

SMA 和改性沥青混合料理论最大相对密度方法探讨

李闯民

长沙交通学院道路和交通工程系 (长沙 410076)

摘要 对算法计算和真空法实测的改性沥青混合料和 SMA 混合料的理论最大相对密度的准确性和精度进行了对比研究。研究表明: 与普通沥青混合料相比, SMA 混合料和改性沥青混合料, 实测的理论最大相对密度偏小, 平行误差增大。真空法实测不适用于 SMA 混合料和改性沥青混合料的理论最大相对密度的测量。理论计算的理论最大相对密度比实测法更加接近真实值。建议, 在工程实际中, SMA 混合料和改性沥青混合料的理论最大相对密度采用理论法计算。

关键词 普通沥青 改性沥青 混合料 理论最大相对密度 理论算法 真空法试验方法

改性沥青混合料和普通沥青混合料的物理性质的最大区别之一是改性沥青的粘度大大增加, 这样混合料容易结团, 且分散比较困难。SMA 混合料一般含有纤维, 也增加了分散的难度。最大理论相对密度有算法和实测法两类。美国 and 欧洲均采用实测的最大相对密度 (美国用真空法, 欧洲用溶剂法)。我国的试验规程自 1993 年以来就规定采用实测的最大相对密度, 只有在缺乏试验条件时才允许采用计算的理论最大相对密度。我国对普通沥青混合料实测理论最大相对密度已经取得一致意见。由于改性沥青和 SMA 混合料难于分散, 理论计算的最大相对密度与真空实测的有一定差异, 对其使用算法计算还是真空法实测理论最大相对密度尚有不同意见。对两种方法的准确性和精度进行对比研究表明: 对于改性沥青混合料, 当混合料从拌和出来之后开始仔细分散, 直到温度太低不能再分散, 真空实测法的理论最大相对密度是较准确的。如果分散马虎或不仔细, 则平行试验误差接近普通沥青混合料平行误差的 2 倍, 约 0.02~0.022。理论最大相对密度值明显偏低。当集料密度误差在试验规程规定的范围, 油石比波动幅度在施工允许范

围时, 算法的理论最大相对密度值比真空实测法更接近真值。因此, 建议在工程实际中, 改性沥青混合料和 SMA 混合料的理论最大相对密度采用算法计算, 而不要采用真空法实测。

1 改性沥青混合料实测法的室内试验*

判断沥青混合料理论最大相对密度试验方法的适用性应从两方面考虑。一是最大相对密度值的正确性, 二是试验结果的稳定性。研究表明, 如果实测法的理论最大相对密度处于用混合料集料的表干毛体积密度和表观密度计算的理论最大相对密度之间, 则可以认为测量结果是可信的。当实测法的平行试验误差不超过 0.011 g/cm^3 ^[1], 则认为试验结果是稳定的。

与普通沥青混合料相比, 聚合物改性沥青结合料粘度较大, 分散相对困难, 欧洲认为用真空法测量改性沥青混合料的理论最大相对密度是不适用的。我们进行了一系列的试验。试验方法是对于相

* 收稿日期: 2002-08-06

作者简介: 李闯民, 男, 长沙交通学院副教授, 交通部公路科研院所和东南大学在职博士研究生。主要从事沥青和沥青混合料的教学和科研工作。

同的集料和级配，相同的油石比混合料，仅改变沥青结合料的品种，即原质沥青和改性沥青。沥青混合料的拌和温度则根据沥青的品种而按现行规范执行。但应特别注意沥青混合料的分散。因为沥青

的密度相差极小，如果改性沥青混合料也能用实测法正确测量，这样测量的理论最大相对密度值应该是基本相同的。表 1 为两种类型原质沥青和改性沥青混合料理论最大相对密度对照表。

表 1 原质沥青和改性沥青理论最大相对密度

沥青种类	试样	油石比, %	原质沥青	平行误差	改性沥青	平行误差	理论最大相对密度差值
SMA-13	1	6	2.544	0.018	2.531	0.013	0.009
	2	6.2	2.531	0.013	2.527	0.012	0.010
	3	6.5	2.520	0.006	2.515	0.009	0.000
AC-20	1	3.5	2.610	0.001	2.609	0.002	0.001
	2	4	2.596	0.008	2.596	0.003	0.000
	3	4.5	2.575	0.009	2.576	0.008	0.001
	4	5	2.551	0.011	2.558	0.002	0.007
	5	5.5	2.537	0.000	2.537	0.011	0.003

从表 1 可知，对于 SMA 混合料，无论是普通沥青还是改性沥青，多数平行误差超过了 0.011，高的达到 0.018。显然真空实测法的精度比普通沥青混合料低得多。按照平行误差不超过 0.011 的标准，真空实测法是不适合 SMA 混合料的。理论上说，由于改性沥青比普通沥青密度稍大，改性沥青 SMA 的理论最大相对密度应该比普通沥青 SMA 混合料稍高。改性 SMA 混合料的最大相对密度反而比普通 SMA 混合料的低，也说明了改性沥青 SMA 比普通沥青 SMA 更难分散，由于有纤维，存在较多的包含封闭空隙的混合料团，从而减小了改性沥青 SMA 的理论最大相对密度。两组 SMA 混合料的理论最大相对密度值相差较小，说明试验过程中沥青混合料分散的程度还是比较均匀的，都存在包含封闭空隙的混合料小团。

