

不粘轮乳化沥青防水黏结层在高速公路中的应用

陈新国<sup>1</sup>, 章吟秋<sup>1</sup>, 周 勇<sup>2</sup>

(1.浙江数智交院科技股份有限公司, 浙江 杭州 310030; 2.缙云县交通建设投资有限公司, 浙江 缙云 321403)

摘 要: 针对传统乳化沥青防水黏结层在实际施工过程中存在因粘轮而受到破坏的现象, 通过室内试验和现场试验, 对不粘轮乳化沥青防水黏结层的常用性能和路用情况进行分析, 并与热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层的使用效果进行对比。结果表明: 相较于热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层, 不粘轮乳化沥青防水黏结层的附着力拉拔强度更高, 抗施工损伤的能力更优, 因此具有一定的工程应用前景。

关键词: 不粘轮乳化沥青; 防水黏结层; 高速公路

中图分类号: U444

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)10-0227-04

0 引 言

乳化沥青防水黏结层在公路工程中得到广泛应用, 它是决定路面使用寿命的重要因素之一<sup>[1]</sup>。然而喷洒的乳化沥青在实际施工过程中常常因黏附在施工车辆车轮上而造成功能层破坏, 黏结效果降低<sup>[2]</sup>。为了解决上述问题, 国外开发了不粘轮乳化沥青材料, 目前该类材料在我国的应用和研究尚处于起步阶段<sup>[3-4]</sup>。

本文以浙江省三门湾大桥及接线工程为依托, 通过室内试验和现场试验, 对不粘轮乳化沥青防水黏结层的常用性能和路用情况进行分析, 并将其与热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层进行对比。所得结论可为今后不粘轮乳化沥青的工程应用提供参考。

1 工程概况

本研究依托浙江省三门湾大桥及接线工程, 在 LM2 标设置试验段, 对不粘轮乳化沥青防水黏结层的各项性能进行研究。试验段桩号为 K82+852 ~ K82+972 和 K83+092 ~ K83+212, 位于长街互通主线高架桥左幅, 试验段长约 240 m, 总面积约 3 116 m<sup>2</sup>。

长街互通主线桥桥面铺装结构为 4 cm 改性沥青玛蹄脂碎石 SMA-13+6 cm 中粒式改性沥青混凝土 Sup-20。混凝土桥面与沥青铺装层之间设置防水黏结层, 本次试验采用成品不粘轮乳化沥青, 其主要性能指标见表 1。

表 1 不粘轮乳化沥青主要性能指标

| 测试项目               |                       | TT-I 实测值 |
|--------------------|-----------------------|----------|
| 恩格拉黏度 E25/s        |                       | 21       |
| 破乳速度               |                       | 快裂       |
| 离子电荷               |                       | 阳离子      |
| 常温储存稳定性 /%         | 1 d                   | 0.7      |
|                    | 5 d                   | 3.2      |
| 筛上剩余量 (1.18 mm) /% |                       | 0.04     |
| 蒸发残留物              | 固含量 /%                | 51.3     |
|                    | 针入度 (25 ℃) / (0.1 mm) | 31.6     |
|                    | 延度 (15 ℃) / cm        | 45.7     |
|                    | 软化点 / ℃               | 79.3     |
| 溶解度 (三氯乙烯) /%      |                       | 99.6     |
| 25 ℃ 拉拔强度 / MPa    |                       | 1.93     |
| 40 ℃ 拉拔强度 / MPa    |                       | 0.82     |
| 60 ℃ 粘轮情况          |                       | 不粘轮      |

2 室内试验

2.1 附着力拉拔强度试验

对不粘轮乳化沥青防水黏结层的附着力拉拔强度进行检测, 所得结果为: 当沥青洒布量为 0.5 kg/m<sup>2</sup> 时拉拔强度为 1.92 MPa, 当沥青洒布量为 0.7 kg/m<sup>2</sup> 时拉拔强度为 2.40 MPa。由此可见, 随着沥青洒布量的增加, 不粘轮乳化沥青防水黏结层的黏结强度逐步提高。

