

DOI:10.19951/j.cnki.1672-9331.2022.03.006

文章编号:1672-9331(2022)03-0059-10

引用格式:张四恒,黄运军,邵景干,等.矿料级配与沥青对薄层罩面路用性能的影响[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2022,19(3):59-68.

Citation:ZHANG Siheng,HUANG Yunjun,SHAO Jinggan,et al. Influence of mineral aggregate gradation and asphalt on pavement performance of thin overlay[J]. Journal of Changsha University of Science & Technology (Natural Science),2022,19(3):59-68.

矿料级配与沥青对薄层罩面路用性能的影响

张四恒¹,黄运军^{2,3},邵景干^{2,3},李文凯^{2,3}

(1. 河南交通投资集团有限公司,河南 郑州 450000;2. 河南交院工程技术集团有限公司,河南 郑州 450046;

3. 绿色高性能材料应用技术交通运输行业研发中心,河南 郑州 450046)

摘要:【目的】探寻影响薄层罩面路用性能的因素,补充现有研究的不足。【方法】从矿料级配类型及沥青种类两个方面对薄层罩面路用性能展开研究。选用苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS)及废旧胎粉对 70# A 级道路石油沥青进行改性,并以 PG76 高温失效率为标准,确定不同改性剂的掺量;选用 AC-10C、SMA-10、UTL-10 三种矿料级配的沥青混合料针对不同沥青种类进行配合比设计及高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害、抗剪强度及抗拉拔强度等路用性能的研究。【结果】SBS、废旧胎粉及 SBS+废旧胎粉的掺量分别为 4.5%、15.0%、2.0%+10.0%;结合料均为废旧胎粉改性沥青时,SMA-10 沥青混合料除水稳定性外,其他路用性能均比 AC-10C、UTL-10 两种沥青混合料的好;矿料级配类型均为 SMA-10 时,SBS 改性沥青薄层罩面的路用性能均比废旧胎粉及 SBS+废旧胎粉改性的薄层罩面的好。【结论】掺入 SBS 改性剂的 SMA-10 薄层罩面的整体路用性能最优。

关键词:薄层罩面;矿料级配;废旧胎粉;油石比;路用性能

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

0 引言

截至 2021 年底,我国公路通车总里程达 528 万 km,其中,高速公路里程 16.91 万 km,稳居世界第一。沥青路面因其施工工艺成熟、周期短、行车舒适性好及后期养护成本低等优点在高等级公路中被广泛应用。但早期建成的沥青路面由于交通量的快速增长,超载、过载现象的发生及后期管养不及时出现了严重病害,对行车舒适性及安全性产生了不利影响^[1]。薄层罩面结构层的厚度一般为 15~25 mm。薄层罩面是工程中常用的一种预防性养护措施,主要用于矫正路表的轻微病害,改善路面使用性能。本研究将从矿料级配类型及

沥青种类两个方面研究薄层罩面的路用性能。

薄层罩面的黏结材料多选用黏附性能好、耐长期老化的沥青,如高黏沥青、复合改性沥青等,研究方向侧重于这些沥青对薄层罩面沥青混合料路用性能的影响。赵文秀^[2]通过试验确定 SBS 及废旧胎粉在沥青中的最佳掺配比例,且最佳掺配比例时薄层罩面沥青混合料整体路用性能较优。MOGAWER 等^[3]将不同改性沥青应用到薄层罩面沥青混合料当中,并分析了橡胶温拌技术的可行性。刘涛等^[4]对不同黏结材料的沥青路面结构层进行抗剪及拉拔性能试验,得出层间黏结能力与下承层表面的粗糙程度呈正相关关系,下承层表面越粗糙,层间黏结能力越强。周力博^[5]对聚氨酯改性乳化沥青进行优化设计,并通过层间抗

收稿日期:2022-01-20;修回日期:2022-07-21;接受日期:2022-07-26

基金项目:中原千人计划—中原科技创新领军人才项目(204200510004);河南交院工程技术集团有限公司研发项目(2022JK-01)

通信作者:张四恒(1980—)(ORCID:0000-0002-8380-640x),男,高级工程师,主要从事公路桥梁管理方面的研究。

E-mail:3326322254@qq.com

投稿网址: <http://csjgxbzk.csust.edu.cn/cslgdxzbzk/home>

剪强度试验得出,试验条件的变化对层间黏结能力有较大的影响。对薄层罩面级配类型选取的研究,多集中在级配类型对薄层罩面沥青混合料使用年限及路用性能两方面。李微等^[6]通过单轴贯入及捣实试验,评价了矿料间隙率及抗剪强度参数的差异对薄层罩面骨架特性的影响,确定了不同粒径粗集料的合理掺量。熊剑平等^[7]通过加速磨耗试验评价矿料级配及粗骨料磨光、磨耗性能对薄层罩面抗滑性能衰退的影响规律,发现矿料级配对抗滑性能的衰减有较大影响。

本研究选用公称最大粒径为 9.5 mm 的细粒式密级配沥青混合料(AC-10C)、公称最大粒径为 9.5 mm 的沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA-10)、公称最大粒径为 9.5 mm 的薄层罩面沥青混合料(UTL-10)三种矿料级配的沥青混合料展开研究,对不同矿料级配类型及不同沥青种类的薄层罩面沥青混合料进行配合比设计及相关路用性能的研究,评价沥青及矿料级配对薄层罩面性能的影响,优选出整体性能较好的薄层罩面沥青混合料,为工程实践提供理论基础。

