

# Application Evaluation of Trackless Emulsified Asphalt Tack Coat in Expressway Maintenance Engineering

Changhui Li<sup>1</sup>, Kai Zhao<sup>1</sup>, Xiangyun Liu<sup>2</sup>, Qiang Sun<sup>3\*</sup>, Xia Li<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Shandong Hi-Speed Company Limited, Jinan Shandong

<sup>2</sup>Dongying Highway Development Center, Dongying Shandong

<sup>3</sup>Shandong Transportation Research Institute, Jinan Shandong

Email: \*chinasun0813@163.com

Received: Apr. 9<sup>th</sup>, 2020; accepted: Apr. 22<sup>nd</sup>, 2020; published: Apr. 29<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

Taking the shear strength and tensile strength as the evaluation index of the bond state between layers of asphalt pavement, the influence of different emulsified asphalt on the bond state between layers of asphalt pavement is analyzed. Through the practical application in the expressway maintenance project, the usability of high-performance trackless emulsified asphalt is verified, and the social and economic benefits are analyzed. The results show that the adhesion between layers of high performance trackless emulsified asphalt is significantly better than SBS modified emulsified asphalt and ordinary emulsified asphalt; high performance trackless emulsified asphalt can provide a high adhesion between layers of pavement structure while playing trackless effect; the adhesion effect of high performance trackless emulsified asphalt on new pavement is better than milled pavement; high performance trackless emulsified asphalt has good economic and social benefits, and has a broad prospect of application.

## Keywords

Emulsified Asphalt, Tack Coat, Maintenance Engineering, Trackless, Drawing Strength of Adhesion

# 不粘轮乳化沥青粘层在高速公路养护工程中应用评价

李昌辉<sup>1</sup>, 赵凯<sup>1</sup>, 刘相云<sup>2</sup>, 孙强<sup>3\*</sup>, 李夏<sup>3</sup>

<sup>1</sup>山东高速股份有限公司, 山东 济南

<sup>2</sup>东营市公路事业发展中心, 山东 济南

\*通讯作者。

<sup>3</sup>山东省交通科学研究院, 山东 济南  
Email: chinasun0813@163.com

收稿日期: 2020年4月9日; 录用日期: 2020年4月22日; 发布日期: 2020年4月29日

## 摘要

本文以抗剪强度和抗拉强度作为沥青路面层间粘结状态的评价指标, 分析不同乳化沥青对沥青路面层间粘结状态的影响, 通过在高速公路养护工程中实际应用, 验证了高性能不粘轮乳化沥青的使用性能, 并进行了社会和经济效益的分析。结果表明: 高性能不粘轮乳化沥青的层间粘结效果明显优于SBS改性乳化沥青和普通乳化沥青; 高性能不粘轮乳化沥青在起到不粘轮效果的同时, 可提供很高的路面结构层间粘结力; 高性能不粘轮乳化沥青在新铺路面上的粘结效果比铣刨路面好; 高性能不粘轮乳化沥青具有很好的经济效益和社会效益, 推广应用前景广阔。

## 关键词

乳化沥青, 粘层, 养护工程, 不粘轮, 附着力拉拔强度

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

我国的路面结构为多层结构, 层间采用粘结措施使路面结构成为一个整体, 但施工过程中层间粘结施工质量控制常常被忽视而成为薄弱环节。大量研究和经验结果表明, 在路面使用过程中, 层间粘结性能降低, 特别是在高温、重载等不利条件下, 层间粘结性能降低将导致过早出现各种路面病害, 严重影响路面使用性能[1] [2] [3]。

目前, 国内大多数道路施工中采用乳化沥青作为粘层材料, 其中, 应用比较广泛的乳化沥青种类为普通乳化沥青、SBR 改性乳化沥青和 SBS 改性乳化沥青。在陡坡、弯道等特殊路段以及高温、超载等使用条件下, 常用的乳化沥青不能完全满足路面结构层间粘结性能的要求[4] [5]。杜永安、蒋爱明等等[6] [7] 研究认为适当提高乳化剂掺量能提高乳化沥青粘结性能, 并且在沥青面层与半刚性基层之间增加柔性基层能提高层间粘结效果, 提高道路结构整体性能; 田俊壮、苏新国等[8] [9] 研究发现 AC 密级配路面结构组合和 SBS 改性乳化沥青的搭配粘结性能最优, 粘结性能均强于其他组合。

