

改性沥青译文集

(专题情报资料)

交通部重庆公路科学研究所

一九九二年九月

改性沥青译文集

(专题情报资料)

交通部重庆公路科学研究所

一九九二年九月

前 言

近年来由于车辆交通，特别是重交通的迅速增加以及沥青质量的变化，现有沥青不能满足目前道路的使用条件，为了对此作出相应的措施，改性沥青引起了人们的关注。改性沥青是在沥青中掺加改性剂进行混而成的一种结合料，改变了沥青结合料的低温延度、粘韧性、温度敏感性、耐久性等性能，以提高路面抵抗破坏的能力。改性沥青的代表性产品有橡胶沥青和聚合物沥青。但这些改性沥青经过十几年的研究和应用，人们对其效果有着各种各样的评价。

本译文集收了美国、法国、德国、日本、（原）苏联、澳大利亚、南非等国有关对改性沥青的研究和应用方面的文章，可供从事改性沥青的技术人员参考。由于时间较仓促，我们收集的有关资料不很全面，再加上编者水平有限，集子中不可避免地会出现一些缺点和错误，敬请读者批评指教。

编者

1992年9月

改性沥青译文集

目 录

沥青中掺聚合物对原沥青特性和稳定性的影响·····	(1)
法国道路工程用聚合物改性沥青·····	(5)
沥青和聚合物改性沥青特性与沥青混凝土混合料性能的关系·····	(10)
聚合物改性沥青胶结料的特性·····	(29)
抗车辙耐磨耗的SBR改性沥青——“筑波1号”的研究及应用·····	(46)
聚合物改性沥青的低温性能·····	(52)
采用无规聚丙烯改善沥青和沥青混凝土性能·····	(58)
非常规沥青混合料的抗车辙性能·····	(61)
澳大利亚西门大桥的环氧沥青桥面铺装·····	(70)
日本高分子系列改性材料·····	(75)
废胶粉沥青和混合料的某些特性·····	(82)
矿料纤维改性沥青·····	(96)
ASTM推荐的沥青材料拉力试验法·····	(99)
欧洲改性沥青路面材料·····	(105)

沥青中掺聚合物对原沥青特性和稳定性的影响

Anne DONY等

在使用聚合物改性沥青方面，近二十年来法国道桥中心研究所作了不少的工作。由于沥青产地不同，聚合物多样及生产方式不同，因此要把多种沥青—聚合物结合料的特性作比较是很困难的。法国研究人员的目的是确切了解在沥青中掺加SBS共聚物（苯乙烯丁二烯块状共聚物）拌和后所获得的路用聚合物沥青对原沥青性能的影响，特别是聚合物配量和所确定的生产方式对改性沥青性能的影响。

法国所进行的研究工作主要有两个方面：对生产的改性沥青结合料特性作研究；对改性沥青在贮存和使用期的稳定性作研究。

1 结合料和生产条件的选择

法国在生产沥青—聚合物结合料时，使用常用几种类型的沥青，其特性示于表1。尽管这些沥青的沥青质含量、组分及原油产地不同，但都是用聚合物改善，即在沥青中掺聚合物进行物理搅拌，制成一种肉眼看来均匀，且适合使用要求特性的产品。

表1 使用沥青特性

沥青	A	B	C	D	E	F	G
25℃针入度(1/10mm)	119	112	79	162	133	113	191
软化点(环球法)(℃)	43	41	46	40	41	42	39
法拉斯氏脆点(℃)	-15	-8	-12	-16	-10	-9	-15
塑性间隔(℃)	58	49	58	56	51	51	54
沥青质含量(%)	6.1	3.4	10.7	14.5	6.8	7.5	≤3
胶体不稳定系数(I _c)	0.20	0.08	0.23	0.36	0.16	0.15	<0.1

$$I_c = \frac{\text{沥青质} + \text{饱和成分}}{\text{芳香族} + \text{树脂}}$$

按Iatroscan确定的组成成分

研究中使用的共聚物是世界上其它国家研究改性沥青常使用的一种共聚物—SBS共聚物，这种共聚物的平均分子量约为120,000，含苯乙烯(Cariflex TR 1101) 30%。

使用这些沥青，按Y.Brion所制定的操作方法生产沥青—聚合物结合料：在搅拌器中注入沥青，加温至要求温度，然后将细粉状聚合物加入搅拌器；在180℃温度下机械搅拌沥青—聚合物4小时。

本文所论述的结果，就是按体积比掺加5%聚合物的改性沥青试验结果，这个5%掺量是生产沥青混合料所用改性沥青中常用的百分比。

所生产的这种类型改性沥青结合料（其特性表明用于修筑路面是令人满意的）为两相沥青结合料：一相为沥青油分浸胀的共聚物（聚合物相），另一相为残留沥青（沥青相）。

2 生产的结合料研究

2.1 研究方法

结合料生产出来后，很快制成所需试件，确定以下特性：环球软化点（ T_{BA} ）；法拉斯氏脆点（ T_F ）；25℃针入度；用 H_2 标准试件作+20°和-10℃时的直接拉伸试验。

