

文章编号:1671-8879(2006)05-0001-04

沥青混合料高温性能评价指标

陈忠达¹, 袁万杰^{1,2}, 薛 航³, 刘绍宁³

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064; 2. 广东虎门技术咨询有限公司, 广东 广州 510630; 3. 开封市公路局, 河南 开封 475000)

摘 要:采用车辙试验对同种级配类型的沥青混合料高温性能进行研究,发现沥青混合料高温性能评价指标动稳定度不能反映混合料在整个使用过程中的抗永久变形能力。针对这一缺陷,提出了动抗压强度指标,综合考虑了行车速率、累积变形量和最大永久变形量等因素对压实沥青混合料高温性能的影响。结果表明:动抗压强度指标能较好地体现工程实际中车辙的形成规律,并有效提高了对沥青混合料高温性能评价的区分率。

关键词:道路工程; 沥青混合料; 动稳定度; 动抗压强度; 高温性能; 累积变形量; 最大永久变形量
中图分类号:U416.217 **文献标识码:**A

High temperature stability index of hot mixed asphalt

CHEN Zhong-da¹, YUAN Wan-jie^{1,2}, XUE Hang³, LIU Shao-ning³

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Guangdong Humen Technological Consulting Co Ltd, Guangzhou 510630, Guangdong, China; 3. Highway Administration of Kaifeng City, Kaifeng 475000, Henan, China)

Abstract: This paper studied the high temperature stability of the HMA (hot mixed asphalt) to the same aggregate gradation by rutting test. It was pointed that the traditional dynamic stability index for evaluating the high temperature stability of the HMA can not cover the permanent deformation resistance throughout the whole pavement service life, therefore the dynamic compression strength, a new index for evaluating the whole term high temperature stability, is presented. It combines the influence factors of velocity, cumulative deformation and maximal permanent deformation. The results indicate that the dynamic compression strength can reflect the rut formation regular in projects, and has an effectual distinction for evaluating the high temperature stability of the HMA. 3 tabs, 5 figs, 7 refs.

Key words: road engineering; hot mixed asphalt; dynamic stability; dynamic compression strength; high temperature stability; cumulative deformation; maximal permanent deformation

0 引 言

沥青混合料高温性能习惯上是指沥青混合料在

高温条件下荷载作用时的抵抗永久变形能力。而沥青混合料的高温性能不足主要表现为车辙破坏。沥青路面在行车荷载的反复作用下,会由于永久变形

的累积而导致路面出现车辙,影响路面的平整度;轮迹处沥青层厚度减薄,削弱面层及路面结构的整体强度,从而易诱发其他病害。车辙的产生严重影响了路面的使用寿命和服务质量。由于车辙试验可以很好地反映沥青混合料永久变形随时间和温度变化的过程,比较符合路面的实际受力情况,因此,目前国内外多采用车辙试验并以动稳定度(每产生 1 mm 辙槽所需的碾压次数)作为评价指标来判断沥青混合料的抗车辙能力^[1-2]。

实际上,这一评价指标只能反映沥青混合料在后 15 min 或变形量至 25 mm 时的前 15 min 碾压过程的抗永久变形能力,而对于上述时间之前的碾压过程则不予考虑,也就是说压实沥青混合料早期的

高温抗永久变形能力未能得到反映^[3-4]。针对这种情况,本文将车辙试验过程中产生的最大永久变形量及随时间增加的累积变形量有机结合起来,提出了一种能够反映沥青混合料在整个碾压过程中抗永久变形能力的指标——动抗压强度,以期对沥青混合料的高温性能进行更加合理的评价。

1 高温性能传统评价指标简介

中国《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40 - 2004)^[5]中对沥青混合料高温性能的评价方法仍主要采用车辙试验,并以动稳定度 DS 作为沥青混合料抗车辙能力的评价指标。沥青混合料车辙试验动稳定度的技术要求见表 1。

表 1 沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求

气候条件与技术指标		相应于下列气候分区所要求的动稳定度/(次·mm ⁻¹)								
7 月份平均最高气温/℃		>30				20~30				<20
气候分区		1. 夏炎热区				2. 夏热区				3. 夏凉区
		1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-2
普通沥青混合料	非改性,不小于	800	800	1 000	1 000	600	800	800	800	600
	改性,不小于	2 400	2 400	2 800	2 800	2 000	2 400	2 400	2 400	1 800
SMA 混合料	非改性,不小于	1 500				1 500				1 500
	改性,不小于	3 000				3 000				1 800

