

陕西省交通运输科学技术奖申报项目 公示材料

(2023年度)

一、项目基本情况

项目名称	钢混组合梁桥聚氨酯改性沥青混合料铺装研究
主要完成人	吕文江、张增平、贾晓军、杨雨玄、张洪亮、江浩、赵桓、姚元章、朱银涛
主要完成单位	陕西交通控股集团有限公司、长安大学
申报等级	二等奖及以上
联系人及电话	张增平 15829692995

二、项目简介

(1) 科学技术领域

本项目属于交通运输工程学科道路工程技术领域。

(2) 主要科技内容

本项目依据桥面铺装层力学特性和线弹性理论建立钢混组合梁桥三维有限元模型，分析桥面铺装应力应变分布特点，研究不同荷位、不同温度条件下不同跨径水泥混凝土桥面铺装结构层和钢桥铺装结构层的受力情况，确定桥面铺装结构层应力指标。通过对聚氨酯改性沥青的制备工艺、改性机理、性能的研究，为改性沥青混合料桥面铺装的应用提供理论基础；通过对铺装材料高低温蠕变特性、应力应变特性等的研究，确定了聚氨酯改性沥青钢桥面铺装结构组合设计。

(3) 技术经济指标

本项目开发出具有优良的变形能力、高温性能及良好经济性的聚氨酯树脂改性沥青桥面铺装。该桥面铺装材料的冻融劈裂强度比达到 90%以上，车辙动稳定度达 9000 次 mm^{-1} 以上，低温小梁最大弯拉应变 4.0×10^{-3} 以上，在 3500 $\mu\epsilon$ 条件下，沥青混合料疲劳寿命值达到 15000 次以上。

(4) 促进行业科技进步作用及应用推广情况

本项目依据桥面铺装层力学特性和线弹性理论建立钢混组合梁桥三维有限元模型，分析桥面铺装应力应变分布特点；分析温度对沥青混合料应力应变的影响。获得优化的聚氨酯改性沥青结合料的组成和制备工艺。所制备的聚氨酯改性沥青及其混合料可以适用于大变形的钢混组合梁桥和其他钢桥面铺装；也适用于某些气候和交通要求苛刻的领域。具有良好的路用性能，解决了钢混组合梁桥变形挠度大的问题。由于其造价较低，具有较高的经济优势，随着聚氨酯改性沥青混合料的应用范围逐渐推广，社会效益和经济效益也逐渐凸显。

该项目在报告的具体研究领域中进行了大量室内试验，最终确定了聚氨酯改性沥青混合料干法施工工艺及施工技术指南，项目成果系统全面，兼备实用性和创新性的特点，填补了国内外空白，为聚氨酯改性沥青在实际项目工程中的应用奠定了坚实的基础。该研究成果为陕西省乃至全国高速公路钢混桥面路面聚氨酯改性沥青混合料的设计、施工等技术提供借鉴，具有广泛的应用前景。

通过材料的研发，本项目已取得了多项创新性成果和知识产权，推动了行业进步，累计发授权 5 项发明专利，计算机软件著作权 3 项，学术论文 29 篇，培养高级工程师等技术人员 3~4 名，宣传报导一篇，促进聚氨酯改性沥青桥面铺装的推广使用。该项目开发出具有优良的变形能力、高温性能及良好经济性的聚氨酯树脂改性沥青桥面铺装，并且编制了施工指南对指导桥面铺装施工意义重大。

三、应用情况

目前，传统的桥面铺装材料不能同时满足良好的路用性能和经济性这两种要求，同时针对桥面铺装材料很容易出现水损害和车辙等病害状况，本项目将聚氨酯作为改性剂加入沥青中，和沥青在高温及加入扩链交联剂的条件下会发生固化反应，形成交联网状结构，从根本上改变沥青的热塑性质，赋予沥青全新的优良物理力学性质。本项目对聚氨酯改性沥青桥面铺装进行系统研究，优选出最佳配方，然后进行目标配合比设计和路用性能验证，同时研究桥面铺装层和粘结层的施工技术。

本项目研发的聚氨酯改性沥青混合料具有良好的路用性能，相比 SBS 改性沥青混合料不仅有较好的低温弯曲性能、更大的挠度变形，可以更好的适应钢混组合梁桥的变形；其造价更低，经济适用性更高。本研究成果为陕西省乃至全国高速公路钢混桥面路面聚氨酯改性沥青混合料的设计、施工等技术提供借鉴，具有广泛的应用前景。

