

不同温拌剂对沥青混合料路用性能的影响研究

卢林

(郴州市新天投资有限公司, 湖南 郴州 423000)

摘要: 采用 Brookfield 粘度计测试了掺加 Sasobit®、Evotherm™ 温拌剂的沥青在不同试验温度下的粘度, 通过车辙试验、冻融劈裂试验、低温弯曲试验对比分析了两种温拌沥青混合料和热拌沥青混合料的路用性能。结果表明, 温拌剂能降低集料与沥青之间的摩阻力, 与 Evotherm™ 相比, Sasobit® 温拌剂的表面活性功能对沥青粘度的影响更大, 在夏季高温时能有效降低沥青的粘度, 增强沥青与集料的粘结效果; Sasobit® 与 Evotherm™ 对沥青混合料路用性能的影响程度不同, 生产时可根据工程实际情况选择适宜的温拌剂。

关键词: 公路; 温拌剂; 沥青混合料; 路用性能; 影响因素

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)04-0102-04

目前温拌沥青混合料的制作方法有 4 种: 1) 矿物法。在矿料混合搅拌时加入适量 Aspha-Min, 这种材料与沥青发生反应产生大量泡沫, 泡沫在拌和过程中起到润滑作用, 从而达到温拌目的。2) 泡沫沥青温拌法。采用一定技术或工艺向沥青中添加少量水分制得泡沫沥青, 再将其和矿料混合均匀。其用水量一般控制在 1.5% 左右。采用这种方法可降低沥青的粘度, 达到温拌效果。3) 有机添加剂法。向热熔沥青中加入一定量低熔点有机物以减小沥青粘度, 在得到同样粘附性的条件下对温度的要求没有那么高, 达到温拌目的。4) 表面活性剂法。与矿物法类似, 在混合料拌和时加入表面活性剂, 在保证沥青与矿料拌和均匀和压实度的同时降低集料和沥青间的摩阻力, 实现温拌效果。该文选用两种典型温拌剂, 即有机添加剂 Sasobit® 和表面活性剂 Evotherm™, 通过室内试验研究温拌沥青混合料的路用性能, 为其实际应用提供指导。

1 原材料性能测试

1.1 沥青

采用 AH-70# 基质沥青, 其主要性能指标测试结果见表 1。

1.2 温拌剂

采用 Sasobit®、Evotherm™ 温拌剂。Sasobit® 是 Sasol-Wax 公司生产的石蜡产品, 但其不同于一般的蜡, 其分子具有 40~120 个碳原子的长链脂肪酸, 一般温度下呈球形。将 Sasobit® 掺加到沥青中可减小其粘度, 进而实现温拌。Sasobit® 温拌剂的

主要性能指标测试结果见表 2。

表 1 AH-70# 基质沥青的主要技术性能测试结果

项目	测试结果	规范要求
针入度 (100 g, 25 °C, 5 s)/(0.1 mm)	67	60~80
延度 (15 °C, 5 cm/min)/cm	>100	≥100
软化点/°C	48.1	≥45
闪点 (COC)/°C	331	≥260
溶解度 (C ₂ HCl ₃)/%	99.9	≥99.5
密度/(g·cm ⁻³)	1.034 6	—

表 2 Sasobit® 的主要性能指标测试结果

项目	测试结果	规范要求
密度/(g·cm ⁻³)	0.95	—
熔点/°C	100	98~110
闪点/°C	290	—
65 °C 针入度/(0.1 mm)	7	≤10
25 °C 针入度/(0.1 mm)	<0.8	≤1
135 °C 粘度/(MPa·s)	123.4	100~140

Evotherm™ 是 MeadWestvaco 公司研发的一种具有表面活性的乳化沥青产品, 其分子中含有亲油性的憎水基及亲水基, 按质量计算, 该乳液含有约 70% 的沥青结合料, 能通过润滑作用减小拌和和碾压温度。Evotherm™ 温拌剂的主要性能指标测试结果见表 3。

表 3 Evotherm™ 的主要性能指标测试结果

项目	测试值
pH 值	7.4
胺值/(mg·g ⁻¹)	212
固含量/%	≥设计值

1.3 矿料

粗、细集料均采用石灰岩,要求石料清洁、无黏土块及有害物质。AC-13 沥青上面层所用集料分为 11~19、6~11、4~6、0~4 mm 4 种规格分别堆放,最大粒径不超过 16 mm(方孔筛),其性能指标测试结果见表 4。

