

厅堂声场控制与混响时间的卷积控制法

梁 华 (同济大学声学研究所 上海·200092)

混响时间是评价厅堂音质的一个重要指标,不同类型的厅堂对混响时间的长短有不同的要求。以往,对厅堂(尤其是多功能厅)混响时间的控制,是通过在墙壁和天花板设置专门的吸声材料或结构,例如在部分墙面和天花板上安装可旋转或推拉的构件,根据使用要求,使构件的吸声面或反射板外露或遮挡,实现调整混响时间的目的。这种方法又称无源控制方法,它存在构造和使用复杂,费用大的缺点,而且只能朝向减少混响时间的方向调整。

近年来,在欧美、日本等国兴起声场控制技术,这是一种有源控制方法,通常它是利用电声设备,通过声反馈来控制厅堂的混响时间或其他声学特性。本文先论述厅堂声场控制的各种方法,介绍典型的声场控制系统,然后利用卷积法进行混响时间的控制实验,说明卷积法声场控制具有混响时间控制范围大、使用方便、特性调整灵活等优点。

厅堂声场控制的方法和系统很多,但基本上可分为三种:一是直接反馈法,如 AR、MCR 系统;二是通过混响器或延迟器反馈的方法,如 Rev/Delay、RODS 系统;三是卷积法,即利用输入信号与房间脉冲响应的卷积来获得任意的混响声和反射声,目前这种方法已成为主流并获得越来越多的应用。

我们着重对卷积法声场控制进行了实验与研究。为此利用高速数字信号处理板 ADSP2111 联接 486 微机构成双通道卷积器及厅堂声场控制系统,并利用我校控制室(容积为 $8 \times 6 \times 3 \text{m}^3$)结果表明:(1)控制范围大,混响时间可从 0.3 秒(500Hz)提高到 1.38 秒,即增加 3 倍以上;(2)控制方便,可通过调节回路增益和时钟频率很方便调节混响时间。增益越大或时钟频率(延迟时间)越小,则混响时间越长;(3)可利用均衡器等根据需要,对混响频率特性某部分灵活地进行调整。

半消声室设计中的几个问题

毛东兴 王吉荣 (同济大学声学研究所 上海·200092)

随着人们生活水平的提高,家用电器产品的噪声指标成为人们选择产品的一个重要衡量因数。作为生产厂家,一方面为满足产品噪声检测的需要,另一方面为满足新型低噪声产品开发的需要,将逐步建立起自己的半消声室。家电产品用半消声室的设计除应满足 ISO4735 中的技术要求外,同时还要注意到经济美观的需要。本文根据实际设计经历,从这两方面对家用电器测试用半消声室设计中的几个问题进行了探讨。

吸声结构是直接影响室内自由场半径和测试误差的关键因数。合理有效的吸声结构不但可以保证获得较大的自由场半径和利用空间,而且在吸声结构和土建费用上可得到较大的节省。传统的吸声结构是采用矿渣棉或酚醛玻璃纤维等填充的吸声尖劈。这种尖劈造价低廉,吸声性能也可满足要求,但在外形上不美观。玻璃棉板组合尖劈是利用已成型的玻璃棉板,加工成所要求的尖劈切片,再由多层切片组合成尖劈的一种新型设计。在美观上改变了填充型尖劈的外观,具有外形轮廓鲜明,不易变形的特点,且其吸声效果优于填充型吸声尖劈。这种结构在加工上没有增加难度,在价格上的增加也有限,每只 10 元左右。

吸声尖劈是利用其外形构成阻抗渐变结构,实现和空气声阻抗的匹配。根据这一原理,突破传统的尖劈设计的束缚,采用容重不同的成型玻璃棉平板构成阻抗变化层,这种结构的吸声效果在半消声室中可完全满足吸声要求,获得符合要求的自由场范围。它省去了吸声尖劈制作中的一系列工序,在表面附上一层保护层,可设计出完美的外观效果,是一种可用于半消声室设计中的更经济美观的结构。使半消声室一改传统的面目。

