

捕获早期侧向反射声的方法

赵 凤 台

(土建系)

提 要: 早期侧向反射声对观众厅的音质有着重要作用,近年来也提出了若干可测描述符,但是测试方法至今仍未标准化,以致所得结果不能相互比较。其问题在于没有找到正确捕获早期侧向反射声的方法。本文介绍了一种使用方向性装置和存储示波器来捕获及识别它的测试方法,并提出测量早期侧向声能系数的一种途径。

关键词: 早期反射,侧向声能,空间感,指向性。

1 前 言

自从W. Sabine于本世纪初提出混响时间以来,使厅堂音质的研究得到很大发展。但后来发现混响时间这一音质的客观声学参量并不充分,例如具有相同混响时间的观众厅其音质效果并不相同,甚至相差很大。这说明混响时间虽是观众厅音质的一个重要参量,但不是决定音质优劣的唯一指标。为寻求第二参量,五十年代以来对观众厅的脉冲响应进行了大量研究,实验表明50ms内的早期反射声与清晰度、丰满度以及亲切感都有关。使厅堂音质这门学科能向更深的层次发展,进入了对混响精细结构的研究阶段。在此期间提出了许多与早期反射声有关的客观指标,如早期反射声能(E_0)、明晰度(D)、扩散度(d)、时间重心(α_s)等等。在观众厅的内部设计方面也出现了许多形式,如悬挂各种形状的扩散体,以求获得一个扩散声场;在顶棚上悬挂若干声反射板(犹如空中浮云),以使观众席获得较多的早期反射声。利用这种浮云式声反射板设计的大厅,在当时确实获得了良好的音质。但也有例外,由著名声学家L. L. Beranek为声学顾问的纽约Philarmonic音乐厅,虽精心设计,观众对大厅音质的主观评价仍然是不好的,于是引起了全世界声学界的关注。后来究其原因这是由于观众听不到来自侧向的早期反射声,因而缺乏音乐所需要的“空间感”或“环绕感”。这种主观空间感受与入耳的主观听闻特性有关。实验表明,声音从正面来的方向为 0° ,则自 0° — 20° 方向来的声音基本上感到是从正向来的,而从 30° — 90° 来的侧向声感觉最灵敏,好像来自室内四面八方。尤其是从 45° 来的声音,人耳的灵敏度几乎比正向 0° 要高出10dB以上。

本文1987年12月3日收到

现时早期侧向反射声的重要性几乎得到了普遍地承认,近年来也相继提出了若干反映早期侧向声能的可测描述符。例如1980年Jordan提出了侧向效率:

$$LE = \frac{\int_{25ms}^{80ms} P^2 dt}{\int_0^{80ms} P_0^2 dt}$$

式中: P ——使用梯度传声器接收的侧向声压, $[Pa]$ 。

P_0 ——使用无向传声器接收的声压, $[Pa]$ 。

1981年Barron提出了早期侧向声能系数:

$$ELEF = \frac{\int_0^{80ms} P^2 dt}{\int_0^{80ms} P_0^2 dt}$$

1983年Fasbender提出了3个计算侧向声能系数的方程:

$$S_1 = \frac{E_s}{E_g} \quad S_2 = \frac{E_s}{E_g - E_s} \quad S_3 = \frac{E_s}{E_l}$$

式中: E_s ——使用梯度传声器所测的侧向声能, $[J]$ 。

E_g ——使用无向传声器所测的声能, $[J]$ 。

E_l ——使用梯度传声器指向声源所测的声能, $[J]$ 。

上述是已定义的反映早期侧向声能的一些客观指标,而测试方法目前只有两种。一种是由Pein Pirn所介绍的方法,使用无向宽带声源放置在午台上并且连续发声,接收装置是把一只无向电容传声器放在一个空心玻璃纤维锥体的顶点。该装置具有一定指向性,其指向性是随频率而增加的。这种方向性装置放在观众厅的中央,并用电缆把传声器连接到精密声级计上,对每一取向瞬时取值。很明显这种测试方法是较粗略的,而且只能用于小型会堂的测试。其原因是大中型厅堂中混响声级并非由80ms内的早期反射声所维持的。另一种测试方法是使用指向性为8字型的梯度传声器,置观众厅的中央,其轴线正对观众厅的两侧墙。使用这种梯度传声器接收的早期侧向反射声也是不精确的,这是由于来自轴线方向的反射声可无衰减地被接收,而偏离轴线来的反射声则有不同程度的衰减,偏离角度愈大,衰减愈多。实际上对所接收的早期侧向反射声能是按传声器的指向性进行了加权,因此所得侧向声能值并不真实。

