

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2015.04.068

# APTL 温拌剂对橡胶沥青混合料性能影响研究

王立志<sup>1</sup>, 王承献<sup>1</sup>, 王鹏<sup>1</sup>, 梁楨<sup>2</sup>

(1. 山东建筑大学 交通工程学院, 山东 济南 250101; 2. 广西大学 土木建筑工程学院)

**摘要:**以自主研发的 APTL 温拌剂和橡胶改性沥青为原材料制备温拌沥青混合料,通过优化温拌剂浓度、掺量以及混合料拌和成型降温幅度,来研究温拌橡胶沥青混合料压实特性。试验结果表明:在降低 30 ℃ 条件下旋转压实成型的温拌沥青混合料的路用性能都能满足现行规范要求。

**关键词:**沥青混合料; 温拌剂; 橡胶改性沥青; 温拌沥青混合料

随着中国公路事业的迅速发展,高等级公路建设步伐的不断加快,沥青路面的覆盖率逐年增加,热拌沥青混合料 HMA(Hot Mix Asphalt)因其优异的路用性能成为主流的道路铺装技术。在 HMA 生产拌和过程中消耗巨大的能量,并排放出大量的有害气体,不仅严重污染环境,也威胁施工人员的身体健康。温拌沥青混合料 WMA(Warm Mix Asphalt)可有效降低能源消耗和有害气体排放,减轻沥青短期热老化程度,延长沥青路面使用寿命。

APTL 是山东建筑大学道路工程实验室基于表面活性技术自主研发的沥青温拌剂产品,其有效成分是一种醇胺类表面活性剂,与水混溶后可以有效降低沥青的表面张力,在沥青混合料拌和时形成润滑性结构水膜,从而降低沥青混合料的拌和及压实温度。此次试验以 APTL 温拌剂和橡胶改性沥青为材料,以热拌及温拌 AC-13 沥青混合料空隙率 VV 的变化来研究 APTL 温拌剂的稀释浓度、掺量以及混合料成型温度降温幅度对温拌沥青混合料压实特性的影响;通过车辙试验、低温弯曲试验、冻融劈裂试验、四点弯曲疲劳试验分析比较橡胶改性沥青 WMA 和 HMA 高温性能、低温性能、水稳定性和疲劳性能的差异,研究 APTL 温拌剂对温拌沥青混合料路用性能的影响。

## 1 试验材料及试验方法

试验采用的橡胶改性沥青遵照稳定型橡胶改性沥青的技术要求进行质量控制,其主要技术指标见表 1。

表 1 橡胶改性沥青技术指标

技术指标	单位	试验结果	技术标准
针入度(25 ℃, 100 g, 5 s)	0.1 mm	62	60~80
延度(5 ℃, 5 cm/min)	cm	13	>8
软化点 $T_{R\&B}$	℃	58	≥ 55
闪点(开口)	℃	332	≥ 230
针入度指数 $PI$		0.64	>0.0
175 ℃ 表观粘度	Pa·s	0.745	≤ 3.0
135 ℃ 表观粘度	Pa·s	3.85	≤ 8.0
离析, 软化点差(165 ℃, 48 h)	℃	4.2	< 7.0
弹性恢复(25 ℃)	%	80.67	≥ 70
质量变化	%	0.13	≤ ±1.0
RTFOT 残留针入度比(25 ℃)	%	72	≥ 70
延度(5 ℃, 5 cm/min)	cm	8	≥ 5

集料选用福建地区优质石料,采用石灰岩磨细矿粉作填充料,其技术指标均满足规范的技术要求。结合已有成功工程案例,采用由马歇尔设计方法确定的 AC-13 级配组成及最佳沥青用量,其配合比设计见表 2。

相关试验均参照 JTG E20-2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》进行。为确保数据的可靠性,试验过程中同等条件下均进行多次重复试验取其平均值,若出现离散性较大的试验,则剔除该次试验,重新进行。

收稿日期:2015-03-30(修改稿)

基金项目:山东建筑大学博士科研基金项目(编号: XNBS1284)

作者简介:王立志,男,博士,副教授. E-mail: wlz85503@126.com

表2 AC-13配合比设计

设计级配	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%										最佳沥青用量/%
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
AC-13	100	97	81	43.5	25	16	11	7.5	5.5	4	5.1
规范上限	100	100	85	68	50	38	28	20	15	8	—
规范下限	100	90	68	38	24	15	10	7	5	4	—

## 2 试验结果及分析

### 2.1 APTL浓缩液的稀释范围

纯净的APTL是粘稠的液体,为确保温拌剂具有良好的均匀性和流动性,使用纯净水对APTL温拌剂原液稀释成工作液,图1给出了工作液稀释浓度分别为5%、8%、10%、12%、15%和18%时溶液的状态。

