

文章编号:1005-0523(2012)06-0011-05

## Sasobit 应用于温拌排水沥青混合料的研究

王坤,陈景雅

(河海大学土木与交通学院,江苏 南京 210098)

**摘要:**采用室内试验探讨 Sasobit 添加剂对温拌排水沥青混合料的拌合、击实温度以及性能的影响。结果表明,掺加 Sasobit 后,沥青胶结料的高温稳定性得到提高,未掺加 Sasobit 正常温度拌和的沥青混合料与掺加添加剂降低拌和成型温度的沥青混合料相比,水稳定性基本保持不变,但是沥青混合料高温稳定性提高较大。因此,添加 Sasobit 于排水沥青混合料中,可以使得其拌和与击实温度降低 20 °C 的前提下,排水沥青路面的性能仍满足规范要求。所以把温拌技术应用于排水路面的设想是完全可以实现的。

**关键词:**路面工程;温拌排水沥青混合料;Sasobit 添加剂;节能减排;性能研究

**中图分类号:**U416.217

**文献标志码:**A

目前道路建设中的沥青路面基本上都采用的是传统的热拌沥青混合料 HMA(hot mix asphalt)。由于 HMA 要求的施工温度很高,在生产过程中需要将沥青和集料加热到很高的温度,不仅要消耗大量的能源,而且在生产和施工的过程中还会排放出大量的废气和粉尘严重影响周围的环境质量和施工人员的身体健康。所以说,使用 HMA 的负面影响就是环境的破坏、能源的大量消耗和人的生存圈的缩小。为了弥补 HMA 的不足,人们研制出了温拌沥青混合料 WMA(warm mix asphalt)这种新的环保节能产品<sup>[1-4]</sup>。

在政策面的强力推动下,温拌技术在欧洲发展并迅速进入应用阶段。2000 年第一届国际沥青路面大会首次报道该技术,胶结料降黏型和沥青发泡型两大主流温拌技术陆续研发成功并投入应用,2002 年美国引入温拌沥青混合料技术,2003 年,表面活性平台温拌研发成功并首次应用,由此,三大主流温拌技术体系宣告成型,2004 年美国建设了美国的第一条温拌沥青混合料路面,2005 年由美国沥青路面协会(NAPA)和联邦公路局(FHWA)发起组建温拌沥青混合料技术研究组(warm mix asphalt technical working group),5 年以后,美国已有总计 21 个州准许自由使用温拌技术,温拌工艺逐步替代热拌工艺已经成为非常明显的趋势<sup>[5-6]</sup>。

随着我国经济实力不断增长和人民生活水平的不断提高,公路运营要求由快捷畅通向安全、美观、舒适和环保转变。如何提高路面的服务水平减少交通事故,逐渐成为我国交通部门追求的新目标。排水性路面因空隙率大、表面粗糙、构造深度大、防滑、抗车辙降低噪音等特点,在雨量比较大或噪声要求高的地段,铺筑该路面已受到业内人士的普遍欢迎<sup>[7-9]</sup>。排水性沥青路面良好的透水降噪性都与沥青混合料较大的空隙率有关。反过来空隙率又影响其混合料强度和耐久性,而且排水沥青路面的高温稳定性不足。

Sasobit 添加剂熔点低,易以液体的形式存在于沥青中,极大地降低了沥青温拌条件下的黏度,而当温度低于 85 °C 时,Sasobit 又在沥青中形成网状的晶格结构,增大了沥青的黏度,有利于增强沥青混合料的稳定性。另外,添加 Sasobit 后沥青混合料温度区间大,施工温度低,可以达到节能减排的效果<sup>[10]</sup>。

考虑到温拌技术与大孔隙排水沥青路面两者对强度不利影响的叠加,目前温拌技术在排水沥青路面上的应用罕有研究,因此,Sasobit 添加剂应用于温拌排水沥青路面的设想是颇具研究意义的。

**收稿日期:**2012-11-01

**基金项目:**江苏省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,研究方向为道路与铁道工程。

## 2 原材料的选择

### 2.1 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,但其强度和耐久性必然的会受其影响而有所损失;而且孔隙率越大,排水功能越好,损失程度越大,孔隙率也会随时间而下降,进而影响其排水功能<sup>[11]</sup>。为了减少这种损失,本试验采用优质的沥青胶结料—高黏沥青,并对其各指标进行检测,试验结果如表1所示。

