

# 热拌沥青混合料低温施工机理

彭建康<sup>1</sup>, 董瑞琨<sup>2</sup>, 游 宏<sup>3</sup>

(1. 北京工业大学 建工学院, 北京 100022; 2 重庆大学 土木工程学院, 重庆 400045;  
3. 四川省交通厅交通勘察设计研究院, 成都 610017)

**摘要:** 选用不同含量的添加剂 ADZ、ADW、ADS 分别加入 SBS 改性沥青和基质沥青中, 测试其在 110 °C、120 °C、135 °C 下的粘度和软化点。测定粘度, 是为了探索低温施工的机理, 不同含量添加剂的加入使沥青的粘度降低, 从而实现沥青混凝土在较低温度下的施工。测定软化点, 主要是评估添加剂的加入在实现降低摊铺或碾压温度的情况下是否会影响其路用高温性能。试验结果表明: 3 种添加剂均能在一定程度上降低基质沥青和 SBS 改性沥青的粘度。其中, 在温度较低(120 °C 和 110 °C)时, ADW 和 ADS 对 SBS 改性沥青、基质沥青的降粘效果较 ADZ 明显。基质沥青的软化点随着 3 种添加剂掺量的增加而增加。3 种添加剂含量较低时, SBS 改性沥青的软化点反而减小。

**关键词:** 沥青; 粘度; 热拌; 软化点; 高温性能

中图分类号: U414; U416.217 文献标志码: A 文章编号: 1674-4764(2009)04-0066-04

## Mechanism on Hot Mix Asphalt Construction under Low Temperature Condition

PENG Jian-kang<sup>1</sup>, DONG Rui-kun<sup>2</sup>, YOU Hong<sup>3</sup>

(1. College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, P. R. China; 2. College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 3. Sichuan Communication Surveying & Design Institute, Chengdu 610017, P. R. China)

**Abstract:** In order to explore the mechanism of low temperature construction and influence of additives on the high temperature performance of the asphalt concrete pavement, the viscosity at 110 °C, 120 °C and 135 °C and softening point were measured for SBS modified asphalt and base asphalt with different additive content of ADZ, ADW or ADS, respectively. The additives can reduce viscosity of asphalt and realize construction of asphalt concrete in low temperature. The experimental results showed that: To some extent, three kinds of additives can reduce the viscosity of base asphalt or SBS modified bitumen. In contrast, at lower temperature (120 °C or 110 °C), the viscosity of SBS modified asphalt and base asphalt with ADW or ADS were obvious smaller than that of ADZ. With the increase of the three types of additive content, the softening points of base asphalt also increased. However, the softening points of SBS modified asphalt with lower additive content of ADZ, ADW or ADS were smaller than those without ADZ, ADW or ADS.

**Key words:** asphalt; viscosity; hot mix; softening point; high temperature performance

在隧道、低温、(超)薄层罩面等特殊场合使用常规的热拌沥青混凝土往往存在一定的局限。如隧道

收稿日期: 2009-01-12

基金项目: 重庆市交通委员会 2008 年科技计划重点项目(渝交科字[2008]31 号); 四川省交通厅科技计划项目(2007A:47)

作者简介: 彭建康(1963-), 男, 博士研究生, 主要从事特种路面材料与结构研究, (Email) pengjkang@163.com。

内使用常规热拌沥青混凝土在摊铺和碾压过程中会释放出大量的热和有毒烟气,严重危及操作人员的身体健康。低温或超薄层情况下热拌沥青混凝土在摊铺过程中急剧降温,不利于混凝土的压实,因路面压实不足而引起路面早期破坏的现象时有发生<sup>[1-4]</sup>。

