**2023年度山东省科学技术进步奖申报项目公示**

**一、项目名称**

高速公路安全耐久沥青路面精细化建造关键技术

**二、提名单位**

山东省交通运输厅

**三、提名意见、提名等级**

在党的二十大报告中，习近平总书记提出了“加快构建新发展格局，着力推动高质量发展”的全面建设社会主义现代化国家首要任务，《交通强国建设纲要》明确了由推动交通发展由追求速度规模向更加注重质量效益转变的发展思路。打造精细化沥青路面建造技术，推动高质量高速公路服务水平，是交通运输行业顺应高质量发展时代主题的必然要求。

该项目围绕高速公路安全耐久服役沥青路面精细化建造关键技术，突破了全天候抗滑性能保持与行车安全提升的理论瓶颈，研发了基于复杂行车安全功能需求的精细化沥青路面磨耗层技术，实现了不同场景下高速公路沥青路面新建与养护的行车安全保障与结构耐久保护；创新了基于多元服役性能耐久需求的精细化沥青路面结构技术，解决了传统沥青路面结构设计依赖经验、耐久性差的难题，保障了高速公路沥青路面新建、改扩建和养护的高耐久结构设计；创建了基于全链条质量保障需求的精细化沥青路面施工管控技术，实现了施工质量与效率的整体提升，保障了高速公路沥青路面新建、改扩建和养护的耐久安全沥青路面高质量实现。

项目获发明专利78项，纳入行/地标7部，发表学术论文126篇，软件著作权8项；项目成果在山东省应用超过3000公里，并推广至国内外20余省市地区10000余公里的新建、改扩建以及养护工程中，降低雨雪天气事故发生率50%，减少高速公路养护成本20%以上，近两年产生直接经济效益9.2亿元。项目成果有力推动了高速公路沥青路面建造技术高质量升级，支撑了山东省高速公路质量全国领先，符合高质量发展的时代主题与交通强国建设战略要求。

我单位认真审阅了该项目提名书及其附件材料，确认全部申报材料真实有效，相关栏目均符合山东省科学技术奖励的填写要求。

提名该项目为2023年度山东省科学技术进步奖 二 等奖。

**四、项目简介**

我国高速公路总里程超过16万公里，随着里程的增长与机动车保有率的逐年上升，高速公路安全耐久问题日渐突显。2021年我国发生交通事故27万余起，伤亡人数超34万，其中超20%由路面湿滑引起。另一方面，路面结构耐久性不足导致非必要性养护需求和成本逐年增加。因此，如何保障高速公路安全与耐久是行业重大需求。本项目通过十五年持续研究攻坚与工程实践，创建了“多功能磨耗层-精细化结构设计-精准化施工管控”的高速公路沥青路面精细化建造技术体系，保障了行车安全服务品质与结构耐久服役性能。

1. 研发了基于复杂行车安全功能需求的精细化沥青路面磨耗层技术

针对不同气候、交通、环境复杂场景下行车安全功能需求，揭示了多元场景“整车-轮胎-纹理/雨膜/冰膜”耦合下的路面抗滑安全机理，突破了全天候抗滑性能保持与行车安全提升的理论瓶颈，研发了适用于不同行车场景表面磨耗层的低滚阻沥青、高粘高弹改性沥青、抑冰沥青高性能功能材料，创建了“节能减排、排水耐久、融雪除冰”多场景适用的精细化沥青路面抗滑磨耗层技术，使用寿命达到5年以上，行车安全性提升20%，实现了不同场景下高速公路沥青路面的行车安全保障与结构耐久保护。

2. 创新了基于多元服役性能耐久需求的精细化沥青路面结构技术

针对不同区域、荷载、结构与材料多元服役性能耐久需求，研发了匹配结构层关键服役性能需求的超弹抗车辙沥青混合料、高韧抗裂沥青混合料、层间耐久粘结剂等高性能材料，创新了适用于不同区域环境条件、宽幅路面车道差异化需求、结构-材料精准匹配要求的区域-车道-层位三级结构设计方法，创建了多框架-多层次算法融合的智能沥青路面结构设计方法与平台，创新打造了精细化沥青路面结构技术，提高设计服役寿命30%以上，保障了高速公路沥青路面新建、改扩建和养护的长效耐久结构服役性能。

