

文章编号:1671-6833(2008)03-0005-05

## 乳化剂对改性乳化沥青性能影响及机理研究

肖晶晶<sup>1</sup>, 郑南翔<sup>1</sup>, 宋哲玉<sup>2</sup>

(1. 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; 2. 长安大学 理学院, 陕西 西安 710064)

**摘 要:** 采用3种不同的乳化剂 AE、BE、CE, 变化其剂量与 SBR 胶乳共同作用制备改性乳化沥青, 并对乳液乳化效果及蒸发残留物性能进行试验研究. 结果表明: 当 AE、BE、CE 的剂量分别达到 2.0%、1.2%、1.5% 时, 三者对 SK-90 均有良好的乳化效果. 残留物 5℃ 延度指标表明, 三者对沥青材料性能的影响依次为提高、保持、降低. 残留物弹性恢复、黏韧性及韧性、60℃ 动力黏度等指标的检验, 对于微表处用原材料的质量控制具有重要意义. 研究表明, 当乳液其它指标均满足规范要求时, 其残留物 60℃ 动力黏度难以达到国外标准“ $<800 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ”的要求, 建议我国将弹性恢复、黏韧性、韧性、动力黏度等技术要求逐步列入相关规范.

**关键词:** 改性乳化沥青; 乳化剂; 延度; 弹性恢复; 黏韧性; 动力黏度

**中图分类号:** U 416.217

**文献标识码:** A

### 0 引言

改性乳化沥青因具有常温态施工, 节省能源, 减少环境污染, 降低工程造价等一系列优点, 从而在公路养护工程中得到广泛应用. 事实上, 沥青乳液只是在使用过程中的—种暂存形式, 即过渡状态. 沥青在乳化剂作用下被分散在水中, 当破乳之后, 水分被析出, 沥青又恢复自身的原有状态. 然而值得注意的是在破乳之后, 乳化剂仍然残留在沥青材料中. 残留在沥青中的乳化剂以何种形式存在, 对沥青材料有何种作用, 对沥青材料路用性能有何种影响, 是研究和应用改性乳化沥青材料部门普遍关注的问题<sup>[1]</sup>.

针对以上问题, 笔者选用了目前公路工程中较常用的3种沥青乳化剂(分别用 AE、BE、CE 表示)和 SBR 胶乳制备改性乳化沥青, 对乳液的乳化效果及蒸发残留物性能进行检测, 深入研究了乳化剂对改性乳化沥青性能的影响规律, 并对我国现行规范提出了相关建议.

### 1 原材料与试验方案

#### 1.1 试验原材料

沥青: SK-90 基质沥青, 各项性能指标满足相

关规范要求; 改性剂: 阳离子 SBR 胶乳 PC-1468, 剂量 3%; 乳化剂: AE、BE、CE; 稳定剂: 氯化钙  $\text{CaCl}_2$  和聚乙烯醇 PVA 各 0.1%; pH 值调节剂: 盐酸, 质量分数为 36%~38%.

主要试验仪器为高剪切乳化机(最高转速 11 000 r/min)和酸度计(pH 测量精度  $\pm 0.05$ ). 采用改性乳化同时进行的工艺制备改性乳化沥青, 主要技术参数如下: 油水比 60/40; 皂液 pH 值 2.0; 皂液温度 55~60℃; 沥青温度 135~140℃; 剪切速度 8 000 r/min; 剪切时间 10 min.

#### 1.2 试验方案

在其他试验条件不变的情况下, 采用不同的乳化剂种类(AE、BE、CE)及不同的乳化剂剂量(AE: 0.8%、1.2%、1.6%、2.0%、2.4%; BE: 0.8%、1.0%、1.2%、1.4%、1.6%; CE: 0.9%、1.2%、1.5%、1.8%、2.1%)制备改性乳化沥青, 并对所得乳液的筛上剩余量、标准黏度、储存稳定性、蒸发残留物的延度、弹性恢复、黏韧性、动力黏度等性能指标进行了测试, 考察乳化剂对改性乳化沥青性能的影响, 试验方法严格按照规范进行.

收稿日期: 2008-05-14; 修订日期: 2008-07-01

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAJ18B05)

作者简介: 肖晶晶(1982-), 女, 湖北武汉人, 长安大学博士研究生, 研究方向为改性乳化沥青, E-mail: xiaojj029@sina.com.

