

沙坪一级水电站基于 BIM 技术的进度管理系统设计探索

薛守宁¹, 刘 钊¹, 岳 超², 李增焕², 贺楠峰¹

(1. 国电大渡河流域水电开发有限公司沙坪水电建设管理分公司, 四川 金口河 614700;

2. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 311122.)

摘要: 本文针对传统进度管理模式呈现的进度计划不合理、无法动态适应复杂施工条件等问题, 基于 BIM 技术和 Web 技术, 设计了进度管理系统, 结合沙坪一级水电站实际工程情况, 将系统架构分为数据层、技术层、应用层三层, 通过 BIM 三维模型与进度信息深度融合, 设置可视化管理、进度仿真、进度统计分析、进度填报等功能, 以实现基于 BIM 技术的工程全过程、全生命周期管理、工程进度动态管控, 解决进度计划不合理导致施工滞后问题, 提高工程建设进度管理效率。

关键词: 进度管理, BIM 技术, 三维模型, 深度融合, 进度仿真, 动态管控

中图分类号:

文献标识码: A

1 研究背景

工程项目建设进度受到人员进场、返工、设备移动等多个因素影响, 如何减少时间成本, 保证持续顺畅的工作流是进度管理的核心^[1]。传统的项目进度管理模式以施工图纸、施工方案为基础, 配合各个工作逻辑关系和持续时间, 制定施工进度计划, 但施工条件的不确定性、工作时间的动态变化性等导致实际进度与计划进度有较大偏差^[2-3]。

BIM 技术是实现工程进度动态管控的新手段, BIM 技术以三维数字技术为基础, 集成工程基础数据模型, 实现工程信息的数字化^[4]。BIM 技术应用于设计、施工到运营维护的整个生命周期, 设计阶段的模型及数据信息可延续到施工阶段和运营维护阶段^[5]。

李青林等结合 BIM 技术, 设计了综合管廊进度管理系统, 应用于世博园工程^[6]; 杜日建等基于 BIM 技术, 建立集施工过程模拟优化、施工动态管理、安全与冲突分析、碰撞检测等功能于一体的工程项目管理系统, 实现工程进度、成本、质量等管理^[7]; 杨华等结合 WBS 编码体系和 Project 进度管理软件, 建立完整的基于 BIM 施工进度管理系统^[8]。上述软件或系统都侧重于 BIM 技术的应用, 缺乏 BIM 技术与进度信息的融合。

本文结合沙坪一级水电站实际情况, 基于 BIM 技术建立进度管理系统, 通过 BIM 三维模型与进度信息关联, 实现进度信息与三维模型的深度融合, 通过实时对比分析, 实现进度动态管控。

2 基于 BIM 技术的进度管理系统总体设计

工程施工的逐步推进, 往往会衍生大量进度节点信息, 包含各单位工程、分项工程、分部工程开工时间、完成时间、验收时间、工程量信息等, 传统的进度管理模式通过人工录入、分析整理等方式实现进度信息的管理, 而进度信息与 BIM 技术的深度融合可通过施工前进度计划模拟、施工时进度对比分析和施工后的进度数据汇总报表等实现工程全生命周期进度管理。本文基于

收稿日期:

基金项目: 无

作者简介: 薛守宁(1983-), 男, 甘肃靖远, 硕士研究生, 岩土工程专业, 从事水电工程管理工作。E_mail: 252581497@qq.com

基于 BIM 技术，将进度信息与工程模型挂接，实现进度信息在三维模型上的实时展示、分析预测等，以帮助管理人员进行进度动态管控。

2.1 系统架构

沙坪一级水电站基于 BIM 技术的进度管理系统架构分为数据层、技术层、应用层。数据层是进度管理的基石，包含三维模型数据和施工进度数据，通过 WBS 编码等建立工程合同进度、工程施工计划、实际进度信息等与三维模型的关联，实现数据库表结构设计。技术层对数据进行分析管理，建立 RESTful 格式的统一数据服务接口，以满足增删查改等数据管理需求。应用层依照进度管理需求，通过功能模块化划分，实现三维可视化管理、进度仿真、进度统计分析、进度填报等各个功能业务。系统架构图见图 1。

