

多因素影响下苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物 改性沥青性能分析

王枫成^{1,2}

(1.辽宁省交通科学研究院有限责任公司,沈阳 110015;

2.辽宁省交通科学研究院有限责任公司交通运输行业重点实验室,沈阳 110015)

摘 要 通过掺加不同含量糠醛抽出油、红油增塑剂与苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS)改性剂,分析其对 SBS 改性沥青各性能指标的影响,判断影响 SBS 改性沥青性能的主要因素。结果表明:改性沥青中 SBS 改性剂含量是提高软化点、弹性恢复的主要因素;糠醛抽出油含量增大则可明显提高其延度指标,且改善 SBS 改性沥青的离析程度;红油增塑剂含量增大可大幅提高 SBS 改性沥青的延度指标,但高温性能下降且离析严重,短期老化后指标下降幅度高于同等含量抽出油老化后指标。因此可在 SBS 含量确定的情况下,通过掺加适当的糠醛抽出油以改善 SBS 改性沥青的性能。

关键词 改性沥青性能,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物改性剂,糠醛抽出油,红油增塑剂

Influence on multi-factor on property of SBS modified asphalt

Wang Fengcheng^{1,2}

(1.Liaoning Provincial Communications Sciences Institute Co.,Ltd.,Shengyang 110015;

2.Key Laboratory of Transport Industry of Liaoning provincial Communications Sciences
Institute Co.,Ltd.,Shengyang 110015)

Abstract Properties of SBS modified asphalt were analyzed by adding different content of the furfural extract oil, red oil plasticizer and SBS modifier, and the main factors influencing the properties of SBS modified asphalt were estimated. The results shown that the content of SBS in modified asphalt was the main factor affecting softening point and elastic recovery. The degree of ductility and segregation of SBS modified asphalt were improved by the increase of furfural extract oil content obviously. The ductility of SBS modified asphalt was increased proportionally with red oil plasticizer content, but the high temperature performance was decreased slightly and serious segregation. The SBS modified asphalt properties after RTFOT were decreased more in equal amount of furfural extract oil. The performance of SBS modified asphalt can be improved by adding appropriate furfural extract oil on SBS content determination.

Key words SBS modified asphalt property, SBS modifier, furfural extract oil, red oil plasticizer

随着重载车辆日渐增多,基质沥青路面产生的高温病害愈发严重,而改性沥青由于其性能可有效减缓沥青路面病害而得到更广泛的应用。在众多的改性沥青中,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS)改性沥青由于能显著改善基质沥青高、低温性能成为目前改性沥青的主体材料^[1-3]。但与基质沥青的混溶属物理过程,改性后的沥青其储存稳定性表现不佳,其中刘浅居^[4]通过分析 SBS 改性沥青的热存储稳定性、应用结构稳定性、聚集稳定性和

功能稳定性来进行全面的分析和了解,指出提高 SBS 改性沥青热存储稳定性的关键之处是改性剂 SBS 与基质沥青的相容性。王铁宝等^[5]主要研究了稳定剂 W 对 SBS 改性沥青微观组织形貌和性能的影响,结果表明稳定剂可提高 SBS 改性沥青的存储稳定性,但降低延度使其低温性能变差。此外徐茂震等^[6]采用理论与实验相结合的方法对 SBS 改性沥青的三大指标及储存稳定性进行分析。根据以往研究表明,采用富含芳香烃的石油副产品对 SBS 改

基金项目:辽宁省交通科技项目(201723)

作者简介:王枫成(1984-),男,硕士,工程师,主要从事路面新材料、新技术等方面的研究工作。

性剂进行溶胀后,可提高 SBS 与基质沥青的相容性,其中糠醛抽出油就是其中之一,国内学者对此已有大量研究^[7-10];增塑剂作为一种高分子材料助剂,可显著改善塑料制品的柔韧性,被大量应用于塑料工业中^[11]。但增塑剂种类繁多^[12],其对 SBS 改性沥青的影响鲜有报道。本研究通过对比不同含量抽出油、红油增塑剂及 SBS 改性剂对 SBS 改性沥青性能的影响,分析不同影响因素及其含量对改性沥青性能的影响程度,判断影响 SBS 改性沥青各种性能的主要因素。

1 实验部分

1.1 原材料

基质沥青(辽河 90[#])的技术指标见表 1。改性剂采用燕山石化 SBS4303 热塑性丁苯橡胶,分子结构为星型,外观为白色颗粒,S/B(质量比)=30/70。减三线糠醛抽出油(以下简称抽出油,颜色为墨绿色,其中芳烃含量大于 90%,山东江山高分子材料有限公司)的指标见表 2;红油增塑剂(以下简称增塑剂),江苏森迪化工科技有限公司,增塑剂与聚氯乙烯(PVC)树脂相容性好,具有一定的塑化性能,按凝点分为:SH-ZSⅠ、SH-ZSⅡ和 SH-ZSⅢ这 3 个牌号,本研究采用的增塑剂属于 SH-ZSⅡ,指标见表 3。