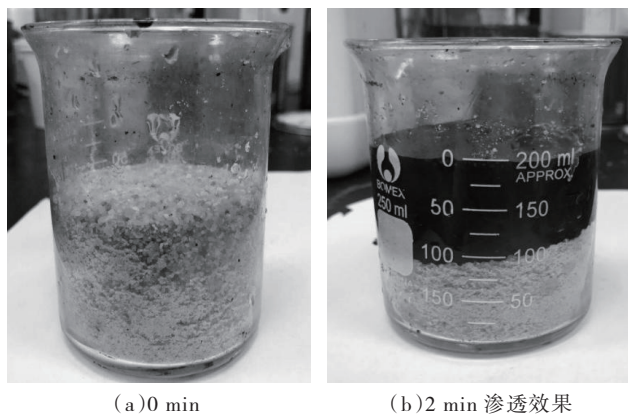
2.2 渗透效果试验

采用 400 mL 标准砂作为基体, 向内部加入 100 mL 不粘轮乳化沥青, 由此观察不粘轮乳化沥青的渗透效果, 见图 1。由图 1 可以看出: 不粘轮乳化沥青在 2 min 后渗透到整体的一半, 10 min 时接近底部。由此可

收稿日期: 2021-12-14

作者简介: 陈新国(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事公路路基路面设计工作。

见,不粘轮乳化沥青具有较好的渗透效果,可以缓慢渗透到基体的空隙中。



(c) 10 min 渗透效果  
图1 不粘轮乳化沥青渗透效果

### 3 现场试验

#### 3.1 不粘轮乳化沥青现场试验

采用西安达刚同步封层车洒布不粘轮乳化沥青,单次喷洒宽度 2.6 m。洒布前将乳化沥青升温至 55 ℃ 左右,并对油泵系统和喷嘴进行加热,以确保乳化沥青的均匀喷洒。

K82+852 ~ K82+972 试验段桥面防水黏结层的沥青洒布量为 0.8 kg/m<sup>2</sup>。观察发现:整段桥面沥青洒布较均匀(见图 2(a));现场施工结束后 4 h,小型车辆以及 22 t 单钢轮压路机行驶过后未出现粘轮现象(见图 2(b))。

为了进一步研究不粘轮乳化沥青单次洒布和两次洒布的施工工艺对防水黏结层作用效果的影响,在 K83+092 ~ K83+212 段进行对比试验。该段洒布量(0.8 kg/m<sup>2</sup>)分 2 次洒布,即第 1 次洒布量 0.4 kg/m<sup>2</sup>,第 2 次洒布量 0.4 kg/m<sup>2</sup>,洒布时间间隔 1 h。试验表明,不粘轮乳化沥青分 2 次洒布效果更好,可以明显减少施工接缝处的沥青用量。

#### 3.2 2 种防水黏结层效果对比

本文在上述试验段的相邻路段采用热喷 SBS 改性沥青 + 碎石作为防水黏结层,对 2 种防水黏结层



(a) 沥青洒布后的桥面情况



(b) 小型车辆行驶过后的桥面情况

图2 不粘轮乳化沥青洒布后的桥面情况

的粘轮情况、气泡现象、龟裂纹现象以及复合件拉拔强度 4 个方面进行对比研究。

##### 3.2.1 粘轮情况对比

摊铺机在 2 种防水黏结层上施工时履带上粘带的沥青情况见图 3。由图 3 可见:摊铺机在不粘轮乳化沥青防水黏结层上摊铺时,履带上未粘带沥青;在热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层上施工时,履带上粘满石料。由此可见,不粘轮乳化沥青在抗施工损伤方面明显优于热喷 SBS 改性沥青 + 碎石。