试件制成后，置于环境温度中，如有可能，在试验前将试件保存于冰箱内，这些都适用于试件的硬化。

为确定聚合物沥青的热敏性变化，即评价SBS共聚物给于沥青的改性，一般方法是使用塑性间隔（ $T_{BA}-T_F$ ，即软化点和脆点的温度间隔——译者注）；为评价低温度的延伸特性，作直接拉伸试验。

此外，用表荧光显微镜观测结合料的微观形态，系统比较这些试验结果。

在130℃条件下，把结合料离心作用两小时，进行相分离。根据下列量测参数，将沥青相与原沥青作比较：量测环球软化点和法拉斯氏脆点；量测25℃的针入度；用Iatroscan分析组成成分；用红外线光谱测定法确定聚合物含量。

2.2 结果

2.2.1 改性结合料特性

改性结合料特性示于表2。从表中可以看到，在试验的7种结合料中，有6种结合料的环球软化点增长约40℃，只有一种结合料仅增长约20℃；试验结合料的法拉斯氏脆点 T_F 没有明显变化（+4°到-2℃）。

表2 掺加5% SBS共聚物改性结合料的特性

改性结合料	A ₅	B ₅	C ₅	D ₅	E ₅	F ₅	G ₅
25℃针入度 (1/10mm)	82	87	59	75	82	75	135
环球法软化点 (℃)	88	62	87	80	83	83	80
法拉斯氏脆点 (℃)	-12	-9	-10	-18	-8	-13	-17
塑性间隔 (℃)	100	71	98	91	98	96	97

这些结合料的塑性间隔由于软化点 T_{BA} 的升高向着单方面扩大，这就是掺加聚合物改性沥青结合料的一种重要特性，因为这种特性与其它研究特性有相关性。

图1a中所有结合料在+20℃的应力—拉伸曲线示出弹性体性能的“弹性增长”特性，但是聚合物对弹性影响根据不同沥青而有不同。从图1b中-10℃的结合料曲线，也可以发现由于结合料不同，拉伸特性也是不同的（结合料具有脆性）。

对结合料作微观形态观察发现有三种类型： $T_{BA}=80℃$ ，基本均匀； $T_{BA}=88℃$ ，成蠕虫状； $T_{BA}=87℃$ ，呈球状（照片1略）。

在实验室对这些改性结合料都作了重复试验，发现 T_{BA} 和 T_F 、力学特性和微观形态都重

复出现，还特别注意到这些特性都具有很密切的联系。

结论指出，掺加5%SBS共聚物生产出的改性结合料，从总体上来说具有重要特性（塑性间隔增大、力学性能得到改善等）。对给定操作条件下生产的结合料都具有这些特性，但对微观形态特性，易受原沥青材料特性的影响。

2.2.2 沥青相和原沥青的比较

改性沥青结合料经离心作用后分离出沥青相，分析证实聚合物的浸胀率约为500%，分离出的沥青相中不含聚合物。不同沥青相特性示于表3。沥青相与原沥青相比，25℃针入度根据情况减少35—100($\frac{1}{10}$ mm)。环球软化点很接近原沥青，只增加了3—10℃，法拉斯氏脆点上升5—11℃。这些沥青相是比原沥青硬而脆的沥青。

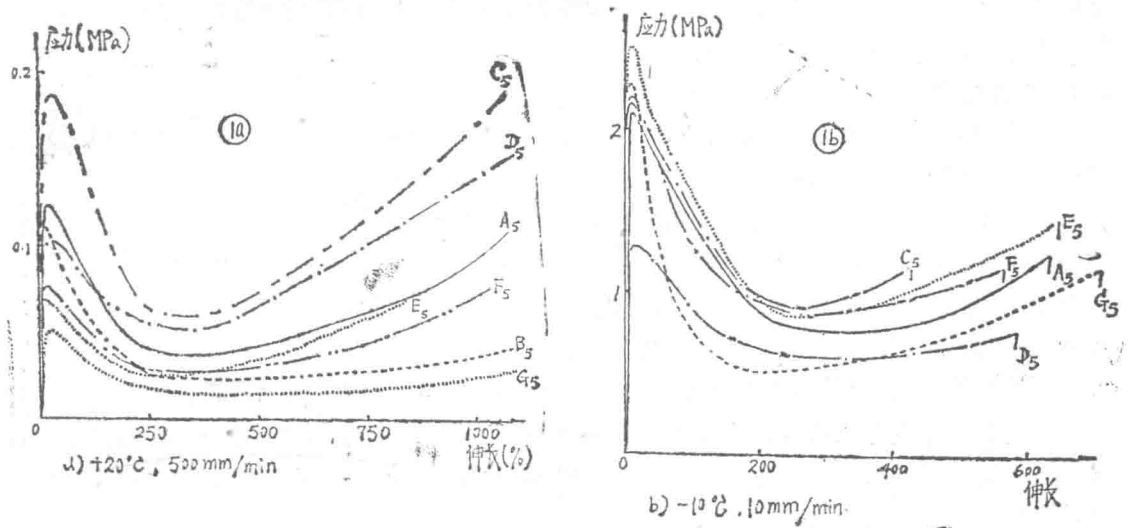


图1 掺加5% SBS共聚物改性沥青结合料的力学特性

表3 离心作用分离出的沥青相特性

沥青相	PB _{A5}	PB _{C5}	PB _{D5}	PB _{E5}	PB _{F5}
针入度, 25℃ (°C)	75	44	62	78	77
环球软化点 (°C)	46	52	51	46	47
法拉斯氏脆点 (°C)	-4	-6	-9	-4	-4
塑性间隔 (°C)	50	60	60	50	51
沥青质 (%)	7.7	12.5	20.4	10.1	9.5
胶体不稳定指数 I _c	0.20	0.23	0.42	0.19	0.17