目前,实现热拌沥青混凝土在较低温度下施工的技术手段大都是通过向沥青或沥青混凝土中添加某种(些)添加剂,从而实现在低于热拌沥青混合料的拌和、摊铺或者碾压温度下进行生产<sup>[5-9]</sup>。研究表明,较低温度可以减轻沥青混凝土生产过程中的老化,老化程度对保证沥青混凝土路面的长期路用性能有着重要意义<sup>[10-12]</sup>。但是添加剂种类繁多,添加剂的加入实现低温施工的机理到目前为止还没有明确的解释。正确理解沥青混凝土低温施工机理,对于合理应用沥青混凝土路面低温施工技术,保证路面使用性能和改善施工环境均有着重要的现实意义。为了研究加入有机添加剂实现热拌沥青混合料较低温度范围内施工的机理,分别对比不同掺量有机添加剂的基质沥青和 SBS 改性沥青在相同温度的粘度,测定不同掺量有机添加剂的基质沥青和 SBS 改性沥青的软化点,以考察在实现低温施工的同时,是否会影响沥青路面的高温性能。

## 1 研究方法

试验中采用的材料为基质沥青:(Shell70#)和埃索 SBS 改性沥青。添加剂:ADS(南非生产)、ADZ(德国生产)、ADW(南非生产),3种均属于有机添加剂系列产品。

不同掺量有机添加剂的普通基质沥青的制备:准备 150℃的基质沥青 13 份,每份不宜少于 300 g。然后分别向其中的 12 份基质沥青加入占基质沥青重量 1.5%、2.0%、2.5%、3.0%的添加剂 ADZ、ADW、ADS,加以搅拌(不少于 15 min)使上述添加剂均匀分散在热融的沥青中。制得 3 种不同添加剂的 12 个试样,以及含量为 0%的基质沥青对比试样。

不同掺量有机添加剂的 SBS 改性沥青的制备:

准备 165℃的 SBS 改性沥青 13 份,每份不宜少于 300 g。然后分别向其中的 12 份 SBS 改性沥青加入占 SBS 改性沥青重量 1.0%、1.5%、2.0%、3.0%的添加剂 ADZ、ADW、ADS,加以搅拌(不少于 20 min)使上述添加剂均匀分散在热融的沥青中。制得 3 种不同添加剂的 12 个试样,以及含量为 0%的 SBS 改性沥青对比试样。

采用布什旋转粘度计测定每个试样在 110℃、120℃、135℃的粘度。采用环球法测定每个试样的软化点。粘度测试结果见图 1—图 2,软化点测试结果见图 3—图 4。

## 2 粘度测试结果与分析

### 2.1 不同掺量、不同类型添加剂+SBS 改性沥青的粘度分析

由图 1 可以看出,在 110℃、120℃、135℃3 种温度下,SBS 改性沥青的粘度随着 ADW 含量的增加而降低。其中,以 3%的 ADW 降粘效果更明显。

在 110℃、120℃、135℃3 种温度下,SBS 改性沥青的粘度随着 ADS 含量的增加(1.0%→1.5%)而降低。当 ADS 含量超过 1.5%增加时,其降粘效果变化不大。在 110℃时,SBS 改性沥青的粘度随着 ADS 含量由 1.5%→2.0%→3.0%时,粘度有少量增加,但远小于 SBS 改性沥青同温度下的粘度。这说明,仅从 SBS 改性沥青降粘角度来说,掺量为 1.5%的 ADS 较为经济。

由图 1,ADZ 掺量为 1%的 SBS 改性沥青的粘度较纯 SBS 改性沥青低。在较低温度(110℃、120℃)时,其降幅尤为明显。在较高温度(135℃)时,SBS 改性沥青的粘度随着 ADZ 含量的增加而降低。而在较低温度(110℃、120℃)时,改性沥青的粘度随着 ADZ 含量的增加先增加后减小,在 110℃时尤为明显。110℃时掺量为 2%的 ADZ 的 SBS 改性沥青粘度远超过纯 SBS 改性沥青。根据试验可以初步得出,当 ADZ 添加在 SBS 改性沥青中应用在低于 110℃的情况下低温施工效果相对较差。

