TPS 改性剂对高粘沥青性能的影响

陈 瑶[1,2], 谭忆秋[1], 陈克群[3]

(1. 哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院,150090 哈尔滨;2. 黑龙江大学 建筑工程学院,150080 哈尔滨;
3. 贵州省高速公路管理局,550003 贵阳)

摘 要: 为制备适于我国排水性沥青路面应用的高粘沥青,通过室内试验研究高粘沥青添加剂 TPS 对两种不同油源的90#基质沥青的改性效果. 以 60 ℃黏度作为评价高粘沥青的关键指标,重点研究 TPS 掺量变化对改性沥青 60 ℃黏度及其他物理性能的影响规律. 结果表明:TPS 对两种不同油源的基质沥青的改性效果差异较大,尤其对于 60 ℃动力黏度指标,在相同 TPS 掺量下,基质沥青的沥青质含量越大,改性沥青的 60 ℃黏度越大,二者的配伍性较好,推荐 TPS 掺量(质量分数)为 14% ~16%,此时改性沥青胶结料的 60 ℃黏度增长迅速,能够满足高粘沥青的黏度要求,且改性沥青胶结料的感温性、高温稳定性与低温抗裂性、弹性恢复能力等都得到了较大程度的提高.

关键词: TPS;基质沥青;配伍性;60 ℃动力黏度;物理性能
中图分类号: U414 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367 -6234(2012)06 -0082 -04

Effect of TPS modifier on the properties of high-viscosity asphalt

CHEN Yao[1,2], TAN Yi-qiu[1], CHEN Ke-qun[3]

(1. School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, 150090 Harbin, China;
2. College of Architectural and Civil Engineering, Heilongjiang University, 150080 Harbin, China;
3. Guizhou Province Department of Highway Administration, 550003 Guiyang, China)

Abstract: To prepare high-viscosity asphalt for drainage asphalt pavement in China, the effect of TPS contents and kinds of base asphalt on the properties of modified asphalt was investigated by tests in laboratory. The 60 ℃ dynamic viscosity is an important parameter for high-viscosity modified asphalt. The results indicate that strong correlations exist between the chemical composition of base asphalt and the properties of TPS modified asphalt. The viscosity of modified asphalt at 60 ℃ increases with the increasing of asphaltine content of base asphalt at same contents of TPS. When the TPS content is between 14% – 16%, it has significant influence on viscosity of modified asphalt at 60 ℃, the viscosity increases rapidly, and can reach to specifications for high-viscosity modified asphalt. The temperature sensibility of the asphalt modified by TPS is decreased obviously, and the high-temperature stability, cracking resistance at low temperature and elastic recovery are all increased.

Key words: TPS; base asphalt; compatibility; 60 ℃ dynamic viscosity; physical property

随着我国公路建设的快速发展,交通量日益增大,对路面的功能要求越来越高. 开级配抗滑磨耗层(OGFC)是近年来在欧美、日本等地区得到较广泛应用的新型路面结构[1],由大孔隙沥青混合料铺筑、能迅速从其内部排走路表雨水,具有抗滑、抗车辙及降噪功能,结构排水能力较强. 但其较大的空隙率导致空气和雨水容易深入结构内部,故混合料应具有足够的强度、耐久性及出色的抗水损害性能[2]. 现有研究表明影响 OGFC 路用性能的关键指标是沥青的 60 ℃黏度[3-8],随着沥

收稿日期: 2011 -05 -26.
基金项目: 国家"十一五"科技支撑计划项目(2008BAG10B02).
作者简介: 陈 瑶(1982—),男,博士;
谭忆秋(1968—),女,教授,博士生导师.
通信作者: 谭忆秋,yiqiutan@163.com.

青 60 ℃黏度的增大，混合料的强度和水稳定性将显著增加，因此高粘沥青[9]的应用尤为重要. TPS 是日本近年来针对排水性沥青路面开发出的高粘沥青改性剂. 目前已在我国南方多省市的桥面及机场道面铺装工程中推广，并取得较好的应用效果[10-11]. 但由于我国南北方地域特点及基质沥青多源属的现象，常导致使用同种改性剂制备的改性沥青性能差异较大. 鉴于此，本文从上述角度出发，并以改性沥青的 60 ℃动力黏度[9]为主要指标，同时测定材料物理指标的变化规律，研究 TPS 掺量对改性沥青性能的影响及对 2 种不同油源基质沥青的改性效果.

