

枕头坝二级水电工程智慧工程建设体系应用研究

张永瑞^{1,2}, 刘钊³

(1.中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 贵州省 贵阳市 550081; 2. 贵州省建筑信息模型(BIM)工程技术研究中心, 贵州省 贵阳市 550081; 3. 国家能源集团大渡河流域水电开发有限公司, 四川省 成都市 610041)

摘要: 通过对智慧工程建设现状的剖析, 围绕智慧工程建设的关键性技术进行深入探讨。以枕头坝二级水电工程为例, 充分利用5G、物联网、BIM、GIS、大数据、云计算等先进的信息化技术, 提出“一二”智慧工程总体建设思路, 实现工程实时感知、全要素智能化管控、超前预警、自主决策、全景可视, 全面提升工程建设管控水平, 促进水电工程开发建设的技术升级。

关键词: 枕头坝二级水电工程; 智慧工程; BIM+GIS; 智能安全帽

中图分类号: TV51

文献标识码: A

1 引言

当前, 我国水电工程建设已基本形成机械化、信息化、数字化为主体的建设格局, 近年来随着云计算、大数据、物联网、人工智能等现代信息技术的快速发展, 正朝着智能化方向迈进。^[1]从早期的糯扎渡水电工程的数字大坝, 到溪洛渡、长河坝、黄登、两河口、丰满、白鹤滩、乌东德等大型水电工程智能建造逐步探索, 形成了以工程建设资源要素管理、业务流程管理、工艺过程控制为主智能化建造体系^[2-9]。随着工程信息化进程进一步加速, 我国大中型水电工程建设的智能化正在变得到越来越广泛。

智慧工程是以水电工程数字建设管理为基础, 以云计算、大数据、物联网、人工智能、BIM、GIS等新一代信息技术为抓手, 以全面感知、深度分析、智能决策与反馈控制为基本运行方式, 深度融合水电工程空间模型与信息, 建立动态精细化的可感知、可分析、可控制的智能化建设与管理运行体系。

现有大中型水电工程智慧工程建设, 更多以单一工程角度进行建设, 特点鲜明, 复用性较差。以大渡河流域为例, 无论从早期的大岗山、猴子岩、沙坪二级等智慧工程建设探索, 还是到智慧双江口建设^[10], 其更多立足于单一工程建设, 未考虑后续工程迭代应用, 导致后续项目开展智慧工程建设出现另起炉灶、重复建设的现象, 造成资源以及成本的大幅浪费。本文拟通过枕头坝二级水电站智慧工程体系框架研究, 探索研究水电工程智慧工程建设体系, 实现大渡河流域水电工程智慧工程建设标准化、规范化。

2 智慧工程相关技术方法研究

2.1 架构体系研究 传统的业务应用系统建设是紧耦合的, 是物联感知数据、业务数据、业务应用耦合在一起的烟囱式孤立系统。各业务应用系统均按自底向上的结构针对某一应用而独立设计, 存在着“各自为政”的问题, 数据采集、分析应用缺乏统一规划, 难以实现业务数据高效共享和部门间协同管理的, 无法实现业务数据和业务应用的剥离, 以及基础感知设备和业务系统剥离^[11-12]。

收稿日期:

基金项目: 贵州省科技计划项目“贵州省建筑信息模型(BIM)工程技术研究中心”(黔科合平台人才[2019]5301号)

作者简介: 张永瑞(1989-), 男, 内蒙古自治区呼和浩特市土默特左旗, 工程师, 硕士, 主要从事BIM工程技术研发及应用工作。
zhangyongrui_gyy@powerchina.cn

智慧工程建设应具备可扩展性、灵活性、高效性、创新性，对于智慧工程平台搭建，采用常规的烟囱式架构，数据之间相互独立，难以实现数据的高效共享及协同，无法满足工程管控模式的需要以及难以实现数据资产价值的最大化。因此，要想实现智慧工程建设体系的标准化以及数据价值挖掘的最大化，智慧工程平台的搭建应采用微服务架构，建立规范的业务应用及业务数据服务池，获取感知数据，从数据源头强化数据质量，确保数据同源，实现业务系统之间的协同性和独立性，避免重复建设和信息孤岛。

