文章编号:1001 - 4179(2018)07 - 0072 - 05

基于 GIS + BIM 的水电项目群建设管理系统研发

卞小草,雷 畅,丁高俊,魏鹏帅,郑 强

(长江勘测规划设计研究院 工程咨询公司,湖北 武汉 430010)

摘要:针对大型水电工程建设项目群管理信息集成与三维可视化的表达问题,通过 Geo - BIM 技术实现 IFC 和 CityGML 两个数据标准之间的转换,构建基于 GIS + BIM 的建设管理系统。该系统基于施工区域三维 GIS 平台,以水工建筑物 BIM 模型为基础,实现宏观层面与微观层面相结合的多层次信息集成,为水电工程项目群提供了一种有效的管理工具,并在实践中得到了成功应用,对促进水电工程建设管理和水利信息化发展具有一定参考价值。

关 键 词:项目群管理; GIS; BIM; 可视化; 水电工程

中图法分类号: TV512 **文献标志码**: A **DOI**:10.16232/j.cnki.1001 - 4179.2018.07.015

大型水电工程建设具有规模大、周期长、子项目多、逻辑关系复杂、技术难度高等特点。在建设过程中,存在多工作面施工干扰,各参建单位管理标准不统一,缺乏建设信息集成管理手段等问题。而且与普通工民建项目相比,水电工程一般选址在偏僻山区和峡谷地区,各子项目分散布置,客观造成建设过程在时间与空间上的大跨度[1],涉及不规则地表地形及带有时间特征的三维空间数据,各建筑物之间存在复杂的动态时空关系,建设过程中会产生大量的数据、参数文档、业务模型及变更处理等。因此,水电工程的建设管理是一个周期长而复杂性高的项目群管理问题[2]。在大型水电工程的建设管理中需要结合宏观层面和微观层面的技术来解决这些问题。通过建立功能完善、基于业务的工程管理软件系统,大幅度提高日常运行管理工作效率,促进信息资源的整合共享[3],提升单一水电工程以及多层级水电工程的管理与决策水平。

BIM(Building Information Modeling 建筑信息模型)作为一种快速发展的新兴技术,被广泛应用于工程建设的全生命周期,为工程建设的设计、施工、运维等营造了一种高效的解决方案,在工民建领域已经得到了快速的推广。但是现有的 BIM 技术及 BIM 平台,大多服务于单体建筑项目,缺乏对项目群各建筑物之间的协同管理,难以解决大型水电工程项目时空跨度大的问题[4],需要结合三维 GIS 技术在空间分析和地理位置定位方面的优势进行综合考虑。本文以 Geo-BIM 技术作为桥梁纽带,将 GIS 和 BIM 融合在一起,提出了基于 GIS + BIM 的水电工程项目群建设管理系统的构建方法,从而实现项目群施工进展可视化、信息传递标准化及资源共享集成化,为解决水电工程项目群管理"1 + 1 > 2"的问题开辟了一条新的途径。

1 关键技术

1.1 BIM 信息模型

利用 BIM 技术是在 CAD 技术基础上发展起来的一种多维度模型信息集成技术,具有可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性等特点[5]。基于 BIM 模型查询、修改项目信息,项目各参建方可以实现对项目的可视化管理。BIM 建筑信息模型是实现大型水电工程数字化、可视化管理的基础,可以通过 Revit、Bentley、CATIA 等 BIM 建模软件创建;通过信息关联技术将模型与管理信息进行挂接,将普通三维模型转化为携带建管数据的信息模型。BIM 建筑信息模型可以运用在

收稿日期:2017 - 08 - 29

基金项目:长江勘测规划设计研究有限责任公司自主科研项目(CX2014Z32,CX2015Z08)

