

BIM 技术在城市隧道工程 EPC 项目管理中的探索与实践

奚灵智¹ 忻伟明² 杨宇² 穆朝银³

(1. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 杭州 311122;
2. 浙江华东工程咨询有限公司, 杭州 310014, 3. 河海大学, 南京 210098)

【摘要】EPC 项目是我国建筑行业发展的总体趋势,但由于目前国内建筑行业信息化管理水平较低,使得 EPC 项目的优势难以发挥,通过 BIM 技术与 EPC 模式融合,进行两者的优势互补可使 EPC 管理更加科学、高效。本文以城市隧道工程 EPC 项目为载体,进行了 BIM 技术在 EPC 项目管理中的探索与实践,重点从设计、进度管理和安全文明施工角度研究了 EPC 模式与 BIM 技术结合的可行性及科学性。

【关键词】EPC 项目; BIM 技术; 设计; 进度管理; 安全文明施工

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

随着国家经济结构转型升级,发展进入“新常态”,作为我国支柱产业之一的建筑行业亟待改革。EPC(Engineering Procurement Construction)模式是指总承包商或总承包商联营体依据工程总承包合同要求对整个工程项目的设计、采购、施工和试运营等全过程、全方位的总承包,对比传统项目运作模式,总承包商在项目未竣工前承担所有责任,极大降低了业主面临的风险,同时统一的管理和运作也充分保证了解决问题的全面性、及时性和灵活性。BIM(Building Information Modeling)本质是一个针对建筑综合信息一体化的概念,BIM 技术可使项目整个生命周期都用信息化模型进行追踪和调整,施工各方协同也更加透明化、清晰化,与 EPC 结合,可更高效和多维化地传递客户诉求,提升项目管理效率。BIM 技术在工程项目中的应用模式多种多样,设计阶段运用 BIM 技术辅助设计;施工阶段运用 BIM 技术指导现场施工,减少返工、窝工等浪费

资源的现象^[1-2]。且随着科技进步,BIM 技术的应用模式也在不断地创新,如 BIM 与 GIS(Geographic Information System)集成技术不断的深入开发,两者融合也是土木行业信息化未来努力的方向^[3-5]。我国建筑行业信息化管理水平较低,导致总承包商在管理过程中无法获得深入、全面、准确的项目信息,这就制约着 EPC 项目集成、协同管理优势的发挥,最终导致质量、进度和成本难以达到预期效果,因此只有在 EPC 项目中提高建设项目的信息化管理水平,通过信息化技术手段对进度、质量、成本等进行控制,才能保证 EPC 项目各参与方之间的高效沟通与协作,从而缩短项目工期,降低工程成本^[6]。国内外关于 EPC 模式和 BIM 技术作为一个整体的研究较少,未能充分地研究两者的优势互补性,并且缺少完善的标准体系、具体的实施流程及管理架构。本文在现有研究基础上,从设计、施工两阶段出发,将 BIM 技术与城市隧道工程 EPC 项目管理进行融合,并基于工程项目进行了 EPC + BIM 集成管理平台的开发。

【作者简介】奚灵智(1982-),男,高级工程师,主要研究方向:桥梁工程;忻伟明(1972-),男,高级工程师,主要研究方向:市政工程;杨宇(1994-),男,硕士研究生,主要研究方向:临时结构;穆朝银(1992-),男,硕士研究生,主要研究方向:BIM 技术应用与研究。

1 工程概况

工程内容含隧道工程、道路工程、综合管廊工程、桥涵工程、管线工程、机电工程、景观绿化工程、其他附属工程等。地下隧道于绿汀路以南下穿，至文二西路止，总长约 1.8km，双向 6 车道规模，设计车速 60km/h。综合管廊与地下隧道同期建设，布置于隧道的西侧，总长约 1.8km。过未来湖段布置 10m 宽慢行道。全线共布置桥涵 4 座，管理用房 1 处，隧道与杭州地铁 3 号线盾构区间有 760m 的并线，如图 1 所示。

