

· 信息技术 ·



基于 BIM + 理论的船闸工程建设新模式*

王学锋¹, 吴鹏程^{1,2}, 赵 渊², 黄天荣²

(1. 上海海事大学 物流研究中心, 上海 200135; 2. 上海国际航运服务中心开发有限公司, 上海 200080)

摘要: 在 BIM 技术运用的基础上, 运用系统工程理念, 首次提出 BIM + 理论进行船闸工程的建设。通过 BIM 技术与 3D 打印、三维水流数值模拟、互联网等技术的有机结合, 进行船闸工程的规划分析、设计优化、施工组织及运维管理等工作, 实现了基于 BIM + 理论的船闸工程建设新模式。工程实践表明, 该模式简单高效, 破解了船闸工程复杂结构建设的难题, 具有广阔的应用前景, 可为类似工程提供理论指导与技术借鉴。

关键词: 建筑信息模型; 船闸工程; BIM + 理论; 新模式

中图分类号: TU 599 文献标志码: A 文章编号: 1002-4972(2015)12-0123-05

New mode for ship lock construction based on Building Information Modeling plus

WANG Xue-feng¹, WU Peng-cheng^{1,2}, ZHAO Yuan², HUANG Tian-rong²

(1. Research Center of Logistics, Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China;
2. Shanghai International Shipping Service Center Development Co., Ltd., Shanghai 200080, China)

Abstract: Based on the systematic engineering concept, we put forward for the first time the theory of Building Information Modeling (BIM) plus to guide the ship lock construction. Integrating BIM and 3-D printing, hydraulic simulation and internet, we carry out the planning, design, construction and operation management of the ship lock project and thus realize a new mode for constructing the ship lock based on BIM plus. The engineering practices prove that this new mode is simple with high efficiency, and solves the construction difficulties of complex ship lock structure easily. Therefore this mode has a vast application prospect and may serve as the theoretical guide and technical reference for similar projects.

Keywords: BIM; ship lock engineering; BIM plus theory; new mode

BIM (建筑信息模型) 是以三维数字技术为基础、集成了建筑工程项目各种信息的工程数据模型^[1]。21 世纪以来, 由于具有直观、形象的优点, 在建筑工程领域得到了广泛应用, 如北京水立方、上海中心以及迪斯尼等重点项目^[2]均采用了该技术。随着科学技术日新月异的发展, 新技术、新方法与新工艺不断涌现, 有关 BIM 技术的应用, 如果仍停留在原有的建筑信息模型之上, 将不利于 BIM 技术的进一步推广普及。为适应我国全面加速建筑业信息化^[3]以及工程建设日益精

细化管理的要求, 本文在 BIM 技术的基础之上, 运用系统工程的理念, 将其扩展为 BIM + 理论, 并通过上海国际航运服务中心西船闸的工程实践, 实现了一种基于 BIM + 理论的船闸工程建设新模式。

1 BIM + 理论

1.1 BIM + 定义

为进一步将 BIM 技术从技术层面拓宽到生产组织、运营管理等领域, 基于系统工程^[4]理念,

收稿日期: 2015-06-02

*基金项目: 住房城乡建设部 2014 科学技术项目计划 (2014-S1A-003)

作者简介: 王学锋 (1959—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事水运工程 BIM 技术研究与应用。

提出一个全新的 BIM + 理论。BIM + 理论主要通过 BIM + 平台实现,而 BIM + 平台是一个更加开放融合创新的工程建设和城市运行管理的数字信息平台,是由一个静态的空间数字信息模型发展为可以不断融合其他关键技术后具有一定“情商”的动态模型。

1.2 BIM + 优点

由于 BIM + 平台独特的构成方式, BIM + 具有以下突出优点:

1) 开放性;由于 BIM + 实行了更加开放的平台建设方式, BIM + 理论将不再局限于建筑工程信息模型,而上升为组织管理等的平台与工具;

2) 包容性; BIM + 可以接纳包括建筑工程在内的所有相关信息模型、技术、方法与工艺等;

