

成型温度对温拌沥青混合料路用性能的影响

王修山, 凡涛涛, 蔡灵杰, 吴大志

(浙江理工大学建筑工程学院, 杭州 310018)

摘 要: 为研究温拌沥青混合料成型温度对其路用性能的影响规律,采用旋转压实仪不同温度下成型分别添加 Aspha-min、Sasobit 和 DAT 温拌剂制备的沥青混合料,通过沥青混合料密度试验、浸水马歇尔稳定度试验及冻融劈裂试验测定各项指标,得到 3 种温拌沥青混合料的密实性及水稳定性随成型温度的变化规律,同时得到 3 种温拌沥青混合料在不同气候分区的最佳成型温度范围。结果表明:随着成型温度的升高,3 种温拌沥青混合料的密实性均得到有效的改善,但并未表现出明显的规律性;不同成型温度下,DAT 温拌沥青混合料的水稳定性最好;对于潮湿和湿润区,成型温度取 105~130℃,即可保证温拌沥青混合料的水稳定性。

关键词: 沥青混合料; 温拌添加剂; 旋转压实法; 成型温度; 密实性; 水稳定性

中图分类号: U416.217 **文献标志码:** A

0 引言

热拌沥青混合料路面经过长期发展,其应用水平逐渐提高,然而在实际使用过程中常伴随着诸如易老化、气体污染等问题。因此,有必要研究开发新型绿色和环保的沥青混合料来代替热拌沥青混合料,在保持沥青混合料使用性能的同时,又能充分节约能源、保护环境^[1]。温拌沥青混合料(warm mix asphalt, WMA)是一种新型节能环保路面材料,其生产施工温度介于热拌沥青混合料和冷拌沥青混合料之间。针对温拌沥青混合料的研究始于 20 世纪 90 年代,尤其是《京都议定书》签署后,许多国家都对其进行了深入的研究和应用。目前沥青混合料实现温拌的途径主要分为沥青矿物法(Aspha-min)、泡沫沥青法、有机剂添加法(Sasobit)和表面活性平台法(DAT)4 种^[2]。温拌剂能够降低沥青混合料的拌和及施工温度,对混合料降耗、减排以及路面再生等方面具有非常重要的意义。

温拌沥青混合料施工最佳压实温度通常是通过测定马歇尔试件的体积指标同时与热拌沥青混

合料进行对比来确定。尽管使用这种方式能够确定温拌沥青混合料的最佳压实温度,但尚不能明显表征温拌沥青混合料在压实过程中空隙率及压实曲线的变化规律。温拌沥青混合料采用旋转压实法成型能够模拟施工现场实际压实情况,可以更加深入地了解温拌沥青混合料压实的变化规律。同时国内外相关资料也表明:温拌添加剂的种类及成型温度对温拌沥青混合料的路用性能都具有一定的影响^[3~7]。

基于此本文采用旋转压实成型法,从成型温度入手分别研究添加 Aspha-min、Sasobit 和 DAT 3 种温拌剂得到的温拌沥青混合料的压实特性及水稳定性的差异,最后探讨 3 种温拌沥青混合料在不同气候分区的最佳成型温度范围。

2 试验材料

2.1 沥青

实验选取 AH-70 基质沥青,各项性能指标满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)^[8]中的相关要求,如表 1 所示。

表1 沥青指标

技术指标	AH-70 基质沥青	AH-70 基质沥青 + Aspha-min	AH-70 基质沥 青 + Sasobit	AH-70 基质沥 青 + DAT	规范 要求
针入度/0.1mm(25℃, 100 g, 5 s)	67	65.3	62.5	64.3	60~80
软化点/℃	47	35.8	37.0	24.5	44~54
延度/cm(15℃, 5 cm/min)	>100	95.4	83.0	76.6	≥100

2.2 集料

试验集料为石灰岩,矿粉采用石灰岩矿粉,按照《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)^[9]的要求对集料的相关性能进行测试,集料各项技术指标均符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)中的相关要求。

