

文章编号:1005-0523(2013)03-0065-06

DAT与SA温拌排水沥青混合料路用性能对比

王 坤¹,陈景雅¹,王 谦²,瞿 翔¹

(1. 河海大学土木与交通学院,江苏 南京 210098; 2. 潍坊昌大建设集团,山东 潍坊 261031)

摘要:为研究SA与DAT分别对排水沥青混合料的路用性能影响。首先,采用马歇尔试验确定热拌排水沥青混合料的最佳配合比;其次,对掺加SA与DAT的混合料进行路用性能试验。试验表明:温拌排水沥青混合料击实温度可降为155℃;SA与DAT温拌剂对排水沥青混合料降温幅度相近,但是前者抗车辙性能明显优于后者;低温性能略低于后者;水稳定性两者相近。因此,温拌技术应用于排水沥青路面通过外掺温拌剂法是可以实现的,并且优先选用SA作温拌剂。由此提出了一种低碳环保的绿色筑路技术。

关键词:排水沥青混合料;SA与DAT添加剂;降温幅度;路用性能

中图分类号:U416.217

文献标志码:A

在高等级公路建设中,热拌沥青混合料(hot mix asphalt, HMA)以其独特良好的使用性能受到各国的青睐。迄今为止,HMA是应用最为广泛、路用性能最为优良的一种混合料^[1]。但热拌沥青混合料也暴露出许多缺陷,主要表现在^[2-4]:混合料生产过程中伴有有害气体排放,污染环境严重,对操作人员的身体健康产生不利影响;能源消耗量也相对较大;较为苛刻的施工条件加速了沥青胶结料的老化,降低了混合料路用性能;相对较短的施工季节造成机械人员很长时间的闲置,再有就是HMA施工工期长。相对于热拌,冷拌沥青混合料在能耗、环保方面有一定优势,但总体上其路用性能与HMA相比还有较大差距。因此,它只能用于沥青路面的修补,低、中重交通量路面的下面层和基层^[5]。鉴于此,为控制环境污染,减少能源消耗,针对传统的HMA技术,各国科研工作者经过不断努力,相应提出了温拌沥青混合料(warm mix asphalt, WMA)技术^[6-7]。目前,该方向的研究趋势就是通过一定的技术措施,降低沥青高温下的粘度,使沥青能在相对较低的温度下进行拌合及施工,同时又不致损害其路用性能。

温拌沥青混合料的主要优点有^[6]:无需改造设备即可进行生产;可以降低拌合成本;可以降低沥青混合料的生产能耗,减轻老化,改善路用性能;可以减少有害气体排放量,降低环境污染,改善工作环境;可以延长施工季节,增加沥青路面施工的灵活性和便利性;可以延长沥青混合料拌合设备使用寿命,降低设备使用成本;可以较快开放交通。温拌技术的主要技术路线:降黏型温拌技术,添加高温黏度很低的有机降黏剂,降低胶结料黏度,以蜡或蜡状物(sasobit, SA)为主;发泡型温拌技术,通过自由水或结晶水,采用机械或细集料带水激发沥青发泡来临时性降低沥青的黏度;表面活性温拌技术^[8],与前两种不同,表面活性温拌技术采用分散沥青添加剂(disperse asphalt technology, DAT)、表面活性添加剂、水和沥青在拌合过程中共同作用,借助拌合的强大分散能力实现彼此交织。由于水膜润滑作用不受温度影响,温度下降时,水膜润滑作用能够很大程度抵消沥青黏度增大的作用,从而实现温拌效果。

收稿日期:2013-04-25

基金项目:江苏省2012年度普通高校研究生科研创新计划项目(CXLX12_0257)

作者简介:王坤(1988—),男,硕士研究生,研究方向为道路与铁道工程。

由于温拌技术与排水路面的大空隙结构对强度产生不利影响的叠加,使得目前温拌技术在排水沥青路面上的应用极为罕见,所以,温拌技术应用于排水沥青路面非常值得研究。通过空隙率指标变化确定SA温拌与DAT温拌排水沥青混合料的合理的拌合击实温度,并对2种温拌排水路面的路用性能进行对比,用以验证温拌技术的可行性及确定合适的温拌添加剂。

