

高黏度改性沥青的研发与制备工艺研究

黄维蓉¹, 任海生^{2*}, 杨东来³

(1.重庆交通大学 材料科学与工程学院, 重庆市 400074; 2.重庆交通大学 土木工程学院; 3.广东省长大公路工程有限公司)

摘要: 排水性超薄沥青磨耗黏结层作为一种安全、环保的新型沥青路面结构具有众多优良性能,但其大孔隙的超薄路面结构特点较普通排水路面更易出现耐久性降低及排水功能丧失等问题,因此亟需使用具有超强黏结能力和良好耐久性的高黏度改性沥青来满足其结构与性能要求。选用热塑性橡胶(SBS)加以黏结性树脂、增塑剂和稳定剂等其他成分对沥青进行改性,采用机械搅拌混合的方式配制高黏度改性沥青,并研究自主研发高黏度改性沥青的针入度指数 PI 、5℃延度、软化点、135℃黏度和 60℃动力黏度变化规律,最终确定各掺量比例。

关键词: 排水性超薄磨耗层; 高黏度改性沥青; SBS; 60℃动力黏度

排水性超薄磨耗黏结层是指采用大空隙沥青混合料铺筑而成的路面,其主要特征是空隙率较高,一般为 15%~25%,能够将流入路面的雨水通过其内部的连通空隙结构层内横向排出,达到排水、抗滑、降噪目的,是一种安全、环保的沥青路面新技术。但传统的密级配沥青混合料路面相比,其过大的空隙率更容易受到阳光、空气、水等的侵蚀,尤其在高温多雨的地区,混合料更容易出现耐久性降低以及排水功能丧失等问题。因此,从材料上考虑要求沥青对集料有耐久的包裹力、高效的黏附性、较强的抗剥离性以及能用较厚的薄膜包覆集料等高性能。针对高温、多雨且持续时间长的地区,该文开发一种适用于高温多雨地区排水性超薄磨耗黏结层沥青混合料的高黏度改性沥青。

1 原材料及试验方法

以热塑性橡胶 SBS 为主要改性剂对基质沥青进行改性,此外加入增黏性树脂和增塑剂等其他成分,采用机械高速剪切方法制备高黏度改性沥青。对制备出的高黏度改性沥青进行一系列的基本性能试验,并与 DPS 高黏度改性沥青、SBS 高黏度改性沥青进行对比试验研究。

1.1 试验原材料

沥青:普通 SK-70# 基质沥青。

热塑性橡胶 SBS: 1301-1(YH-791H)线形 SBS。

稳定剂:WD 型改性沥青稳定剂。

增黏剂:C9 石油树脂。

增塑剂:SBS 改性沥青专用芳烃油,是一种环保型沥青专用改性剂。

1.2 试验方案

1.2.1 制备工艺

高黏度改性沥青的制备过程存在最大的问题是 SBS 与基质沥青的相容性较差。因此制备过程中不能直接将 SBS 投入到基质沥青中,而应该采取一些有效的方法或设备使得这两种物质混合均匀,以达到优良的改性效果。制备高黏度改性沥青可以先将 SBS 充分溶胀,然后与基质沥青混合,或采用高速剪切的方法使 SBS 均匀地分散于基质沥青中,或两者同时采用。此外,高黏度改性沥青的制作方法必须与生产现场或者工厂的实际加工工艺尽可能保持一致,否则不能够对实际的改性效果进行反映。根据高黏度改性沥青的加工过程溶胀、剪切磨细分散、发育 3 个阶段,为达到更好的剪切分散效果,SBS 需充分溶胀,对于不稳定的改性 SBS 改性沥青体系,还需将剪切分散好的改性沥青继续搅拌发育一段时间。

高黏度改性沥青具体的制备流程如下:

(1) 将基质沥青脱水预热后放入 130~140℃的

收稿日期:2019-05-05

基金项目:广东省交通运输厅科技项目(编号:2011-02-019)

作者简介:黄维蓉,女,教授,E-mail:hwr228@163.com

* 通信作者:任海生,男,硕士研究生,E-mail:Ren_hs510@163.com

烘箱中 1~2 h 进行缓慢的熔化。

(2) 根据不同的试验配方,每组配方的改性沥青体系均以 500 g 基质沥青为基数,其他改性剂剂量以基质沥青重量计外掺一定百分比率进行掺配。称取一定配方剂量的 SBS,加入一定配方剂量的芳烃油,进行人工搅拌,使其初步均匀,于 150 ℃ 的烘箱中放置 10 min,使 SBS 在加热状态下充分吸取芳烃油达到彻底溶胀,然后搅拌使其更加均匀,以便后续进行剪切分散。