2.2 BIM+GIS 技术研究 BIM 是对一个构筑物的几何和功能特性的数字表达，它是一个共享的知识资源，BIM 将数据转化成为信息，在工程全生命周期的各个阶段都可以实时获取已有的以及与工程相关的信息知识，使工程建设管理更加高效、科学。

GIS 技术不仅可以高效地管理各种资源环境信息（含空间属性），同时还可以对信息数据进行快速分析和测试，便于制定决策、进行科学和合理的评价，而且能够为工程决策提供更为完善的信息服务和技术支撑。

通过BIM+GIS，能够将工程信息、遥感信息与常规监测信息有机结合，为工程建设提供动态、连续的监测，基于BIM+GIS实现的三维虚拟环境，能够更好地组织和管理工程建设信息。同时，以BIM+GIS平台为基础，集成其它业务系统数据，智慧工地系统、数字化施工系统、移民管理系统等，可为决策者提供直观、动态、准确的信息展示功能。将二维和三维视图进行联动，整合二维数字地图和三维虚拟环境的优点，为实现决策支持的智能化奠定基础。

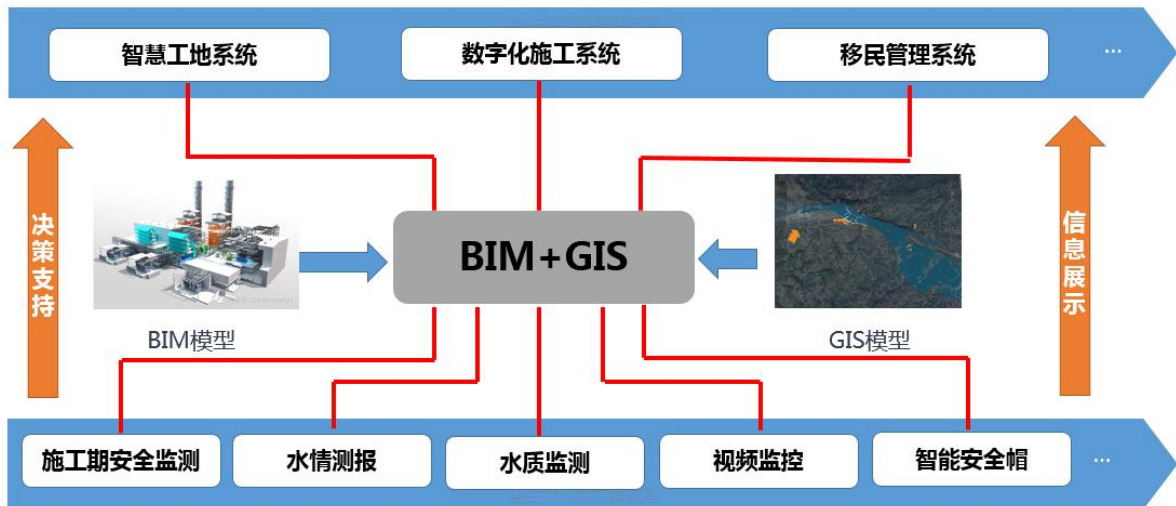


图1 BIM+GIS应用体系

2.3 智能安全帽技术研究 随着5G技术的兴起，物联网技术取得了长足进步。智能安全帽、智能建造设备等智能物联网设备的应运而生。其中，安全帽作为工程建设过程中的保障建设人员安全的必备品，其与现代信息化技术的结合，赋予了智慧工程更多的可能性。

智能安全帽应用，在工程建设范围内可对各参与方的工作人员实时监控，动态查询一个或多个人员在建设范围内的实际位置、活动轨迹；若工作人员停留在非授权区域的时限超过警戒时间，自动报警，并推送相关信息到管理人员。借助人脸识别技术，动态排查非授权人员进入施工区域，并实现实时报警。一旦发生各类事故，自动提示事故区域内作业人员数量、人员实时位置、人员姓名等信息，大大提高抢险效率以及救护效果，确保工作人员安全。

在保证人员安全同时，通过视频监控以及统计工作人员位置、工作持续时间等一系列信息，可实现工程质量、进度、安全的辅助管理，具体应用路径如图2所示。智能安全帽与工程管理业务的深度结合，为工程实现智慧化管控提供了较好的借鉴意义。

