

改性沥青超薄磨耗层在道路养护工程中的应用研究

赵立权¹, 刘柳², 董铭², 聂雷¹

(1.长春市市政设施维护管理中心, 吉林 长春 130033; 2.吉林省中鑫路桥工程有限公司, 吉林 长春 130000)

摘要: 在选取3种改性沥青胶结料(SBS改性沥青、橡胶复合改性沥青和抗车辙剂改性基质沥青)的基础上,分别选取OGFC、SMA和NovaChip这3种级配类型作为典型的开级配、间断级配和半开级配选择;针对上述3种级配类型,在分别完成级配设计后,确定了不同改性沥青混合料的最佳油石比,然后成型9组相关马歇尔标准试件,对其路用性能进行检测和分析。结果表明:SMA改性沥青混合料的高温稳定性与改性沥青黏度的提升呈正相关关系,而NovaChip改性沥青混合料的高温稳定性与改性沥青黏度的提升呈负相关关系;随着改性沥青黏度的提升,OGFC和NovaChip改性沥青混合料的低温稳定性呈线性提升趋势,而3种级配改性沥青混合料的水稳定性均呈正相关关系,抗滑性能则呈先提升后下降趋势,其中SBS改性沥青混合料的抗滑性能最佳。该研究成果可为改性沥青超薄磨耗层的推广应用提供借鉴。

关键词: 超薄磨耗层;改性沥青;NovaChip;高温稳定性;抗弯拉强度

中图分类号: U414

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)02-0064-04

0 引言

在重载交通影响下,沥青道路运营过程中易发生早期破坏病害。相对而言,常规铣刨重铺养护技术造成本高、施工工序复杂,已逐渐无法满足道路养护的个性化需求,而超薄磨耗层技术因其低成本、快速化养护特征,正得到越来越多的关注。

有关超薄磨耗层在道路养护工程中的应用,诸多专家学者已有一定研究成果:李运华等^[1]首先分析了NovaChip的旧路面修复机理,然后结合工程应用实例分析其道路工程养护效果,认为该材料可将外界干扰与原路面隔断来实现降噪和抗滑目的;殷俊等^[2]采用小粒径集料方案,制备了具有良好抗滑特性及排水能力的超薄磨耗层材料,重点着眼于该材料在施工过程中的碾压功及温度控制要点,并设计室内试验确定了指导现场施工的压实功控制等参数;李正中等^[3]设计了密级配UWM10超薄磨耗层,在常规路用性能测试的基础上改进了车辙试验方案,分析了该材料在长期使用过程中的构造深度变化趋势,认为UWM10相较于常规超薄铺装养护材料有着更好的路用性能表现;成高立等^[4]依托超薄磨耗层养护实例,分析了其各项施工要点及路用性能表现,

认为连续级配的超薄磨耗层在合理沥青用量及配合比设计条件下,有着良好的路用性能表现;李丽慧^[5]在热拌沥青混合料设计指标要点控制的基础上进行改进,提出了冷拌冷铺超薄磨耗层沥青混合料配合比设计方案,并验证了其路用性能表现;杨易等^[6]设计了室内试验,选用改性沥青作为层间黏结料,进行AC-13路面的模拟超薄磨耗层加铺试验,分析了4种超薄磨耗层材料与原路面层之间的黏结效果;杨鹰等^[7]选取了半开级配排水沥青混合料,在其中掺加了纤维以削减其析漏损失,研究结果证明将其作为超薄磨耗层材料有着很好的路用性能表现。此外,也有研究者针对超薄磨耗层设计及施工过程中各项路用性能的影响因素,包括UTFO和SMA超薄磨耗层材料的加热温度、油石比对空隙率的影响规律等进行研究^[8]。