基于此, 本项目采用高性能不粘轮乳化沥青作为粘层材料, 对比分析其与常规乳化沥青的性能区别, 为其大面积的推广应用提供技术支撑。本文采用室内剪切试验和拉拔试验的方法, 选用 4 cm SMA-13 + 乳化沥青粘层 + 6 cm AC-20 的路面结构、三种乳化沥青作为粘层材料, 通过室内试验研究不同乳化沥青材料作为层间粘结材料的性能, 并通过实体工程的实施, 验证高性能不粘轮乳化沥青的实际应用效果。

## 2. 原材料选择及性能指标

为了对比高性能不粘轮乳化沥青与常规乳化沥青的性能区别, 选取高性能不粘轮乳化沥青、普通乳化沥青和 SBS 改性乳化沥青进行对比研究, 三种乳化沥青的检测指标如表 1 所示。

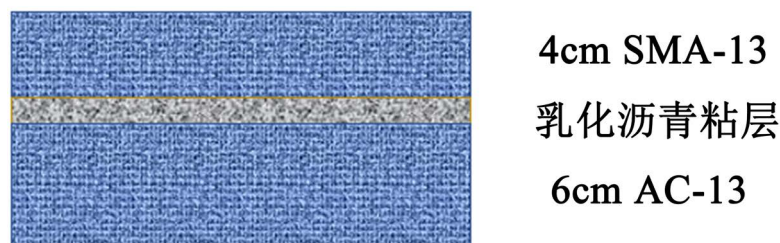
**Table 1.** Technical requirements of trackless emulsified asphalt**表 1.** 不粘轮乳化沥青技术要求

检验项目	单位	实测值			
		普通乳化沥青	SBS 改性乳化沥青	高性能不粘轮乳化沥青	
破乳速度	/	快裂	快裂	快裂	
粒子电荷	/	阳离子(+)	阳离子(+)	阳离子(+)	
筛上残留物(1.18 mm 筛)	%	0.06	0.02	0.03	
沥青标准粘度(25℃)	s	18	19	17	
蒸发残留物含量	%	51.6	55.0	52.9	
蒸发残留物	针入度(25℃)	0.1 mm	72	68	28.7
	软化点	℃	60	69.5	89.2
	溶解度	%	99.85	99.32	99.66
常温贮存稳定性	5 d	%	1.2	1.9	1.6
	1 d	%	0.2	0.5	0.3
粘轮情况	/	粘轮	粘轮	不粘轮	
拉拔强度(25℃)	MPa	1.03	1.27	1.68	

### 3. 层间粘结性能评价

#### 3.1. 路面结构组合

结合山东省目前常用的“4 cm SMA-13 + 乳化沥青粘层 + 6 cm AC-20”的沥青路面结构组合, 分析不同乳化沥青材料对层间粘结状态的影响。采用该路面结构组合进行室内模拟试验, 如图 1 所示。

**Figure 1.** Pavement structure combination**图 1.** 路面结构组合

#### 3.2. 试验评价方法

剪切试验是目前评价沥青路面结构层间粘结性能的主要方法, 但该试验方法不能反映路面结构在车辆竖向荷载的抗拉拔性能, 因此本文选择斜面剪切试验和拉拔试验, 并对沥青路面结构在受力状态下的剪应力和拉应力进行相关性分析。并根据相关文献研究和工程实践经验, 本文选择乳化沥青用量和层间污染作为研究沥青路面结构层间粘结性能的因素。

