2024年度山东省技术发明奖申报项目公示

**一、项目名称**

复杂服役状态下高速公路路面性能智能感知与提升关键技术

**二、提名者及提名意见**

提名单位：

山东省交通运输厅

提名意见：

我单位认真审阅了该项目提名书及其附件材料，确认全部材料真实有效，完成人、完成单位排序无异议，相关栏目均符合山东省科学技术奖励委员会办公室的填写要求。

我国高速公路建设面临路面结构服役状态及演化规律失真、设计理论与实际状态偏差大等难题，缺乏复杂服役环境下路面服役状态智能感知与性能提升方法，导致长寿命路面设计与精准养护难以实现，路面服务质量、运营安全与应急保障受到严重影响，路面服役性能智能感知与提升已成为高速公路建设及养护必须解决的重大科技问题。该项目经过十余年攻关，围绕高速路面服役性能智能感知关键技术难题展开研究，系统构建了基于多维度、多指标的路面服役性能智能感知体系结构，研发了从智能感知传感器到智能采集终端系列装备和技术，建立了多源大数据智能感知平台，形成了复杂环境服役性能智能感知的新一代路面结构设计与精准养护决策方法，并率先在全国多条高速公路成功实施了重大工程应用。项目研究成果总体达到国际先进水平，核心技术达到国际领先水平，成果在滨大高速、济潍高速、青岛海湾大桥多条高速公路工程中成功应用，成果应用累计经济效益超30亿元，经济和社会效益显著。

获授权发明专利30项、其他知识产权35项，编制行业标准1项，出版专著2部，发表论文100余篇，核心成果达到国际领先水平，交通运输重大科技创新成果入库9项，在我国第一条永久路面示范路滨大高速、青藏高原多年冻土地区首条高速公路共和-玉树高速等项目成功应用，为超过1万公里高速公路提供建管养决策支持，为高速公路服务质量和安全运行提供强有力的技术保障。

该项目已征求了谭忆秋（哈尔滨工业大学、道路与铁道工程）、郭忠印（同济大学、道路工程）、杨永顺（山东公路学会、道路工程）、蒋玮（长安大学、公路工程）、高奎刚（山东公路技师学院、交通信息工程）等5名专家意见。

**三、提名等级**

提名该项目为山东省技术发明奖一等奖

**四、项目简介**

我国高速公路通车里程超过17万公里，未来还将新、改扩建大量高速公路，每年投入路面建设和养护的经费达数千亿元。但目前路面的结构设计及养护理论对服役性能演化的预测与实际状态偏差较大，现有路面服役性能识别指标单一、数据离散，无法实现海量多源异构数据的集成与融合和复杂环境下路面服役性能的精准感知，亟待突破路面服役性能智能感知技术瓶颈，提升路面服役寿命与服务质量。本项目经过十余年持续研究与产学研用协同攻关，围绕沥青路面、砼路面、机场道面、桥面铺装体系等各种路面服役性能感知技术开展系统研究，实现了智能感知体系、装备、系统平台原创性技术创新和突破，并率先在全国多条高速公路成功实施了工程应用。取得发明创新成果如下：

1.提出了非完全连续复合层状路面结构响应行为的智能感知方法；构建了基于路域温湿度环境、荷载响应、结构损伤、路表状况的多维度路面服役性能智能感知体系；发明并验证了基于复合指标的路面服役性能模型。

2.发明了基于新型PVDF/PZT/CNT机敏材料的柔性压电传感高速车辆轴载及环境信息智能感知技术，和高精度耐受性路面结构动力响应嵌入式感知技术，可靠度达到95%以上；自主研发了多类型路面服役状态智能感知系列装备，攻克了复杂环境路面服役性能精准感知技术难题。

3.构建了路面服役性能智能感知系统平台；发明了基于全时域、全温域的路面结构设计方法，形成了新一代长寿命路面典型结构，应用超过5000km；提出了在役路面全寿命周期服役性能智能养护决策方法，实现道路养护精准长效。

