尽可能划分为标准件。

自动编码：根据编码规则为每个预制件编码，包括起始风机编号、楼层、类型、序号等信息，并自动标注在图纸上，生成预制加工图。

加工数据输出：为每个构件计算自动化加工设备所需的输入参数，生成加工数据表格，直接对接生产。

基于BIM的预制风管自动分段与编号，利用BIM技术对建筑内的机电系统进行高精度的虚拟安装后，通过读取模型信息并与机床对接，可以实现自动化的加工生产、更便捷的施工管理以及更准确的材料管理。

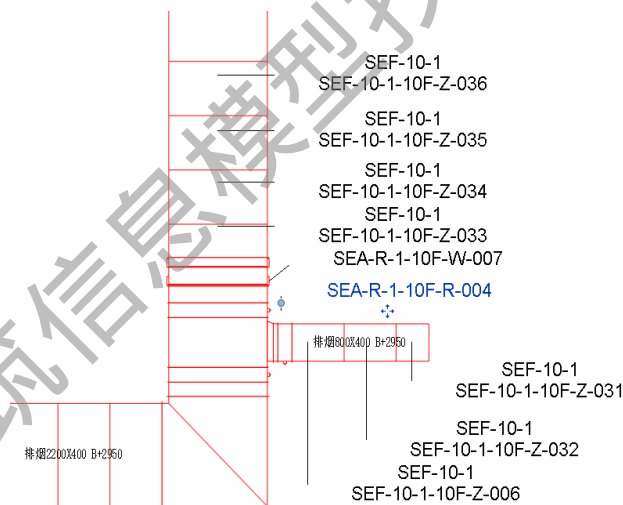


图6-9 风管预制加工图

2、三维扫描

对施工完成面进行三维扫描，将获取的点云数据与BIM模型进行整合比对，并将现场情况数据应用到机电安装阶段，提前规避风险。



图6-10 三维扫描

3、智慧建造管理平台

智慧建造管理平台施工管理架构如下图：

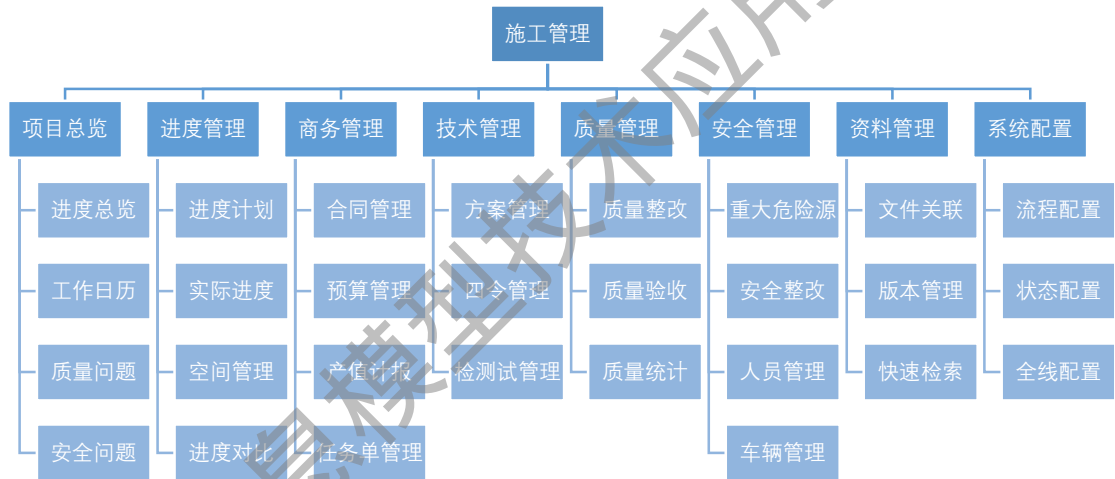


图6-11 施工管理平台

智慧建造管理平台可定制的系统主页，针对项目不同角色提供对项目各方面状况的全局展现，包括各专业进度，质量、安全问题处理状况等。支持微信端，随时随地掌控项目状态。

为每个预制构件生成一个二维码身份牌，通过智能手机扫描二维码的方式将过程信息集成到BIM。自动生成施工日记与工程周报。结合施工进度计划进行基于BIM的进度对比。

质量管理

应用智能移动端发起、处理、追踪和审核质量安全问题，通过扫描二维码将质量问题与BIM关联，自动生成质量安全整改单。支持根据实际进度，自动发起各项质量验

收工作验收不合格，自动发起质量问题，提高项目监督力度。

安全管理

根据实际进度自动发起安全设施定期检查工作，有问题的安全设施自动发起安全问题。

技术管理

对接公司施工技术方案管理系统，对施工技术方案进行归档，跟踪技术方案编制、审批、交底的整个流程。

资料管理

提供基于云储存的数字资料架，将项目实施过程中BIM模型、图纸、各方文档等资料统一管理。平台流程数据及附件自动归档为文档。支持资料的版本控制，实现资料文档与BIM模型、进度计划、空间结构等的动态关联。

会议管理

为项目例会及临时会议提供会议场地管理、参会人员管理、会议通知推送等功能。

4、智慧运维管理平台

开发了基于BIM技术的智能运维管理平台，平台主要功能包括基于三维模型的空间管理、设施设备资产管理、设备运行状态监测、运营维保管理。

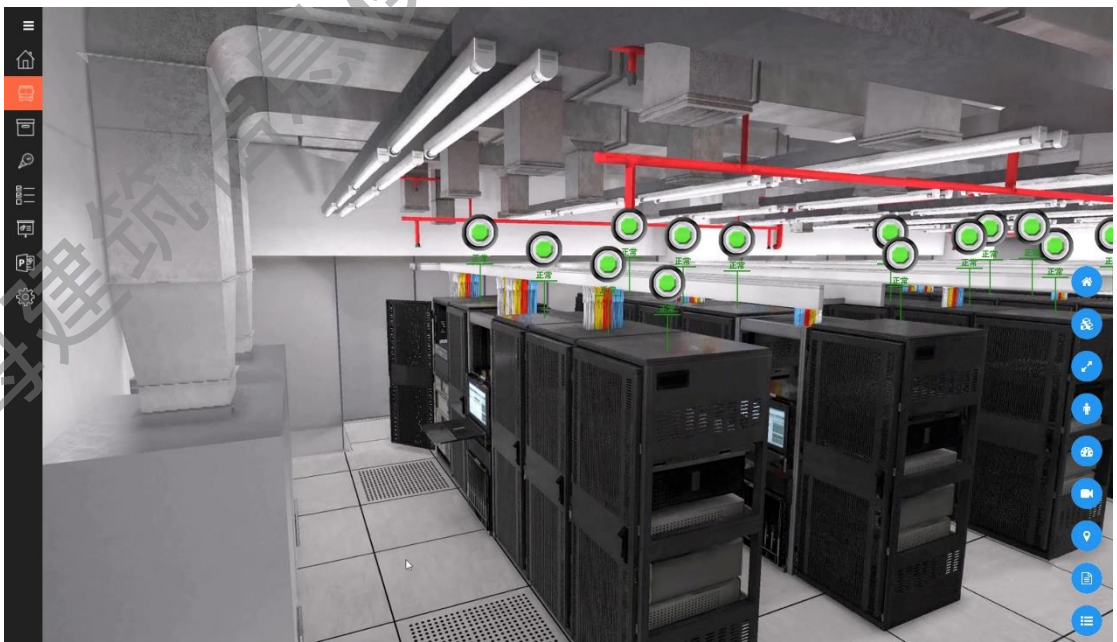


图6-12 智慧运维平台

5、环境检查与预警

采用施工环境集成监测系统对施工现场噪音、PM2.5颗粒物浓度、温度、相对湿度、风速、风向等进行实时监测，并自动计算、发布超标报警，实现安全文明施工管理，辅助施工决策。

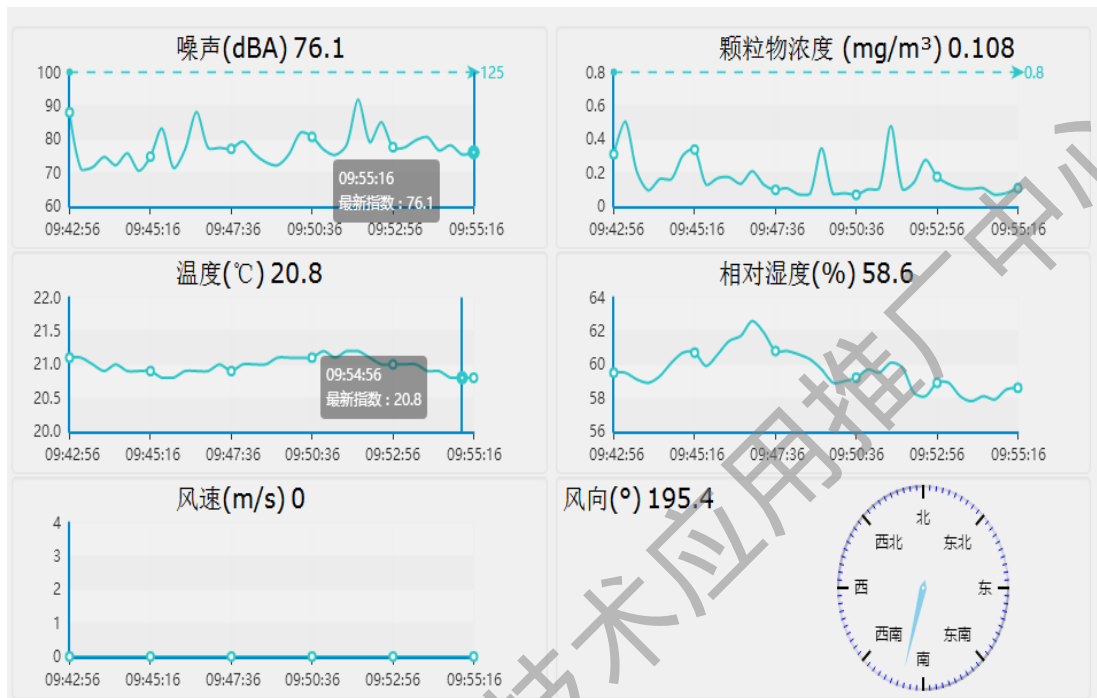


图6-13 环境检测与预警

6、人员定位与管理

采用基于RFID的智能安全帽系统，对施工现场人员进行区域定位，实现人员安全管理、人员成本管控和工作效率分析与进度管控。与“上海市建设工程现场用户统一管理平台”无缝链接，实现对劳务人员的培训、证书、工资等进行全面管理。

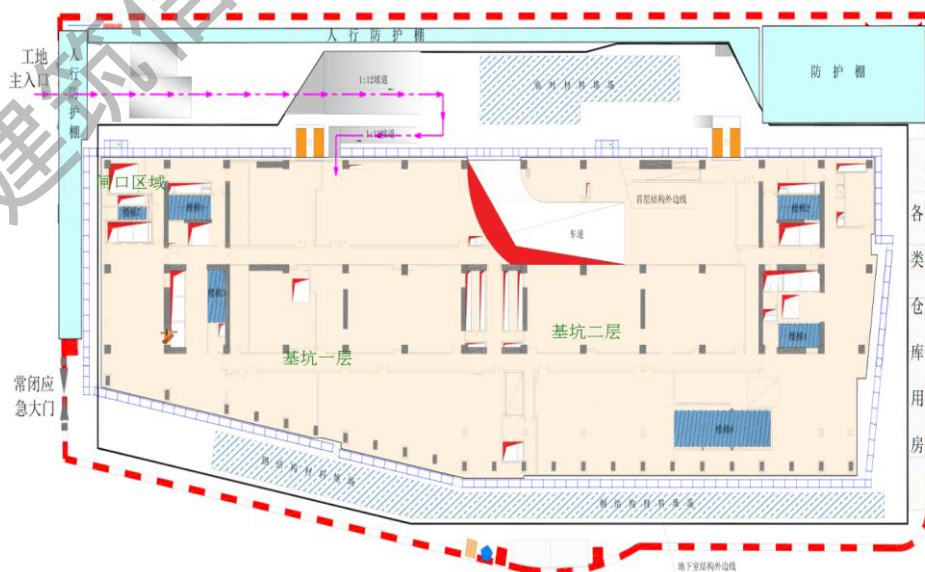


图6-14 人员定位与预警

7、车辆识别与管理

与车辆自动识别系统对接，自动采集施工现场每天进出的车辆情况。

现场车辆管理

当日进车数量：12辆

当前场内车辆：3辆

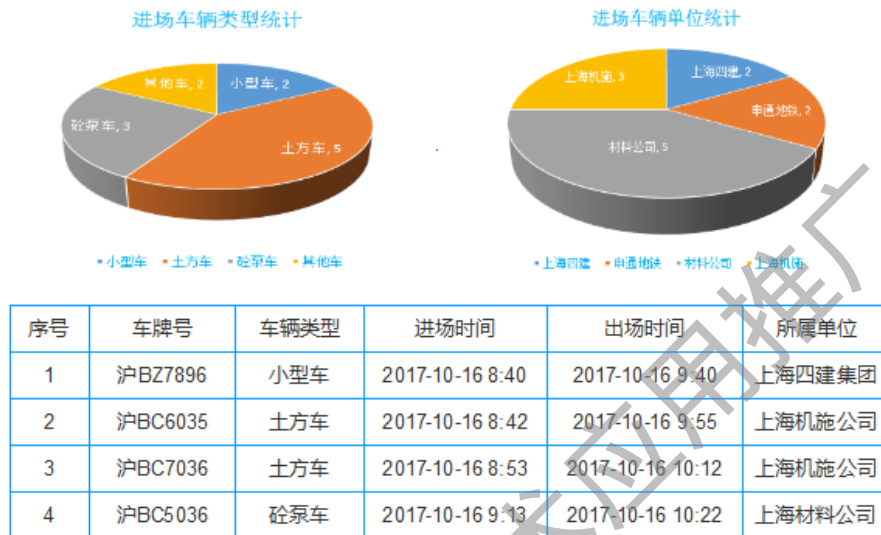


图6-15 车辆识别与管理

8、智能移动设备

智慧建造管理平台通过对接智能手机、平板电脑、智能测距仪、智能测垂尺等移动设备，在施工管理过程中实时采集信息，并实现掌上、智能管理。

智能手机用于管理人员随时随地录入与查看进度，发起、处理和查看质量和安全问题，接收工程消息。支持应用蓝牙、A-GPS等技术，定位所处空间区域，查询各个区域的现状和后续工作安排。平板电脑应用平板电脑，支持在现场查看工程BIM模型，并基于模型进行质量验收、进度录入、方案交底等工作。

施工现场应用，问题及时反馈，业主随时查看。

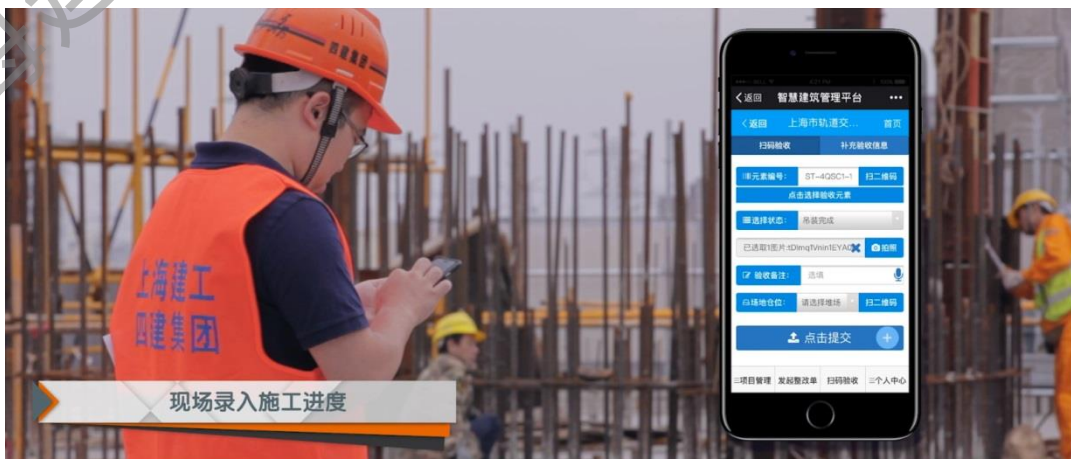


图6-16 移动设备

9、RFID射频应用

用于管理人员随时随地录入与查看进度，发起、处理和查看质量和安全问题，接收工程消息



图6-17 RFID扫描

10、智能测距仪与测垂尺

智能测距仪与测垂尺，用于管理人员随时随地录入与查看进度，发起、处理和查看质量和安全问题，接收工程消息



图6-18 智能测距仪与测垂尺

6.4 BIM技术应用效益及测算方法

运用BIM的可视化能力，极大提高项目参与方沟通协调的效率。采用基于BIM的工程量计算软件，计算每个构件的工程量，自动统计每个月的产值报表、分包成本和劳务成本。BIM平台自动生成质量整改单，节省大量人工工作，杜绝推诿扯皮，减少质量事故。

通过基于BIM的智慧建造平台在线管理，实现随时随地掌握工程状态，提升项目管理人员管理水平，从而提高项目质量水平，减少安全隐患。

6.5 BIM技术应用推广与思考

管理模式：以业主为主导，引入BIM总体概念，依托申通地铁集团BIM发展战略，充分发挥BIM在策划、标准制定、全过程管理的优势，提高效率。

标准先行：基于集团BIM系列标准，编制运营指挥大楼应用实施导则及相关技术要求，加强标准的落地和可实施性。确保各参与方交付成果的一致性和互用性。

竣工交付：在实体交付的基础上，按照集团统一部署，并在多方参与下，结合轨道交通BIM项目实践经验，移植到运营大楼项目中，探索基于BIM数据的虚拟交付工作模式，为智能运维提供数据保障。

七、上海市轨道交通17号线工程

7.1 项目概况

上海市轨道交通17号线是一条贯穿于青浦区东西向的区域级轨道交通线，西起历史文化古镇朱家角镇（东方绿舟），东至上海市规划的重要交通枢纽—虹桥枢纽，线路的建设对青浦新城新的规划和建设具有重要意义。轨道交通17号线依托虹桥枢纽，接收中心城的辐射，串联青浦区的徐泾镇、青浦新城和朱家角镇，17号线的建设将大力促进青浦区新一轮的建设和发展。

