

文章编号:1001-7372(2001)04-0009-05

沥青玛蹄脂性能试验研究

卢永贵¹, 赵可²

(1. 西南交通大学 土木工程学院, 四川 成都 610031; 2. 天津市市政工程研究院, 天津 300074)

摘要:采用均匀设计方法安排了多水平的试验方案,利用DSR、BBR对沥青玛蹄脂的高、低温流变特性进行了试验研究。结果表明:纤维含量与粉油比对沥青玛蹄脂的高温性能有强烈的交互作用;增加纤维含量和粉油比对沥青玛蹄脂的低温抗裂性能不利。

关键词:沥青玛蹄脂;流变;均匀设计;回归分析

中图分类号:U414 文献标识码:A

Study of the test for the characterization of SMA mortars

LU Yong-gui¹, ZHAO Ke²

(1. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Tianjin Municipal Engineering Institute, Tianjin 300074, China)

Abstract: A test plan with multilevel is drawn up by using uniform design method. The DSR and BBR tests are applied to analyze the rheologic characterization of SMA mortars. The results indicate that interaction of cellulose percent and filler to bituminous ration is significant to the high temperature properties of the mortars, the low temperature properties get worse as the cellulose percent and filler to bituminous ration increase.

Key words: SMA mortars; rheologic; uniform design method; regression analysis

SMA是由沥青玛蹄脂填充于粗集料中形成的骨架密实型混合料,由此可把SMA分为两个最基本的部分:一部分是粗集料,它形成SMA的骨架;另一部分是沥青玛蹄脂,它由矿粉、沥青、纤维和细集料组成,主要起着填充骨架空隙,胶结粗集料等作用。

在SMA的沥青玛蹄脂中,纤维主要是作为稳定剂而加入的,其中使用最广的木质纤维具有中空多孔结构,吸附与吸收沥青的能力很强,稳定效果显著;相对高的沥青用量和矿粉用量可使SMA具有较高的强度、较强的抗水剥离能力和良好的耐久性。但是沥青玛蹄脂中的纤维和矿粉并不是越多越好,因为过多的矿粉和纤维将导致沥青玛蹄脂的低温劲度过大,损害混合料的低温抗裂性能;还可导致矿料表面的沥青膜过薄,抗老化能力下降,影响沥青路面的耐久性;过大的粘度还会使拌和、摊铺、压实困难。因此必须寻找沥青玛蹄脂的合适配比,以同时满足

混合料的多方面性能要求。笔者对沥青玛蹄脂的性能进行试验研究,探求沥青玛蹄脂的高、低温性能影响因素,以便得到沥青玛蹄脂胶泥的最优配方,指导SMA混合料的配比设计。

1 试验设计

沥青玛蹄脂又称粗胶泥,它由砂和细胶泥组成,细胶泥则包括矿粉、沥青、稳定剂三部分。据文献[1]的研究成果:粗胶泥与细胶泥的性能有较好的相关性,依据细胶泥的性能即可推断粗胶泥的性能全貌。因此,笔者仅对细胶泥的高、低温性能用SHRP沥青胶结料规范的推荐试验设备进行试验研究。

对沥青玛蹄脂的性能影响因素主要考虑工程上常用的粉油比和纤维含量两因素。工程中SMA沥青玛蹄脂常用的粉油比为1.5~2.0,纤维含量为混合料的0.3%,则纤维占细胶泥的比例常用范围为

收稿日期:2000-10-11

作者简介:卢永贵(1971-),男,四川简阳人,西南交通大学讲师,工学博士。

1.5%~2.0%,为了在更大试验范围内研究粉油比和纤维含量对沥青玛蹄脂性能的影响规律,取粉油比为0.4~2.4,纤维在细胶泥中的含量为0%~3.0%(表1)。试验方案采用“均匀设计”方法。均匀设计的特点是只考虑试验点在试验范围内“均匀分散”。尤其适用于多水平的试验,它可以增大试验范围,减少试验次数,并能使这些试验点均匀分散,减少均匀性偏差。但是由均匀设计所得到的试验数据无“整齐可比”的特点,必须借助一些数学工具进行回归分析^[2]。

