文章编号:1006-1355(2009)05-0156-03

消声室的声学设计

杨志华
(苏州科技学院 建筑系,江苏 苏州 215011)

摘　要:消声室是声学专业的实验室用房,它在电声学产品的声学性能检测和机电设备的噪声声功率级测量中得到广泛的应用。消声室的设计,应在遵循声学原理的基础上,处理好使用要求与实验室周围的声环境状况以及建设造价等方面的关系问题。文中结合消声室建设的工程实例,介绍了消声室设计中有关体积、体型、吸声、隔声等方面的技术问题。测量表明,建成的消声室在声学方面的各项指标均满足或优于国家标准的要求。

关键词:声学;消声室;声学设计;声学测量
中图分类号:TU112.4　　**文献标识码**:A

Acoustic Design for Anechoic Room

YANG Zhi-hua
(Department of Architecture, USTS, Suzhou 215011, China)

Abstract: Anechoic room is a special laboratory for acoustics testing. It is widely applied for the testing of acoustic properties of electro-acoustic products and for the measurement of the sound power levels of noise sources. In the design of anechoic room, the acoustic principle should be obeyed, the requirement of application, the acoustic environment and the cost of construction should be considered. Taking an anechoic room construction as an example, some technical problems such as volume, type, sound absorption, sound insulation etc are discussed. An acoustic measurement is carried out after the anechoic room was completed. The measurement data shows that all the acoustic indexes are satisfactory or even better than those given in national standard.

Key words: anechoic room; acoustic design; acoustic measurement

消声室是声学测量研究领域的专业实验室,随着人们生活水平的提高,机电产品的噪声污染问题已成为消费者和设备制造单位十分重视的问题,产品噪声的高低已成为国内外家用电器产品质量好坏的衡量标准之一。根据国际标准化组织 ISO 对产品噪声制定的测试标准,产品的噪声声功率测量划分为精密级、工程级和简测级三个等级。精密级测量必须在消声室和混响室中进行,由于混响室在测试机电产品的声功率时,测试与计算较为复杂,一般很少采用[1]。苏州科技学院的全消声室是为满足在声学领域的教学、科研需要而建设的专业实验室,本文结合该实验室的设计与建设过程,对这方面的情况作一介绍。

1　消声室的声设计要求

苏州科技学院消声室主要用于声学领域的教学与科研工作,同时用于机电产品、家用电器等产品的噪声声功率检测。根据国际标准《Acoustics-Determination of Sound Power Levels of Noise Sources Using Sound Pressure-Precision Methods for Anechoic and Hemi-anechoic Rooms》ISO3745 – 2003 和国家标准《声学　噪声源声功率级的测定消声室和半消声室法》GB 6882 – 1986 的相关规定,在该消声室的声学设计方面应满足下列几个方面的要求。

收稿日期:2009 – 03 – 16;**修改日期**:2009 – 04 – 20
基金项目:苏州科技项目(SZZ0602)
作者简介:杨志华(1958 年),男,云南大理,教授,从事建筑声学教学与研究。
E-mail:yangzh@mail.usts.edu.cn

1.1 自由声场范围及其声场的允许偏差

自由声场范围决定着消声室建设完成后，室内声场符合声波传播规律的反平方定律，即距离增加一倍，声压级衰减 6 dB 的空间范围。根据该消声室需要检测较大型设备的要求，设计时选择消声室的自由声场半径为 1.5 m，在此范围内，全消声室和半消声室的室内声压级与距离反平方律理论值的最大允许偏差应在表 1 所规定的范围内[2]。

表 1 测量声级和理论声级之间的最大允许差值

Table1 The estimated upper deviation in anechoic and hemi-anechoic rooms

测试室类型	1/3 倍频带中心频率/Hz	允许差值/dB
消声室	≤630	±1.5
	800 – 5 000	±2.0
	6 300 – 10 000	±2.5
	>10 000	±5.0
半消声室	≤630	±2.0
	800 – 5 000	±2.5
	6 300 – 10 000	±3.0
	>10 000	±5.0

1.2 消声室测试下限频率

设计选取消声室的测试下限频率为 100 Hz。

1.3 消声室的本底噪声

根据国标 GB 6882 – 1986 的要求，在测试频率范围内，在传声器的位置上，本底噪声的声压级至少比被测试声源的声压级低 6 dB(A)，最好低 12 dB(A)。考虑到该消声室具有检测低声级电声产品的需要，确定该消声室的本底噪声控制在 16 dB(A)以下。