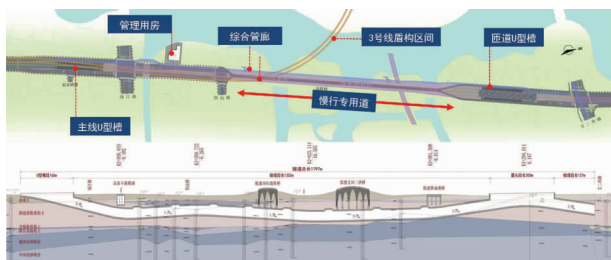


图 1 良睦路项目示意

由于本工程属于大型综合性城市隧道工程，设计意图的表达、施工方案与工艺的呈现、多方参与协作尤为重要，因此本项目采用以总承包方为主导，专业 BIM 咨询，各方参与的 BIM 实施模式，管理架构如图 2 所示。本项目 BIM 技术主要应用于两阶段，具体实施流程如图 3 所示。

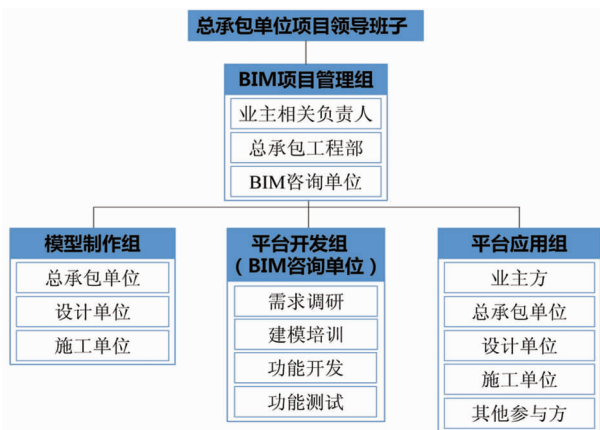


图 2 BIM 项目管理架构

(1)设计阶段:项目启动后总承包单位项目领导班子立即组建由总承包项目总工、总承包技术人员、业主代表、BIM 咨询单位负责人组成的 BIM 项目管理组，该组主要负责 BIM 技术应用的可行性及

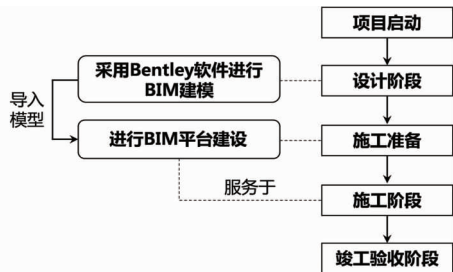


图 3 BIM 实施流程

需求分析，并根据分析结果编排进度计划，随后 BIM 项目管理组从各参建方中抽调技术人员组建模型制作组，平台开发组则对模型制作组人员进行 BIM 软件建模培训及技术指导，通过培训后模型制作组开始模型建立，通过多方参与 BIM 建模的过程发现设计中的问题并及时反馈。

(2)施工阶段:设计完成后，平台开发组在施工准备阶段将 BIM 模型导入至平台基本框架中，并根据前期需求分析结果对施工过程综合展示、安全文明施工、进度管理及安全监测四方面进行功能性开发，过程中 BIM 项目管理组进行监督管理，确保平台开发进度及质量满足使用要求，在工程进入正式的施工阶段前平台开发需基本完成并投入试用，后续平台应用组进行使用并帮助平台开发组进行系统优化，通过线上平台辅助施工现场安全文明施工及项目整体进度管理。

2 BIM 技术在 EPC 项目管理中的应用^[7]

2.1 BIM 在设计阶段管理中的应用

总承包项目设计流程需经过施工图设计初稿、总包收集各方设计反馈、施工图设计完善、施工图终稿、施工图图审等阶段。在项目进入施工阶段前总包单位协调各参建方对施工图进行优化，首先总承包从设计方、施工方以及总承包内部抽调技术人员组建模型制作组，各参建方通过结合现场实际情况、施工可操作性及 BIM 模型初稿发现设计存在的问题，总包单位负责意见归集并反馈至设计单位，设计单位对意见作出回复并绘制施工图终稿，BIM 建模组在施工图图审后对模型进行修改并确定 BIM 模型最终稿，如图 4 所示。总承包单位在设计阶段通过集约式管理充分发挥 BIM 技术优势为设计服务，并在 BIM 建模过程中调动各参建方的积极性，促使各参建方技术人员提前对设计有更加深刻的

