

温拌阻燃沥青砼路面表面性能衰变分析^{*}

周志刚¹, 周建雄¹, 罗根传^{1,2}, 俞文生^{1,3}, 徐赞^{1,3}

(1.长沙理工大学 道路结构与材料交通行业重点实验室, 湖南 长沙 410114; 2.广西交通投资集团有限公司, 广西南宁 530000; 3.江西省高速公路投资集团有限责任公司, 江西南昌 330000)

摘要:采用南非小型加速加载试验仪进行不同类型沥青路面表面性能衰减模拟试验,对比分析温拌剂、阻燃剂和基层类型对沥青路面表面性能的影响。结果表明,温拌阻燃沥青路面表面抗滑性能和吸声系数随加载次数增加而减小并逐渐趋于稳定,但具有良好的抗滑性能和降噪性能;温拌剂和阻燃剂的添加不会影响沥青路面表面性能;基层类型不会影响沥青路面的抗滑性能,但对降噪性能的衰变有一定影响,加载初期半刚性基层路面的降噪性能稍优于刚性基层路面。

关键词:隧道;温拌阻燃沥青路面;路面表面性能;抗滑性能;降噪性能

中图分类号:U451

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2018)06-0146-04

为减少噪音污染,防止车辆在路面打滑,并降低隧道火灾风险及对人员的伤害程度,中国开始研究将温拌阻燃沥青路面技术应用于隧道路面工程。目前关于温拌、阻燃、温拌阻燃沥青及其砼路用性能的研究较多,Hajj E. Y.等研究了聚合物改性沥青混合料力学性能和环境效益受温拌剂的影响程度;Cong P.等发现阻燃剂不会对沥青混合料结构产生影响,并可提供良好的阻燃性能;文献[5]~[7]对添加阻燃剂的沥青和沥青混合料的阻燃性能、路用性能进行了研究;李雪连等研究了温拌剂对 SBS 改性沥青性能的影响;周志刚等研究了阻燃剂、温拌剂对 SBS 改性沥青性能的影响;高启聚等认为在一定温度降幅下,温拌阻燃 SMA 沥青路面的构造深度、摩擦系数和渗水不满足规范要求;吴喜荣等认为温拌剂和阻燃剂不会影响沥青的路用性能,且比热拌沥青混合料具有更好的降温、阻燃和降噪性能;王朝辉等揭示了 OGFC 沥青混合料的降噪机理,分析了 OGFC 的抗滑、降噪、阻燃性能。但针对温拌阻燃沥青砼路面表面性能的研究尚不足。由于隧道内沥青路面维修相对麻烦,噪音大,抗滑能力不足引发的事故难以抢救,需重视隧道温拌阻燃沥青路面表面性能的耐久性问题。该文通过不同沥青路面结构模型的加速加载模拟试验,对比分析隧道温拌阻燃沥青砼路面与热拌沥青砼路面在交通荷载作用下的抗滑性能、降噪性能衰变规律,考察温拌阻燃沥青路面是否能满足隧道路面使用性能的要求。

1 原材料技术特性

1.1 SBS 改性沥青

对 SBS 改性沥青样品按照 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》进行检测,其主要性能指标见表 1,各项指标均满足规范要求。

表 1 原样沥青检测结果

试验项目	试验结果	技术要求
针入度(25℃,100 g,5 s)/(0.1 mm)	56	30~60
延度(5 cm/min,5℃)/cm	30.0	>20
软化点/℃	78.1	>60
闪点/℃	319	>230
135℃粘度/(Pa·s)	2.68	≤3
RTFOT 后	质量变化/%	0.1 ±1.0
残留物	残留针入度比(25℃)/%	88 >65
	残留延度(5℃)/cm	19.55 >15

1.2 温拌剂

采用有机降粘型温拌剂 Sasobit,掺量为沥青质量的 3%,其主要技术指标见表 2。

1.3 阻燃剂

采用 FRMAXTM 阻燃剂,掺量为沥青质量的 7%,其主要技术指标见表 3。

1.4 合成级配

依托工程的隧道沥青路面上面层采用温拌阻燃沥青砼 AC-13,其集料为辉绿岩,油石比为 4.7%;

^{*} 基金项目:广西交通科技计划项目([2013]100-29);江西交通科技计划项目(2011C0063)

表 2 温拌剂的技术性能

项目	实测结果
外观	白色或淡黄色固体小颗粒
化学组成	分布窄的合成长链饱和碳氢化合物的混合物
滴熔点/℃	115
闪点/℃	286
密度/(g·cm ⁻³)	0.9