表1 高黏沥青检测结果

Tab.1 High-viscosity asphalt test results

检验项目	实测数据	技术要求
针入度(25 °C, 100 g, 5 s)/0.1 mm	75	≥40
延度(5 cm·min <sup>-1</sup> , 5 °C)/cm	58	≥50
软化点( $T_{R&B}$ )/°C	89	≥80.0
闪点/°C	285	≥260
薄膜加热试验(163 °C, 5 h)残留物 质量变化/%	-0.3	≤0.6
薄膜加热试验(163 °C, 5 h)残留物 针入度比/%	80	≥70
韧性/(N·m)	25	≥20
黏附性/(N·m)	20	≥15

对高黏沥青检测结果可得,各指标均满足要求。

### 2.2 集料

温拌排水沥青混合料以粗集料为主,因此,粗集料质量至关重要,它直接决定路面的抗滑性能。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,在日本要求5:1针片状颗粒不得超过10%,而按BS812方法则要求不超过25%<sup>[12]</sup>。对集料的磨光值有较高要求,因为抵抗磨光性能强的石料作路面面层集料可提高路面防滑能力,从而可使公路交通雨天的事故减少,同时石料需有足够的强度、抗压碎性和抗冲击性,保证路面的耐久性及其表面功能性。要求采用洛杉矶法测定的磨耗率小于25%~30%<sup>[12]</sup>。

本试验所采用的粗细集料为玄武岩,矿粉为石灰岩矿粉。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 Aggregate density test results

矿料名称	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率/%	针、片状颗粒含量/%	集料含泥量/%	亲水系数
1#料	2.921	2.850	0.85	6.6	0.7	
2#料	2.924	2.828	1.17	8.0	0.9	
3#料	2.925	2.788	1.68		0.9	
4#料	2.907	2.778	1.59			
矿粉	2.713					0.72

粗集料、细集料、填料等的技术要求均应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的相关规定。

### 2.3 温拌添加剂 Sasobit

温拌添加剂有两种形态,颗粒状及粉末状,其中粉末状适用于在熔融状态下掺入热的沥青中,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,推荐选用颗粒状形态的Sasobit温拌剂,其物理化学指标如表3中所示。

表3 Sasobit的物理和化学性质

Tab.3 Physical and chemical properties of Sasobit

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 <sup>-3</sup> )	物态
≥285	<1	中性	<7	0.94	凝固点下为固体,以上为液体

### 3 试验结果及其讨论

#### 3.1 级配设计

在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,根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)在OGFC-13的级配范围内选择排水沥青混合料的3个级配,分别对3条级配的热拌沥青混合料进行马歇尔试验、肯塔堡飞散试验、谢伦堡沥青析漏试验、车辙试验并行性能对比分析。三条级配的热拌沥青混合料试验结果如表4所示。

表4 热拌排水沥青混合料各级配试验结果

Tab.4 Test 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 <sup>-1</sup> )	析漏损失/%	飞散损失/%
级配A	6.1	15	5.45	3 420	0.25	15.4
级配B	5.5	21	6.40	4 351	0.22	11.2
级配C	4.5	27.2	5.20	3 846	0.27	16.8

根据表4中3组级配初试沥青用量试验结果,级配C的空隙率大于要求的上限25%,级配A的空隙率小于要求的下限18%,根据试验结果并结合工程经验选择级配B为设计级配。其级配曲线图如图1所示。

按设计的矿料比例配料,按照5种油石比,聚酯纤维掺加量分别为混合料质量的0.25%,双面各击实50次制作马歇尔试件,并进行空隙率、肯塔堡飞散损失、马歇尔稳定度等相关指标试验,设计级配合成毛体积相对密度为2.825,合成表观相对密度为2.911,确定最佳油石比为5.4%。据此,进行最佳油石比下的热拌与温拌的性能对比试验。

#### 3.2 温拌与热拌排水沥青混合料性能比较

采用级配B对排水沥青混合料进行热拌和温拌性能试验,并进行对比分析,根据资料<sup>[13]</sup>,在相同的拌合温度下空隙率随温拌剂掺量的增加而减小,而掺量过高会导致沥青黏度降低,影响其路用性能,故本次温拌试验采用的Sasobit温拌剂的掺量为沥青用量的2.5%。两类试验均正反击实各50次,沥青加热均为160℃。不同的条件是热拌的拌合和击实温度是165℃,而温拌的拌合和击实温度从155℃开始按5℃梯度递减。

