

基于 BIM 的水电工程全生命周期管理平台架构研究

张志伟¹, 文桥², 张云翼², 冯奕¹, 林佳瑞², 张建平²

(1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 成都 610072;

2. 清华大学土木工程系, 北京 100084)

【摘要】本文借鉴建筑全生命周期管理的概念, 提出了水电工程全生命周期管理的理念。通过文献和实地调研, 将 BIM 技术、云技术和物联网技术与水电工程领域相结合, 建立了一个基于 BIM 的水电工程全生命周期管理平台架构。本架构充分考虑到水电工程特点, 可用于其全生命各阶段, 支持不同参与方、不同专业的信息共享, 具有较强的适用性。

【关键词】水电工程; 全生命周期管理; BIM; 平台架构

1 概述

全生命周期管理思想源于制造业的 CIM (Computer Integrated Manufacturing, 计算机集成制造) 理念^[1]。在计算机集成制造系统逐渐推广的过程中, 制造业发展出了 PLM (Product Lifecycle Management, 产品全生命周期管理) 的思想^[2]。20 世纪 90 年代, CIM 理念、PLM 思想以及 PDM (Product Data Management, 产品数据管理) 方法逐步进入建筑业, 推动了 BIM 技术与建筑工程信息化的发展和变革。然而仅仅有 BIM 技术还不足以使行业发生根本的转变, BLM (Building Lifecycle Management, 建筑全生命周期管理) 可使 BIM 发挥更大的作用, 带来显著的效率提升, 因而 BLM 的基本思想得到了广泛的承认^[3]。

对于建筑全生命周期管理, 大多采用 Autodesk 给予的定义: “贯穿于建设全过程, 即从概念设计到拆除或再利用, 通过数字化的方法创建、管理和共享所建造资产的信息。”^[4]

水利水电工程作为建设工程的一大领域, 虽然与建筑项目存在诸多不同, 但基本思想是一致的。通过对建筑全生命周期管理概念的分析, 水电工程全生命周期管理的主要内容可以概括为: 通过对水电工程建设项目规划、设计、施工、运营等全生命期各阶段产生的各方面数字化信息进行集成管理、实时维护和充分共享, 使得各专业、各参与方、各阶段之间能够随时互用所需信息, 实现对工程项目进度、成本、质量、资源、风险等方面的可预测、可控制, 以达到工程项目在整体上的最优。

在水电工程全生命期管理方法体系中,实现系统集成是重要手段。只有整合现有各种系统,形成有机、和谐的整体,才能使得各阶段、各参与方、各专业实现信息资源的有效组织与共享。然而就目前而言,水电工程全生命期管理的理念仍处于起步阶段,因此也鲜有对其全生命期管理平台的研究。水电工程规模大、周期长、专业多、影响范围广等特点,使得传统项目管理模式信息流失严重、信息共享程度低、信息反馈不及时等问题愈加突出。本研究通过将全生命期管理理论与水电工程的实际情况相结合,提出水电工程全生命期管理平台的逻辑架构、物理架构及其主要功能和实施模式,支持水电工程的全生命期管理。

2 支撑技术

2.1 BIM 技术

近年来,建设行业通过引入和推广信息技术,大幅提高了行业的科技水平。本世纪初出现的 BIM (Building Information Modeling, 建筑信息模型) 技术,就是为了实现各阶段、各参与方、各专业之间的信息共享,以解决“信息断层”、“信息孤岛”等问题^[1],从而提高产业效率和产品质量。根据美国国家 BIM 标准^[5],BIM 是指“对建筑项目的物理特性和功能特性的数字化表达”。BLM 的核心是对信息的管理^[6],而作为管理巨量数据的工具,BIM 技术的应用是必不可少的。

在水电行业中,BIM 等信息化的应用也在快速发展当中。例如成都勘测设计研究院与其他公司共同完成的“中国数字水电基础信息与分析平台”综合运用 BIM 等信息化技术,为主要流域地理环境、基础设施、自然资源、地质环境、生态环境等的综合统一管理提供了可视化管理和分析平台^[7]。因此在水电工程领域应用 BIM 技术,已具有一定的政策基础和技术基础,可以逐步推广使用。