剪切试验采用 40° 斜面夹角, 加载速度为 2 mm/min, 试验数据通过应力和位移传感器采集和记录, 剪应力通过最大荷载值计算, 计算公式如下:

$$\tau = \sin(40^\circ) \times F/S \quad (1)$$

式中： $S$  为试件剪切截面积，为  $7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 。

拉拔试验采用环氧树脂作为粘结材料，采用万能试验机进行拉拔试验，加载速度为  $20 \text{ mm/min}$ 。

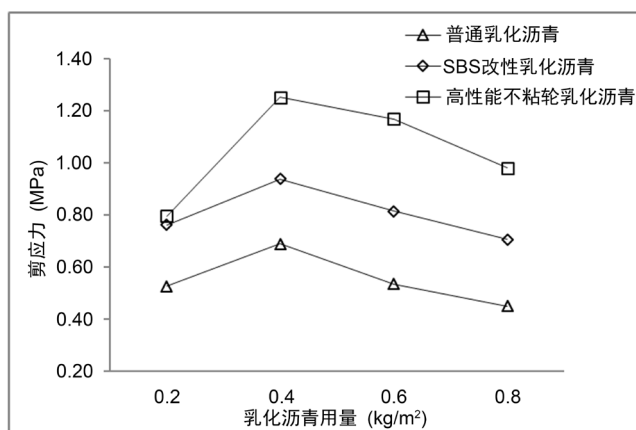
### 3.3. 层间粘结性能试验

不同种类的乳化沥青分别采用 4 种乳化沥青用量，按照固含量折算成纯沥青用量分别为  $0.2 \text{ kg/m}^2$ 、 $0.4 \text{ kg/m}^2$ 、 $0.6 \text{ kg/m}^2$ 、 $0.8 \text{ kg/m}^2$ ，进行剪切试验和拉拔试验。试验结果如表 2、图 2 和图 3 所示。

**Table 2.** Interlaminar shear stress and tensile stress under different emulsified asphalt content

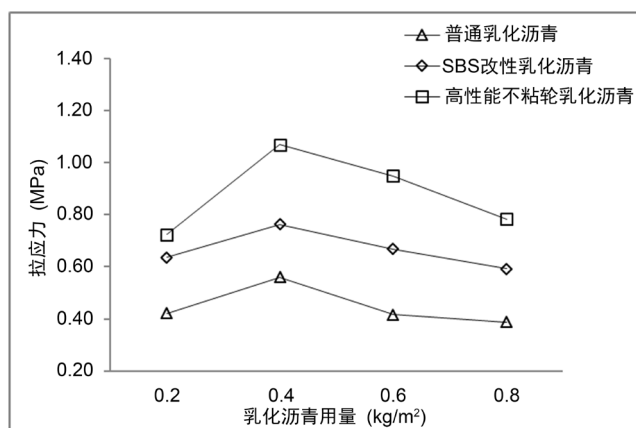
**表 2.** 不同乳化沥青用量下的层间剪应力和拉应力

纯沥青用量( $\text{kg/m}^2$ )		0.2	0.4	0.6	0.8
剪应力(MPa)	普通乳化沥青	0.527	0.690	0.535	0.451
	SBS 改性乳化沥青	0.763	0.938	0.815	0.706
	高性能不粘轮乳化沥青	0.797	1.252	1.169	0.980
拉应力(MPa)	普通乳化沥青	0.422	0.561	0.446	0.358
	SBS 改性乳化沥青	0.636	0.763	0.668	0.593
	高性能不粘轮乳化沥青	0.675	1.070	0.950	0.784



**Figure 2.** Relation curve between shear stress and emulsified asphalt content

**图 2.** 剪应力与乳化沥青用量的关系曲线



**Figure 3.** Relation curve between tensile stress and emulsified asphalt content

**图 3.** 拉应力与乳化沥青用量的关系曲线

由试验结果可知,随着乳化沥青用量的增大,三种乳化沥青的层间剪应力和拉应力均出现先增大后减小的趋势,在乳化沥青用量为  $0.4 \text{ kg/m}^2$  时达到峰值,故  $0.4 \text{ kg/m}^2$  为最佳乳化沥青用量,此时路面结构层间粘结性能最优。在相同的乳化沥青用量下,三种乳化沥青的层间剪应力和拉应力的大小顺序为:高性能不粘轮乳化沥青 > SBS 改性乳化沥青 > 普通乳化沥青。数据表明,采用高性能不粘轮乳化沥青作为粘结材料时,其层间粘结效果明显优于 SBS 改性乳化沥青和普通乳化沥青,是一种性能可靠的层间粘结材料。

