

微表处混合料室内噪声测试方法

曹丽萍, 侯相深, 张 冉

(哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院, 哈尔滨 150090)

摘要:微表处混合料以其防水、抗滑、耐磨等优点已经广泛用于路面的养护维修。但是,与普通沥青路面相比,微表处路面噪声较大,且缺乏有效的噪声测试方法。为此,提出了基于湿轮磨耗仪的微表处混合料室内噪声测试方法。其中,微表处混合料试件用以模拟微表处路面,湿轮磨耗仪用以模拟车辆荷载,噪声计用以获取轮胎与路面的噪声。进而,对9种不同级配的微表处混合料的噪声进行了测试,结果表明:第二时段的噪声值与构造深度的相关性较好,并最终确定了微表处混合料的噪声测试方法和流程。最后,采用两种不同级配的微表处混合料对该测试方法进行了验证,结果表明,该方法能够有效评价不同微表处混合料噪声之间的区别,为微表处混合料的配合比设计提供有益补充。

关键词:微表处混合料;室内噪声;噪声控制;湿轮磨耗仪;实验设计

中图分类号: U418.6

文献标识码: A

文章编号: 1674-4764(2012)S2-0173-04

Test Method of Indoor Noise for Micro-surfacing Mix

CAO Liping, HOU Xiangshen, ZHANG Ran

(School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, P. R. China,)

Abstract: Micro-surfacing mix has been widely used in the pavement maintenance for its water proofing, anti-skidding and wear resistance. However, micro-surfacing pavement has higher noise than the common asphalt pavement and its noise can not be measured effectively and accurately. Therefore, the indoor noise test method of micro-surfacing mix based on wet track abrasion test was explored. The micro-surfacing mix specimens were used to imitate the micro-surfacing pavement. The wet track abrasion tester was used to provide the vehicle loads. The sound level meter was used to measure the noise between tire and pavement. Furthermore, the indoor noise of nine kinds of micro-surfacing mixes with different gradation was examined. The results show that the equivalent sound level in the second time period has good relationship with the surface texture depth by sad patch method. Then the test method and test procedure for the indoor noise of micro-surfacing mix based on wet track abrasion test were given. Finally, two micro-surfacing mixtures with different gradations were made to validate the test method. The results show that the evaluation method can effectively distinguish the difference of micro-surfacing mixes with different gradation and can supplement the mix design method of micro-surfacing mixes.

Key words: micro-surfacing mix; indoor noise; noise control; wet track abrasion test

随着微表处技术的广泛应用,人们发现微表处沥青路面的噪声比普通沥青混凝土路面大,严重影响了驾乘人员的乘车舒适性。交通噪声主要来源于空气振动、汽车本身的振动和橡胶轮胎与路面摩擦造成的振动。前两者引发的噪声可通过改进车身设计等措施逐步降低,但是超过一定车速后,交通噪声主要来自于轮胎橡胶材料与路面摩擦产生的噪音^[1]。对于微表处混合料噪声产生的原因,研究者们从沥青用量、集料、级配、施工工艺以及稀浆混合料的和易性等多个方面进行了研究;同时,也有研究者对减小噪声的方法从改变沥青含量、沥青种类、掺加废旧橡胶粉、掺加纤维和控制级配等多方面进行了探讨^[2-9]。用以从不同角度降低微表处路面的噪声。

目前,微表处混合料噪声的室内测量还处于研究的起步阶段,尚未纳入到相关规范和规程当中。为了研究微表处的

噪声特性,孙晓立等以“轮胎驱动式路面功能加速加载试验系统”为基础试验平台,开发了微表处噪声测试系统以研究微表处噪声产生机理^[10-11]。蔡旭等提出基于“轮胎驱动式路面功能加速加载试验系统”的材料性能评价方法,对掺加不同改性乳化沥青的微表处混合料进行室内加速加载试验^[12]。

尽管研究者在微表处混合料噪声室内测试方法做了尝试,但是其可行性尚待进一步研究,且开发及普及新的设备需要大量的经费。为此,本研究在现有微表处混合料设备“湿轮磨耗仪”的基础上提出了微表处混合料噪声室内测量的方法和流程。

1 试验原材料

本研究中基质沥青采用盘锦辽河材料厂生产的90#石

收稿日期:2012-10-12

基金项目:国家自然科学基金(51008099),中国博士后科学基金(20100471025),哈尔滨工业大学重点实验室开放基金(HIT. KLOF. 2009104)

