1. **项目名称:**

道路基础设施环境低影响开发理论方法与工程应用

1. **提名者及提名意见**

提名者：陕西省交通运输厅

提名意见：“道路基础设施环境低影响开发理论方法与工程应用”成果，针对道路基础设施建养过程中的环境影响评价理论和低影响控制方法，开展了道路材料的环境低影响设计理论与方法、道路建养运营的排放理论模型与低影响方法、考虑城市水环境的道路低影响调控方法以及考虑冰雪环境的道路低影响调控方法等关键技术研究，形成了包含设计、施工与养护运营全周期的道路基础设施环境低影响调控理论和方法。

该成果形成了系统的知识产权，在西咸新区数据六路（国内首条机动车道柔性结构全透水沥青路面）、港珠澳大桥海底沉管隧道路面、铜川至黄陵高速公路、西安绕城高速公路、西宝高速咸阳连接线快速干道等中得到应用，经济、社会及环境效益显著，有力地促进了行业技术进步。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术进步奖报奖条件。特提名为2020年陕西省科学技术进步奖一等奖。

**三、项目简介**

本项目属于交通运输科学技术领域。道路基础设施在建造和服役过程中对环境有着重要影响，是国家节能减排的重点领域。目前缺乏针对道路基础设施建养过程中的环境影响评价理论和低影响控制方法。体现在，一方面，道路基础设施在建造和养护过程中是能源消耗大户，在施工和运营养护中缺乏有效的排放测算理论和评价方法，难以获取可观、真实、准确的排放数据；另一方面，道路基础设施作为环境中的工程构造物，如何通过材料和结构设计方法调控实现运营和服役期对环境的低影响，提高路域环境效益。

为落实党中央绿色发展的理念，把绿色发展理念融入交通运输发展的各方面和全过程，着力提升交通运输生态环境保护品质。为此，长安大学自2011年起开展道路基础设施的环境低影响调控理论方法与工程应用技术攻关，主持了包括国家973计划课题（环境友好多孔沥青路面材料的基础研究2012CB626814）、交通运输部科技项目（路面工程温室气体排放评价体系与方法研究20113188121270，沥青路面运营与养护过程温室气体排放评价技术2015318812140）、国家自然科学基金项目（渗流作用下的透水路面雨水净化机理与储水-渗透模型51208049）、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）等在内课题研究，主要内容包含道路材料的环境低影响设计理论与方法、道路建养运营的排放理论模型与低影响方法、考虑城市水环境的道路低影响调控方法以及考虑冰雪环境的道路低影响调控方法等关键技术。在理论分析、材料设计、评价方法、结构设计等方面取得如下创新性成果。

1）提出了以降低施工过程能耗为目标的低排放结合料路面高性能材料设计理论与方法；揭示了低排放结合料路面材料的高性能化和强度形成机理，研发出了低排放高性能冷拌冷铺沥青混合料，显著降低混合料生产和施工过程中排放；提出了基于体积法和目标空隙要求的多孔级配碎石材料设计方法，通过多孔和无结合料实现原材料生产能耗降低，同时通过多孔结构实现路域水温环境的低影响调控；提出了基于排放和施工环境要求的沥青混合料降黏减排设计方法与施工工艺，实现了施工温度降低30℃，CO及CO2排放量降低48.3%。

2)提出了我国道路工程建设、养护和运营中的温室气体排放评价指标、测算方法和统计模型，构建了道路工程温室气体排放理论与评价体系。研发了路面温室气体排放现场测试设备，开发了沥青路面工程温室气体排放评价数据库管理平台，提出了沥青路面温室气体排放标准确定方法。明确了沥青路面工程典型结构层材料施工与养护过程的定量排放数据，提出了降低道路建造与养护过程中环境低影响的方法。实现了道路建养和运营过程对环境影响的定量计算，提升了我国道路工程绿色建造与养护设计与施工水平。

