

基于大数据的公路工程安全智能 管控云平台构建

饶 舰 韩 佳

(深圳高速工程顾问有限公司,深圳 518000)

【摘要】新一代信息技术推动公路工程建设持续发展,管理理论创新、管理机制改革以及新技术应用使得工程安全生产事故的发生得到有效控制,但由于工程向更复杂结构、更大体量发展,建设过程中的安全风险管控依然至关重要。结合十三五期间全国公路工程建设安全管理现状,分析公路工程建设安全管理信息化、安全智能管控云平台建设的必要性,提出通过建设公路工程安全管控云平台数据库,深度融合大数据理论^[1]、物联网理论^[2]、人工智能理论^[3]等,构建基于大数据的公路工程安全智能管控云平台,以提高公路工程安全管控信息化水平,借助先进的信息技术总体管控公路工程建设安全,降低工程现场安全风险和事故发生率,支撑交通强国和数字交通建设决策。

【关键词】公路工程;安全管理;智能管控;大数据;云平台

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】文集数据被中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录,被本刊录用并在中国知网网络首发正式出版,严禁侵权转载。

引言

十三五期间,随着供给侧结构性改革不断深化,国民经济发展思路和工作着力点重大调整,经济发展面临的主要困难和矛盾相对淡化^[4],包括经济发展速度与安全生产的矛盾也得到了一定程度的缓解。与此同时,国家及地方安全主管部门坚持“生命至上、安全第一”^[5],强化安全发展理念,增强安全管理底线思维,极大地降低了公路工程安全生产事故发生率。但依然要看到,安全生产仍然是十四五期间工程建设的重中之重,公路工程施工条件的复杂性和环境的恶劣性依然威胁着国家财产安全和工程建设者的生命安全。

公路工程具有线性工程分布、施工流动性大、工程类型繁多、工程形体庞大、施工周期长、施工环境复杂、施工影响因素多等特点^[6],涉及的安全风险高,事故发生可能性大,特别是公路工程建设过程中涉及到的建设主体多、安全管理意识薄弱、管理效率低、风险监控不到位、数据分析决策不足,造成安全管理存在极大的风险性和不确定性。

新一代信息技术的持续发展,以及“工程+IT”理念的提出,使得工程建设安全管理有了新的发展模式和方向,涉及的新技术主要包括BIM技术^[7]、GIS技术^[8]、大数据^[9]、物联网^[10]、人工智能^[11]等,基于新一代信息技术的工程安全管理信息化对行业治理体系现代化起到较大推动作用。近些年,基于大数据的工程安全管理在工程行业有较大发展,涉及公路、市政、建筑、轨道交通、水运等,在公路工程中的应用研究亦不乏优秀先例。本文通过对公路工程安全管理现状及安全管理信息化应用的研究,基于大数据技术构建安全智能管控云平台,借助先进信息技术以提高公路工程安全管控信息化水平,总体管控公路工程建设安全,降低工程现场安全风险和事故发生率,支撑交通强国和数字交通建设决策。

1 公路工程安全管理信息化建设必要性分析

1.1 项目施工安全管理需要

工程项目施工过程中的安全管理是重难点,公

路工程因其复杂的施工环境、超宽超大结构和高技术要求的影响使得安全管理在保障项目顺利实施中尤其重要^[5],需要完备的管理体制、灵活的应对机制和高效的管理团队作为支撑,管理工具对安全管理是否到位对也异常重要。工程行业相关法律法规有明确规定,建设主体在项目建设过程中需要承担相应安全生产责任,对责任主体的安全管理有更高要求,工程信息化有利于责任主体借助高精尖科技加强项目安全管理,降低工程现场安全风险和事故发生率。

1.2 行业发展模式革新需要

随着新一代信息技术在公路工程领域逐步向全面普及和深度应用发展^[12],带来的是公路工程行业建设与管理模式的变革。安全管理作为公路工程建设中对人民生命财产安全和社会经济发展具有重大影响的一环,必须紧跟行业信息化发展,安全理由传统模式向更高效、更精细、更安全的新模式转变势在必行。通过构建安全智能管控云平台,可将零散的、静态的安全管理控制措施整合为一体,形成整体的、动态的安全管控体系,通过模式革新进一步提高管理水平和服务效率。