(3) 在经过芳烃油溶胀的 SBS 中加入 500 g 基质沥青,以及一定配方剂量的 C9 增黏树脂,进行人工搅拌,此时体系比较黏稠,再放入 150 ℃ 的烘箱中溶胀 30 min,再次进行搅拌。至此整个溶胀阶段完成。

(4) 对完成充分溶胀的改性沥青体系进行缓慢的加热升温,当温度达到 170 ℃ 左右使用高速剪切机进行剪切,速率由低到高逐渐提升,并维持在 4 500 r/min,高速剪切 60 min,其间温度维持在 170~180 ℃ 之间。SBS 的熔点在 180 ℃ 左右,体系的温度越高越有利于 SBS 的熔化和溶解,但加热不宜超过 190 ℃,在 170~180 ℃ 时 SBS 具有较好的柔韧性,易于加工。至此整个剪切阶段完成。

(5) 在高速剪切过程中有大量气泡被卷入沥青

中,将剪切完成的试样置于发育搅拌器下低速搅拌 60 min,温度维持为 150~160 ℃,以便气泡排除和体系的发育,其间搅拌发育 20 min 左右的时候将一定配方剂量的稳定剂缓慢分批地加入沥青中。至此整个发育阶段完成,高黏度改性沥青制备完成。

1.2.2 性能指标试验

参照 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》测定自制高黏度改性沥青的以下性能指标:5 ℃ 延度(T0605)、软化点(环球法,T0606)、针入度及针入度指数(T0604)、60 ℃ 动力黏度(真空减压毛细管法,T0620)、135 ℃ 黏度(布洛克菲尔德黏度计法,T0625)。

1.2.3 改性剂掺量确定

(1) 热塑性橡胶 SBS 掺量的确定

该文的高黏度改性沥青体系主要以热塑性橡胶 SBS 为主体来进行改性,其主要的改性机理即让 SBS 能够细化并均匀地分散于沥青中形成稳定的均相体系。试验中每组基质沥青用量均为 500 g,增塑剂芳烃油和稳定剂 WD-4 的用量不变,SBS 分别选取基质沥青用量的 5%、6%、7%、8% 进行掺配,制备方法如上所述。对各组改性沥青的基本物理性能指标进行测试,结果如表 1 所示。

表 1 SBS 掺量对高黏沥青的性能影响

SBS 掺量/%	5 ℃ 延度/cm	软化点/ ℃	25 ℃ 针入 度/(0.1 mm)	针入度 指数	60 ℃ 动力黏 度/(Pa·s)	135 ℃ 黏度/ (Pa·s)
5	34.3	64.1	44	1.65	2 273	1.64
6	37.4	67.3	42	2.66	4 657	2.53
7	41.5	71.4	38	3.93	11 580	2.66
8	45.2	75.2	35	4.37	15 460	3.54

由表 1 可知:随着热塑性橡胶 SBS 掺量的不断增加,改性沥青的延度、软化点、针入度指数、黏度等各项性能指标均不断增加,而针入度随 SBS 掺量增加而不断下降。此结果与日本的高黏度沥青的性能指标要求和 Novachip 的 NovaBinder 改性沥青的性能指标相比,4 种掺量的 5 ℃ 延度均能够满足要求,低温抗裂性能达标,且掺量越大,性能越优;60 ℃ 黏度随 SBS 掺量的增加有巨幅增长,在 6%、7% 这样两个仅相差一个百分点的掺量中,改性沥青的黏度急剧增长,差别甚至达到一个数量级,在掺量为 8% 时最接近日本高黏度改性沥青的要求;最终确定热塑性橡胶 SBS 的掺量为 8%。

(2) 稳定剂 WD-4 掺量的确定

WD-4 型稳定剂可改善改性沥青的贮存稳定性减少离析,并使改性沥青具有较高的软化点,降低 SBS 用量,以及克服改性沥青软化点偏低的缺点。固定增塑剂芳烃油和热塑性橡胶 SBS 用量为 8% 不变,WD-4 型稳定剂分别选取基质沥青用量的 0.20%、0.25%、0.30% 进行掺配。对各组改性沥青的基本物理性能指标进行测试,结果如表 2 所示。

