**山东省科学技术进步奖提名项目公示内容**

一、项目名称

适应重载交通绿色耐久沥青路面材料制备关键技术及产业化

二、提名者及提名意见、提名等级

提名者：

山东省交通运输厅

提名意见：

我国70.24万km的二级及以上高等级公路近90%的路面，采用SBS改性沥青，改善沥青路面的抗车辙、抗开裂性能，但SBS改性沥青存在离析、热分解的技术难题，能耗高、污染重的环保难题和过程监管困难的管理难题，严重影响沥青路面的长期寿命。项目组通过材料和工艺革新，利用SBS作为基础材料，通过接枝功能材料，借助微粉化技术和溶胀技术，合成具有高温抗车辙、低温抗开裂功能的速熔型SBS类聚合物合金材料，提出预拌增强方法，制备高性能、高耐久沥青混凝土。在揭示速熔型SBS类聚合物合金改性提升沥青混凝土性能的基础上，实现聚合物合金材料工业化生产，开发速熔型SBS类聚合物合金改性沥青路面工程化应用技术，形成质量控制标准，实现沥青路面的长期耐久性。项目打破了全球湿法SBS改性沥青体系，为行业提供了“优质、简单、经济、环保”的沥青改性解决方案，助力行业品质工程和绿色公路建设。

本成果已应用至京沪高速山东段改扩建项目、潍日高速等60余项新（改）建高速公路、国省道及其路面养护工程，并推广至日本等国家，累计使用规模超过1000万m2，成果转化产值2.2亿元，降低工程造价5000余万元，节约养护资金3.5亿余元，降低碳排放量1500万吨，经济社会效益显著。该项目获得发明专利4项，软件著作权1项，颁布标准1项，发表文章4篇，2021年获中国公路学会科学技术二等奖，入选交通运输重大科技创新成果库。

提名该项目为2023年度山东省科学技术进步奖 二 等奖。

三、项目简介

沥青路面面临重载、高温、严寒和雨雪等复杂严酷的服役环境，路用性能劣化迅速，导致出现车辙、裂缝等早期病害，严重影响路面行车舒适度和通行效率，提升沥青混凝土路面耐久性是关键。沥青混凝土路面沥青胶结料性能低、材料与施工变异性大、材料与结构要求匹配性差是影响耐久性的根源；沥青胶结料作为沥青混凝土的关键组成材料，是一种粘弹性体，高温易变软，低温易变脆，因此，其抗高温变形、抗低温和疲劳开裂性能差是导致沥青路面出现耐久性不足的关键内因；路面材料组成难以适应重载和严酷环境对沥青混凝土路面不同层位功能要求，是路面出现车辙和裂缝等病害的重要诱因。针对这些影响传统沥青混凝土路面耐久性的共性难题，本项目利用以苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物（SBS）为基体的聚合物合金改性技术提升沥青混凝土的抗高温车辙、低温和疲劳开裂性能，建立速熔型聚合物合金改性理论，形成系统应用技术并产业化，在国内外重要工程应用，主要实现以下技术突破：

**1.建立以SBS为基体制备速熔型聚合物合金沥青混凝土改性剂的理论和技术** 项目以分子设计为切入点，发现优化SBS分子链设计，接枝功能材料，引入极性基团，降低分子量，采用微粉化(10μm)和溶胀诱导SBS基聚合物合金溶胀，能显著减少分子链缠绕作用，增大链间隙，突破大粒径聚合物合金熔融指数低、相容性差的瓶颈，熔融指数达10g/10min，是传统高分子聚合物、抗车辙材料的100倍，可实现与沥青混凝土直接拌和，原位改性，解决常规改性沥青储存稳定性差、热分解、生产加工碳排放高等难题。发明基于空间位阻原理表面改性的分散方法，屏蔽颗粒间的引力，克服大粒径聚合物微粉分散难题，建成年产5万吨聚合物合金微粉体生产线。