由上述可见,描述早期侧向反射声能的客观指标虽已提出,但由于测试方法的不精确,使测试方法至今也未能标准化。在不同大厅中所测数据不能相互比较,因而阻碍了对早期侧向声能与音质相关性的深入研究。依笔者之见,其症结就在于还未找到正确捕获和识别早期侧向反射声的方法。笔者于86年在两个中型多功能厅堂中作了一些试探性实验,目的是探求如何捕获和识别早期侧向反射声。下面以大平俱乐部中所做实验为例,简述实验方法。

2 实验方法

大平俱乐部是一座容纳1200人的中型多功能观众厅,主要用于电影、戏剧及轻音乐会等。

观众厅为钟形平面, 长30M, 宽24M, 平均高度为8.7 M。在观众厅的轴线方向选取 5 个测点, 测量了脉冲响应, 如图 1 示。

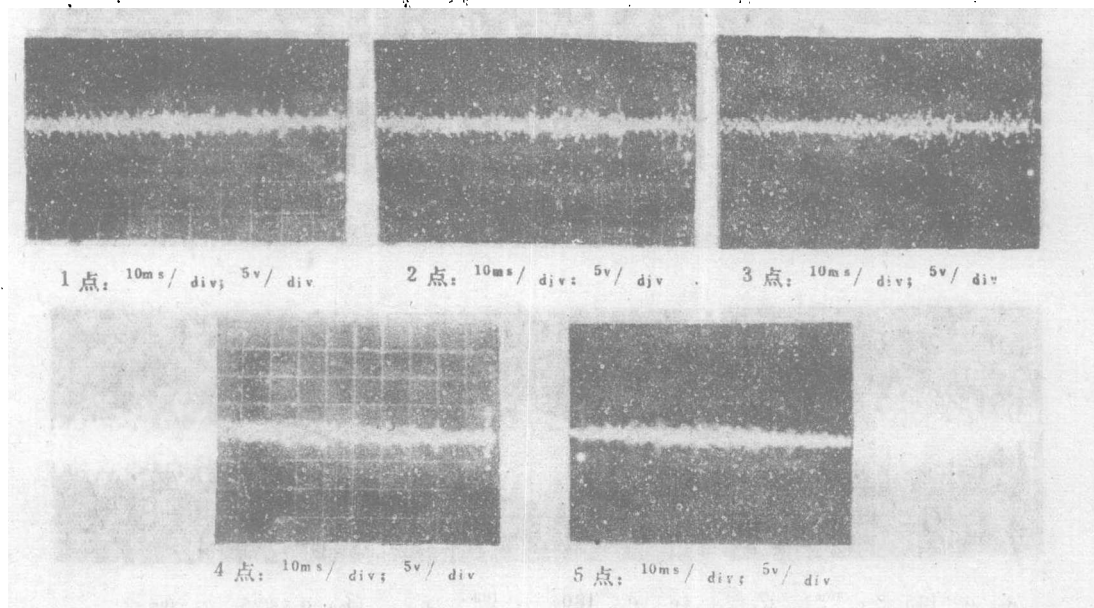


图 1. 脉冲响应图

笔者仿照 Rein Pirm 介绍的方法, 制作了一个类似的方向性装置, 如图 2 示。

该装置使用 1 mm 厚的铁皮, 内壁敷 2 cm 泡沫塑料。无向传声器放在顶部, 自顶部中心所张立体角为 0.05sr , 置于图 1 中的测点 3 (接近大厅的中点, 距地 1.2 M)。声源为发令枪。当方向性装置的端部 (正方形开口, $0.12 \times 0.12\text{M}^2$) 正对台口, 此时方向性装置的轴线与观众厅的中轴线重合, 令 $\alpha = 0$ 。在水平面上以顺时针旋转方向性装置, 每转 45° 测一次侧向脉冲图, 如图 3 所示。