通过开展此项目，可有效解决桥面铺装中混合料变形挠度小易产生病害的问题，不仅节约了材料成本，提高了路用性能，简化了操作过程，同时对环境保护也起了一定的积极作用。以此项目为契机，如果将该技术应用推广到陕西省乃至全国高等级公路、桥梁建设中，对于社会将产生巨大的经济价值和社会效益，对桥面的性能提高也将起到积极的作用。

（1）相比 SBS 改性沥青混合料，聚氨酯体系的造价更低，不仅具有较高的经济优势，在节约土地成本、操作简易性以及维护等方面存在一定优势。

（2）聚氨酯改性沥青在钢混组合梁桥上的成功应用，不仅能够起到节约成本、保护环境的作用，也能为聚氨酯改性沥青在桥面铺装中应用提供参考，良好的性能以及经济、环保等优势表明其具有一定的推广和应用价值。

四、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	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型专利	一种拌合与出料一体化的沥青混合料全自动拌合机	中国	ZL202120955126.X	2021 年 12 月 28 日	15297356	长安大学	张增平；吕文江；黄婷；杨雨玄；黄志刚；刘浩；王力
2	实用新型专利	一种热固性树脂改性沥青混合料拌合机	中国	ZL202122892776.7	2022 年 05 月 06 日	16437199	长安大学	张增平；韦永明；罗钰；张达理；黄婷；王召飞；李雪；陈俐企
3	发明专利	一种适用于沥青基体的有机化累托石的制备方法	中国	ZL201710476286.4	2019 年 08 月 06 日	3482822	长安大学	张增平；贾猛；朱永彪；王封；庞维强；祁冰；刘海婷
4	发明专利	一种用于隧道沥青及其制备方法	中国	ZL201810736948.1	2021 年 07 月 27 日	4579319	长安大学	张增平；贾猛；刘祥；朱永彪；王封
5	发明专利	一种具有热储存稳定性的改性沥青及其制备方法	中国	ZL201710495289.2	2020 年 08 月 25 日	3952815	长安大学	贾猛；张增平；朱永彪；王封；祁冰；刘海婷
6	计算机软件著作权	高粘改性剂生产工艺参数控制系统 V1.0	中国	2022SR1042985	2022 年 08 月 08 日	9997184	长安大学	张增平，刘虓嵩，郭茵霄，刘浩
7	计算机软件著作权	聚氨酯密封胶材料配比设计系统 V1.0	中国	2022SR1042565	2022 年 08 月 08 日	9996764	长安大学	张增平，郭茵霄，刘虓嵩，刘浩

8	计算机 软件著作	聚氨酯密封胶工艺 优化集成 交互系统 V1.0	中国	2022SR11 28715	2022 年 08 月 15 日	10082914	长安大学	刘浩, 张 增平, 郭 茵霄, 刘 琥嵩
---	-------------	----------------------------------	----	-------------------	---------------------	----------	------	-------------------------------

