

超粘磨耗层拌和型改性乳化沥青指标与材料开发研究^{*}

于明明^{1,2}, 朱浩然^{1,2}, 朱富万^{1,2}

(1. 苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 211112; 2. 新型道路材料国家工程实验室, 江苏 南京 211112)

摘要: 结合超粘磨耗层的特点与微表处规范, 研究超粘磨耗层拌和型改性乳化沥青的技术指标要求, 并进行改性乳化沥青制备及性能测试。结果表明, 拌和型改性乳化沥青的蒸发残留物含量 $\geq 62\%$, 残留物软化点 $\geq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; 采用中海油 90[#] 基质沥青, 经过 2.5% ML2 乳化、SBR 胶乳改性后制备的改性乳化沥青的性能符合规范要求, 且与集料各组分具有较好的配伍性。

关键词: 公路; 超粘磨耗层; 改性乳化沥青; 技术指标

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)03-0086-04

超粘磨耗层是在微表处技术上开发的新一代冷拌养护技术, 是继稀浆封层、微表处之后的第三代产品。它采用专用封层设备同时喷洒乳化沥青粘结料、摊铺拌和玻璃纤维的超粘磨耗层冷拌混合料, 经碾压后形成新的磨耗层, 相对于普通微表处, 具有高耐磨性、高粘附性、高防水性、高应力吸收和应力扩散能力、超强抗裂能力、高稳定性、施工快捷等特点。乳化沥青是用于冷拌冷铺型路面养护的重要原材料, 对微表处、超粘磨耗层冷拌沥青混合料的性能及应用效果影响极大。该文以拌和型改性乳化沥青为研究对象, 根据超粘磨耗层的特点, 结合微表处用改性乳化沥青的技术要求, 提出适合的超粘磨耗层拌和型改性乳化沥青指标要求, 并结合室内试验, 对制备出的符合要求的改性乳化沥青进行乳化沥青结合料和超粘磨耗层冷拌混合料性能测试, 为超粘磨耗层的推广应用提供支撑。

1 超粘磨耗层拌和型改性乳化沥青指标优化

超粘磨耗层结合了超薄磨耗层和微表处的特点, 但与传统的微表处又有所不同, 主要体现在: 1) 超粘磨耗层冷拌混合料中除级配骨料和改性乳化沥青外, 还掺有一定数量纵横交错的纤维材料; 2) 超粘磨耗层冷拌混合料不是直接与原路面接触, 而是同步摊铺于专用粘层改性乳化沥青之上。因此, 超粘磨耗层冷拌专用改性乳化沥青主要是针对表层含有玻璃纤维的冷拌乳化沥青混合料使用的, 用于超

粘磨耗层冷拌混合料的改性乳化沥青除需考虑满足冷拌乳化沥青混合料本身的粘结性能、抗水损害性能、耐磨性能及拌和时间、摊铺使用要求外, 还需考虑其与超粘磨耗层喷洒专用粘层改性乳化沥青及级配骨料的配伍性。

考虑到改性乳化沥青的蒸发残留物含量和残留物软化点会直接影响混合料的耐久性, 结合微表处用改性乳化沥青的技术要求, 将超粘磨耗层冷拌专用改性乳化沥青的蒸发残留物含量要求值适当提高至 $\geq 62\%$, 残留物软化点要求值适当提高至 $\geq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。参照 JTG/T F40-02-2005《微表处和稀浆封层技术规范》, 提出表 1 所示超粘磨耗层冷拌专用改性乳化沥青的技术要求。

表 1 超粘磨耗层冷拌专用改性乳化沥青的技术要求

试验项目	技术要求
破乳速度	慢裂快凝
筛上剩余量(1.18 mm 筛)/%	≤ 0.1
电荷	阳离子(+)
恩格拉粘度 E_{25}	3~30
沥青标准粘度 $C_{25.3}(25\text{ }^{\circ}\text{C})/\text{s}$	12~60
蒸发残留物含量/%	≥ 62
针入度(100 g, 25 $^{\circ}\text{C}$, 5 s)/(0.1 mm)	40~100
软化点/ $^{\circ}\text{C}$	≥ 60
延度(5 $^{\circ}\text{C}$)/cm	≥ 20
溶解度(三氯乙烯)/%	≥ 97.5
贮存稳定性/%	1 d ≤ 1 5 d ≤ 5