基于 BIM 技术的进度管理系统按照 MVC 设计模式，建立三维模型、业务信息数据库；通过进度管理功能业务的封装，提供进度分析等数据服务；结合 Web 前端技术和可视化技术，对工程三维模型轻量化处理，以实现进度管理实时仿真、对比分析。

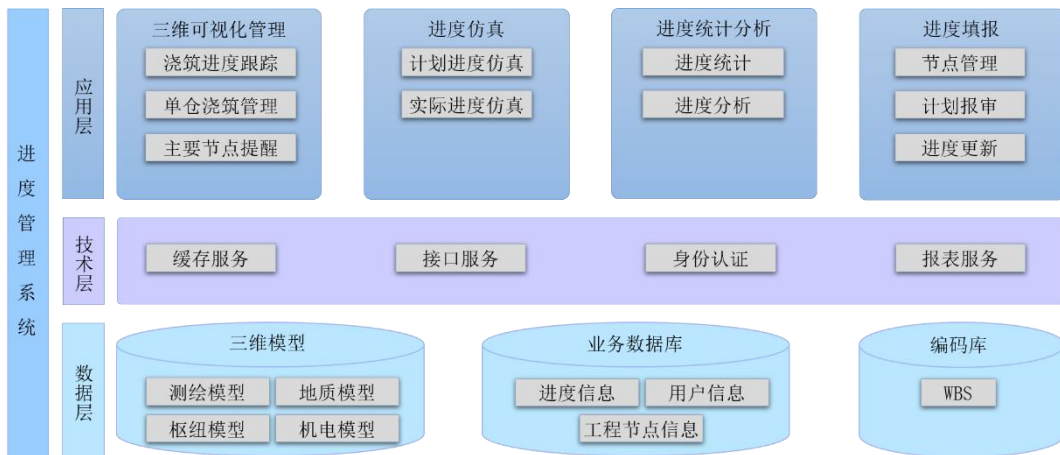


图 1 系统架构图

Fig.1 the Architecture of Progress Management System

2.1.1 数据层

工程施工过程中的进度管理数据包含结构化数据、非结构化数据和流数据，测绘、地质、枢纽、机电等三维模型存储于三维模型库中，进度信息、用户信息、工程节点信息存储于业务数据库中，工程单元的编码采用工作分解结构体系（WBS），以便进度信息挂接。

2.1.2 技术层

技术层对进度数据等进行分析挖掘，结合应用层的业务需求，开发数据服务，包含缓存服务、接口服务、身份认证、报表服务等。该层是整个系统的技术核心，也是业务应用的关键技术保障。缓存服务，优化多端用户体验；接口服务保证了进度数据结构的统一；身份认证，为整个系统用户数据的安全性提供强有力的保障；报表服务提供自定义及配置相关报表，报表的查询及打印可以满足日常业务管理格式需要。

2.1.3 应用层

应用层依据模块化开发原则，实现三维可视化管理、进度仿真、进度统计分析、进度填报等业务功能模块的开发。应用层基于用户管理、角色管理、权限控制等通用功能，实现施工、设计、监理、业主等多个施工单位的用户权限管理。充分利用 BIM 技术，深度融合工程进度管理信息，实现工程单元进度信息三维展示和实时对比分析，通过模型轻量化技术实现切剖面、旋转、进度

模拟等各类模型操作，通过 ECHARTS、Ant Design 等前端可视化技术实现业务功能模块的界面开发和用户交互。

2.2 BIM 技术与进度信息的深度融合

2.2.1 三维模型整合

工程建设管理过程涵盖地质勘探，坝工、厂房等主体工程浇筑，机电、暖通等工程建设多个方面，三维模型包含测绘三维模型、地质三维模型、枢纽三维模型、机电三维模型等，模型设计采用三维数字化协同技术，实现多专业模型管理，最终形成格式统一的测绘、地质、枢纽、机电三维模型。模型整合时保留文件图层、视口、参考、色表、视图属性等信息，剔除辅助线、标注等无用信息，结合空间地理信息，根据不同的空间位置，对底层文件进行第一级总装；同专业的空间位置总装完毕后，再进行专业总装；最后，将全专业模型参考至项目总装文件。