本线路全长约为35.341km，采用高架和地下结合的敷设方式，其中地下线长度约为16.157km，高架线长度约为18.479km，敞开段长度约为0.705 km。沿线共设置车站13座（自西向东分别是东方绿舟站、朱家角站、淀山湖大道站、漕盈路站、青浦新城站、汇金路站、赵巷站、嘉松中路站、徐泾北城站、徐盈路站、蟠龙路站、诸光路站、虹桥火车站站），平均站间距为2.898km，其中虹桥火车站站属于虹桥枢纽范围，与轨道交通2、10、原规划17号线换乘。本线共设徐泾车辆段一处，朱家角停车场一处；控制中心选址设于徐泾车辆段内；地面主变电站两处，分别位于徐泾车辆段内和漕盈路站附近。

本项目为新建交通基础设施工程，总投资额约173.6亿元。目前项目已进入竣工验收阶段，2017年12月底开通试运营。

7.2 BIM技术应用概况

7.2.1 建模范围

根据上海轨道交通17号线建设范围，制定BIM技术应用的建模范围。如表7-1所示

表 7-1 模型数据建设范围

序号	建模范围	模型主要内容
1	周边环境	周边地表场景、地下建构筑物、地下管线等。
2	车站及附属设施	建筑、结构、环控、给排水、动力照明、AFC、通信、信号、装修、屏蔽门、电扶梯等专业。

3	区间	高架段、明挖敞开段、盾构段、旁通道、中间风井等。
4	车辆基地	土建、机电设备、装修装饰等。
5	独立主变	土建、机电设备、装修装饰等。
6	桥梁改造	桥梁上部结构、桥梁下部结构

7.2.2 应用目标

上海市轨道交通17号线BIM 技术深度应用于项目设计、施工、运维全过程，实现基于BIM技术的城市轨道交通全生命期信息管理，优化设计方案和设计成果，控制施工进度，减少工期，降低成本投入，提高设计质量和施工管理水平，保障工程项目的顺利完成，同时通过在运维阶段BIM应用提高运维管理水平。以BIM 为核心，整合应用GIS、物联网等技术，形成合力，突破行业发展瓶颈，实现上海轨道交通行业向信息化和工业化的转型升级。

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

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

在运维阶段BIM应用目标在于基于建设期形成的轨道交通项目标准化BIM 数据，整合运维过程中采集的动态数据，借助运维管理系统，实现数字化的轨道交通运维管理，提高设施设备运维管理水平和公共服务水平。

7.2.3 组织架构

本项目 BIM 技术应用采用业主牵头协调，委托 BIM 总体单位主导，BIM 分项单位具体实施，各参与方配合的组织模式。各司其职，共同推进本项目 BIM 技术的深入应用。

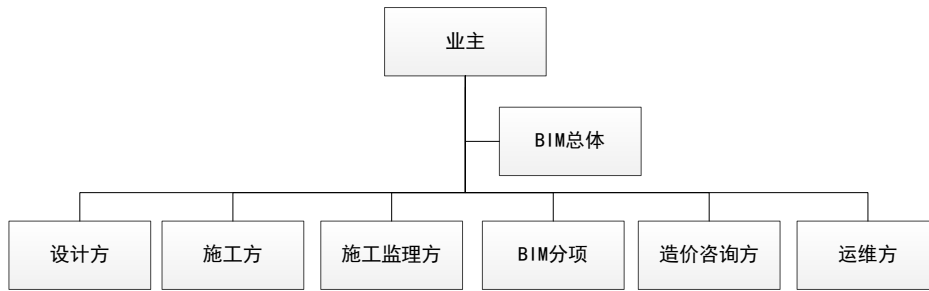


图 7-1 组织架构图

方职责如下：

业主方：管理决策。总体管理本项目的BIM应用实施。对项目的BIM应用研究提出进度、质量等需求及要求；监督和管理设计方BIM方的工作进程及质量；对各阶段BIM应用进行技术指导；接收审核BIM应用成果，并应用成果辅助项目决策，保障本项目BIM应用实施的预期效益。

BIM总体：具体实施、总体协调。设计方的BIM团队，总体负责实施本方案中所列BIM应用，梳理及制定BIM应用过程中的各类流程。为BIM成果的质量负责。

BIM分项：具体实施。设计方的BIM团队，负责实施各工点各阶段BIM应用。

设计方：配合实施。提出设计阶段BIM应用需求，配合BIM咨询方开展设计阶段BIM应用；接收及审核设计阶段BIM应用成果，并应用成果优化设计方案、提高图纸质量。

造价咨询方：配合实施。配合BIM咨询单位开展设计阶段及施工阶段相关应用。

施工方：配合实施。提出施工阶段BIM应用需求，辅助BIM咨询方开展施工阶段BIM应用；对施工阶段施工信息的准确定及及时性负责。

施工监理方：配合实施。提出施工阶段BIM应用需求，辅助BIM咨询方开展施工阶段BIM应用；接收相关BIM应用成果辅助自身工作开展，保障工程质量。

运维方：配合实施。提出运维阶段BIM应用详细需求，接收相关BIM应用成果实施和探索基于BIM的运维管理。

7.2.4 软硬件配置

本项目主要采用的建模软件有Revit、Civil3D、Tekla，模型整合软件有Navisworks、Infraworks，模拟软件有Navisworks，效果表现软件有Lumion、Fuzor，平台软件有ProjectWise平台、Unity 3D。

结合本项目特点、BIM应用内容及项目团队工作方式，硬件配置如表7-2所示：

表 7-2 硬件配置

硬件配置	参数要求
台式工作站	戴尔 Precision T1700系列; CPU 英特尔 Core i7-3770HQ @ 3.40GHz 四核; 操作系统 Windows 7 专业版 64位 SP1 (DirectX 11); 内存 32 GB (海力士DDR3 1600MHz); 显卡 Nvidia Quadro K2000 (2GB/Nvidia) 两台24寸显示器
移动工作站	戴尔 M3800系列; CPU 英特尔 Core i7-4702HQ @ 2.20GHz 四核; 操作系统 Windows 7 专业版 64位 SP1 (DirectX 11); 内存 16 GB (海力士 DDR3 1600MHz); 显卡 英特尔 HD Graphics 4600 (2GB/戴尔)
服务器	戴尔 T7610系列; CPU 英特尔 Xeon (至强) E5-2637 v2 @3.50GHz 四核; 操作系统 Windows 7 专业版 64位 SP1 (DirectX 12); 内存 32 GB (海力士 DDR3 1866MHz); 两台24寸显示器
协同管理主服务器	Dell R730; Xeon E5-2603 V3; 32GB内存 (可扩展 256GB); 8TB硬盘 (可扩展); 千兆以太网口适配器
存储设备	Dell Netshelter SX 42U 600mm Wide x 1070mm Deep Rack Enclosure12285; 2U通用滑轨, 适用于非标机架, 第三方支持; 配置8块2TB NLSAS 6GB 3.5寸 7.2K RPM 热插拔硬盘
路由器	华三 (H3C) ER8300G2-X 新一代企业级路由器; 机架式 1个配置口 (CON), 6个GE端口
一体触控机	希沃H08EA; 屏幕尺寸84英寸; 显示分辨率要求 $\geq 1920 \times 1080$; 配置 ≥ 5 点触控; Intel i3 或以上级别处理器; ≥ 2 G内存; ≥ 500 GB硬盘; 具有原厂商三年售后支持服务, 正版操作软件授权
互联网网络宽带租赁	独享网络带宽需 ≥ 100 Mbps; 2个固定IP地址; 提供7x24小时客户服务

7.2.5 应用点列表

根据上海市隧道交通17号线工程的特点，BIM技术的应用从初步设计阶段介入，直至项目建设期结束交付运营。梳理设计、施工各阶段BIM技术的主要应用点，如表7-3所示。

表 7-3 各阶段 BIM 应用点列表

阶段	BIM应用点
初步设计阶段	建筑、结构专业模型创建
	建筑结构平面、立面、剖面检查
	管线搬迁与道路翻交模拟
	场地现状仿真
施工图设计阶段	各专业模型构建
	工程量复核
	三维管线综合设计
	车站管线综合出图
	二次结构预留孔洞出图
	大型设备运输路径检查
	多专业整合与优化
	装修效果仿真
施工准备阶段	专项设计方案配合
	设备厂商族库
	施工筹划模拟
	施工深化设计
施工实施阶段	高架车站外立面PC构件安装施工模拟
	虚拟进度与实际进度对比
	PC外立面三维扫描
	乘客疏散路径、司机行走路径
竣工模型建立	竣工模型建立
	竣工模型建立
运维阶段	运维管理平台开发

	设施设备运行管理
	资产管理
	空间管理

7.3 BIM技术应用成果与特色

7.3.1 初步设计阶段

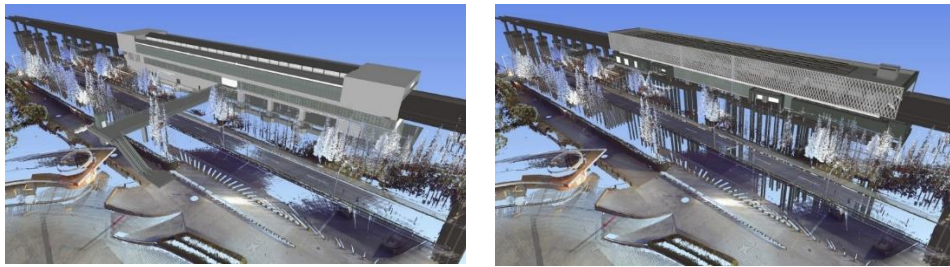
1、场地现场仿真

通过场地周边环境数据、地形图、航拍图像等资料，对车站、停车场、区间穿越重要节点的周边场地及环境进行仿真建模，创建包括但不限于周边环境模型、车站主体轮廓和附属设施模型，可视化表现车站主体、出入口、地面建筑部分与红线、绿线、河道蓝线、高压黄线及周边建筑物的等各类场地要素之间的距离关系，辅助车站主体设计方案的决策。



图7-2 汇金路站场地模型

此外，17号线东方绿舟站还尝试了利用三维激光扫描还原车站周边环境，将BIM模型与点云数据进行整合，确定出入口与主要道路、绿化的距离，以三维可视化的形式展现各个方案的优缺点，协助设计及项目公司进行方案比选、整体优化及最终方案确定。



a. 东方绿舟站过街天桥出入口方案

b. 东方绿舟站最终方案

图7-3 东方绿舟站过街天桥出入口

2、管线搬迁

根据管线物探资料，对车站实施范围内的现状市政管线进行仿真建模，尽量精准的表达管线截面尺寸、埋深，窨井的位置及尺寸；根据地下管线搬迁方案，建立各阶段管线搬迁方案模型，辅助设计方案的稳定及管线搬迁的优化。车站主体结构建成后复位的管线作为重要地下管线基础资料。

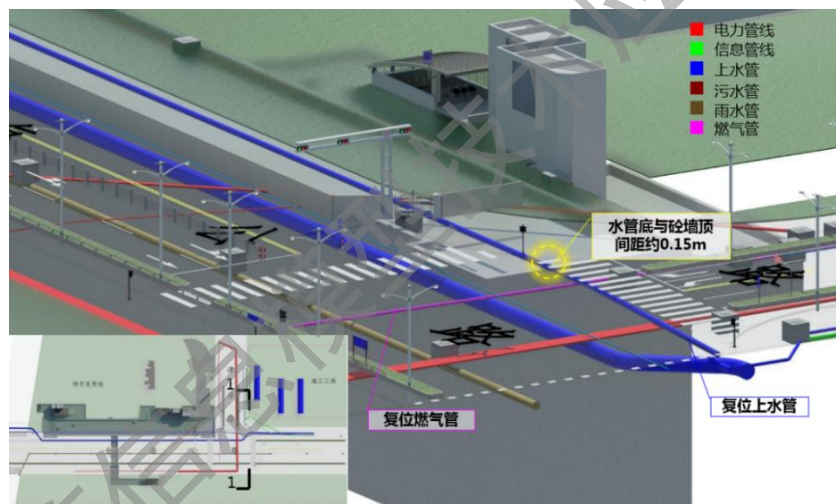


图7-4 地下管线搬迁模型

7.3.2 施工图设计阶段

1、钢筋建模探索

17号线蟠龙路站作为试点，进行了钢筋建模的探索。分别使用两款软件（Tekla与Revit）进行建模，对比不同软件建模效率及工程量的准确性，为其他车站的钢筋建模提供软件选项参考。

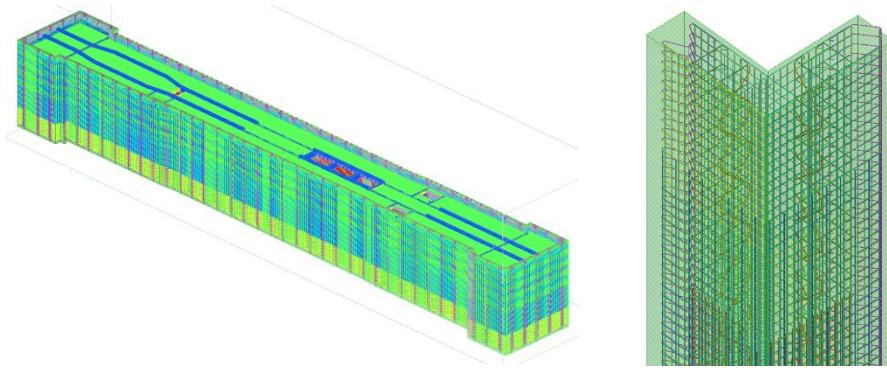


图7-5 17号线蟠龙路站钢筋模型

2、三维管线综合设计

17号线探索了BIM融入设计流程的方式。不同于传统的碰撞检查及出碰撞报告，17号线BIM工程师直接负责管线综合及碰撞调整，各专业设计负责成果审核，最终BIM工程师参与图纸会签，确保通过三维管线综合优化的成果通过施工图纸传递到施工阶段。这也是BIM工程师直接进行三维管线综合设计的初次探索，发现并解决管线与结构之间、各专业管线之间的设计碰撞问题，优化管线设计方案，减少施工阶段因设计“错漏碰缺”而造成的损失和返工工作。

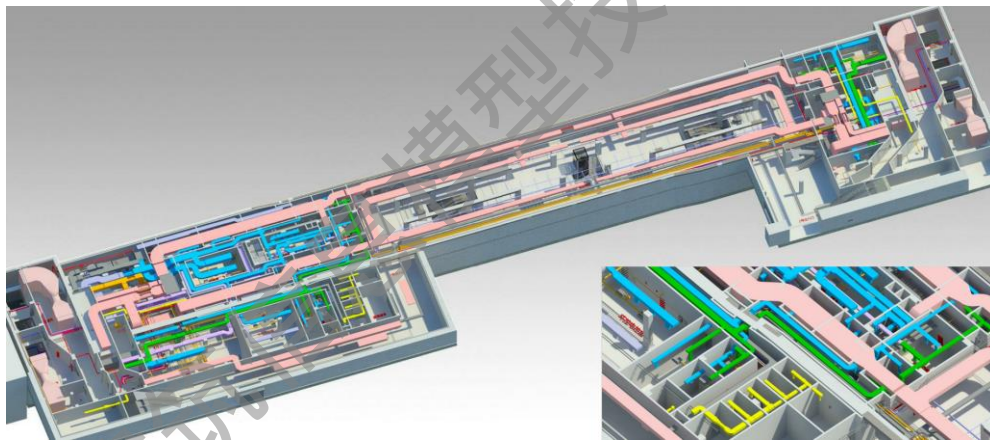


图7-6 三维管线综合模型

3、三维出图

完成管综设计后，为了提高优化成果在BIM与机电各专业之间的传递效率，研究并打通了三维模型到二维出图技术路线。并二次开发了Revit导cad插件，实现导出的cad图纸满足各专业设计对图纸图层的要求，机电各专业可在BIM模型导出的图纸基础上，深化出图。



图7-7 BIM管线综合平面图及剖面图

另外为确保施工现场预留孔洞的准确性，从BIM模型导出每面墙体的管线孔洞剖面图，提供二次结构图纸深度。

4、大型设备运输路径检查

基于BIM模型，结合设计方案的二维运输路径平面图，动态可视化模拟大型设备的安装、检修路径，发现运输路径中存在的碰撞冲突问题，提前优化运输路径设计方案，从而为后续设备的运输、安装工作提供保障。

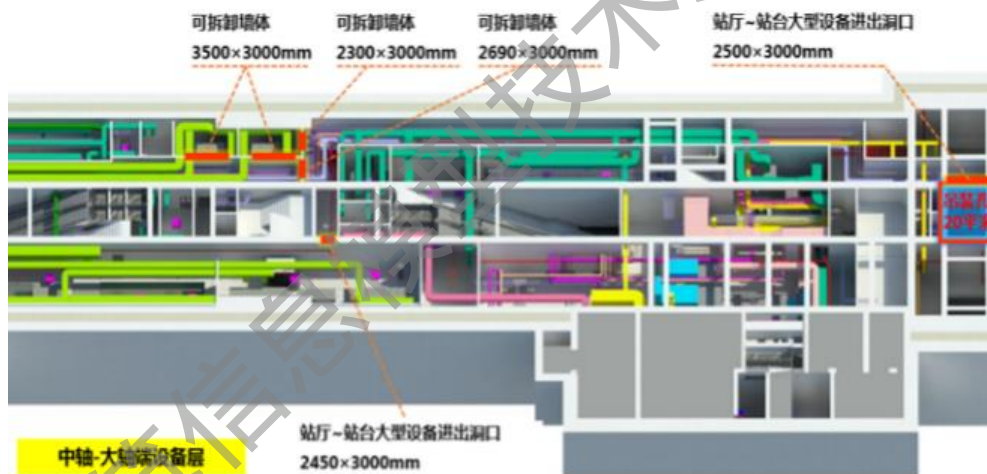


图7-8 大型设备运输路径复核

5、多专业整合与优化

基于车站BIM模型，将FAS、ACS、EMCS、气灭（或高压细水雾）、信号、屏蔽门、通信、动照、给排水9个专业的各墙面箱柜（设备）进行整合。结合BIM技术对各专业墙面箱柜（设备）布置进行优化，明确安装方式及安装位置，使其满足车站功能要求、装修原则，达到墙面箱柜（设备）布置美观、整齐。