试验研究中选取2因素11水平 $U_{11}^*(11^4)$ 的均匀试验方案,见表1(其中 F 、 X 分别为粉油比和纤维含量,并用于下文的回归方程中)。

表1 均匀试验方案

| 试验序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 纤维含量 $X/\%$ | 0.0 | 0.3 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.1 | 2.4 | 2.7 | 3.0 |
| 粉油比 F | 1.2 | 2.2 | 0.8 | 1.8 | 0.4 | 1.4 | 2.4 | 1.0 | 2.0 | 0.6 | 1.6 |

试验用原材料有:沥青、石灰石矿粉和松散木质纤维 InterfiberTM。高温性能试验仪器为HM-86 DSR-I型动态剪切流变仪,试验方法为AASHTO-TP5;低温性能试验仪器为ATS公司的弯曲梁流变仪(BBR),试验方法为AASHTO-TP1。沥青的性能指标见表2、6。

表2 沥青玛蹄脂的DSR试验结果

| 试验序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 沥青 | |
|------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 64℃ | 复数剪切模量 G^*/kPa | 5.34 | 9.24 | 4.06 | 9.94 | 3.20 | 8.71 | 14.00 | 6.41 | 15.16 | 6.33 | 12.68 | 1.69 |
| | 相位角 $\delta/^\circ$ | 82.55 | 83.85 | 76.55 | 82.10 | 79.80 | 79.95 | 80.90 | 79.65 | 70.05 | 77.15 | 77.40 | 86.7 |
| | 粘性分量 G''/kPa | 5.29 | 9.18 | 3.95 | 9.85 | 3.15 | 8.57 | 13.82 | 6.31 | 14.88 | 6.17 | 12.37 | 1.69 |
| | 弹性分量 G'/kPa | 0.69 | 0.99 | 0.94 | 1.37 | 0.57 | 1.52 | 2.21 | 1.15 | 2.88 | 1.41 | 2.76 | 0.10 |
| | 抗车辙因子 $G^*(\sin\delta)^{-1}/\text{kPa}$ | 5.38 | 9.29 | 4.17 | 10.04 | 3.25 | 8.84 | 14.18 | 6.52 | 15.44 | 6.49 | 12.99 | 1.69 |
| 70℃ | 复数剪切模量 G^*/kPa | 2.61 | 4.77 | 2.21 | 4.84 | 1.67 | 4.27 | 7.98 | 3.57 | 7.95 | 3.49 | 7.07 | 0.92 |
| | 相位角 $\delta/^\circ$ | 83.20 | 84.25 | 76.50 | 82.80 | 80.45 | 79.65 | 80.30 | 79.45 | 79.00 | 77.00 | 76.80 | 87.5 |
| | 粘性分量 G''/kPa | 2.59 | 4.75 | 2.15 | 4.80 | 1.64 | 4.20 | 7.87 | 3.51 | 7.81 | 3.40 | 6.88 | 0.92 |
| | 弹性分量 G'/kPa | 0.31 | 0.48 | 0.52 | 0.61 | 0.28 | 0.77 | 1.34 | 0.65 | 1.52 | 0.79 | 1.61 | 0.04 |
| | 抗车辙因子 $G^*(\sin\delta)^{-1}/\text{kPa}$ | 2.63 | 4.79 | 2.27 | 4.88 | 1.69 | 4.34 | 8.10 | 3.63 | 8.10 | 3.58 | 7.26 | 0.92 |
| 76℃ | 复数剪切模量 G^*/kPa | 1.39 | 2.86 | 1.25 | 2.56 | 1.00 | 2.40 | 4.47 | 1.96 | 4.53 | 2.20 | 4.21 | 0.34 |
| | 相位角 $\delta/^\circ$ | 83.60 | 84.15 | 76.50 | 82.25 | 79.60 | 80.00 | 79.65 | 79.25 | 78.50 | 76.35 | 76.10 | 88.1 |
| | 粘性分量 G''/kPa | 1.38 | 2.84 | 1.21 | 2.53 | 0.99 | 2.36 | 4.40 | 1.92 | 4.44 | 2.14 | 4.09 | 0.34 |
| | 弹性分量 G'/kPa | 0.15 | 0.29 | 0.29 | 0.34 | 0.18 | 0.42 | 0.80 | 0.37 | 0.90 | 0.52 | 1.01 | 0.01 |
| | 抗车辙因子 $G^*(\sin\delta)^{-1}/\text{kPa}$ | 1.39 | 2.87 | 1.28 | 2.58 | 1.02 | 2.43 | 4.55 | 1.99 | 4.63 | 2.27 | 4.34 | 0.34 |