综上所述,现有针对超薄磨耗层路用性能的分析研究较为普遍,而针对不同改性沥青及沥青混合料级配类型所带来的养护材料性能变化研究存在较大空白。因此,本文选取SBS改性沥青、橡胶复合改性沥青和抗车辙剂改性基质沥青这3种改性沥青胶结料,在此基础上分别选取OGFC、SMA和NovaChip这3种级配类型作为典型的开级配、间断级配和半开级配选择;针对上述3种级配类型,在分别完成级配设计后,确定不同改性沥青混合料的最佳油石比,然后成型9组相关马歇尔标准试件,对其路用性能进行检测并作对比分析。

收稿日期: 2021-05-10

作者简介: 赵立权(1971—),男,本科,高级工程师,从事道路、桥梁、排水设计工作。

1 原材料选择

1.1 集料与矿粉

作为道路养护工程中旧沥青路面的表面覆盖层,超薄磨耗层应具备足够的耐磨性和抗滑能力,在集料原材料选择过程中应充分考虑其路用性能要求,选取坚固、耐磨、质量合格的集料。此外,为了保证集料间相互嵌挤而得到稳定的骨架结构,在选择粗集料过程中应筛选棱角性明显、形状不规则且质地坚硬的岩石颗粒;在选择细集料的过程中应注重表面粗糙、干燥洁净且尽可能避免风化程度高的原材料。本文依托长春市某高等级公路大修工程,粗集料选取了产自当地的高品质玄武岩;矿粉选取了当地的石灰岩矿粉,要求其 0.075 mm 筛孔通过率在 90%以上、亲水系数在 0.9 以下。

1.2 改性沥青

超薄磨耗层的结构层层厚较薄,要保证其稳定性满足要求,需要选择黏附性较高的改性沥青胶结

料。为研究不同黏度改性沥青胶结料对超薄磨耗层路用性能的影响规律,本文选择了 3 种改性沥青并成型相关试件进行对比分析。3 种改性沥青分别为 SBS 改性沥青、橡胶复合改性沥青和抗车辙剂改性基质沥青。其中 SBS 改性沥青的 SBS 含量为 5.0%;橡胶复合改性沥青是在 SBS 改性沥青的基础上掺加 20%质量分数的 0.425 mm 废橡胶粉制备得到的高黏高弹复合改性沥青,对应的混合料拌和成型方法为湿法;抗车辙剂改性基质沥青则是在各项指标表现较为一般的 70# 基质沥青中掺加 0.8%质量分数的抗车辙剂制备得到的改性基质沥青,抗车辙剂掺加设置于该种混合料的拌和环节。

3 种改性沥青指标及检测方法见表 1。可以发现,3 种改性沥青的针入度值从大到小排序为:抗车辙剂改性基质沥青>SBS 改性沥青>橡胶复合改性沥青,即 3 种改性沥青的黏度从小到大排序为:抗车辙剂改性基质沥青<SBS 改性沥青<橡胶复合改性沥青。

表 1 3 种改性沥青指标及检测方法

检测指标	橡胶复合改性沥青		SBS 改性沥青		抗车辙剂改性基质沥青		检测方法
	检测值	规范要求	检测值	规范要求	检测值	规范要求	
针入度(25 ℃,5 s,100 g)/(0.01 mm)	53	40~60	64	≥50	71	60~80	T0604
针入度 PI	0.124	≥0	0.24	≥0	0.12	-1.5~1.0	T0604
延度(5 ℃)/cm	28.7	≥20	35.1	≥20			T0605
软化点 $T_{R\&B}$ /℃	74	≥70	86	≥75	49	≥46	T0606
运动黏度(135 ℃)/(Pa·s)	1.98	≤3	1.8	≤3			T0625
闪点 /℃	289	≥230	304	≥230	287	≥260	T0611
弹性恢复(25 ℃)/%	79.1	≥75	93.8	≥90			T0662

