

市政道路智能化施工管控系统架构与工程应用

冯华¹ 蔡永元²

1. 傲浒建设集团有限公司 浙江杭州 310000; 2. 浙江省建投交通基础建设集团有限公司 浙江杭州 310000

DOI: 10.12238/jpm.v4i11.6411

[摘要] 为了解决市政道路施工受机械状态、人工误差等不利因素的影响，进而导致道路使用寿命降低的问题，应用智能建造的理念和手段对现有施工技术进行了改进和提升，即：将信息化设备应用于市政道路施工全过程中，通过应用多种智能硬件和软件制定了各信息化子系统，最终形成整套市政道路智能化施工管控系统。该系统可以提高施工效率，减少路面病害的出现，延长道路使用寿命。因此在某道路工程试验段中，应用智能化施工管控系统，对摊铺机摊铺速度、温度、厚度和压路机压实速度、遍数、压实度等进行监测，再用检测数据辅助机手操作，有效保障了信息化道路施工质量，提高了工作效率。

[关键词] 市政道路；智能化施工；智能化系统

Architecture and engineering application of municipal road intelligent construction control system

Feng Hua¹, CAI Yongyuan,²

1. Aohu Construction Group Co., Ltd. Hangzhou, Zhejiang Province 310000

2. Zhejiang Construction Investment Transportation Infrastructure Group Co., LTD. Hangzhou 310000

[Abstract] in order to solve the municipal road construction by mechanical condition, artificial error, thus reduce the service life of road, the application of intelligent construction concept and means to improve and improve existing construction technology, namely: the information equipment applied in the whole process of municipal road construction, through the application of a variety of intelligent hardware and software developed the information subsystem, eventually form a complete set of intelligent municipal road intelligent construction control system. The system can improve the construction efficiency, reduce the occurrence of pavement disease, and prolong the service life of the road. Therefore, in a road engineering test section, the intelligent construction control system is applied to monitor the paving speed, temperature, thickness, compaction speed, times and compaction degree of the paver, and then the detection data is used to assist the manual operation, which effectively guarantees the quality of information road construction and improves the work efficiency.

[Key words] municipal road; intelligent construction; intelligent system

引言

随着经济的高速发展，城市之间的交通联系日益紧密，人

们对道路建设水平的要求也愈加严格，因此市政道路的建设、优化和运维迫在眉睫。目前信息化、数字化技术在工程中被广

泛应用,将BIM、物联网、大数据、数字孪生和云计算等多种新技术与工程建设融合已成为新的建造模式。智能建造技术已被应用到工程建设设计、生产、施工和运维等各个阶段。在设计阶段应用智能建造模拟建造过程,判断施工可行性和实用阶段的合理性,可以降低工程的不确定性;在施工阶段应用物联网技术获取施工过程中关键指标的数据,通过建立数字化管理平台对过程数据实时监测记录,对建造过程进行管控,可显著提高过程管控能力。

1. 市政道路智能化施工管控系统

传统施工质量监督、检测和评定仅能通过事后抽样检测方式进行,所使用的红外探温枪、插入式测温仪和平衡梁等传统仪器的精度和适用性较差,无法对施工过程进行全流程掌控。基于此,笔者开发了市政道路智能化施工管控系统,使其具有了数据采集、数据传输和应用监测三大功能。该系统包括运输过程监控系统、摊铺施工过程的智能摊铺系统和用于保证碾压施工过程的智能碾压系统。

智能摊铺系统基于北斗卫星,结合厚度传感器、温度传感器阵列,用于采集摊铺过程中的位置、速度和温度数据,然后将该数据上传至平台后,再根据位置信息和道路设计软件自动将速度、温度和厚度值与现场桩号偏距进行匹配,从而得到施工现场任意位置的施工数据,并作可视化展示。智能碾压系统基于北斗卫星,结合温度传感器采集碾压过程中的碾压位置、遍数、速度和温度,然后将数据上传至平台后,再根据位置信息和道路设计软件自动将碾压遍数、速度、温度与现场桩号偏距进行匹配,从而得到施工现场任意位置的施工数据。平台端通过可视化手段,对现场施工数据进行展示,并支持数据统计与分析,获取每日或者阶段性施工质量报告,以便评定施工质量。

