

道路设施智能感知关键技术与应用项目公示表

一、项目概况

项目名称	道路设施智能感知关键技术与应用
提名者	陕西省交通运输厅
提名意见	<p>“道路设施智能感知关键技术与应用”成果，针对道路设施不同物理量的精准与智能化感知方法、智能感知道路材料、以及基于多源信息的道路设施感知数据解译和集成系统，开展了道路设施状态感知机理与方法、智能感知道路材料研发、多源异构感知数据分析方法以及智能感知道路系统平台等关键技术研究，形成了包含机理方法、材料研发、数据解析、系统研发的道路设施智能感知关键技术。</p> <p>该成果形成了系统的知识产权，在港珠澳大桥、陕西关中环线、广西桂柳高速、山西晋中环城旅游绿道、京珠高速等重大交通工程中得到应用，经济、社会及环境效益显著，有力地促进了行业技术进步。</p> <p>提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。</p>
项目简介	<p>本项目属于交通运输科学技术领域。党的二十大报告和国家“十四五”规划强调加快建设“交通强国”，优化基础设施功能和系统集成，加快交通、市政等传统基础设施数字化改造，加强泛在感知、终端联网、智能调度体系建设，构建现代化基础设施体系。智能感知道路设施是现代化基础设施体系的重要组成部分，也是智能交通的重要基础。现阶段，智能感知是智慧道路设施领域的国际前沿和难点。国际上对道路设施感知主要通过利用传统各类传感器件采集数据，而道路设施智能化感知及其数据具有多模态、多广度、跨频域、大数据、持续性的特点，使得在不同物理量精准与智能化感知机理与方法、道路智能感知材料研发、多源异构感知数据处理方法、道路设施智能感知系统平台开发等方面处于空白。</p> <p>自2012年起，长安大学协同相关单位开展了技术攻关，主持了包括国家重点研发计划项目（道路基础设施智能感知理论与方法2018YFB1600200）、国家重点研发计划政府间国际合作项目（基于智能感知的沥青路面全时域全环境性能演化特性研究2022YFE0101500）、国家自然科学基金重点项目（环保型路面全寿命周期设计理论与方法52038001）、陕西省交通科技项目（能够主动感知沥青路面状态的智慧公路材料研发与应用21-36X）、</p>

交通运输部应用基础研究项目（路面材料细观结构与力学性能研究 13021130402）、陕西省交通科技项目（红外热成像技术在沥青路面质量监控中的应用研究 12-14K）等在内的重大课题，攻克了道路设施智能感知关键技术，在理论方法、材料研发、数据解析、系统平台等方面取得如下创新性成果。

1. 揭示了道路设施状态感知机理，建立了环境、交通与道路状态的多源协同智能感知方法。揭示了基于网格聚类的道路环境状态和基于力电效应的交通状态感知机理；开发了路表非接触式摄影测量识别技术，提出了基于无人机和车载系统的 AI 技术赋能的路面表面状态检测方法，感知精度高于 95%；研发了道路设施内部状态应力感知智能骨料，实现了道路内部力学状态的精准感知，感知精度达 98%；实现了环境状态、交通状态、道路状态全方位感知。

2. 建立了以自调节、自修复、自俘能为核心的智能感知材料系统设计方法。揭示了道路材料功能与状态的感知机理；研发了水泥基和树脂基光线自调节道路材料，有效持续发光时间超过 7h；开发了 PU 基温度自调节道路材料，感温精度达到 96.5%，降温幅度可达 5.1℃；设计了感应加热、自愈合胶囊及多元络合离子自修复道路材料，损伤修复率超过 78.4%；开发了自俘能热电和压电道路材料，具有同尺寸最大输出效能（4.28 mW/cm³）；实现了道路设施自主调节、自我修复、自主俘能等感知功能。

3. 构建了多源信息道路设施智能感知数据分析处理技术体系。建立了基于 isMissing、fillMissing 模型的多源异构数据缺失标记、填充修复方法；针对多源异构数据异常问题，提出了单维环境状态感知数据、多维交通状态感知数据、道路状态感知数据等异常检测与智能校准算法，有效提升了数据集的完整性和稳定性；基于感知数据自身特性与内在联系，提出了多源数据接口标准化、动/静数据空间化、时空统一与基准化方法，实现了道路设施环境状态、交通状态、道路状态的多源数据时空尺度的对齐与融合集成。

