

## 铁路桥梁信息化施工管理平台研发与应用

齐成龙

### Railway bridge information construction management platform

QI Chenglong

引用本文:

齐成龙. 铁路桥梁信息化施工管理平台研发与应用[J]. 铁路计算机应用, 2022, 31(2): 23-27.

QI Chenglong. Railway bridge information construction management platform[J]. *Railway Computer Application*, 2022, 31(2): 23-27.

在线阅读 View online: <http://tljsjyy.xml-journal.net/2022/12/23>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 铁路桥梁高强度螺栓施拧扭矩智能控制系统

Intelligent control system of high strength bolt twisting torque for railway bridge  
铁路计算机应用. 2018, 27(7): 105-108

#### 神朔铁路营业线施工管理系统研究与实现

Construction management information system of Shenshuo railway business line  
铁路计算机应用. 2018, 27(4): 41-45

#### 轨道交通工程BIM+GIS云平台微服务架构研究

Microservice architecture of BIM + GIS cloud platform for rail transit engineering  
铁路计算机应用. 2021, 30(2): 30-34

#### 铁路桥梁BIM程序的设计与实现

Design and implementation of BIM program for railway bridges  
铁路计算机应用. 2019, 28(6): 25-29

#### 城市轨道交通智能施工调度管理系统研究与实现

Intelligent construction dispatching management system for urban rail transit  
铁路计算机应用. 2019, 28(8): 62-67

#### 铁路货运综合生产管理系统设计与关键技术研究

Design and key technologies of railway freight integrated production management system  
铁路计算机应用. 2020, 29(2): 21-24



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

文章编号: 1005-8451 (2022) 02-0023-05

# 铁路桥梁信息化施工管理平台研发与应用

齐成龙

(中国铁路设计集团有限公司 土建院, 天津 300308)

**摘要:** 为解决现有铁路桥梁粗放式建造模式存在的资源高消耗、劳动力短缺、信息集成度不高等问题, 文章基于建筑信息模型 (BIM, Building Information Modeling) 和地理信息系统 (GIS, Geographic Information System) 技术, 设计开发了铁路桥梁信息化施工管理平台; 实现了三维可视化的项目进度管理、安全管理、质量管理等功能。以 Spring Cloud 为技术框架, 开发具备微服务架构特性的分布式系统; 研究三维场景缓存预处理及基于工程结构分解的数据管理关键技术。该平台已应用于郑济 (郑州—济南) 铁路长清黄河桥项目。应用结果表明, 该平台可提高施工现场的生产效率、管理效率及决策能力。

**关键词:** 建筑信息模型 (BIM); 地理信息系统 (GIS); 铁路桥梁; 施工管理; 微服务

**中图分类号:** U245 : TP39 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1005-8451.2022.02.05

## Railway bridge information construction management platform

QI Chenglong

(Civil Engineering Department, China Railway Design Corporation, Tianjin 300308, China)

**Abstract:** In order to resolve problems of high resource consumption, labor shortage and low information integration in the existing extensive construction mode of railway bridges, based on BIM (Building Information Modeling) and GIS (Geographic Information System) technology, this paper designed and developed the railway bridge information construction management platform. The platform implemented the functions of three-dimensional visual project progress management, safety management, quality management and so on. The paper took spring cloud as the technical framework to develop a distributed system with microservice architecture characteristics, study the key technologies of 3D scene cache preprocessing and data management based on engineering structure decomposition. The platform was applied to the Changqing Yellow River Bridge project of Zhengji (Zhengzhou-Jinan) railway. The results show that it can improve the production efficiency, management efficiency and decision-making ability of the construction site.