3）针对降雨历时和强度复杂多变、地表径流含面源污染物等特征的雨水入渗的低影响需求，提出综合承载和雨水入渗功能的结构层空隙率渐变柔性全透水沥青路面的低影响调控理论与设计方法；明确了全透水沥青路面对入渗地表径流中石油类、动植物油类、BOD、COD、氨氮、总磷、重金属等16种代表性污染物的去除效果，揭示了范德华力吸附、悬浮物胶体物理过滤截留等污染物去除机理；结合实体工程现场长期观测，构建了包含路域全深度全断面温度场、湿度场数据的全透水路面的环境影响模型。实现了道路对城市雨洪环境的低影响适应与调控方法，为路域环境的水温和环境调控提供了理论方法和技术支撑。

4）针对道路冰雪与路域环境双向影响特征，完善了道路冰雪低影响设计理念，构建了沥青路面融雪功能化设计、效果评价与性能调控技术体系。提出了蓄盐型沥青路面、电热型沥青路面的结构设计理论与方法，揭示了发热体对沥青路面结构性能的影响规律；构建了沥青路面冰雪抑制评价方法体系，研究了环境温度、动态荷载、静态荷载、盐分负载量、发热线布设规律、热参数等沥青路面冰雪抑制影响因素；实现了路域冰雪环境调控技术体系与方法，为寒冷环境下环境低影响与路面交通低影响运行提供理论方法与技术支撑。

项目开发了车载式温室气体测试装置、保水降温路面材料、融冰除雪钢渣沥青混合料等新装置、新材料10项，获得授权发明专利24项，软件著作权和实用新型专利15项，成果编制和纳入国家标准2部，编制陕西省地方标准1部（形成初稿），发表论文72篇，其中SCI收录32篇，出版中文专著1部，英文专著1章。

项目研究中建成了“特殊环境公路建设与养护技术”国家重点领域创新团队，获取建设“西部地区公路交通低影响发展国际联合研究中心”陕西省国际科技合作基地，打造了一支道路基础设施低影响领域国际领先的研究团队，培养博士和硕士研究生30余人，获得交通运输工程全国优秀博士学位论文1篇。

项目成果在港珠澳大桥海底沉管隧道路面、西咸新区数据六路（国内首条机动车道柔性结构全透水沥青路面）、北京大兴国际机场高速公路、陕西铜川至黄陵高速公路、西安绕城高速公路、陕西西宝高速咸阳连接线快速干道等16项国家和陕西省中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。

**四、客观评价**

1. 科技成果评价

陕西省公路学会于2020年5月27日在西安主持召开了“道路基础设施环境低影响开发理论方法与工程应用”项目评价会。刘加平院士为主任委员的评价委员会认为：“项目研究成果总体达到国际先进水平，其中在道路工程建设、养护与运营过程的温室气体排放系统评价方法，以及全柔性材料全透水沥青路面设计与地表径流污染物去除机理等方面达到国际领先水平。”

2. 查新报告

陕西省科学技术情报研究院对创新点进行了国内外查新，未见其他单位与查新项目所述研究内容及结果相同的文献报道。

**五、应用情况**

成果在港珠澳大桥海底沉管隧道路面、西咸新区数据六路（国内首条机动车道柔性结构全透水沥青路面）、北京大兴国际机场高速公路、陕西铜川至黄陵高速公路、西安绕城高速公路、山东齐河黄河公路大桥、陕西西宝高速咸阳连接线快速干道等16项国家和陕西省中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。

