

智能监控指挥系统在钢混叠合连续梁桥顶推施工的应用

项 进

中铁上海工程局集团第五工程有限公司 广西 南宁 530000

摘 要：凤凰岭大桥主桥为主跨130m钢混叠合连续梁桥，施工中采用的双幅同步130m跨顶推是目前国内第一大跨度钢混叠合连续梁桥顶推，项目自主研发了《大跨度钢混组合梁步履式顶推智能监控指挥系统》，本系统综合运用了云计算、物联网、移动互联网、VR、BIM、三维仿真、视频传输等技术，实现工程施工现场监测数据的实时采集、处理，并将三维仿真图像与实时视频图像显示在监测指挥中心大屏幕上，作为实时研判、指挥的依据，安全可靠，具有良好的社会效益。

关键词：智能监控；监测；钢梁顶推；可视化

引言

柳州市凤凰岭大桥主桥采用跨径布置为96+124+3×130+90m = 700m等高六跨连续组合梁方案，桥面全宽46.6m，等高双箱组合梁断面，钢梁高6.24m，混凝土桥面板厚0.26m。钢梁首先采用步履式顶推施工工艺将钢箱梁在岸侧逐节拼接向对岸顶推落梁后，再将529块桥面预制板进行分块拼装，板间现浇湿接缝连接的方式形成桥面系，最后安装桥梁上方的风雨楼即完成桥梁主体结构施工。

为加强钢混叠合连续梁桥顶推施工的安全管理，有效防范生产安全事故，对施工过程进行全方面的信息化监管，现代桥梁顶推施工均结合了BIM技术、物联网技术，对危大工程部位进行实时监测预警，实现危大工程管理的信息化、实时化、标准化；通过将“BIM+”技术应用到桥梁工程建设过程中，极大程度地提升了工程的整体建筑质量以及建筑效率，更好地适应了城市建筑的低污染、高效率的可持续发展理念，信息技术的广泛应用也极大程度地提升了建筑行业的快速发展。

1 系统简介

本文主要介绍自主研发的《大跨度钢混组合梁步履式顶推智能监测指挥系统》在施工过程中，实现工程施工现场监测数据的实时采集、处理，并将三维仿真图像与实时视频图像显示在监测指挥中心大屏幕上，作为实时研判、安全指挥施工的依据。系统介绍如下：

在软件上，主要显示工程名称、项目概况、施工部位、施工时间、具体责任人等基本信息，具体部位和环境均建立BIM模型，监控指挥、工艺模拟、数据下载等功能。系统主要实现了BIM数据模拟顶推施工工艺、传感器及时预警、视频监控以及预警日志等功能，管理人员通过登录云平台，可对数据进行查看、监测、统计、分

析，及时掌握施工状况。

在硬件上，指挥系统通过在不同部位安装应力应变传感器、风力风向、水流及温度传感器等监测装置，利用物联网动态监测技术和测量技术将数据上传至系统，对施工过程进行全程数据采集，并从系统云端读取相应数据，自动进行分析、处理、记录，通过BIM模型动画可实现实时显示，并具备预警报警功能^[1]。

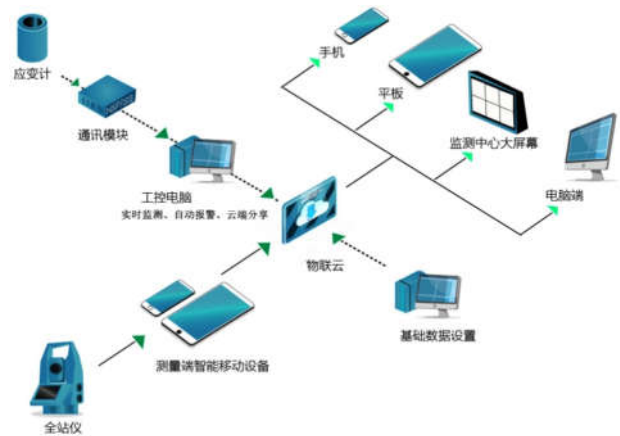


图1 顶推监测指挥系统联络框架

2 监测点现场布置

在钢箱梁顶推施工前，首先在顶推支墩、导梁、塔架、钢箱梁等应力集中或重要构件的部位安装应力感应原件，传感器采集到的各类数据由总线型采集模块负责模-数信号转换，完成后的数字信号以无线方式再上传至云端平台。系统从云端读取相应数据进行分析、处理。其中，监测数据包括：主梁应力、线型监测，主墩应力应变监测、临时拉索应力监测、导梁应力应变、线型监测、塔架应力应变监测以及场区风力风向、水流、温度监测和各个传感器的详细信息。视频处理模块主要对重点部位的视频监控；BIM模型动画部分实时显示顶推过