## 2 乳化剂对改性乳化沥青性能的影响

### 2.1 乳化剂对沥青乳化效果的影响

#### 2.1.1 乳化机理

乳化剂之所以能将常温下呈半固态的沥青制备成常温下呈液态的沥青乳液,是因为乳化剂由亲水的极性基和亲油的非极性基所构成。当乳化剂水溶液与沥青混合后,乳化剂分子的亲油基迅速插入沥青微粒中,而亲水基则插入水中。每个沥青微粒表面层被许多个乳化剂分子包围,形成一层界面膜。包围沥青微粒的乳化剂分子越多,界面膜越致密,膜的强度越高,对界面张力的降低作用越强。同时,界面膜外层排布的乳化剂分子亲水基可以与水分子以氢键的方式缔合,在界面膜表面形成一层牢固的水合层,亲水基越多,亲水性越强,则结合的水分子数目越多。界面膜外层乳化剂分子亲水基在水中电离后带有相应的电荷,又形成界面电荷层。乳化剂分子电离度越高,所带电荷数目就越多,界面电荷层就越强,同性相斥,加大了沥青聚结的阻力<sup>[2]</sup>。界面膜、水合层、界面电荷层使沥青在水中乳化、分散并保持相对稳定。

#### 2.1.2 试验研究

采用乳液筛上剩余量、标准黏度及储存稳定性3项指标,评价乳化剂对沥青的乳化效果,试验结果如图1~图3所示。

筛上剩余量表征了乳液中沥青微粒的粒径大小及均匀程度,是衡量乳液质量好坏的重要指标。如图1所示,当乳化剂剂量较小时,3种沥青乳液的筛上剩余量均不满足要求,其值远大于规范允许的最大值0.1%;相同剂量下,乳液BE的筛上剩余量最小,CE次之,AE最大;随着乳化剂剂量的增加,3种沥青乳液的筛上剩余量值明显减小,AE下降的速度最快;达到一定剂量后,各乳液的筛上剩余量均能满足规范要求<sup>[3]</sup>。可见,当乳化剂剂量较小时,3种乳化剂均难以将沥青分散成细小、均匀、稳定的沥青微粒,乳液质量差,乳化效果不好;待达到一定剂量后,3种乳化剂均发挥出优越的乳化性能。制得筛上剩余量符合要求的沥青乳液,所需要的最少乳化剂剂量各不相同,BE最少,为1.0%;CE次之,1.5%;AE最多,为2.0%,当然这与乳化剂的浓度、活性物含量及价格均有较大的关系,用量最少并不代表乳化效果就最好,乳化力最强。

改性乳化沥青必须具有合适的黏度。黏度过高,流动性差,不利于撒布和与集料的均匀拌和,

也不利于施工设备的精确计量;黏度太低,与集料拌和时稠度往往不够理想,容易造成离析和乳液流失,施工和易性差。规范规定微表处用改性乳化沥青的标准黏度值应在12~60s之间。如图2所示,3种沥青乳液的标准黏度均满足规范要求;随着乳化剂剂量的增加,3种乳液的黏度值明显降低,乳液变稀,流动性增强。试验过程中发现,当乳化剂剂量较低时,所得乳液颗粒性较强,流动性较差,偶有小的沥青微粒堵塞流孔,出孔乳液的连续性较差;当乳化剂剂量较大时,乳液较稀,流动性很强,流速较快;只有在乳化剂剂量适宜的情况下,乳液才能均匀连续匀速的通过流孔。相较而言,乳液AE具有较好的流动性,其标准黏度值多在20~40s之间。

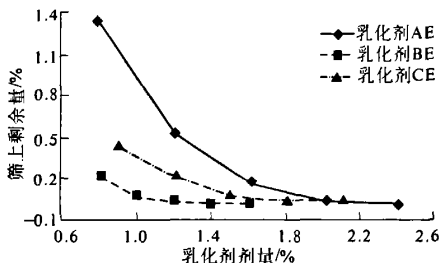


图1 乳化剂对乳液筛上剩余量的影响

Fig. 1 Influence of emulsifier on emulsion's sieve surplus

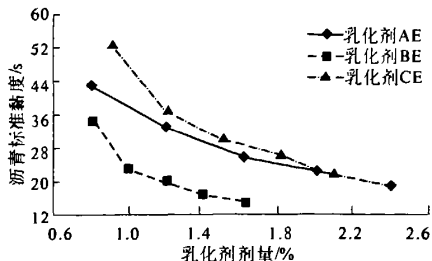


图2 乳化剂对乳液标准黏度的影响

Fig. 2 Influence of emulsifier on emulsion's standard viscosity

改性乳化沥青制备过程中,乳化沥青与胶乳在机械的作用下,破坏了原来各自的平衡,重新建立起一种新的平衡,如果这种平衡不能稳定存在,将会严重影响改性乳化沥青的生产、储存和使用。储存稳定性指标反映的是乳化沥青在静置情况下的沉降情况。我国规范要求24h储存稳定性不超过1%。乳液稳定性试验结果如图3所示。试验过程中发现,当乳化剂AE、BE剂量分别为0.8%和0.9%时,乳液发生严重的结皮现象,无法测得具体稳定性试验数值。继续增加乳化剂剂量以后,乳

液稳定性明显改善,其中 AE 改善效果最明显.能使乳液储存稳定性达到要求所对应的最小乳化剂量分别为:AE 为 2.0%,BE 为 1.2%,CE 为 1.2%.

