

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.10.055

水性增黏树脂改性乳化沥青室内试验研究

邹武坤¹,李刚华²,赵梦珍³,石志欣⁴,周启伟³

(1.吉安市公路勘察设计院,江西 吉安 343000; 2.吉安市公路建设和养护中心泰和分中心,江西 吉安 343000;
3.招商局重庆交通科研设计院有限公司,重庆市 400067; 4.重庆交通大学,重庆市 400074)

摘 要: 制备不同掺量水性增黏树脂的改性乳化沥青,研究乳化沥青蒸发残留物常规性能、层间黏结力学性能和相结构随树脂掺量的变化规律,评价水性增黏树脂改性乳化沥青的路用性能,并确定树脂的最佳掺量。结果表明:水性增黏树脂能够改善乳化沥青高温稳定性,提高层间抵抗黏结破坏和剪切破坏能力,但对低温延度有不利影响。随增黏树脂掺量增加,改性乳化沥青体系逐渐形成致密的交联网络结构,但在掺量为 25%时存在类似聚合物团聚的风险,且出现较为严重的低温抗裂性能衰减,建议实际工程中水性增黏树脂掺量宜在 15%~20%。
关键词: 水性增黏树脂;改性乳化沥青;拉拔强度;剪切强度;相结构
中图分类号: U414 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-7716(2023)10-0218-03

0 引 言

截至 2022 年,我国高速公路通车总里程超 16 万 km,居世界第一。随着路网的持续完善,高速公路进入了养护快速发展时期。改性乳化沥青作为养护核心材料,是养护领域的研究热点。大量工程实践表明^[1-3],采用 SBR、SBS、水性环氧树脂、增黏树脂等制备高性能改性乳化沥青,对改善养护维修路面的层间黏结性能和综合路用性能、提高路面养护品质具有重要意义。

增黏树脂具有应用便捷、黏附性高、适用性强等特点,被作为优异的黏结材料应用于涂料工业、橡胶工业和土木工程中。研究表明^[4],增黏树脂(C9 石油树脂)能够在沥青中形成交联网络结构,从而提高改性沥青的高温稳定性和抗疲劳性能。李永红等^[5]发现增黏树脂颗粒能显著提高基质沥青的高低温性能、黏附性和黏结强度,但用量不宜过多,否则会影响乳化沥青体系的稳定性,并推荐冷再生混合料中应用时最佳掺量为 12%~15%。周启伟等^[6]对增黏树脂颗粒改性乳化沥青的反应机理进行研究得出,树脂掺量为 15%时与沥青达到饱和状态,形成致密的交联网状结构;红外光谱分析得出,树脂与乳化沥青之间仅为物理共混,无化学反应发生。然而,目前尚未见有关水性增黏树脂改性乳化沥青的报道。

本文研究了水性增黏树脂改性乳化沥青的宏观

性能、力学特性和相结构,并确定了适宜的增黏树脂掺量,为水性增黏树脂改性乳化沥青在工程中的应用提供参考。

1 原材料与试验方案

1.1 原材料

选用金陵 70# 沥青制备乳化沥青,乳化剂为进口慢裂快凝型乳化剂 Q3,用量为 2%。室内制备完成的乳化沥青技术参数见表 1。

表 1 乳化沥青技术参数

沥青 类型	破乳 速度	固含量 /%	软化点 /℃	25℃针入度 / 0.1 mm	15℃延度 / cm
阳离子 (+)	慢裂	60%	51.2	70.4	>150

增黏树脂为上海某公司生产的大分子水性树脂乳液,固含量为 55%,25℃黏度为 200~1 500 cp,粒径不大于 2 μm,pH 为 3~8。

1.2 增黏树脂改性乳化沥青制备

将不同掺量的水性增黏树脂与乳化沥青在常温 25℃下混合均匀,搅拌时间为 25 min,搅拌速率为 1 200 r/min,即得到改性乳化沥青。增黏树脂掺量分别为乳化沥青质量的 10%、15%、20%、25%,不含增黏树脂的原样乳化沥青为对照组,制备过程如图 1 所示。

1.3 室内试验

(1)常规性能试验。参照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)对改性乳化沥青蒸发残留物进行软化点、15℃延度、25℃针入度试验。

