

SBS 复合改性乳化沥青研制及其性能研究

王伟明¹, 凌宏杰²

(1. 广东建设职业技术学院, 广东 广州 510440; 2. 西安市市政设施管理局)

摘要:基于复合改性的方法,采用先改性后乳化的工艺,使用自制降黏剂降低 SBS 改性沥青乳化难度,以正交试验法确定 SBS 改性剂用量、乳化剂用量、自制降黏剂用量、沥青温度共 4 个配制参数,通过极差分析确定了采用 3 种不同厂家乳化剂的 SBS 复合改性乳化沥青配方,配方设计目标是蒸发残留物含量值较高(70%)、性能优良。综合考虑各项因素,最终确定配方 C 为最佳方案,同时以相关试验评价其基本性能,结果表明:SBS 复合改性乳化沥青各项性能指标均较好,其混合料可较快形成强度。

关键词:乳化沥青; SBS; 复合改性; 性能研究

与传统沥青路面相比,冷拌乳化沥青混合料具有施工简便、低能耗、废气和粉尘排放少等优点,符合国家节能减排政策;但沥青膜较薄、黏附性差、形成强度时间较长、强度低、耐久性差等问题影响其推广应用。目前工程实践中常将 SBS 改性乳化沥青作为胶结料应用其中,SBS 改性乳化沥青具有高低温性能优良、拉伸和弹性及感温性能均较好,可有效改善上述问题。

因 SBS 改性沥青的黏度较大,其乳化难度较大,就目前技术手段而言,其乳化方法可分为 3 种方式:①先改性后乳化:即先制备 SBS 改性沥青,再利用乳化剂和乳化设备将 SBS 改性沥青乳化,该方法乳化难度较大,对乳化设备有要求,但制备的成品性能优良且稳定;②边改性边乳化:将 SBS 改性剂与皂液混合,乳化与 SBS 改性同时进行,该方法对乳化设备要求不高,但 SBS 改性剂要求使用胶乳状且其剂量受限,对乳化沥青性能提高有限;③先乳化后改性,先按普通沥青乳化流程乳化基质沥青,再将胶乳状的 SBS 改性剂掺入乳化沥青中,由此方法制备的成品稳定性较差。

该文基于最佳工程性能考虑,采用先改性后乳化的方法,为降低乳化难度,可采用有机降黏剂降低 SBS 改性沥青黏度,针对市场上的主流有机降黏剂在降低沥青黏度的同时,往往导致沥青变脆、柔韧性降低等问题,该文采用 SBS 改性剂和自制有机降黏剂复合改性后乳化的方法制备 SBS 复合改性乳化沥青,为改善冷拌料沥青膜薄、黏附性差的问题,以及减少混合料强度形成时间,将其蒸发残留物含量提高至 70%,这样所

制备的 SBS 复合改性乳化沥青除应用于日常养护中的微表处和冷补料外还可应用于沥青路面表面层结构,但乳液及其混合料性能需进行相关试验予以检验。

1 原材料

1.1 自制降黏剂

自制降黏剂制作的具体步骤为:利用加热设备分别加热乙撑双油酸酰胺和芳烃油,使其为流体状,将流体状的乙撑双油酸酰胺和芳烃油放入搅拌机中高速搅拌均匀,再加入三亚乙基四胺搅拌至均匀,其产物在常温下晾干,随后将其捣碎,过 20 目筛,取筛下颗粒作为降黏剂。

1.2 乳化剂

为保证冷拌沥青混合料有足够时间进行拌和、运输、摊铺、碾压等施工过程,乳化剂应选用慢裂慢凝型,选用 3 种阳离子型慢裂慢凝乳化剂,其中乳化剂 A 为维实洛克公司 CCR 系列、乳化剂 B 为 SBS 乳化沥青专用乳化剂、乳化剂 C 为法国 CECA 公司的 PC 系列。

1.3 SBS 改性剂

选用 LG051 型 SBS 改性剂。SBS 改性沥青稳定剂选用 HMD-2 型改性沥青稳定剂,该稳定剂为高效稳定剂。

1.4 助剂材料

除改性剂外,为加强乳化效果,保证制备的乳化沥青性能稳定,还需添加相当数量的助剂材料,试验使用

的助剂材料包括 pH 值调节剂、稳定剂。

(1) pH 值调节剂。乳化剂需要在适宜的酸、碱性或中性环境中才能保持其活性,因此皂液的 pH 值需保持在乳化剂厂家指定的范围之内。根据厂家提供的 pH 推荐值,使用盐酸作为 pH 值调节剂。

