

# 沥青混凝土吸声降噪性能影响因素试验研究

袁梦

苏交科集团股份有限公司,江苏 南京 211112

**摘要:**为构建低噪声环境,研究沥青混凝土吸声降噪性能的影响因素,在1/3倍频程中心频率共12个频率下对开级配抗滑磨耗层(open graded friction course, OGFC) OGFC-13、多孔沥青混凝土(porous asphalt concrete, PAC) PAC-13、马蹄脂碎石沥青混凝土(stone mastic asphalt, SMA) SMA-13、悬浮密实型级配沥青混凝土(asphalt concrete, AC) AC-13进行驻波管试验,分析沥青混凝土自身特征及水对沥青混凝土吸声降噪性能的影响。试验结果表明:沥青混凝土的空隙级配越大、表面构造纹理越丰富、试件厚度越大,沥青混凝土的吸声降噪性能越好;饱水状态下大空隙沥青混凝土的吸声降噪系数大幅衰减。

**关键词:**路面噪声;吸声系数;降噪系数;沥青混凝土

**中图分类号:**U416.217;TV431<sup>+</sup>.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-0032(2023)04-0104-05

**引用格式:**袁梦. 沥青混凝土吸声降噪性能影响因素试验研究[J]. 山东交通学院学报, 2023, 31(4): 104-108.

YUAN Meng. Experimental study on factors affecting the sound absorption and noise reduction performance of asphalt concrete[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2023, 31(4): 104-108.

## 0 引言

随交通运输的快速发展,道路交通噪声污染愈发严重。长时间噪声污染会导致失眠、听力损伤、耳鸣等疾病,道路交通噪声污染还影响道路沿线的经济发展<sup>[1-2]</sup>。

何虹霖等<sup>[3]</sup>、饶建成等<sup>[4]</sup>研究道路噪声机理发现,车辆匀速行驶时,道路噪声主要来自轮胎和路面间的相互作用,当路面/轮胎噪声声波传递到路表时,一部分反射到外部环境中,另一部分在沥青路面内部多次反射传播。李金凤等<sup>[5]</sup>、赵蕊<sup>[6]</sup>、Alber等<sup>[7]</sup>认为沥青混凝土类型不同,所能吸收、反射噪声声波的能力不同。已有研究中认为沥青混凝土的物理特征在不同程度上影响降噪性能,分析水等外在因素对降噪性能的影响尚存一定局限<sup>[8-9]</sup>。

本文探讨沥青混凝土的级配、试件厚度等自身特征及水等对开级配抗滑磨耗层(open graded friction course, OGFC) OGFC-13、多孔沥青混凝土(porous asphalt concrete, PAC) PAC-13、马蹄脂碎石沥青混凝土(stone mastic asphalt, SMA) SMA-13、悬浮密实型级配沥青混凝土(asphalt concrete, AC) AC-13吸声降噪性能的影响,引入降噪系数对比沥青混凝土吸声降噪性能,分析沥青混凝土吸声降噪性能的影响因素,以期在实际工程应用中综合设计低噪声路面提供数据支撑。

## 1 试验方法

### 1.1 原材料及试件制备

制备4种沥青混凝土 OGFC-13、PAC-13、SMA-13、AC-13,采用高黏改性沥青制备 PAC-13、OGFC-13,采用苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(styrene butadiene styrene, SBS)改性 SMA-13、AC-13。

收稿日期:2022-07-27

作者简介:袁梦(1997—),女,黑龙江大庆人,助理工程师,工学硕士,主要研究方向为道路工程, E-mail: 1084367876@qq.com。

集料为玄武岩,填料为普通石灰岩矿粉。制备AC-13、SMA-13时加入聚酯纤维,混凝土中聚酯纤维的质量分数为0.1%。PAC-13、OGFC-13、AC-13、SMA-13的目标空隙率分别为25%、20%、4.5%、4%。4种沥青混凝土的级配曲线如图1所示。

