

整车噪声实验室消声室及试验台设计

朱杭灵¹,汪元凤¹,朱振华¹,胡法青²

[1. 中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018; 2. 恒信大友(北京)科技有限公司, 北京 100083]

摘要:根据整车噪声实验室的使用和性能要求,介绍了其消声室及试验台设计。消声室为半消声室,主体关键设计为吸声结构、隔声门和隔振系统,其他系统作为辅助;试验台采用一轴双鼓、单驱,转鼓是试验台的核心,转鼓的表面是决定测试准确性的最主要因素之一。

关键词:整车噪声实验室;半消声室;吸声结构;试验台;转鼓

中图分类号:TQ336.1;TB533⁺.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2016)01-0042-05

美国及欧洲从2007年以来不断设置相关贸易与技术壁垒,阻止我国的轮胎出口,目前我国多数轮胎公司采用测试认证的方式,获得出口销售的准入标签,其中包括轮胎噪声性能。随着汽车产量不断扩大,汽车配套市场也迅猛发展,但是目前国内汽车轮胎配套市场,尤其是高端市场,基本被外资所垄断。主机厂在选用配套轮胎时将噪声作为考核的主要项目之一。

目前使用的轮胎噪声实验室^[1-2]已难以满足轮胎噪声性能测试需求,在轮胎企业建设整车噪声实验室迫在眉睫。本文介绍整车噪声实验室消声室及试验台的设计。

1 消声室的设计

1.1 总体指标

参照世界主流轮胎或汽车企业所使用的技术规格设计^[3-5],整车噪声实验室要求不仅能够进行轮胎噪声测试,而且能够进行整车NVH(噪声、振动、声振粗糙度)以及模拟滑行法噪声测试。

消声室技术指标如下:截止频率 ≤ 63 Hz;本底噪声[消声室外环境噪声小于75 dB(A),室内除照明设备以外所有设备关闭,房间中心距地面1 m处] < 20 dB(A),只开房间空调及照明设备时的噪声(房间中心处距地面1 m,空调最大制冷量) < 30 dB(A)。

消声室内房净空间尺寸(墙面至墙面)为19.5 m×20.6 m×6.45 m(长/宽/高),要求保证在自由

声场空间内,左右距离房间中心线各7.5 m。

按照ISO 3745—2003规定的精度,每个1/3倍频程消声室设计自由声场偏差满足以下要求^[6]:

1/3倍频带中心频率/Hz	自由声场偏差/dB
63~630	± 2.5
800~5 000	± 2.0
6 300以上	± 3.0

消声室最主要的三大系统为吸声结构、隔声门和隔振系统。

1.2 吸声结构

吸声结构采用目前国际上流行的金属尖劈吸声结构,因消声室的设计截止频率为63 Hz,一般情况下吸声处理的总厚度(尖劈长度加空气腔)应大于截止频率波长的1/4^[7],即

$$d > \frac{\lambda}{4} = \frac{C}{4f}$$

式中, d 为尖劈长度, λ 为截止频率波长, C 为声速, f 为截止频率。

金属尖劈的声学特性在一定程度上已经超越了传统的“四分之一波长”理论,相同截止频率下要求的尖劈长度得以缩短。本设计采用的金属尖劈为双尖顶结构, d 为1 200 mm,其中尖部为1 100 mm,基部为100 mm,安装时空气腔的尺寸为50 mm,总长度仅为1 250 mm,尖劈底座尺寸为1 150 mm,金属穿孔钢板采用1.2 mm厚的镀锌钢板,穿孔率大于32%,填充材料为无机棉环保材料,尖劈颜色可定制,在保证所要求的声学性能前提下保证环保、耐腐蚀、防火、防撞和美观等性能。金属尖劈实物见图1。