表 1 沥青基本指标

沥青	针入度/ 0.1mm	软化点/ ℃	延度 (15℃)/ cm	135℃ 旋转黏度/ (Pa·s)	175℃ 旋转黏度/ (Pa·s)
辽河 90 [#]	95.0	45.1	>100	0.324	0.064

表 2 抽出油基本指标

产品种类	$v_{100}/$ (mm ² ·s ⁻¹)	密度/ (g·cm ⁻³)	苯胺点/ ℃	凝点/ ℃	闪点/ ℃
减三线糠醛抽出油	20.4	1.0038	29.5	10	210

表 3 增塑剂指标

项目	质量指标			增塑剂 指标
	SH-ZSⅠ	SH-ZSⅡ	SH-ZSⅢ	
闪点(开口)/℃(≥)	180	181		
密度(20℃)/(g·cm ⁻³)	1.00~1.10	1.005		
凝点/℃(≤)	-18	-10	5	-12
机械杂质/%(≤)	0.2	0.17		
水分/%(≤)	0.05	0.02		

1.2 实验工艺

掺加不同含量抽出油的 SBS 改性沥青制备方法如下:将基质沥青加热到 140~150℃,分别加入 0、2%(wt,质量分数,下同)、5%和 8%的抽出油(外掺)及 5% SBS 改性剂(内掺),采用高速剪切机进行剪切,速度为 5000~6000r/min 并且保持温度在 170~180℃,剪切 90min 后放置在 180℃烘箱中 2h 制得改性沥青。

掺加不同含量增塑剂的 SBS 改性沥青制备方法如下:将基质沥青加热到 140~150℃,加入 0、2%、5%的增塑剂(外掺)及 5% SBS 改性剂(内掺),采用高速剪切机进行剪切,速度为 5000~6000 r/min 并且保持温度在 170~180℃,剪切 90min 后放置在 180℃烘箱中 2h 制得改性沥青。

掺加不同含量 SBS 改性剂的 SBS 改性沥青制备方法如下:将基质沥青加热到 140~150℃,分别加入 3%、4%、5%和 7%的 SBS 改性剂(内掺),采用高速剪切机进行剪切,速度为 5000~6000r/min 并且保持温度在 170~180℃,剪切 90min 后放置在 180℃烘箱中 2h 制得改性沥青。

2 结果与讨论

2.1 抽出油含量对 SBS 改性沥青性能的影响

抽出油含量对 SBS 改性沥青性能的影响见表 4,由于 SBS 改性剂在道路沥青改性中参考用量为 4%~6%,因此选择改性剂掺量为 5%。

表 4 抽出油含量对 SBS 改性沥青性能的影响

抽出油含量/%	0	2	5	8
针入度/0.1mm	57.0	78.7	81.7	90.3
软化点/℃	88.7	80.3	81.0	83.2
延度(5℃)/cm	34.9	46.2	46.6	47.9
弹性恢复/%	96.5	95.6	95.1	97.3
离析软化点差/℃	1.5	1.3	1.1	0.8
135℃旋转黏度/(Pa·s)	1.29	1.12	0.98	0.89
175℃旋转黏度/(Pa·s)	0.41	0.20	0.21	0.19
短期老化(RTFOT,163℃,85min)				
延度(5℃)/cm	24.5	25.1	26.1	25.4
针入度比/%	48.9	52.7	53.6	54.1

由表 4 可知,随抽出油含量增大,5% SBS 改性沥青指标变化各异。其中,针入度指标随抽出油含量增大而提高,提高比例分别为 38.07%、43.33%

和 58.42%,表明抽出油含量直接影响 SBS 改性沥青的针入度指标;软化点指标也随抽出油含量增大而提高,但均低于未参加抽出油的改性沥青,其降幅程度分别为-9.47%、-8.68%和-6.20%,表明抽出油对 SBS 改性沥青软化点指标有不利影响,但大掺量的抽出油并不能明显降低 SBS 改性沥青的高温稳定性;SBS 改性沥青延度指标随抽出油含量增大均有明显提高,提高幅度分别为 32.38%、33.52%和 37.25%,表明抽出油的加入可明显改善其低温性能,但从提高幅度结果可知抽出油含量与提高幅度存在相关性;此外 SBS 改性沥青弹性恢复指标与抽出油含量也没有直接关系。通过离析软化点指标可知,抽出油含量的增大可改善 SBS 改性沥青的存储稳定性,表明抽出油中的芳香烃成分有助于提高 SBS 与基质沥青的互溶程度。随抽出油含量增大,SBS 改性沥青旋转黏度指标呈下降趋势。结合软化点指标结果,旋转黏度指标变化趋势表明随抽出油含量增大,在不明显降低 SBS 改性沥青高温性能的前提下其沥青混合料施工和易性变好。