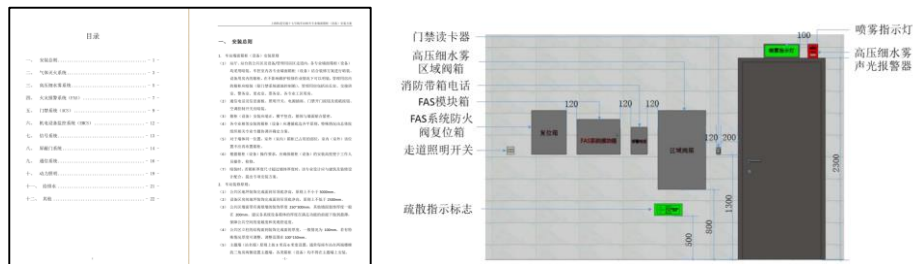


图7-9 17号线车站内墙面箱柜（设备）安装方案文本

6、装修效果仿真

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

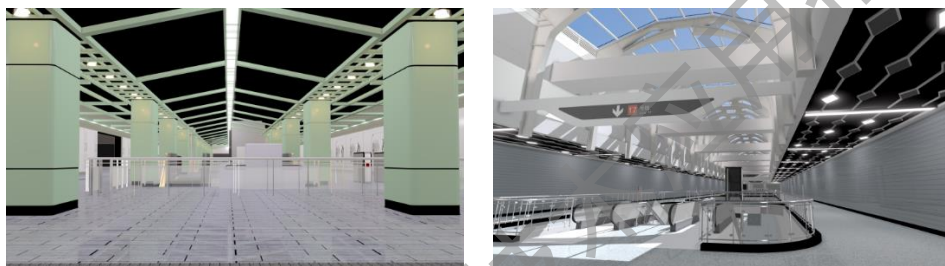


图7-10 17号线车站装修效果仿真

7、专项设计方案配合

根据17号线工程建设的实际需求，借助BIM模型及相应软件，对工程建设涉及到的重要设计专项方案进行仿真模拟，可视化分析方案的可行性，辅助设计专项方案的推进、落实及优化。

车控室方案布置优化：通过BIM技术将车控室内的各设备，运营物品布置规范，设计单位、运营单位通过模型优化设备、物品的放置位置，满足设备功能要求，之后运营需求。

车站公共艺术方案配合：17号线将青浦区特色文化融入至车站的装修风格中，通过三维可视化效果，对比各设计方案，确定最终公共艺术方案。



图7-11 车站公共艺术方案配合

车站内导向安装方案优化：为确保17号线车站美观性及安全性，由于高架车站层高过高，从天花顶打吊杆会使悬挂牌不稳定，易摇晃，因此采用综合支架固定安装。为考虑美观性，尽量借用原有管线综合支架为原则。通过原有全专业BIM模型中的综合支吊架，添加连杆或是新增综合支吊架方式，辅助导向安装。

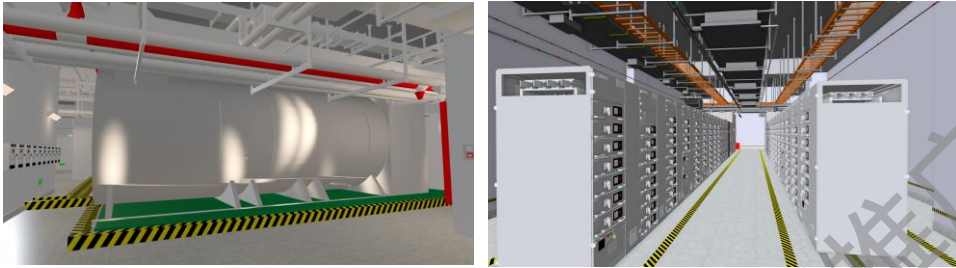


图7-12 站内管线及设备颜色方案

8、设备厂商族库

待各机电设备完成招标后，17号线率先开始了设备厂商族模型的深化工作。与设备供应商相互配合，实现设备厂商族模型按照运营养护的最小单元拆分，并添加运维所需的主要技术参数及产品实际材质参数。另外，除厂商族模型外，还整理了一套完整的设备数据信息，如技术规格书、设备说明书、验收文件等资料。将这些数据存放于运维管理平台，实现模型与数据的关联，为运维阶段的基于BIM的运维管理平台奠定数据基础。

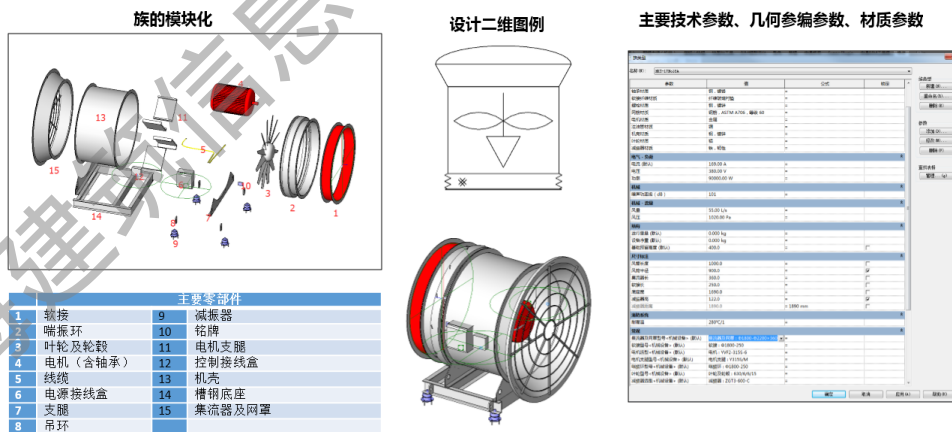


图7-13 厂商族模型拆分、主要技术参数等

7.3.3 施工准备阶段

1、施工筹划模拟

在施工准备阶段，根据动态工程筹划的需求对施工深化BIM模型进行关联完善，内容主要包括：将施工BIM模型与工程任务结构多级分解（WBS）信息、计划进度安排信息建立关联。在此基础上，开展施工三维动态工程筹划，如图7-14所示，对施工进度进行可视化模拟与对比分析，对具有一定难度或风险的施工工艺进行模拟。

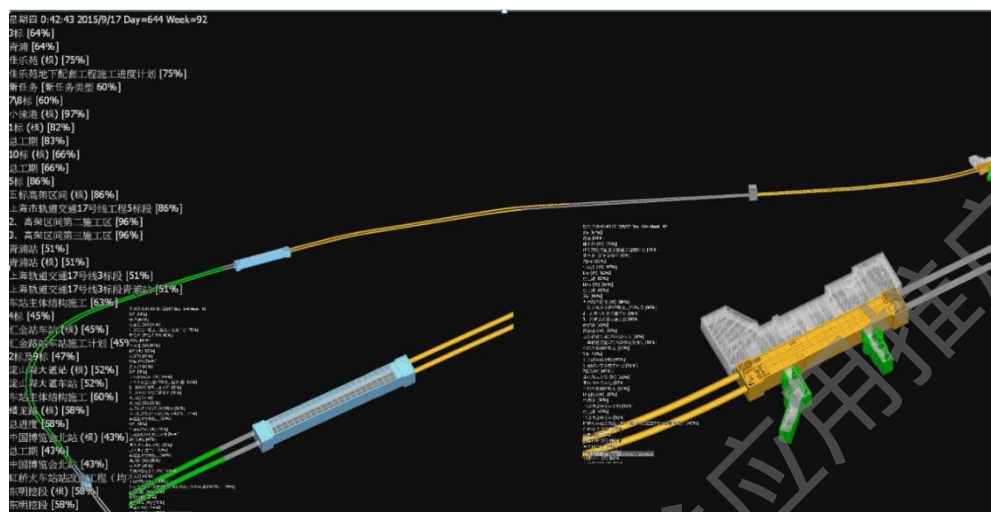
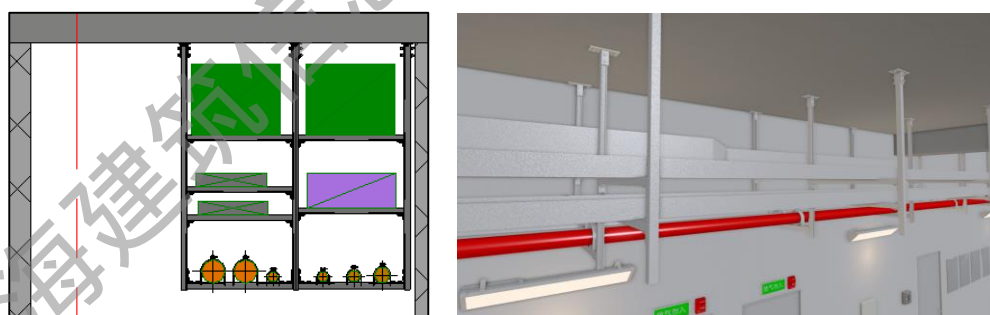


图7-14 基于BIM的施工三维动态工程筹划模拟

2、施工深化设计

在地铁车站管线综合BIM模型基础上，根据管道位置、尺寸和类型对综合支吊架的放置进行深化设计与优化，可有效排除综合支吊架与各专业的碰撞问题，优化支吊架设计方案，如图7-15所示，减少施工阶段因设计“错漏碰缺”问题而造成的损失和返工。



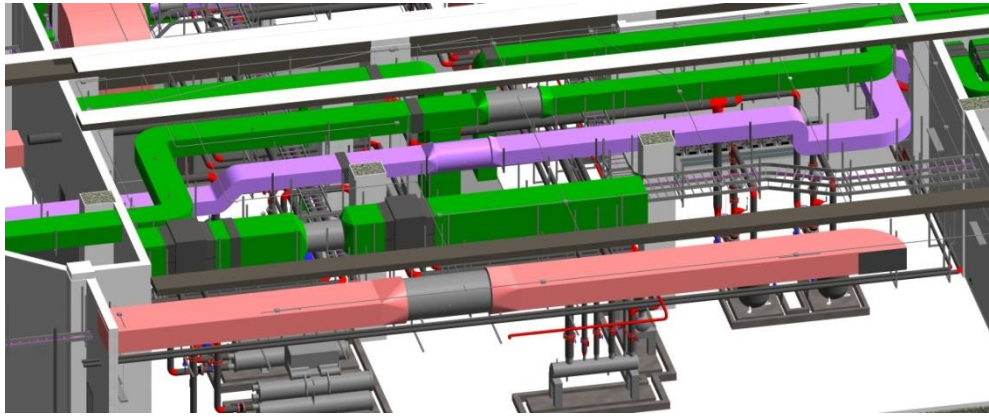


图7-15 综合支吊架安装施工深化设计

此外，在施工深化设计过程中，针对一些具有重要功能的机房，如车控室、环控机房、消防泵房等，依据二维施工图纸，创建机房的各专业BIM模型，并基于该机房BIM模型，对机房的管线、设备布置进行深化设计，进行设备定位、复核预埋件位置等方案，最终实现机房布置合理美观，确保设备安装的操作空间及后期设备的检修、更换操作空间，同时机房深化模型可以用于指导后期施工工作和机房布置方案汇报，如图7-16所示。

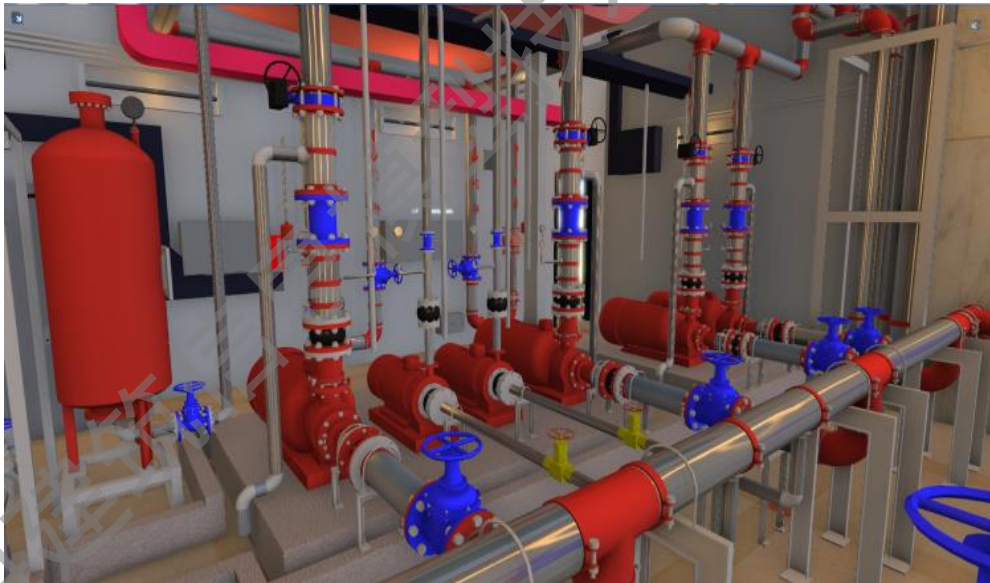


图7-16 消防泵房施工深化模型

3、高架车站外立面PC构件安装施工模拟

在上海轨道交通17号线高架车站装修设计图纸要求，对外立面设计PC构件，从外面表现效果上相对较为美观。为了辅助设计提供外立面精装效果展示，创建外立面PC构件精细化模型，建立多视点三维效果图，可为最终外立面方案比选、优化等决策提供帮助。同时，为了能够实现PC构件精准、精确安装施工的要求，通过精细化的模型

指导PC构件的生产及安装，同时为安装工序及施工影响范围提供有利的参考依据。

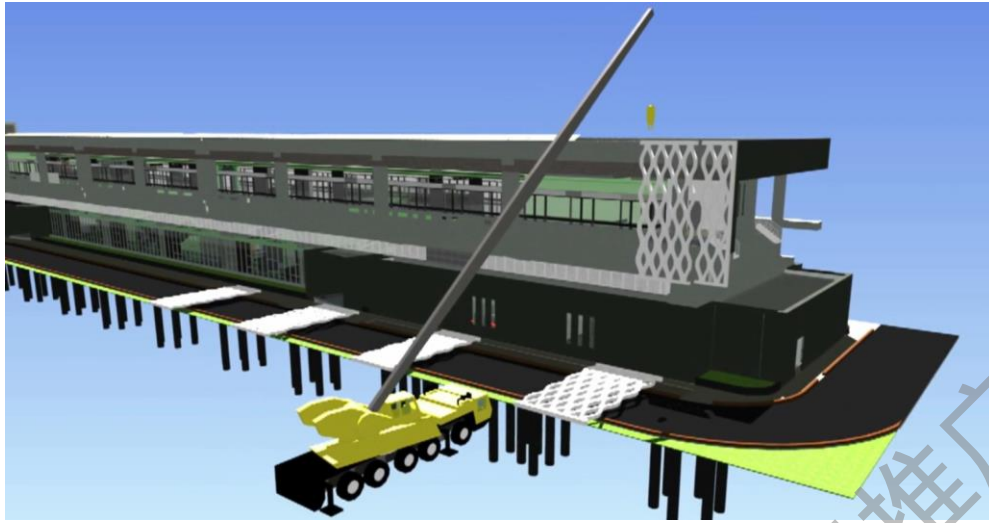


图7-17 高架车站PC构件吊装模拟

7.3.4 施工实施阶段

1、施工BIM培训、现场交底

根据上海轨道交通17号线工程BIM应用实施进展情况，对本项目实施过程中施工单位的BIM实施工作提供技术支持，为参与项目建设的施工方技术人员开展施工阶段BIM应用价值点、BIM应用系列标准、施工阶段BIM模型创建、BIM模型应用等方面的培训，并通过BIM模型进行施工现场技术交底，如图7-18所示，旨在让对施工单位深刻认识到BIM技术在施工阶段的应用价值，辅助施工技术人员将BIM技术更好的应用于项目的施工进度、安全与质量管理，提升施工管理水平，合理控制施工工期、安全与质量。



BIM 单位现场服务记录表			
项目名称	上海轨道交通17号线	BIM单位	德忌利士
工程阶段	前期	工作内容	配合提升BIM
服务内容	<ul style="list-style-type: none"> 1. BIM模型交底 2. PC构件安装 3. BIM模型软件操作指导 		
<small>（服务内容根据实际情况填写，服务内容、服务内容、服务内容、服务内容）</small>			
现场服务人员	姓名：XXX	施工单位	上海轨道交通17号线
日期	2022年 2月 21日		

图7-18 施工阶段BIM技术培训与现场交底

2、虚拟进度与实际进度对比

在施工阶段，将施工进度计划整合进施工图BIM模型，形成4D施工模型，模拟项目

整体施工进度安排，对工程实际施工进度情况与虚拟进度情况进行对比分析，如图7-19所示，检查与分析施工工序衔接及进度计划合理性，并借助施工管理平台进行项目施工进度管理，切实提供施工管理质量与水平。