作者简介:曹丽萍(1979-),女,博士,副教授,主要从事道路建筑及养护材料方面的研究,(E-mail)caoliping79@163.com。

油沥青。乳化剂采用慢裂快凝 MQK-1M 型乳化剂,采用内掺法掺加,剂量为 1.8%。改性剂选用美德维实伟克公司生产的 SBR 胶乳 1468,采用外掺法掺加,剂量为 3.5%。试验

用水采用饮用清洁水。制备好的 SBR 改性乳化沥青技术要求及试验结果见表 1,从表中可以看出各项技术指标均满足微表处改性乳化沥青的技术要求。

表 1 SBR 改性乳化沥青技术要求及检测结果

试验项目	BCR 型	实验结果	试验方法	
筛上剩余量(1.18 mm)	≤0.1	0.02	T0652	
电荷	阳离子(+)	+	T0653	
沥青标准粘度 C25.3(S)	12-60	13.5	T0621	
破乳速度试验	慢裂	慢裂	T0658	
恩格拉粘度 E25	3-30	—	T0622	
蒸发残留物含量(%)	≥60	60.2	T0651	
针入度(100 g, 25 °C, 5 s)(0.1 mm)	40-100	60	T0604	
蒸发残留物性能	延度(5 °C)(cm)	≥20	>150	T0605
	延度(15 °C)(cm)	—	—	T0605
	软化点(°C)	≥53	56.2	T0606
	溶解度(三氯乙烯)(%)	≥97.5	99.6	T0607
	贮存稳定性			
1d(%)	≤1.0	0.8	T0655	
5d(%)	≤5.0	4.2	T0655	

本研究中的集料采用黑龙江省阿城繁荣石场玄武岩(粒径分别为 0~3、3~5、5~8 mm),集料破碎工艺采用二次反击破碎,集料坚硬、清洁、干燥、无风化、无杂质,经检测砂当量为 80%,大于《微表处和稀浆封层技术指南》中不小于 65%的规定。

2 实验室内微表处混合料噪声测试方法

微表处混合料的噪声可分为车内噪声和车外噪声两种,车内噪声主要影响车辆行驶过程中的车内噪声,受混合料宏观构造和车辆自身震动的影响;车外噪声用于评价车辆行驶过程中的噪声对周围环境的影响^[13-14]。对于车内和车外噪声的现场测量已经有比较成熟的测试方法,而实验室内如何评价微表处混合料产生的噪声还是一个难题,为此本研究基于湿轮磨耗试验开发了微表处混合料室内噪声的测试方法。

2.1 微表处混合料室内噪声的试验设计

在实际的使用过程中,由于车轮荷载的作用,微表处混合料的大颗粒会发生脱落,脱落到一定程度时形成稳定结构。而微表处路面的噪声也随着大颗粒的脱落而发生变化,最终达到稳定状态。在湿轮磨耗仪的工作过程中,微表处混合料表面的大颗粒也发生脱落,并最终形成稳定结构。因此,为了研究微表处混合料的室内噪声,并考虑试验条件和可行性等因素,本研究利用湿轮磨耗仪和 HS6228 型 1/1 倍频程实时频谱分析仪共同测量微表处混合料的室内噪声,其中湿轮磨耗试验用于模拟车辆荷载的作用,频谱分析仪用于测量试验过程中的噪声。

为确定磨耗多长时间噪声值更能够代表路面上的实际情况,本研究拟选取不同测试时段进行试验。结合噪声计的工作性能,每个测试时段的测试时间选定为 10 s。根据之前的预研发现,若湿轮磨耗仪连续工作 1 min 之后,其表面的构造深度已经不能满足路用性能要求,为此共设置 5 个测试时段。考虑到微表处混合料的构造深度能够间接体现其噪声水平^[15],因此测试不同磨耗时间情况下的构造深度,并建立

不同时段噪声与构造深度之间的关系。具体试验步骤如下:

1) 实验室选择。试验时,为避免干扰,应将湿轮磨耗仪放置在单独的密闭实验室内,实验室面积不宜大于 10 m²,以保证传声器附近没有影响声场的障碍物。

2) 安装试件。将测试试件固定在湿轮磨耗仪升降平台上,提升平台并锁住,使磨耗头压在试件表面,确保试件在运行过程中不发生相对位移从而产生滑动摩擦噪声影响测试结果。

3) 声级计安装。采用 HS6228 型 1/1 倍频程实时频谱分析仪测试噪声。测试时选择 A 计权网络,使用 F(快档)时间计权特性,测得一段时间内的等效连续声压值 Leq,单位为分贝(dB)。将声级计固定在湿轮磨耗仪一侧,传声器指向橡胶管磨耗头。传声器固定在磨耗橡胶管与试验台接触面齐平高度,距试验托盘水平距离为 20 cm。