2 配合比设计

超薄磨耗层的结构层厚度一般设计为(20±5)mm,是现阶段道路养护工程中较为经济适用的沥青道路养护方案,可以有效延长沥青路面的总服役年限,修补沥青路面早期破坏病害,并能显著改善路面行车舒适性。应用于超薄磨耗层的沥青混合料级配选择较为广泛,常见的级配类型包括 AC、OGFC、SMA 和 NovaChip 等。考虑到沥青路面养护后的降噪、排水及抗滑综合效果,本文在进行超薄磨耗层配合比设计时对其级配类型进行了筛选,最终选择的超薄磨耗层结构层设计厚度为 20 mm,级配类型为 OGFC-10、SMA-10 和 NovaChip-10 这 3 种,分别作为典型的开级配、间断级配和半开级配选择。

各组级配均以偏级配下限的设计思路,根据现行规范设计要求进行级配设计,在集料掺配过程中

选取分档筛分精配的方案。3 种级配类型的级配设计结果见表 2~表 4。

表 2 OGFC-10 级配设计结果

筛孔尺寸 /mm	累计通过百分率 /%			
	级配上限	级配下限	级配中值	拟定级配
26.5	100	100	100	100
19.0	100	100	100	100
16.0	100	100	100	100
13.2	100	100	100	100
9.5	100	85	92.5	90
4.75	38	28	33	30
2.36	32	25	28.5	26
1.18	23	15	19	16
0.6	18	10	14	12
0.3	13	8	10.5	9
0.15	10	6	8	7
0.075	7	4	5.5	5

表 3 SMA-10 级配设计结果

筛孔尺寸 /mm	累计通过百分率 /%			拟定级配
	级配上限	级配下限	级配中值	
26.5	100	100	100	100
19.0	100	100	100	100
16.0	100	100	100	100
13.2	100	100	100	100
9.5	100	90	95	91
4.75	60	28	44	32
2.36	32	20	26	23
1.18	26	14	20	16
0.6	22	12	17	14
0.3	18	10	14	12
0.15	16	9	12.5	11
0.075	13	8	10.5	10

表 4 NovaChip-10 级配设计结果

筛孔尺寸 /mm	累计通过百分率 /%			拟定级配
	级配上限	级配下限	级配中值	
26.5	100	100	100	100
19.0	100	100	100	100
16.0	100	100	100	100
13.2	100	100	100	100
9.5	100	85	92.5	90
4.75	38	28	33	30
2.36	32	25	28.5	26
1.18	23	15	19	16
0.6	18	10	14	12
0.3	13	8	10.5	9
0.15	10	6	8	7
0.075	7	4	5.5	5

明确上述 3 组级配设计结果后,分别针对上述 3 种级配类型,采用表 1 所示的 3 种改性沥青,成型 9 组相关马歇尔标准试件(试件编号见表 5);通过体积法测试这 9 组试件的体积参数,进而确定 3 种改性沥青胶结料所对应的 9 组试件的最佳油石比,见表 5。

表 5 最佳油石比设计结果

试件编号	级配	沥青种类	最佳油石比 /%
OGFC-KC	OGFC-10	抗车辙剂改性基质沥青	3.4
OGFC-XJ		橡胶复合改性沥青	4.0
OGFC-SBS		SBS 改性沥青	3.5
SMA-KC	SMA-10	抗车辙剂改性基质沥青	5.8
SMA-XJ		橡胶复合改性沥青	6.1
SMA-SBS		SBS 改性沥青	5.9
NC-KC	NovaChip-10	抗车辙剂改性基质沥青	4.7
NC-XJ		橡胶复合改性沥青	5.0
NC-SBS		SBS 改性沥青	4.8

3 路用性能分析

3.1 高温稳定性

以动稳定度表征超薄磨耗层沥青混合料的高温稳定性,结果见图 1。由图 1 可知:随着改性沥青黏度的提升,间断级配 SMA 沥青混合料试件(SMA)的高温稳定性与之呈正相关关系,动稳定度从 1 982 次/mm 提升至 6 605 次/mm,提升率可达 233%;而半开级配 NovaChip 沥青混合料试件(NC)的高温稳定性与改性沥青黏度呈负相关关系,动稳定度从 3 215 次/mm 降低到 1 651 次/mm,降低了 61%;而改性沥青黏度变化对开级配 OGFC 沥青混合料试件(OGFC)的高温稳定性影响较小,三者动稳定度均值为 4 597 次/mm。