1 原材料及配合比设计

1.1 原材料

1.1.1 基质沥青

沥青路面的性能受多种因素影响,其中沥青种类的选取尤为关键。薄层罩面作为路表结构层,因受到外界环境及车辆轴载的综合作用,容易产生病害。为保证其良好的路用性能及较长的使用年限,选用高性能沥青作为黏结材料,从而达到增强沥青胶浆的抗剥落能力。本研究选用中石油燃料油有限责任公司生产的 70[#] A 级道路石油沥青作为基质沥青制备复合改性沥青,其主要技术指标试验结果见表 1。

1.1.2 胶粉、SBS 改性剂

本研究选用 SBS1303(YH-791)及 60 目废旧胎粉作为沥青改性剂。其中,SBS1303(YH-791)由中国石化集团资产管理有限公司生产,60 目废旧胎粉由河南金欧特实业集团股份有限公司生产。两种沥青改性剂的外观形态如图 1 所示,其主要技术指标试验结果见表 2。

表 1 道路石油沥青主要技术指标试验结果

Table 1 Test results of main technical indexes of road petroleum asphalt

检测项目		技术要求	试验结果
针入度(25℃)/(0.1 mm)		60~80	69
软化点/℃		≥46	48.5
延度(15℃,5 cm/min)/cm		≥100	125
密度(15℃)/(g·cm ⁻³)		实测值	1.030
60℃动力黏度/(Pa·s)		≥180	227.6
质量变化/%		±0.8	-0.21
RTFOT 后残留物	针入度比(25℃)/%	≥61	67
	残留延度(15℃,5 cm/min)/cm	≥15	26



(a) 线型 SBS 改性剂 (b) 60 目废旧胎粉

图 1 两种改性剂外观形态

Fig. 1 Appearance of two modifiers

表 2 两种改性剂主要技术指标试验结果

Table 2 Test results of main technical indexes of two modifiers

改性剂	检测项目	技术要求	试验结果
SBS	改性剂类型	—	YH-791
	结构	—	线型
	邵氏 A 硬度/度	≥68	74
	拉伸强度/MPa	≥15	21.63
	嵌段比	—	30/70
废旧胎粉	炭黑含量/%	≥26	28.7
	纤维含量/%	≤0.1	0.036
	密度/(g·cm ⁻³)	1.0~1.2	1.16
	金属含量/%	≤0.008	0.002
	灰分/%	≤8	6.8

1.1.3 改性沥青

改性沥青制备流程:①在 135℃烘箱内将 70[#] A 级道路石油沥青加热至熔融状态;②取一定质量的沥青加热至 175℃,将一定掺量的改性

剂加入沥青中,同时用玻璃棒按同一方向搅拌,使改性剂在沥青中大致分散均匀;③ 用高速剪切机以 5 000 r/min 的剪切速率剪切 30 min,然后将制备好的改性沥青放入 175 ℃烘箱内发育 1 h 得到改性沥青。

复合改性沥青制备流程:① 在 135 ℃烘箱内将 70[#] A 级道路石油沥青加热至熔融状态;② 取一定质量的沥青加热至 175 ℃,将一定掺量的废旧胎粉加入沥青中,同时用玻璃棒按同一方向搅拌,使废旧胎粉在沥青中大致分散均匀;③ 用高速剪切机以 5 000 r/min 的剪切速率剪切 20 min;

④ 将一定掺量的 SBS 改性剂加入橡胶改性沥青中,并以 5 000 r/min 的剪切速率剪切 20 min,然后将制备好的改性沥青放入 175 ℃烘箱内发育 1 h 得到复合改性沥青。

选用沥青动态剪切流变试验仪对制备好的三种改性沥青进行 PG76 分级试验,不同掺量时改性沥青的失效温度见表 3。

用沥青 PG76 分级试验,确定 SBS、废旧胎粉和 SBS+废旧胎粉的掺量分别为 4.5%、15.0%、2.0%+10.0%,不同改性沥青主要技术指标试验结果如表 4 所示。

表 3 不同改性沥青的失效温度
Table 3 Failure temperature of different modified asphalt

项目	SBS/%				废旧胎粉/%				SBS/%+废旧胎粉/%			
	2.0	3.5	4.0	4.5	5.0	10.0	15.0	20.0	2.0+5.0	2.0+10.0	2.0+15.0	2.0+20.0
失效温度/℃	71.6	73.9	75.1	76.5	72.8	74.3	76.6	80.7	73.9	77.2	82.3	87.7

表 4 改性沥青主要技术指标试验结果
Table 4 Test results of main technical indexes of modified asphalt

检测项目		技术指标	SBS 改性沥青	废旧胎粉改性沥青	SBS+废旧胎粉改性沥青
针入度(25 ℃)/(0.1 mm)		30~70	59	53	56
软化点/℃		≥60	62.0	69.5	64.5
延度(5 ℃,5 cm/min)/cm		≥15	24	17	19
密度(15 ℃)/(g·cm ⁻³)		实测值	1.032	1.043	1.036
运动黏度(135 ℃)/(Pa·s)		≤3	1.81	2.28	1.94
RTFOT 后残留物	质量变化/%	≤1.0	0.180	0.140	-0.023
	针入度比(25 ℃)/%	≥65	71	68	76
	延度(5 ℃,5 cm/min)/cm	≥5	18	8	13

