2024年度贵州省科学技术奖推荐公示内容

一、项目名称

绿色高韧性沥青路面材料与施工成套关键技术及产业化应用

二、推荐单位

贵州省交通运输厅

三、推荐等级

贵州省科技进步奖一等奖、二等奖

四、主要完成人

何飞、柏立懂、丛林、乔东华、余波、苏龙、唐国奇、颜晶、敖清文

五、主要完成单位

贵州宏信创达工程检测咨询有限公司、贵州交通物流集团有限公司、同济大学、国路高科（北京）工程技术研究院有限公司、贵州高速公路实业有限公司、贵州黔和物流有限公司、贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

六、项目简介（不超过2000字）

本项目属于交通运输工程领域。

随着城市化进程的加快和交通运输需求的不断增长，道路建设和维护变得尤为重要。然而，传统沥青路面材料容易受到气候变化和车辆荷载的影响，出现路面开裂、变形等问题，影响道路的使用寿命和安全性能，难以满足长期使用要求。同时，传统的沥青路面材料中含有大量的石油衍生物，其生产和使用过程会产生大量的污染物和温室气体排放，对环境造成严重影响。因此，研究和开发绿色改性沥青路面材料成为当前道路工程极为重要的课题。通过引入绿色改性技术，可以有效的改善沥青路面材料的抗老化性能、耐久性能、抗裂性能等关键性能指标，提升道路的承载能力和耐久性，延长道路的使用寿命，减少维护成本。同时，绿色改性沥青路面材料采用绿色改性工艺和废旧材料，可以减少对环境的污染，降低碳排放，符合现代社会对环保和可持续发展的要求。

项目团队依托国家自然科学基金、交通运输部交通运输行业重点科技项目清单面上项目和贵州省交通运输厅系列科技项目，历经10多年的探索和创新，提出了一系列关键技术：改性剂的选择和设计、改性工艺的优化、绿色改性材料的研发，以及沥青路面材料的性能优化和产业化应用。技术的成功应用极大地提高了道路的耐久性和稳定性，为实现长寿命道路建设提供了全新的思路和解决方案。推动道路交通向更加环保、可持续的方向发展。项目取得了如下主要创新成果：

**（一）揭示了路面结构层劣化机制与力学响应特征。**

针对贵州典型路面结构和使用环境，进行分层以及界面位置的力学响应分析。通过不同工况下沥青路面拉应力、剪应力及温度应力沿路面深度方向的变化规律，确定了路面结构层抗疲劳区、抗车辙区、抗低温缩裂区，明确了沥青路面各结构层的层位功能，以及各沥青层的功能水平与病害的相关性。根据各结构层的力学响应对材料设计参数进行调整，为路面不同结构层沥青混合料优化方向提了供理论依据和技术路线。

**（二）研发了多功能高性能橡塑沥青和干法SBS改性沥青，设计生产了相应的生产工艺及生产设备。**

研发了PCMA-C（高强型）、PCMA-M（增韧型）和PCMA-G（高稠型）橡塑沥青改性剂，制备了基于各层功能需求的、适用于不同层位的高弹、高模量橡塑改性沥青，形成了高性能橡塑沥青混合料及配套设备。以及通过短链新型SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物）结构优化设计（缩短SBS主链长度60%-80%）、SBS常温干态微米级研磨、高标号沥青组分预溶胀、超速交联配方设计等多项关键新技术攻关，成功开发了干法SBS改性剂新材料，实现了干法SBS直接在沥青混合料拌和过程中60s瞬间速熔和高效改性，解决了SBS在拌合楼工况对沥青混合料直接改性的重大技术难题。揭示了干法SBS对沥青混合料的改性机理，验证了干法SBS的主要技术原理和工艺可靠性。研制了干法SBS改性剂生产线并形成制备工艺与技术，优化传统工艺对胶体的加热、研磨、熔胀和发育等环节，减少大量的沥青加热能耗，具有突出的节能减排效益。

**（三）形成了湿法高性能热固性聚氨酯沥青及混合料生产工艺。**

提出了聚氨酯混合料配合比设计方法，通过混合料性能试验研究，确定了罩面表层所用聚氨酯混合料的级配类型、组份掺量以及抗滑性能衰变规律。针对聚氨酯胶结料的性能调控问题，通过调整聚氨酯胶结料中硬段的含量，获得了性能差异大跨度的聚氨酯混合料。确定了聚氨酯胶结料中硬段的范围，为进一步优化聚氨酯混合料的性能提供了重要依据。研发了采用温拌（100-110℃）工艺的聚氨酯混合料，降低了拌和过程中碳排放10%以上，而且施工容留时间可根据实际工程需要进行调控，满足任意工况条件下的施工要求。