2.2 云技术

在《“十三五”信息化应用规划编制建议》^[8]中,“云大物移智”等新兴 IT 技术的大规模应用已成为信息化应用的新常态。其中的“云”即指云计算技术。所谓云计算技术,是指在广域网或局域网内将硬件、软件、网络等系列资源统一起来,实现数据的计算、储存、处理和共享的一种托管技术^[9]。它具有运算速度快、操作简单、虚拟化、可靠性高、兼容性强、扩展性高等特点^[10]。

将云技术与 BIM 技术相结合,即可使之不但具有一般 BIM 软件的各种特点,而且使整个平台能够为分布于不同时间和空间的用户提供服务,各项目相关人员能在同一平台上工作,从而支持更大规模的信息协作与共享。这对于水电工程领域来说,可以针对其建设周期长、参与方分散而众多、专业细致繁多的特点,有效解决信息共享、信息协作和信息安全等问题,也可以实现大规模数据存储与分布式计算。

2.3 物联网技术

上文提到的“云大物移智”中的“物”即指物联网技术。物联网白皮书^[11]认为,“物联网是通信网和互联网的拓展应用和网络延伸,它利用感知技术与智能装置对物理世界进

行感知识别，通过网络传输互联，进行计算、处理和知识挖掘，实现人与物、物与物信息交互和无缝链接，达到对物理世界进行实时控制、精确管理和科学决策目的。”

将物联网技术与 BIM 技术相结合，可以极大地增加 BIM 数据的来源，例如实时感知数据、视频监控数据、传感器数据等，避免人工收集数据的繁琐与错漏，确保信息的准确性与实时性，支持实时、前瞻的分析与决策。在水电工程项目中，体量巨大、施工条件复杂、安全隐患多，运用物联网技术作为 BIM 信息的支撑必不可少。

3 水电工程全生命期管理平台逻辑架构

水电工程全生命期管理系统的逻辑架构从下到上可划分为数据层、服务层、接口层、模型层和应用层共 5 层，支持其规划、设计、施工、运维各阶段不同参与方和专业的信息协作与共享，如图 1 所示。