4) 试件预处理。试验前检查磨耗管情况,若磨耗管磨损严重,应更换磨耗管后开始试验。为避免仪器刚启动时运行不平稳,应先启动湿轮磨耗仪使磨耗头转动 10 s 后停止实验,并用刷子轻轻扫刷浮在微表处试件表面被磨耗掉的浮着颗粒。

5) 测试及数据采集。试验时,测试人员应尽可能远离仪器,站在不致影响仪器测量值的位置。打开声级计开关,将湿轮磨耗仪调至运行状态,将磨耗头转速调至 1 档 60 r/min。测量第二段(11~20 s)时间段内的等效声级,声级计测量时间设置为 10 s。停机,降下磨耗仪升降平台,用刷子轻轻扫刷浮在微表处试件和磨耗头橡胶管表面上被磨耗掉的浮着颗粒。用铺砂法测试本次磨耗后,试件的构造深度,测试后用刷子轻轻扫刷浮微表处试件表面的砂子。接着按照步骤四和步骤五分别测试第三、第四、第五时段的噪声,为防止过度磨耗,在后边三段测试过程中预处理时间调整为 5 s。

2.2 室内噪声测试方法

为建立微表处混合料室内噪声与构造深度之间的关系,本研究采用相同的集料、乳化沥青等原材料制备了 9 种不同级配的微表处混合料试件,每组 3 个平行试件。分别按照 2.

1 节中的试验步骤测试不同时段下微表处混合料的噪声及构造深度,具体结果见图 1~4。为进一步研究,绘制了不同时段噪声的对比图。为便于分析,按照第 2 时段噪声递增的方式进行排序,具体结果见图 5。

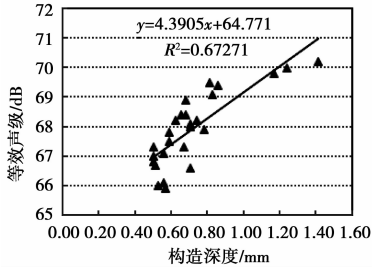


图 1 第 2 时段等效声级与构造深度关系

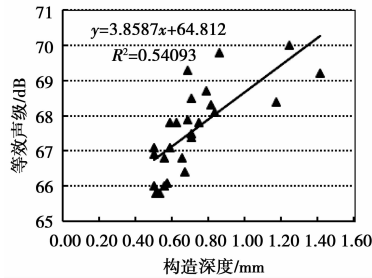


图 2 第 3 时段等效声级与构造深度关系

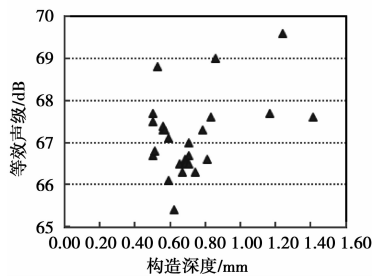


图 3 第 4 时段等效声级与构造深度关系

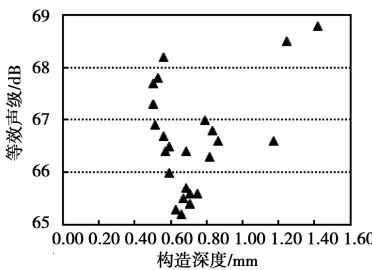


图 4 第 5 时段等效声级与构造深度关系

从图 1~4 可以看出,相对于第 4 时段和第 5 时段而言,第 2 时段和第 3 时段的微表处混合料试件等效声级与构造深度具有较好的相关性,随着构造深度的增大,等效声级也随之增加。尤其是第 2 时段的相关性更好,其相关系数 R 达到 0.82;构造深度在(0.60~1.40) mm 变化范围内,试件的噪声增量达(3~4) dB,这种变化规律与路上实测的车内噪