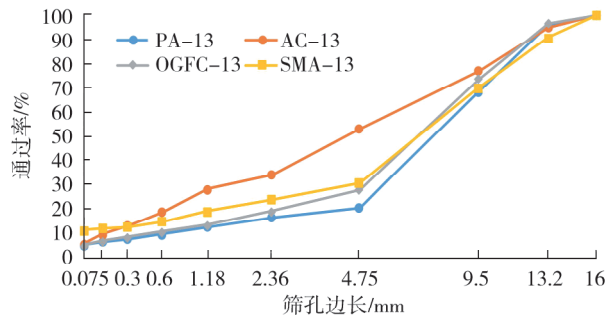


图1 4种沥青混凝土的级配曲线

切割标准马歇尔试件的边缘部分,满足驻波管试件直径小于100 mm的要求<sup>[4,10]</sup>。对高度为35、50 mm的试件,采用轮碾法制作车辙板试件后钻取直径为90 mm的芯样。

### 1.2 吸声系数试验方法

在声学研究中,通常以吸声系数表征材料吸收声能的能力,吸声系数越大,材料的降噪吸声性能越好。采用驻波管法测定路面材料的吸声系数。

不同材料在不同频率噪声下的吸声系数不同,汽车在沥青路面行驶产生的轮胎/路面的噪声频率为400~1 600 Hz,选用1/3倍频程中心频率进行驻波管试验,包括100、200、250、315、400、500、630、800、1 000、1 250、1 600、2 000 Hz共12个频率<sup>[11-13]</sup>。计算材料的降噪系数,综合评价沥青混凝土的吸声降噪性能。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 不同级配、空隙率对吸声系数的影响

对4种沥青混凝土进行驻波管试验,结果如图2所示。

由图2可知,4种沥青混凝土的吸声系数均随频率的增大而先增大后减小。峰值频率附近的频率为该沥青混凝土吸声效果最佳的频率范围,不同沥青混凝土的最佳吸声效果对应的频率范围不同,OGFC-13、PAC-13的最佳吸声频率约为630 Hz,SMA-13约为800 Hz,AC-13约为1 000 Hz。

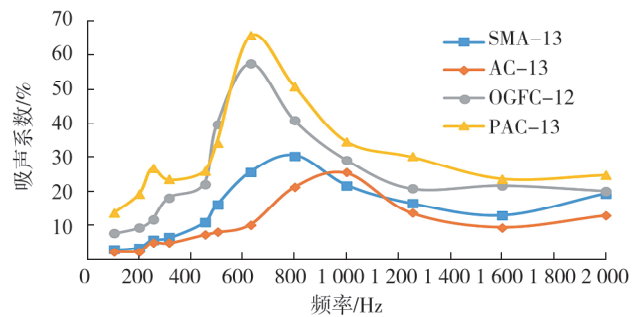


图2 不同频率下4种沥青混凝土的吸声系数曲线

空隙率最大的PAC-13吸声系数曲线的峰值为66%,吸声降噪能力最强;OGFC-13次之,吸声系数的峰值为57.5%。AC-13、SMA-13吸声系数均明显小于大空隙沥青混凝土。

沥青混凝土的吸声降噪效果受空隙率影响较大。空隙率越大,沥青混凝土的吸声降噪效果越好。声波在空气中的传播损耗远大于固体介质,大空隙沥青混凝土中空隙结构较多,声波在其内部传播时由空隙结构大幅消耗声波能量,削弱声波的传播效果。

### 2.2 表面构造纹理对吸声系数的影响

以铺沙法试验结果表征混凝土试件表面构造纹理,计算降噪系数进行横向对比。铺沙法是指将已知体积的沙摊铺在测试构造深度的测点上,量取沙摊平覆盖的面积。沙的体积与平均覆盖面积之比为构造深度。降噪系数是指中心频率为250、500、1 000、2 000 Hz下,材料吸声系数的算术平均值。4种沥青混凝土的构造深度与降噪系数如表1所示。由表1可知:沥青混凝土试件表面构造纹理与降噪系数存在一定关系,表面越粗糙,沥青混凝土的整体吸声效果越好<sup>[14-15]</sup>。