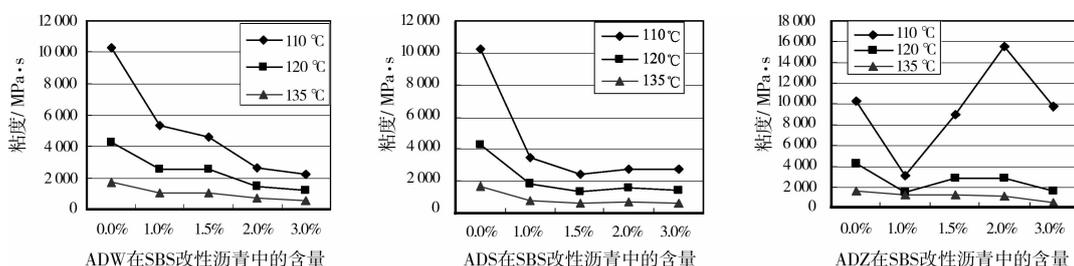


图 1 不同含量添加剂的 SBS 改性沥青在不同温度下的粘度

由图 1 的粘度变化曲线及以上分析不难得出 SBS 改性沥青混凝土实现低温施工的机理是一定含量的添加剂可以降低某一温度(或温度范围内)SBS 改性沥青的粘度,从而实现低温施工。1.0%~3.0%的 ADW、ADS 均可以实现 3 种温度下 SBS 改性沥青的降粘,而 ADZ 在 120 °C 和 135 °C 时,1.0%~3.0%的掺量均能实现 SBS 改性沥青的降粘(相对于不掺 ADZ 的样品)。3 种添加剂在 110 °C 和 120 °C 的降粘幅度远大于 135 °C 的情况(只是 ADZ 的掺量不宜超过 1.0%),从而解释了掺此类有机添加剂的 SBS 沥青混凝土实现低温碾压施工的机理。

## 2.2 不同含量、不同类型添加剂+基质沥青的粘度分析

由图 2 可以看出,在 110 °C、120 °C、135 °C 3 种温度下,基质沥青的粘度随着添加剂 ADW、ADS 含

量的增加而降低。温度越低,降幅越明显。而在较高温度(135 °C)时,基质沥青的粘度与 ADW、ADS 添加剂含量(1.5%、2.0%、2.5%、3.0%)的变化关系不大。这说明上述添加剂对较低温度下基质沥青的降粘效果更明显。同时也说明了沥青混凝土实现低温施工的机理是一定含量的添加剂 ADW、ADS 可以降低某一温度(或温度范围内)基质沥青的粘度,从而实现低温施工。

ADZ 对基质沥青的降粘效果并不明显。在 110 °C 时,ADZ 的加入反而增加了基质沥青的粘度。结合图 1 说明,ADZ 除了在高于 120 °C 时或在较低掺量(如 1.0%)对 SBS 改性沥青有一定的降粘效果外,对于其他情况的 SBS 改性沥青和各种温度的基质沥青,ADZ 基本无降粘效果。这说明添加剂应用于低温施工时应注意添加剂掺量和温度的选择研究。