**Keywords:** Building Information Modeling(BIM); Geographic Information System(GIS); railway bridges; construction management; microservice

现有铁路工程的粗放式建造模式存在资源高消耗、劳动力短缺、信息集成度不高等突出问题。随着物联网 (IoT, Internet of Things)、移动互联、大数据等技术的飞速发展和规模化应用, 智能建造引领了新一轮的建造业革命。为解决上述问题, 铁路行业大力推动 IoT、大数据、人工智能等技术同交通基础设施建设的深度融合, 以建筑信息模型 (BIM, Building Information Modeling) 为核心, 开展铁路三维数字化施工管理。

为推动铁路工程信息化、智能化施工管理与控

制模式的发展, 国内不少学者进行了大量的研究。倪弢<sup>[1]</sup>依托新建西十 (西安—十堰) 高速铁路项目, 对基于地理信息系统 (GIS, Geographic Information System) +BIM 的设计成果综合应用平台进行探究, 以 CityMaker 作为基础 GIS 平台, 通过多源地形融合、多专业 BIM 设计成果集成、BIM 与地形融合等关键技术研究, 实现 BIM 设计成果与真实地形场景的无缝融合, 对 GIS 平台进行二次开发, 实现 BIM 设计成果展示、结构树解析、设计方案优化、三维空间分析等功能; 伍军等人<sup>[2]</sup>基于 BIM 技术在桥梁工程信息化管理的研究现状, 提出“面向服务的架构+面向对象的编程”方法, 采用微服务架构, 融合应用 BIM、GIS、IoT 技术, 构建面向对象和服务的桥梁

收稿日期: 2021-09-06

基金项目: 中国铁路设计集团有限公司科技开发课题 (2020YY140601)

作者简介: 齐成龙, 高级工程师。

工程信息管理平台，并应用于盐城特大桥的施工管理全过程；马白虎等人<sup>[3]</sup>将现代四维施工管理理论引入到桥梁施工期间信息化管理的过程中，以桥梁BIM为载体，融合进度、质量、安全、制造和监测等管理信息，研发了平塘大桥BIM施工项目管理信息平台及移动终端，构建平塘特大桥建设期BIM项目管理信息平台，实现大桥建设期的远程、动态、可视化管理。

中国国家铁路集团有限公司（简称：国铁集团）2019年7月颁布的《铁路工程建设信息化应用技术规程(征求意见稿)》<sup>[4]</sup>明确规定了新建线路应将信息化内容纳入招标文件、施工单位应将信息化内容纳入施工组织设计，并对铁路工程各个专业的信息化提出了具体要求。综上，本文针对铁路桥梁三维数字化建设管理需求，开展解决方案研究，设计铁路桥梁信息化施工管理平台并开展工程化应用，相关成果不仅满足了国铁集团信息化技术路线的要求，同时也为传统勘察设计企业拓展多元业务领域、实现转型升级提供了借鉴。

1 平台设计

1.1 平台整体架构

铁路桥梁信息化施工管理平台整体架构如图1所示，分为数据采集层、数据资源层、服务层、应用层、访问层。其中，数据采集层负责本平台与外部自动化加工设备、监控设备、工程机械车辆的关联，作为其统计分析的原始数据入口；数据资源层将平台所需数据分为空间和属性两类，前者以三维模型的形式呈现，后者以非几何信息的形式附属于三维空间，存储于服务器和数据库中，并基于防火墙保障信息安全；服务层是对业务逻辑独立化的封装，每个服务都是独立的模块，从逻辑层面为系统功能的实现提供技术支撑，包括三维地理信息服务、数据管理服务；应用层是平台功能的直接外在表现形式，包括综合管理、技术管理、现场管理等模块；访问层为终端用户提供通过不同终端和网络的访问方式。

