

文章编号:1671-8879(2014)05-0015-09

水泥稳定碎石基层高粘结性透层油的开发与应用

武建民,李洪珍

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室,陕西 西安 710064)

摘 要:针对水泥稳定碎石基层与沥青面层之间的层间结合问题,采用“选择性渗透”理念,开发一种兼具渗透性能和层间结合性能的高粘结性透层油。通过添加渗透剂和溶剂提高其渗透性能,添加增粘剂提高其层间结合性能。采用 5 d 储存稳定性和荧光显微镜颗粒分析评价乳化沥青的稳定性,并将研制出的高粘结性透层油与普通乳化沥青、煤油稀释沥青对比,进行了渗透试验、层间剪切试验、拉拔试验和抗冲刷试验。研究表明:该高粘结性透层油具有良好的稳定性,其渗透深度远大于普通乳化沥青;抗剪切强度和抗拉拔强度均显著高于煤油稀释沥青,抗冲刷性能也远大于普通乳化沥青和煤油稀释沥青。最后,结合实际工程,制定了改性-乳化-混合的高粘结透层油的生产工艺及相应的施工工艺和质量控制技术。

关键词:道路工程;水泥稳定碎石基层;透层油;乳化沥青;选择性渗透;粘结性能

中图分类号:U411

文献标志码:A

Development and application of high cohesiveness prime coat on cement-stabilized macadam base

WU Jian-min, LI Hong-zhen

(Key Laboratory of Special Area Highway Engineering of the Ministry of Education,
Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to improve the bonding of cement stabilized macadam base and asphalt layer, the concept of selective permeation is applied to develop a prime coat with good cohesiveness and penetrability. Solvent and penetrate are added to increase the permeability of emulsified asphalt, and tackifier is added to improve the bonding ability. The 5-day storage stability test and the fluorescence microscopic particle test are used to evaluate the stability of the emulsified asphalt performance. The high cohesiveness prime coat is compared with the ordinary emulsified asphalt and diluted asphalt to make the comprehensive assessment on pavement performance through the penetration test, the shear test between layers, the pull-out test and the anti-erosion test. The results show that it has better penetration and stability compared with ordinary emulsified asphalt, the shear strength is much higher than the diluted asphalt, and it also has better anti-erosion performance. At last, combined with the practical engineering the production technology of modify-emulsification-mix is proposed; the construction technology and the quality control technique of high adhesive prime coat are put forward. 8 tabs, 10 figs, 16 refs.

收稿日期:2014-03-10

基金项目:江苏省交通科技项目(2012Y04-1)

作者简介:武建民(1971-),男,河北邢台人,副教授,工学博士,E-mail:L08@gl.chd.edu.cn.

Key words: road engineering; cement-stabilized macadam base; prime coat; emulsified asphalt; selective permeation; bonding performance

0 引言

半刚性基层与沥青面层之间的层间结合一直是此类路面的 1 个薄弱环节。为此,《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)(以下简称《规范》)规定各类基层必须喷洒透层油,并要求透入深度不小于 5 mm,以起到固结、稳定、联结、防水的作用^[1]。而目前中国应用较广泛的液体稀释沥青虽然能满足渗透深度要求,但是层间结合性能差;国外针对普遍应用的级配碎石基层,要求采用中凝液体沥青和乳化沥青,渗入未处治基层材料至足够的深度,以起到联结基层和面层的作用^[2-3]。针对中国普遍采用的水泥稳定碎石基层结构致密,普通乳化沥青难以渗入的问题,马志刚等研制了 HTC-08 型透层油,认为其具有良好的渗透、固结等路用性能^[4];包龙生等研究了高渗透乳化沥青在半刚性基层上的渗透性能,确定了其最佳洒布时间和洒布量^[5-6];吴霞开发了一种高渗透型乳化沥青透层油,对其路用性能和施工工艺进行了研究^[7];汪水银通过剪切试验研究了基层材料特性及表面处理措施对层间粘结的影响^[8]。考虑到水泥稳定碎石基层透层油要同时满足良好的渗透性与粘结性,同时还应具有足够的稳定性,以保证基面层间的有效结合,本文采用“选择性渗透”理念,研制开发了高渗透、高粘结的水泥稳定碎石基层用乳化沥青透层油。

1 乳化沥青的制备

1.1 原材料

乳化沥青由乳化剂、沥青、水和其他提高相应性能的添加剂组成,通过筛选乳化剂、稳定剂提高乳化沥青的稳定性能,使其满足《规范》中 5 d 储存稳定性小于 5% 的要求。

1.1.1 乳化剂

乳化剂能够降低沥青-水体系的界面张力,形成稳定的双电层稳定结构,在沥青微滴周围形成“界面膜”^[9],是影响乳化沥青稳定性能的第一关键因素,选择乳化剂主要通过以下方面考虑:①筛选亲水亲油平衡值(HLB)与沥青相近的乳化剂,沥青的 HLB 值一般为 8~18,阴离子表面活性剂的 HLB 值为 1~40,为了与沥青的 HLB 值相近,需要复配添加非离子乳化剂,其 HLB 值为 1~20^[9];②对于透层油用乳化沥青,破乳速度越慢,越有利于渗透作用^[10];③乳化剂在不同的 pH 环境下破乳速度也不相同。

