

松香树脂改性沥青胶浆路用性能试验研究

雷小磊, 崔玉龙*

(安徽理工大学土木建筑学院, 安徽 淮南 232001)

摘要:为了深入研究改性沥青的优化性能,提高沥青材料在高等级公路路面中的广泛应用,降低沥青混凝土路面建设成本。选用松香树脂作为改性剂,以松香树脂掺量质量占比分别为 5%、8%、10%、12%、15% 等 5 种比例制备沥青胶浆,对制备的沥青胶浆进行基本指标测定试验、标准黏度测定试验、动态剪切流变试验(DSR)、弯曲梁流变试验(BBR)。结果表明:选用松香树脂作为改性剂的沥青胶浆试件,当松香树脂质量占比为 10%~12% 时对沥青胶浆材料的抗剪强度、耐高温性能和抗车辙能力均有较大幅度的提升,为松香树脂改性沥青混凝土路用性能的可行性提供了参考。

关键词:松香树脂;改性沥青;沥青胶浆;路用性能;微观机理

中图分类号:U414.75 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2021)02-0058-05

Experimental Study on the Pavement Performance of Rosin Resin Modified Asphalt Mortar

LEI Xiaolei, CUI Yulong*

(School of Civil Construction, Anhui University of Science & Technology, Huainan, Anhui, 232001, China)

Abstract: In order to explore the optimized performance of modified asphalt, improve the extensive application of asphalt materials in high-grade highway pavement, and reduce the construction cost of asphalt concrete pavement, rosin resin is used as a modifier in this experiment with the proportion of rosin resin of 5%, 8%, 10%, 12% and 15% respectively. The basic index test, standard viscosity test, dynamic shear rheological test (DSR) and bending beam rheological test (BBR) are carried out for the modified asphalt mortar. The test results show that the shear strength, high temperature resistance and rutting resistance of asphalt mortar materials are greatly improved when the proportion of rosin resin is 10%~12%, which provides a basis for the feasibility of rosin resin modified asphalt in the concrete pavement.

Keywords: rosin resin; modified asphalt; asphalt mortar; pavement performance; micro mechanism

0 引言

随着国民经济的迅速发展,人们对美好生活的向往日趋强烈,在追求更便捷出行的同时,对行车舒适性安全性的需求也逐渐提高,这是对高等级公路的设计施工提出的更高要求,也是当今工程科研技术人员所追求的目标。根据科学研究,公路路面的特性主要由材料的特性组合发挥而成,随着 SBS、SBR 等聚合物对沥青材料进行改性的应用逐渐推广,在沥青混合料中添加改性剂提高沥青混凝土耐久性技术的研究逐渐成了主流方向。目前主要形成了无机改性剂和有机改性剂 2 个研究方向。冯新

军等^[1-4]利用掺入煤矸石粉试验检测对沥青胶浆路用性能的改善展开研究;本文作者团队^[5]通过掺入水泥试验检测对沥青胶浆路用性能的改善展开研究,当水泥掺量与沥青质量比为 0.4~0.6 时对沥青胶浆材料的抗剪强度、耐高温性能和抗车辙能力有较大幅度的提升,结论为水泥作为改性剂改性沥青混凝土路用性能的工程应用研究提供了参考依据。丁湛等^[6]利用木屑液化产物合成生物沥青,通过制备的合成树脂,以不同掺量研究生物沥青的特征指标,确定了合成树脂的最佳掺量为 10%;曾梦澜等^[7-9]通过掺入生物沥青与岩沥青复合改性沥青混合料性能,得出这种复合改性剂的掺量在 20%~

收稿日期:2020-11-12

基金项目:国家自然科学基金青年项目(41807267)。

作者简介:雷小磊(1984—),男,安徽萧县人,实验师,硕士,研究方向:道路工程材料、路基路面工程的施工及维护技术和应用。*通信作者:崔玉龙(1989—),男,安徽蚌埠人,副教授,博士,研究方向:边坡工程。

