

半消声室内轮胎噪声测试方法研究

朱振华¹, 钱 晔¹, 陈 弘¹, 蔡林峰¹, 程 龙¹, 陈理君²

(1. 杭州中策橡胶有限公司, 浙江 杭州 310008; 2. 武汉理工大学 自动化学院, 湖北 武汉 430070)

摘要:研究半消声室内轮胎噪声测试方法。方法一用转鼓试验机直接测得轮胎噪声声压级和频谱曲线, 未控制温度和湿度等条件; 方法二参照国外室内轮胎噪声测试标准对测试条件进行调整; 方法三对方法二再进行适当修改。研究表明室内轮胎噪声测试结果与室外滑行法噪声测试结果趋势基本一致。方法一操作简单、速度快, 但易造成测试偏差; 方法三操作和程序较繁琐, 但测试精度高; 方法二介于两者之间。

关键词:半消声室; 轮胎; 噪声测试

中图分类号:TQ336.1; TB533⁺.2 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)06-0376-05

为减小道路交通噪声, 降低噪声对人体的伤害, 欧盟法规对轮胎噪声的要求越来越高。欧盟法规规定了轮胎滚动噪声的最低限制要求, 从 2012 年 11 月 1 日起, 噪声不符合要求的轮胎不予认证, 从 2016 年 11 月 1 日起, 噪声不符合要求的轮胎禁止销售和使用。迫于各方面的压力, 国内各轮胎厂家越来越重视轮胎噪声研究, 轮胎室内噪声实验室的建设也逐渐兴起。目前我国还没有统一的室内轮胎噪声测试标准与规范, 因此对室内轮胎噪声测试方法的研究很有必要。

本工作对半消声室内轮胎噪声测试方法进行初步研究。

1 测试方法一

该方法是我公司目前采用的测试方法, 直接测得某个速度下轮胎的 A 计权声压级以及频谱, 对数据不进行处理, 未对测试温度进行控制, 也没有关注温度及湿度等测试条件^[1-2]。

某品牌 225/60R16 轮胎不同时期噪声测试结果见表 1。由表 1 可见, 间隔一段时间后, 某些噪声数据相差较大, 有可能造成不同时期测试的轮胎噪声难以判定优劣。

某品牌 195/65R15 轮胎不同时期噪声测试结果见表 2。由表 2 可见, 该轮胎同样存在某些

噪声数据变化较大的现象。

195/65R15 规格 2 种花纹轮胎噪声测试结果见表 3。从两者 70 km·h⁻¹ 的通道 1 数据来看, 前 2 次测试 B 花纹轮胎噪声更低, 而后 2 次则不然, 如果仅从这点来看, 则难以判定优劣。

由此可以看出, 测试方法一存在一些问题, 因此需要探索更科学的测试、评判或数据处理方法。

2 测试方法二

该方法参照一些国外室内轮胎噪声测试标

表 1 方法一所测 225/60R16 轮胎不同时期

噪声 A 计权声压级							dB
测试日期	80 km · h ⁻¹		100 km · h ⁻¹		120 km · h ⁻¹		
	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2	
2010-05-17	89.5	91.7	92.4	94.7	96.0	98.9	
2010-06-12	92.0	94.1	95.6	97.6	99.6	101.5	
2010-06-17	90.9	93.2	93.8	96.4	98.0	100.3	
2010-06-22	90.0	92.5	90.1	92.7	93.0	95.8	
2011-01-05	87.6	88.7	90.7	92.2	94.6	96.5	
2011-01-24	87.4	88.6	90.2	91.8	94.8	96.4	
2011-03-09	87.1	87.8	90.3	91.9	94.2	96.4	
2011-03-25	88.2	88.8	90.6	91.7	94.7	96.1	

表 2 方法一所测 195/65R15 轮胎不同时期

噪声 A 计权声压级							dB
测试日期	80 km · h ⁻¹		100 km · h ⁻¹		120 km · h ⁻¹		
	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2	
2010-06-12	92.0	92.6	95.3	96.7	96.2	98.4	
2011-01-24	87.9	88.3	91.2	92.2	94.4	96.9	