表 3 阻燃剂的技术性能

项目	实测结果
外观颜色	白色粉末
阻燃剂有效含量/%	≥85
密度/(g·cm ⁻³)	0.8~1.8
熔解温度/℃	≥130

中面层为温拌沥青砼 AC-20,其集料为石灰岩,油石比为 4.2%。集料级配见表 4。

表 4 集料合成级配

级配类型	不同孔径(mm)方孔筛的通过率/%											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-13	100	100.0	100.0	90.1	73.9	38.9	27.8	21.1	15.2	10.6	8.6	6.1
AC-20	100	90.3	83.3	64.8	50.3	33.6	26.7	20.6	14.8	10.9	9.1	6.2

2 加速加载试验方案

2.1 南非小型加速加载系统

加速加载试验采用南非小型加速加载试验系统 MMLS3,其为一款体积小、重量轻的小型交通模拟器,由荷载模拟器、环境控制仓库、加热冷却系统、湿路面干燥系统、室内振动压路机、试验槽等组成,既可在道路现场也可在实验室进行加速加载测试,模拟不同干湿条件和温度条件,测试道路圆柱形试样(现场钻芯或室内小试样)或试验槽中的模拟路面。其加载频率为 0~7 200 次/h,最大车轮载荷为 2.7 kN,充气轮胎直径为 300 mm,最大车轮压力为 800 kPa。该文在试验槽内铺筑试验路测试路面表面性能的变化情况。

2.2 路面结构层方案

依托工程的隧道内外沥青路面结构形式从上到下见表 5,其中热拌沥青砼 AC-13、AC-20 的级配分别与温拌阻燃沥青砼 AC-13、温拌沥青砼 AC-20 一致,通过对热拌沥青混合料的铺筑对比分析温拌阻燃沥青路面表面性能的可靠性。方案 1 和方案 4 为隧道内沥青路面结构,方案 2 和方案 3 为隧道外沥青路面结构,对比分析不同基层类型对路面表面性能的影响。

表 5 室内试验路面结构模型方案

方案编号	结构层	厚度/cm
1	温拌阻燃沥青砼 AC-13	4
	温拌沥青砼 AC-20	6
	水泥板刚性基层	18
2	温拌阻燃沥青砼 AC-13	4
	温拌沥青砼 AC-20	6
	半刚性基层	18
3	热拌沥青砼 AC-13	4
	热拌沥青砼 AC-20	6
	半刚性基层	18
4	热拌沥青砼 AC-13	4
	热拌沥青砼 AC-20	6
	水泥板刚性基层	18

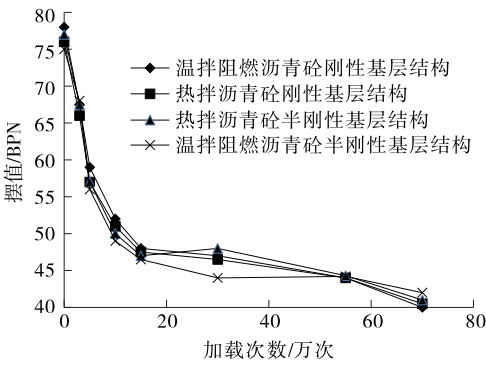


图 1 路表摆值衰减规律

3 试验结果与分析

3.1 抗滑性能

4 种路面结构的摆值和构造深度随加载次数的变化分别见图 1、图 2。

从图 1、图 2 可看出:1) 温拌沥青砼路面具有较好的抗滑性能。4 种沥青路面结构的摆值和构造深

度在各试验阶段差异不大,随着加载次数的增加,摆值和构造深度逐渐减小,接近稳定。温拌剂和阻燃剂的添加不会降低沥青路面的抗滑性能,主要原因是沥青路面的抗滑性能主要受骨料和级配特性的

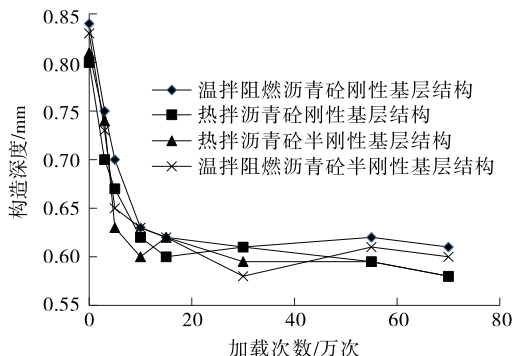


图2 路表构造深度衰减规律

控制,基层类型对沥青砼路面抗滑性能的影响不大。JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》要求摆值大于45 BPN、构造深度超过0.55 mm。4种沥青路面结构的路表摆值在加载初期满足规范要求,