1.3 国家建设信息化发展需要

2019年7月,交通运输部印发《数字交通发展规划纲要》,提出坚持以创新为第一动力,促进先进信息技术与交通运输深度融合,以“数据链”为主线,构建数字化的采集体系、网络化的传输体系和智能化的应用体系^[13]。同年9月,中国中央、国务院印发《交通强国建设纲要》,提到依靠传统要素驱动向更加注重创新驱动转变,构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通体系,并将提升本质安全水平、完善交通生产安全体系、加强交通安

全综合治理作为主要工作^[14]。因此,针对公路工程建设项目,构建安全智能管控云平台是积极响应国家建设信息化建设,促进公路工程信息化向数字化、网络化、智能化发展。

2 公路工程安全管控云平台数据库构建

构建基于云服务器的公路工程安全智能管控云平台数据库,作为数据基础,为基于大数据的公路工程安全智能管控云平台提供数据存储和大数据分析基础,支撑云平台运行使用和进行大数据分析,数据库设计架构如图1所示。数据库设置可分为两大子库,即基础数据库和生产数据库;其中基础数据库可定义为公路工程项目公共数据库,生产数据库则按照公路工程项目甚至是合同段单独建库管理生产数据。

构建数据库注意的技术要点包括:在云服务器中部署,将数据库放到云端支持主从热备,提供自动容灾切换、数据备份、故障迁移、实例监控、在线扩容、数据回档等^[15],确保安全管控云平台正常、高效运行。同时,应该注重数据库类型选择,对于基础数据库,尽量选择关系型数据库或列存储数据库,匹配度较高;对于生产数据库中的部分数据如风险源数据可选择图形数据库,方便存储及查阅,提高数据库利用率。

2.1 基础数据库构建

构建基础数据库,作为公路工程安全智能管控云平台的底层公共数据库,用于存储和管理可规范化、标准化的公路工程安全管理基础性或初始化数据,数据来源于线下梳理后内置进云平台。可根据公路工程特点和项目实际需要,多个项目或多个合同段可共用基础数据库中的数据,数据库相对稳

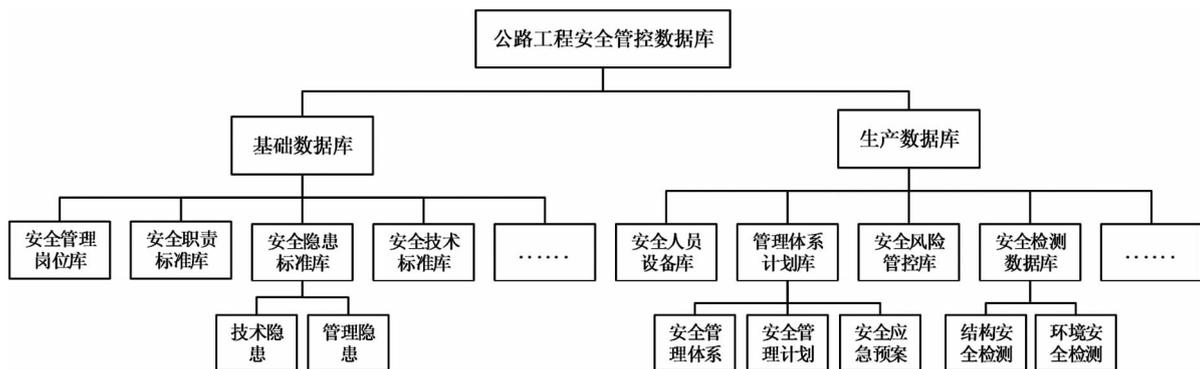


图1 公路工程安全管控数据库

定。主要包括公路工程项目涉及的安全管理岗位、安全岗位职责、公路工程安全技术标准、公路工程安全隐患标准清单等基础信息。其中安全管理岗位库是根据公路工程项目建设对安全岗位的要求,对其进行规范化管理的数据;安全职责标准库主要是对安全人员的职责进行标准化,安全职责与公路工程技术标准匹配;安全隐患标准库是对安全隐患和处理措施的标准;安全技术标准库是对安全施工技术和环境管控的标准化。除此之外,可根据公路工程建设项目的实际使用需求,扩展建立子库以便于数据分类分批存放。