1.1 运输监控子系统

运输监控子系统是在运输车辆上安装了专业运输管控系统。该系统配备了称重传感器、定位通信模块、射频标签和RFID读卡器等,以实时监测运输车的位置和重量,并可将相关数据上传到管理平台。

1.2 路面摊铺信息化子系统

路面摊铺信息化子系统是在摊铺机上安装了专业路面摊铺管控系统。该系统配备了北斗高精度定位定向接收机、阵列式温度传感器和厚度传感器等设备,以实时监测摊铺桩号位置、速度、温度和厚度等施工关键数据,并将相关数据上传到管理系统,进行实时分析和处理,对不符合施工规范的异常数据产生预警信息,生成质量成果报告。

1.3 路面压实信息化子系统

路面压实信息化子系统是专门针对沥青路面压实开发的

管控系统。该系统安装在路面压路机上,并配备高精度定位定向接收机、高精度温度传感器和振动传感器等设备,以实时记录压实桩号位置、速度、遍数、温度和振动情况等数据,并将相关数据上传到管理系统。该系统能够实时监控现场压实数据信息,当数据异常产生预警信息时,可通知相关人员,再通过分析整理生成压实成果报告。

2. 市政道路智能化施工管控系统应用

为了验证上述市政道路智能化施工管控系统的功能和优点,笔者结合实际工程进行了应用和提升。

2.1 工程概况

某工程基础设施补短板项目包含“五纵四横”9条主、次干路,道路全长18180.741m。由于工期紧任务重,选取试验段展开了设备和智能化施工管控系统试验应用,以便实现对沥青混合料的运输、摊铺和碾压全过程的精准监控,对数据进行留痕记录,使问题可追溯,保证地面交通和工程施工运输的安全运行。

2.2 现场信息化设备安装

2.2.1 运输监控设备安装

在实际应用中,将称重传感器安装在运料车车斗的下方,传感器一端焊接在车斗下方的横梁上,另一端焊接在传动轴上方固定的位置上。定位通信模块放置在司机驾驶室内(不妨碍司机的驾驶和工作)。

2.2.2 路面摊铺信息化设备安装

北斗定位定向一体化终端安装于驾驶室前方,以便于驾驶员观察和调整,且使用抱箍等紧固件将其固定。定位天线安装在车顶部前方位置,下端由磁吸底座固定吸附在车顶部。定向天线放在驾驶室顶部后端位置,用吸盘底座将其吸附固定。在靠近熨平板位置,温度传感器强磁吸附在距离地面约20cm处。厚度传感器分别安装在摊铺机的前、后。RFID读卡器安装于摊铺机顶棚的前横向大臂上。视频设备安装于摊铺机顶棚后侧的横梁上。

2.2.3 路面压实信息化设备安装

北斗定位定向一体化终端安装于驾驶室前方,以便于驾驶员观察和调整。定位天线安装在车顶部前方位置,定向天线直接放在驾驶室顶部后端位置。对于压实度传感器,可将其下端强磁吸附到钢轮中心可吸附的位置上。温度传感器布置在靠近振动轮车体位置,通过强磁将其吸附在距离地面约20cm处。

2.2.4 工程坐标转换

该工程现场使用国家2000坐标,中央子午线117。坐标转换前需在现场选择3个控制点,控制点坐标需大于5km且不可在同一条直线上。在新建工程中使用RTK设备时,需设置椭球体和中央子午线,再使用RTK设备在控制点上坐标采集,

得到当前的 RTK 经纬度坐标。

坐标采集后,根据控制点坐标和当前坐标,使用工具进行参数计算,并将同一个点位的经纬度坐标和控制点坐标录入进行计算。

参数核验也可重新找一个控制点,将计算出的参数输入到 RTK 中,在控制点上采集平面坐标,比对 RTK 输出坐标与该点位控制点坐标差值,如果符合平面 2~3cm、高程 5cm 要求,即符合使用需求。查验结束无误后将数据导入至终端平板内。

2.2.5 线路转换

获取试验段道路曲线要素,将线路元素录入到道路转换软件平断面中,自动生成线路平断面。

查看当前线路的宽度,确定左、右幅是否相同,并将宽度数据录入到道路转换软件横断面中,自动生成线路横断面图。导出线路文件至后台,使用转换后的平台坐标通过软件自动计算桩号偏距。