1 原材料

1.1 沥青

排水沥青的大空隙结构使其具有良好的排水功能和雨天行车安全特性的同时,必然使其耐久性与强度有所损失;而且空隙率越大,排水功能越好,这种损失程度也随之增大^[9]。为了减少这种损失,本次试验选取粘度较高的沥青胶结料—高粘沥青,并对其各指标进行检测,检测结果见表1。由表1可以看出,本次试验选取的高粘沥青的各项相关指标均满足规范的要求^[10]。

表1 高粘沥青检测结果
Tab.1 Results of very sticky bitumen test

检验项目	针入度 (25℃, 100 g, 5 s)/0.1 mm	延度(5 cm/min, 5℃)/cm	软化点/ ℃	闪点/ ℃	薄膜加热试验残留物 (163℃, 5 h) 质量变化/% 针入度比/%		粘附性/ (N·m)	韧性/ (N·m)
实测数据	71	53	82	290	-0.3	78	20	25
技术要求	≥40	≥50	≥80	≥260	≤0.6	≥65	≥15	≥20

1.2 集料

排水沥青混合料以粗集料为主,因此粗集料质量直接决定排水沥青路面的抗滑性能。同时,为保证混合料排水功能,石料外形应具有近似立方体形状,针片状颗粒比一般要求高,而且要求采用洛杉矶法测定的磨耗率小于25%~30%^[11]。试验选取的矿粉为石灰岩矿粉,粗细集料为玄武岩。集料的密度试验结果如表2所示。

表2 集料密度试验结果
Tab.2 Results of aggregate density test

材料名称	表观相对密度	毛体积相对密度
1#料	2.989	2.892
2#料	2.981	2.872
3#料	3.003	2.808
4#料	2.773	—
矿粉	2.692	—

1.3 温拌添加剂

SA温拌添加剂有颗粒状及粉末状两种形态,其中颗粒状小球可直接掺入混合料,为保证施工便利及质量控制,粉末状适用于在熔融状态下掺入热的沥青中,本试验推荐选用颗粒状形态的SA温拌剂,其物理化学指标见表3。

表3 SA的物理和化学性质
Tab.3 Physical and chemical properties of SA

颜色	凝固点/℃	气味	135℃黏度/cp	沸点	水稳性/20℃
白色	≥100	无味	<12	沸点以下发生温度分裂	不溶
闪点/℃	25℃针入度/ 0.1 mm	pH值	65℃针入度/ 0.1 mm	25℃密度/ (g·cm ⁻³)	物态
≥285	<1	中性	<7	0.94	凝固点下为固体,以上为液体

DAT温拌添加剂常温下呈液态,主要与水和沥青在拌合过程中共同作用,借助拌合的强大分散能力实现彼此交织。其物理指标见表4。

2 试验结果及其讨论

2.1 配合比设计

进行温拌排水沥青混合料级配设计前需要对混合料的原材料进行筛分试验,其试验结果见表5。

根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)^[12]在OGFC-13的级配范围内选择排水沥青混合料的3个级配。温拌排水沥青混合料所选的级配见表6。

表4 DAT温拌外加剂关键指标

Tab.4 Key index of DAT additive

类型	pH值	胺值/(mg·g ⁻¹)
H5	9.8	490

表5 原材料筛分试验结果

Tab.5 Results of raw material sieving test

筛孔尺寸/mm	筛孔通过率/%				
	1#	2#	3#	4#	矿粉
16	100	100	100	100	100
13.2	89	100	100	100	100
9.5	3	94.6	100	100	100
4.75	0.7	4.1	91.3	100	100
2.36	0.7	0.6	4	91.4	100
1.18	0.7	0.6	1.2	70.7	100
0.6	0.7	0.6	1.2	48.8	100
0.3	0.7	0.6	0.6	23.5	100
0.15	0.7	0.6	0.6	11.4	96
0.075	0.7	0.6	0.6	5.6	89.6