2.2 生产数据库构建

构建生产数据库,用于存储和管理公路工程建设过程中涉及到的安全管理生产数据,数据主要来源于公路工程安全智能管控云平台 Web 端或移动端录入、RFID 识别、传感器捕获、视频监控获取等。可根据公路工程特点和项目实际需要,设置各种生产数据子库。主要包括安全人员设备库、管理体系计划库、安全风险管控库、安全检测数据库等。其中管理体系计划库用于存放项目编制的管理体系、安全管理计划和安全应急预案等数据;安全检测数据库定义为管理基于物联网的安全检测设备接入的数据。同时,根据分布式架构思想,可按照项目、合同段、参建单位等多个维度分别建库,数据独立存放,便于分布式查询和数据隔离,提高数据调取效率和降低数据库维护难度。可根据云平台功能的部署情况,合理增设生产数据库的子库,确保数据的物理性和逻辑性隔离。

3 公路工程安全智能管控云平台构建

以公路工程安全管理数据为基础构建公路工程安全管控云平台数据库;以安全管理业务流程为驱动,基于安全管理业务逻辑梳理形成业务逻辑模型;以大数据应用为核心,借助云计算、物联网、AI 人工智能、机器学习等新一代信息技术,构建基于大数据的公路工程安全智能管控云平台^[7]。

3.1 安全智能管控云平台逻辑模型

公路工程项目施工现场安全管理的核心在管理和控制人员、机械设备、工程结构和环境等四大因素,所谓的“人机料法环”理论中的材料亦可归入环境因素类,法律贯彻管理始终,不再单独研究。基于安全管理业务逻辑,梳理逻辑主线“安全风险识别及数据获取——安全管理数据集成与分析——安全智能预警——安全智能管控与应用”,构建安全智能管控云平台逻辑模型,如图 2 所示。

数据逻辑即数据流,作为业务流程的驱动,是安全智能管控云平台运行的支撑。公路工程安全智能管控云平台数据流从数据源经过数据识别与获取进入平台;到数据集成与分析阶段进行数据分类分级,并运用人工智能和机器学习等技术,通过参数控制分析和判断数据的合格与超限情况;到安全智能预警节点即对不合格和超限数据进行预警,例如疲劳作业——超时判断、擅闯擅入——电子围栏判定、违规操作——机械操作顺序判定、设备异常——设备输出参数判定、结构失效——应力应变数据超限判定等等;通过对隐患、问题进行排查处