2.2.2 模型划分与编码

施工期工程建设可分单位工程、分部工程、分项工程和单元工程多个层级，按照施工包分步开展。为保证 BIM 模型与实际施工进度管理的模拟效果，将 BIM 模型按照施工包划分并编码，结合系统功能、空间位置、施工工艺等特征将 BIM 模型分为勘测类、地质类、枢纽类及工程类，根据 WBS 工作分解结构对施工包进行分解。模型分解后依据科学性、系统性、唯一性、规范性、实用性、可扩充性原则对单元工程施工包进行编码，保证各个单元工程在整个工程中的唯一，以满足信息挂接的需求。

2.2.3 进度信息挂接

进度信息包含各个工程部位的开工时间、结束时间、工程量等信息，系统通过编码关联，将进度信息挂接至分部、分项、单元工程上，通过三维 BIM 模型实现不同分部工程、分项工程的进度信息查询与管理。

2.3 功能架构

沙坪一级水电站基于 BIM 技术的进度管理系统，建立工程进度信息与三维 BIM 模型的关联，实现计划进度、实际进度的整编录入、三维展示和对比分析，系统分为三维可视化管理、基于 BIM 模型的进度仿真、进度分析和进度填报四个功能模块，三维可视化管理基于 BIM 模型及轻量化技术实现三维模型管理，根据录入的进度计划和实际进度信息，对比分析工程滞后及超前状况，并根据进度信息进行三维仿真，以直观地表现工程施工过程。

2.3.1 三维可视化管理

三维可视化管理通过 BIM 模型和图表形式进行工程进度的展示，通过三维模型的交互管理查询工程不同部位的基本信息，通过不同颜色代表工程已完成、进行中、未完成等施工状态，三维模型的展示和交互包括：（1）基本视图操作，如选择、放大缩小、平移、全屏显示、视图切换、漫游、属性查询等；（2）模型基本三维展示，位置剪切立方体切割定位、对象定位、多种显示样式渲染、模型对象显示隐藏控制、保存视图状态管理等；（3）系统模型管理控制，包括系统树、位置树控制，对象分类、对象过滤器控制；（4）高级显示控制，包括自动半自动漫游、动态剖切展示等。

2.3.2 基于 BIM 模型的进度仿真

传统进度管理采用横道图显示单位工程、分项工程、分部工程、单元工程等的项目名称、起止时间，在此基础上，本文结合 BIM 模型，动态演示计划进度和实际进度的施工过程，随

着时间的推进，部分单元工程经历灰-蓝-绿的过程，代表该单元工程的开工、进行和完工，通过计划进度和实际进度的动态演变过程查询实际进度和计划进度的偏差，通过计划进度横道图和实际进度横道图查询不同单元工程的滞后及超前状况。

2.3.3 进度统计分析

通过量化的进度管控指标，开展工程项目的年进度、月进度、周进度的统计分析，进度数据源于进度填报模块，通过大坝浇筑进度对比展示、单仓混凝土浇筑进度对比分析等实现进度计划和实际进度的超前、滞后情况查询。

2.3.4 进度填报

进度填报包含进度计划填报和实际进度填报，进度计划主要包含大坝浇筑进度计划、厂房进度计划等，实际进度包含边坡施工、一般洞室施工、大坝浇筑、接缝灌浆等实际进度填报。进度数据分坝段或单位工程进行填报，内容包含单元序号、仓号、工程量、开仓时间、结束时间等。进度填报模块可实现编辑仓信息、工程量、仓面设计等，同时设置进度节点，定制进度预警提醒等功能。进度填报还涉及工程主要节点管理、仓面管理等工程信息管理。

3 结语

相较于传统的进度管理系统而言，沙坪一级水电站基于 BIM 技术的进度管理系统有四大亮点：

(1) 施工进度动态管控。基于 BIM 技术，结合计划进度和实际进度对比分析，动态调整施工进度，减少工程施工阶段的工程等待时间，使主要进度节点提前完工。传统的进度管理采用计划进度和横道图的形式，无法动态适应复杂施工条件的变化，结合 BIM 技术，可实现施工进度三维可视化，实时跟踪实际施工进度，并与计划进度进行对比，动态调整施工进度，以协调各单元工程的开工时间、资源调配等，缩短工程总工期。