2 消声室的技术处理方法

为了使消声室建成后达到上述的声学设计要求，对下列几个方面的问题进行了重点处理：

2.1 消声室的体积和体型

消声室的体积 V 与被测试产品的体积大小有关，根据国际标准 ISO3745 的规定，消声室的体积不小于被测试产品体积的 200 倍。考虑到该消声室建成后，测试产品的体积通常不大于 0.8 m^3，故确定该消声室净空体积不得小于 200 × 0.8 m^3 = 160 m^3。因此，设计时确定该消声室未装吸声尖劈的内腔尺寸为长 × 宽 × 高 = 10.6 m × 7.2 m × 6.0 m，内腔的空间容积达到 457.9 m^3。安装吸声尖劈后，全消声室的有效容积为 8.6 m × 5.2 m × 3.6 m ≈ 161 m^3，能满足声学测量的空间容积要求。消声室的平面图如图 1 所示。

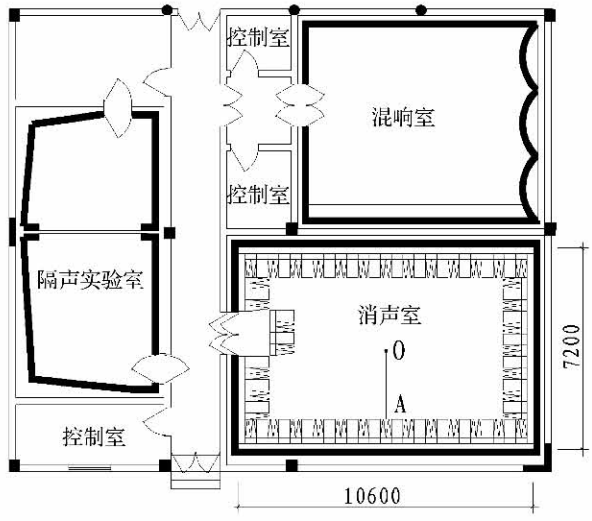

图 1 消声室平面图

Fig 1 Plan of anechoic room

2.2 消声室的吸声处理

消声室的吸声处理是保证消声室建成后取得良好的自由声场性能的关键，全消声室的吸声处理大多采用具有强吸声能力的吸声尖劈设置于消声室的六个内表面。尖劈的吸声性能和尺寸大小对消声室的室内声场能否满足国家标准的要求和消声室的测试下限频率是否能达到设计要求都是十分重要的。为了保证消声室的声学品质，选用密度为 32 kg/m^3 的进口离心玻璃棉制作吸声尖劈，尖劈骨架用 Φ4mm 的钢丝防锈处理后焊接成形。尖劈外包阻燃纱布，成形后单个尖劈的外形尺寸为 400 mm × 400 mm × 850 mm，如图 2 所示。安装时，尖劈与墙面之间留有 100 mm 的空腔，使吸声尖劈和后部空腔形成的长度达到了 0.95 m，大于测试下限频率 100 Hz 相应波长的 1/4，保证了该消声室测试下限频率 100 Hz 的声学条件得到满足。吸声尖劈在安装前进行了实测，在 100 Hz 下限截止频率以上各 1/3 倍频程中心频率的吸声系数值均不低于 0.99。

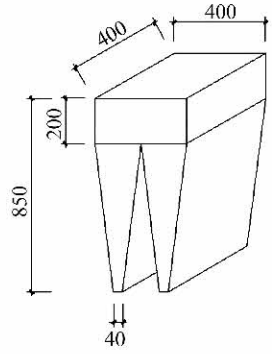

图 2 吸声尖劈的尺寸

Fig2 Dimension of sound-absorption wedge

2.3 消声室的隔声处理

如图 1 所示，消声室通过下列几个方面的技术措施提高了隔声能力：

1）合理的实验室布置

消声室与混响室及隔声实验室一起组成了声学实验室，声学实验室是综合实验楼的一部分，由于实验楼距城市交通干道仅 50 m，且实验楼与交通干道之间是开阔的空地，围墙为金属栏杆，实验楼与公路之间无任何声屏障。为了避免城市交通噪声对声学实验室的干扰，将实验楼设计成内走廊的平面形式，并把声学实验室布置在距城市交通干道较远的一侧，利用走廊及另一侧房间的隔声作用，使声学实验室周围的环境噪声有了很大的降低。用声级计测量的结果显示，实验楼与公路相邻一侧的窗外噪声为 65dB(A)，而声学实验室一侧的窗外噪声仅为 51 dB(A)。