作者简介:卞小草,男,工程师,博士,主要从事水电工程建设管理工作。E - mail:bianxiaocao@ foxmail.com

工程勘察、设计、施工、运维的全生命周期,并将工程各个阶段所需要的信息进行关联,形成工程建筑信息集[6]。

利用 BIM 技术进行建设管理的两大核心内容是 BIM 模型建立与信息关联技术。模型的建立可以实现对大型水电工程的精细化管理,但必须将模型按照工程不同阶段的管理需求拆分成个体单元。系统以"单项工程 - 单位工程 - 分部工程 - 分项工程 - 单元工程"作为 BIM 模型单元的划分原则,以单元工程作为最小管理单元,可以满足工程管理的精度要求。信息关联可以将单元工程与其阶段性建设管理信息进行集成[7],如图 1 所示,可及时解决项目管理中发现的问题。BIM 技术在大型水电工程的建设管理中的应用,可以实现基于单元工程的可视化、信息化和精细化管理。

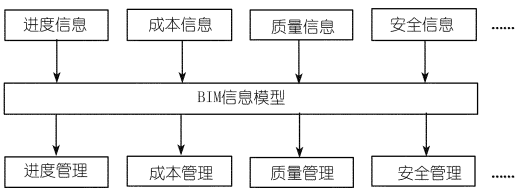

图 1　BIM 信息集成管理示意

Fig. 1　The schematic diagram of BIM information integration management

1.2　三维 GIS 建模

GIS(Geographic Information System 地理信息系统)是传统地图学与现代计算机技术相融合的一种特定的空间信息系统[8]。它通过采集空间中对象的地理位置及相关属性进行分析、运算,将现实世界的对象转换为图形显示,以直观的方式为用户对建设工程的管理决策提供信息支持。本文通过飞机、无人机航飞或者三维激光扫描,获取地形地物信息数据,采用空中三角加密法对数据进行加工,形成 DEM、DOM 等数字产品,建立水电工程的三维 GIS 模型。利用 GIS 所特有的空间信息组织与管理方式,可以方便地实现工程施工管理中所涉及的水文、地质、地形、施工场地布置等动、静态信息的数字化[9]。

目前二维 GIS 技术已经发展比较成熟,标准化和数字化程度高[10],它与遥感、三维仿真等高新技术结合形成三维 GIS 模型,即三维电子沙盘,突破了传统二维平面中空间信息可视化能力的局限,使人与空间信息的交互更加直观便捷。三维电子沙盘实现对地形、地物的实景模拟,可以方便地查询任意某地的地理坐标和海拔高度,并且其具有强劲的空间分析和量算能力,可以直接在上面进行距离、面积、体积的量算,是实现水电工程项目群的挖填方分析、场地布置及淹没分析的有效工具。

1.3　GIS + BIM 的集成应用

BIM 和 GIS 各有特点,但均存在优势与不足。将两者融合构建协同管理平台,进行优势互补,发挥各自的功能特点,从而满足水电工程项目群建设管理的各种需要[11]。GIS 主要提供空间地理信息、地理环境、水文、地质等数据信息,用于区域空间管理。BIM 主要建立项目建筑物精细化模型,对水电工程项目群建设中成本、质量、进度等进行模拟控制,同时为后期运维和资产管理提供信息数据。但是,BIM 和 GIS 的融合是一项复杂的课题,两者之间存在巨大的差异,如表 1 所示。

表 1　BIM 与 GIS 之间的差异

Tab. 1　The differences between BIM and GIS

类型	BIM	GIS
几何结构	实体构建	边界、点、线、面
数据细度	高度精细	较简单,粗略
语义信息	数字化表达	模块化表达
存储格式	文件系统	空间数据库

BIM 是在 IFC(Industry Foundation Classes 工业基础类)的标准体系下建立和管理数据,而 IFC 标准数据文件有很好的平台无关性及自描述能力,不同的 BIM 模型信息可以转换为 IFC 标准文件,并以 IFC 标准格式的数据流通[12-13]。三维 GIS 的编码标准是 CityGML(City Geography Markup Language 城市地理标记语言),用来存储和交换虚拟城市三维模型,对道路、管线、水域、建筑、绿地、植被等的描述进行了定义,但是对建筑物的细节描述远远不及 IFC 的详细程度[14]。BIM 与 GIS 的融合,关键是 IFC 和 CityGML 两个数据标准之间的数据转换,多采用信息过滤和语义映射来实现[15-16],具体实现方法与所使用的软件有密切联系,需具体问题具体分析。