**2.揭示了SBS基聚合物合金原位改性机理和制备高韧性高耐久性沥青混凝土的新技术** 项目揭示聚合物合金与沥青在集料界面的分散、共混、交联和胶结，制备高韧性沥青混凝土的本质规律。创建利用SBS基聚合物合金预拌增强技术，实现聚合物合金原位改性沥青混凝土高性能的新方法，从分子角度揭示其强化增韧机理，打破行业只能采用传统“湿法”SBS改性沥青工艺的瓶颈，实现沥青路面低碳化。比同类型沥青路面的高温抗车辙性能提高2.5倍，低温抗开裂性能提高1.6倍，疲劳寿命提高2.5倍，实现了沥青路面的长寿命。开发了调控聚合物合金掺量适应交通轴载、气候和沥青路面层位功能要求的差异化设计新方法，实现全寿命周期费效比最优。

**3.构建预拌工艺条件下的聚合物合金材料在沥青混凝土体系中分散性评价方法及施工技术** 项目制定聚合物合金改性沥青混凝土设计-制备-应用标准，设计聚合物合金改性剂自动化投料装备及监控系统，为规模化应用提供技术支撑。

**4.系统实现聚合物合金材料制备的产业化，形成了完整的产业化关键技术体系**项目开发了聚合物合金改性剂自动化生产线，打破了全球40年来改性沥青湿法预混工艺，为行业提供了“绿色、透明、经济”的沥青路面改性方案，填补行业空白。

本成果已应用至京沪高速山东段改扩建项目、潍日高速等60余项新（改）建高速公路、国省道及其路面养护工程，并推广至日本等国家，累计使用规模超过1000万m2，成果转化产值2.2亿元，降低工程造价5000余万元，节约养护资金3.5亿余元，降低碳排放量1500万吨，经济社会效益显著。该项目获得发明专利4项，软件著作权1项，颁布标准1项，发表文章4篇，2021年获中国公路学会科学技术二等奖，入选交通运输重大科技创新成果库。

**四、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 | 第一完成单位是否为权利人 |
| 发明  专利 | 一种SMA沥青混凝土改性剂及其制备方法 | 中国 | ZL201611191745.6 | 2019.2.1 | 3241849 | 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司、山东高速科技发展集团有限公司等 | 唐国奇等 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明  专利 | 一种环保型沥青改性剂的制备方法 | 中国 | ZL2019103377553 | 2021.11.19 | 4804082 | 山东高速路用新材料技术有限公司 | 白玉铎、李传海、高国华、阚涛等 | 有效 | 是 | 否 |
| 发明  专利 | 一种沥青混合料改性剂颗粒及其制备方法 | 中国 | ZL2016105920146 | 2018.10.19 | 3114194 | 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司等 | 唐国奇 | 有效 | 否 | 否 |
| 发明  专利 | 一种温拌剂、SBS/SBR改性温拌沥青混合料及制备方法 | 中国 | ZL201811311124.6 | 2021.10.22 | 4742522 | 山东高速路用新材料技术有限公司等 | 高国华、李传海、白玉铎、阚涛等 | 有效 | 是 | 否 |
| 标准 | 公路干法SBS改性沥青路面技术指南 | 中国 | T/CHTS20003-2018 | 2018.6.18 | 中国公路学会 | 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司、山东高速路用新材料技术有限公司等 | 唐国奇、白玉铎、高国华等 | 有效 | 是 | 否 |
| 软件著作权 | 沥青混合料生产一体化监控系统V1.0 | 中国 | 2021SR0455688 | 2021.03.26 | 7178314 | 山东高速工程咨询集团有限公司、山东高速路用新材料技术有限公司等 | 白玉铎、张平、单煜辉等 | 有效 | 是 | 是 |
| 实用新型专利 | 具有二级打散功能的沥青混合料添加剂投料设备 | 中国 | ZL202120550202.9 | 2022.01.07 | 15438095 | 山东高速工程咨询集团有限公司、山东高速路用新材料技术有限公司 | 高国华、唐国奇等 | 有效 | 否 | 是 |