在该项目的建筑设计中，考虑到声学实验的特殊性，把消声室、混响室和隔声实验室等声学实验室集中布置，用墙体厚度为 24 cm 的实心砖墙和通道两端的防火隔声门将声学实验室与实验楼内的其它房间及室外空间分隔开来，整体上提高了声学实验室的能力，既能防止外界噪声对声学实验的不利影响又能防止声学实验时有可能产生的高噪声对实验楼内其它室房间的噪声干扰。

2）提高墙体的隔声性能

消声室的墙体采用双层围护结构，外侧是厚度 24 cm 的实心砖墙，两面抹灰。内侧是厚度 25 cm 的现浇钢筋混凝土墙。为了在节省工程造价的情况下，合理利用双墙之间空气层的附加隔声性能，取双墙之间空气层的厚度为 18 cm。按声学计算，此双层墙体的平均隔声量可以达到 66 dB ~ 68 dB。在声学实验室背向公路一侧的情况下，这样的双层墙结构能满足实验室的隔声要求。

3）提高门的隔声性能

消声室的入口采用双层隔声门的技术处理措施，双层隔声门均为钢板烤漆机制门，门的四周及两个门扇之间设橡胶条密封。根据声学计算，这样的入口隔声处理可使平均隔声量达 50 dB 以上。

2.4 消声室的隔振处理

为了消除低频振动对消声室的影响，消声室的钢筋混凝土内部腔体与实验楼的其它建筑结构用空气层分隔，底部采用性价比良好的 SD 型橡胶隔振器与实验楼的基础弹性连接，使消声室的整个钢筋混凝土内部腔体成为一个浮筑结构。

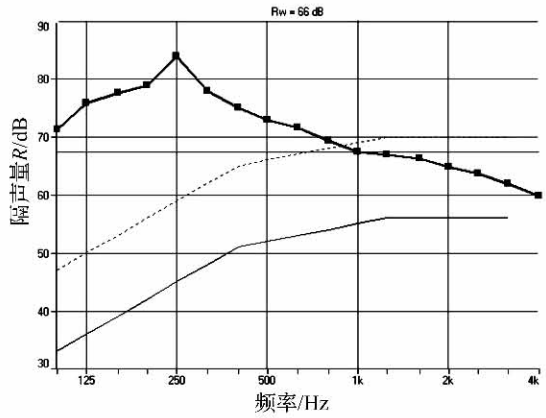

图 3　双层墙的隔声量

Fig. 3 Sound transmission loss of dual-wall

3 消声室的测试鉴定

消声室建成后，对消声室进行了测量鉴定，结果如下：

3.1 围护结构隔声性能

消声室围护结构隔声性能的测量采用 B&K2260D 声学分析系统及建筑声学分析软件 7830，测量的结果如下：

3.1.1 双层墙体的隔声量

双层墙的隔声性能测量如图 3 所示，从测量结果可以看出，该墙体的计权隔声量 $R_w = 66$ dB，满足墙体的隔声要求。从图中可以看出，该隔声构造对低频声的隔绝十分有效。