短期老化(RTFOT)后的指标表明,随抽出油含量增大,RTFOT 后其延度与针入度比指标趋于稳定,这与未经历 RTFOT 时有所不同,表明抽出油对 SBS 改性沥青性能的改善作用随老化程度的加深而衰减,因此加入抽出油后应适当降低 SBS 改性沥青的加热温度及拌合温度以减少抽出油的挥发。

2.2 增塑剂含量对 SBS 改性沥青性能的影响

增塑剂含量对 SBS 改性沥青性能的影响见表 5。

表 5 增塑剂含量对 SBS 改性沥青性能的影响

抽出油含量/%	0	2	5
针入度/0.1mm	57.0	89.2	104.5
软化点/℃	88.7	77.3	71.4
延度(5℃)/cm	34.9	52.6	61.7
弹性恢复/%	96.5	91.5	80.9
离析软化点差/℃	1.5	3.6	5.1
135℃旋转黏度/(Pa·s)	1.29	0.91	0.68
175℃旋转黏度/(Pa·s)	0.41	0.17	0.15
RTFOT(163℃,85min)			
延度(5℃)/cm	24.5	25.3	30.5
针入度比/%	48.9	44.1	45.6

由表 5 可知,同之前参加抽出油相似,随增塑剂含量增大,SBS 改性沥青指标变化各异。其中,针入度指标随增塑剂含量增大而提高,提高比例分别为 56.49%和 83.33%;软化点指标也随增塑剂含量增大而降低,其降幅程度分别为-12.85%和-19.50%,表明增塑剂对 SBS 改性沥青软化点指标有不利影响,且随掺量的提高 SBS 改性沥青的高温稳定性下降严重;SBS 改性沥青延度指标随增塑剂含量增大均有大幅提高,提高幅度分别为 50.72%和 76.79%,且提高幅度明显高于同等剂量抽出油,其原因是增塑剂的凝点为-12℃,抽出油的凝点为 10℃,因此在 5℃时抽出油黏度明显高于增塑剂,表明增塑剂比抽出油更能改善其低温性能,但与抽出油不同,增塑剂是在降低 SBS 改性沥青高温性能的前提下,提高其低温性能;随增塑剂含量提高,根据 SBS 改性沥青弹性恢复指标与离析软化点指标可知,加入增塑剂将破坏 SBS 改性沥青内部体系的团聚力,影响沥青路面的自愈性;离析程度随增塑剂含量提高而增大,表明增塑剂不利于 SBS 改性沥青的存储稳定性。SBS 改性沥青旋转黏度指标呈下降趋势,对比同等剂量抽出油实验结果,表明随增塑剂含量提高可导致 SBS 高温黏度下降,更利于施工拌合。

RTFOT 后的指标表明,随增塑剂含量增大,RTFOT 前后延度指标变化趋势相似;针入度比指标出现极值,这与 RTFOT 前的实验结果变化趋势有所不同,表明增塑剂在老化条件下挥发严重,同时增塑剂对 SBS 改性沥青性能的改善应存在最佳用量。

2.3 SBS 改性剂含量对 SBS 改性沥青性能的影响

SBS 改性剂含量对 SBS 改性沥青性能的影响见表 6。

表 6 SBS 改性剂含量对 SBS 改性沥青性能的影响

SBS 含量/%	3	4	5	7
针入度/0.1mm	78.9	68.1	57.0	55.4
软化点/℃	53.9	65.1	88.7	90.5
延度(5℃)/cm	34.7	34.4	34.9	24.4
弹性恢复/%	72.5	81.4	95.1	98.1
离析软化点差/℃	0.5	2.1	1.5	0.7
135℃旋转黏度/(Pa·s)	0.96	1.18	1.29	2.86
175℃旋转黏度/(Pa·s)	0.28	0.35	0.41	1.57

由表6可知,随SBS含量增大,其改性沥青针入度指标减小,结合抽出油、增塑剂含量对SBS改性沥青的影响结果分析表明,单纯通过针入度指标无法判断抽出油、增塑剂、SBS含量对改性沥青产生的影响;随SBS含量增大其改性沥青软化点提高,而之前实验研究指出,抽出油含量对软化点影响很小,而增塑剂则明显降低软化点指标,表明随SBS含量增大,在基质沥青中进一步形成稳定的交联网络,但抽出油的加入并不能明显虚弱交联网络,而增塑剂会破坏其交联网络。因此改性沥青中SBS含量是提高其软化点指标的主要因素。旋转黏度指标变化趋势与软化点指标相似,表明随SBS含量增大交联网络进一步稳定,其黏度指标提高;对比不同抽出油含量的研究结果表明,抽出油含量可影响旋转黏度指标而对软化点指标影响有限,但SBS含量则影响这2种指标,因此SBS改性沥青高温性能提高的主要因素是SBS含量而非抽出油的含量。