五、代表性论文专著目录

序号	论文专著 名称	刊名	作者	年卷 页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表 时间	通讯 作者	第一 作者	国内作者	他 引 总 次 数	检 索 数 据 库	知识 产权 是否 归国 内所有
1	A laboratory study of epoxy/polyurethane modified asphalt binders and mixtures suitable for flexible bridge deck pavement	Construction and Building Materials	Zengping Zhang, Jia Sun, Zhigang Huang, Feng Wang, Meng Jia, Wenjiang Lv, Junjie Ye	2021 年 274 卷 122084 页	2020. 10.30	Jia Sun	Zengping Zhang	Zengping Zhang, Jia Sun, Zhigang Huang, Feng Wang, Meng Jia, Wenjiang Lv, Junjie Ye	56	SCI	是
2	Effects of Polyurethane Thermoplastic Elastomer on Properties of Asphalt Binder and Asphalt Mixture	Journal of Materials in Civil Engineering	Zengping Zhang; Jia Sun; Meng Jia; Xiaoyi Ban; Li Wang; Liqi Chen; Ting Huang; and Hao Liu	2021 年 33 卷 04020477 页	2020. 12.16	Jia Sun	Zengping Zhang	Zengping Zhang, Jia Sun; Meng Jia; Xiaoyi Ban; Li Wang; Liqi Chen; Ting Huang; and Hao Liu	31	SCI	是
3	Study on a thermosetting polyurethane modified asphalt suitable for bridge deck pavements: Formula and properties	Construction and Building Materials	Zengping Zhang, Jia Sun, Meng Jia, Bing Qi, Hongliang Zhang, Wenjiang Lv, Zhiyong Mao, Pengtao Chang, Jiang Peng, Yichen Liu	2020 年 241 卷 118122 页	2020. 01.17	Jia Sun	Zengping Zhang	Zengping Zhang, Jia Sun a, Meng Jia, Bing Qi, Hongliang Zhang, Wenjiang Lv, Zhiyong Mao, Pengtao Chang, Jiang Peng, Yichen Liu	40	SCI	是
4	The synergistic effect of organic montmorillonite and thermoplastic polyurethane on properties of asphalt binder	Construction and Building Materials	Meng Jia, Zengping Zhang, Haiting Liu, Biao Peng, Hongliang Zhang, Wenjiang Lv, Qiang Zhang, Zhiyong Mao	2019 年 229 卷 116867 页	2019	Meng Jia	Zengping Zhang	Meng Jia, Zengping Zhang, Haiting Liu, Biao Peng, Hongliang Zhang, Wenjiang Lv, Qiang Zhang, Zhiyong Mao	35	SCI	是

5	High- and Low-Temperature Properties of Layered Silicate-Modified Bitumens: View from the Nature of Pristine Layered Silicate	Applied sciences	Meng Jia, Zengping Zhang, Long Wei, Jiange Li, Dongdong Yuan, Xingjiao Wu, Zhiyong Mao	2019 年 9 卷 3563 页	2019 12.7	Meng Jia	Zengping Zhang	Meng Jia, Zengping Zhang, Long Wei, Jiange Li, Dongdong Yuan, Xingjiao Wu, Zhiyong Mao	7	SCI	是