1.2 逻辑架构设计

1.2.1 逻辑架构分区

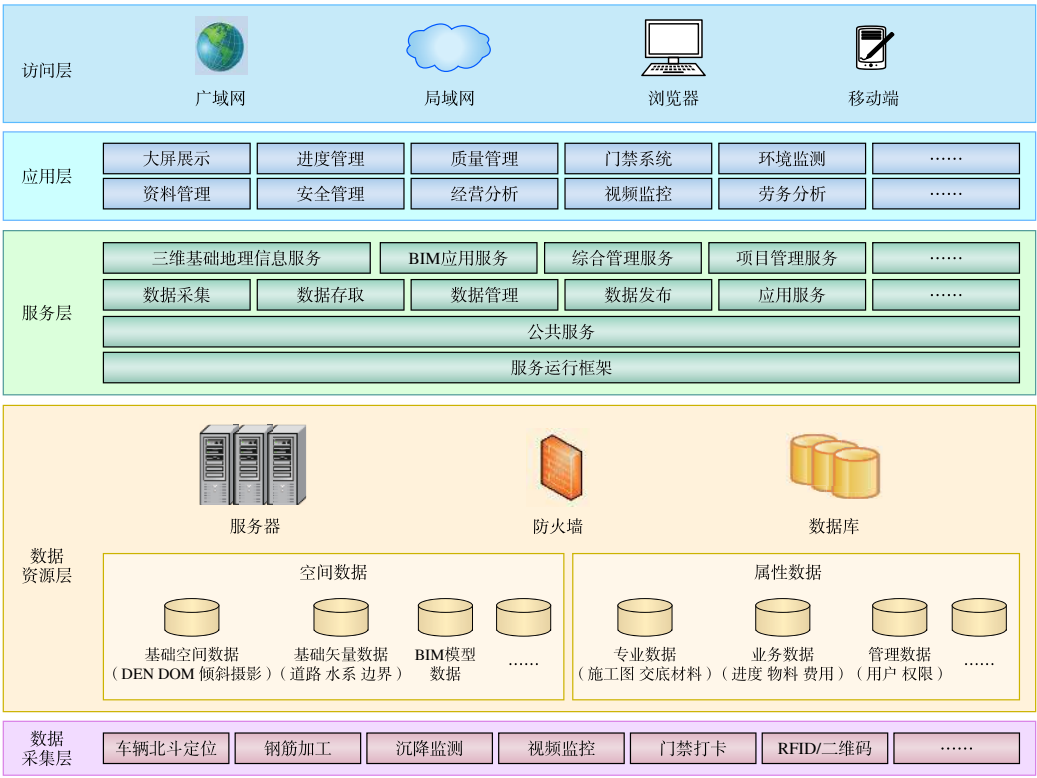


图1 平台整体架构

为实现上述系统功能，本文利用 Spring Cloud 技术框架，开发具备微服务架构特性的分布式系统<sup>[5]</sup>，将业务功能分解到离散的服务中，从而降低系统耦合性，提高平台运行的稳定性。本文采用的微服务架构与常规的单体式应用开发模式相比，具有以下优势：

- （1）通过将巨大单体式应用分解为多个服务的方法解决复杂性问题；
- （2）使得分解后每个服务的开发手段、开发环境相对独立，提高了开发自由度；
- （3）允许每个微服务独立部署，提高部署效率。
- （4）使得每个服务独立扩展，增强了系统开发的弹性。

采用微服务架构的平台逻辑架构如图 2 所示，可划分为 6 个区域：客户端区、转发区、后台系统区、渠道区、文件区、数据区，图 2 中给出了各逻辑分区之间的数据交互流程。

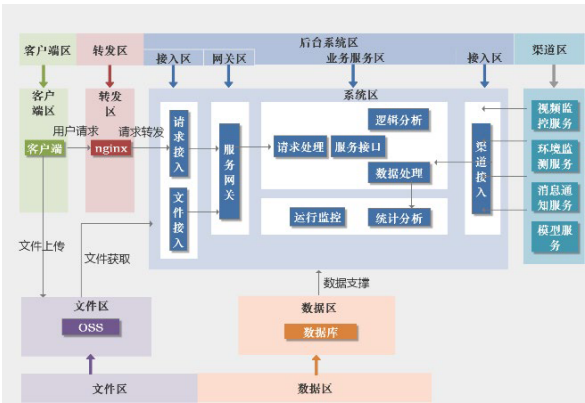


图2 平台逻辑架构

1.2.2 逻辑工作流程

本文分别从业务请求、文件管理、第三方服务的角度，介绍平台的逻辑工作流程。

- （1）业务请求
- 用户发起对本平台的网络访问请求后，前置代理服务器 Nginx 将请求转发至前端服务器<sup>[6]</sup>；用户登录客户端进行具体的施工管理业务操作，发起后台业务请求，请求发送至网关服务器；由网关服务器将不同业务请求转发至服务集群的不同业务服务器处理；网关具备检测请求来源、均衡分发请求的功能，保证系统安全和高效率。该业务请求流程实现