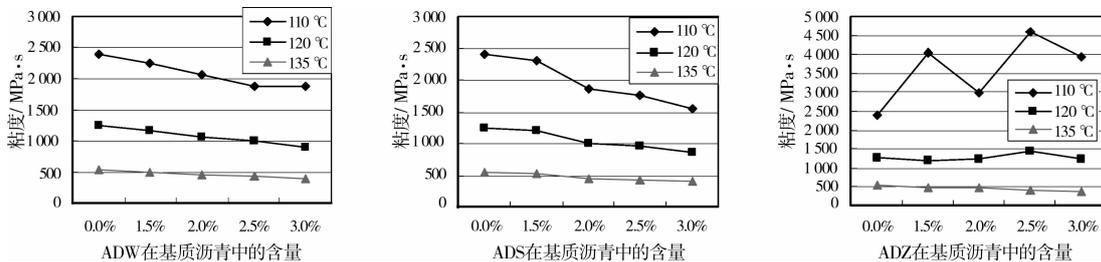


图 2 不同含量添加剂的基质沥青在不同温度下的粘度

## 3 软化点测试结果与分析

研究表明,添加剂的加入会起到沥青某种性能的改善<sup>[13-15]</sup>或复合改善效应<sup>[16-18]</sup>。但是,(改性)沥青的成分复杂,添加剂的种类繁多,添加剂在实现低温施工的同时,是否会对热拌沥青路面性能造成不利影响,还需进一步研究。

### 3.1 不同含量、不同类型添加剂+SBS 改性沥青的软化点

由图 3 可以看出,当分别将较低含量(1.0%~2.0%)的 ADW、ADS 加入 SBS 改性沥青中时,所制得的 SBS 改性沥青的软化点均比纯 SBS 改性沥青的软化点低。较高含量的 ADW,如 3%ADW+SBS 改性沥青的软化点有较大的提高,但略小于纯 SBS 改性沥青的软化点。较高含量的 ADS,如 3%ADS+SBS 改性沥青的软化点高出纯 SBS 改性沥青的软化点 4 °C。

根据以上分析可以得出,ADW、ADS 虽然可以明显降低沥青粘度,提高沥青混凝土的工作性(拌和性能、压实性能),但在 ADW、ADS 含量较小时(如 1%~2%)对沥青混凝土的高温性能并没有改善作

用,相反可能降低沥青路面的高温稳定性。

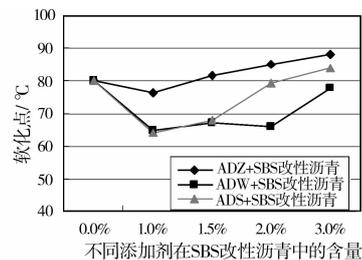


图 3 不同含量添加剂的 SBS 改性沥青的软化点

由图 3 可以看出,当 ADZ 在 SBS 改性沥青中的添加量较小时,如 1%ADZ+SBS 改性沥青的软化点比纯 SBS 改性沥青的软化点低 3.7 °C。但随着 ADZ 含量的增加,软化点增加较快。3%ADZ+SBS 改性沥青的软化点超过 88 °C。由此可以得出,在保持 SBS 改性沥青混凝土的高温稳定性方面,ADZ 优于 ADW、ADS。SBS 改性沥青本身具有良好的高温性能,向 SBS 改性沥青中加入提高高温性能的添加剂 ADW、ADS 或 ADZ 并不一定能起到复合改性性能或维持材料原有的性能,这与以前的研究结论有所不同<sup>[16-18]</sup>。

### 3.2 不同含量、不同类型添加剂+基质沥青的软化点

由图4可以看出,基质沥青的软化点均随着3种添加剂 ADS、ADW、ADZ 含量的增加而增加。较高含量(3%)的 ADS、ADW 的基质沥青的软化点有较大的提高,高出基质沥青的软化点近 20 °C,与一般 SBS 改性沥青的软化点相当。ADZ 对基质沥青软化点的增加幅度最为明显,其增加幅度超过相应的 SBS 改性沥青。这说明,3 种添加剂在降低施工温度范围粘度的同时,不会影响基质沥青混凝土的高温性能,这与上述添加剂作用于 SBS 改性沥青时有所不同。

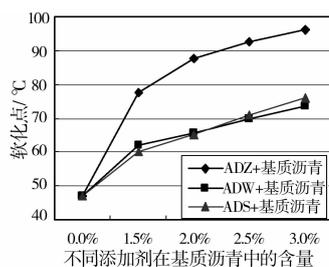


图4 不同含量添加剂的基质沥青的软化点

## 4 结 语

1)通过试验研究解释了 ADS、ADW 和 ADZ 实现热拌沥青混凝土在较低温度下施工的机理是上述添加剂能降低沥青结合料在一定温度范围内(拌和温度、摊铺温度或碾压温度范围)的粘度,从而实现在低于热拌沥青混合料的拌和、摊铺或者碾压温度下进行生产。但需注意的是实际应用中应通过添加剂掺量和温度的合理选择方能达到低温施工的目的。