2.3 级配设计

试验采用 AC-20 型级配,集料级配曲线如图 1 所示。由图 1 可以看出,所选用的集料级配组成符合规范要求。不同类型沥青混合料性能试验所用的最佳沥青用量根据体积参数计算法确定,取 4.5%。

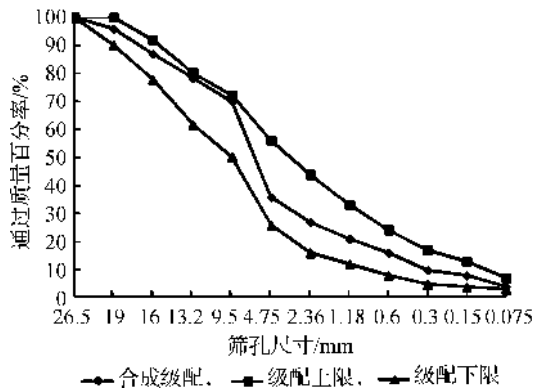
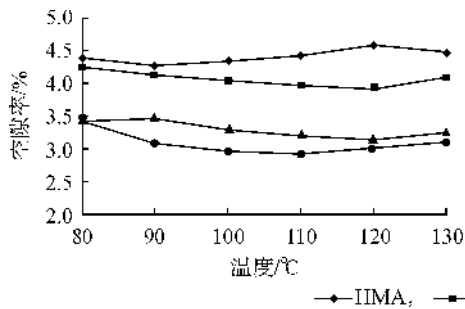


图1 AC-20 合成级配曲线



3 性能评价

试验采用 Aspha-min、Sasobit 和 DAT 3 种温拌添加剂,同时为了便于对比,对于每一种温拌添加剂统一采用旋转压实法在 135℃下拌合,然后采用 6 种不同的温度(分别为 80、90、100、110、120、130℃)压实成型,采用同一沥青用量、同一级配进行试验。

3.1 成型温度对温拌沥青混合料密实性的影响

不同成型温度对温拌沥青混合料的空隙率等体积指标和各项性能均有较大的影响^[10]。根据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)^[11]中的 T0705—2011 进行试验,测定不同温拌沥青混合料在不同压实成型温度下,试件的密度和空隙率,并与普通热拌沥青混合料的试验结果进行对比,试验结果如图 2 所示。(图 2 中,HMA:热拌沥青混合料;A+WMA:添加 Aspha-min 温拌剂制备得到的温拌沥青混合料;S+WMA:添加 Sasobit 温拌剂制备得到的温拌沥青混合料;D+WMA:添加 DAT 温拌剂制备得到的温拌沥青混合料;下图 3 和表 2 同。)

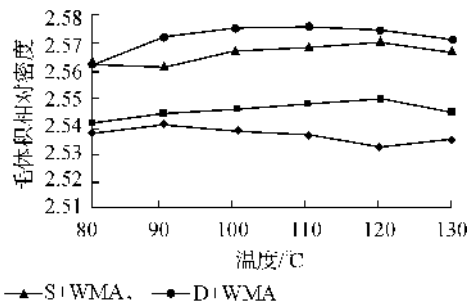


图2 试件成型温度与空隙率、毛体积相对密度的关系

由图 2 可以看出,随着成型温度的升高所有沥青混合料的密度和空隙率都没有呈现出明显的变化,表明旋转压实成型法对沥青混合料的温度不敏感。此外,在同一成型温度下,相比普通热拌沥青混合料,添加温拌剂后的沥青混合料空隙率都有明显的下降,说明温拌剂的使用确实能够改善沥青混合料的压实特性。对比三种温拌沥青混合料测试结果可知,DAT 温拌剂对改善沥青混合料压实性能的作用