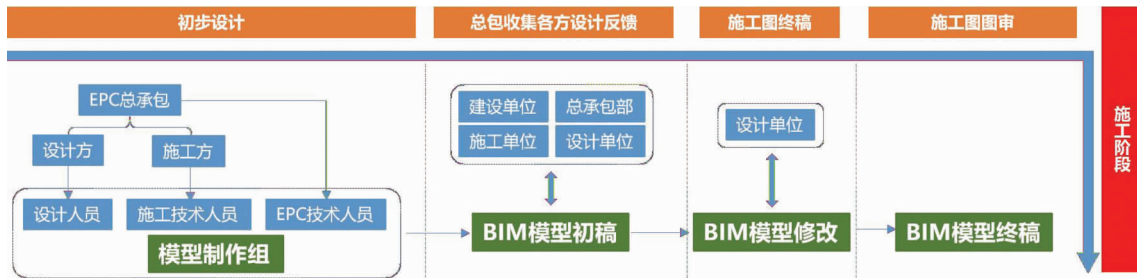


图 4 BIM 在设计流程中的应用

理解,为后续施工奠定基础。

本工程内容多样,综合性强,包含道路、隧道、桥涵、综合管廊、管线、机电等,如图 5 所示。多参建方完成 BIM 建模,并通过进行碰撞检测,检查建筑、结构、机电等各个专业之间是否冲突,图纸是否满足施工要求,施工工艺与设计要求是否矛盾等,如图 6 所示。根据碰撞检测结果跟踪、定位碰撞的部位,同时及时分析碰撞产生的原因,判断是否需要调整,当面临需要修改的情况,根据软件输出带有坐标定位的报告,设计人员进行快速定位,对出现的问题进行深入分析,并与总承包单位协商解决,以减少设计错误传递,避免由于设计问题导致施工阶段返工的现象,最大程度保证施工图设计阶段与施工阶段之间的良好沟通,如图 7 所示。

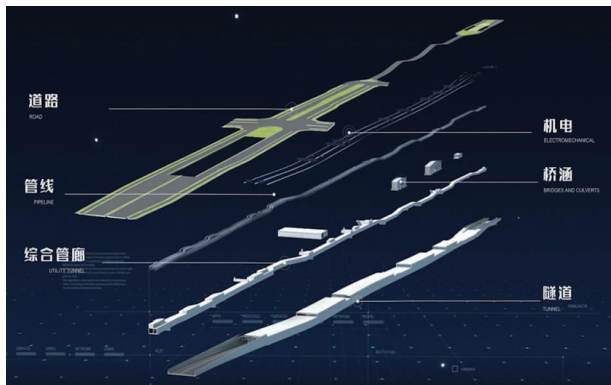


图 5 多参建方协同建模

2.2 BIM 在施工阶段管理中的应用

项目综合展示、施工进度管理、安全文明施工管理及施工安全监测管理属于施工过程管理的重要组成部分。传统 BIM 模型仅展示建筑本身无法实现建筑与环境融合展示的效果,通过将 BIM 模型与现有信息采集技术进行有效结合使得项目展示更加美观、细致、全面;传统的工程项目进度管理以设计图纸为基础,结合施工方案将施工任务进行分解,最后根据各项任务工期时间及任务间逻辑关系制定进度计划表,然而当工程体量较大、较复杂时,这种进度管理模式就容易受到多种因素影响,如作业工人、工程材料、施工机械等的影响,引入 BIM 技术,可建立包含材料属性、数量;施工机械布局、数量等信息的三维模型,在此基础上引入时间信息即可建立四维模型,通过模型可以实现资源配置优化、施工进度计划模拟、计划进度与实际进度对比分析等功能。

