

# Development and Preparation of High Solid Color Emulsified Asphalt

Sifa Fang<sup>1</sup>, Zhaosheng Chu<sup>2</sup>, Peng Guo<sup>1</sup>, Luofei Kuang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Wuhan Municipal Road & Bridge Co. Ltd., Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Faculty of Materials Science and Engineering, Hubei University, Wuhan Hubei

Email: 1073207667@qq.com

Received: Mar. 4<sup>th</sup>, 2020; accepted: Mar. 19<sup>th</sup>, 2020; published: Mar. 26<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

This paper introduces the synthesis method of colored asphalt binder. The effects of emulsifiers and stabilizers on the properties of high solid color emulsified asphalt were studied. The study found that the optimum dosage of emulsifier is 2.5%, and the stabilizer is compounded by organic and inorganic 2:1. The optimum dosage is 0.2%. The prepared high solid color emulsified asphalt has a solid content of up to 70% and stable performance, and is suitable for municipal and landscape road construction.

## Keywords

Asphalt Binder, Emulsified Asphalt, High Solid Content

---

# 高固含彩色乳化沥青的制备研究

方四发<sup>1</sup>, 储昭胜<sup>2</sup>, 郭 鹏<sup>1</sup>, 匡罗飞<sup>1</sup>

<sup>1</sup>武汉市市政路桥有限公司, 湖北 武汉

<sup>2</sup>湖北大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉

Email: 1073207667@qq.com

收稿日期: 2020年3月4日; 录用日期: 2020年3月19日; 发布日期: 2020年3月26日

---

## 摘 要

本文介绍了彩色沥青胶结料的物理合成方法并研究了乳化剂、稳定剂对高固含彩色乳化沥青的性能影响。研究发现, 乳化剂最佳掺量为2.5%, 稳定剂采用有机和无机进行2:1复配, 最佳掺量为0.2%。制备的高固含彩色乳化沥青固含量高达70%, 性能稳定, 适用于市政, 景观道路建设。

## 关键词

沥青胶结料, 乳化沥青, 高固含

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

随着经济快速发展, 科学技术不断进步, 交通工程大规模建设, 人们日益对彩色沥青路面产生浓厚兴趣。彩色沥青路面具有美化环境、美化城市、减缓驾驶疲劳、提高行车安全、缓解“热岛效应”等优点[1] [2]。上世纪 50 年代, 欧洲国家就首先对彩色沥青路面的铺设进行研究。1960 年代, 前苏联开始研究彩色沥青路面, 并在莫斯科和哈尔科夫等城市较大面积地铺设彩色沥青混凝土路面[3]。20 世纪 70 年代, 日本召开万国博览会展示了大面积的彩色沥青道路, 90 年代, 法国巴黎铺设了一条长度大概为 30 km 的蓝色路面。1980 年代, 我国开始对彩色沥青路面铺装技术进行初步研究, 可经济实力达不到大面积推广应用, 推进速度较缓慢, 2000 年以后才渐渐发展起来, 目前, 我国已经在 20 多个城市中进行了彩色沥青混凝土路面铺设, 并取得了良好效果[4] [5] [6]。彩色沥青胶结料主要分为两大类: 普通的黑色沥青胶料和浅色胶结料。大致方法可分为覆盖法、脱质沥青法、单一浅色胶结料、聚合物复合法浅色胶结料[7] [8]。聚合物复合法制备浅色胶结料可有效解决目前彩色沥青路面成本高、沥青脱色难、设备贵、后期维护难的问题, 本文首先选取 C9 石油树脂、芳烃油、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS)、增塑剂邻苯二甲酸二丁酯(DBP)高速剪切法制备彩色沥青胶结料, 然后将其进一步乳化。在制备工艺、参数配方上进行优化设计得到高固含量的彩色乳化沥青。最后对制备出的彩色乳化沥青进行性能分析, 为进一步分析彩色乳化沥青混合料做准备。

## 2. 实验

### 2.1. 实验原材料

#### 2.1.1. 浅色胶结料制备原料

芳烃油、C9 石油树脂、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS)、邻苯二甲酸二丁酯(DBP)。