3) 共享性; BIM + 可以通过结合互联网、物联网及 GIS 等实现更大范围的共享,将更有利于项目的管理与目标实现;

4) 动态性;由于 BIM + 更加开放、包容与共享,通过 BIM + 构筑的平台可以实现实时更新,真正达到了信息的即时动态更新。

2 BIM + 理论在船闸工程的应用

上海国际航运服务中心西船闸位于黄浦江下游汇山码头西岸,隶属于上海市虹口区北外滩汇山地块。工程西面为公平路,东面紧靠江水冷却系统泵房、慢滤渗水池,北面为上海国际航运服务中心西地块港池工程,南临黄浦江,码头驳岸高程约为 4.9 m。船闸建设规模为 29.0 m × 15.0 m × 2.3 m (闸室长 × 宽 × 槛上水深),船闸外闸门紧邻黄浦江,内闸门与上海国际航运服务中心西地块港池相连通,船闸西侧是西船闸控制室。通过该船闸将游艇码头与黄浦江相连,形成了上海北外滩独特的滨水景观^[5]与公共开放的亲水岸线。

由于项目结构复杂、工期紧以及场地狭窄等,项目建设存在诸多技术难题。经过深入研究,项目组首次提出 BIM + 理论指导船闸工程建设,通过将 BIM 与 3D 打印技术、三维水流数值

模拟、互联网等技术进行有机结合,进行 BIM + 理论在船闸工程的应用探索,最终实现了船闸建设新模式。

2.1 基于 BIM + 理论的设计优化

应用 BIM + 理论,上海国际航运服务中心率先打造了一个 1:100 的 3D 打印可拆卸船闸模型,直观形象地展现了船闸整体内部结构(图 1)。同时由于模型精度高达 0.1 mm,可对辅助设计交底、设计优化和施工优化都能够起到很好的指导作用。

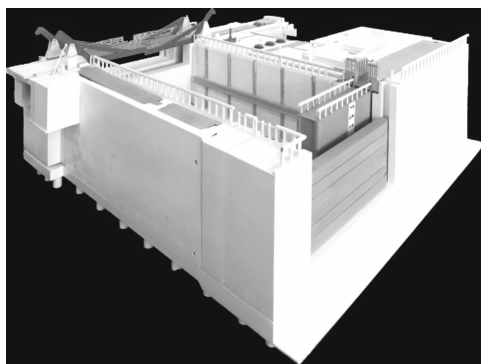


图 1 可拆卸 3D 打印船闸模型

通过“BIM + 3D 打印”的模式,在 BIM 沉浸式漫游虚拟平台(图 2)的基础上,结合 3D 打印可拆卸船闸实体模型,实现了虚拟模型与现实世界、动态漫游与静态实体的结合,便捷实现船闸内部结构展示、设计交底及优化等工作。

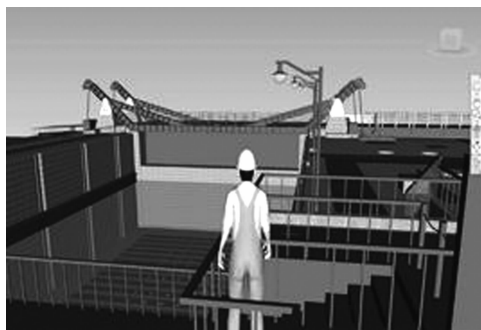


图 2 BIM 沉浸式漫游虚拟平台

2.1.1 输水廊道设计优化

通过“BIM + 3D 打印”的模式,发现船闸输水廊道的轮廓倒角过于复杂,影响到模板施工。经设计复核与验算,最终将 500 圆倒角全部改为 200 直倒角,保证了施工的顺利进行。