安全文明施工管理及安全监测管理是保障工程顺利推进的重要措施,国内外工程安全事故的频发却在不断地给建筑行业敲响警钟,传统安全文明施工管理及安全监测管理耗费大量的资源,却效果平平,通过引入 BIM 技术,将安全文明施工信息化工具、工程监测预警数据等与 BIM 模型进行结合,形成综合性的管理模块可以节约成本、提高管理效率,降低工程风险。

A	B	C	D	E	F	G
1	作业名称	状态	冲突数目	开始自	结束于	坐标位置
2	桥梁与隧道结构	已成功完成	44	2019/4/30 16:02	2019/4/30 16:02	
3						
4	父级	名称	作业名称	状态	分配至	类型
19	根	冲突15	桥梁与隧道结构	新建	硬	65070490.2, 81657350.6, -2164.7
20	根	冲突16	桥梁与隧道结构	新建	硬	65067791.0, 81641072.9, -1960.7
21	根	冲突17	桥梁与隧道结构	新建	硬	65076461.0, 81693358.9, -2596.7
22	根	冲突18	桥梁与隧道结构	新建	硬	65073761.9, 81677081.2, -2404.7
23	根	冲突19	桥梁与隧道结构	新建	硬	65069191.3, 81649456.7, -2312.7
24	根	冲突20	桥梁与隧道结构	新建	硬	65064988.7, 81650153.6, -2312.7
25	根	冲突21	桥梁与隧道结构	新建	硬	65075000.4, 81684971.8, -2756.7
26	根	冲突22	桥梁与隧道结构	新建	硬	65070877.8, 81685668.7, -2756.7
27	根	冲突23	桥梁与隧道结构	新建	硬	65113649.8, 81917029.8, -4092.6
28	根	冲突24	桥梁与隧道结构	新建	硬	65110278.1, 81897299.2, -4196.1
29	根	冲突25	桥梁与隧道结构	新建	硬	65107579.0, 81881021.5, -4275.1
30	根	冲突26	桥梁与隧道结构	新建	硬	65123610.3, 81977701.3, -3785.1
31	根	冲突27	桥梁与隧道结构	新建	硬	65120911.1, 81961423.6, -3870.1
32	根	冲突28	桥梁与隧道结构	新建	硬	65117639.4, 81941693.0, -3967.6
33	根	冲突29	桥梁与隧道结构	新建	硬	65113162.2, 81888711.7, -4485.1

A	B	C	D	E	F	G
1	作业名称	状态	冲突数目	开始自	结束于	坐标位置
2	桥梁与隧道结构	已成功完成	44	2019/4/30 16:02	2019/4/30 16:02	
3						
4	父级	名称	作业名称	状态	分配至	类型
19	根	冲突15	桥梁与隧道结构	新建	硬	65070490.2, 81657350.6, -2164.7
20	根	冲突16	桥梁与隧道结构	新建	硬	65067791.0, 81641072.9, -1960.7
21	根	冲突17	桥梁与隧道结构	新建	硬	65076461.0, 81693358.9, -2596.7
22	根	冲突18	桥梁与隧道结构	新建	硬	65073761.9, 81677081.2, -2404.7
23	根	冲突19	桥梁与隧道结构	新建	硬	65069191.3, 81649456.7, -2312.7
24	根	冲突20	桥梁与隧道结构	新建	硬	65064988.7, 81650153.6, -2312.7
25	根	冲突21	桥梁与隧道结构	新建	硬	65075000.4, 81684971.8, -2756.7
26	根	冲突22	桥梁与隧道结构	新建	硬	65070877.8, 81685668.7, -2756.7
27	根	冲突23	桥梁与隧道结构	新建	硬	65113649.8, 81917029.8, -4092.6
28	根	冲突24	桥梁与隧道结构	新建	硬	65110278.1, 81897299.2, -4196.1
29	根	冲突25	桥梁与隧道结构	新建	硬	65107579.0, 81881021.5, -4275.1
30	根	冲突26	桥梁与隧道结构	新建	硬	65123610.3, 81977701.3, -3785.1
31	根	冲突27	桥梁与隧道结构	新建	硬	65120911.1, 81961423.6, -3870.1
32	根	冲突28	桥梁与隧道结构	新建	硬	65117639.4, 81941693.0, -3967.6
33	根	冲突29	桥梁与隧道结构	新建	硬	65113162.2, 81888711.7, -4485.1

