

高速公路沥青路面各层老化性能及影响因素分析

卢勇^{1,2}, 刘爱华^{1,2}, 张文浩³, 刘晨东^{1,2}

(1. 新型道路材料国家工程实验室, 江苏 南京 211112; 2. 苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 211112;

3. 江苏宁沪高速公路股份有限公司, 江苏 南京 210049)

摘要: 选择 70[#] 基质沥青及成型马歇尔试件后的回收沥青, 研究回收工艺对沥青性能的影响, 同时采用针入度、软化点和延度分析旧沥青路面各层位沥青的老化状况, 分析交通量、空隙率和路龄对各层位沥青老化性能的影响。结果表明, 沥青各项常规指标在回收试验完成后基本不产生变化, 回收工艺对沥青性能影响有限; 路面下面层的老化性能受通车年限影响不大; 空隙率与高速公路各层位沥青老化性能关系密切。

关键词: 公路; 沥青路面; 老化性能; 路龄; 交通量; 空隙率

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)05-0054-03

高速公路沥青路面经过一定年限的运营服役, 沥青逐渐老化, 路面出现从上而下的疲劳裂缝并逐步扩展, 严重影响行车舒适度, 降低路面使用和服务性能。截至 2016 年底, 江苏省通车 10~15 年的高速公路里程为 1 515 m, 占 32.52%; 通车 15 年以上的高速公路里程达 2 010.2 km, 占 43.16%。江苏省高速公路路龄超过 10 年的路段占近 76%, 面临大量的高速公路沥青路面材料性能评估及养护, 有必要开展针对不同交通荷载、不同路龄及不同层位沥青的老化性能分析。

1 试验方案

江苏某高速公路沥青路面第一、二车道为原始车道, 通车年限 20 年; 第三、四车道为后期改扩建车道, 通车年限 10 年。全线交通量普遍较大, 部分互通枢纽交通量极重。旧路面的使用年限跨度大、承受交通荷载作用差异大。

目前一般通过抽提回收方式评价在役高速公路沥青路面沥青老化性能, 利用三氯乙烯溶剂将沥青混合料中的沥青分离。为使混合料中矿粉自然沉淀, 静止混合料—三氯乙烯溶液至少 24 h 后进行沥青抽提回收, 会担心操作过程中由于三氯乙烯、矿粉等成分的残留对旧路沥青性能判断产生影响。为避免出现该现象, 先采用室内模拟比对试验评价沥青混合料抽提回收对沥青性能的影响, 然后根据项目实际情况对不同断面取芯, 采用抽提试验回收旧沥青路面的老化沥青, 以针入度、软化点和延度对其老化性能进行评估, 分析交通荷载、通车年限和空隙率

等对沥青老化性能的影响。沥青老化性能对比方案见表 1。

表 1 沥青老化性能对比试验方案

样本编号	沥青种类	2015 年断面交通量/(辆·d ⁻¹)	路面情况
A—上	SBS 改性沥青	52 613	改扩建铣刨
A—中	SBS 改性沥青		重铺路面第
A—下	70 [#] 普通沥青		一车道
B—上	SBS 改性沥青	113 573	改扩建新建路
B—中	SBS 改性沥青		面第四车道
B—下	70 [#] 普通沥青		
C—上	SBS 改性沥青	55 949	改扩建新建路
C—中	SBS 改性沥青		面第四车道
C—下	70 [#] 普通沥青		
D—下	70 [#] 普通沥青	52 613	原老路沥青混合料第一车道

2 沥青回收试验可行性验证

2.1 试验方法

沥青抽提试验参照离心分离法(T0722—1993)执行。将沥青抽提液的上层注入旋转烧瓶, 放置在离心分离器上高速旋转至少 30 min(保证离心加速度在 770g 以上), 再将离心后溶液在 6.67 kPa 的绝对负压和(50±5)℃条件下在旋转蒸发器中进行蒸发, 沉淀析出物为矿粉。在蒸发试验最后 15 min, 将蒸发温度提升至(155±2)℃。试验完成后以 1 000 mL/min 的速率通入 CO₂ 气体 2 min, 清除回

流的三氯乙烯蒸汽。最后旋转烧瓶中的残留物即为回收沥青胶结料。

2.2 方案可行性验证

试验所用沥青为 70# 道路石油沥青,样本 1# 代表原始对比试样;另成型一份马歇尔试件,采用离心法得到回收沥青,用样本 2# 表示。对样本 1# 和 2# 进行沥青三大性能指标即针入度、软化点、粘度试验,结果见表 2。