作者简介:朱杭灵(1982—),男,浙江富阳人,中策橡胶集团有限公司工程师,学士,主要从事轮胎性能检测工作。

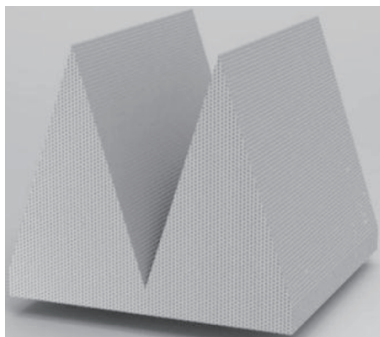


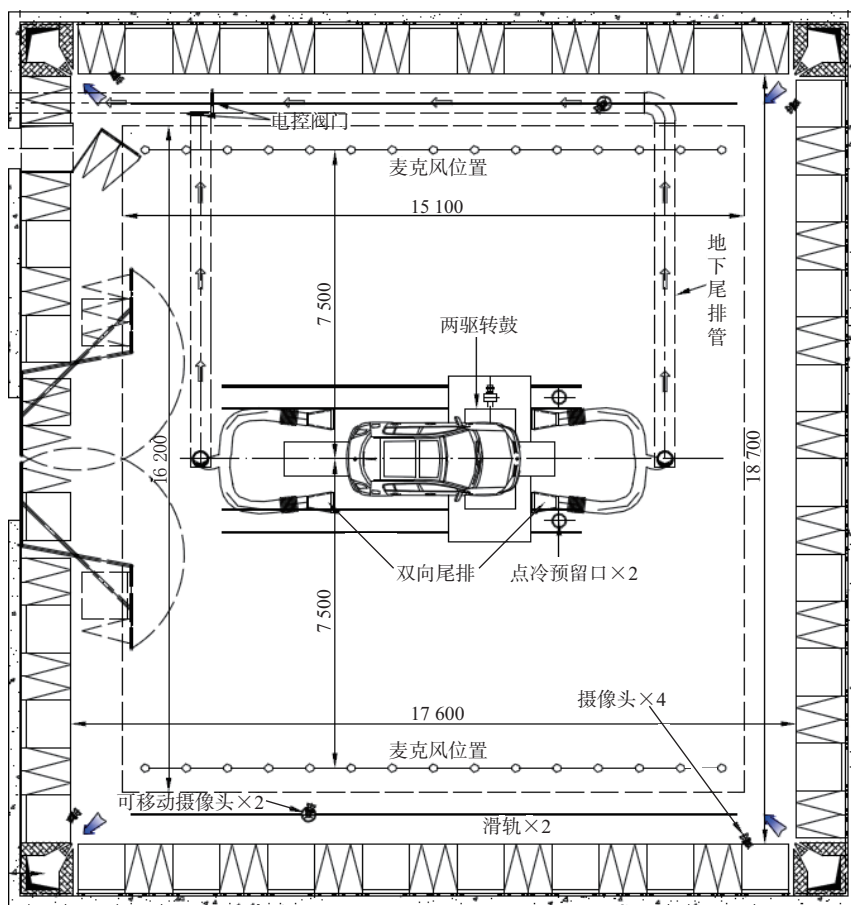
图1 金属尖劈

设计实验室尖劈到尖劈净空间尺寸为 $17.0\text{ m}\times 18.1\text{ m}\times 5.2\text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高);自由声场尺寸为 $14.3\text{ m}\times 15.4\text{ m}\times 3.85\text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。

消声室设计布局如图2所示。

1.3 隔声门

消声室设计有2套通行门,分别是人员通行门和设备通行门,设备通行门内房和外房隔声门洞口尺寸分别为 $3\text{ m}\times 3\text{ m}$ 和 $3.4\text{ m}\times 3.1\text{ m}$;人员通行门位于实验室与控制室之间,内房和外房隔声



自由场范围为 $15.1\text{ m}\times 16.2\text{ m}$,截止频率为 63 Hz 。

图2 消声室设计布局

门洞口尺寸分别为 $1\text{ m}\times 2.1\text{ m}$ 和 $1.3\text{ m}\times 2.2\text{ m}$ 。2套通行门均采用3层门设计,2层为高隔声量防火隔声门,1层为吸声尖劈门,设计隔声量(R_w)均为 57 dB ,各扇门均方便开启,可以停留在任意位置,并且满足相应的防火性能等级。

计算通行门隔声量时,分别计算2层隔、吸声门,然后把2个结果对数叠加。以实验室内距离尖

劈门尖劈 1 m 处的声压级小于本底噪声 20 dB(A) 进行反算。假设 $63\sim 8\,000\text{ Hz}$,8个倍频带的A计权声压级贡献都相同,根据声压级叠加原理,只要每个倍频带的声压级都小于 11 dB(A) ,则本底噪声的总声压级小于 20 dB(A) 。同时尖劈门的隔声量作为设计余量,计算数值见表1。