(2) 稳定剂。试验制备的乳化沥青蒸发残留物含量达到 70%(W/O 型),其储存稳定性不如 O/W 型稳定,运输、存储过程中容易发生破乳,因此使用 PVA(聚乙烯醇)、CaCl₂ 作为稳定剂,以使其稳定性满足技术规范要求。

2 制备工艺

采用先改性后乳化的方法制备 SBS 改性乳化沥青,乳化生产本身具有相当大的难度,而且蒸发残留物含量值较高,采用常规方法较难实现。试验首先采用 SBS 改性剂改性再以自制有机降黏剂降低黏度,从而实现复合改性,再以乳化剂进行乳化。

(1) 制备 SBS 复合改性沥青
将基质沥青加热到 185 ℃,加入 SBS 改性剂(LG051)后保持温度不变,搅拌 25 min 后加入自制降黏剂,利用高速剪切设备剪切 1.5 h,加入 HMD-2 型改性沥青稳定剂后再搅拌 20 min,经上述机械搅拌、剪切、发育等过程后可制得 SBS 复合改性沥青。

(2) 配制皂液
将水加热到 55 ℃,分别加入乳化剂、PVA、CaCl₂ 等,充分搅拌后(约 20 min),皂液 pH 值对乳化剂的活性和乳化沥青的储存稳定性影响较大,试验以盐酸作为 pH 值调节剂,加入适量盐酸调节皂液 pH 值至乳化剂厂家推荐值(pH=2~3)。

(3) 乳化生产
将前述两个阶段制得的 SBS 复合改性沥青和皂液分别倒入乳化设备的沥青罐和皂液罐中,乳化设备采用国产试验室乳化机,在乳化设备中输入沥青温度、水温、胶体磨转速等参数后即可进行乳化生产,经胶体磨分散乳化后形成乳液,为防止乳液发生气化,生产后的乳液还需经过加压冷却后才能作为成品。

3 配方及性能

3.1 生产中沥青温度的确定

SBS 改性乳化沥青的温度确定原则是乳化简单,不出现乳液局部沸腾,另外还需满足乳化设备最佳沥

青乳化黏度范围,考虑沥青的流动性及生产后乳液黏度,适合乳化生产的沥青黏度范围为 0.2~0.5 Pa·s,对应的温度范围一般为 160(0.5 Pa·s)~185 ℃(0.2 Pa·s),而该试验 SBS 复合改性沥青由于添加了有机降黏剂,因此同等黏度下,温度较低,范围为 150~165 ℃,考虑到所用设备的最佳沥青乳化黏度范围,生产沥青温度确定为 155~165 ℃。

3.2 试验设计

SBS 复合改性乳化沥青的主要制备参数包括 SBS 改性剂用量、乳化剂用量、自制降黏剂用量、沥青温度、稳定剂用量、皂液 pH 值、水温(皂液温度)等。采用正交试验设计法确定各种材料的最佳配方,考虑到试验次数,部分制备参数根据厂家推荐值和工程经验确定,其中稳定剂 HMD-2 掺量为 0.3%,聚乙烯醇与氯化钙掺量分别为 0.4%、0.1%,水温定为 60 ℃,皂液 pH 值为 2~3,考虑 SBS 改性剂用量、乳化剂用量、自制降黏剂用量、沥青温度 4 个因素,每个因素从其范围中确定 3 个水平,使用 L₉(3⁴) 正交设计表安排试验,正交设计因素与水平见表 1。表 1 中的配方 A、B、C 分别为采用乳化剂 A、B、C 的配方。

表 1 正交试验设计因素与水平

项目	SBS 改性 剂掺量/%	自制降黏剂 掺量/%	乳化剂 用量/%	沥青温 度/℃
配方 A	3.0	1.5	1.5	155
	3.5	2.0	1.8	160
	4	2.5	2.0	165
配方 B	3.0	1.5	1.4	155
	3.5	2.0	1.6	160
	4.0	2.5	1.8	165
配方 C	3.0	1.5	2.2	155
	3.5	2.0	2.5	160
	4.0	2.5	2.8	165

按正交设计表安排试验,考核指标为乳液蒸发残留物含量、5 d 储存稳定性、蒸发残留物的软化点、针入度、延度,按正交设计的极差分析法确定主次因素,即极差 R 值越大,对指标影响越大即为主要因素,反之越小则为次要因素。