虽然聚合物浸胀率在各种情况都一样，但组成成分分析指出，沥青特性涉及改性：在各种情况沥青质含量增加1.1—1.5倍，芳香族和饱和成分系统地减少，且其百分比变化。

结论指出，这些两相结合料的沥青相是比原沥青硬而脆的沥青，但同改性结合料相比，这不是它们的最重要特性。应在两相结合的方式中，研究结合料良好的性能特性。

3 研究经受热处治时改性结合料的稳定性

在进行改性结合料特性研究之后,应探索在不同热处治条件下,结合料的稳定性:在生产和使用期间,结合料可能在较高温度下贮存一段时间;在贮存或运输之后,生产沥青混合料时,可能还要把这些结合料再加热;施工完毕后,结合料可能随可变气温条件再冷却;为作试验,把取得的结合料试样置于冷的或环境温度中,为制备试件然后再加热。

3.1 试验方法

从上述研究的改性沥青中,选出两种具有很不相同微观形态的结合料。取出的每一种产品试样置于环境温度中存放一定时间后,把每一试样再加热到 120°C 或 180°C (生产温度)。分别在这两种温度时,把试件快速硬化和控制温度($30^{\circ}\text{C}/\text{h}$)再慢冷却。然后根据以下量测来研究这些试样:量测环球软化点(T_{BA});观察微观形态;作直接拉伸试验,此外,还应作两相分离试验。

3.2 试验结果

试验结果示于照片2.3(略)。可以证实试样在经热处治后,对其环球软化点(T_{BA})、力学特性以及微观形态(这些特性都是相互紧密联系的)都有很大的影响。

照片2示出取自一种改性沥青结合料试样的试验微观形态,这种结合料的微观形态是很细小的蠕虫状。加热到 180°C 后(生产温度),发现与生产温度时相同的微观形态,但是如果只加热到 120°C ,结合料微观形态的情况就不一样了。结合料加热到 180°C 后再慢冷却,观察到试样的微观形态为沉淀状而粗大的微观形态。

照片3示出了生产时微观形态近似均匀的改性沥青试样的试验微观形态。把结合料加热到 120°C 和 180°C 两种温度时,观察到的微观形态是不同的。把结合料加热到 180°C 后再慢冷却,没有发现粗大的微观形态,而是细密的微观形态,然而尽管这种微观形态细密,但与生产时的微观形态还是不同,无沉淀状。

另一种重要的发现是在作其它特性量测时,如力学特性、环球软化点等,同时观察到这些不同的微观形态也系统地出现。

所有的改性结合料随经热的热处治而变化。但还证实,在给定的热处治条件下,微观形态(微沉淀或重组结构)随生产的结合料而变化,因此与原沥青相关。

4 结论

第一个结论是掺加聚合物的改性沥青,原沥青的特性是重要的:在生产改性沥青时,原沥青性质确定了结合料的微观形态以及使用特性,如环球软化点、法拉斯氏脆点、针入度和力学特性;原沥青性质也大大影响改性结合料今后的稳定性。

第二个结论是应注意有关这种改性结合料类型的试验方法和结果分析。事实上,本文所使用的试验方法是改性沥青结合料生产商和实验室常用的试验方法,这些试验方法不仅适用于生产时检验,而且也适用于事后检验。在后一种可能性中,试验结果与试验贮存条件和试件制备条件密切相关,基于这样的事实提出一个实质性的问题:如果试验不与施工条件结合,试验不与使用结合料的重要热处治相结合,那么任何一个试验结果都不具有有效的使用价值。

参考文献1—4(略)。

交通部重庆公路科学研究所 熊有言编译自法国“道桥联合公报”,1990, No168

法国道路工程用聚合物改性沥青

B. ECKMANN, K. BOUSSAD

聚合物改性沥青依然是ESSO试验室重要的研究内容之一。在过去三年里，由EXXON化工厂研制出了一系列的聚合物改性剂，并以商品POLYBILT在市场上销售。这些聚合物是分子量和晶格各异的塑性材料。本文摘要了主要的研究成果和目前研究工作的进展情况，其中主要是结合料的老化特性和热拌沥青混合料的应用。

本文将对五种聚合物的试验结果进行对比，并讨论各种可能的应用范围。POLYBILT 100, 101, 102和103已经在销售，POLYBILT B亦正在办理其最后的商标。对80/100或180/200针入度级沥青，聚合物的剂量一般为5%。