作者简介:朱振华(1983—), 男, 浙江义乌人, 杭州中策橡胶有限公司工程师, 硕士, 从事子午线轮胎结构有限元分析和轮胎噪声研究工作。

表 3 方法一所测 195/65R15 规格 2 种花纹轮胎不同时期噪声 A 计权声压级 dB

测试日期	70 km · h ⁻¹		80 km · h ⁻¹		110 km · h ⁻¹		140 km · h ⁻¹	
	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2
A 花纹								
2011-04-23	87.1	87.4	89.2	89.9	91.9	93.4	96.5	99.0
2011-04-30	87.7	87.9	89.4	89.7	92.3	94.7	97.1	99.6
2011-05-08	86.9	87.7	90.3	90.3	92.0	94.3	96.9	98.9
2011-05-18	87.4	88.2	89.7	89.9	92.0	94.8	96.7	98.1
B 花纹								
2011-04-23	86.8	87.6	89.5	90.1	92.5	95.2	97.6	99.7
2011-04-30	86.8	88.1	90.0	90.3	93.2	96.0	98.0	99.7
2011-05-08	87.4	89.3	89.0	90.9	93.7	96.0	98.9	99.6
2011-05-18	87.4	89.1	88.9	91.2	93.1	95.7	98.0	100.3

准,并对噪声室测试环境进行了一些调整。

麦克风位置参照日本轮胎噪声测试标准^[3],如图 1 所示。

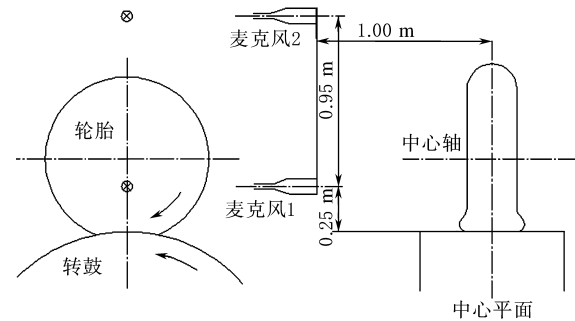


图 1 测试方法二麦克风位置示意

测试速度从 100 km · h⁻¹ 逐步降至 20 km · h⁻¹,每隔 20 km · h⁻¹ 记录 1 次数据,并记录测试温度和湿度。对某品牌的 225/60R16 和 195/65R15 轮胎噪声进行测试,第 1 次测试后间隔一段时间再进行第 2 次测试,结果见表 4。采用如下公式对噪声测试结果进行线性拟合^[4-5]:

$$L = a \lg V + b \tag{1}$$

式中 L ——A 计权声压级,dB;
 V ——转鼓转速,km · h⁻¹;
 a, b ——拟合后得出的常数。

表 5 是对表 4 数据的拟合结果(常数 a, b 和相关因数 R^2)以及由拟合曲线计算出的 80 km · h⁻¹ 时的 A 计权声压级。

将上述 2 个规格轮胎外送进行滑行法噪声测试,结果见表 6。

由表 5 和 6 可见,室内转鼓法测得的 195/65R15 轮胎噪声略大于 225/60R16 轮胎,滑行法测得的 225/60R16 轮胎噪声略大于 195/65R15

表 4 方法二所测 195/65R15 和 225/60R16 轮胎噪声 A 计权声压级 dB

项 目	速度/(km · h ⁻¹)				
	20	40	60	80	100
195/65R15 第 1 次测试 ¹⁾					
通道 1	63.5	73.8	79.3	83.1	86.9
通道 2	60.6	70.7	74.4	79.3	83.3
225/60R16 第 1 次测试 ²⁾					
通道 1	62.3	70.9	78.3	83.7	85.8
通道 2	57.7	66.7	73.6	79.3	82.5
195/65R15 第 2 次测试 ³⁾					
通道 1	63.8	73.8	79.7	83.0	86.8
通道 2	60.9	70.7	74.4	79.0	83.2
225/60R16 第 2 次测试 ⁴⁾					
通道 1	62.5	71.7	78.9	84.2	86.1
通道 2	57.9	67.2	73.9	79.8	83.0

注:1)温度 35.8℃,湿度 63.5%;2)温度 34.0℃,湿度 66.0%;3)温度 34.8℃,湿度 61.5%;4)温度 36.0℃,湿度 58.8%。

轮胎,但数值接近。以滑行法测试结果为参照,表明室内转鼓法噪声测试方法二有相当的可信度和可行性。

为进一步验证测试方法的准确性,将轮胎送国内某轮胎噪声测试中心进行测试,数据拟合后的常数 a, b, R^2 及 80 km · h⁻¹ 时的 A 计权声压级见表 7。由表 7 可见,噪声测试中心与噪声测试方法二测得的结果趋势一致,数值也很接近,可见噪声测试方法二有一定的通用性。

