

# Study on New Emulsified Asphalt with High Solid Content

Xue Yang, Changhong Zhou, Jiale Lu

Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning  
Email: 1025285682@qq.com

Received: Apr. 23<sup>rd</sup>, 2019; accepted: May 3<sup>rd</sup>, 2019; published: May 10<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

In this paper, two methods are used to prepare emulsified asphalt. The first method is to prepare water-oil (O/W) emulsion with a proportion of 65% by cation emulsification. The second method is to increase the content of asphalt by non-ionic emulsification after paraffin is diluted, and prepare water-in-oil (W/O) emulsion with 70% asphalt. Finally, when mixing asphalt mixture, the strength of asphalt mixture is improved by three-layer wrapping process.

## Keywords

Emulsified Asphalt, Cationic Emulsifier, Anionic Emulsifier, Wrapping, Strength

---

## 新型高固含量乳化沥青制备研究

杨 雪, 周长红, 卢佳乐

大连理工大学建设工程学部, 辽宁 大连  
Email: 1025285682@qq.com

收稿日期: 2019年4月23日; 录用日期: 2019年5月3日; 发布日期: 2019年5月10日

---

## 摘 要

本论文共采用两种方法配制乳化沥青, 方式一通过阳离子乳化, 配制沥青占比65%的水包油(O/W)型乳液; 方式二是通过煤油稀释沥青后非离子乳化, 提高沥青含量, 配制沥青占比70%的油包水(W/O)型乳液。最后在拌和沥青混合料的时候, 通过三层裹附工艺提升沥青混合料的强度。

## 关键词

乳化沥青, 阳离子乳化剂, 阴离子乳化剂, 裹附, 强度

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

由于交通荷载更加重型化、大幅度增加的交通量以及越来越严重的超载车辆,使得路面结构的损坏得到加快。与公路的建设发展速度相比,我国的养护维修技术就显得相对薄弱。尤其是目前的沥青路面出现了大量的路面沉陷、网裂和空洞、松散剥落、车辙、坑槽、泛油、平整度变差等病害,为了防止这些病害加速对沥青路面的危害并保证路面的行车安全和良好有序的路况,急需进行养护维修工作。因此,如何使得沥青路面的使用寿命更长具有很广阔的市场前景[1]。

石油沥青本身有三个主要的优点,第一它具有很强的结合能力;第二,沥青本身具有抗老化的性能;第三由于沥青是一种憎水性材料,因此具有较好的防水能力[2]。所以沥青被广泛的应用于筑路工程、防水和密封材料使用等方面,但是同时沥青具有几个缺点,例如在高温下会变成流动状态、在低温环境中容易发生脆性开裂,此外沥青混凝土里面大多数采用的是现场熬制的热拌施工,不但严重污染环境,也对工人身体危害大,高温下施工现场容易发生火灾;随着世界能源危机的不断加剧,人们的环保意识越来越强,因此沥青的乳化改性开发成为沥青混凝土路面发展的必然趋势。

从1935年开始,中国乳化沥青开始应用在道路工程中,并且使用的产品多为国外进口产品,在1951年中国研制出阴离子型乳化沥青,三年后研制出乳化煤焦油沥青,1958年针对某些地区缺少砂石修路的情况研制出快裂型、慢裂型和中裂型阴离子乳化沥青[3]。目前我国的乳化沥青生产基地遍布全国各地,大部分地区建立完备的乳化沥青车间,发展迅速[4]。但我国乳化沥青的发展仍然与西方国家存在一些差距:第一,国外的乳化沥青中沥青的含量占比高于70%,甚至80%的水包油(O/W)型乳液,我国研制的乳化沥青含量只在65%以下[5][6];第二,国外的乳化剂种类多种多样并且质量好,可针对不同的地区、不同的用途使用相应的产品,而我国的乳化沥青种类稀少,适应各种沥青的性能差[7]。如何能研制出高固含量、适用范围广的乳化沥青十分必要。

## 2. 乳化沥青的制作

### 2.1. 乳化剂的构成

阳离子表面活性剂按照氮原子在分子中的位置不同分为三类,分别是铵盐型、季铵盐型和杂环型。铵盐型、季铵盐型属于中、快裂乳化剂,但是烷基铵盐型比季铵盐型所制备的乳化沥青的破乳速度要快很多,杂环型属于典型的慢裂乳化剂,它的破乳速度相比会慢很多。因此选择烷基胺类乳化剂[8]。

为了提高乳化沥青的稳定性并改善乳化效果,可以通过加入盐酸的方式,调节水溶液的PH值,增加溶液的离子强度。

制备的乳化沥青共采用两种稳定剂,一种稳定剂是纤维素类,又称作增稠剂,是一种有机水溶性高分子,一方面是水溶性高分子通过自身的粘度来增加水相的粘度,另外是水溶性高分子化合物和水中的分散相及其他高分子化合物发生反应,使得增稠效果高于聚合物本身粘度所造成的增稠效果。一般情况

