

不同种类再生剂对再生沥青的性能影响研究

彭彬

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 以海南省G98环岛高速公路养护与维修工程为背景, 秉持低碳环保、绿色发展为目标。为养护与维修工程中产生的公废旧沥青这次高效回收利用提供一些浅薄的建议及试验数据。选择3种不同类型的再生剂分别为: 以植物油为基础的; 以石油馏分制成的及合成型再生剂, 以4种不同掺量(5%、7%、9%、11%)掺入老化沥青中, 制备3种分别为A、B、C的再生沥青, 并进行性能试验。试验结果显示, 3种再生剂的最佳掺量都为7%, 在相同掺量的情况下, C再生剂的针入度、软化点、延度与新沥青性能指标最为接近; BBR试验结果显示, C再生沥青相比其他两种再生沥青, 劲度模量增长趋势和蠕变速率下降趋势都是最为缓慢的, 说明其具有更好的低温性能和低温抗裂性。综合以上试验结果, 合成型再生剂为最佳再生剂, 最佳掺量为7%。

关键词: 维修养护; 再生剂; 再生沥青; 性能试验

中图分类号: U414

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)06-0332-04

Study on Influence of Different Reclaiming Agents on Performance of Recycled Asphalt

PENG Bin

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092]

Abstract: Taking the Hainan G98 Roundabout Expressway Maintenance and Repair Project as the background, with the goal of low-carbon environmental protection and green development, some superficial suggestions and experimental data are proposed for the efficient recycling and utilization of public waste asphalt generated in the maintenance and repair projects. Three different types of reclaiming agent are selected that are made of vegetable oil, petroleum fractions and synthetic form. Four kinds of different dosages (5%, 7%, 9% and 11%) are mixed into the aged asphalt to prepare three types of recycled asphalts A, B and C respectively, and the performance tests are carried out. The experimental results show that the optimal dosage of the three reclaiming agents is 7%. Under the same dosage, the penetration, softening point and ductility of C reclaiming agent are the closest to the performance indicators of new asphalt. The BBR experimental result shows that compared with the other two recycled asphalts, the stiffness modulus growth trend and creep rate decline trend of C recycled asphalt are the slowest, which explains that it has the better low-temperature performance and low-temperature crack resistance. Based on the above experimental results, the synthetic reclaiming agent in this study is the best one and its optimal dosage is 7%.

Keywords: repair and maintenance; reclaiming agent; recycled asphalt; performance test

0 引言

在我国公路建设蓬勃发展的进程中, 大量沥青路面如今已稳步进入养护与维修阶段。老旧路面面临着更新与维护, 在这一过程中不可避免地会产生大量废旧沥青混合料, 回收的废旧沥青(老化沥青)成为了关注的焦点^[1-2]。国内外已有学者们针对废旧沥青展开了大量的研究工作, 提出了再生利用废

旧沥青具有多方面的重大意义^[3-4]。研究表明, 废旧沥青再生利用后可大幅降低施工成本, 还可解决废旧沥青堆放时对土地资源的占用, 降低对周边土壤、水源等潜在的污染危害, 有效降低了废弃物的排放, 为保护生态环境贡献力量^[5-6]。再生剂作为再生沥青的关键组成部分, 其性能直接影响了再生沥青的质量和路面性能^[7]。现今市面上再生剂产品种类较多, 但其质量与价格参差不齐, 再生效果也略有不同。因此研究再生剂对再生沥青的影响具有非常重要的现实意义。本次研究以海南省G98环岛高速公路养护与维修工程为依托, 通过在废旧沥青中掺入

收稿日期: 2024-10-17

作者简介: 彭彬(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事道路交通专业的规划、设计与研发工作。

