

基于物联网的预制梁智能机器人养护管理系统建设

赵文广, 王记涛

(河南金途科技集团股份有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要:预制梁依托物联网、BIM、智能传感器等科技手段,集成养护预制梁、智能机器人、蓄水池及充电仓、后台控制中心4个单元,采用“1个中央控制中心+2个控制对象+3套系统”的123信息化预制梁智能机器人养护模式,通过数据接口交互管理与开发、支持手机移动端、电脑网页端的及时协同工作,实现预制梁养护过程的可视化、设备的智能化、控制的智慧化、作业流程的标准化、操作程序的数字化、人力资源的节约化、绿色建造的信息细化。进一步推动预制构件集中厂区机械化高效率生产技术的发展。

关键词:物联网; 预制梁; 智能机器人; 养护; 数字化

随着信息技术的发展成熟,工程行业受到数字化技术的冲击,智能化的出现重新定义了施工标准、开拓了全新施工环境和颠覆了固有的施工方式^[1],不同规模和速度改变着施工组织结构、施工流程和信息技术,也改变着在信息环境中工程人的工作模式。为实现预制梁养护的“过程跟踪、强度监测、养护节约”,提高预制梁养护施工管理工作的质量和效率,形成养护全过程控制的闭环管理,丰富预制梁数据监测全过程。该文就预制梁物联网(IOTIPB: Internet of Things in Prefabricated Beam)环境下的智能机器人养护(IRM: Intelligent Robot Maintenance)展开论述,解决预制梁养护存在的问题并应用IRM达到IOTIPB的养护节约、增效作用。

1 预制梁养护的重要性及存在的问题

1.1 预制梁养护的重要性

养护是预制梁生产过程中影响质量及达到设计强度和耐久性的关键工序,是在水泥水化反应过程中控制混凝土内水分损失速率和程度的方式,必须在合理的时间内进行养护,也是混凝土工程施工不可缺少的一部分。养护时间取决于混凝土设计要求,同时受到预制梁放置环境的大气温度和相对湿度的影响,预制梁养护的主要目的是通过在混凝土强度增长期间防止混凝土水分流失来保持混凝土的持续湿润,为后序张拉作业提供混凝土强度保障条件,提高作业效率^[2]。

- *****
- [10] 朱建海. 国际EPC总承包工程项目的风险控制要点[J]. 工程技术研究, 2019, 4(13): 98.
- [11] 闫文周, 刘振超. 基于本体的EPC总承包项目风险控制研究[J]. 施工技术, 2016(6): 118—121.
- [12] 于泽强, 韩延波, 郭志农. EPCI总承包项目全过程风险控制实践研究[J]. 项目管理技术, 2017, 15(11): 91—94.
- [13] 赵文忠. 公路工程设计施工总承包模式的风险划分[J]. 交通标准化, 2010(16): 141—143.
- [14] 王克娜. 工程项目风险管理应用分析[J]. 管理观察, 2014(28): 106—107, 109.
- [15] 杜亚娜, 苏海珍, 芦彦. 公路工程风险管理研究[C]. 公路交通建设与论坛, 2009.
- [16] 张向明. 国际工程总承包项目风险管理研究——以埃塞俄比亚AA高速为例[D]. 北京交通大学硕士学位论文, 2015.
- [17] 高飞. 108国道改建工程设计施工总承包项目管理的研究[D]. 北京工业大学硕士学位论文, 2012.
- [18] 谢春艳. 宁夏高速公路建设项目风险管理研究——以M高速公路为例[D]. 长安大学硕士学位论文, 2017.
- [19] 陈伟珂. 工程项目风险管理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2008.

1.2 预制梁养护存在的问题

养护工作不是简单的保湿、洒水工序可以概括的，高效的养护在于能够实现资源节约的前提下保证预制梁达到设计强度效果，并用最小的时间成本实现预制梁作业的流水化，确保有限台座周转利用的最大化。目前预制梁养护存在如表 1 所示的问题。

表 1 预制梁养护存在的问题

问题类别	具体原因
异形结构面和坡面 裂纹或龟裂现象	因预制梁部分异形截面和坡度面难以保水，导致梁体两面体养护不充分、不持久
养护水资源浪费	对预制梁体湿度把控不准，导致养护水量过大
仅定时完成喷淋养 护未动态调节	未考虑预制梁混凝土实时情况进行调整养护措施，导致养护资源浪费，增加养护成本
弱化养护	为加快施工进度且施工预算紧张的情况下，养护首当其冲被弱化

