



BIM 技术在国外地下管网设计和施工中的应用

苏东升，李 铸

(中交水运规划设计院有限公司，北京 100007)

摘要：针对地下管网设计和施工过程中参与方众多、协同难度大、项目管控繁琐、设计变更频繁等问题，BIM 技术可以准确直观地显示管网综合情况，帮助承包商及时响应变更需求，从而快速校核工程量、实时跟踪施工进度和质量、提高验收效率、加快竣工验收等。以厄瓜多尔波索尔哈多用途码头的地下管网工程为例，阐述 BIM 技术在设计和施工中的应用，充分展示了 BIM 技术直观性、智能性、高效性和协同性等特点。

关键词：地下管网设计；BIM 技术；国外码头工程

中图分类号：U 656；TU 923

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2021)10-0352-06

Application of BIM technology in overseas unground pipeline design and construction

SU Dong-sheng, LI Zhu

(CCCC Water Transportation Consultant Co., Ltd, Beijing 100007, China)

Abstract: In view of issues such as the numerous parties involved in the design and construction of underground pipeline, the difficulty of coordination, the tedious project management control, and frequent design changes, BIM technology can accurately and intuitively display the whole view of the pipeline network, and help contractor respond to change requirement timely so as to review the quantity rapidly, track construction progress and quality in real-time, improve the efficiency of technical disclosure and completion acceptance. In this paper, the underground pipeline project of Posorja Multi-Purpose Terminal in Ecuador is introduced for elaborating the BIM technology application in design and construction, fully demonstrating the intuitiveness, intelligence, efficiency, and synergy.

Keyword: underground pipeline design; BIM technology; overseas wharf project

随着 BIM 技术在基础建设领域的迅速普及，越来越多的管网综合工程也尝试利用 BIM 手段解决工程问题。刘琳琳^[1]在总结了 BIM 技术地下管网应用中的优劣势后，结合青岛某地下管网工程，在模型创建优化、进度管理、施工成本控制等方面应用 BIM 技术；吴然^[2]将 BIM 与 GIS 技术结合，进行了其在模型转化、地下开挖、三维算量及飞行模拟等方面的探索；陈立民等^[3]通过镇江新区地下管网的建模，阐述了三维地下管网在城市规

划建设管理中的应用；李亭等^[4]以优化设计和提高建模效率为目标，提出鸿业-Revit 协同建模的思路，并通过应用点验证了该思路的合理性。然而，对于国外港口码头中后方堆场的地下管网 BIM 设计施工一体化应用，业内探索较少。

为响应“一带一路”倡议，中国企业走出去的步伐越来越快。本文结合厄瓜多尔波索尔哈地下管网工程，介绍了 BIM 技术在国外工程设计施工中的应用与实践，为今后 BIM 技术在码头堆场

地下管网设计和施工中的应用提供参考。

1 地下管网工程设计施工特点

1.1 工程概况

厄瓜多尔波索尔哈项目(图 1)位于瓜亚基尔市波索尔哈镇, 处于瓜亚斯河河口, 距市区 120 km。工程主要内容包括新建 400 m 长的顺岸式集装箱码头泊位、35.5 万 m² 的后方堆场, 以及地基处理、进场道路、堆场面层、RTG 跑道和配套的水电管线、变电所设备及照明、通讯控制等内容。



图 1 厄瓜多尔波索尔哈多用途码头

对于地下管网工程, 建设内容主要分为电力系统及水利系统。电力系统由高压、低压以及通信系统组成, 总体设计采用“闭环”方案, 供电节点为 1 个主变电站和 8 个箱式变电站。水利系统由雨水、污水、供水和消防 4 个子系统构成, 并包含油水分离器及储水泵站等。

1.2 设计施工特点

1) 接口众多, 多专业交叉。地下管网是一个庞大复杂的综合系统。在方案阶段, 需要同当地资源管理部门确定港区内外部接口, 如确定电力接入点、供水接入布局以及污水处理方式; 在设计阶段, 需统筹总体、电气、水利、结构等多专业, 协同进行综合设计; 在建设阶段, 需与业主、咨工、设备供应商、政府部门等进行沟通, 保证工程质量并符合属地要求。