表6 OGFC-13级配

Tab.6 Curve graph of OGFC-13

通过率/%	筛孔尺寸/mm		
	级配上限	级配下限	合成级配
16	100	100	100
13.2	100	90	92.8
9.5	80	60	65.6
4.75	30	12	23.2
2.36	22	10	16.4
1.18	18	6	11.6
0.6	15	4	8.7
0.3	12	3	6.7
0.15	8	3	6.1
0.075	6	2	5.2

分别对3条级配的热拌沥青混合料进行马歇尔试验,谢伦堡沥青析漏试验、肯塔堡飞散试验、动稳定度试验并对结果进行对比分析。试验结果见表7。

表7 热拌排水沥青混合料各级配试验结果

Tab.7 Results of hot mix porous asphalt mixture at all levels

级配	最佳油石比/%	空隙率/%	稳定度/kN	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	析漏损失/%	飞散损失/%
级配1	6.1	15.8	5.4	3 430	0.25	10.5
级配2	5.5	20.3	6.6	4 256	0.22	11.2
级配3	4.5	28.5	5.0	3 746	0.27	16.8

从表7可以看到,3条级配沥青混合料的各指标,为保证排水沥青路面的使用性能,空隙率宜在18%~25%之间,级配2符合此要求,且其各指标明显优于其它两条级配的指标,因此优选级配2作为设计级配,进行其它性能的试验。

按此级配的集料配料,采用5种油石比4.3%,4.8%,5.3%,5.8%,6.3%,聚酯纤维掺加量均为混合料质量的0.25%,双面各击实50次制作马歇尔试件,进行空隙率、谢伦堡析漏损失、肯塔堡飞散损失、马歇尔稳定度等相关指标试验,最终确定最佳油石比为5.4%。然后,进行最佳油石比下的热拌与温拌的性能对比试验。

2.2 温拌与热拌排水沥青混合料性能比较

2.2.1 最佳击实与拌和温度的确定

沥青混合料的拌和温度根据沥青的不同而有所差别。为了以体积参数为控制指标来确定合理施工温度^[13],对于未添加温拌剂,添加 DAT 温拌剂和 SA 温拌剂的高粘沥青,拌和温度分别采用 135, 145, 155, 165, 175 ℃,对成型试件的空隙率作对比确定合理的拌和温度。

沥青混合料拌和好以后立即成型,试件采用马歇尔击实仪,试件尺寸为直径 101.6 mm、高(63.5±1.3) mm。为了对比不同试验温度的空隙率差别,故对所有混合料试件均采用相同的压实功(正反各击实 50 次)。空隙率结果如图 1 所示。

由图 1 可以看出 3 种混合料的空隙率都随拌和温度的升高而降低,175 ℃下的热拌沥青混合料的空隙率与 155 ℃两种温拌条件下的空隙率接近,故温拌条件下合理的拌和温度是 155 ℃。

采用级配 2 对排水沥青混合料进行热拌和两种温拌添加剂下的温拌性能试验,并进行对比分析,其中 DAT 温拌剂的掺量为沥青质量的 10%,温拌试验采用的 SA 温拌剂的掺量为沥青质量的 2.5%,击实次数为正反各 50 次。两种试验条件见表 8 所示。

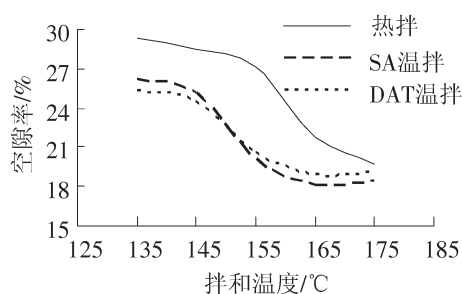


图 1 空隙率与拌和温度关系图

Fig.1 Relational graph of void ratio and mixing temperature

表 8 热拌与温拌排水沥青混合料试验条件对比

Tab.8 Test condition contrast of warm and hot porous asphalt mixture			℃
项目	热拌	温拌	
沥青加热温度	175	170	
集料加热温度	180	160	
拌合温度	175	155	
击实成型温度	175	155	