综合以上分析,筛选出阴离子乳化剂 A、B、C 为主乳化剂,筛选出非离子乳化剂 M、N、P、Q 为辅助乳化剂。

1.1.2 稳定剂及其他助剂

当添加无机稳定剂时,乳液的离子强度增加,带电的沥青微粒之间相互排斥,进而提高了乳液的稳定性,进行稳定性能试验选用无机稳定剂 X、Y^[5]。

有机稳定剂通过提高沥青-水体系中水分散相的粘度,提高乳化沥青的稳定性,本文采用的有机稳定剂为 Z^[11]。

为了保证提高乳化剂活性的碱性环境,添加调节 pH 值的助剂 NaOH。

1.1.3 基质沥青

基质沥青的易乳化性:以工程适用为目的,可认为沥青的酸含量与易乳化性直接相关;其次,相同油源和生产工艺的基质沥青,针入度较大者易于乳化。

基质沥青的密度与水的密度越相近,其储存稳定性越好,储存时间越长^[12]。

本文采用江苏泰州生产的 90# 基质沥青,各项指标均满足《规范》,见表 1。

表 1 基质沥青性能指标
Tab. 1 Performance indicators of matrix asphalt

| 试验项目 | 技术要求 | 试验结果 | 试验依据 |
|------------------------------|-----------|------|------------|
| 针入度(25 ℃, 100 g, 5 s)/0.1 mm | 80~100 | 84.2 | T0604—2011 |
| 针入度指数(PI) | -1.5~+1.0 | -0.8 | |
| 延度(10 ℃, 5 cm/min)/cm | ≥20 | 81.4 | T0605—2011 |
| 延度(15 ℃, 5 cm/min)/cm | ≥100 | >100 | T0605—2011 |

1.1.4 水

采用自来水即可满足生产乳化沥青的要求。

1.2 透层油用乳化沥青的稳定性分析

将上述原材料进行组合生产乳化沥青,采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)中 T0655—1993 试验方法,测定 5 d 储存稳定性^[13];依次考虑主乳化剂 A、B、C,辅助乳化剂 M、N、P、Q,以及稳定剂 X、Y;并确定乳化工艺中的 3 个重要参数:皂液的 pH 值,乳化温度,乳化时间。

利用荧光显微镜颗粒分析乳化沥青的颗粒大小和分布效果,得出颗粒大小及均匀性与 5 d 储存稳定性的相关性。

1.2.1 确定主乳化剂和辅助乳化剂

生产乳化沥青时,乳化剂按照外掺法添加,基质沥青和水分别为乳化沥青总质量的 50%,主乳化剂 A、B、C 在最佳剂量下的 5 d 储存稳定性试验结果如表 2 所示。

表 2 不同乳化剂最佳剂量下 5 d 储存稳定性试验结果
Tab. 2 5 d storage stability of different emulsifiers in their optimal dose

| 乳化剂种类 | 剂量/% | 5 d 储存稳定性/% |
|-------|------|-------------|
| A 乳化剂 | 1.5 | 23.51 |
| B 乳化剂 | 1.5 | 7.57 |
| C 乳化剂 | 2.5 | 9.71 |

表 2 表明,3 种主乳化剂生产乳化沥青 5 d 储存稳定性均大于规范要求的 5%,故添加非离子乳化剂 M、N、P、Q,经过筛选得到^[13]。上述剂量的主乳化剂 A、B、C 分别与非离子乳化剂 N 生产乳化沥青的 5 d 储存稳定性数据最小,即乳化沥青的稳定性最好,使用剂量及试验数据如表 3 所示。

表 3 最佳非离子乳化剂最佳剂量下的 5 d 储存稳定性试验结果
Tab. 3 5 d storage stability of non-ionic emulsifiers in their optimal dose

| 乳化剂种类 | 非离子乳化剂 N 的剂量/% | 5 d 储存稳定性/% |
|-------|----------------|-------------|
| A+N | 1.5 | 13.555 |
| B+N | 1.0 | 8.230 |
| C+N | 1.0 | 5.520 |

将表 3 与表 2 对比可以发现,A 和 C 乳化剂在添加非离子乳化剂后,5 d 储存稳定性数据降低,说明非离子乳化剂促进了乳化沥青的稳定性,而 B 乳化剂在添加非离子乳化剂时 5 d 储存稳定性数据增高,故不再考虑 B 乳化剂。添加非离子乳化剂 N 后的乳化沥青稳定性接近了 5 d 储存稳定性小于 5% 的要求。

接下来,添加稳定剂,进一步提高乳化沥青的稳定性。

1.2.2 确定稳定剂

将无机稳定剂 X、Y 按照外掺法添加到皂液中,得出其最佳使用剂量下的 5 d 储存稳定性试验数据,如表 4 所示。

表 4 不同稳定剂在最佳剂量下 5 d 储存稳定性试验结果
Tab. 4 5 d storage stability of different stabilizers in their optimal dose

| 不同乳化剂和不同稳定剂 | 稳定剂的最佳使用剂量/% | 5 d 储存稳定性/% |
|-------------|--------------|-------------|
| A+N+X | 0.5 | 12.503 |
| C+N+Y | 1.0 | 3.230 |