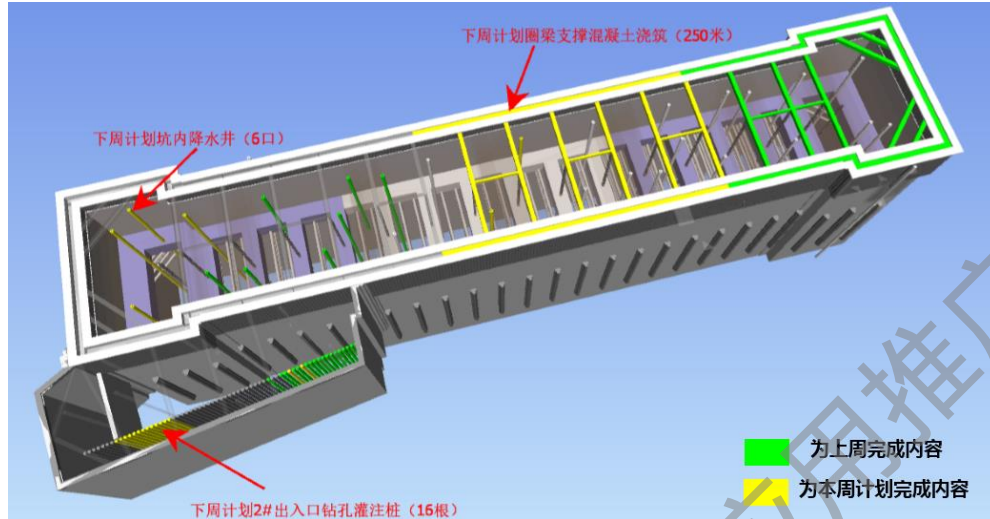


图7-19 虚拟进度与实际进度对比分析

3、PC外立面三维扫描

上海轨道交通17号线东方绿舟站、朱家角站、徐径北城站外立面采用外挂PC板进行装饰，而安装PC挂板的结构预埋件施工误差较大，PC板形状复杂，构件重量重，施工安装难度大，施工安装完成后对外挂PC板施工质量复核存在困难，亟要引进新技术解决当前存在的问题。为此，通过3D扫描技术获取东方绿舟站、朱家角站、徐径北城站外挂PC板的点云数据，如图7-20所示，生成相应的点云模型，如图7-21所示，与设计阶段BIM模型进行比对，如图7-22所示，辅助施工单位进行车站外挂PC板施工安装。在施工完成后，复核车站外挂PC板的施工安装质量，固化安装验收完成时的原始状态，为后期车站外挂PC板可能存在的扭曲变形、沉降监测等提供初始值，便于车站外挂PC板的维修保养。

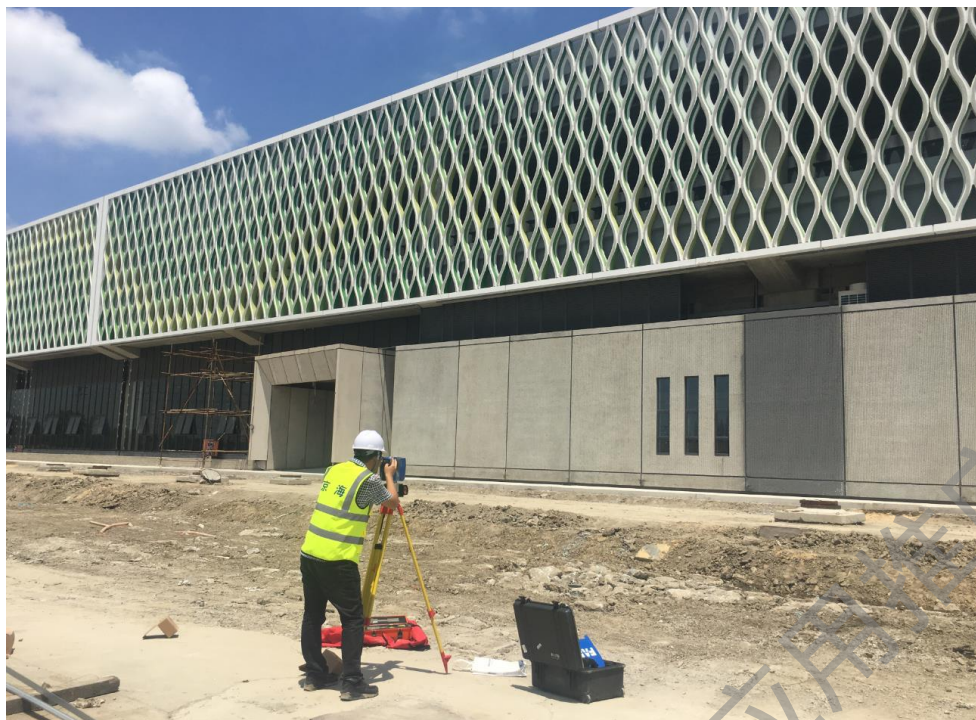


图7-20 高架车站外立面点云数据获取

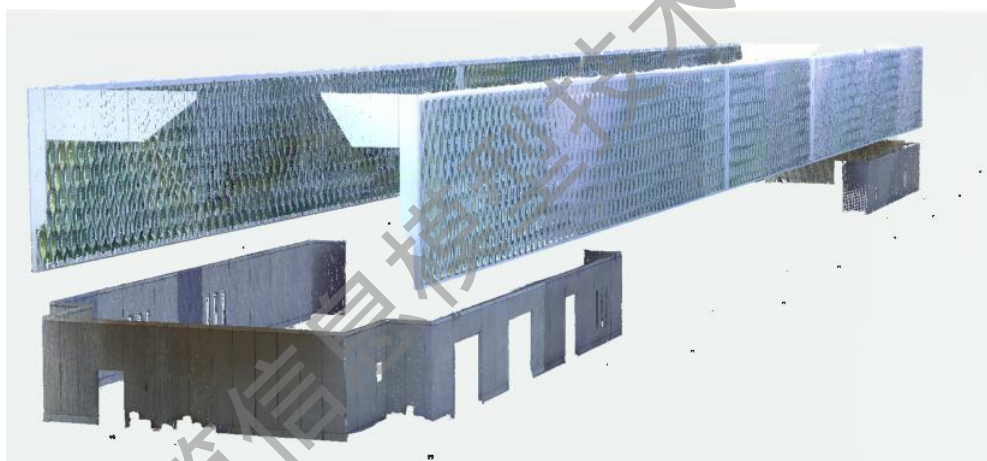


图7-21 高架车站外立面点云模型生成

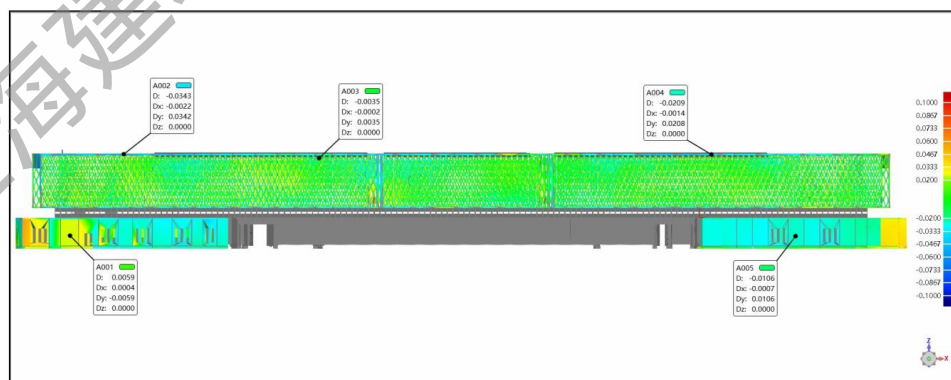


图7-22 高架车站外立面点云模型与设计BIM模型点位误差比对分析

4、乘客疏散路径、司机行走路径模拟

由于17号线采用接触轨方式供电，导致无法在轨行区进行任意走动。为确保乘客安全疏散，以及在日交接班时司机安全行走，成为了竣工交付前需要解决的重要环节。由于BIM模型整合了全专业信息，因此业主、设计人员、运营单位人员通过BIM模型，制定出每段区间、及车站与区间相连接区域的疏散路径，直接使用BIM模型进行现场施工指导。

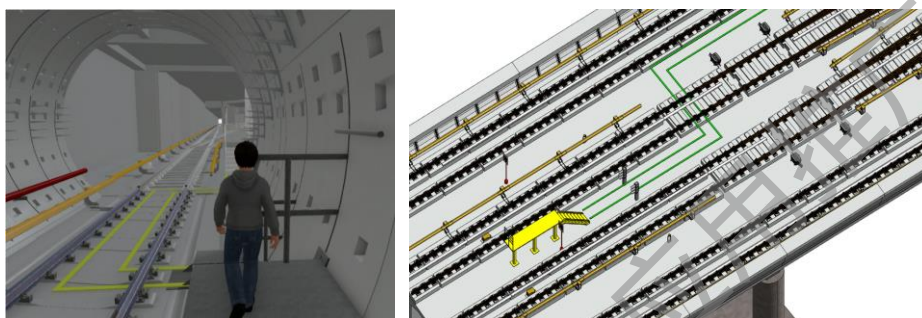


图7-23 隧道内部乘客疏散路径、司机行走路径模拟三维演示

5、竣工模型建立

在项目竣工交付阶段，在施工模型的基础上，对工程竣工模型的竣工信息进行补充完善，生成各专业竣工模型，如图7-24所示。同时搜集整理各类非结构化的施工过程文件，形成以竣工BIM模型为中心的工程竣工数据库，并与竣工BIM模型实现关联，归档完成后交付至业主单位。

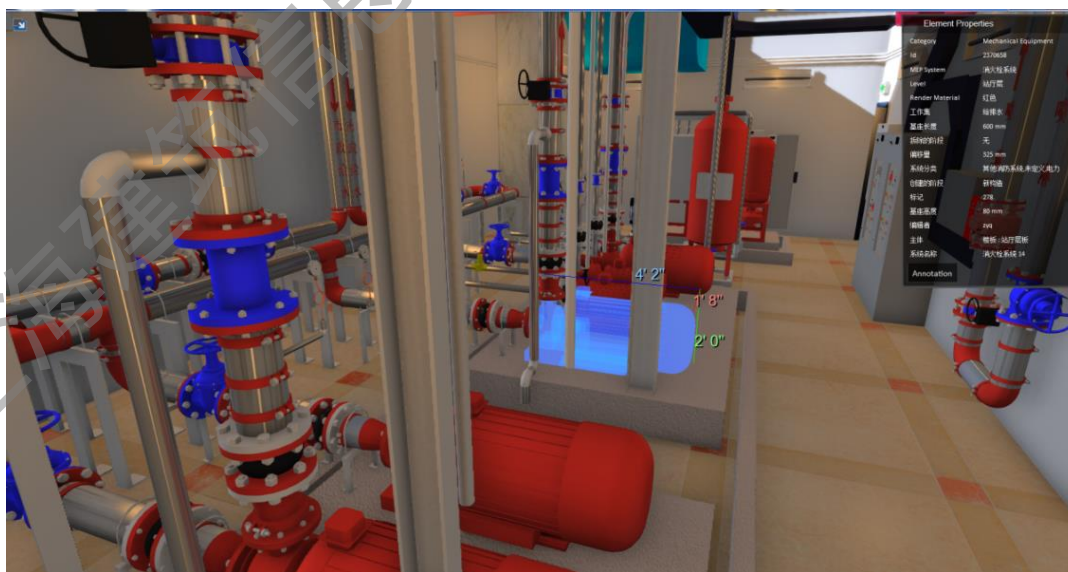


图7-24 车站机电竣工BIM模型

7.3.5 运维阶段

1、模型三维漫游

轨道交通行业基于BIM模型三维漫游，主要以车站和区间的模型漫游为主，可使运营管理人员快速熟悉运营管理对象，准确掌握车站和区间的重要设施设备分布情况以及关键出入口位置，方便管理人员对现场情况的掌握管理。



图7-25 车站模型漫游图

2、结构安全管理

轨道交通行业基于BIM模型的结构安全管理，主要是以区间的盾构管片结构安全管理为主，基于BIM模型和盾构管片上的传感器获取的监测数据，实现对管片沉降、收敛变形、结构裂缝、结构差异变形、渗漏监测和阈值预警等，并将这些信息与相应的管片进行绑定，从而实现基于BIM的盾构管片结构安全管理，方便现场人员对具体管片病害的了解。

管片收敛信息

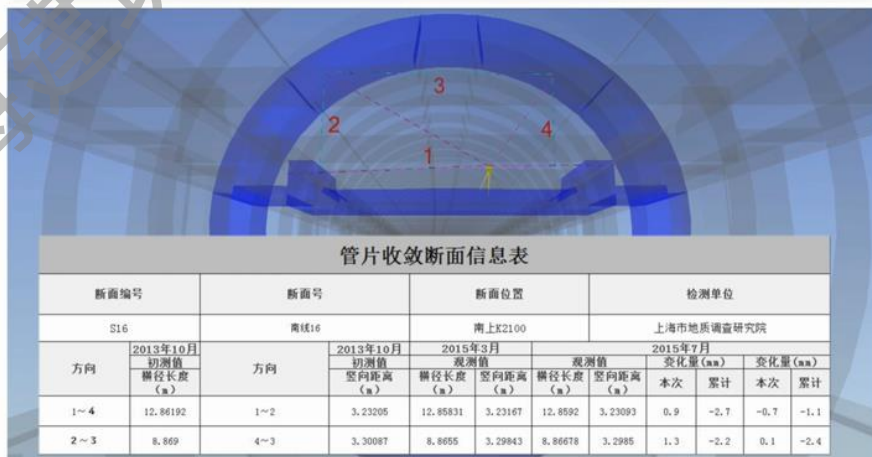


图7-26 管片收敛变形监测界面图

3、设备运行管理

轨道交通行业涉及的设施设备专业种类繁多，数据量大，包括：供电、照明、给排水、通风、通信、消防、视频监控、乘客广播系统、屏蔽门等，将这些设备的动态运行信息与BIM模型构件进行关联，实现对轨道交通行业设备的运行管理和数据统计分析，方便现场人员对设备运行状态的管理。

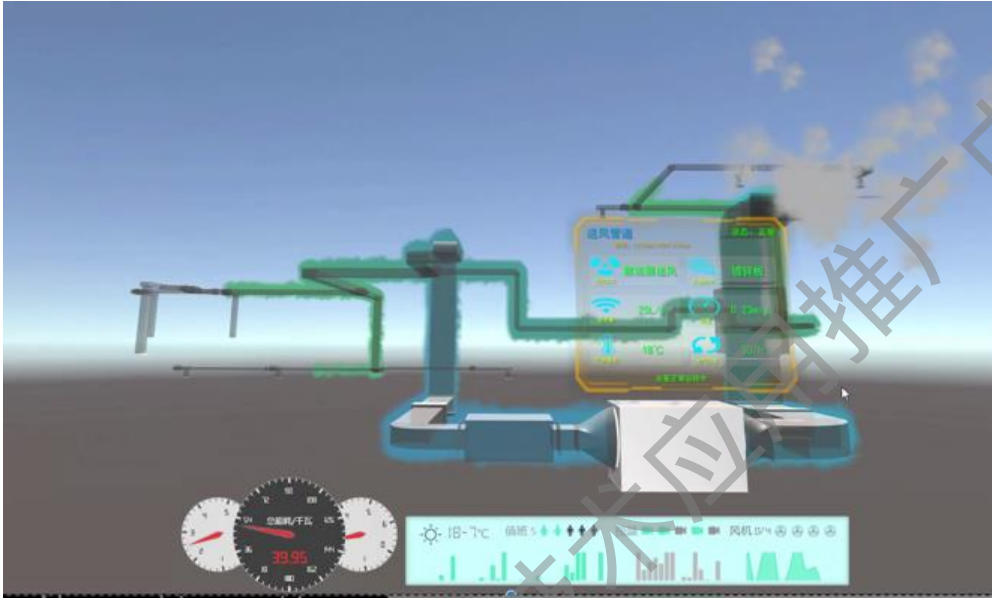


图7-27 车站新风系统运行状态图

4、车站运营管理

轨道交通车站的运营管理主要以地铁车站的客服、乘务和质安等的工作调度管理为主，基于BIM技术，结合室内定位、移动互联技术，实现基于BIM的车站运营管理，方便车站运营管理人员准确掌握现场情况实现车站运营管理业务服务的高效管理。

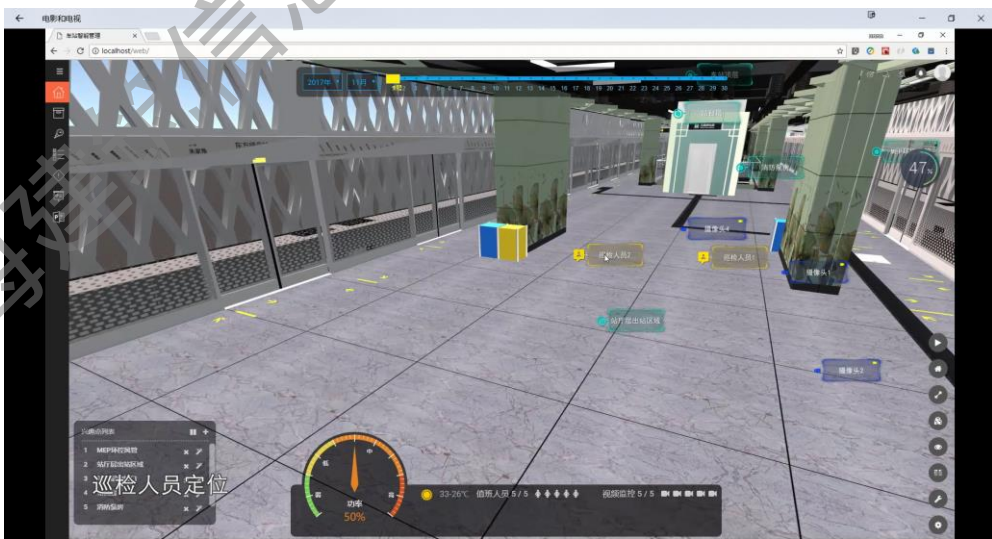


图7-28 站内运营管理人员定位示意图

5、资产管理

基于二维码标签和BIM技术，将BIM模型和现实实物用二维码标签连接起来，实现基于BIM的轨道交通资产管理，方便轨道交通的运营管理人员迅速掌握资产的具体空间位置，而不仅仅是传统资产表中某一项枯燥数据。

当前状态	资产名称	规格型号	产地	生产厂商	供应商	使用日期	出厂日期	供应日期
<input type="checkbox"/>	模块化UPS不间断电...	MK330080-80kVA	上海	上海航天电源技术有限公司	上海航天电源技术有限...		2016/01/11	2016/01/11
<input type="checkbox"/>	400V低压开关柜	MLS-S.0	上海	上海广电电气(集团)股份...			2016/01/11	2016/01/11
<input type="checkbox"/>	35kV开关柜	8DA10	无锡	西门子中压开关技术(无锡...	西门子中压开关技术(无锡...		2016/01/11	2016/01/11
<input type="checkbox"/>	400V低压开关柜	MLS-S.0	上海	上海广电电气(集团)股份...			2016/01/11	2016/01/11
<input type="checkbox"/>	模块化UPS不间断电...	MK330080-80kVA	上海	上海航天电源技术有限公司	上海航天电源技术有限...		2016/01/11	2016/01/11
<input type="checkbox"/>	35kV开关柜	8DA10	无锡	西门子中压开关技术(无锡...	西门子中压开关技术(无锡...		2016/01/11	2016/01/11
<input type="checkbox"/>	400V低压开关柜	MLS-S.0	上海	上海广电电气(集团)股份...			2016/01/11	2016/01/11
<input type="checkbox"/>	模块化屏	DLP-1	上海	市场采购	市场采购		2016/01/11	2017/01/02
<input type="checkbox"/>	蓄电池组	CTXTD 537.6V 100...	上海	上海航天电源技术有限公司	上海航天电源技术有限...		2016/01/11	2016/01/11
<input type="checkbox"/>	400V低压开关柜	MLS-S.0	上海	上海广电电气(集团)股份...			2016/01/11	2016/01/11
<input type="checkbox"/>	400V低压开关柜	MLS-S.0	上海	上海广电电气(集团)股份...			2016/01/11	2016/01/11

