

文章编号: 1005-0523(2014)06-0029-05

用水量对泡沫沥青抗老化性能的影响

顾一春, 张 诚, 于 新

(河海大学土木与交通学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 为了研究用水量对泡沫沥青抗老化性能的影响, 选用了70号道路石油基质沥青和SBS改性沥青, 对不同发泡用水量的沥青进行RTFOT及PAV测试, 以疲劳因子 $G^* \cdot \sin \delta$ 作为评价指标, 研究沥青的抗老化性能。试验结果表明: 70号道路石油沥青随着发泡用水量的增加, 极限疲劳温度增加, 在常规发泡用水量(1%~2%)条件下, 抗疲劳性能略有降低; SBS改性沥青在常规发泡用水量(3%)条件下, 抗疲劳性能改善。

关键词: 泡沫沥青; 抗老化性能; 发泡用水量; $G^* \cdot \sin \delta$

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

泡沫温拌技术是新兴的筑路技术, 最早起源于欧洲, 近年传至中国。温拌沥青路面和传统的热拌沥青路面相比性能相当, 却可以降低施工温度20~50℃, 节约能源30%, 同时减少因燃料燃烧产生的CO₂、SO₂、NO_x等气体。在能源日趋紧张, 对减排要求越来越高的“低碳时代”, 温拌技术在沥青路面建设中已得到了越来越多的应用^[1]。由于不需要添加特别的添加剂, 又可有效实现温拌, 目前在美国佐治亚等几个州的温拌项目中75%以上采用了泡沫温拌技术^[2-3]。

泡沫温拌技术是沥青路面的一大发展趋势, 但是传统的研究结果表明水分对于沥青路面的性能影响很大。现阶段对泡沫沥青中的水分是否会对路面性能产生影响仍然存在很大质疑。

2005年, 深圳市公路工程质量检测站杨虎荣^[4]等研究发现发泡用水量对沥青发泡效果的影响较大。2006年, 香港理工大学何贵平^[5]研究发现气压对发泡沥青的衰变曲线影响不大, 影响发泡沥青衰变的主要因素是用水量。2008年, 同济大学栗关裔^[6]等研究发现影响沥青发泡的主要因素为沥青种类和发泡用水量。2008年, 重庆交通大学乔卫华^[7]研究发现沥青的标号及用水量对沥青发泡影响较大, 发泡时沥青的温度并不是越高越好, 发泡水温在40℃时发泡效果较好。国内对泡沫沥青实际使用过程中的路用性研究较少, 缺乏对泡沫沥青路用性能的实验模拟。疲劳破坏是沥青路面主要破坏形式, 主要由车辆重复荷载以及沥青老化造成的。所以对泡沫沥青不同用水量下的抗老化性能进行研究就十分重要。

1 试验材料

1.1 原材料

本文选用了江苏地区常用的70#基质沥青和SBS改性沥青, 其性能指标如表1所示, 试验中的发泡用水为普通自来水。

1.2 泡沫温拌沥青的室内制备

室内发泡试验使用的是维特根WLB 10型发泡试验机, 如图1所示。

收稿日期: 2014-07-18

基金项目: 江苏省交通运输厅科研项目(2012Y39)

作者简介: 顾一春(1992—), 男, 研究生, 研究方向为道路与铁道工程; 于新(1975—), 男, 教授, 博导, 研究方向为路面材料。

表1 沥青性能指标试验结果
Tab.1 Testing results of asphalt performance

检验项目		沥青类型			
		70#基质沥青		SBS 改性沥青	
		技术要求	检验结果	技术要求	检验结果
针入度(25 ℃、100 g、5 s)/0.1mm		60~80	63.7	50~70	55.6
针入度指数PI		≤0	-1.0	≤0	-0.22
延度(15 ℃、5 cm·min ⁻¹)/cm		≥40	>100	≥25	34.2
软化点(T _{R&B})/℃		≥46	47.3	≥65	68.4
密度(15 ℃)/(g·cm ⁻³)		实测记录	1.034	实测记录	1.037
溶解度(三氯乙烯)/%		≥99.5	99.9	≥99	99.7
RTFOT	质量损失/%	≤0.8	0.3	≤1	0.4
试验后	针入度比(25 ℃)/%	≥58	73	≥65	69.1
(163℃、75min)	延度(5 cm·min ⁻¹ 、5 ℃)/cm	≥15	39	≥20	20.6
PG 分级		实测记录	PG64~22	实测记录	PG70~22

在试验中,结合国内外研究成果,选择70号道路石油基质沥青加热温度为150℃;发泡用水量分别为1%,2%,3%;发泡水温度为30℃。选择SBS改性沥青加热温度为170℃;发泡用水量分别为1%,2%,3%;发泡水温度为30℃。