不同类型的再生剂,比较不同再生剂对再生沥青的性能影响。

1 基础材料

本研究中所涉及的基础材料包括可供回收利用的铣刨旧料,这些废旧沥青混合料取自海南省 G98 环岛高速公路,采用旋转蒸发器法对老化沥青进行回收,对其进行基本性能指标检测。并与新沥青进行性能指标对比,新沥青为 70#。具体数据见表 1。

表 1 旧沥青基本性能指标

项目	新沥青	老化沥青	技术要求
25℃针入度/0.1mm	69.6	31.3	60~80
15℃延度/cm	134	29.7	≥100
软化点/℃	54.2	69.1	≥46

由表 1 可知,老化沥青与新沥青相比,15℃延度指标的差值最大,达到了 89%,远低于规范指标;针入度差值为 55.3%;软化点相差 15.7℃。

2 再生剂选择

试验中选择的再生剂分别为:以植物油为基础的 A 再生剂;以石油馏分制成的 B 再生剂及合成型 C 再生剂。3 种再生剂的性能检测数据见表 2。

表 2 3 种不同类型再生剂性能指标

项目	A 再生剂	B 再生剂	C 再生剂
闪点/℃	>225	>200	>230
密度/(g·cm ⁻³)	0.98~1.02	0.96~1.10	0.95~1.08
饱和分含量/%	21.4	28	18.6
60℃黏度/(mm ² ·s ⁻¹)	198	218	244
TFOT 前后质量变化/%	1.86	2.7	1.53

3 不同再生剂对再生沥青的性能影响

将 3 种不同再生剂,分别按照 5%、7%、9%、11%,4 种不同的掺量掺入老化沥青,使用高速剪切机进行再生沥青制备(根据不同编号再生剂,制备好的再生沥青分别为:A 再生沥青、B 再生沥青、C 再生沥青),剪切时温度设置为 140℃,剪切速率为 3 000 r/min,剪切时间为 25 min。试件制备完成后,按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)的相关规程进行针入度、软化点、延度试验。

3.1 针入度

针入度是作为评价沥青稠度的重要参数,直接反映了沥青的软硬程度。较软的沥青在施工时更容易流动和摊铺,提高路面的密实度和平整度。试验结果见图 1。

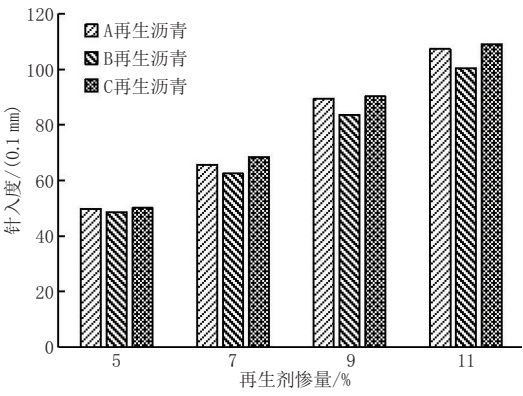


图 1 不同再生剂不同掺量再生沥青 25℃针入度试验结果

由图 1 可以看出,掺入 3 种不同再生剂的再生沥青 25℃针入度,都会随着再生剂掺量的增大而增加。3 种再生剂掺量为 7% 时,与新沥青的针入度最为接近,相比未掺入再生剂的老化沥青分别提升了 109.9%、99.68%、118.85%,其中 C 再生剂增长率最佳,且与新沥青数值最为接近为 68.5(0.1 mm)。当掺量为 9% 时,针入度已超出规范范围。