2 预制梁智能机器人养护

2.1 预制梁物联网的产生

“数据是未来的石油，存量数据资产是新的石油”，数据是实施任何数字化举措的原材料，物联网是数据传输的载体，控制中心是数字化分析与管控的集散地。因此，数据信息是预制梁智能机器人养护的函数，建立信息任务共同的数据语言，构建一个敏捷、快速、独立的预制梁智能机器人养护系统，需要一个自动化的、实时的大数据分析引擎，实现端到端的物联网信息过程控制，有利于解决预制梁养护半自动化问题。利用各类传感器通过终端模块与控制单元进行数据交互，终端模块通过 TCP/IP 协议实时传输温度、湿度等同步环境数据。使得控制单元可以根据获取的数据进行预制梁养护任务指标实时计算和指令反馈，同时可以视频化地记录作业过程及数据存储。物联网预制梁的集成应用产生主要是通过安装在梁体安装 RFID(Radio Frequency IDentification)、红外感应器、GPS、激光扫描器等信息传感设备，按照规定的协议，将预制梁体的参数指标与互联网连接起来，进行信息交换以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

2.2 预制梁智能机器人养护原理

物联网系统的体系结构由“物端(数据采集层)—

网端(信息传输层)—云端(存储应用层)”三大部分组成^[3]，是建立在互联网之上的叠加网络(Overlay Network)。预制梁智能机器人养护实现以下 3 个端的信息反馈与指令下达：① 物端：由分布在互联网边缘的、具有不同感知和执行能力的不同物体或服务对象等物端资源构成，该系统中为预制梁体、智能机器人、蓄水池和充电仓；② 网端：是将物端资源与云端资源互联起来的网络，包含了该系统中的智能控制模块、指令授权模块、数据分析模块、任务安排模块及设备加载模块；③ 云端：由控制中心任务指令的应用提供计算、分析、存储和信息处理服务的云端资源构成，该系统包含信息网络中心数据支撑及交互层与应用层的指令下达、信息反馈(图 1)。

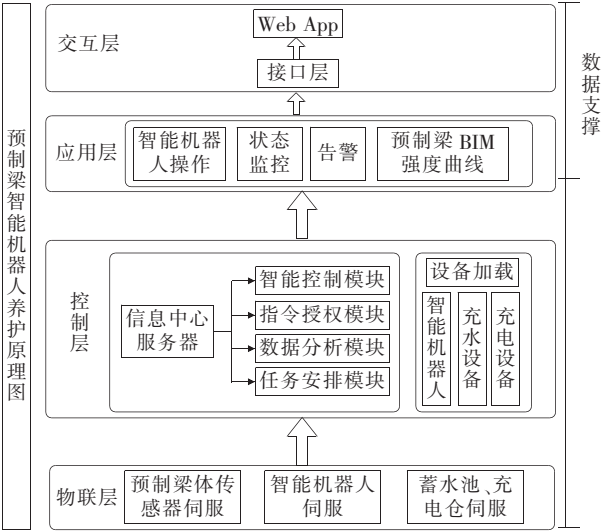


图 1 预制梁智能机器人养护原理

2.3 预制梁智能机器人养护系统管理

预制梁智能机器人养护系统中主要融合了数据采集技术、无线传输技术、信息化处理技术、数字控制技术、智能移动技术以及智能养护操作技术，让预制梁养护环节向智能化、自动化以及标准化的方向发展。在通过该系统进行智能机器人养护过程中，其主要的控制目标就是实现预制梁规范时间内养护强度达到设计强度值，以此来实现预制梁后续环节的张拉、压浆施工及台座的周转利用及时性和最大化。

通过抽象化的预制梁智能机器人养护物联网的操作原理和应用系统的信息表述，明确了预制梁智能机器人养护物联网在数据传输、分析及指令下达上的优势，预测需要在此系统上解决海量传感器多源数据融合、信息安全防护等问题。同时他明确了预制梁养护物联网智能机器人、蓄水池及充电桩的智能感知技术

在通信传输网络、控制中心的数据分析计算、预制梁的强度信息反馈 3 个维度的应用发展思路,以及预制梁智能机器人养护实际应用场景。

预制梁智能机器人养护场景中,通过在预制梁体、智能机器人、蓄水池及充电仓安装高精度卫星定位主机和传感器,使得控制中心可以实时监测梁体养护是否达到任务要求。同时,在养护过程中,智能机器人将所有监测数据上传并存储至云服务器,项目管理人员通过云平台,实时监测预制梁养护现场,为施工质量管理决策提供高效、可靠的数据支持。