《公路沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ052-2000)规定,动稳定度值的计算是依据车辙试验时记录仪自动记录的变形曲线,并据此读取 45 min(t_1)及 60 min(t_2)时的车辙变形 d_1 及 d_2 ;当变形过大,在未到 60 min 变形已达 25 mm 时,则以达到 25 mm (d_2)时的试件为 t_2 ,将其前 15 min 为 t_1 ,此时的变形量为 d_1 。沥青混合料试件的动稳定度计算式为

$$\rho_{DS} = \frac{(t_2 - t_1)N}{d_2 - d_1} C_1 C_2 \tag{1}$$

式中: ρ_{DS} 为动稳定度, N 为试验轮往返碾压速度,通常为 42 次/min; C_1 为试验机类型修正系数,曲柄连杆驱动试件的变速行走方式为 1.0,链驱动试验轮的等速方式为 1.5; C_2 为试件系数,试验室制备的宽 300 mm 的试件为 1.0,从路面切割的宽 150 mm 的试件为 0.8。

2 高温性能的动抗压强度评价指标

对混合料的动稳定度测试研究发现,车辙板被碾压的前 45 min 已产生较深车辙,经过这一再压实过程,车辙板的剩余空隙率已经很小,密度已基本趋于稳定。在随后的 15 min 碾压过程中,混合料的

永久变形量已变化不大,由此计算的动稳定度存在总辙深很大、动稳定度亦很大的不合理情况。

如图 1 中车辙试验的 3 条变形曲线所示,在最后 15 min 的碾压过程中 3 条曲线的斜率基本一致,计算的动稳定度亦相差不大,反映在高温性能方面则是抗车辙能力基本一样。但它们之间的累积永久变形量明显是 $S_A > S_B > S_C$,其高温稳定性实际上应表现为 $A < B < C$,并不象从它们的动稳定度上所表现出来的那样。而一些车辙板在碾压过程中永久变形量变化均匀,总辙深相对较小,计算的动稳定度亦不大。表 2 是不同油石比条件下对同种级配沥青混合料动稳定度、累积永久变形量和最大永久变形量的实测结果。

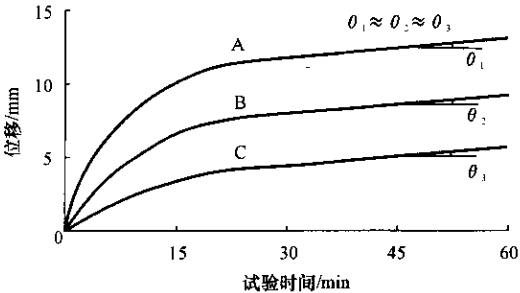


图 1 车辙试验的不同变形曲线比较

表 2 车辙试验结果

级配编号	油石比/%	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)	累积变形量/ (mm·s)	最大变形 量/mm
I-I	6.0	15 750	4 225.4	1.391
I-II		11 887	4 081.5	1.347
II-I	6.3	10 000	4 536.5	1.123
II-II		7 326	4 056.4	1.346
III-I	5.7	9 692	3 604.2	1.246
III-II		9 692	3 231.0	1.117
IV-I	6.6	6 702	5 220.1	1.797
IV-II		6 702	5 736.2	1.982

从图 2、图 3 中可以看到, I-I、I-II 和 III-I 的动稳定度、累积变形量及最大变形量均表现为由大到小,而累积变形量和最大变形量越大,沥青路面的高温稳定性能越差,动稳定度应该越小,说明动稳定度的计算结果与实际情况相矛盾;同时还可以看到, III-I 与 III-II、IV-I 与 IV-II 两组试验的累积变形量和最大变形量差值均在 10% 左右,说明它们的高温稳定性能存在差异,这与它们的动稳定度值相等显然不相符。因此采用动稳定度指标评价沥青混合料高温稳定性能时,存在区分率偏低的情况。此外,除了 II-I,车辙试验过程中的累积变形量有随最大变形量增大而增大的趋势,即这两个因素对沥青混合料高温稳定性能的影响是一致的。因此,评价沥青混合料高温稳定性能优劣主要是与累积变形量和最大变形量的大小有关^[6]。