6	Study on properties and mechanism of organic montmorillonite modified bitumens: View from the selection of organic reagents	Construction and Building Materials	Meng Jia, Zengping Zhang, Long Wei, Xingjiao Wu, Xin Cui, Hongliang Zhang, Wenjiang Lv Qiang Zhang	2019 年 217 卷 331 页	2019. 05.17	Meng Jia	Zengping Zhang	Meng Jia, Zengping Zhang, Long Wei, Xingjiao Wu, Xin Cui, Hongliang Zhang, Wenjiang Lv Qiang Zhang	2 4	SCI	是
7	Evaluating the effect of organic reagents on short-term aging resistance of the organic rectorite asphalt by	Road materials and pavement design	Zengping Zhang, Meng Jia	2021 年 22 卷 215-229 页	2019. 01.01	Meng Jia	Zengping Zhang	Zengping Zhang, Meng Jia	8	SCI	是
8	环氧树脂/聚氨酯复合改性沥青及其混合料性能研究	功能材料	张增平, 孙佳, 王封, 彭江, 常鹏涛, 刘义琛	2020 年 51 卷 12198-12 214 页	2020 12.30	张增平	张增平	张增平, 孙佳, 王封, 彭江, 常鹏涛, 刘义琛	0	CS CD	是
9	聚氨酯改性沥青在路面工程中的应用研究进展	化工新型材料	吕文江, 刘浩, 常鹏涛, 黄婷, 张增平	2022 年 50 卷 227-230 页	2021. 05.11	张增平	吕文江	吕文江, 刘浩, 常鹏涛, 黄婷, 张增平	0	CS CD	是
10	HVM-TSR 高黏改性剂的制备及应用性能	中国科技论文	陈俐企, 张增平, 黄婷, 班孝义, 刘浩	2022 年 17 卷	2022. 05.18	张增平	陈俐企	陈俐企, 张增平, 黄婷, 班孝义, 刘浩	0		是
11	生物基固化剂在桥面铺装用环氧沥青中的应用	热固性树脂	温富升, 张增平, 孙佳, 王召飞, 郭茵霄, 刘城嵩	2023 年 38 卷 44-48 页	2023. 05. 30	张增平	温富升	温富升, 张增平, 孙佳, 王召飞, 郭茵霄, 刘城嵩	0		是
12	聚氨酯改性沥青制备工艺及混合料路用性能研究	公路	吕文江, 彭江, 朱永彪, 王力, 黄婷, 张增平	2020 年 65 卷 248~252 页	2020. 03.06	张增平	吕文江	吕文江, 彭江, 朱永彪, 王力, 黄婷, 张增平	2 4		是
13	聚氨酯改性沥青的制备及流变性能研究	聚氨酯工业	张增平, 彭江, 朱永彪, 孙佳, 王力, 吕文江	2020 年 35 卷 15~17 页	2020. 10.28	彭江	吕文江	张增平, 彭江, 朱永彪, 孙佳, 王力, 吕文江	1 1		是
14	干拌法聚氨酯改性沥青混合料工艺研究	聚氨酯工业	贾晓军, 王力, 刘义琛, 张增平, 吕文江	2021 年 36 卷 46~48 页	2021. 0828	张增平	贾晓军	贾晓军, 王力, 刘义琛, 张增平, 吕文江	7		是
15	Investigation on the High- and Low-Temperature Performance of Organic Rectorite and Polyurethane Composite-Modified Asphalt Binder	Journal of Materials in Civil Engineering	Wang Li, Zhang Zengping, Sun Jia, Liu Hao, Wei Yongming, Zhang Dali, Wang Zhaoifei	2023 年 35 卷 04023308 -1~04023 308-14 页	2023. 09.01	Zhang Zengping	Wang Li	Wang Li, Zhang Zengping, Sun Jia, Liu Hao, Wei Yongming, Zhang Dali, Wang Zhaoifei	0	SCI	是
16	Laboratory Study and Molecular Dynamics Simulation of High- and Low-Temperature Properties of Polyurethane-M	Journal of Materials in Civil Engineering	Zhang Zengping, Huang Ting, Sun Jia, Wang Zhaoifei, Wang Li, Li Xue, Liu Hao, Zhang Dali	2023 年 35 卷 04023257 -1~04023 257-13 页	2023. 08.01	Zhang Zengping	Zhang Zengping	Zhang Zengping, Huang Ting, Sun Jia, Wang Zhaoifei, Wang Li, Li Xue, Liu Hao, Zhang Dali	0	SCI	是