3. 开发了基于全链条质量保障需求的精细化沥青路面施工管控技术

针对沥青路面拌合-摊铺-碾压全链条施工精准质量控制需求，开发了拌合过程材料质量精准保障的自动化物料实时管控技术与设备，构建了摊铺过程厚度均匀控制的离析病害快速检测技术，创新了碾压过程压实质量精准控制的智能化压实连续管控技术，创建了全链条质量精准保障的信息化沥青路面施工管控平台，提升施工效率30%以上，保障了高速公路沥青路面新建、改扩建和养护的安全耐久沥青路面高质量实现。

项目获发明专利78项、主编/参编标准7部，发表学术论文126篇，获评ESI高被引论文，软件著作权8项。项目成果成功应用在国内外25个省市地区，60余条高速公路以及干线公路，总里程超13000公里，降低雨雪天气抗滑失效事故发生率50%，减少高速公路养护成本20%以上，近两年产生直接经济效益9.2亿元。经权威专家鉴定，项目成果关键核心技术达国际领先水平。

**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** | **第一完成人是否参与** | **第一完成单位是否参与** |
| 发明 | 一种具有除冰融雪功能的排水路面结构 | 中国 | ZL201710436416.1 | 2019-9-10 | 3521293 | 东南大学 | 马涛;胡鹏森;丁珣昊;曹雯;陈田;张垚 | 有效 | 是 | 否 |
| 发明 | 一种长寿命柔性基层沥青路面结构 | 中国 | ZL202011327964.9 | 2022-04-08 | 5060649 | 东南大学 | 马涛;张靖霖;刘世同;刘朝晖;邵学富;龚仁峥;陆宇;张孝胜 | 有效 | 是 | 否 |
| 发明 | 一种针对不同地区的排水沥青混合料抗飞散性能评价方法 | 中国 | ZL201910210828.2 | 2022-12-06 | 5625399 | 山东高速集团有限公司 | 陈成勇、朱宇昊、丁卫东 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明 | 一种乳化沥青乳浆制造及路面纵向冷接缝乳浆灌注方法 | 中国 | ZL202011271579.X | 2022-05-03 | 5123395 | 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 | 俄广迅;董昭;姜海龙;王娜;朱世超;夏建平;朱振祥;杨飞;柳久伟;李宁;韦金城;王琳;王冲 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明 | 一种沥青混合料小梁试件低温弯曲应变试验方法 | 中国 | ZL202110551773.9 | 2022-07-15 | 5309801 | 山东大学、山东高速集团有限公司 | 刘树堂; 赵启睿; 刘世杰; 曹卫东; 薛志超；马峥浩;孙振浩 | 有效 | 否 | 是 |
| 标准 | 水泥稳定风化料基层施工技术规范 | 中国 | DB37/T2512-2014 | 2014-09-08 | 山东省质量技术监督局 | 山东省交通运输厅、山东省交通运输厅公路局、山东大学、山东省交通规划设计院、山东恒建工程监理咨询有限公司、山东东泰工程咨询有限公司、潍坊市公路管理局 | 杨永顺;李英勇;薛志超;陈宝强;刘树堂;杨景新;杨秀生;曹卫东;高晋州;赵秋宇;张树河;程庆照;张文武;吴庆东;陈立斌;李秀贤;高钟涛;李树忱;曹佩荣 | 有效 | 否 | 否 |
| 发明 | 一种沥青混合料骨架密实型级配的设计方法 | 中国 | ZL201510323230.6 | 2017-03-29 | 2431341 | 山东大学、山东省交通运输厅公路局、山东省交通规划设计院 | 刘树堂; 曹卫东; 葛智; 李英勇; 薛志超; 毕玉峰; 李卓智; 蒋洪涛 | 有效 | 否 | 否 |
| 标准 | 高速公路双层排水沥青混凝土路面技术指南 | 中国 | DB36/T1177-2019 | 2020-05-01 | 江西省市场监督管理局 | 江西省交通运输厅、江西省高速公路投资集团有限责任公司、东南大学、江西省天驰高速科技发展有限公司 | 张龙生;黄晓明;李刚;廖公云;许兵;马涛;周昌;祝谭雍;韩根生;郭乔明;刘礼辉;胡宗林;曾武;蒋王清;梁华;张华萍;胡子全;史越;林松;周涛;王斯倩;钟昆志;曾秀群;廖焕旺 | 有效 | 是 | 否 |
| 发明 | 一种压实土体刚度系数与粘性阻尼系数的测定系统及方法 | 中国 | ZL202010010137.0 | 2021-03-23 | 4312409 | 山东大学；山东高速集团有限公司 | 刘树堂;曹卫东;高雪池;刘鹏;刘健;刘时俊;孙振浩;赵启睿;栾娟 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明 | 一种沥青拌合站及采用该拌合站的沥青拌合方法 | 中国 | ZL202011639433.3 | 2022-05-17 | 5156052 | 山东高速工程建设集团有限公司 | 王孝奎;张军圣;迟德超;王敏;高洪洲;陈天宇;石学良杨福会;张明昌;郭向东 | 有效 | 否 | 否 |

