

消声室自由声场的 CAD 及其 某些结果的讨论

蔡彪 吴昊

周兆驹

(华东交通大学 南昌 330013)

(山东建筑工程学院 济南 250014)

1995年2月16日收到

摘要 本文介绍了作者运用文献[3]中消声室自由声场的镜象法计算公式,制作出消声室自由声场的CAD。根据这个软件计算出来的几点关于消声室自由声场的结果,可能值得建筑师和应用声学工作者们注意。

关键词 消声室,自由声场,CAD

CAD of free sound field in an anechoic room and some of its deductions

Cai Biao Wu Hao

(Jiaotong University of East China, Nanchang 330013)

Zhou Zhaoju

(Shandong Architectural and Civil Engineering Institute, Jinan 250014)

Abstract The present authors have made CAD of free sound field in an anechoic room from formula of the image method. The software gives some results which may be worth the attention of workers on the field architectural acoustics.

Key words Anechoic room, Free sound Field, CAD

1 引言

消声室是对电声、噪声、语言、听觉等进行精密测量的专用房间。建造消声室,是为了获得室内的自由声场。在允许的误差内(例如 $|\Delta L| \leq 1$ dB),确定消声室内的自由声场有多大范围(即可利用的空间);或者根据用户需要的自由声场范围,如何确定消声室的尺寸、体型以及尖劈的吸声系数、截止频率,是消声室设计中的首要问题。

估计自由声场范围,最早是使用 Olson 公

式^[1],后来孙广荣和 Duda^[2]对此公式作了一些改进,但还是基于几何声学的方法。这些公式虽然很简单,但计算的误差较大,所得声场的信息很少。

1987年,蔡彪、王季卿发表了计算消声室自由声场的镜象法^[3],这个方法是在一些假设的基础上,得到声波波动方程在消声室内的近似解。这个方法不仅比 Olson 等公式准确得多,并且得到许多 Olson 等公式不能反映的信息^[4]。但由于其表达式较复杂,必需用16位以上的微机进行计算,可能因此,建筑师们迄今

仍然使用 Olson 公式^[5]。为了让建筑师们能够方便地运用镜象法进行自由声场设计,我们编制了“消声室自由声场的计算机辅助设计(CAD)”软件。使用时不需要计算机的专门知识和技能,也无需对镜象法的复杂表达式有什么了解,只要将本文的软件调入微机,根据屏幕上的汉字指示就可进行操作。

这个软件不仅能辅助进行自由声场设计,也可以对已建成的消声室进行计算,从理论上了解该消声室的自由声场的详细信息,对使用该室具有指导作用。

2 自由声场 CAD 的介绍

使用本 CAD,硬件只需性能相当于或优于“286”的微机,软件只需 DOS3.0 或比它更高的版本。为了提高运算速度并减少支持软件,我们将原程序转换成了 EXE 文件(可执行

文件)一张低密软盘就可容纳。图 1 是 CAD 操作示意图。

开机后,将软盘中的 CAD 的 EXE 文件调入微机。随即屏幕上会提示需要输入的消声室参数:消声室净空间的尺寸(长宽高),声源位置、纯音频率和尖劈吸声系数。然后出现供选择的“主菜单”(如图 1 中的 1、2、3、4、5)。绘出一维声场分布图(图 2)需 1—2 分钟,绘出二维声场图(图 3)需 10—15 分钟。如果声场不符合设计要求,则修改参数,再运行。经过几次试运行,应该可以找到合适的设计数据。

