

新疆岩沥青对高速公路面层抗车辙性能影响研究

彭炜<sup>1</sup>, 彭红<sup>2</sup>

(1.湖南联智桥隧技术有限公司, 湖南 长沙 410219;2.中咨工程建设监理有限公司 湖南分公司, 湖南 长沙 410000)

**摘要:** 高速公路早期病害中车辙首当其冲,其原因有车辆超载、气温、降水等外界因素,也有路面结构设计不足等内部因素。文中基于路面加速加载系统,通过试验模拟不同路面面层结构使用新疆岩沥青或 70# 基质沥青时车辙深度,分析新疆岩沥青对路面面层抗车辙性能的影响,确定岩沥青最佳掺量,并建立累计荷载作用次数与车辙深度的关系模型,预估路面面层使用寿命。

**关键词:** 公路;路面;岩沥青;抗车辙性能;使用寿命

**中图分类号:** U416.217

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2020)01-0055-04

中国高速公路早期损害严重,车辙、松散、坑槽、拥包等病害层出不穷,其原因主要是车辆超载、外界环境作用引起的道路结构稳定性不足,使路面养护周期缩短,养护成本提高,高速公路通行能力减弱。相对于传统的 SBS、SBR 改性沥青,岩沥青具有存储过程中不易离析、硬壳,拌和过程不需要增加特殊设备等优点,且其沥青胶浆比例、车辙因子高于其他改性沥青,高温流变特性也较好。SMA 混合料为悬浮骨架型结构,抗车辙、抗疲劳、抗滑等性能与 AC 型密级配沥青混合料相比皆处于上风。研究表明,岩沥青 SMA-13C 混合料能较好地抵抗高温荷载作用。该文从高速公路面层改性沥青材料角度,对比分析不同配比沥青混合料的抗车辙性能。

1 试验原材料

1.1 沥青

采用 70# 基质沥青,其性能指标见表 1。

表 1 70# 基质沥青的性能指标

| 项目                     | 技术指标   |
|------------------------|--------|
| 针入度(25℃)/(0.1 mm)      | 60~80  |
| 延度(10℃)/cm             | ≥20    |
| 软化点/℃                  | ≥46    |
| 蜡含量/%                  | ≤2.2   |
| 闪点/℃                   | ≥260   |
| 溶解度/%                  | ≥99.9  |
| 动力粘度(60℃)/(Pa·s)       | ≥180   |
| 针入度指数                  | -0.5~1 |
| 质量损失                   | ≤0.8   |
| RTFOT 后残留物 针入度比(25℃)/% | ≥61    |
| 延度(5℃)/cm              | ≤8     |

岩沥青的形成环境较复杂,沉积时间很长,不同

产地生成的岩沥青在物理、化学性能上差异较大。青川岩沥青产于四川青川县,沥青含量 89.5%,还含有石英、方解石、伊利石、高岭石等矿物,为黑色块状固体,属脆沥青类;新疆岩沥青产自新疆乌尔禾镇,沥青含量高达 99.4%,其耐高温、防老化能力一流。选择新疆岩沥青(以下简称岩沥青),其组分比例为沥青质:胶质:芳香分:饱和分=31:48:10:6,技术指标见表 2。

表 2 新疆岩沥青的性能指标

| 试验项目                     | 试验结果  |
|--------------------------|-------|
| 沥青含量/%                   | 99.40 |
| 密度/(g·cm <sup>-3</sup> ) | 1.06  |
| 闪点/℃                     | —     |
| 含水量/%                    | —     |
| 灰分/%                     | 0.54  |
| 1.18 mm 筛孔通过率/%          | 100   |

试验研究表明,8%新疆岩沥青与 A-70# 沥青掺配时,沥青混合料的各项试验指标大部分处于最佳,故采用该掺配比例进行分析。

1.2 集料

采用辉绿岩作为试验集料,其性能指标见表 3。

表 3 辉绿岩的性能指标

| 试验项目                       | 检测值 | 技术指标 |
|----------------------------|-----|------|
| 压碎值/%                      | 15  | ≤26  |
| 洛杉矶磨耗值/%                   | 16  | ≤28  |
| 磨光值/%                      | 65  | ≥42  |
| 粗集料坚固性/%                   | 4   | ≤12  |
| 粗集料针片状含量/%                 | 4   | ≤15  |
| 砂当量/%                      | 45  | ≤65  |
| 亚甲蓝值/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 0.9 | ≤2   |