鉴于此,本文提出了动抗压强度(the Dynamic

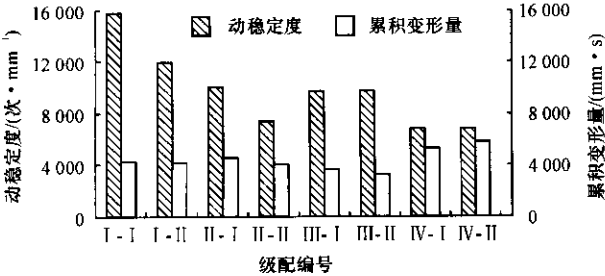


图 2 动稳定度与累积变形量关系比较

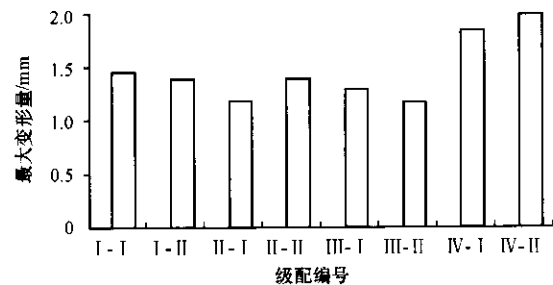


图 3 车辙试验最大变形量比较

Compression Stability, DCS),即产生单位面积的累积永久变形量所能承受的动压力大小,其计算公式为

ρ_{DCS} = ρ_{DP}/S₀ (2)

式中:ρ_{DCS} 为动抗压强度(MPa/s);S₀ 为累积永久变形量(mm·s);ρ_{DP} 为动压力,即一定碾压频率条件下,整个过程中每产生 1 mm 辙深所需施加的荷载量(N/mm)

ρ_{DP} = t₆₀NP C₁C₂/d₆₀ (3)

式中:d₆₀ 为对应于时间 t₆₀ 的变形量(mm);N 为试验轮往返碾压速度,通常为 42 次/min;P 为试验轮碾压时施加荷载,通常为 700 N;C₁ 为试验机类型修正系数,曲柄连杆驱动试件的变速行走方式为 1.0,链驱动试验轮的等速方式为 1.5;C₂ 为试件系数,试验室制备的宽 300 mm 的试件为 1.0,从路面切割的宽 150 mm 的试件为 0.8。

式(2)表明,动抗压强度与行车速度成正比,与累积变形量成反比,这与收费站、加油站、转弯处及城市公交站、交叉口等低速行驶路段产生永久变形严重的情况相符;而累积变形量越大,动抗压强度越小,路面的高温抗变形能力越差,这一结论也与路面的实际情况相一致。因此用动抗压强度来表征路面的高温性能是合理的。

3 试验结果分析

沥青采用西安科氏公司生产的改性沥青(PG-70)和胜利-90# 重交道路石油沥青,以现行规范中 SMA 和 AC 级配为例对压实沥青混合料进行车辙试验。试验结果如图 4、图 5 和表 3 所示^[7]。