1 结合料常规指标

由于POLYBILT聚合物的分子量较低，所以极易与多数沥青混合形成稳定的结合料。对于常规指标，经验证明，其软化点大幅度提高，而以PI表征的温度敏感性却较小，对弗拉斯脆点没有明显的影响，但该试验可能对改性沥青并不充分。高软化点不一定反映铺设温度时的粘度高。例如，POLYBILT 103和POLYBILT B 200的等粘温度比其他沥青都高，而具有最高软化点的POLYBILT 101却与原沥青的等粘温度相差不大。

2 流变特性

这次试验拟采用更加实际的方法评价POLYBILT改性沥青的高温、低温使用性能，选用了以下几种试验：

条形试件 (50×15×2mm) -5℃时的拉伸试验；

板冲击试验 (改进的VIALIT方法) 评价结合料低温粘附性；

“BENSON”粘韧性试验评价高温 (此处指25℃和45℃) 的粘结强度；

平衡流变仪，测定粘弹参数，例如剪切劲度模量的粘性和弹性成分。

这些试验证明POLYBILT 103和B等添加剂的特性，他们大幅度提高其低温粘聚力，且表现出弹性体性状 (拉伸试验，25℃韧度)(图1和图2)。POLYBILT 101, 100, 102对沥青低温性能没有明显的影响，但同时也证实他们对沥青性能没有损害。POLYBILT无疑为最优的聚合物 (图1)。

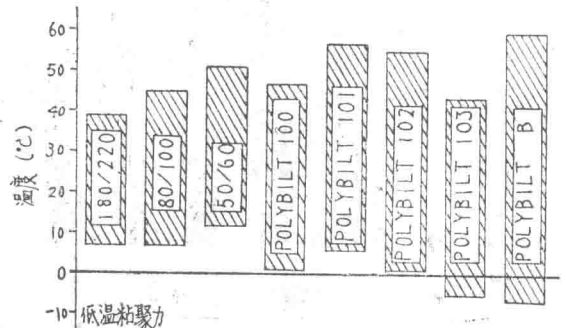


图1 弹性范围

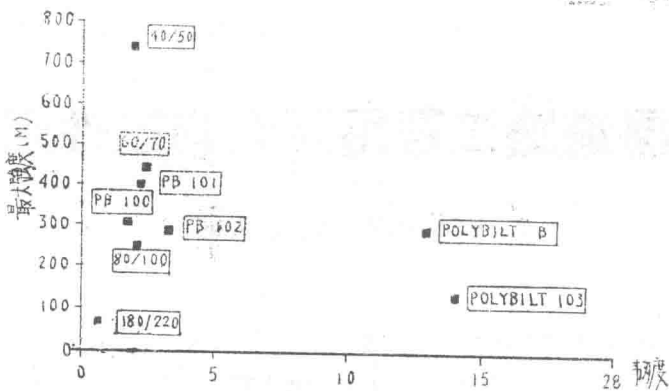


图2 BENSON粘韧性试验 (25℃)

3 沥青老化试验

3.1 薄膜烘箱试验和养生试验

表 1 加速老化试验结果

	80/100沥青	POLYBILT 101	102	103	B
软化点增值	+9	-1	+5	+11	+5
试验前后针入度比	0.44	0.54	0.49	0.32	0.44

对掺加5%聚合物的80/100沥青进行TFOT试验和养生试验(70℃下2mm薄膜保温1个月), 两种方法都表明改性沥青的针入度、软化点和135℃粘度与原沥青没有多大变化。

3.2 加速老化试验(老化仪)

同一薄膜厚度按ASTM D529-62 A循环方式(两小时一次循环: 0.3小时水+紫外光, 1.7小时紫外光, 历时3个星期)进行试验, 软化点及针入度如表1。除POLYBILT 101外, 所有的改性沥青试验后的软化点都有提高, 25℃针入度与原沥青相近。

3.3 养生前后平衡电流计试验

试样为95%的180/220沥青掺加5%的聚合物。此试验的优点在于所用试样较少情况下可以比软化点、针入度更好地反映其流变特性, 另外与薄膜烘箱试验具有可比性。

养生前后, 所有结合料的劲度(复合模量)提高了, 但纯沥青的增值比改性沥青更加明

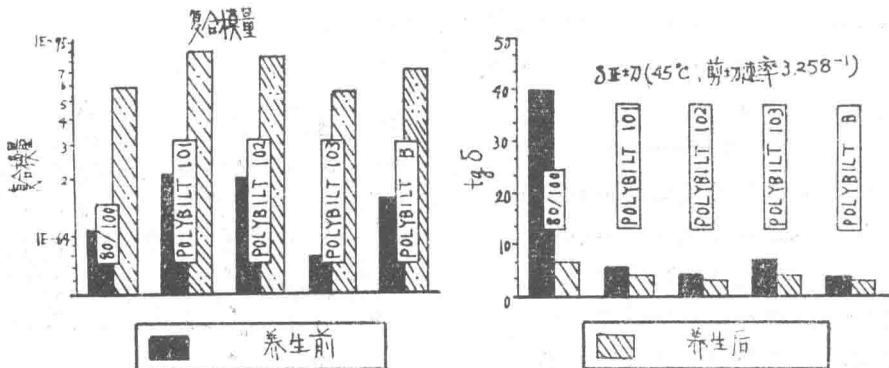


图3 养生前后平衡电流计试验

显,因而缩小了不同产品之间老化后性能的差别。

损失相位角的正切等于模量损失(粘性)与储存模量(弹性)之比,损失角越小,材料的弹性越大。POLYBILT改性材料的弹性增加(POLYBILT B和102)最为显著,养生以后,纯沥青的弹性增加,而聚合物改性沥青保持稳定(图3)。