图 2. 方向性装置

首先举例说明如何识别早期侧向反射声。由图 1 中测点 3 的脉冲响应图可知, 在近 50ms 处有一个反射声, 是正向还是侧向反射声? 可由图 3 (d) 看出, 此反射声来自右侧墙, $\alpha = 135^\circ$ 附近。图中有两个现象需说明, 一是在图 3 (d) 中, 50ms 处的侧向反射声为何比直达声还大? 其实这正是方向性装置的指向性所引起的。此反射声到来的方向与方向性装置的轴线接近, 则它被传声器无衰减地接收。而直达声偏离轴线的角度较大, 自然会衰减的愈多。例如在 $\alpha = 90^\circ$ [图 3 (c)] 和 $\alpha = 180^\circ$ [图 3 (e)] 时, 都会有此反射声, 但幅度更小。当在 $\alpha = 45^\circ$ [图 3 (b)] 和 $\alpha = 225^\circ$ [图 3 (f)]

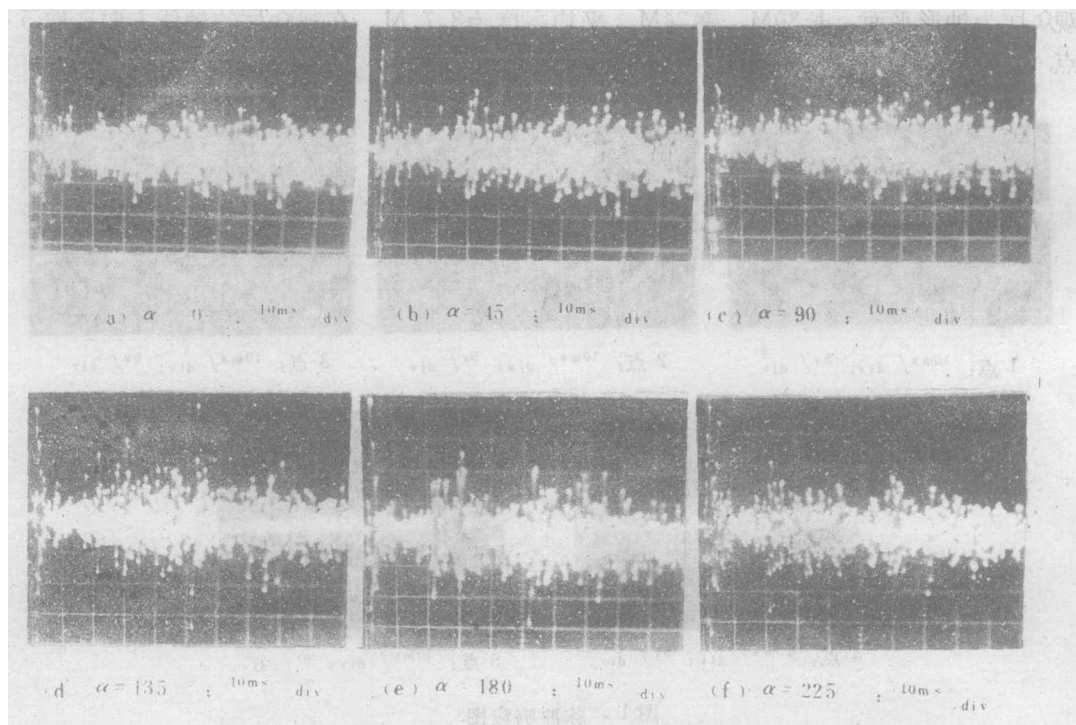


图 3. 侧向脉冲图

时, 此反射声已不显著

又如, 在图 1 中 3 点的脉冲响应图中, 近 20ms 处有多个反射声重迭。在图 3 中的 (d) 和 (f) 中都有此反射声, 而在图 3 (e) 中, 表现为幅度较小的两反射声的重迭。这说明 20ms 处的两个反射声均为侧向反射声, 分别来自 $\alpha = 135^\circ$ 和 $\alpha = 225^\circ$

总之, 使用这样一个方向性装置 (实属一个强指向性传声器) 和存储示波器, 可方便地捕获和识别早期侧向反射声。

3 讨 论

早期侧向反射声现已能捕获并识别, 但是如何测量 ELEF 值以及该系数与主观空间感受的相关性如何? 等问题还需要作大量工作。下面简述笔者的一些看法:

3.1 如何测量 ELEF 值, 笔者提出一种方法, 如图 4 示

使用一只无向传声器和一只带有方向性装置的传声器, 置于观众席的中点, 同时接收午台上的脉冲信号。

无向传声器接收的脉冲信号, 经传声放大器和 $1/3$ 倍频带 4000Hz 滤波, 送入双踪数字存储示波器的 A 号道。把模拟信号转换为数字信号, 经接口送入微机。借助一定的计算机辅助