## 4. 工程应用

### 4.1. 施工方案

高性能不粘轮乳化沥青分别在荷关高速、青银高速夏津段和潍莱高速养护维修项目进行了应用。施工方案有两种:方案一为铣刨 4 cm SMA-13 上面层后喷洒高性能不粘轮乳化沥青,然后回铺 4 cm SMA-13,如图 4 所示;方案二为铣刨 4 cm SMA-13 上面层和 6 cm AC-20 中面层,回铺 6 cm AC-20 后喷洒高性能不粘轮乳化沥青,然后回铺 4 cm SMA-13,如图 5 所示。



Figure 4. Spraying high performance trackless emulsified asphalt on milling surface  
图 4. 铣刨面上喷洒高性能不粘轮乳化沥青



Figure 5. Spraying high performance trackless emulsified asphalt on the newly paved middle course  
图 5. 新铺中面层上喷洒高性能不粘轮乳化沥青

### 4.2. 施工技术要求

#### (1) 施工环境

当存在大风、大雾、降雨、环境温度低于  $10^\circ\text{C}$  等情况下,不得洒布不粘轮乳化沥青。

#### (2) 下卧层表面清理



在乳化沥青洒布施工前，对路缘石等相应结构物进行防污染覆盖措施，采用清扫车或人工将下卧层表面杂物清除干净，并用森林灭火器等清扫设备吹净表面浮灰，下卧层保持坚实、稳定、平整、干净和干燥。

### (3) 喷洒施工

① 按照设定洒布量要求进行喷洒施工，根据工作面处理情况，适当增加洒布量，确保喷洒后表面完全覆盖，如图 6 所示。

② 洒布温度：不粘轮乳化沥青属于改性乳化沥青范畴，洒布温度严格控制在  $60^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$  之间，防止因温度过高导致乳化沥青破乳堵塞沥青泵。

③ 为保证路面喷洒时形成重叠，乳化沥青喷洒管与路表面形成  $30^{\circ}$  角并控制喷洒高度。

④ 喷洒时，需做到不流淌，不在局部形成淤积，对于喷洒过量处，应人工刮除。

⑤ 洒布施工结束后，采取防污染措施，禁止一切车辆和行人通行，表干控制以手触摸不粘附为准。



**Figure 6.** Spraying high performance trackless emulsified asphalt  
**图 6.** 高性能不粘轮乳化沥青喷洒

## 4.3. 现场检测

### (1) 破乳时间

从三条高速公路养护项目的喷洒情况来看，高性能不粘轮乳化沥青的破乳时间为  $30\sim 40\text{ min}$ 。

### (2) 粘轮情况

待高性能不粘轮乳化沥青破乳后，用手触摸无粘手现象，如图 7 所示。在遭受料车碾压后，车轮上没有沥青且不产生拉丝现场，粘层沥青没有被带走，而是产生一条很深的车轮痕迹，如图 8 所示。由此说明不粘轮乳化沥青破乳后，不会发生粘轮，可有效保护粘层免受摊铺设备和运输车辆破坏。



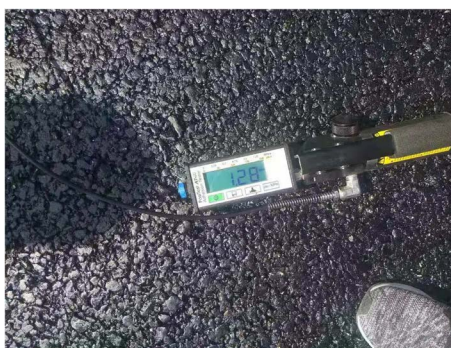
**Figure 7.** No hand sticking after demulsification  
**图 7.** 破乳后无粘手现象



**Figure 8.** Wheel track after rolling  
**图 8.** 车辆碾压后产生轮迹

### (3) 附着力拉拔强度

待高性能不粘轮乳化沥青破乳后, 进行附着力拉拔试验检测, 如图 9 所示, 具体检测结果如表 3 所示。



**Figure 9.** Adhesion pull-out test  
**图 9.** 附着力拉拔试验检测

**Table 3.** Test results of adhesion pull-out test  
**表 3.** 附着力拉拔试验检测结果

	1	2	3	平均值	4	5	6	平均值
施工方案	方案一				方案二			
试验温度(°C)	45.0	45.2	45.2	45.1	46.6	46.7	46.5	46.6
附着力拉拔强度(MPa)	1.16	1.20	1.15	1.17	1.32	1.28	1.40	1.33