(2) 全过程、全生命周期管理，进度管理全面管控。传统施工进度管理中，水工、机电等多个专业的设计模型等差异性大，设计模型与施工进度管理信息关联小。基于 BIM 技术的进度管理系统可实现水工等多专业的三维正向设计，使用模型轻量化技术实现设计施工相互会签、BIM 模型与工程进度管理信息的深度融合，让 BIM 模型成为工程信息载体和管理工具。

(3) 解决数据孤岛等问题，实现数据结构化存储、管理。传统的纸质管理模式，海量的工程数据管理费时、费力，管理难度极大。通过数据库建设可实现工程数据的共享、集成和无缝连结。数据库存储和管理工程相关信息与数据，保证工程数据快速存储、即时共享和高效流转，通过 BIM 模型单元划分与工程数据进度、图纸等数据进行关联，实现基于 BIM 模型的覆盖全工程项目范围的工程数据。

(4) 及时有效地进度预警，减少施工滞后。针对实际进度滞后于计划进度的单元工程进行预警提示，基于 BIM 技术及时反映滞后工程的具体位置和滞后详情，以短信、邮件等信息通知负责人进行相关处理。

综上，基于 BIM 技术的进度管理系统以三维协同设计技术、数据库技术、Web 技术为基础，根据 WBS 等编码体系，深度融合施工进度信息，通过进度仿真、可视化管理、进度填报等功能，动态管控工程施工进度，以实现工程全过程、全生命周期管理。

参考文献：

[1] 何清华，韩翔宇. 基于 BIM 的进度管理系统框架构建和流程设计[J]. 项目管理技术，2011，

000(009):96-99.

- [2] 仙保东, 吴升亮. BIM 的工程施工进度管理系统[J]. 建材发展导向, 2016, 14(23):94-95.
- [3] 朱佳佳, 谈飞. BIM 技术在项目进度管理系统中的应用[J]. 项目管理技术, 2014, 012(005):38-42.
- [4] 郑国勤, 邱奎宁. BIM 国内外标准综述[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012(1):32-34.
- [5] 周永川, 于立军, 彭建伟. 基于 BIM 的港珠澳大桥交通工程施工进度管理系统应用研究[J]. 公路交通科技, 2017, 34(S1):95-100.
- [6] 李青林, 孟均, 陈姐. 基于 BIM 的综合管廊进度管理系统设计与实现[J]. 市政技术, 2019(4).
- [7] 杜曰建, 赵灵敏. 基于 BIM 的工程项目管理系统及其应用[J]. 科学技术创新, 2018(1):128-129.
- [8] 杨华, 郑志华. 基于 BIM 的工程项目进度管理信息系统[J]. 低碳世界, 2017, 000(003):130-131.

Progress management system based on BIM technology

Application research in Shaping I Hydropower Project

Xue Shouning¹, Liu Zhao¹, Yue Chao², Li Zenghuan², He Nanfeng¹

(1. Zhensha Hydropower Construction Management Branch, Guodian Dadu River Basin Hydropower Development Co., Ltd., Jinkouhe, Sichuan, 614700;

2. Powerchina Huadong Engineering Corporation, Hangzhou, Zhejiang, 311122, China.)

Abstract: The traditional process management mode has the problems of unreasonable schedule and inability to dynamically adapt to complex construction conditions. The progress management system is implemented based on BIM technology and Web technology to solve the above problem. This paper designs a three-layer system architecture of data layer, technical layer, and application layer based on the actual situation of the Shaping project. Deep integration of BIM technology and progress information, the system is divided into four functions: visual management, progress simulation, progress statistical analysis, and progress reporting to achieve whole process and full life cycle management of the project. Besides, the paper realizes the dynamic control of the project schedule to solve the problem of lagging construction caused by unreasonable schedule and improves the efficiency of project management.

Keywords: progress management, BIM technology, 3D model, deep integration, progress simulation, dynamic control

薛守宁 (1983 -), 男, 甘肃靖远, 硕士研究生, 岩土工程专业, 从事水电工程管理工作; 通讯地址: 四川省乐山市金口河区滨河路四段 1 号; 电话: 0833-614700; 手机号: 18683366600 ; 电子邮件: 252581497@qq.com。