了桥梁施工过程中的进度、质量、安全管理等功能。

- （2）文件管理
- （3）第三方服务

平台逻辑架构的渠道模块利用第三方厂商开放的 API 和 SDK 开发对应功能接口，接入第三方设备，进行通信管理，实现远程模型轻量化管理、视频监控、机械设备数据收集与统计分析等功能。

2 关键技术

2.1 三维场景缓存预处理

由于三维 BIM 数据量庞大，远程加载效率低，为提高应用整体性能，本文采用基于流的场景加载优化方法，如图 3 所示，包括场景构建、数据存储和场景加载 3 个步骤。流式加载的基本思想是将一个完整的<sup>[8]</sup>、难以一次性处理的计算任务分解成若干个小任务，从而降低计算负荷。

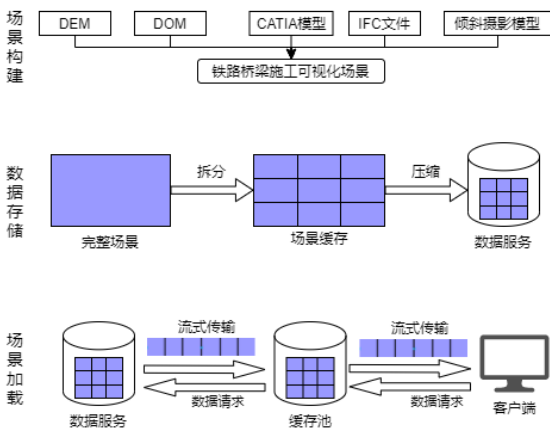


图3 基于流的场景优化加载方法

为实现 B/S 架构下的流式加载目标，需要在将三维数据发布为三维服务之前先对三维场景的数据组成（如影像数据、地形数据、模型数据）进行预处理，预处理的本质是为影像、地形或模型数据创建分层缓存，填充场景加载步骤中的缓存池。

例如，对影像数据进行预处理，即将影像数据简化成不同分辨率图像的集合，通过重采样的方法，建立一系列不同分辨率的图层，每个图层分割存储，



并建立相应的空间索引机制，从而提高缩放浏览影像时的显示速度。

2.2 基于工程结构分解的数据管理

为对现场桥梁工程对象进行有效的信息化管理，本文通过达索 BIM 平台创建桥梁三维信息模型，以 IFC 中间格式为媒介，通过 SuperMap-GIS 系统转化为 GIS 数据，读入 BIM 后，同一个桥梁工程构件的 GIS 模型继承了原有 BIM 的 GlobalID 属性值，由于该属性值具备唯一性，从而实现了跨平台的模型数据转换<sup>[9]</sup>及工程结构分解。

本文基于 GlobalID 对桥梁构件的唯一性进行识别并分类，从而进行全桥施工信息化管理。桥梁结构构件是施工过程中开展进度、质量、安全、经营分析管理的基本元素。平台通过对其相应属性值的读取、赋值操作实现管理功能<sup>[10]</sup>。

(1) 基于工程结构分解的进度管理

后台数据库中，每个构件都包含进度属性，平台根据各构件的当前进度属性值修改模型颜色，实现三维可视化的进度管理功能，根据构件进度属性值统计分析某一时间点或时间段内的项目进展情况，并与各构件预期施工目标进行比较，实现进度计划的实时跟踪预警功能<sup>[11]</sup>。

(2) 基于工程结构分解的经营分析

平台的部分项工程量清单计价表如图 4 所示，包含清单项目编号、计算字段（开展工程计价时所需关联的桥梁构件几何属性）、计量单位、综合单价等。

在经营分析统计时，单个桥梁构件可能会关联多个计价清单，因此，平台为每个桥梁构件增加“分部分项工程数量清单编号列表”属性。技术人员通过移动端或浏览器端完成全桥构件的施工进度填报后，平台根据各构件的施工进度情况，过滤当前尚未完成的构件，提取已完成构件的“分部分项工程数量清单编号列表”属性值，遍历各清单编号，根据每个清单的计算字段提取构件属性值，将该属性值与综合单价进行运算，完成全桥工程量统计。