由表中数据可以得出,C 乳化剂添加辅助乳化剂 N、稳定剂 Y 生产乳化沥青,5 d 储存稳定性为 3.23%,完全满足规范要求^[13]。

通过 5 d 储存稳定性试验,确定了乳化工艺中影响稳定性能的 3 个重要参数,如表 5 所示。

表 5 最佳乳化工艺
Tab. 5 Best emulsifying process

| 乳化工艺 | 皂液的 pH 值 | 乳化温度/℃ | | 乳化时间/min |
|------|----------|--------|--------|----------|
| | 12 | 皂液温度 | 基质沥青温度 | |
| | | 60~70 | 30~140 | |

1.2.3 稳定性指标分析

3 种乳化沥青(1.5% A 乳化剂+1.5% N 乳化剂+0.5% X 乳化剂)、(1.5% B 乳化剂+1.0% X 稳定剂)、(2.5% C 乳化剂+1% N 乳化剂+1% Y 稳定剂)的 5 d 储存稳定性分别为 9.503%、11.805%、3.23%,分析其与乳化沥青颗粒大小及均匀性的相关性。

利用荧光显微镜观察乳化沥青的颗粒分布效果,见图 1,微观颗粒粒径大小通过荧光显微镜分析软件,测量并计算得到乳化沥青的平均粒径,记录见表 6。

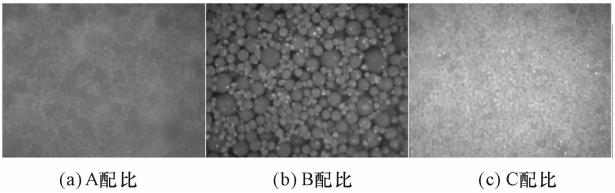


图 1 稳定性满足要求的乳化沥青微观照片(1 600 倍)
Fig. 1 Microscopic photos of emulsified asphalt with good storage stability (1 600 magnification)

表 6 3 种主乳化剂生产乳化沥青颗粒大小的微观测试结果
Tab. 6 Sizes of three kinds of emulsified asphalt particles by micro measurement

| 配比种类 | A 配比 | B 配比 | C 配比 |
|--------------|-------|-------|-------|
| 颗粒粒径(平均值)/μm | 5.339 | 7.802 | 2.758 |

通过图 1 观察, C、A、B 配比颗粒分布均匀性是由好及差;表 6 测得的粒径由小到大为 C 配比、A 配比、B 配比;而 5 d 储存稳定性试验数据由小到大为 C 配比、A 配比、B 配比,故分析得出 5 d 储存稳定性的数据越小,乳化沥青的颗粒越小,分布越均匀。同时,根据吉布斯定律公式可知,降低沥青微滴的总表面积,其表面自由能也会降低,进而降低了界面张力,提高了乳化沥青的稳定性。

乳化沥青的颗粒越小,沥青微滴的总表面积也就越小,故稳定性能越好,所以得出结论:5 d 储存稳定性与乳化沥青的颗粒大小及均匀性有很好的相关性。

2 透层油材料的路用性能

2.1 渗透性能

由于渗透效果不佳,满足稳定性要求的乳化沥青并不能用作透层油,采用添加渗透剂和溶剂的方法,分别从稀释基质沥青和降低表面张力提高乳化沥青的渗透性能。

添加渗透剂和溶剂的方法:乳化沥青生产时,将渗透剂添加到 60 ℃~70 ℃的皂液中;将溶剂添加到 130 ℃~140 ℃的基质沥青中,迅速搅拌均匀,缓慢加入胶体磨。

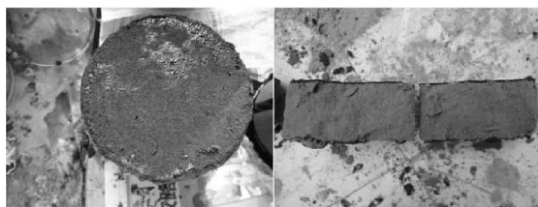
成型水泥稳定细粒土 100 mm×100 mm 圆柱形试件,进行渗透试验筛选能够提高渗透性能的渗透剂和溶剂,其最佳含水量为 13.42%,最大干密度为 1.75 g/cm³。

渗透试验:添加 10%溶剂 E 和 3%渗透剂 I,乳化沥青在水泥稳定细粒土试件渗透深度为 0.4 cm,渗透均匀性很好。图 2 为平行试验的 2 个试件。

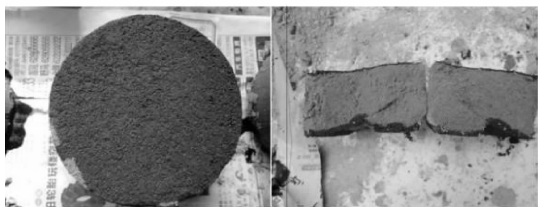
成型水泥稳定碎石 150 mm×150 mm 圆柱形试件,最佳含水量为 5.71%,最大干密度为 2.365 g/cm³,进一步验证添加渗透剂和溶剂后的渗透性能。图 3 为平行试验的 2 个试件。

乳化沥青在水泥稳定碎石的渗透深度达到 1~2 cm,高于在水泥稳定细粒土上的渗透深度,渗透均匀性良好,比在水泥稳定细粒土上的均匀性差,这是由于水泥稳定碎石的集料粒径分布为 0~31.5 mm,而水泥稳定细粒土的集料粒径分布为 0~4.75 mm,前者的空隙率远大于后者,导致了前者渗透深度大、均匀性较差。