本文使用 BIM 建模软件建立构筑物三维模型,利用导出工具将 BIM 模型数据导出为无损保留 BIM 模型语义信息的 IFC 数据,然后通过 GeoBIM 技术进行信息过滤及语义映射,加载导出的 IFC 数据,将其转换为三维 GIS 平台所专有的数据格式,最后通过长江勘测规划设计研究院长江空间信息技术工程有限公司 Ark 平台进行数据集成与渲染,并利用其动态加载技术实现模型的分层展示,提升系统流畅度,如图 2 所示。系统通过集成 BIM 模型数据,不仅可以支持空间测量、地理位置定位、通视分析等通用的 GIS 功能,并

且可以实现 4D 施工模拟[17]、指定部件单独显示、构件属性信息查询等 BIM 的专用功能。

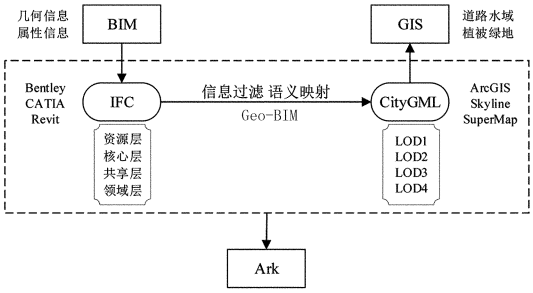

图 2 GIS + BIM 融合示意

Fig. 2 The integration of BIM and GIS

2 GIS + BIM 建设管理系统构建

2.1 系统框架设计

平台利用 GIS 空间信息的集成、展示与分析功能，融合 BIM 信息模型，并与工程建设管理信息相结合，实现进度、质量、投资等的三维可视化表达，满足工程全生命周期的建设管理需求。平台采用“一张图”模式进行数据资源整合，决策人员能够快速、准确获得工程建设的关键数据信息。整个系统构成包括数据层、GIS + BIM 基础支撑平台层和应用层 3 个部分，总体架构如图 3 所示。

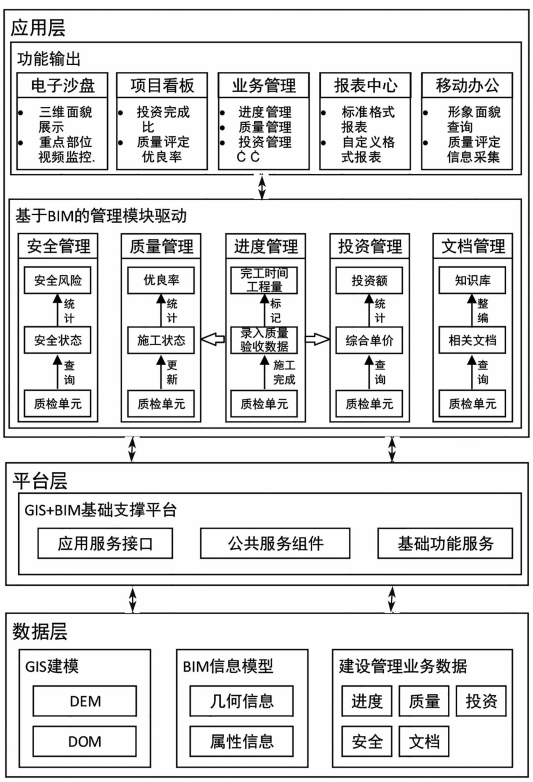

图 3 系统总体框架示意

Fig. 3 The diagram of the general framework of the system

数据层包括三维模型数据和建设管理业务数据。将工程建设进度、质量、投资、安全、文档等各阶段管理数据与模型进行关联，从而实现三维 GIS 空间数据、BIM 模型数据以及建设管理过程中位置信息与工程诊断信息的统一集成。建设管理业务数据采用关系数据库、空间数据库与分布式文件存储等方式，实现建设管理过程中业务数据的统一存储，形成服务于系统支撑平台与应用平台的数据资源中心。