2)ADS、ADW 不仅可以明显降低基质沥青结合料的粘度,还可以明显提高基质沥青的软化点,改善普通沥青混凝土的高温性能。在实现沥青混凝土路面低温施工的情况下,沥青路面的高温性能也得到改善。但较低含量的 ADS、ADW 和 ADZ 在降低 SBS 改性沥青粘度的同时,使 SBS 改性沥青的软化点也降低。至于较低掺量的 3 种添加剂是否影响 SBS 改性沥青混凝土路面的高温性能,还需进一步验证。

### 参考文献:

[1] 沙庆林. 高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M]. 北京:人民交通出版社. 2001.  
 [2] 张宏超,孙立军. 沥青路面新泛油病害及其机理分析[J]. 公路交通科技, 2002, 19(6):32-34.  
 ZHANG HONG-CHAO, SUN LI-JUN. New bleeding

and its mechanism on asphalt pavement [J]. Highway Transportation Science, 2002, 19(6): 32-34.

- [3] 张宏超,孙立军. 沥青路面早期损坏的现象与试验分析[J], 同济大学学报:自然科学版, 2006, 34(3):331-334.  
 ZHANG HONG-CHAO, SUN LI-JUN. Development and analysis of premature failures of the asphalt pavements[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2006, 34(3):331-334.  
 [4] 杨若冲,梁锡三,赖用满. 沥青路面水损害典型原因与对策[J]. 同济大学学报:自然科学版, 2008, 36(6): 749-753.  
 YANG RUO-CHONG, LIANG XI-SAN, LAI YONG-MAN. Typical causes and counter measures of moisture damage for asphalt pavement[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2008, 36(6):749-753.  
 [5] HURLEY G C, PROWELL B D, REINKE G. Evaluation of potential processes for use in warm mix asphalt[J]. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, 2006, 75: 41-90.  
 [6] JONES W. Warm mix asphalt pavements: Technology of the future[J], Asphalt, 2004, 19(3): 8-11.  
 [7] ZETTLER R. Road manager: Warm mix stands up to its trials[J]. Better Roads, 2006, 76(2):16-21.  
 [8] GARDINER S. Hot mix asphalt smoke and emission potential[R]. Washington DC: Transportation Research Board, 2002.  
 [9] 李祝龙,丁小军,赵述曾,等. 沥青混合料应用中的环境保护[J]. 交通运输工程学报, 2004, 4(4):1-4.  
 LI ZHU-LONG, DING XIAO-JUN, ZHAO SHU-ZENG, et al. Environment protection in application of asphalt mixture [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(4):1-4.  
 [10] 董瑞琨,孙立军. 基于长期自然老化的沥青结合料低温抗裂性指标[J]. 高分子材料科学与工程, 2006, 22(2): 111-114.  
 DONG RUI-KUN, SUN LI-JUN. Anti-cracking indices of asphalt with different aging degree at low temperature[J]. Polymeric Materials Science and Engineering, 2006, 22(2): 111-114.  
 [11] 董瑞琨,孙立军. 考虑老化的沥青结合料低温感温性指标[J]. 中国公路学报, 2006, 19(4): 34-39.  
 DONG RUI-KUN, SUN LI-JUN. Low temperature susceptibility indexes of asphalt binder with different aging degrees [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(4):34-39.  
 [12] SAID S F. Aging effect on mechanical characteristics of bituminous mixtures[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2005, 1901: 1-9.