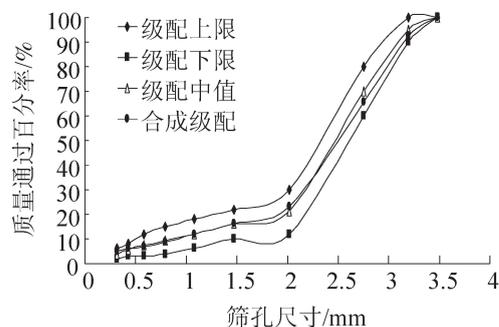


图1 设计级配曲线图

Fig.1 Gradation curve in designing

### 3.2.1 高温稳定性能

对温拌和热拌排水沥青混合料进行马歇尔稳定试验和在 60 °C, 0.7 MPa 条件下的车辙试验, 试验结果如图 2、图 3 所示。

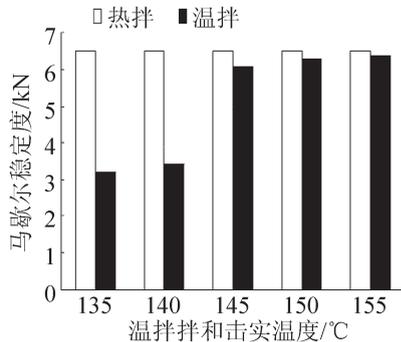


图2 稳定度与拌合击实温度的关系

Fig.2 Relationship between stability mixing compaction temperature

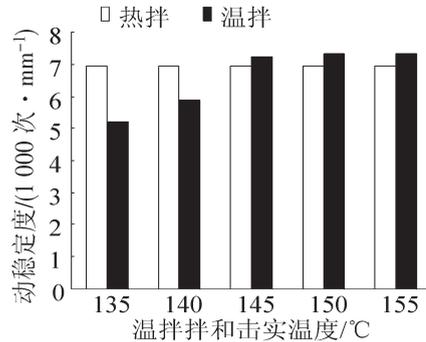


图3 动稳定度与拌合击实温度的关系

Fig.3 Relationship between dynamic stability and mixing compaction temperature

从图 2 试验结果可得, 温拌排水沥青混合料的稳定度随拌和与击实温度的降低而有所下降, 在 145~155 °C 范围内下降幅度不明显, 低于 145 °C 温拌的稳定度较热拌有大幅下降; 从图 3 试验结果可知, 温拌排水沥青混合料在拌和与击实温度高于 145 °C 的条件下, 动稳定度有一定程度的提高, 低于 145 °C 的条件下动稳定度有所下降, 说明 Sasobit 添加剂在一定的降温幅度内对排水沥青混合料的高温稳定性能产生一定程度的有利影响。可以得出的结论是选择最佳的拌和与击实温度是 145 °C, 在此拌和击实温度下, 温拌沥青混合料与热拌沥青混合料相比, 稳定度变化不大, 但是, 动稳定度有一定程度的提高。

### 3.2.2 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, 试验结果如表 5 所示。

表 5 排水沥青混合料水稳定性试验结果

Tab.5 Test results of water stability 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/%	肯塔堡飞散损失/%	飞散损失要求/%
热拌	90.3	≥85	84.2	≥80	11.2	<20
温拌	89.2	≥85	83.0	≥80	11.9	<20

从表 5 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<sup>[14]</sup>。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。

温拌排水沥青混合料的高温稳定性能和水稳定性能均满足规范技术要求, 说明 Sasobit 添加剂对温拌排水沥青混合料的水稳定性影响不大。

### 3.3 Sasobit 添加剂为沥青路面施工带来的节能减排效果

相比于热拌沥青混合料, 利用温拌沥青混合料摊铺路面具有明显的节能减排效果, 按降温 20 °C 算, 每吨沥青混合料可节约能耗 14.93% 左右<sup>[15]</sup>, 但是目前生产热拌和温拌的拌和楼热效率都非常低, 因此进一步节能的措施应从提高拌和楼的热效率上着手。跟踪检测发现摊铺环节 CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 的排放大约分别降低了 23.6%, 42.1%, 35.3%<sup>[15]</sup>, 所以温拌代替热拌具有显著的节能减排效果, 值得推广应用。

