

文章编号:1007-9629(2011)06-0000-00

大空隙率沥青混合料耐久性评价方法与指标

耿 韩¹, 李立寒¹, 孟庆楠²

(1. 同济大学 道路与交通工程教育部点实验室, 上海 200092; 2. 同济大学 建筑设计研究院, 上海 200092)

摘要: 设计了不同温度条件的肯塔堡飞散试验、浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验, 以探寻较为合理的、能够有效反映大空隙率沥青混合料抗松散性、水稳定性的评价方法和评价指标. 结果表明: 肯塔堡飞散试验可以用于评价大空隙率沥青混合料的抗松散性能与水稳定性能. Th 料的抗松散性能评价指标, 以 60 ℃ 浸水飞散损失作为其水稳定性能评价指标, 以 20 ℃ 飞散损失、60 ℃ 浸水飞散损失变异系数不大于 10%, -18 ℃ 冰冻飞散损失变异系数不大于 20% 作为耐久性指标的精度要求. 中文看不懂, 英文没法改

关键词: 道路工程; 大空隙率沥青混合料; 耐久性; 评价方法; 评价指标; 精密度
中图分类号: U414 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1007-9629.2011.06.000

Evaluation of Durability for Asphalt Mixture with Large Voids

Geng Han, Li Li-han, Meng Qing-nan

(1. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Architectural Design and Research Institute of Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Experiments including Cantabro loss test for specimens of different temperature, immersion Marshall test, and freeze thaw split test were designed to obtain proper test methods for the evaluation of anti-scattering property and moisture sensibility of asphalt mixture with large voids. Test results show that, Cantabro loss test is the proper experiment for this purpose. Furthermore, scattering loss at 20 ℃, frozen scattering loss at -18 ℃ and soaking scattering loss at 60 ℃ are suggested as evaluation index of anti-scatterng property in normal temperature state, anti-scattering property in frozen state and moisture sensibility respectively. The precision criterion for durability evaluation is that, as compared to scattering loss at 20 ℃, the change of soaking scattering loss at 60 ℃ is no more than 10%, and the variation of frozen scattering loss at -18 ℃ is no more than 20%.

Key words: road engineering; large air voids asphalt mixture; durability; test methods; evaluation indicators; precision criteria

大空隙率沥青混合料是指空隙率在 18% ~ 25% 之间的骨架空隙型沥青混合料, 可用于铺筑排水、降噪沥青面层. 相对传统密实级配沥青混合料, 大空隙率沥青混合料的耐久性稍差, 易产生松散、坑槽等病害^[1]. 大空隙率沥青混合料内部存在大量连通孔隙, 导致沥青膜直接暴露在使用环境中, 使其在空气中逐渐老化, 在行车荷载产生的高压水流冲刷

下逐渐剥离, 从而使集料之间的黏结失效. 这也是松散、坑槽等病害产生的主要原因. 一般认为, 大空隙率沥青混合料的耐久性包括抗松散性与水稳定性 2 个方面, 其良好的抗松散性和水稳定性是路面经久耐用的重要保证.

JTG F40—2004《沥青路面施工技术规范》以 20 ℃ 飞散损失评价大空隙率沥青混合料的抗松散

性能,并借用密级配沥青混合料的残留稳定度、冻融劈裂比来评价其水稳定性.存在的问题是:20℃飞散损失指标无法有效反映大空隙率沥青混合料在雨雪冰冻条件下的抗松散性能;浸水马歇尔试验不能充分反映出水分对沥青混合料的侵蚀作用^[2];冻融劈裂试验中的饱水、冻胀对大空隙率沥青混合料的作用效果极不明显^[3].有鉴于此,本文采用 6 种沥青结合料,3 个沥青用量,制备了大空隙率沥青混合料,并设计了不同温度条件下的肯塔堡飞散试验、浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验,研究分析飞散损失、残留稳定度和冻融劈裂强度比与其性能指标及沥青膜厚度的相关性,探寻较为合理的、能够反映其抗松散性、水稳定性的评价方法和评价指标.

1 试验材料与试验设计

1.1 试验材料

选择 6 种沥青结合料,沥青的部分性能指标测试结果见表 1.其中,沥青 60℃零剪切粘度采用剪切速率扫描试验^[4]测定,剪切速率为 $1.25 \times 10^{-6} \sim 1\,250\text{ s}^{-1}$,当量脆点按照 JT J052—2000《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中规定的方法测定.