2 沥青玛蹄脂的剪切流变特性

2.1 剪切流变特性与温度的关系

沥青玛蹄脂在不同温度条件下的动态剪切试验结果见表2。

数值分析表明,各样品的剪切模量 G 随温度升高而急剧降低,其规律可用指数方程表示

$$G = Ae^{-BT}$$

式中: G 为剪切模量; A 、 B 为回归系数; T 为试验温

度($^\circ\text{C}$)。 B 值愈大,表明试样剪切模量对温度的变化愈敏感。回归系数 B 见表3。

从表3可看出,不论是剪切模量 G^* ,还是粘性分量 G'' 或弹性分量 G' ,其 B 值都是10[#]、11[#]最小,10[#]、11[#]共同点是纤维含量很大,不同点是10[#]的粉油比很小,11[#]的粉油比居中;而1[#]的 B 值很大(弹性分量的 B 值最大),粉油比居中,纤维含量最小。从粉油比 F 和纤维含量 X 与 B 值的线性回归方程(见下式)发现:纤维含量与 B 值有相对较好的

表3 沥青玛蹄脂的高温动剪模量与温度的回归方程系数 B

| 试验序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 剪切模量 G^* | 0.1124 | 0.0978 | 0.0982 | 0.1131 | 0.0965 | 0.1075 | 0.0950 | 0.0989 | 0.1006 | 0.0880 | 0.0919 |
| 粘性分量 G'' | 0.1120 | 0.0978 | 0.0986 | 0.1133 | 0.0965 | 0.1075 | 0.0954 | 0.0992 | 0.1008 | 0.0882 | 0.0922 |
| 弹性分量 G' | 0.1272 | 0.1023 | 0.0980 | 0.1161 | 0.0961 | 0.1072 | 0.0847 | 0.0945 | 0.0969 | 0.0831 | 0.0838 |

负相关性,对弹性分量的 B 值相关性最好。

对粘性分量的 B 值

$$B=0.0007F+0.098 \quad R^2=0.0013$$

$$B=-0.0015X+0.1089 \quad R^2=0.3767$$

对弹性分量的 B 值

$$B=0.0022F+0.0971 \quad R^2=0.0337$$

$$B=-0.0032X+0.1183 \quad R^2=0.5956$$

由此可认为增加纤维含量可以大大减少沥青玛蹄脂的感温性,特别对于减少弹性分量随温度增加而剧烈变化具有显著贡献。对于一般的沥青胶结料,其相位角 δ 随温度升高而增大^[3],并符合关系式: $\delta=-c+d \cdot \ln T$,式中: T 为试验温度; c 、 d 为回归系数。而沥青玛蹄脂却不遵从这一规律,温度变化对其相位角的影响甚小,温度升高相位角略有减小。这表明与沥青相比沥青玛蹄脂的高温剪切流变特性有了显著变化。显然温度升高使沥青玛蹄脂的复数模量下降,但是它的粘性分量和弹性分量的比值相对稳定。

