

# 旋转压实法在温拌沥青混合料中的应用

王德新

(驻马店市公路规划勘察设计院, 河南 驻马店 463000)

**摘要:** 选择具有代表性的马歇尔击实法和旋转压实法(SGC)温拌沥青混合料(WMA)试件, 分析在不同温度下成型的 WMA 试件的压实特性及试件强度随时间的变化规律, 提出室内成型 WMA 试件宜采用 SGC 法; 通过测试不同存储时间时沥青混合料试件的马歇尔稳定度和劈裂强度, 提出 WMA 室内性能测试宜采取成型后常温静置 2 d 的方法; 通过添加不同温拌剂的沥青混合料空隙率等技术指标的分析确定施工温度, 结果显示 SGC 法的计算降温幅度更明显, 采用该方法确定的施工温度与生产实际情况一致。

**关键词:** 公路; 旋转压实法(SGC); 温拌沥青(WMA); 性能测试

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)04-0106-03

中国目前使用的沥青混合料主要有热拌沥青混合料(HMA)和冷拌沥青混合料(CMA)两类。HMA 使用数量多, 比例大, 但其拌和温度通常在 150~180 °C, 摊铺和碾压温度不低于 120 °C, 生产过程中将沥青和矿料加热到如此高的温度不但增加能量消耗, 而且会排放大量有害气体, 严重影响周围环境和施工人员的身体健康。CMA 尽管在环保、能耗等方面具有很大优势, 但总体上其路用性能与 HMA 相比还有较大差距, 只能用于沥青路面修补、低交通量路面、中重交通量路面的下层和基层。如何保留 HMA 性能良好的特点并克服其能耗、环境问题, 同时保留 CMA 在环保、节能方面的优点并克服其性能方面的不足, 成为近年来公路工程界的重要研究课题。温拌沥青混合料(WMA)是一类拌和温度介于 HMA 和 CMA 之间, 性能达到或接近 HMA, 能节约能源、减少有害气体排放且施工工艺简单, 经济性、适用性和耐用性均较强的新型沥青混合料。目前中国关于 WMA 的研究方兴未艾, 该文通过对其研究现状的汇总分析, 结合室内试验, 采用旋转压实法(SGC)开展 WMA 关键技术研究。

## 1 室内成型 WMA 试件

WMA 配合比设计时, 室内试验采用不同试件成型方式对混合料矿料级配选择及最佳油石比确定的影响较大, 进而会使混合料后续路用性能测试产生较大偏差, 其原因是不同成型方式的作用力不同, 集料排列结构形式不同, 混合料试件空隙率大小及分布特征均不同, 同时试件强度指标也存在差异。

为此, 选择具有代表性的马歇尔击实法和 SGC 法分别成型 HMA、WMA 试件, 其中 WMA 分别采用 Sasobit、3G、DAT 3 种温拌剂, 通过基于不同温拌技术的 WMA 与 HMA 试件空隙率对比, 分析不同温度下成型的 WMA 试件的压实特性, 同时通过测试试件强度随时间的变化分析 WMA 的强度变化特征。

改变混合料温度进行马歇尔击实法和 SGC 法压实试验, 测试结果见图 1~4。由图 1~4 可知: 随着施工温度的下降, 沥青混合料的空隙率逐渐增大; 采用 SGC 法时 3 种 WMA 的空隙率均对温度更为敏感; WMA 的空隙率对温度的敏感性受温拌剂类型的影响则缺乏规律性。

沥青结合料的研究结果已证实, 温拌技术能使沥青材料在较低温度范围内产生粘度的迅速变动, 实现混合料的良好拌和, 也就是说 WMA 对温度的敏感性远高于普通沥青。因此, 在选择混合料试件成型方式时应考虑 WMA 的特殊性质, 否则会造成室内成型试件脱离实际, 从而影响后续性能测试结