延度指标总体上随SBS含量增大而减少,但SBS含量在3%~5%之间时延度指标基本没有变化,结合抽出油、增塑剂含量对延度指标影响结果,表明在没有抽出油、增塑剂参加的情况下,单纯增加SBS含量对其延度指标改善程度有限,且随着其含量增加也有可能使延度指标下降,但增加抽出油、增塑剂含量可明显提高其延度指标,因此掺加适量抽出油、增塑剂可改善SBS改性沥青低温性能。弹性恢复指标随SBS含量增大而提高,根据之前研究可知,抽出油含量对SBS改性沥青弹性恢复指标基本没有变化,而随增塑剂含量增加明显降低了SBS改性沥青的弹性恢复指标,表明SBS含量对该指标产生显著影响。通过对比离析软化点指标可判断出,SBS含量与离析软化点差值之间没有相关性,但抽出油含量增加则可明显降低SBS改性沥青的离析风险。因此可在SBS含量确定的情况下,通过掺加适当的抽出油以改善SBS改性沥青的性能。

3 结论

(1)随抽出油含量增大,SBS改性沥青针入度、延度提高,离析软化点差、旋转黏度下降,软化点、弹性恢复变化不大,RTFOT后延度指标与抽出油含量关系不大,针入度比则提高;随增塑剂含量增大,SBS改性沥青针入度、延度提高,软化点、旋转黏度

明显下降,离析软化点差增大,弹性恢复变差,RTFOT后延度指标略有提高,针入度比出现极值;随SBS含量增大,其改性沥青针入度、延度减小,软化点、弹性恢复和旋转黏度提高,离析软化点变化不大。

(2)抽出油含量增大可明显提高其延度指标,且改善SBS改性沥青的离析程度。增塑剂含量增大可大幅提高其延度指标,但对于SBS高温性能及弹性恢复指标有明显下降。短期老化后,掺加抽出油、增塑剂的SBS改性沥青指标均有不同程度的下降。

(3)改性沥青中SBS含量是提高软化点、弹性恢复的主要因素,实验结果表明随SBS含量增大,在基质沥青中进一步形成稳定的交联网络,对SBS改性沥青高温性能提高的主要因素是SBS含量。因此可在SBS含量确定的情况下,通过掺加适当的抽出油以改善SBS改性沥青的性能。

参考文献

- [1] 谢金香,黄玮,丛玉凤.苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物改性乳化沥青的研究进展[J].化工新型材料,2018,46(7):273-276.
- [2] 祁伟,李波,曹贵.线型与星型SBS复配制备改性沥青性能研究[J].公路,2013(10):200-203.
- [3] Zhang H,Su M,Zhao S,et al.High and low temperature properties of nano-particles/polymer modified asphalt[J].Construction and Building Materials,2016,114:323-332.
- [4] 刘浅居.SBS改性沥青储存稳定性与稳定剂的研究[J].科学技术与工程,2009,21(9):6579-6584.
- [5] 王铁宝,贾鸡,李亚姐.稳定剂对SBS改性沥青性能影响的研究[J].石油沥青,2008,22(5):6-9.
- [6] 徐茂震,刘金景,李文志,等.SBS改性沥青性能影响因素研究[J].化工新型材料,2015,43(1):169-172.
- [7] 李旭东,程健.糠醛抽出油对SBS改性沥青性能的影响[J].石油沥青,2011,25(3):65-68.
- [8] 季节,孙鹏飞,黄海龙.糠醛抽出油对道路石油沥青性能的影响分析[J].石油沥青,2013,27(4):6-9.
- [9] 匡民明,李关龙,王枫,等.油品组成对废橡胶改性沥青性能的影响[J].精细石油化工,2015,32(3):54-58.
- [10] 曹国庆,方辉,付成刚.糠醛抽出油作为沥青调合组分的升级利用[J].石油石化节能与减排,2015(5):30-34.
- [11] 傅珍,申万青,孔志峰,等.增塑剂改性沥青路用性能试验研究[J].郑州大学学报(工学版),2017,38(3):15-19.
- [12] 马峰,侯仁辉,傅珍,等.不同类型增塑剂对沥青混合料性能的影响[J].公路,2018(10):237-241.

收稿日期:2018-11-11