4. 研发了环境状态、道路交通状态和道路设施状态感知的可视化平台系统。揭示了道路环境状态信息时空变化模式，形成了道路温湿度、水膜、路表冰霜预警方法和环境状态感知系统；通过“辨-算-演-比-判”一体化架构，自主研发了道路设施正常运营及极端状况的交通状态感知系统；集成了道路设施多源异构数据智能感知与解译技术，开发了具有多源融合、实时更新的数字化道路状态感知系统，实现了从源端数据采集、分析，到输出端预测于一体的平台体系；实现了对道路设施的智能感知、评估和运维的一体化设计。

项目开发了包括力电感知装置，光线、温度、应力感知材料，

	<p>热电俘能材料等新装置、新材料 15 项，智能感知道路系统平台 3 套，获得授权发明专利 43 项、国际发明专利 3 项，实用新型专利和软件著作权 56 项，成果编制和纳入国家标准 8 部，发表论文 167 篇，其中 SCI 收录 148 篇，ESI 高被引、热点论文 5 篇，出版专著（章节）2 部。项目形成了道路设施智能感知关键技术体系，相关成果入选交通运输重大科技创新成果 4 项。</p> <p>项目成果促进了产学研深度融合，实现了科技成果有效转化，建成了“公路路面服役性能智慧感知材料研究与应用”秦创原“科学家+工程师”队伍等领先的创新团队和基地；培养了国家优青、国家“万人计划”青年拔尖人才、中国科协青年人才托举工程人选等青年人才 3 名、博士和硕士研究生 40 余人，获得交通运输工程全国优秀博士学位论文 1 篇、陕西省优秀博士学位论文 1 篇；依托项目所形成的感知机理、集成系统等道路设施智能感知关键技术成果，支撑长安大学获批了交通运输部“公路基础设施智能感知技术研发与应用”交通强国建设试点任务，成果为加快交通强国建设提供了强有力的技术支撑，被中国交通报、中国日报网、中国教育在线、国际在线等媒体多次报道。</p> <p>项目成果在港珠澳大桥、陕西关中环线、山西晋中环城旅游绿道、京珠高速、广西桂柳高速、湖北汉十高速、京昆高速等 20 余项重点交通工程中成功应用，经济效益超 18 亿元，推动了智能交通技术的整体进步。</p>
<p>客观评价</p>	<p>1. 科技成果评价</p> <p>在“道路设施智能感知关键技术与应用”项目成果评价会上，杜彦良院士、刘加平院士、郑健龙院士等专家认为：“项目揭示了网格聚类环境和力电效应交通状态感知机理，研发了 PZT/PVDF 复合材料和感知智能骨料，建立了道路、交通与环境状态的多源协同智能感知方法；发明了水泥基和树脂基自发光材料、PU 基固相变材料、自修复微胶囊和热电材料，建立了以自调节、自修复、自俘能为核心的智能感知材料系统设计方法；提出了多源信息缺失诊断与修复、单维多维异常值检测校准和时空尺度对齐方法，构建了多源信息道路基础设施智能感知数据分析处理技术体系；研发了涵盖道路温湿度、路表水膜、冰霜预警等环境状态、道路交通状态和道路设施状态感知的可视化平台系统，实现了多源异构数据从源端到输出端的数字化呈现”，成果达到国际领先水平。</p> <p>在国家重点研发计划“道路基础设施智能感知理论与方法”课题“与智能感知相融合的高性能道路材料设计方法”评价会上，国家卓越工程师、港珠澳大桥管理局总工程师苏权科，长江学者、国家“万人计划”科技创新领军人才高亮等专家认为：“课题成果在广西桂柳高速、京珠高速(湖北段)、汉十高速、哈尔滨绕城</p>

高速公路等工程中得到成功示范，为道路基础设施智能化水平提升提供了技术依据和方法支撑，具有广阔的应用推广价值。”

2. 同行评价

国家“万人计划”科技创新领军人才马涛教授对温度自调节道路材料方面的研究成果进行了引用和评价，认为基于本成果合成的“PU基粘结剂是一种很有前途的铺装材料”“具有优异的柔韧性和低温抗裂性”。