程；传感器数显部分主要显示传感器实时数据状态。

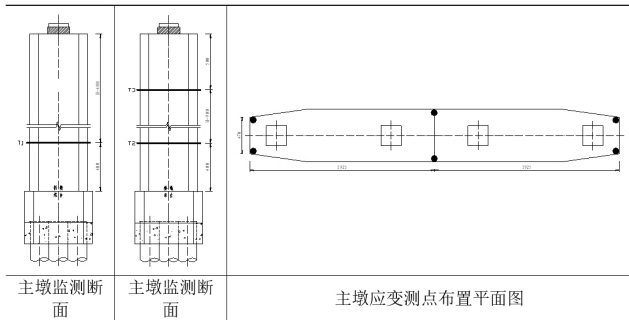


图2 主墩应力监测断面和测点布置

3 钢箱梁顶推监测指挥系统实施运用

第一，数据设定：首先，通过系统后台对各部位传感器设置温度、线型的初始值和预警值，并在系统界面展示实际值或差值（差值 = 最新数据-初始值）。当传感器数据异常时，即进行消息提醒，在传感器列表中文字变红、跳动，且BIM模型中监测点实现模型放大。系统实现传感器预警信息的实时化，除了在首页设置红点消息提醒，亦会记录在系统消息中给使用者提醒，同时预警日志记录所有传感器的全部预警信息。

第二，数据预警：在顶推整体施工过程中，将实时预警预设为四级状态量，即：正常、轻微预警（即将到

达预警值）、一般预警（轻微超过预警值）、严重预警，四种状态量用以表示当前传感器所传递的信息。例如将应力变化报警值设置为200MPa，如在顶推过程中某部位应力变化传感器的应力值变化量超过200MPa，则该传感器数值显示由绿色变为红色，同时在BIM模型界面上，该传感器位置出现红色闪烁告警显示，右上角将滚动显示告警传感器名称、告警值等信息。

第三，数据回放：在施工过程中，当顶推过程因不可控因素，导致项目延期或项目提前完工时，可根据实际时间去记录项目阶段信息的填写，如果发生错误，系统后台支持及时调整。当顶推操作系统出现预警后，控制室工程师可通过顶推操作系统对各部位应力进行调整，以满足施工过程中安全可控要求。当超过报警值时，监测数据显示区会变为红色提醒，BIM及传感器数值进行历史数据回放^[2]。

第四，工艺模拟：以整个BIM模型作为背景，可在模拟过程中旋转或局部放大观察模型，过程采用影音播放样式，配以字幕形式展现施工过程的不同阶段顶推工艺模型，期间可对构件、特性、截面分析、测量、分解模型等进行编辑使用，亦可通过大屏化的BIM模块反馈出预警信息，实时展示钢箱梁推动动态结果。