图 6 碰撞检测

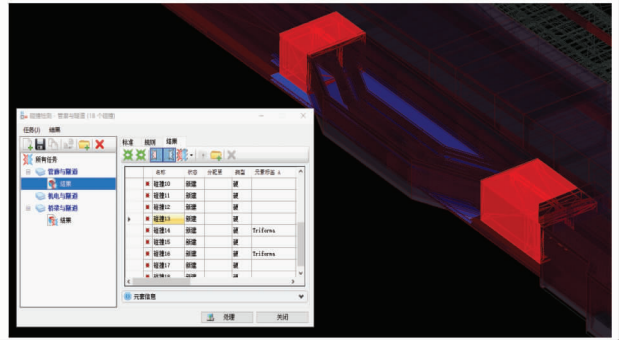
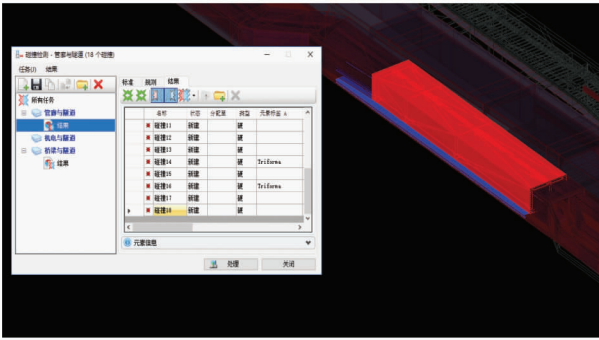


图 7 碰撞检测结果定位

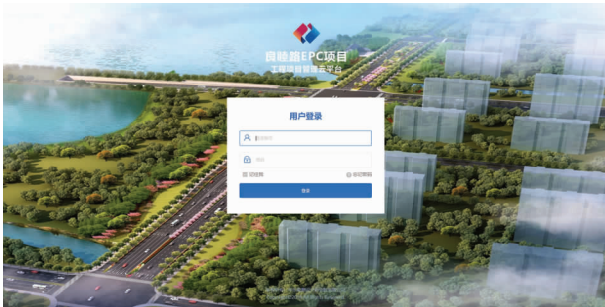


图 8 项目管理云平台登入界面

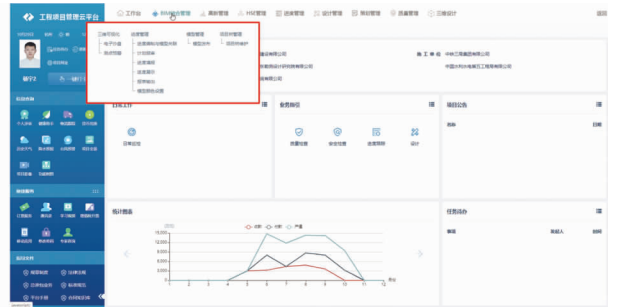


图 9 项目管理云平台主界面



图 10 电子沙盘底图切换



图 11 电子沙盘图层切换

为实现 BIM 技术在施工阶段的多方联合管理，通过在华东院工程项目管理云平台上定制 BIM 进度管理模块、电子沙盘、测点预警等功能模块，并向总承包管理人员、业主相关人员等各方人员发放具有相应权限的账号、密码即可进入该平台，如图 8 所示。除定制化模块以外，平台本身具有许多其他可提高总承包管理效率的模块，如综合办公、设计管理、采购管理等，如图 9 所示。