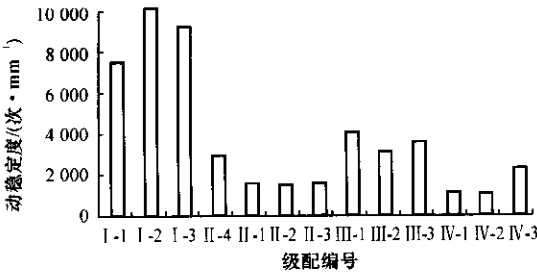


图 4 不同级配沥青混合料的动稳定度

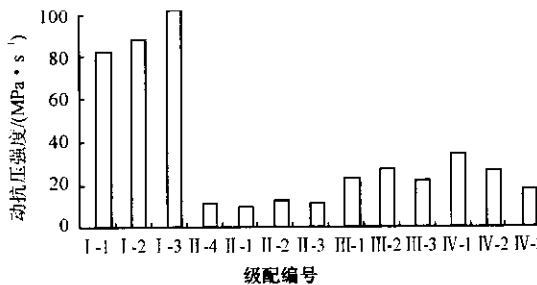


图 5 不同级配沥青混合料的动抗压强度

表 3 不同级配类型沥青混合料车辙试验结果

级配类型	SMA-16(改性沥青)			SMA-16(基质沥青)				AC-16(改性沥青)			AC-16(基质沥青)		
试验编号	I-1	I-2	I-3	II-1	II-2	II-3	II-4	III-1	III-2	III-3	IV-1	IV-2	IV-3
动稳定度/(次·mm ⁻¹)	7 325.9	10 000.0	9 130.4	2 727.3	1 387.7	1 260.0	1 441.6	3 987.3	3 058.3	3 442.6	906.5	893.6	2 218.3
动压力/(N·mm ⁻¹)	327 670	392 700	417 620	112 700	99 470	117 740	113 260	169 890	178 150	164 640	178 640	170 870	140 140
累积变形量/(mm·s)	4 056.4	4 536.5	3 065.7	10 009.8	1 0782.7	9 396.2	10 009.8	7 483.4	6 728.4	7 604.2	5 357.8	6 499.5	8 103.1
d ₆₀ /mm	1.346	1.123	1.056	3.913	4.434	3.745	3.894	2.596	2.475	2.679	2.469	2.581	3.147
动抗压强度/(MPa·s ⁻¹)	80.8	86.6	136.2	11.2	9.2	12.5	11.3	22.7	26.5	21.7	33.3	26.3	17.3

图 5 是对表 3 中的试验结果采用式(2)计算的动抗压强度的比较图。比较上述试验及计算结果,由于动抗压强度考虑了整个碾压过程产生的最大变形量和累积永久变形量,较之图 4 中动稳定度对混合料高温性能的评价具有更好的区分率。例如仅从动压力角度考虑,I-2 比 I-1 大 16.6%,I-3 比 I-2 大 6.0%;但由于累积永久变形量 S₀ 为:I-2。比 I-1 大 10.6%,I-3 比 I-2 小 48.0%;则其动抗压强度为:I-2 比 I-1 仅大 6.7%,而 I-3 则比 I-2 大 36.5%。表明其结果受累积永久变形量 S₀ 的影响较大。

此外,在计算动抗压强度的公式中关于动压力的算法问题,考虑到现行规范中仅取整个碾压过程最后 15 min 的变形量来计算动稳定度,存在永久变形量大、动稳定度亦大的不合理情况。因此,提出了用式(3)来计算动压力,可充分反映碾压结束时的最大永久变形量对动稳定度的影响,如表 3 中动压力的计算结果,d₆₀越大、则动压力越小,与路面上车辙越大抗高温性能越差的实际情况相一致,同时也使动抗压强度在评价路面的高温性能时兼顾了行车速度、累积变形量和最大永久变形量等因素,使高温性能评价指标更趋合理性。

4 结 语

- (1)现行《公路沥青及沥青混合料试验规程》规定的动稳定度计算方法,仅考虑了压实沥青混合料后 15 min 的永久变形率,缺乏对全过程的累积变形量和最大永久变形量的考虑,使动稳定度指标在评价沥青混合料的高温性能时存在较大的局限性。
- (2)依据式(2)、式(3)计算的动抗压强度,综合考虑了行车速率、累积变形量和最大永久变形量等因素,使高温性能评价指标与工程实际中车辙形成规律相一致,较之原指标更趋合理。
- (3)动抗压强度指标的提出,有效地避免了图 1 中高温性能差别明显而动稳定度基本一致的不合理

情况,使之对沥青混合料高温性能的评价具有更好的区分率。

参考文献:

References:

[1] 沈金安. 沥青及沥青混合料路用性能[M]. 北京:人民交通出版社,1993.
Shen Jin-an. Road performance of asphalt and asphalt mixture[M]. Beijing: China Communications Press, 1993.

[2] 彭 波,田见效,陈忠达. Superpave 沥青混合料路用性能[J]. 长安大学学报:自然科学版,2003,23(5): 21-23.
PENG Bo, TIAN Jian-xiao, CHEN Zhong-da. Road performance of superpave bituminous mixture[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003,23(5): 21-23.

[3] Brown E R, Stephen A. A study of in-place rutting of asphalt pavements prepared for presentation[R]. NCAT Report, 1989.

[4] Allen L, Cooley J, Prithvi S, et al. Loaded wheel testers in the united states: state of the practice[R]. Transportation Research E-Circular, No E-C016, Report, 2000.

[5] JTG F40-2004. 公路沥青路面施工技术规范[S].
JTG F40-2004. Technical specifications for construction of highway asphalt pavement[S].

[6] 李祝龙,丁小军,赵述曾,等. 沥青混合料应用中的环境保护[J]. 交通运输工程学报, 2004, 4(4): 1-4.
LI Zhu-long, DING Xiao-jun, ZHAO Shu-zeng, et al. Environment protection in application of asphalt mixture[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(4): 1-4.

[7] 陈忠达,袁万杰,高春海. 多级嵌挤密实级配设计方法研究[J]. 中国公路学报, 2006, 19(1): 32-37.
CHEN Zhong-da, YUAN Wan-jie, GAO Chun-hai. Research on the design method of multilevel dense built-in grading[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(1): 32-37.