### 1.3 填料

采用矿粉作为填料,其性能满足相关标准要求,且洁净、干燥,是憎水性材料。

### 1.4 混合料级配

SMA-13C 沥青混合料采用表 4 所示级配,AC-13C 沥青混合料采用表 5 所示级配。

表 4 SMA-13C 沥青混合料的级配

| 筛孔尺寸/mm | 通过率/% | 筛孔尺寸/mm | 通过率/% |
|---------|-------|---------|-------|
| 16.00   | 100.0 | 1.180   | 18.5  |
| 13.20   | 97.6  | 0.600   | 15.8  |
| 9.50    | 66.6  | 0.300   | 14.5  |
| 4.75    | 29.4  | 0.150   | 12.6  |
| 2.36    | 23.0  | 0.075   | 9.9   |

表 5 AC-13C 沥青混合料集料的级配

| 筛孔尺寸/mm | 通过率/% | 筛孔尺寸/mm | 通过率/% |
|---------|-------|---------|-------|
| 16.00   | 100.0 | 1.180   | 23.8  |
| 13.20   | 99.1  | 0.600   | 15.4  |
| 9.50    | 80.5  | 0.300   | 9.2   |
| 4.75    | 56.1  | 0.150   | 7.1   |
| 2.36    | 35.4  | 0.075   | 5.0   |

## 2 室内试验研究

通过室内加速加载试验模拟路面使用过程,测量各试验板参数,分析各试验参数的变化。

### 2.1 沥青混合料加速加载试验系统

加速加载试验系统由 0.7 MPa 胎压的橡胶小轮驱动,橡胶小轮直径 50 cm,其通过摩擦力带动大轮转动;大轮轮面上设有 8 个卡槽,弧形试验板可放

入卡槽中并由螺栓固定在大轮表面,大轮直径 120 cm,转速 1.6 r/s;小轮与弧形试件之间保持 225 kN 的恒定荷载,通过小轮在弧形试件上的作用模拟车轮荷载在高速公路路面上的作用。弧形试验板在压实成型后置于 25 °C 环境中养生 24 h。

### 2.2 试验过程

试验分为 4 组:第一组采用 8% 新疆岩沥青+A-70# 基质沥青,集料级配为 SMA-13C,油石比分别为 3.5%、4%、4.5%、5%,每种油石比制作 2 块弧形试验板,进行 2 次平行试验;第二组也采用 8% 新疆岩沥青+A-70# 基质沥青,集料级配为 AC-13C,油石比同第一组,每种油石比制作 2 块弧形试验板,进行 2 次平行试验;第三组采用 70# 基质沥青,集料级配为 SMA-13C,油石比同第一组,每组油石比制作 2 块试验板;第四组采用 70# 基质沥青,集料级配为 AC-13C,油石比同第一组,每组油石比制作 2 块试验板。

试验系统加载 500 次后,采集弧形试验板第一组基础数据,包括重量  $m_{i0}$ 、车辙深度  $D_{i0}$ ,随后将它们再次嵌入加速加载系统大轮中,调好参数,继续试验。小轮转动 5 000 次后,暂停试验,取下弧形试验板,检测其重量  $m_{i1}$ 、车辙深度  $D_{i1}$ 。之后在小轮转动 5 万、10 万、20 万、30 万、50 万、100 万次的时间节点取下试验板,测量  $m_i$ 、 $D_i$ 、 $BPN_i$  等试验数据。其他各组进行相同操作,得到试验数据。