**六、主要知识产权和标准规范等目录**

**主要知识产权和标准规范等目录（限10条）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 多孔沥青混合料抗堵塞性能的测定方法 | 中国 | CN102253188B | 2014.02.19 | 1350011 | 长安大学 | 沙爱民，蒋玮，裴建中，肖晶晶，王振军 |
| 2 | 发明专利 | 一种吸水保水材料改性剂及其应用 | 中国 | CN103482925B | 2015.01.21 | 1572432 | 长安大学 | 蒋玮，沙爱民，肖晶晶，王振军，等 |
| 3 | 发明专利 | 一种多孔沥青混合料的沥青用量确定方法 | 中国 | CN102515628B | 2013.04.24 | 1181001 | 长安大学 | 蒋玮，肖晶晶，沙爱民，王振军，等 |
| 4 | 发明专利 | 一种保水降温路面材料及其应用 | 中国 | CN103482924B | 2015.01.21 | 1572431 | 长安大学 | 蒋玮，沙爱民，肖晶晶，王振军，等 |
| 5 | 发明专利 | 生物质重油和稻壳灰联合作为沥青改性剂的应用 | 中国 | CN105838091B | 2018.05.18 | 2929628 | 长安大学 | 韩振强，熊晓威，葛海涛；沙爱民 |
| 6 | 发明专利 | 装配式预应力阻热水泥混凝土路面及其施工工艺 | 中国 | CN102535295A | 2014.12.10 | 1542215 | 长安大学 | 胡力群，林超，黄继城 |
| 7 | 发明专利 | 一种提高水泥乳化沥青混合料强度的集料级配设计方法 | 中国 | CN107056185B | 2019.04.23 | 33471891 | 长安大学 | 王振军，王红飞，王佩，等 |
| 8 | 发明专利 | 城市道路透水性水泥混凝土铺面结构 | 中国 | CN102587243B | 2014.10.08 | 149542 | 长安大学 | 胡力群，郝清珍，马伟思 |
| 9 | 软件著作权 | 沥青路面红外热成像施工质量监控技术软件 | 中国 | 2017SR055439 | 2016.11.25 | 01449859 | 长安大学 | 沙爱民，胡力群，童峥，等 |
| 10 | 国家标准 | 乡村道路工程技术规范 | 中国 | GB/T51224-2017 | 20170221 | 中华人民共和国住房和城乡建设部 | 长安大学，安宜建设集团有限公司 | 沙爱民，胡力群，蒋玮，等 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公示  姓名 | 排名 | 行政  职务 | 技术  职称 | 工作  单位 | 完成  单位 | 对本项目贡献 |
| 沙爱民 | 1 | 校长 | 教授 | 长安大学 | 长安大学 | 作为项目负责人，负责项目的组织、研究方案和技术路线的制定和实施。主要的创新性贡献包括1）提出了以降黏减排为代表的低排放路面材料设计理论和设计方法；2）提出了道路工程建设、养护和运营中的温室气体排放计算理论、评价方法和统计模型；3）提出了结构层空隙率渐变的路面低影响调控理论与方法；4）构建了沥青路面融雪功能化设计方法与效果评价体系。对创新点1、2、3、4做出主要贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的60%。 |
| 蒋玮 | 2 | 副院长 | 教授 | 长安大学 | 长安大学 | 1）完善了基于体积法和目标空隙要求的环境友好多孔级配碎石材料设计方法；2）提出了雨洪环境路面地表径流污染物的去除效能与机理，构建了全透水路面温湿度场评价模型；3）参与了冰雪环境的路面低影响设计方法研究。对创新点1、3、4做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的60%。 |
| 胡力群 | 3 | 所长 | 教授 | 长安大学 | 长安大学 | 1）参与提出了道路工程建设、养护和运营中的温室气体排放计算理论、评价方法和统计模型；2）构建了透水路面温度场评价模型；3）参与了冰雪环境的路面低影响设计方法研究。对创新点2、3、4做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的60%。 |
| 马峰 | 4 | 副所长 | 教授 | 长安大学 | 长安大学 | 1）参与提出了道路工程建设、养护和运营中的温室气体排放计算理论、评价方法和统计模型；提出了降低道路建造与养护过程中环境低影响的方法；2）参与提出了基于排放和施工环境要求的沥青混合料降黏减排设计方法与施工工艺。对创新点1、2做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的50%。 |
| 刘状壮 | 5 | 无 | 副教授 | 长安大学 | 长安大学 | 1）基于冰-车-路三元复合模型，提出道路冰雪低影响控制理论方法与评价体系。对创新点4做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的50%。 |
| 郭德栋 | 6 | 无 | 教授 | 山东交通学院 | 山东交通学院 | 1）参与构建了沥青路面融雪功能化设计方法与效果评价体系，参与建立了路域冰雪环境调控的技术体系与方法。对创新点4做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的50%。 |
| 王振军 | 7 | 副院长 | 教授 | 长安大学 | 长安大学 | 1）参与提出了低排放结合料路面高性能材料设计理论与方法；2）参与提出了基于排放和施工环境要求的沥青混合料降黏减排设计方法与施工工艺。对创新点1做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的40%。 |
| 弥海晨 | 8 | 所长 | 教授级高工 | 西安公路研究院 | 西安公路研究院 | 1）参与提出了基于排放和施工环境要求的沥青混合料降黏减排设计方法与施工工艺。对创新点1做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的30%。 |
| 赵敬源 | 9 | 副处长 | 教授级高工 | 长安大学 | 长安大学 | 1）参与构建了全透水路面路域温湿度场环境的评价模型。对创新点3做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的25%。 |
| 邓朝显 | 10 | 副总经理 | 高工 | 陕西省西咸新区沣西新城开发建设(集团)有限公司 | 陕西省西咸新区沣西新城开发建设(集团)有限公司 | 1）参与提出了全透水路面环境低影响开发措施和示范工程实施。对创新点3做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的25%。 |
| 田慧枫 | 11 | 处长 | 高工 | 西安市公路工程管理处 | 西安市公路工程管理处 | 1）参与建立了路域冰雪环境调控的技术体系与方法和示范工程实施。对创新点4做出贡献，在项目研究投入的工作量占本人工作总量的25%。 |