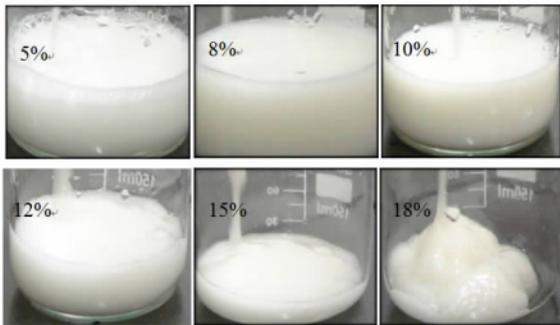


图1 稀释比例对温拌剂溶液状态的影响图

当稀释比例小于10%时,温拌剂具有良好的流动性和分散性。随着稀释比例的增加,温拌剂工作液越来越稠,流动性变差。当表面活性剂溶于水时,亲水基有进入水中的倾向,疏水基(亲油基)则有逃离水而伸向空气中的倾向,使表面活性剂分子在水表面发生聚集,当表面吸附达到饱和时,继续增大表面活性剂的浓度,就会在溶液中形成多种多样的缔合结构,包括各种形态的胶团、囊泡、液晶和微乳等,这些缔合体系使得溶液中存在无数的疏水微区。因此,在一定程度上增加表面活性剂的含量是有益的,但如果浓度过大,就会影响溶液的流动性。从图1也可以看出:当工作液浓度达到12%时溶液已经比较粘稠,此时在沥青混合料拌和时不利于形成润滑水膜结构。因此推荐温拌剂稀释浓度控制在5%~12%之间。

### 2.2 APTL对沥青性质的影响

将APTL温拌剂原液稀释成5%的工作液,在橡胶改性沥青中加入10%的温拌剂工作液,考察温拌橡

胶改性沥青三大指标、粘度特性及旋转薄膜烘箱RT-FOT老化后沥青残留物的延度变化,并与原始沥青样本进行对比。温拌橡胶改性沥青的制备方法是:将橡胶改性沥青加热至流动状态,在恒定温度下,将APTL温拌剂工作液加入到热沥青中,保持温度150℃左右,加热试样至质量不再变化时判定为温拌剂中的水分已蒸发完全,所得即为温拌橡胶改性沥青。温拌橡胶改性沥青的相关指标试验结果见表3和图2。

表3 添加APTL的温拌沥青与原样沥青三大指标对比

沥青混合料	针入度/ (0.1 mm)	软化点/ ℃	延度/cm	
			5℃	RTFOT后
温拌	60	54	14	7
原样	62	58	13	8

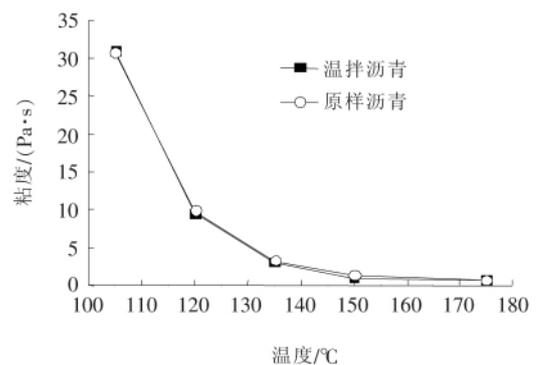


图2 添加APTL的温拌橡胶改性沥青与原样橡胶改性沥青粘度对比图

由表3可以看出:与原样沥青相比,掺加了APTL的温拌橡胶改性沥青的三大指标(针入度、软化点和延度)变化较小,在试验误差范围内,经过RTFOT短期老化后的温拌沥青的延度值较原样沥青只变化了1个单位,因此可认为温拌剂不会影响沥青的基本性质。

由图2可知:在相同温度下,温拌沥青与原样沥青粘度值基本相当。说明APTL温拌剂不会改变沥青的粘度。

### 2.3 APTL温拌沥青混合料组成设计

根据热拌沥青混合料AC-13的级配组成及最佳

沥青用量(配合比设计见表 2),以混合料空隙率为控制参数,确定 APTL 温拌剂的稀释浓度、温拌剂掺量以及拌和降温幅度。其中 APTL 温拌剂稀释液添加方式如图 3 所示。