2) 隐蔽性强, 精细化设计。为了保持港区场地平整, 兼顾环境保护与经济效益, 要求现有设计多采用埋入式且尽量减少开挖量。同时考虑到

不能破坏已有地下管及设备, 需要针对隐蔽工程进行精细化设计与施工。

3) 耦合度高, 对变化敏感。地下管网为拓扑网络结构, 是由多种子系统有机组合而成的庞大的综合系统, 各类子系统间高度耦合而形成最优。因此, 对于某一个子系统的修改必然蔓延影响到其他系统, 从而导致整个地下管网对变化做出相应调整。

1.3 设计施工难点

1) 管理体制复杂, 沟通效率低。此工程为国际工程, 参与方包括来自中国的设计施工企业、阿联酋业主、英国咨工、巴西及美国的咨询商以及厄瓜多尔当地的政府和施工企业。因此, 工程参与方地理位置分散、采用标准不同、使用语言多样, 导致利用传统手段交流沟通的效率低下。

2) 设计复杂度高, 综合难度大。此工程设计的电力和水利系统管线分别长 170 km 和 5 km, 各类系统交叉点多达上百处, 加之合同要求采用标准不同, 精细化设计任务重、难度大。

3) 方案变更频繁, 时间节点紧迫。业主在设计施工过程中对堆场功能布局进行调整, 导致后方堆场设计进行了一次整体变更, 加之不断深入优化, 针对具体功能区进行了数十项局部变更。方案的频繁变更使得采用传统的手段无法满足设计施工节点要求。

2 BIM 组织与实践

2.1 技术路线

基于同一数据架构的要求, 此项目 BIM 实施采用 Bentley 系列软件, 所有设计文件均为 dgn 格式, 保证不同专业所采用的设计软件拥有统一的基础格式, 为协同设计环境的搭建创造基础条件。对于移交模型, 为了满足其轻量化及不可修改的要求, 所有模型均导出为 imodel 格式, 以此格式完成模型整合与移交。项目所采用的软件及其应用内容见表 1。

表 1 项目采用软件及应用内容

软件名称	图标	应用内容
OpenRoads Designer(SUDA)		利用 ORD 的地下公用设施(SUDA)模块的表格建模器, 收集整理 4 种水利子系统的水井位置坐标以及水管型号, 快速智能创建水利地下管网
Microstation CE		结合 MS 中的参数化功能, 创建 A~E 型的预制电井以及电力管线排布断面模板, 根据电井位置坐标和电管链接路径完成电力子系统的创建
Navigator		接收地下管网综合模型导出的 imodel 文件, 进行碰撞检测反馈, 并完成施工交底
ProjectWise CE		集成各类专业软件, 作为数据中心与交流中心, 搭建协同工作环境
Lumen RT		进行成果渲染及输出, 生成可供参与方自由查看和漫游的可执行文件
Business Collaboration		进行设计施工文件版本管理和消息变更通知, 提供快捷文件定位和查询功能

2.2 协同 CDE 搭建

为使得各参与方能够协同工作, 需要从标准制定和软件环境部署两个方面搭建统一云存储数据环境(CDE, common data environment)。

结合此项目地下管网特点, 制定的标准包含 5 方面内容, 即: 模型拆分、工作集、空间坐标、文件组织结构以及校审流程。以水电结构子系统类型作为模型划分基本原则, 结合交付文件“八字段”(文件类型-工程标识-工作阶段-工程区域-文件专业-文件顺序号-文件版本号-文件状态)的命名规则, 形成文件层级组织结构(图 2)。各子系统根据各自局部坐标分别建模, 最终根据工程测点进行组装, 一方面方便任务拆解, 另一方面保证建立的模型适应系统要求且拥有足够精度。

项目 CDE 软件环境部署采用 ProjectWise CE 系列软件与 Business Collaboration 系统。ProjectWise CE 软件分为服务器端和客户端, 通过两端协作可以实现工作空间的定制与托管、角色权限的分配与管理、工程公用信息的读取与写入、设计文件的检入与上传等。同时, 对于与业主、咨工以及其他第三方的沟通, 项目采用了 Business Collaboration 系统进行设计施工文件提交、函件发布与回复等。以上两种系统共同部署在项目私有云端, 所提供的服务覆盖了工程过程中各参与方与各阶段需求, 共同形成了 CDE 的软件支持环境。