3.3 结果分析

以配方 A 为例说明采用正交设计试验法确定最佳配合比的过程,其试验结果见表 2。

根据表 2 数据可得极差分析结果如图 1 所示。由图 1 可见:在各类指标中,SBS 改性剂掺量的影响是最

表 2 正交试验结果

试验 编号	SBS 改性剂 掺量/%	自制降 黏剂掺 量/%	乳化剂 用量/ %	沥青 温度/ ℃	蒸发残 留物含 量/%	5 d 储 存稳定 性/%	软化 点/ ℃	针入度 (25 ℃)/ (0.1 mm)	延度 (5 ℃)/ cm
1	3.0	1.5	1.5	155	66.5	5.1	66.5	57.7	42.7
2	3.0	2.0	1.8	160	68.7	4.9	68.4	55.2	43.3
3	3.0	2.5	2.0	165	67.3	3.8	69.3	56.5	44.8
4	3.5	1.5	1.8	165	68.2	4.1	69.8	54.7	46.3
5	3.5	2.0	2.0	155	69.4	3.3	74.2	53.3	47.5
6	3.5	2.5	1.5	160	67.8	4.6	73.1	56.4	46.8
7	4.0	1.5	2.0	160	62.1	5.4	72.7	47.3	48.9
8	4.0	2.0	1.5	165	63.4	6.2	71.6	48.9	48.1
9	4.0	2.5	1.8	155	60.2	6.6	70.7	46.6	47.7

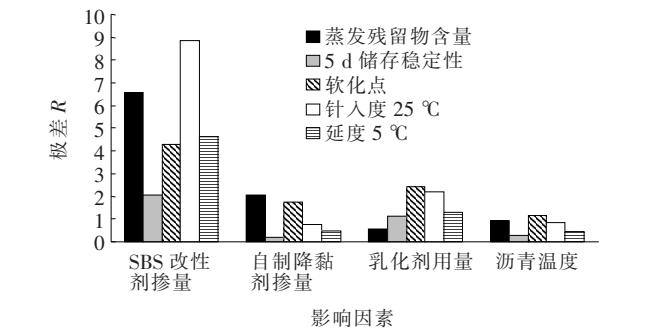


图 1 极差分析

大的;其中自制降黏剂掺量对蒸发残留物含量的影响仅次于 SBS 改性剂掺量,而在其他指标中自制降黏剂掺量影响则较小,这表明自制降黏剂有助于降低乳化难度,而对乳液其他性能则影响较小,这也是与传统降黏剂的不同之处,即只降低沥青黏度减小乳化难度,不会对沥青性能产生过多影响。除蒸发残留物含量外,其他指标的影响因素大小排序是乳化剂用量、自制降黏剂掺量、沥青温度。由表 2 可知:不同试验组合的蒸发残留物含量相差较大,而正常情况下该值应与配方设计时的沥青含量相差不大,原因在于部分试验组合未能完全将 SBS 改性沥青乳化,少量沥青残留,试验中部分组合甚至出现轻微堵管现象。

以蒸发残留物含量 k 确定最优水平为例, k 值见图 2。蒸发残留物含量以最大值为最优,因此选择 k 值最大值,由图 2 可得出各因素最优水平为 SBS 改性剂掺量 3.5%、自制降黏剂掺量 2%、乳化剂用量 2%、沥青温度 165 ℃,其他指标确定的最优水平见表 3,其中针入度指标意义不明显,不做考虑。综合考虑各方面因素,最终确定 SBS 改性剂掺量为 3.5%、自制降黏

剂掺量为 2%、乳化剂用量为 2%、沥青温度为 165 ℃。

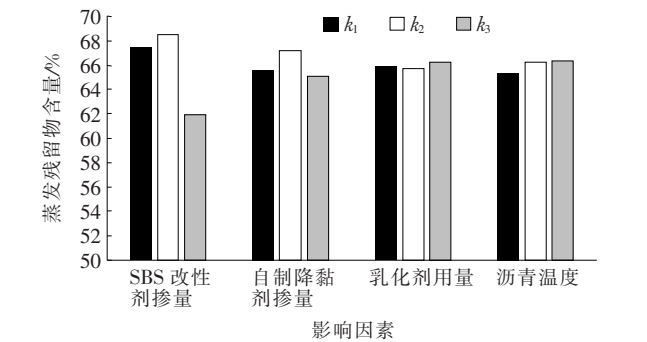


图 2 蒸发残留物含量指标 k 值

表 3 正交试验结果确定最优水平

性能指标	SBS 改 性剂 掺量/%	自制降黏 剂掺量/%	乳化剂 用量/%	沥青温 度/℃
5 d 储存稳定性	3.5	2.0	2	165
软化点	3.5	2.0	2	160
延度(5 ℃)	3.5	2.5	2	165