3.2 软化点

软化点指标直观地体现了沥青在高温环境下的稳定性。较高的软化点可以减少车辙、拥包等病害的发生。试验结果见图 2。

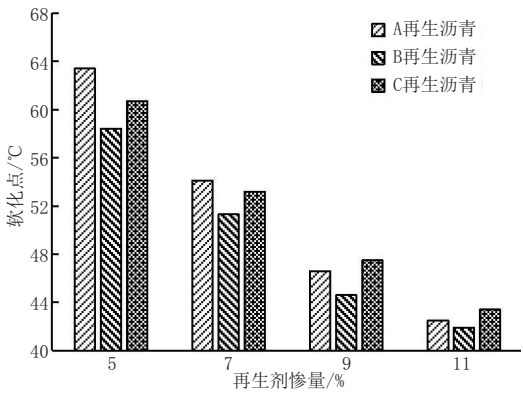


图 2 不同再生剂不同掺量再生沥青软化点试验结果

由图 2 可以看出,随着再生剂掺量的增加,3 种不同再生沥青的软化点指标都呈现出下降趋势。说明再生剂的掺入在一定程度上对再生沥青的高温抗车辙性能和高温稳定性会产生一定不利影响。可能会降低再生沥青在高温环境下抵抗车辆反复碾压所形成车辙的能力,同时也可能削弱其在高温条件下保持稳定状态的性能。因此,必须谨慎地控制再生剂的用量。当再生剂掺量为 7% 时,软化点能够处于一个相对较高的水平,且与新沥青软化点较为接近。

3.3 延度

延度反映了沥青在一定温度和拉伸速度下的塑性变形能力。这种塑性变形能力对于路面在车辆荷

载和环境因素作用下的适应性非常重要。如果沥青的塑性变形能力不足,路面可能会出现裂缝、坑洼等损坏现象。也是沥青低温抗裂性能的重要评价指标。

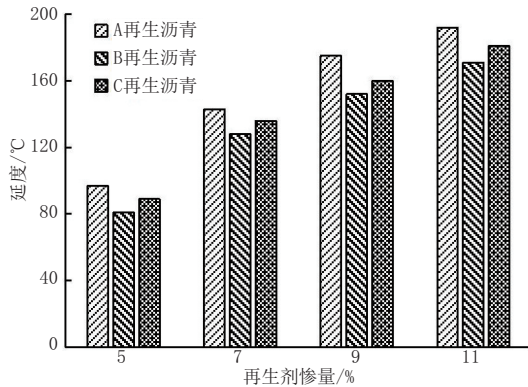


图3 不同再生剂不同掺量再生沥青 15℃延度试验结果

由图3可以看出,3种不同再沥青,随着再生剂的掺入呈现出与针入度一样上升的趋势。这说明再生剂中的芳香分和饱和分等轻质组分,与老化沥青中的硬组分相互作用,使老化沥青变得更加柔软和富有弹性。同时可以增加再生沥青的柔韧性,使其在低温下能够更好地适应路面的变形,增强了再生沥青的低温抗裂性能。

从上述再生沥青的针入度、软化点、延度试验结果可来看,3种不同再生剂的最佳掺量都为7%。取最佳掺量的不同再生沥青试验结果与新沥青性能进行对比见表3。

表3 不同再生沥青性能指标					
项目	再生剂掺量/%	A再生沥青	B再生沥青	C再生沥青	新沥青
25℃针入度/ 0.1 mm	7	65.7	62.5	68.5	69.6
软化点/℃		54.1	51.3	53.2	54.2
15℃延度/cm		143	128	136	134

从表3可知,掺入7%合成型再生剂掺量的C再生沥青的针入度、软化点、延度试验结果与新沥青的性能指标最为接近。

3.4 黏度

黏度反映了沥青在不同条件下的流动性能和抵抗变形的能力。合适的黏度可以确保沥青混合料在施工过程中易于拌和、压实,同时在使用过程中能够保持良好的稳定性和耐久性。如果黏度太高,会导致沥青混合料施工过程中压实困难且难以拌和;如果黏度太低,则易使施工过程中沥青混合料出现离析。使用布式旋转黏度仪对掺量为7%的A再生沥青、B再生沥青、C再生沥青及老化沥青进行黏度测