GIS + BIM 基础支撑平台提供三维 GIS 与 BIM 模型的集成、数据交换、场景管理、三维展示、空间分析和空间查询等基础功能服务。系统在此基础上结合水电项目建设管理的应用需求，提供多种专题服务应用接口，用于支撑建设施工管理的基础数据集成与可视化表达。公共服务组件为建设管理各项业务的实现提供基础的公共服务能力，并提供与已有外部系统进行业务集成的服务接口。

应用层包括电子沙盘、项目看板、业务管理、报表中心、移动办公 5 部分，通过采用单元工程作为核心驱动，可以实现整个项目群进度、质量、安全、投资、文档等业务的精细化管理。

2.2 管理模块设计

系统的管理模块包括进度管理、质量管理、安全管理、文档管理和投资管理 5 个部分。

进度管理包括进度计划编排、实际进度反馈两大功能。系统能够同时支持 Microsoft Project 进度文件的导入，并实现对已导入的工程进度计划的编排、修订及实际进度的反馈，在电子沙盘上展示计划进度与实际进度完成情况的对比，从而对项目的整体进展进行合理有效的调控。

质量管理包括质量评定、质量消缺、质量整改三大主要功能。系统可以将每一个单元工程的质量情况与 BIM 信息模型进行信息关联，并利用 GIS 空间位置功能对需要整改建筑物进行快速准确定位，从而实现从单元工程到宏观工程整体质量的把控。系统依据国家颁发的相关工程项目质量检验评定标准和验收标准，通过制订质量评定、消缺和整改的标准处理流程，为监理人员、施工人员提供规范的质量控制协同管理平台，并为工程决策人员提供工程质量分析的有效数据。

安全管理包括视频监控、危险源排查和安全整改模块。实时监控重点施工部位，对于危险源排查过程中发现的问题，在平台 BIM 信息模型上异色标示，利用 GIS 空间定位功能确定危险源位置，并以图表形式汇总危险源内容、类型、排查时间等，同时对需要进行安全整改的项目进行整改内容、要求闭合时间、实际闭合时间等信息的跟踪，落实隐患排查和整改闭合工作。

文档管理通过制定统一电子化流程，对合同文件、

技术文件等进行收集、加工整理,满足不同参建单位快速信息转换,并在竣工后将整理后项目文件上传至平台,形成工程建设全生命周期的工程档案和知识库。

投资管理包括工程量统计和投资统计模块。根据管理单元划分原则自动组合模型构件工程量,通过筛选单元 ID、分组、完成时间等属性信息,实现不同时间区间、不同结构层级、不同类型(是否变更)的工程量统计、形成工程量台账。在此基础上,结合综合单价,统计相应的计划合同支付、实际合同支付、变更费用等,实现工程投资全面管控。

3　工程应用

3.1　信息集成与可视化

以某工程为例,通过 GIS + BIM 建设管理系统,如图 4 所示,不仅实现了全局线路导览、整体施工面貌把控及宏观指标的查询,还可以提供项目建筑物快速准确定位及构筑物信息查询服务。系统从项目群单元工程的精细化管理出发,拥有单元工程管理、进度管理、质量管理、系统管理、日志管理等功能,实现了对工程进度、质量、投资等的全面管控,方便各级管理人员直观了解工程动态。