2 试验方法及评价指标

在SHRP沥青理论中,沥青胶结料抗疲劳性能是在中温条件下用经过RTFOT和PAV老化后的沥青进行评价的,沥青疲劳性能评价指标就是 $G^* \cdot \sin \delta$,该指标综合考虑了沥青混合料经受5~10年的行车荷载作用及环境温度的影响,美国战略公路研究计划(SHRP)采用疲劳因子 $G^* \cdot \sin \delta$ 作为沥青胶浆疲劳性能的评价指标,并引入Superpave^[8],要求 $G^* \cdot \sin \delta$ 值不超过5 MPa^[9]。

2.1 试验方法

沥青的短期老化采用旋转薄膜烘箱法(RTFOT)进行试验,用来模拟沥青在贮存、拌和、运输及铺筑过程中的老化。试验过程按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中的试验方法进行。

沥青的长期老化则采用压力老化试验仪(PAV)进行试验,以模拟沥青在路面开放交通后使用过程中的老化。根据SHRP的研究结果,标准的PAV老化试验其老化效果相当于一般沥青路面使用5~7年后沥青胶结料的老化程度。试验步骤按照AASHTO PPI的要求进行。

2.2 评价指标

对RTFOT及PAV老化后的沥青分别进行动态剪切试验,得到其随温度变化的 $G^* \cdot \sin \delta$ 曲线,以 $G^* \cdot \sin \delta=5.0$ MPa时的温度为极限疲劳温度 FT_i 。

FT_i 实际上确定了泡沫温拌沥青在一定时间内不发生疲劳破坏的温度, FT_i 越小,表明沥青所适应的疲劳温度区域越大,沥青的抗疲劳性能越好。

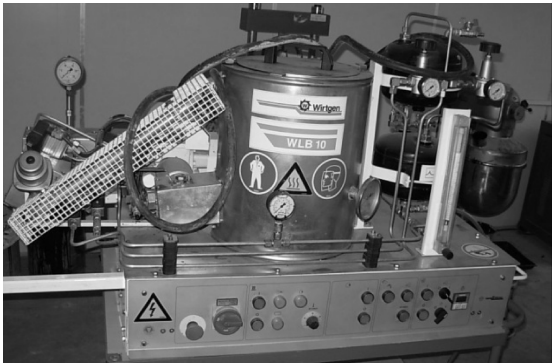


图1 WLB10发泡试验机
Fig.1 WLB10 foam testing machine

3 试验结果及分析

1) 70号道路石油沥青。对不同发泡用水量的70号道路石油沥青分别进行RTFOT及PAV后疲劳因子 $G^*\cdot\sin\delta$ 测试,得到的试验结果如表2。

表2 不同发泡用水量的70号道路石油沥青疲劳因子试验结果(kPa)

Tab.2 Fatigue factor testing results of No. 70 road asphalt in different foaming water consumptions (kPa)

沥青类型	温度/℃	用水量/%			
		0	1	2	3
70号道路石油沥青	50	41.62	50.62	55.52	63.74
	45	85.00	98.85	110.3	129.2
	40	180.1	198.6	227.1	251.3
	35	403.4	426.8	498.3	523.9
	30	917.0	940.1	1138	1189
	25	2 127	2008	2559	2624
	20	4 741	4339	5470	5621
	15	9 655	8817	10 509	11 101
	10	18 153	15881	18 339	19 759

表2得到了从10℃~50℃范围内的不同的温度(T)对应的疲劳因子($G^*\cdot\sin\delta$),建立了疲劳因子对数值($\log(G^*\cdot\sin\delta)$)-温度 T 曲线图,结果如图2所示。

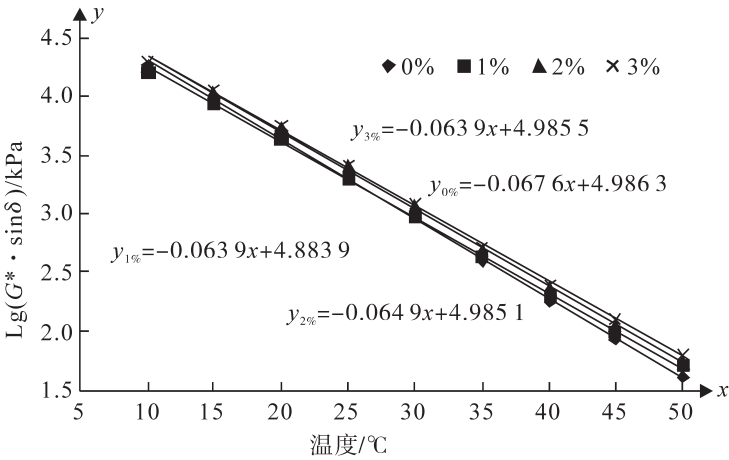


图2 不同发泡用水量的70号道路石油沥青 $\log(G^*\cdot\sin\delta)$ - T 关系图

Fig.2 $\log(G^*\cdot\sin\delta)$ - T relationship diagram of No. 70 road asphalt in different foaming water consumptions

