**2023年度山东省技术发明奖申报项目公示**

**一、项目名称**

高速公路路面服役性能智能感知关键技术及应用

**二、提名单位**

山东省交通运输厅

**三、提名意见、提名等级**

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。

该项目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，形成了多维度、全覆盖、全寿命周期的路面服役性能智能感知能力，并率先在全国多条高速公路成功实施了重大工程应用。主要发明创新成果如下：

1、构建了基于多指标的路面服役性能智能感知体系结构，建立了与道路多元信息智能感知系统对接和融合的沥青路面服役性能智能感知模型，实现路面服役性能从被动检测评估向主动智能感知转变。

2.发明了智慧高速路面服役性能多维智能感知技术，发明了复合多指标路面结构力学响应智能感知技术，以及路表抗滑性能演变加速磨耗和复杂路域环境下抗滑性能对交通安全的影响评价技术，解决了路面服役性能智能感知技术难题。

3.自主研发了多类型路面服役状态智能感知系列装备和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；攻克了万亿级海量多源异构数据甄选技术和三维大数据可视化分析技术，实现路面服役性能“云-端-控”的智能感知。

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，成果在多条高速公路工程中得到成功应用，经济和社会效益重大，推动行业科技进步作用显著。

**提名该项目为山东省技术发明奖一等奖。**

**四、项目简介**

我国已经建成全球规模最大的高速公路网，以“智慧的车”和“聪明的路”为主要特征的智慧高速公路是高速公路转型升级的重大需求。准确感知路面服役性能是确保智慧高速健康平稳运营的基础，但复杂环境和宽时空域动态路面服役性能精准感知、海量多源异构数据集成与融合等关键技术成为制约路面服役性能智能感知的瓶颈。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，实现了智能感知理论、技术、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.构建了基于多维融合的路面服役性能智能感知体系，实现了基于路域环境、路面响应、结构损伤、路表状况的多维度路面服役性能智能感知；发明了复杂服役环境下智能感知理论与方法，创新发展了非连续多层层状体系的路面结构行为理论，力学响应偏差小于5%；提出了基于复合指标的路面服役性能模型，攻克了复杂环境路面服役性能精准感知技术难题。

2.发明了智慧高速路面服役性能多维智能感知技术，实现了“断面-路段-路网”三级实时精准感知。发明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，可靠度达到95%，以及路表抗滑性能演变加速磨耗和复杂路域环境下抗滑性能对交通安全的影响评价技术。

3.研发了路面服役状态智能感知系列装备及“聪明的路”多层次协同路面服役性能智能感知系统云平台。自主研发了多类型路面服役状态智能感知系列装备和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；攻克了万亿级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，解决了路面服役性能多层次协同智能感知技术难题。

项目成果总体达到国际先进水平，核心成果达到国际领先水平，核心技术成果被纳入交通运输重大科技创新成果库13项。在我国滨大高速永久路面试验路、青藏高原多年冻土地区首条高速公路共和-玉树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，为智慧高速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、周勇、韦金城、马士杰、吕思忠 | 有效 | 是 | 是 |
| 发明专利 | 基于椭球立体表征的裂缝三维检测方法 | 中国 | ZL201710653515.5 | 2020.4.3 | 证书号第3737997号 | 长安大学 | 沙爱民、李伟、孙朝云、邵娜娜、郝雪丽、张欣、马志丹  | 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、周勇、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、周勇、王林、马士杰、吕思忠、韦金城 | 有效 | 是 | 是 |
| 发明专利 | 一种用于预测路面低温开裂裂缝长度的方法 | 中国 | ZL202210062864.0 | 2022.4.29 | 证书号第5115564号 | 山东高速集团有限公司、山东省交通科学研究院、山东高速股份有限公司 | 周勇、韩文扬、王林、韦金城、马士杰、吕思忠 | 有效 | 是 | 是 |
| 发明专利 | 一种沥青路面病害识别及修补装置 | 中国 | ZL201911368847.4 | 2021.12.28 | 证书号第4870091号 | 长安大学 | 蒋玮、单金焕、沙爱民、肖晶晶、袁东东、周博、许庆正、章庆、任攀  | 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、主要完成人情况**

