

This is an Open Access document downloaded from ORCA, Cardiff University's institutional repository:<https://orca.cardiff.ac.uk/id/eprint/106855/>

This is the author's version of a work that was submitted to / accepted for publication.

Citation for final published version:

Liu, Song, Qian, Li, Li, Haijiang , Wen, Xi and Jiang, Shaohua 2017. BIM supported collaborative design and application for waterway infrastructure. *China Harbour Engineering* 37 (10) , pp. 1-7.

Publishers page:

Please note:

Changes made as a result of publishing processes such as copy-editing, formatting and page numbers may not be reflected in this version. For the definitive version of this publication, please refer to the published source. You are advised to consult the publisher's version if you wish to cite this paper.

This version is being made available in accordance with publisher policies. See <http://orca.cf.ac.uk/policies.html> for usage policies. Copyright and moral rights for publications made available in ORCA are retained by the copyright holders.



水运基础设施 BIM 协同设计云平台以及应用实践

钱丽¹, 李海江², 姜韶华^{3*}, 刘松⁴, 文曦⁴

(1. 中国交通建设股份有限公司, 北京 100088;

2. 英国卡迪夫大学工学院, 威尔士 卡迪夫 CF24 3AA;

3. 大连理工大学 建设工程学部, 辽宁 大连 116024;

4. 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071)

摘要: 协同设计是 BIM 应用的核心环节, 本文主要介绍了一种基于 Autodesk 的云平台, 通过相关的技术应用、软件集成、族库系统开发以及多个 BIM 应用软件的二次开发等手段, 实现了高效的设计协同。以重庆港江津港区珞璜作业区改扩建工程项目作为应用范例, 在设计阶段采用了三维地表建模、三维地质建模、管线综合、碰撞检查、结构分析等多项 BIM 技术, 充分展示了平台的易用性以及实用性。

BIM Supported Collaborative Design and Application for Waterway Infrastructure

Abstract: Collaborative design is the core element for BIM implementation, this paper introduces an Autodesk based cloud platform, which integrates different technologies, software, component library and functions extension, to conduct complex design collaboratively with high efficiency. An extension project in Chongqing harbour is used as a case study to demonstrate the easy use and practicability of the developed platform, including 3D terrain modelling / geology modelling, collaboration, pipeline layout, clash detection, structural analysis and so on.

关键词: 水运基础设施; 建筑信息模型; 协同设计

中图分类号: U69 文献标识码: A 文献编号: xxx

1. 引言

随着 BIM 技术的发展, 利用 BIM 进行工程项目设计阶段的结构分析、模型核查、成果优化、工程算量、模型出图等单个方向上已经有了大量的应用案例, 但目前还缺少一个完整的系统将这些功能进行集中管理^[1-4]。

经过多年 BIM 实践探索, 中国交建在水运工程基础设施领域已初步完成了水运工程行业 BIM 标准的制定, 建立了成体系

的 BIM 技术应用能力, 培养了一批具有专业技术能力的 BIM 技术研发人员队伍。经过近年来的探索研究及项目应用实践, 摸索出了一套将云技术、BIM 工具、专业技术等进行深度融合的技术, 成功研发了水运工程 BIM 协同设计云平台, 实现了基于云的全流程 BIM 协同设计, 为 BIM 技术在水运工程领域的落地打下了坚实的基础。

2. BIM 设计云平台体系架构

水运工程 BIM 协同设计云平台以满足设计阶段各相关参与方在同一工作空间开展 BIM 协同设计为目标，以通用 BIM 软件为基础，采用私有云模式部署专业设计技术和资源，并配套研发水运工程领域 BIM 专用设计工具，实现了从方案策划、结构分析、BIM 设计到模型二维出图的全设计流程贯通。平台的总体架构如图 1 所示。

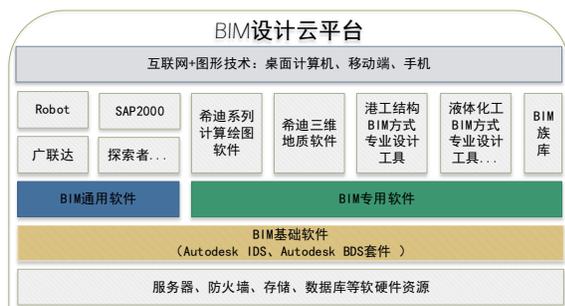


图 1 设计云平台体系架构

Fig.1 System framework of design cloud platform

2.1 平台基础支撑

充分考虑平台的延展性和可扩充性，配套用户管理、软件管理、存储管理、部署管理、运行监控、安全管理等多项管理功能，基于硬件服务器和互联网利用虚拟化技术建立平台的基础框架，实现了面向发展的动态资源管理和服务自动化，为 BIM 软件快速部署、设计人员多终端实时、异地协同提供基础支撑。平台软硬件基础设施如图 2 所示。