3.1.2 双层门的隔声量

测量了双层隔声门的隔声性能，结果见图 4 所示。计权隔声量 $R_w = 55$ mdB，满足设计要求。

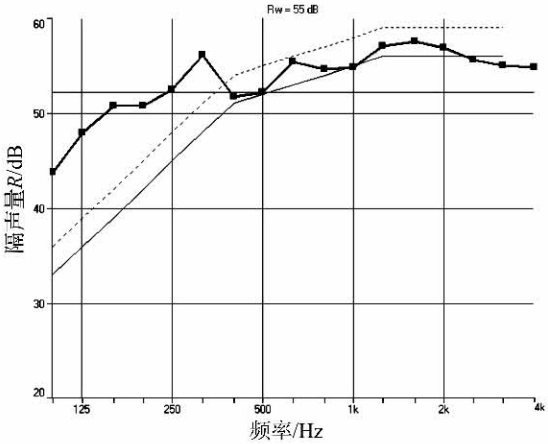

图 4　门的隔声量

Fig. 4 Sound transmission loss of door

3.2 自由声场的范围与误差

消声室的声场测量鉴定由上海市计量测试技

术研究院进行,测量仪器采用实时分析仪 Nor 840 – 2,测量时温度 15℃,湿度 60%。

测量时将声源置于地网的几何中心,从地网中心向消声室四个角及尖劈壁面上沿拉出声场测试传声器路径线,从距地网的中心点 0.5 m 起,传声器沿每条测试路径线每移动 0.1 m 测量出声压级值 L_{pi},并按我国消声室的有关检测技术规范计算出声场测量值与反平方律声压级的偏差值 ΔL_{pi}[3]。表 2 提供了由地网中心到尖劈壁面上沿测试路径 OA(见图 1)的偏差值 ΔL_{pi}。

表 2 测量声压级与反平方律声压级的偏差值 ΔL_{pi}/dB

Table2 The deviation in anechoic room ΔL_{pi}/dB

测试频率/Hz		100	125	250	500	1k	2K	4K	5K	6.3K	8K
距离/m	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.60	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	−0.1	−0.3	−0.2	0.2	0.0
	0.70	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	−0.6	−0.4	−0.1	0.6	−0.3
	0.80	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	−0.3	−0.4	0.3	0.9	−0.5
	0.90	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	−0.4	0.1	0.8	−0.6
	1.00	−0.3	0.0	0.1	0.2	0.6	−0.3	−0.5	−0.5	0.9	−0.6
	1.10	−0.1	−0.1	0.3	0.1	0.6	0.2	−0.3	−0.5	1.0	−0.4
	1.20	0.5	0.0	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	−0.5	0.8	−0.4
	1.30	−0.4	0.3	0.0	0.2	0.4	0.3	0.2	−0.4	0.6	−0.4
	1.40	−0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	−0.1	−0.1	−0.7	0.4	−0.4
	1.50	−0.1	0.0	−0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	−0.5	0.2	−0.3
	1.60	−0.1	0.4	0.1	0.2	0.5	0.5	0.3	−0.1	0.1	0.0
	1.70	−0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.3	0.3	−0.3	0.2
	1.80	0.0	−0.4	0.2	0.1	0.2	0.4	0.3	0.5	−0.6	0.3

对其余各条测试路径上得到的偏差值显示,其偏差值均优于表 2 所得到的结果,测量声压级与反平方律声压级的偏差值 ΔL_{pi} 均未超出 ±0.9 的范围。由表 2 可知,对低限截止频率 100 Hz 及以上的各中心频率,在距消声室地网中心 1.8 m 的声场半径范围内,测量声压级与反平方律声压级的偏差值 ΔL_{pi}(dB)均优于国家标准允许的偏差值(见表 1)。检测表明,该消声室在低限截止频率 100Hz 及以上的各中心频率,在距地网中心半径为 1.8 m 的空间范围内获得了良好的自由声场空间,实际自由声场空间范围优于自由声场半径不小于 1.5 m 的设计要求。

3.3 消声室的本底噪声测量

消声室的本底噪声测量由上海市计量测试技术研究院完成,测量仪器同样采用实时分析仪 Nor 840 – 2,测量得到的本底噪声值见表 3 所示。

表 3 消声室本底噪声测量值

Table3 Back ground noise frequency spectrum in anechoic room

中心频率/Hz	125	250	500	1k	2K	4K	8K	A 声级
本底噪声声级/dB	16.5	11.0	9.6	8.2	9.3	9.8	10.1	15.7

测量结果显示,消声室的本底噪声为 15.7dB(A),满足把本底噪声控制在 16dB(A)以内的设计要求。

4 结 语

消声室的设计,在遵循国家的有关标准的基础上,综合考虑了实验室周围的环境条件工程造价等方面的因素,灵活应用声学知识,通过处理好房间的体积、体型、吸声尖劈的吸声性能和尺寸以及围护结构的隔声、隔振等方面的技术问题,使得建设完成的消声室取得了较为满意的结果。

参考文献:

[1] 许庆方 . 消声室噪声测试中的技术要素[J]. **机电电器技术**,2000.5:33 – 37.

[2] GB 6882 – 1986 声学 噪声源声功率级的测量消声室和半消声室精密法[S].

[3] JJF 1147 – 2006 消声室和半消声室声学特性校准规范[Z]. 北京:中国计量出版社 ,2006.7.