2.2 基于 BIM + 理论的施工管理

通过以上工作，项目的设计得到了极大程度的优化，但由于船闸内部结构复杂，实际施工中仍存在不少的困难，因此仍然应用 BIM + 理论进行船闸的施工管理。

2.2.1 基于 BIM + 的水工预埋件验收系统

为解决预埋件安装精度问题，采用“BIM + 互联网 + 三维扫描 + iPad + 二维码扫描”的方式，开发了水工预埋件、预留孔洞验收管理信息系统（图 8）。

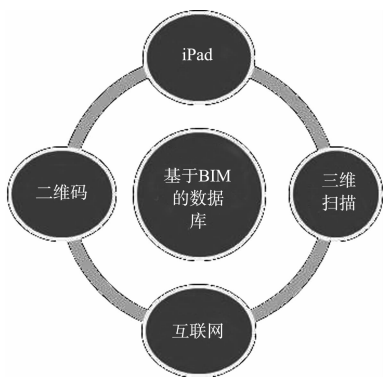


图 8 预埋件验收系统

这一系统主要包括移动端与数据库两部分，系统首先通过 BIM 在数据库生成预埋件三维图像及对应的标准表码。在预埋件安装时，可通过三维扫描仪探测现场施工的预埋件及毗邻的预埋件的门槽的几何结构，利用互联网与数据库对接，由后台服务器查找对应的预埋件图形，实现预埋件的安装定位与指导安装。而在验收阶段，由于每个预埋件完成后都有专门的二维扫描码，并与数据库的标准表码唯一对应，通过 iPad 移动端对预埋件进行二维码扫描，并利用无线网络将现场照片与数据库图像对应，可得系统自动生成的预埋件质量检验单，及时对预埋件的施工质量进行评价与反馈。

采用以上方法，极大提高了施工精度与安装准确度，上海国际航运服务中心西船闸预埋件无一差漏，并实现了水工预埋件安装的全生命周期管理，取得了极好的应用效果。

2.2.2 基于 BIM + 的复杂异形多曲面结构施工

项目独创设计的输水廊道前端是一个复杂多曲

面的不规则体，施工模板的配置极为复杂（图 9）。

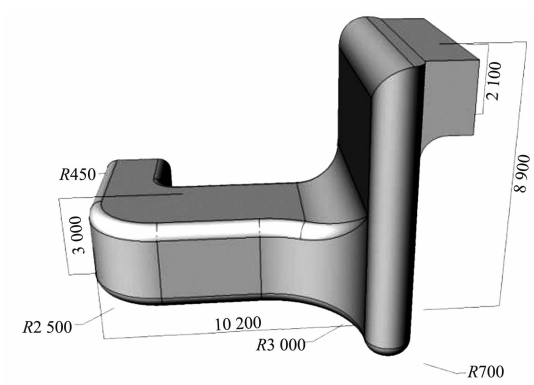


图 9 复杂多曲面异形输水廊道

为此，应用 BIM + 理论，采用“BIM + 可拆卸钢模”的方法解决了该不规则体的施工模板难题。在模板加工前，首先结合施工经验，考虑到拆分、安装及加工等要求，通过 BIM 数字平台反复对模板进行拆分方案的比选，最终确定将该复杂异形多曲面拆分为 8 大块模板（图 10）。然后根据每块模板的具体尺寸进行加工生产，采用钢板和模板支撑分块焊接和拼装，最后再拼接成型。

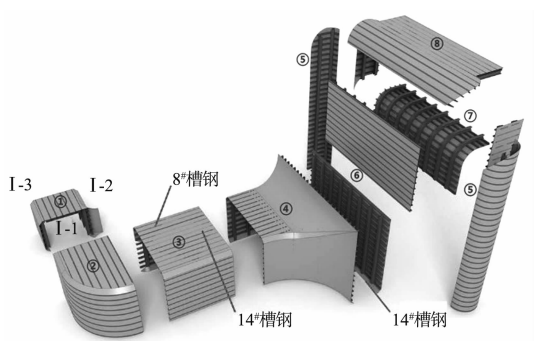


图 10 模板拆分和制安分析方案

同此方法，实现了模板加工以及便捷安装，现场机械也能满足安装起吊要求，同时这 8 块可拆卸钢模板在后续的东船闸工程可重复利用，经济技术指标优势十分明显。

2.3 基于 BIM + 理论的运维管理

通过建模、设计优化及施工模拟等，项目组得到了最贴近真实构筑物的三维 BIM 模型，同时拥有大量的关于永久管道、阀门、设备、电气等的基础数据和文档资料。基于模型与相关数据，利用三维引擎 Unity3D 结合实时数据采集终端