#### 2.1.2. 高固含彩色乳化沥青原料

浅色胶结料、cmk-6 阳离子乳化剂(新乡龙腾路用材料有限公司)、盐酸、SBS 胶乳(课题组制备, 固含 60%)、改性淀粉、无水氯化钙、颜料。

### 2.2. 实验设备

弗兰克剪切机, 加热套、反应釜、胶体磨、软化点仪、针入度仪、延度仪等。

### 2.3. 实验方法及过程

#### 2.3.1. 浅色胶结料的制备

采用聚合物复合法来制备彩色沥青的浅色胶结料, 首先将 SBS 与 DBP 在 150℃左右温度下加热搅拌约 15 分钟, 使其充分混合。然后在反应器中加热芳烃油至 160℃, 加入 SBS、DBP 的混合物 3000 转剪

切 5~10 min, 均匀分散后加大转速至 6500 转剪切 20 min, 待温度至 170℃, 保持恒定, 加入 C9 石油树脂继续剪切 10 min, 直至各组分充分溶解。最后将混合溶液送至烘箱 170℃发育 2 小时, 制得浅色胶结料。技术路线图如图 1 所示。最后按照不同要求加入颜料即可得到彩色沥青。



Figure 1. Technical route of preparation of light-colored asphalt binder  
图 1. 浅色胶结料的制备技术路线

### 2.3.2. 高固含彩色乳化沥青的制备

选取 2.3.1 制备的彩色沥青胶结料作为彩色沥青基体, 选择合适的乳化剂, 利用二次热混合法制备高固含彩色中温乳化沥青, 其具体路线图如图 2 所示。工艺参数: 皂液温度为 65℃~70℃, 皂液 PH 用盐酸调节至 2~3, 基质沥青加热温度为 130℃~140℃, 剪切 3~5 min。

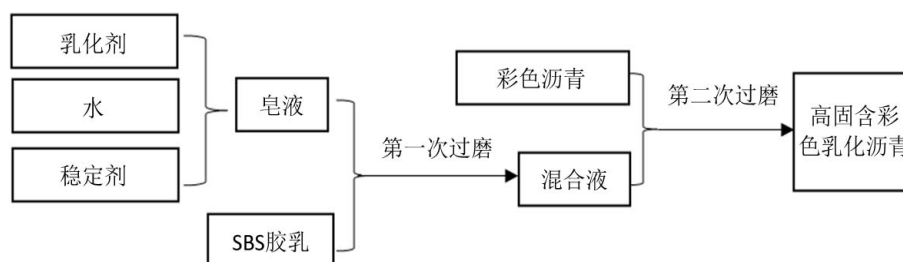


Figure 2. Technical route of preparation of high solid color emulsified asphalt  
图 2. 高固含彩色乳化沥青的制备技术路线

## 3.结果与讨论

### 3.1 浅色沥青胶结料性能分析

根据前期大量实验总结, 最终确定浅色沥青胶结料的配比, 测出其三指标性能并与普通 70#石油沥青进行对比分析。测试结果如表 1 所示。

Table 1. Three index properties of light-colored asphalt binder and 70# matrix asphalt  
表 1. 浅色沥青胶结料与 70#基质沥青的三指标性能

胶结料	各组分掺配比例%				软化点℃	针入度 0.1 mm	延度 15℃, cm
	芳烃油	C9 石油树脂	SBS	DBP			
浅色沥青	48	42	5	5	55	66	>100
70#基质沥青	/	/	/	/	49	69	>100

由表 1 可知, 制备出来的浅色沥青胶结料与普通 70#石油基质沥青三指标接近, 软化点高, 可用此为基体进一步乳化, 制得彩色乳化沥青。

### 3.2 乳化剂对彩色乳化沥青性能的影响

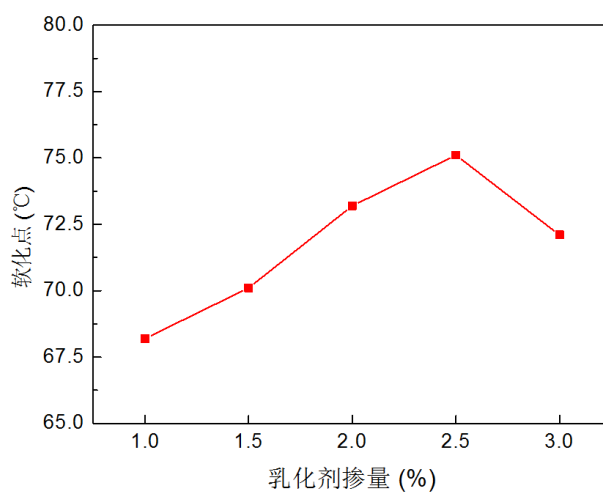
乳化剂是乳化沥青中重要的物质组成部分, 对沥青乳化后的性能有重要影响。因彩色沥青胶结料类