由表 2 可知:随着 WD-4 型稳定剂掺量的不断增加,软化点显著提高,证实了 WD-4 型稳定剂的性能特点。同时其他各项性能指标也都有不同程度的改变,延度随着稳定剂掺量的增加而降低,但即使在最大

表 2 WD-4 掺量对高黏沥青的性能影响

WD-4 掺量/%	5℃ 延度/cm	软化点/ ℃	25℃针入 度/(0.1 mm)	针入度 指数	60℃动力黏 度/(Pa·s)	135℃黏 度/(Pa·s)
0.20	39.8	74.8	46	4.07	14 852	2.93
0.25	35.4	78.3	44	4.25	16 331	3.68
0.30	32.2	84.6	42	4.46	18 495	3.96

掺量 0.30% 时也能够满足日本高黏度沥青的不小于 30 cm 的要求;软化点、黏度都是随着 WD-4 型稳定剂掺量的增加而不断增长,说明稳定剂改善了改性沥青的高温性能,黏滞性和稠度都得到了提高,结合稳定剂的性能特点从微观角度也能够加以分析,整个以 SBS 改性为主体的高黏改性沥青体系,主要依靠 SBS 在沥青中形成均匀连续的网状结构,稳定剂的加入能够使得这样的连续网状结构在沥青中更稳定地存在,最大限度地发挥改性作用,使体系的稠度增加,通常稠度高的沥青黏度也高;参考日本高黏度沥青的性能指标要求和 Novachip 的 NovaBinder 改性沥青的性能指

标,选取 WD-4 型稳定剂的掺量为 0.30%。

(3) 增黏剂 C9 掺量的确定

从前面性能试验中可得高黏度改性沥青体系的高黏来源除了 SBS 的改性效果之外,还应该适当地加入一些增黏性的树脂来继续使体系的黏度增加。固定增塑剂芳烃油、热塑性橡胶 SBS 的用量为 8%、WD-4 型稳定剂的用量为 0.30% 不变,增黏性树脂 C9 分别选取基质沥青用量的 10%、15%、20%、25%、30% 进行掺配。对各组改性沥青的基本物理性能指标进行试验测试,结果如表 3 所示。

由表 3 可知:随着增黏剂 C9 掺量的不断增加,改

表 3 C9 掺量对高黏沥青的性能影响

C9 掺量/%	5℃ 延度/cm	软化点/ ℃	25℃针入 度/(0.1 mm)	针入度 指数	60℃动力 黏度/(Pa·s)	135℃黏度/ (Pa·s)
10	31.5	76.4	36	4.12	17 546	3.75
15	36.3	79.5	40	4.33	22 564	4.26
20	42.7	85.3	44	4.58	28 655	4.44
25	39.8	80.7	46	4.06	30 114	4.78
30	26.1	77.5	38	3.87	14 390	2.89

性沥青的各项性能指标都是呈先增加后减小的趋势,其中延度、针入度、黏度在掺量为 25% 时达到最大值,试验结果表明:在未达到改性体系对增黏剂 C9 的最大容纳程度之前,C9 含量的增加会对整个体系的塑性、稠度、黏度起到改善作用,一旦达到极限之后,整个体系的性能反而会降低,在 C9 掺量为 30% 时延度和黏度甚至下降至最小掺量值甚至更低。而改性沥青的软化点和针入度指数所呈现的先增后减趋势却是在增黏剂 C9 掺量只达到 20% 就已达到峰值,一旦超过峰值,改性沥青体系的高温稳定性和感温性能将大大降低,不能够保证沥青路面能达到高温不软化、低温不开裂的路用性能。综合以上两种趋势,为保证改性沥青体系的各项性能均最优,该文高黏度改性沥青的增黏剂 C9 的掺量选取为 20%。

(4) 增塑剂芳烃油掺量的确定

增塑剂芳烃油的加入可降低高黏度改性沥青体系的热熔黏度,提高改性沥青与骨料的热拌和性,降低高黏度改性沥青混合料的拌和温度,同时增加热塑性橡胶 SBS 与沥青的相容性,固定热塑性橡胶 SBS 的用量为 8%、WD-4 型稳定剂的用量为 0.30%、增黏性树脂 C9 的用量为 20% 不变,增塑剂芳烃油分别选取基质沥青用量的 10%、15%、20%、25%、30% 的方式进行掺配。对各组改性沥青的基本物理性能指标进行试验测试,结果如表 4 所示。