(下转第 111 页)

- LI CHANG-JIANG, GUO YI-LING, WANG XI-HUI, et al. Study on treatment of high concentrated phosphorus containing wastewater[J]. Environmental Science and Management, 2005, 30(5): 61-63.
- [9] 张显忠, 张智, 魏虎兵. 酸洗磷化废水处理工程[J]. 水处理技术, 2007, 33(8): 85-87.
- ZHANG XIAN-ZHONG, ZHANG ZHI, WEI HU-BING. Process and practice of phosphorus containing wastewater treatment [J]. Technology of Water Treatment. 2007, 33(8): 85-87.
- [10] 万亚珍. 混凝剂辅助化学沉淀法处理高含磷废水的研究[J]. 磷肥与复肥, 2003, 18(4):16-17.
- WAN YA-ZHEN, Experiments on purification of high P content waste water by chemical precipitation method associated with coagulating agent [J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2003, 18(4): 16-17.
- [11] DIEFRIED D, MANFRED S. Elimination of phosphorus from municipal and industrial wastewater [J]. Water Sci Techno, 1999, 40(4/5): 195-202.
- [12] BERG U, DONNERT D, EHBRECHT A, et al. "Active filtration" for the elimination and recovery of phosphorus from wastewater [J]. Colloids Surf A: Physicochem Eng Aspects, 2005, 265: 141-148.
- [13] KOSTANTINOS K, MAXIMOS P, GEORGIOS N, et al. Removal of phosphate species from solution by adsorption onto calcite used as natural adsorbent [J]. Journal of Hazardous Materials 2007 (A139):447-452.
- [14] SONG Y H, WEILDER P G, BERG U, et al. Calcite-seeded crystallization of calcium phosphate for phosphorus recovery[J]. Chemosphere, 2005, 63(2): 236-243.
- [15] 许虹, 张静, 高一鸣. 利用矿物方解石进行水体除磷实验研究[J]. 地质前缘, 2008, 15(4): 138-141.
- XU HONG, ZHANG JING, GAO YI-MING. Experimental studies on removal of phosphorus in eutrophic water bodies by utilization of mineral calcite [J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(4): 138-141.
- [16] 林建伟, 朱志良, 赵建夫, 等. 方解石去除水中磷酸盐的影响因素研究[J]. 中国给水排水, 2006, 22(15):67-70.
- LIN JIAN-WEI, ZHU ZHI-LIANG, ZHAO JIAN-FU, et al. Influencing factors of efficiency of phosphate removal by calcite [J]. China Water and Wastewater. 2006, 22(15):67-70.

(编辑 王秀玲)

(上接第69页)

- [13] 张锐, 黄晓明. 添加 Sasobit 的沥青与沥青混合料性能分析[J]. 交通运输工程学报, 2007(4):54-57.
- ZHANG RUI, HUANG XIAO MING. Performance analysis of asphalt and asphalt mixture with Sasobit[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering. 2007(4):54-57.
- [14] 董瑞琨, 游宏, 孙立军. 一种用于碎石封层的改性乳化沥青及其性能, 材料研究学报[J], 2007, 21(3):291-294.
- DONG RUI-KUN, YOU HONG, SUN LI-JUN. A new modified asphalt emulsion used for chip seal and its performance [J]. Chinese Journal of Materials Research, 2007, 21(3):291-294.
- [15] HURLEY G, PROWELL B. Evaluation of Sasobit for use in warm mix asphalt [R]. Auburn; Auburn University, 2005.
- [16] 董瑞琨, 张永兴. 石屑封层复合改性乳化沥青及其制备方法: 中国, ZL200610054398.2 [P] 2006-6-29.
- [17] 孙立军, 董瑞琨, 柯建雄. 一种高性能乳化改性沥青及其制备方法和用途: 中国, ZL200510023112.X [P] 2005-01-04.
- [18] 孙立军, 董瑞琨, 柯建雄. 一种高性能 SS 乳化改性沥青及其制备方法和用途: 中国, ZL 200510023113.4 [P] 2005-01-04.

(编辑 胡英奎)