与 70#基质沥青性能相近, 直接参照普通黑色沥青乳化过程, 乳化剂选择 cmk-6, 探究不同掺量下乳化剂对彩色乳化沥青性能的影响。固含量初步设计 60%, 改性 SBS 胶乳掺量为 5%。其结果性能见表 2 和图 3~6。

**Table 2.** The performance of color emulsified asphalt with different emulsifier dosage

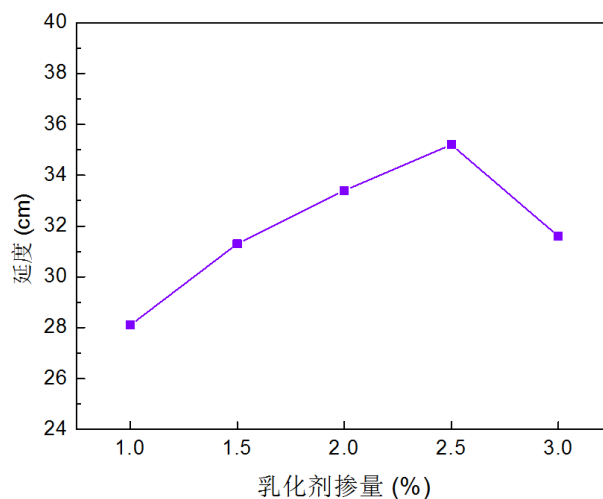
**表 2.** 不同乳化剂掺量下的彩色乳化沥青性能

乳化剂掺量(%)	筛上量% ( $\leq 0.1$ )	蒸发残留物性质			储存稳定性/%	
		软化点/ $^{\circ}\text{C}$	延度/ $5^{\circ}\text{C}$ , cm	针入度/ $0.1\text{ mm}$	1 d $\leq$ 1%	5 d $\leq$ 5
1.0	0.08	68.2	28.1	64.2	0.8	3.6
1.5	0.07	70.1	31.3	63.1	0.6	3.1
2.0	0.05	73.2	33.4	65.7	0.5	2.5
2.5	0.03	75.1	35.2	64.5	0.2	1.8
3.0	0.03	72.1	31.6	66.9	0.2	1.7



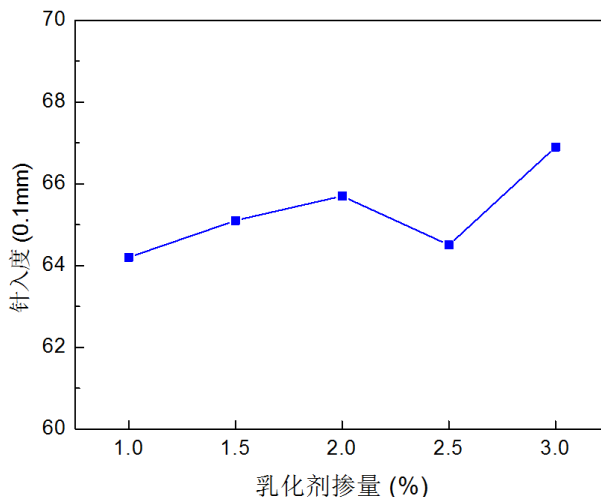
**Figure 3.** Effect of emulsifier dosage on softening point