上述结果均与预期的一致,比较化点和针入度指标更加切合实际,因而证实了POLYBILT改性沥青与纯沥青相比老化后不会产生过度的硬化。一般认为过度硬化是产生开裂和低温脆断的主要因素,通过不同养生期后的低温板粘试验,验证了POLYBILT结合料有良好的使用性能。

4 密级配热拌混合料的力学特性

法国ESSO的MSA研究室和英国谢菲尔德城道路运输研究室等对POLYBILT改性混合料进行了多项研究。研究认为该聚合物大大提高了沥青抗永久变形能力,虽然提高的幅度取决于混合料和聚合物的类型,但可以通过轮辙试验和三轴试验(动态蠕变试验)加以验证。下面选择的例子对上述几种POLYBILT聚合物按统一级配进行了全面的对比(10/10mm密级配混合料,油石比5.7%)。沥青为80/100针入度级,聚合物剂量为5%。动态蠕变试验和疲劳试验的指标均表明:POLYBILT改性沥青的抗蠕变性能、高温劲度(40℃)都得到提高,同时对其抗疲劳性能无损害。

4.1 预掺法和后加法的不同工艺比较

这次的研究还包括两种掺加方式的比较:聚合物预先掺进沥青中或直接在拌合机中添加,可以从其动态蠕变指标对此进行比较。

4.1.1 动态蠕变试验

试验施加正弦应力波,振幅0.3MPa(最大应力0.6MPa),频率10HZ。图4示出30℃、

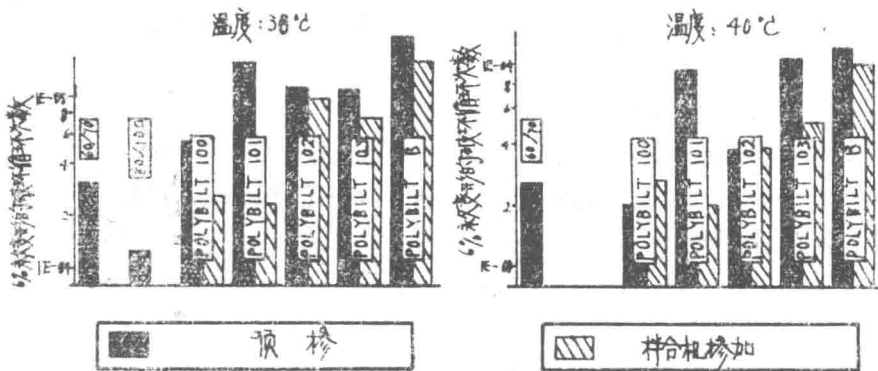


图4 动态蠕变试验

40℃时永久变形达到6%所需的应力循环次数。由图可以看出,所有的改性沥青较80/100沥青均有较大幅度的改善,且优于60/70沥青,其中POLYBILT B和POLYBILT 101最为有效,其次为POLYBILT 103和102。

拌合机添加方式结果比较分散,但除POLYBILT 101外,与预掺法仍保持一个水平。POLYBILT B, 102, 100性能最稳定, POLYBILT 103, 30℃时有小的波动, 40℃尤为明显, POLYBILT 101在这方面不很有效。

造成这些差异的原因可能有许多，拌合时间和温度没有附加考虑，但聚合物的性质可能是主要因素。低分子量、高结晶度的聚合物 (POLYBILT 101) 需更充分的拌合才能发挥其改性作用，因此所需的拌合时间长或温度较高。高分子量的聚合物，例如，POLYBILT B对抗蠕变具有更加有效的瞬时效应，故不需充分拌合。