下, 乳化沥青的黏度越大, 分散在水中的沥青微粒的热运动速度就会越慢, 那么微粒间的碰撞和聚集的概率会相对应的减小, 因此黏度增加, 乳化沥青也会更加稳定[9] [10]。乳化沥青稳定剂的确定另外一种稳定剂是无机盐, 由于在制备乳化沥青的过程中会出现乳液颗粒粗大而不均匀造成乳液发生絮凝或沉淀的现象, 加入无机盐稳定剂后会改变乳液的 Zeta 电位, 导致沥青微粒间的作用力改变, 从而影响粒度分布, 最终影响乳化沥青的储存稳定性[11] [12]。稳定剂对季铵盐阳离子型乳化沥青储存稳定性的影响、改性乳化沥青的研制及其储存稳定性考察。

## 2.2. 阳离子乳化沥青的制作

### 2.2.1. 实验试剂与实验装置

实验试剂与实验装置如表 1、规格如表 2。

**Table 1.** Laboratory instruments and devices

**表 1.** 实验仪器与装置

名称	生产厂家
乳化沥青实验室胶体磨	米德机械有限公司

**Table 2.** Reagent specifications

**表 2.** 试剂规格

名称	用量	规格	生产厂家
沥青	140 g	/	/
阳离子乳化剂	25 ml	工业级	广州 HL 化工科技有限公司
稳定剂	1 g	分析纯	上海 MKL 生化科技有限公司
盐酸	3 ml	分析纯	天津市科 MO 化学试剂有限公司
水	84 ml	/	/

### 2.2.2. 制作方法

- 1) 将阳离子乳化剂与水按比例混合后, 经过搅拌充分溶解形成皂液, 准备两份。
- 2) 将基质沥青加热至 90℃, 皂液加热至 60℃。
- 3) 将一份 60℃ 皂液再次搅拌倒入研磨机中, 使得仪器中的环境与实验环境相同, 研磨两分钟后倒出。
- 4) 再次将 60℃ 皂液倒入研磨机中, 研磨两分钟后, 取出 90℃ 基质沥青, 缓慢倒入研磨机中研磨, 研磨十分钟后即形成乳化沥青倒出。
- 5) 将稳定剂溶于 10 g 水中, 在第四步研磨的第五分钟倒入。

### 2.2.3. 实验结果对比

实验结果对比如表 3。

**Table 3.** Comparison of experimental results

**表 3.** 实验结果对比

稳定剂的选择	未加稳定剂	加羟乙基纤维素	加无水氯化钙
现象(是否沉淀)	初期有轻微沉淀, 两小时大量沉淀 不稳定	初期有轻微沉淀, 两小时后基本不变 稳定	大量沉淀, 沥青变硬难以搅拌 不稳定

实验结果表明：在不添加稳定剂的情况下，若能够在制作出乳化沥青后两个小时内与骨料拌和则不影响；加入羟乙基纤维素的效果会更好，而氯化钙并没有起到稳定剂的作用。

### 2.3. 乳化沥青蒸发残留物含量实验

通过乳化沥青蒸发残留物含量实验测得乳化沥青中沥青的固含量约为 65% (表 4)。

**Table 4.** Experimental result evaporative residue content

**表 4.** 蒸发残留物含量实验结果

次数	含量
1	64.8%
2	65.3%
3	64.9%

## 3. 非离子乳化沥青的制作

### 3.1. 实验装置

实验所用的仪器装置规格见下表 5、表 6。

**Table 5.** Laboratory instruments and devices

**表 5.** 实验仪器与装置

名称	生产厂家
NDJ-1F 旋转黏度计	上海昌吉地质仪器有限公司
DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器	上海予申仪器有限公司

**Table 6.** Reagent specifications

**表 6.** 试剂规格

名称	用量	规格	生产厂家
沥青	20 g	/	/
阴离子乳化剂	3 ml	工业级	广州 HL 化工科技有限公司
稳定剂	0.5 g	分析纯	上海 MKL 生化科技有限公司
盐酸	1 ml	分析纯	天津市科 MO 化学试剂有限公司
煤油	4 ml	工业级	天津市 DM 化学试剂厂
水	10 ml	/	/