**图 3.** 乳化剂用量对软化点的影响

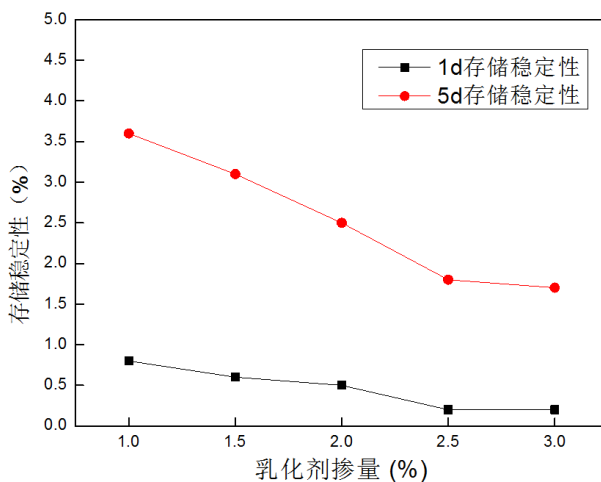


**Figure 4.** Effect of emulsifier dosage on elongation

**图 4.** 乳化剂用量对延度的影响



**Figure 5.** Effect of emulsifier dosage on needle penetration  
**图 5.** 乳化剂用量对针入度的影响



**Figure 6.** Effect of emulsifier dosage on storage stability  
**图 6.** 乳化剂用量对存储稳定性的影响

由于改性剂 SBS 胶乳的加入, 彩色乳化沥青的高低温性能均得到提升, 表现在软化点提升 15℃左右和低温延度值高达 35 cm, 达到 I 类 D 级 SBS 改性沥青指标。从图 3 和图 4 可以看出, 乳化剂用量逐步提高, 软化点和延度先上升后下降, 乳化剂掺量在 2.5% 时, 软化点为 75.1℃, 5℃延度为 35.2 cm。因为随着乳化剂用量增加, 乳化剂的乳化效率增强, 彩色沥青乳化程度越高, 粒径越分散, 但乳化剂超过一定量后, 过量的乳化剂分子会抑制乳化沥青破乳后的沥青分子间地相互融合, 一些性能得以下降。从图 5 可以看出, 针入度基本在 62~68 之间变化, 无较大波动, 与乳化前也无明显差异, 说明彩色沥青乳化后稠度变化不大。由图 6 可知, 初始阶段, 乳化剂用量逐渐增加, 彩色乳化沥青的储存稳定性也逐渐提高, 当乳化剂用量超过 2.5% 时, 彩色沥青趋于稳定状态。随着乳化剂用量的增加, 彩色沥青各相越分散, 粒径越小, 沉降速度下降, 同时沥青液滴界面膜强度增大也可有效阻挡相互聚集, 从而提升整个乳液体系的稳定性和质量。综上所述, cmk-6 型乳化剂最佳掺量为 2.5%。

### 3.3. 彩色乳化沥青稳定剂的选择

由于本文研发的改性乳化沥青固含量高, 为了保障体系的稳定性, 不容易破乳, 乳化剂用量在确定最

佳掺量后，还可以适当添加相应的稳定剂。乳化沥青中的沥青颗粒沉降速度  $v$  为：

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho - \rho_0)G}{n} \cdot r^2$$

式中  $\rho$  分散质密度和  $\rho_0$  为分散相密度， $G$  为重力速度， $n$  为分散相的粘度。从公式可以得到，当密度差越小，粒径越小，分散相粘度越大，沉降速度就越小，乳化沥青体系越稳定[9]。所以，一般有两种方式提升乳液稳定性，一是添加有机稳定剂，如羧甲基纤维素钠、淀粉等提升水相粘度，致使乳液中的沥青微粒热运动所受阻力增加，达到增稳效果。二是添加类似氯化钙，氯化镁等无机盐类，提高乳液的 Zeta 电位，从而导致沥青微粒间作用力的改变，减小微粒半径，进而提升其储存稳定性。

高固含彩色乳化沥青，沥青固含量一般在 60% 以上，沥青微粒容易发生凝聚，沉降，所以本文选择有机稳定剂改性淀粉和无机稳定剂氯化钙进行 2:1 复配混合使用，来提高高固含乳液体系的稳定性。由 3.2 知乳化剂最佳掺量为 2.5%，不同稳定剂掺量对稳定性的影响如图 7 所示。