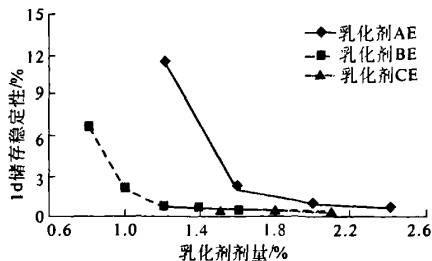


图3 乳化剂对乳液稳定性的影响

Fig.3 Influence of emulsifier on emulsion's stability

## 2.2 乳化剂对乳液蒸发残留物延度的影响

改性乳化沥青蒸发破乳后,沥青微珠间相互融合,沥青恢复原有状态.如果乳化剂分子在沥青分子间起剪切作用,则沥青微珠间的融合就会受到影响,乳化剂分子就像一道隔墙一样,把沥青微珠相互隔开,沥青恢复不到原有状态,沥青材料性能下降.如果乳化剂分子在沥青分子间起凝聚作用,则对沥青微珠间的融合有所促进,乳化剂分子就像桥梁一样,使沥青微珠顺利通过,并把它们牵拉到一起,促使沥青微珠间相互融合,沥青不但可恢复到原有状态,而且比原有状态融合更紧密,沥青材料性能提高.如果乳化剂分子对沥青无剪切也无凝聚作用,则沥青可恢复到原来状态,保持原有性能不变<sup>[4]</sup>.而乳化剂对沥青材料的性能影响最明显地体现在沥青的延度指标上.试验结果表明,乳化剂对沥青材料性能尤其是延度有较大的影响,对针入度和软化点的影响不明显.

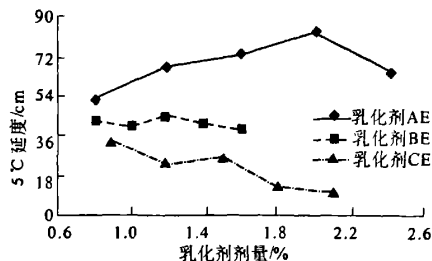


图4 乳化剂对乳液蒸发残留物延度的影响

Fig.4 Influence of emulsifier on evaporated residue's ductility of the asphalt emulsion

从图4可以看出:随着乳化剂剂量的增加,乳液 AE 蒸发残留物的5℃延度值逐步呈现先增大

后减小的趋势;而乳液 BE 蒸发残留物的5℃延度值变化趋势不明显;乳液 CE 蒸发残留物的5℃延度值则出现减小的趋势.由此可见,在乳化剂剂量不过量的情况下,乳化剂 AE 提高了材料性能;而乳化剂 BE 对材料性能影响不大;乳化剂 CE 则降低了材料的性能.

## 2.3 乳化剂对乳液蒸发残留物非常规指标的影响

### 2.3.1 乳化剂对乳液蒸发残留物弹性恢复的影响

材料在受到外力作用时的抗变形能力及其变形恢复能力是道路沥青高温抗车辙能力、低温柔韧性和延展性的集中体现.微表处技术常用于车辙修复,通过弹性恢复性能考察改性乳化沥青残留物的高温抗车辙能力,对于微表处技术原材料的质量控制具有重要意义.《AASHTO 快凝型聚合物改性阳离子乳化沥青技术要求》<sup>[5]</sup>规定改性乳化沥青蒸发残留物弹性恢复不得小于 50%.

弹性恢复试验结果如图5所示,3种乳液蒸发残留物均有一定的弹性恢复能力,相比之下,乳液 AE、BE 蒸发残留物的弹性恢复能力较强,能够满足上述 AASHTO 规范要求;乳液 CE 蒸发残留物的弹性恢复性能则稍差,难以满足以上规范要求.随着乳化剂剂量的增加,三者的弹性恢复值有所浮动,但变化趋势不明显,BE 有所下降,而 AE、CE 的规律性不强.总体来说,乳液 AE 的蒸发残留物弹性恢复性能最佳,具有理想的弹性特性,可有效抵抗外力作用,填补车辙,延缓沥青路面的老化.