收稿日期: 2022-11-21
作者简介: 邹武坤(1982—),男,本科,高级工程师,主要从事公路养护技术咨询及设计工作。

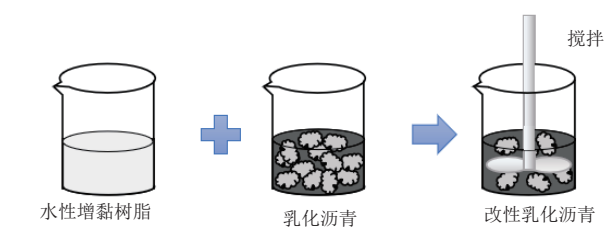


图 1 改性乳化沥青制备过程示意图

(2)力学性能试验。利用基于水泥混凝土板的 25℃拉拔强度试验和 25℃斜剪试验分析水性增黏树脂改性乳化沥青分子内聚力即力学性能。在 10 cm × 10 cm × 3 cm 的水泥混凝土板块上分别刷涂不同树脂掺量的改性乳化沥青,用量为 0.3 kg/m²。之后将试件放入 45℃烘箱中静置 24 h。待水分完全蒸发后进行拉拔试验和 45°斜剪试验,测试温度为 25℃,获取试件的拉拔强度和剪切强度。测试方法参考《城市桥梁桥面防水工程技术规程》(CJJ 139—2010)。斜剪试验如图 2 所示。



图 2 斜剪试验

(3)荧光显微镜试验。采用 LW300LFT—LED 荧光显微镜观测不同增黏树脂掺量下乳化沥青的相结构组成,放大倍数为 400 倍,蓝光模式,分析增黏树脂改性乳化沥青的细观机理。

2 试验结果与分析

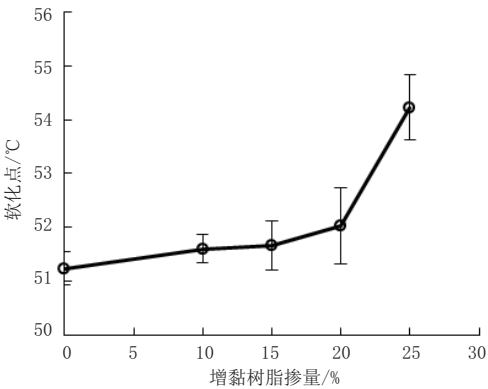
2.1 蒸发残留物常规性能

不同增黏树脂掺量的改性乳化沥青蒸发残留物常规性能如表 2 和图 3 所示。由结果可知,当增黏树脂掺量较低时,改性乳化沥青的软化点增幅较小;随掺量增加至 20%时,软化点明显提高;掺量为 25%时,软化点增幅最大,说明增黏树脂能有效提高改性乳化沥青的高温性能。这是由于增黏树脂在沥青中发生了脱氢反应,导致混合体系中芳香度增大,进而提高了乳化沥青的高温稳定性^[6]。

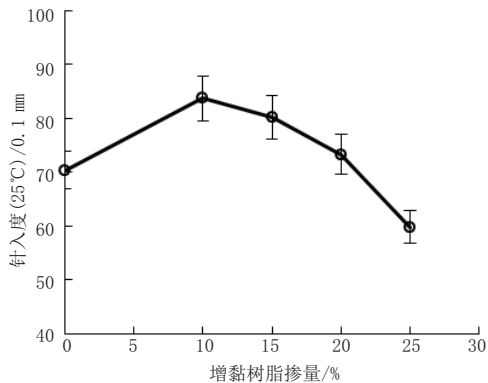
加入 10%的增黏树脂后,改性乳化沥青的针入度比原样乳化沥青增大。随增黏树脂掺量进一步增加,针入度逐步下降,意味着改性乳化沥青逐渐变

表 2 增黏树脂改性乳化沥青蒸发残留物常规性能指标

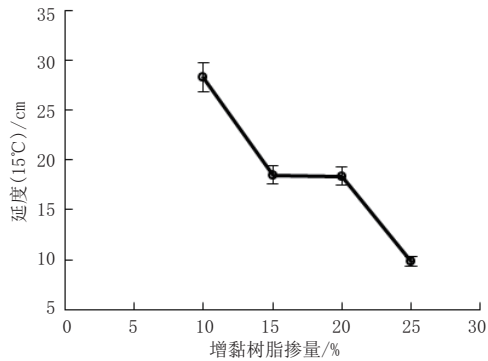
增黏树脂掺量 / %	软化点 / °C	25℃针入度 / 0.1 mm	15℃延度 / cm
10	51.6	83.7	28.0
15	51.3	73.2	18.5
20	52.0	73.3	18.4
25	54.2	59.8	9.9



(a)软化点



(b)25℃针入度



(c)15℃延度

图 3 增黏树脂改性乳化沥青蒸发残留物常规性能结果

硬。掺量为 25%时,相比原样乳化沥青,针入度大幅降低,说明掺入 25%的增黏树脂对提升乳化沥青高温性能有积极作用。

改性乳化沥青的延度随增黏树脂掺量的增加快速下降,在 15%~20%之间出现延度下降平台区;而

后在掺量为25%时,延度低于10 cm,表明改性乳化沥青的低温抗裂性能大幅降低,推测与增黏树脂的热塑性增加了乳化沥青脆性,以及增加的芳香族化合物有关。从蒸发残留物常规性能角度来看,推荐增黏树脂掺量为20%左右,有利于获得性能较为优异的改性乳化沥青。