### 3.2. 制作方法

- 1) 将沥青加入烧瓶中，90℃油浴至转子(转速 15 r/s)可以转动状态。
- 2) 将非离子乳化剂(失水山梨醇单油酸酯)与水、按比例混合后，经过搅拌充分溶解形成皂液，加热到 60℃。
- 3) 将煤油倒入烧瓶中，90℃油浴 5 分钟，达到稀释作用。
- 4) 将 60℃的皂液倒入烧瓶中，在 90℃油浴下充分搅拌五分钟后倒出。
- 5) 将 0.5 g 稳定剂溶于 5 g 水中搅拌使得充分溶解，需要加稳定剂的在第四步时加入。
- 6) 利用可调高速均质机进行高速剪切，使得沥青与乳化剂充分乳化。

### 3.3. 实验结果对比

结果对比如表 7。

**Table 7.** Comparison of experimental results

**表 7.** 实验结果对比

稳定剂的选择	不加稳定剂	加羟乙基纤维素	加无水氯化钙
现象(是否沉淀)	有乳化剂析出	添加后变黏稠, 一天后无变化	添加后变黏稠, 一天后无变化

说明: 制作非离子乳化剂的时候也采用和阳离子一样的方式, 但存在问题是, 非离子乳化剂不能乳化 90℃的沥青, 研磨机会发生堵塞。

### 3.4. 乳化沥青蒸发残留物含量实验

通过乳化沥青蒸发残留物含量实验测得乳化沥青中沥青的固含量约为 70.1% (表 8)。

**Table 8.** Experimental result evaporative residue content

**表 8.** 蒸发残留物含量实验结果

次数	含量
1	69.8%
2	70.1%
3	70.4%

## 4. 乳化沥青混合料实验

### 4.1. 乳化沥青混合料的破乳过程

第一过程: 裹附将自制乳化剂喷洒在矿料表面, 使得乳化沥青与矿料充分接触, 打破乳化沥青的平衡体系, 一部分乳化沥青进行首次破乳。

第二过程: 初凝矿料被乳化沥青充分裹附后, 由于电荷作用, 会导致乳化沥青发生不可逆吸附矿料表面发生, 从而挤出矿料表面的水分, 致使乳化沥青破乳; 与此同时, 由于第一过程乳化剂吸附在矿料的表面, 会降低乳化沥青中乳化剂的浓度, 将乳化沥青周围乳化剂形成的界面膜破坏, 增加乳化沥青的界面能, 发水聚合破乳现象。最终, 乳化沥青的微粒在矿料表面相互接触排列, 使得混合料形成初步的强度[13]。

第三过程: 固化随着时间的推移, 水分会持续蒸发, 使得乳化沥青的浓度逐渐增大, 沥青微粒在聚合的作用下相互接触的面积增大, 紧密聚集在一起, 使得原来的球体形状改变, 沥青微粒形变的主要原因是体系的界面张力的变化。沥青微粒紧密聚集至形成连续相, 这时被乳化沥青吸附的结合水将大量释放, 变成自由水, 游离于乳化沥青和矿料之间的微小空隙。此时的混合料虽然强度没有达到最大, 但是在行车的不断作用下, 水分会上浮形成水膜结构, 也就是轮胎接触的并不是沥青, 因此可以开放交通。此外, 在轮胎碾压下会加速乳化沥青的破乳过程, 进一步使得乳化沥青聚集[14]。

第四过程: 成型当水分持续蒸发至彻底消散, 乳化沥青会完全破乳, 随着行车的不断碾压作用而重新分布, 最终具备基质沥青的强度特性。这一过程与外界环境变化密切相关, 可能最终甚至需要几个月时间[15] [16]。

### 4.2. 混合料实验

1) AC-16 级配油石比: 6% 沥青: 509 骨料(表 9): 8491 阳离子乳化沥青(沥青含量 60%)

拌和分为三个步骤：第一步，在骨料表面喷洒乳化剂；第二步，将骨料粒径  $\geq 9.5$  的大粒径骨料先与乳化沥青拌和，使得乳化沥青能够与大粒径骨料充分接触；第三步，将剩余粒径骨料倒入拌和(表 10)。

**Table 9.** The quality of the aggregate

**表 9.** 骨料质量

骨料粒径	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
分计筛余	5	17.5	32.5	20	12.5	5	1.5	1.5	1.5	2.5
质量/g	424.6	1485.9	2459.6	1698.2	1061.4	424.6	127.4	127.4	127.4	212.3

**Table 10.** Marshall stability test results

**表 10.** 马歇尔稳定度实验结果

时间(天)	1	3	7	10	15	20
稳定度(kn)	2.79	3.8	4.32	4.93	4.76	4.92
流值(mm)	2.785	2.951	3.124	2.943	2.958	2.895