获授权发明专利30项、其他知识产权35项，编制行业标准1项，出版专著2部，发表论文100余篇。项目核心成果达到国际领先水平，交通运输重大科技创新成果入库9项。在我国滨大高速永久路面试验路、山东首条智慧高速示范项目济潍高速等多条高速公路成功中成功应用，为超过1万公里高速公路提供建管养决策支持，经济、社会效益显著，为高速公路服务质量和安全运行提供强有力的技术保障。

**五、主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家（地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 | 第一完成人是否为发明人（标准起草人） | 第一完成单位是否为权利人（标准起草单位） |
| 发明专利 | 一种用于预测沥青路面车辙深度的智能系统及方法 | 中国 | ZL202210053846.6 | 2022.4.19 | 证书号第5093509号 | 山东省交通科学研究院、山东高速集团有限公司、山东高速股份有限公司 | 王林；韩文扬；韦金城；马士杰；吕思忠 | 有效 | 是 | 是 |
| 发明专利 | 一种用于应变传感器的复合机敏材料及其制备方法和应用 | 中国 | ZL201910594616.9 | 2020.9.1 | 证书号第3967496号 | 山东大学 | 姚占勇；辛雪；梁明；张吉哲；蒋红光 | 有效 | 否 | 否 |
| 发明专利 | 一种用于预测路面结构服役性能的智能系统及方法 | 中国 | ZL202210068997.9 | 2022.5.13 | 证书号第5148730号 | 山东省交通科学研究院、山东高速集团有限公司、山东高速股份有限公司 | 韩文扬；王林；马士杰；吕思忠；韦金城 | 有效 | 是 | 是 |
| 发明专利 | 一种实时确定路面粒料层材料回弹模量的方法 | 中国 | ZL202111610074.3 | 2022.4.5 | 证书号第5051198号 | 山东省交通科学研究院、山东高速集团有限公司、山东高速股份有限公司 | 韩文扬；王林；马士杰；吕思忠；韦金城 | 有效 | 是 | 是 |
| 发明专利 | 一种自组装法应变监测传感器及制作方法 | 中国 | ZL202210248329.4 | 2023.2.17 | 证书号第5742930号 | 山东高速基础设施建设有限公司、山东大学、山东高速济潍高速公路有限公司 | 陈成勇；梁明；孔军；辛雪；张润芝；苏林萍；李鸿杰；姚占勇；李月祥；徐长靖 | 有效 | 否 | 否 |
| 发明专利 | 一种路面结构应变传感器制造方法及传感器 | 中国 | ZL2020 1 1405888.9 | 2022.4.1 | 证书号第5042856号 | 山东大学 | 梁明;苏林萍;蔡发隆;姚占勇;辛雪;蒋红光;张吉哲;姚凯 | 有效 | 否 | 否 |
| 发明专利 | 道路轴载谱检测系统的自动标定方法 | 中国 | ZL201710981213.0 | 2021.2.19 | 证书号第4259564号 | 山东省交通科学研究院、山东大学 | 韩文扬；纪少波；韦金城；王林；王豪；马士杰；李萌；余四新；闫翔鹏；韩烨；孙强；王光勇 | 有效 | 是 | 是 |
| 发明专利 | 一种实测路面结构层底最大应变及车辆轴载速度的方法 | 中国 | ZL201810933933.4 | 2021.1.12 | 证书号第4202928号 | 山东省交通科学研究院、山东高速股份有限公司 | 韩文扬；韦金城；户桂灵；刘甲荣；余四新；李兴峰；徐飞萍；孔晨光；郭栋；左建涛 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明专利 | 一种长久性沥青路面抗滑磨耗层 | 中国 | ZL2019 11267412.0 | 2022.4.1 | 证书号第5038580号 | 山东省交通科学研究院、山东建筑大学、日照公路建设有限公司 | 韦金城；段数瑜；安平；闫翔鹏；陈兴静；张正超；王光勇；丁海洋；徐希忠；刘卓雨；张晓萌；吴文娟；夏雨；孙岳；李广 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明专利 | 一种利用无人机确定新摊铺沥青路面取芯点位置的方法 | 中国 | ZL202110880844.X | 2022.01.25 | 证书号第4903177号 | 山东省交通科学研究院 | 魏帅帅；韩文扬；张欢；韦金城；马士杰；牛磊；陈凯 | 有效 | 否 | 是 |