2.2.1 综合展示

本项目将 BIM、GIS、倾斜摄影等信息采集技术进行结合，将 BIM 模型数据导入至 GIS 平台中，形成项目电子沙盘，可展示项目主体工程及其周边环

境的融合情况，主要功能包括：

- (1)底图切换：用户自主选择天地图、微软地图、谷歌地图等作为电子沙盘底图，如图 10 所示；
- (2)图层控制：基于 GIS 配准叠加倾斜摄影、BIM 模型、地质模型等数据，对各显示元素进行图层化展示，通过图层树及图层勾选框控制图层的显示与隐藏，如图 11 所示；
- (3)飞行漫游：支持预设倾斜摄影、BIM 模型飞行路线，视角跟随预设路线漫游，如图 12 所示。
- (4)常用工具：图上量算、卷帘、透明度、模型裁剪等常规操作，如图 13 所示。

BIM 与三维 GIS 优势互补，两者的结合已经成



图 12 电子沙盘飞行漫游



图 13 电子沙盘常用模型修改工具

为建筑业信息化发展的重要趋势,搭建 BIM + GIS 电子沙盘不仅可以达到更好的展示效果,同时也为 BIM 技术在总承包项目管理施工阶段所存在的诸多问题提供了新的解决思路。

2.2.2 施工进度可视化管理

我们采用一系列的技术手段实现了 BIM 进度管理,具体流程如图 14 所示。首先采用 Bentley 系列软件中的 OpenRoads Designer 软件建立如图 15 所示的三维模型,然后根据施工工区将模型进行切分,再将模型发布至 BIMViz 模型轻量化平台,如图 16 所示。为实现进度计划可视化管理,需将编制好的进度计划表通过基于 Web 的项目管理中间件控件 PlusProject 导入至 BIM 进度管理模块中,导入完成的进度计划表可进行二次编辑,例如填写每项任务的实际开始时间及完成时间或更改计划开始时间及完成时间等,如图 17 所示。最后通过将导入并编辑完成的进度计划与模型进行手动关联,如图 18 所示。根据进度对比模拟可在模型上直观地观察到进度推进情况,实际进度与计划进度的偏差,如图 19 所示。通过每日更新进度计划表中的实际开始日期及完成日期便可清楚地了解项目实际进展情况,极大地提高总承包方管理效率。



图 15 良睦路主体结构 BIM 模型



图 16 模型发布

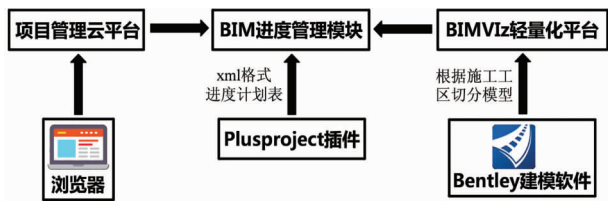


图 14 BIM 进度管理模块技术流程图



图 17 进度计划导入及编辑

2.2.3 安全文明施工全方位实时监控

(1)建筑行业是频发安全事故的高危行业,有关部门对建筑工地安全文明施工的监管力度也越

来越大。根据规定,现在任何建筑工地施工必须安装视频监控设备来对施工过程中各种不安全因素进行实时监控,从而营造出一个健康安全的建筑工地现场环境。为了充分发挥视频监控的作用,我们

将现场实时监控与电子沙盘进行结合,具体流程如图 20 所示。通过将监控硬盘录像机接入海康萤石云平台,平台再为每个监控点分配一个直播地址,根据现场监控位置在电子沙盘中相应位置标注出视频监控图标,如图 21 所示。点击视频监控图标,弹出视频监控窗口,窗口资源地址指向萤石云平台上对应的直播地址,如图 22 所示。