表 1 沥青结合料技术性能指标
Table 1 Technical index of asphalt binder

No.	Asphalt category	Zero shear viscosity/(Pa·s)	Equivalent brittle point/℃
1 [#]	A-70	182	—8.0
2 [#]	SBS	15 620	—17.1
3 [#]	High modulus	8 827	—10.8
4 [#]	High viscosity	22 590	—18.5
5 [#]	High viscosity	38 300	—20.9
6 [#]	High viscosity	72 580	—20.1

粗集料选用公称粒径为 5~10,10~15 mm 的辉绿岩,细集料选用公称粒径为 0~5 mm 的石灰岩,填料选用石灰岩矿粉,集料和矿粉的各项性能指标符合 JTG F40—2004 规定的技术要求.

沥青混合料级配组成见表 2,其最大公称粒径为 13.2 mm,空隙率为 20%,沥青膜厚度分别为 11,13,15 μm 时,油石比(质量分数)分别为 3.9%,4.6%,5.4%.

表 2 混合料的级配组成

Table 2 Gradation composition of asphalt mixture with large voids											
Sieve size/mm	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
Percent passing (by mass)/%	100.0	94.4	70.0	22.6	15.2	10.9	8.6	6.1	4.8	4.0	

1.2 试验设计

参照 JT J052—2000 进行沥青混合料的肯塔堡飞散试验.成型 4 组马歇尔试件,平行试件为 3 个,其中 3 组试件处理方式分别为:20℃水浴浸水 20 h;5℃水浴浸水 20 h;不经浸水处理,直接置于-18℃环境中冷冻 20 h.处理后立即取出试件在 20℃下进行肯塔堡飞散试验.另外 1 组试件在 60℃浸水 48 h,取出后在室温条件下放置 24 h,然后进行肯塔堡飞散试验.取 3 个平行试件的测定均值作为飞散损失,按照式(1)计算飞散损失变异系数 CV(%).

CV = SD / Ave × 100 (1)

式中:SD 为 3 个平行试件飞散损失的标准差,%;Ave 为 3 个平行试件飞散损失的平均值,%.

参照 JT J052—2000 进行沥青混合料的浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验,以测定试件的残留稳定度与冻融劈裂比,并计算试件的饱水率^[5].

2 试验结果与分析

2.1 肯塔堡飞散试验

表 3 为沥青混合料肯塔堡飞散损失试验结果.由表 3 可见:

(1)经过 5℃低温浸水或-18℃冰冻处理后,试件的飞散损失增加,其中 5℃飞散损失与 20℃飞散损失较接近,-18℃冰冻飞散损失则远高于 20℃飞散损失.这可解释为:沥青随着温度降低逐渐变脆,易导致大空隙率混合料的松散、剥离,故飞散损失增大.由表 1 可见,6 种沥青的当量脆点在-20.9~-8.0℃之间,-18℃已经接近沥青的当量脆点,在连续撞击下极易发生脆性破坏,故-18℃飞散损失远高于 20℃飞散损失.

(2)经过 60℃高温浸水后,试件飞散损失显著增加,60℃浸水飞散损失远高于 20℃飞散损失.这可解释为:20 h 高温浸水对沥青起到一定的老化作用,也对其与集料的黏结起到一定的浸润、剥离作用,导致沥青老化后变硬,与集料颗粒的黏附效应减弱;在试验中,试件受到连续撞击作用,沥青的硬化与剥离显著降低了混合料的抗松散能力,因而 60℃浸水飞散损失远高于 20℃飞散损失.

(3)20℃飞散损失变异系数为 1.5%~9.6%,5℃飞散损失变异系数为 3.0%~10.5%,-18℃飞散损失变异系数为 5.4%~17.6%,浸水飞散损失变异系数为 2.5%~10.8%.这说明,当试件的温度降低时,飞散损失变异系数增加.

上述分析表明,不同温度条件下的飞散损失能

表 3 肯塔堡飞散损失试验结果
Table 3 Results of Cantabro loss test

No.	Asphalt film thickness/ μm	Zero shear viscosity/ $(\text{Pa}\cdot\text{s})$	Scatting loss at 20 $^{\circ}\text{C}$		Scatting loss at 5 $^{\circ}\text{C}$		Scatting loss at -18 $^{\circ}\text{C}$		Scatting loss at 60 $^{\circ}\text{C}$	
			Ave/%	CV/%	Ave/%	CV/%	Ave/%	CV/%	Ave/%	CV/%
1 [#]		182	40.1	7.7	42.7	8.2	54.0	10.6	61.9	10.8
2 [#]		15 620	19.6	9.2	20.0	10.5	21.6	15.7	24.3	9.5
3 [#]	13	8 827	20.3	8.4	23.2	5.2	27.8	17.6	28.8	9.4
4 [#]		22 590	13.6	9.6	17.3	8.7	20.9	14.8	16.0	2.5
6 [#]		72 580	10.9	9.2	12.0	9.2	13.8	16.7	12.4	4.0
5 [#]	11		16.4	2.4	16.8	3.0	17.3	11.6	24.1	10.4
	13	38300	13.6	5.1	15.2	4.6	18.7	14.4	16.9	10.1
	15		6.8	1.5	9.1	7.7	14.9	5.4	10.1	4.0