30%时,能够有效改善沥青混合料的各类性能,甚至均有一定提高。国内外对生物沥青的研究仍处于起步阶段,对合成树脂的掺量及改性沥青胶浆性能的机理还处于探索阶段。

经过高度聚合(二聚合)而成的树脂,在液体状态下或在溶液里完全抗结晶,具有高黏性、高软化点、抗氧化的基本特性。在工业与生活中广泛应用,如作为油漆添加剂、合成干燥剂。松香树脂的高黏性、内聚性特征被广泛应用于改变胶黏剂持黏性、内聚性能等产品中,国内也有利用树脂特征改性沥青混合料的研究成果^[10-13]。基于此,本文选用松香树脂作为改性剂,通过研究,以期松香树脂在沥青胶浆中发挥其特性,起到改性沥青胶浆性能的作用。试验以松香树脂改性剂掺量(质量占比)分别为5%、8%、10%、12%、15%等5种比例制备沥青胶浆,对制备的沥青胶浆进行基本指标测定试验、标准黏度测定试验、动态剪切流变试验(DSR)、弯曲梁流变试验(BBR)。评判松香树脂改性沥青的可行性,得到松香树脂改性沥青胶浆的合理比例,研究成果为松香树脂改性沥青混凝土路用性能的可行性提供了依据。

1 试验材料

1.1 沥青

试验选用A-10#基质石油沥青,其主要技术指标如表1所示。

表1 A-10#基质石油沥青的主要技术指标

指标	试验条件	技术标准	实测结果	试验方法
针入度/ 0.1 mm	15 °C, 100 g, 5 s	实测	33.8	T0604
	25 °C, 100 g, 5 s	100~250	143.2	
	30 °C, 100 g, 5 s	实测	204.7	
软化点/°C		>95 °C	97.3	T0606
延伸度/cm	25 °C, 5 cm/min	实测	12	T0605
闪点/°C		>230	310	T0611
溶解度/%		三氯乙烯>99.5%	100%	T0607
密度/(g·cm ⁻³)	15 °C	实测	0.93	T0603

1.2 松香树脂

松香树脂选用厦门海钜化工有限公司所生产的S220松香树脂,其主要技术性能指标如表2所示。

表2 松香树脂的主要技术指标

主要技术指标	软化点 (环球法) /°C	酸值/mg KOH· g ⁻¹)	不皂化 物/%	乙醇不溶 物/%	灰分 /%
测试值	76	166	5	0.03	0.02

2 试验方法

2.1 试样制备

选用干燥洁净的松香树脂作为改性剂,研磨成粉末状备用。结合前述参考文献的改性剂掺量比例,本试验设计分别以松香树脂掺量占比为5%、8%、10%、12%、15%等5种比例制备沥青胶浆试件,并做一组素沥青胶浆作为对照试件。具体制备施工技术工艺为:由于松香树脂软化点较低,首先将松香树脂改性剂置于干燥软纸上充分干燥至恒重,确保改性剂中的水分被充分吸收干燥,然后将一次选取的A-10#基质石油沥青置于160 °C烘箱中加热至流质状态并过滤杂质后备用。试验设计时,为了达到松香树脂与基质沥青充分拌合的目的,采用将松香树脂分2次加到融化流动状态的基质沥青中,并用小型磁力加热搅拌器以1 000 r/min转速充分搅拌,温度控制在(150±5) °C,10 min后制备完成沥青胶浆。按照操作规范要求,浇筑制备设计沥青胶浆试验的模具中,并严格按照规范要求进行养护。

2.2 指标测定

基本指标测定、标准黏度测定、动态剪切流变试验(DSR)、弯曲梁流变试验(BBR)均以《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)^[14]中相关试验方法为主要依据。

2.2.1 基本指标测定

沥青材料的3个基本指标是反映其温度感应性、热稳定性和塑型高低的重要参数,即沥青的针入度、软化点和延伸度。对各掺量沥青胶浆试件做25 °C时的针入度、延伸度和软化点指标的测定,以此评判沥青胶浆的高温及低温的稳定性能。