(InTouch HMI), 建立一个实时的船闸监控系统, 通过三维交互技术和 BIM 技术的结合, 智能控制内外闸门的开与关、活动桥的升降以及输水廊道进出水等, 最终实现了“BIM + Unity3D + InTouch HMI”的船闸智能控制模式, 提升了船闸系统控制的精确度与自动化水平, 也为游艇码头的港池、船闸自动化运作进行了一次成功的探索(图 11)。



图 11 三维交互式船闸监控运维系统

3 应用效果

运用 BIM + 理论进行船闸工程的建设, 参建各方的沟通效率得到明显提升, 分部分项工程验收合格率达 100%, 同时最大程度地节约了工期, 与原施工进度^[8]相比, 应用 BIM + 后缩短工期 20% 以上, 高于常规虚拟施工技术的 5% ~ 17%^[9]。而更重要的是, 该模式涵盖了工程设计、施工及运维等阶段, 成为水工船闸建设领域首个全生命周期工程管理项目, 为推广 BIM 技术应用、加速建筑业信息化树立了典范。作为主要科技创新成果, 上海国际航运服务中心成功获得了 2014 中国港口协会科技进步一等奖^[10], 这说明了 BIM + 理论不仅能节约工期与降低造价, 而且是提升项目品质、为企业增值的重要手段。

4 结论

通过提出 BIM + 理论, 将 BIM 技术与 3D 打印、三维水流数模及互联网等技术进行有机结合, 实现了船闸输水廊道、金属结构及输水系统等的

设计优化, 解决了了水工预埋件验收及复杂异形多曲面结构施工难题, 开创性地建立了实时的船闸监控系统, 实现了基于 BIM + 理论的船闸建设新模式。工程实践表明, 该模式简单高效, 可明显提升工程建设质量与效率, 具有广阔的应用空间。随着工程建设管理要求日益精细化, 利用 BIM + 理论进行项目的全寿命周期建设管理, 势必对全面促进我国建筑业信息化、提升建筑企业竞争实力以及增加其经济效益产生深远的影响。

参考文献:

[1] 徐榭玺, 王要武, 姚兵. 基于 BIM 的建设项目 IPD 协同管理研究[J]. 土木工程学报, 2011, 44(12): 138-138.

[2] 陈延敏. 国内外建筑信息模型 BIM 理论与实践研究综述[J]. 城市, 2013(10): 72-76.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2011—2015 年建筑业信息化发展纲要[EB/OL]. (2011-05-10). http://www.mohurd.gov.cn/zcfg/jsbwj_0/jsbwjgczl/201105/t20110517_203420.html.

[4] 钱学森. 论系统工程(新世纪版)[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2007.

[5] 吴鹏程, 童志华. 上海国际航运服务中心项目滨水景观系统工程研究设计综述[J]. 水运工程, 2012(2): 85-89.

[6] 吴鹏程, 杨靖培. 垂直河道布置的内循环输水系统船闸工程设计[J]. 水运工程, 2012(1): 127-131.

[7] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 汇山地块滨江公共环境建设项目西船闸输水系统数值模拟试验研究报告[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2012.

[8] 中建港务建设公司. 上海国际航运服务中心西船闸施工组织设计[R]. 上海: 中建港务建设公司, 2012.

[9] 李恒, 郭红领, 黄霆, 等. 建筑业发展的强大动力: 虚拟施工技术[J]. 中国建设信息, 2010(2): 46-51.

[10] 中国港口协会. 2014 年度“中国港口协会科学技术奖”评审结果公告[EB/OL]. (2014-12-10). <http://www.port.org.cn/info/201412/181216.htm>.

(本文编辑 郭雪珍)