添加渗透剂和溶剂后,得到高渗透乳化沥青,其配比为(2.5%主乳化剂 C+1%辅乳化剂 N+1%稳



(a) 试件1



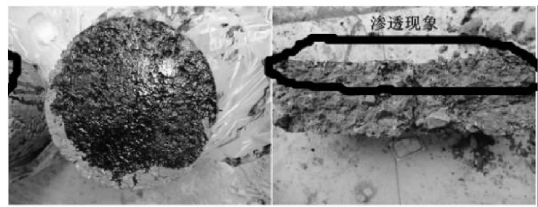
(b) 试件2

图 2 添加溶剂 E 和渗透剂 I 后在水泥稳定细粒土试件的渗透效果

Fig. 2 Permeation effect in cement stabilized soil after adding solvent E and penetrant I



(a) 试件1



(b) 试件2

图 3 添加溶剂 E 和渗透剂 I 后在水泥稳定碎石试件的渗透效果

Fig. 3 Permeation effect in cement stabilized macadam after adding solvent E and penetrant I

定剂 Y+3%渗透剂 I+10%溶剂 E+40%基质沥青+50%水),5 d 储存稳定性为 3.11%,显微镜观察平均粒径 2.535 μm,乳化沥青颗粒分布均匀性良好,稳定性能满足《规范》要求。

2.2 粘结性能

为了提高透层油材料的层间粘结性能,添加增粘剂 S 和 T,在高渗透乳化沥青的基础上研制高粘结改性乳化沥青。采用“选择性渗透”理念,使高粘结改性乳化沥青在破乳之前一部分渗透入基层,另一部分留在基层表面,既封住基层内部结构防止水损害的产生,又提高了水泥稳定碎石基层与沥青面

层间的粘结性能。

2.2.1 确定增粘剂 S、T 的剂量

采用先改性后乳化的生产工艺,分别生产 S 改性乳化沥青和 T 改性乳化沥青。

采用增粘剂 S 剂量 2%、2.5%、3%,分别生产 S 改性乳化沥青,进行水泥稳定碎石试件上的渗透试验,其渗透效果为:增粘剂 S 剂量为 2%和 2.5%时,其渗透均匀性都良好,3%剂量下的渗透均匀性较差,平均渗透深度分别为 1.35、1.20、0.85 cm。因此,在满足良好渗透性能的前提下,增粘剂 S 的最大使用剂量为 2.5%。

分别按照增粘剂 T 的剂量 1%、2%、3%生产 T 改性乳化沥青,进行 1 d 储存稳定性试验,试验数据见表 7。

表 7 不同剂量增粘剂 T 下的 T 改性乳化沥青 1 d 储存稳定性
Tab.7 1 d storage stability of modified emulsified asphalt T with different T tackifier

| 增粘剂 T 的剂量/% | 1 d 储存稳定性/% | 平均粒径/ μm |
|-------------|-------------|---------------------|
| 1 | 7.40 | 4.13 |
| 2 | 4.30 | 3.47 |
| 3 | 10.10 | 4.62 |

由表 7 可知,当增粘剂 T 剂量为 2%时,T 改性乳化沥青的 1 d 储存稳定性相对较好,但不满足《规范》对改性乳化沥青 1 d 储存稳定性不大于 1%的要求。

生产 S 改性乳化沥青和 T 改性乳化沥青,目的是为了 使 S 改性乳化沥青渗透入基层,使 T 改性乳化沥青留在基层表面,是“选择性渗透”的宗旨。

将渗透效果最佳的 S 改性乳化沥青和稳定性能最好的 T 改性乳化沥青按照比例 7 : 3、6 : 4、5 : 5 混合,进行水泥稳定碎石试件渗透试验,混合后的渗透效果如图 4 所示,混合后的稳定性能见表 8。

表 8 不同混合比例下改性乳化沥青的稳定性能
Tab.8 Storage stability of modified emulsified asphalt with different mixing ratios

| 不同混合比例(S : T) | 5 d 储存稳定性/% | 粒径平均值/ μm |
|---------------|-------------|----------------------|
| 7 : 3 | 30.6 | 6.75 |
| 6 : 4 | 23.5 | 6.54 |
| 5 : 5 | 20.3 | 5.13 |

由图 4 可以看出,渗透均匀性均良好,测量的平均渗透深度分别为 1.2、1.15、1.1 cm,3 个比例的渗透效果差不多。

由表 8 比较得出,比例 5 : 5 混合后的改性乳化沥青稳定性能相对较好,故在渗透效果差不多的情

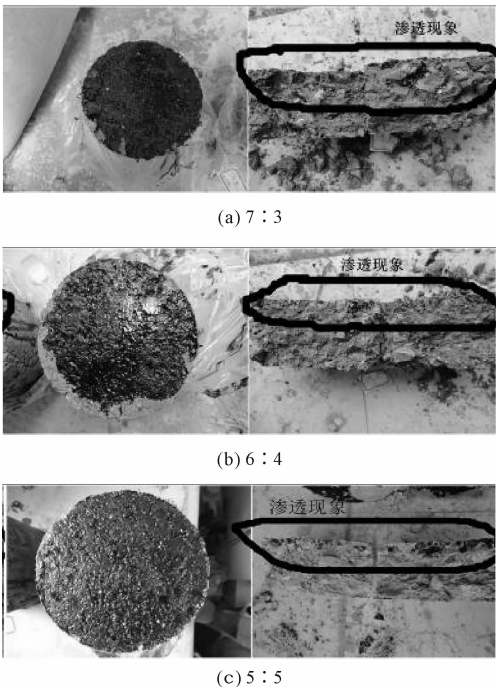


图 4 不同混合比例下改性乳化沥青的渗透效果
Fig.4 Permeation effect of different proportions
况下,选择稳定性能较好的混合比例,即 5 : 5。