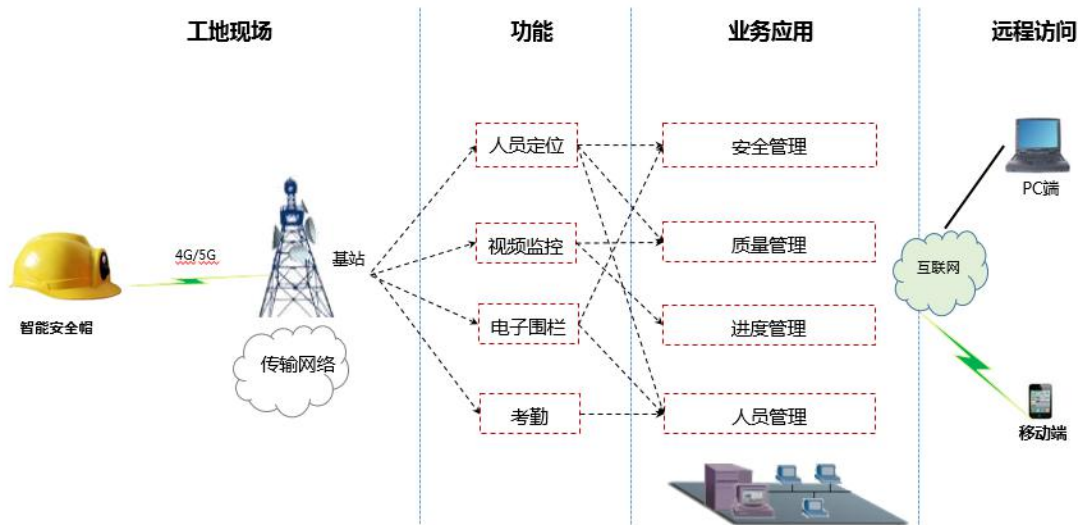


图2 智能安全帽应用路径

2.4 标准规范体系研究 从管理学的角度来看，没有健全的标准规范体系，很大程度上会导致项目建设过程中内部管理体系混乱，进而会造成项目建设失败。而标准规范体系建设能够使智慧工程建设过程中各项工作的各个环节都按照既定流程开展相应工作，在事前计划、事中控制、事后评价全阶段过程控制以及质量评价、自我纠正、持续改进的工作机制能够有效地避免智慧工程建设中存在的各类问题。

常规以单一应用管理为目标建立的业务系统和数据库，由于缺乏数据标准，造成同项数据不统一、多维数据不协同、数据不能用等问题。为了实现智慧工程数据高效性的目标，必须将数据标准体系建设作为智慧工程建设的核心任务，完成统一的数据采集标准、传输标准、应用标准，实现业务一体化应用，达到“一处收集、一处更新、多处使用、全面挖掘”的效果。

常规以单一应用管理为目标建立的业务系统和数据库，由于缺乏数据标准，造成同项数据不统一、多维数据不协同、数据不能用等问题。为了实现智慧工程数据高效性的目标，必须将数据标准体系建设作为智慧工程建设的核心任务，完成统一的数据采集标准、传输标准、应用标准，实现业务一体化应用，达到“一处收集、一处更新、多处使用、全面挖掘”的效果。

完善的BIM标准体系是智慧工程业务数据能否实现全阶段数据流转的关键,对BIM模型结构精度、属性信息精度、交付要求以及业务数据流转具有非常重要的意义和作用。BIM标准体系的建立,可实现工程全生命期各参与方在同一BIM模型基础上的数据共享,以及促进工程的智能化建造,对于智慧工程建设及企业BIM技术进步的有很大作用。

因此，为了有效解决智慧工程建设过程中技术和管理问题，保障智慧工程建设顺利开展、系统长效运行。标准规范体系应主要包含管理标准、应用标准、BIM标准、信息资源标准、网络标准、安全标准与通用标准七类共18个，具体标准规范结构见图3所示。



图3 标准规范结构体系图

2.5 数字移交技术研究 考虑后续工程竣工移交以及电厂运维的业务需求，建设期各类数据汇总、关联并整体移交至运营，是支撑电厂开展智慧运维的核心数据，因此开展数字移交技术研究对于水电工程后续运维阶段智慧电厂建设具有重要的意义。

数字移交应以 BIM+GIS 平台为基础，汇聚设计、施工全过程信息数据，以工程全生命周期管理为主线，以模型为载体，全流程数据为支撑，开展数字化移交系统建设，消除信息孤岛，避免数据重复建设，为后续智慧电厂的建设提供底层基础数据。

