

探究节能环保视域下桥梁工程施工全过程智能监管方法

文 / 王 成 安徽虹桥交通建设监理有限公司

摘要: 为提高桥梁工程监管水平, 本文以某跨江大桥工程为对象, 探讨节能环保视域下桥梁工程施工全过程智能监管方法的应用。首先介绍工程概况, 其次从设计、材料采购、施工、验收四个阶段着手, 阐述智能监管方法的应用要点, 最后结合项目实际做出总结, 明确智能监管方法对于桥梁工程施工节能环保的应用优势, 希望能为今后相关工程的智能监管提供参考。

关键词: 节能环保; 桥梁工程; 施工全过程; 智能监管

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.047

引言

交通路网体系中的桥梁是至关重要的组成部分, 在开展桥梁工程施工期间, 多面临资源浪费、环境污染、高能耗等问题, 影响到周围环境质量。现如今桥梁工程施工越来越重视节能环保, 在该理念的驱动下桥梁工程施工全过程的监管方法也得到升级, 即从传统监管方法升级成为智能监管方法, 采用人工智能技术与算法实现桥梁施工全过程的实时监督、数据分析与反馈, 以此来提高桥梁工程施工效率, 减少施工环节的能源耗损。有鉴于此, 本文以某桥梁工程为例, 在节能环保视域下探讨桥梁工程施工全过程智能监管方法的应用, 提高工程监管水平。

一、工程概况

本文以某跨江大桥工程作为分析对象, 此桥梁全长3.2公里, 主跨结构采用双塔斜拉桥结构, 设计荷载等级是公路I级。因为该项目位于长江中游地区, 所以桥梁工程施工周边环境比较复杂, 而且有大量生态敏感区, 需要在施工的同时满足节能环保要求。对该桥梁工程施工全过程进行监管, 该项目运用智能监管技术, 并以BIM (Building Information Modeling, 建筑信息模型) 技术、物联网与大数据分析技术等作为辅助手段 (主跨结构三维模型如图1所示), 搭建针对桥梁施工全过程的智能监管平台, 为项目后续节能环保措施的应用提供支持。



图1 主跨结构三维模型

二、基于节能环保的桥梁工程施工全过程智能监管要点

(一) 桥梁工程设计环节

本文所选桥梁工程在设计环节, 节能环保的关键在

于两点, 其一是结构选型, 其二是选择的材料。结构选型过程中, 设计人员优先选择能效好、能耗低的结构, 例如预应力混凝土结构、钢结构、双塔斜拉桥结构, 以上结构承载力高, 而且施工时无需使用大量建筑材料, 能够减少施工产生的能源耗损和碳排放^[1]。选择材料期间, 设计人员重点选择新型节能材料, 例如高性能混凝土、复合材料等, 这是桥梁工程施工满足节能环保目标的一个关键策略。通过上述节能环保材料, 不仅可以优化桥梁结构耐久性以及抗震性, 还能减少材料使用, 起到保护环境的作用。另外, 工作人员在桥梁工程的设计阶段对结构进行了优化, 基于已经确定的双塔斜拉桥结构展开轻量化设计, 同样能减少能耗, 提高资源利用效率。

该桥梁工程施工设计阶段进行智能监管, 建议应用大数据技术进行数据深度整合与分析。设计人员获得传感器采集到的数据后, 对其进行统一清洗和归一化处理, 并提取设计所需特征, 将提取到的信息上传大数据平台, 成功转化异构数据为具有可分析性的结构化数据^[2]。此时设计人员应用机器学习算法, 构建统计分析模型, 可以深挖设计数据蕴含的规律, 确定可能产生较高能耗的高峰时间段, 并对环境污染物浓度做出预测。另外, 设计阶段应用大数据技术进行智能监管, 还可以整合历史数据和实时设计数据自动生成设计报告, 为设计人员修改设计图纸提供支持, 使施工全过程的监管得到有效落实, 并有效减少能耗。

(二) 桥梁工程材料采购环节

采购桥梁工程所需材料, 需要重点考虑材料的环保要求。结合本文分析桥梁工程, 总结要点如下: 第一, 选择可再生材料和可循环使用的材料, 具体有竹材、再生钢材等。环保材料能降低桥梁工程施工对自然资源的依赖性, 而且材料经过废弃处理后也不会严重威胁环境质量。第二, 采购人员还需考虑能耗和污染排放这两个指标, 譬如选择高性能混凝土, 作为一种新型混凝土, 对比传统混凝土, 在桥梁工程施工中应用可以减少二氧化碳的排放量, 而且强度、耐久性更强^[3]。第三, 考虑到材料运输到施工现场的距离, 以免长时间运输影响材料性能, 建议优先采购本地供应商提供的材料, 而且在