家电产品的噪声一般都比较低,这就要求半消声室的本底噪声设计得较低,一般应在 $18 \sim 20 \text{dB(A)}$ 以声学技术

下。为达到这一要求,必须采用良好的隔振和双层墙隔声结构。内胆结构的固有频率在远低于外界干扰的频率范围内,才能有效地隔绝外界振动的干扰。双层隔声结构的内胆一般采用混凝土构造,由于内胆壁面相对较薄,土建施工中混凝土的密实程度和变形问题较难控制,以致对隔声性能产生影响。由螺杆、模板和吸声结构组成的三位一体的结构形式,是将吸声结构固定支架和内胆结构及浇灌模板的支撑结构合为一体,很好地解决了这一问题。

隔声门的隔声效果一般较易满足要求,但很沉重开启不便。其主要原因,一是门本身较重,重量支撑问题没有很好解决,二是为保证良好的隔声效果,门和楔形门框之间挤压较紧。轴承承重弧形结构隔声门,将门的自重支撑在旋转灵活的轴承结构上,而弧形边框设计对门和门框之间的密闭要求相对降低。在保证隔声量的同时,也实现了开启灵活方便的要求。

混响室中吸声系数测量方法研究*

贺加添 (同济大学声学研究所 上海·200092)

季 昱 (中国科学院东海研究站 上海·200032)

1 问题的提出 实验室测量试件吸声系数的方法很多,如驻波管法、传递函数法、声强法等。但使用最早、最多的还是混响室法。它能测量声波无规入射时的平均吸声系数,这与实际工程中声波的入射方式较为接近。而且,试件在声波无规入射条件下的平均吸声系数尚无其它替代的测量方法。虽然早已制定了有关的测量规范,如 ISO R354 及 GBJ47-83,在混响室中测量试件的吸声系数时,各个混响室对同一试件的吸声系数的测量值差别很大,各实验室之间的测量结果不具有可比性的问题一直未能得到很好的解决。

2 误差的来源 各混响室测量结果不一致的原因是混响室中的衰变声场不满足瞬态扩散的条件,主要反映在如下两方面:一是入射到各界面上的声粒子密度不均匀,二是声粒子不是随机的,如镜面反射及声粒子不可能连续两次入射到同一平面上等。镜面反射可使测量误差超过 50%,即使是在理想的扩散条件下,声粒子的非独立性产生的最大误差也达 40%。

3 测量方法 通常提高混响室中吸声系数测量精度的方法是使混响室中的衰变声场尽量接近于瞬态扩散声场。在瞬态扩散声场中,试件的测量值就是其实际值。

不过,要做到这一点是相当困难的。一是影响衰变声场瞬态扩散的因素很多,如房间的形状、散射体的大小、散射体的分布、声源的位置等等,你很难把所有的参数同时调整到恰到好处;二是声波的频率范围广,一般要求在 125~4000Hz 的频率范围内测定试件的吸声系数,在如此宽的频带范围内,要使衰变声场的各个 1/3 倍频段(或倍频段)的衰变声场都接近瞬态扩散,几乎是不可能的。三是声粒子无法完全满足随机性的要求。

作者提出了一个提高测量精度的新方法,就是在混响室中,恰当地布置被测试件,使得试件的测量结果对衰变声场“扩散”的变化不“敏感”。即尽管各实验室中的“扩散”互不相同,但由此引起的误差却比传统测量方法小。这种近似方法虽不能保证测量值就是试件的实际吸声系数值,但它能在现有的基础上提高测量结果的精度,增进各实验室间测量结果的一致性。具体方法是:将平面试件分为相等的两部分,相互垂直地布置在两垂直相交界面的棱边中部,测得其吸声系数 a_{cor} ,再对 a_{cor} 进行修正。修正后的吸声系数 a 为: $a = 0.959a_{cor} + 0.418a_{cor}^2$

模拟计算和实测结果均显示,按上述方法得到的吸声系数测量值更接近试件的实际值。

* 国家自然科学基金资助课题