表 4 集料的性能指标测试结果

项目	测试结果				规范 要求
	11~19	6~11	4~6	0~4	
集料压碎值/%	17.7	17.7	17.7	17.7	≤24
针片状含量/%	5.1	4.6	3.1	2.7	≤15
表观相对密度	2.681	2.647	2.622	2.645	≥2.5
毛体积相对密度	2.654	2.617	2.612	2.615	≥2.5
<0.075 mm 颗粒 含量(水洗法)	0.2	0.2	0.1	0.1	≤1

填料采用石灰岩矿粉,其各项性能指标测试结果见表 5。

表 5 矿粉的性能指标测试结果

项目	测试结果	规范要求
密度/(kg·m ⁻³)	2.730	—
表观相对密度	2.735	≥2.5
亲水系数	0.6	<1
塑性指数	3.1	<4

2 温拌剂对沥青粘度的影响

通过 Brookfield 旋转粘度试验分别对两种温拌剂最佳用量下的沥青进行测试,分析其对沥青粘度性能的影响。分别称量适量的温拌剂加入熔融沥青中制备沥青胶结料,其中 Evotherm™ 掺量为 0.3%, Sasobit® 掺量为 3%;采用剪切仪以一定速率剪切 45 min,使温拌剂更好地相容;对制备好的两种温拌沥青进行不同温度下的粘度测试,并与基质沥青作对比。布氏旋转粘度试验结果见图 1。

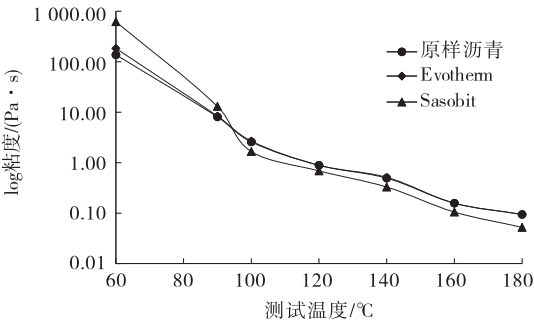


图 1 沥青布氏旋转粘度试验结果

由图 1 可以看出:不同沥青胶结料的粘度都与试验温度成反比,即试验温度增加,粘度降低。当温度小于 100 °C 时,掺加 Sasobit® 的沥青粘度大于 Evotherm™ 沥青和原样沥青;温度大于 100 °C 时,掺加 Sasobit® 的沥青粘度逐渐低于原样沥青,其粘度受 Sasobit® 的影响较大。整个温度范围内,相比于 Sasobit® 温拌剂,沥青粘度受 Evotherm™ 温拌剂的影响较小,尤其在温度高于 100 °C 后,其影响更小,基本与原样沥青没有区别。主要是因为 Sasobit® 熔点较低,只有 100 °C,试验温度小于 100 °C 时,Sasobit® 与沥青相容性较差,容易结晶析出而使沥青的粘度较大;温度高于 100 °C 时,Sasobit® 能以流动状态而较好地相容于沥青中,使沥青的粘度降低。Evotherm™ 并不直接对沥青产生影响,而是掺入混合料中有效减小集料与沥青间的接触角,从而实现沥青与矿料的裹附。

3 温拌沥青混合料的路用性能

3.1 混合料配合比设计

研究表明,掺加温拌剂只会减小施工生产温度,不会影响混合料的油石比。因此,采用热拌的方法得到温拌沥青的最佳油石比。按照筛分试验并适当调整最终得出合成级配 AC-13(见图 2)。试验过程中的温度控制:矿料 160 °C;沥青 145 °C;拌和 145 °C;成型 135 °C。