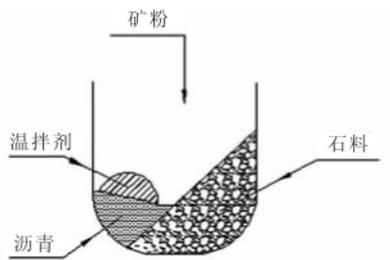


图 3 APTL 温拌剂稀释液添加方式示意图

### 2.3.1 APTL 稀释比例确定

虽然马歇尔击实法在中国的应用范围较广,但研究表明:相同条件下旋转压实比马歇尔击实可获得更好的压实度,更接近施工条件,因此在温拌剂掺量选择过程中采用旋转压实法成型试件。试验过程中混合料拌和及成型温度控制参数见表 4。

表 4 沥青混合料室内拌和及成型温度参数值

沥青混合料	沥青加热温度/℃	集料加热温度/℃	拌和锅温度/℃	出料温度/℃	成型温度/℃
WMA	180	165	145	140	135
HMA	180	175	175	170	165

温拌沥青混合料出料温度与成型温度比热拌降低 30℃进行试验,制备温拌剂浓度为 5%、8%、10%、12%、15%和 18%的工作液,掺量为 10%(以沥青质量计),考察稀释浓度对沥青混合料空隙率 VV 的影响。试验结果见图 4,其中温拌剂浓度 0 是指同批次下 HMA 的试验数据。

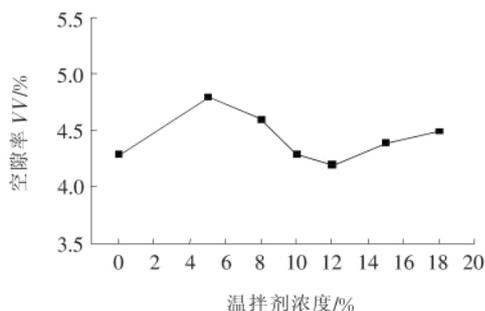


图 4 APTL 温拌剂稀释比例对混合料体积指标的影响

由图 4 可以看出:随着 APTL 浓缩液稀释比例的增大,WMA 的空隙率 VV 开始时呈降低趋势,当温拌剂浓度超过 12%时,WMA 的空隙率 VV 又逐渐增

大。当温拌剂浓度为 10%时,WMA 的空隙率为 4.35%,与 HMA 的空隙率大致相当,满足热拌沥青混合料规范技术要求。而当浓度超过 12%时,WMA 空隙率开始增加,主要是温拌剂工作液出现团聚,温拌剂难以充分发挥作用所致,考虑到有效性,推荐选择温拌剂工作液浓度 10%。

### 2.3.2 温拌剂稀释液掺量确定

在推荐 APTL 浓缩液稀释比例为 10%、温拌沥青混合料成型温度比热拌降低 30℃的条件下,考察温拌剂掺量分别为 5%、10%、15%及 20%(以沥青质量计)时对混合料空隙率 VV 的影响,结果见图 5,其中温拌剂工作液掺量 0 的数据为同批次 HMA 数据。

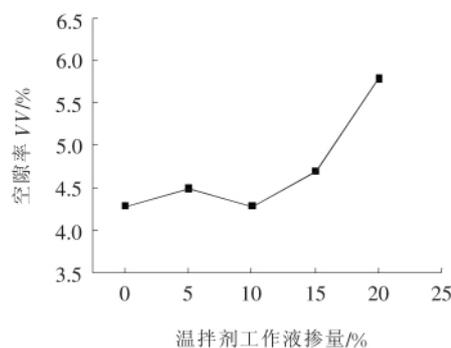


图 5 APTL 温拌剂掺量对混合料体积指标的影响

从图 5 可知:在橡胶沥青混合料成型温度降低 30℃时,随着温拌剂掺量增加,WMA 空隙率呈先下降再增长的趋势,试验结果表明:温拌剂工作液掺量在 7%~15%范围内 WMA 空隙率与 HMA 相当,工作液掺量在 10%时温拌沥青混合料空隙率最小。是由于温拌剂掺量在一定阈值内,形成的水膜所产生的润滑效果超过降温带来的负面影响,利于混合料的压实;当温拌剂掺量超过阈值,混合料空隙率反而增加,是由于工作液大量水分蒸发带走过多热量,导致沥青混合料温度过低难以压实。因此,为确保沥青混合料的有效压实,推荐温拌剂稀释液的掺量为 10%。

### 2.3.3 拌和及压实温度范围确定

鉴于 Superpave 设计方法的混合料试件成型采用旋转压实仪(SGC)搓揉成型,与实际路面施工更接近。因此 WMA 试件试验采用旋转压实法成型。

根据以上试验,推荐温拌剂稀释浓度 10%和推荐掺量 10%(以沥青质量计),集料温度以 175℃为基点,降温幅度范围为 0~60℃,分别拌制 WMA 及不加温拌剂的空白样 HMA,比较两者空隙率 VV 随降温幅度  $\Delta T$  的变化状况。图 6 为橡胶改性沥青 HMA