试,试验温度分别设置为120、135、150、165、180℃。试验显示,4组沥青试样都表现出黏度会随着温度升高而下降的情况,其中老化沥青下降幅度较下。《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2017)中要求沥青混合料拌和黏度为170 MPa·s,压实黏度为分别为280 MPa·s。A再生沥青、在B再生沥青、C再生沥青及老化沥青分别在154、150、145、163℃达到最佳拌和温度;压实温度分别在150、148、142、164℃条件下达到最佳。相比老化沥青,3组再生沥青拌和和压实温度都有所下, C再生沥青下降比例最高,分别为18℃和22℃。综上所述,再生剂的掺入能够有效地降低沥青混合料的拌和与压实温度。意味在实际施工过程中,可以减少沥青加热所需的热量,从而降低能源消耗,减少对环境的影响。

3.5 低温弯曲蠕变

采用BBR试验分别来测试老化沥青、新沥青及7%掺量下的A再生沥青、B再生沥青、C再生沥青的低温性能。虽然SHRP的BBR小梁弯曲蠕变试验一般是用于低温性能检测^[8],因本次实际工程位于海南省,使用热带季风气候,冬无严寒。因此,本次试验温度分别只设置为-10、-14、-18℃。仅采用弯曲蠕变试验表征不同再生剂对混合料的抗裂性能的影响^[9],试验结果见图4、图5。

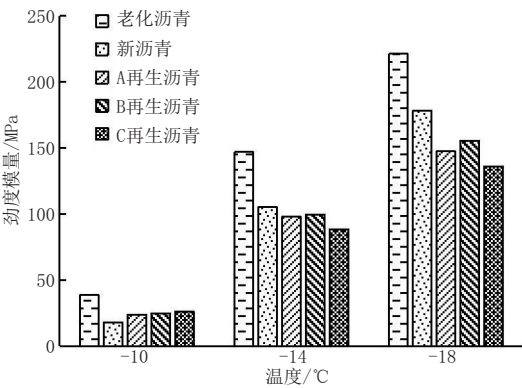


图4 劲度模量试验结果

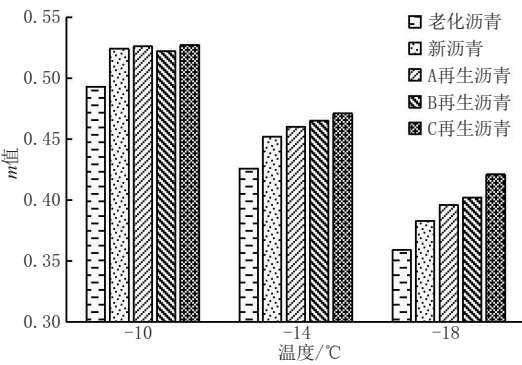


图5 蠕变速率(m值)试验结果

由图4可以看出,老化沥青、新沥青及7%掺量下的A再生沥青、B再生沥青、C再生沥青,劲度模量随着在温度降低逐渐升高,均在临界值300 MPa以内。3种再生沥青相比老化沥青在-18℃时,低温劲度模量分别降低了33.35%、29.78%、38.5%。其原因是再生剂中的轻质组分可以渗透到老化沥青中,使老化沥青中的硬沥青质等重组分得到软化,从而降低劲度模量。3种再生沥青中,C再生沥青的劲度模量增长趋势最为缓慢,说明C再生沥青拥有更好的低温性能。

由图5可以看出,老化沥青、新沥青及7%掺量下的A再生沥青、B再生沥青、C再生沥青,蠕变速率(m值)随着温度的降低逐渐降低,均没有低于临界点0.3。3种再生沥青相比老化沥青在-18℃时,蠕变速率分别提高了10.31%、12%、17.27%。其原因是再生剂中的油分可以改善老化沥青的流动性,老化后的沥青流动性会变差,使其在受力时难以发生形变,而再生剂中的油分能够降低老化沥青的粘度,提高其流动性。当老化沥青的流动性增加时,在外部应力作用下,它能够更容易地发生蠕变变形,表现为蠕变速率的增加。蠕变速率增长趋势越缓慢说明沥青的低温抗裂性能越好,3种再生沥青中的C再生沥青降低趋势也是最为缓慢的,说明C再生沥青在具有较好的低温性能同时还具有更好的低温抗裂性。