由表1可知,消声室内距离内房门 1 m 处的

表1 隔声门隔声量计算值

项 目	频率/Hz								声压总值
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	
背景噪声限值	11	11	11	11	11	11	11	11	20
A计权调整值	26	16	9	3	0	-1	-1	1	
线性声压级限值	37	27	20	14	11	10	10	12	
内门输出声功率限值	46	36	29	23	20	19	19	21	
内门传声损失	35.5	47.5	53.9	60	63.1	64.6	61.6	60.1	
外门传声损失	35.5	47.5	53.9	60	63.1	64.6	61.6	60.1	
外门入射声功率限值	94	112	109	103	100	99	99	101	
外门声压级限值	81.2	99.2	96.2	90.2	87.2	86.2	86.2	88.2	102
外界噪声限值	55.2	83.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	95

本底噪声 ≤ 20 dB(A)时对外界噪声的限值为95 dB(A),如果是距门口更远的位置、外界噪声更低时,本底噪声更低。

1.4 隔振系统

内房隔振系统采用欧米伽隔振路轨,材质为不锈钢,具有承载量大、耐疲劳性好、易安装、结构简单、可以按照实际地基混凝土基础尺寸任意加工和灵活性高等优点,其结构和材料永久免维护保养,力学性能稳定不需要维修,总成不需要更换;具有防潮、防水、防火、耐腐蚀等特点。此种结构在中国第一汽车集团公司技术中心、长城汽车股份有限公司和青岛赛轮金宇股份有限公司等消声室项目均有成功应用。

隔振效果与振源特征以及隔振系统的固有特性有关,隔振效率越高,效果越好;当隔振效率高于95%时,可以认为外界振动干扰已被充分隔离,隔振效率(E)计算公式如下^[8]:

$$E = 1 - T = 1 - \left[\frac{1 + 4\beta^2 \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}{\left(1 - \frac{f^2}{f_0^2}\right)^2 + 4\beta^2 \left(\frac{f}{f_0}\right)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

式中, T 为传递率, f 为干扰频率, f_0 为固有频率, β 为阻尼比。

本消声室设计的隔振路轨系统固有频率为7 Hz,隔振负载约1 650 t。在频率40 Hz以上,隔振效率高于95%,从而可以将环境对实验室本底噪声的影响降到最低。

1.5 其他系统

1.5.1 照明系统

主体试验区域照度满足500 lux,且工作照明灯具内加装应急电源。消声室内配置的照明设备不影响消声室声学性能;安全出口灯具设置在消

声室出口上方,可连续工作1 h以上;实验室内工作人员进行试验时,门外指示灯亮。

1.5.2 半消声室通风系统

消声室内温度(满载条件下):夏天 25~28 °C,冬天 20~25 °C,控制精度 ± 3 °C;相对湿度 30%~70%,控制精度 $\pm 5\%$;转鼓地下室湿度 $\leq 70\%$ 。为保证消声室内温度场的均匀性,空气气流组织采用两角侧送、另两角侧回的方式。通风口设置在消声室4个墙角,采用特殊竖列尖劈设计,不影响消声室声学性能,且通风平稳。

本实验室空调系统同时拥有制冷和制热模式,设计制冷量为140.9 kW(考虑设备实际辐射热量约60 kW),制热量为90 kW,最大循环风量为20 000 m³·h⁻¹,新风量为4 000 m³·h⁻¹。

1.5.3 尾气排放系统

在转鼓两侧各设置1个尾气排放通道,以适应整车测试时的尾气排放试验要求,每个管口直径(喇叭口)300 mm,室内用可移动的耐高温400 °C、吸声隔声软管(长度6 m)引出废气,不影响室内半自由声场特性。