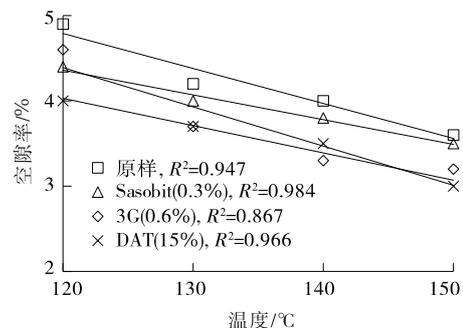


图 1 马歇尔击实时温拌基质沥青混合料的空隙率

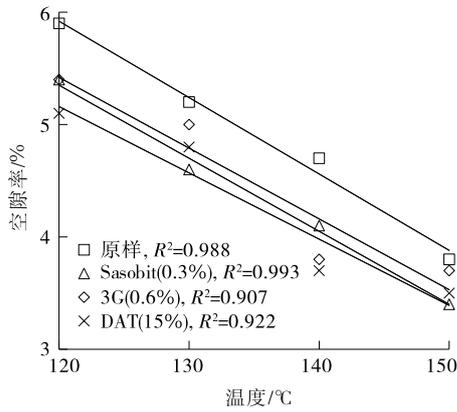


图2 马歇尔击实时温拌改性沥青混合料的空隙率

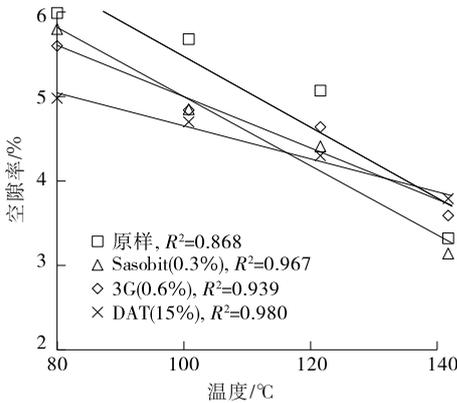


图3 旋转压实时温拌基质沥青混合料的空隙率

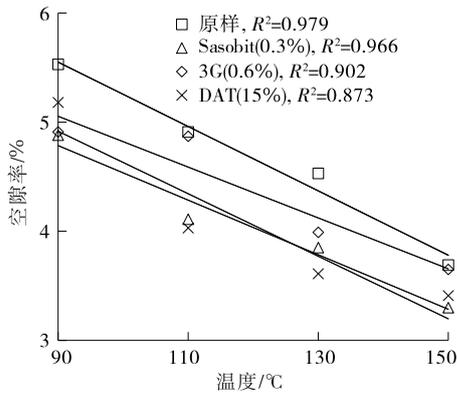


图4 旋转压实时温拌改性沥青混合料的空隙率

果的有效性。室内成型 WMA 试件优选 SGC 法,该方法可使成型试件与实际状况一致。

## 2 WMA 性能测试

分别成型基质沥青、改性沥青、温拌改性沥青和温拌基质沥青试件,温拌剂采用 Sasobit、3G、DAT,测试不同存储时间(1、2、3、4 d)下试件的马歇尔稳定性和劈裂强度,结果见图 5~8。由图 5~8 可知:

改性沥青混合料的性能随存储时间波动的程度明显大于基质沥青混合料,存储时间对改性沥青混合料性能的影响远大于热拌沥青混合料。

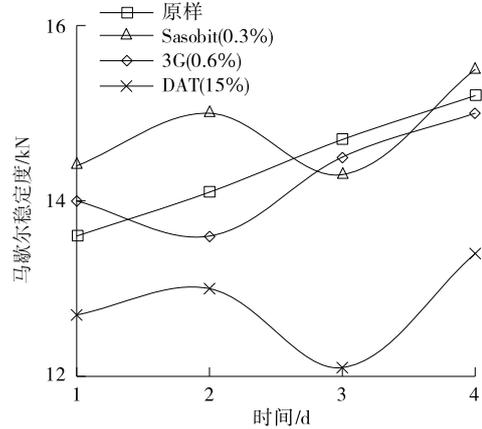


图5 温拌基质沥青混合料马歇尔稳定度随时间的变化

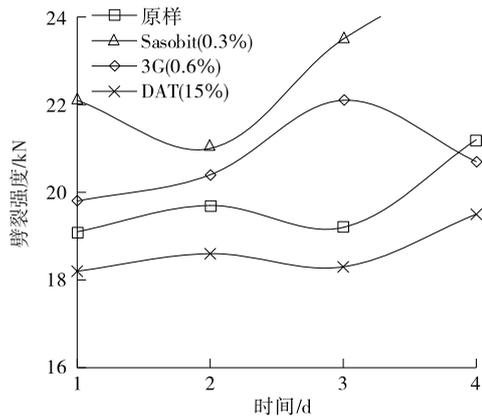


图6 温拌基质沥青混合料劈裂强度随时间的变化

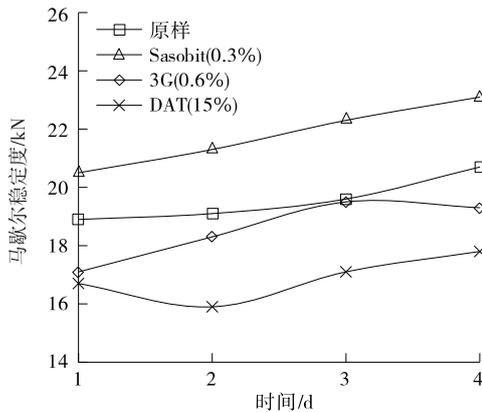


图7 温拌改性沥青混合料马歇尔稳定度随时间的变化

现行规范要求基质沥青混合料成型后静置 1 d、改性沥青混合料成型后静置 2 d,之后才能进行性能指标测试,而试验结果表明 WMA 性能受存储时间的影响更显著,且变化幅度受沥青类型、温拌剂类型等多因素的影响。因此,从综合性、稳定性和操作便利性方面考