**五、主要完成人情况**

| 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 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 白玉铎 | 1 | 董事长 | 研究员 | 山东省公路桥梁检测中心有限公司 | 山东高速工程咨询集团有限公司 | 作为本项目的负责人，挖掘创新点，制定整体研究思路，制定总体技术研究方案，制定试验研究大纲等。创造性贡献：“四、科技主要科技创新”所列的主要创新点中“研发速熔型的改性剂及其制备技术，提出干法SBS质量控制标准，参与研发了自动化投料装备”。 |
| 高国华 | 2 | 副总经理 | 高级工程师 | 山东高速工程检测有限公司 | 山东高速工程检测有限公司 | 作为本项目的主要技术负责人，协助本项目负责人，挖掘创新点，梳理整体研究思路，完善总体技术研究方案，优化试验研究大纲，分析试验数据，指导试验段铺筑，撰写框架，审阅、修改项目研究报告等。创造性贡献：“四、科技主要科技创新”所列的主要创新点中“协助研发速熔型的改性剂及其制备技术，确定干法SBS改性沥青混合料配合设计方法，参与研发了自动化投料装备”。 |
| 唐国奇 | 3 | 董事长 | 研究员 | 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司 | 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司 | 负责干法SBS改性技术方案的设计与材料研发，配套装备的设计与开发、应用技术研究等，形成多项知识产权成果，建立了干法SBS改性技术体系标准，形成团体标准1项，并为施工规范提供条文参考。创造性贡献：“四、科技主要科技创新”所列的主要创新点中“提出干法SBS材料研发的三大技术原理，研发速熔型的干法SBS改性剂及其制备技术，建立干法SBS改性沥青路面施工工艺与质控体系，参与研发了自动化投料装备及监控系统”。 |
| 张平 | 4 | 董事长 | 研究员 | 山东高速工程咨询集团有限公司 | 山东高速工程咨询集团有限公司 | 牵头组织开展本项目，审阅项目技术方案、研究大纲等，对设备研发、试验段铺筑等进行技术指导。创造性贡献：“四、科技主要科技创新”所列的主要创新点中“参与研发了自动化投料装备及监控系统”。 |
| 张惠勤 | 5 | 总工程师 | 研究员 | 山东高速工程咨询集团有限公司 | 山东高速工程咨询集团有限公司 | 撰写项目任务书、总体技术研究方案和试验研究大纲，分析试验数据，撰写报告，开发投料系统，参与课题鉴定工作等。创造性贡献：“四、科技主要科技创新”所列的主要创新点中“参与研发了自动化投料装备及监控系统”。 |
| 单煜辉 | 6 | 副总经理 | 研究员 | 山东高速工程咨询集团有限公司 | 山东高速工程咨询集团有限公司 | 协助技术负责人解决本项目研究过程中遇到的技术难题，设计本项目试验段的目标配合比和生产配比，开发投料设备，并进行现场试验段铺筑工作的技术指导。参与课题鉴定工作等。创造性贡献：“四、科技主要科技创新”所列的主要创新点中“参与研发了自动化投料装备及监控系统”。 |
| 李传海 | 7 | 无 | 工程师 | 山东高速工程检测有限公司 | 山东高速工程检测有限公司 | 按照试验大纲的要求，开展试验研究、试验数据分析整理、专利、文章撰写工作。协助技术负责人解决本项目研究过程中遇到的技术难题。设计本项目试验段的目标配合比和生产配比，并进行现场试验段铺筑工作的技术指导。参与撰写项目研究报告，课题鉴定相关的资料汇总。参与课题鉴定工作。创造性贡献：“四、科技主要科技创新”所列的主要创新点中“协助研发速熔型的改性剂及其制备技术，协助研发了自动化投料装备”。 |
| 王鑫洋 | 8 | 部门经理 | 高级工程师 | 山东高速工程检测有限公司 | 山东高速工程检测有限公司 | 参与项目具体研究工作，进行干法SBS改性沥青常规性能测试评价工作，红外光谱分析工作以及数据分析工作。进行室内沥青混合料的制备、性能评价和数据处理工作。创造性贡献：“四、科技主要科技创新”所列的主要创新点中“协助研发了自动化投料装备及监控系统”。 |
| 阚涛 | 9 | 无 | 工程师 | 山东高速工程检测有限公司 | 山东高速工程检测有限公司 | 积极参与项目课题的试验，并根据试验结果进行分析，总结试验规律，及时根据试验结果调整试验方案；现场调整生产配合比，指导试验路施工；参与到课题研究报告的撰写和结题工作。最终配合同事圆满完成课题预期内容。创造性贡献：“四、科技主要科技创新”所列的主要创新点中“协助研发速熔型的改性剂及其制备技术”。 |