图7-29 基于BIM的车站资产管理图

6、维保管理

轨道交通行业在运营过程中，除站内的具体对乘客的运营事务管理外，还有一大部分设备的巡检、养护、维修工作，需要设备巡检人员能够主动、及时发现稳态，排除潜在的隐患，以提高整个项目的运营管理水平。基于BIM、移动互联技术和二维码标签实现轨道交通行业的维保管理，能够使现场工作人员在设备故障时能够迅速基于移动端查询设备的相关文档信息进行现场故障排除，提高设备在故障时的应急响应能力。

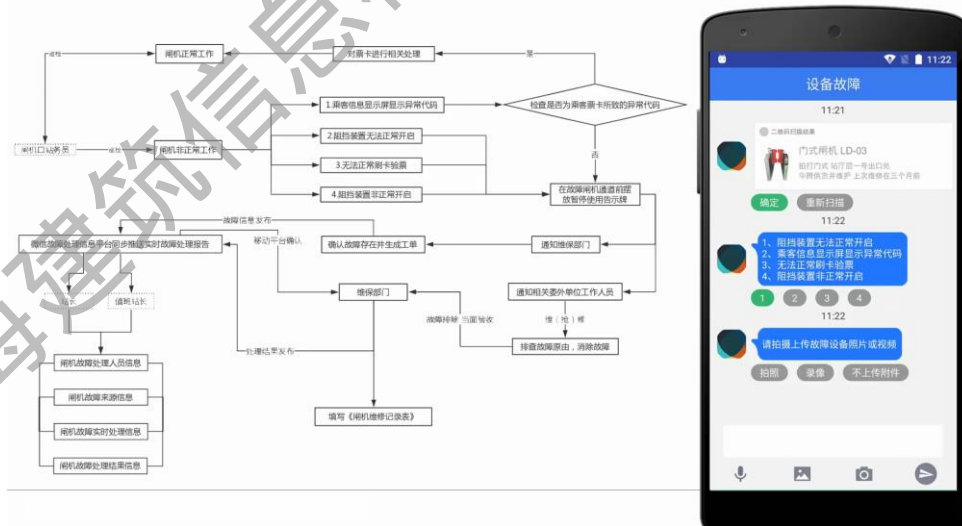


图7-30 基于移动端设备故障记录图

7、预案管理

轨道交通行业的预案管理主要以预案编制、预案演练和应急处置管理功能为主。

基于BIM技术的预案管理，能够基于BIM模型和现场的实时情况，及时定位事故发生地点，提供可视化的事故信息与应急资源信息，规划车站人员应急疏散路线，监控相关机电系统的处置动作，掌握轨道交通项目应急时的全局状态，为现场和远程应急指挥提供决策依据，及时更新善后处理信息。

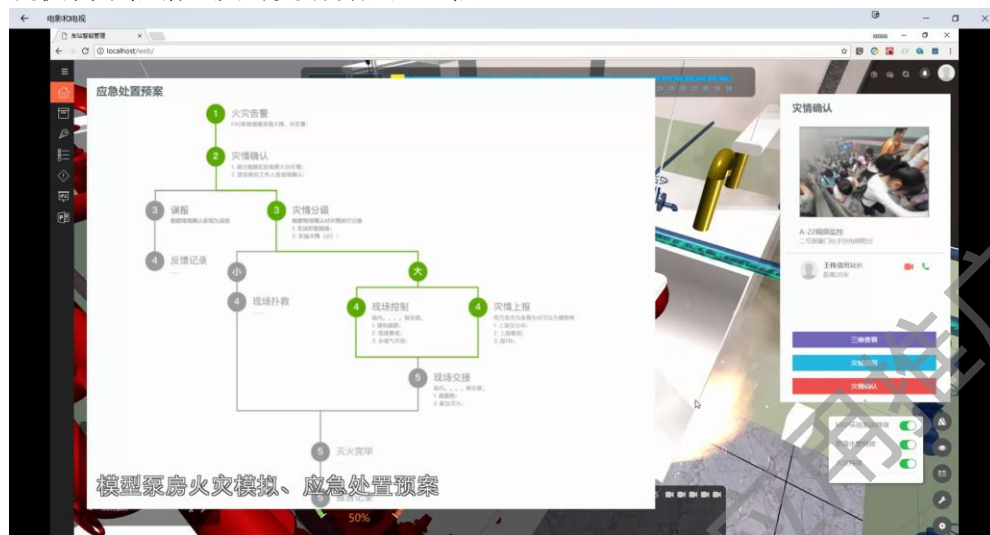


图7-31 基于BIM的应急处理预案图

8、能耗管理

将轨道交通行业各专业的传感器、探测器以及仪表获取的能耗数据，依据BIM模型按照区域和专业进行统计分析，使得管理人员能够更直观地发现能耗数据异常的区域，并针对性的对异常区域进行检查，发现可能的事故隐患或者调节设备的运行参数，以达到排除故障、降低能耗维持轨道交通项目业务正常运行的目的。

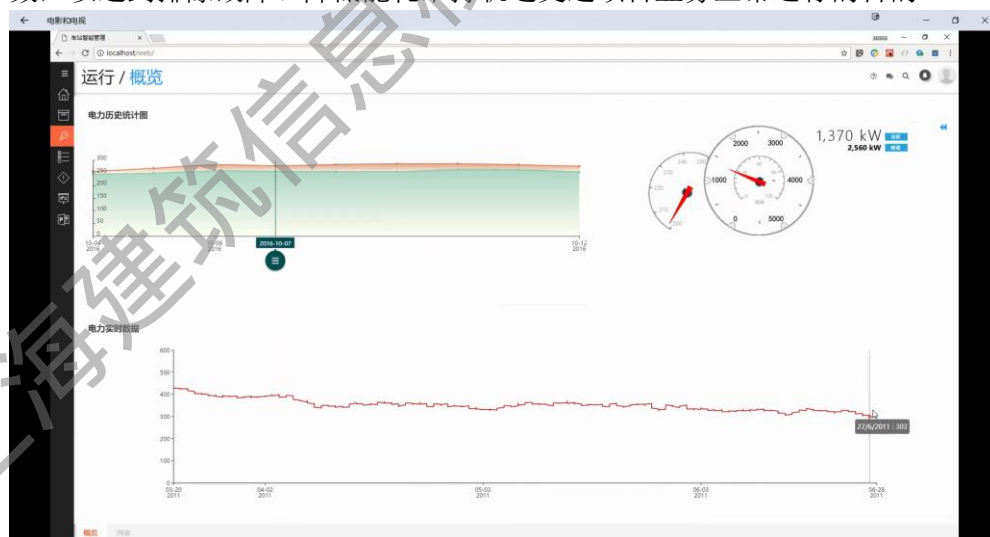


图7-32 基于BIM的能源管理图

7.3.6 协同管理平台

1、平台介绍

基于国际主流基础协同平台，开发建设期项目协同管理平台，实现模型及文档管理、权限管理、标准化BIM应用流程管理等主要功能。并配置5本BIM应用标准，整合设施设备构件库，确保项目数据的统一及集中管理，实现广域网的异地协同工作模式。

如图3.7-1所示。

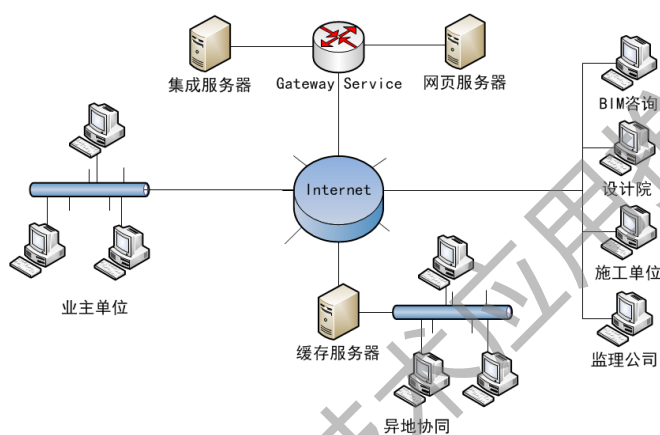


图7-33 协同平台网络架构

项目协同管理平台以项目数据源的唯一性管理为核心，以申通地铁集团已有企业标准中的9条BIM应用流程为主线，逐步加强项目建设过程中BIM应用的规范化、制度化建设。BIM应用流程对轨道交通项目规划、设计、施工阶段的BIM应用内容、各参与方职责、交付成果做了明确的规定，以标准化的工作流程保证各阶段BIM技术的应用实施，旨在提高申通地铁集团BIM技术的综合应用能力。以下是标准BIM应用流程（以大型设备运输路径检查为例）：

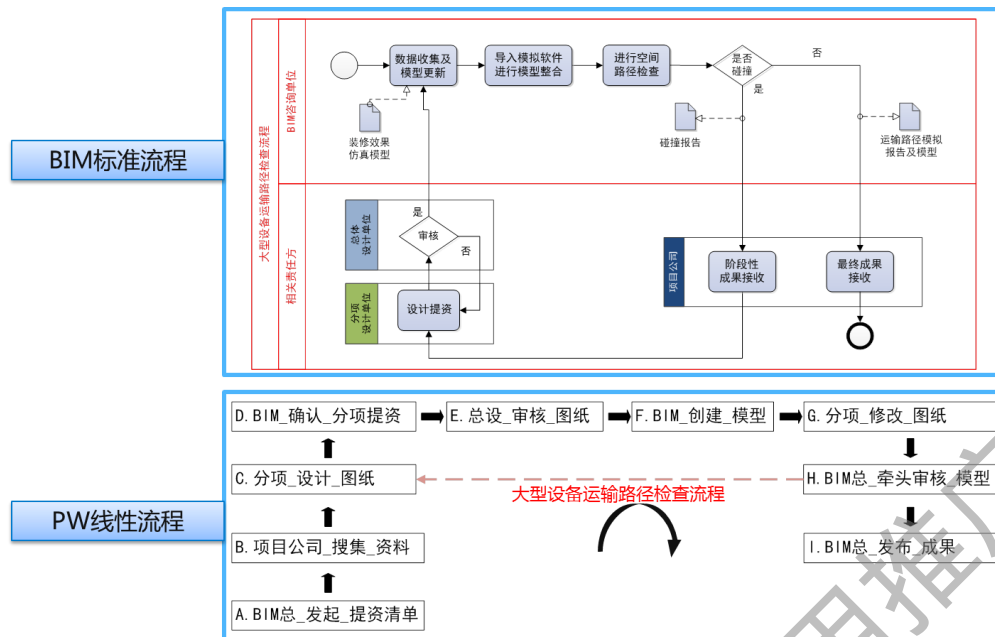


图7-34 大型设备运输路径检查流程

2、平台应用情况

目前，平台的应用聚焦在项目设计阶段，应用的单位包括5家BIM咨询单位、3家设计单位以及项目公司等。由于平台搭建完成时间晚于项目进展，定制的9条应用流程中属于初步设计阶段前的应用流程，借助应用流程将已经开展的BIM应用点涉及的项目资料，包括BIM模型、设计图纸、设计说明、相关报告等，都进行了有序的归档。

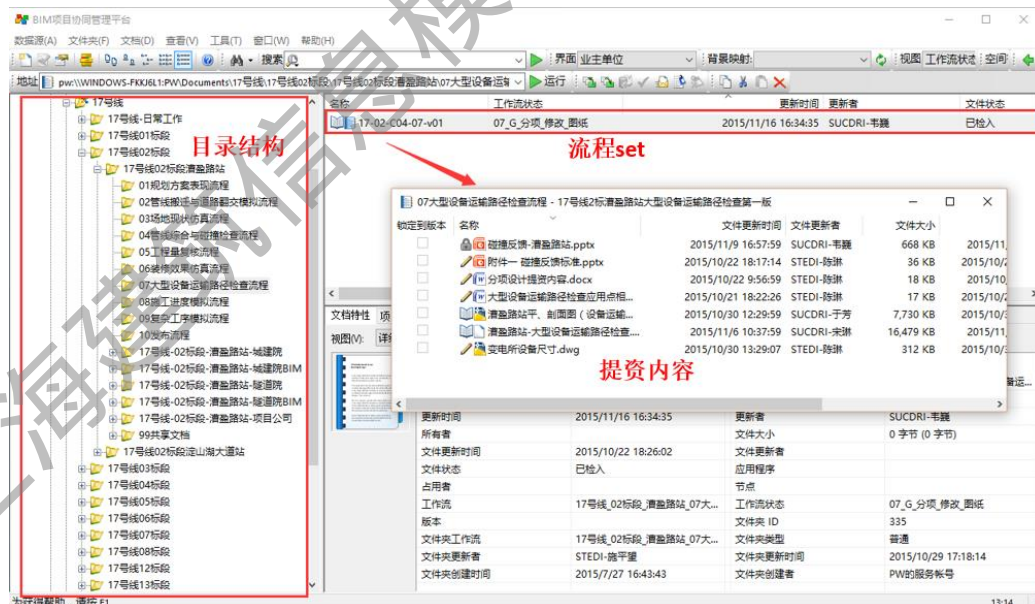


图7-35 平台界面截图

17号线项目成员包括项目公司、BIM总体单位、总体设计单位、分项设计单位、BIM咨询单位，共计8家单位，完成归档的各种数据资料超过10.81G（详见表7-4）。

表7-4 参与单位

序号	角色类型	单位
1	项目公司	上海轨道交通市十七号线发展有限公司
2	BIM总体单位	上海市隧道工程轨道交通设计研究院
3	总体设计单位	上海市隧道工程轨道交通设计研究院
4	分项设计单位	上海市隧道工程轨道交通设计研究院 华东建筑设计研究院 上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司
5	BIM咨询单位	上海市隧道工程轨道交通设计研究院 上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司 上海市地下空间设计研究总院有限公司 上海绿之都建筑科技有限公司 上海同舵信息技术有限公司

应用	“大型设备运输路径检查”	“高架车站外立面PC构件提资”	“徐泾车辆段提资”	“已完成应用点项目文件归档”	“日常工作”
涉及站点	赵巷站 漕盈路站 青浦站 汇金路站 淀山湖大道站	东方绿舟站 朱家角站 徐泾北城站	徐泾车辆段	所有车站 (13)	所有车站 (13)
参与单位	隧道院 华东院 城建院 地下院 绿之都 同 舵	华东院	隧道院	所有单位 (8)	所有BIM咨询单位 (5)
当前状态	“07_G_分项_修改_图纸”	提资完成	提资完成	归档完成	进行中
文件量	891M ; 345个文档	408M ; 266个文档	531M ; 250个文档	5.64G;427个文档	3.34G;1387个文档
	10.81G ; 2675个文档				

图7-36 参与情况与数据量

3、应用总结

得益于上线之前详尽的调研、周全的部署、配套的培训以及使用手册的编制，平台能够比较顺畅的上线使用。总结平台应用后的几大优势：1) 对分散在各参与方不同参与人员的项目文件有了集中管控；2) 结合当前常用的建模软件Revit，可实现BIM人员之间的异地协同工作；3) 可作为文件中转站，有效提高项目文件共享的效率；4) 规范了提资流程，提高BIM应用效率。

项目协同管理平台的上线使用，实现协同作业管理、设计模型及文档管理、权限管理等功能，固化BIM应用标准体系以确保标准落地，整合设施设备构件库以确保数据统一，集中管理项目数据源以确保数据源唯一，支撑并规范建设期的提资、设计、校审、发布等业务流程，加强各参与方的协同作业，提高轨道交通建设项目管理质量和效率。

7.3.7 预制构件信息管理系统

盾构区间及高架区间采用了大量的预制构件，包括盾构管片、U型梁以及节段梁。盾构长距离推进的施工难度和施工风险较大，其质量是后期安全运营的基础。预制构件在生产、运输、安装、运行、维护流程环节很多，并且前期的信息收集零散，缺乏统一的质量监管体系，使得后期运维中无法实现有效的质量追溯、病害分析和养护决策。因此，需要从整个轨道交通网络角度出发，开发基于BIM技术的全生命周期信息管理系统，从生产源头开始收集各阶段的数据，实现预制构件建设期的信息管理。提高项目建设管理水平，并为运维期的高效管养和科学决策奠定数据基础。

1、生产阶段

预制构件生产阶段信息管理系统主要分为管片和U梁、节段梁三大部分，可以规范构件制造流程，方便资料的管理查询及追溯，为后续施工资料的展示，健康档案的建立提供不可或缺的依据。

系统在17号线工程中应用环数近22000环（其中涉及标段有4个，分别是9标，上海基础建工；3标，上海隧道股份；7标，宏润建设集团；8标，上海市机械施工集团；它们上行线全线共10596环，下行线全线共10598环）。每环管片包括B1、B2、L1、L2、D、F共6块管片。在该管片生产记录仪中，共使用打印二维码的碳带229卷，每卷可打印二维码750张；打印的强胶标签纸319卷，每卷可打印二维码500张。各家单位在预制构件生产阶段信息管理平台中合理安排每天管片的生产计划，并根据相应生产计划确定该班次的管片生产编号，平台将根据生产编号自动生成相应的二维码并打印成二维码标签；在管片生产过程中，工人将通过平板电脑等设备对生产及质量检查的信息进行实时输入；在管片起吊脱离模具后将二维码标签粘贴到管片指定位置，从这时开始管片就有了其唯一的身份标识；随着生产的不断进行，各项质量检查信息被相继录入信息平台数据库；混凝土管片生产完工时，一套完整的管片信息化资料便完成了。此外，管片的原材料质检资料也相对应地加载在信息化管理平台中。所有信息齐全后，平台会自动出具电子化的管片质量证明书，即合格证，提交给管片质量检测部门，只有具备质量证明书的管片才可以正式出厂。经检测合格的管片上的二维码标签将作为唯一身份证明标识进入运输以及