3 平台应用

长清黄河特大桥位于我国山东省境内，为新建

济青大桥工程数量清单表 - 分部分项工程数量清单									
序号	清单编号	清单名称	特征描述	单位	合同工程量	招标工程量	清单工程量	(清单) 单价	(清单) 合价
1	JQL-004-040301007001	机械钻孔灌注桩	1. 桩径 D=1.5m...	m	108	108	108	¥1,502.02	¥161,218.16
2	JQL-004-040301007002	机械钻孔灌注桩	1. 桩径 D=1.5m...	m	1750	1750	0	¥1,259.46	¥0
3	JQL-004-040301007003	机械钻孔灌注桩	1. 桩径 D=1.5m...	m	1822	1822	1822	¥1,502.02	¥2,736,605.64
4	JQL-004-040301007004	机械钻孔灌注桩	1. 桩径 D=1.5m...	m	978	978	978	¥1,502.02	¥1,470,977.56
5	JQL-004-040301007005	机械钻孔灌注桩	1. 桩径 D=1.5m...	m	1669.5	1669.5	1669.5	¥2,354.92	¥3,930,921.56
6	JQL-004-040302001001	混凝土垫层	1. 垫层厚度 100mm...	m3	280.71	280.71	280.71	¥358.66	¥100,638.56
7	JQL-004-040302002001	混凝土垫层	1. 垫层厚度 100mm...	m3	7385.72	7385.72	7385.72	¥465.23	¥3,436,145.56
8	JQL-004-040302003001	混凝土垫层	1. 垫层厚度 100mm...	m3	7312.663	7312.663	7312.663	¥503.31	¥3,680,445.56

图4 分部分项工程量清单

郑州至济南铁路工程（山东段）跨黄河主槽而设，主桥为 1080 m 多塔双索面预应力混凝土矮塔斜拉桥，采用塔墩固结、塔梁分离的半漂浮结构体系，主梁为预应力混凝土结构，桥塔采用钢筋混凝土结构，桥塔根部设置型钢，斜拉索采用扇形布置，桥上铺设 CRTSⅢ型板式无砟轨道。目前，本文设计研发的铁路桥梁信息化施工管理平台已在郑济（郑州—济南）铁路长清黄河特大桥项目中投入使用，运行状况良好。

3.1 进度管理

本平台可实现在三维直观环境下的项目进度情况展示，用不同颜色区分各构件在某一时间点的 4 种施工状态（“进行”“完成”“预期”“阶段”），如图 5 所示。

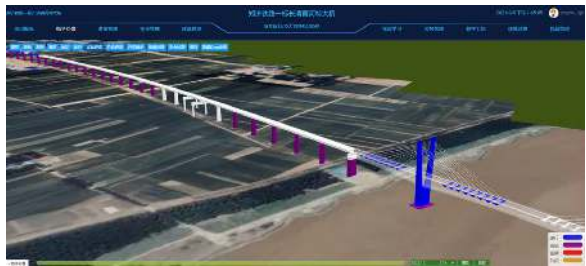


图5 进度管理示意

平台以后台数据库中各构件的进度属性数据为基准，经过统计分析后，根据前端用户需要，以饼状图、直方图、趋势图的形式展示项目总进度、关键节点工程进度、项目月计划完成情况，年计划、月计划与实际对比情况，日、周、月形象进度等。

3.2 工程质量及安全管理

平台通过三维标注的方式在 GIS 空间将具体问题与相关构件关联，用户选择相应构件后，可以属性对话框的方式查询具体问题描述、问题附件及当



图6 三维场景下的质量及安全问题查询

前整改情况,如图6所示。

本平台通过趋势图、饼状图展示全桥问题类型、整改率,并在现场大屏端滚动展示全桥安全通知、安全资料、问题列表情况。

### 3.3 经营分析管理

平台按月对当前项目的经营状况进行统计分析,以直方图的形式展示其计划完成产值和实际完成产值,以饼状图的形式对当前项目的已完成和未完成产值情况进行对比分析,如图7所示。