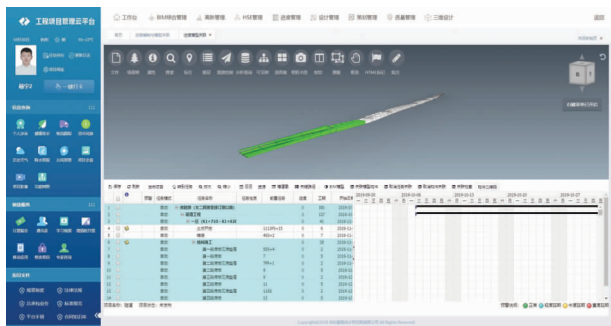


图 18 进度计划与模型关联



图 21 电子沙盘中视频监控



图 22 现场监控视频显示

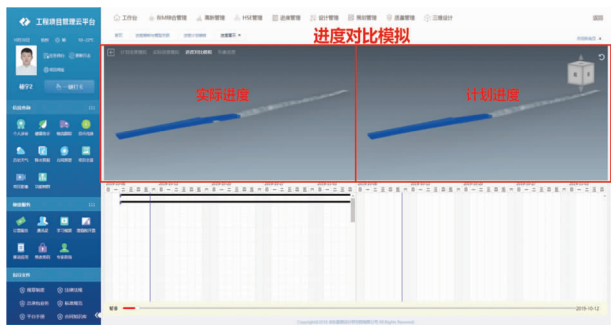


图 19 进度对比模拟

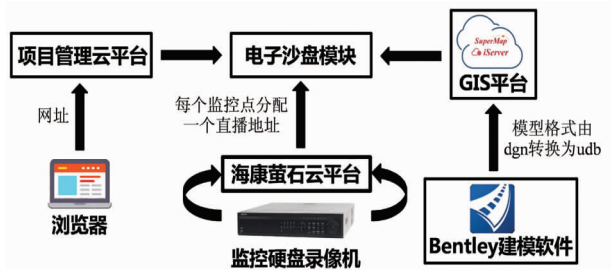


图 20 电子沙盘现场实时监控技术路线

(2)大型市政工程的工地现场跨度通常较大,作业人员较为分散,为保障工人的人身安全,本项目将所有工作人员进行信息归档管理,同时实行一卡通管理模式,实现工人考勤信息统计和定位信息的采集等,所有工作人员在进场时根据身份证和劳动合同统一办理一卡通,同时将身份证复印件及劳

动合同归档,建立员工档案,进行实名制管理。工作人员进出工地和生活营地须使用一卡通或进行人脸识别通过,同时在闸机旁装有摄像头进行监控,安排门卫值守,如图 23 所示。一卡通内置定位芯片,如图 24 所示。农民工在日常作业时,通过双路远距离读写器(图 25)可接收 100m 直径范围内定位一卡通信号,工地安装若干个信号读写器覆盖整个现场,如图 26 所示,从而确定所有工人在工地现场内的相对坐标,可随时查看各个工作面农民工的分布情况;在遇险情抢救时,可查看被困人员数量,确保在救援时不漏下任何一个人。为使该功能更好地为总承包施工阶段安全管理服务,我们将农民工一卡通及档案管理系统与电子沙盘进行结合具体流程如图 27 所示,点击某个功能设备,可以弹出设备的业务信息,比如点击打卡机模型,可以弹出考勤统计信息,如图 28 所示。这些信息来源于现场设备通过物联网上传,人员定位位置信息在电子沙盘中的显示需要确定双路运距离读写器在电子沙盘中的位置,农民工在电子沙盘中的坐标信息则通过定位一卡通相对于读写器的偏移量来确定,通过坐标转换得到 GIS 系统中的经纬度坐标,采用头像图标的形式显示人员位置,如图 29 所示。