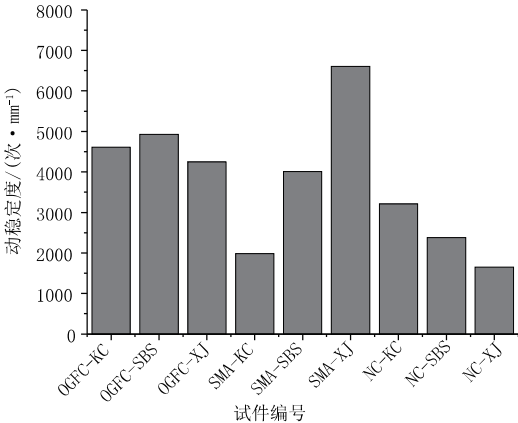


图 1 高温稳定性试验结果

3.2 低温稳定性

以劲度模量及抗弯拉强度表征超薄磨耗层沥青混合料的低温稳定性,结果见图 2。由图 2 可知:随着改性沥青黏度的提升,试件 OGFC 和 NC 的低温稳定性均呈现出明显的线性提升趋势,其中试件 OGFC 的劲度模量从 751 MPa 提升至 953 MPa,抗弯拉强度从 1 045 MPa 提升至 1 242 MPa,试件 NC 的劲度模量从 1 615 MPa 提升至 2 012 MPa,抗弯拉强度从 1 864 MPa 提升至 2 402 MPa;而试件 SMA 的低温稳定性呈现出先降后升趋势。此外,横向对比不同级配超薄磨耗层沥青混合料的总体低温稳定性,以劲度模量为表征指标,从大到小排序为:SMA(平均劲度模量 2 163 MPa)>NC(平均劲度模量 1 751 MPa)>OGFC(平均劲度模量 855 MPa)。

3.3 水稳定性

以残留稳定度表征超薄磨耗层沥青混合料的水稳定性,结果见图 3。由图 3 可知:随着改性沥青黏度的提升,3 种沥青混合料试件的水稳定性均呈现出正相关关系,试件 OGFC、SMA、NC 的残留稳定度分别

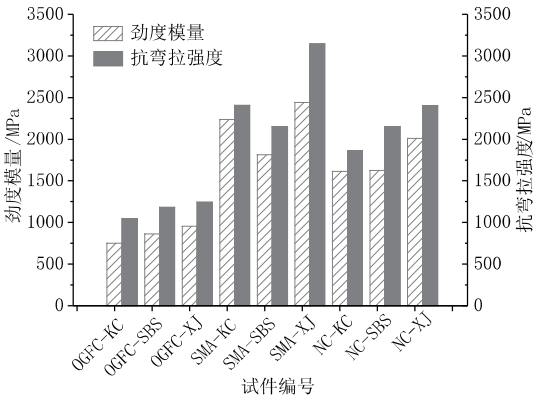


图2 低温稳定性试验结果

提升了4.9%、3.8%和6.3%;选择橡胶复合改性沥青可以最大限度地提升超薄磨耗层沥青混合料的水稳定性。横向对比不同级配超薄磨耗层沥青混合料的总体水稳定性,从大到小排序为:SMA(平均残留稳定度93%)>NC(平均残留稳定度91.33%)>OGFC(平均残留稳定度89.6%)。