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：构建了基于交通、气候、路面温湿度场、路面结构响应等多维度的路面服役性能智能感知体系结构，建立了与多维信息相融合的面向疲劳、永久变形、低温开裂等多指标的路面服役性能智能感知模型。

2、姓名：沙爱民 排名：2

行政职务：校长

技术职称：教授

工作单位：长安大学

完成单位：长安大学

对本项目贡献：开发了基于视频流的路面裂缝动态检测方法。通过对三维裂缝检测技术及图像处理技术研究，得到了基于椭球立体表征的裂缝三维检测方法。实现路面裂缝病害智能识别，提高了路面自动化检测技术的效率及准确性。

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：研发了交通轴载和服役环境耦合作用下道路结构响应检测技术，明确了各类结构响应参数获取所适用的传感器类型、采集频率、标定方法等关键技术，为路面服役性能智能感知体系结构提供路面响应数据。提出三维雷达识别路面深层结构损伤的测试参数，包括车速、天线频率、采集间隔、检测深度、信号强度（驻留时间）等。

4、姓名：陈成勇 排名：4

行政职务：党委副书记、总经理

技术职称：工程技术研究员

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：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。

5、姓名：丁晓岩 排名：5

行政职务：养护部部长

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：研发了具有自主标定、高精度、抗干扰、低功耗、无线数据发送功能的交通轴载谱智能监测成套装备系统，构建了基于B/S架构的轴载谱大数据平台，为智能感知系统中路面服役性能模型提供交通轴载源数据。构建了智能感知参数大数据和力学响应的路面结构损伤分析方法，实现了基于多源参数和多指标路面服役性能的智能感知。

6、姓名：蒋玮 排名：6

行政职务：副院长

技术职称：教授

工作单位：长安大学

完成单位：长安大学

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。

7、姓名：纪少波 排名：7

行政职务：副所长

技术职称：副教授

工作单位：山东大学

完成单位：山东大学

对本项目贡献：优化轴载测量系统的设计方案，基于高性能微处理器开发适用于短期测量需求的便携式轴载测试系统及基于5G通讯技术的远程实时轴载测试系统，满足不同应用场景的轴载测试需求；揭示传感器特性及安装方法、路面参数及车辆参数等多种因素对轴载测量结果的影响规律，提出轴载测量结果的自动标定算法及不同影响因素的修正因子，有效提高轴载测量精度。

8、姓名：户桂灵 排名：8

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：开发了利用探地雷达的散射特性来分析高速路面损害的方法，提高人工典型图谱法判断的准确性90%以上。

9、姓名：吴文娟 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：组织建立了多层次协同路面服役性能智能感知系统云平台，为成果的推广应用做出重要贡献。

10、姓名：高立勇 排名：10

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：建立了与道路多元信息智能感知系统对接和融合的沥青路面服役性能模型，实现了路面服役性能精确预估。

11、姓名：张文武 排名：11

行政职务：养护部副部长

技术职称：正高级工程师

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：提出了采用三维雷达检测路面结构损伤状态的“共中点法（CMP法）”，有效的解决了以往雷达检测量化困难的难题，提高路面病害识别的准确性和效率90%以上。

12、姓名：董昭 排名：12

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：开发了路面病害自动识别系统，实现了路面病害智能识别与修补，提升了路面使用和维护效率，延长了道路使用寿命。

 13、姓名：宋小金 排名：13

行政职务：无

技术职称：正高级工程师

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。

14、姓名：魏帅帅 排名：14

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：研发了沥青路面交通轴载智能感知技术，提出了传感器动态响应信号、车速、温度耦合因素与车辆实际轴重的转换算法。

15、姓名：安平 排名：15

行政职务：检测中心主任

技术职称：高级工程师

工作单位：日照公路建设有限公司

完成单位：日照公路建设有限公司

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。

**七、主要完成单位情况**

山东省交通科学研究院、山东高速集团有限公司、山东高速基础设施建设有限公司、长安大学、山东大学、山东建筑大学、日照公路建设有限公司、湖南华城检测技术有限公司、欧美大地仪器设备中国有限公司