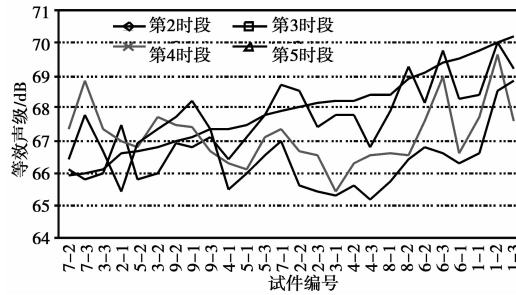


图 5 不同时段等效声级变化对比图

声、构造深度变化规律一致。第 3 时段的相关性也较好,相关系数 R 为 0.74,等效声级随着构造深度的增大而增加,但相关性不及第 2 时段测试结果。第 4、5 时段的试验结果比较离散,无法进行相关性分析。从图 5 中也可以进一步看出,第 3 时段和第 2 时段的变化趋势基本一致,而第 4 和第 5 时段则变化较大,数据比较离散。因此,第 4 和第 5 时段不适合作为微表处混合料噪声的测试方法。

由于采用湿轮磨耗仪测试不同微表处试件磨擦噪声的方式为磨耗方式,随着磨耗时间的增长,试件表面被扫刷掉的颗粒逐渐增多,浮着在试件与磨耗头之间的这部分集料改变了磨耗头与试件表面的接触状态,接触面积也随之变化。与前一噪声测量时段相比混杂了一些浮着颗粒的扫刷声,同时由于大颗粒的缺失,噪声值也相对减小,测得的噪声等效声级与构造深度相关性不明显。因此,采用第 2 时段(即开机运行 10 s 使仪器进入平稳运行状态后的第(11~20) s)测得的噪声作为微表处混合料的室内噪声。尽管该方法在测试过程中除了湿轮磨耗仪与微表处混合料试件磨耗产生的噪声外,还包含了湿轮磨耗仪工作的噪声,但是对于不同级配的微表处混合料试件而言,其工作噪声是相同的,因此,该方法可以区分不同微表处混合料的室内噪声,为微表处混合料的配合比设计提供噪声测量方法。

3 微表处混合料室内噪声测试方法验证

为了对基于湿轮磨耗试验的微表处混合料室内噪声试验方法进行验证,选择两个级配进行对比研究。考虑到粗集料对噪声的影响较大,因此两个级配的细集料保持一致,并在粗集料部分增加了 7 mm 筛孔,以区分粗集料对噪声的影响,其中级配 2 明显要比级配 1 粗,具体情况见表 2 所示。试验中两个级配的乳化沥青中乳化剂剂量为 1.6%,用水量 7%,水泥用量 0.5%。

表 2 选用级配

级配	各筛孔(mm)通过率(%)								
类型	9.5	7	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.015	0.075
级配 1	100.0	95.0	81.9	46.0	38.0	26.1	15.0	10.0	5.4
级配 2	100.0	85.0	75.0	46.0	38.0	26.1	15.0	10.0	5.4

采用本研究提出的微表处混合料噪声测试方法对两个级配的噪声情况进行了测试,测试结果如表 3 所示。表中 L_{eq} 表示测量时间内的连续等效声级;SD 为测量时间内的方差; L_{max} 和 L_{min} 分别指测试时段内的最大和最小噪声;统计声级 L_i 表示超过某声级的概率为 $i\%$ 的噪声级, $i=90,50,10$ 。

表3 两种微表处混合料室内噪声的测试结果

级配	试件编码	测试时段	采样时间 /s	L_{eq}/dB	SD	L_{max}/dB	L_{min}/dB	L_{90}/dB	L_{50}/dB	L_{10}/dB	L_{eq} 均值/ dB
级配1	1-1	2	10	67.3	1.9	72.1	63.9	64.5	66.8	69.5	67.5
	1-2	2	10	67.8	2.4	74.3	63.4	63.9	67.0	70.1	
	1-3	2	10	67.5	2.0	73.3	64.3	64.9	66.8	69.9	
级配2	2-1	2	10	69.8	3.2	77.8	64.3	64.8	68.0	73.5	70.0
	2-2	2	10	70.2	2.5	75.8	65.5	66.1	69.3	73.1	
	2-3	2	10	70.0	2.7	75.2	65.3	66.3	70.5	73.0	

从表3可以看出,级配2的平均噪声明显高于级配1,两者相差2.5 dB。由此可以看出,微表处混合料的级配对噪声有很大影响,尤其是粗集料部分。同时,研究也表明,本试验方法可以用于评价不同微表处混合料的噪声。