1标	U梁	上海建工四建有限公司	东方绿舟站-朱家角站	73	73	912		
			朱家角站-西明挖敞开段	111	111			
4标		上海公路桥梁(集团)有限公司	汇金路站-山周公路高架区间	29	29			
5标		中铁二十四局集团有限公司	山周公路高架区间-赵巷站	45	45			
			赵巷站-嘉松中路站	73	73			
6标		上海建工七建集团有限公司	嘉松中路站-徐泾北城站	64	64			
			徐泾北城站-徐盈路站	31	31			
			徐盈路站-东明挖敞开段	30	30			
3标		管片	上海隧道股份有限公司	漕盈路站-佳乐苑2号风井	1627		1631	21194
				佳乐苑2号风井-青浦站	697		693	
	青浦站-东大盈港3号风井			1061	1061			
	东大盈港3号风井-汇金路站			685	685			
7标	宏润建设集团股份有限公司		东明挖敞开段-蟠龙路站	491	492			
			蟠龙路站-中国博览会北站	991	991			
8标	上海市机械施工集团有限公司		中国博览会北站-小来港4号风井	694	699			
			小来港4号风井-虹桥火车站	932	926			
9标	上海基础建工有限公司		西明挖敞开段-淀山湖大道站	381	383			
			淀山湖大道站-朝阳河1号风井	1589	1576			
		朝阳河1号风井-漕盈路站	1448	1461				
10标	节段梁	中国铁建大桥工程局集团有限公司	20座悬拼梁	632	632			
合计						22738		

表7-6 预制构件施工数据表

序号	类型	表格	依据
1	管片	施工推进计划表	排片表(施工单位)
2		进场检查表	/
3		施工监控(盾构掘进、拼装前检查、拼装后检查、同步注浆、聚合物、泡沫、水)	调整盾构机(施工单位)
4		巡检信息表	
5		批质量验收记录表	提交施工监理、项目公司
6	U梁	施工吊装计划表	/
7		进场验收表	/
8		施工监控	调整架梁机
9		批质量验收记录表	提交施工监理、项目公司
10	节段梁	施工吊装计划表	台账(施工单位)
11		进场检查表(成品验收记录表)	/
12		悬拼桥梁定位表	调整架梁机
13		批质量验收记录表	提交施工监理、项目公司



图7-38 现场二维码应用情况

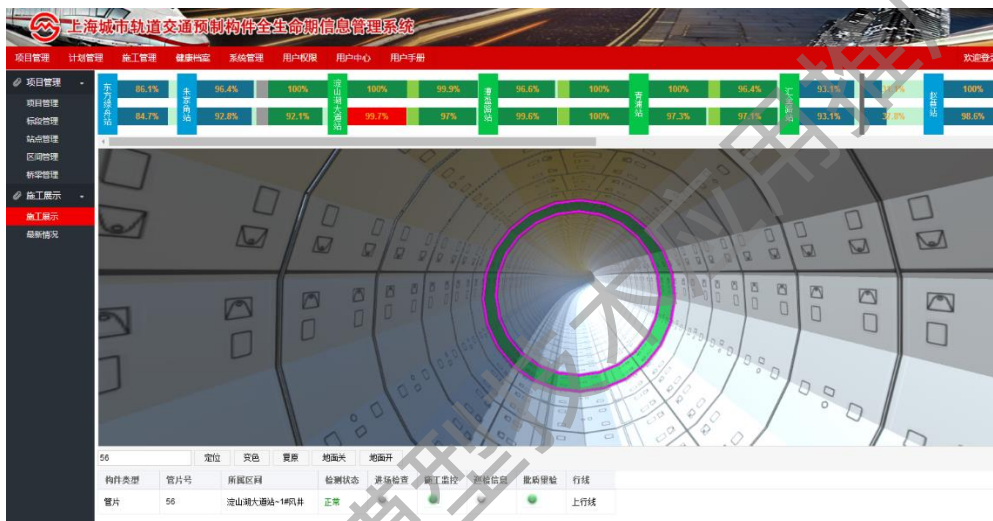


图7-39 预制管片BIM模型界面

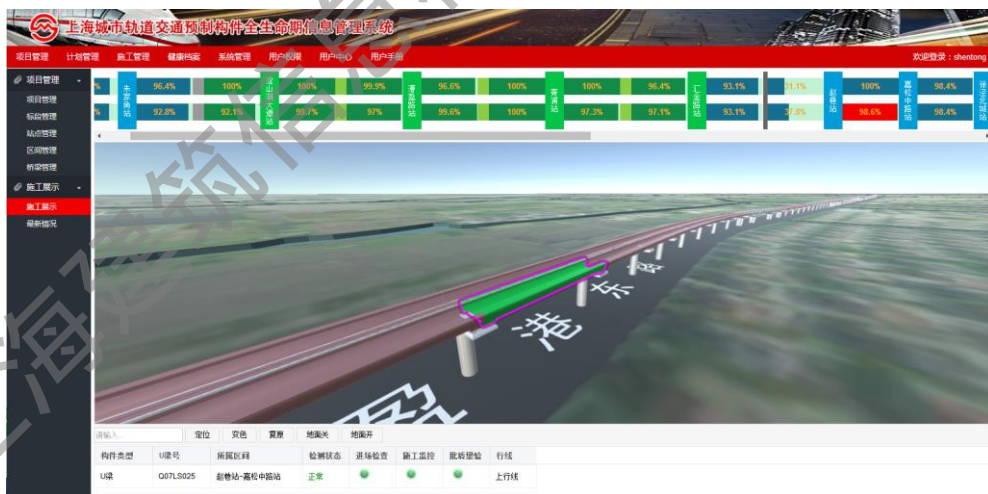


图7-40 预制U型梁BIM模型界面

3、应用总结

通过开发一套具备轨道交通预制构件通用性的预制构件生产、施工以及运营维护的信息管理与分析系统，该系统能使轨道交通预制构件的数据互通共享和集中管理，

并运用于各预制构件生产、施工以及运营维护企业。实践表明，系统运行良好，实现了对轨道交通预制构件生产、施工、运维数据的实时采集与上传，从而增加了轨道交通预制构件进度及质量的科学化管理与分析，其管理过程更加自动化。

7.4 BIM应用效益及测算方法

7.4.1 BIM投入

本项目BIM咨询的总费用为1318.9928万元，其中设计阶段费用为1055.1942万元，施工阶段费用为263.7986万元，为17号线站点、区间、车辆基地等建模及基本应用的费用。不包括预制构件全生命期信息管理系统开发费用134万元，项目协同管理平台费用91.1万元，以及车站运维管理平台费用1000万元。

7.4.2 BIM产出

1、设计阶段

17号线各车站三维管综设计共解决碰撞问题约 4000 个，节约成本约467万元。管综图纸、二次结构预留孔洞图纸共导出约1300 张图纸，提高设计质量。

2、施工阶段

机电深化设计，解决问题 2735 个，节约成本约294万元。

3、运维阶段

目前平台尚未完全投入使用，现在17号的轨道交通车站智能运维管理平台中已涵盖了沿线13个车站各专业的BIM模型和沿线的区间模型，包括：土建、结构、机电等专业模型，收集设备BIM族2559个，机电专业涵盖：环控、供电、给排水、通信、AFC、屏蔽门、电扶梯、风水电、信号、FAS、EMCS、ACS、SIOS、CIOS、主变、牵降变等。此外，结合BIM模型以及现场巡检业务实现流程300余项现场巡检流程。

4、协同平台

在本项目中通过协同管理平台有效实现跨组织的文件和流程管理，促进项目设计管理水平，减少沟通成本。在设计阶段，通过项目协同管理平台有效提高设计沟通效率，有效控制设计进度。

7.4.3 综合效益

1、管理效益

BIM技术在本项目设计、施工、运维全生命期中的应用，可以创建三维可视化的BIM模型，并通过协同管理平台有效实现跨组织的文件和流程管理，促进项目设计管理水平；在施工阶段，充分发挥BIM模型的三维可视化、可模拟特点，切实提高项目施工管理水平。基于BIM竣工模型，开发运维管理BIM平台，实现基于BIM的数字化和智能化地铁运维管理，有效提高运维管理水平。

2、质量提升

在设计阶段，基于多专业整合的BIM模型，通过冲突检测及三维管线综合、设计方案比选、竖向净空优化、虚拟仿真漫游等多项应用点的开展，优化设计方案，减少错漏碰缺，避免返工误工，提高设计质量；在施工阶段，通过施工方案模拟、三维扫描等多项应用点的开展，优化施工方案，确保现场施工质量。

3、经济效益

在设计阶段，通过设计方案优化、错漏碰缺检查、工程量复核等多项应用的开展，提高设计质量，有效控制成本，在施工阶段，通过施工方案优化、进度控制，减少施工浪费，缩减工期，在建设期产生巨大的经济效益。

同时在项目竣工交付阶段，通过BIM竣工模型创建，确保建设期信息有效传递至运维阶段，为后续地铁运营养护管理部门提供数据基础；通过运维管理平台开发和运行，在中长期的地铁运营养护中将产生巨大的经济效益。

4、进度效益

在设计阶段，通过项目协同管理平台有效提高设计沟通效率，有效控制设计进度；在施工阶段，通过施工进度模拟和优化、虚拟进度与实际进度比对、施工管理BIM平台等多项应用的开展，将有效节省工期，促进施工进度管理水平。

7.5 应用推广与思考

在17号线的BIM应用过程中，对全线车站、区间、车辆段等构筑物的全专业建模，以及常规应用点（例如管线搬迁与道路翻交模拟、场地现状仿真、工程量复核、施工筹划模拟等）的应用，是对申通企业BIM标准体系的检验和提高，不仅检验了标准的合理性和可实施性，又通过应用进一步完善和修正了标准的内容。

同时，17号线的BIM应用过程中，也创新了许多新的BIM应用方向，例如多专业整合与优化、设备厂商族库、高架车站外立面PC构件安装施工模拟、PC外立面三维扫描

等。这些创造性的BIM应用，已经在17号线上取得较好的应用效果，通过总结归纳，将会在后续的新建线路上继续探索，直至全面应用。

17号线BIM应用过程中，开发了协同管理平台，预制构件信息管理系统，运维管理平台等基于BIM的项目管理平台工具。这些平台工具能极大的提高项目的信息化水平，降级信息丢失和协调难度。因此，在后续新建线路上，这些平台工具将进一步的开发与应用，使地铁建设信息化真正落地。

上海建筑信息模型技术应用推广中心

八、上海石洞口污水处理厂提标改造工程BIM技术综合应用

8.1 项目概况

上海市石洞口污水处理厂位于宝山区盛桥镇长江边，污水处理采用全球最大的一体化活性污泥工艺，污泥采用干化焚烧工艺。本次提标改造工程建设规模为40万m³/d。

本工程建设单位为上海城投水务工程项目管理有限公司，EPC总承包单位为上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司，运营单位为上海城投污水处理有限公司。在参建各方的共同努力和BIM技术的助力下，2017年12月8日，石洞口污水处理厂提标改造工程提前42天通过竣工验收，实现了无质量安全事故，一次验收合格率100%，标志着石洞口污水处理厂提标改造工程按时完成政府下达的建设任务并提前发挥作用。项目最终收获了包括全国“创新杯”最佳市政给排水BIM应用奖、全国“创新杯”优秀总承包BIM应用奖、上海文明工地升级示范项目、上海首届BIM技术应用创新大赛最佳项目奖等30多个奖项。



图8-1 石洞口污水厂效果图

8.2 BIM技术应用概况

1、工程范围

本工程主要内容包括：污水处理厂出水水质稳定达标一级A标准所需的工程措施、对雨季合流水溢流进行处理所需的工程措施。

2、应用阶段

工程采用全生命周期的BIM应用。充分发挥BIM技术在信息整合、数据共享方面的价值和优势，实现基于BIM技术的大型污水处理厂工程全生命周期信息管理。在设计阶段，通过模型构建以及模型的深化设计过程，达到优化设计方案和提高设计成果质量的目标；在施工阶段，利用建设协同管理信息平台完成施工现场进度管理、材料管理、安全管理，提高施工管理水平，减少返工和变更造成的各种浪费，保障工程项目的顺利完工，最终完成竣工模型的交付；在运维阶段，运营单位可以从竣工模型中提取管理所需的各类信息，帮助提高设备设施信息查询效率，提升综合管理水平。

3、BIM技术实现目标

在本工程中应用BIM技术，能实现如下的目标：通过充分发挥BIM技术在信息整合、数据共享方面的价值和优势，实现基于BIM技术的大型污水处理厂工程全生命周期信息管理。在设计阶段，通过模型构建以及模型的深化设计过程，达到优化设计方案和提高设计成果质量的目标；在施工阶段，利用建设协同管理信息平台完成施工现场进度管理、材料管理、安全管理，提高施工管理水平，减少返工和变更造成的各种浪费，保障工程项目的顺利完工，最终完成竣工模型的交付。通过构建项目建设协同管理信息平台，加强建设过程中各业务环节的协同管理，通过项目全生命周期的BIM应用和研究，形成污水处理工程的BIM技术应用管理体系框架，并将本项目打造成为水务领域BIM技术水务应用的标杆。

4、组织结构

本工程建设单位为上海城投水务工程项目管理有限公司，EPC总承包单位为上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司，运营单位为上海城投污水处理有限公司。参建各方都组建了由主要领导为组长的BIM技术工作小组，确保BIM技术在工程建设中的有效应用。

5、团队配置

根据本工程BIM应用的需要，本工程设置BIM总协调、BIM项目负责人、BIM设计人员、CBIM建设协同管理信息平台管理员和总承包现场人员。

6、软硬件配置

(1) 软件配置

本工程各阶段主要采用的BIM软件如下：Autodesk REVIT、Navisworks、CFD、Robot；建设管理平台采用了CBIM建设协同管理信息平台。

(2) 硬件配置

考虑到BIM应用的硬件需求及BIM相关 workflows 的需要，设置专业的建模工作站、图形渲染工作站，及模型浏览客户站。典型的硬件平台主要配置如表8-1所示。

表 8-1 BIM 硬件配置

选项	建模工作站	图形渲染工作站	模型浏览客户站
整机	Dell T 7910	Dell T 5810	Dell 3040
CPU	XEON E5-2670	XEON E5-2670	I5
硬盘	2T	2T	1T
内存	64G	64G	16G
显卡	Nvidia Quadro M5000	Nvidia Quadro K2200	R7 350X
显示器	DELL2414	DELL2414	DELL2414

8.3 BIM技术应用成果与特色

1、CBIM建设协同管理信息平台

本工程开发了CBIM建设协同管理信息平台，平台运用B/S构架和模型轻量化显示引擎，实现快速简便的部署和模型浏览，平台包括进度计划、投资控制、质量管理、安全管理、设备管理、文档管理等多个模块，服务于建设全过程的各参与方，充分发挥BIM数据的价值，大幅提升建设全过程的管理效率和水平。

(1) 进度计划

建设协同管理信息平台的施工进度管理模块开通使用后，借助协同平台实现现场施工进度与进度计划的协调管理，及时反馈现场施工进度偏差，发现施工进度延误原因并及时采取纠正补救措施。

同时，平台中模型显示窗口可通过将构件赋予不同颜色，来区分各构件的施工状

态。如下图所示，为某一时刻反硝化深床滤池施工进度，绿色代表该构件已全部完成，蓝色代表计划进行，橙色代表未开始施工的构件，如图8-2所示。

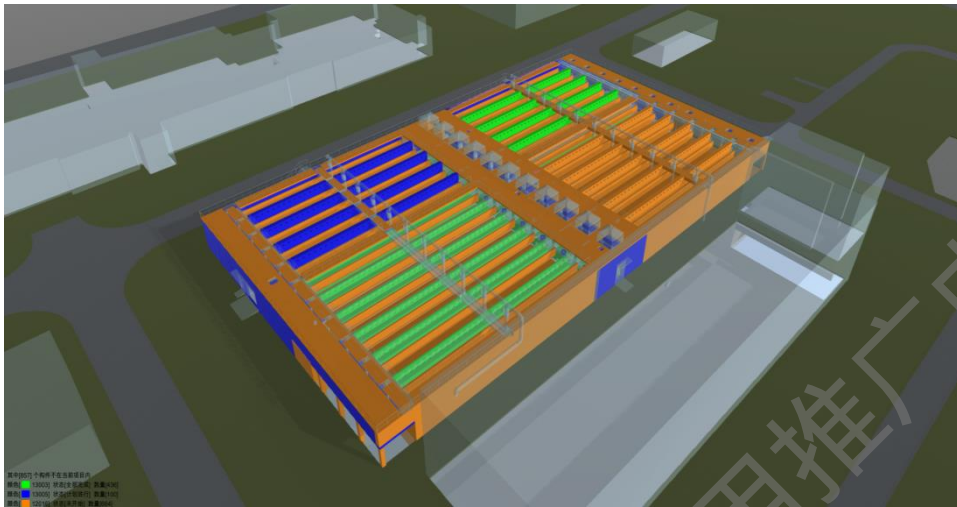


图8-2 进度计划管理

(2) 投资控制

通过模型自动统计的工程量清单，结合造价信息，借助建设协同管理信息平台实现工程投资控制。与工程进度计划相结合，以模型统计的较为可靠的工程量为依据，提前帮助业主制定准确、可行的投资计划，有助于管理人员对现场资金把控，减小资金风险，实行资金的最优利用。

ID	核算类型	核算日期	核算日期	核算人	核算日期	核算人	操作
1	不变更设计变更	设计变更-电气照明	2017-03-04 17:54:47	user	2017-03-17 09:18:48	user	设计 删除 刷新
2	不变更设计变更	设计变更-电气照明	2017-03-05 10:39:35	user	2017-03-17 09:27:51	user	设计 删除 刷新
3	不变更设计变更	设计变更-暖通给排水	2017-03-05 10:42:35	user	2017-03-17 09:23:05	user	设计 删除 刷新
4	不变更设计变更	设计变更-暖通给排水	2017-03-05 10:44:44	user	2017-03-17 09:23:20	user	设计 删除 刷新
5	不变更设计变更	设计变更-暖通给排水	2017-03-05 11:02:51	user	2017-03-17 09:19:38	user	设计 删除 刷新