3 测试方法三

该方法借鉴日本室内轮胎噪声测试标准,并进行适当修改。测试速度从 110 km · h⁻¹ 开始,以每 5 km · h⁻¹ 为一档逐步下调测试速度,直至

表5 方法二所测 195/65R15 和 225/60R16 轮胎
噪声数据的拟合结果

项 目	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²	80 km·h ⁻¹ 时的 A 计权声压级/dB
195/65R15				
第 1 次测试				
通道 1	33.02	20.63	0.999 2	83.5
通道 2	31.49	19.59	0.992 1	79.5
第 2 次测试				
通道 1	32.54	21.56	0.998 9	83.5
通道 2	30.81	20.75	0.991 5	79.4
平均值				
通道 1				83.5
通道 2				79.5
225/60R16				
第 1 次测试				
通道 1	34.89	16.29	0.991 6	82.7
通道 2	36.05	10.62	0.993 4	79.2
第 2 次测试				
通道 1	35.02	16.55	0.993 8	83.2
通道 2	36.42	9.83	0.994 0	79.1
平均值				
通道 1				82.9
通道 2				79.2

表6 195/65R15 和 225/60R16 轮胎
滑行法噪声测试结果

轮胎规格	地面平均 温度/℃	未经温度修正的 测试结果/dB	经温度修正的 测试结果/dB
195/65R15	11.2	73.96	73.42
225/60R16	23.1	73.68	73.77

20 km·h⁻¹,共测 19 组数据,麦克风位置与测试方法二相同。

取 215/65R16 规格的 X 和 Y 花纹轮胎进行测试,结果如图 2 所示。由图 2 可见,2 种花纹轮胎的噪声声压级并不完全随着速度的提高而增大,在速度为 50 和 100 km·h⁻¹ 附近,2 条轮胎在通道 1 都出现了 A 计权声压级不随速度提高而增大的情况,相关文献也有类似现象报道^[6]。这可能是由于在某速度下轮胎本身与路面声匹配较好或耦合较好,从而出现降噪现象。

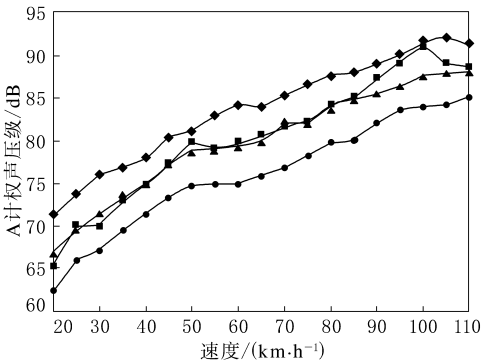
将测得的 215/65R16 轮胎噪声数据分别在 30~50,50~70,70~90 和 90~110 km·h⁻¹ 四个速度区段进行分段线性拟合,拟合得到的 *R*² 见表 8。

根据拟合得到的线性方程,对各段中心速度

表7 国内某轮胎噪声测试中心测试数据的拟合结果

项 目	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²	80 km·h ⁻¹ 时的 A 计权声压级/dB
195/65R15				
第 1 次测试 ¹⁾				
通道 1	27.49	31.26	0.996 7	83.6
通道 2	26.92	27.17	0.981 6	78.4
第 2 次测试 ²⁾				
通道 1	28.13	29.66	0.996 3	83.2
通道 2	26.87	26.76	0.986 0	77.9
平均值				
通道 1				83.4
通道 2				78.1
225/60R16				
第 1 次测试 ³⁾				
通道 1	32.93	20.32	0.976 4	83.0
通道 2	29.95	19.46	0.970 8	76.5
第 2 次测试 ⁴⁾				
通道 1	32.22	21.89	0.976 2	83.2
通道 2	30.71	18.53	0.970 6	77.0
平均值				
通道 1				83.1
通道 2				76.7

注:1)温度 29.8℃,湿度 68.0%;2)温度 30.0℃,湿度 60.5%;3)温度 30.5℃,湿度 61.8%;4)温度 30.0℃,湿度 59.2%。



◆—X 花纹,通道 1;■—Y 花纹,通道 1;▲—X 花纹,通道 2;
●—Y 花纹,通道 2。X 花纹测试条件:温度 32.8℃,湿度 65.8%。Y 花纹测试条件:温度 33.8℃,湿度 64.2%。