由表 8 可以总结出:温拌排水沥青混合料的集料加热温度比热拌的降低 20 ℃,击实成型温度比热拌的降低 20 ℃。

2.2.2 高温稳定性能

对温拌和热拌排水沥青混合料进行车辙试验,荷载按标准方法采用 0.7 MPa,试验温度为 60 ℃,测试两种拌和条件下的排水沥青混合料的车辙动稳定度指标,比较分析拌和与击实温度对排水沥青混合料抗车辙能力的影响,试验结果见表 9 所示。

表 9 排水沥青混合料动稳定度试验结果

Tab.9 Rutting test results of porous asphalt mixture

混合料类型	热拌 OGFC-13	SA 温拌 OGFC-13	DAT 温拌 OGFC-13	要求
车辙动稳定度/(次·mm ⁻¹)	3 988	4 432	4 018	≥3 000

试验结果表明,拌和与击实温度对排水沥青混合料的抗车辙能力影响明显,由表 9 可以看出,温拌排水沥青混合料与热拌排水沥青混合料相比稳定度和动稳定度稍有升高 SA 温拌 OGFC-13 升高幅度较 DAT 温拌 OGFC-13 明显,说明 SA 和 DAT 添加剂对排水沥青混合料的抗车辙能力有促进作用,且 SA 添加剂对其的促进效果更为明显。

2.2.3 水稳定性能

对温拌和热拌排水沥青混合料进行浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验和肯塔堡飞散试验,试验结果见表 10。从表 10 可以看出热拌排水沥青混合料和温拌排水沥青混合料的水稳定性能各项指标均满足规范规定的技术标准。温拌排水沥青混合料的水稳定性能与热拌相比稍有所降低但是降低幅度不大,均满

足规范要求^[10],两种温拌条件下的沥青混合料水稳定性相差不大。

表 10 排水沥青混合料水稳定性试验结果

Tab.10 Water stability test results of porous asphalt mixture

混合料类型	残留稳定度/%	残留稳定度技术要求/%	冻融劈裂残留强度比/%	冻融劈裂残留强度比技术要求/%	浸水肯塔堡飞散损失/%	飞散损失技术要求/%
热拌	90.5		84.2		14.8	
SA 温拌	87.2	≥80	81.8	≥70	16.4	<30
DAT 温拌	86.4		80.8		17.7	

温拌排水沥青混合料的高温稳定性和水稳稳定性均满足规范技术要求^[10],与热拌排水沥青混合料相比高温性能稍有升高,水稳定性稍有降低。

2.2.4 低温性能

沥青混合料的低温性能主要取决于强度和变形能力,抗裂性能低材料,强度和变形能力也会相对较低。本试验对 OGFC-13 混合料低温性能的评价采用小梁弯曲试验得到的弯曲应变 $\varepsilon = \frac{6hd}{L^2}$,其中: h 为试件跨中断面的高度; d 为试件破坏时的跨中挠度; L 为试件的跨径。单位均为 mm。其试验结果见表 11。

表 11 小梁弯曲试验结果

Tab.11 Results of bending test of small beam

混合料类型	热拌 OGFC-13	SA 温拌 OGFC-13	DAT 温拌 OGFC-13
弯曲应变($\times 10^{-6}$)	2 130	1 848	2 016

由表 11 可以看出,温拌 OGFC-13 沥青混合料的低温稳定性有所降低,而且 SA 温拌 OGFC-13 沥青混合料的低温稳定性略低于 DAT 温拌 OGFC-13 沥青混合料。