3 一些结果的讨论

我们运用这个 CAD,得出一些结果,下面对这些结果,结合人们原来的认识进行讨论。

3.1 根据 Olson 公式,自由声场半径 r 只与消声室内表面积 S 及吸声系数 α 有关,但实际测

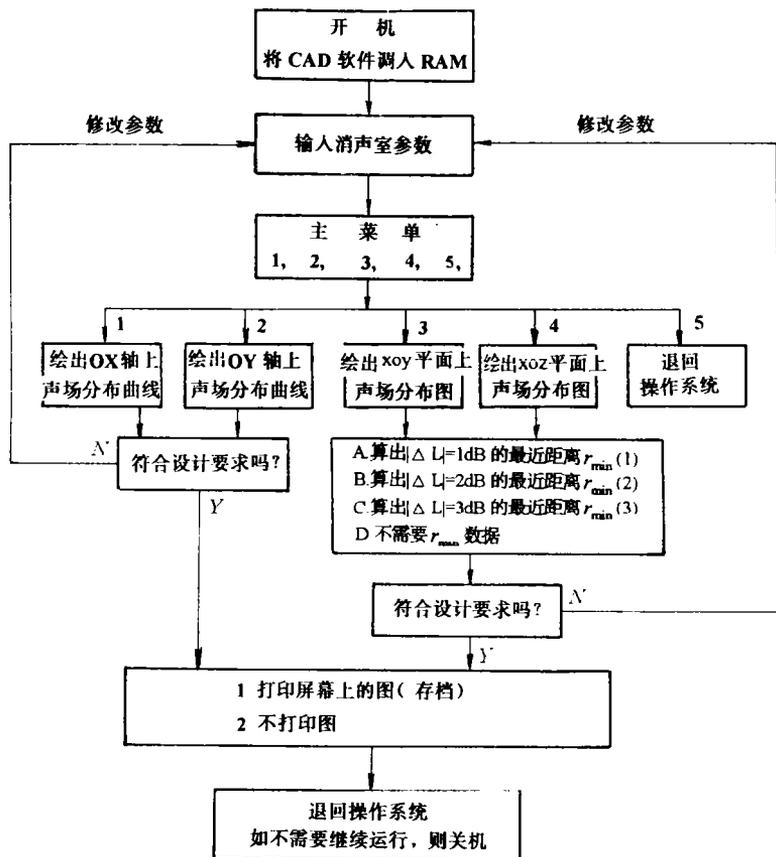


图 1 自由声场 CAD 操作示意图

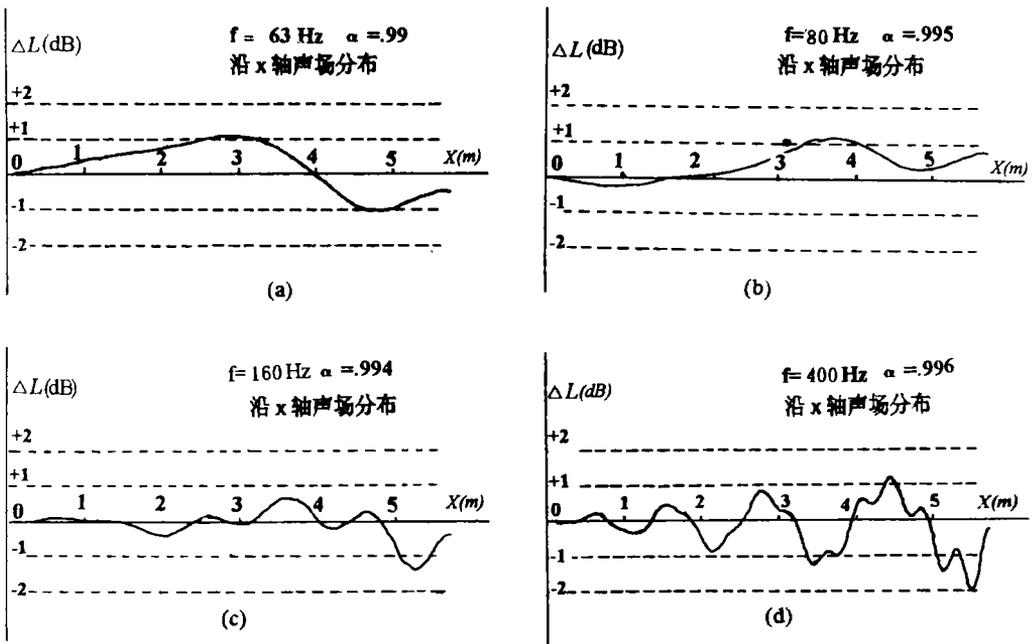


图2 杭州消声室, 纯音声源置于室中心, 在长轴方向上, 各点的声场与自由声场的偏差 ΔL 分布

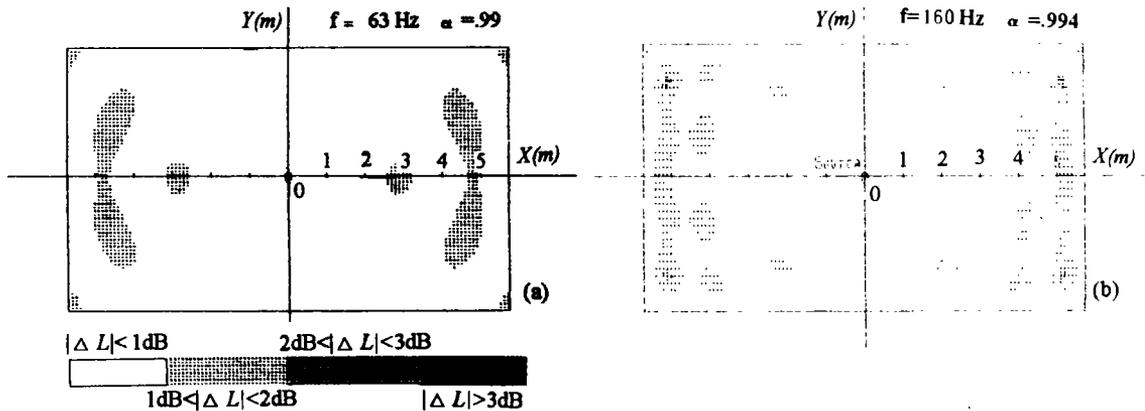


图3 杭州消声室的 xoy 平面内, 不同频率的声场与自由声场的偏差

量结果表明^[5], r 还与测量的方向以及声音频率有关。以杭州电声厂消声室为例(其净空间为 $11.46\text{ m} \times 7.38\text{ m} \times 6.49\text{ m}$, 截止频率为 63 Hz)。我们用镜象法的CAD, 根据其尖劈各频率的不同吸声系数, 算出了长轴(x 轴)方向上, 各点的声场与自由声场的偏差值 ΔL 的分布(图2), 可以看出, 在 x 方向上, 对于不同频率, $|\Delta L| \leq 1\text{ dB}$ 的范围不同。另外, 我们也计算出水平平面(xoy)内的声场分布(图3), 可以看出, 从声源(以此为坐标原点 o) 出发, 不

同方向, 自由声场的范围明显不同。

以上计算结果与测量数据基本相符^[5]。例如最短 $r_{\min}(1)$ 实测值是 2.5 m , 计算值是 2.6 m 。但个别地方有些出入, 如实测值, 80 Hz 的 $r_{\min}(1)$ 最短, 而计算时, 63 Hz 的 $r_{\min}(1)$ 最短。

3.2 尖劈的选择。大于截止频率, 均有 $\alpha \geq 0.99$ 的尖劈并不一定是好尖劈。杭州消声室的设计师在选择尖劈时, 曾有一种尖劈在 160 Hz 时的 $\alpha = 0.99$ (实际采用的尖劈在 160 Hz 的 $\alpha = 0.994$)^[5], 按一般对截止频率的认识, 似乎

这种尖劈符合要求。但我们的 CAD 表明，若用这种尖劈做成消声室，此室长轴方向的 $r=4$ m，没有问题，然而似乎平面声场分布看(图 4)，有一块 $|\Delta L| > 1$ dB 的区域，距声源只