项目 CDE 环境(图 3)的搭建对于工程的顺利、高效开展有着重要意义。此工程参与方众多, 且涉及中、英、西 3 种语言的交流, 基于统一的工作环境, 项目各参与方可以协同工作; 基于直观的模型, 突破了语言与时区的限制; 统一的基础数据环境提供可交付的电子成果, 便于施工进度、质量等方面管控, 最终方便业主运营期间的不同需求, 对地下管网进行改造。

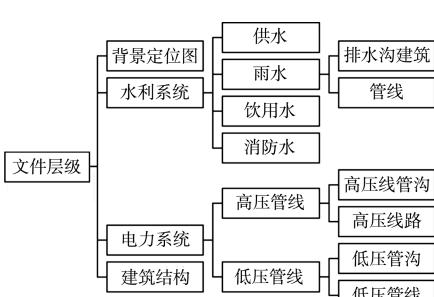


图 2 模型文件组织

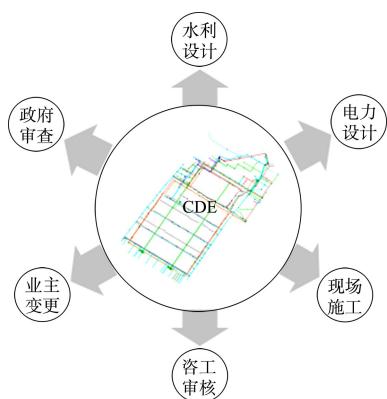


图 3 协同 CDE 的应用

2.3 组织流程

协同 CDE 的创建为基于 BIM 的高效设计施工管理流程提供了基础平台, 在此基础上, 项目规划建立对应的文件流转和校审流程, 为地下管网 BIM 的设计施工应用规划了标准路径。

文件根据不同阶段存放在 ProjectWise CE 云端所规定的不同地址, 并结合校审流程进行流转。文件的流转主要分为“设计、审核、发布、存档”4个阶段, 对于设计中的文件存储在不同独立空间内, 保证不因过程中的修改影响其他工作环境; 对于设计完成的文件, 提交至共享缓冲区域, 此时咨工及第三方介入进行审核; 对于审核无误的文件赋予其审核通过的标识, 施工方此时可以利用对应文件开展现场施工; 最终结合施工验收文档, 文件流转至存档区域, 完成全部流转过程。