1　原材料性质及制备工艺

2 种不同油源的 90# 重交基质沥青：A－90、B－90，4 组分组成如表 1.

表 1　基质沥青 4 组分质量分数　　%

基质沥青类型	S	A_r	R	A_t
A－90	15.76	28.14	41.38	6.56
B－90	8.76	37.02	38.88	11.23

以热塑性橡胶为主，配以粘结性树脂和增塑剂及其他成分组成的改性产品.

将基质沥青加热到(175 ±5)℃，加入 TPS，利用高速剪切乳化机以 2 000 r/min 的转速，低速恒温剪切 10 min，再以 5 000 r/min 的转速高速剪切 45 min.

2　试验结果与分析

2.1　60 ℃动力黏度

按照沥青与沥青混合料试验规程的规定，用真空减压毛细管法测定不同 TPS 掺量的 60 ℃动力黏度，以评价 TPS 与不同油源基质沥青的配伍性能，测试结果如图 1 所示.

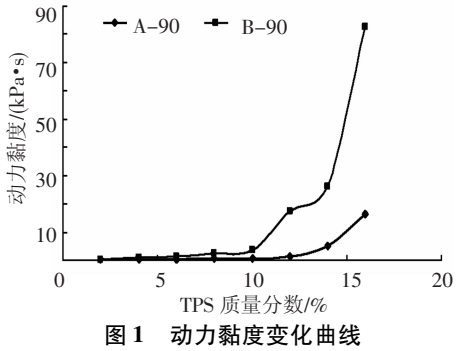

图 1　动力黏度变化曲线

分析图 1 中试验结果可知：对于两种不同油源的基质沥青，随着 TPS 掺量的增加，改性沥青胶结料的 60 ℃动力黏度均呈逐渐递增的趋势. 当改性剂掺量固定时，TPS 与 B 沥青的配伍性明显优于 A 沥青，但当 TPS 的掺量(质量分数)小于等于 10% 时，此时随着剂量的增加，改性沥青胶结料的黏度虽呈稳步增长的趋势，但距离高粘沥青的最低要求相差较远，可见即使 TPS 与基质沥青的配伍性较好，若要制备合格的高粘沥青，需达到一定的门槛值掺量方能使改性沥青胶结料的黏度达到规范要求；当 TPS 质量分数 >10% 后，B 改性沥青胶结料的动力黏度迅速增加. 质量分数为 14% 时，动力黏度为 26 060 Pa·s，达到规范中的黏度要求；质量分数为 16% 时，黏度迅速增加至 82 656 Pa·s，此时 A 改性沥青胶结料的动力黏度最高为16 230 Pa·s，仍未达到规范要求. 这种差异应与基质沥青的组分组成有较大关系. 对比 A、B 基质沥青的 4 组分组成，二者的轻质组分和胶质的含量相当，而 B 沥青中沥青质的质量约是 A 沥青的 2 倍. 可见基质沥青的沥青质含量越高，越有助于提高 TPS 与基质沥青的配伍效果，改性沥青的 60 ℃黏度将越大. 故在制备高粘改性沥青时，应对基质沥青进行优选，以达到改性剂用量较小，改性沥青性能较优的目的.

2.2　物理性能

依据沥青与沥青混合料试验规程规定的试验方法，分别测试改性沥青的软化点、延度、针入度、针入度指数、当量软化点、当量脆点、塑性温度范围及弹性恢复能力.

2.2.1　软化点

不同 TPS 掺量的改性沥青软化点测试结果如图 2 所示. 试验结果表明：对于 A、B 不同油源的基质沥青，掺加不同剂量的 TPS，改性沥青胶结料的软化点均随改性剂掺量的增加而增长，高温性能将得到不同程度的改善. 当 TPS 质量分数小于 8% 时，此时胶结料的高温性能虽有一定提高，但与基质沥青相比，提高幅度较小；当掺量为 8% 时，两种沥青胶结料的软化点均呈现快速增长的趋势，A－90 软化点提高 55.8%、B－90 软化点提高 70.9%；当质量分数大于 12% 时，软化点均达到 90 ℃以上，高温性能改善显著.