表 2 原始沥青 1# 和回收沥青 2# 的三大性能指标试验结果对比

沥青类型	25 ℃ 针入度/ (0.1 mm)	软化点/ ℃	60 ℃ 动力粘度/ (Pa · s)
原始沥青 1#	67.0	46.5	188.0
回收沥青 2#	68.2	47.5	175.0
变化率/%	1.8	2.2	6.9

由表 1 可知:原始沥青 1# 和回收沥青 2# 的三大性能指标变化均较小,其中粘度变化率最大,为 6.9%,但仍处于试验重复性允许误差范围内。用离心法试验回收沥青对沥青性能的影响可忽略不计。

3 沥青老化性能评价及影响因素分析

沥青材料的老化主要是自然环境中紫外线、高温、水等共同作用的结果。为评价在役高速沥青路面在长期运营中材料性能的衰变程度,对旧路混合料芯样中的沥青进行回收、评价,根据旧路沥青性能变化率评估沥青混合料的性能状况。对表 1 中沥青样本进行三大性能指标评价,结果见表 3。

表 3 回收沥青性能指标试验结果

样本编号	针入度(25 ℃, 5 s, 100 g)/(0.1 mm)	软化点/ ℃	延度/cm	
			15 ℃	5 ℃
A—上	26.0	67.0	31	脆断
B—上	38.0	63.5	33	5
C—上	31.0	63.5	18	脆断
A—中	40.0	62.0	48	脆断
B—中	48.0	60.0	59	15
C—中	43.0	63.0	56	脆断
A—下	47.0	53.0	63	17
B—下	45.0	51.5	46	6
C—下	52.0	53.0	>100	13
D—下	35.1	55.9	24	—
技术要求	上、中	50~80	≥60	—
	下	60~80	≥46	≥100

3.1 交通量

表 1 中 A、B、C 分别代表不同交通量状况。不

同交通量状况下沥青路面各层的针入度、软化点和延度见图 2~4。

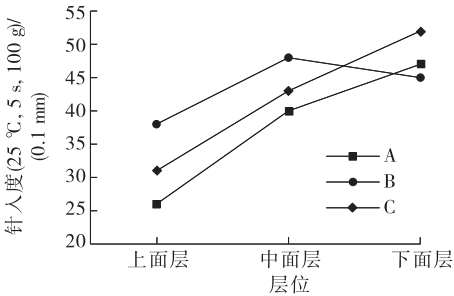


图 1 不同交通量状况下沥青路面各层的针入度

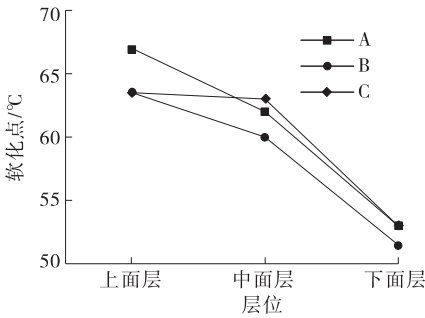


图 2 不同交通量状况下沥青路面各层的软化点

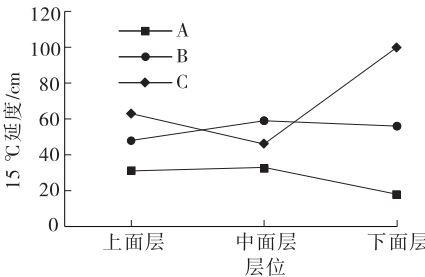


图 3 不同交通量状况下沥青路面各层的 15 °C 延度

由图 2~4 可知:该项目沥青路面通车 10 年后,路面各层沥青老化程度相对较轻;随着路面深度的增加,胶结料的老化速率明显降低,面层沥青老化最严重;交通量最小的 A 断面路面各层老化性能相对较严重,初步分析是由于 B 断面交通量较高,沥青路面空隙率较小,对沥青老化产生一定程度的有利影响。

3.2 空隙率

通常认为氧化反应是沥青老化的主要原因,随着氧化反应的加剧,沥青中 CH₃ 和 CH₂ 基团不同程度增加,沥青中的羰基基团和羧酸基团产物增加,并形成更大更复杂的高分子胶团,使沥青粘度增大而硬化,进而影响沥青的路用性能。国外也有学者尝试采用氧气扩散浓度理论计算不同深度沥青的老