**六、主要完成人情况**

1、姓名：马涛 排名：1

行政职务：副院长

技术职称：教授

工作单位：东南大学

完成单位：东南大学

对本项目贡献：作为技术总负责人，对项目创新点1精细化磨耗层技术，创新点2精细化沥青路面结构技术以及创新点3精细化沥青路面施工管控技术均做出了创造性贡献，主要贡献包括：主持完成了抗滑磨耗层技术开发，建立了基于行车安全的抗滑功能判定阈值与方法，研发了排水抗滑磨耗层技术与融雪抗滑磨耗层技术；开发了多层次-多框架算法融合的智能精细化沥青路面结构设计方法与平台；创新了碾压过程压实质量精准控制的智能化压实连续管控技术与设备。

2、姓名：齐辉 排名：2

行政职务：工程管理部副部长

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：对项目创新点1精细化磨耗层技术，创新点2精细化沥青路面结构技术与创新点3精细化沥青路面施工管控技术均做出了创造性贡献，主要贡献包括：主持完成了低滚阻抗滑磨耗层技术开发，建立了低滚阻改性沥青混合料的设计方法与评价指标。参与研发了排水抗滑磨耗层技术与融雪抗滑磨耗层技术，提出了沥青路面抗滑性能指标的优化方法，建立了层位受力特征与拉压异性匹配的分层材料设计指标体系，主持开发了沥青混合料管控系统。

3、姓名：刘树堂 排名：3

行政职务：无

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：对创新点1精细化抗滑磨耗层技术与创新点2精细化沥青路面结构技术做出了创造性贡献，主要贡献包括：建立了“应变滞后降低滚阻-接触提升保障抗滑”的低滚阻沥青混合料设计方法，创新开发了节能-抗滑平衡的低滚阻抗滑磨耗层技术；创新研发了分车道差异化结构设计技术，建立了分车道结构设计方法的力学理论依据，建立了“整体变形协调-分层厚度可控”的分车道结构材料优化方法。

4、姓名：黄晓明 排名：4

行政职务：无

技术职称：教授

工作单位：东南大学

完成单位：东南大学

对本项目贡献：对项目创新点1精细化磨耗层技术与创新点2精细化沥青路面结构技术做出了创造性贡献，主要贡献包括：提出了基于“橡胶轮胎磨耗-车辆启动制动-干湿路面状态（雨膜/冰膜）”的多场耦合抗滑行为分析方法，揭示了沥青路面-流体/冰膜-花纹轮胎之间耦合作用下的抗滑机理与抗滑行为。提出了路面结构动力响应分析与路面材料仿真优化设计方法，创新了满足不同条件需求的“区域-车道-层位”三级路面结构设计优化方法。

5、姓名：刘乐民 排名：5

行政职务：无

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：对项目创新点2精细化沥青路面结构技术与创新点3精细化沥青路面施工管控技术做出了创造性贡献，主要贡献包括：协助开展了磨耗层试验段的铺设工作。主持完成了车道差异化性能设计技术的工程调研、室内外试验与现场验证工作，负责完成了在京沪高速莱芜段、滨莱高速等高速公路改扩建工程等的应用验证。

6、姓名：闫翔鹏 排名：6

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：对项目创新点2精细化沥青路面结构技术做出了创造性贡献，主要贡献包括：揭示了结构承载力衰变的路面结构破坏机理与破坏形式，提出了基于连续损伤力学的无机结合料稳定碎石模量衰减模型。