^{*} 基金项目: 江苏省交通运输科技与成果转化项目(2018Y25)

表 1 中,贮存稳定性根据施工实际情况选择试验天数,通常选用 5 d,若乳化沥青生产后能在第二天使用完,则可选用 1 d。个别情况下改性乳化沥青 5 d 的贮存稳定性难以满足要求,如果经搅拌后能达到均匀一致且不影响正常使用,则改性乳化沥青运至工地后应存放在附有循环或搅拌装置的贮存罐内,并进行循环或搅拌,否则不准使用。

2 拌和型改性乳化沥青的制备

2.1 原材料

改性乳化沥青的原材料主要有基质沥青、乳化剂、盐酸(根据乳化剂使用要求选配)、沥青改性剂、酸碱调节剂等。基质沥青选用中海油 90[#] 沥青,其技术指标见表 2。

表 2 中海油 90[#] 基质沥青的技术指标

试验项目	试验结果
针入度(25 ℃,100 g,5 s)/(0.1 mm)	85
软化点 $T_{R\&B}/^{\circ}\text{C}$	50.3
延度(15 ℃,5 cm/min)/cm	>150

为使超粘磨耗层面层冷拌混合料拥有足够的可施工时间和较快的开放交通时间,要求所制备的改性乳化沥青具有慢裂快凝的特性,故使用慢裂快凝型乳化剂 ML1 和 ML2。选择丁苯橡胶 SBR 作为乳化沥青改性剂。盐酸、SBR 胶乳均为市场销售产品。

2.2 制备过程及样品制备

乳化沥青是一种自身不稳定的热力学体系,仅通过普通搅拌很难制备稳定的乳液体系。采取高速剪切或胶体磨研磨方式,利用乳化剂的亲水亲油平衡特性,使被研磨的沥青颗粒稳定地分散于水相溶液中,乳化剂在沥青颗粒表面并列排列,形成稳定、紧密而具有一定弹性的单分子界面膜(见图 1)。

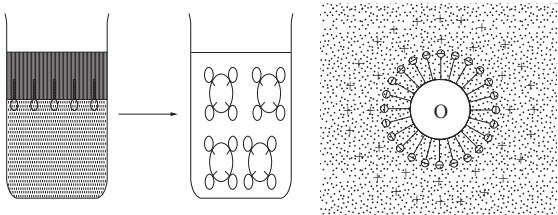


图 1 乳化沥青颗粒的分布

采用先改性后乳化工艺制备改性乳化沥青。先制备 SBR 改性沥青,再对 SBR 改性沥青进行乳化。试验条件为:中海油 90[#] 基质沥青;油水比为 60 :

40;皂液 pH 值为 2.0;改性剂选用 SBR 胶乳,剂量为 4%;皂液温度为 55~60 ℃;沥青温度为 135~140 ℃。

通常情况下,SBR 改性剂掺量越高,稳定剂比例越大,改性沥青的软化点越高,延度越好,针入度降低。结合已有工程经验,SBR 胶乳用量取 4.0%~4.5%。添加 4.0% SBR 胶乳的改性沥青具有较好的软化点和延度(见表 3),能满足改性沥青高温性能要求。

表 3 SBR 改性沥青的性能指标

试验项目	实测值	技术要求
针入度(25 ℃,100 g,5 s)/(0.1 mm)	73	60~80
软化点 $T_{R\&B}/^{\circ}\text{C}$	64	≥ 50
延度(15 ℃,5 cm/min)/cm	43	≥ 40
弹性恢复(25 ℃)/%	92	—