最大,其次是 Sasobit 温拌剂,最后为 Aspha-min 温拌剂。

3.2 成型温度对温拌沥青混合料水稳定性的影响

在浸水条件下,沥青混合料由于沥青与矿料之间的粘结力降低而受到损坏。因此,常用沥青混合料在浸水条件下的物理力学性能降低的程度来表征其水稳定性^[12]。

本文采用旋转压实成型法,通过浸水马歇尔试

验(T0709)^[11]和冻融劈裂试验(T0729)^[11],来分析不同温拌沥青混合料与普通热拌沥青混合料在不同

成型温度下,沥青混合料水稳定性能的变化规律。具体试验结果见图3。

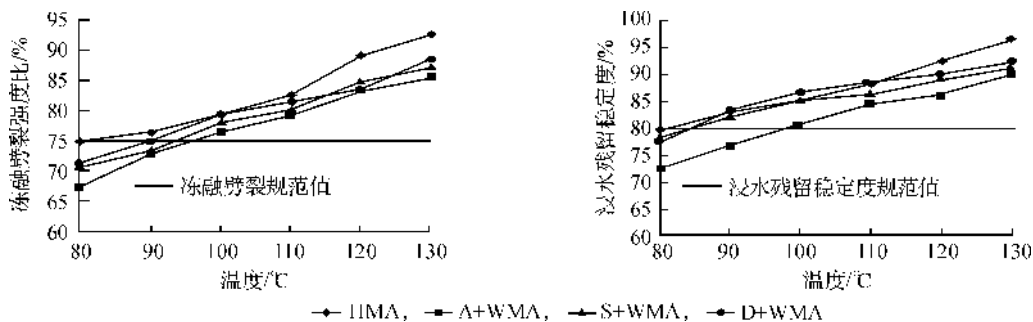


图3 试件成型温度与水稳定性的关系

由图3可以看出:a)随着成型温度的升高,3种温拌沥青混合料的冻融劈裂强度比和浸水残留稳定度均随之增大,沥青混合料的水稳定性增强;当成型温度达到100℃以上时沥青混合料的水稳定性测试结果均满足规范要求值;b)添加Aapha-min、Sasobit和DAT温拌剂后,混合料的冻融劈裂强度比和浸水残留稳定度相比普通热拌沥青混合料都有所下降。其中添加Aapha-min温拌剂的沥青混合料试件下降最大,添加Sasobit温拌剂的沥青混合料次之,下降程度最小的为添加DAT温拌剂制备得到的沥青混合料。

根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)的要求,对于潮湿区和湿润区,其沥青混合料的冻融劈裂试验的残留强度比应不小于80%;对于半干区和干旱区,其冻融破裂试验的残留强度比应不小于75%。结合图3可以得到:a)Aapha-min温拌沥青混合料在压实成型温度96~110℃时的冻融劈裂强度比满足干旱和半干旱区要求,只有当成型温度大于110℃时才满足所有气候分区的冻融劈裂强度比规范要求值;b)Sasobit温拌沥青混合料在压实成型温度95~110℃时的冻融劈裂强度比满足干旱和半干旱区要求,只有当成型温度不小于110℃时才满足所有气候分区的冻融劈裂强度比规范要求值;c)DAT温拌沥青混合料在压实成型温度90~105℃时的冻融劈裂强度比满足干旱和半干旱区要求,只有当成型温度不小于105℃时才满足所有气候分区的冻融劈裂强度比规范要求值。

根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)的要求,对于潮湿区和湿润区,其沥青混合料的浸水马歇尔试验的稳定度比应不小于85%;对于半干区和干旱区,其浸水马歇尔试验的稳定度比应不小于80%。结合图3可以得到:a)

Aapha-min温拌沥青混合料在压实成型温度100~115℃时的浸水马歇尔稳定度满足干旱和半干旱区要求,只有当成型温度不小于115℃时才满足所有气候分区的浸水马歇尔稳定度规范要求值;b)Sasobit温拌沥青混合料在压实成型温度84~100℃时的浸水马歇尔稳定度满足干旱和半干旱区要求,只有当成型温度大于100℃时才满足所有气候分区的浸水马歇尔稳定度规范要求值;c)DAT温拌沥青混合料在压实成型温度85~95℃时的浸水马歇尔稳定度满足干旱和半干旱区要求,只有当成型温度不小于95℃时才满足所有气候分区的浸水马歇尔稳定度规范要求值。

温拌沥青混合料的水稳定性除了与成型温度、温拌剂种类有关之外,还与混合料的空隙率以及施工所处气候分区有关。综上所述,可以得到3种温拌沥青混合料不同气候分区的最佳成型温度,如表2所示。