4 结 语

本次试验对三种不同的再生剂(以植物油为基础的A再生剂、以石油馏分制成的B再生剂及合成型C再生剂)进行了研究。通过将不同掺量的再生剂掺入老化沥青制备再生沥青,并进行针入度、软化点、延度试验。试验结果显示3种再生剂最佳掺量都为7%,在掺量同为7%时,掺入合成型C再生剂的

C再生沥青基本性能与新沥青性能最为接近;

黏度试验结果显示,掺量7%的A、B、C再生沥青,拌和温度和压实温度均有所下降。其中C再生沥青下降比例最高,分别为18℃和22℃;这表明再生剂的掺入能有效降低沥青混合料的拌和与压实温度,在实际施工中可减少能源消耗降低成本及更绿色环保;

低温弯曲蠕变性能,随着在温度降低,A、B、C再生沥青的劲度模量逐渐升高,当温度降至-18℃时,均未超过临界值300 MPa;蠕变速率随着温度的降低逐渐降低,在18℃时,均未成功临界点0.3。C再生沥青的劲度模量增长趋势和蠕变速率下降趋势都是最为缓慢的,说明其具有更好的低温性能和低温抗裂性。

参考文献:

- [1] 梁波,兰芳,郑健龙.沥青的老化机理与疲劳性能关系的研究进展[J].材料导报,2021,35(9):9083-9096.
- [2] 王培荔.沥青路面老化和再生机理分析[J].山西交通科技,2007(1):14-16.
- [3] Giorgia M, Edoardo B, Francesco C. Influence of rejuvenators on bitumen ageing in hot recycled asphalt mixtures[J]. 交通运输工程学报:英文版,2018,5(3):12.
- [4] 刘朝晖,高新文,翟龙,等.再生沥青中新旧沥青扩散特性[J].长安大学学报(自然科学版),2018(5):18-24.
- [5] 闻豪.沥青道路低成本绿色材料的研究及应用[D].郑州:中原工学院,2023.
- [6] 李严.沥青路面厂拌热再生与就地热再生工艺对比[J].科技视界,2017(36):29,68.
- [7] BEHNOOD A. Application of rejuvenators to improve the rheological and mechanical properties of asphalt binders and mixtures: A review[J]. J.Cleaner Prod., 2019(231): 171-182.
- [8] 马德宏. Superpave混合料设计试验方法和要求[J].山西交通科技,2003(1):10-11,21.
- [9] 贾立术,卢争艳.高RAP掺量热再生混合料抗裂性能研究[J].公路工程,2017,42(2):296-301,308.

(上接第327页)

- Optimizing practical properties of MMA-based cold plastic road marking paints using mixture experimental design[J].Progress in Organic Coatings, 2020(147): 105784-105792.
- [8] 吕婉毓.水性丙烯酸基道路标线涂料的制备与性能研究[D].大连:大连海事大学,2022.
- [9] 张鑫.胺类固化剂的种类与当量比对交联网络及对固化物和复合材料性能研究[D].北京:北京化工大学,2016.

- [10] 孔磊.双组分聚氨酯涂料的制备及其性能研究[D].长春:长春工业大学,2023.
- [11] JT/T 280—2022,路面标线涂料[S].
- [12] GB/T1786—2006,色漆和清漆耐磨性的测定旋转橡胶砂轮法[S].
- [13] GB/T 5210—2006,色漆和清漆:拉开法附着力试验[S].
- [14] GB/T 1720—2020,漆膜划圈试验[S].
- [15] GB/T 1731—2020,漆膜、腻子膜柔韧性测定法[S].