从附着力拉拔试验检测数据来看, 方案二的附着力拉拔强度要高于方案一, 这说明铣刨工作面的沟槽和平整度对试验结果造成了影响。因此, 为保证路面结构的层间粘结效果, 高速公路养护工程中应特别注意铣刨环节的精细化。

## 5. 效益分析

### 5.1. 经济效益

沥青粘结层遭施工破坏或自身粘结效果不良会使沥青路面处于半连续或不连续的状态, 经力学结构

计算可知,半连续或不连续的状态会缩短道路使用寿命至少一半,理想状态下表面层使用寿命假设为10年,半连续或不连续状态下路面使用寿命假设为5年。选取1 km单车道施工段落计算高性能不粘轮乳化沥青的综合效益,比较两种不同粘结层方案的效益差异。使用5年后维修面层的工艺为:铣刨旧沥青表面层(4 cm SMA-13),洒布粘层,重铺沥青混凝土表面层。

计算10年使用期内两种方案的造价:

(1) 普通乳化沥青粘层结构的整体造价为56.325万元。

(2) 高性能不粘轮乳化沥青粘层结构的整体造价为27.375万元。

由以上两个方案的经济效益分析可以看到,10年计算期内,1 km单车道施工段落高性能不粘轮乳化沥青粘层比普通乳化沥青粘层节约了养护成本28.95万元,取得了相当可观的经济效益。

## 5.2. 社会效益

高性能不粘轮特种乳化沥青可解决层间粘结状态的问题,延长道路使用寿命,减少养护维修次数。节约石料和沥青等原材料的需求量达到保护自然资源的目的,符合我国可持续发展战略的要求;同时降低工程造价,改善道路状况,提高行车舒适安全性能,减少轮胎的磨损,降低运输成本,减少交通事故发生率。

## 6. 结语

系统研究了不同乳化沥青对层间粘结状态的影响,在高速公路养护工程中,实际验证了高性能不粘轮乳化沥青的使用性能,并进行了社会和经济效益的分析,得出以下结论:

(1) 层间粘结性能试验结果表明,三种乳化沥青均存在最佳乳化沥青用量;采用高性能不粘轮乳化沥青作为粘结材料时,其层间粘结效果明显优于SBS改性乳化沥青和普通乳化沥青,是一种性能可靠的层间粘结材料。

(2) 高速公路养护维修工程的应用效果表明:高性能不粘轮乳化沥青可以起到不粘轮的效果,保护粘层免受施工破坏;高性能不粘轮乳化沥青有很高的附着力,可保证路面结构层间粘结;高性能不粘轮乳化沥青在新铺路面上的粘结效果比铣刨路面好。

(3) 通过经济和社会效益分析可知,相比于常规乳化沥青,高性能不粘轮乳化沥青具有更好的经济效益和社会效益。

## 参考文献

- [1] 王文峰,郭良倩,于迪尔,等.不粘轮乳化沥青在桥面防水层中的应用研究[J].石油沥青,2015,29(3):9-13.
- [2] 杨闯,张敬义,黄婉利.乳化硬质沥青的制备及其在粘层油中的性能评价[J].石油沥青,2017,31(1):64-67.
- [3] 黄开宇.高速公路沥青路面结构层层间粘接状态的研究[J].公路工程,2010,35(2):35-39.
- [4] 张成志.沥青路面层间抗剪强度影响因素试验研究[J].交通科技,2017(4):146-148.
- [5] 李啸华,袁野,王体宏,等.不粘轮乳化沥青应用性能评价及在城市道路大修中的应用[J].石油沥青,2019,33(3):32-37.
- [6] 杜永安.层间粘结性能对沥青路面抗剪强度的影响[J].交通科技,2012(1):75-78.
- [7] 蒋爱明,杨凯,余国星.沥青路面粘层用乳化沥青的粘结性能[J].山西建筑,2016,42(17):110-112.
- [8] 田俊壮,孙增智,武书华,等.基于模拟试验的沥青路面层间黏结性能研究[J].公路,2016,61(4):1-6.
- [9] 苏新国,颜赫,鲁圣弟,等.沥青路面层间粘结效果影响因素[J].长安大学学报(自然科学版),2013,33(3):21-26.