虑,WMA 室内性能测试应采取成型后常温静置 2 d 的方法,以确保测试结果的有效性和稳定性。

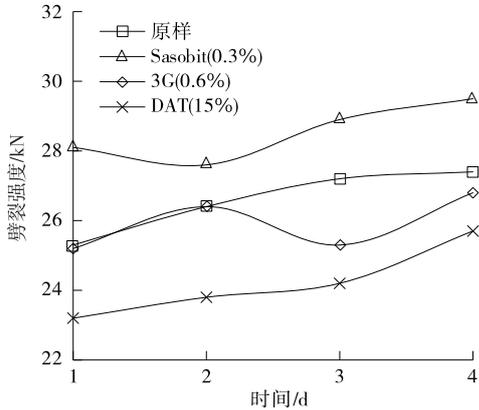


图8 温拌改性沥青混合料劈裂强度随时间的变化

表1 布氏旋转粘度计法、高速剪切粘度法和稳定剪切流变法确定的沥青混合料施工温度

沥青类型	温拌剂类型	温拌剂掺量/%	拌和温度/°C			碾压温度/°C		
			旋转粘度计法	高速剪切粘度法	稳定剪切流变法	旋转粘度计法	高速剪切粘度法	稳定剪切流变法
基质沥青	无	0.0	157	157	133	143	143	123
	Sasobit	3.0	151	151	—	137	137	—
	3G	0.6	155	155	131	142	142	120
改性沥青	无	0.0	193	183	180	182	173	174
	Sasobit	3.0	185	178	—	175	170	—
	3G	0.6	189	182	178	179	172	172

不同温度时通过马歇尔击实法和 SGC 法分别成型混合料试件,通过添加不同温拌剂的沥青混合料空隙率等性能指标分析确定施工温度,结果见表 2 和表 3。由表 2、表 3 可知:马歇尔击实法和 SGC 法的计算结果与实际较相符,其中 SGC 法的降温幅度更明显,与生产实际情况一致。建议采用 SGC 法确定沥青混合料的施工温度。

表2 马歇尔击实法确定的沥青混合料施工温度及降温范围

沥青类型	温拌剂类型	温拌剂掺量/%	拌和温度/°C	碾压温度/°C
基质沥青	无	0.0	160	155
	3G	0.6	140	130
	Sasobit	4.0	140	130
	DAT	15.0	140	130
改性沥青	无	0.0	180	170
	3G	0.6	165	155
	Sasobit	4.0	155	145
	DAT	15.0	160	150

### 3 基于 SGC 成型试件确定施工温度

测定沥青混合料施工温度的方法有 4 种:1) 基于布氏粘度计的旋转粘度计法;2) 基于动态剪切流变仪的高速剪切粘度法;3) 基于动态剪切流变仪的稳定剪切流变法;4) 基于动态剪切流变仪的相位角法。分别成型基质沥青、改性沥青、温拌改性沥青和温拌基质沥青(温拌剂采用 Sasobit、3G)试件,采用上述方法进行测试,确定其施工温度。测试中发现相位角法无法确定施工温度,其余 3 种方法的计算结果见表 1。由表 1 可知:布氏旋转粘度法、高速剪切粘度法和稳定剪切流变法的计算结果与生产实际状况不符,不适于沥青混合料施工温度确定。

表3 SGC 法确定的沥青混合料施工温度及降温范围

沥青类型	温拌剂类型	温拌剂掺量/%	拌和温度/°C	碾压温度/°C
基质沥青	无	0.0	—	—
	3G	0.6	140	130
	Sasobit	4.0	130	120
	DAT	15.0	130	120
改性沥青	无	0.0	—	—
	3G	0.6	140	130
	Sasobit	4.0	130	120
	DAT	15.0	140	130

### 4 结语

对于温拌沥青混合料,无论是基质沥青,还是改性沥青,目前均没有提出统一的施工温度确定方法,实践中大多是根据材料供应方的建议确定。受基质沥青类型、温拌剂类型和掺量、混合料原材料性质等