将现场 RTK 获取已知桩号偏距位置的平面坐标,使用道路转换软件进行平面坐标转换,然后比对转换后桩号检验偏距是否与现场已知点符合。检验无误后将数据导入至终端平板内。

2.3 市政道路智能化施工管控平台

市政道路智能化施工管控平台可实现 GIS 地理信息的 Web 在线化管理和呈现、导入施工区域的矢量地图,自动还原该区域高精度地理信息和高程信息。通过 GIS+BIM 技术,在 GIS 地理地图上可以精准实现施工道路的 BIM 模型、车辆 3D 模型的超融合、施工现场的地理化、3D 可视化和数字化还原与呈现。通过大屏首页可查看项目信息、设备信息,实时查看摊铺参数、碾压遍数、温度等关键技术要点,实时监控施工现场状况,发现问题可上传至驾驶室机手平板以便及时处理。

2.3.1 基础设置

系统登录成功后进入主页,主页分为上部的功能模块栏、左侧的子菜单栏和右侧的展示区。对于上部的功能模块栏,整个系统采用微服务架构,可压实信息化系统,既可单独作为一个平台进行展示,也可和其他摊铺、运输、拌和等微服务结合进行展示。当点击压实管理或摊铺管理模块时,左侧子菜单栏显示为基础设置和统计分析。其中基础设置分为设备管理和工区绑定。设备管理用于添加压路机、摊铺机设备,并给每个压路机、摊铺机设备分配登录账号,当添加完设备后,现场压路机、摊铺机上安装的高精度北斗定位定向一体化终端即可通过该账号进行登录和数据上传。

2.3.2 实测结果分析

设备添加完成后,需要将该设备手动绑定到工作的工区内,以便后续该设备产生的数据在统计分析时可划分到具体工区中。统计分析子功能中,细分为当日分析、历史分析、汇总分析和综合查询与导出。摊铺速度统计分析见图 1。

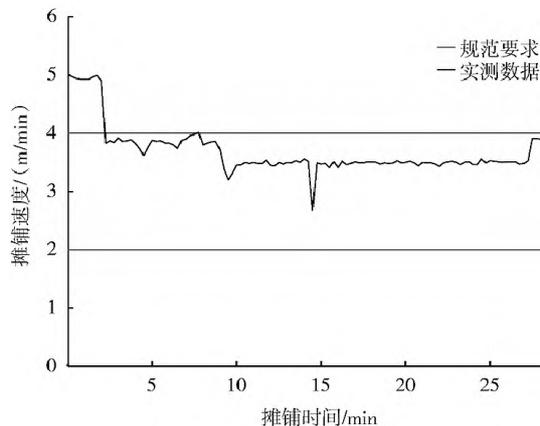


图1 摊铺速度统计分析结果

由图 1 可以看出,摊铺机摊铺速度基本控制在 2~4m/min 范围内,符合施工规范要求。摊铺机开始作业时速度超过了规定值,但在短时间内进行了调整使摊铺速度控制在要求范围内,后续摊铺也匀速进行。监测的数据传至终端平板有效地引导了机手作业,并对摊铺速度进行管控。摊铺温度统计分析见图 2。

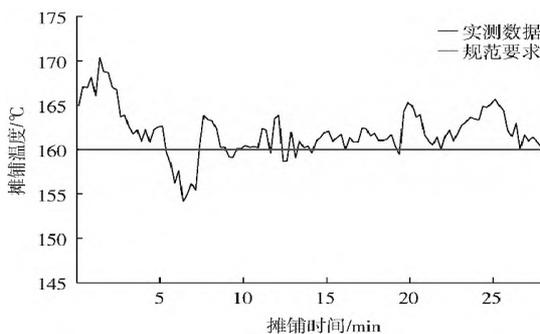


图2 摊铺温度统计分析结果

施工规范中要求混合料的摊铺温度不低于 160°C,由图 2 可以看出,摊铺温度基本符合规范要求,当发现摊铺温度略低于规范温度要求时及时整改,使得后续作业温度符合规范要求。