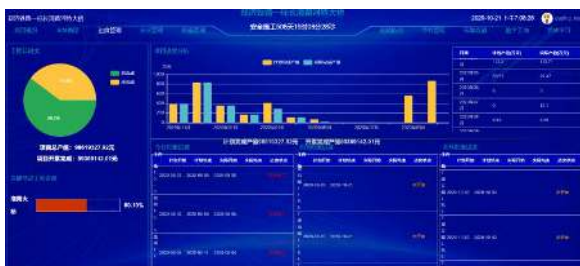


图7 经营分析统计结果展示

### 3.4 数字工地功能

平台与环境监测设备、门禁设备、员工打卡设备、视频监控设备进行数据关联,获取设备数据,在后台服务程序中进行统计分析,如图8所示。

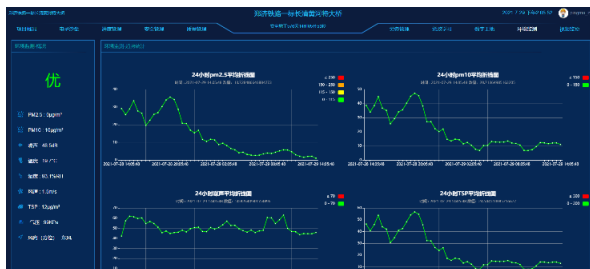


图8 环境监测数据统计分析

## 4 结束语

本文基于BIM和GIS技术设计并开发了铁路桥梁信息化施工管理平台,介绍了平台的总体架构和功能设计,利用微服务技术进行逻辑架构设计,研发三维场景缓存预处理及基于工程结构分解的数据管理等关键技术,并在郑济铁路长清黄河特大桥项目中进行深入探索和实践,取得了良好的试用效果,该平台可提高施工现场的生产效率、管理效率及决策能力,为交通行业基础设施高质量发展提供借鉴和思路。

### 参考文献

- [1] 倪 苇. 基于GIS+BIM的西十高铁设计成果综合应用平台研究[J/OL]. 铁道标准设计 (2021-07-27) [2021-09-06]. <https://doi.org/10.13238/j.issn.1004-2954.202011240003>.
- [2] 伍 军, 宋 林, 王步云, 等. 面向对象和服务的桥梁工程信息管理平台研究与实践[J]. 图学学报, 2020, 41(5): 824-832.
- [3] 马白虎, 钟荣炼, 刘天成, 等. 平塘特大桥施工BIM信息管理系统研发及应用[J]. 公路, 2019, 64(9): 31-35.
- [4] 中国国家铁路集团有限公司. 铁路工程建设信息化应用技术规程(征求意见稿)[Z]. 北京: 中国国家铁路集团有限公司, 2019.
- [5] 倪小璐, 王旭英, 边俊凯, 等. 微服务软件架构设计模式及其应用[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2021, 20(4): 442-448.
- [6] 许 诺. 大数据下基于Nginx负载均衡的教务系统优化设计[J]. 信息技术与信息化, 2021(6): 191-193.
- [7] 王龙军. MyBatis与Spring在图书馆数字资源链接管理中的应用[J]. 内蒙古科技与经济, 2021(11): 78-79, 82.
- [8] 阮舜毅, 康俊锋. 移动增强现实可视化下灾害场景加载的优化方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(9): 1422-1428.
- [9] 崔小芳. 基于BIM的高速公路桥梁养护综合管理技术研究[J]. 公路工程, 2019, 44(3): 253-257.
- [10] 毕天平, 孙 强, 佟 琳, 等. 南运河管廊智慧运维管理平台研究[J]. 建筑经济, 2019, 40(3): 37-41.
- [11] 王孟钧, 廖 娜, 秦 岭. 城市轨道交通项目BIM+GIS技术集成探索与思考[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(24): 102-106.

责任编辑 李依诺