2.2 层间黏结性能

添加不同掺量增黏树脂的改性乳化沥青拉拔试验结果如图4所示。

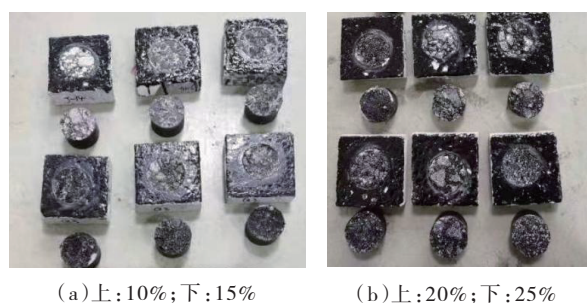


图4 拉拔试验现象

改性乳化沥青的25℃黏结强度和剪切强度如表3和图5所示。由此发现,随增黏树脂掺量的提高,黏结强度和剪切强度均呈先快速增大后缓慢增长的趋势,并在掺量为15%时增长速率达到最大,说明改性乳化沥青抵抗层间黏结破坏和抵抗层间剪切破坏的能力得到了有效提升。增黏树脂掺量增加,改性体系的黏性小分子含量增多,有利于乳化沥青内部形成稳固的黏性大分子结构。此外,剪切强度普遍高于黏结强度,是因为拉拔试验过程中施加的拉力主要作用于沥青材料本身;而在斜剪试验过程中,层间的摩擦阻力和剪切角等因素会对剪切强度造成影响。该现象与王晶等^[7]和李啸华等^[8]的研究结果一致。

表3 增黏树脂改性乳化沥青的黏结强度与剪切强度(25℃)

掺量 / %	25℃黏结强度 / MPa	25℃剪切强度 / MPa
0	0.12	0.31
10	0.35	0.45
15	0.87	0.89
20	1.12	1.21
25	1.23	1.32

2.3 相结构

对不同增黏树脂掺量的改性乳化沥青荧光显微结构进行研究,结果如图6所示。未添加增黏树脂时,显微镜视野中未出现明显的聚合物荧光结构;添加增黏树脂后,视野中出现分布均匀的荧光亮点和较小的不规则结构。增黏树脂掺量为10%时,增黏树

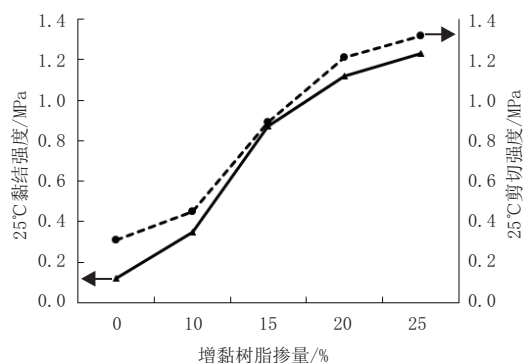


图5 增黏树脂改性乳化沥青的黏结强度与剪切强度(25℃)

脂作为分散相存在于作为连续相的沥青中,彼此相互独立,互不交联。增黏树脂掺量增加到15%时,开始出现部分交联结构。增黏树脂掺量为20%时,交联结构明显增加,此时的交联结构相比于15%掺量时更加紧凑。结合蒸发残留物软化点试验结果可知,改性乳化沥青高温性能出现明显提升的原因是改性体系中形成了大量交联网络结构。当掺量继续增加至25%时,出现较大的亮片结构,发生类似聚合物团聚的现象,交联网络结构更加密集,由此导致改性乳化沥青的高温性能和层间黏结性能提高,但同时造成低温延度的明显下降。