为了提高混合后改性乳化沥青的稳定性能,添加有机稳定剂 Z。经过 5 d 储存稳定性试验和粒径测量得到,当稳定剂 Z 剂量为 0.6%时,乳化沥青的 5 d 储存稳定性为 1.5%,乳化沥青颗粒平均粒径为 2.724 μm ,并且添加有机稳定剂 Z 后的改性乳化沥青渗透均匀性良好,平均渗透深度为 1.2 cm。

至此,高粘结改性乳化沥青由 S 改性乳化沥青和 T 改性乳化沥青以比例 5 : 5 混合组成:S 改性乳化沥青的配比为(2.5%主乳化剂 C+1%辅乳化剂 N+1%稳定剂 Y+3%渗透剂 I + 10%溶剂 E+40%S 改性沥青+50%水),S 改性沥青的配比为(2.5%增粘剂 S+97.5%基质沥青);T 改性乳化沥青的配比为(2.5%主乳化剂 C+1%辅乳化剂 N+1%稳定剂 Y+3%渗透剂 I + 10%溶剂 E+40%T 改性沥青+50%水),T 改性沥青的配比为(2%增粘剂 T+98%基质沥青)。

2.2.2 层间剪切试验和拉拔试验

将高粘结改性乳化沥青与普通乳化沥青(0.7%阳离子乳化剂+50%90# 基质沥青+50%水)、煤油稀释沥青(30%煤油+70%90# 基质沥青)对比,进行层间剪切试验、拉拔试验,试验数据如下页图 5、图 6 所示。

由剪切试验数据得知,煤油稀释沥青和高粘结

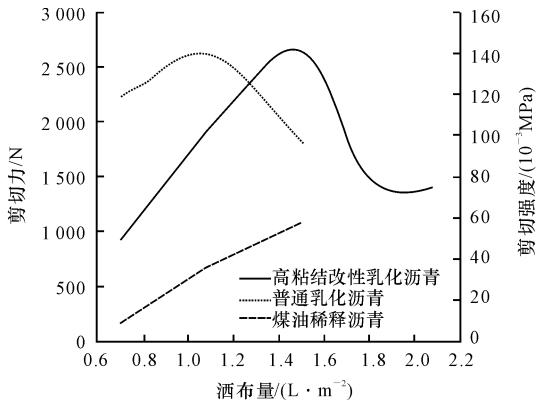


图5 不同洒布量下不同透层油材料的剪切强度

Fig. 5 Shear strength of different prime coat with variation of spray volume

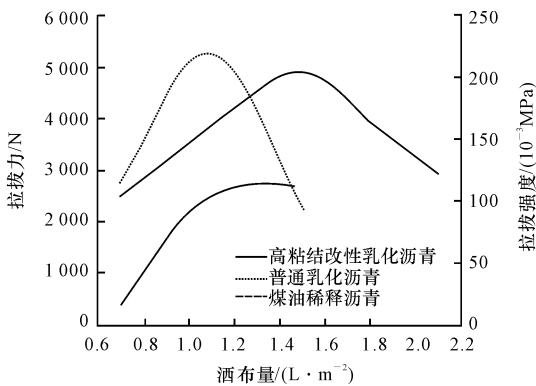


图6 不同洒布量下不同透层油材料的拉拔强度

Fig. 6 Pull strength of different prime coat with variation of spray volume

改性乳化沥青的最佳洒布量为 1.5 L/m^2 , 普通乳化沥青的最佳洒布量为 1.1 L/m^2 ; 且最佳洒布量下煤油稀释沥青和普通乳化沥青的层间最大剪切力均小于高粘结改性乳化沥青。

通过拉拔试验数据得知, 煤油稀释沥青和高粘结改性乳化沥青在洒布量为 1.5 L/m^2 时拉拔力达到最大, 普通乳化沥青在洒布量为 1.1 L/m^2 时拉拔力达到最大; 最佳洒布量下煤油稀释沥青和普通乳化沥青的最大拉力均小于高粘结改性乳化沥青。

2.3 抗冲刷性能

结合《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51—2009)的 T0860 试验步骤^[14], 分别按照最佳洒布量洒布高粘结改性乳化沥青、煤油稀释沥青、普通乳化沥青和不洒布透层油的条件下进行抗冲刷试验。比较它们在最佳洒布量下的抗冲刷性能, 试验结果见图 7。