对于模型及各类文档的流转与校审, 图 4 描述了一般过程, 此过程均通过 CDE 进行, 保证了数据的及时性、唯一性以及可追溯性, 集成并简化了整个管理流程。

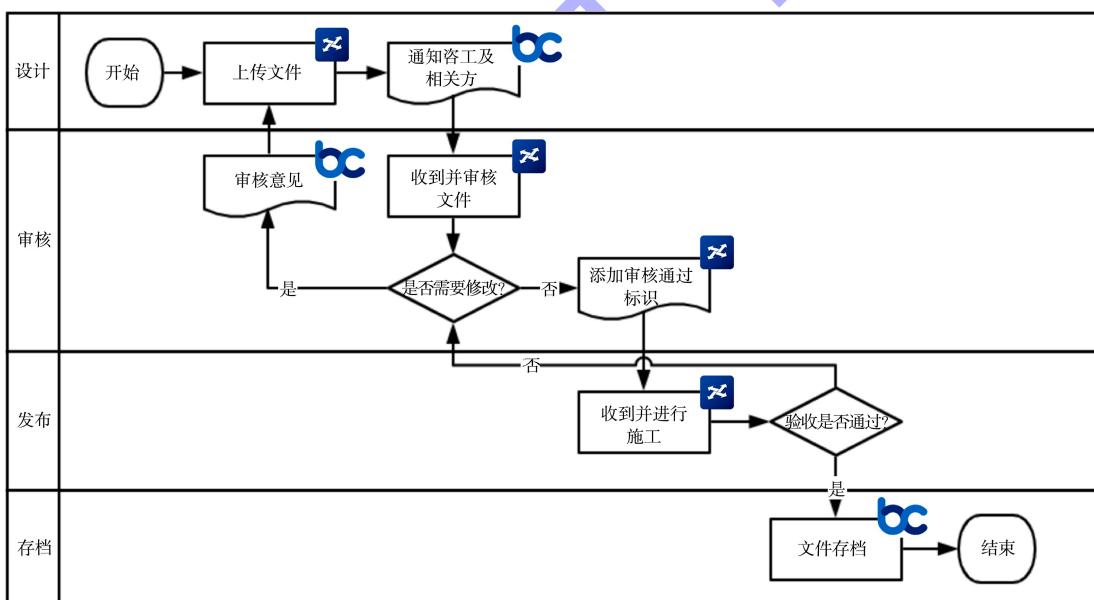


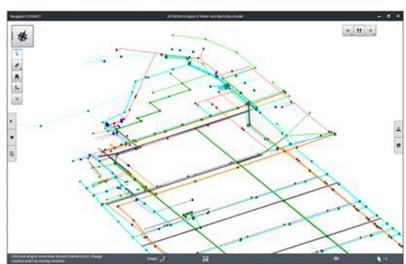
图 4 文档流转与校审流程

3 成果及应用

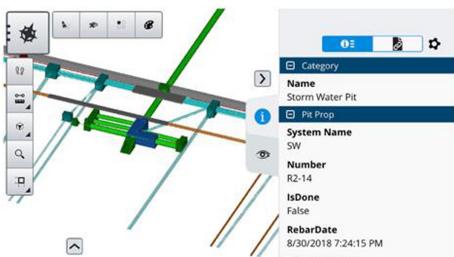
3.1 模型展示与虚拟漫游

地下管网最直接的 BIM 设计成果即为三维可视化的 BIM 模型。区别于以往, 此工程结合协同环境和 BIM 流程, 深化了 BIM 可视化的应用。首先, 在设计阶段, 做到了云端设计可视化, 在多

专业设计修改时可实时响应; 其次, 在施工阶段, 发布的模型可以同时在桌面客户端和移动端进行显示查看(图 5), 方便与现场人员交流; 最后, 设计的成果可以输出虚拟漫游执行程序(图 6), 业主及相关方可沉浸式浏览管网等现场隐蔽工程, 直观了解现场情况。

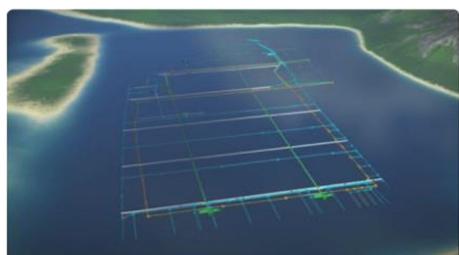


a) 客户端

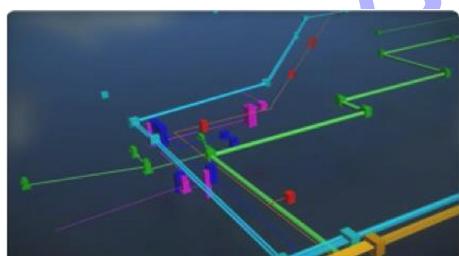


b) 移动端

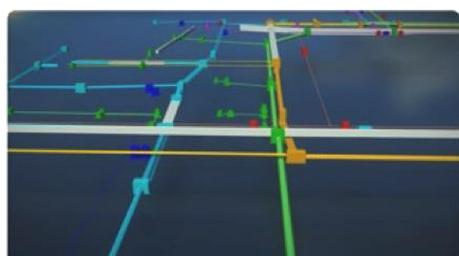
图 5 多端协同展示



a) 工程地下管网整体鸟瞰图



b) 高压变电站处地下管网



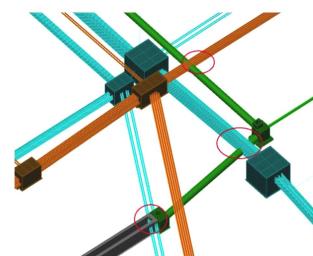
c) 工作车间处地下管网

图 6 管网虚拟漫游

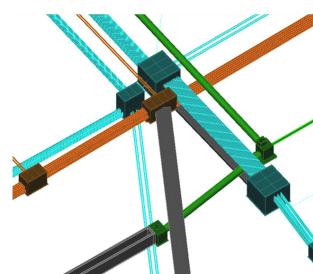
3.2 参数化建模与碰撞检测

参数化建模为 BIM 技术的一大主要特征，在此工程的水电井设计中得到了应用。例如，对于不同类型的电井，主要差异点为主要尺寸(长、宽、高)不同，而其余细节设计相似。为此，对于 A~E 型 5 种不同的电井，仅需建立一套约束模板，同时通过设置长、宽、高的组合便可驱动模型自动变化，无需重复建模。参数化的建模技术大幅度提高了设计效率，为后期设计变更赋予了更大的灵活性。