2.2 通用软件资源集成

在基础平台支撑下，选用 Autodesk 作为基础设计软件平台，基于企业数据中心搭建起了一套满足多方参与且符合一般

设计流程和数据信息交换的设计云平台系统，系统中部署了 Autodesk IDS、Autodesk BDS 套件，并配套了 Sap2000、PKPM、广联达、鸿业、探索者等各种通用计算、建模软件，同时制定了 BIM 设计协同工作机制，满足了项目多参与方、跨区域、跨终端人员基于信息模型开展设计和协同的需求，保证了设计协作的及时性和交付成果的质量和效率^[5-6]。



图 2 平台软硬件基础设施

Fig.2 Infrastructure of platform software and hardware

2.3 水运工程 BIM 专用设计工具

(1) 结构分析软件

为了保证水运工程结构设计安全、方案合理、结构最优，保证设计效率及准确性，基于 Autodesk Robot、Sap2000 等可以真实模拟三维结构场、温度场、环境场的通用有限元软件，利用二次开发技术，研发了希迪系列计算绘图软件，通过参数化建模→有限元分析→结果提取→设计方

案优化→输出计算书全流程的实现，并部署于BIM设计云平台中，保障了水运工程结构专业的协同设计质量，提升了工作效率。

(2) 专业 BIM 设计软件

为了解决通用 BIM 软件在水运工程领域的适用性、三维分析数据与 BIM 软件之间的数据传递等问题，依托 Microsoft SQL 2012 数据库，利用 .NET 技术对 Autodesk Revit、Autodesk Civil 3D 等软件进行了二次开发，编制完成了成体系的水运工程专用 BIM 设计工具，打通了从计算向 BIM 设计的数据传递通道，真正做到了从计算到 BIM 设计的全覆盖，提升了项目方案设计阶段、施工图设计阶段的工作效率和准确性，为水运工程地质、总图、水工、电气、工艺等专业的 BIM 设计提供了有力支撑。形成了包含希迪高桩码头 BIM 专业设计软件、混凝土栈桥 BIM 专业设计软件、室外管沟井 BIM 专业设计软件、液体工艺 BIM 专业设计软件、重力式码头 BIM 专业设计软件等成系列的 BIM 专业应用软件体系，研发成果部署于 BIM 协同设计云平台中，供各专业人员应用。部分水运工程 BIM 专用软件工具如图 3 所示。



图 3 水运工程 BIM 专用软件工具

Fig.3 BIM software of waterway infrastructure

(3) 族库管理系统

随着 BIM 技术在水运工程领域的广泛应用，大量的 BIM 模型零部件被创建并应用于工程项目中。为了解决族文件的存储、管理等问题，依据港口工程技术规范，以三维设计软件 Autodesk Revit 以及 Microsoft SQL 2012 为二次开发平台，采用 .NET 技术搭建了一套通用族库管理系统，涵盖总图、水工、水文航道、建筑、结构、固体工艺、液体工艺、暖通、控制、通信、给排水、环境保护、岩土勘察、电气等 10 余个专业，实现了水运工程领域族文件预览、上传、下载、审核、搜索、人员权限等的统一管理和族资源的共享、重用，提升了企业对基础数据资源的整合及管理的能力。族库管理系统如图 4 所示。