2.2.4 实时监测及预警

本项目涉及深基坑开挖,为确保开挖过程安全



图 23 农民工出入闸机



图 24 农民工定位一卡通



图 25 双路远距离读写器



图 26 读写器现场布置位置

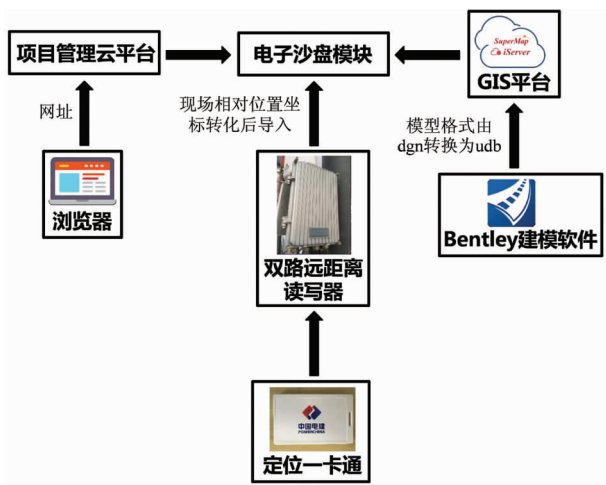


图 27 人员定位信息技术路线



图 28 闸机考勤信息



图 29 人员定位信息

可控,对基坑围护结构、支撑进行安全监测,为使电子沙盘相应位置,如基坑围护结构、支撑等部位能够实时显示监测变化值,并进行预警,本项目将监测数据接入至电子沙盘中,并设置相应报警值实现实时预警,上传数据包括测点编号、测点数据等。通过在 BIM 模型中测点位置建立测点模型,并在对应测点模型处添加动画图标,图标颜色根据预警等级改变,如图 30 所示。点击图标后,读取保存的测点信息并显示,如图 31 所示。



图 30 测点位置及预警动态图标



图 31 测点预警信息

3 结语

EPC 模式与 BIM 技术具有很好的融合性,但目前为止,EPC + BIM 集成管理模式缺少成熟的实时

标准、流程及管理架构作为该集成技术进一步发展的基础,本项目尝试性地通过以总承包为主导,BIM 专业咨询、多方参与模式作为 BIM 项目管理体系,重点进行了 BIM 技术在 EPC 项目设计阶段及施工阶段管理中探索及实践,设计阶段 BIM 技术能为 EPC 项目的协同工作提供技术基础,提高设计效率,优化设计方案,减少变更等,对 EPC 管理而言具有极大的应用价值;施工阶段 BIM 技术不仅能够为 EPC 项目进度管理提供高效管理工具,为项目进度提供保障,而且通过现有现场安全文明保障技术与 BIM 技术进行结合可显著改善 EPC 项目安全管理效果,同时节约管理成本。

参考文献

- [1] 张湄. 基于 BIM 的特大型市政工程项目管理体系研究[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(4): 78-80.
- [2] 李政, 陈杨泽, 杨远丰, 等. 建设方主导的 BIM 项目

- 管理实践与思考——以保利鱼珠项目为例[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(5): 1-9.
- [3] Irizarry, Javier, Karan, et al. Integrating Bim and Gis to Improve the Visual Monitoring of Construction Supply Chain Management [J]. Automation in Construction, 2013, 31(5): 241-254.
- [4] 潘飞, 张社荣. 基于 3D WebGIS 的土木水利工程 BIM 集成和管理研究[J]. 计算机应用与软件, 2018, 35(4): 69-74, 136.
- [5] 蔡文文, 王少华, 钟耳顺, 等. BIM 与 SuperMap GIS 数据集成技术[J]. 地理信息世界, 2018, 25(1): 120-124, 129.
- [6] Moreau KA, Back WE. Improving the Design Process with Information Management [J]. Automation in Construction, 2001, 10(1): 127-140.
- [7] 曾卫军, 张亮亮, 闫茂林, 等. 东土城路 5 号科研楼项目——基于 EPC 模式的 BIM 技术应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(6): 65-73.

Exploration and Practice of BIM Technologies in Urban Tunnel EPC Project

Xi Lingzhi¹, Xin Weiming², Yang Yu², Mu Chaoyin³

- (1. POWERCHINA Huadong Engineering Corporation, Hangzhou Zhejiang 311122, China;
2. ZHEJIANG Huadong Engineering Consulting Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 311122, China;
3. Hohai University, Nanjing Jiangsu 211100, China)

Abstract: The EPC project is the tendency of China's AEC industries development. However, due to the low level of information management in the domestic AEC industries, the advantages of EPC projects are difficult to be shown. Through the integration of BIM technologies and EPC mode, the complementary advantages of the two can make EPC management in a more scientific and efficient way. This paper takes the urban tunnel engineering EPC project as the carrier to conduct the exploration and practice of BIM technologies in EPC project management. It focuses on the feasibility and scientific combination of EPC mode and BIM technologies from the perspectives of design, schedule management, safety and civilized construction.

Key Words: EPC Project; BIM Technologies; Design; Schedule Management; Safety and Civilized Construction