**六、主要完成人**

1、姓名：王林 排名：1

行政职务：院长

技术职称：工程技术应用研究员

工作单位：山东省交通科学研究院

完成单位：山东省交通科学研究院

对本项目贡献：创新发展了非连续多层层状体系的路面结构行为理论与方法，攻克了复杂服役环境路面结构响应精确感知重大技术难题；研发了多类型路面结构力学响应智能感知技术，攻克了道路复杂服役环境下路面结构动态力学响应感知技术难题，可靠度达到95%；以路面服役性能智能感知平台为核心，构建了基于多维智能感知参数、多层次协同的路面服役性能智能感知平台。

2、姓名：姚占勇 排名：2

行政职务：主任

技术职称：教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目贡献：发明了基于纳米机敏传感材料的路用力学信息监测传感器，攻克了道路复杂服役环境下路面结构内部动态力学响应感知的技术难题。构建了路面服役性能智能监控平台，突破了多维协同感知和精准诊断难题，推动了道路监测智慧化进程，为项目提供核心技术指导

3、姓名：韩文扬 排名：3

行政职务：无

技术职称：正高级工程师

工作单位：山东省交通科学研究院

完成单位：山东省交通科学研究院

对本项目贡献：揭示了全寿命周期荷载和温湿度耦合作用下，路面材料动态参数及结构动态响应协同演变规律；研发了复合指标高速车辆轴载、环境信息、多类型路面结构力学响应智能感知技术； 研发了多类型路面服役状态智能感知系列装备，攻克了海量多源异构数据甄选技术、正反演核心计算引擎和三维大数据可视化技术。

4、姓名：陈成勇 排名：4

行政职务：工程管理部部长

技术职称：工程技术研究员

工作单位：山东高速集团有限公司

完成单位：山东高速集团有限公司

对本项目贡献：发明了与交通荷载同步的路面全深度温湿度场监测技术，实现了路基路面工作区全深度温湿度的全寿命周期监测；开发了多类型路面结构响应智能感知系统，为确定抗滑安全阈值及养护决策提供依据，并成功进行了工程应用。

5、姓名：梁明 排名：5

行政职务：副主任

技术职称：教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目贡献：发明了基于新型柔性压电聚合物复合材料的高速车辆轴载信息智能监测传感器，攻克了车道级轴组结构、速度、轴载谱、轮迹实时感知技术难题。研发基于纳米机敏材料的自感知路用高精度传感器，对路面多源信息智能监测平台的研发做出主要贡献。

6、姓名：户桂灵 排名：6

行政职务：无

技术职称：讲师

工作单位：山东建筑大学

完成单位：山东建筑大学

对本项目贡献：建立了与多维数据融合、基于复合指标的路面服役性能智能感知模型，实现了多维数据智能感知与疲劳损伤、永久变形、表面功能等路面服役性能的关联与对接；研发了路面结构动态力学响应参数采集所适用的传感器、关键参数、标定、安装、与数据采集方法等成套技术。

7、姓名：吴文娟 排名：7

行政职务：无

技术职称：高级工程师

工作单位：山东省交通科学研究院

完成单位：山东省交通科学研究院

对本项目贡献：建立了路面材料参数与温湿度场智能感知系统关联与对接模型，在此基础上构建了路面服役性能模型与材料参数波动关联与对接模型，包括疲劳损伤模型、沥青层永久变形模型、粒料永久变形模型、低温开裂模型。