表4 增加粉油比和纤维含量对高温流变特性指标的影响

| 温度 | 5 [#] 、6 [#] 、7 [#] (以5 [#] 的试验数据为基点) | | | | | | | | | |
|-----|--|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | G*增加(倍) | | G''增加(倍) | | G'增加(倍) | | G*/sinδ增加(倍) | | 相位角增加/° | |
| | 6 [#] | 7 [#] | 6 [#] | 7 [#] | 6 [#] | 7 [#] | 6 [#] | 7 [#] | 6 [#] | 7 [#] |
| 64℃ | 2.72 | 4.38 | 2.72 | 4.39 | 2.67 | 3.88 | 2.72 | 4.36 | 0.15 | 1.1 |
| 70℃ | 2.56 | 4.78 | 2.56 | 4.80 | 2.75 | 4.78 | 2.57 | 4.79 | -0.80 | -0.15 |
| 76℃ | 2.40 | 4.47 | 2.38 | 4.44 | 2.38 | 4.44 | 2.38 | 4.46 | 0.40 | 0.05 |
| 温度 | 1 [#] 、6 [#] 、11 [#] (以1 [#] 的试验数据为基点) | | | | | | | | | |
| | 6 [#] | 11 [#] | 6 [#] | 11 [#] | 6 [#] | 11 [#] | 6 [#] | 11 [#] | 6 [#] | 11 [#] |
| | 6 [#] | 11 [#] | 6 [#] | 11 [#] | 6 [#] | 11 [#] | 6 [#] | 11 [#] | 6 [#] | 11 [#] |
| 64℃ | 1.63 | 2.37 | 1.62 | 2.34 | 2.20 | 4.00 | 1.64 | 2.41 | -2.60 | -5.15 |
| 70℃ | 1.64 | 2.71 | 1.62 | 2.66 | 2.48 | 5.19 | 1.65 | 2.76 | -3.55 | -6.40 |
| 76℃ | 1.73 | 3.03 | 1.71 | 2.96 | 2.80 | 6.73 | 1.75 | 3.12 | -3.60 | -7.50 |

2.4 纤维含量和粉油比交互作用的影响

沥青玛蹄脂的 DSR 试验结果的回归方程,对 G' 、 G'' 、 $G*/\sin\delta$ 具有统一的形式: $G=a+bF+cXF$, 相位角 $\delta=d+eX$, 式中: a 、 b 、 c 、 d 、 e 分别为回归系数(表5); F 、 X 分别为粉油比和纤维含量。表中的回归方程系数表明,沥青玛蹄脂的动剪流变特性与纤维

2.2 粉油比的影响

表1中第5、6、7试验点的纤维含量相近(1.5%左右),粉油比急剧增加(分别为0.4、1.4、2.4)。由表2中数据可知,随着粉油比增加,复数剪切模量 G^* 、粘性分量 G'' 和弹性分量 G' 都显著增大,诸模量值增大的幅度基本相同,且受温度变化的影响较小。由此可知:增加粉油比,有利于提高沥青玛蹄脂的高温稳定性。

2.3 纤维含量的影响

表1中第1、6、11试验点的粉油比相近(1.4左右),纤维含量急剧增加(分别为0%、1.5%、3.0%)。从表2中数据可知,随着纤维含量增加,各种模量不断增加。另外还发现一些有趣的现象:随着温度升高各种模量增加的比例在不断提高;弹性分量 G' 增加的倍数远大于其他模量增加的倍数。因此可认为:增加纤维含量可较大幅度增加沥青玛蹄脂的高温弹性分量(表4)。

含量和粉油比之间的交互作用项 $X \cdot F$ 极显著相关,在各种温度条件下,纤维含量与粉油比的交互作用项都存在;随着温度升高,各种模量的回归方程系数都迅速减小,表明温度升高模量降低迅速,即温度对沥青玛蹄脂的劲度影响强烈;增加纤维含量或粉油比都能提高沥青玛蹄脂的抗车辙因子 $G*/\sin\delta$,

表5 DSR 试验结果的回归方程系数

| 温度 | 项目 | | | | | | | | | | |
|-----|-------|---|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|--------|
| | G' | | | G'' | | | G*/sinδ | | | δ | |
| | a | b | c | a | b | c | a | B | c | d | E |
| 64℃ | 0.598 | 0 | 0.432 | 1.296 | 3.214 | 1.296 | 1.449 | 3.147 | 1.400 | 83.608 | -0.819 |
| 70℃ | 0.263 | 0 | 0.260 | 0.635 | 1.585 | 0.792 | 0.711 | 1.541 | 0.858 | 82.607 | -1.738 |
| 76℃ | 0.145 | 0 | 0.161 | 0.422 | 0.833 | 0.472 | 0.470 | 0.802 | 0.515 | 82.602 | -1.914 |