### 2.3 试验数据分析

#### 2.3.1 同组试验数据对比

第一组弧形试验板在加载次数完成后的试验数据见表 6、表 7。

表 6 SMA-13C 岩沥青混合料的车辙深度

| 油石比/% | 试件编号 | 不同加载次数(万次)下的车辙深度 $D_i$ /mm |     |     |     |     |     |     |
|-------|------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       |      | 0.5                        | 5   | 10  | 20  | 30  | 50  | 100 |
| 3.5   | 1    | 0.2                        | 2.3 | 5.0 | 6.0 | 6.4 | 6.8 | 损坏  |
|       | 2    | 0.3                        | 2.5 | 5.4 | 6.1 | 6.3 | 6.8 | 损坏  |
|       | 平均   | 0.3                        | 2.4 | 5.2 | 6.1 | 6.4 | 6.8 | 损坏  |
| 4.0   | 1    | 0.1                        | 2.4 | 5.1 | 6.1 | 6.5 | 6.8 | 损坏  |
|       | 2    | 0.3                        | 2.5 | 5.4 | 6.2 | 6.4 | 7.0 | 损坏  |
|       | 平均   | 0.2                        | 2.5 | 5.3 | 6.2 | 6.5 | 6.9 | 损坏  |
| 4.5   | 1    | 0.2                        | 2.3 | 5.3 | 6.3 | 6.7 | 7.0 | 7.4 |
|       | 2    | 0.3                        | 2.6 | 5.1 | 6.0 | 6.5 | 6.9 | 7.2 |
|       | 平均   | 0.3                        | 2.5 | 5.2 | 6.2 | 6.6 | 7.0 | 7.3 |
| 5.0   | 1    | 0.3                        | 2.5 | 5.5 | 6.8 | 7.3 | 7.7 | 8.4 |
|       | 2    | 0.4                        | 2.3 | 5.4 | 7.0 | 7.1 | 7.5 | 8.3 |
|       | 平均   | 0.4                        | 2.4 | 5.5 | 6.9 | 7.2 | 7.6 | 8.4 |

表 7 SMA—13C 岩沥青混合料的损失质量

| 油石比/% | 试件编号 | 不同加载次数(万次)下的损失质量/% |     |     |     |     |     |     |
|-------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       |      | 0.5                | 5   | 10  | 20  | 30  | 50  | 100 |
| 3.5   | 1    | 0.2                | 2.1 | 4.0 | 4.8 | 5.3 | 5.8 | 损坏  |
|       | 2    | 0.3                | 2.4 | 4.3 | 4.6 | 5.4 | 5.7 | 损坏  |
|       | 平均   | 0.3                | 2.3 | 4.2 | 4.7 | 5.4 | 5.8 | 损坏  |
| 4.0   | 1    | 0.2                | 2.0 | 4.2 | 4.4 | 5.1 | 5.3 | 损坏  |
|       | 2    | 0.2                | 2.6 | 3.9 | 4.6 | 5.0 | 5.3 | 损坏  |
|       | 平均   | 0.2                | 2.3 | 4.1 | 4.5 | 5.1 | 5.3 | 损坏  |
| 4.5   | 1    | 0.1                | 1.9 | 3.5 | 3.9 | 4.3 | 4.6 | 4.9 |
|       | 2    | 0.2                | 2.0 | 3.5 | 3.6 | 4.0 | 4.5 | 5.1 |
|       | 平均   | 0.2                | 2.0 | 3.5 | 3.8 | 4.2 | 4.6 | 5.0 |
| 5.0   | 1    | 0.1                | 1.7 | 3.2 | 3.7 | 3.9 | 4.4 | 4.8 |
|       | 2    | 0.1                | 1.8 | 3.3 | 3.6 | 4.0 | 4.5 | 4.7 |
|       | 平均   | 0.1                | 1.8 | 3.3 | 3.7 | 4.0 | 4.5 | 4.8 |

由表 6 可知:油石比为 4.5% 时,SMA—13C 沥青混合料的车辙深度增速最慢,增幅最小;油石比小于 4.5% 时,试件最后均损坏;油石比为 5% 时,试件受荷载作用 10 万次后,车辙发育深度最大。混合料油石比越大,柔性更佳,越容易变形;油石比越小,粘附集料的能力越差,越容易损坏。