2.2.2 标准黏度测定

对各掺量沥青胶浆试件做175 °C试验温度下的标准黏度测定,以此评定沥青胶浆的温度敏感性。

2.2.3 动态剪切流变试验(DSR)

对各掺量沥青胶浆试件的相位角 δ 、复数模量 G^* 进行测定。试验设计的环境温度为50 °C,制备沥青胶浆试样直径为25 mm,厚度为1 mm,仪器的基本参数转速 $\omega = 10 \text{ rad/s}$ (1.59 Hz),剪切应变为10%。再利用公式抗车辙因子 $= G^* / \sin \delta$ 计算抗车辙因子值,以此评价沥青胶浆材料的高温性能及抗车辙能力。

2.2.4 弯曲梁流变试验(BBR)

对各掺量沥青胶浆试件的弯曲蠕变劲度模量 S 和蠕变速率 m 进行测定,试验设计的环境温度为-16 °C,

以此评价沥青材料的黏弹性和低温抗裂性能。

3 结果与分析

3.1 基本指标测定试验结果

通过对不同掺量松香树脂沥青胶浆试件进行针入度(25℃)、软化点和延伸度(25℃)基本指标测定试验,得到试验结果如图1~3所示。

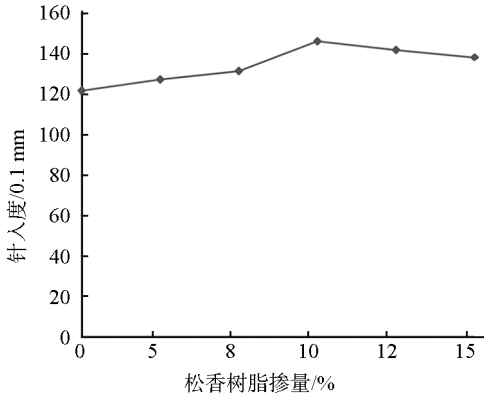


图1 不同掺量沥青胶浆针入度试验结果

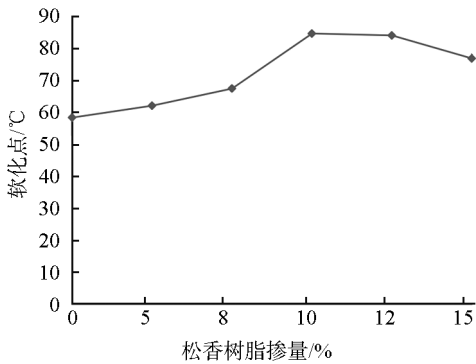


图2 不同掺量沥青胶浆软化点试验结果

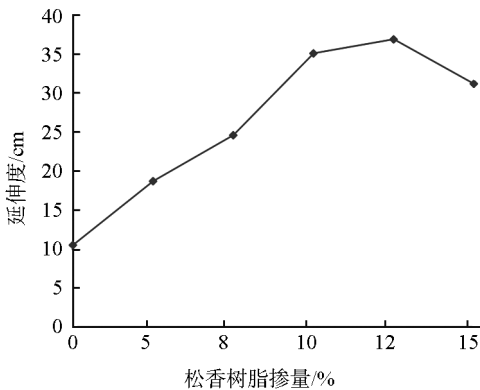


图3 不同掺量沥青胶浆延伸度试验结果

由图1可知,随着松香树脂掺量的不断增大,沥青胶浆的针入度指数也相应增大,素沥青胶浆的针入度为121.8 mm。随着松香树脂的掺入,当掺量为5%、8%、10%时,沥青胶浆的针入度分别提高了

4.5%、8.0%、20.0%,呈递增趋势。而随着松香树脂掺量占比增大至12%和15%时,测得试件针入度有所下降,较素沥青胶浆提高幅度分别为16.5%和13.5%。