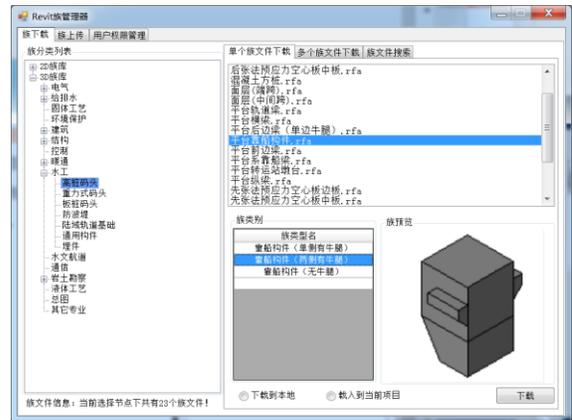


图 4 族库管理系统

Fig.4 Family library management system

2.4 BIM+技术的衍生应用

在 BIM 设计平台中，为了帮助业主及

相关参与方以沉浸的方式直观查看设计效果，加强 BIM 设计成果的可视性、具象性和交互性，指导设计方案的优化和完善，在 BIM 设计模型的基础上，将 BIM 技术与 VR 技术相结合，通过虚拟展示设计成果，实现了带体验方式的虚拟设计，拓展了 BIM 技术的应用范围。

3. 工程实践

基于 BIM 协同设计平台，以重庆港江津港区珞璜作业区改扩建工程项目为例，结合漳州港古雷二号液体化工码头工程项目案例，开展了多专业协同设计、结构分析、管线综合、碰撞检查、成果出图等多项 BIM 设计工作，实现了设计过程中多专业协同，提升了设计成果质量，主要开展的 BIM 应用实践如下：

3.1 BIM 协同设计

(1) 三维地面建模

将三维地表模型数据与勘察设计环节紧密结合，使用平台中通用设计软件 (AutoCAD、Civil 3D 等) 建立三维地表模型。建立的三维地表模型可满足后期 BIM 应用的需要，如地形交线的求取、区域地形面的切割、填挖方的计算等，以配合水运工程场地功能区域的总体布设。三维地面模型如图 5 所示。

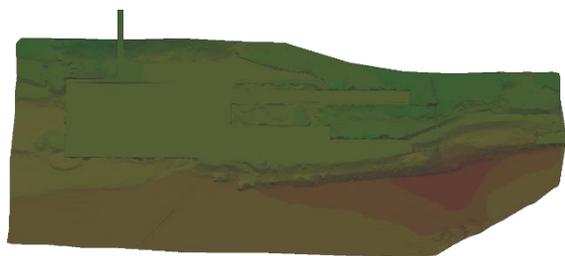


图 5 三维地面模型

Fig.5 3D terrain model

(2) 三维地质建模

将三维地质数据与勘察设计环节紧密结合，通过使用平台中的希迪三维地质软件直接读取 (或填报) 地勘数据表，参数化建立三维地质模型。建立的三维地质模型可满足后期 BIM 应用的需要，如地质开挖面的求取、地质开挖体的切割、填挖方的计算、地质纵横断面的剖切等，以较好的配合后期 BIM 设计应用。三维地质模型如图 6 所示。

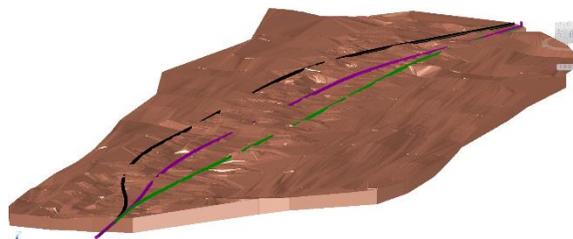


图 6 三维地质模型

Fig.6 3D geologic model

(3) 多专业协同

基于统一的 BIM 协同设计管理平台，以协同的工作方式建立各专业的 BIM 设计模型。通过协同平台统一管理，实现中间数据的无缝传递，建立的专业模型具备较好的参数化特性，便于后期的快速、准确地设计计量、出图等，为深化设计、BIM 施工管控奠定基础。码头平台结构协同设计、场地管线协同设计、转运站协同设计分别如图 7、8、9 所示。