有效区别大空隙率沥青混合料的抗松散能力,60℃浸水飞散损失也可有效区分大空隙率混合料经高温浸水、剥离后的抗松散性能差异,即水稳定性性能差异。

2.2 浸水马歇尔与冻融劈裂试验

表 4 为沥青混合料的水稳定性试验结果. 由表 4 可见:

表 4 水稳定性试验结果
Table 4 Results of moisture-susceptibility test

No.	Asphalt film thickness/ μm	Zero shear viscosity/ $(\text{Pa}\cdot\text{s})$	Residual stability/%	Tensile strength ratio/%	Saturation degree/%
1 [#]		182	100.7	91.2	30.0
2 [#]		15 620	90.4	106.2	23.5
3 [#]	13	8 827	96.2	99.0	29.7
4 [#]		22 590	109.7	93.6	25.3
6 [#]		72 580	104.3	103.8	25.9
5 [#]	11		110.7	129.3	24.4
	13	38 300	110.8	105.8	23.8
	15		106.2	97.7	23.2

(1)沥青混合料的残留稳定度为 90.4%~110.8%,表明经历高温浸水后,其稳定度未明显降低.究其原因一是 48 h 高温浸水既对沥青膜起到一定的剥离作用,同时又使沥青产生热老化,导致其出现硬化现象^[6];二是马歇尔试验中,试件处于环向受压状态,对沥青与集料的界面状态不敏感^[2],使沥青的硬化成为主导因素,提高了试件的稳定度,因而出现残留稳定度大于 100%的现象。

(2)沥青混合料的冻融劈裂强度比为 91.2%~129.3%,经历冻融处理后的劈裂强度增大.这是因为试件的空隙率较大,在测试饱水率时,其孔隙中的水通过连通空隙流出,使冰冻试件饱水率偏低,仅为 23.2%~30.0%,远低于 55%~80%的要求,导致冻胀效果不明显;另外,24 h 高温浸水导致沥青出现硬化现象,提高了试件抵抗劈裂荷载的能力,因而出现了冻融后的劈裂强度提高、冻融劈裂强度比大于

100%的现象。

上述分析表明,现行的用于评价密级配沥青混合料水稳定性的浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验不能有效评价大空隙率沥青混合料的水稳定性。

3 评价指标讨论与建议

3.1 抗飞散性能的评价指标

图 1 为飞散损失与沥青 60℃零剪切黏度的关系. 由图 1(a)可见,沥青混合料 5,20,-18℃飞散损失与沥青 60℃零剪切黏度在半对数坐标下呈线性关系,其中 20℃的拟合直线与 5℃的拟合直线平行且比较接近,-18℃的拟合直线斜率远大于 5,20℃的拟合直线. 这说明,在-18℃冰冻条件下,大空隙率沥青混合料的抗飞散性能对沥青 60℃零剪切黏度更为敏感,即当沥青黏度降低时,其抗松散性能衰减更为迅速。

