

2022 年度江苏省行业领域十大科技进展提名书（单位）

提名单位	江苏省综合交通运输学会			
通讯地址	江苏省南京市秦淮区建邺路 168 号 7-2 号楼 204 室			
联系人	姓 名	谢卫奇	电子邮箱	jsctxs2018@163.com
	电 话	025-58786631	手 机	13951636191
被提名的十大科技进展题目	沥青路面结构状态实时感知技术与系统研究			
所属领域	土木水利交通建筑			
被提名的十大科技进展简介	<p>近年来交通运输部发布了一系列规划，提到“推进基础设施长期性能科学观测网建设，开展基础设施设计建造基础理论研究”，如《交通运输部、科学技术部关于科技创新驱动加快建设交通强国的意见》、《交通领域科技创新中长期发展规划纲要（2021—2035 年）》。沥青路面结构状态实时感知技术与系统研究，解决了如下技术难题，如沥青路面长期性能科学观测点建设；沥青路面温度、湿度、动态称重以及应力应变传感器施工；沥青路面温湿环境、交通荷载与力学响应的数据分析等。</p> <p>本项技术研发单位：苏交科集团股份有限公司、扬州市公路事业发展中心、扬州西外环路建设指挥部。通过技术研发，创建了江苏省干线公路路面长期性能科学观测点建设方案，建立了沥青路面温湿环境与交通荷载的长期监测方法，完善了沥青路面力学响应的数据分析方法，开发了沥青路面结构状态实时感知技术与系统。本项技术研发有利于丰富科学观测数据的战略性资源，有助于提升公路路面建设与养护技术理论体系及标准体系，为公路路面高质量发展、加快建设交通强国提供服务与支撑。2022 年 6 月 29 日，中国公路学会组织召开的项目成果评价会，项目成果达到国际先进水平。</p>			

被提名的
十大科技
进展的推
动过程、
产生效益
及社会影
响 等

1 立项背景

近年来交通运输部发布了一系列规划，均提到“推进基础设施长期性能科学观测网建设，开展基础设施设计建造基础理论研究”，如《交通运输行业野外科学观测研究基地建设发展方案（2019—2025年）》、《交通运输部、科学技术部关于科技创新驱动加快建设交通强国的意见》、《交通领域科技创新中长期发展规划纲要（2021—2035年）》、《“十四五”交通领域科技创新规划》、《公路“十四五”发展规划》。沥青路面结构状态实时感知技术与系统研究，对于基础设施长期性能科学观测以及基础理论研究，具有重要的作用。

通过理论分析、数值模拟、室内外试验等手段，在沥青路面温度、湿度、动态称重以及应力应变传感器布设方案；传感器数据的动态采样频率、静态采样频度、移动平均法降噪处理、信号转换的方法；沥青路面温湿环境、交通荷载与力学响应的数据分析方法等方面，开发了沥青路面结构状态实时感知技术与系统。