尾气排放系统最大排气量不小于3 000 m³·h⁻¹,抽排量根据车型不同,可以实现无级调节。

保证在尾气排出管道口中心轴线45°方向500 mm处,离地1 m高测得噪声值不超过50 dB(A)。

另外,消声室还配备监视系统、内外通话系统、危险气体报警系统和穿墙隔声套管等,消声室内地面吸声因数不大于0.06^[7]。

半消声室的声学装修按ISO 3745—2012附录A(1级精度)和GB 6882—2008《声学噪声源声功率测定消声室和半消声室精密法》附录A评定。

2 试验台的设计

要求试验台能够检测整车(包括轿车和轻型载重汽车),配置2个转鼓并由1台电动机驱动(单驱,一轴双鼓)。这里包含2种测试工况,一种是由转鼓带动汽车,汽车发动机处于关闭状态,用于测试轮胎的噪声;另一种是由汽车带动转鼓转动,汽车发动机开启,用于测试整车的噪声。

2.1 试验台

根据轿车和轻型载重汽车实际性能要求,试验台的设计技术参数如下。

技术条件	参数
试验台尺寸	4.0 m×3.5 m×3.6 m(宽/长/高)
控制柜尺寸	0.8 m×0.6 m×2.1 m(宽/长/高)
控制柜与试验台最大间距	15 m
控制面板尺寸	1.71 m×0.9 m×0.9 m(宽/长/高)
供电电源	400 V(±5%), 50 Hz(±1%)
额定功率	约400 kVA
最小气压	0.6 MPa
最大气压	1.0 MPa
试验台环境温度	≤40 ℃
控制柜环境温度	≤35 ℃
相对湿度	85%
功率	275 kW
转速	750 r·min ⁻¹
扭矩	3 505 N·m

可以安装路面/惯量模拟系统,以模拟道路载荷和汽车质量,惯量模拟范围为500~3 000 kg。

因电动机噪声较大,将电动机单独放置在一个房间内,以隔绝噪声。

2.2 转鼓

转鼓的设计技术参数如下:直径 3.180 m,圆周长 10 m,宽度 900 mm,输出速度范围 5~200 km·h⁻¹,未安装可更换路面块最大速度 200 km·h⁻¹,安装可更换路面块最大速度 120 km·h⁻¹,最大轮胎负荷(单个转鼓) 1 500 kg,最大轴负荷 3 000 kg,可更换路面块。

单个转鼓表面采用双路面结构设计,可以采用两种路面进行测试而不需要进行路面安装和更换,如图3所示。

其中一种路面为模拟ISO 10844标准路面^[9],表面镀有厚度为1.2 mm的铬钢,耐磨性好,中间没

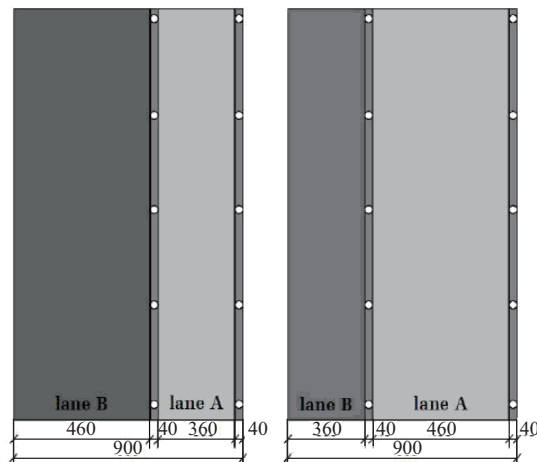


图3 双路面转鼓示意

有缝隙和镶钉,避免了非轮胎产生的振动噪声。另一种路面为光滑路面,可以在上面安装各种路面块,满足主机厂对不同测试路面的要求。

目前国内主要的轮胎噪声测试用转鼓为光滑路面,只能体现轮胎的冲击等噪声,适用于花纹噪声研究,而且容易产生摩擦滑移噪声,与实际路面不一致,而道路所引起的轮胎结构噪声和腔体共鸣噪声等无法体现,无法研究道路引起的噪声。室内如果采用光滑路面,与室外滑行法的路面不同,两者产生的机理不一样,因此难以进行比较。

采用ISO 10844模拟路面符合国际发展趋势。轮胎的发声机理很多,不仅包括轮胎花纹噪声,还包括道路噪声,室外滑行法采用的是ISO 10844标准路面,室内采用与其相似的路面,实测结果与室外测试的相关性更高,从而更好地用于模拟滑行法噪声测试。