数字移交系统建设应包括数据层、逻辑层、应用层 3 个层次。（1）数据层：即底层物理数据库，汇集设计、施工等数据成果，包括三维模型库、文件库、图像库、关系型数据库等。（2）逻辑层：通过数字化移交系统，将数据之间的关联关系进行有效组织，以便于系统进行检索。（3）应用层：为用户提供具体的数据服务，是联系客户与系统的纽带。

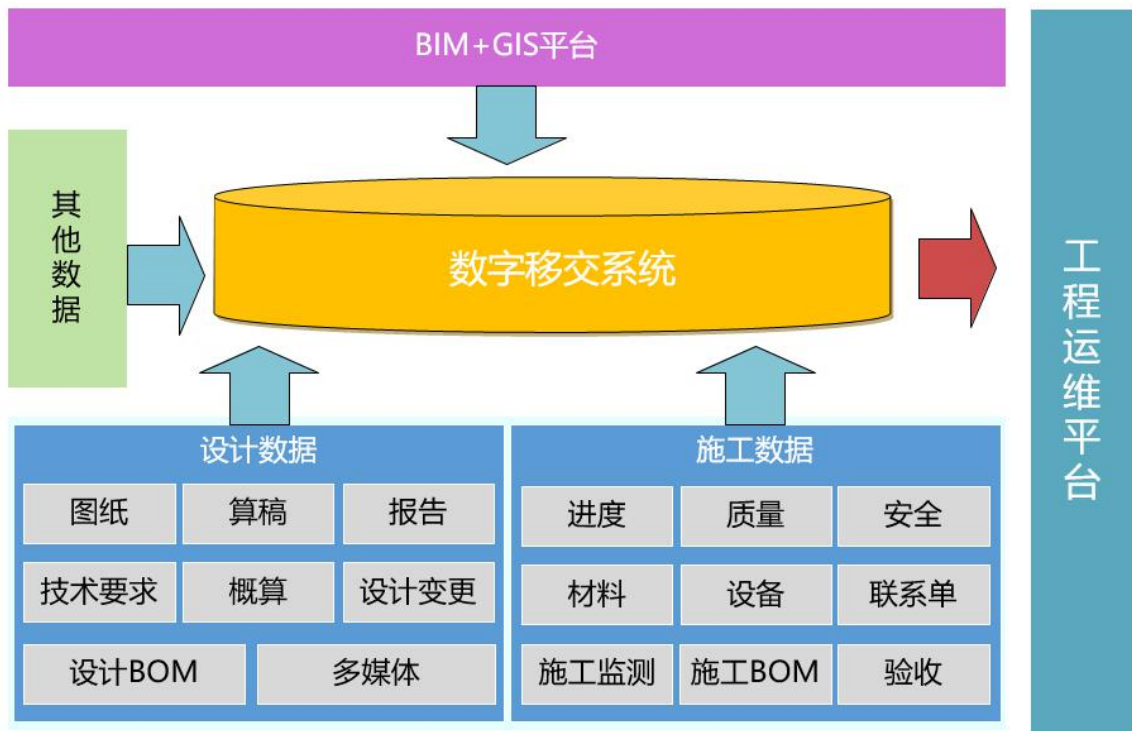


图4 数字化移交架构图

3 枕头坝二级水电工程智慧工程体系架构

3.1 工程项目概况 枕头坝二级水电站位于四川省乐山市金口河区，为枕头坝河段两级堤坝式开发的第二级，位于上游 4.1km 的枕头坝一级水电站现已完工。枕头坝二级水电站为 II 等大（2）型，主要建筑物（挡水建筑物、泄水建筑物、发电厂房）等为 2 级建筑物。电站采用堤坝式开发，由左岸非溢流坝段、泄洪闸坝段、河床厂房坝段、右岸非溢流重力坝坝段以及鱼道组成。电站坝顶高程为 595m，正常蓄水位为 592.0m，最大坝高 54m，电站装机容量 300MW，多年平均发电量为 15.03 亿 kW·h，正常蓄水位以下库容为 0.112 亿 m³，水库总库容 0.122 亿 m³，为径流式电站。工程等别为三等中型工程。开发任务以发电为主，兼顾库区供水。

枕头坝二级水电工程临近城区，距金口河区人民医院约 0.2km，距观音庙居民点约 0.18km，因此对枕头坝二级水电工程而言，施工过程的工区安全管理、环境保护是其重中之重。