1.1.4 黏层油

薄层罩面层厚度一般为 15~25 mm,直接承受车辆轴载的作用,与下承层须有较好的黏结能力。本研究选用高黏 SBS 改性乳化沥青作为层间黏层材料,其主要技术指标试验结果见表 5。

1.2 配合比设计

本研究选用 AC-10C、SMA-10、UTL-10 三种矿料级配沥青混合料展开研究,粗骨料为粒径 5~10 mm 和 3~5 mm 的玄武岩碎石,细骨料为粒径 0~3 mm 的石灰岩机制砂,填料为石灰岩磨细的矿粉,粗、细骨料及矿粉的相关技术指标均符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)的规定。三种矿料级配设计结果及最佳油石比试

验结果分别见表 6 和表 7。

表 5 黏层油主要技术指标试验结果
Table 5 Test results of main technical indexes of viscous layer oil

检测项目		技术指标	试验结果
破乳速度		实测	中裂
离子电荷		实测	阳离子
筛上剩余量(孔径 1.18 mm)/%		≤0.05	0.037
标准黏度(25 ℃)/s		20~100	56
含量/%		≥50	57
蒸发 残留物	针入度(25 ℃)/(0.1 mm)	40~120	61
	软化点/℃	≥50	64
	溶解度(三氯乙烯)/%	≥97.5	99.9

表 6 矿料级配设计结果

Table 6 Design results of mineral aggregate gradation		%							
混合料类型	类型	通过下列筛孔(mm)的矿料的质量分数							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-10C	上限	100.0	75.0	58.0	44.0	32.0	23.0	16.0	8.0
	下限	90.0	45.0	30.0	20.0	13.0	9.0	6.0	4.0
	目标级配	94.8	60.1	43.6	30.6	21.3	14.7	10.4	5.9
SMA-10	上限	100.0	60.0	32.0	26.0	22.0	18.0	16.0	13.0
	下限	90.0	28.0	20.0	14.0	12.0	10.0	9.0	8.0
	目标级配	95.8	42.1	22.6	18.0	15.2	13.1	11.0	9.8
UTL-10	上限	94.0	68.0	35.0	27.0	21.0	16.0	13.0	10.0
	下限	88.0	50.0	25.0	18.0	14.0	10.0	7.0	6.0
	目标级配	90.3	57.1	29.6	22.8	17.0	12.3	9.6	7.5

表 7 最佳油石比试验结果

Table 7 Test results of optimum oil-stone ratio		
混合料类型	沥青种类	最佳油石比/%
AC-10C	70# A 级沥青+4.5% SBS	5.0
	70# A 级沥青+15.0% 废旧胎粉	5.5
	70# A 级沥青+2.0% SBS+10.0% 废旧胎粉	5.2
SMA-10	70# A 级沥青+4.5% SBS	6.2
	70# A 级沥青+15.0% 废旧胎粉	6.9
	70# A 级沥青+2.0% SBS+10.0% 废旧胎粉	6.6
UTL-10	70# A 级沥青+4.5% SBS	4.8
	70# A 级沥青+15.0% 废旧胎粉	5.4
	70# A 级沥青+2.0% SBS+10.0% 废旧胎粉	5.2

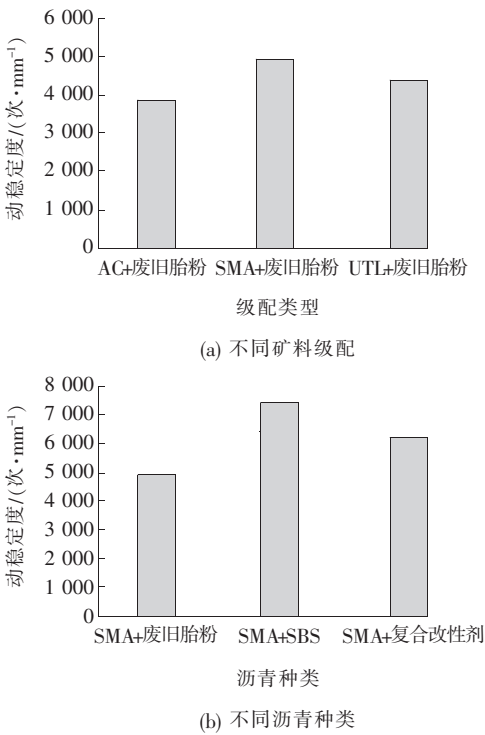


图 2 动稳定度试验结果

Fig. 2 Test results of dynamic stability

2 路用性能

2.1 高温稳定性

沥青路面是一种柔性结构层,对温度较为敏感,高温环境下塑性增强,黏韧性降低。夏季炎热天气,沥青路面表层温度往往高于 60℃,局部炎热地区甚至会超过 70℃。在车辆轴载尤其重轴载作用下沥青路面会发生永久性塑性变形,车辙、泛油、推移等病害的出现是沥青路面高温稳定性差的主要表现形式^[8-10]。本研究选用 60℃室内车辙试验对不同矿料级配、不同沥青种类的薄层罩面沥青混合料进行高温稳定性研究,其动稳定度试验结果如图 2 所示。

由图 2 可知:结合料均为废旧胎粉改性沥青时,除 AC-10C 沥青混合料外,其余两种矿料级配沥青混合料的动稳定度均不低于 4 000 次/mm;矿料级配类型均为 SMA-10 时,SBS 改性沥青混合料的动稳定度高达 7 426 次/mm,显著高于另外两种改性沥青混合料的动稳定度。