有利于提高沥青玛蹄脂的高温抗车辙能力;相位角与纤维含量有一定负相关性,表明增加纤维含量可增强沥青玛蹄脂的高温弹性;各个温度下的弹性分量 G' 都远小于粘性分量 G'' 。

2.5 沥青玛蹄脂的高温流变特性与纤维矿粉在沥青中的亚微观形态结构

毫无疑问,在试验温度范围内,纤维和矿粉是不会溶于沥青的。又因为矿粉和纤维的高温模量都远大于沥青,所以纤维和矿粉都可看作是沥青中的填料而存在。沥青玛蹄脂就是由坚硬而模量高的矿粉、纤维混入到软而模量低的沥青(试验温度条件下)中的复合材料。复合材料模量的增加是大致与填料的体积分数成正比的,所以增加矿粉或纤维都能增加沥青玛蹄脂的高温模量,即有利于沥青玛蹄脂的高温稳定性能。

矿粉与纤维相比,则矿粉的模量又远大于纤维,但在上文的分析论述中,从体积分数上比较,结论是:矿粉在增强沥青玛蹄脂的高温模量方面并不比纤维更有效。对于7#实验点,纤维和矿粉的体积分数分别为2.4%、47.1%,11#实验点则为3.7%、36.9%,但11#与7#的76℃复数剪切模量差异很小,且弹性分量大于7#。这是因为复合材料的模量不仅与填料的性能及相对比例有关,而且还与填料的形状、大小、填料和基体之间的粘合程度、附聚状态有关^[4]。

首先,矿粉与纤维相比,矿粉的颗粒接近球形(为方体形;棱柱形),而纤维为细长条形,即使对于相同密度的材料,前者的比表面积也较后者小,况且前者的密度远大于后者,由此可推知:矿粉的比表面积远小于纤维的比表面积,即使对于相同的体积分数,纤维因为表面积大,能够吸附较多的沥青,使得纤维在沥青中移动时,携带移动的沥青数量较多,表现为高温流动时阻力较大,高温稳定性较好;其二,

本文中纤维为木质纤维,它是由木材管胞失去生命力后形成的,木材管胞具有中空结构,中空的内径一般为40~60 μm ,管胞长度大致为1~3mm,在管胞的细胞壁上,还有许多大大小小的具缘孔^[5](它是纤维素在细胞壁上定向排列的缺陷,也是管胞间的物质交换通道),从管胞的物理结构可推测:沥青中的小分子或沥青胶团可能进入管胞的细胞腔内部,考虑到进入管胞内部的沥青后(这部分沥青将作为管胞的一部分而随之移动),对同样质量的木质纤维和矿粉而言,纤维的流动阻力将大于矿粉;其三,从具缘孔的尺寸大小可推测:沥青中的小分子比沥青胶团等大颗粒进入管胞内部的几率要大得多,由此,加入纤维后,沥青中粘度小的小分子比例将减小,从而使沥青粘度增加。

矿粉在沥青基体中也主要起到填料作用,也会与沥青发生吸附作用,文献[6]表明:矿粉表面主要吸附了胶质等极性分子。这些吸附作用同样能增加沥青基体的粘度,但与中空的纤维的大量吸收作用相比则显得较弱,因此它对沥青玛蹄脂粘度的增加相对较小。同时,吸附层的存在,增加了矿粉与纤维之间的亲和作用,增强了矿粉与纤维剪切运动时的相互影响、带动、增强,这也正是粉油比与纤维含量对沥青玛蹄脂性能产生交互作用的原由。