3.2 建设思路 枕头坝二级水电工程智慧工程建设应适应枕头坝二级水电工程建管模式，聚焦三大业务板块，基于大渡河“大感知、大传输、大存储、大计算、大分析”五大基础，打造“一一三”智慧工程，即 1 张网、1 中心、3 大平台。“一张网”为物联感知网，“1 中心”为工程数据中心，物联感知网与工程数据中心建设，从智慧工程的基础支撑层面打通数据边界与应用边界，统一标准、互联开放、全面感知、资源共享，为枕头坝二级水电站智慧工程建设注入了智慧基因，并以此为三大平台智慧化管控奠定基础。“3 大平台”为支撑平台、工程管控平台和决策指挥平台，是智慧工程实现自动预判、自主决策的中枢。

从工程特点、价值最大化以及需求迫切性考虑，以枕头坝二级水电工程业务应用为核心，设计枕头坝二级水电站智慧工程总体架构，如图 5 所示，从下至上分为 5 层：基础数据层、业务支撑层、业务应用层、决策层、展示层。

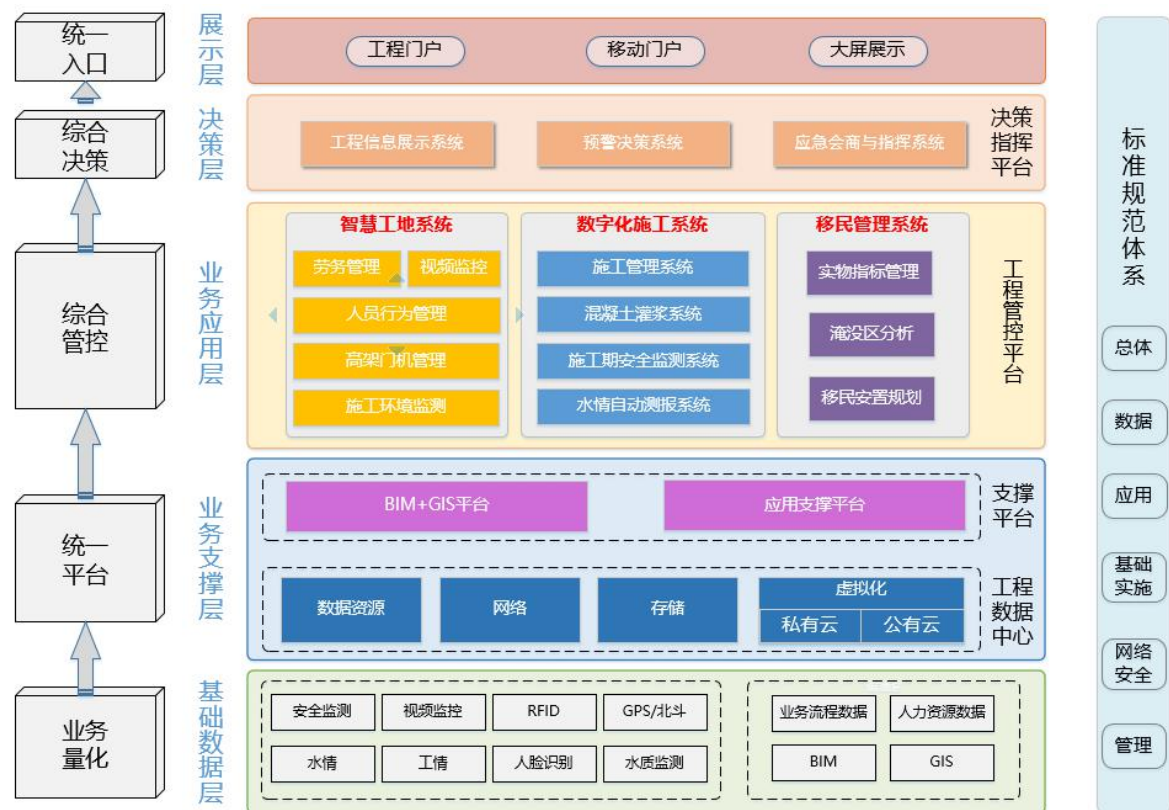


图5 枕头坝二级水电站智慧工程总体架构图

基础数据层：建设覆盖“人、事、物、能”等的天地一体感知体系，实现对物联网数据、业务数据、BIM、GIS等信息的自动采集与汇聚，实现全时空智能化监控和管理。

业务支撑层：应用支撑层含工程数据中心和支撑数据平台。工程数据中心按照“一张图、一套库、一数一源”的原则建设，对数据资源进行统筹规划，实现所有数据资源的统一集中管理和服务；GIS+BIM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，可通过与各类业务应用系统的数据接口对接，实现工程建设管理过程业务数据的集成以及三维可视化展示。