2.2 低温抗裂性

冬季温度较低时,沥青混合料脆性增强,黏韧

性降低,在车辆轴载及温缩应力作用下沥青路面容易开裂,裂缝病害往往会在冬春季节交替时出现,纵、横向裂缝,块状裂缝甚至龟裂等病害的出现是沥青路面低温抗开裂能力差的主要表现形式^[11-13]。本研究选用-10℃室内小梁弯曲试验对不同矿料级配、不同沥青种类的薄层罩面沥青混合料进行低温抗开裂性能研究,弯曲破坏应变试验结果如图 3 所示。

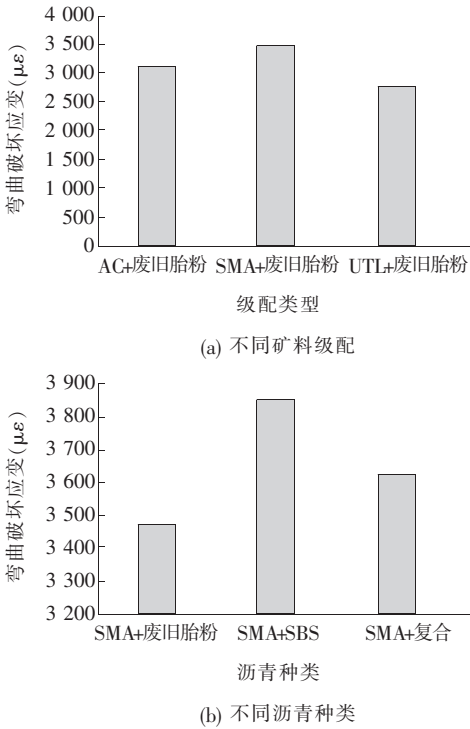


图 3 弯曲破坏应变试验结果

Fig. 3 Test results of bending failure strain

由图 3 可知:结合料均为废旧胎粉改性沥青时,除了 UTL-10 沥青混合料,其余两种矿料级配沥青混合料的弯曲破坏应变($\mu\epsilon$)试验结果均不低于 3 000,其中 UTL-10 沥青混合料弯曲破坏应变($\mu\epsilon$)试验结果为 2 746,三种沥青混合料低温抗开裂能力由大到小依次为 SMA-10、AC-10C、UTL-10;矿料级配类型均为 SMA-10 时,SBS 改性沥青混合料弯曲破坏应变($\mu\epsilon$)试验结果为 3 854,显著高于另外两种改性沥青混合料的试验结果。

2.3 水稳定性

在年降雨量较大的地区,沥青路面水损害是最为常见的路面病害形式。在紫外线、光照、雨水及车辆轴载的综合作用下,随着使用年限的增加,沥青逐渐老化,黏附性能降低,沥青胶浆极易从骨

料之间剥落,松散、坑槽等路面病害的出现是水稳定性差的主要表现形式。薄层罩面结构层处于路面表层,直接承受外界环境及车辆轴载的作用。夏季雨水冲刷、冬春季节交替时结构层内部的冻融循环作用均会对薄层罩面的性能产生损伤^[14-17]。本研究选用浸水马歇尔及冻融劈裂试验对不同矿料级配、不同沥青种类的薄层罩面沥青混合料进行水稳定性性能研究,浸水马歇尔残留稳定度及冻融劈裂残留强度比试验结果分别如图 4、图 5 所示。

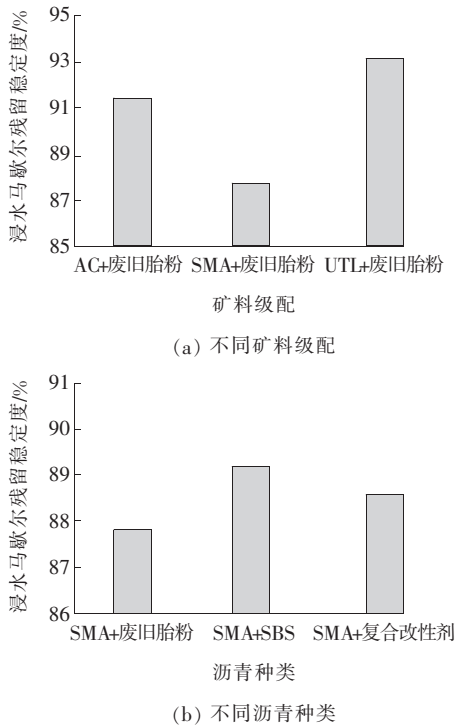


图 4 浸水马歇尔残留稳定度试验结果

Fig. 4 Test results of immersion marshall

由图 4(a)、图 5(a)可知:结合料均为废旧胎粉改性沥青时,AC-10C、SMA-10、UTL-10 三种沥青混合料的浸水马歇尔残留稳定度及冻融劈裂残留强度比满足不低于 85%、80%的要求,但 SMA-10 沥青混合料整体抗水损害能力比 AC-10C 及 UTL-10 两种沥青混合料的低。

由图 4(b)、图 5(b)可知:矿料级配类型均为 SMA-10 时,加入废旧胎粉、SBS 及复合改性剂后,三种改性沥青混合料浸水马歇尔残留稳定度及冻融劈裂残留强度比满足不低于 85%、80%的要求,但 SMA-10 废旧胎粉改性沥青混合料的整体抗水损害能力比 SBS 及复合改性两种沥青混合料的