根据回归拟合的公式,计算 $G^*\cdot\sin\delta=5.0$ MPa时的温度,即极限疲劳温度 FT_i 。计算结果如表3所示。

表3 不同发泡用水量的70号道路石油沥青极限疲劳温度 FT_i

Tab.3 Limited fatigue temperature FT_i of No. 70 road asphalt in different foaming water consumptions

沥青类型	70号道路石油沥青			
用水量/%	0	1	2	3
FT_i	19.03	18.53	19.81	20.11

分析表3中数据可以发现:

① 70号道路石油沥青随着发泡用水量的增加,极限疲劳温度先降低后增加,当发泡用水量为1%时极

限疲劳温度低于70号道路石油沥青的极限疲劳温度,当发泡用水量>1%时极限疲劳温度高于70号道路石油沥青的极限疲劳温度,说明极限疲劳温度 FT_i 值随着泡沫温拌沥青发泡用水量的增大而增大,过大的发泡用水量会降低70号道路石油沥青的抗疲劳性能。

② 70号道路石油沥青在常规发泡用水量(1%~2%)条件下,胶结料的抗疲劳性能略受影响。

2) SBS改性沥青。在不同发泡用水量的SBS改性沥青进行RTFOT及PAV后,对其疲劳因子 $G^*\cdot\sin\delta$ 测试,得到的试验结果如表4。

表4 不同发泡用水量的SBS改性沥青疲劳因子试验结果(kPa)

Tab.4 Fatigue factor testing results of SBS modified asphalt in different foaming water consumptions (kPa)

沥青类型	温度/℃	用水量/%			
		0	1	2	3
SBS改性沥青	50	56.55	48.10	42.72	44.52
	45	98.79	89.72	78.96	78.74
	40	185	166.3	145.6	148
	35	363.6	338.4	291.7	293.2
	30	761.9	745.6	606	614.8
	25	1 609	1 663	1 408	1 323
	20	3 371	3 507	2 747	2 836
	15	6 695	7 159	5 534	5 774
	10	12 560	13 560	10 500	10 970

表4中得到了从10℃~50℃范围内的不同的温度(T)对应的疲劳因子($G^*\cdot\sin\delta$),建立疲劳因子对数值 $\lg(G^*\cdot\sin\delta)$ -T曲线图,结果如图3所示。

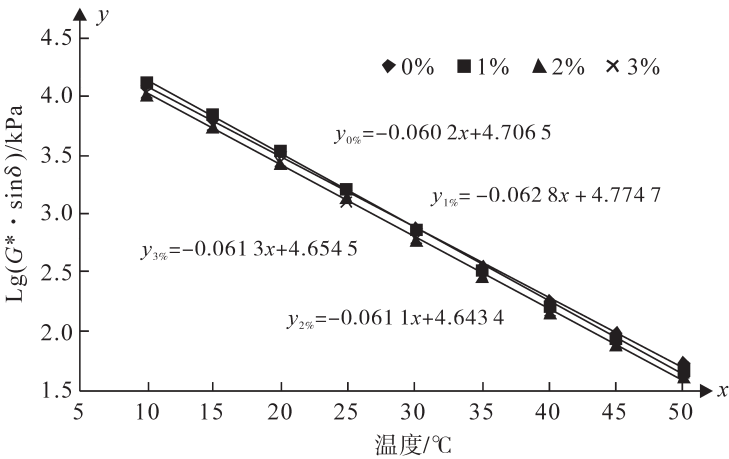


图3 SBS改性沥青不同发泡用水量 $\lg(G^*\cdot\sin\delta)$ -T关系图

Fig.3 $\lg(G^*\cdot\sin\delta)$ -T relationship diagram of SBS modified asphalt in different foaming water consumptions

根据回归拟合的公式,计算 $G^*\cdot\sin\delta=5.0$ MPa时的温度,即极限疲劳温度 FT_i 。计算结果如表5所示。

表5 不同发泡用水量的SBS改性沥青极限疲劳温度 FT_i

Tab.5 Limited fatigue temperature FT_i of SBS modified asphalt in different foaming water consumptions

沥青类型	SBS改性沥青			
用水量/%	0	1	2	3
FT_i	16.75	17.14	15.46	15.39

由表5中数据可以发现:

- 1) 极限疲劳温度随着SBS改性沥青发泡用水量的增大,先增大后有所降低,当SBS改性沥青发泡用水量>1%时极限疲劳温度低于SBS改性沥青,说明SBS改性沥青发泡用水量>1%时抗疲劳性能提高。
- 2) SBS改性沥青在常规发泡用水量(3%)条件下,极限疲劳温度 FT_r 值降低,胶结料的抗疲劳性能提高。