梁体设置精密传感器实时监测预制梁温度、湿度、强度数据^[4],完成数据提取并同步反馈给中央控制单元进行分析判断并设定指令,传输至智能机器人分控制单元,其根据预制梁体反馈参数依据内置算法系统计算用水量及养护路径,启动蓄水池、充电平台分控制

单元保证智能机器人水量及电量的充足性,在约定的时间内完成标准化智能养护,形成养护台账表及预制梁强度上升曲线图,从而达到预制梁养护的事先预控、事中监控、事后分析的工程管理目标。

智能机器人根据预制梁养生表面温度、天气晴雨、湿度信息智能计算喷淋养护参数(喷淋时间、喷淋水量、喷淋间歇、台座状态及养生周期)反馈给中央控制单元,确定预制梁场智能机器人养护的总体方案,指令设定于智能移动路径控制,现场喷淋控制,远程监测控制,BIM 强度曲线显示控制,供水、供电控制,蓄水池水位控制,养生数据存储控制 7 个控制模块,同时,123 信息化预制梁智能机器人养护模式具备移动端、电脑端互联网远程访问及控制功能,在预制梁有效、实用的养护基础前提下实现预制梁养护的全自动、全方位、全智能的绿色养护节约发展(图 2)。

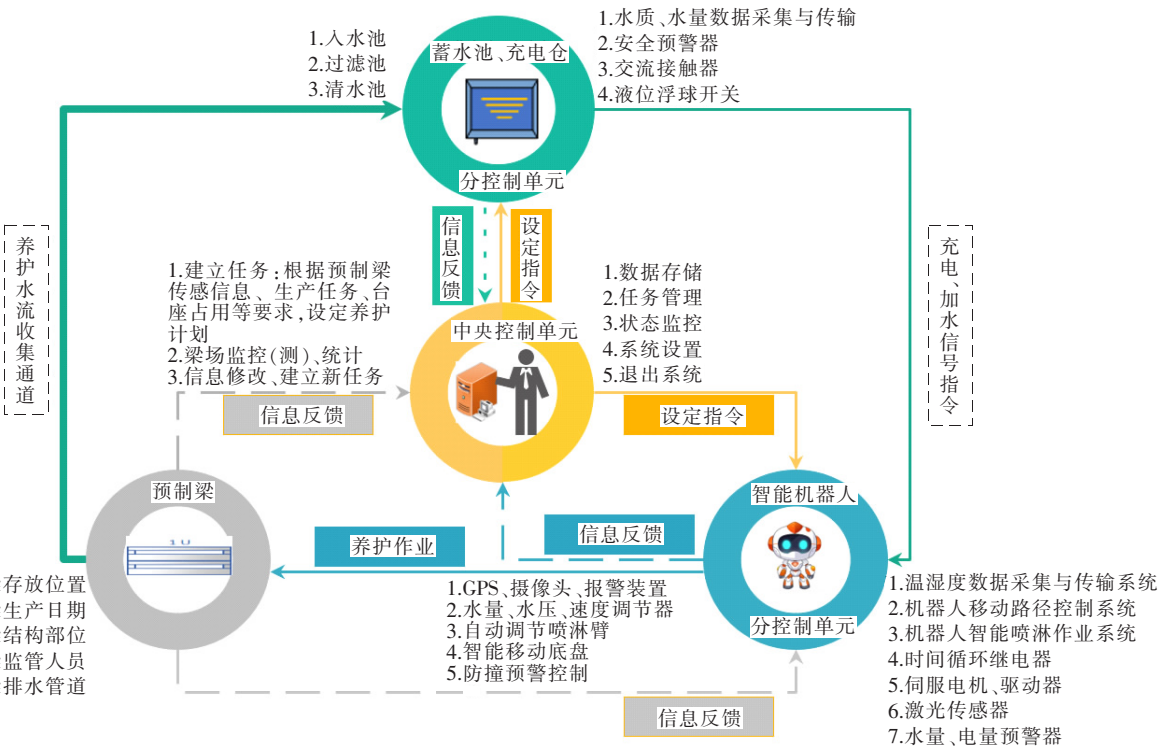


图 2 预制梁智能机器人养护“1 个中央控制单元、2 个控制对象、3 套系统”功能图

3 预制梁智能机器人养护应用效果

3.1 应用效果分析

构建新的预制梁智能机器人养护 CACT 模式生态系统,即“联结”connected、“自动”autonomous、“控制”control、“跟踪”tracking,确立养护环节互联互通操