图8-3 投资控制

(3) 质量管理

质量管理工作已能够通过扫描贴于施工现场的二维码来完成相应构件的质量验收，对不合格的构件进行整改，还可上传施工现场拍摄的图片到建设协同管理信息平台。通过协同平台进行现场各构件的质量验收工作，使质量管理更加便捷可靠。提高施工进度的可控性的同时，也确保了每个构件的施工质量。

(4) 安全管理

完成安全点位模型上传平台的工作后，通过贴二维码标签的方式，借助建设协同管理信息平台，将灭火器、电箱与平台中模型建立关联关系。并可通过手机移动端扫描现场二维码的方式，将安全检查情况上传到建设协同管理信息平台。从而进一步提高了施工安全管理的可靠性和规范性。



图8-4 安全管理

(5) 设备管理

设备管理模块主要用于管理设备采购工作，在完成设备编码录入工作后，应用包含设备编码、规格、数量等信息的设备统计表进行设备采购。实践表明，通过平台完成设备采购工作，可保证这项工作的及时、准确，平台中的进度管理模块能随时提醒当前进展情况，以及即将进入的施工阶段，保证设备采购的及时性。通过BIM模型统计的设备数量与设计方案一致，具有比人工统计更高的准确性，因此，可避免设备采购数量与工程需要量存在偏差。以此保障了设备安装工作更加顺利的开展。

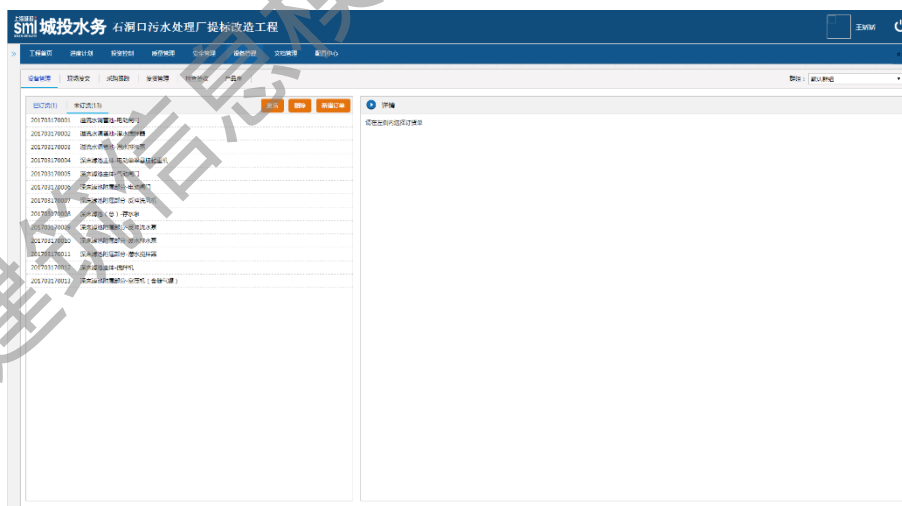


图8-5 设备管理

(6) 文档管理

每天定时将施工工程日报上传至平台，所有项目成员都可以查看项目的进展情况。同时，也将需要传递、共享的施工进度计划、安全教育、任务核实附件、设计协调附件等相关资料上传到平台，方便相关人员查看或下载。相比纸质文件的传递，通

过协同平台管理工程文档的方式下，文档归类更加清晰明了，文档传递速度大大提高，文档查阅更加便捷。

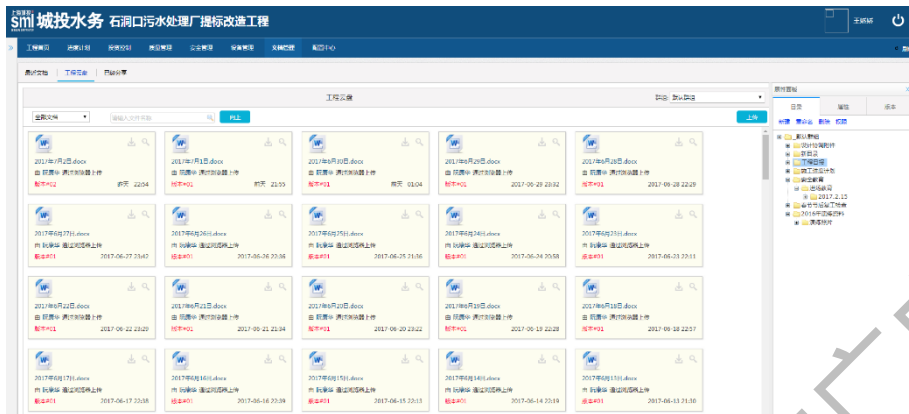


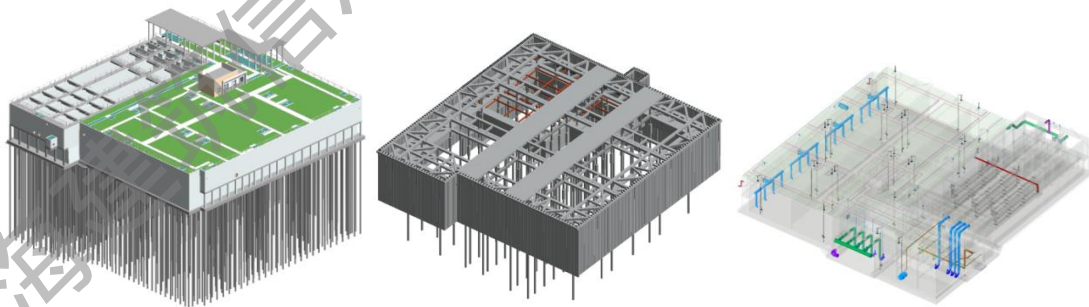
图8-6 文档管理

2、设计阶段的BIM技术应用点

在设计阶段，利用BIM正向设计手段对改造方案进行分析比选、对复杂的集约化单体进行水力模拟计算、结构计算、冲突检测等，实时设计同步的优化审查以及辅助出图，可以大幅提高设计质量和综合效率。

(1) 模型建立

创建全厂区工程几何实体模型，包括各新建单体模型、厂区管线模型、场地模型。其中，单体模型包括基坑支护子模型、结构子模型、工艺子模型，厂区管线模型包括厂区内现状管线、搬迁管线，场地模型包括厂区范围内的地形、道路、河流，并用简单的长方体占位来示意性的表达现状建筑物。



8-7 构筑物单体各专业模型

方案设计阶段，针对不同的设计方案建模，通过模型更直观、更全面的评价各方案的优缺点，并确定最终方案。

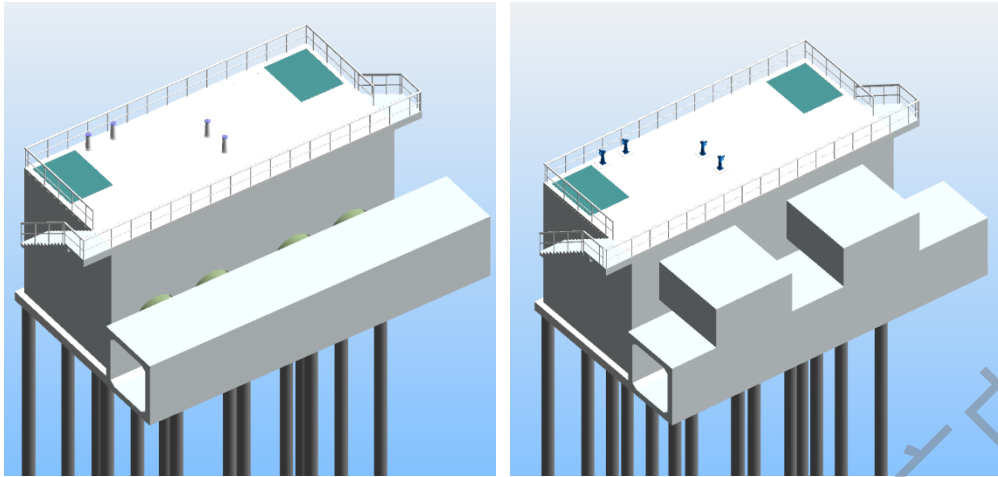


图8-8 切换闸门井不同的设计方案

随着工程建设阶段的推进，为保证模型满足不同应用阶段的精度要求，对设计模型做进一步完善。补充模型中颗粒度较小的构件，如角钢、预埋套管、墙体开洞、素砼回填等；修正并细化原模型中粗略创建的构件；对必要的模型构件录入详细信息，如添加墙、板、柱、梁的材质信息，对工艺设备添加相关信息等。增加模型精细度，使模型能够更加形象、充分的表达图纸信息，最终形成竣工模型。

为确保模型包含准确的设计信息，建立模型联合评审制度，模型向下游应用交付前，由负责该项目的设计师评审BIM模型。



图8-9 模型审核及批注

通过BIM整合软件，将不同专业、不同单体，以及场地模型整合到一个模型空间，提前模拟工程建成后的效果，展现设计方案在周边环境中的定位、工程材质构成、设备组成，以及水池构筑物内部复杂的几何构造和空间关系，便于项目各参与方之间的交流和决策。



图8-10 模型整合

(2) 碰撞检查

传统意义上的碰撞检查由设计师根据二维图纸进行三维空间构想，从而检查不同专业之间的碰撞。当工程规模较大、涉及专业较多时，采用这种方式工作量较大，且发现碰撞问题后，各专业协商和修改起来也较为复杂。是一种相对低效的工作方式，使得各专业之间始终难以达到协调、一致。

本工程借助三维BIM模型，提早发现设计冲突问题，当把不同专业模型整合到一个模型空间中时，模型间的碰撞问题一目了然。然后不同专业之前可以基于模型进行沟通协调，以便尽快达成最佳的修改方案。不仅为设计师省去了大量的精力、提高了工作效率、提升了设计质量，也能够及时对碰撞问题采取整改措施，避免项目建设过程中出现拆改及返工现象。

预留预埋问题是水处理项目中常见的施工难点，根据工艺流程的需要，为了在渠道或池体单元之间形成水流通路，需在混凝土墙体上设置很多预留孔洞和预埋管件。而这些预留孔和预埋管件的施工，要在混凝土模板支护过程中就做好预埋件的定位。当进行后续工艺管道安装时，这些混凝土墙已经完成浇筑定型，一旦发现预留洞或预埋管件有定位不准的问题，将给施工造成很大的成本和工期的浪费。本工程为避免上述情况的发生，借助三维模型检查预留洞设置的合理性，并检查管道预埋件与工艺管线间的协调性。在施工之前做好相关的协调性检查工作，充分减少了返工现象。

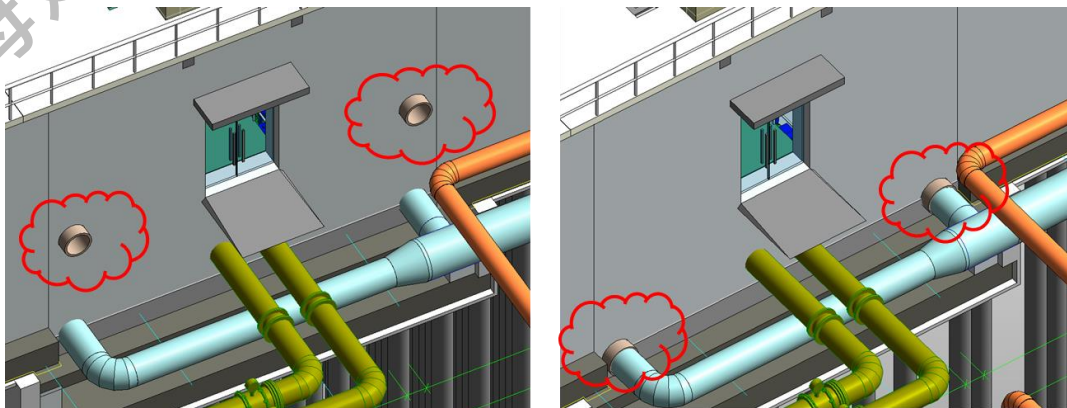


图8-11 碰撞检查

此外，本工程还应用BIM模型的碰撞检查功能，检查工程设备的空间设置是否合理，为管线设备的安装预留了足够的运输通道和操作空间。

(3) 管综优化

本工程存在局部管线较为密集的部位，如乙酸钠投加间、加氯加药间等。这些地方的管线排布尽管会遵循一些避让原则，但由于局部管道系统较多，不同系统的管道交错在一起，仍然难以进行合理排布和施工。

传统方式应用二维CAD图纸表达这些管道的走向和定位，一张图纸上只能表示某个截面或局部范围内的信息，设计人员需要将这些离散的平、立、剖图纸，以及系统图在大脑中进行加工后，形成整体的三维概念。当各个系统的管线整合在一起以后，会显得比较杂乱，更加难以准确的把握各种系统管线的排布位置和标高，难以将管线排布的合理整洁，又便于施工。因此，传统的管线综合工作方式具有较大的局限性。

将管线模型与土建模型整合，通过三维模型的信息集成，便捷的管线排布不合理的部分，在利用BIM技术优化性的特征，可以在BIM模型里对管线排布提出优化的方案，进行深化设计，从而更清晰的解决以往施工中出现的部分问题，并使得管线排布空间位置更加合理，整体外观更加整洁。

(4) 工程量统计

众所周知，工程量统计是工程建设过程中一项重要工作，具有工作量大、费时、繁琐、要求严谨的特点。不仅在勘察设计阶段要测量工程量，在施工前、施工过程中、竣工等阶段为控制工程进度、预算分项经费、最后结算等都需要多次统计工程量。

传统工程量统计，预算人员需从图纸中逐一计数，然后分类列于表格中进行统计，工作负荷非常大。如果遇到设计方案的频繁变更，则更是苦不堪言。

本工程借助BIM算量的优势主要体现在信息的自动提取和信息的联动两个方面。一方面，BIM模型中带有建筑构件的几何信息和属性信息，借助BIM软件，可以很方便的、有选择性的将这些信息提取出来，形成统计明细表，在明细表中做分类计算，最终获得所需的工程量。另一方面，借助BIM软件自动统计功能生成的统计表，其中的信息始终与模型保持关联，随着项目的不断深入，BIM模型不断跟进，其附加的设计信息也不断更新，统计表中相关工程量也随之变化。这使得基于BIM的工程量统计可以流畅

的贯穿项目的建设全过程，避免由于设计变更等原因，增加造价人员的重复工作量，也便于在不同的变更方案之间，结合经济性和合理性，更加准确、快速的进行方案间的经济性比选。

区域范围	分项名称	计量单位	构件族类别	对应的BIM明细表	BIM工程量(单个构筑物)	备注(计算方法不一致需说明)	
基础工程	垫层	m ³	内建库:常规模型	垫层明细表	783.49		
柱	现浇土矩形柱-800x800	m ³	结构柱	柱明细表	720.19		
	现浇土矩形柱-700x700	m ³	结构柱	柱明细表	519.94		
	现浇土矩形柱-400x400	m ³	结构柱	柱明细表	6.66		
	合计	m³			1246.79		
梁	现浇土矩形梁-250x500	m ³	结构梁架	梁明细表	18.34		
	现浇土矩形梁-300x500	m ³	结构梁架	梁明细表	17.28		
	现浇土矩形梁-300x800	m ³	结构梁架	梁明细表	134.95		
	现浇土矩形梁-350x600	m ³	结构梁架	梁明细表	13.6		
	现浇土矩形梁-350x800	m ³	结构梁架	梁明细表	222.2		
	现浇土矩形梁-350x1000	m ³	结构梁架	梁明细表	1.94		
	现浇土矩形梁-400x800	m ³	结构梁架	梁明细表	53.89		
	现浇土矩形梁-400x900	m ³	结构梁架	梁明细表	530.02		
	现浇土矩形梁-400x900	m ³	结构梁架	梁明细表	22.93		
	现浇土矩形梁-400x1000	m ³	结构梁架	梁明细表	162.52		
	现浇土矩形梁-500x900	m ³	结构梁架	梁明细表	385.74		
	现浇土矩形梁-500x1000	m ³	结构梁架	梁明细表	19.73		
	现浇土矩形梁-500x1100	m ³	结构梁架	梁明细表	176.45		
	现浇土矩形梁-600x800	m ³	结构梁架	梁明细表	83.37		
	现浇土矩形梁-600x900	m ³	结构梁架	梁明细表	45.6		
	现浇土矩形梁-600x1100	m ³	结构梁架	梁明细表	652.21		
	现浇土矩形梁-600x1600	m ³	结构梁架	梁明细表	56.81		
	现浇土矩形梁-650x800	m ³	结构梁架	梁明细表	9.3		
	现浇土矩形梁-650x1400	m ³	结构梁架	梁明细表	24.48		
	现浇土矩形梁-650x1600	m ³	结构梁架	梁明细表	15.63		
	现浇土矩形梁-700x900	m ³	结构梁架	梁明细表	313.82		
		合计	m³			2956.7	

图8-12 工程量统计

(5) 仿真漫游

为更大程度上发挥BIM模型服务于工程项目的价值，将建好的模型全部整合后，导入虚拟现实软件，创建1:1的虚拟现实环境，项目各参建方可以对拟建项目进行虚拟仿真漫游，直观地对项目的建成情况进行查看和讨论。

本工程通过市场调查，采购了适用于本项目的VR虚拟现实眼镜设备，进行了设备的调试工作，并将VR设备在项目设计阶段及建设现场中投入使用。首先将石洞口厂区模型文件发布为VR虚拟现实场景文件，设计人员、施工管理人员通过佩戴VR眼镜，对厂区进行身临其境的虚拟现实漫游浏览，该方法既提高了现场管理效率，提高会议沟通效率。场地模型可作为厂区所有单体模型的整合容器，将创建的模型整合在同一场景文件内，并生成整个厂区范围，包括新建单体模型的VR漫游文件。通过VR漫游，能够更便捷、直观的展示设计方案。有助于项目各参与方之间的沟通、交流。