2) AC-16 级配油石比：10% 沥青：818 骨料：8182 阳离子乳化沥青(沥青含量 60%)  
马歇尔稳定度实验结果(表 11~12)。

**Table 11.** The quality of the aggregate

**表 11.** 骨料质量

骨料粒径	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
分计筛余	5	17.5	32.5	20	12.5	5	1.5	1.5	1.5	2.5
质量/g	409.1	1431.85	2659.2	1636.4	1022.75	409.1	122.7	122.7	122.7	204.5

**Table 12.** Marshall stability test results

**表 12.** 马歇尔稳定度实验结果

时间(天)	3	7	10	15	20	30
稳定度(kn)	3.41	3.62	4.4	4.97	5.21	5.3
流值(mm)	4.213	4.154	3.948	4.017	3.667	2.875

### 4.3. 实验调整

通过观察图片和实验结果发现，乳化沥青混合料的稳定度偏小，达不到标准要求；试件中的沥青少，粘度小(如图 1 所示)。当油石比由 6%提高至 10%，稳定度并没有太大的提高，通过分析得出由于乳化沥青中沥青的含量百分比煤油变化，虽然提高了油石比，但是相应的水也增加，所以将乳化沥青的沥青含量提高至 67%。

3) AC-16 级配油石比：10% 沥青：818 骨料：8182 阳离子乳化沥青(沥青含量 65%)(表 13，表 14)。

**Table 13.** The quality of the aggregate

**表 13.** 骨料质量

骨料粒径	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
分计筛余	5	17.5	32.5	20	12.5	5	1.5	1.5	1.5	2.5
质量/g	409.1	1431.85	2659.2	1636.4	1022.75	409.1	122.7	122.7	122.7	204.5

**Table 14.** Marshall stability test results  
**表 14.** 马歇尔稳定度实验结果

时间(天)	3	7	10	15	20	30
稳定度(kn)	4.23	4.87	5.62	5.72	6.04	6.24
流值(mm)	3.54	3.04	2.65	2.68	2.57	2.64



**Figure 1.** Marshall specimen  
**图 1.** 马歇尔试件

#### 4.4. 实验结论

通过提高乳化沥青的固含量，可以明显提高沥青混合料的马歇尔稳定度，使得混合料的初始强度能够达到规范要求。

#### 5. 结论

本论文探究制作出两种乳化沥青，一种为阳离子乳化沥青，一种为非离子乳化沥青，分别通过不同的方式提高乳化沥青中沥青的固含量，由于阳离子乳化沥青可以很好地与骨料进行裹覆，因此进行阳离子乳化沥青混合料实验，并通过马歇尔实验验证得出，新型乳化沥青混合料的强度能够达到规范要求。

#### 参考文献

- [1] 王红亮, 李其祥, 丁浩, 等. 国内外乳化沥青的应用及发展趋势[J]. 炭素, 2013(4): 45-47, 25.
- [2] 陈晓光, 丁朴, 熊杰. 乳化沥青冷再生技术分析公路与汽运[J]. 公路与汽运, 2006(2): 105-107.
- [3] 王长安, 吴育良, 许凯, 等. 影响乳化沥青稳定性的主要因素[J]. 新型建筑材料, 2005(1): 52-54.
- [4] 张紫红. 厂拌冷再生用乳化沥青性能及应用技术研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安科技大学, 2017.
- [5] 刘尚乐. 乳化沥青及其在道路、建筑工程中的应用[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2008: 4-5.
- [6] 张兰. 乳化沥青稳定剂的确定[J]. 安徽职业技术学报, 2009, 8(4): 13-15.
- [7] 赵晓帆. 沥青碎石封层技术的施工工艺与施工装备应用[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2009.
- [8] 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.
- [9] 田静, 沙爱民. 低能耗沥青路面混合料选型与施工工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2010.
- [10] 胡凯, 王为标. 乳化沥青应用于水工沥青混凝土的探索性研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2013.
- [11] 郭晨昊, 韩森. 粘层用环氧树脂改性乳化沥青关键技术研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2012.

- 
- [12] 侯伟林, 刘宝举. 水泥沥青砂浆用 SBS 改性沥青储存稳定性的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2011.
- [13] 龚陶然, 刘其城, 李海斌. 稳定剂对季铵盐阳离子型乳化沥青储存稳定性的影响[J]. 交通科学与工程, 2011, 27(1): 41-45.
- [14] 韩春来. SBS 改性乳化沥青研制及路用性能室内试验研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 长沙理工大学, 2011.
- [15] 彭煜, 蔺习雄, 杨克红, 等. 新微表处混合料可拌和时间的影响因素分析[J]. 石油沥青, 2007, 21(3): 14-18.
- [16] 常玉艳, 裴建军, 姚德宏. 两种乳化沥青蒸发残留物含量测定法的比较[J]. 石油沥青, 2004, 18(6): 49-52.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3431, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ojtt@hanspub.org](mailto:ojtt@hanspub.org)