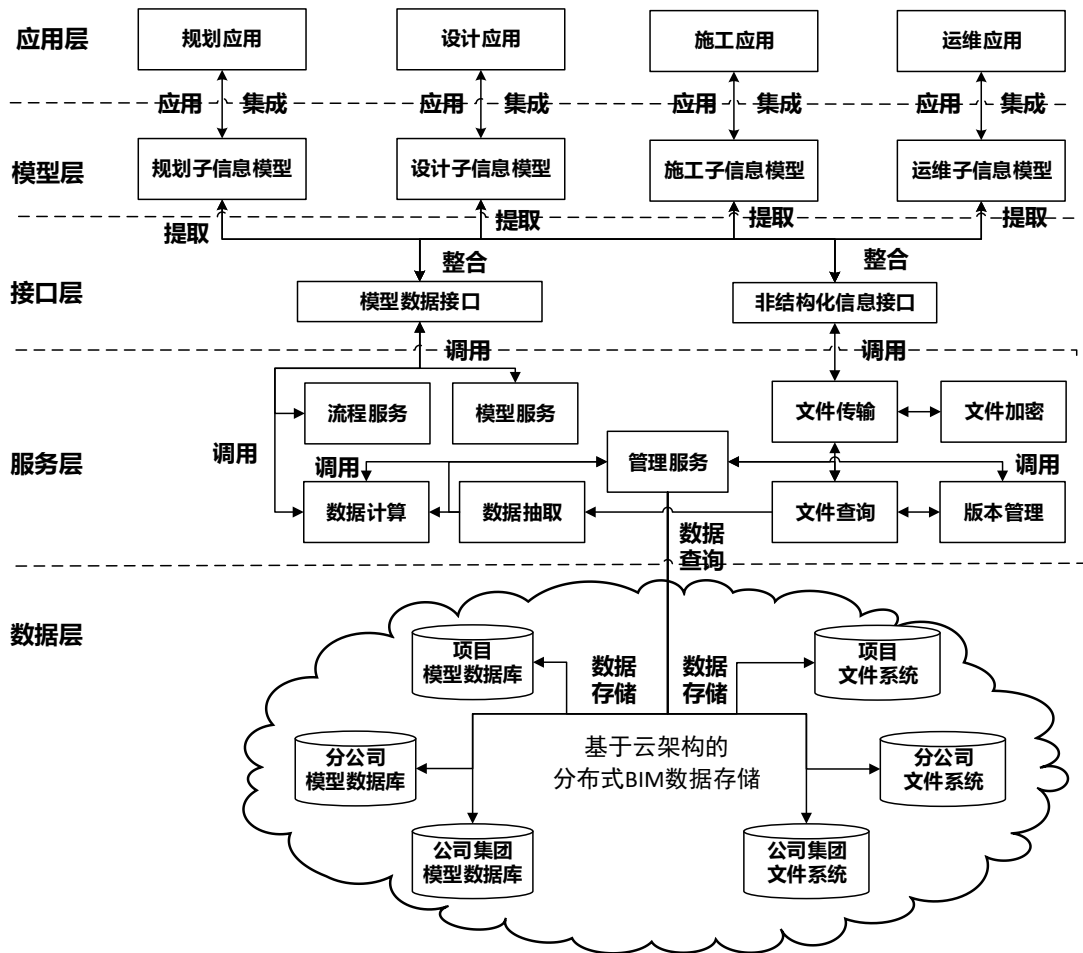


图 1 水电工程全生命期管理系统逻辑架构

(1) 数据层：考虑到水电工程领域参与方众多、分布广而分散的特点，采用基于混合云架构的分布式存储方式为系统提供数据存储支持。即考虑数据的传输效率和私密性及安全性，将数据的存储分别布置在项目部、分公司和总公司内网中，搭建在云端服务器上，各节点分为模型数据库、非结构化文件系统。

(2) 服务层：水电工程全生命期管理平台通过服务层的各项基础服务为各应用软件提供数据和计算的交互。服务层所包含的主要服务包括：①权限服务：包括数据读取控制、修改控制等；②模型服务：包括水电工程信息模型的存储、查询、提取、更新、对比、历史版本管理等，模型数据存储的节点位置和提取方式也由该类服务提供；③子模型服务：进行各阶段、各专业子模型的定义、解析、提取、集成等；④基础模型处理服务：包括三维可视化显示、模型面片化处理等；⑤基础分析服务：包括通用性能分析、通用经济分析等。

(3) 接口层：接口层为平台层各类服务提供了与数据库交互所需的数据解析、提取与集成技术，包括模型数据接口引擎和非结构化数据接口引擎。接口层针对各类数据源的具体特征，实现统一的数据接口，对平台层屏蔽了异构分布式数据源存取的技术细节，便于平台层服务的研发、维护与扩展。

(4) 模型层：模型层提供支持应用层具体软件的信息模型，为具体应用点提供信息支撑。子信息模型是水电工程全生命期信息模型的子集，且能够一定程度上自愈，根据应用点的具体需求定义。子模型宜通过 MVD (Model View Definition, 子模型视图) 标准和 IDM (Information Delivery Manual, 信息交付指南) 标准定义，采用 IFC (Industry Foundation Class, 工业基础类) 中性文件的方式进行存储，以便于各软件之间的互用。

(5) 应用层：水电工程全生命期管理系统架构最高层，具体表现为各类软件工具。各类软件工具按水电工程不同阶段划分为规划阶段应用软件、设计阶段应用软件、施工阶段应用软件、运维阶段应用软件等，也可针对不同参与方、不同专业继续细分。