巴基斯坦国立科技大学 Adham Mohammed Alnadish 教授对自修复道路材料方面的研究成果进行了引用，认为感应加热自修复道路材料的“裂缝愈合率达到 92.3%”。

ASCE fellow, 美国德克萨斯州立大学圣安东尼奥分校 Samer Dessouky 教授于 2019 年起持续在 Applied Energy、Transportation Research Record 等 5 篇国际期刊中对热电自储能道路材料方面的研究成果进行了引用，比较了国际同类研究获得的路面热电能量密度，证实了本项目所研发的路面热电系统具有同尺寸最大输出效能，称“蒋玮等开发了一种热电路面模型，1 公里长 10 米宽的公路可以在 8 小时内产生 160 度电；蒋玮等人还开发了另一种热电路面系统(RTEGS)，覆盖面积为 10,000 m²的 RTEGS 系统 1 天约产生 33 kW·h 的电能。”

3. 查新报告

陕西省科学技术情报研究院于 2024 年 6 月对本项目所攻克的道路设施状态感知机理与方法、道路智能材料研发、道路多源异构感知数据分析方法与道路感知系统平台构建等关键技术进行了科技查新，查新结果显示：未见综合查新项目所述技术特点的道路设施智能感知关键技术及工程应用。（编号 CX20240601171）

4. 成果应用单位与行业评价

项目成果在港珠澳大桥、陕西关中环线、山西晋中环城旅游绿道、京珠高速、广西桂柳高速、湖北汉十高速、京昆高速等 20 余项重点交通工程中规模化应用，经济、社会及环境效益显著，推动了智能交通技术的整体进步。

针对项目环境状态感知方面的成果，中铁七局在陕西省关中环线展开应用，认为该感知系统“对公路路域环境信息采集和分析起到了重要的数据支撑作用，为交通控制决策与应急处置响应提供数据保障。”

针对项目交通状态感知方面的成果，广西桂龙高速公路有限公司在桂柳高速展开应用，认为该示范工程“取得了良好的应用效果。相较于普通路面，该示范工程在路面状态的主动感知方面作用明显。”

针对项目研发的光线自调节材料，山西路桥第六工程有限公

	<p>司在山西晋中市环城旅游绿道展开应用，认为该示范工程“取得了良好的应用效果”“在提高路面夜间可视度、降低交通事故发生率，减少能源消耗、美化道路环境等方面作用显著，具有良好的推广应用价值。”</p> <p>针对项目开发的道路智能感知系统平台，西安市第二市政工程公司、江西省综合交通运输事业发展中心养护技术服务处、安徽省交通控股集团有限公司养护管理中心、山西路桥集团长临高速公路有限公司均展开了应用，认为“该平台实现了区域路网的集成化和数字化管理，展示生动直观，有效提升了管理决策层效率”“应用过程中，取得了良好的经济、社会效益。具有较好的推广应用前景和价值。”</p> <p>依托项目成果主编或参编了《公路智能化数字技术规范》（征求意见稿）、《普通国省道路面养护信息元数据规范》（征求意见稿）、《水泥混凝土自修复性能试验方法标准》（TCECS913-2021）、《钢桥面改性聚氨酯混凝土铺装应用技术规程》（DB61T5068-2023）、《公路沥青混合料用融冰雪材料（相变材料）》（JTGT-1210.1-2018）等行业、团体等标准 8 部，为道路设施智能感知关键技术与应用提供规范化指导。</p> <p>5. 相关媒体报道</p> <p>依托本项目研发的自调节、自修复等道路材料铺筑了国内首条整幅式机动车道环氧树脂基光线自调节路面，被人民网、山西新闻网、新浪网、腾讯网、网易新闻等多家权威及主流媒体转载报道 20 余次。这些报道认为光线自调节路面实现了对路域光资源的有效利用，能够在减少照明能耗的同时，提升旅游绿道的景观效果，促进资源节约型、环境友好型社会的发展。</p> <p>本项目获批了交通运输部“公路基础设施智能感知技术研发与应用”交通强国建设试点任务，成果为加快交通强国建设提供了强有力的技术支撑，被中国交通报、中国日报网、中国教育在线、国际在线等媒体多次报道。</p>
<p>应用情况</p>	<p>项目成果形成了以道路设施状态感知机理与方法、智能感知道路材料研发、多源异构感知数据分析方法、智能感知道路系统平台为代表的道路设施智能感知关键技术，成功应用于港珠澳大桥、陕西关中环线、山西晋中环城旅游绿道、京珠高速、广西桂柳高速、湖北汉十高速、京昆高速等 20 余项重点交通工程中，经济和社会效益显著，有力地提升了行业技术水平。</p> <p>（1）港珠澳大桥</p> <p>港珠澳大桥是连接香港、珠海、澳门的超大型跨海通道，实现了香港与珠三角西岸地区的对接，有助于推动内地与港澳交通基础设施的有效衔接，构建高效便捷的现代化综合交通运输体系，对推进粤港澳大湾区建设具有重要意义。以港珠澳大桥为依</p>