低,其中加入 SBS 改性剂的 SMA-10 沥青混合料的整体抗水损害能力最优。

拔试验结果分别如图 6、图 7 所示。

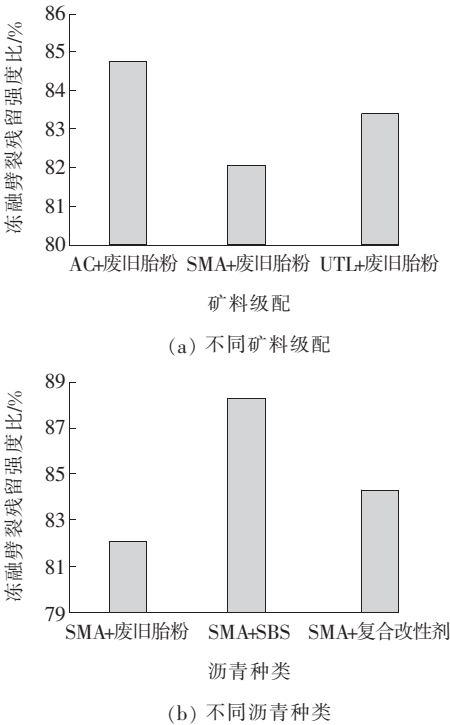


图 5 冻融劈裂残留强度比试验结果

Fig. 5 Test results of freeze-thaw splitting

2.4 层间黏结强度

薄层罩面结构层厚度较薄,与常规沥青路面表面结构层相比层间抗剪能力不足,因此,薄层罩面结构层与下承层之间须具有较高的黏结能力。层间抗剪能力不足容易导致表面结构层出现推移、剥落等现象,尤其在重轴载频繁制动及车辆低速行驶时尤为突出^[18-20]。因此,黏层材料须具有良好的抗剪切及抗拉拔能力,才能保证结构层稳定,从而延长薄层罩面的使用寿命。本研究选用尺寸为 300 mm×300 mm×100 mm 的车辙板试模,先成型 8 cm 厚的 AC-13C 普通沥青混合料试板,在试板表面以 1.0 kg/m² 的撒布量均匀撒布高黏 SBS 改性乳化沥青黏层油,最后加铺厚度为 2 cm 的薄层罩面,室温静置 48 h 后脱模钻芯取样,并切割成规定的高度备用。选用 HS-SS I 型直剪仪、LGZ-1 型拉拔仪对不同矿料级配、不同沥青种类的薄层罩面复合试件分别进行抗剪及拉拔试验,剪切、拉拔试验温度为 (20±5)℃,试验速率为 5 mm/min,每组试件各 4 个,剪切试验结果和拉

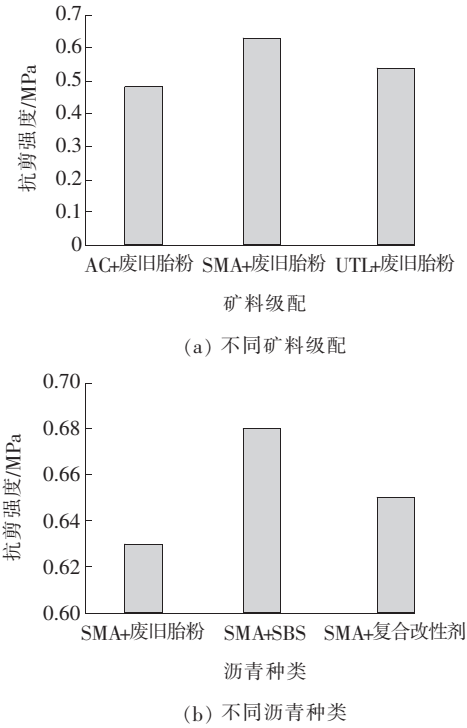


图 6 抗剪强度试验结果

Fig. 6 Test results of shear strength

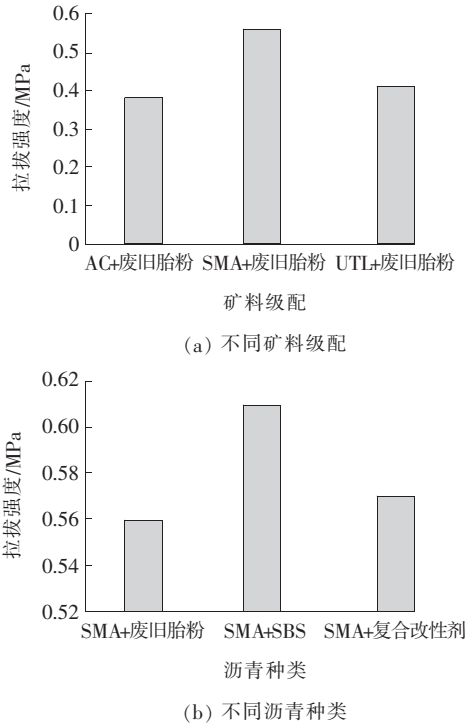


图 7 拉拔强度试验结果

Fig. 7 Test results of pull-out strength

由图 6 可知:结合料均为废旧胎粉改性沥青

时,三种沥青混合料层间抗剪强度由大到小依次为 SMA-10、UTL-10、AC-10C;矿料级配类型均为 SMA-10 时,三种沥青混合料层间抗剪强度试验结果相差不大,其中添加 SBS 改性剂的 SMA-10 的抗剪能力最优。

由图 7 可知:结合料均为废旧胎粉改性沥青时,三种沥青混合料层间拉拔强度由大到小依次为 SMA-10、UTL-10、AC-10C;矿料级配类型均为 SMA-10 时,三种沥青混合料层间拉拔强度试验结果相差不大,且加入 SBS 改性剂的 SMA-10 的抗拉拔能力最优,这与抗剪强度试验结果相吻合。