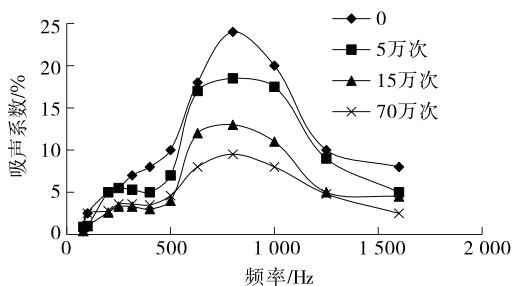
在加载后期逐渐减小,不满足规范要求;各加载周期的构造深度均大于规范规定的0.55 mm,符合规范要求。2) 加载次数达到10万次前,4种沥青路面结构的摆值和构造深度均大幅降低,路面抗滑性能较大幅度下降。加载20万次后,摆值和构造深度的下降幅度减小并逐渐趋于稳定。这是因为在加载的早期,集料表面的磨损速率较大,且随着荷载的压密作用,摆值和构造深度进一步降低,而后期集料的磨光性能达到饱和,荷载对集料的压密也渐渐消失,摆值和构造深度呈现缓慢下降趋势。

3.2 降噪性能

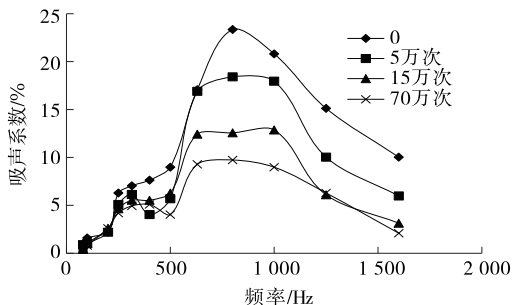
使用 Awabl22 型智能电声测试仪测试不同加载周期时4种沥青路面结构上面层材料的芯样吸声系数,结果见表6和图3。

表6 4种路面结构的平均吸声系数和峰值吸声系数

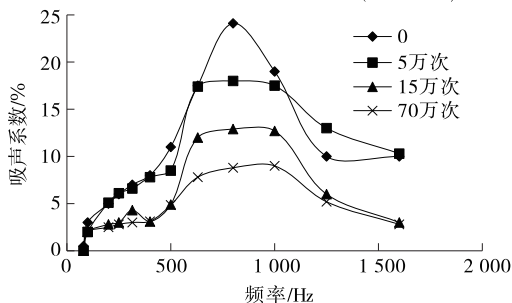
路面类型	不同加载周期(万次)时的平均吸声系数				不同加载周期(万次)时的峰值吸声系数			
	0	5	15	70	0	5	15	70
温拌阻燃沥青砼 AC-13(刚性基层)	0.093	0.076	0.049	0.041	0.247	0.190	0.131	0.100
热拌沥青砼 AC-13(刚性基层)	0.095	0.076	0.055	0.046	0.234	0.190	0.129	0.100
温拌阻燃沥青砼 AC-13(半刚性基层)	0.091	0.088	0.058	0.042	0.239	0.190	0.138	0.095
热拌沥青砼 AC-13(半刚性基层)	0.098	0.083	0.066	0.048	0.241	0.205	0.160	0.103



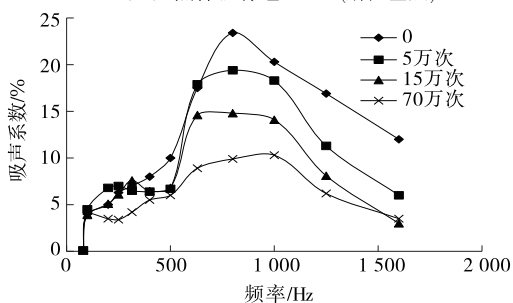
(a) 温拌阻燃沥青砼 AC-13(刚性基层)



(b) 热拌沥青砼 AC-13(刚性基层)



(c) 温拌阻燃沥青砼 AC-13(半刚性基层)



(d) 热拌沥青砼 AC-13(半刚性基层)