表1 4种沥青混凝土的构造深度与降噪系数

试件	构造深度/mm	降噪系数/%
SMA-13	1.31	15.55
AC-13	0.79	12.68
OGFC-13	1.63	24.98
PAC-13	1.81	30.10

PAC-13、OGFC-13 试件表面的开孔空隙较多,表面构造丰富,可反射声波越多,噪声在试件表面的消耗越多,吸声降噪性能优于 AC-13、SMA-13。SMA-13 的构造深度较大,表面纹理较丰富,吸声降噪效果优于 AC-13 沥青混凝土。空隙率相差较小时,表面纹理越丰富,沥青混凝土的吸声降噪性能越好。

### 2.3 不同试件厚度对吸声系数的影响

制备试件厚度分别为 35、50 mm 及马歇尔试件标准高度( $63.5 \pm 1.3$ ) mm 进行驻波管试验,结果如图 3 所示。

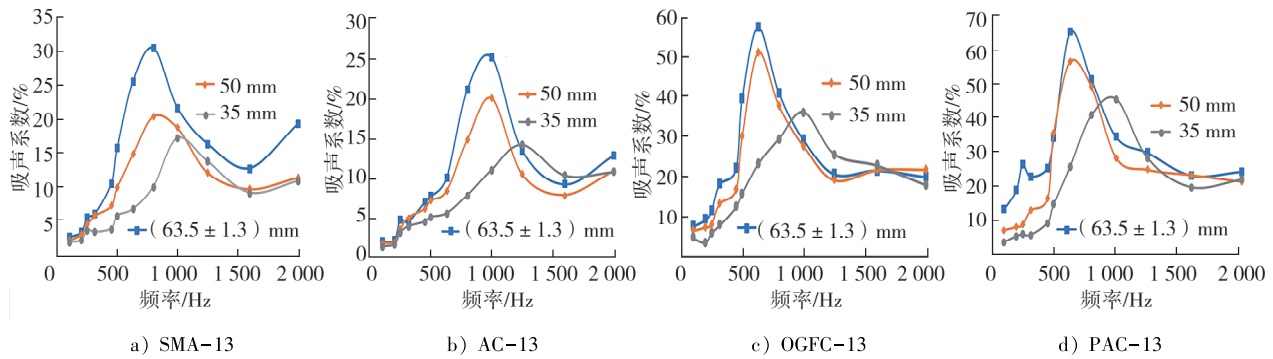


图3 不同频率、不同试件厚度下4种沥青混凝土的吸声系数曲线

由图3可知:大空隙结构的 OGFC-13、PAC-13 的吸声系数较大,较厚试件的吸声降噪性能整体优于较薄试件,较厚试件的最佳吸声频率范围更符合轮胎/路面相互作用所产生的噪声频率,吸声效果较好。试件越厚,吸声系数越大,吸声降噪效果越好,噪声的最佳吸收频率向低频方向移动。

可根据实际工程应用路段的降噪需求、噪声频率范围,从面层厚度及混凝土级配方面综合设计路面结构,达到较为理想的降噪效果。

### 2.4 干、湿状态对吸声系数的影响

路面在日常应用中经常受降水影响,水会渗入 PAC-13、OGFC-13 路表内部并存留一段时间。根据文献[11]中的饱水试验方法(T0717)进行真空饱水试验,对饱水状态的沥青混凝土试件进行驻波管试验,与干燥状态下的降噪系数比较,分析水对沥青混凝土吸声降噪性能的影响,饱水后不同频率下4种沥青混凝土的吸声系数曲线如图4所示,4种沥青混凝土饱水前、后降噪系数对比表2所示。

由图4可知:沥青混凝土饱水后的吸声系数与干燥状态的吸声系数变化趋势相似,但整体吸声降噪效果有所衰减,大空隙结构的 OGFC-13、PAC-13 的吸声系数下降明显。

