

不同来源旧料泡沫沥青冷再生混合料路用性能研究

严伟¹, 范雨², 宋世杰², 李强²

(1. 南京市公路事业发展中心, 江苏 南京 210000; 2. 南京林业大学, 江苏 南京 210037)

摘要: 为提高资源利用效率, 优化再生混合料性能, 对不同来源旧料的泡沫沥青冷再生混合料路用性能进行研究。首先对比分析旧料的工程性质, 然后进行再生料配合比设计, 最后通过室内试验测试其路用性能。试验结果表明: 高等级公路再生料的力学强度和高温稳定性更优, 其中高速公路再生料劈裂强度和动稳定度分别比低等级公路高28%和98%。低等级公路再生料的抗水损性能表现更佳。高等级公路旧料工程性质较好, 相应冷再生混合料性能指标远高于规范值。此外, 旧料中的含水率与再生料抗水损性能呈现明显的负相关关系。因此, 实际工程中应综合考虑旧料来源和性质, 确保达到预期的路面使用性能。

关键词: 沥青路面冷再生; 旧料来源; 泡沫沥青混合料; 路用性能

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)02-0232-04

Study on Pavement Performance of Cold Recycled Mixture with Foam Asphalt from Different Old Material Sources

YAN Wei¹, FAN Yu², SONG Shijie², LI Qiang²

(1. Nanjing Highway Development Center, Nanjing 210000, China; 2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In order to improve the efficiency of resource utilization and optimize the performance of recycled mixture, the pavement performance of foam asphalt cold recycled mixture from different sources of old materials is studied. Firstly, the engineering properties of the old materials are compared and analyzed, then the mix proportion of recycled materials is designed, and finally the pavement performances are tested through the laboratory tests. The experimental results show that the mechanical strength and high-temperature stability of recycled materials on high-grade highways are better, in which the splitting strength and dynamic stability of recycled materials of expressways are 28% and 98% higher than those of low-grade highways respectively. The water damage resistance performance of low-grade highway recycled materials is better. The engineering properties of high-grade highway old materials are good, and the corresponding performance indicators of cold recycled mixtures are much higher than the standard values. In addition, there is a significant negative correlation between the moisture content in the old materials and the water resistance of the recycled material. Therefore, in practical engineering, the source and properties of old materials should be comprehensively considered to ensure the expected pavement performances.

Keywords: cold recycling of asphalt pavement; source of old materials; foam asphalt mixture; pavement performance

0 引言

在沥青路面再生技术领域, 泡沫沥青冷再生作为一种高效、经济且环保的技术手段, 近年来受到了学术界与工程界的广泛重视与深入探索^[1]。在泡沫沥青冷再生技术的应用过程中, 不同来源旧料因其

历史使用条件、材料组成及养护状况的差异, 展现出多样化的工程性质。为了科学评估这些旧料在再生过程中的适用性及其对再生混合料性能的影响, 研究人员引入了旧料黏聚性试验作为关键评价指标^[2]。此外, 结团颗粒在混合料拌合与压实过程中可能发生破碎, 导致再生料细化^[3]。级配细化不仅会影响混合料的物理力学性能, 还可能改变其低温性能与高温性能, 进而对道路的安全性及使用寿命构成潜在威胁。因此, 在泡沫沥青冷再生技术的应用中, 必须充分考虑旧料的来源和性质及其对混合料路用性能的影响^[4-5]。本研究旨在通过对比不同等级道路冷再生混合料的力学性能和路用性能, 探

收稿日期: 2024-08-16

基金项目: 南京市公路事业发展中心科技项目(JSZC-320100-HBGL-C2023-0037)