3 讨论

为了研究矿料级配类型及沥青种类对沥青混合料路面性能的影响,选择工程上常用的 AC-10C、SMA-10、UTL-10 三种级配类型的沥青混合料进行研究。通过车辙试验、低温小梁弯曲试验、浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验、层间抗剪及拉拔试验对不同矿料级配、不同沥青种类的薄层罩面沥青混合料进行高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性及层间黏结强度等路面性能研究。

研究发现:结合料均为废旧胎粉改性沥青时,SMA-10、UTL-10 两种级配类型的沥青混合料的动稳定度试验结果比 AC-10C 的好,这主要是因为 SMA-10、UTL-10 两种矿料级配的粗骨料用量较大,矿料之间形成了较好的嵌挤效果,整体稳定性较好,高温条件下,抵抗轴载塑性能力较强;矿料级配类型均为 SMA-10 时,SBS 改性沥青混合料的动稳定度试验结果最优,这主要是因为 SBS 改性剂能够均匀分散在沥青混合料当中,在吸附基质沥青中的轻质组分后产生溶胀作用,随着轻质组分含量的减小,高温环境下分子之间的相对运动受限,且 SBS 改性剂在沥青混合料中相互搭接形成稳定的网状结构,能够增强沥青混合料的高温抗车辙能力;废旧胎粉在沥青混合料中也能够吸附沥青中的轻质组分,在混合料中构成网状结构,增加沥青胶浆的黏稠性能,但胎粉之间的作用力较小,高温轴载作用下,沥青混合料易发生流动塑性变形,高温抗车辙能力降低,而复合改性沥青混合料的高温抗车辙能力较废旧胎粉沥青混合料的有一定的改善。

结合料均为废旧胎粉改性沥青时,SMA-10 沥青混合料的低温性能最优,这主要是因为 SMA-10 废旧胎粉改性沥青混合料的油石比最大,达到 6.9%,低温环境下,抗开裂能力较强,且 SMA-10 沥青混合料中骨料的嵌挤效果较好,能够有效抵制混合料的剪切破坏;矿料级配类型均为 SMA-10 时,SBS 改性沥青混合料低温性能最优,这主要是因为 SBS 改性剂在吸附轻质组分并发生溶胀后性能趋于胶质,分散在沥青混合料中能够增强矿料之间的黏结能力,改善沥青混合料的低温抗开裂能力;废旧胎粉的掺入能够改善基质沥青的性能,使得沥青柔性增强,脆性降低,因此,废旧胎粉改性沥青及复合改性沥青混合料也具有较好的低温抗开裂能力。

矿料级配类型均为 SMA-10 时,SBS 改性沥青混合料的水稳定性最优,这主要是因为 SBS 改性剂较废旧胎粉在吸附轻质组分后具有更强的黏附能力,能够有效防止水损害作用下沥青胶浆从骨料之间剥落。

结合料均为废旧胎粉改性沥青时,SMA-10 沥青混合料的层间黏结强度最优,这主要是因为 SMA-10 属于间断级配,粗骨料用量较多,表层构造深度较大,与黏层油的有效接触面积较大,这增强了层间的黏结能力;矿料级配类型均为 SMA-10 时,不同种类沥青混合料的层间黏结强度相差不大。

4 结论

本研究选用 SBS、废旧胎粉和 SBS+废旧胎粉为改性剂制备改性沥青,并对不同矿料级配、不同沥青种类的 AC-10C、SMA-10、UTL-10 三种薄层罩面沥青混合料进行路面性能研究,得出结论:

1) 以 PG76 分级试验为基准,确定了 SBS、废旧胎粉和 SBS+废旧胎粉的掺量分别为 4.5%、15.0%、2.0%+10.0%。

2) 结合料均为废旧胎粉改性沥青时,SMA-10 薄层罩面沥青混合料的高温抗车辙、低温抗开裂、抗剪及抗拉拔能力均最优,AC-10C、UTL-10 两种薄层罩面沥青混合料的抗水损害能力比 SMA-10 的好;矿料级配类型均为 SMA-10 时,

SBS 改性薄层罩面沥青混合料的高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害、抗剪及抗拉拔等路用性能均比废旧胎粉和 SBS+废旧胎粉改性的薄层罩面沥青混合料的好。

本研究仅对废旧胎粉改性的三种不同矿料级配薄层罩面沥青混合料及矿料级配均为 SMA-10 的三种改性沥青薄层罩面沥青混合料的路用性能展开研究,而 SBS、SBS+废旧胎粉改性的不同矿料级配薄层罩面沥青混合料及矿料级配为 AC-10C、UTL-10 的不同改性沥青薄层罩面沥青混合料的路用性能还需进一步展开研究。

[参考文献]

[1] 周宏涛. 预防性公路养护技术在现代公路养护中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(11): 229, 231. DOI:10.16402/j.cnki.issn1008-3383. 2019. 11. 120. ZHOU Hongtao. Application of preventive highway maintenance technology in modern highway maintenance[J]. Communications Science and Technology Heilongjiang, 2019, 42 (11): 229, 231. DOI: 10.16402/j.cnki.issn1008-3383. 2019. 11. 120.