由表 4 可知:随着增塑剂芳烃油掺量的不断增加,改性沥青的延度不断增加,即改性沥青体系所能承受的塑性变形总能力逐渐提高;软化点和针入度指数却是不断下降,改性沥青高温性能和感温性能随着掺量的增加而下降;通常情况下,沥青的稠度越高,黏度也就最高,但是由于沥青复杂的胶体结构,针入度和黏度

表 4 芳烃油掺量对高黏沥青的性能影响

芳烃油 掺量/%	5℃ 延度/cm	软化点/ ℃	25℃针入 度/(0.1 mm)	针入度 指数	60℃动力 黏度/(Pa·s)	135℃黏度/ (Pa·s)
10	32.5	88.7	37	4.71	25 689	4.33
15	37.4	86.4	44	4.68	29 674	4.51
20	44.6	85.2	48	4.51	36 547	5.32
25	47.7	80.6	51	4.03	30 987	4.65
30	49.1	77.9	53	4.00	27 345	4.47

之间并不能获得很好的相关性。表中的黏度变化趋势也很好说明了这一点,随着芳烃油掺量的不断增加,黏度所呈现的是先增长后减少的趋势,在掺量为 20% 时达到最大值,黏度也并未随着芳烃油掺量的增加而一味地呈现下降趋势,这是因为适量的芳烃油能够让体系中的热塑性橡胶 SBS 更好地溶胀分散,已形成良好的网状空间结构,其性能也会更好地发挥出来,改性效果更佳,但是一旦超过其极限值,过多的芳烃油也会让 SBS 从连续态逐渐转化成游离态,导致其黏度的降低,选取增塑剂芳烃油的掺量为 20%。

2 高黏度改性沥青性能研究

通过上面各组试验确定高黏度改性沥青的各种组

成成分掺量分别为热塑性橡胶 SBS:8%、稳定剂 WD—4:0.30%、增黏剂 C9:20%、增塑剂芳烃油:20%,其各种组成成分的掺量均以基质沥青质量计,基质沥青的质量为 500 g。在此配方的基础之上再对各改性剂的掺量进行微调,优化组成材料制备成高黏度沥青的改性剂。采用该文自主调配出的高黏度沥青改性剂,并采用 SK—70# 沥青作为基质沥青,制备高黏度改性沥青,并将其性能指标与 DPS 高黏度改性沥青和广东成品 SBS 高黏度改性沥青进行比较,其性能测试结果如表 5 所示。

由表 5 可得:自主研发的高黏度改性沥青各项性能均满足日本高黏度改性沥青的要求,且与 DPS 高黏度改性沥青性能相近,但其 60℃ 动力黏度与广东成品 SBS 高黏度沥青相差甚远。

表 5 高黏改性沥青性能指标对比

项目	5℃ 延度/cm	软化点/ ℃	25℃针入 度/(0.1 mm)	60℃动力黏度/ (Pa·s)
自主研发高黏度改性沥青	44.6	85.2	48	36 547
DPS 高黏度改性沥青	42.0	85.1	55	39 166
广东成品 SBS 高黏度改性沥青	46.2	>90	52	113 300
日本高黏度改性沥青标准	≥30	≥80	≥40	≥20 000

3 结论

(1) 制备高黏度改性沥青选取的适宜制备工艺流程为:SBS 与芳烃油进行溶胀,再加入沥青和增黏树脂,在 170~180℃ 之间使用高速乳化剪切机高速剪切 60 min,速率由低到高逐渐提升,并维持在 4 500 r/min,然后在 150~160℃ 之间使用搅拌发育器搅拌发育 1 h,其间加入稳定剂,制得高黏度改性沥青。

(2) 原材料的选择和制备工艺流程对高黏度改性沥青的性能具有显著影响。通过基本物理性能指标的试验测试与对比研究,依次确定热塑性橡胶 SBS、稳定

剂 WD—4、增黏剂 C9、增塑剂芳烃油的最佳掺量,最终确定自主研发高黏度改性沥青改性剂的组成配方为热塑性橡胶 SBS:8%、稳定剂 WD—4:0.30%、增黏剂 C9:20%、增塑剂芳烃油:20%,其各种组成成分的掺量均以基质沥青质量计,基质沥青的质量为 500 g。

(3) 将制备完成的自主研发高黏度改性沥青与 DPS 高黏度改性沥青、广东成品 SBS 高黏度沥青进行性能对比,得出自主研发的高黏度改性沥青各项性能均满足日本高黏度改性沥青的指标要求。