通过图 7 可以看出, 高粘结改性乳化沥青的抗冲刷性能明显优于普通乳化沥青、煤油稀释沥青和

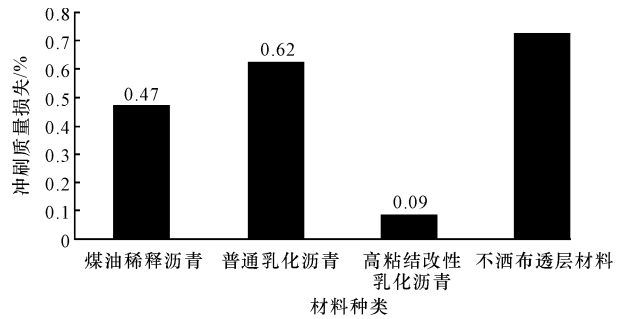


图7 不同透层油的抗冲刷性能对比

Fig. 7 Anti-erosion performance of different prime coat

未洒布透层的基层, 这主要是由于添加改性剂, 增强了沥青的耐久性, 使乳化沥青洒布在试件表面破乳后残留沥青的抗冲刷性能增强。

3 渗透效果影响因素

3.1 洒布时机

不同洒布时机对透层油的渗透效果有重大的影响, 在实际的施工过程中, 有的采用宜早不宜迟的原则洒布^[15]; 还有 1 d 或者 7 d 后洒布^[16]。《规范》要求洒布时机为透层油在基层碾压成型后表面稍变干燥, 但尚未硬化时洒布。

因此, 为了研究不同洒布时机对高粘结改性乳化沥青渗透效果的影响, 本文选择 3 个不同洒布时机下洒布高粘结改性乳化沥青: 基层试件成型后当场洒布; 成型后养生至表面稍干但尚未硬化时洒布; 成型后养生至 7 d 洒布。渗透效果见下页图 8。

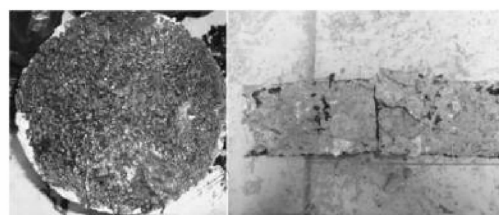
通过试验和图 8 可以得出, 当场洒布的渗透深度为 $0 \sim 1 \text{ cm}$, 渗透均匀性比较差, 表面稍干洒布的渗透深度为 $1 \sim 1.8 \text{ cm}$, 渗透均匀性较好, 7 d 后洒布的渗透深度基本为 0, 并且试件表面的沥青产生油亮现象。

试件成型后水泥结晶尚未形成, 基层内部结构和表面的很多微孔隙能够使乳化沥青渗透, 而试件中未被水泥吸收的水分又阻碍了乳化沥青的下渗, 所以其有一定的渗透效果, 但比较差; 表面稍干当尚未硬化洒布时试件中的水泥结晶尚未形成, 但水分已经被水泥和石料吸收, 此时最有利于乳化沥青的渗透; 7 d 后洒布水泥晶体结构形成和乳化沥青破乳都不利于渗透。

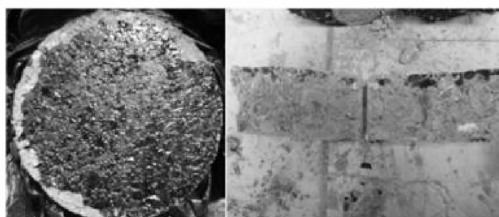
3.2 施工温度

施工温度包括洒布时透层油的温度和环境温度。

为了充分发挥透层油的使用, 透层油在洒布时有适当的洒布温度, 通过相关试验证明, 煤油稀释沥



(a) 当场洒布



(b) 表面稍干但尚未硬化洒布



(c) 7 d后洒布

图 8 不同洒布时机下高粘结改性乳化沥青的渗透效果

Fig. 8 Permeation effect of high cohesiveness prime coat in different spray times

青的洒布温度控制在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,乳化沥青的洒布温度控制在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,同时,洒布温度不宜过高,避免因高温导致破乳速度过快而影响其渗透效果,本文采用的洒布温度以高于 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为宜。

洒布时的环境温度太低,一方面乳化沥青流动性差,不利于渗透;另一方面乳化沥青的水分蒸发缓慢,蒸发后沥青的低温粘结性能降低,故不宜进行透层施工。

基层试件表面稍干但尚未硬化时洒布高粘结改性乳化沥青,测试了环境温度分别为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的渗透效果,通过对比可以发现,在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度下,试件断面渗透的地方少,均匀性差,渗透深度为 0.5 cm ;在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的中高温环境下,试件断面的渗透地方多,均匀性好,而且渗透深度为 $1\sim 2\text{ cm}$ 。

所以,高粘结改性乳化沥青的洒布时机为基层表面稍干但尚未硬化的时机洒布,洒布时的环境温度应高于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,这为实体工程中高粘结改性乳化沥青的施工工艺和质量控制提供了技术指导。