7、姓名：王敏 排名：7

行政职务：分公司副经理

技术职称：助理工程师

工作单位：山东高速工程建设集团有限公司

完成单位：山东高速工程建设集团有限公司

对本项目贡献：对项目创新点3精细化沥青路面施工管控技术做出了创造性贡献，主要贡献内容包括：开发了沥青混合料拌合站搅拌叶自动调控技术与搅拌设备，解决了搅拌叶沥青粘附损失的难题，降低了拌合站成本，提高了物料用量精度；协助开发了拌合站物料信息自动化采集技术与压实管控技术，优化了控制指标，验证了其可靠性。

8、姓名：卢瑜 排名：8

行政职务：党委委员、纪委书记

技术职称：工程技术研究员

工作单位：山东省交通规划设计院集团有限公司

完成单位：山东省交通规划设计院集团有限公司

对本项目贡献：对项目创新点2精细化沥青路面结构技术做出了创造性贡献，主要贡献包括：开发了全过程可视化的智能沥青路面结构设计平台，嵌入了基于深度强化学习的沥青路面结构设计智能优化算法，实现了结构整体-车道-层位多尺度最优的精细化路面结构方案设计。

9、姓名：朱俊清 排名：9

行政职务：无

技术职称：副研究员

工作单位：东南大学

完成单位：东南大学

对项目创新点1精细化磨耗层技术与创新点2精细化沥青路面结构技术做出了创造性贡献，主要贡献包括：研发了高粘高弹改性沥青技术，构建了级配骨架-沥青膜裹附-连通孔隙关联的多孔沥青混合料优化设计方法，开发了功能-性能平衡的排水抗滑磨耗层技术；；开发了基于无机结晶填充树脂立体网络结构的超弹抗车辙材料技术。

10、姓名：商淑杰 排名：10

行政职务：科技创新中心主任

技术职称：高级工程师

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：对项目创新点1精细化磨耗层技术、创新点2精细化沥青路面结构技术做出了创造性贡献，主要贡献包括：建立了“应变滞后降低滚阻-接触提升保障抗滑”的低滚阻沥青混合料设计方法，创新开发了节能-抗滑平衡的低滚阻抗滑磨耗层技术；开发了车道差异化性能设计技术优化方案。

**七、主要完成单位情况**

1、山东高速集团有限公司 排名：1

山东高速集团有限公司作为本项目第一完成单位，负责总体技术攻关以及技术成果的推广应用，协调各合作单位共同开展技术攻关，提供系列科技创新发展政策支持与工作平台支撑，全面管控项目周期与进度，对本项目科技创新和应用推广情况具体贡献如下：

（1）围绕提高高速公路安全行车服务功能与长效耐久服役性能，组织确定本项目的总体建设目标，制定了精细化沥青路面建造的技术理念。

（2）总体负责项目核心关键技术攻关与创新研发，系统创新了高性能多功能磨耗层技术、精细化结构技术与精细化施工管控技术，完成了核心关键技术的创新设计、研发、集成与工程应用。

（3）与合作单位紧密配合，推动项目多功能磨耗层技术、精细化结构技术以及施工管控技术在山东省滨莱高速、济青高速、京沪高速莱芜段等多条省内高速公路的广泛应用，并高效推广到全国30余个省市。

2、山东高速基础设施建设有限公司 排名：2

山东高速基础设施建设有限公司作为本项目第二完成单位，参与项目整体思路和技术路线的确定以及项目整体规划，参与精细化磨耗层技术与结构技术的研发按工作，负责低滚阻抗滑磨耗层技术的研发工作以及项目成果的整体推广应用工作，对本项目科技创新和应用推广情况具体贡献如下：

（1）负责研发了低滚阻抗滑磨耗层技术，建立了低滚阻改性沥青混合料的设计方法与评价指标，完成了在新宁高速的应用验证。

（2）参与研发了精细化结构设计技术，开发了车道差异化性能设计技术优化方案，组织完成了精细化结构技术的工程调研、室内外试验与现场验证工作，负责完成了在京沪高速莱芜段、滨莱高速等高速公路改扩建工程等的应用验证。

（3）参与研发了排水抗滑磨耗层技术与融雪抗滑磨耗层技术，提出了沥青路面抗滑性能指标的优化方法，协助开展了磨耗层试验段的铺设工作。

（4）负责完成了项目成果的整体推广应用工作，在济南至高青高速、沾化至临淄等多条山东省内的高速公路新建与改扩建工程项目中进行推广应用，并向江苏、河南、吉林等全国多条高速公路建设项目进行了推广应用。