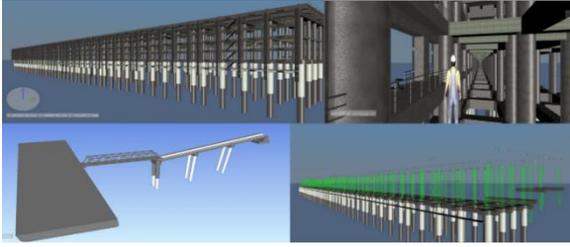


图7 码头平台结构协同设计

Fig.7 Collaborative design of terminal platform structure

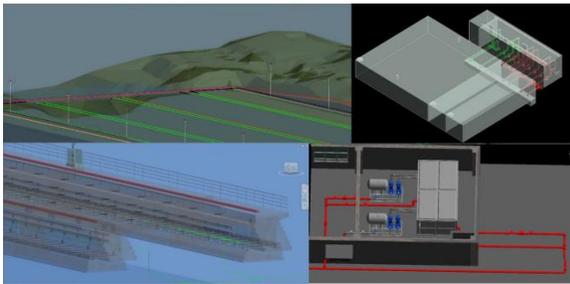


图8 场地管线协同设计

Fig.8 Collaborative design of pipeline

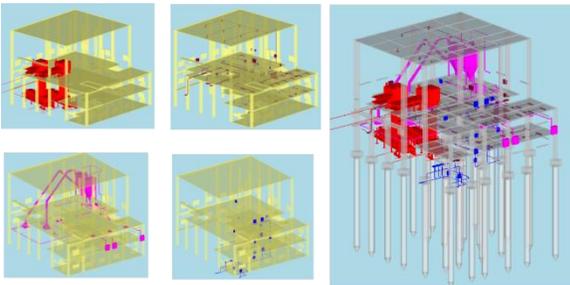


图9 转运站协同设计

Fig.9 Collaborative design of transfer station

3.2 结构分析

利用研发的希迪系列计算绘图软件通过读取BIM模型设计数据，自动建立结构有限元分析模型，实现港工结构的参数化自动建模、分析和计算书自动生成，分析结果用于优化设计，提升了分析设计效率。高桩码头平台结构分析、沉箱与钢桥结构分析分别如图10、11所示。

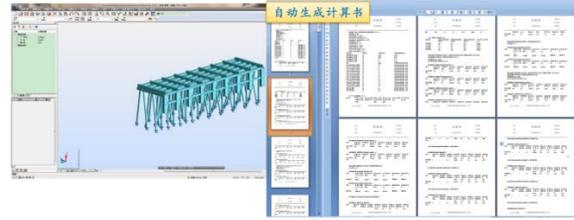


图10 高桩码头平台结构分析

Fig.10 Analysis of high pile wharf platform structure

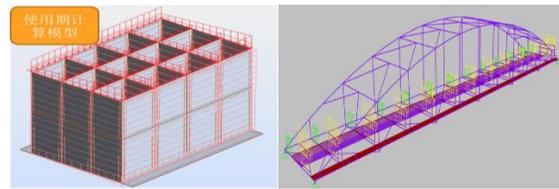


图11 沉箱与钢桥结构分析

Fig.11 Analysis of caisson and bridge

3.3 成果核查

(1) 管线综合

基于BIM协同设计平台对电气、给排水等专业的BIM模型进行综合检查，以直观发现管线设计中的问题并及时进行调整，实现合理布管及方案优化，为减少施工中不必要的返工，提高工程安装的一次成功率提供了可靠支撑。码头场地给排水和电气管线综合如图12所示。

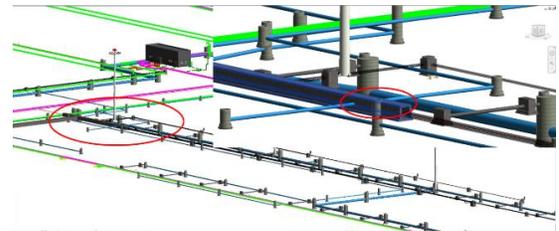


图12 码头场地给排水和电气管线综合

Fig.12 Dock site water supply, drainage, and electrical pipeline synthesis

(2) 碰撞检查

通过 BIM 协同设计平台将各专业（如结构、电气、给排水等）模型进行整合集成，利用 Navisworks 等 BIM 模型核查工具检查设计中专业内及各专业间的错、漏、碰、缺等设计问题，从而优化工程设计，为减少施工阶段由于设计疏忽造成的损失和返工提供服务。水工结构与相关专业协同检查如图 13 所示。



图 13 水工结构与相关专业协同检查

Fig.13 Collaborative inspection of hydraulic structure and related

3.4 工程量统计

基于设计 BIM 模型按照一定的计算规则，使用 BIM 专用设计工具（如港工结构 BIM 工具），可以自动计算构件的工程量，并汇总统计得到工程量清单，简化了传统算量方法中的数据输入过程，提升了算量的效率和准确性。BIM 模型算量如图 14 所示。