乳化剂的类型和用量对改性乳化沥青的破乳速度起到决定性作用,特别是超粘磨耗层,既要满足混合料拌和要求,又要保证摊铺后能快速通车。通过改变乳化剂的配比和掺量制备的 3 种慢裂快凝型改性乳化沥青见表 4。

表 4 改性乳化沥青样品中乳化剂的配比和掺量

样品编号	乳化剂配比和掺量
1	2.5% ML1
2	2.2% ML1+1.0% ML2
3	2.5% ML2

3 拌和型改性乳化沥青性能评价

3.1 粒径分析

乳化沥青的粒径直接关系到乳化沥青的稳定性,粒径越小,分布越窄,所制备的乳化沥青越稳定。对制备的 3 种改性乳化沥青进行粒径分布测试,结果见表 5、图 2。

表 5 改性乳化沥青样品的粒径分布

样品编号	粒径/ μm	
	D50	D90
1	2.07	3.68
2	5.39	9.09
3	3.68	5.99

注:D50、D90 分别为体积累计 50%和 90%的乳化沥青颗粒粒径。

从表 5 和图 2 可看出:所制备的 3 种改性乳化沥青均具有较单一的粒径,其中采用 2.5% ML1 制备的改性乳化沥青的粒径最小,采用 ML1 和 ML2 复配所制备的样品的粒径最大,说明采用 2.5% ML1 所制备的乳化沥青具有更好的乳化特性和储存稳定性;虽然采用 2.5% ML2 制备的乳化沥青样品的粒径稍大,但整体粒径范围在 3%~6%,且 50% 的粒径在 3.68 μm 以下,亦具有良好的乳化特性。考虑到 ML2 的售价比 ML1 低,出于成本考虑,后续试验样品的性能测试主要针对 3 号样品。

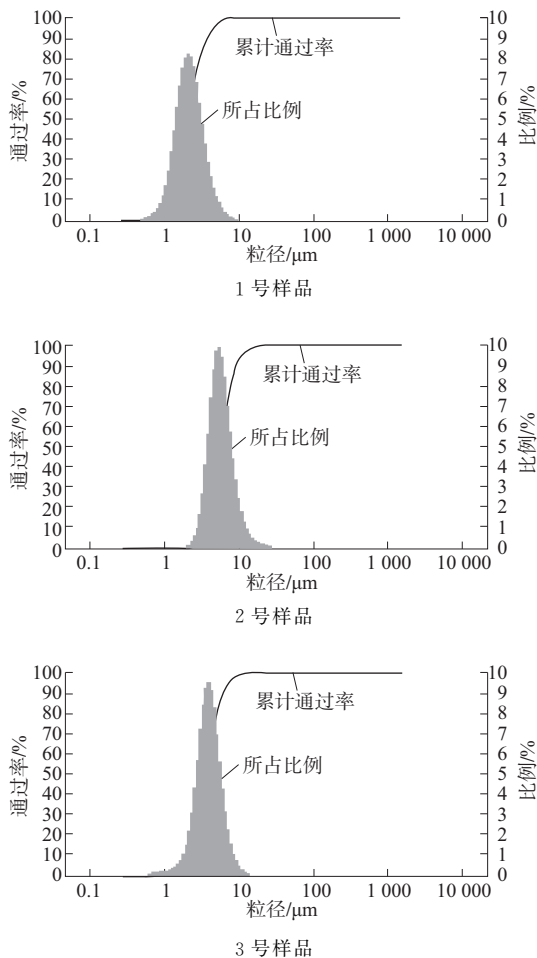


图 2 3 种改性乳化沥青样品的粒径分布

3.2 乳化沥青性能测试

按照上述技术指标,对所制备的 3 号样品进行性能测试,结果见表 6。

从表 6 可看出:采用 2.5% ML2 乳化剂、SBR 胶乳制备的改性乳化沥青符合超粘磨损层冷拌专用改性乳化沥青的技术要求。

3.3 乳化沥青与集料配伍性分析

对 3 号改性乳化沥青进行各组成材料配伍性研

究。根据所用集料筛分结果(见表 7)和 ISSA—Ⅲ型级配要求,调整确定粗、中、细三档集料配比为 19:19:62,相应级配设计和合成级配曲线见表 8 和图 3。