此外,本研究还对噪声较小的级配1的路用性能进行了检验。标准湿轮磨耗试验和负荷轮试验的测试结果见表4。

表4 级配1的湿轮磨耗试验结果

油石比/%		5.0	5.5	6.0	指南 要求*
湿轮磨 耗试验	1 h 湿轮磨耗值/ $g \cdot m^{-2}$	750	175	341	≤ 540
	6 d 湿轮磨耗值/ $g \cdot m^{-2}$	1117	352	540	≤ 800
负荷轮 试验	粘砂量/ $g \cdot m^{-2}$	431	610	559	≤ 450
	横向轮辙变形/%	1.2	2.0	1.8	≤ 5
	纵向轮辙变形/mm	0.73	0.97	0.91	—

*注:此处的“指南”是指《微表处和稀浆封层技术指南》。

按照JTG/T F40《微表处和稀浆封层技术指南》中的相关方法最终确定级配1的最佳乳化沥青油石比为(5.2~5.4)%时,微表处的路用性能均能满足规范要求。由此可以看出,按照本研究的噪声测试方法得到的噪声较低的微表处混合料,也能满足路用性能的要求。

4 结论

本研究针对微表处路面的噪声较大,且目前的相关规范、规程、指南中尚未给出有效的噪声测试方法的现状,基于现有微表处试验设备湿轮磨耗仪,对微表处混合料的室内噪声测试方法进行了室内试验研究,并得到以下结论:

1)基于湿轮磨耗仪的微表处混合料室内噪声测试方法中,微表处混合料试件用以模拟微表处路面,湿轮磨耗仪用以模拟车辆荷载,噪声计用以获取轮胎与路面的噪声;

2)第二时段的噪声值与构造深度之间的相关较好,适用于测试微表处混合料的室内噪声;

3)噪声值较低的微表处混合料满足路用性能要求。

参考文献:

- [1] 许新权,彭鹏峰. 水泥路面/轮胎噪声影响因素分析[J]. 河北交通科技,2006,3(3):26-28
- [2] 张金喜,孔静静,黄颂昌. 不同类型沥青路面吸声性能及机理

的实验研究[J]. 北京工业大学学报,2010,36(8):1084-1090.

- [3] Jorgen K, Erik O. Super quiet traffic international search for pavement providing 10dB noise reduction[R]. Denmark: Danish Road Institute, 2009:14-50.
- [4] Bennertt, Hanson D, Maher A, et al. Influence of pavement surface type on tire/pavement generated noise[J]. Journal of Testing and Evaluation, 2005, 33(2):94-100.
- [5] 刘伟亮. 微表处混合料性能及应用技术研究[D]. 西安:长安大学,2011:46-56.
- [6] Maurile V, and Bernard B. Gap-garded cold asphalt concrete: benefit of polymer-modifier asphalt cement and fibers [J]. Transportation Research Record 1530, 1996:9-13.
- [7] Chen Z, Wu S P, Zhang, et al. Experimental investigation on fracture and tensile characteristics of micro-surfacing Containing Crumb Rubber[J]. Key Engineering Materials, 2008, (385-387):489-492.
- [8] Wu G X, Yu M, Tan W. Study on the water damage resistance performance of micro-surfacing[J]. Applied Mechanics and Materials, 2011,(97-98):162-166.
- [9] Chen Z, Wu S P. Effects of loading rate on flexural-tension properties and uniaxial compressive strength of micro-surfacing mixture[J]. Journal of Wuhan University of Technology-Mater, 2010, 25(4):656-658.
- [10] 孙晓立,张肖宁,蔡旭. 不同类型微表处噪声特性的室内试验[J]. 公路交通科技,2012,29(2):18-22.
- [11] 孙晓立,张肖宁. 高性能微表处的室内试验研究[J]. 同济大学学报(自然科学版),2012,40(6):867-870.
- [12] 蔡旭,王端宜,张吉庆,张顺先. 微表处混合料室内加速加载试验[J]. 浙江大学学报(工学版),2012,46(5):791-797.
- [13] Antonio J, Torija, Diego P, et al. Relationship between road and railway noise annoyance and overall indoor sound exposure[J]. Transportation Research (Part D), 2011 (16): 15-22.
- [14] Nilsson M E, Andehans M, Lesna P. Evaluating roadside noise barriers using an annoyance-reduction criterion[J]. Journal of the Acoustical Society of America, 2008, (124):3561 - 3567.
- [15] 彭彬,黄晓明. 微表处路面噪音调查与研究[J]. 中外公路,2008,28(04):66-69.

(编辑 吕建斌)