根据上述过程,最终确定出采用 3 种乳化剂 A、B、C 的配方见表 4,其他参数:沥青:水=70:30,稳定剂 HMD-2 掺量为 0.3%,聚乙烯醇与氯化钙掺量为 0.4%、0.1%,水温为 60 ℃,皂液 pH 值为 2~3。

表 4 乳化沥青配方

乳化剂 配方	沥青:水	SBS 改 性剂/%	自制降 黏剂/%	乳化 剂/%	沥青温 度/℃
A	70:30	3.5	2.0	2.0	165
B	70:30	3.0	2.5	1.8	165
C	70:30	3.5	2.0	2.5	165

3.4 乳化沥青性能

按表 4 的配方和前述的工艺流程制得 SBS 复合改性乳化沥青后,按 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》的规定进行乳化沥青基本性能

检验,结果见表 5,表 5 中常规 SBS 改性乳化沥青为微表处使用的乳化沥青,通过市场购买获得,是目前主流的 SBS 改性乳化沥青之一。

表 5 乳化沥青基本性能

乳化沥青 类型	筛上剩余 量(1.18 mm)/%	破乳 速度	粒子 电荷	标准黏度 C25(3 s)/ (Pa·s)	蒸发残留物				溶解度/ %	储存稳 定性 (5 d)/%
					含量/ %	针入度(25 ℃)/(0.1 mm)	延度(5 ℃)/cm	软化点/ ℃		
配方 A	0.06	慢裂	阳离子(+)	24	69.8	57	42	74	98.3	3.4
配方 B	0.05	慢裂	阳离子(+)	23	69.4	59	39	71	98.8	4.2
配方 C	0.05	慢裂	阳离子(+)	26	69.9	62	46	78	99.0	3.1
常规 SBS 改 性乳化沥青	<0.10	慢裂	阳离子(+)	25	62.0	55	30	68	98.0	<5.0
技术要求	≤0.10	慢裂	阳离子(+)	12~60		40~100	20	53	97.5	≤5.0

据表 5 可知:由 3 种配方制备的 SBS 复合改性乳化沥青都符合技术规程要求,且性能优良,延度和软化点都较高,乳化过程并未过多降低 SBS 改性沥青的性能。与常规 SBS 改性乳化沥青相比,沥青含量更高,高温和低温性能更好,同时表明:该文的改性工艺和配方具有较好的适应性,对乳化剂的生产厂家和乳化设备并未有特殊要求。综合考虑乳液性能和制备成本,该文以配方 C 作为最优配方。

3.5 混合料性能

采用 CAVF 法设计混合料级配,设计空隙率为 4%,级配见表 6。

表 6 混合料级配

筛孔/mm	通过率/%	筛孔/mm	通过率/%
16	100	1.18	21.4
13.2	96.5	0.6	13.5
9.5	71.5	0.3	9.6
4.75	29.3	0.15	5.6
2.36	25.4	0.075	3.3

参考文献[9]、[10]的相关成果,该文的试件分为两组,其中 A 组为成型时击实 50 次,室温下养生 24 h 后击实 25 次,马歇尔试验温度为 25 ℃,该组试件表征混合料前期强度;B 组为成型时击实 50 次,烘箱 60 ℃下养生 48 h 后击实 25 次,马歇尔试验温度为 40 ℃,该组试件表征混合料后期强度,马歇尔试验结果见表 7。

表 7 乳化沥青混合料马歇尔试验结果

乳化沥青 类型	组别	稳定度/ kN	流值/ (0.1 mm)	养护条 件/℃	试验温 度/℃
SBS 复合改 性乳化沥青	A	8.6	28.4	室温	25
	B	9.3	27.3	60	40
常规 SBS 改 性乳化沥青	A	6.7	31.3	室温	25
	B	8.1	29.1	60	40

注:A 组表征混合料前期强度;B 组表征混合料后期强度。

由表 7 可知:SBS 复合改性乳化沥青混合料与常规 SBS 改性乳化沥青混合料的稳定度比值,前期强度为 1.28 倍,后期强度则为 1.15 倍,说明蒸发残留物含量值较高的乳化沥青有助于乳化沥青混合料早期强度较快形成,该文所制备的 SBS 复合改性乳化沥青强度性能优于常规 SBS 改性乳化沥青。当然单凭马歇尔试验并不能完全评价 SBS 复合改性乳化沥青混合料的路用性能,因此需在后续研究中进一步评价该种新材料,考察其是否符合相关沥青路面技术指标要求。