托工程，以道路状态监测需求为导向，开发了道路交通状态感知系统平台。平台建立了物理大桥与数字大桥之间的状态映射关系和实时反馈机制，为交通安全事件快速评估和道路长期性能自动追踪提供保障。

(2) 陕西关中环线

陕西关中环线(S107省道)是陕西地方重要的运输通道，为地区经济发展和社会发展做出了积极贡献。项目成果应用于关中环线将军岭隧道出口处，设置了多功能气象信息观测站，建立网格化感知方法对环境状态信息的感知精度均处于较高水平。在各天气状况下对路表温度、气温、相对湿度、露点温度、霜点温度的平均误差分别为6.87%、1.12%、0.83%、3.20%、3.98%。该感知系统自开放运营至今，对公路路域环境信息采集和分析起到了重要的数据支撑作用，为交通控制决策与应急处置响应提供数据保障，减少了交通堵塞，降低了交通事故发生的几率。

(3) 山西晋中环城旅游绿道

山西晋中环城旅游绿道是国内首条整幅式机动车道环氧树脂基自发光路面，该路面夜间发光亮度持续时间达6h以上，具有较好的抗滑性能，且能够有效降低夜间交通事故发生率。该自发光路面铺筑完成后被人民网、山西新闻网、新浪网、腾讯网、网易新闻等多家主流媒体转载报道20余次。

(4) 京珠高速

京港澳高速公路大体为原京珠高速公路，是一条首都放射型国家高速，是连接北京和广州、珠海、香港、澳门等南部重要城市的高速公路，为中国的南北交通大动脉。京珠高速湖北段养护工程中，采用感应加热自修复钢棉纤维沥青混合料，钢棉纤维掺量占沥青混合料总质量的2.6%；试验段感应加热速率高、施工性能好、路面平整密实、均匀美观，无裂缝、松散、坑槽等病害；通过一系列养护新工艺、新技术及新材料的使用，提高道路的运营质量和服役寿命。

(5) 广西桂柳高速

广西桂林至柳州高速公路，起点位于桂林市临桂区，终点位于柳州市融安县。对于推动广西工业化与城镇化进程，带动区域经济发展，构筑桂林至河池便捷通道，加快少数民族自治区经济发展具有极其重要的意义。在广西桂柳高速集成应用了基于力电效应的交通感知技术和压电、热电自俘能材料。通过对传输信号的响应反馈与分析，实现了道路车辆轴载等的智能识别，对交通参数的感知精度达95%以上；捕获的能量为感知元件供能，通过无线方式控制用能设施开关，为道路正常运行提供安全保障。

(6) 湖北汉十高速

湖北汉十高速作为武汉至银川高速公路的重要组成部分，汉

	<p>十高速公路的全线贯通对加快实施西部大开发战略和促进中部崛起均具有十分重要的意义。项目成果在湖北省汉十高速公路养护工程中得到成功应用，生产的感应加热自修复钢渣钢棉纤维沥青混合料性能优良。钢渣承载力大、坚固性好、耐性高、与沥青的粘附性好，钢棉纤维具有增强作用，感应加热自修复用钢渣钢棉纤维沥青混合料施工性能好、路面平整密实、均匀美观。</p> <p>(7) 京昆高速</p> <p>项目应用于京昆高速蒲城至涝峪段改扩建工程，是国家“十三五”规划和陕西省委省政府确定的“稳增长、促投资”重点推进项目，对于提升高速公路路网通行能力和服务水平，加快西安国家中心城市建设步伐，畅通陕西对外开放具有十分重要的意义。智能感知道路基础设施关键技术成果的成功应用，相较于普通路面，其在路面状态的主动感知方面作用明显，在提高交通安全，优化交通流管理、降低维护成本方面提供科学依据，具有良好的推广价值。</p>
--	--