4 水电工程全生命期管理平台物理架构

在水电工程领域中，参与方分散而众多，且不同参与方对数据的安全性有不同的要求。因此可采用私有云方式储存各参与方的私有数据，而将需要进行交换和共享的数据存储在公有云上，形成混合云部署模式。这样的模式可以兼顾敏感数据的安全性和多参与方的数据共享，适合用于水电工程领域，如图 2 所示。

对于施工项目节点，施工现场人员主要通过手机端、Web 端与项目中心服务器进行数据交互，项目管理人员主要通过局域网来访问和管理项目中心服务器，施工项目节点将项目数据信息上传至分公司节点进行统一管控。

对于分公司节点，主要管理所负责的各个项目节点，集成各个项目数据信息，本公司人员通过 Internet 或者局域网进行数据的访问和管理，并将分公司部分数据根据分公司与总公司协议，上传至总公司进行统一管控；

对于总公司节点，主要集成各分公司协议数据，对各分公司进行统一管控，集团管理人员通过 Internet 或局域网可访问和管理集团公司私有云，也可通过 Internet 与行业云进行交互。这样通过互联网和云平台实现各层级管控，为信息化管理打下基础。

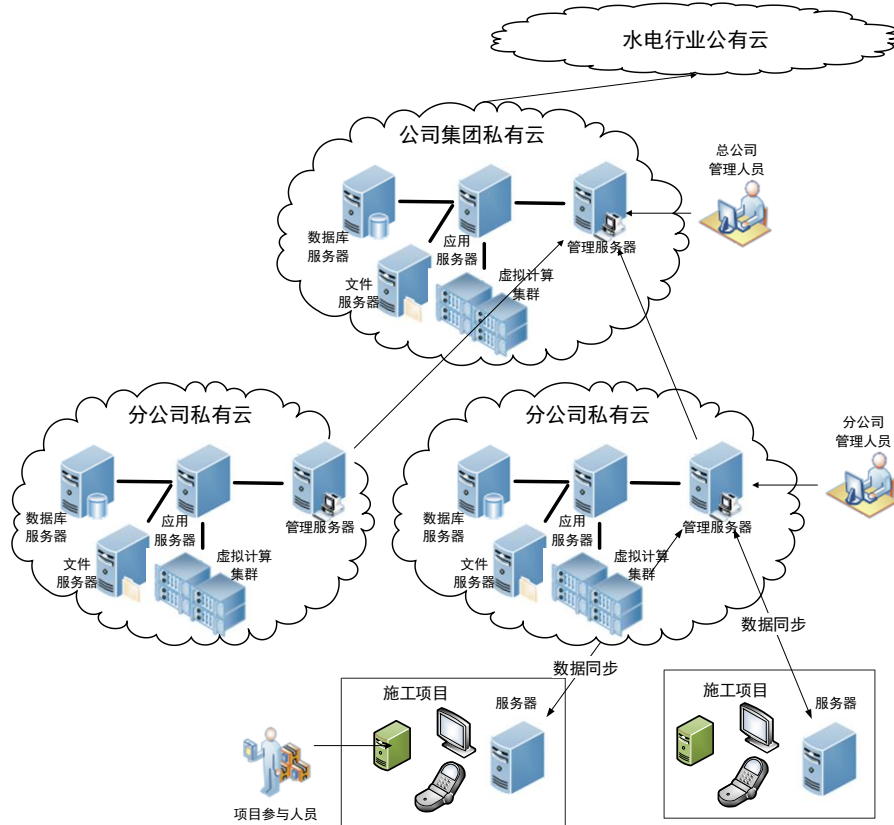


图 2 水电工程全生命期管理系统物理架构

5 应用实施方案

水电工程全生命期管理平台的应用无法一蹴而就，需要按照一定的步骤逐步推进。所涉及的主要步骤如图 3 所示。

(1) 已有信息化资产摸底：管理平台的建设应充分利用已有信息资产，包括服务器等硬件条件、网络环境、信息化系统软件条件等。以便在开发时重用已有资源，减少开发工作量，易于使用者接受。