**八、主要完成单位**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第1完成  单位 | 长安大学 | | | | |
| 单位性质 | 高等院校 | | 法定代表人 | 沙爱民 | |
| 联系人 | 杨锐 | 单位电话 | 029-61105257 | 移动电话 | 18710451185 |
| 电子邮箱 | kjxmk@chd.edu.cn | | | | |
| 通讯地址 | 西安市南二环中段 | | | 邮政编码 | 710064 |
| 对本项目  主要贡献 | （限600字）  长安大学是本项目主要承担单位，在项目申请立项方面提供支持，在项目研究人员、试验场地、试验设备、计算分析方面提供了优势的科研平台和支撑，保证了项目的顺利开展和取得预期成果。长安大学的研究人员在低排放路面材料设计理论与方法；道路工程建设、养护和运营中的温室气体排放计算理论、评价方法和统计模型，考虑城市雨洪环境的路面低影响调控理论与方法以及沥青路面融雪功能化设计方法与效果评价体系等方面开展了深入研究，取得了系列创新，为本成果的1-4项科技创新做出了创造性贡献。完成了多项重要工程的应用，为本项目的技术推广做出了重要贡献。 | | | | |
| 第2完成  单位 | 山东交通学院 | | | | |
| 单位性质 | 高等院校 | | 法定代表人 | 陈松岩 | |
| 联系人 | 华相纲 | 单位电话 | 053180687801 | 移动电话 | 15106981072 |
| 电子邮箱 | Huaxg010@hotmail.com | | | | |
| 通讯地址 | 山东省济南市长清大学科技园海棠路5001号 | | | 邮政编码 | 250357 |
| 对本项目  主要贡献 | 山东交通学院与长安大学等共同开展了路面融雪除冰技术研究与应用，在项目实施过程中提供了人员、科研平台、测试场地、试验设备、计算分析等方面的支持。完成了融冰机理与融冰效率、三维融冰模型构建、融冰材料的组配设计与试验方法、气象与路况信息监测技术、自动控制算法、环境影响分析以及现场施工工艺等方面研究。为创新点4做出了贡献。  成果在北京大兴国际机场高速路、西藏拉林公路米拉山隧道、山东齐河黄河大桥与江苏金港运河大桥等路段开展了示范应用，为本项目的技术推广做出了贡献。 | | | | |
| 第3完成  单位 | 西安公路研究院 | | | | |
| 单位性质 | 国有企业 | | 法定代表人 | 舒森 | |
| 联系人 | 弥海晨 | 单位电话 | 02987885617 | 移动电话 | 13991855657 |
| 电子邮箱 | 553232911@qq.com | | | | |
| 通讯地址 | 西安市高新六路60号 | | | 邮政编码 | 710065 |
| 对本项目  主要贡献 | 西安公路研究院与长安大学等共同开展了低排放路面材料设计与应用以及路面温度场的环境效益，在项目实施过程中提供了人员、科研平台、测试场地、试验设备、计算分析等方面的支持。参与了沥青混合料降黏减排设计方法与施工工艺研究。为创新点4做出了贡献。  成果在陕西绥延高速公路、延延高速公路等路段开展了示范应用，为本项目的技术推广做出了贡献。 | | | | |
| 第4完成  单位 | 陕西省西咸新区沣西新城开发建设(集团)有限公司 | | | | |
| 单位性质 | 国有企业 | | 法定代表人 | 杨建柱 | |
| 联系人 | 姬国强 | 单位电话 | 02938020222 | 移动电话 | 18629497802 |
| 电子邮箱 | 313276906@qq.com | | | | |
| 通讯地址 | 陕西省西咸新区沣西新城总部经济园5号楼 | | | 邮政编码 | 712000 |
| 对本项目  主要贡献 | 陕西省西咸新区沣西新城开发建设(集团)有限公司与长安大学等共同开展了全透式环保型透水路面的应用示范工程建设，在项目实施过程中协助长安大学开展试验研究、改进、经验总结及应用推广等，在项目实施过程中提供了人员、测试场地、研究经费等方面的支持。为创新点3做出了贡献。  做为示范工程的承建方，在本项目中协调组织设计、施工、监理及相关单位开展工程示范，并将该项目成果做为沣西新城海绵城市试点建设的重要举措向住建部及海绵城市有关行业专家做应用推荐，并持续对示范工程效果进行跟踪，在未来沣西新城城市建设中推广应用。 | | | | |
| 第5完成  单位 | 西安市公路工程管理处 | | | | |
| 单位性质 | 事业单位 | | 法定代表人 | 田慧枫 | |
| 联系人 | 田慧枫 | 单位电话 | 02938020222 | 移动电话 | 18629497802 |
| 电子邮箱 | 54525916@qq.com | | | | |
| 通讯地址 | 西安市含光南路218号交通信息大厦9层 | | | 邮政编码 | 710065 |
| 对本项目  主要贡献 | 西安市公路工程管理处与长安大学等共同开展了透水路面和融冰雪路面的应用示范工程建设，在项目实施过程中协助长安大学开展试验研究、示范工程建设和应用推广等，在项目实施过程中提供了人员、示范工程、研究经费等方面的支持。在示范应用的过程中，协助进行了工程质量的检测和示范效果跟踪观测，为创新点3和创新点4做出了贡献。 | | | | |