上述结论的正确性可能仅局限于所用混合料类型和试验方法，对结合料含量较高的混合料，高温轮辙试验与结合料的均匀性关系密切，会导致不同的结论。

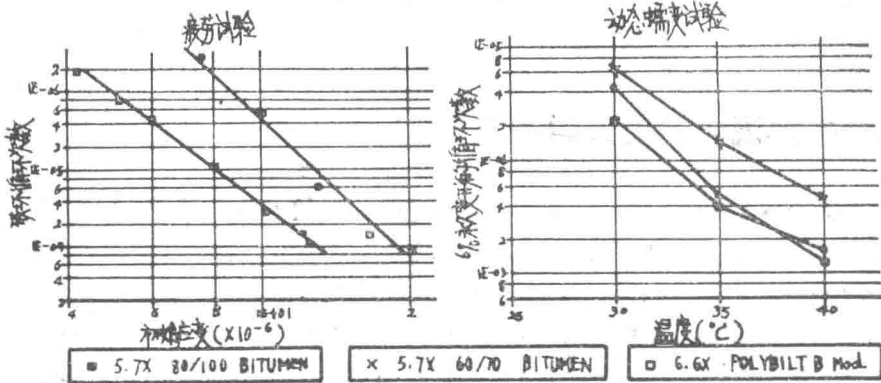


图5 POLYBILT改性混合料的疲劳性能

4.1.2 疲劳试验

拉压疲劳试验在10℃下进行，在圆柱体试件上施加振幅恒定的拉压交变应力。结果表明：与其他改性剂不同，POLYBILT聚合物不会使沥青硬化，降低其抗疲劳性能。POLYBILT 103在预掺时其疲劳性能甚至有所提高，拌合机掺加方法依然比较分散，但与原沥青相比，性能没有变差。

4.2 聚合物改性混合料的疲劳性能

所试验的聚合物并没有从本质上提高沥青的抗疲劳性能，只是通过提高结合料含量，利用POLYBILT聚合物达到控制车辙的目的。下面的混合料对比试验可以证实这一点：

参照混合料：60/70沥青，含量5.7%；

参照混合料：80/100沥青，含量5.7%；

POLYBILT改性的80/100沥青混合料：改性沥青含量6.6% (POLYBILT剂量5%)。

结果很具有说服力。与80/100沥青相比，POLYBILT B改性沥青混合料的疲劳特性提高了8倍；蠕变性能曲线介于60/70、80/100参照混合料之间。

以上结果表明，通过混合料设计提高两个极端性能是可能的。

5 结论—应用范围

5.1 石屑罩面的应用

POLYBILT聚合物分为两类：POLYBILT 100,102和101适用于泛油严重的炎热地区，便于使用和贮存，具有广阔的前景。POLYBILT 103和POLYBILT B用于石屑罩面并没有优越性，但具有良好的低温性能和“弹性体”特性，更适合于寒冷地区和已产生车辙或开裂的路面。在这一系列的聚合物中，POLYBILT B是唯一同时具有低温和高温改性效果的聚合物。从结合料的老化研究结果看，一种具有优良长期性能的产品也一定适用于石屑罩面。下一步

的研究将重点解决聚合物在稀释沥青和乳化沥青中的应用。POLYBILT 100和103已成功的应用于许多试验路段，特别是在法国。

5.2 热拌混合料的应用

POLYBILT聚合物是抗车辙添加剂，POLYBILT 10和POLYBILT B最为有效，POLY-BILT 100, 102, 103也有良好的使用性能。

在拌合阶段掺加聚合物其性能也能得到改善，但拌合时间和温度的影响还需研究，然而即使是对预掺和拌合机掺加比较困难的聚合物 (POLYBILT B) 效果也比较好，这就为改性找到了另外一种途径。

POLYBILT 100, 102和103已在欧洲得到应用，POLYBILT 100, 103和POLYBILT A亦在远东和澳洲试用。具有改进的疲劳性能和抗车辙性能的混合料正在按第四节的思路进行研究。

参考文献1—4 (略)。

交通部公路所 贾丽巍 摘译自 “4th eurobitume SYMPOSIUM 1989”, 第一卷MADRID,
1989年10月, 沈金安校

沥青和聚合物改性沥青特性 与沥青混凝土混合料性能的关系

JOSEPH L. GOODRICH

与普通沥青相比，聚合物改性沥青的某些物理性能是较优的。低温延度、粘韧性、温度敏感性、测力延度、倾斜烘箱耐久性都是某些聚合物改性沥青工作性能优于普通的未改性沥青的试验例证。这些试验中的优越性能改善了沥青混合料的性能吗？针对这个问题研究了5种沥青：

三种普通沥青代表温度敏感性的极端状况(定义为“A”最敏感，“B”最不敏感，“C”中等)。

两种聚合物改性沥青(定义为“P1”和“P2”)，每种改性结合料中含5%的聚合物，与沥青混合后和低粘型的沥青“A”相似。

进行了下述几方面的研究：

- a. 结合料流变学和物理特性；
- b. 温度引起的沥青混凝土开裂；
- c. 沥青混凝土的弯曲疲劳寿命；
- d. 沥青混凝土的永久变形；
- e. 老化：化学和流变变化；
- f. 结合料容许剂量与混合料变量。

研究指出，聚合物改性沥青在象温度敏感性、测力延度、粘韧性和低温延度这样的试验中表现出来的优良性能与混合料中改性结合料的优良性能无关，这些试验可以表示改性结合料的特性，但不能表明对沥青混凝土混合料的改性能。

本研究的目标之一是鉴别与混合料性能有关的结合料特性。某些常规试验和由这些试验得到的参数与混合料性能有好的相关性。

本研究的主要结果是在结合料的基本粘弹性与混合料性能间建立了好的关系，这有助于解释沥青混凝土中结合料的特性。5种试验沥青的动力分析广泛用于本研究中。在可能的道路温度范围内，测定结合料的粘弹性证明是与适当设计和准备的沥青混凝土中的结合料特性有好的关系。