2 关键技术内容

2.1 总体思路

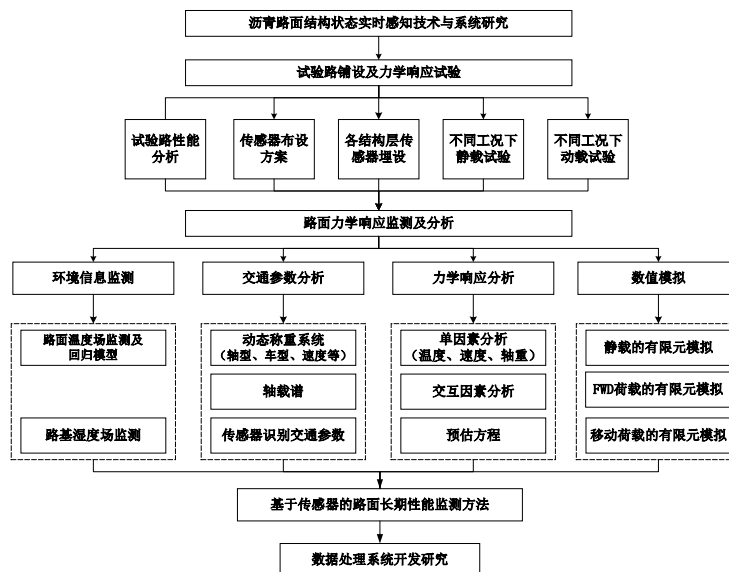


图 1 总体思路

沥青路面结构状态实时感知技术与系统研究，包括观测点选址与设计、传感器选型与布设、数据采集与分析。沥青路面温湿环境与交通荷载的长期监测方法研究，包括路面温度场监测、路基湿度场监测、交通荷载监测。沥青路面力学响应的数据分析方法研究，包括静力响应测试分析、FWD 动力响应测试分析、行车荷载作用下的动力响应测试分析、基于动力响应的沥青路面长期性能监测、数据处理系统开发。

2.2 研究成果

(1) 创建了沥青路面结构状态实时感知技术与系统

提出了沥青路面温湿度传感器、动态称重系统以及应力应变传感器的布设方案与施工方法，实现了传感器施工存活率 95%以上，研究了传感器数据的动态与静态采样频率、移动平均法降噪处理、信号转换的方法，建立了沥青路面温湿度环境、交通荷载与力学响应的数据分析方法与长期性能监测技术体系。成果有效解决了传感器布设方案、施工工艺、数据分析方法的技术难题。



图 2 路面结构状态实时感知技术与系统示意图

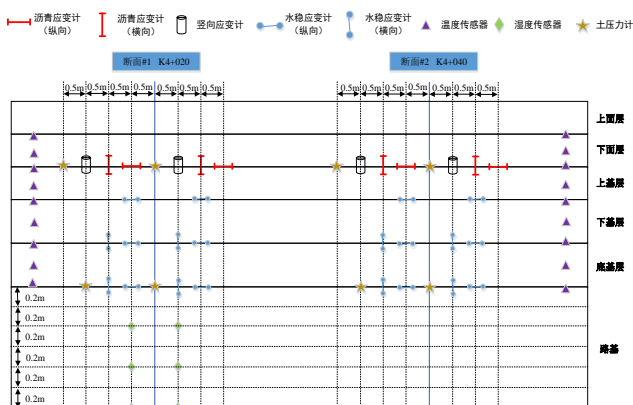


图 3 传感器布设纵断面示意图



图 4 底基层应变计与压力计



图 5 下基层应变计



图 6 上基层应变计



图 7 下面层应变计与压力计



图 8 上面层应变计



图 9 动态称重设备



图 10 动力响应测试



图 11 静力响应测试



图 12 控制机箱与解调仪

(2) 建立了沥青路面温湿环境与交通荷载的长期监测方法

提出了不同季节、不同深度条件下的沥青路面温度双正弦回归模型，相关系数 0.95 以上，研究了不同季节、不同深度条件下的路基湿度线性回归模型，提出了基于沥青路面动态称重系统和交通调查点的车型比例、车道分布系数、车速、超载和轴载谱的分析方法。成果有效的定量评价了观测点的路面温湿环境与交通荷载状况。