(2) 平台设计与搭建：管理平台需在不同地点建立不同规模和功能的数据中心，需根据资产实际情况进行数据中心和网络连接情况的设计和部署，降低成本。

(3) 平台测试与上线运行：考虑到全生命期管理对于水电工程领域仍是一个较新的理念，需要通过大量实际工程验证和完善平台系统。宜从单个项目综合应用为突破口，逐步拓展到分公司、总公司、全行业的互用，最终真正实现整个行业全生命期的管理理念。在

此过程中需要不断收集现场需求，对平台功能进行追加或修改。

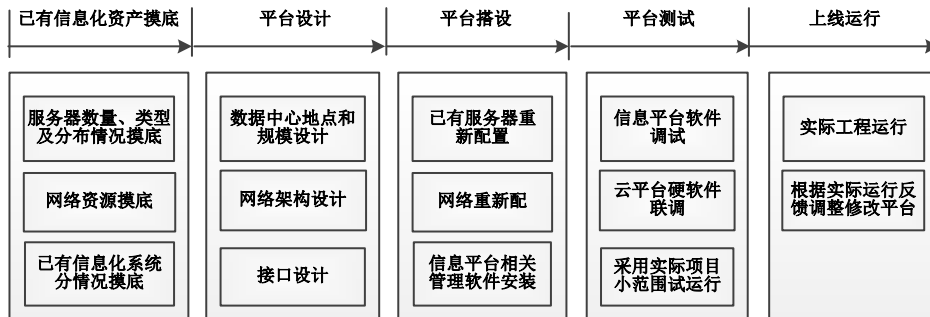


图3 水电工程全生命期管理平台实施方案

6 总结

本文通过考察水电工程全生命期的管理特点和需求，结合 BIM 技术、云技术和物联网技术，建立了基于 BIM 的水电工程全生命期管理平台的逻辑结构和物理结构，并提出了实施推进方案。本架构充分考虑到水电工程周期长、参与方分散、专业众多、影响范围广等特点，可用于规划、设计、施工、运维等各阶段，并能支持分散于各地的不同参与方、不同专业的信息共享，具有较强的适用性。

参考文献

- [1] 张洋. 基于 BIM 的建筑工程信息集成与管理研究[D]. 清华大学, 2009.
- [2] 陈训. 建设工程全寿命信息管理 (BLM) 思想和应用的研究[D]. 同济大学, 2006.
- [3] Phil. The Laiserin Letter. Autodesk on BIM [EB/OL]. (2003-01-13) [2016-06-30].
<http://www.laiserin.com/features/issue18/feature02.php>.
- [4] Autodesk. Advances Lifecycle Management for Building, Infrastructure and Manufacturing Markets [EB/OL]. (2014-02-17) [2016-06-30]. <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=3999905>.
- [5] Science NOIB. United States National Building Information Modeling Standard Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies [S/OL][M/OL].(2009) [2016-06-30].
http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf.
- [6] 李永奎. 建设工程生命周期信息管理 (BLM) 的理论与实现方法研究[D]. 同济大学, 2007.
http://www.mohurd.gov.cn/zcfg/jsbwj_0/jsbwjgzl/201105/P020110517580718435647.doc
- [7] “中国数字水电(一期)”通过验收[J]. 水利水电工程造价,2014,04:8.
- [8] 中国科学技术协会. “十三五”信息化应用规划编制建议 [EB/OL]. (2015-03-13) [2016-06-30]
<http://www.cast.org.cn/n35081/n12288643/n15935146/16274002.html>
- [9] 埃尔. 云计算：概念、技术与架构[M]. 北京：机械工业出版社, 2014.
- [10] 雷葆华. 云计算解码：技术架构和产业运营[M]. 北京：电子工业出版社, 2011.
- [11] 物联网白皮书(2011)[J]. 中国公共安全(综合版),2012,Z1:138-143.