作架构,通过技术、数据赋能,进行数据分析,重塑预制梁养护程序^[5];强化控制中心数据信息技术基础,基于预制梁传感信息,定向推送养护需求任务,并跟踪预制梁养护强度上升效果。

另外,BIM 的可视化养护模拟功能充分发挥了 BIM 三维速度优势,预制梁混凝土强度上升可以三维动态展示,有效链接养护时间节点和养护频次,保证预

制梁绿色节约养护。同时,融合了人工智能、工业互联网、物联网的数据收集、数据传输、数据分析,进行集成化的平台指令操作,丰富预制梁在定量化的跟踪状态下 CACT 养护模式环境构建。

3.2 应用效果改变

采用“信息服务包管家”的智能机器人对预制梁按照公路工程施工规范进行有效的养护,确保强度满足设计强度值,这在预制梁养护环节是一个“包交换人”(packetswitched humans)的未来,可以选择预制梁养护的优先级,养护的频次,养护的速度,指定智能机器人养护的起点和终点,然后信息服务包管家将完成系统的养护工作,并且不会有任何遗漏的细节和间断,提高了过程资源匹配的效率;养护数据资源提升了分析的细度和时效性,大幅提升了养护用水利用效率;自动化的智能机器人颠覆了人力劳动作业的粗糙性和非及时性,保证预制梁养护的标准化及科学化。具体系统功能价值如表 2 所示。

表 2 预制梁智能机器人养护系统功能价值

功能效果	具体价值
节约人力资源、降低生产成本	实现绿色节约养护
预制梁养护数据远程动态监控	保证梁体养护的真实性和实效性
预制梁养护标准化作业	确保张拉/压浆的及时性及台座周转的利用度
预制梁强度数据双份存档	实现梁体全过程生产的可追溯性闭环管理
丰富的预制梁养护定制化报表	降低项目管理人员资料压力
预制梁养护的云指挥	满足机械化换人、自动化减人,助力疫情防控

4 结论与展望

(1) 结论

积极采用数字化科技手段改革传统预制梁养护模式,充分研究基于物联网的预制梁智能机器人养护管理系统建设,有效发挥传感器采集信息系统传输反馈

的数据资源分析整合能力,高效应用“1 个中央控制单元、2 个控制对象、3 套系统”作用功能,有利实现预制梁养护过程可视化跟踪、预制梁强度数据实时监测、预制梁养护水源节约,有效提升预制梁养护效果科学化、节约化、信息化,充分体现信息化服务操作系统的功能应用价值。

(2) 展望

在这个日益增长的互联性和指数型扩张的网络时代,想象力的极限是现实建设过程的唯一障碍,技术的融合增强破除障碍的信念,这是机器人与其他智能化施工技术的融合,是由传感器构成的电子皮肤与在神经网络驱动下的人工智能在云中碰撞,同时人工智能又与越来越多且越来越灵巧、越来越智能化的机器人碰撞,会存在一个强强技术联合促需求的智慧化施工环境常态。彼得·戴曼迪斯和史蒂芬·科特勒在《未来呼啸而来》总结到“在指数级发展的世界中,当某些独立加速发展的技术与其他独立加速发展的技术融合时,奇迹就产生了”^[6]。物联网是一种传输工具,能够将不同的物体联系起来,更重要的是,它们能够使信息和创新从一个地方扩展到另一个地方,智能机器人与物联网的联合对预制梁的节约化养生起到了助力的作用,并提高了绿色建造的过程占比,有效降低了生产成本,对后序预制梁施工环节的物联网与 BIM 交互技术、云计算与物联网连接技术等智能化施工技术的应用起到了借鉴、引导作用。

参考文献:

[1] 吴双,胡伟,张林,等. 基于 AI 技术的电网关键稳定特征智能选择方法[J]. 中国电机工程学报,2019,39(1):14—21.

[2] 李自光. 桥梁施工成套机械设备[M]. 北京:人民交通出版社,2003.

[3] 彭杰纲. 传感器原理及应用[M]. 2 版. 北京:电子工业出版社,2017.

[4] 李正华. 基于 ASP. NET 的环境监测流程与信息动态管理系统设计[J]. 计算机时代,2019(9):43—45,49.

[5] LI C Z,XUE F,LI X,et al. An Internet of Things—Enabled BIM Platform for On—Site Assembly Services in Prefabricated Construction[J]. Automation in Construction,2018,89(1):146—161.

[6] 彼得·戴曼迪斯,史蒂芬·科特勒. 未来呼啸而来[M]. 北京:北京联合出版公司,2020.