作者简介: 严伟(1975—), 男, 本科, 高级工程师, 从事道路桥梁工程研究及管理工作。

通信作者: 李强(1982—), 男, 博士, 教授, 从事道路桥梁工程研究工作。电子邮箱: shijiesong@nifu.cn

讨旧料性质对再生料性能的影响规律,为泡沫沥青冷再生技术在实际工程中的应用提供理论依据和技术支持。

1 原材料与试验方案

1.1 原材料

本研究采用海韵牌A级70#沥青,通过室内试验对其性能进行测试,结果见表1。经发泡试验确定该沥青最佳发泡条件为:沥青温度165℃、发泡用水量2.5%。最大膨胀率和半衰期分别为17倍和20 s,满足再生规范要求^[6]。采用溧阳产10~20 mm和0~3 mm石灰岩作为新粗、细集料,选用湖州产石灰岩矿粉和南通恒天牌(P.O 42.5)普通硅酸盐水泥,其技术性能满足相应规范要求^[7]。

表1 沥青主要指标的测试结果

技术指标	70#沥青	技术要求
针入度(25℃)/0.1 mm	68	60~80
延度(15℃)/cm	>100	≥100
软化点/℃	50.5	≥46
60℃动力黏度/(Pa·s)	183	≥180
密度(15℃)/(g·cm ⁻³)	1.024	—
闪点/℃	275	≥260
溶解度(三氯乙烯)/%	99.74	≥99.5

铣刨料(RAP)作为道路再生的重要材料,其工程性质对于再生道路的质量和使用寿命具有重要影响。本研究的RAP料取自同一地区不同等级的公路,其技术指标见表2。

表2 铣刨料技术指标

材料	检测项目	测试结果				技术要求
		高速公路	国道	市政道路	农村公路	
RAP材料	含水率/%	1.2	2.4	1.5	0.8	实测
	沥青含量/%	4.4	4.5	4.0	4.8	实测
RAP中的沥青	25℃针入度/0.1 mm	30.0	40.1	34.5	36.4	≥20
	软化点/℃	69.3	66.9	68.6	70.8	实测
	15℃延度/cm	12.0	19	18.5	8.7	实测
RAP中的粗集料	针片状含量/%	4.5	13.8	13.7	9.1	≤15
	压碎值/%	25.9	26.0	23.8	20.6	≤28

根据表2中的数据结果,对不同路面铣刨料的工程性质进行对比分析,可以得出以下结论:从高速公路到农村公路,铣刨料的含水率呈现出较大的波动,但这种波动缺乏规律性。这种现象可能与不同等级

路面在长期使用过程中的使用环境、排水条件以及维护管理有关。RAP中沥青三大指标变化情况同样缺乏规律性,其中软化点差异并不显著。这可能是由于原道路所使用的沥青种类及来源不同所导致的。此外,相比于低等级公路,高等级公路在长期的运营过程中需要承受更重的交通荷载和更大的交通量,因此其RAP中粗集料的压碎值相对较高。

1.2 配合比设计

首先基于路面铣刨料的筛分结果进行级配设计。考虑到RAP中的粗集料可能在路面服役和铣刨过程中发生破裂,抗破坏能力变差,因此需要加入适当的新粗集料来满足强度要求。同时RAP中的细集料大多呈团聚状态,因此需要加入部分填料来满足规范中对细料含量的要求。本研究根据《公路沥青路面再生技术规范》(JTG F41—2008)和相关的工程经验对不同等级路面的再生料进行了级配设计,级配曲线见图1^[8]。其中水泥掺量固定为1.5%,拌和用水量设定为击实试验确定的最优含水率的80%。

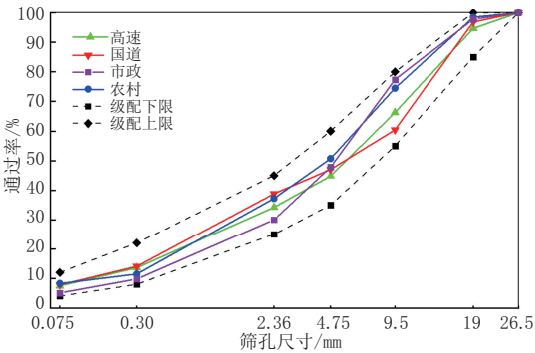


图1 再生级配曲线

然后通过室内重型击实试验确定4种混合料的最佳含水率分别为4.000%、3.600%、4.752%、3.802%。进一步的,根据干湿劈裂试验结果确定四种混合料的最佳泡沫沥青用量分别为2.5%、2.6%、2.5%、2.4%。