[2] 赵文秀. 复合改性橡胶沥青超薄磨耗层设计与性能研究[J]. 山东交通科技, 2018, (3): 124-126. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8942. 2018. 03. 036. ZHAO Wenxiu. Study on design and performance of composite modified rubber asphalt ultra-thin wearing layer [J]. Shandong Transportation Technology, 2018, (3): 124-126. DOI:10.3969/j.issn.1673-8942. 2018. 03. 036.

[3] MOGAWER W S, AUSTERMAN A J, UNDERWOOD S. Effect of binder modification on the performance of an ultra-thin overlay pavement preservation strategy[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2016, 2550(1): 1-7.

[4] 刘涛, 张亚刚, 姚志杰, 等. 水泥混凝土路面加铺 Novachip 薄层罩面的表层处治技术与黏层材料研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2018, 14(8): 117-119. LIU Tao, ZHANG Yagang, YAO Zhijie, et al. Study on surface treatment technology and bonding material of Novachip thin layer overlay on cement concrete pavement[J]. Highway Traffic Technology (Application Technology Version), 2018, 14(8): 117-119.

[5] 周力博. 水性聚氨酯改性黏层材料性能影响因素研究[J]. 山东交通科技, 2019(4): 87-89, 93. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8942. 2019. 04. 025. ZHOU Libo. Study on influencing factors of properties of waterborne polyurethane modified bonding layer material[J]. Shandong Transportation Technology, 2019 (4): 87-89. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8942. 2019. 04. 025.

[6] 李微, 韩森, 黄啟波, 等. 细粒式薄表层沥青混合料中粗集料的骨架特性[J]. 材料导报, 2019, 33(4): 617-624. DOI:10.11896/cldb.201904010. LI Wei, HAN Sen, HUANG Qibo, et al. The skeleton characteristics of coarse aggregates in granular thin-layer asphalt mixture[J]. Materials Review, 2019, 33 (4): 617-624. DOI:10.11896/cldb.201904010.

[7] 熊剑平, 刘可, 翟龙, 等. 石灰岩沥青混合料抗滑性能衰变特性研究[J]. 材料导报, 2018, 32(S1): 495-499, 505. XIONG Jianping, LIU Ke, ZHAI Long, et al. Study on the anti-sliding deterioration of limestone asphalt mixture[J]. Materials Reports, 2018, 32 (S1): 495-499, 505.

[8] 李宁. TLA 改性沥青及其混合料路用性能研究[J]. 公路与汽运, 2021(6): 65-68, 73. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2668. 2021. 06. 016. LI Ning. Study on road performance of TLA modified asphalt and its mixture[J]. Highway & Automotive Applications, 2021 (6): 65-68, 73. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2668. 2021. 06. 016.

[9] 李志刚. DXG-1 抗车辙剂沥青混合料路用性能研究[J]. 河南科学, 2020, 38(8): 1264-1269. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3918. 2020. 08. 010. LI Zhigang. The road performance of asphalt mixture with DXG-1 anti-rutting agent[J]. Henan Science, 2020, 38(8): 1264-1269. DOI:10.3969/j.issn.1004-3918. 2020. 08. 010.

[10] 颜鑫, 郑翔南. 稳定型胶粉与 SBS 复合改性沥青及沥青混合料性能研究[J]. 公路工程, 2021, 46(2), 195-200, 233. DOI: 10.19782/j.cnki.1674-0610. 2021. 02. 031. YAN Xin, ZHENG Xiangnan. Study on properties of stabilized rubber powder and SBS composite modified asphalt and asphalt mixture[J]. Highway Engineering, 2021, 46 (2): 195-200, 233. DOI: 10.19782/j.cnki.1674-0610. 2021. 02. 031.