二、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种用于沥青路面自感知和自降温的相变骨料及制备方法	中国	ZL201911293074.8	2019.12.16	第5078478号	长安大学	沙爱民, 贾猛, 蒋玮, 刘状壮, 李建阁, 焦文秀, 袁东东, 王文通
2	发明专利	一种基于多边缘融合机制的三维深度图像分割算法	中国	ZL201810737688.X	2021.03.12	第4297163号	长安大学	沙爱民, 孙朝云, 刘汉焯, 李伟, 郝雪丽, 徐倩倩
3	发明专利	基于沥青混凝土路面激光三维数据的表面纹理分离方法	中国	ZL201910498480.1	2021.08.10	第4610332号	长安大学	沙爱民, 李伟, 孙朝云, 郝雪丽, 孙红超, 裴

								莉莉
4	发明专利	一种基于压电效应的装配式智能感知路面结构及系统	中国	ZL202010752758.6	2022.01.07	第4882842号	长安大学	蒋玮, 单金焕, 袁东东, 李鹏飞, 沙爱民, 肖晶晶
5	发明专利	一种用于实时监测粒料运动状态的智能骨料及其应用方法	中国	ZL201911072283.X	2021.03.23	第4313302号	长安大学	蒋玮, 李玉鹏, 沙爱民, 单金焕, 娄宝文, 李鹏飞, 袁东东, 胡力群
6	发明专利	一种路用蓄能自发光环氧树脂混合料、制备方法及应用	中国	ZL202010003108.1	2021.08.10	第4607983号	长安大学	蒋玮, 周博, 袁东东, 肖晶晶, 沙爱民, 卢灏, 王沛, 章庆
7	发明专利	基于峰值聚类高速公路收费数据异常事件检测方法及装置	中国	ZL202011225553.9	2022.10.28	第5539765号	长安大学	孙朝云, 裴莉莉, 沙爱民, 韩雨希, 李伟, 郝雪丽, 户媛姣, 袁博
8	发明专利	一种路面裂缝图像虚拟增广模型建立及图像虚拟增广方法	中国	ZL202010574126.5	2023.10.31	第6450827号	长安大学	孙朝云, 李伟, 郝雪丽, 孙静, 裴莉莉, 户媛姣, 贾彭斐
9	发明专利	一种用于智能路面的交	中国	ZL202110243549	2022.08.26	第5412656号	长安大学	刘状壮, 沙爱民,

		通感知装置及其铺装方法		. 3				郝亚真, 叶铜, 程伟, 张有为
10	论文	面向智慧道路建造的新型路面材料设计与展望	中国	65(30): 3259-3269	2020.10.12	科学通报	长安大学	沙爱民, 蒋玮, 王文通, 娄宝文, 曹阳森, 贾猛

三、主要完成人情况

姓名	沙爱民
排名	1
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:	
主持项目的全面研究工作。对主要科技创新中创新点 1-4 做出突出贡献。提出了道路、交通与环境状态的多源协同智能感知方法; 建立了以自调节、自修复、自俘能为核心的智能感知材料系统设计方法; 构建了多源信息道路基础设施智能感知数据分析处理技术体系; 研发了涵盖道路温湿度、路表水膜、冰霜预警等环境状态、道路交通状态和道路设施状态感知的可视化平台系统。	

姓名	蒋玮
排名	2
行政职务	处长
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: 对主要科技创新中创新点 1、2、4 做出突出贡献。研发了 PZT/PVDF 复合压电材料；提出了基于无人机和车载系统的道路表面状态检测方法和识别模型；研发了道路内部状态应力感知智能骨料、环氧树脂基光线自调节道路材料、热电自俘能道路系统和压电自俘能系统。开发了具有多源融合、实时更新的数字化道路状态感知系统。	