3、东南大学 排名：3

东南大学是本项目的第三完成单位，参与项目整体思路和技术路线的确定以及项目整体规划，负责精细化磨耗层技术与结构技术的研发工作，参与精细化施工管控技术的研发工作，对本项目科技创新和应用推广情况具体贡献如下：

（1）负责研发了精细化抗滑磨耗层技术，揭示了复杂场景下的沥青路面抗滑安全机理，开发了高粘高弹改性沥青、融雪抑冰沥青等高性能多功能磨耗层材料，建立了多场景适用的磨耗层技术。

（2）负责精细化结构技术的研发工作，研发了抗车辙、抗裂、层间高耐久的高性能路面材料，开发了智能路面结构设计平台，解决了传统沥青路面结构设计依赖经验的问题。

（3）参与了精细化施工管控技术的研发工作，研发了摊铺与碾压施工管控技术与装，提升了施工质量管控水平。

（4）与合作单位精密配合，共同完成项目成果的实施落地与推广应用。

4、山东大学 排名：4

山东大学作为本项目的合作完成单位，参与项目整体思路和技术路线的确定以及项目整体规划，参与精细化沥青路面结构技术的研发工作，对本项目科技创新和应用推广情况具体贡献如下：

（1）揭示了结构承载力衰变的路面结构破坏机理与破坏形式，提出了基于连续损伤力学的无机结合料稳定碎石模量衰减模型，建立了层位受力特征与拉压异性匹配的分层材料设计指标体系。

（2）负责精细化结构设计方法与平台的应用推广工作，为该项目研究成果的及时推广应用贡献了主要力量。

5、山东高速建设管理集团有限公司 排名：5

山东高速建设管理集团有限公司是本项目的第四完成单位，参与项目整体思路和技术路线的确定以及项目整体规划，参与精细化结构技术与施工管控技术的研发工作，负责车道差异化结构技术研发工作，对本项目科技创新和应用推广情况具体贡献如下：

（1）负责研发了分车道差异化结构设计技术，揭示了宽幅沥青路面轻重载车道力学响应差异化分布规律，建立了分车道结构设计方法的力学理论依据，建立了“整体变形协调-分层厚度可控”的分车道结构材料优化方法。

（2）参与了精细化结构技术的研发工作，建立了重载车道车辙变形量与上中面层动态模量的理论回归模型，参与研发了高性能抗车辙材料。

（3）参与了精细化施工管控技术的研发工作，开发了物料用量自动调控的电磁阀投料机，同步解决了外加剂聚团与称料精度低的难题。

6、山东高速工程建设集团有限公司 排名：6

山东高速工程建设集团有限公司是本项目的第五完成单位，参与制定项目研究总体技术路线和实施方案，负责施工管控技术的研发与应用推广工作，对本项目科技创新和应用推广情况的具体贡献如下：

（1）负责开发了沥青混合料拌合站搅拌叶自动调控技术与搅拌设备，解决了搅拌叶沥青粘附损失的难题，降低了拌合站成本，提高了物料用量精度；

（2）参与了精细化施工管控技术的研发工作，参与开发了拌合站物料信息自动化采集技术与压实管控技术，优化了控制指标，验证了其可靠性。

（3）参与了精细化施工管控技术的落地与应用工作，在青银高速公路、京台高速公路改扩建工程建设项目中应用实施，对项目成果的推广应用起到了关键性的作用。

7、山东省交通规划设计院集团有限公司 排名：7

山东省交通规划设计院集团有限公司作为项目合作完成单位，参与项目整体思路和技术路线的缺少以及项目整体规划工作，参与精细化沥青路面结构技术的研发工作，负责智能结构设计平台的研发工作，对本项目科技创新和应用推广情况具体贡献如下：

（1）参与开发了结构设计平台，制定平台开发实施方案，负责系统架构的设计与优化算法研发，确保项目算法高效、架构先进；

（2）负责完成结构设计平台的推广应用工作，在多条山东省内的高速公路新建、改扩建设计当中进行推广应用，并向全国多个省市地区推广，为项目成果的应用推广起到了关键作用。