4 结论

从胶结料的极限疲劳温度这个指标考虑,得出以下结论:

- 1) 70号道路石油沥青随着发泡用水量的增加,抗疲劳性能先提高后降低,在常规发泡用水量(1%~2%)条件下,抗疲劳性能略有降低。
- 2) SBS改性沥青随着发泡用水量的增加,抗疲劳性能先降低后提高,在常规发泡用水量(3%)条件下,抗疲劳性能提高。

我国现有针对泡沫沥青的研究较少,主要集中于泡沫沥青的发泡效果研究,缺少有关泡沫沥青实际使用过程中的理论研究,而且传统观念中水会对沥青的性能造成严重不利影响,这限制了泡沫沥青的推广。本文在他人的研究基础上,研究了用水量对泡沫沥青抗老化性能的影响,为泡沫沥青的使用提供一定的参考。通过实验,发现发泡水对两种沥青的抗老化性能影响很小,沥青发泡后性能依旧良好。

泡沫温拌技术在美国部分州已得到大规模应用,但在我国泡沫沥青用水量对胶结料性能的影响相关理论不够全面,仍值得深入研究。

参考文献:

- [1] 孙大权,王锡通,汤士良,等.环境友好型温拌沥青混合料制备技术研究进展[J].石油沥青,2007,21(4):54-57.
- [2] 秦永春,黄颂昌,徐剑,等.温拌沥青混合料节能减排效果的测试与分析[J].公路交通科技,2009,26(8):33-37.
- [3] 刘至飞,吴少鹏,陈美祝,等.温拌沥青混合料现状及存在的问题[J].武汉理工大学学报,2009,31(4):170-173.
- [4] 杨虎荣,何桂平,韩海峰.不同粘度沥青的发泡性能比较和机理分析[J].公路,2004,6(6):107-112.
- [5] HE G P, WONG W G. Decay properties of the foamed bitumen[J]. Construction and Building Materials, 2006, 20: 866-877.
- [6] 栗关裔,李立寒.沥青发泡效果与泡沫沥青混合料性能的相关性[J].建筑材料学报,2008,5(11):554-561.
- [7] 乔卫华.泡沫沥青发泡机理及其混合料性能的研究[D].重庆:重庆交通大学,2008.
- [8] 徐骁龙,叶奋,宋卿卿,等.沥青疲劳评价指标试验研究[J].华东交通大学学报,2014,31(2):14-19.
- [9] PFEIFFER J P, VAN D P M. The rheological properties of asphaltic bitumen[J]. Journal of the Institute of Petroleum, 1936,22(4): 414-440.
- [10] MCLEOD N W. Asphalt Cements: Pen-vis number and its application to modul of stiffness[J]. Journal of Testing and Evaluation, Vol.4, July 1976.
- [11] MIGLIORI F, CORTE J F. Comparative study of RTFOT and PAV ageing simulation laboratory tests.proc[J]. Eurobitume Workshop99(Luxembourg), paper 1999.

(下转第46页)

Empirical Analysis on Reasons for the Expanding Debt Scale of China's Railway

Wang Shijie, Qian Li

(School of Economics and Management, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: By the end of 2013, China's railway debt has reached 3 trillion with debt ratio as high as 65%. Since the existing railway management can't effectively reduce debts and railway investment is still accelerating, China's railway debt has a tendency to expand. Through regression analysis and Granger causality test of the reasons for China railway debt scale after 2000, this paper finds that China's railway debt is proportional to the railway mileage, especially completely positive correlated with high-speed railway mileage. The deep reason is China's investment-driven growth model and unreasonable economic structure. To reduce debt scale of China's railway, it is necessary to change the existing economic growth way and the railway investment and financing structure.

Key words: China's railway; debt scale; PPP; investment and financing structure

(上接第33页)

Effect of Water Content on Anti-aging Properties of Foamed Asphalt

Gu Yichun, Zhang Cheng, Yu Xin

(College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to probe into the effect of water content on anti-aging properties of foamed asphalt, this study selected 70# asphalt and SBS modified asphalt, carried out RTFOT and PAV experiments on foamed asphalt of different water content and then adopted $G^* \cdot \sin \delta$ as the evaluation index to research anti-aging properties. Test results show that as water consumption increases, the fatigue limit temperature of 70# asphalt increase and anti-fatigue properties decrease in the condition of foaming water content (1% ~ 2%), while anti-fatigue properties performance of SBS modified asphalt increase in the condition of foaming water content (3%).

Key words: foamed asphalt; anti-aging properties; water content of foamed asphalt; $G^* \cdot \sin \delta$