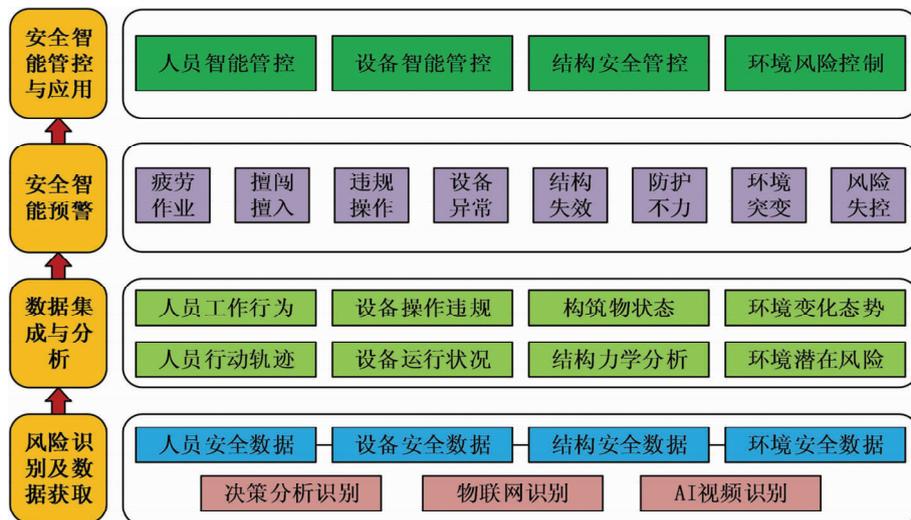


图 2 公路工程安全智能管控云平台逻辑模型

理,及时消除不安全因素,做到人员、设备、结构、环境多方面智能管控。

3.2 安全智能管控云平台设计

基于安全管理业务逻辑梳理形成业务逻辑模型以设计云平台技术架构,公路工程安全智能管控云平台技术架构包括物联感知层、业务逻辑层、数据处理层、功能层和应用层等五层,部分层级是在计算机系统标准层级的基础上整合得到。

(1)感知层

通过公路工程安全智能管控云平台 Web 端或移动端等智能终端输入、RFID 标签识别、智能传感器数据感应与获取、普通或智能 AI 摄像头捕捉等途径获取公路工程安全管理数据,主要基于决策分析识别(人为决策)、物联网识别及 AI 视频识别等手段完成,得到智能安全管控原始数据。在数据感知

与获取阶段,会应用到边缘服务器^[16]、广/局域网作为支撑。

(2)逻辑层

对物联感知层获取并推送的原始数据或经边缘服务器初步加工的处理数据进行静态数据逻辑处理和动态数据逻辑处理,主要包括数据的抓取、交互、修改及删除等操作,对数据进行去噪、分拣、归类、排序,将经过去噪的、可用的数据高效传递给数据层。

(3)数据层

基于大数据云基础设施,利用微服务、分布式存储、AI 人工智能算法、机器学习等手段对大数据流进行批处理计算、流计算、图计算和查询分析计算等,经过一系列数据挖掘、分析与计算,得到公路工程安全智能管控需要的数据项或数据集,支撑功