由表2可知:水对 OGFC-13、PAC-13 沥青混凝土的降噪性能的影响较大,沥青混凝土的空隙中充满水时,空隙结构反射消耗声波的能力大幅降低,OGFC-13、PAC-13 的吸声降噪性能随之衰减。SMA-13、AC-13 本身结构的空隙率较小,吸声降噪性能衰减相对较小。

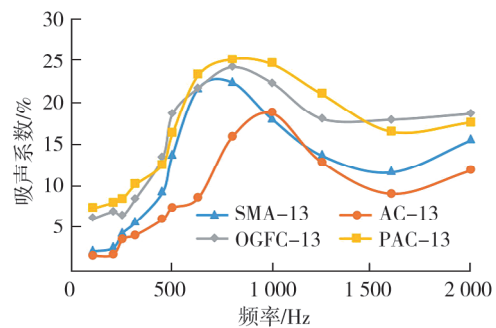


图4 饱水后不同频率下4种沥青混凝土的吸声系数曲线

表2 4种沥青混凝土饱水前、后降噪系数对比

试件	降噪系数/%	
	干燥状态	饱水状态
SMA-13	16.9	13.3
AC-13	16.6	8.4
OGFC-13	13.0	2.5
PAC-13	10.5	2.2

## 3 结论

对4种沥青混凝土 OGFC-13、PAC-13、SMA-13、AC-13 进行驻波管试验,研究材料吸声降噪性能的

影响因素。

1) 空隙率对沥青混凝土的吸声降噪性能有较大影响:空隙率越大,内部结构消耗的声波能量越多,吸声降噪效果越好。PAC-13、OGFC-13 因大空隙结构表现为良好的吸声降噪性能。空隙率相差较小时,表面纹理越丰富,沥青混凝土的吸声降噪性能越好。SMA-13 的吸声降噪能力优于 AC-13。

2) 厚度与吸声降噪能力有关。试件越厚、吸声系数越大、吸声降噪效果越好,噪声的最佳吸收频率向低频方向移动。

3) 水对大空隙沥青混凝土的吸声降噪性能有较大影响。沥青混凝土处于饱水状态时,空隙结构反射消耗声波的能力大幅降低,混凝土的吸声降噪性能随之衰减。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国环境保护部. 地面交通噪声污染防治技术政策[R/OL]. (2010-01-11)[2022-07-20]. [https://www.gov.cn/gongbao/content/2010/content\\_1653855.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2010/content_1653855.htm).
- [2] MÜLLER G, MÖSER M. Handbook of engineering acoustics[M]. Berlin:Springer,2013.
- [3] 何虹霖,邹晓翎,叶向前,等. 低噪声沥青路面降噪机理及研究进展[J]. 中外公路,2022,42(1):55-61.  
HE Honglin, ZOU Xiaoling, YE Xiangqian, et al. Noise reduction mechanism and research progress of low-noise asphalt [J]. Journal of China & Foreign Highway,2022,42(1):55-61.
- [4] 饶建成,马一娟. 沥青混凝土路面噪声产生机理及抑制策略[J]. 工程技术研究,2022,7(9):121-123.  
RAO Jiancheng, MA Yijuan. Generation mechanism and suppression strategy of asphalt concrete pavement noise [J]. Engineering and Technological Research,2022,7(9):121-123.
- [5] 李金凤,何兆益,官志桃. 开级配沥青磨耗层降低路面噪声优化[J]. 东南大学学报(自然科学版),2021,51(5):866-873.  
LI Jinfeng, HE Zhaoyi, GUAN Zhitao. Optimization on open-graded friction course asphalt pavement based on noise reduction capacity[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition),2021,51(5):866-873.
- [6] 赵蕊. 排水沥青路面吸声系数研究[D]. 西安:长安大学,2020.  
ZHAO Rui. Study on the sound absorption coefficient of porous asphalt pavement[D]. Xi'an:Chang'an University,2020.
- [7] ALBER S, RESSEL W, LIU P, et al. Investigation of microstructure characteristics of porous asphalt with relevance to acoustic pavement performance[J]. International Journal of Transportation Science and Technology, 2018(7):199-207.
- [8] 刘作强. 透水沥青混凝土路用性能及降噪特性的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2020.  
LIU Zuoqiang. Study on road performance and noise reduction characteristics of permeable asphalt mixture[D]. Harbin: Northeast Forestry University,2020.
- [9] GAO L, WANG Z Q, XIE J G, et al. Study on the sound absorption coefficient model for porous asphalt pavements based on a CT scanning technique[J]. Construction and Building Materials, 2020(230):117019.
- [10] 袁梦. 双级配功能性沥青混凝土结构与功能特性研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2021.  
YUAN Meng. Research on the structure and functional characteristics of double-graded functional asphalt mixture[D]. Harbin:Northeast Forestry University,2021.
- [11] 中华人民共和国交通部,交通部公路科学研究所. 公路工程沥青及沥青混凝土试验规程:JTG E20—2011[S]. 北京:人民交通出版社,2011.
- [12] 袁旻恣,王彦琴,魏显威,等. 路面声学性能测试标准综述[C]//2020'中国西部声学学术交流会议论文集. 酒泉:《声学技术》编辑部,2020:213-216.  
YUAN Minmin, WANG Yanqin, WEI Xianwei, et al. Review on pavement acoustic performance testing standards[C]// Proceedings of the 2020 Western China Acoustics Academic Exchange Conference. Jiuquan: Technical Acoustics, 2020: 213-216.
- [13] 王辉,董欣雨,邓乔. 沥青混凝土吸声性能[J]. 建筑材料学报, 2018, 21(4):634-638.  
WANG Hui, DONG Xinyu, DENG Qiao. Sound absorption performance of asphalt mixture [J]. Journal of Building Materials,2018, 21(4):634-638.
- [14] CHEN D, LING C, WANG T, et al. Prediction of tire-pavement noise of porous asphalt mixture based on mixture surface