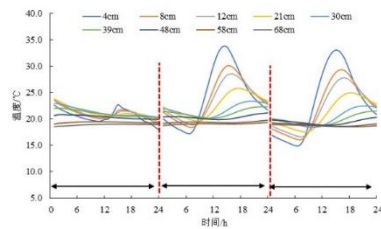


图 13 3 月份代表天气温度曲线

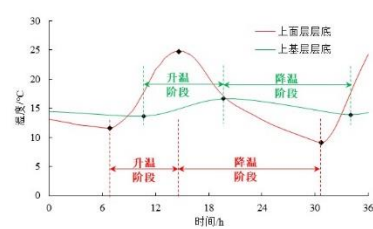


图 14 一个周期内沥青面层和水稳基层温度曲线

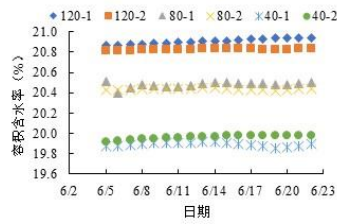


图 15 6 月份路基湿度数据统计

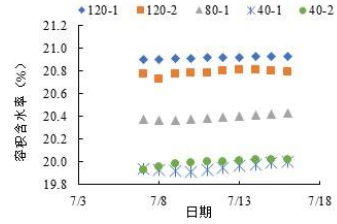


图 16 7 月份路基湿度数据统计

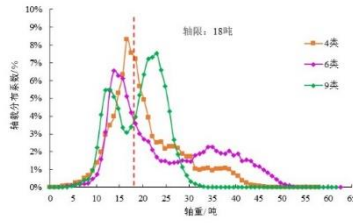


图 17 轴载分布系数（双联轴）

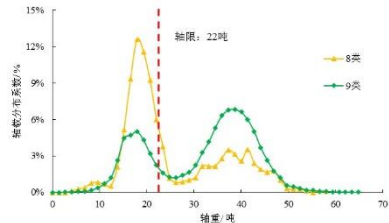


图 18 轴载分布系数（三联轴）

(3) 完善了沥青路面力学响应的数据分析方法

基于静力加载、FWD 以及移动荷载作用的路面传感器应力应变的分析方法，提出了基于动态弯沉、荷载、温度的沥青层底三向应变预估方程，建立了基于温度、速度、荷载的沥青层底三向应变预估方程、半刚性基层层底的拉应变预估方程以及基层顶竖向压应力预估方程。成果有效的分析了不同季节条件下的路面力学响应状态。

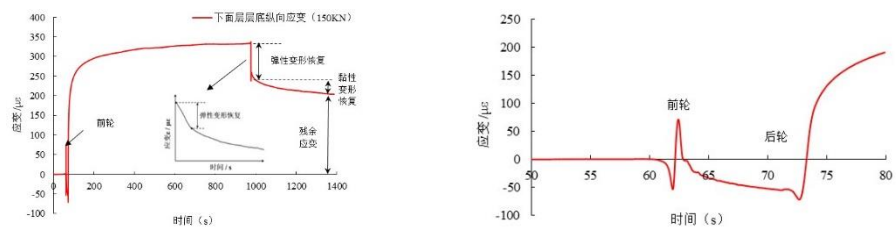


图 19 静载试验沥青层层底纵向应变时程曲线

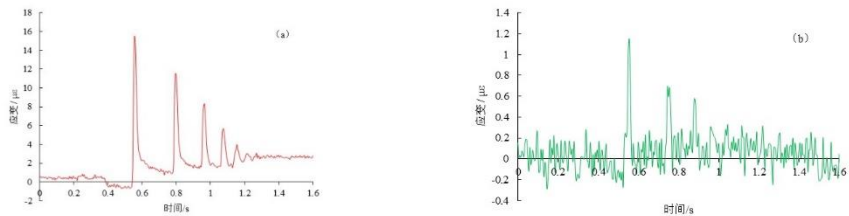


图 20 FWD 作用下下面层层底横向应变时程曲线：（a）下面层层底；（b）下基层层底

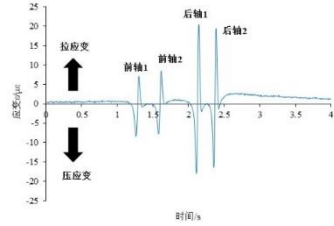
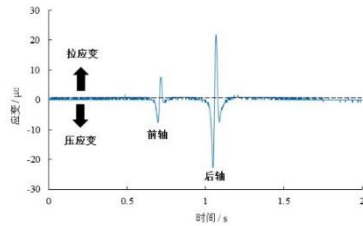


图 21 沥青层层底纵向应变时程曲线(3 类车) 图 22 沥青层层底纵向应变时程曲线(6 类车)

开发了沥青路面结构状态实时感知技术与系统：传感器采集原始信号输入，包括电压信号和温度信号；根据公式将电压信号转换为应力、应变信号；判断是否需要滤波，以临近两个周期峰值的中点为零点基准线，将应变信号平移至基准线；读取多个周期应变曲线的特征点。