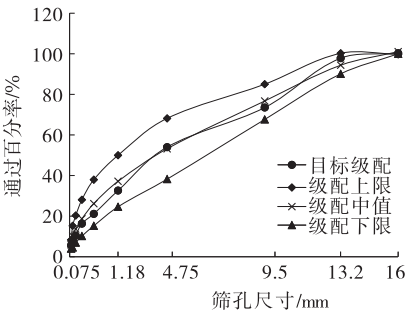


图 2 AC-13 混合料的合成级配

按照 JTGE20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》成型标准马歇尔试件进行试验,结果

见表 6。根据试验结果,得出温拌沥青混合料的最佳油石比为 4.8%。

表 6 AC—13 温拌沥青混合料马歇尔试验结果

油石比/%	空隙率/%	矿料间隙率/%	饱和度/%	毛体积密度/(g·cm ⁻³)	流值/mm	稳定度/kN
4.0	4.11	13.57	69.71	2.421	3.43	13.66
4.5	3.94	13.99	71.84	2.451	3.63	13.73
5.0	3.10	14.52	78.65	2.469	4.40	12.33
5.5	2.99	15.61	80.85	2.471	4.81	11.20
规范要求	3~6	≥13	70~85	—	2~4	≥7.50

3.2 高温性能

高温稳定性是沥青路面长期使用性能的重要指标。根据试验规程要求,试件成型 24 h 后拆模并放入恒温箱中 5 h,温度为 60℃,然后进行车辙试验。试验结果见表 7。

表 7 沥青混合料车辙试验结果

混合料类型	试件 编号	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	
		试验结果	平均值
普通热拌沥青	1	1 575	1 487
	2	1 490	
	3	1 396	
Evotherm TM 温拌沥青	1	2 331	2 382
	2	2 537	
	3	2 278	
Sasobit [®] 温拌沥青	1	4 847	4 689
	2	4 722	
	3	4 498	

由表 7 可知:3 种沥青混合料的动稳定度都能达到规范要求,动稳定度从大到小依次为 Sasobit[®]温拌沥青>EvothermTM温拌沥青>普通热拌沥青;掺加 EvothermTM和 Sasobit[®]的温拌沥青混合料的动稳定度分别比普通沥青提高 60.18%、215.36%,表明温拌沥青混合料的高温抗车辙能力很好。这是由于在混合料级配和最佳油石比不变的条件下,适量的 EvothermTM温拌剂可增强混合料的粘附性,而较强的粘附性能又能改善混合料的高温车辙性能;在试验温度 60℃时,Sasobit[®]温拌剂在沥青中仍呈结晶状态,一定程度上沥青混合料的抗变形能力有所增强,高温稳定性也较好。

3.3 水稳定性

由于降雨或其他因素,路面结构容易受水的侵蚀,特别是坑槽易积水,除加速路面破坏外,还会对行车安全造成很大威胁,故沥青路面必须具有足够的水稳定性以抵抗水损害。采用冻融劈裂试验评价 3 种沥青混合料的水稳性能,以冻融劈裂强度表征沥青砼受冰雪冻融后的破坏程度,其值越大,试件冻融破坏程度越小;以冻融劈裂强度比 TSR 作为水稳性评价指标,其值越大,水稳定性越好。试验结果见表 8。

表 8 沥青混合料冻融劈裂试验结果

混合料类型	TSR/%
Evotherm TM 温拌沥青	83.32
Sasobit [®] 温拌沥青	78.12
普通热拌沥青	81.33
规范要求/%	≥75

由表 8 可以看出:3 种沥青混合料的冻融劈裂强度比从大到小依次为 EvothermTM温拌沥青>普通热拌沥青>Sasobit[®]温拌沥青,但相差不大,都在规范要求范围内。这是由于 Sasobit[®]温拌剂虽然在高温条件下能减小沥青的粘度,但也会削减与矿料的粘附性能,导致沥青混合料的水稳定性受到一定负面影响。而 EvothermTM本身含有亲油基的憎水基及亲水基,其在混合料中扮演着不同角色,亲油基能较好地结合沥青,并附着于矿料与沥青的界面阻止水侵入;亲水基则作用于矿料表面,能很好地加强混合料的粘附性,具有良好的抗剥落性能。因此,EvothermTM温拌沥青的水稳定性更好。

3.4 低温性能

采用低温弯曲试验评价 3 种沥青混合料的低温

性能。试验温度为 -10°C ,加载速率为 5 cm/min ,对规定尺寸的小梁试件进行加载,试验结果见表9。

表9 沥青混合料小梁低温弯曲试验结果

混合料类型	破坏强度/MPa	破坏应变/ $(\times 10^{-6})$	劲度模量/MPa
普通热拌沥青	8.76	2 788	3 142.04
Evotherm TM 温拌沥青	8.66	2 779	3 116.23
Sasobit [®] 温拌沥青	8.52	2 556	3 333.33