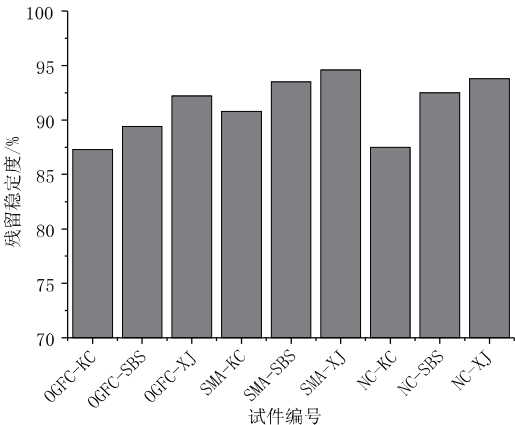


图3 水稳定性试验结果

4 抗滑性能分析

以构造深度表征超薄磨耗层沥青混合料的抗滑性能,结果见图4。由图4可知:随着改性沥青黏度的提升,3种沥青混合料试件的抗滑性能均呈现出先提升后下降的趋势,选择SBS改性沥青可以最大限度地提升超薄磨耗层沥青混合料的抗滑性;试件OGFC的构造深度峰值为2.32 mm,试件NC的构造深度峰值为1.62 mm,试件SMA的构造深度峰值为1.53 mm。横向对比不同级配超薄磨耗层沥青混合料的总体抗滑性,从大到小排序为:OGFC(平均构造深度2.12 mm)>NC(平均构造深度1.50 mm)>SMA(平均构造深度1.31 mm)。

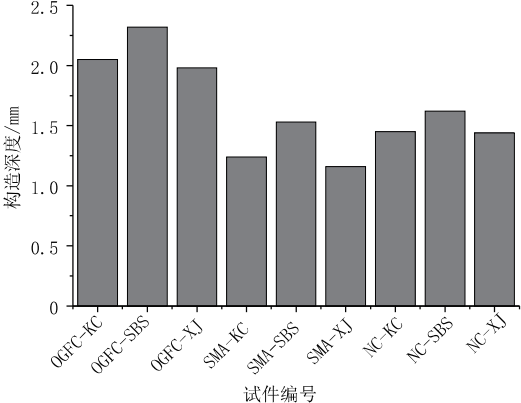


图4 抗滑性试验结果

5 结 语

(1)随着改性沥青黏度的提升,SMA改性沥青混合料的高温稳定性与改性沥青黏度的提升呈正相关关系,而NovaChip改性沥青混合料的高温稳定性与改性沥青黏度的提升呈负相关关系。

(2)随着改性沥青黏度的提升,OGFC、NovaChip改性沥青混合料的低温稳定性呈线性提升趋势;3种改性沥青混合料低温稳定性的排序为SMA>NC>OGFC。

(3)3种改性沥青混合料的水稳定性均与改性沥青黏度呈正相关关系,水稳定性的排序为SMA>NC>OGFC。

(4)3种改性沥青混合料的抗滑性能随改性沥青黏度的增加呈先提升后下降趋势,选择SBS改性沥青制备的改性沥青混合料抗滑性能最佳;3种改性沥青混合料抗滑性能的排序为OGFC>NC>SMA。

参考文献:

[1] 李运华,李珍,原华.基于Novachip超薄磨耗层的高速公路沥青路面养护技术应用研究[J].公路工程,2019,44(5):156-161.
[2] 殷俊,张愈恒,刘子铭,等.小粒径排水型抗滑超薄磨耗层施工技术[J].科学技术与工程,2019,19(9):219-227.
[3] 李正中,柴东然,耿磊,等.密级配抗滑超薄磨耗层材料UWM-10设计与路用性能研究[J].中外公路,2019,39(1):243-248.
[4] 成高立,潘梦,唐礼泉,等.沥青路面养护中连续级配超薄磨耗层技术的应用[J].筑路机械与施工机械化,2017,34(2):96-100.
[5] 李丽慧.冷拌冷铺超薄磨耗层设计指标研究[J].公路,2016,61(2):60-63.
[6] 杨易,陈华鑫,宋莉芳,等.超薄磨耗层层间粘结效果影响因素研究[J].广西大学学报(自然科学版),2015,40(1):135-141.
[7] 杨鹰,万路,李谋玉,等.纤维类排水降噪型超薄磨耗层混合料研究[J].公路,2014,59(10):230-234.
[8] 罗根传,曾理,叶群山.材料组成与温度对超薄沥青磨耗层性能影响研究[J].公路工程,2013,38(6):111-113,118.