3 沥青玛蹄脂的低温流变特性

3.1 粉油比的影响

沥青玛蹄脂的低温弯曲流变试验(试验温度为-12℃)结果见表6。由前文可知,考察粉油比的影响5#、6#、7#是最直接的对象。对比分析(表7)5#、6#、7#试样的低温性能指标可看出:随着粉油比增加,低温劲度模量 S 增加幅度很大,劲度变化率 m 值有所减少,因此增加粉油比对沥青玛蹄脂的低温变形特性有不利影响。

表6 沥青玛蹄脂的BBR试验结果

| 试验序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 沥青 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| S/MPa | 332.10 | 818.95 | 295.75 | 730.75 | 227.75 | 511.05 | 1126.9 | 492.0 | 807.75 | 319.35 | 766.25 | 158.21 |
| m | 0.40 | 0.37 | 0.36 | 0.35 | 0.37 | 0.30 | 0.33 | 0.35 | 0.35 | 0.37 | 0.34 | 0.41 |

表7 粉油比和纤维含量增加对低温流变特性指标的影响

| 5#、6#、7#(以5#的试验数据为基点) | | | | 1#、6#、11#(以1#的试验数据为基点) | | | |
|-----------------------|------|---------|------|------------------------|------|---------|------|
| S 增加(倍) | | m 减少值 | | S 增加(倍) | | m 减少值 | |
| 6# | 7# | 6# | 7# | 6# | 11# | 6# | 11# |
| 2.24 | 4.95 | 0.07 | 0.03 | 1.54 | 2.31 | 0.10 | 0.06 |

3.2 纤维含量的影响

同理,对1[#]、6[#]、11[#]试样的低温劲度模量S值对比分析可看出:随着纤维含量增加,低温劲度模量S也不断增加,但与5[#]、6[#]、7[#]的增加幅度相比,则影响相对较弱。不过也说明增加纤维对沥青玛蹄脂的低温变形特性有不利影响。

另外,从表6中沥青玛蹄脂的BBR试验结果数据的回归分析中也得到了同样的结论。沥青玛蹄脂的BBR试验结果的回归方程如下

$$S = 139.388 + 69.488X + 144.379F^2$$

$$m = 0.397 - 0.066X - 0.01817X^2$$

在S的回归方程中,粉油比的二次项 F^2 和纤维含量一次项X都与低温劲度模量正相关,表明增加矿粉或纤维都对沥青玛蹄脂的低温变形特性有不利影响。但是粉油比的主要影响为二次项,且系数为144.379,比纤维含量X的系数大2倍有余,这又说明粉油比与纤维含量相比较而言,粉油比对低温变形特性的负面影响远大于纤维含量。在m值的回归方程中,常数项占了绝大多数份额,而纤维含量和粉油比对其影响相对较小,同时可看出仅纤维含量出现在回归方程中,虽然系数很小,但也表明纤维含量对m值有一定的影响。

3.3 低温与高温性能的关系

为考察沥青玛蹄脂的低温与高温流变性能的关系,对各个试样的-12℃的S值与76℃的 G^* 值进行了相关分析(见图1,数据点旁括号内数对为该试样的纤维含量和粉油比)。由图可知,沥青玛蹄脂的S与 G^* 有较好的线性正相关,即高温稳定性好的试样低温劲度也较大;处于回归直线下方的点, G^* 大于回归值,S小于回归值,即相比较而言,能较好兼顾高、低性能,这些点的特点是纤维含量高,粉油比