从表 1 还可以看出，和普通沥青混合料一样，一般改性沥青混合料的最大理论相对密度的平行试验误差均在 0.011 范围内。改性沥青混合料的最大相对密度与普通沥青混合料的最大相对密度值也基本相同。室内试验结果表明，按照试验规程认真分散改性沥青混合料试样，用真空法测量的改性沥青混合料理论最大相对密度值和普通沥青混合料的理论最大相对密度值的误差很小，在允许范围内，其平行试验误差也在试验允许的范围内，该方法是可用于室内改性沥青混合料理论最大相对密

度测量的。但必须注意改性沥青混合料要仔细分散，符合细集料分散到 6 mm 以下的要求。

在实际工程中，改性沥青混合料已经成型，需要再加热，分散。其分散方式不同，分散工作室内混合料困难。分散程度也不可能有室内试验那么仔细，为此我们进行了沥青混合料分散程度对改性沥青混合料理论最大相对密度的影响试验。

2 试样分散试验

真空法借助抽真空使开口孔隙中的空气出来，同时让水进入开口孔隙中。应该说开口孔隙中的剩余孔隙愈少，测定的结果愈准确。相反，密闭孔隙愈多，测定的结果愈不准确。因此试验规程^[1,2]要求细集料团块分散到小于 6.4 mm。在试验中，沥青混合料的分散与否，影响到底有多大呢？本组试验的集料、级配和油石比相同，只有沥青的品种和混合料分散的方式不同，试验结果见表 2。

由表 2 见：采用将混合料分散的方式时，三种沥青混合料，平行试验误差最大为 0.011，没有超过美国真空法规定的平行试验误差 0.011 的要求。采用对混合料分散马虎的方式时，只有非改性的 70 号、110 号两种沥青混合料的平行试验误差小于 0.011 的要求。而 SBS 改性沥青的两组平行误差分别为 0.022、0.020，远远超出了 0.011 的要求，满足不了试验精度要求。理论上说，由于改性沥青比普通沥青密度稍大，改性沥青混合料的理论最大相

对密度应该比普通沥青混合料稍高。但表 2 中的数据表明,分散仔细的改性沥青混合料的理论最大相对密度并不比普通沥青混合料高;而当改性沥青混合料分散马虎时,它的理论最大相对密度反而比普通沥青或分散仔细的改性沥青混合料的低很多,差值达 0.031~ 0.063。这是由于改性沥青粘度较非改性沥青大些,细集料结团难分开,密封了比非改性沥青多得多的密闭孔隙的缘故。而非改性沥青混合料细集料间粘结力较小,在真空容器振动和水

的作用下,细集料基本都分散了。因此在工程实际中,对于改性沥青一定要仔细的分散才能达到精度要求,在工程中推广要谨慎。分散马虎时,改性沥青混合料实测理论最大相对密度的精度难以达到平行误差小于 0.011 的要求,一般误差要扩大一倍,即 0.020~ 0.022。总之,分散不合要求的改性沥青混合料,理论最大相对密度值偏小 0.031~ 0.063;平行误差为一般沥青混合料的 2 倍,达到 0.020~ 0.022;总误差可能达到 0.051~ 0.085。

表 2 改性沥青和普通沥青混合料分散程度与理论最大相对密度值

组别	沥青品种处理方式	70 号沥青	平行误差	110 号沥青	平行误差	SB S 改性沥青	平行误差
A	分散	2.583	0.005	2.579	0.001	2.570	0.011
	分散	2.579		2.578		2.581	
B	分散马虎	2.575	0.006	2.573	0.002	2.532	0.022
	分散马虎	2.569		2.574		2.511	
C	分散	2.584 9	0.003	2.581	0.003	2.583	0.010
	分散	2.581		2.578		2.573	
D	分散马虎	2.570	0.006	2.569	0.005	2.523	0.020
	分散马虎	2.576		2.574		2.543	

3 算法理论最大相对密度的误差分析

我国公路工程集料规程中规定^[3],粗集料密度平行误差不超过 0.02,细集料密度平行误差不超过 0.01。某种沥青混合料以 1 号粗集料和 2 号细集料和沥青配制而成,集料比例 $P_{CA}=50\%$, $P_{FA}=50\%$,油石比 $P_a=5.5\%$ 。1 号粗集料毛体积密度 $r_{CA}=2.693$,2 号细集料毛体积密度 $r_{FA}=2.677$,沥青密度 $G_b=1.033$ 。