(a) 不粘轮乳化沥青防水黏结层



(b) 热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层

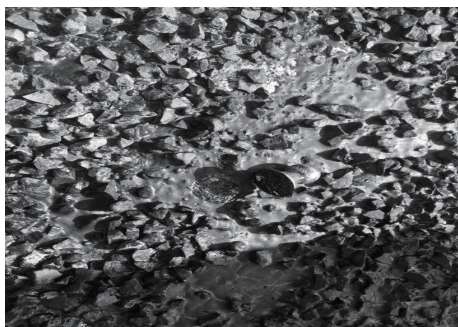
图3 2 种防水黏结层的粘轮情况

### 3.2.2 气泡现象对比

不粘轮乳化沥青在洒布完破乳一段时间后,其防水黏结层表面会出现气泡,见图 4(a);而热喷 SBS 改性沥青 + 碎石在施工完毕后,其防水黏结层表面不会出现气泡,见图 4(b)。



(a)不粘轮乳化沥青防水黏结层表面



(b)热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层表面

图 4 2 种防水黏结层表现气泡

出现气泡现象的主要原因为不粘轮乳化沥青中的水通过虹吸作用进入桥面板的毛细孔中,当连续数日暴晒后,毛细孔中水分温度升高,水分因热胀冷缩而形成气泡。热喷 SBS 改性沥青 + 碎石不含水分,因此不会出现气泡现象。

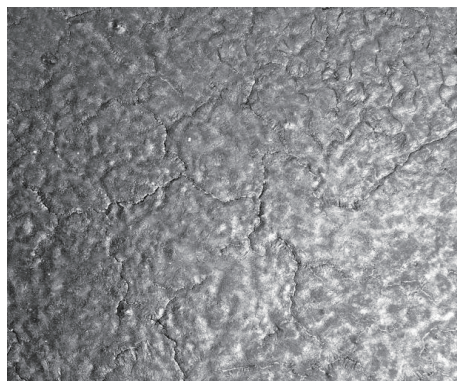
当热料摊铺上去后,不粘轮乳化沥青破乳后残留物会变软,在气泡释放后,沥青会通过自动愈合重新黏结到一起。目前来看出现的气泡暂时不会影响不粘轮乳化沥青的黏结防水效果。

### 3.2.3 表面龟裂纹现象对比

本次试验发现不粘轮乳化沥青防水黏结层和热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层表面均出现龟裂纹(见图 5),分析原因是热喷 SBS 改性沥青和不粘轮乳化沥青中均含有 TPE 弹性体,而弹性体在连续暴晒后会出现不均匀弹性收缩变形,进而促使防水黏结层表面出现龟裂纹。沥青洒布厚度越大,防水黏结层表面龟裂纹出现越明显。

### 3.2.4 复合件拉拔强度试验

复合件拉拔强度是表征其层间黏结强度的一个



(a)不粘轮乳化沥青防水黏结层



(b)热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层

图 5 2 种防水黏结层表面龟裂纹

重要指标,复合件拉拔强度高,层间黏结效果好。

首先,对 2 种防水黏结层复合件拉拔芯样进行对比(见图 6)。由图 6 可见,热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层复合件拉拔芯样的断裂处为碎石层,而不粘轮乳化沥青防水黏结层复合件拉拔芯样的断裂处为混凝土桥面板处。说明不粘轮乳化沥青防水黏结层与桥面板的黏结强度较高;热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层由于层间有碎石骨架,碎石表面沥青膜较少,因此该断面强度较低,更易断裂。

其次,通过现场试验分析不粘轮乳化沥青和热喷 SBS 改性沥青 + 碎石复合件的拉拔强度。本文共进行 3 次试验,具体试验结果见表 2。

对试验结果进行分析:

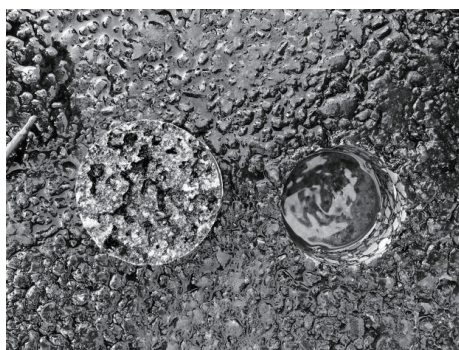
(1)第 1 次试验室温为 20 ℃,试验得到的复合件平均拉拔强度为 0.76 MPa(不粘轮乳化沥青)和 0.45 MPa(热喷 SBS 改性沥青 + 碎石)。