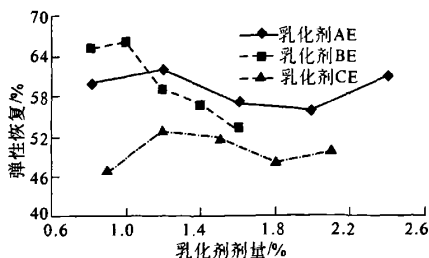


图5 乳化剂对乳液蒸发残留物弹性恢复的影响

Fig.5 Influence of emulsifier on evaporated residue's elastic recovery of the asphalt emulsion

### 2.3.2 乳化剂对乳液蒸发残留物(黏)韧性的影响

黏韧性指标反映了沥青材料的抗冲击能力及握裹能力,而韧性指标反映了沥青材料的黏结力大小.《日本 JEAAS 协会对微表处专用改性沥青

乳液的技术要求》<sup>[6]</sup>规定改性乳化沥青蒸发残留物“黏韧性  $> 3.0 \text{ N} \cdot \text{m}$ ; 韧性  $> 2.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ ”的要求。

从图6可以看出,3种乳液蒸发残留物的黏韧性及韧性指标均满足上述日本规范要求,乳液CE略差。随着乳化剂剂量的增加,3种乳液蒸发残留物黏韧性及韧性指标的变化趋势与5℃延度相近:乳液AE蒸发残留物的黏韧性及韧性指标先增大后减小;乳液BE变化幅度不大;乳液CE则缓慢降低。研究表明,黏韧性试验实质上是一定条件下材料的单向拉伸试验,黏韧性和韧性是表征最大拉伸变形能力和之后的较长时间的变形能力的两个参数,与延度指标具有一定的相关性<sup>[7]</sup>。

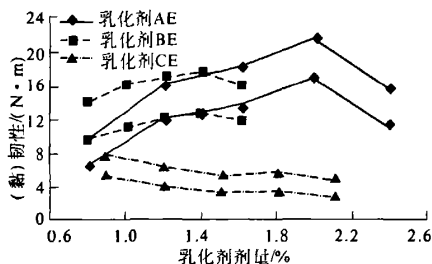


图6 乳化剂对乳液蒸发残留物(黏)韧性的影响

Fig.6 Influence of emulsifier on evaporated residue's toughness and tenacity of the asphalt emulsion

### 2.3.3 乳化剂对乳液蒸发残留物动力黏度的影响

从流变学角度考虑,黏度是反映沥青流动能力的物理参数,沥青的黏度大小与其分子结构及组成密切相关。60℃恰好处于夏季路面的高温条件下,因此,60℃动力黏度值能真实的反映路面的实际使用情况,是评价沥青路面高温稳定性的重要指标之一。黏度大的沥青说明在载荷作用下产生较小的剪切变形,弹性恢复性能好,残留的永久塑性变形小,抗车辙能力好,沥青路面的稳定性大<sup>[8]</sup>。

如图7所示,随着乳化剂剂量的增加,乳液AE蒸发残留物动力黏度先增大后减小,最小值为401 Pa·s,逐步增至峰值486 Pa·s,随后降至455 Pa·s。然而,动力黏度试验过程较为复杂,重复性试验的允许误差为平均值的7%。这样看来,乳化剂AE剂量对乳液蒸发残留物动力黏度的影响并不明显,乳液BE蒸发残留物动力黏度随乳化剂剂量的变化趋势不明显;而乳化剂CE剂量的增加则降低了乳液蒸发残留物的动力黏度。3

种乳液蒸发残留物的60℃动力黏度均不能达到国际上某些国家或地区对于此项指标的要求,如美国俄克拉荷马州要求微表处用改性乳化沥青蒸发残留物60℃动力黏度不得小于800 Pa·s。

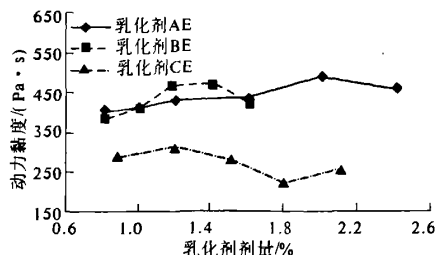


图7 乳化剂对乳液蒸发残留物动力黏度的影响

Fig.7 Influence of emulsifier on evaporated residue's dynamic viscosity of the asphalt emulsion