1.3 试验方法

通过劈裂试验、半圆弯曲(Semicircular bending, SCB)试验和60℃车辙试验,对泡沫沥青冷再生混合料的劈裂强度、干湿/冻融劈裂强度比、开裂应变和动稳定度进行测试,评价不同成型方式下混合料的力学强度、水稳定性、低温抗裂性和高温稳定性。其中,SCB试验试样为无缺口半圆试件,支点间距为试件直径的0.8倍,试件厚度为50 mm。SCB低温开裂试验温度为-10℃,加载速度为50 mm/min。SCB疲劳试验温度为15℃,应力比为0.4,加载频率为10 Hz。其余试验方法符合《公路工程沥青及沥青混合料试

验规程》(JTG E20—2011)的规范要求。

2 试验结果分析

2.1 力学强度

本文采用劈裂强度来表征各再生料的力学强度性能。如图2所示,随着道路等级降低,相应冷再生混合料劈裂强度逐渐降低,其中农村公路比高速路下降了22%,这说明泡沫沥青冷再生混合料的力学性能随公路等级的降低呈现出逐渐下降的趋势。主要原因在于高速公路作为国家交通网络的主动脉,其建设标准与材料质量非常严格。因此在进行维修养护时,其旧料具有极高的利用价值。虽然国道和市政道路的等级略低于高速公路,但它们在建设时同样遵循了较高的设计标准和施工要求。因此总体上仍然具有较好的性能。农村道路建设标准与材料要求相对较低,但其再生料仍能满足沥青路面再生规范要求。这说明即使在较低等级的公路旧料中,泡沫沥青冷再生技术仍然能够发挥出其独特的优势,具有一定的可行性和优势,为道路的维修养护提供有效的解决方案。

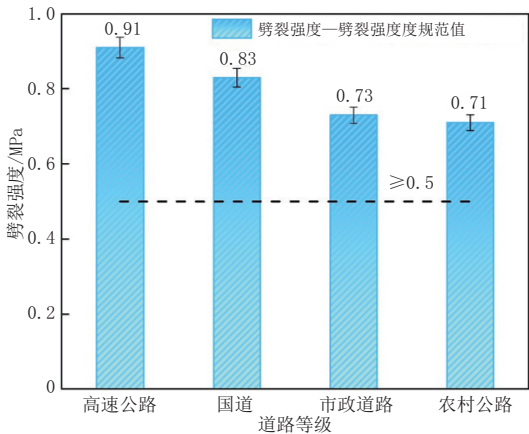


图2 再生料劈裂强度

2.2 水稳定性

本文结合干湿劈裂试验和冻融劈裂试验的结果来综合评价各等级公路泡沫沥青冷再生混合料的水稳定性能。表3所列为冷再生混合料抗水损性能指标。

表3 再生料抗水损性能					单位: %
评价指标	高速公路	国道	市政道路	农村公路	规范要求
干湿劈裂强度比	88.9	90.1	93.3	90.9	≥75
冻融劈裂强度比	80.6	78.6	84.2	92.2	≥70

表3数据显示,各再生料干湿与冻融劈裂强度比均达标,证明其水稳定性良好,适用于不同等级公路。图2对比显示,低等级道路劈裂强度虽低,但水

稳定性指标更优。结合表2,再生料含水率与冻融劈裂强度比呈反向变化:含水率上升,强度比下降。这表明高含水率旧料削弱沥青与骨料黏结,加剧水分侵蚀,影响水稳性。高等级公路铣刨料高含水率因含多细集料与沥青胶浆,铣刨时易携水。

2.3 低温抗裂性

为研究寒冷区域泡沫沥青冷再生路面的结构完整性和耐久性,本文对其低温抗裂性能进行测试。如图3所示,旧料道路等级越高,泡沫沥青冷再生混合料低温性能越好,高速公路旧料较农村公路旧料再生料抗弯拉强度和破坏应变分别高53.7%、79.1%。这归因于农村公路原材料与施工质量不佳。高等级道路旧料细料比例高,提升了再生料的低温韧性,成为影响低温抗裂性能的关键因素。此发现对寒冷地区泡沫沥青冷再生混合料的配合比设计具有重要参考价值,有助于优化材料配比,提升道路性能。