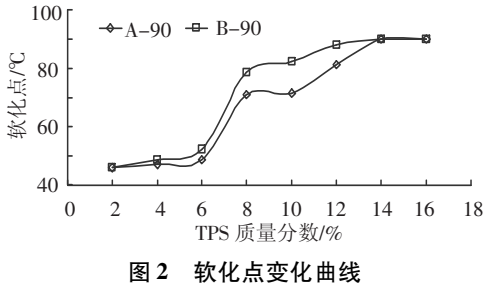

图 2　软化点变化曲线

2.2.2　针入度及针入度指数

不同 TPS 掺量的改性沥青分别在 15 、25 、

30 ℃时的针入度、针入度指数测试结果如图 3、4 所示.

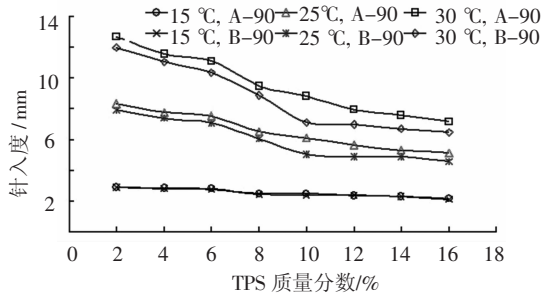

图 3 针入度变化曲线

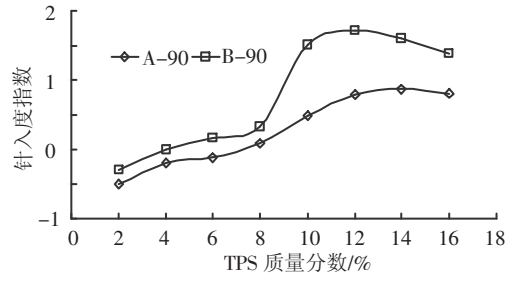

图 4 针入度指数变化曲线

由图 3 可知,对于 A、B 不同油源的基质沥青,TPS 加入后胶结料在 3 个温度下的针入度与原基质沥青相比均呈不同程度的下降趋势,并且随着改性剂掺量的增加,同一温度条件下的针入度将逐渐减小,沥青的硬度增大.

由图 4 可知,随着 TPS 的加入,改性沥青胶结料的针入度指数将呈逐渐增大的趋势,掺量较高时针入度指数也较大,表明胶结料的感温性得到改善,高温性能得到增强,但并不是随着改性剂的增加而不断加强. 由测试结果可知,对于 A 沥青,当改性剂的质量分数为 14% 时,胶结料的针入度指数达到最大值 0.87;对于 B 沥青,当质量分数为 12% 时,针入度指数达到最大值 1.72,可见 TPS 与 B 沥青的配伍性较好,改性沥青胶结料的感温性能大幅度地改善.

2.2.3 当量软化点、当量脆点、塑性温度范围

根据前述针入度指数测试结果,进一步分析 TPS 改性沥青当量软化点、当量脆点、塑性温度范围等指标的变化趋势,如图 5 ~ 7 所示.