3.3 洒布量

为了保证透层油能够渗透入基层,又不会在基层表面流淌或产生油膜现象,选择适合高粘结改性

乳化沥青的最佳洒布量是至关重要的。

通过层间剪切试验和拉拔试验,确定了高粘结改性乳化沥青的最佳洒布量为 1.5 L/m^2 ,即在该洒布量下的层间粘结性能最佳,且不会在基层表面产生油膜现象。

将层间剪切试验后的基层试件通过劈裂试验打开,观察不同洒布量下的渗透效果,并测量渗透深度,见图 9。

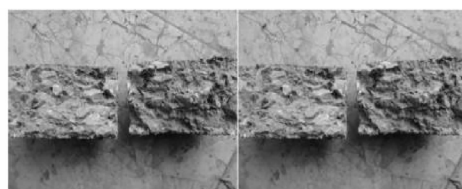
(a) 0.7 L/m^2 (b) 1.1 L/m^2 (c) 1.5 L/m^2 (d) 1.8 L/m^2 (e) 2.1 L/m^2

图 9 不同洒布量下高粘结改性乳化沥青的渗透效果

Fig. 9 Permeation effect of high cohesiveness prime coat in different spray volume

通过图 9 可以看出,渗透均匀性最好的是 1.5 、 1.8 、 2.1 L/m^2 ,说明在洒布量为 1.5 L/m^2 时高粘结性透层油能够达到渗透完全,在 5 个不同洒布量下的平均渗透深度分别为 0.5 、 0.8 、 1.2 、 1.3 、 1.2 cm 。高粘结性透层油在洒布量大于 1.5 L/m^2 时,渗透深度不再有明显的变化,也表明在 1.5 L/m^2 时达到渗透完全,进而表明在 1.5 L/m^2 时具有最佳的渗透效果。

4 高粘结性透层油的生产与施工

以《规范》为施工依据,结合室内生产经验,制定高粘结改性乳化沥青的生产工艺和洒布工艺,为现场施工提供相应依据。

4.1 生产工艺

4.1.1 改性沥青生产工艺

将基质沥青储存罐的温度设定为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$,开动改性机器,机器运转正常后,开动沥青储存罐的阀门,将沥青按计量泵入改性机器,然后向机器中添加增粘剂(尽量使增粘剂能够均匀分散于沥青中),改性 $30\sim 45\text{ min}$ (改性期间控制沥青的温度小于 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$,以防止沥青老化,影响改性沥青的使用性能)。

4.1.2 乳化沥青生产工艺

① 按配比方案进行相关材料的准备;② 配置乳化沥青皂液:将乳化剂和稳定剂按配比与水混合,搅拌均匀,使乳化剂和各种添加剂充分溶解,皂液温度控制在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,同时调节 pH 值(酸碱度),使皂液 pH 值大于 12,配置出的皂液接近透明状;③ 配置沥青-溶剂溶液:将改性沥青加热到 $140\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 160\text{ }^{\circ}\text{C}$,按生产配比向其中加入溶剂,充分搅拌均匀;④ 生产过程,皂液(入口温度 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$)入口阀门打开,开动胶体磨,待机器运转正常后,再将沥青(入口温度 $140\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 160\text{ }^{\circ}\text{C}$)按计量泵入,检测出口乳化沥青含量。

4.1.3 注意事项

① 严格按照配方用量添加乳化剂及各种助剂;② 控制基质沥青、改性沥青及水的温度在指定范围内;③ 控制改性乳化沥青出口温度为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 洒布工艺

洒布工艺应按下列步骤进行。

(1)生产高粘结改性乳化沥青。在基层铺筑的同时,准备生产透层油的材料,检查透层油生产设备是否正常,防止某一环节出现问题,影响施工进度。

(2)洒布高粘结改性乳化沥青。① 根据基层施工时的天气情况,确定基层洒布时机,例如,天气温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右时,基层碾压成型 24 h 后便可洒布;② 清理基层表面不利于渗透和粘结作用的杂物;③ 确保洒布机械的管道疏通;④ 根据洒布机械的洒布宽度和道路横向宽度计算洒布次数,防止重复洒布;⑤ 洒布时高粘结改性乳化沥青的温度应大于 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$;⑥ 洒布量按照室内层间剪切试验和拉拔试验确定的最佳洒布量洒布,面层铺筑后再进行验证。

4.3 实用效果

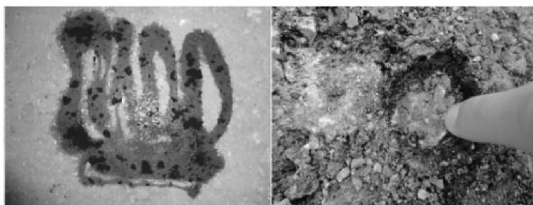
将高粘结改性乳化沥青按照上述生产工艺和洒布工艺进行试验段铺筑,验证其渗透效果。

分别将室内试验生产和工厂生产的高粘结改性乳化沥青洒布在试验段,主要是为了验证工厂的生产工艺和现场的洒布工艺。室内生产洒布后通过人工挖开观察渗透效果,工厂生产洒布后通过钻芯取样(直径 150 mm)观察渗透效果,见图 10。

通过钻芯取样和现场测量得出,工厂生产和室内生产的高粘结改性乳化沥青的渗透深度均为 1 cm,并且渗透均匀性都很好。



(a) 工厂生产



(b) 室内生产

图 10 工厂生产和室内生产的高

粘结性透层油的渗透效果

Fig. 10 Permeation effect of high cohesiveness prime coat made in factory and laboratory