由图2可知,随着松香树脂掺量的不断增大,沥青胶浆的软化点也相应地增大,素沥青胶浆的软化点为58.4℃。随着松香树脂的掺入,当掺量为5%、8%、10%时,沥青胶浆的软化点分别提高了6.3%、15.6%、45.0%,呈递增趋势。而随着松香树脂掺量占比增大至12%和15%时,测得试件软化点有所下降,较素沥青胶浆提高幅度分别为44.0%和31.7%。

由图3可知,随着松香树脂掺量的不断增大,沥青胶浆的延伸度也相应地增大,素沥青胶浆的延伸度为10.5 cm。随着松香树脂的掺入,当掺量为5%、8%、10%、12%时,沥青胶浆的延伸度分别提高了78.1%、134.3%、234.3%、251.4%,呈递增趋势。而随着松香树脂掺量占比增大至15%时,测得延伸度有所下降,较素沥青胶浆提高幅度为197.1%。

上述分析结果表明,由于松香树脂具有一定的延伸性,掺入到沥青材料后,降低了沥青胶浆的温度敏感性,增加了沥青胶浆的塑性。当松香树脂掺量占比在10%~12%时,影响效果最佳。随着松香树脂掺量占比的进一步增大,沥青胶浆的温度敏感性降低较小,持续稳定在一个较为固定的区间,即出现沥青胶浆针入度、软化点和延伸度变化幅度较小的结果。说明松香树脂在一定占比下的掺入,能够改善沥青胶浆在高温及低温的稳定性能。

3.2 标准黏度测定试验结果

在175℃试验温度环境下,通过对不同掺量松香树脂沥青胶浆试件进行流动状态下的标准黏度进行测定,评定沥青胶浆的温度敏感性,试验结果如图4所示。

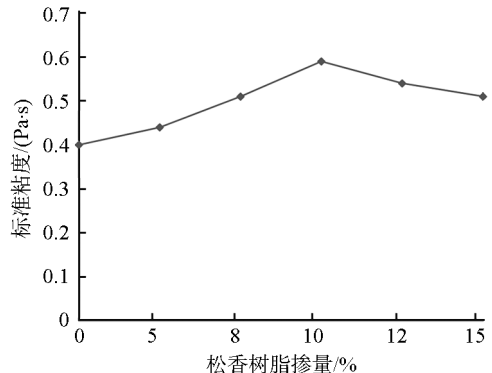


图4 不同掺量沥青胶浆标准黏度试验结果

由图4可知,随着松香树脂掺量的不断增大,沥青胶浆的标准黏度也相应增大,素沥青胶浆的标准

黏度为 $0.4 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。随着松香树脂的掺入,当掺量为 5%、8%、10% 时,沥青胶浆的标准黏度分别提高了 10%、27.5%、47.5%,呈递增趋势。而随着松香树脂掺量占比的进一步加大至 12% 和 15% 时,测得标准黏度有所下降,较素沥青胶浆提高幅度分别为 35% 和 27.5%。

上述分析结果表明,随着松香树脂的掺入,沥青胶浆在外力作用下产生的剪切变形变小,黏度增大,抗变形能力提升。当掺量在 10% 时,沥青胶浆标准黏度增加幅度最为显著,体现了松香树脂改性沥青胶浆感温性和高温性能方面的优势。

3.3 动态剪切流变试验 (DSR) 结果

通过对不同掺量松香树脂沥青胶浆试件的相位角 δ 、复数模量 G^* 进行测定,试验环境温度为 50°C ,对测得的数据利用公式计算相关数值,评价沥青胶浆的高温性能和抗车辙能力,试验结果如图 5 所示。