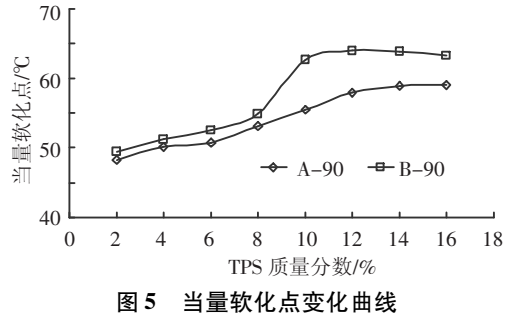

图 5 当量软化点变化曲线

综合分析上述试验数据,发现随着 TPS 的掺加,A、B 基质沥青的高低温性能均得到不同程度地改善,高温性能方面,随着改性剂掺量的增加,两种改性沥青的当量软化点均呈逐渐提升的趋势,表明胶结料的高温性能不断提高,最终趋于稳定;低温性能与之相反,随着改性剂掺量的增加,两种改性沥青的当量脆点大体呈逐渐降低的趋势,当达到最佳掺量范围时,脆点值将有一定幅度的回升,但总体趋势表明胶结料的低温抗开裂性能得到了改善;塑性温度范围的不断增大,亦表明胶结料的高低温性能得到有效提升,根据其规律曲线可知,将改性剂的掺量控制在合理范围时,改性沥青胶结料的高低温性能能够得到有效地兼顾.

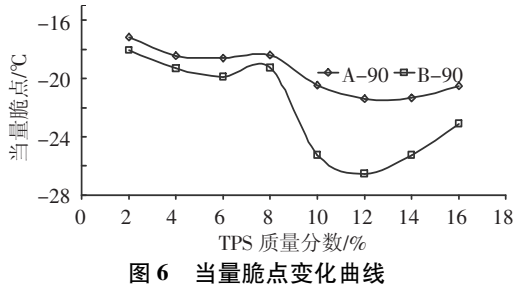

图 6 当量脆点变化曲线

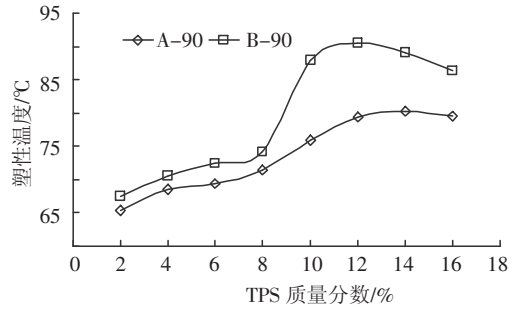

图 7 塑性温度变化曲线

2.2.4 低温延度

5 ℃时不同 TPS 掺量的改性沥青低温延度测试结果,如图 8 所示. 对 A、B 不同油源的基质沥青,随着 TPS 的掺入,两类改性沥青胶结料的低温延度变化趋势基本一致,当改性剂质量分数 < 8% 时,随着 TPS 的增加,延度值呈现逐渐增长的趋势,低温性能得到一定的改善;当质量分数为 8% 时,无论 A 沥青还是 B 沥青,胶结料的低温延度在该点均达到峰值;当质量分数 > 8% 时,低温延度值将先下降,而随着改性剂掺量的增加,又逐渐呈增长的趋势. 总体而言,胶结料的低温抗塑性变形能力得到了较大幅度地改善. 究其原因,由于 TPS 本身是一种热塑性弹性体,当其受热融融于热沥青中,将随着掺量的增加而逐渐形成交联的网状结构. 但当掺量较小时,网状交联结构未能有效形成,此时基质沥青相当于连续相,TPS 相当于分散相分散在沥青介质中;当 TPS 的掺量进一步

增加，达到网状交联结构的临界状态时，此时对胶结料的低温性能影响较为显著；而随着改性剂掺量的继续增长，胶结料的相分散状态将发生变化，网状交联结构将逐步增强，TPS 由初始的分散相状态转变为连续相状态，而沥青则作为分散相分散于由 TPS 组成的网状交联结构中，从而造成临界掺量后，胶结料的低温延度呈先下降后增长的趋势.

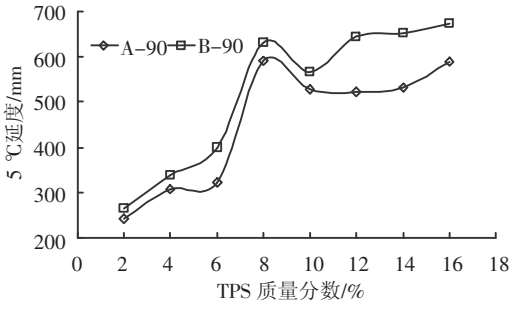

图 8　延度变化曲线

2.4.5　弹性恢复性能

不同 TPS 掺量的改性沥青胶结料的弹性恢复性能测试结果，如图 9 所示. 对 A、B 不同油源的基质沥青，随着 TPS 的加入，改性沥青胶结料的弹性恢复率均有大幅提升，可见掺量越高，弹性恢复能力越强. 当质量分数 > 8% 时，2 类改性沥青在规定温度下均能 100% 恢复. 可见，TPS 的掺入，能够有效提高改性沥青胶结料中弹性成分所占的比例，这对提升材料的自愈性能具有一定的积极意义.