由表 7 可知:随荷载作用次数的增加,岩沥青混合料的质量损失逐渐增加。混合料油石比越大,包裹集料的沥青越多,越难掉落集料,质量损失越小。

2.3.2 不同组试验数据对比

取 4 组试验中油石比为 4.5% 的试验数据进行横向对比,结果见表 8、图 1。

表 8 油石比为 4.5% 时各组试验的车辙深度

| 混合料种类         | 试件编号 | 不同加载次数(万次)下的车辙深度 $D_i$ /mm |     |     |     |     |     |     |
|---------------|------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|               |      | 0.5                        | 5   | 10  | 20  | 30  | 50  | 100 |
| SMA—13C(岩沥青)  | 1    | 0.2                        | 2.3 | 5.3 | 6.3 | 6.7 | 7.0 | 7.4 |
|               | 2    | 0.3                        | 2.6 | 5.1 | 6.0 | 6.5 | 6.9 | 7.2 |
|               | 平均   | 0.3                        | 2.5 | 5.2 | 6.2 | 6.6 | 7.0 | 7.3 |
| SMA—13C(基质沥青) | 1    | 0.2                        | 2.5 | 5.0 | 6.4 | 7.0 | 7.3 | 7.8 |
|               | 2    | 0.4                        | 2.7 | 5.2 | 6.6 | 6.9 | 7.5 | 7.7 |
|               | 平均   | 0.3                        | 2.6 | 5.1 | 6.5 | 7.0 | 7.4 | 7.8 |
| AC—13C(岩沥青)   | 1    | 0.3                        | 2.4 | 5.1 | 6.3 | 7.1 | 7.3 | 7.7 |
|               | 2    | 0.4                        | 2.5 | 5.1 | 6.5 | 7.0 | 7.4 | 7.7 |
|               | 平均   | 0.4                        | 2.5 | 5.1 | 6.4 | 7.1 | 7.4 | 7.7 |
| AC—13C(基质沥青)  | 1    | 0.4                        | 2.7 | 5.5 | 7.0 | 7.4 | 7.9 | 8.2 |
|               | 2    | 0.5                        | 2.8 | 5.4 | 6.8 | 7.3 | 8.0 | 8.3 |
|               | 平均   | 0.5                        | 2.8 | 5.5 | 6.9 | 7.4 | 8.0 | 8.3 |

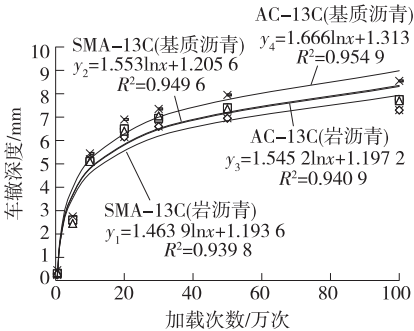


图 1 油石比为 4.5% 时各组试验的车辙深度发展趋势

由图 1 可知:各组试验的车辙深度与试验加载次数的对数呈线性关系,可决系数基本在 0.94 以上,拟合程度良好。随加载次数的增加,车辙深度不断增长,但增长速率减缓。

为更直观地分析各试验组的材料性能,对比分析各组路面结构的使用寿命。根据相关试验研究结果,加速加载系统试验累计加载次数与路面累计轴载作用次数  $N_c$  呈正比关系,试验加载次数=车道系数×轮迹分布系数× $N_c$ ;高速公路交通量等级为

重时,设计年限(15年)内路面累计轴载作用次数为2 600万次/车道。根据上述室内试验结果,油石比为4.5%时,试验板车辙深度超过10 mm后基本损坏。综上,得到表9所示各试验组路面结构的模拟