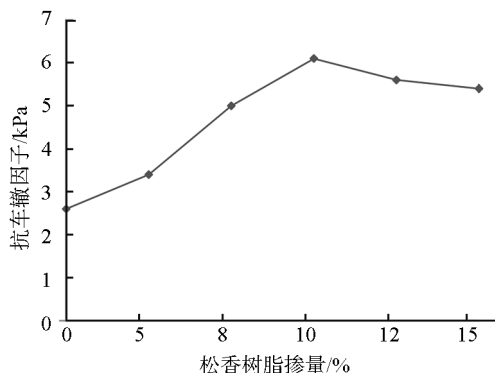


图 5 不同掺量沥青胶浆 50°C 抗车辙因子

由图 5 可知,在 50°C 试验温度环境下,随着松香树脂掺量的不断增大,沥青胶浆的抗车辙因子也相应地增大,素沥青胶浆的抗车辙因子为 2.6 kPa 。随着松香树脂的掺入,当掺量为 5%、8%、10% 时,沥青胶浆的抗车辙因子分别提高了 30.8%、92.3%、134.6%,呈递增趋势。而随着松香树脂掺量占比的进一步加大至 12% 和 15% 时,测得抗车辙因子有所下降,较素沥青胶浆提高幅度为 115.4% 和 107.7%。

上述分析结果表明,在 50°C 试验温度环境下,随着松香树脂掺量的不断增大,沥青胶浆的抗车辙因子也相应地增大,抗变形能力提升。当松香树脂掺量占比在 10% 时,沥青胶浆试件抗车辙因子增加幅度最为显著,进一步体现了松香树脂改性沥青胶浆感温性和高温性能方面的优势。

3.4 弯曲梁流变试验 (BBR) 结果

对不同掺量松香树脂沥青胶浆试件的弯曲蠕变劲度模量 S 和蠕变速率 m 进行测定,试验设计的

环境温度为 -16°C ,评价沥青材料的黏弹性和低温抗裂性能。试验结果如图 6~7 所示。

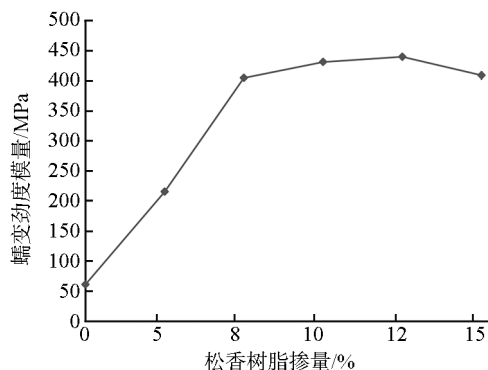


图 6 不同掺量沥青胶浆 -16°C 蠕变劲度模量

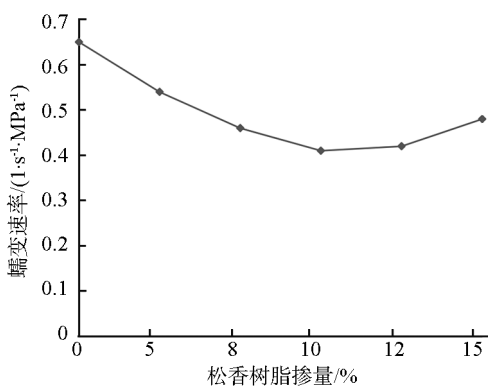


图 7 不同掺量沥青胶浆 -16°C 蠕变速率

由图 6 可知,在 -16°C 试验温度环境条件下,随着松香树脂掺量的不断增大,沥青胶浆的蠕变劲度模量 S 也相应地增大,素沥青胶浆的蠕变劲度模量 S 为 61.2 MPa 。随着松香树脂的掺入,当掺量为 5%、8%、10%、12% 时,沥青胶浆的蠕变劲度模量 S 分别提高了 252.5%、561.9%、605.2%、619.1%,呈大幅递增趋势。而随着松香树脂掺量占比的进一步加大至 15% 时,测得蠕变劲度模量 S 有所下降,较素沥青胶浆提高幅度为 569.0%。

由图 7 可知,在 -16°C 试验温度环境条件下,随着松香树脂掺量的不断增大,沥青胶浆的蠕变速率 m 而相应下降,素沥青胶浆的蠕变速率 m 为 0.65。随着松香树脂的掺入,当掺量为 16.9%、29.2%、36.9% 时,沥青胶浆的蠕变速率 m 分别提高了 252.5%、561.9%、605.2%、619.1%,呈下降趋势。而随着松香树脂掺量占比的进一步加大至 12% 和 15% 时,测得蠕变速率 m 有所提升,较素沥青胶浆下降幅度为 35.4% 和 26.2%。