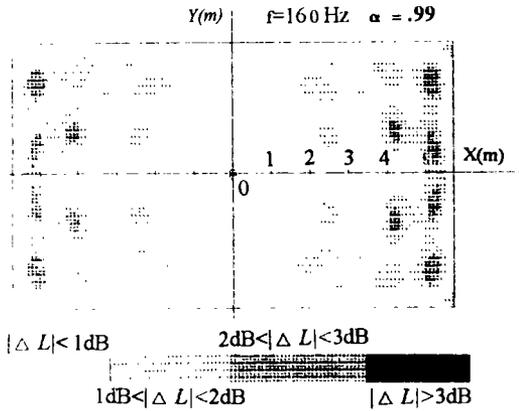


图 4 在杭州消声室中，假如 $\alpha=0.99$ ，而不是 0.994，则声场分布与图 3(b)不同

有 2.2 m，其性能明显地比实际采用的尖劈差(图 3(b)是实际采用的尖劈的，图 4 是模拟那种未被采用的那种尖劈的计算结果)。由此可见，光看频率大于截止频率的 $\alpha \geq 0.99$ 还不够，还需用 CAD 对不同尖劈各种频率及相应的 α 进行模拟计算，以便对尖劈进行选择和设计。

3.3 从我们的计算看，有一种认识是不正确的。这种认识是，如果声源置于室中心，沿长轴方向，63 Hz 的 $|\Delta L| < 1$ dB 的 $r=2.6$ m，则声源沿长轴向后移动 2.6 m，自由声场范围就会成为 $r=2.6 \text{ m} + 2.6 \text{ m} = 5.2 \text{ m}$ 。图 5 是 CAD 显示的结果。可以看出，在声源顺长轴偏离室中心 2.6 m 的情况下，沿长轴方向的 r 仅有 2.4 m，远没有 5.2 m。实际使用消声室时，有声源不置于室中心的情况，所以设计消声室时，也应对声源可能偏离室中心的几种情况进行模拟计算，以便估计可利用的自由声场范围。

3.4 体型的选择。按 Olson 公式， r 与消声室内表面 S 有关，但不反映体型的影响。我们设想一个 $9.30 \text{ m} \times 9.30 \text{ m} \times 6.49 \text{ m}$ 的消声室，应用声学

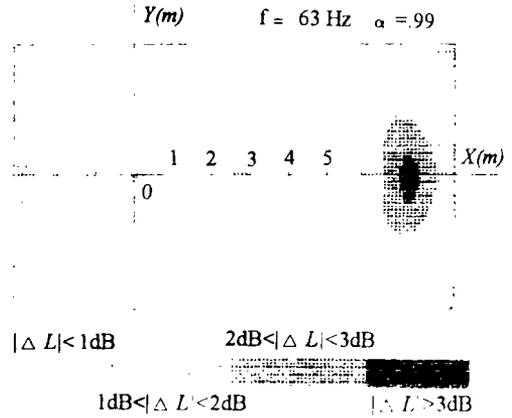


图 5 杭州消声室当声源偏离室中心，其声场发生明显变化(与图 3(a)对比)

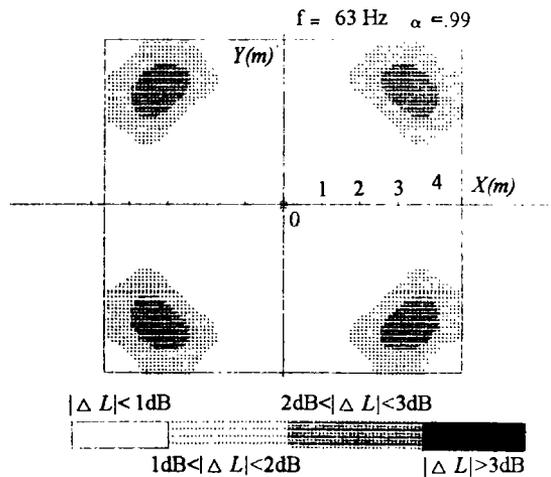


图 6 消声室的尺寸为 $9.3 \text{ m} \times 9.3 \text{ m} \times 6.49 \text{ m}$ ，内表面积与杭州室相同，但体型不同，其声场与图 3(a)有明显不同