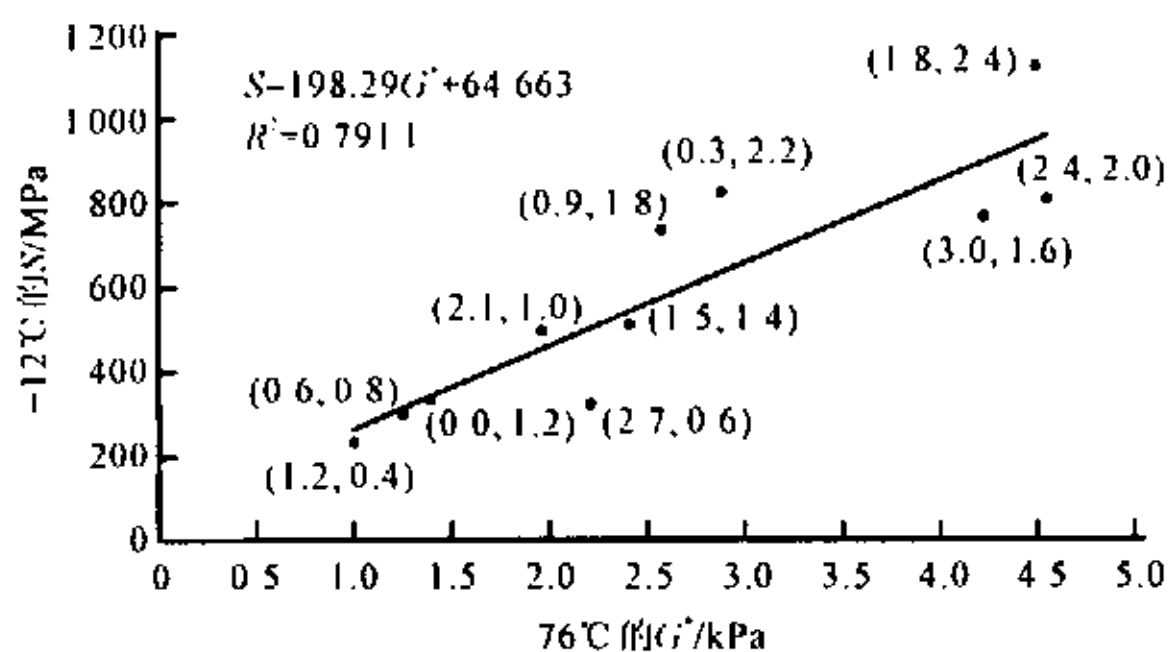


图1 沥青玛蹄脂的高、低温性能对比分析

小;相反,偏离回归直线处于上方的点,则是低温劲度偏大,而高温模量偏小(是力求避免的),这些点的特点是含纤维少,粉油比大。这与上文的结论一致。

4 结 语

比较沥青玛蹄脂的高、低温性能可知:增加纤维含量或加大粉油比都能改善沥青玛蹄脂的高温抗车辙能力;纤维具有较大比表面积,在体积分数相同时,提高沥青玛蹄脂高温稳定性的能力比矿粉强;纤维含量与粉油比对沥青玛蹄脂的高温性能有交互作用;增加纤维含量或加大粉油比都对沥青玛蹄脂的低温抗裂性能有损害;增加粉油比对低温性能的不利影响远大于增加纤维用量。

7[#]、9[#]实验点与现行工程上SMA沥青玛蹄脂常用的粉油比和纤维含量基本接近,据文献[1]的沥青玛蹄脂标准,7[#]、9[#]都符合高温70℃低温-22℃的使用环境,由此说明现行的沥青玛蹄脂标准(矿粉用量8%~12%,木质纤维稳定剂0.3%(外加)能满足一般使用环境下的高、低温性能要求。

但是根据实际情况,如果需要进一步增强沥青玛蹄脂的高温抗车辙能力,则应同时增加纤维含量和粉油比(比如木质纤维用量达0.45%,矿粉用量至10%~15%);如果想改善沥青玛蹄脂的低温抗裂性,又不致损害其高温性能,则可进一步加大木质纤维用量,同时减少矿粉用量。

参考文献:

- [1] BROWN E R, JOHN E HADDOCK. Characterization of stone matrix asphalt mortars [J]. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, 1997, 66 (3): 509—524.
- [2] 方开泰. 均匀设计与均匀设计表[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 35—50.
- [3] 赵 可. 沥青及沥青混合料改性研究[D]. 西安: 西安公路交通大学, 1999. 40—49.
- [4] [美]J·A·曼森, L·H·斯珀林, 汤华远. 聚合物共混物及复合材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 1983.
- [5] 王菊华. 中国造纸原料纤维特性及显微图谱[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [6] 赵 可, 原健安. 聚合物改性沥青与矿料的粘附性研究[J]. 中国公路学报, 2000, 13(2): 9—13.