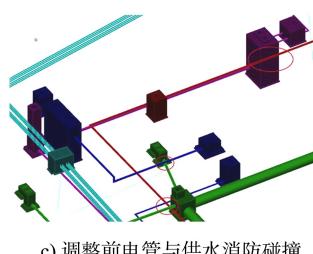
码头堆场区域的地下管网综合工作是设计中较为繁琐且容易出现“错漏碰缺”问题的一个环节。利用 BIM 技术可直观展现有限空间内“管线-建筑物-设备”之间的空间位置关系，并智能筛选出“硬碰撞”与“软碰撞”点，进行设计复核，并在给定规则和条件下进行干预调整。地下管网部分碰撞检测应用与调整结果见图 7。



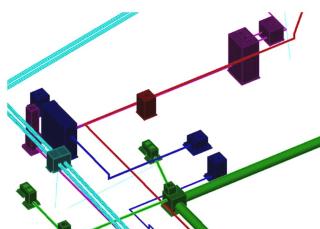
a) 调整前电管与雨水管碰撞



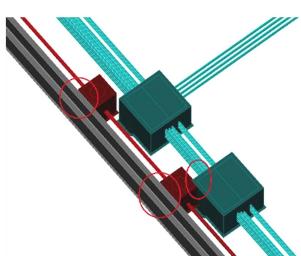
b) 调整后电管与雨水管碰撞



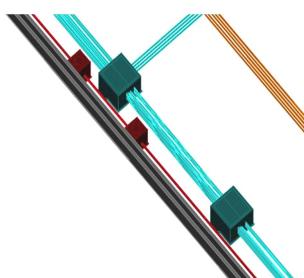
c) 调整前电管与供水消防碰撞



d) 调整后电管与供水消防碰撞



e) 调整前电井、消防井与排水沟碰撞



f) 调整后电井、消防井与排水沟碰撞

图 7 碰撞检测与调整

3.3 施工交底与施工管控

BIM 模型除拥有精确的几何外形, 还包含工程属性信息, 如材料、造价、施工进度、质量验收等。在此工程施工管理过程中, 施工方可以利用模型信息进行设计工程量快速校核、现场施工形象进度演示、关键问题研究和质量验收定位等应用, 提升过程管控水平和效果。对于结构物密集或者施工难度较大的地方可以利用模型进行现场施工交底(图 8), 从而提高交底验收率, 加快竣工验收。



a) 雨水井施工



b) 高压电井施工



c) 低压电井施工

图 8 现场施工交底与验收

4 结语

- 1) 本文详细分析了波索尔哈地下管网的特点与难点, 在设计施工总体流程中应用 BIM 技术, 建立协同工作环境, 提高设计效率与质量, 增强施工管控, 加快了项目验收进度, 显示出 BIM 技术在国外地下管网工程的应用优势。
- 2) 采用 Bentley 系列软件开展 BIM 工作应用与实施, 充分利用 BIM 参数设计、智能化模型校审、可视化工程交底、协同性的文件信息流转, 探索 BIM 技术在设计、施工、移交完整环节上的统筹应用。
- 3) 全过程 BIM 技术的应用提升了地下管网设计施工信息化管理手段, 为工程其他专业应用 BIM 技术提供了有益的参考, 也为 BIM 成果深入应用至运维阶段提供先行探索。

参考文献:

- [1] 刘琳琳. BIM 技术在地下市政管网工程全生命周期中的应用研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2016.
- [2] 吴然. 校园地下管网三维可视化应用研究[D]. 北京: 北方工业大学, 2015.
- [3] 陈立民, 马雪萍, 谭慧君. 浅谈城市地下管网的三维建模及应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40(11): 111-112.
- [4] 李亭, 谢立全, 吴军伟, 等. 管网工程设计中的软件协同 BIM 技术研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2021, 13(2): 79-85.

(本文编辑 武亚庆)