使用寿命。

由表9可知:相对于密实型结构AC-13,SMA-13的抗车辙性能优势明显;岩沥青的掺入可使路面结构使用寿命增加42%~54%。

表9 各组试验路面结构模拟使用寿命

| 混合料种类         | 函数模型                          | 车辙为10 mm时 $N_e$ /万次 | 模拟使用寿命/年 |
|---------------|-------------------------------|---------------------|----------|
| SMA-13C(岩沥青)  | $y_1 = 1.4639 \ln x + 1.1936$ | 1 965               | 11       |
| SMA-13C(基质沥青) | $y_2 = 1.553 \ln x + 1.2056$  | 1 380               | 8        |
| AC-13C(岩沥青)   | $y_3 = 1.5452 \ln x + 1.1972$ | 748                 | 4        |
| AC-13C(基质沥青)  | $y_4 = 1.666 \ln x + 1.313$   | 484                 | 3        |

### 3 结论

采用路面加速加载试验系统模拟不同面层混合料车辙深度随荷载作用次数的发展过程,得出以下结论:

(1) 新疆岩沥青混合料在抗车辙性能方面的最佳油石比为4.5%。

(2) SMA-13 沥青混合料比 AC-13 沥青混合料具有更强的抗车辙能力。

(3) 新疆岩沥青混合料比基质沥青混合料具有更强的抗车辙性能。

### 参考文献:

[1] 王刚,刘黎萍,孙立军.国产天然岩沥青及其混合料相

关性能试验研究[J].公路工程,2011,36(4).

[2] JTG D50-2017,公路沥青路面设计规范[S].

[3] 蒋兴明.新疆岩沥青在道路工程中的应用研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.

[4] 代考,钱琪,梁何浩,等.岩沥青微表处路用性能加速加载试验研究[J].公路交通技术,2014(3).

[5] 李秋平,陈霞.基于小型加速加载试验的表层混合料抗滑性能使用寿命研究[J].公路交通科技:应用技术版,2018(5).

[6] 孟岩,李艳春,张艳敏.级配组成对沥青混合料高温稳定性性能的影响分析[J].公路交通科技,2005,22(10).

收稿日期:2019-06-29

(上接第54页)

换算公式。

### 参考文献:

[1] 叶奋.紫外线老化对沥青性能的影响分析与对策研究[D].上海:同济大学,2005.

[2] 谭忆秋,魏鹏,周纯秀.用于测试新材料降解尾气性能的试验装置[P].中国专利:200710144672. X,2008-04-16.

[3] 李剑飞,刘黎萍,孙立军.纳米二氧化钛对汽车尾气中碳氢化合物 HC 分解效果研究[J].公路工程,2010,35(2).

[4] Ryuhei Nakamura, Omoaki Tanaka, Yoshihiro Nakato. Mechanism for visible light responses in anodic photocurrents at N-doped TiO<sub>2</sub> film electrons[J].The Journal of Physical Chemistry B,2004,108(30).

[5] 贾逸勤.机场沥青道面用基质沥青紫外光老化特性[J].中外公路,2013,33(5).

[6] 李惠霞,管巧艳,童申家.紫外光老化对沥青砂黏弹性能的影响[J].建筑材料学报,2015,18(3).

[7] 谢祥兵,童申家,耿九光.紫外光老化下沥青胶浆材料性能评价研究[J].公路工程,2018,43(4).

[8] 叶奋,孙大权,黄彭,等.沥青强紫外线光老化性能分析[J].中国公路学报,2006,19(6).

[9] 李变华.路面沥青复合抗紫外光老化剂的研究[D].长沙:长沙理工大学,2012.

[10] 都雪静.汽车尾气降解材料测试室研究设计[D].哈尔滨:东北林业大学,2005.

[11] GB/T 16422.3-1997,塑料实验室光源暴露试验方法第3部分:荧光紫外灯[S].

[12] 张文刚.TiO<sub>2</sub> 催化分解汽车尾气沥青路面材料研究[D].西安:长安大学,2014.

[13] 黄珍珠,蔡玲玲,秦鹏,等.1960~2008年广东省不同区域的日照时数变化特征[J].广东气象,2009,31(6).

[14] Ye Fen, Yang Jin, Huang Peng. Performance of modified asphalt aging under ultraviolet radiation [A]. GeoShanghai International Conference[C].2006.

[15] JTG D50-2017,公路沥青路面设计规范[S].

收稿日期:2019-06-04