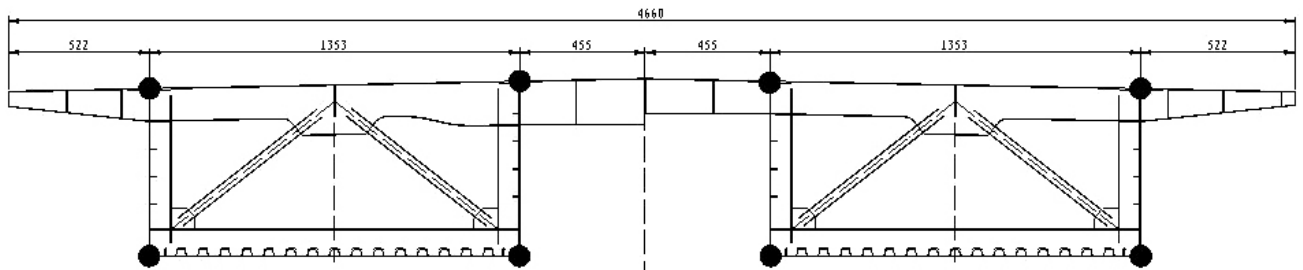


图3 主梁应力、温度监测测点布置图/cm

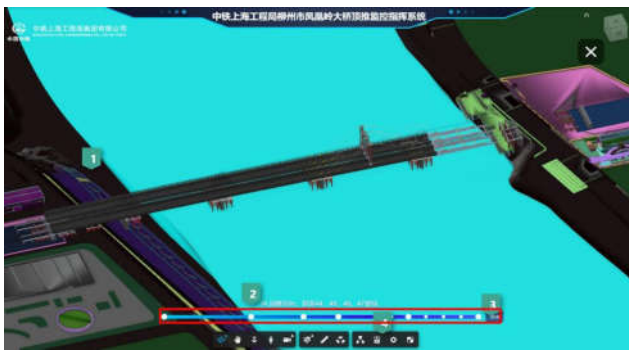


图4 钢箱梁顶推施工工艺模拟

第五，系统互联：通过二维码与电脑端绑定完成数据互联，主要针对主梁线性调整及临时拉索力调整，使测量及信息填报人员可实时在移动端录入数据以及对错误信息分析、修改，在电脑端对最新填报的人工记录监

测点数据进行展示。同时在系统后台预留管理设置，可对错误信息进行管理、记录。

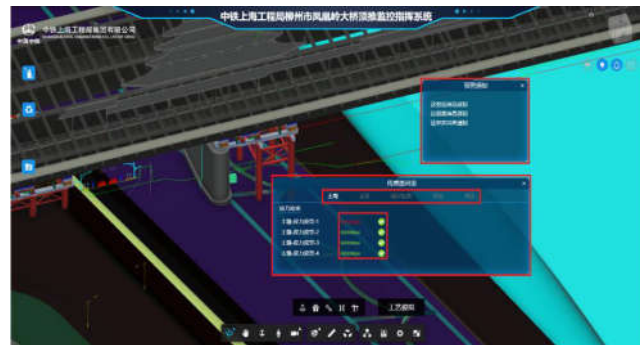


图5 PC端与手机端互联

4 智能监测指挥系统特点

智能监测指挥系统采用的技术包含BIM建模技术、工

艺模拟技术、数据实时监控技术、数据互联技术、预警日志回访技术、大屏显示技术。其特点主要有三点：

一是将与主桥钢箱梁顶推施工相关的重要参数数据、现场视频等信息实时反馈在监控指挥大屏上，以便于现场指挥人员进行全面掌控；实时预警预判、报警，掌握先机、全面监控，便于及时采取措施处置；

二是通过二维码与电脑端绑定完成数据互联（如主梁线型值调整、临时拉索索力值调整等），测量及信息填报人员通过手机端配置时间、录入数据以及对错误信息修改，将输入数据进行分析比对，对错误数据进行纠正，同时系统预留管理设置，可对错误信息进行管理；

三是全过程数据备份、对过往施工模拟进行回放，为后续分析或科研提供详实的大数据分析基础，为今后类似的重大施工提供有力的保障措施^[1]。

5 结论

通过钢箱梁顶推监测指挥系统对柳州市凤凰岭大桥桥梁线型、应力应变等问题进行安全监测，该系统真实反映桥梁健康状态，及时有效的对应现场工况做出最有利施工的程序响应，极大的避免了有线传输数据的场地限制及意外事件的发生，满足顶推线型及同步性要求精确，确保桥梁在投入使用后安全可靠。

通过该系统的实践应用，主要得出以下结论：一是施工全过程中，主墩和主梁应力测试断面实测应力和工

况间实测应力变化与理论计算比较吻合，主墩和主梁应力测试断面应力偏差均在规范和设计要求范围内，满足相关要求；二是主梁落梁调整后，主梁最大高程偏差分别为26mm，平均高差为6.9mm，高程满足规范和设计要求；三是主桥桥面板及体外预应力全部安装完成后，主梁最大高程偏差为23mm，平均高差为13.1mm，高程满足规范和设计要求；四是考虑桥梁运营前可能存在各项误差的基础上分3种荷载组合工况，对结构运营阶段安全性进行了验算，计算表明结构运营阶段的安全性满足要求。

未来项目施工管理中，智能监控指挥系统将更加自动化和智能化，能够自动识别施工中的异常情况并及时预警，减少对人工监控的依赖，提高施工效率和安全性，能够更好地适应复杂多变的环境条件，如极端天气、地形限制等，确保施工的连续性和稳定性，推动建筑行业向更高水平的发展。

参考文献

- [1]王宏,吴伟,苏凯,等.北斗定位小半径曲线匝道桥智能化步履式顶推应用[J].中国公路,2023,645(17):101-103.
- [2]林清清,张晓辉.大跨度钢箱梁顶推过程的精细化智能监控技术[J].港工技术,2022,59(5):68-72.
- [3]王金国,任晚晚,丛培,等.BIM技术在钢—混组合连续梁桥顶推施工中的应用[J].公路与汽运,2023(2):98-102.