4 结论

基于复合改性的方法,使用自制降黏剂和 SBS 改性剂、稳定剂等多种添加剂,采用先改性后乳化的工艺,以正交试验法确定最佳配方,使用 3 种不同厂家的乳化剂配制成功 SBS 复合改性乳化沥青,并以相关试验评价其基本性能,得出以下结论:

(1) 正交试验结果表明:SBS 改性剂掺量对于 SBS 复合改性乳化沥青性能影响最大,自制降黏剂可

针片状含量对混合料性能影响及基于破碎特性的 针片状含量控制

甘新立, 张文利

(贵州理工学院 交通工程学院, 贵州 贵阳 550003)

摘要: 为研究集料针片状含量对沥青混合料路用性能的影响, 以及分析母岩特性对集料加工过程中的针片状含量的影响, 该文首先在不同针片状含量下测定了沥青混合料的路用性能指标, 继而建立了石料母岩的破碎模型, 对母岩体积、破碎率等特性对集料针片状含量的影响情况进行了分析。结果表明: 随着针片状含量的增加, 沥青混合料的各项路用性能均降低, 且当针片状含量为 10%~20% 时, 路用性能下降最为迅速; 通过采用接近正六面体或球形的母岩、提高母岩磨碎率或采用体积较小的母岩可降低所生产集料的针片状含量。

关键词: 集料; 针片状含量; 路用性能; 破碎模型; 破碎率

目前, 沥青路面已经成为中国城市道路和高等级公路的主要形式, 而集料作为沥青混合料的主要组成部分, 其颗粒特性也对沥青路面的使用性能有着至关重要的影响。集料颗粒通过互相填充和嵌挤形成了强度, 承受着交通荷载的反复作用, 而不同形状的集料颗粒由于相互之间的受力状态不同, 其对荷载的承受能力也有所差异。针片状集料由于在荷载作用下出现断裂, 同时也难以和其他集料颗粒形成嵌挤, 其含量对混合料有着不利影响。因此, 探明针片状颗粒含量对混

合料性能的影响情况, 以及在集料生产中进行必要的质量控制, 减少产出的针片状集料, 对提高沥青路面性能具有重要的意义。在针片状颗粒对沥青混合料性能的影响方面, 国内外学者已经进行了一些研究和探索, 也取得了一定的成果, 但还缺乏更为系统的研究成果, 而对集料破碎工艺及标准的研究则很少涉及。高强等对现有的石料破碎理论和破碎机械进行了分析和总结, 并对现有石料破碎机械的优缺点进行了分析; 黄冬明等通过建立挤压类破碎机层压破碎过程操作模型,

降低沥青黏度减少乳化难度且不会对沥青基本性能造成过多影响。

(2) 与常规 SBS 改性乳化沥青相比, SBS 复合改性乳化沥青各项性能指标均较好, 综合考虑各项因素, 以配方 C 作为最优配方。

(3) SBS 复合改性乳化沥青混合料早期可较快形成强度, 且强度较高, 其综合路用性能需在后续研究中进一步评价。

参考文献:

- [1] 张芹芹, 范维玉, 王铁柱, 等. SBS 改性 AH-70 沥青乳化前后性能及微观结构研究[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2011(5).
- [2] 黄小胜, 才洪美, 张玉贞. 复配型乳化剂对 SBS 乳化性能影响的研究[J]. 炼油技术与工程, 2010(3).

- [3] 弓锐, 弥海晨. 乳化剂用量对 SBS 改性乳化沥青性能的影响研究[J]. 公路工程, 2013(6).
- [4] 毛宇, 王虹桥, 徐春梅, 等. 胶乳改性乳化沥青性能试验研究[J]. 石油沥青, 2010(3).
- [5] 任玉飞, 刘金景, 张玉贞, 等. SBS 改性乳化沥青研究进展[J]. 化工新型材料, 2016(3).
- [6] 吴旷怀, 杨奇竹, 杨海清. 新型乳化 SBS 改性沥青的研制与评价[J]. 中外公路, 2007(1).
- [7] 陈立宇, 张秀成. 试验设计与数据处理[M]. 西安: 西北大学出版社, 2014.
- [8] 张肖宁, 王绍怀, 吴旷怀, 等. 沥青混合料组成设计的 CAVF 法[J]. 公路, 2001(12).
- [9] 张俊, 楚好, 逯艳华, 等. 乳化沥青冷补料成型、养生和试验方法研究[J]. 中外公路, 2014(4).
- [10] 交通部阳离子乳化沥青课题协作组. 阳离子乳化沥青路面(修订版)[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.