在设计阶段，通过虚拟仿真漫游，设计人员以第一人称的视角在厂区内行走，身临其境的观察项目设计的合理性、对管线的碰撞问题进行直观检查，对方案进行优化调整。

施工阶段，各参与方可通过虚拟仿真漫游，预先的观察厂区建成后的状态，更为清晰的了解工程的结构设计构造、管道系统构成、设备安装位置。从而加快施工现场沟通效率，便于各方协调，从而提高了现场管理效率及会议沟通效率。

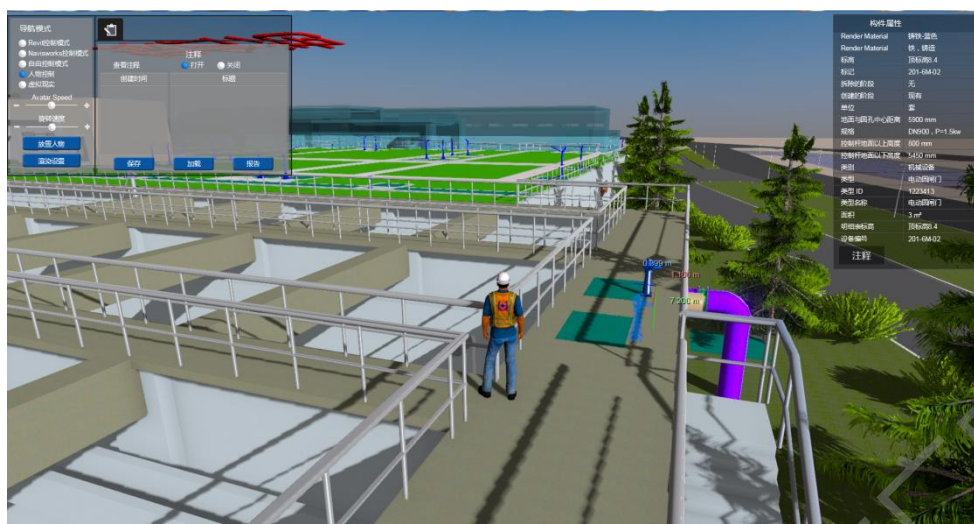


图8-13 虚拟漫游界面

3、施工阶段的BIM技术应用点

在施工阶段，采用基于BIM技术的施工方案和进度模拟，对施工过程进行预先模拟和分析优化，有效的预判和避免施工过程中的各种不利因素，大幅的提升施工组织水平。

(1) 施工方案模拟

借助模型模拟、优化，并且直观展现各构筑物单体的施工工序，模拟过程中可充分考虑施工实施过程中可能出现的问题，避免复杂节点上交叉工序间相互干扰，并将交叉工序的组织安排调整到最佳状态，增加了施工进度计划的参考意义和可操作性。

结合施工模拟动画和BIM模型完成施工交底，能有效增加沟通效率，确保按图施工，和按规范施工。

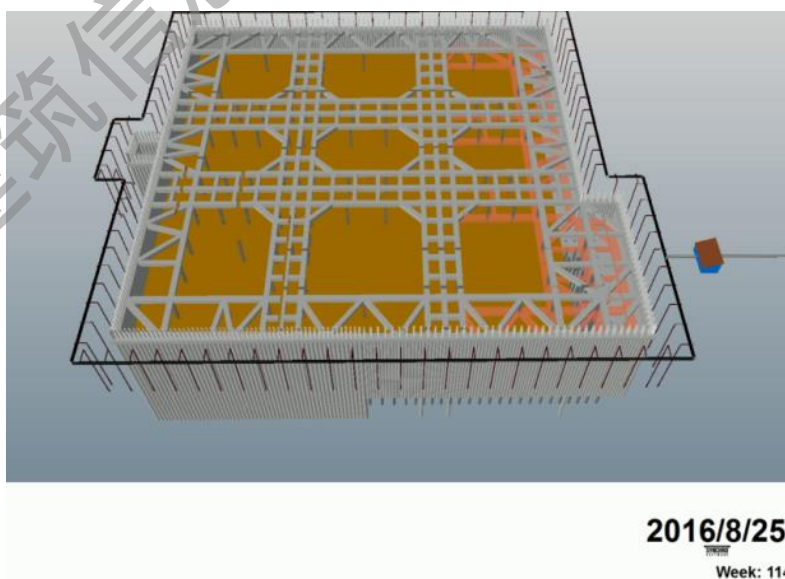


图8-14 施工进度模拟

配合施工现场做复杂节点的施工流程模拟。由于切换闸门井施工流程较为复杂特殊，施工注意事项较多。因此，通过制作模拟动画的方式，展示该施工过程，动画中体现了各工序的工艺、流程，以及工序耗时长短。

(2) 关键工序节点的施工流程模拟

配合施工现场做复杂节点的施工流程模拟。由于切换闸门井施工流程较为复杂特殊，施工注意事项较多。因此，通过制作模拟动画的方式，展示该施工过程，动画中体现了各工序的工艺、流程，以及工序耗时长短。

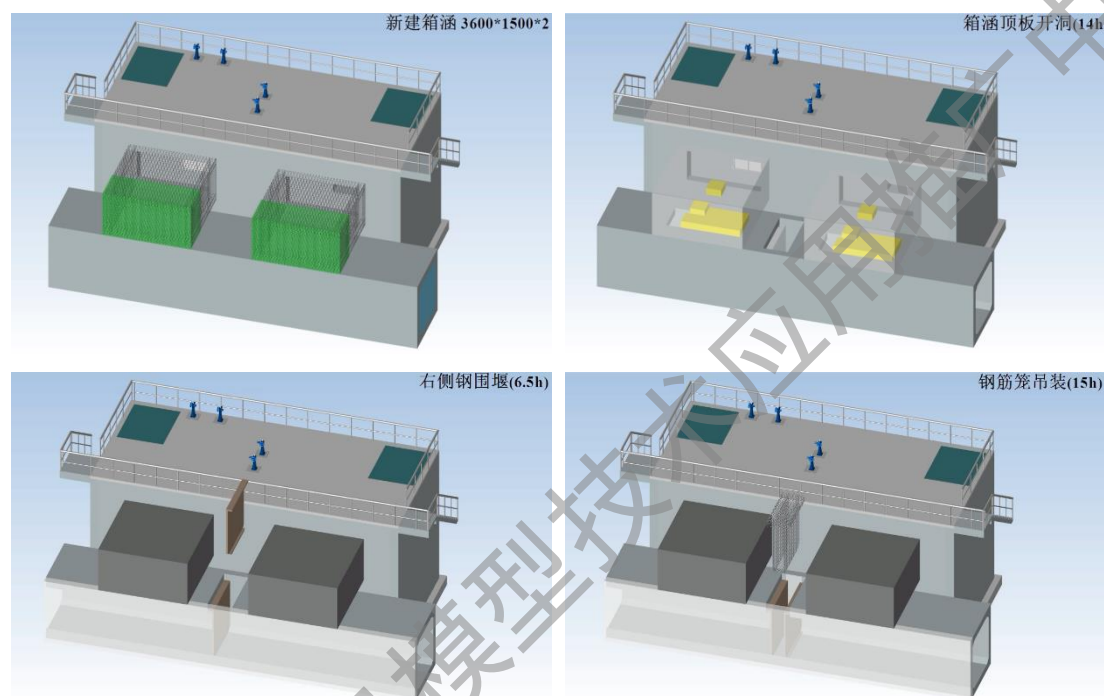
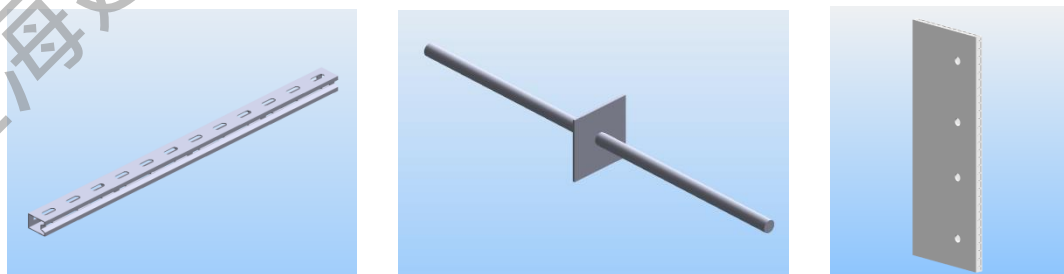


图8-15 切换闸门井施工流程模拟

施工现场塑料模板的拼装程序较为特殊，不同于以往常见的木模板，为方便施工交底和现场交流，特对塑料模板的组成构件进行建模，包括塑料模板主体、U型扣件、可拆卸端头、端部固定件、U型钢、螺杆，并根据施工流程制作了相应的模板拼装模拟动画。



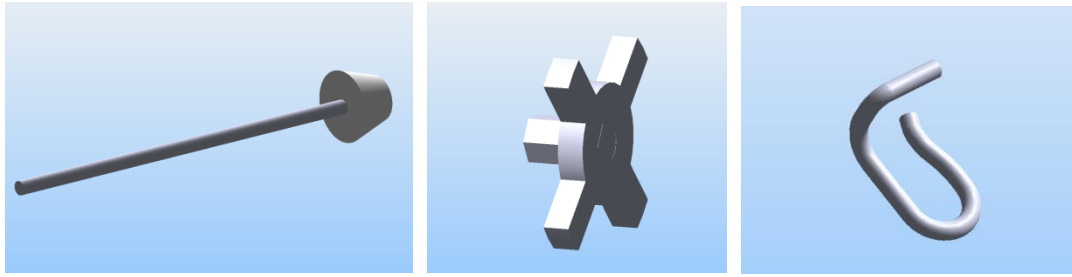


图8-16 塑料模板族创建

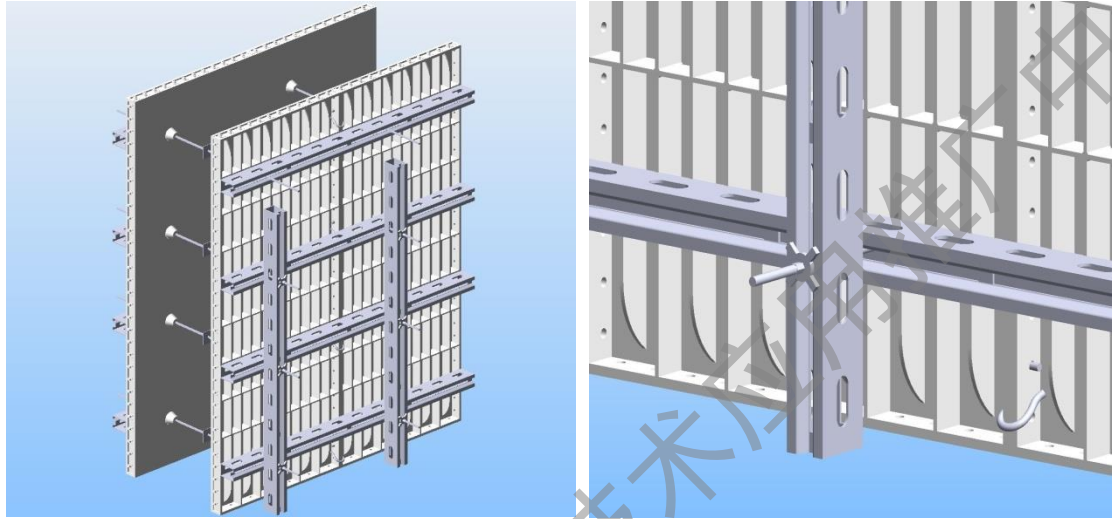


图8-17 塑料模板拼装建模及施工模拟

5、运维阶段的BIM技术应用点

在运维阶段，对BIM模型数据和协同平台业务数据进行数据整理与重构，与厂区SCADA系统工控实时数据库、MES系统生产业务数据相结合，为厂区运维信息系统提供全面的数据服务，将BIM模型中承载的数据信息成功的应用与厂区运维管理信息系统中。此外，本工程还利用Unity 3D引擎开发了基于BIM的运维培训交互系统，可结合VR技术采用3D游戏互动体验方式，进行运维培训和操作模拟。



图8-18 运维管理系统

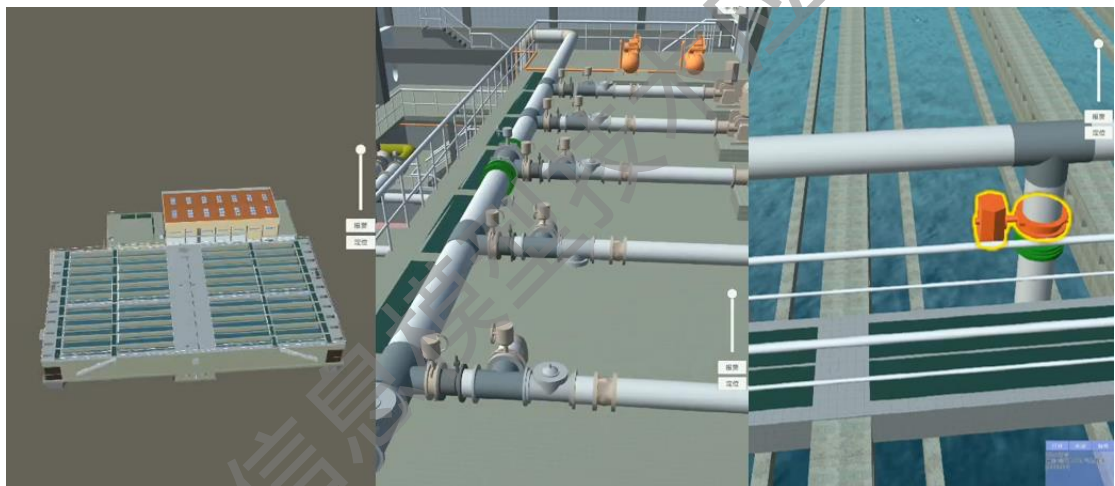


图8-19 基于BIM的运维培训交互系统

8.4 BIM技术应用效益及测算方法

1、BIM投入

工程采用全生命周期的BIM应用。充分发挥BIM技术在信息整合、数据共享方面的价值和优势，实现基于BIM技术的大型污水处理厂工程全生命周期信息管理。本工程在EPC实施的过程当中，组建了包含设计、总承包管理人员在内的实施团队，配置了图形工作站、建模工作站、模型浏览客户站等硬件设备，并将BIM技术的理念贯穿于设计、采购、施工的全过程之中。

2、BIM产出

设计阶段，通过模型构建以及模型的深化设计过程，达到优化设计方案和提高设计成果质量的目标；在施工阶段，利用建设协同管理信息平台完成施工现场进度管理、材料管理、安全管理，提高施工管理水平，减少返工和变更造成的各种浪费，保障工程项目的顺利完工，最终完成竣工模型的交付；在运维阶段，运营单位可以从竣工模型中提取管理所需的各类信息，帮助提高设备设施信息查询效率，提升综合管理水平。

3、综合效益

本工程在建设全过程中都采用了BIM技术，在项目实施早期制定项目级的BIM应用标准，对于项目实施成效的好坏具有很大影响，正因为从设计源头开始制定了统一的BIM应用标准，后续在项目的实施过程中遇到的障碍就越少，后续采购、施工过程中的BIM应用工作也更加顺利。设计阶段的多项BIM技术应用帮助设计人员更好地优化设计，提升设计的质量与效率。在施工阶段通过“互联网+BIM”的融合，自主研发了“闪电扫验”创新技术、建设协同管理信息平台，对传统项目管理方式进行升级改造，推动本工程的建设过程的顺利展开，最终助力本工程提前竣工，圆满完成建设任务。

8.5 BIM技术应用推广与思考

1、项目级BIM标准的构建，促进数据规范化统一

在项目实施早期制定项目级的BIM应用标准，对于项目实施成效的好坏具有很大影响。前期项目标准制定的越周全，则后期项目实施过程中遇到的阻碍越少，BIM应用工作也就进展的更加顺利。

项目级BIM应用标准可包括：BIM模型精度标准、BIM模型工作标准、BIM软件应用标准、BIM成果交付标准几个方面。通过提前明确BIM模型精度标准，结合不同阶段的使用需要，将模型深度确定在特定范围内，避免模型深度不够，同时也避免陷入“过度建模”的误区。BIM模型工作标准中，需统一规定BIM文件架构、模型文件命名规则、模型编码标准、模型拆分标准、模型坐标体系、模型色彩标准。BIM软件应用标准中，需统一规定个阶段BIM应用软件、模型整合和数据交换标准、BIM建设协同管理信息平台规划。BIM成果交付标准中，应通过事先约定模型交付的内容、时间节点及模型

的准确性标准。模型交付前对模型进行检查，确保模型准确反映真实的施工状态，必要时制定详细的模型检查规则。

2、“互联网+BIM”和“闪电扫验”技术结合，实现工程数据高度集成与高效传递

“互联网+BIM”和“闪电扫验”技术的结合应用具有便操作、可推广、易应用的特点，将项目实施过程中的质量、投资、进度信息交互融合，实现了对传统工作方式的升级改造。“互联网+BIM”和“闪电扫验”技术的结合，打通线上线下管理条线，对项目建设全生命工程数据高度集成与高效传递，实现了工程建设的高效管控。

3、B/S架构的模型浏览引擎，实现模型信息多方共享

传统建设管理过程中出现的诸多问题，相当一部分是由于信息来源渠道少、信息传递不及时和准确率底等原因造成的。信息共享是实现建筑供应链高效运转的基础，通过信息共享，可以降低项目成本，提高项目建设的效率。

通过搭建建设协同管理信息平台，借助B/S架构的模型浏览引擎，使项目各参与方，都无需安装特定的软件，即可通过浏览器上网查看BIM模型。实现模型信息多方共享的同时，也通过模型在线浏览的方式确保了模型数据的安全。

本工程是我市水务建设板块首次全面成功应用BIM建设协同管理信息平台，也是我市首个实现BIM全生命周期应用的水务建设工程，BIM实践经验总结形成了我市水务工程建筑信息模型应用标准、建模与交付标准等多个企业标准，BIM应用成果不仅成功推广应用于我市白龙港、泰和，虹桥污水厂以及深圳、常州等外省市水务工程建设中，更可为水务建设工程提供借鉴参考。