图 4　建设管理系统界面

Fig. 4　The interface of construction management system

3.2　施工进度管理

GIS + BIM 建设管理系统是进行工程进度管理的一个高效平台。通过导入 Microsoft Project 已经编制好的工程进度计划 xml 文件,或直接在系统中进行进度计划的编制修订,如图 5 所示。

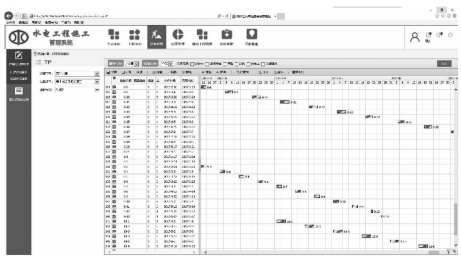

图 5　进度计划编制

Fig. 5　Construction schedule planning

在工程建设过程中,由操作人员将实际进度反馈至系统中,与三维模型进行挂接,系统自动提供进度计划与实际进度的可视化对比分析和进度报表,为管理者合理安排施工流水作业、推进工程建设进度,提供直观准确的参考依据。

3.3　建设质量管理

系统以单元工程为单位,根据施工单位递交的质量验收清单,填写质量评定的关键信息,然后再将扫描的质量验收清单上传到系统平台,如图 6 所示。完成质量评定的单元工程作为已完成评定的工程显示在三维模型中,并统计已完成工程质量的一次验收合格率和优良率。对于一次验收不合格的单元工程,在三维模型上准确定位,高亮显示,并关联整改单、回复单等相关的附件。系统制定了质量评定、消缺、整改的标准处理流程,为工程参与各方提供了规范的质量控制平台,做到有章可循、照章办事、有据可查。

图 6　质量评定录入界面

Fig. 6　The interface of input quality assessment

3.4　移动端 APP 应用

智能手机的快速发展为远程协作管理奠定了基础。开发施工管理 APP,进行工程建设数据采集与查询,有助于提升整个 GIS + BIM 建设管理系统信息反馈的及时性和便捷性,如图 7 所示。

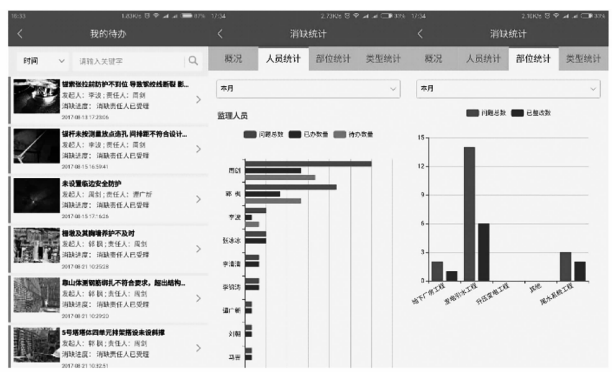

图 7　质量消缺 APP

Fig. 7　The application for eliminating quality defects

发起人使用手机端对发现的施工质量缺陷部位进行拍照,对存在问题进行描述,指定责任人。系统会自动同步 Web 端,并给责任人发送消息,责任人可以立即查看质量问题,迅速锁定缺陷发生的位置,合理安排

消缺任务。待消缺任务完成后,由责任人对整改部位进行拍照,填写整改说明,上传同步至 Web 端,至此质量消缺任务闭合。在系统中自动生成质量消缺报告,管理人员可以进行查看、导出或者打印。通过移动端 APP 与 Web 端的联合使用,现场管理人员的信息采集、处理效率显著提高。

4 结 语

本文通过构建基于 GIS + BIM 的建设管理系统,经过在某水电站的现场投入使用,已实现水电工程项目群建设管理"一张图"模式,以及进度、质量、安全等分专业管理,提高了工程建设管理效率和直观性,减少了纸质文档流转时间和数据统计的工作量,提升了各参建方质量控制效率。系统将在紧密结合实践需求过程中不断完善,特别是进一步集成 GPS 技术,利用基于位置的服务(LBS),实现三维 GIS 平台上的物料追踪及供应链管理,探索 GIS + BIM 技术在"智慧工地"建设中的深化应用。

参考文献:

[1] 李东辉. 水利工程建设特点与施工现场管理分析探讨[J]. 建筑工程技术与设计,2016(25):31 - 33.