表 6 超粘磨损层冷拌专用改性乳化沥青性能测试结果

试验项目	测试结果	技术要求
筛上剩余量(1.18 mm 筛)/%	0	≤ 0.1
电荷	阳离子(+)	阳离子(+)
恩格拉粘度 E_{25}	15.4	3~30
蒸发残留物含量/%	63.8	≥ 62
蒸发残留物性	针入度(100 g, 25 $^{\circ}\text{C}$, 5 s)/(0.1 mm)	40~100
质	软化点/ $^{\circ}\text{C}$	≥ 60
	延度(5 $^{\circ}\text{C}$)/cm	≥ 20
贮存稳定性/%	1 d	≤ 1
	5 d	≤ 5

表 7 集料筛分结果

矿料尺寸/mm	通过方孔筛的百分率/%							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
4.75~9.5	100	9.4	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.36~4.75	100	86.8	8.2	3.1	1.6	1.0	0.8	0.6
0~2.36	100	100.0	89.8	61.8	41.3	26.2	19.2	13.4

表 8 集料级配设计(粗:中:细=19:19:62)

筛孔尺寸/mm	级配要求/%	通过率/%	筛孔尺寸/mm	级配要求/%	通过率/%
9.500	100	100.0	0.600	19~34	25.9
4.750	70~90	80.3	0.300	12~25	16.4
2.360	45~70	57.4	0.150	7~18	12.1
1.180	28~50	38.9	0.075	5~15	8.4

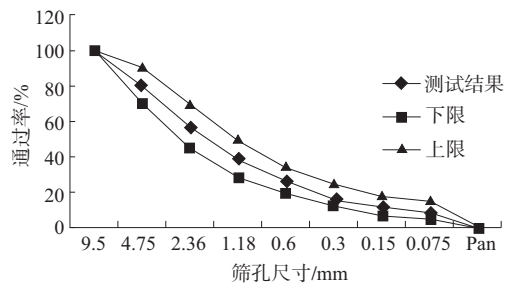


图 3 集料级配设计曲线

按照 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》进行稀浆混合料拌和试验与粘聚力

试验,评价超粘磨耗层拌和型乳化沥青与集料各组分之间的配伍性,结果见表 9。

表 9 冷拌乳化沥青混合料性能测试结果

测试项目	规范要求	测试结果
可拌和时间(30℃)/s	>120	125
粘聚力试		
30 min	>1.2	1.3
验/(N·m)		
60 min	>2.0	2.1
1 h 湿轮磨耗值/(g·m ⁻²)	<538	323.4

注:粘聚力测试试验条件为户外 31℃,自然破乳固化。

从表 9 可看出:用 2.5% ML2 制备的阳离子改性乳化沥青的拌和时间达到 125 s,满足混合料拌和要求;1 h 湿轮磨耗值满足规范要求,说明成型的混合料具有较好的配伍性;粘聚力试验结果满足规范要求,表明混合料能满足开放交通的要求。采用该乳化沥青成型的超粘磨耗层冷拌混合料的性能完全满足 ISSA A-143-2010 的要求,具有较好的路用性能及施工和易性,可满足施工需要。

4 结论

(1) 拌和型改性乳化沥青的蒸发残留物含量≥62%,残留物软化点≥60℃。

(2) 采用中海油 90# 基质沥青,经慢裂快凝型乳化剂 2.5% ML2 乳化、SBR 胶乳改性所制备的改性乳化沥青符合超粘磨耗层拌和型改性乳化沥青的技术要求,且制备的超粘磨耗层冷拌混合料具有较好的路用性能及施工和易性,可满足施工需要。

参考文献:

- [1] 牛晓伟,吴春颖,朱富万.超粘磨耗层技术在高速公路养护中的应用研究[J].石油沥青,2017,31(4).
- [2] 胡学斌.第三代路面预防性养护表面处治技术:HVE 超粘磨耗层[A].公路科学养护及装备技术研讨会论文集[C].2017.
- [3] 李宁,牛晓伟,朱富万.超粘磨耗层技术在高速公路养护中的应用研究[J].公路,2018(4).
- [4] 梁云龙.超粘磨耗层新技术在公路建设养护工作中的应用[J].粉煤灰综合利用,2012(3).
- [5] 吴玉荣.浅谈超粘磨耗层技术在贵州普通干线公路上的运用[A].中国公路学会养护与管理分会第八届学术年会论文集[C].2018.
- [6] 杨国卿,牛晓伟,朱富万.超粘磨耗层与微表处混合料路用性能对比研究[J].公路交通科技:应用技术版,

2017(12).

- [7] 鄢胜杰.在公路建设养护中的超粘磨耗层新技术[A].工程管理与技术应用研讨会论文集[C].2015.
- [8] 康德泉,韩青英.超粘磨耗层在杭州绕城高速公路的应用[J].石油沥青,2013,27(2).
- [9] 朱伟,牛晓伟,朱富万.超粘磨耗层专用高粘改性乳化沥青指标与材料开发研究[J].石油沥青,2017,31(6).
- [10] 王小凤,徐磊磊,王进玺.玻璃纤维超粘磨耗层路用性能试验研究[J].高科技纤维与应用,2017,42(1).
- [11] JTG/T F40-02-2005,微表处和稀浆封层技术指南[S].
- [12] 肖晶晶,蒋玮,王振军.改性乳化沥青残留物性能检验与评价体系研究[J].武汉理工大学学报,2010,32(14).
- [13] ISSA A-143-2010,Recommended performance guideline for micro-surfacing[S].
- [14] 梅晨悦,刘子铭,祁静,等.小粒径排水型超薄罩面路用性能研究[J].公路与汽运,2019(2).
- [15] 王丽,李文凯,齐力源.超薄磨耗层路面使用性能与层间剪切试验研究[J].公路与汽运,2018(1).
- [16] 李亚明.超薄磨耗层的研究与应用[D].长沙:长沙理工大学,2012.
- [17] 姚飞.高速公路沥青路面的预防性养护技术研究[D].长沙:长沙理工大学,2010.
- [18] 温立影.超薄磨耗层高性能改性乳化沥青粘层材料开发研究[D].西安:长安大学,2011.
- [19] 宋阳.Novachip 超薄磨耗层在高速公路预防性养护中的应用研究[D].广州:华南理工大学,2017.
- [20] 郑文华.温拌橡胶沥青在超薄磨耗层中的应用技术研究[D].北京:北京建筑大学,2019.
- [21] 沙庆林.高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [22] 尹敬.公路养护中的温拌超薄磨耗层施工技术[J].黑龙江交通科技,2020(4).
- [23] 石建民.高速公路养护中温拌超薄磨耗层施工技术[J].中国建材科技,2018,27(3).
- [24] 靳彦彪,温立影.超薄磨耗层粘结材料配比及最佳用量探析[J].华东公路,2013(1).
- [25] 朱中华,肖晶晶,蒋玮.乳化剂剂量对改性乳化沥青性能的影响研究[J].交通标准化,2008(10).
- [26] 赵喆.超粘磨耗层与纤维同步碎石封层的应用对比研究[J].现代交通技术,2016(6).
- [27] 孙培,韩森,李晓娟,等.超薄磨耗层沥青混合料的抗剪性能[J].江苏大学学报:自然科学版,2016,37(5).
- [28] 雷勇,王涛,张晓峰,等.中海 PCR 型超薄磨耗层用改性乳化沥青的研究与应用[J].石油沥青,2016,30(6).

收稿日期:2019-10-25