发现在本研究中一种普通沥青比聚合物改性沥青表现好是有趣的。在结合料中，粘弹性的适当平衡对于好的混合料性能是必要的，这在某些沥青中天然存在。当天然分子缔合形成有效的弹性网时，显示的数据证明存在适当平衡。弹性网也可以通过在沥青中掺入高分子聚合物添加剂形成分子缠结。

1 沥青流变学

研究的目的是确定沥青和聚合物改性沥青的哪种试验特性与混合料性能表现出最好的关

表 1 结 合 料 特 性

沥青技术参数	单位	A	B	C	P1	P2
原样沥青特性						
针入度						
200g 60sec(4℃)	dmm	16	62	25	40	38
100g 5sec(4℃)	dmm	1.5	14.0	2.8	6.2	5.6
100g 5sec(25℃)	dmm	52	126	56	114	110
绝对粘度 (60℃)	poise	2182	1425	2381	1870	2230
运动粘度 (135℃)	csi	317	392	488	541	621
软化点(R. & B.)	℃	50.0	44.5	49.0	46.1	66.1
延度(5cm/min) (25℃)	cm	150+	150+	150+	150+	82
延度(5cm/min) (4℃)	cm	0	21	0	32.2	100+
弗拉斯脆点	℃	-19.8	-26.7	-23.3	-23.2	-25.0
旋转薄膜烘箱特性						
损失(重量)	%	0.17	0.49	-0.12	0.15	0.48
针入度						
200g, 60sec (4℃)	dmm	13	34	21	26	29
100g, 5sec (4℃)	dmm	1.2	4.6	2.2	3.0	3.5
100g, 5sec (25℃)	dmm	33	70	48	61	71
绝对粘度 (60℃)	poise	4670	4172	4178	4847	2949
运动粘度 (135℃)		429	638	624	977	600
软化点(R. & B.)	℃	55.0	52.5	54.0	52.8	55.0
延度(5cm/min) (25℃)	cm	150+	101.5	150+	94.3	150+
延度(5cm/min) (4℃)	cm	0	5.7	0	16.2	59.0
测力延度						
“真”参数 (4℃)						
最大应力	psi	212	155.0	250	1210	1660
最大应变	in/in	0.15	1.94	0.33	2.27	3.31
应力应变曲线下的面积	psi	16	240	53	1260	1570
沥青模量	psi	3100	250	1900	1170	1420
沥青—聚合物模量	psi	0	0	0	1320	1430
粘韧性 (25℃)						
峰值荷载	lb	266	93	150	109	91
峰值延伸度	in	0.44	0.35	0.42	0.37	0.31
粘韧度(荷载—延伸度曲线下的面积)	in—lb	214	60	117	370	235
韧度(荷载—延伸度曲线下降峰值延伸度后的面积)	in—lb	68	10	33	305	186
粘韧性 (20℃)						
峰值荷载	lb	56	120	222	145	127
峰值延伸度	in	0.11	0.44	0.48	0.47	0.40
粘韧度(荷载—延伸度曲线下的面积)	in—lb	22	72	125	265	426
韧度(荷载—延伸度曲线下降峰值延度后的面积)	in—lb	8	44	6	182	357

弗拉斯脆点	℃	-20.8	-26.5	-24.1	-22.6	-23.7
LTD烘箱特性						
针入度						
200g, 60sec (4℃)	dmm	6	19	11	6	12
100g, 5sec (4℃)	dmm	11	31	20	10	21
绝对粘度 (60℃)	poise	66580	53100	26808	68878	44269
运动粘度 (135℃)	cst	1210	1863	1335	1293	1391
软化点 (R. & B)	℃	68.6	67.8	63.9	65.0	80.0
延度(5cm/min) (25℃)	cm	8.7	19.2	79.8	9.5	26

系。

选作本研究 5 种沥青的60℃绝对粘度尽可能接近ASTM D3381中AR—4000和AC—20的范围(表1)。

1.1 试验方法

引入本研究的动态分析试验包括使用两种相似的流变仪：流变力学分光仪和流变动态分析仪。测量 5 种试验沥青经ASTM D2872旋转薄膜烘箱 (RTFO) 和长期耐久性 (LTD) 试验后老化残留物的动粘弹性。用RTFO残留物做试验更能反映沥青混凝土试样中结合料的特性。研究LTD残留物的试验以评价老化对结合料流变性能的影响。

采用动态流变分析仪，对平行盘粘度计中的沥青试样施加正弦波形应变的振荡剪切(见图1)。通过测定试件对施加的应变响应所传送的扭矩来测量应力振幅。应变振幅和频率是输入变量，由操作者设定。通过精确地测定应变和扭矩的正弦波形(16384点/周期)来测量相位角。由此可计算试样的动粘弹性参数。