运输中尽量减少使用包装材料,降低碳排放。

对于材料采购环节的智能监管,建议应用大数据分析技术实现材料能耗与排放的预测,及时发现采购材料是否面临环保风险。采购人员应用大数据技术分析施工材料的历史能耗数据和施工进度方案,在此基础上构建材料能耗预测模型,观察模型可以识别到可能导致能源浪费的材料,以便提前制定可行的应对举措。预测过程中采购人员还可以联系当地环境监测数据以及气象信息,在大数据分析技术的作用下,预测桥梁工程施工是否会影影响附近环境,以便采取针对性策略控制材料污染,满足节能环保要求。

(三) 桥梁工程施工环节

桥梁工程施工环节会集中产生大量能源消耗和污染物,监管人员需要明确具体的来源,并加以控制。第一,施工现场一个重要的能耗来源是机械设备,需选择电动起重机、混合动力挖掘机等节能型设备,此类设备与固有的燃油设备相比,可以有效减少能耗和尾气^[4]。第二,选择合适的施工工艺也关系到能耗的产生与排放,例如当前建筑业比较常用的装配式工艺,桥梁工程所有部件均提前在工厂中预制,统一运输到现场组装,有效减少施工现场湿作业部分,这也是桥梁工程施工节能环保的一个重要体现。第三,施工环节还需加强能源监管,例如施工现场安装智能电表、能耗智能监测系统,对施工现场的用电情况进行实时监测,按照数据智能分析所得结果,重新制定能源使用方案,使施工环节的能源利用率达到最大。

对于桥梁工程施工环节节能环保的智能监管,建议应用物联网技术,在现场安装不同类型的传感器,专门负责采集施工数据。此次桥梁工程施工阶段,监管人员首先安装能耗传感器,实时监测施工现场能源消耗情况与污染物排放情况。该传感器安装于现场关键机械设备以及重要的施工节点,采集电力能源、燃油能源消耗数据。其次,监管人员在施工现场与周边地区安装了环境监测传感器,该设备可以采集现场及周围的环境质量数据,例如空气质量、噪声、温湿度等信息。最后,为满足桥梁工程施工节能环保要求,监管人员额外部署了振动监测和应力分析的传感器,所有采集数据均能够保证准确性。以上传感器主要是在无线通信技术的作用下,向云端传输数据,为现场节能环保的智能监管提供支持。如此一来,监管人员应用物联网技术,既能实时监控桥梁工程施工现场产生的能耗,了解环境情况,又能进一步优化现场施工流程,在智能监管方法的作用下提高效率。

对于传感器获取数据,监管人员需要应用物联网技术传输、处理,增强数据传输网络的稳定性。实际上在传输数据时,需要应用LoRa、NB-IoT、5G等无线通信技术,实时获取精准数据。以上技术可按照现场环境与条件,选择最佳的数据传输路径,杜绝复杂施工环境和信号干扰的影响,确保数据传输的完整性。对于数据的汇总与

整理,现场安装传感器在采集到信息后,统一集中至数据管理平台中,此平台自动筛选数据并分类,将一些冗余的信息去除,只保留高价值信息。通过以上处理过程,充分物联网技术的作用增强数据集成性,为之后桥梁工程施工智能监管提供数据支持。

(四) 桥梁工程验收环节

桥梁工程验收环节的智能监管,重点需要从能耗、环保设施等方面进行验收。第一,监管人员对桥梁工程施工过程的能源消耗展开量化评估,对比前期设计环节制定的节能目标,确定能耗是否在预期范围之内^[5]。第二,对环保设施的验收,验收对象包括现场的废水处理设备、扬尘控制系统等,要求在正常运行的基础上满足桥梁工程排放标准。第三,监管人员检查施工原材料的环保性能,应同时满足设计要求和环保标准。特别是桥梁工程施工中采用的新型节能材料,保证其在桥梁工程中使用的耐久性和质量。

验收环节的智能监管建议采用智能算法,例如人工智能技术,使用机器学习算法、构建深度学习模型,可以进一步优化桥梁工程的智能监管系统。监管人员应用监督学习算法,面向桥梁工程施工过程中产生的能耗数据实施分类、回归分析,从中可以提炼出能耗异常信息;采用无监督学习算法自动化检测数据,找到数据包含的离群点,这也是针对性解决节能环保问题的有效方法。监管人员在构建深度学习模型的过程中,可以考虑卷积神经网络、循环神经网络两种技术,能处理复杂程度高的时间序列数据、预测施工能耗、评估环保措施成效。以上智能算法与监管系统相结合,既能提高桥梁工程施工全过程监管的能效,还可以增强监管系统自适应性。

另外,验收阶段应用人工智能技术,还可以应用机器学习算法构建异常检测模型,这样一来监管系统便可以自动分析传感器获取的数据,从中识别异常信息。本文所述桥梁工程施工的验收环节,监管人员突然发现现场有一机械设备能耗异常,而且分析数据发现施工现场的污染物浓度已经严重超出阈值^[6]。当接到系统发出的预警信号之后,监管人员马上前往对应区域处理,找到问题的根源。在这一实时预警机制的作用下,监管人员能及时发现问题并处理节能环保问题,以免因施工过程中的异常情况浪费资源或污染环境。除此之外,监管人员应用自然语言处理技术,还能够在监管系统中自动获取分析报告,为验收阶段处理节能环保问题提供参考。