化状况。根据该项目一、二车道竣工验收数据,对使用15年后不同空隙率路面进行回收沥青相关指标试验,结果见表4。

表4 不同空隙率沥青混合料回收沥青试验结果

混合料空隙率/%	使用时间	软化点/℃	针入度/(0.1 mm)	针入度指数
4	拌和摊铺后	64	33	0.7
	使用15年后	68	24	0.8
5	拌和摊铺后	63	33	0.7
	使用15年后	76	15	1.1
7	拌和摊铺后	66	30	0.9
	使用15年后	88	11	2.1

由表4可知:沥青混合料空隙率为4%时,使用15年后回收沥青的各项指标变化不明显;空隙率为5%时,回收沥青的各项指标变化较明显;空隙率为7%时,各项指标变化十分显著,其中软化点升高34%左右,针入度减小约64%,针入度指数显著增大,表明空隙率对沥青老化性能影响显著。

进一步分析A、B和C断面2010、2012和2015年交通量状况,并对2015年各断面不同层位芯样的空隙率进行检测,结果见表5。

表5 各断面交通量状况及不同层位芯样的空隙率

断面编号	各年交通量/(辆·d ⁻¹)			各层位空隙率/%		
	2010	2012	2015	上	中	下
A	41 560	49 831	52 613	3.2	4.6	4.2
B	80 869	97 334	113 575	2.9	2.1	2.5
C	46 955	54 708	55 949	2.5	3.8	5.0

空隙率是影响沥青老化程度的重要原因。混合料空隙率的影响因素包括配合比设计、施工质量及投入使用后路面交通量。由表5可知:在交通量较大的路段,沥青路面空隙率会随着车辆的作用而减小,交通量越大当量轴载次数越多,空隙率减小越快。各芯样断面交通量为B>C>A,对应的中面层空隙率为A>C>B,沥青老化程度为A>C>B。表明沥青老化程度与交通量、空隙率密切相关。

3.3 路龄

对比A、D断面芯样的老化性能,分析路龄对沥青老化性能的影响,试验结果见图4。

由图4可知:老路下面层沥青样本即D一下的针入度和软化点介于A一下和A一上之间,说明服役20年路面下面层沥青仍具有良好的性能,路面下面层的老化性能受通车年限影响不大。

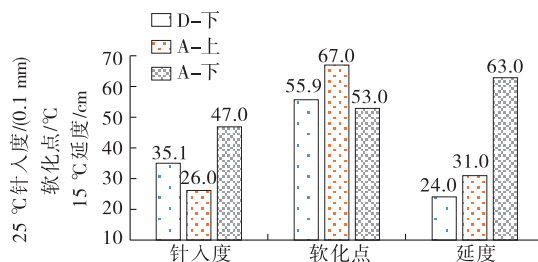


图4 老路沥青的三大性能指标

4 结论

(1) 道路石油沥青回收前后的针入度、软化点和延度变化均较小,均位于重复性误差范围内,回收过程对沥青各项常规试验指标基本不产生影响。

(2) 高速公路沥青路面通车运营10年后路面各层沥青老化程度均较轻,通车运营20年后下面层沥青老化程度相对较轻,路龄对下面层沥青老化性能的影响不大。

(3) 空隙率与高速公路各层沥青老化性能关系密切,交通量与空隙率之间存在负线性相关性,交通量越大的断面其路面中面层空隙率越小,则沥青老化程度越轻。

参考文献:

- [1] 王黎明,谭忆秋,姜利.路面旧沥青回收与基于耐老化性能的再生沥青评价[J].中外公路,2011,31(6).
- [2] 马涛,黄晓明,张久鹏.基于材料复合理论的老化沥青再生规律[J].东南大学学报:自然科学版,2008,38(3).
- [3] 周志刚,辜丽萍,姜旺恒,等.基于SHRP方法的不同层位旧沥青性能试验评价[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2012,9(3).
- [4] 张俊,乔兵,朱春祥.旧沥青路面沥青老化情况评价[J].科技展望,2015(10).
- [5] 马翔,倪富健,李强.SBS改性沥青的回收与评价[J].公路工程,2014,39(6).
- [6] 杨洪波,闫峰,高健,等.两种沥青抗老化性能研究[J].化学与黏合,2012(2).
- [7] 唐颂,孙元鹏.抽提回收过程对不同沥青结合料适用性研究[J].中外公路,2014,34(4).
- [8] 汪莹.沥青老化评价指标分析及老化程度研究[J].路基工程,2014(6).
- [9] 熊出华,张永兴,凌天清,等.一种新的沥青回收方法探讨[J].中外公路,2006,26(2).