- texture level and distributions[J]. Construction and Building Materials, 2018(173):801-810.
- [15] YANG B, LI H, ZHANG H, et al. Laboratorial investigation on effects of microscopic void characteristics on properties of porous asphalt mixture[J]. Construction and Building Materials, 2019(213):434-446.

## Experimental study on factors affecting the sound absorption and noise reduction performance of asphalt concrete

*YUAN Meng*

*JSTI Group, Nanjing 211112, China*

**Abstract:** In order to construct a low-noise environment, the factors influencing the sound-absorbing and noise-reducing performance of asphalt concrete are studied. Experimental study are conducted using four types of asphalt concrete layers: open graded friction course (OGFC-13), porous asphalt concrete (PAC-13), stone mastic asphalt (SMA-13), and dense-graded asphalt concrete (AC-13). The tests are carried out at 12 different frequencies within the 1/3-octave band center frequency. The aim is to analyze the impact of asphalt concrete properties and water on the sound-absorbing and noise-reducing performance. The results of the experiments show that asphalt concrete with larger void gradation, richer surface texture, and greater specimen thickness exhibit better sound-absorbing and noise-reducing performance. When saturated with water, asphalt concrete with larger voids experiences a significant attenuation in its sound-absorbing and noise-reducing coefficient.

**Keywords:** road noise; sound-absorbing coefficient; noise-reducing coefficient; asphalt mixture

(责任编辑:王惠)

.....  
(上接第 97 页)

the optimal number of roller passes. By observing the variation trend of compaction characteristic values under different roller passes, a comprehensive method of  $3\sigma$ -criterion-position-elimination is used to filter test data, eliminating abnormal characteristic values in the intelligent compaction quality evaluation. A function model of compaction characteristic values and roller passes is established and derived. Combined with on-site testing data, the model is compared and analyzed with the function model of compaction characteristic values and roller passes obtained using traditional data filtering methods. The results show that the model has higher reliability and can provide reference for evaluating the compaction stability of different soils.

**Keywords:** intelligent compaction; compaction stability; the optimal number of roller passe;  $3\sigma$ -criterion-position-elimination

(责任编辑:王惠)