## 4 结论

1) 室内试验结果表明添加温拌剂 Sasobit 后温拌沥青混合料与热拌沥青混合料相比具有独特的优势,

与热拌排水沥青混合料不同在低于热拌料 20℃条件下温拌可以获得同样的拌和、碾压效果,具有比热拌混合料稍低的水稳定性,但满足技术要求,而且动稳定度有一定程度的提高,因此,温拌沥青混合料在较高温度条件下具有良好的抗变形能力。

2) 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,因此由于热老化造成沥青结合料性能的劣化程度,较大幅度的低于热拌沥青混合料而具备更合理的变形特性。

3) 温拌沥青混合料可以有效的减少排污,能减少 CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 等有害物质的排放,减少对环境的污染和对人身体健康的损害;相对高温温拌和施工可以减少沥青的氧化,因此可减少温度裂缝和网裂;同时温拌沥青混合料能减少大量的能源消耗。

4) 温拌排水沥青路面的施工在添加 Sasobit 的前提下是完全可以实现的。尤其是应用于低温施工环境具有比较广阔的前景,但受其强度有所降低的影响,加上排水沥青路面的固有的强度降低,目前若要把此项技术大规模付诸于实践,还需要妥善解决一些实际应用性问题,以进一步对其进行技术上的完善。

#### 参考文献:

- [1] 徐世法,颜彬,季节,等. 高节能低排放型温拌沥青混合料的技术现状与应用前景[J]. 公路,2005(7):195-198.
- [2] 凌晋,闵晓阳,卢亮. 温拌沥青混合料技术性能研究[J]. 科学技术与工程,2010,10(13):3283-3286.
- [3] 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):170-172.
- [4] 仰建岗. 温拌沥青混合料应用现状与性能[J]. 公路交通科技,2006(8):26-28.
- [5] 黄文元,秦永春. 沥青温拌技术在国内外的应用现状[J]. 上海公路,2008(3):1-4.
- [6] 王春,唐礼泉,关泊,等. 温拌沥青混合料技术及其应用[J]. 筑路机械与施工机械化,2012(1):45-48.
- [7] 邹艳琴,陈博,陶家朴. 多孔排水沥青路面[J]. 筑路机械与施工机械化,2010(11):43-46.
- [8] 胡曙光,黄绍龙,张厚记,等. 开级配沥青磨耗层(OGFC)的研究[J]. 武汉理工大学学报,2004,26(8):23-25.
- [9] 矫芳芳. 排水沥青混合料性能影响因素研究[D]. 西安:长安大学,2010.
- [10] 周焯. 不同类型混合料温拌技术性能研究[J]. 公路交通科技:应用技术版,2010(12):186-189.
- [11] 贾理杰. 排水沥青路面长期性能观测[J]. 公路与汽运,2012(1):90-92.
- [12] 黄勇生,项新里. 排水沥青路面混合料试验研究[J]. 国外公路,2001,21(1):42-47.
- [13] 王飞,李立寒. 温拌沥青混合料配合比设计中若干问题的试验探究[J]. 华东交通大学学报,2010,27(4):22-25.
- [14] 交通运输部公路科学研究院. JTGD50-2006 公路沥青路面设计规范[S]. 北京:人民交通出版社.
- [15] 程玲,闫国杰,陈德珍,等. 温拌沥青混合料摊铺节能减排效果的量化研究[J]. 环境工程学报,2010(9):2151-2155.

## A Performance Study on Sasobit Additive Applied to Warm Mix Porous Asphalt Mixture

Wang Kun, Chen Jingya

(College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** This study tries to explore the effects of Sasobit additive on the mixing, compaction temperature and road performance of warm mix porous asphalt through indoor tests. Test results indicate that the high temperature stability of asphalt with Sasobit increases, while changes of water stability of mixtures with Sasobit are not obvious. The study shows that compared with ordinary asphalt mixture, the mixing compaction temperature of Sasobit asphalt mixture decreases by 20°C, which can still meet the requirements of the specification. So the application of warm mix technique to porous pavement may be realized completely.

**Key words:** pavement engineering; warm mix porous asphalt mixture; Sasobit additive; energy saving; performance study