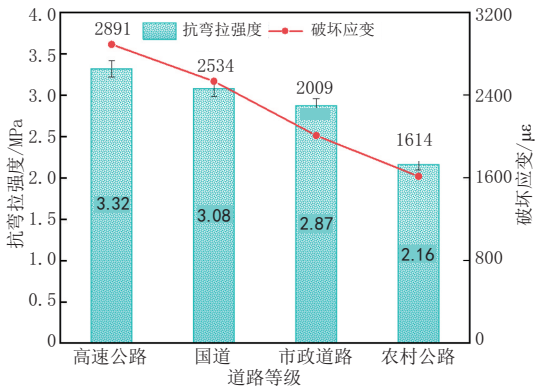


图3 再生料低温性能指标

2.4 高温稳定性

图4显示了不同旧料来源的泡沫沥青冷再生混合料的动稳定度。从图4中可以看出,旧料来源对泡沫沥青冷再生混合料的动稳定度产生了显著影响。具体而言,高等级道路再生料的动稳定度显著高于低等级道路再生料。这种差异可能源于旧料物理和化学性质的不同,进而影响了泡沫沥青冷再生混合料的高温稳定性。例如,农村公路旧料沥青含量较高,这可能会降低其抗变形能力,从而导致动稳定度下降。其次,RAP中粗集料的颗粒形状和尺寸等也会影响泡沫沥青冷再生混合料的高温性能。较高针片状含量的国道再生料的动稳定度明显低于高速公路,甚至低于农村公路再生料的动稳定度。

3 结 语

(1)泡沫沥青冷再生混合料的劈裂强度随公路等级降低呈现出逐渐下降的趋势。高等级公路再生

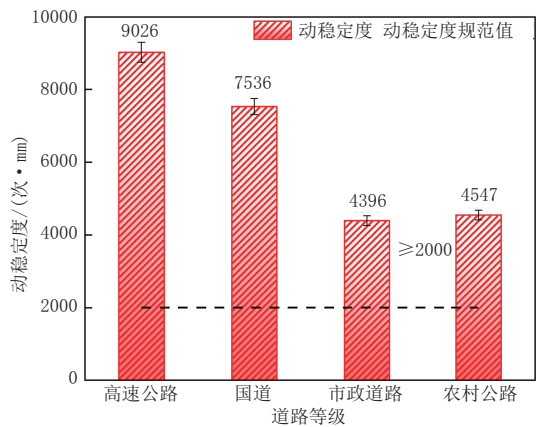


图4 再生料动稳定度

料抗水损害性能表现较差。

(2)高等级道路再生料在动稳定度方面明显优于低等级道路。旧料来源的道路等级越高,再生料低温抗裂性能越强。旧料中的细料含量会对再生料的低温抗裂性产生较大影响。

(3)尽管低等道路的泡沫沥青冷再生混合料综合性能较差,但仍能满足相应规范要求。因此泡沫沥青冷再生技术能够为低等级道路维修养护提供有效途径。

参考文献:

[1] 张晓靖,张晓华.西部山区泡沫沥青冷再生设计研究[J].交通科技,2017(4):119-121.
[2] 马涛,栾英成,何亮,等.乳化沥青与泡沫沥青冷再生技术发展综述[J].交通运输工程学报,2023,23(2):1-23.
[3] 丛培,凌涛.泡沫沥青冷再生混合料疲劳特性及其长寿命冷再生沥青路面结构优化[J].公路,2021,66(12):8-16.
[4] 丁朴,张永平,拾方治,等.泡沫沥青混合料的技术参数与生产工艺[J].交通科技,2006(1):59-62.
[5] 高超.泡沫沥青冷再生混合料 MMLS3 试验轮辙曲线特征及影响机理[J].中国公路学报,2019,32(1):46-56.
[6] 董雨明,关彦斌,邢鹏.走近沥青路面材料再生技术[J].中国公路,2020(7):14-21.
[7] JTG/T 5521—2019,公路沥青路面再生技术规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadfloodbridge@163.com