三、项目分析

(一) 智能监管方法在施工全过程中的应用

1. 工程准备阶段

该桥梁工程的准备阶段,监管人员在施工现场布置、材料采购等环节进行了智能监控。首先应用BIM技术构建施工现场的三维模型,根据模型优化布置施工场地,减少机械设备频繁的移动,提高现场能源利用率。其次应用物联网传感器,对施工现场所有机械设备的运行状

态进行监测,提高设备利用率。最后,采购材料阶段监管人员应用智能系统分析了供应链数据,选择高性能混凝土、复合材料等环保型材料,并重新设计了材料运输路径,成功减少碳排放量。综上几种智能监管方法的应用,结合该桥梁工程施工数据可知,智能监管技术有效减少场地布置能耗,而且绿色材料也有效弱化了对周围环境的影响。

2. 基础施工阶段

该桥梁工程进入基础施工阶段后,主要对桩基施工环节的能耗监测、排放控制进行智能化监管。监管人员在施工现场设置多个环境监测站点,负责采集现场以及周边地区的空气质量数据、噪声水平数据、泥浆处理数据^[7]。随即应用大数据分析技术对基础施工阶段的高能耗环节做出预测,监管人员根据预测结果调整了施工策略。以基础施工中的泥浆处理为例,监管人员在智能系统中重新规划了泥浆循环利用的流程,通过与传统处理流程的对比,这种智能监管方式成功减少了水资源的使用,并对废弃物排放进行有效控制。

3. 主体结构施工阶段

桥梁工程的主体结构施工阶段进行智能监管,监管人员采用智能终端设备监测混凝土配合比,增强高性能混凝土比例的合理性,使桥梁主体结构更加耐久,而且在智能终端设备实时监督中也解决了材料浪费问

题。钢筋加工阶段,监管人员采用智能化切割设备,使钢筋加工精度得到提升,也减少了能源的过度消耗。但此环节也面临一些问题,例如前期采购智能设备需要投入高额的资金,现场有个别操作人员无法快速熟练掌握新技术,从而在主体结构施工中无法充分发挥出智能监管的优势。总而言之,主体结构施工阶段的智能监管,有利于减少混凝土浇筑能耗,也提高了钢筋加工的效率。

(二) 智能监管问题和优化

本文对某桥梁工程施工全过程智能监管的分析,智能监管方法获得了比较满意的效果,具体实施成效如表1所示,但是在现场监管的过程中依然存在问题。第一,机械设备故障、数据偏差比较明显,特别是受恶劣天气影响,降低了现场部署传感器运行的稳定性。第二,智能系统初期经济投入高,造成一定的经济压力,也影响了智能监管方法的大范围推广。现场有个别施工人员对新方法与技术的接受度不高,也影响了智能监管方法的应用效果。

对于以上问题,提出几点优化建议:第一,增强机械设备抗干扰性,监管人员定期检修、维护传感器。第二,积极研发新技术,减少智能监管系统成本投入;第三,对现场施工人员展开针对性的技能培训,提高施工人员智能监管技术应用水平。

表1 实施成效

指标	传统施工	智能监管	改进幅度
综合能耗	1.8 亿 MJ	1.2 亿 MJ	降低 33.3%
建筑垃圾产生量	2.4 万吨	0.6 万吨	降低 75%
环保违规次数	年均 17 次	年均 2 次	降低 88.2%

结语

综上所述,桥梁工程施工为满足节能环保要求,施工全过程进行智能监管一方面能降低能耗,减少建筑垃圾的产生,另一方面通过对传统监管方法的升级与创新,也能提高桥梁工程监督管理效率,及时发现桥梁工程施工全过程存在的异常,避免因过度能源耗损、过量建筑垃圾污染环境,促使桥梁工程施工能进一步满足节能环保要求。

参考文献

[1] 蒋慧超,汤敏,李海龙,等.景观工程的智能眼:自动化航测技术在工程监管中的应用[J].城市建筑,2025,(S1):10-14.
[2] 陈洪海,赵彦龙.基于深度图像识别的智能监管在铁路施工中的应用[J].工程与建设,2025,(02):480-482.

[3] 解意.基于北斗+BIM的智慧工地监管平台研究与应用[J].城市勘测,2024,(06):55-58+63.

[4] 林洲游.基于高速无线智能自组网的电力施工现场智能监管方法[J].自动化技术与应用,2025,(08):84-88.

[5] 杨瀚波.施工智能安全监管系统的场景应用研究[J].建设监理,2024,(07):25-29.

[6] 朱详炬,高平.基于BIM和GIS的数字智能化管控平台的构建及在桥梁项目管理中的应用研究[J].价值工程,2024,43(19):161-164.

[7] 廖平若,王文,钟文.基于物联网的公路水泥混凝土施工智能管控系统的设计及应用[J].湖南交通科技,2024,50(02):149-153.