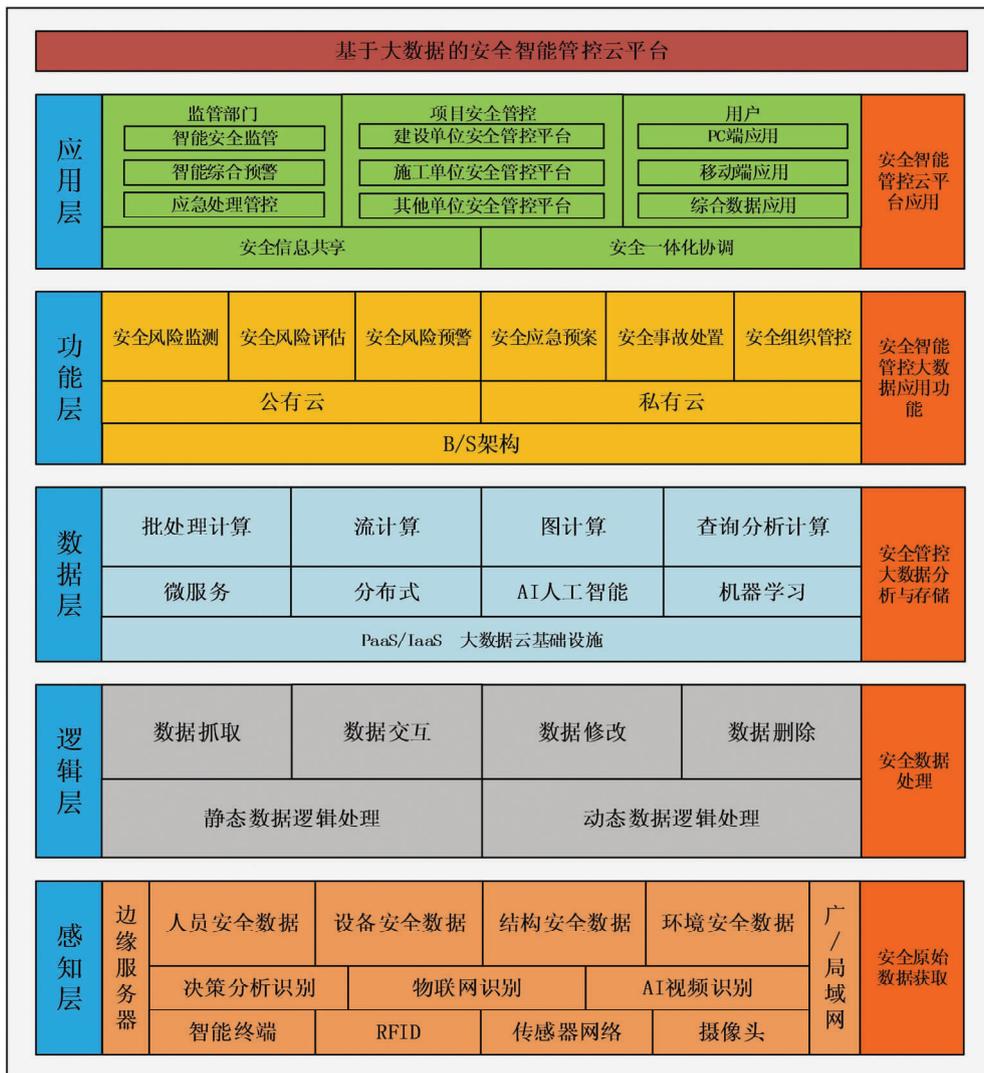


图3 公路工程安全智能管控云平台架构

能层的运转和应用层的应用。

(4) 功能层

功能层基于数据层推送的计算分析数据项或数据集,借助公有云、私有云甚至是混合云服务,在云端实现公路工程安全管控功能的应用,包括安全风险监测、安全风险评估、安全风险预警、安全应急预案、安全事故处置、安全组织管控等,功能应用可基于业务数据扩展,高效利用获取的原始数据和计算分析得到的加工处理数据支撑应用层的管理决策。

(5) 应用层

云平台功能应用支撑安全信息共享和一体化协调发展,平台用户、工程项目参建单位、政府行业监管部门等通过公路工程安全智能管控云平台实现施工现场安全管理、项目安全监管,支撑项目管理者 and 决策者做出正确、高效决策,以提高公路工程安全管控信息化水平,降低安全风险。

4 公路工程安全智能管控云平台关键技术应用

4.1 机械设备数据物联网接入

公路工程项目施工机械设备(尤其是大型机械设备如龙门吊、架桥机等)、场站设备(如拌合站拌合楼、梁场张拉机等)是主要的安全风险点,将作为安全管理重点对象进行管控,施工单位需要对其编制专项施工方案并按照方案作业,同时安排安全员负责设备和场站设备专门的安全管理。

基于大数据的公路工程安全智能管控云平台支持利用 5G、GIS 技术、物联网技术、RFID 技术、嵌入式技术、北斗网格码技术体系^[17]等将公路工程现场设备和场站设备的施工作业数据利用传感器(重力、风速、高度、倾角、回转、应力、力矩等)、设备操作系统记录等方式获取,实时接入云平台,远程监控和管理施工现场安全风险及隐患,数据获取、抓取、分析颗粒度精细化,极大提高数据获取与数据分析应用能力。云平台核心功能应用包括机械设备过载、不稳定运行或运行程序错误识别,机械设备运行维护数据记录与应用,机械设备事故故障数据记录与溯源,人脸或指纹识别上机控制等。

如图 4 示例所示,综合利用 GIS 技术、北斗网格码技术体系和物联网技术,可实时精确定位并跟踪如架桥机、挖掘机等移动设备的地理位置,在 GIS 地

图上显示当前设备的位置和基本信息;同时,通过设备数据实时采集,利用 5G 通信将设备工作数据回传云平台,精确掌握设备的运行情况,发现故障第一时间预警,保障安全的同时亦可快速高效处理设备故障,提高工作效率。



图 4 GIS 地图显示某项目水泥站位置

4.2 AI 安全隐患识别预警

公路工程施工环境复杂,导致安全隐患众多,对现场进行实时监控管理也是安全管控的重要手段。基于大数据的公路工程安全智能管控云平台综合应用物联网技术、AI 人工智能技术、智能定位、机器学习等,可实现基于 AI 的安全隐患识别预警。