[2] 陈玲芳,朱静萍,苏文哲,等. 水电工程可视化施工进度设计及管理系统研究[J]. 水力发电,2016,42(11):72 - 75,109.

[3] 黄少华,王宁,胡瑞鹏,等. 水利工程管理软件发展现状与建议[J]. 人民长江,2014,45(2):178 - 180.

[4] 何清华,钱丽丽,段运峰,等. BIM 在国内外应用的现状及障碍研究[J]. 工程管理学报,2012,26(1):12 - 16.

[5] 杨士超. 基于 BIM 技术的建筑工程施工质量过程管理研究[D]. 北京:中国科学院大学,2016.

[6] 陈昕元,于军琪,周伟,等. 基于建筑全生命周期的 BIM 技术应用探讨[J]. 建筑工程技术与设计,2016(13):180 - 181.

[7] 周少东,饶阳,周迎,等. 基于 BIM 的地铁施工过程集成管理[J]. 土木工程与管理学报,2016,33(4):1 - 7.

[8] 刘金岩,刘云锋,李浩,等. 基于 BIM 和 GIS 的数据集成在水利工程中的应用框架[J]. 工程管理学报,2016,30(4):95 - 99.

[9] 徐喜平. 基于 WEBGIS 的公路工程施工管理信息系统的设计与开发[D]. 西安:长安大学,2007.

[10] 唐湘川,罗昭明,徐珊,等. 三维 GIS 移民信息查询系统开发与应用[J]. 人民长江,2012,43(11):95 - 98.

[11] 刘延宏. 基于 BIM + GIS 技术的铁路桥梁工程管理应用研究[J]. 交通世界(运输车辆),2015(9):30 - 33.

[12] 张邻. 基于 BIM 与 GIS 技术在场地分析上的应用研究[J]. 四川建筑科学研究,2014,40(5):327 - 329.

[13] 王宁,陈嵘,杨新军,等. 基于 BIM 技术的水利工程三维设计研究与实现[J]. 人民长江,2017,48(S1):156 - 159.

[14] 王玲莉,戴晨光,马瑞. GIS 与 BIM 集成在城市建筑规划中的应用研究[J]. 地理空间信息,2016,14(6):75 - 78.

[15] Donkers S. Automatic generation of CityGML LoD3 building models from IFC models[D]. Delft:TU Delft,2013.

[16] 汤圣君,朱庆,赵君峤. BIM 与 GIS 数据集成:IFC 与 CityGML 建筑几何语义信息互操作技术[J]. 土木建筑工程信息技术,2014,6(4):11 - 17.

[17] Gledson B J, Greenwood D. The implementation and use of 4D BIM and Virtual Construction[C]// ARCOM Conference. 2014:673 - 682.

(编辑:邓 玲)

Research and application of construction and management systems for hydropower projects based on GIS + BIM

BIAN Xiaocao, LEI Chang, DING Gaojun, WEI Pengshuai, ZHENG Qiang

(*Engineering Consulting Company, Changjiang Survey Planning Design and Research Co. Ltd, Wuhan* 430010, *China*)

Abstract: In order to tackle the problem of information integration and three - dimensional visualization in large hydropower engineering program management, this paper develops a construction management system based on GIS + BIM using Geo - BIM technology to realize the conversion from IFC to CityGML. The System - to - be - built is based on three - dimensional GIS platform and BIM model of hydraulic structures, which integrates multi - level information from micro to macro aspects. It provides an effective management tool for hydropower engineering program and it has been successfully applied in the construction of a hydropower station. The system is of reference value to promote informatization of hydraulic and hydropower construction.

Key words: program groups management; GIS; BIM; visualization; hydropower engineering