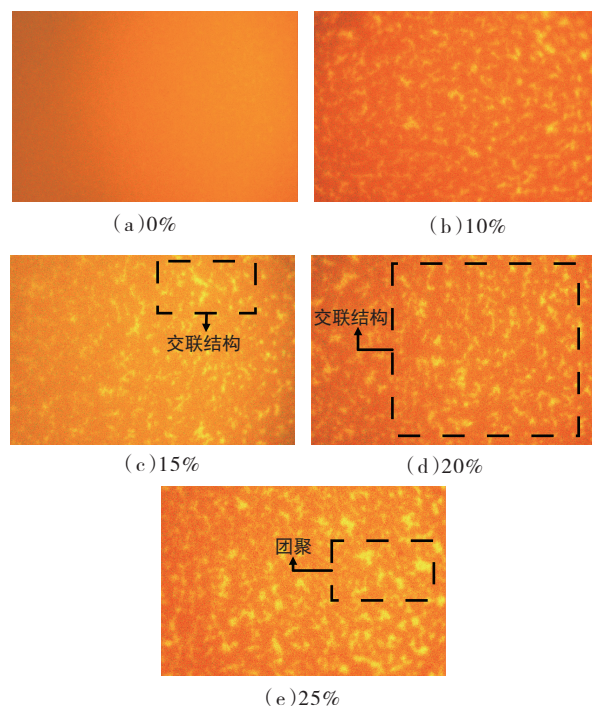


图6 不同掺量增黏树脂对改性乳化沥青相结构的影响(400倍)

3 结论

(1)水性增黏树脂掺量的提高对乳化沥青软化点的提升有积极作用,对低温延度有不利影响。掺量小于20%时,改性乳化沥青的针入度相比未改性的乳化沥青有所增加。建议实际工程中控制增黏树脂掺

(下转第228页)

温改性沥青混合料的路用性能,得到如下结论。

(1)相较于传统热拌沥青混合料,USP 低温沥青混合料的路用性能显著下降,且未达到《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)标准要求。当 USP 低温添加剂掺量为 3%时,冻融劈裂强度比下降了 12.8%,动稳定度下降了 26.9%。当 USP 低温添加剂掺量为 4.5%时,冻融劈裂强度比下降了 15.2%。

(2)USP 低温改性沥青混合料能够保持良好的路用性能。当 USP 低温添加剂掺量为 3%时,经过养生后,残留稳定度比传统热拌沥青混合料提高了 1.7%,冻融劈裂强度比比传统热拌沥青混合料下降了 3.6%,动稳定度比传统热拌沥青混合料提高了 21.7%。因此,USP 低温改性沥青混合料能在降低

40℃的基础上,能够同时保证良好的水稳定性和高温稳定性。

参考文献:

- [1] 李旭阳,索智,罗亮.温拌沥青混合料在生产阶段的节能减排量化分析[J].材料导报,2020,34(S1):209-212.
- [2] 李祝龙,丁小军,赵述曾,等.沥青混合料应用中的环境保护[J].交通运输工程学报,2004(04):1-4.
- [3] 邢向阳.温拌沥青混合料若干关键技术研究[D].西安:长安大学,2010.
- [4] 张阳.USP 低温改性沥青混合料路用性能研究[J].科学技术创新,2021(25):103-104.
- [5] 李交.USP 低温沥青改性剂的性能研究与应用[J].上海建设科技,2018(5):76-77,80.
- [6] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [7] T/CECS G:D54-01—2019,道路低温沥青路面施工技术规范[S].

(上接第 220 页)

量在 15%~20%。

(2)添加增黏树脂的改性乳化沥青具有良好的抵抗层间黏结破坏和剪切破坏能力。增黏树脂掺量与 25℃黏结强度和 25℃剪切强度均有较好的正相关。

(3)随增黏树脂掺量的增加,改性乳化沥青中逐渐形成交联网络结构,对提高其高温稳定性和层间黏结性能有重要作用。增黏树脂掺量为 25%时,改性体系中出现类似聚合物团聚的现象,不利于发展改性乳化沥青的低温抗裂性能。

参考文献:

- [1] 傅豪,王朝辉,刘鲁清,等.路用水性环氧改性乳化沥青组成优化及耐久性能评价[J].材料导报,2023(18):1-22.

- [2] 王清洲,张志银,梁瑛硕,等.水性环氧乳化沥青道路工程应用研究进展[J].热固性树脂,2021,36(6):53-58.
- [3] 李秀君,高世柱,叶镔铭,等.水性环氧树脂对 SBR 改性乳化沥青与集料黏附性的影响[J].材料科学与工程学报,2022,40(1):116-122.
- [4] 聂鑫垚,姚鸿儒,李政,等.C₉石油树脂对高黏度改性沥青性能的影响[J].石油学报(石油加工),2019,35(1):176-182.
- [5] 李永红.增黏树脂改性乳化沥青及其冷再生混合料性能的研究[J].硅酸盐通报,2020,39(6):2005-2011.
- [6] 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.
- [7] 王晶,杨炎生,郑宗江,等.基于层间粘结的高黏改性乳化沥青性能评价及应用[J].石油沥青,2020,34(4):61-64.
- [8] 李啸华,袁野,王体宏,等.不粘轮乳化沥青应用性能评价及在城市道路大修中的应用[J].石油沥青,2019,33(3):32-37.