程序,把声压进行平方并在0~80ms内积分,则得80ms内的总声能

测量早期侧向声能,必须解决方向性装置如何指向。首先要确定以人耳为中心应张多大的立体角,才能使在此立体角范围内来的反射声均有侧向感。在此基础上,方向性装置必须扫描该立体角投影到侧墙和天花板的面积。当然,必须分别测试n次。分别得到的n个模拟信号经示波器的B信道转换为n组数字信号,通过接口进入微机。在微机中首先进行反射声压的幅度鉴别。即对n个信号进行对比,找出同一时刻n个信号中的最大者,即为该时刻的早期侧向反射声。在0~80ms时间内,按时间顺序,逐次找出各时刻的最大值,分别平方然后积分,即为来自半场的早期侧向声能。

考虑到观众厅大多具有对称性,可将半场的早期侧向声能乘2,即为来自全场的在该点处的总侧向声能。然后总侧向声能与总声能之比,即为该点处的早期侧向声能系数。

3·2 由于声音携带有强度及频率两种信息,当入射到反射面的声音经反射后,这两种信息都会改变,并完全取决于反射面的声学特性及尺度。因此来自侧向的反射声不仅强度不同,而且频率分量也不同。对音乐来说,声音的低频分量更为重要。因此必须测量6个倍频带或1/3倍频带的ELEF值,并且还要确定它们的最佳值及容限。

3·3 鉴于人耳对来自不同方向的声音其灵敏度不同,因此在测量ELEF值时,必须对不同方向的早期侧向声能进行加权。如何确定加权值,必须作大量的听觉心理实验才能确定。

3·4 早期侧向声能对观众厅音质的重要性已很清楚,但也不能忽视早期正向声能对音质的特殊作用。因此,早期正向与侧向的声能比以及时差,更是一个待深入研究的内容。

上述系建建筑物理实验室宋书全同志参加了制作方向性装置及测试工作。

参 考 文 献

- [1] 曹孝振,观众厅音质设计的工程方法,电声技术,1984年1期,PP.33—39。
- [2] 王季卿,厅堂音质发展概述,建筑声学与噪声控制(技术资料选编),华东地区建筑设计标准化办公室,1981年10月,P.3。
- [3] L.Cremer and A.MÜLLER Principles and Applications of Room Acoustics, Applied Science Publishers 1982 P.447。
- [4] Rein Pirn, Some Early Measurements of Lateral Sound in Two Small Halls, Applied Acoustics 17 (1984), PP. 317—26。
- [5] J.Fasbender, Über Messungen des seitenschallanteils in Verschiedenen Sälen und in Raummodellen, Applied Acoustics 16 (1983), PP. 11—30。
- [6] J.G.Charles, D.B.Fleming and J.Müller, The Hall of The University of Warwick, Applied Acoustics 18 (1985), P. 216。

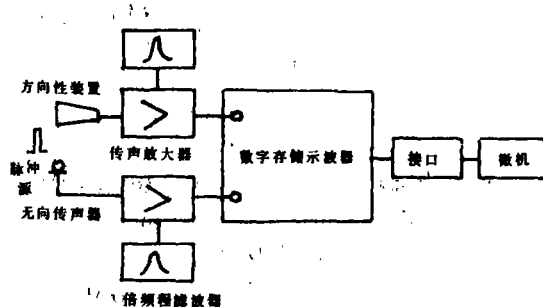


图4. 测试ELEF的原理图

A Method of Catching the Early Lateral Reflection of Sound.

Zhao Fengtai

(Department of civil & Arclitctural Engineering).

Abstract : The early lateral reflected sound energy is important to the acoustics of the auditorium. Some measurable descriptors have been presented in the past few years. But so far the measuring methods have not been standardized, and so the obtained results have not been compared. The problem is that the correct method is not found to catch the early lateral reflections of sound. This paper introduces a method using directional device and storage oscilloscope to distinguish it, and presents a way of obtaining the early lateral energy fraction.

Keywords : early reflections, lateral energy, spaciousness, directivity.

(上接26页)

with complete prestressed concrete and partially prestressed concrete and general reinforced concrete were analysed and studied in terms of the behaviour of prestressed concrete members with flexure. One optimum method for designing partially prestressed concrete members with flexure was put forward. From the method suggested in the paper, the rational design for prestressed or partially prestressed concrete bending members that meet the need of serviceability can be easily obtained and the good economic benefit can be achieved as well.

Keywords: prestressed concrete, distribution bar, flexure member.