通过在施工现场安装有智能识别功能的 AI 视频监控,利用物联网技术将数据对接入云平台,实时回传数据信息,并可支持平台与监控之间的双向通信。运用 AI 人工智能的自动捕捉、图像识别技术可自动捕获工程现场安全隐患,并基于隐患进行识别分析,对超出预置阈值的隐患点作出预警,指导工程现场施工安全管控,危急时刻可及时发现问题并避免事故发生。如图 6 所示,为通过云平台划定的电子围栏,在电子围栏中发现有活动的人或物体时会自动红框预警,实现现场安全管控。安全隐患识别预警让云平台真正发挥出了新一代信息技术在工程中应用的优势。



图 5 电子围栏区域擅闯预警

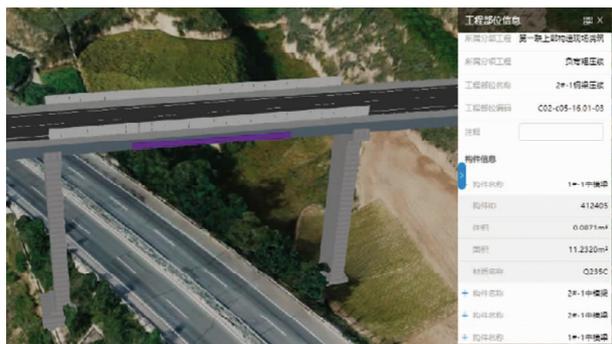


图6 某项目 BIM + GIS 场景展示跨线情况

4.3 交通安全疏解方案论证

公路工程基本上都会有跨线(跨公路、跨铁路等),此会涉及到跨线道路交通安全疏解的问题,制定的交通安全疏解方案的质量直接影响了既有线路交通通行效率和安全、项目施工安全和进度,方案论证是难度。

在公路工程项目施工图设计阶段利用 BIM 正向设计技术、倾斜摄影技术或激光点云技术建立工程三维 BIM 模型和既有地形地貌实景模型,据此在基于大数据的公路工程安全智能管控云平台中搭建项目的 BIM + GIS 的三维应用场景,在应用场景中可形象展示跨线形式和尺寸、既有线路交通情况,并视频回传交通运行状况,以此进行交通安全疏解方案的分析与论证,降低施工对既有线路交通安全的影响,提高施工安全性。

4.4 安全管控大数据分析决策

安全管控大数据分析决策作为基于大数据的公路工程安全智能管控云平台最核心的应用点,是管理者最关注的应用。基于建立的公路工程安全智能管控云平台数据库,利用数据治理和数据挖掘技术进行大数据分析,找出海量数据中有效的信息以及信息之间的逻辑关联关系,例如某个施工作业过程的安全风险发生的概率是与物料堆放情况、设备运行实际路径或者周边自然环境状况呈正相关性,与人员操作熟练度也密切相关,但是如果是线下管理,缺乏数据挖掘技术的支撑,管理者很难统筹考虑。

大数据分析可深度挖掘数据价值,输出各种统计图表,在安全管控数据可视化决策视窗中展示出来,为项目管理者决策提供数据支撑,让安全管理大数据发挥真正的作用。



图7 安全管控数据可视化决策视窗

5 结论与展望

行业进步的背后都蕴藏着无数的智慧与力量。数字经济的发展推动着公路工程行业的发展,随着超大型、超复杂工程在公路行业不断涌现,施工安全管控要求以及现场管理复杂度亦不断提高,传统管理理念和手段已然无法适应信息化时代的发展,管理创新和信息化建设势在必行。

在当下管理体制和机制不断完善的大环境下,利用新一代信息技术手段进一步提高公路工程建设项目安全管理水平是发展大趋势,通过搭建基于大数据的公路工程安全智能管控云平台,综合运用以大数据为核心的 BIM、GIS、5G 技术、云计算、物联网、AI 人工智能、机器学习、北斗网格码技术等新技术为公路工程安全管理服务,在推动新一代信息技术在工程行业发展,助力公路工程安全管控信息化建设、降低施工安全风险、提高工程安全管理效率的同时,加快了信息时代工程项目乃至公路工程行业信息继承与传递效率,促进数据在整个行业中循环流通,实现资源共享、管理优化。未来将进一步加快国家治理体系和治理能力现代化,支撑交通强国和数字交通建设决策。