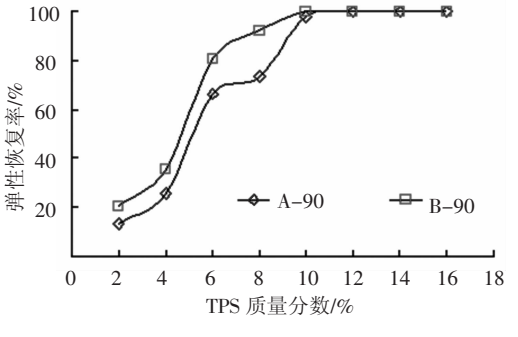

图 9　弹性恢复性能变化曲线

3　结　论

1）TPS 是以热塑性橡胶为主，适当添加其他成分而制成的改性材料. 利用它制作高粘改性沥青，首先应当注意基质沥青的优选. 基质沥青的沥青质含量相对较高时，对改性沥青 60 ℃黏度的提升作用较大，二者的配伍性较好.

2）TPS 改性沥青胶结料的 60 ℃动力黏度若要满足高粘沥青的技术标准，需注意达到一定的门槛值掺量. 当 TPS 与基质沥青的配伍性较好时，推荐 TPS 的最佳掺量（质量分数）为 14% ~ 16%，可达到国标要求.

3）TPS 改性沥青具有黏度高、高温稳定性和低温抗开裂性能好、温度敏感性低等优良性能. 随着 TPS 掺量的增加，沥青结合料的针入度指数显著增大，软化点及当量软化点升高，当量脆点逐渐降低，这对提升材料的高低温性能具有积极作用.

4）添加 TPS 改性剂后，随着掺量的增加，材料内部的交联网状结构会不断增强，改性沥青胶结料的低温抗塑性变形能力将得到较大的提升，同时胶结料的弹性成分所占比例将大幅提高，使得改性沥青的自愈性能逐渐增强.

参考文献：

[1] 范静，魏连雨，孟庆营. 不同改性沥青排水路面性能研究[J]. 路基工程，2011，6：77 - 79.

[2] 胡曙光，黄绍龙，张厚记，等. 开级配沥青磨耗层（OGFC）的研究[J]. 武汉理工大学学报，2004，26（8）：23 - 25.

[3] ZHANG Xuetao，CHEN Shuping，REN Deliang，*et al*. Investigation of ageing resistance of high viscosity modified asphalt[J]. Journal of Wuhan University of Technology，2011，33（1）：79 - 81.

[4] 丛卓红，吴喜荣，郑南翔，等. 高黏度改性剂对沥青性能的影响[J]. 重庆交通大学学报：自然科学版，2011，30（4）：759 - 762.

[5] 马翔，倪富健，陈荣生. 沥青指标对排水性沥青混合料性能的影响[J]. 东南大学学报：自然科学版，2008，38（2）：265 - 268.

[6] 高中军，何唯平. 高粘沥青改性剂开发及其应用研究[J]. 公路，2007（1）：168 - 170.

[7] 卢超，洪伟华，刘至飞，等. 沥青类与改性剂用量对高黏度改性沥青性能的影响[J]. 国外建材科技，2008，29（6）：99 - 101.

[8] 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 - 356.

[9] Japan Road Association. Manual of pavement design and construction[M]. Tokyo：Wan Shan Kabushiki Kaisha，2006：98 - 113.

[10] ZHANG Rui，HUANG Xiaoming，HOU Shuguang. Performances of new type asphalt additive TPS [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering，2006，6（4）：36 - 40.

[11] 刘学亮，余剑英，吴少鹏，等. 高黏度改性沥青的制备与性能研究[J]. 石油沥青，2007，21（6）：7 - 10.

（**编辑**　魏希柱）