业务应用层：围绕枕头坝二级水电工程建设的业务主线，以工程施工安全、质量、进度、投资、环保和关键保障要素管理为重点，进一步实现工程全方位业务数据量化和标准化，形成由绿色施工、精品建造共同组成的工程建设管理应用板块，实现工程建设过程的智慧化管理。

决策层：提供跨平台、多终端的决策支持环境，对工程总体进度、总体投资、绩效指标等关键数据进行集成展示，并结合虚拟现实技术，将工程建设实体的属性、状态和行为进行可视化表达，以一张图大屏展示的方式实现数据的集成应用和互联互通，结合历史数据、类似工程经验和专家会商系统对现场异常作出实时分析，辅助决策者进行决策、反馈。

展示层：各类用户登录相应的工程门户网站以及移动门户，通过其要访问的信息、业务系统，进而确定应用层的访问内容。通过统一资源管理进行集中的用户认证和授权，实现个性化定制。

4 结论

本文针对现有水电站智慧工程建设过程中存在的弊端进行归纳总结，研究分析了智慧工程建设过程的关键性技术方法。基于枕头坝二级水电工程的实际情况，改变现有传统智慧工工程建设模式，借鉴新技术、新方法、新理念，以微服务理念，搭建枕头坝二级水电工程智慧工程体系框架，提出“一一

二”智慧工程建设总体思路，构建全面感知、全要素智能化管控、超前预警、自主决策、全景可视的智慧工程建设新格局，对后续枕头坝二级水电工程智慧工程的建设具有重要的指导意义，同时也为后续大渡河流域水电工程智慧工程建设指明了方向、奠定了基础。

参 考 文 献：

- [1] 钟登华,王飞,吴斌平,崔博,刘玉玺. 从数字大坝到智慧大坝[J]. 水力发电学报,2015,34(10):1-13.
- [2] 刘伟,邹青.糯扎渡水电站安全监测自动化系统设计[J].水力发电,2013,39(12):76-80.
- [3] 韩建东,张琛,肖闯.糯扎渡水电站数字大坝技术应用研究[J].西北水电,2012(02):96-100.
- [4] 马洪琪,黄登高碾压混凝土坝全面数字化建设技术研究与应用[C]. 中国大坝工程学会、西班牙大坝委员会.国际碾压混凝土坝技术新进展与水库大坝高质量建设管理——中国大坝工程学会2019学术年会论文集.中国大坝工程学会、西班牙大坝委员会:中国大坝工程学会,2019:19-29.
- [5] 郭建文,陈锐,邓拥军.黄登水电站建设管理中的数字系统研究与应用[J].水力发电,2019,45(06):21-25.
- [6] 敖翔,杨晨光,侯东奇.两河口水电站BIM技术研究与应用[J].水利规划与设计,2018(02):28-31+181.
- [7] 田政,姚宝永,李琦.大体积混凝土智能温控系统在丰满水电站重建工程中的应用[J].水利建设与管理,2018,38(02):57-60+77.
- [8] 韩兴.长河坝水电站智能施工管理系统的开发与应用[J].水利水电施工,2017(04):129-132.
- [9] 樊启祥,张超然,陈文斌,李庆斌,张国新,周绍武,汪志林,杨宗立,李文伟,彭华,陈文夫,尹习双,杨宁,李果.乌东德及白鹤滩特高拱坝智能建造关键技术[J].水力发电学报,2019,38(02):22-35.
- [10] 涂扬举. 智慧工程在大渡河水电建设中的探索与实践[C]. 中国大坝工程学会.水库大坝高质量建设与绿色发展——中国大坝工程学会2018学术年会论文集.中国大坝工程学会:中国大坝工程学会,2018:208-217.
- [11] 裴宏祥,于晓虹.基于微服务架构的系统设计与开发[J].中国科技信息,2019(10):91-92.
- [12] 杨强,张钧鸣.基于微服务架构的大数据应用开发创新实践[J].电力大数据,2019,22(03):71-76.