参考文献

- [1] 马智亮,刘世龙,刘喆. 大数据技术及其在土木工程中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015, 7(5): 45-49.
- [2] 任江,钟崇光,郭娜. 基于物联网技术的施工现场管理深度应用研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(5): 40-44+62.
- [3] 鲍跃全,李惠. 人工智能时代的土木工程[J]. 土木工程学报, 2019, 52(5): 1-11.
- [4] 黄群慧. 论中国工业的供给侧结构性改革[J]. 中国工业经济, 2016(9): 5-23.

- [5] 坚持“生命至上、安全第一”, 狠抓“安全生产、防汛救灾”[J]. 建筑安全, 2020, 35(9): 1.
- [6] 黄兵. 四川典型区域沥青路面设计及工程技术研究[D]. 西南交通大学, 2015.
- [7] 陈钊, 陈琰, 彭高超, 等. 基于 BIM 的高速公路施工质量管理及应用研究[J]. 土木工程信息技术, 2020, 12(6): 26-31.
- [8] 杜修力, 伏广梅, 赵雪锋, 等. 基于 BIM + GIS 的通州文旅区协同管理平台应用研究[J]. 土木工程信息技术, 2019, 11(3): 16-23.
- [9] 潘多忠, 程嘉, 余渊. 基于大数据架构的全过程工程咨询项目管理平台[J]. 土木工程信息技术, 2019, 11(6): 27-35.
- [10] 黄颖, 高杰. “智慧工地”在公路工程项目中应用研究[J]. 土木工程信息技术, 2019, 11(4): 33-38.
- [11] 沈婕, 邹东. 人工智能在塔吊管理中的应用综述[J]. 土木工程信息技术, 2020, 12(6): 149-155.
- [12] 杨文广, 张茜. 浅析基于工程数字化的新一代管理信息化理论建构及实践展望[J]. 土木工程信息技术: 1-14.
- [13] 交通运输部关于印发《数字交通发展规划纲要》的通知. 交通运输部. 2019.
- [14] 中共中央、国务院印发《交通强国建设纲要》. 新华网. 2019.
- [15] 傅颖勋, 罗圣美, 舒继武. 安全云存储系统与关键技术综述[J]. 计算机研究与发展, 2013, 50(1): 136-145.
- [16] 马壮, 杨威. 边缘计算驱动的对话机器人终端部署[J]. 软件工程, 2021, 24(2): 19-23.
- [17] 石婷婷, 厉芳婷, 张亮. 通导遥一体化在自然资源管理中的应用初探[J]. 地理空间信息, 2020, 18(8): 22-24, 6.

Construction of Cloud Platform for Security Intelligent Management and Control of Highway Engineering Construction Based on Big Data

Rao Jian, Han Jia

(Shenzhen High Speed Engineering Consultant Co., Ltd., ShenZhen 518000, China)

Abstract: The new generation of information technology promotes the sustainable development of highway engineering construction. The innovation of management theory, the reform of management mechanism and the application of new technology make the engineering safety production accidents effectively controlled. However, due to the development of the project to a more complex environment and a larger volume, it is still crucial of the safety risk control in the construction process. Combined with the national highway engineering construction safety management status quo during the 13th Five-Year Plan, analysis of highway engineering construction safety management informationization, intelligent security control the necessity of cloud platform construction, through the construction of highway engineering safety risk management and control database, deep integration of Big Data Theory, Internet of Things theory and Artificial Intelligence theory, build a cloud platform for intelligent safety control of highway engineering construction based on big data, in order to improve the information level of controlling highway engineering safety, with the help of advanced information technology to manage and control highway construction safety, reduce safety risk and accident rate, support the development of a strong transportation country and digital transportation.

Key Words: Highway Engineering; Security Management; Intelligent Control; Big Data; Cloud Platform