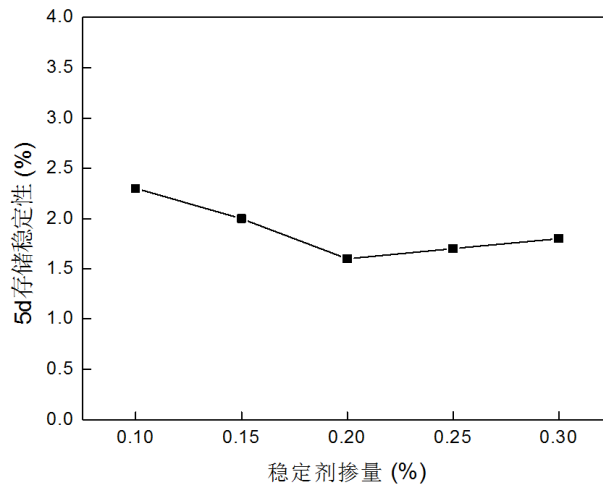


Figure 7. Effect of stabilizer dosage on stability  
图 7. 稳定剂用量对稳定性的影响

由图 7 知，稳定剂的加入可以提升体系的稳定性，用量大于 0.2%，稳定性略有减弱，因为当稳定剂达到 0.2% 时已处于饱和状态，再继续增加氯离子，会打破体系中原双电子层的平衡导致乳液粒径增大，过量改性淀粉也会和沥青生成结晶物质影响稳定性。所以综合考虑，稳定剂最佳掺量为 0.2%。

### 3.4. 高固含量彩色乳化沥青的稳定性能

乳化剂和稳定剂的最佳掺量确定好，探究在此条件下，彩色乳化沥青可制备的最高固含量。不同固含量下的彩色乳化沥青性能如表 3 所示。

Table 3. Performance of colored emulsified asphalt with different solid content  
表 3. 不同固含量下的彩色乳化沥青性能

固含量设计值	乳化难度	筛上量% ( $\leq 0.1$ )	1 d 存储稳定性%	5 d 存储稳定性%	蒸发残留物		
					软化点	针入度	延度
60%	可乳化	0.02	0.1	2.8	75.1	69.1	35.2
65%	可乳化	0.03	0.2	2.9	76.2	68.8	35.8
70%	可乳化	0.03	0.8	4.3	74.7	66.2	34.9
75%	困难、破乳、结皮	2.02	/	/	/	/	/

由表 3 可得,随着固含量的提高,分散质沥青粘度过大,彩色乳化沥青的乳化难度增大,稳定性也逐渐变差,到 75%时,整个乳化体系不稳定,导致破乳结皮。故本文可制备高达 70%的高温彩色乳化沥青,软化点达到 74.7℃,5℃延度达到 34.9 cm。将此胶结料应用于中温沥青混合料,对城市景观道路的建设 and 提高道路安全性能,具有重要意义。

#### 4. 结论

- 1) 用高芳烃油、C9 石油树脂、SBS、DBP 按照 48:42:5:5 配比制得的彩色沥青胶结料与普通 70#石油基质沥青性能接近。
- 2) 研究乳化剂用量对彩色乳化沥青的性能影响,最佳掺量为 2.5%。
- 3) 稳定剂采取改性淀粉和氯化钙 2:1 复配,最佳掺量为 0.2%。
- 4) 彩色乳化沥青固含量可达 70%,性能稳定,对彩色中温沥青混合料的推广应用具有重要意义。

#### 参考文献

- [1] 刘俊,陈思旻. 新型乳化彩色沥青开发与应用探讨[J]. 城市道桥与防洪, 2011(12): 151-154.
- [2] 王利泉,谢素琴. 彩色沥青胶结料的研究与应用[J]. 市政技术, 2003(2): 29-31.
- [3] 许英明. 彩色沥青混凝土路面的现状概述[J]. 筑路机械与施工机械化, 2004, 21(9): 5-7.
- [4] 张存信,赵永飞. 彩色沥青路面应用及乳化沥青混合料制备[J]. 新材料产业, 2013(12): 40-43.
- [5] 宋文佳. 彩色乳化沥青制备工艺研究[J]. 当代化工, 2018, 47(268): 979-981.
- [6] 徐艳. 彩色乳化沥青制备技术及其路用性能研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2015.
- [7] 王鹏涛,张剑桥,弥海晨,徐鹏. 彩色沥青乳化技术研究[J]. 石油沥青, 2018, 32(3): 39-41.
- [8] 张敬义,杨闯,吴立报,等. 喷涂速凝型彩色乳化沥青及其防水涂料的研究[J]. 中国建筑防水, 2017(10): 1-4.
- [9] 汪洁. 高浓度乳化沥青的制备及其混合料性能研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2013.