8、姓名：高立勇 排名：8

行政职务：副总经理

技术职称：工程技术应用研究员

工作单位：山东高速基础设施建设有限公司

完成单位：山东高速基础设施建设有限公司

对本项目贡献：提出了获取可靠路面结构层模量及土基模量，为智能感知路面现役强度状态及进一步预测路面性能发展提供科学依据；基于振弦式传感器和电阻应变片结合的半刚性材料和钢筋砼复合材料的温湿度耦合应变智能感知技术，实现了高频（2kHz）、精准（1µɛ）、实时的力学响应动态采集。

9、姓名：闫翔鹏 排名：9

行政职务：无

技术职称：高级工程师

工作单位：山东省交通科学研究院

完成单位：山东省交通科学研究院

对本项目贡献：研发了路面结构动态力学响应参数采集所适用的传感器、关键参数、标定、安装、与数据采集方法等成套技术，开发了基于电阻应变传感器的黏弹性材料动态应变、温湿度耦合应变智能感知技术。

10、姓名：宋小金 排名：10

行政职务：无

技术职称：高级工程师

工作单位：湖南华城检测技术有限公司

完成单位：湖南华城检测技术有限公司

对本项目贡献：提出了基于落锤式动态弯沉仪（FWD）检测的模量反算方法，解决了传统反算方法无法确定土基模量应力依赖特征的技术难题；发现了黏弹性材料、半刚性材料和钢筋砼复合材料在非连续多层层状体系中的结构动态响应特征，揭示了全寿命周期荷载和温湿度耦合作用下，路面材料动态参数及结构动态响应协同演变规律，力学响应偏差小于5%。

11、姓名：董昭 排名：11

行政职务：无

技术职称：高级工程师

工作单位：山东省交通科学研究院

完成单位：山东省交通科学研究院

对本项目贡献：开发了一种沥青路面裂缝荷载响应相对位移测试方法及测试装置，可以在无损条件下精确地测量裂缝两个板体间的水平和垂直相对位移，通过位移的特征确定裂缝的成因及发展程度；开发了三维大数据可视化技术，提高了数据交互感知能力，实现了路面服役性能参数和指标大数据挖掘、清洗和可视化。

12、姓名：安平 排名：12

行政职务：检测中心主任

技术职称：高级工程师

工作单位：山东交工建设集团有限公司

完成单位：山东交工建设集团有限公司

对本项目贡献：提出了获取可靠路面结构层模量及土基模量，为智能感知路面现役强度状态及进一步预测路面性能发展提供科学依据；提出了服役性能智能感知系统的自标定方法，提高了路面服役性能智能感知系统的精度和可靠度。

13、姓名：辛雪 排名：13

行政职务：系秘书

技术职称：教授

工作单位：济南大学

完成单位：济南大学

对本项目贡献：提出了基于应变放大效应的传感器封装增敏机制和“路-器”作用协同匹配原理。形成了适应于不同层位的嵌入式感知技术体系；对高速车辆轴载及环境信息智能感知系统研发做出主要贡献。

14、姓名：蒋红光 排名：14

行政职务：山东大学合作发展部副部长

技术职称：教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目贡献：研发了新型柔性压电聚合物复合材料的智能监测传感器，实现了车道级轴组结构、速度、轴载谱、轮迹实时感知。揭示了复杂环境、多场耦合作用下表面功能演变机理。

15、姓名：孙强 排名：15

行政职务：无

技术职称：正高级工程师

工作单位：山东省交通科学研究院

完成单位：山东省交通科学研究院

对本项目贡献：开发了路表抗滑性能演变加速磨耗及复杂路域环境下抗滑性能对交通安全的影响评价技术；研发了基于多维智能感知参数的路面服役性能智能分析系统平台。

**七、主要完成单位情况**

山东省交通科学研究院、山东大学、山东高速基础设施建设有限公司、山东高速集团有限公司、山东建筑大学、山东交工建设集团有限公司、湖南华城检测技术有限公司、济南大学