图2 方法三所测 215/65R16 轮胎 A 计权声压级
随速度的变化趋势

下的噪声测试结果进行修正,再将修正后的声压级修约到 0.5 dB,结果见表 9。

同样,为了验证室内轮胎噪声测试结果的准确性,将该规格轮胎外送进行滑行法噪声测试,结果见表 10。

由表 9 和 10 可见,215/65R16 轮胎 X 花纹噪

表 8 方法三所测 215/65R16 轮胎
噪声数据分段拟合的 R^2

项 目	速度区间/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)			
	30~50	50~70	70~90	90~110
X 花纹				
通道 1	0.967 7	0.898 3	0.969 5	0.706 0
通道 2	0.992 6	0.847 9	0.956 0	0.928 2
Y 花纹				
通道 1	0.993 9	0.707 9	0.965 0	0.098 1
通道 2	0.992 6	0.861 2	0.978 8	0.913 8

表 9 方法三所测 215/65R16 轮胎噪声修约后的
噪声 A 计权声压级 dB

速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	X 花纹		Y 花纹	
	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2
100	91.0	87.0	89.0	84.0
80	87.5	84.0	84.0	79.5
60	83.5	80.0	80.0	75.5
40	78.5	75.0	75.0	71.5

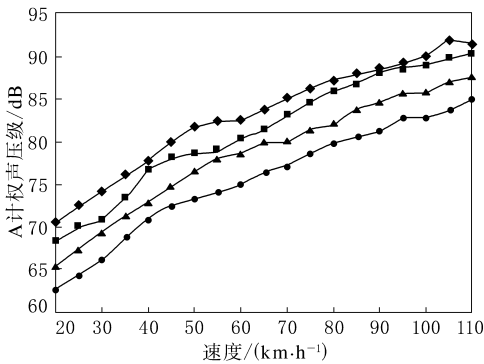
表 10 215/65R16 轮胎滑行法噪声测试结果

花纹类型	地面平均 温度/ $^{\circ}\text{C}$	未经温度修正的 测试结果/dB	经温度修正的 测试结果/dB
X 花纹	31.2	75.44	75.78
Y 花纹	31.0	74.42	74.75

声明显大于 Y 花纹,转鼓法与滑行法测试结果趋势一致,但转鼓法测试结果的差值较大。

将 215/65R16 轮胎送某轮胎噪声测试中心进行噪声测试,A 计权声压级随速度的变化趋势、分段拟合的 R^2 和修约结果分别见图 3、表 11 和 12。

由图 3 可见,轮胎噪声测试中心测试结果也有 A 计权声压级不随速度提高而增大的情况,但



◆,■,▲,●注同图 2。X 花纹测试条件:温度 30.0 $^{\circ}\text{C}$,湿度 63.0%。Y 花纹测试条件:温度 29.2 $^{\circ}\text{C}$,湿度 60.5%。

图 3 轮胎测试中心所测 215/65R16 轮胎
A 计权声压级随速度的变化趋势

表 11 轮胎噪声测试中心所测 215/65R16 轮胎
噪声数据分段拟合的 R^2

项 目	速度区间/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)			
	30~50	50~70	70~90	90~110
X 花纹				
通道 1	0.994 2	0.892 9	0.981 3	0.890 1
通道 2	0.999 4	0.947 1	0.981 6	0.941 5
Y 花纹				
通道 1	0.932 8	0.955 1	0.992 8	0.962 0
通道 2	0.971 5	0.992 0	0.979 7	0.897 9

表 12 轮胎噪声测试中心所测 215/65R16 轮胎噪声
修约后的噪声 A 计权声压级 dB

速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	X 花纹		Y 花纹	
	通道 1	通道 2	通道 1	通道 2
100	90.0	86.0	89.0	83.0
80	87.0	82.5	85.5	79.5
60	83.0	79.0	80.5	75.5
40	78.0	73.0	75.5	70.5

走势比较平稳。

由表 11 可见,对轮胎噪声测试中心的噪声测试结果进行分段拟合后,所得 R^2 总体上略大于方法三分段拟合结果,说明相关性较好。

由表 12 可见,轮胎噪声测试中心的噪声测试结果与滑行法测试结果趋势一致。

不同噪声实验室由于测试设备和环境等因素的影响,所测数据是有差异的。因此,轮胎噪声测试人员应了解设备的特点,测试时尽量考虑多方面因素。例如 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 速度下的测试结果异常,则在 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的噪声测试数据基础上,再选取相近几个速度进行测试,最后通过线性拟合得到 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 速度下的噪声结果。