图3 沥青路面上面层吸声系数随加载次数的变化

从表6和图3可看出:1) 温拌阻燃沥青路面结构的降噪性能与热拌沥青混合料相当。在800 Hz以下的中频区,4种沥青路面结构的吸声系数随着

频率的增加而增加;在高于1000 Hz的中高频区,吸声系数随着频率的增加而减小。重型汽车行驶和路面噪声的峰值频率为600~800 Hz,小轿车行驶

和路面噪声的峰值频率为 800~1 200 Hz,这个频率刚好是温拌阻燃沥青路面吸声系数较大的频率,4 种沥青路面能有效吸收车辆与道路交互作用产生的噪音。加入 Sasobit 和高效阻燃剂对路面的降噪性能没有影响,主要原因是沥青路面的吸声系数与空隙率有关,加载过程中路面逐渐被压缩,空隙率变小,吸声系数也变小。2) 对比 4 种沥青路面结构的平均吸声系数和峰值吸声系数,在加载初期,半刚性基层上沥青混合料的平均吸声系数和峰值吸声系数均略大于刚性基层上的沥青混合料,但加载后期试验结果相差不大。说明在加载初期,半刚性基层上沥青混合料的吸声系数下降幅度比刚性基层缓慢,这是因为路面在加载初期被再次压密的过程中,半刚性基层上沥青面层的应力水平弱于刚性基层上的沥青面层,其空隙率降低速率相对较小。

4 结论

(1) 温拌剂和阻燃剂加入沥青砼后不会影响路面的抗滑性能,且温拌阻燃沥青路面的抗滑性能在加载循环周期内都可满足规范要求。温拌阻燃沥青砼路面与热拌沥青砼路面的抗滑性能差异不大。

(2) 温拌阻燃沥青砼路面具有较好的降噪性能。4 种沥青路面表面层材料在吸声频率 600~1 000 Hz 时的吸声系数较高,和汽车与路面噪声峰值频率范围一致,沥青路面能有效吸收汽车行驶与路面相互作用产生的噪音。

(3) 基层类型不会影响沥青路面的抗滑性能,但对降噪性能的衰变有一定影响。由于半刚性基层刚度弱于刚性基层,半刚性沥青路面中应力水平弱于刚性基层沥青路面,其面层压密速度相对较慢,加载初期半刚性基层路面的降噪性能稍优于刚性基层沥青路面。

参考文献:

- [1] Lu S Y, Hamerton I. Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers[J]. Progress in Polymer Science, 2002, 27(8).
- [2] Laoutid F, Bonnaud L, Alexandre M, et al. New prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites[J]. Materials Science and Engineering R: Reports, 2009, 63(3).
- [3] Hajj E Y, Souliman M I, Cortez E M. Influence of warm mix additive on mechanistic, economical, and environmental attributes of a polymer-modified asphalt mixture[J]. Advances in Civil Engineering Materials, 2014, 3(1).
- [4] Cong P, Yu J, Wu S, et al. Laboratory investigation of the properties of asphalt and its mixtures modified with flame retardant[J]. Construction and Building Materials, 2008, 22(6).
- [5] 魏建国, 谢成, 付其林. 阻燃剂对沥青与沥青混合料性能的影响[J]. 中国公路学报, 2013, 26(6).
- [6] 贺海, 王朝辉, 刘志胜, 等. 新型无机阻燃改性沥青的制备与路用性能研究[J]. 公路交通科技, 2014, 31(7).
- [7] 黄志义, 武斌, 康诚, 等. 复合氢氧化物改性沥青阻燃和路用性能[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2016, 50(1).
- [8] 李雪连, 周志刚, 陈宇亮, 等. Sasobit 对 SBS 改性沥青性能的影响研究[J]. 实验力学, 2015, 30(3).
- [9] 周志刚, 邓晓, 劳家荣, 等. 阻燃温拌 SBS 改性沥青技术性能分析[J]. 公路工程, 2017, 42(2).
- [10] 高启聚, 赵武, 沈菊男. 温拌阻燃 SMA 沥青混合料性能与工程实践[J]. 公路工程, 2017, 42(4).
- [11] 吴喜荣, 李素贤. 温拌阻燃降噪沥青混合料在隧道路面的应用技术[J]. 水利与建筑工程学报, 2014, 12(6).
- [12] 王朝辉, 蒋婷婷, 贺海, 等. 温拌阻燃 OGFC 沥青混合料功能研究[J]. 材料导报, 2015, 29(4).
- [13] JTG E20—2011, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [14] 徐赞. 阻燃温拌沥青路面结构加速加载试验研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2016.
- [15] 杨志峰. 长隧道温拌 SBS 改性沥青路面技术研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2015.
- [16] 熊奎元. 长隧道温拌、阻燃温拌沥青路面施工变异性分析与质量控制[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2015.
- [17] JTG F40—2004, 公路沥青路面施工技术规范[S].
- [10] Mohamed Elgaaly, Anand Seshadri, Roert W Hamilton. Bending strength of steel beams with corrugated webs[J]. Journal of Structural Engineering, 1997, 123(6).
- [11] 陈宜言, 王用中. 波形钢腹板预应力砼桥设计与施工[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [12] JTG D60—2015, 公路桥涵设计通用规范[S].

收稿日期: 2018-05-09

收稿日期: 2018-02-01