### 3 对规范的一点建议

改性乳化沥青由于结合了改性技术,其性能较普通乳化沥青有了较大的改变,用常规的试验方法不能完全表示出来。我国微表处用改性乳化沥青技术要求中,仅对乳液蒸发残留物的针入度、软化点、延度等沥青的基本性能指标做出规定,而对于残留物的弹性恢复、黏韧性、韧性、动力黏度等针对改性沥青特点开发的性能指标则未做出相应要求,这对于评价改性乳化沥青的性质显然是不够全面的。笔者通过大量的试验发现,制得的改性乳化沥青在满足我国微表处用改性乳化沥青技术要求中所有检测项目的情况下,60℃动力黏度均难以达到800 Pa·s。当然,我国地域广阔,气候差异大,与文中提到的美国俄克拉荷马州气候条件也不同,60℃动力黏度值定在800 Pa·s也不一定合理,但是这个问题值得注意,有待更深入的调查研究。

建议我国将弹性恢复、动力黏度、黏韧性、韧性等技术要求逐步列入相关规范。

### 4 结论

(1)3种乳化剂AE、BE、CE对沥青均有良好的乳化效果,与3%的阳离子SBR胶乳共同作用,可以制得均匀、分散、稳定性良好的改性乳化沥青乳液。

(2)乳化剂对沥青材料性能尤其是延度有较大的影响,对针入度和软化点的影响不明显。在乳化剂剂量不过量的情况下,随着乳化剂剂量的增加,乳化剂AE提高了材料性能;乳化剂BE对材料性能影响不大;乳化剂CE则降低了材料的性

能。

(3) 检验改性乳化沥青残留物的弹性恢复、黏韧性及韧性、60℃动力黏度等指标,对于微表处用原材料的质量控制具有重要意义。乳液 AE、BE 蒸发残留物的弹性恢复能力较强,CE 较差;3 种乳液蒸发残留物黏韧性及韧性指标均满足日本规范要求;3 种乳液蒸发残留物 60℃动力黏度均难以达到国际上某些国家或地区对于此项指标的要求

(4) 改性乳化沥青由于结合了改性技术,其性能较普通乳化沥青有了较大的改变,用常规的试验方法不能完全表示出来。建议我国将弹性恢复、动力黏度、黏韧性、韧性等技术要求逐步列入相关规范。

#### 参考文献:

[1] ANDREW C. Slurry surfacing around the world[R].

Washington DC:ISSA,2006.

- [2] 贾汉东,卫世乾,鲍改玲,等. 加入阴阳离子对高铁酸盐溶液稳定性的影响[J]. 郑州大学学报:理学版,2006,38(1):101-104.
- [3] 肖晶晶. 微表处改性乳化沥青及混合料性能研究[D]. 西安:长安大学,2007.
- [4] DUANE C, ALAN J. Chemical emission from asphalt emulsion applications[R]. Washington DC:ISSA/AEMA, 2000.
- [5] AASHTO M316-98, Modified cationic emulsified asphalt[S].
- [6] 日本アスフルト乳剂协会. JEAAS 2000 日本アスフルト乳剂协会规格[S]. 平成 12 年 10 月 1 日.
- [7] 赵 晶,王抒音,彭永恒,等. SBS 改性沥青技术与效果评价[J]. 中国公路学报,1997,10(4):18-24.
- [8] 侯航舰. 沥青黏结层抗剪强度试验探析[J]. 郑州大学学报:工学版,2006,27(3):38-41.

## Study on Effect of Emulsifier on Modified Emulsified Asphalt and Its Mechanism

XIAO Jing-jing<sup>1</sup>, ZHENG Nan-xiang<sup>1</sup>, SONG Zhe-yu<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. School of Science, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** We chose three different kinds of asphalt emulsifiers: AE, BE, CE, kept other test conditions constant, only changed the emulsifiers' dosage, prepared modified emulsified asphalt, then researched on the emulsifying effectiveness and the performance of emulsions' evaporated residue. The results show that, when the three emulsifiers' dosage reached 2.0%, 1.2%, 1.5% respectively, they emulsified and dispersed the asphalt SK-90 very well. The residue's 5℃ ductility showed that the three emulsifiers reflected different influence on the asphalt material, in sequence of improving, keeping and decreasing. Testing the residues' elastic recovery, toughness and tenacity as well as 60℃ dynamic viscosity is meaningful for controlling the raw material quality which is used for micro-surfacing. Research results indicated, when the other properties of modified emulsified asphalt satisfied the specification requirement well, the evaporation residues' dynamic viscosity is difficult to reach the international's requirement in some other countries or areas. The related specification should bring the elastic recovery, dynamic viscosity, toughness and tenacity into the regulation requirements step by step.

**Key words:** modified emulsified asphalt; emulsifier; ductility; elastic recovery; toughness and tenacity; dynamic viscosity