5 结 语

(1)通过稳定性试验研究,得出了 5 d 储存稳定性和乳化沥青颗粒大小及均匀性具有较好的相关性,并研制出满足规范要求稳定性能的乳化沥青。

(2)在稳定性能良好的乳化沥青基础上,添加渗透剂和溶剂,得到高渗透乳化沥青,其在水泥稳定碎石试件上的渗透深度为 1~2 cm,渗透均匀性良好。

(3)根据“选择性渗透”理念,添加增粘剂 S、T,研制出高粘结改性乳化沥青。通过层间剪切试验和拉拔试验,得到高粘结改性乳化沥青的最佳洒布量为 1.5 L/m^2 ,其在最佳洒布量下的层间最大剪力和最大拉力大于煤油稀释沥青和普通乳化沥青。通过抗冲刷试验,证明了高粘结改性乳化沥青的抗冲刷性能也优于煤油稀释沥青和普通乳化沥青。

(4)根据室内生产乳化沥青的经验,提出了高粘结改性乳化沥青的生产工艺和洒布工艺,并在试验段进行了渗透效果的验证。

(5)由于条件所限,本文只研究了 90# 基质沥青用于生产透层油,后期还可进一步研究采用更高标号沥青,如 110# 基质沥青。在保证粘结力的同时,减少溶剂和渗透剂的用量,降低生产成本,以利于更好的推广应用。

参考文献:

References:

[1] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].

- JTG F40—2004, Technical specification for construction of highway asphalt pavements[S]. (in Chinese)
- [2] Hesp S A M, Smith B J, Hoare T R. Effect of the filler particle size on the low and high temperature performance in asphalt mastic and concrete[J]. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, 2001, 70(3): 492-508.
- [3] Cross S A, Voth M D, Shrestha P P. Guidelines for prime coat usage on low-volume roads[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2005(1913): 117~125.
- [4] 马志刚, 弥海晨, 徐 鹏, 等. 新型 HTC-08 型透层油路用性能对比试验研究[J]. 公路工程, 2012, 37(2): 182-185.
- MA Zhi-gang, MI Hai-chen, XU Peng, et al. Study on highway performance for HTC-08 stype prime coat oil through comparison[J]. Highway Engineering, 2012, 37(2): 182-185. (in Chinese)
- [5] 包龙生, 徐 磊, 于 玲, 等. 高渗透乳化沥青渗透性能研究[J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2011, 27(4): 642-645, 665.
- BAO Long-sheng, XU Lei, YU Ling, et al. Research on the osmotic effect of high penetration emulsified asphalt[J]. Journal of Shenyang Jianzhu University: Natural Science, 2011, 27(4): 642-645, 665. (in Chinese)
- [6] 时林军. 超薄面层层间粘结技术[J]. 筑路机械与施工机械化, 2011, 28(7): 68-71.
- SHI Lin-jun. Research on ultra-trin surface bonding technology between layers[J]. Road Mechinery & Construction Mechanization, 2011, 28(7): 68-71. (in Chinese)
- [7] 吴 霞. 高渗透型透层油开发及应用研究[D]. 西安: 长安大学, 2012.
- WU Xia. The development and application study on high permeability emulsified asphalt [D]. Xi'an: Chang'an University, 2012. (in Chinese)
- [8] 汪水银. 半刚性基层与沥青面层粘结性能影响因素[J]. 交通运输工程学报, 2010, 10(2): 12-19.
- WANG Shui-yin. Influence factors of bond performance between asphalt surface layer and semi-rigid base [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineer-ing, 2010, 10(2): 12-19. (in Chinese)
- [9] 虎增福. 乳化沥青及稀浆封层技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- HU Zeng-fu. Asphalt emulsion and slurry surfacing [M]. Beijing: China Communications Press, 2001. (in Chinese)
- [10] 黄颂昌, 徐 剑, 秦永春. 改性乳化沥青与微表处技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- HUANG Song-chang, XU Jian, QIN Yong-chun. Modified asphalt emulsion and micro-surfacing [M]. Beijing: China Communications Press, 2010. (in Chinese)
- [11] 贝歇尔. 乳状液理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- Becher P. Emulsion theory and practice [M]. Beijing: Science Press, 1978. (in Chinese)
- [12] 张 静, 陈保莲, 程国香. 透层乳化沥青的研制[J]. 石油沥青, 2011, 25(2): 30-34.
- ZHANG Jing, CHEN Bao-lian, CHENG Guo-xiang. The preparation of prime-coat asphalt emulsion [J]. Petroleum Asphalt, 2011, 25(2): 30-34. (in Chinese)
- [13] JTG E20—2011, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- JTG E20—2011, Standard test methods of bitumen and bituminous mixtures for highway engineering [S]. (in Chinese)
- [14] JTG E51—2009, 公路工程无机结合料稳定材料试验规程[S].
- JTG E51—2009, Test methods of materials stabilized with inorganic binders for highway engineering [S]. (in Chinese)
- [15] 刘 丽. 沥青路面层间处治技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.
- LIU Li. Study on the technology performance of asphalt pavement layer interfaces [D]. Xi'an: Chang'an University, 2008. (in Chinese)
- [16] 刘宏伟. 透层施工的洒布时机研究[J]. 公路, 2012(4): 206-208.
- LIU Hong-wei. Research on spring time for construction of prime coat [J]. Highway, 2012(4): 206-208. (in Chinese)