**（四）建立了改性沥青动态施工关键技术及工程应用。**

提出了基于数值图像、红外热像的路面施工离析快速评价和渗水系数快速验收方法。施工离析是施工过程中常见的病害，针对视觉观察法的主观、低效问题，基于机器学习方法，建立了针对摊铺图像纹理特征的朴素贝叶斯分类模型，实现了施工离析的快速检测、分类工作。针对孔隙率测试繁琐、验收覆盖率低等问题，提出了基于红外图像和混合料降温模型的渗水系数量化方法，通过温差变化实现渗水系数的快速验收。通过上述技术，施工离析分类精度达到87.5%，施工过程中沥青用量波动小于0.2%。

项目获发明专利11项、实用新型专利17项、软著4项、发表论文15篇，其中SCI检索12篇、主编团体标准1部。多项成果鉴定达到国际先进水平，技术成果入库交通运输重大科技创新成果库，培养博士/硕士研究生5人。

研究成果已形成产业化应用，辐射贵州、山东、北京和上海等地多个建设项目，产品出口吉布提，经济和社会效益显著，节约工程总投资4.6亿元，减排二氧化碳480万吨。

七、主要知识产权和标准规范等目录（包括发明专利、标准、软件著作权等，不包括实用新型专利、外观设计专利等，不超过10件）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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** |
| 发明专利 | 一种沥青混合料配合比设计方法及沥青混合料 | 中国 | ZL201610310795.5 | 2017.04.05 | 2438264 | 贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司 | 杨黔、佘文、吕晓舜、乔东华、何飞 | 有效 |
| 发明专利 | 一种沥青弹性恢复率测量装置及方法 | 中国 | ZL201610362094.6 | 2017.07.28 | 2569662 | 贵州宏信创达工程检测咨询有限公司 | 杨黔、佘文、吕晓舜、乔东华、何飞 | 有效 |
| 发明专利 | 一种改性沥青搅拌保温装置 | 中国 | ZL201410456632.9 | 2016.02.17 | 1954378 | 贵州黔和物流有限公司 | 余波 | 有效 |
| 发明专利 | 一种沥青路面坑槽修补的方法 | 中国 | ZL201611124428.2 | 2019.02.22 | 3264512 | 贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司 | 石帅锋、余崇俊、敖清文、叶青、王燕芳、秘林源、乔东华、吕晓舜 | 有效 |
| 发明专利 | 混凝土桥面用聚氨酯橡胶排水铺面结构及其施工方法 | 中国 | ZL201910629030.1 | 2021.05.11 | 4419527 | 同济大学 | 丛林、杨帆、谭乐、郭桂宏、史佳晨、任敏达 | 有效 |
| 发明专利 | 高强度高韧性轻质聚氨酯橡胶桥面铺装材料及其制备 | 中国 | ZL201910629043.9 | 2021.02.02 | 4234432 | 同济大学 | 丛林、杨帆、谭乐、郭桂宏、史佳晨、任敏达 | 有效 |
| 发明专利 | 一种SBS改性沥青混凝土的制备方法 | 中国 | ZL201610152718.1 | 2018.01.05 | 2769826 | 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司、河南国路高科新材料技术有限公司、河南国路特铺公路工程有限公司 | 唐国奇 | 有效 |
| 发明专利 | 一种沥青混合料改性剂颗粒及其制备方法 | 中国 | ZL201610592014.6 | 2018.10.19 | 3114194 | 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司、河南国路高科新材料科技有限公司 | 唐国奇 | 有效 |
| 发明专利 | 一种复合改性剂及其制备的具有高抗飞散性能的排水沥青混凝土 | 中国 | ZL201611191400.0 | 2019.03.05 | 3279759 | 国路高科（北京）工程技术研究院有限公司、国路高科交通科技有限公司、河南国路高科新材料科技有限公司 | 唐国奇、王涵 | 有效 |
| SCI | The use of polyurethane for asphalt pavement engineering applications: A state-of-the-art review | 其他 | DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.07.213 | 2019.07.30 | ISSN： 0950-0618 | 同济大学 | Lin Cong、 Fan Yang、 Guihong Guo、 MindaRen、Jiachen Shi、Le Tan | 有效 |

表列专利、标准等为本项目独有，未在已获省科学技术奖励项目或本年度其他推荐项目中使用，未曾提交2023年度省科学技术奖励评审但未授奖。

共有知识产权已征得未列入项目主要完成人的权利人同意。