**六、主要完成单位情况**

| 主要完成单位 | 创新推广贡献 |
| --- | --- |
| 山东高速工程咨询集团有限公司 | 山东高速工程咨询集团有限公司（以下简称公司）利用“山东省高速公路技术和安全评估重点实验室”等平台强大的人才优势和技术优势，联合科技攻关，及时将科研成果转化为生产力，目前已经完成数项省部级课题，部分课题已经产业化，取得了显著的经济效益与社会效益。  作为该项目的主持单位，从立项到试验研究给予该项目高度重视，公司组织相关专业的主要科技研究人员数十人参与该项目（其中专职研究人员十余人），与国路高科公司（第三完成单位）花费三年多的时间，共同完成了项目研究工作。同时，权属单位拥有2000余万元专门用于路用新材料研发的先进仪器，设有水泥、沥青、力学等实验室，试验设备齐全，为项目的室内试验与理论分析提供了良好的硬件条件。  路用新型材料的推广及应用的难点在于产品中试时试验路段的提供。公司作为山东高速集团的全资子公司，协调了山东省内潍日高速滨海连接线工程、潍日高速公路潍坊连接线工程等多个工程的部分路段作为本项目的试验段进行应用，组织路用新材料公司（第四完成单位）开展了具体工程示范工作、检测公司（第二完成单位）进行了试验路技术服务，更好的优化了本项目的施工工艺，为项目的成功研发和应用提供强有力的保证。 |
| 山东高速工程检测有限公司 | 山东高速工程检测有限公司作为第二完成单位，负责技术内容分析、可行性研究、试验路段技术服务和试验路段的跟踪检测等。  （1）针对不同品质基质沥青与干法SBS改性沥青配伍性存在差异问题，对行业主要基质沥青品种建立了干法SBS改性指标数据库，提出将“软化点、延度和弹性恢复”三大性能指标作为配伍性和基质沥青优选的评价体系。作为使用干法SBS技术时的参考，为少数沥青定制干法SBS提供了技术依据。（2）开展山东省内山东省潍日高速滨海连接线工程、潍日高速公路潍坊连接线工程、京沪高速改扩建工程莱芜至新泰段等工程的干法SBS改性技术试验段与示范路的配合比设计工作和现场试验路技术服务工作，总结施工过程中的出现的问题，完善干法SBS改性沥青路面施工指南，为干法SBS改性技术在高等级公路中的应用提供技术支持。（3）负责各个项目干法SBS改性沥青路面的长期性能监测与检测工作，出具干法SBS改性沥青路面质量状况评定报告，根据路面质量状况制定干法SBS改性沥青路面的质量评定标准。 |
| 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司 | 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司作为项目第三承担单位，主要负责干法SBS改性剂的研发工作。（1）负责技术研究工作：通过优选SBS结构、常温干态预研磨、预熔胀、超速交联等多项关键技术协同作用，研发了可投放于拌和楼施工使用的干法SBS改性剂新材料及其制备技术；通过荧光显微镜、红外光谱、动态剪切力学分析等手段分析研究了干法SBS的改性机理，提出干法SBS改性是否充分实现的评价标准并进行了验证，并在干法SBS配合比及参数研究确定基础上，系统评价了其路用性能。（2）与山东高速工程咨询集团有限公司一道形成了以材料发明专利为核心的多项知识产权,并入选2019年度交通运输部重大科技创新成果，形成系列应用标准。 |
| 山东高速路用新材料技术有限公司 | 山东高速路用新材料技术有限公司作为项目的第四承担单位，主持主要山东省内的干法SBS改性剂技术的工程示范工作，协同有关参加单位共同开展应用技术研究和推广总结完善，负责山东省内成果转化与推广应用，如潍日高速滨海连接线工程、潍日高速公路潍坊连接线工程、京沪高速改扩建工程莱芜至新泰段等，累计超过200多万m2。 |