(2)第 2 次试验室温为 29 ℃,试验得到的复合件平均拉拔强度为 0.44 MPa(不粘轮乳化沥青)和 0.26 MPa(热喷 SBS 改性沥青 + 碎石)。

(3)第 3 次试验室温为 26 ℃,试验得到的复合件平均拉拔强度为 0.53 MPa(不粘轮乳化沥青)和 0.25 MPa(热喷 SBS 改性沥青 + 碎石)。



(a)热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层



(b)不粘轮乳化沥青防水黏结层

图 6 2 种防水黏结层复合件拉拔芯样对比

表 2 不同防水黏结层复合件拉拔强度 单位:MPa

| 试验次数                 | 防水黏结层材料          | 复合件拉拔强度 |
|----------------------|------------------|---------|
| 第 1 次试验<br>(室温 20 ℃) | 热喷 SBS 改性沥青 + 碎石 | 0.45    |
|                      |                  | 0.79    |
|                      | 不粘轮乳化沥青          | 0.76    |
|                      |                  | 0.74    |
| 第 2 次试验<br>(室温 29 ℃) | 热喷 SBS 改性沥青 + 碎石 | 0.26    |
|                      |                  | 0.42    |
|                      | 不粘轮乳化沥青          | 0.45    |
|                      |                  | 0.47    |
| 第 3 次试验<br>(室温 26 ℃) | 热喷 SBS 改性沥青 + 碎石 | 0.42    |
|                      |                  | 0.26    |
|                      |                  | 0.21    |
|                      | 不粘轮乳化沥青          | 0.28    |
|                      |                  | 0.59    |
|                      |                  | 0.38    |
|                      |                  | 0.57    |
|                      |                  | 0.55    |
|                      |                  | 0.55    |

由试验结果可知:在相同室温下,不粘轮乳化沥青复合件的拉拔强度要明显优于热喷 SBS 改性沥青 + 碎石复合件;在 3 种试验室温下,与热喷 SBS 改性沥

青 + 碎石复合件的拉拔强度相比,不粘轮乳化沥青复合件拉拔强度的提高幅度达 69%~112%。

此外,不粘轮乳化沥青复合件的拉拔试验共进行了 12 次,其中 1 次为桥面板处断裂,拔出完整芯样,其余 11 次拉拔试验均为混合料表面断裂;热喷 SBS 改性沥青 + 碎石复合件拉拔试验共进行了 5 次,其中 4 次为桥面板处断裂,拔出完整芯样,仅有 1 次为混合料表面断裂。由此可见,在相同室温条件下,不粘轮乳化沥青防水黏结层的实际层间黏结强度要大于表面混合料黏结强度,同时大于热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层的实际层间黏结强度。由拉拔试验结果可知,与热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层相比,不同试验室温下不粘轮乳化沥青防水黏结层的黏结强度提高幅度达 69%~112%。

#### 4 结 语

(1)不粘轮乳化沥青防水黏结层施工方法相对简单,加热至 60 ℃即可喷洒且现场施工完成 4 h 后,车轮碾压不会出现粘轮的状况。

(2)不粘轮乳化沥青具有良好的渗透特性,可以与水泥混凝土桥面紧密贴合。从现场拉拔强度检测结果看,不粘轮乳化沥青防水黏结层的实际层间黏结强度要大于表面混合料黏结强度,同时大于相同室温条件下热喷 SBS 改性沥青 + 碎石防水黏结层的实际层间黏结强度,不同试验室温下其黏结强度提高幅度达 69%~112%。

(3)工程应用表明,相较于传统乳化沥青,不粘轮乳化沥青的拉拔强度提高,抗施工损伤的能力更优,具有一定的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 李明国.混凝土梁桥沥青铺装结构分析与材料优化研究[D].西安:长安大学,2010.
- [2] 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.
- [3] 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(3):32-37.
- [4] 詹贺,陈军,邹晓勇,等.适用于水泥混凝土桥加铺薄层罩面的黏层材料优选[J].新型建筑材料,2020,47(6):5.