综上,与热拌排水沥青混合料相比温拌排水沥青混合料的高温性能稍有升高,水稳定性稍有降低,低温性能有所下降,但是都符合规范要求^[10]。

3 结论

1) 通过合理的选择温拌剂的种类与用量,可以实现排水沥青路面的温拌技术。

2) 与热拌排水沥青混合料相比,温拌排水沥青混合料的合理击实温度为 155 ℃,可以在低于热拌料 20 ℃条件下取得同等的拌和与碾压效果。

3) SA 温拌与 DAT 温拌有相近的降温效果。两者的水稳定性较热拌沥青混合料均有略微降低,但仍符合规范要求;抗车辙能力有较大提高,并且 SA 温拌沥青混合料的抗车辙能力最强。温拌条件下的低温性能均有所下降,DAT 温拌条件下的低温性能下降幅度较小。根据试验结果,最终选择 SA 作为最适宜的温拌排水沥青路面的温拌剂。

4) 温拌沥青混合料的各工艺过程均在低于热拌沥青混合料 20 ℃条件下完成,因此可以较大程度的解决沥青高温下的热老化问题,进而提高沥青混凝土路面的耐久性。

根据试验结果,最终选择 SA 作为最适宜的温拌排水沥青路面的温拌剂。

参考文献:

- [1] ATTAELMANAN M, FENG C P, AI A. Laboratory evaluation of HMA with high density polyethylene as a modifier[J]. Construction and Building Materials, 2011, 25(5): 2764-2770.

- [2] BANERJEE A, DE FORTIER SMIT A, PROZZI J A. Influence of operational tolerances on HMA performance[J]. Construction and Building Materials, 2012, 27(1): 15-23.
- [3] 曹勇涛. 热沥青混合料在搅拌过程中的不均匀性及其质量控制[D]. 西安: 长安大学, 2008.
- [4] ZHU H, XIE Z X, FAN W Z, et al. Effects of warm mix asphalt (WMA) additives on the properties of WMA mixtures[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 275: 2097-2102.
- [5] 张新天, 高金歧. 沥青路面冷补材料与应用技术的研究[J]. 北京建筑工程学院学报, 2004, 20(1): 22-27.
- [6] CAPITÃO S D, PICADOSANTOS L G, MARTINHO F. Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt[J]. Construction and Building Materials, 2012, 36: 1016-1024.
- [7] 文思源, 苏明, 叶奋. 温拌布敦岩沥青混合料路用性能研究[J]. 华东交通大学学报, 2011, 28(1): 47-51.
- [8] OLIVEIRA J R, SILVA H M, ABREU L P, et al. The role of a surfactant based additive on the production of recycled warm mix asphalts-Less is more[J]. Construction and Building Materials, 2012, 35: 693-700.
- [9] 杨国涛, 杨军, 曹东伟, 等. 排水性沥青路面实践[J]. 公路交通科技, 2006(10): 65-67.
- [10] 中交公路规划设计院. JTG D50-2006 公路沥青路面设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2006.
- [11] TAO Z, NI F, YAN J, et al. Evotherm warm mix asphalt technology applied on ultra-thin pavement in China[C]//2009 Geohunan International Conference, Changsha, 2009.
- [12] 交通部公路科学研究所. JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [13] 王鹏, 黄卫东. 采用 DAT 添加剂的温拌沥青拌合温度[J]. 长沙理工大学学报: 自然科学版, 2010, 7(2): 12-18.

Pavement Performance Comparison Between DAT and SA Warm Porous Asphalt Mixture

Wang Kun¹, Chen Jingya¹, Wang Qian², Qu Xiang¹

(1. College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Chang Da Construction Group, Weifang 261031, China)

Abstract: This paper mainly discusses effects of Sasobit (SA) and DAT on the pavement performance of porous asphalt mixture. Firstly, the optimum mixture ratio of hot porous asphalt mixture is decided through Marshall test. Then, pavement performance tests are conducted in SA and DAT porous asphalt mixture. Tests show that SA and DAT additives can produce appropriate temperature drop range with 155 °C as the suitable compaction temperature for warm porous asphalt mixture. Besides, the anti-rutting performance of the former is obviously better, while the latter low temperature performance is better, though water stability of them is similar. The paper proposes a new technology for green road construction by using SA and DAT additives in warm porous asphalt mixture with SA as a preferable additive.

Key words: porous asphalt mixture; SA and DAT additives; temperature drop range; pavement performance