表面积 $S=414 \text{ m}^2$ ，与杭州消声室相同，但水平截面是正方形，假设仍采用杭州室的尖劈，CAD 表明，其自由声场范围的分布与杭州室有很大差别(图 6)。所以设计时，可利用 CAD 进行体型选择。

3.5 如果某个用户，对消声室的自由声场的要求可以降低，例如 $|\Delta L| \leq 2$ dB，则尖劈的要求相应降低，CAD 可得出所需的 α 值。如果 α 较小，也许可以用非尖劈结构来代替尖劈，这

(下转第 37 页)

损伤。大声喊叫(在 1 m 处超过 70 dBA)的清晰度仍然在听写句子所需要的阈值以下(清晰

度损失约 20%)。各类场所的噪声级如表 3 所示。

表 3 各类场所需要的最低环境噪声级

场所类型	活动引起环境噪声级不应超过 Leq., dBA
饭店 会议室 展览厅 接待厅 门廊 有棚街道 购物中心 游泳池 溜冰场 体育馆	72
学校游泳池 小饭馆 室内运动场 托儿中心	80

2.3 鸡尾酒会效应的计算机模拟

控制所有参数影响的最好方法是用计算机模拟,任何需要的参数方案能够容易显示。对于这种影响,我们开发了 DECI 程序,它的基本流程图如图 1 所示。

本文作者单位简介:

由法国建筑与环境声学专家阿兰·蒂塞尔领导的蒂塞尔声学股份有限公司,目前在中国、独联体和非洲等地拓展业务,可在建筑声学工程和环境声学工程方面提供技术咨询、科学研究、成果鉴定和专业培训等服务。公司总部设在法国图卢兹,驻中国办事处设在重庆市渝中区人和街 31 号重庆市设计院内。

(上接第 45 页)

样就可大大降低消声室的造价。

我们相信,人们在使用这个 CAD 的过程中,还可能发现更多的信息和规律。

致谢 本工作得到中国科学院声场声信息国家重点实验室的支持;以及江西省计算中心曹征副研究员的具体帮助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Olson H. 声学工程,科学出版社,1964,458-459.
- [2] Duda J. *Noise Control Engineering*, 1977, 9(2): 60-62.
- [3] 蔡彪,王季卿. 声学技术,1987, 6(2): 19-23.
- [4] Wang Jiqing, Cai Biao. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1989, 85(3): 1206-1212.
- [5] 项端祈,赵一兴. 应用声学,1987, 6(10): 20-28.

《超声治疗学》评介

冯若、汪荫棠编著的《超声治疗学》1994 年 12 月由中国医药科技出版社出版。

该书资料完整、新颖。共分 11 章,分别为超声波的物理基础、超声的生物医学效应及其物理机制、超声疗法、超声电疗法、超声药物透入疗法、超声雾化吸入疗法、超声外科、超声治癌、冲击波和超声肢碎石、超声节育及抗早孕研究进展等。全面、系统、深入地论述了超声波疗法的基础理论、发展及应用。

书中不仅介绍了国内外关于超声波治疗方面的研究成果与先进经验,而且也包含了两位作者长期在超声医学领域中,从事科学研究与临床工作的部分科研成果。

超声医学包括超声诊断及超声治疗,虽然超声诊断技术至少迟于超声治疗技术一、二十年,但超声诊断专著不断出版,而超声治疗方面的志著则几乎没有问世。超声诊断的迅速发展与超声诊断专著的出版不能说没有关系。缺乏超声治疗学专著出版的情况影响了超声治疗学的发展,也影响超声治疗的人才培养。《超声治疗学》的出版,将会在这两个方面发挥积极作用。

《超声治疗学》可作为有关高等院校师生、广大医务工作者、科技人员及患者的参考书。

(北京军区总医院 周万松)