**九、完成人合作关系说明**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/  项目排名 | 合作起始时间 | 合作  时间 | 合作成果 |
| 1 | 共同知识产权 | 蒋玮/2 | 2011.1 | 2011.7 | 多孔沥青混合料抗堵塞性能的测定方法 |
| 2 | 共同知识产权 | 胡力群/3 | 2011.1 | 2013.8 | 一种吸水保水材料改性剂及其应用 |
| 3 | 论文合著 | 马峰/4 | 2011.1 | 2016.3 | Greenhouse Gas Emissions from Asphalt Pavement Construction: A Case Study in China |
| 4 | 论文合著 | 刘状壮/5 | 2013.9 | 2019.4 | 蓄盐沥青路面研究进展:  盐化物材料、混合料及其  性能与评价 |
| 5 | 论文合著 | 郭德栋/6 | 2011.1 | 2012.8 | 基于微波与磁铁耦合发热效应的融雪除冰技术 |
| 6 | 共同知识产权 | 王振军/7 | 2011.1 | 2011.12 | 一种多孔沥青混合料的沥青用量测定方法 |
| 7 | 论文合著 | 弥海晨/8 | 2013.9 | 2015.6 | 多孔水泥混凝土路面温度变化规律与温度场分析 |
| 8 | 共同立项 | 赵敬源/9 | 2017.1 | 2017.5 | 全透性路面技术研究服务合同 |
| 9 | 共同立项 | 邓朝显/10 | 2017.1 | 2017.5 | 全透性路面技术研究服务合同 |
| 10 | 共同立项 | 田慧枫/11 | 2017.1 | 2018.3 | 电热型自融雪沥青路面及关键技术研究 |