不考虑油石比的误差,仅考虑集料测量误差的理论最大相对密度可由公式 (1) 表示:

$$r_{1,2} = (100 + P_a) / [P_{CA} / (r_{CA} \pm 0.01) + P_{FA} / (r_{FA} \pm 0.005) + P_a / G_b]$$

(1)

集料密度误差引起的最大理论最大相对密度误差为: $\delta_a = r_1 - r_2 = 0.01597$

不考虑集料误差,仅考虑油石比误差的最大理论最大相对密度可由公式 (2) 表示:

$$r_{3,4} = (100 + P_a \pm P_a) / [P_{CA} / r_{CA} + P_{FA} / r_{FA} + (P_a \pm P_a) / G_b]$$

(2)

油石比误差引起的最大理论最大相对密度误差为: $\delta_b = r_3 - r_4$

当油石比误差为 0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 时,计算的误差 δ 见表 3。

集料和油石比误差引起的综合误差可表示为:合成误差 $\delta = (\delta_a^2 + \delta_b^2)^{1/2}$

(3)

表 3 集料密度误差和油石比波动引起的最大理论最大相对密度误差 ($\delta_a = 0.01597$)

项 目	油石比误差					
	0.2	0.3	0.36	0.4	0.5	0.6
δ_a	0.006 84	0.010 26	0.012 3	0.013 68	0.017 11	0.020 53
δ	0.017	0.019	0.020	0.021	0.023	0.026

从表 3 计算结果可知,对于一般的混合料,如果满足规范的平行误差最低要求,在不考虑油石比

误差的情况下, 沥青混合料的理论最大相对密度最大误差也超过沥青混合料平行误差, 即 0.011。正是基于此, 对于普通沥青混合料我们推荐使用真空实测法, 不要采用理论算法。我们知道, 沥青混合料油石比波动, 对理论最大相对密度变化很大。不同油石比波动引起的理论最大相对密度误差见表 3。结果表明: 在允许的集料误差和油石比误差范围内, 理论算法计算的沥青混合料理论最大相对密度已经远远超过了 0.011, 最大误差随油石比波动而变化, 变化幅度在 0.017~ 0.026。计算法的误差数值范围却远比改性沥青混合料分散马虎时可能引起的误差 0.052~ 0.085 小。

综合上述试验和计算结果, 从试验结果稳定性方面考虑, 当混合料分散马虎或者不分散时, 平行误差达到 0.021~ 0.022, 远远超出了 0.011 精度要求。加上偏小的误差, 真空法实测的改性沥青混

合料理论最大相对密度误差最高达 0.052~ 0.085。按算法计算的理论最大相对密度的误差在 0.017~ 0.026 之间。在油石比波动和集料密度误差满足规范要求时, 反而比不分散或分散马虎的真空法的精度高些。由于在工程实践中, 改性沥青混合料的分散很难保证, 建议改性沥青混合料理论最大相对密度采用算法计算。

参 考 文 献

- 1 ASTM. Standard test method for theoretical maximum specific gravity and density of bituminous paving mixtures. road and paving materials. Annual book of ASTM standards. 1997, 4 (3): 179~ 185
- 2 交通部公路科学研究所. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程. 北京: 人民交通出版社, 2000: 300~ 304
- 3 交通部公路科学研究所. 公路工程集料试验规程. 北京: 人民交通出版社, 2000, 4: 16~ 31, 103~ 111

Discussion on Theoretical Maximum Specific Gravity of Polymer Modified Asphalt Mixture and SMA

Li Chuanglin

Changsha Communication University (Changsha 410076)

Abstract Research on the validity and accuracy of theoretical maximum specific gravity of polymer modified asphalt mixture and SMA were made. The results show that the theoretical maximum specific gravity by vacuum test method is smaller than that of pure asphalt mixture and vacuum test method is not suitable for measuring theoretical maximum specific gravity of polymer modified asphalt mixture and SMA. The results of theoretical calculation method are closer to the actual values compared with that of vacuum test. It is suggested that the theoretical maximum specific gravity of polymer modified asphalt mixture and SMA should be obtained by theoretical calculation method in the design, construction and quality control.

Key Words Asphalt mixture; Polymer modified asphalt; SMA; Theoretical maximum sp

· 动 态 ·

我国公路建设“十五” 计划及长远规划

到 2005 年“十五”计划完成时, 全国二级以上公路里程达到 28×10^4 km, 其中高速公路 2.5×10^4 km 以上, 全面建成“两纵两横三个重要路段”, 完成“五纵七横”国省主干线系统的 75% 左右。到 2010 年, 全部建成国省主干线系统,

基本建成西部开发省际通道, 在东部地区建立省会与地市级城市之间以高速公路为主的快速公路网络, 中西部大部分省会与地市级城市间实现二级以上高等级公路相连接, 所有具备通车条件的乡镇和行政村通上公路。到 2020 年, 公路交通实现基本适应国民经济和社会发展的需要。到本世纪中叶, 达到中等发达国家水平, 基本实现交通现代化。

(中石化沥青情报站提供)