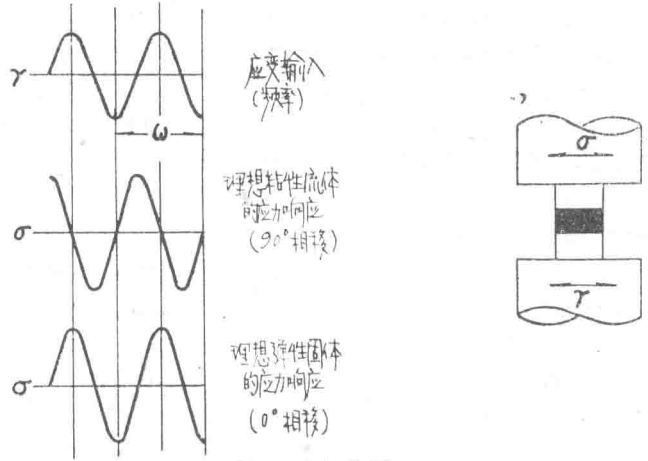


图1 动力分析

在低温保持小应变(>0.5%)，

温度升高则相应应变增大，但要象应变扫描所显示的保持在线粘弹性区域内。对于每个试验温度，频率扫描从0.1弧度/秒(0.0159Hz)到10弧度/秒(1.59Hz)每10进位分为5个相等的间隔。

用不同直径的平行盘以获得不同温度下的数据：

试样类型	盘径	试验温度
RTFO残留物	8mm	-30~+10℃
RTFO残留物	25mm	+10~+50℃
RTFO残留物	40mm	+50~+80℃
LTD残留物	8mm	-30~+30℃
LTD残留物	25mm	+20~+480℃

平行盘间沥青试样厚度在1到2.5mm之间。

1.2 沥青流变学和试验结果的讨论

对于在密级配沥青混凝土混合物中普通和聚合物改性的沥青，本报告的目标是证实直接从动态流变分析获得粘滞性质的重要性。

1.2.1 沥青流变学

古典理论定义一种弹性固体（例如一个弹簧）是这样一种材料，它表现出应力正比于应变，而不是正比于应变率。另一个极端是完全粘性的（牛顿的）液体，它表现出应力正比于应变速率，而不是应变变量。

象沥青这样的粘弹性材料，表现出粘性和弹性这两种特性，显示出一种在作用的应力和应变之间的时间依赖关系。

许多研究者已经证实，在一定的应变界限内，沥青和沥青混凝土都是线性粘弹性材料。

1.2.2 动力分析

动态实验中，沥青试样放在两个平行盘之间（图1），试样上作用正弦波形剪切应变。当沥青冷脆时，可表现为接近理想固体：应力将精确地跟踪正弦波形的输入应变。在高温，大多数沥青将接近于理想流体（牛顿体）特性，在这种情况下，当应变速率最大时将产生最大应力，与峰值应变位相差 90° 。因此，对于理想流体，峰值应力滞后于峰值输入应变 90° 。

在理想弹性固体和理想粘性流体之间是象沥青这样的粘弹性材料。粘弹性材料的峰值应力可能滞后于作用的最大应变从 0° 到 90° 之间的任何地方，这取决于温度和频率（图2）。滞后或相移角称为 δ （图3）。

如果使用小应变（在线性粘弹性区域）做动态试验，则在高温或低温获得的数据可以简单地图解为分别与低频和高频测得的数据相等。相反，在高频和低频获得的数据能分别转换成低温和高温的数据。这是按照迭加原理，这个原理已由许多研究者用于沥青及沥青混凝土。

这个迭加原理为评价动载数据提供了有用和方便的工具。时间（频率）—温度迭加的一个例子如图4所示。该图显示了在宽的温度范围和窄的频率范围内所获得的实际数据点，通过采用迭加原理，每个在特定温度所获得的数据组都能沿着时间轴移动以形成一条光滑的曲线。相继移动曲线以形成一条光滑曲线的程度称为移位因子，与材料的温度敏感性有关。

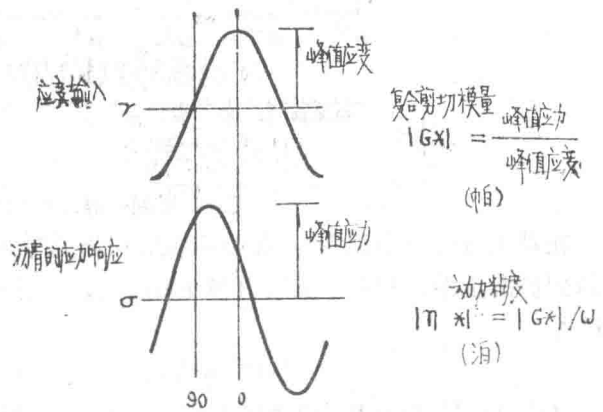


图2 动力分析

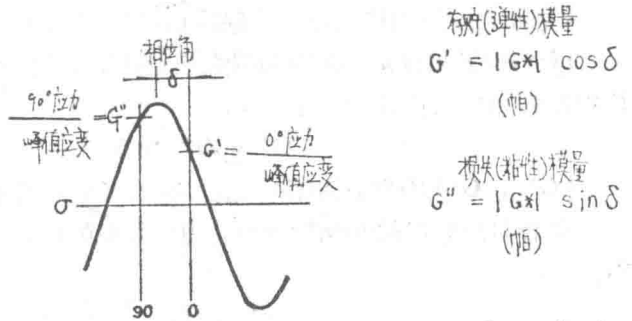


图3 动力分析