由表7可以看出:相比于普通热拌沥青混合料,EvothermTM、Sasobit[®]温拌沥青混合料的破坏应变分别降低 0.32% 和 8.32% ,表明温拌剂可减小混合料的低温性,其中Sasobit[®]更明显,EvothermTM温拌剂对低温变形的影响甚小。这是因为混合料低温性能主要受沥青低温劲度的影响,而粘度又对沥青劲度有较大影响,如果沥青粘度过高,沥青会呈现脆硬的特点,一旦沥青硬脆,就会对低温性能产生较大负面影响。从沥青粘度方面考虑,相比于EvothermTM,Sasobit[®]可大幅度增加沥青的粘度,故Sasobit[®]温拌沥青混合料的低温破坏应变比EvothermTM降低更显著。

4 结论

(1) 相比于Sasobit[®],沥青粘度受EvothermTM的影响更小;当温度小于Sasobit[®]熔点时粘度增加,大于其熔点时粘度降低。

(2) 在路用性能方面,不同温拌剂带来的效果与性能差异很大。Sasobit[®]和EvothermTM温拌剂都在一定程度上增强了混合料的高温抗变形特性,Sasobit[®]温拌剂更显著;但Sasobit[®]温拌剂会降低

混合料的低温和水稳性能;EvothermTM温拌剂对于低温变形和抗水损坏特性的影响较小。

(3) 对于实体工程,应根据其实际情况及当地气候综合优选温拌剂。

参考文献:

- [1] 刘至飞,吴少鹏,陈美祝,等.温拌沥青混合料现状及存在问题[J].武汉理工大学学报,2009,31(4).
- [2] 许菲菲,刘黎萍,唐海威,等.温拌沥青混合料与热拌沥青混合料性能对比[J].公路工程,2009,34(3).
- [3] 张宜洛,王涛,李晨.不同温拌沥青混合料降温效果研究[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2016,35(6).
- [4] 林敏,那日苏,郑学文,等.基于降粘技术的温拌沥青混合料的路用性能[J].武汉理工大学学报,2015,37(5).
- [5] 贺华刚,郝付军.温拌沥青混合料降温机理及路用性能对比[J].中外公路,2015,35(5).
- [6] 张丽宏.温拌沥青混合料性能研究[J].环境工程,2014(增刊1).
- [7] 郭平,祁峰,弥海晨.温拌沥青混合料的路用性能[J].长安大学学报:自然科学版,2010,30(3).
- [8] 刘双.不同机理温拌沥青混合料应用性能评价研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2012.
- [9] 王礼志,王亮,杨殊,等.一种新型温拌沥青混合料SMA-13路用性能研究[J].湖南交通科技,2016,42(1).
- [10] JTG E20-2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [11] 严超,方杨,张国民.GAC-20型温拌沥青混合料水稳定性及高温性能研究[J].广东公路交通,2016(5).
- [12] 王文奇,罗忠贤,谢远新,等.Sasobit温拌沥青混合料路用性能试验[J].西华大学学报:自然科学版,2016,35(1).

收稿日期:2017-04-14

(上接第101页)

和最不利状态下的弹性模量计算出的适宜加铺厚度和基层弹性模量的变化对加铺厚度的影响不大,建议按规范下限值进行计算后根据施工适宜摊铺厚度进行加铺厚度设计。

参考文献:

- [1] 张争奇.高速公路沥青路面维修养护技术[M].北京:人民交通出版社,2010.
- [2] JTG D50-2006,公路沥青路面设计规范[S].
- [3] 武建民,杜荣耀,王笑风.基于有效模量的沥青路面加

铺层设计方法[J].长安大学学报:自然科学版,2012,32(4).

- [4] 杨振丹.半刚性基层沥青路面加铺层设计方法研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.
- [5] 佛山路桥建设有限公司.佛山一环建设及养护设计文件[Z].佛山:佛山路桥建设有限公司,2015.
- [6] 广东省公路勘察设计院有限公司.广明高速二期工程可行性研究报告[R].广州:广东省公路勘察设计院有限公司,2015.

收稿日期:2017-03-15