表2 3种温拌沥青混合料最佳成型温度

混合料类型	最佳成型温度/℃	
	干旱和半干旱区	潮湿和湿润地区
A+WMA	≥100	≥115
S+WMA	≥95	≥110
D+WMA	≥90	≥105

4 结论

a)在相同成型温度下,3种温拌沥青混合料的空隙率都有显著的减小,3种不同类型的温拌剂均能有效改善沥青混合料的压实特性,使得沥青混合料比传统的热拌沥青混合料更容易压实,即使在低温条件下碾压也更容易达到技术规范要求的密实度。其中DAT温拌剂对改善沥青混合料压实性能的作用最大,Aspha-min温拌剂的影响作用最小。

b)不同的成型温度下,添加Aapha-min、Saso-

bit 和 DAT 温拌剂制备得到的 3 种温拌沥青混合料的水稳定性存在一定的差异。其中, DAT 温拌沥青混合料的水稳定性最好, Sasobit 温拌沥青混合料的水稳定性次之, Aapha-min 温拌沥青混合料的水稳定性最差。

c) 在不同气候分区进行施工, 应根据具体情况确定所选择温拌沥青混合料的最终成型温度。对于潮湿和湿润区, 一般温拌沥青混合料成型温度取 $105\sim 130^{\circ}\text{C}$, 在此温度区间, 既可以保证温拌沥青混合料的水稳定性符合规范要求, 又可节约能源。

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): 170-173.
- [2] 王 丹. 温拌沥青混合料的技术现状与应用前景[J]. 北方交通, 2013(5): 36-38.
- [3] 于 江, 苏 明. 成型温度对温拌沥青混合料性能影响研究[J]. 中外公路, 2012, 32(4): 251-254.
- [4] 王修山, 袁玉卿, 郭 涛, 等. 温拌阻燃沥青混合料特性分析[J]. 筑路机械与施工机械化, 2012, 29(12):

44-49.

- [5] 瞿 翔, 陈景雅, 王 坤, 等. 采用 DAT 添加剂的温拌沥青路用性能[J]. 大连交通大学学报, 2014, 35(1): 64-67.
- [6] 郭 平. Sasobit® 温拌沥青混合料水稳定性能研究[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2010, 31(5): 36-39.
- [7] 于 江, 王素英, 李林萍. Evotherm-DAT 温拌沥青混合料压实性能试验研究[J]. 中外公路, 2013, 33(5): 227-230.
- [8] 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.
- [9] 交通部公路科学研究所. JTG E42—2005 公路工程集料试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [10] 叶 奋, 王宝松, 贾晓阳, 等. 成型温度对温拌沥青混合料水稳定性的影响[J]. 建筑材料学报, 2009, 12(3): 302~305.
- [11] 交通运输部公路科学研究院. JTG E20—2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [12] 左 锋. 基于温度的温拌沥青混合料水损害关键因素研究[D]. 上海: 同济大学, 2008.

Research on Influence of Molding Temperature on Pavement Performance of Warm Mix Asphalt Mixtures

WANG Xiu-shan, FAN Tao-tao, CAI Ling-jie, WU Da-zhi

(School of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: To study the law of influence of molding temperature of warm mix asphalt on its pavement performance, this research uses asphalt mixtures molded by gyratory compactor at different temperatures and prepared with respective addition of Aspha-min, Sasobit and DAT warm mix agent, measures various indexes through asphalt mixture density test, immersion Marshall stability test and freeze-thaw split test and obtains the change law of compaction and water stability of three warm mix asphalt mixtures with molding temperature and their optimal molding temperature range in different climatic regions. The test result shows that the compaction of three warm mix asphalt mixtures is improved effectively but does not show an obvious law with the increase of molding temperature; at different molding temperatures, DAT warm mix asphalt mixture has the best water stability; for humid and wet regions, $105\sim 130^{\circ}\text{C}$ molding temperature can ensure the water stability of warm mix asphalt mixtures.

Key words: asphalt mixture; warm mix additives; rotating compaction method; molding temperature; compaction; water stability

(责任编辑: 张祖尧)