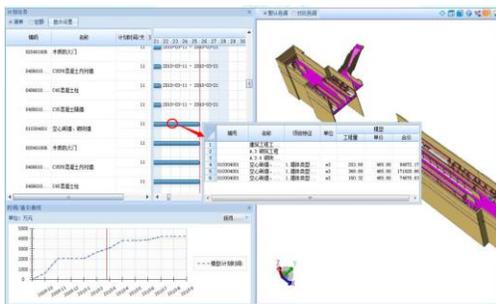


图 14 BIM 模型算量

Fig.14 Quantity statistics based on BIM

3.5 模型出图

基于三维 BIM 模型利用软件的剖切工具，自动生成平、立、剖面图，解决了传统二维设计修改繁琐、易出错等问题，弥补了二维图无法表达的细节内容，增强了图纸表达的直观性。二维出图如图 15 所示。

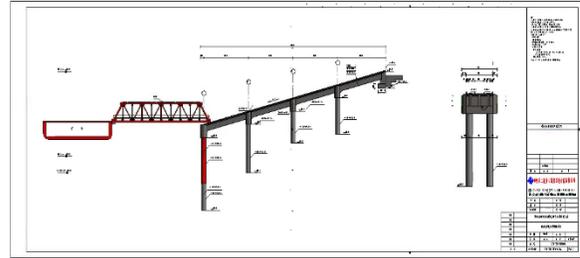


图 15 二维出图

Fig.15 2D drawing output

3.6 BIM+VR 集成漫游

将 BIM 模型导入到 VR 系统中，通过 HTC 的 VR 设备直接查看整体的设计成果，并通过漫游和选择等功能对设计中的关键部位进行检查，以沉浸的方式直接掌握项目总体设计情况。BIM+VR 集成应用如图 16 所示。

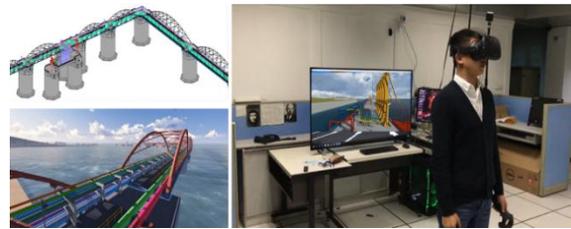


图 16 BIM+VR 集成应用

Fig.16 Integrated application of BIM and VR

4. 结论

本文通过实际工程案例展示了一种协同设计平台，其依托 Autodesk 底层平台，采取了包括多专业、多领域 BIM 软件工具

集成、专用工具二次开发等多种不同的方法，实现了一套切实可行的 BIM 设计云平台建设和应用方案。该系统已经被广泛应用，其使用经验可以为进一步开发 BIM 开放平台提供基础。

参考文献：

- [1] Chuck E, Paul T, Rafael S, Kathleen L. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors [M]. USA: John Wiley & Sons, Inc. 2011..
- [2] Sun, Chengshuang, Jiang, Shaohua, Skibniewski, Mirosław J., Man, Qingpeng, Shen, Liyin. A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry [J], Technological and Economic Development of Economy, 2017, 23(5): 764-779.
- [3] Macit İlal, S. and H. M. Günaydın. Computer representation of building codes for automated compliance checking [J]. Automation in Construction, 2017, 82: 43-58.
- [4] Choi, J., H. Kim and I. Kim. Open BIM-based quantity take-off system for schematic estimation of building frame in early design stage [J]. Journal of Computational Design and Engineering, 2015, 2(1): 16-25.
- [5] Autodesk, Inc. AUTODESK REVIT ARCHITECTURE 2015 官方标准教程 [M]. 北京：电子工业出版社 2015：1-70.
- Autodesk, Inc. AUTODESK REVIT ARCHITECTURE 2015 Official standard course [M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2015:1-70
- [6] 王君峰. Autodesk Navisworks 实战应用思维课堂[M]. 北京：机械工业出版社，2015：261-275.
- WANG Jun -feng. The actual application thinking classroom of Autodesk Navisworks [M]. Beijing: China Machine Press, 2015: 261-275.

作者简介：

钱丽（1964-），女，高级工程师，从事港口及航道工程的规划、设计、标准制订、科研等工作。

* 通讯作者：李海江， E-mail: lih@cardiff.ac.uk