17	Preparation and properties of flame retardant asphalt containing polyurethane and eco-friendly flame retardants	Construction and Building Materials	Liu Hao, Zhang Zengping, Wang Zhaofei, Sun Jia, Wei Yongming, Zhang Dali	2023 年 375 卷 1~14 页	2023. 04.24	Zhan g Zeng ping	Liu Hao	Liu Hao, Zhang Zengping, Wang Zhaofei, Sun Jia, Wei Yongming, Zhang Dali	1	SCI	是
18	The Performance and Distribution of Polyurethane-Modified Asphalt That Exhibits Different Molecular Weights	Sustainability	Ban Xiaoyi, Zhang Zengping, Chang Pengtao, Zhang Suyu, Liu Hao, Liang Yuzi, Chen Yujing	2023 年 15 卷 1~18 页	2023. 04.13	Zhan g Zeng ping	Ban Xiaoyi	Ban Xiaoyi, Zhang Zengping, Chang Pengtao, Zhang Suyu, Liu Hao, Liang Yuzi, Chen Yujing	3	SCI	是
19	多亚甲基多苯基多异氰酸酯(PAPI)型聚氨酯改性沥青的流变性能	材料科学与工程学报	张增平,王力,朱友信,吕文江,孙佳	2023 年 41 卷 235~240 页	2023 04.20	张增 平	张增平	张增平, 王力, 朱友信, 吕文江, 孙佳	0	CS CD	是
20	用于排水沥青路面的高黏度改性沥青的制备及性能	长安大学学报(自然科学版)	张增平,陈俐企,黄婷,班孝义,刘浩	2023 年 43 卷 1~9 页	2022. 08.29	张增 平	张增平	张增平,陈俐企,黄婷,班孝义,刘浩	1	CS CD	是
21	聚氨酯/环氧树脂复合改性沥青性能研究与组成优化	热固性树脂	孙佳,张增平,王封,黄志刚	2022 年 37 卷 1~4+11 页	2023. 01.29	张增 平	孙佳	孙佳,张增平,王封,黄志刚	0	CS CD	是
22	Using SBS/terpene-styrene resin blends as a novel high-viscosity asphalt modifier	Journal of Applied Polymer Science	Liqi Chen, Zengping Zhang, Zhaofei Wang, Hao Liu, Dali Zhang, Jia Sun	2023 年 140 卷 1~16 页	2023. 01.20	Zeng ping Zhan g	Liqi Chen	Liqi Chen, Zengping Zhang, Zhaofei Wang, Hao Liu, Dali Zhang, Jia Sun	0	SCI	是
23	Study on the compatibility between polyurethane and asphalt based on experiment and	Case Studies in Construction Materials	Ting Huang, Zengping Zhang, Li Wang, Jia Sun, Zhaofei Wang, Hao Liu, Liqi Chen	2022 年 17 卷 e01424 -1~15 页	2022. 08.24	Zeng ping Zhan g	Ting Huang	Ting Huang, Zengping Zhang, Li Wang, Jia Sun, Zhaofei Wang, Hao Liu, Liqi Chen	7	SCI	是
24	Preparation and properties of polyurethane/epoxy-resin modified asphalt binders and mixtures using a	Journal of Cleaner Production	Jia Sun, Zengping Zhang, Junjie Ye, Hao Liu, Yongming Wei, Dali Zhang, Xue Li	2022 年 380 卷 135030 页	2022. 12.20	Jia Sun, Zeng ping Zhan g	Jia Sun	Jia Sun, Zengping Zhang, Junjie Ye, Hao Liu, Yongming Wei, Dali Zhang, Xue Li	1 0	SCI	是
25	Laboratory Investigation of PPG-TDI Polyurethane-Modified Asphalt Binders and Mixtures	Journal of Materials in Civil Engineering	Zengping Zhang, Jia Sun, Li Wang, Yongbiao Zhu, Hao Liu, Ting Huang, Zhigang Huang	2022 年 34 卷 4367 页	2022. 06.24	Jia Sun	Zengping Zhang	Zengping Zhang, Jia Sun, Li Wang, Yongbiao Zhu, Hao Liu, Ting Huang, Zhigang Huang	3	SCI	是
26	Preparation and properties of a novel high-viscosity modified bitumen	Construction and Building Materials	Zengping Zhang, Liqi Chen, Jiang Peng, Jia Sun, Dali Zhang, Xue Li, Fusheng Wen, Hao Liu	2022 年 344 卷 128183 页	2022. 08.15	Zeng ping Zhan g	Zengping Zhang	Zengping Zhang, Liqi Chen, Jiang Peng, Jia Sun, Dali Zhang, Xue Li, Fusheng Wen, Hao Liu	9	SCI	是
27	Performance Evaluation of Thermosetting and Thermoplastic Polyurethane Asphalt	Journal of Materials in Civil Engineering	Meng Jia, Zengping Zhang, Na Yang, Bing Qi, Wentong Wang, Zhigang Huang, Jia Sun, Fangkai Luo, Ting Huang	2022 年 34 卷 4238 页	2022. 06.01	Men g Jia, Zeng ping Zhan g	Meng Jia, Zengping Zhang	Meng Jia, Zengping Zhang, Na Yang, Bing Qi, Wentong Wang, Zhigang Huang, Jia Sun, Fangkai Luo, Ting Huang	7	SCI	是
28	Modification of asphalt using polyurethanes synthesized with different isocyanates	Construction and Building Materials	Hao Liu, Zengping Zhang, Youxin Zhu, Jia Sun, Li Wang, Ting Huang, Liqi Chen	2022 年 327 卷 126959 页	2022. 04.11	Zeng ping Zhan g	Hao Liu	Hao Liu, Zengping Zhang, Youxin Zhu, Jia Sun, Li Wang, Ting Huang, Liqi Chen	1 7	SCI	是

29	Investigation on the epoxy/polyurethane modified asphalt binder cured with bio-based curing	Construction and Building Materials	Jia Sun, Zengping Zhang*, Li Wang, Hao Liu, Xiaoyi Ban, Junjie Ye.	2022 年 320 卷 126221 页	2022. 02.21	Jia Sun, Zengping Zhang	Jia Sun	Jia Sun, Zengping Zhang*, Li Wang, Hao Liu, Xiaoyi Ban, Junjie Ye.	2 2	SCI	是
----	---	-------------------------------------	--	-----------------------	-------------	-------------------------	---------	--	-----	-----	---