[11] 姚文霞. 废胶粉与废塑料复合改性沥青混合料性能

- 研究[J]. 交通科学与工程, 2021, 37(2): 8-13. DOI: 10. 3969/j. issn. 1674-599X. 2021. 02. 002.
- YAO Wenxia. Performance study of waste tire rubber and waste plastic composite modified asphalt [J]. Journal of Transport Science and Engineering, 2021, 37(2): 8-13. DOI: 10. 3969/j. issn. 1674-599X. 2021. 02. 002.
- [12] 徐加秋, 阳恩慧, 罗浩原, 等. 基于温度应力计算的温拌沥青低温力学性能研究[J]. 建筑材料学报, 2020, 23(1): 70-76.
- XU Jiaqiu, YANG Enhui, LUO Haoyuan, et al. Mechanical properties of warm mix asphalt at low temperature based on thermal stress calculations [J]. Journal of Building Materials, 2020, 23(1): 70-76.
- [13] 陈飞, 张林艳, 封基良, 等. 沥青混合料低温抗裂性能试验方法研究进展[J]. 材料导报, 2021, 35(S2): 127-137.
- CHEN Fei, ZHANG Linyan, FENG Jiliang, et al. Research progress on test methods of asphalt mixture's low-temperature anti-cracking performance [J]. Materials Reports, 2021, 35(S2): 127-137.
- [14] 石宜清, 邵景干, 李文凯. 玄武岩纤维高黏降噪型 OGFC-10 超薄磨耗层性能研究[J]. 河南科学, 2021, 39(11): 1753-1758. DOI: 10. 3969/j. issn. 1004-3918. 2021. 11. 006.
- SHI Yiqing, SHAO Jinggan, LI Wenkai. Performance of ultra-thin wearing OGFC-10 with basalt fiber of high viscosity and noise reduction [J]. Henan Science, 2021, 39(11): 1753-1758. DOI: 10. 3969/j. issn. 1004-3918. 2021. 11. 006.
- [15] 孔令绅, 李雪萍, 冯志强. 超黏精薄层罩面沥青混合料性能研究[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2021, 18(4): 9-15. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-9331. 2021. 04. 002.
- KONG Lingshen, LI Xueping, FENG Zhiqiang. Study on performance of super viscous fine thin-layer overlay asphalt mixture [J]. Journal of Changsha University of Science & Technology (Natural Science), 2021, 18(4): 9-15. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-9331. 2021. 04. 002.
- [16] 齐小飞, 邹晓翎, 阮鹿鸣, 等. 高 RAP 掺量下热再生混合料水稳定性影响因素研究[J]. 中外公路, 2018, 38(2): 248-252. DOI: 10. 14048/j. issn. 1671-2579. 2018. 02. 053.
- QI Xiaofei, ZOU Xiaoling, RUAN Luming, et al. Study on influencing factors of water stability of hot recycled mixture with high RAP content [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2018, 38(2): 248-252. DOI: 10. 14048/j. issn. 1671-2579. 2018. 02. 053.
- [17] 李萍, 毛昱, 王盟, 等. 冻融循环条件下外掺剂对沥青混合料水稳定性的影响[J]. 兰州理工大学学报, 2022, 48(1): 107-113. DOI: 10. 3969/j. issn. 1673-5196. 2022. 01. 017.
- LI Ping, MAO Yu, WANG Meng, et al. Effect of external admixture on water stability of asphalt mixture under freeze-thaw cycle conditions [J]. Journal of Lanzhou University of Technology, 2022, 48(1): 107-113. DOI: 10. 3969/j. issn. 1673-5196. 2022. 01. 017.
- [18] 罗程, 颜峰, 夏海廷, 等. 钢渣沥青混合料薄层罩面层间剪切性能研究[J]. 硅酸盐通报, 2021, 40(12): 4197-4208. DOI: 10. 16552/j. cnki. issn1001-1625. 2021. 12. 020.
- LUO Cheng, YAN Feng, XIA Haiting, et al. Inter-layer shear performance of steel slag asphalt mixture thin overlay [J]. Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 2021, 40(12): 4197-4208. DOI: 10. 16552/j. cnki. issn1001-1625. 2021. 12. 020.
- [19] 聂汉鼎. 沥青路面层间黏结试验方法比较[J]. 中国公路, 2019(2): 112-113. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-3897. 2019. 02. 045.
- NIE Handing. Comparison of test methods for interlayer adhesion of asphalt pavement [J]. China Highway, 2019(2): 112-113. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-3897. 2019. 02. 045.
- [20] 牟压强, 郭大进, 马永, 等. 环氧沥青超薄罩面层间抗剪强度的影响因素研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2021, 53(2): 208-216. DOI: 10. 15986/j. 1006-7930. 2021. 02. 009.
- MOU Yaqiang, GUO Dajin, MA Yong, et al. Research on influencing factors of shear strength between layers of epoxy asphalt ultra-thin overlay [J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology (Natural Science Edition), 2021, 53(2): 208-216. DOI: 10. 15986/j. 1006-7930. 2021. 02. 009.

Influence of mineral aggregate gradation and asphalt on pavement performance of thin overlay

ZHANG Siheng¹, HUANG Yunjun^{2,3}, SHAO Jinggan^{2,3}, LI Wenkai^{2,3}

(1. Henan Transport Investment Group Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China; 2. Henan Jiaoyuan Engineering Technology Group Co., Ltd., Zhengzhou 450046, China; 3. Research and Development Center of Green High Performance Material Application Technology in Transportation Industry, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: [Purposes] This work aims to explore the factors affecting the pavement performance of thin overlay and supply the deficiency of existing researches. [Methods] The effect of mineral aggregate gradation and asphalt types on pavement performance of thin overlay were investigated. SBS and waste tire powder were selected to modify grade 70[#] A road petroleum asphalt, and the content of different modifiers was determined based on the high temperature failure degree of PG76; Three mineral aggregate graded asphalt mixtures, including AC-10C, SMA-10 and UTL-10, were selected for formulation design and road performance research such as high-temperature rutting resistance, low-temperature cracking resistance, water damage resistance, shear strength and pull-out strength. [Findings] When the content of SBS, waste tire powder and SBS+waste tire powder were 4.5%, 15.0% and 2.0% + 10.0% respectively; And the binder was waste tire powder modified asphalt, SMA-10 asphalt mixture has better road performance than AC-10C and UTL-10 except water stability; When the gradation type of mineral aggregate is SMA-10, the pavement performance of SBS modified asphalt thin layer overlay is better than that of waste tire powder and SBS+waste tire powder modified thin layer overlay. [Conclusions] SBS modified SMA-10 asphalt mixture has the optimum overall pavement performance.

Key words: thin overlay; aggregate gradation; waste tire powder; oil-stone ratio; road performance

Manuscript received: 2022-01-20; revised: 2022-07-21; accepted: 2022-07-26

Foundation item: Project (204200510004) supported by Central Plains Thousand Talents Plan-Central Plains science and technology innovation Leading Talents Program; Project (2022JK-01) supported by R & D of Henan Jiaoyuan Engineering Technology Group Co., Ltd.

Corresponding author: ZHANG Siheng (1980—) (ORCID: 0000-0002-8380-640x), male, senior engineer, research interest: highway and bridge management. E-mail: 3326322254@qq.com

(责任编辑: 刘平; 校对: 石月珍; 英文编辑: 田湘)