该转鼓可测试轮胎断面宽范围为140~350 mm,车辆轮距范围为1 280~1 600 mm,基本满足不同轮胎和车辆类型的测试需求。

2.3 其他设计

其他设计还包括液压系统、气路系统、操作控制系统及车辆固定系统等。

试验台系统要求标准转鼓速度在100 km·h⁻¹时,距离地面1 m、位于两侧转鼓正中的最高噪声值不超过50 dB。

3 结语

整车噪声实验室可以更准确地模拟滑行法测试,测试结果与ECE R117法规的测试结果相关性

更高。为了给汽车配套服务,将轮胎作为整车的一部分进行研究,不仅仅是降低噪声,更重要的是在降低噪声水平的前提下如何与汽车相匹配,改善整车声学品质。随着电动汽车技术的发展,电动汽车将逐渐得到普及,轮胎振动噪声特性如何与电动汽车相匹配,也将成为轮胎噪声研发的热点。因此在轮胎企业建设功能完善的大型整车噪声实验室势在必行。

参考文献:

- [1] 陈霞,李志东,陈理君,等. 轮胎噪声室内测试系统及双功能消声室的设计[J]. 橡胶工业,2009,56(3):182-186.
- [2] 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.
- [3] 梁杰,王登峰,陈书明,等. 汽车动力总成半消声室的设计与建设[J]. 噪声与振动控制,2008(5):113-115.
- [4] 康润程,卢冶,刘勇. 汽车整车半消声室的设计与建设[J]. 噪声与振动控制,2011(5):157-160.
- [5] 王伟,逯红彬,刘越,等. 整车半消声室设计剖析[J]. 工程与试验,2013,53(3):84-86.
- [6] ISO 3745—2003, Acoustics—Determination of Sound Power Levels of Noise Sources Using Sound Pressure—Precision Methods for Anechoic and Hemi-Anechoic Room[S].
- [7] GB 6882—1986, 声学噪声源声功率级的测定消声室和半消声室精密法[S].
- [8] 赵松龄. 噪声的降低与隔离(下册)[M]. 上海:同济大学出版社,1989.
- [9] ISO 10844—2011, Acoustics—Specification of Test Tracks for Measuring Noise Emitted by Road Vehicles and Their Tyres[S].

收稿日期:2015-07-24

Design of Anechoic Chamber and Test Bench of Whole Vehicle Noise Laboratory

ZHU Hangling¹, WANG Yuanfeng¹, ZHU Zhenhua¹, HU Faqing²

(1. Zhongce Rubber Group Co., Ltd., Hangzhou 310018, China; 2. Beijing T&S Technologies Co., Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: The design of anechoic chamber and test bench of whole vehicle noise test laboratory was introduced according to the application requirements. The anechoic chamber was semi-anechoic chamber including sound absorption structure, sound proof door, vibration isolation system and auxiliary system. The test was performed with 2 rollers driven by one machine and one axle on the test bench. The rollers were the key component of test bench and the surface of rollers was the key factor to the accuracy of noise test results.

Key words: whole vehicle noise laboratory; semi-anechoic chamber; sound absorption structure; test bench; roller

一种电子束预硫化全钢轮胎 内衬层的加工方法

中图分类号:TQ330.4⁺7;TQ336.1 文献标志码:D

由双钱集团(江苏)轮胎有限公司申请的专利(公开号 CN 105014843A, 公开日期 2015-11-04)“一种电子束预硫化全钢轮胎内衬层的加工方法”,涉及电子束预硫化全钢轮胎内衬层的加工方法具体流程如下:启动内衬层胶片生产线,使内衬层胶片开始向预硫化设备移动;当内衬层胶片进入预硫化设备时,开启设备;电压开始升高到

达500 kV并稳定时,设备发射出电子束对内衬层胶片进行辐照,在部件上做上标记;待预硫化设备显示器上辐照剂量达到40 kGy后,在部件上做好标记,内衬层胶片开始进行复合;经过辐射预硫化的内衬层胶片继续移动,直到离开预硫化设备,预硫化结束。本发明的优点在于:通过高速电子束对内衬层胶片的辐照,有效改善了橡胶的性能,使其机械强度明显提高,同时可提高轮胎均匀性,因此可适当减薄部件厚度,减小材料用量,降低制造成本。

(本刊编辑部 马 晓)