4 结语

由以上分析可知,3 种测试方法各有特点。测试方法一操作简单,测试速度快,但容易造成测试偏差;测试方法三操作程序复杂,耗时长,而且数据处理较为繁琐,但测试精度和可信度高,通用性强,在客观评价轮胎噪声等方面有优势,更有利于轮胎噪声的研究;测试方法二则介于两者之间。

目前我们还在进一步探索噪声实验室测试方法,积累数据,以期找出更优的方法。例如对测试温度进行控制,或通过一定的手段将测试结果转换到相同温度下的结果。建立室内轮胎噪声实验

室的目的是测试真实反映路面噪声状况的噪声数据,因此探索噪声实验室测试结果与滑行法噪声测试结果的相关性,并总结两者间的相互转换规律非常关键。如何根据噪声实验室测试条件,制定出符合自身噪声实验室特点的测试方法,乃至最终上升为国内轮胎噪声实验室测试标准,是摆在科研技术人员面前的重大课题。

参考文献:

[1] 陈弘,张利民,朱振华,等. 轮胎噪声实验室及其关键设计和

稳定可靠性研究[J]. 轮胎工业,2011,31(10):630-634.

[2] 吴恩友. 载重车轮胎噪声微机仿真与实测系统[D]. 武汉:武汉理工大学,2010.

[3] JASO C 606—1981, Test Procedures for Tire Noise[S].

[4] 陈理君,孙波波,肖旺新,等. 道路/轮胎噪声研究的现状与发展[J]. 轮胎工业,2011,31(9):519-524.

[5] Dae Seung Cho, Sungho Mun. Study to Analyze the Effects of Vehicles and Pavement Surface Types on Noise[J]. Applied Acoustics, 2008, 69(9):833-843.

[6] 张兰红. 轮胎/道路噪声仿真分析及评价[D]. 武汉:武汉理工大学,2007.

第17届中国轮胎技术研讨会论文

Study on the Testing Methods of Tire Noise in Semi-anechoic Chamber

ZHU Zhen-hua¹, QIAN Ye¹, CHEN Hong¹, CAI Lin-feng¹, CHENG Long¹, CHEN Li-jun²

(1. Hangzhou Zhongce Rubber Co., Ltd, Hangzhou 310008, China; 2. Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: The testing methods of tire noise in semi-anechoic chamber were studied. Method I directly measured the sound pressure level and spectrum of tire noise by drum test machine without controlling the temperature and humidity conditions. Method II adjusted the test conditions by referring to foreign standard of indoor tire noise testing. Method III appropriately modified method II further. The results showed that the test result of indoor tire noise was similar to that of coast-by test method. Method I test was simple and rapid, but could easily lead to test bias. The operation and process of method III were more complicated, but it possessed high test accuracy. The accuracy of method II was between method I and method III.

Key words: semi-anechoic chamber; tire; noise testing

中国橡胶工业协会轮胎分会 2013 年 会员大会在天津隆重召开

中图分类号: TQ336.1

文献标志码: D

2013年4月26日,中国橡胶工业协会轮胎分会2013年会员大会在天津隆重召开。来自国内外200多名橡胶、轮胎业界人士应邀参加会议。中国橡胶工业协会会长邓雅俐、副会长兼秘书长徐文英分别做了“转型升级 创新驱动 促进橡胶工业平衡较快发展”和“中国轮胎出口情况及美国和欧盟地区轮胎市场情况分析”的报告。中国橡胶工业协会轮胎分会秘书长蔡为民做了2012年轮胎分会工作总结并汇报了2013年工作计划。轮胎及相关行业的领导和专家就业内关注的热点问题做了精彩演讲。

邓雅俐指出,2012年我国橡胶行业呈现增速

大幅放缓、生产经营实现企稳、对外贸易保持增长、出口创汇基本持平、产品结构有所优化、企业规模和产品集中度提高、效益指标温和上升、企业利润好于上年的特点。2013年应认清行业发展面临的形势,把握好调整转型的方向和重点。行业和企业应增强自主创新能力,把发展从规模扩张为主转向提升质量和效益为主,推进绿色轮胎产业化,并抓住机遇实施企业兼并重组提高产业集中度等。

徐文英首先介绍了2012年中国轮胎的整体出口情况,通过分析近4年中国轮胎(轿车轮胎和载重轮胎)的出口数据,总结了我国轮胎的主要出口国家和出口情况。另外,还详细介绍了美国和欧盟的轮胎市场需求及与中国轮胎的进出口情况。

蔡为民在讲话中重点指出,针对轮胎原材料