参考文献:

[1] 何春木,苏卫国.NovaChip 技术试验路工程实践[J].公

空隙率对透水沥青混合料路用性能的影响

曾哲^{1,2}, 刘星³, 罗蓉^{1,2}, 刘帅³, 杨洋^{1,2}(1.武汉理工大学 交通学院, 湖北 武汉 430063; 2.湖北省公路工程技术研究中心;
3.中交第二公路勘察设计研究院有限公司)

摘要: 为了探究不同空隙率条件下透水沥青混合料渗透性能及力学性能的变化情况,通过初选调试和试验验证确定不同目标空隙率的级配曲线,并成型空隙率分别为18%、20%和22%的试件,然后进行各项路用性能试验。结果表明:3种空隙率的PAC-13试件均能满足渗透性能的规范要求,抗析漏性能和抗飞散性能则分别随油石比和空隙率的增加而逐渐减弱,混合料的高温稳定性在目标空隙率为20%时相对较好,此时动稳定度最大;水稳定性和空隙率则呈现负相关关系,当空隙率为22%时,冻融劈裂强度比存在不满足规范要求的情况;通过动态模量试验并绘制主曲线发现,3条主曲线的增幅和走势类似,同一缩减频率时,空隙率为22%的混合料强度相对较低。

关键词: 透水路面板; 沥青混合料; 空隙率; 渗透性能; 力学性能

目前,中国大多数城市道路采用的都是对生态环境具有负面影响的密级配混凝土和石板材料铺装结构。由于其密封导致的低渗透性和低降噪能力,城市热岛效应和噪声污染日益严重。为了实现城市建设可持续发展的目标,透水沥青路面建设成为“海绵城市”的热点和新趋势。

透水沥青混凝土(Permeable Asphalt Concrete, 简称PAC)需要将液态水引入结构内部以达到渗透目的,同时又必须保证自身在液态水和车辆荷载作用下的强度和耐久性,它的空隙率越大,渗透性能会更强,但是力学性能可能会随之减弱,因此混合料必须同时具备优良的渗透性能和力学性能。而CJJ/T 190—

2012《透水沥青路面技术规程》规定透水沥青混合料空隙率范围为18%~25%,其范围较大,实际工程中即便混合料空隙率符合规范要求,其性能的差异性也可能较为明显。另外,目前中国规范对透水沥青混合料技术指标的规定不统一,多本规范都对透水沥青混合料的性能指标作出了规定,但是指标数量和规定值大小均互不相同,依据不同规范标准时,混合料满足性能要求的难度不同。因此,该文针对不同空隙率的PAC-13试件进行渗透性能、抗析漏和飞散性能、高温稳定性、水稳定性、抗滑性能和动态模量的测试与研究,并与规范值进行比较分析,以探究空隙率不同时混合料性能的变化情况。

路,2007(11)。

- [2] 李大鹏,伍育钧,倪富健,等.超薄沥青混凝土配合比设计及性能研究[C].2006 ISSA 全球大会暨国际沥青路面维修养护技术研讨会,2006.
- [3] 南雪峰.超薄磨耗层矿料级配试验研究[J].公路,2009(4).
- [4] 韦魁,孙红,陈炜,等.OGFC 透水沥青路面在城市道路的应用[J].新型建筑材料,2007(6).
- [5] 程永春,付极,刘寒冰,等.超薄磨耗层沥青混合料路用性能试验研究[J].公路,2008(3).
- [6] 路凯冀,宋世海,李小东.国内外 Novachip(R)技术应用现

状[J].中外公路,2006(3).

- [7] 何春木,苏卫国.NovaChip 技术试验路工程实践[J].公路,2007(11).
- [8] 朱琨琨,刘黎萍,陈长,等.上海逸仙高架 NovaChip~超薄磨耗层降噪效果实测与分析[J].公路工程,2009(3).
- [9] 陈平,蒋曙萍,黄晓明,等.老化因素对沥青性能的影响[J].交通科技,2005(2).
- [10] 倪富健,茅勉,刘清泉,等.TPS 改性剂在排水性沥青混合料中的应用研究[J].公路交通科技,2004(10).

收稿日期:2019-03-12

基金项目:中国交建重大研发项目(编号:2016-ZJKJ-11)

作者简介:曾哲,男,硕士研究生,E-mail: zhezeng@whut.edu.cn