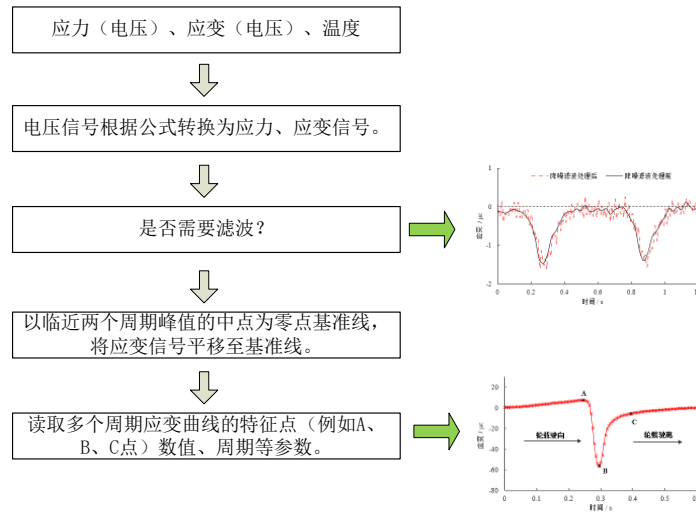


图 23 数据处理流程图

3 效益及社会影响

(1) 社会效益

依托公路路面长期性能观测站点建设，采用沥青路面结构状态实时监测技术，采集环境观测、荷载观测和路面性能演化等方面指标与数据，有利于丰富科学观测数据的战略性资源，有助于提升公路路面建设与养护技术理论体系及标准体系、养护科学决策，为公路路面高质量发展、加快建设交通强国提供服务与支撑。具有重要的交通行业科技进步促进作用。

(2) 行业技术发展的推动作用

结合国道 345 扬州仪征新集至刘集段路面长期性能观测点的现有基础及资源, 积极参加交通运输部的公路路基路面长期性能科学观测网建设, 丰富沥青路面长期性能数据库, 验证长期性能观测技术的有效性。进一步完善《沥青路面结构状态实时监测技术指南》, 开展国内外技术交流, 为沥青路面长期性能科学观测点建设提供有益经验, 实现路面温湿环境、交通荷载、路面力学性能的实时监测。

(3) 推广应用前景

项目通过理论分析、数值模拟、室内外试验等手段, 在沥青路面温度、湿度、动态称重以及应力应变传感器布设方案; 传感器数据的动态采样频率、静态采样频度、移动平均法降噪处理、信号转换的方法; 沥青路面温湿环境、交通荷载与力学响应的数据分析方法; 沥青路面结构状态实时感知技术与系统开发等方面, 研究总结形成关键技术, 具有广泛的应用前景。

综上所述, 本项技术研发单位: 苏交科集团股份有限公司、扬州市公路事业发展中心、扬州西外环路建设指挥部, 依托国道 345 扬州仪征新集至刘集段建设工程, 开发了沥青路面结构状态实时感知技术与系统。项目发表论文 4 篇, 授权专利 1 项: “一种沥青路面力学响应结构及测试系统 (CN 216284736 U)”, 编制技术指南 2 项: “沥青路面结构状态实时监测技术规范” 和 “试验路技术指南”, 编制沥青路面结构状态实时监测数据库 1 项, 培养博士 1 名、硕士 2 名。

2022 年 6 月 29 日, 中国公路学会组织召开的项目成果评价会, 项目成果总体达到国际先进水平。项目成果解决了沥青路面长期性能科学观测点建设, 沥青路面温度、湿度、动态称重以及应力应变传感器施工, 沥青路面温湿环境、交通荷载与力学响应的数据分析等方面的技术难题, 社会效益显著, 具有实用性、创新性, 推广应用前景广阔。

<p>被提名的 十大科技 进展主要 完成单位 承 诺</p>	<p>郑重作出以下承诺：</p> <p>被提名成果真实有效，不违反法律法规，不存在弄虚作假、冒名顶替、侵犯他人知识产权等科研失信行为。</p> <p style="text-align: right;">负责人（签字）</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>
<p>提 名 理 由</p>	<p>（请从创新性、影响力以及科技贡献率等方面阐述）</p> <p style="text-align: right;">负责人（签字）</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>