压实速度统计分析见图 3。

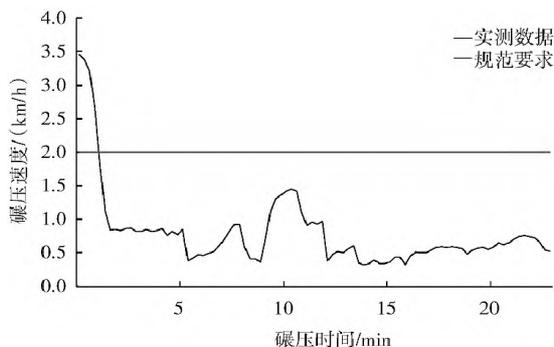


图3 压实速度统计分析结果

施工规范中要求压路机碾压速度应控制在 2.0km/h 以内,

由图3可以看出,压路机初始速度超过规范要求,但是现场机手通过安装的终端平板实时查看出压路机碾压速度不符合要求,于是及时进行了调整,使后续碾压作业在规范要求的速度中进行。

2.3.3 施工管理

施工管理模块用于对整个施工过程的管控。该模块分为3个子模块,分别用于对整体进度录入的进度管理、对项目文件归档的文件管理以及对数据分析的综合查询。

当现场压路机进行施工时,通过综合查询中的实时监控模块,可查看到压路机的碾压情况,并且可获取到当前压路机上传感器的实时数据,以及压路机碾压区域所在的桩号偏距;用不同颜色的图例来区分不同碾压遍数的情况;可以直观地看到当前压路机施工的位置是在实际道路的哪个部分,线路和线路旁边的桩号与现场实际道路是否相符。管理人员通过网页端和手机APP端实时查看压路机的轨迹和碾压遍数,发现问题及时反馈至现场施工人员以便整改,保证了施工效率。

项目施工报告

标段:	易兴路	工区:	易兴路
开始日期:	2023-05-04 00:00	截止日期:	2023-05-11 23:59
生成报告日期:	2023-05-12 13:11	里程范围:	K0+786.64-K2+218.93
层位:	上面层	路幅:	左幅
摊铺机:			
	温度	速度	碾压
平均值	174.1°C	2.63m/min	4.8cm
合格率	93.45%	96.65%	100%
总体评价:符合施工要求 问题分析: 改进措施: 意见建议:			
双钢轮(初压):			
	遍数	温度	速度
平均值	5	152.3°C	1.63Km/h
合格率	100%	100%	98.98%
总体评价:符合施工要求 问题分析: 改进措施: 意见建议:			

图4 项目施工报告

当项目存在报表导出的需求时,可使用报表导出模块。在该模块中,需要用户手动选择标段、工区、层位、路幅、开始时间和结束时间,然后点击查询按钮,系统将根据用户输入的

查询条件对数据进行查询。查询结束后,会将数据按照导出报告的模板进行填充,并展示到前端页面中,用户可以手动修改一些基础默认参数。修改完成后,确认无误,可根据需要选择Word或者PDF2种方式导出。项目施工报告见图4。

由图4可以看出,管理人员可以查看到对试验段道路通过信息化设备监测采集到的数据分析结果,即摊铺机温度、速度和厚度的平均值与合格率,压路机碾压遍数、温度和速度的平均值与合格率。

结语

通过实际工程应用和验证可知,与传统施工过程相比,该智能化施工管控系统可以有效解决以下问题:

1) 减少人工作业。传统施工作业共需机手6人、小工12人、摊铺质检员2人。通过应用该系统,试验段小工减少至6人,质检员减少至1人。

2) 提高工作效率。系统可以辅助判断施工质量,现场技术人员可直接进行薄弱抽检,降低了检测点位数,有效提高了工作效率。

3) 施工数据的持久化记录。传统施工仅能保留施工的检验数据,对施工过程中的数据无法持久化存储,无法实现施工过程的反演。

4) 施工质量的全面评定。与传统的检测手段相比,通过多传感器融合技术,可有效保证整个施工过程中的质量评定,改变了传统施工检测中的以点带面方式,实现了100%施工过程全记录。

5) 施工过程的实时指导。通过北斗定位技术与多种类型的传感器,可有效采集到施工过程任意时刻的施工数据,并配合车载终端对施工数据进行可视化展示,有效辅助施工,显著提升了工程质量和效率。

[参考文献]

[1]练强.基于信息化监管下的沥青路面平整度控制研究[J].黑龙江交通科技,2022,45(2):137-141.

[2]王宣,唐建亚,邢永忠.基于物联网的智能监控系统在沥青路面施工中的应用研究[J].公路交通技术,2017,33(3):23-28.