和 WMA 的空隙率  $VV$  随降温幅度  $\Delta T$  的变化趋势 (以 175 °C 为基准温度)。

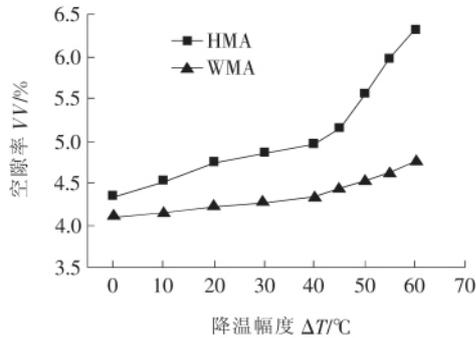


图 6 混合料空隙率  $VV$  随降温幅度  $\Delta T$  的变化趋势

由图 6 可以看出:随着降温幅度的增大,WMA 和直接降温的 HMA 的空隙率  $VV$  均呈现逐渐增大的趋势,在相同温度下 WMA 的空隙率一直小于直接降温的 HMA,且 WMA 的空隙率增长速率也小于 HMA。当降温幅度小于 40 °C 时,两种混合料的空隙率均增长缓慢;而当降温幅度超过 40 °C 后,混合料的空隙率增长速率都加快。说明在一定的降温范围内,APTL 温拌剂可改善橡胶改性沥青拌和及压实过程中的润滑作用,有利于混合料的压实。

因此,为确保橡胶改性沥青混合料的压实度,推荐沥青混合料成型温度降低 30 °C。

#### 2.4 温拌橡胶改性沥青混合料 WMA 技术性能分析

通过车辙试验、低温弯曲试验、冻融劈裂试验和疲劳试验,研究 WMA 的路用性能。混合料拌和及压实温度控制条件见表 5。其中 APTL 温拌剂稀释浓度及掺量均采用前文给出的推荐值。

表 5 沥青混合料室内性能试验温度控制条件

沥青混 合料	沥青加热 温度/°C	集料加热 温度/°C	拌和锅 温度/°C	出料温 度/°C	成型温 度/°C
WMA	180	145	145	140	135
HMA	180	175	175	170	165

4 种试验的试验结果如表 6 所示。

从表 6 可以看出:加入 APTL 温拌剂后的 WMA 动稳定度要优于 HMA 动稳定度;抗低温性能、抗水损害性能以及抗疲劳性能与 HMA 相当。说明温拌沥青

表 6 WMA 和 HMA 路用性能技术指标对比

沥青 混合料	动稳定度/ (次·mm <sup>-1</sup> )	破坏应 变/με	残留强 度比/%	疲劳寿 命/次
WMA	5 157	2 652	83.2	23 390
HMA	4 485	2 660	81.7	21 589

混合料成型温度降低 30 °C 时其路用性能相比较热拌沥青混合料并没有降低,其中动稳定度和疲劳寿命有所提高,所有指标都满足热拌沥青混合料规范要求。说明 APTL 温拌剂可有效降低混合料拌和与压实温度而不损伤沥青混合料的路用性能。

### 3 结论

(1) 试验结果显示:APTL 温拌剂稀释浓度控制在 5%~12% 范围内均具有降温拌和效果,综合考虑推荐 APTL 温拌剂稀释浓度为 10%,温拌剂掺量为 10%。

(2) 采用旋转压实法进行试验时,温拌橡胶改性沥青混合料成型温度可降低 30 °C。

(3) APTL 温拌橡胶改性沥青混合料成型温度降低 30 °C 时,沥青混合料的路用性能与热拌沥青混合料相当,部分指标优于热拌。

#### 参考文献:

- [1] 李君强,王立志,徐强. 温拌沥青混合料施工质量与减排效果测试分析[J]. 山东建筑大学学报,2014(3).
- [2] 陈俊彦. 高温对传统热拌橡胶沥青混合料的影响[J]. 山西交通科技,2013(6).
- [3] JTG E20—2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [4] 王伟,孟庆营,陈仲良,等. 基于 GTM 设计方法的 AC—13C 型沥青混合料应用研究[J]. 公路交通科技:应用技术版,2011(5).
- [5] 王素英,于江,张广泰,等. 温拌沥青混合料压实特性试验研究[J]. 公路,2013(5).
- [6] JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范[S].
- [7] 王琳芳. 马歇尔击实与旋转压实试验的比较研究[J]. 交通世界,2011(19).