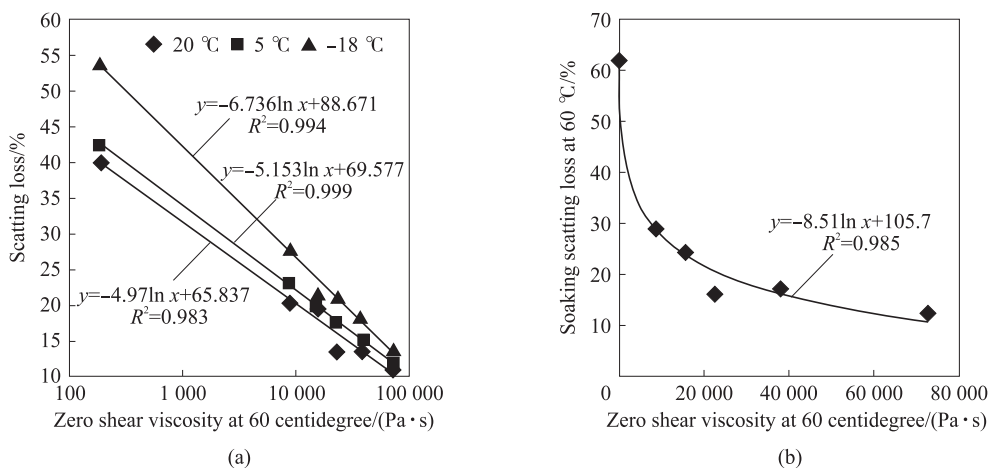


图1 飞散损失与零剪切黏度的关系

Fig.1 Relation between scattering loss and zero shear viscosity

在我国沥青路面气候分区中,冬冷区、冬温区路面的最低设计温度为 $-16.9 \sim 7.7$ °C,严寒区、冬寒区路面的最低设计温度为 $-42.7 \sim -19.2$ °C^[7-8]. 本试验结果表明,当沥青混合料组成相同时,大空隙率沥青混合料在一般温度和冰冻条件下的抗松散性能存在较大的差异,仅采用20 °C时的飞散损失指标,不能保证其冰冻条件下的抗飞散能力. 因此,建议以20 °C飞散损失作为大空隙率沥青混合料一般温度条件下抗松散性能的评价指标,以 -18 °C冰冻飞散损失作为其冰冻条件下抗松散性能的评价指标.

3.2 水稳定性评价指标

由图1(b)可见,沥青混合料60 °C浸水飞散损失与沥青60 °C零剪切黏度呈对数关系,其浸水飞散损失随着沥青黏度增加逐渐减小,决定系数为0.985,说明其60 °C浸水飞散损失与沥青性能具有良好的相关性. 另外,由上述试验可知,60 °C浸水飞散损失可有效区分大空隙率沥青混合料水稳定性,而残留稳定度、冻融劈裂比则无法进行有效评价,因此建议以60 °C浸水飞散损失作为大空隙率沥青混合料水稳定性评价指标.

4 结论

大空隙率沥青混合料结构组成有别于传统密级配沥青混合料,浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验均无法有效评价该类混合料的水稳定性性能.

肯塔堡飞散试验可有效鉴别大空隙率沥青混合料抗松散能力、水稳定性性能的差异,建议以肯塔堡飞散试验评价大空隙率沥青混合料的抗松散性能和水稳定性性能,推荐以20 °C飞散损失作为其一般温度条件下抗松散性能评价指标,以 -18 °C冰冻飞散损失

作为其冰冻条件下抗松散性能评价指标,以60 °C浸水飞散损失作为其水稳定性性能评价指标.

参考文献:

- [1] HUBERG. Performance survey on open-graded friction course mixes[R]. Washington DC: Transportation Research Board, National Research Council Washington DC, 2000.
- [2] 赵永利, 吴震, 黄晓明. 沥青混合料水稳定性的试验研究[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2001, 31(3): 99-102.
ZHAO Yong-li, WU Zhen, HUANG Xiao-ming. Tests of moisture susceptibility for asphalt paving mixtures[J]. Journal of Southeast University: Natural Science, 2001, 31(3): 99-102. (in Chinese)
- [3] WATSON D E, ALLEN C L, MOORE K A, et al. Laboratory performance testing of open-graded friction course mixtures[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2004, 1891: 40-47.
- [4] 李立寒, 耿韩, 孙艳娜. 高黏度沥青黏度的评价方法与评价指标[J]. 建筑材料学报, 2010, 13(3): 352-357.
Li Li-han, GENG Han, SUN Yan-na. Evaluation method and indicator for viscosity of high-viscosity asphalt[J]. Journal of Building Materials, 2010, 13(3): 352-357. (in Chinese)
- [5] ASTM D4678—2004 Standard test method for effect of moisture on asphalt concrete paving mixtures[S].
- [6] 李海军, 黄晓明, 曾凡奇. 道路沥青老化性状分析及评价[J]. 公路交通科技, 2005, 22(4): 5-8.
LI Hai-jun, HUANG Xiao-ming, ZENG Fan-qi. Analysis and evaluation of aging behavior of road asphalt[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22(4): 5-8. (in Chinese)
- [7] 贾渝, 王捷. Superpave 沥青胶结料性能等级(PG)选择[J]. 石油沥青, 2003, 17(Z1): 5-7.
JIA Yu, WANG Jie. Selecting performance grade of superpave asphalt binder[J]. Petroleum Asphalt, 2003, 17(Z1): 5-7. (in Chinese)
- [8] JTG D50—2006 公路沥青路面设计规范[S].
JTG D50—2006 Specifications for design of highway asphalt pavement[S]. (in Chinese)