(下转第 123 页)

剂,采用照相机对坡面面流情况进行拍摄,并依据时间计算染色剂的流动距离。试验模拟工况见表 3。

表 3 面流冲刷模拟试验工况

工况编号	防护形式
1	裸露边坡
2	间隔 10 cm、直径 6 mm 椰纤维网
3	间隔 5 cm、直径 6 mm 椰纤维网

### 3.3 试验结果及分析

边坡面流冲刷试验得到的坡面面流速度变化情况见图 12。

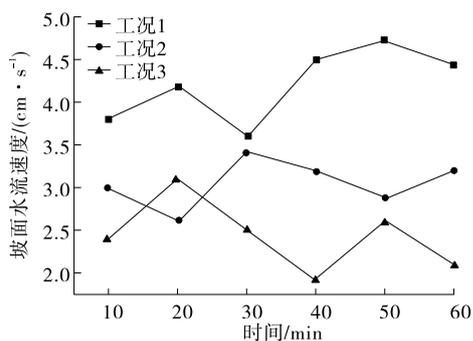


图 12 坡面面流速度折线图

由图 12 可知:裸露边坡的坡面水流速度大于椰纤维网防护边坡,且随着降雨历时的增加呈增大趋势。主要是由于坡面土颗粒逐渐流失形成了贯通的沟壑,促进了水流速度的增加。椰纤维网的间隔越小,坡面水流速度越小,这是由于椰纤维增大了坡面的粗糙度,有利于降低坡面水流速度。在减少土颗粒流失方面,椰纤维网能起到很好的防护效果。

\*\*\*\*\*  
(上接第 108 页)

因素的影响,适宜的施工温度势必是变动的,而施工温度对拌和效果、混合料性能和施工经济性都有重要影响。该文提出的方法可针对具体工程及材料特点确定适宜的温拌沥青混合料施工温度,从而实现工程经济、混合料性能的良好平衡,具有一定的现实意义和理论价值。

温拌剂的添加增加了混合料强度固化规律的复杂性,而如果不考虑固化程度的不同,会造成对混合料性能评价指标的明显偏差。该文提出的温拌沥青混合料固化时间限制能有效减小混合料性能波动程度,确保后续测试结果的稳定性和有效性,可为温拌再生混合料的配合比设计、性能评价等提供基础,具有重要现实意义。

## 4 结论

(1) 椰纤维网防护下边坡的泥砂冲刷总量比裸露边坡少 40% 以上,防护效果明显。

(2) 椰纤维网网孔距离越小,泥砂冲刷量越小,边坡防护效果越好;椰纤维网间距对边坡防护效果的影响更大;铺设营养土对边坡防护的整体效果影响不大。

(3) 椰纤维网防护对边坡细沟侵蚀有抑制作用,减少了细沟的形成;椰纤维绳使坡面水流速度降低 20% 以上,防护效果明显,且椰纤维网网孔距离越小,坡面水流速度越小,防护效果越好。

### 参考文献:

[1] Al-Durrach M M, Bradford J M H. New methods of studying soil detachment due to waterdrop impact[J]. Soil Science Society of America Journal, 1981, 45(5).

[2] Anderson Bradley A, Simons Daryl B. Soil erosion study of exposed highway construction slopes and roadways[J]. Transportation Research Record, 1984, 948.

[3] 杨淮.公路边坡生态恢复[D].西安:长安大学,2008.

[4] 王云.高挖边坡稳定性与生态防护技术研究[D].西安:长安大学,2012.

[5] 王桂尧,肖侃,田瑞丰.绳网护坡的强降雨冲刷和雨水入渗试验研究[J].水土保持研究,2016,23(1).

[6] 孔嵘,王桂尧.几种边坡生态防护形式对雨水入渗影响的试验研究[J].中外公路,2014,34(1).

收稿日期:2017-02-10

### 参考文献:

[1] 刘国礼,陈德臣.沥青砼面层施工中应重视的几个问题[J].公路与汽运,2009(2).

[2] 朱梦良,严鑫,郁飞,等.温度对胶粉改性沥青混合料体积参数的影响[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2013,10(3).

[3] 刘国礼.实行路用集料整体质量控制的必要性及措施[J].公路与汽运,2009(1).

[4] 欧阳伟,王连广,杨彦海.基于乳化技术的温拌沥青混合料应用研究[J].中外公路,2008,28(4).

[5] 李钰,黄勇,李平,等.新疆地区不同温拌剂沥青混合料路用性能对比[J].公路与汽运,2015(4).

收稿日期:2017-03-29