上述分析结果表明,在 -16°C 试验温度环境条件下,随着松香树脂掺量的不断增大,测得沥青胶浆的蠕变劲度模量 S 成正比增大,而蠕变速率 m 则

成反比下降。当松香树脂掺量在 10%~12% 时,沥青胶浆试件的蠕变劲度模量 S 和蠕变速率 m 改善最为显著,体现了松香树脂改性沥青胶浆黏弹性方面的优势,而在低温抗裂性能方面表现一般。

4 结论

随着松香树脂掺量占比的不断增加,试验测得沥青胶浆试件的性能基本指标、标准黏度、抗车辙因子以及-16℃时的蠕变劲度模量均能成正比增

大,这体现了松香树脂在改善沥青胶浆高低温稳定性、感温性和黏弹性等方面表现较好,而蠕变速率 m 却呈下降趋势,这说明了松香树脂在改善沥青胶浆低温抗裂性能方面表现一般,需要进一步加强试验研究。综合对松香树脂不同掺量改性沥青胶浆的性能试验,研究得出合理的松香树脂占比为 10%~12%,在工程实际应用中,需要结合设计道路的等级、环境和社会经济效益等,适当调整掺量占比,会更利于发挥松香树脂对沥青混合料性能改善的目的。

参考文献:

- [1] 冯新军,赵梦龙,陈旺,等.煤矸石粉沥青胶浆路用性能及微观机理研究[J].建筑材料学报,2019,22(1):113-119.
- [2] 熊锐,杨晓凯,杨发.活化煤矸石改性沥青胶浆粉胶比确定及粘温特性研究[J].材料导报,2017,31(2):121-125.
- [3] 冯新军,赵梦龙,李猛.煤矸石粉与传统改性剂沥青混凝土力学性能和环境影响的对比研究[J].中外公路,2017,37(5):251-256.
- [4] 杨晓凯,熊锐,范天奇.活化煤矸石改性沥青胶浆流变性能实验研究[J].材料导报,2015,29(6):135-139.
- [5] 雷小磊,崔玉龙.不同掺量下水泥与矿粉对沥青胶浆性能影响试验研究[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2020,38(4):1-4.
- [6] 丁湛,赵浚凯,蒋修明,等.基于秸秆液化的生物沥青制备工艺及其性能分析[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2020,44(1):6-10.
- [7] 曾梦澜,夏颖林,祝文强,等.生物沥青、岩沥青及复合改性沥青常规性能与流变性能的相关性[J].湖南大学学报(自然科学版),2019,46(11):131-136.
- [8] 曾梦澜,李君峰,夏颖林,等.生物沥青再生沥青结合料使用性能[J].北京工业大学学报,2019,45(1):61-67.
- [9] 曾梦澜,祝文强,夏颖林,等.生物沥青及岩沥青复合改性沥青使用性能[J].湖南大学学报(自然科学版),2019,46(5):124-131.
- [10] 梁建,许辉,郭寒,等.水性环氧树脂改性剂对乳化沥青性能及结构的影响研究[J].硅酸盐通报,2020,39(6):1998-2004.
- [11] 潘军利,李德文,黎碧波.双酚 A 型不饱和聚酯树脂改性沥青混合料性能研究[J].筑路机械与施工机械化,2020,37(9):1-5.
- [12] 周启伟,吴雪柳,凌天清,等.增黏树脂改性乳化沥青性能分析[J].建筑材料学报,2019,22(5):825-830.
- [13] 易军艳,诸一鸣,冯德成,等.寒冷地区树脂沥青的材料设计与性能优化[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2019,38(1):43-48.
- [14] 交通运输部公路科学研究院.JTG E20—2011:公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].北京:人民交通出版社,2011:15-17.
- [15] 中交路桥技术有限公司.JTG D50—2017:公路沥青路面设计规范[S].北京:人民交通出版社,2017:32-43.