姓名	孙朝云
排名	3
行政职务	所长
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: 对主要科技创新中创新点 3 做出突出贡献。提出了多源异构数据缺失诊断与智能修复方法，建立了针对环境、交通及道路状态感知数据的异常检测与智能校准算法。	

姓名	刘状壮
排名	4
行政职务	副主任
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: 对主要科技创新中创新点 1、4 做出突出贡献。揭示了层次聚类算法分析相似单元的感知分析机理，提出了基于不同环境信息参数的道路环境状态网格化感知方法，形成了道路温湿度、水膜、路表冰霜预警方法和环境状态感知系统。	

姓名	胡力群
排名	5
行政职务	系主任
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: 对主要科技创新中创新点 1 做出突出贡献。提出了基于二维图像的路表状态三维重建技术原理，研发了非接触式摄影测量识别技术，设计了长距旋转图像采集设备，实现了路表三维纹理、大变形数据的持续无间断获取。	

姓名	陈长海
排名	6
行政职务	董事
技术职称	教授级高级工程师
工作单位	陕西省交通规划设计研究院有限公司
完成单位	陕西省交通规划设计研究院有限公司

对本项目贡献:

对主要科技创新中创新点 4 做出突出贡献。辅助开发了高效的数据集成平台，建立了平台测试环境。

姓名	刘全涛
排名	7
行政职务	无
技术职称	研究员
工作单位	武汉理工大学
完成单位	武汉理工大学

对本项目贡献:

对主要科技创新中创新点 2 做出突出贡献。研发了多相复合感应加热道路材料及其制备方法，研制了移动式电磁感应加热设备；提出了内部自修复道路材料技术路径，研发了海藻酸钙自修复胶囊和多元离子络合型自修复材料，开发了高效自修复胶囊快速制备技术。

姓名	韩万水
排名	8
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:

对主要科技创新中创新点 4 做出突出贡献。在超长区域内首次实现了视频监控和动态称重系统的综合部署，增强了交通荷载监测系统的可靠性。

姓名	肖倩
排名	9
行政职务	无
技术职称	副研究员
工作单位	交通运输部公路科学研究所
完成单位	交通运输部公路科学研究所

对本项目贡献:

对主要科技创新中创新点 4 做出突出贡献。辅助开发了高效的数据集成平台，建立了平台测试环境。

姓名	赵昕
排名	10
行政职务	研发部负责人
技术职称	正高级工程师
工作单位	陕西省交通规划设计研究院有限公司
完成单位	陕西省交通规划设计研究院有限公司

对本项目贡献:

对主要科技创新中创新点 4 做出突出贡献。辅助开发了高效的数据集成平台，能够支持大规模感知数据的存储、管理和解译；建立了平台测试环境。

姓名	焦文秀
排名	11
行政职务	无
技术职称	副教授
工作单位	长安大学
完成单位	长安大学

对本项目贡献:

对主要科技创新中创新点 2 做出突出贡献。研发了外部感应加热自修复道路材料，实现了道路微裂纹的主动修复。

姓名	袁东东
排名	12
行政职务	无
技术职称	讲师
工作单位	长安大学
完成单位	长安大学

对本项目贡献:

对主要科技创新中创新点 2 做出突出贡献。提出了基于 Seebeck 效应的 3 种热电自俘能道路材料设计原理，揭示了不同工况的能量输出规律。

姓名	贾猛
排名	13
行政职务	无
技术职称	讲师
工作单位	山东科技大学
完成单位	长安大学

对本项目贡献:

对主要科技创新中创新点 2 做出突出贡献。研发了 PU 基固固相变道路材料和组成设计方法，查明了对沥青混合料路用性能的影响机制，揭示了对沥青路面升温速率的影响机理。

姓名	王文通
排名	14
行政职务	无
技术职称	讲师
工作单位	山东科技大学
完成单位	长安大学

对本项目贡献:

对主要科技创新中创新点 2 做出突出贡献。研发了水泥基光线自调节道路材料，提出了其材料设计方法和制备工艺；揭示了水泥基光线自调节道路材料的亮度衰减规律和长期性能演化规律。

姓名	裴莉莉
排名	15
行政职务	无
技术职称	讲师
工作单位	长安大学
完成单位	长安大学

对本项目贡献:

对主要科技创新中创新点 3 做出突出贡献。构建了基于 fillMissing 模型的数据缺失填充方法，提高了数据诊断和修复的精度；提出了单维环境、多维交通、道路状态感知数据等异常检测与智能校准算法，提升了数据集的稳定性。

四、主要完成单位情况

单位名称	长安大学				
排 名	1	法定代表人	沙爱民	所 在 地	陕西西安
单位性质	高等院校	传 真	029-8233 443	邮政编码	710064
通讯地址	陕西省西安市未央区尚苑路				

对本项目科技创新和应用推广情况的贡献:

项目总负责单位，提出项目总体研究思路，组织项目实施、工程应用和推广。对主要科技创新中创新点 1-4 做出了创造性贡献，具体如下：

(1) 提出了实现环境状态、交通状态、设施状态全方位感知的道路设施状态感知机理与方法；

(2) 提出了实现自调节、自修复、自俘能的智能感知道路材料；

(3) 提出了多源异构数据缺失诊断与修复方法，建立了单维环境状态感知数据、多维交通状态感知数据、道路状态感知数据等异常检测与智能校准算法；

(4) 研发了实现道路设施智能感知、评估和运维一体化设计的智能感知道路系统平台。

研究成果形成了系统的知识产权，项目成果在港珠澳大桥、陕西省关中环线、陕西省西咸新区城市干道等 20 余项国家和陕西省重大工程中得到应用，经济、社会及环境效益显著，有力地促进了行业技术进步。

单位名称	陕西交通规划设计研究院有限公司				
排 名	2	法定代表人	于文海	所 在 地	陕西西安
单位性质	国有企业	传 真	029-6871 8889	邮政编码	710065
通讯地址	陕西省西安市科技六路 37 号				

对本项目科技创新和应用推广情况的贡献:

项目合作单位，负责道路状态感知系统平台的开发，对主要科技创新中创新点 3-4 做出了突出贡献，具体如下：

(1) 辅助开发了高效的数据集成平台，能够支持大规模感知数据的存储、管理和解译；

(2) 建立了平台测试环境，对开发的方法进行试验验证，确保其精度和可靠性。

研究成果在陕西省关中环线、陕西省西咸新区城市干道等陕西省重大工程中得到应用，经济、社会及环境效益显著，有力地促进了行业技术进步。

单位名称	武汉理工大学				
排 名	3	法定代表人	杨宗凯	所 在 地	湖北武汉
单位性质	高等院校	传 真	027-8653 5359	邮政编码	430070
通讯地址	湖北省武汉市洪山区珞狮路 122 号				

对本项目科技创新和应用推广情况的贡献:

项目合作单位，主要负责智能感知道路自修复材料的研发。对主要科技创新中创新点 2 做出了贡献，具体如下：

(1) 进行感应加热自修复、应力响应自修复和多元离子络合自修复材料的设计和性能测试；

(2) 通过一系列室内模拟和现场测试，验证了自修复材料在实际应用中的有效性和耐久性，为提升道路设施的服役性能提供了技术支持；

(3) 研究了不同参数对材料修复效率和路用性能的影响，优化了自修复材料的设计方案，显著推动了自修复技术在道路工程中的应用和推广。

单位名称	交通运输部公路科学研究所				
排 名	4	法定代表人	孙永红	所 在 地	北京
单位性质	事业单位	传 真	010-6201 4130	邮政编码	100088
通讯地址	北京市海淀区西土城路 8 号				
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献:					
项目合作单位，在本项目的工程应用推广方面做出了突出贡献，具体如下：					
(1) 将最新的智能感知技术应用于道路设施监测中，推动了多源异构数据融合、智能感知道路材料以及复杂交通状态仿真技术的发展；					
(2) 研究成果形成了系统的知识产权，充分利用其丰富的行业经验和资源网络，项目成果成功应用于港珠澳大桥、陕西省关中环线、陕西省西咸新区城市干道等示范工程，提升了道路设施感知的智能化水平。					

五、完成人合作关系说明

完成人合作关系说明:

本项目针对道路设施不同物理量的精准、智能化感知方法、智能感知材料、及基于多源信息的感知数据解译和集成系统存在的难题，在国家重点研发计划项目(道路基础设施智能感知理论与方法 2018YFB1600200)、国家重点研发计划政府间国际合作项目(基于智能感知的沥青路面全时域全环境性能演化特性研究 2022YFE0101500)、国家自然科学基金重点项目(环保型路面全寿命周期设计理论与方法 52038001)、陕西省交通科技项目(能够主动感知沥青路面状态的智慧公路材料研发与应用 21-36X)、交通运输部应用基础研究项目(路面材料微观结构与力学性能研究 13021130402)、陕西省交通科技项目(红外热成像技术在沥青路面质量监控中的应用研究 12-14K)等重大课题的基础上，采用产学研用相结合的方式对道

路设施智能感知关键技术开展了科技攻关。项目研究自 2012 年开始，历经 10 余年，包括长安大学、陕西省交通规划设计研究院有限公司、武汉理工大学、交通运输部公路科学研究所等 5 家主要完成单位，15 位主要完成人参与共同完成。

本项目所有完成人具有多年的合作关系，共同完成了多项专利、论文和产业合作成果，具体包括：

1. 第 1 完成人（沙爱民）与第 2 完成人（蒋玮）、第 4 完成人（刘状壮）、第 11 完成人（焦文秀）、第 12 完成人（袁东东）、第 13 完成人（贾猛）、第 14 完成人（王文通）共同获得了授权发明专利《一种用于沥青路面自感知和自降温的相变骨料及制备方法（ZL201911293074.8）》。

2. 第 1 完成人（沙爱民）与第 3 完成人（孙朝云）共同获得了授权发明专利《一种基于多边缘融合机制的三维深度图像分割算法（ZL201810737688.X）》。

3. 第 1 完成人（沙爱民）与第 5 完成人（胡力群）共同获得了授权发明专利《一种用于实时监测粒料运动状态的智能骨料及其应用方法（ZL201911072283.X）》。

4. 第 1 完成人（沙爱民）与第 6 完成人（陈长海）、第 10 完成人（赵昕）针对沥青路面状态智慧感知关键技术方面开展合作研究，合作项目“沥青路面状态智慧感知关键技术研究与应用”。

5. 第 1 完成人（沙爱民）与第 7 完成人（刘全涛）、第 9 完成人（肖倩）针对道路基础设施智能感知理论方面开展合作研究，合作项目“道路基础设施智能感知理论与方法”。

6. 第 2 完成人（蒋玮）与第 8 完成人（韩万水）针对交通运输部《交通强国建设长安大学试点任务》开展合作研究。

7. 第 3 完成人（孙朝云）与第 15 完成人（裴莉莉）共同获得了授权发明专利《基于峰值聚类高速公路收费数据异常事件检测方法及装置（ZL202011225553.9）》。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	沙爱民（1） 蒋 玮（2） 刘状壮（4） 焦文秀（11） 袁东东（12） 贾 猛（13） 王文通（14）	2012	2022	授权发明专利《一种用于沥青路面自感知和自降温的相变骨料及制备方法》	【附件 1.1.1】
2	共同知识产权	沙爱民（1） 孙朝云（3）	2012	2021	授权发明专利《一种基于多边缘融合机制的三维深度图像分割算法》	【附件 1.1.2】

3	共同 知识 产权	沙爱民(1) 胡力群(5)	2012	2021	授权发明专利《一种用于实时监测料运动状态的智能骨料及其应用方法》	【附件 2.2.4】
4	共同 立项	沙爱民(1) 陈长海(6) 赵昕(10)	2021	2023	合作研究《沥青路面状态智慧感知关键技术研究与应用》	【附件 2.2.10】
5	共同 立项	沙爱民(1) 刘全涛(7) 肖倩(9)	2019	2023	合作研究《道路基础设施智能感知理论与方法》	【附件 2.1.3】
6	共同 立项	蒋玮(2) 韩万水(8)	2021	2023	合作研究交通运输部《交通强国建设长安大学试点任务》	【附件 2.2.11】
7	共同 知识 产权	孙朝云(3) 裴莉莉(15)	2018	2022	授权发明专利《基于峰值聚类高速公路收费数据异常事件检测方法及装置》	【附件 2.2.6】