

厅堂音质设计中的若干问题探讨

王季卿 (同济大学声学研究所 上海·200092)

有关厅堂音质设计的一般原则似乎并不复杂,但是随着实际经验的不断总结和研究工作的深入,一些老的结论需要重新考虑,或加以补充修正,一些新的进展要加以完善,使之更切合实用。兹根据本人近年工作的心得,举出如下 12 个问题来(当然问题远不止此),与各位共同商讨。

1 早期混响时间 自 70 年代以来,已公认早期衰减时间 EDT,即由开始下降 10 分贝的衰减斜率决定对音质更为重要,与人们主观反应也是最相符合。但是 EDT 普遍比 T_{60} 要短些,而且在厅内各处有较大变化,就难以取一单值来表达某厅的混响时间是否符合要求,再则在设计阶段如何估计 EDT 尚缺乏经验。

2 声学比 人们早已认识到混响时间是室内音质的必要而非充分的条件,例如在相同混响时间内,由于早期声能与混响声能之比(又称声能比)不同,清晰度就会有较大出入。于是乎有所谓明确度(Definition,用于语言)和明晰度(Clarity,用于音乐)的提法。对汉语和我国民族音乐显然该有自己的合适指标。

3 响度 这是厅堂音质评价各项指标中最基本的。为了避免因声源强度变化而引起之问题,有人提出声场力度 G (dB),或由此而演变的声场放大系数来描述厅内有关响度的评价,根据本人近年有关早期反射声对响度影响的研究结果,对此又提出了修正建议。

4 扩散 室内声场扩散一直被认为非常重要,例如混响公式就建立在扩散声场基础上的。如果在混响过程中的衰减率不呈直线(指声压级与时间之关系),就认为不够理想。而事实上大厅满场条件下的衰减曲线很难达到这一要求。再则声场扩散与主观评价的联系一直缺乏明确的概念。所以扩散对厅堂(播音、录音室除外)音质的关系究竟放在什么地位值得考虑。

5 空间感和 IACC 及 LF 目前已有的音质评价指标都是从单耳接收出发,可是在厅堂现场最具特色的听闻条件是“空间感”,对交响音乐尤其突出。它是以两耳接收信号相关程度表征空间感的(简写 IACC),主要由侧向早期反射声作用决定。至于侧向声能比值 LF(dB)是另一种比较简单的参量,它与 IACC 之间是否有关?

6 浮云平顶之利弊 鉴于 1962 年纽约新建 Philharmonic 音乐厅出了问题,于是“浮云平顶”名声大坏。后来人们又发现侧向反射的重要作用,因此从理论上又否定了来自平顶方向的早期反射声。可是原设计者 Beranek 认为失误之原因,乃由于排列不当和原设计中有可调装置未能实现等引起的。此外,对于不强调侧向反射的其它类型厅堂,浮云平顶仍不失为加强早期反射的有效措施。

7 形体设计 厅堂的形体选择是工程设计者首先要考虑的问题。从几何声学的观点,不难对一些基本形体方式做出评价。但是建筑设计有其创作的内涵,声学顾问如何面对这方面挑战?应该说有相当大潜力去解决它。

8 座椅及观众吸声 这是观众厅内最大的吸声面,如何精确估计一直是设计中较难把握的问题。

9 多用途厅堂 多用途厅堂的音质设计将是我们相当时期内重点考虑的问题。可变处理,如吸声面积及大厅容积的可变性,亦或在扩声方面提供可变条件等措施,国内的经验很不够,有时还受经济条件的限制,难以实现。因此有短混响大厅的趋向出现。

10 音质评价中的容忍度、模糊性及综合性 音质评价是一种主观属性,而且是多因素的综合判断,因此不宜有一个划一的指标。但作为设计依据,总得要有一个数值概念和最佳范围。如果这一范围很宽,则降低了控制指标的意义。再说多因素中有主有次,但互有影响,不能强调一点,不及其余。音质评价之复杂性也在于此。以混响时间为例,容忍度究竟有多大,值得研究。

音质评价通常用评分方法,在某种意义上说带有很大任意性,以听得清楚与否为例,它受多个因素的影响,例如响度不够、混响干扰、语音失真等。因此用它来评价厅堂音质,本身就具有模糊性,这就要求采用模糊数学方法去进行多因素的综合评价,但其中又涉及各因素的“加权”问题,此乃是不易解决的关键。

11 室内声场的计算机模拟 这是近年来发展迅速的课题,成为音质设计的有力工具,当然目前还存在不少声学技术

题。至于乐队多声源,并各具不同指向性更是一件棘手的问题。这种模拟结果与实际厅堂效果的比较还缺乏资料,这些都是当前大家关注的方面。再则,即使计算机模拟,其客观参量不能表达直接听音印象,于是可听化技术的发展,使人梦想已久的大厅可听效果今天已可实现,但尚有许多问题要改进或解决。至于模拟结果与实际厅堂的对比很重要,否则无从验证其正确与否,人们已开始注意,这是很重要的一步。

12 完工后大厅音质的调试 大家都意识到这项工作的重要性,但是作全面的主观和客观方面的验收并不容易。一旦出现了问题而需要作建筑上调整又谈何容易。回想起纽约 Philharmonic 音乐厅当初在调音周内居然连后墙上部放映间来的回声都未能发现,可见工作并不简单。

矩形混响室中吸声系数测量结果的检验*

贺加添 (同济大学声学研究所 上海·200092)

1 瞬态扩散的定义

众所周知,混响公式(Eyring 公式或 Sabine 公式)成立的条件是室内声场为一扩散声场。有关扩散声场的表述有许多种,总括起来,扩散声场具有如下一些特点:一是各点的声能密度是均匀的,二是各方向的能流密度概率相等,三是相位是无规的。上述定义实质上描述了这样一种情况:封闭空间界面的吸声系数趋于 0,室内声场或无衰减,或衰减很少,即稳态声场的扩散。对于混响室中的衰变声场,以上定义,既不能反映声衰变过程的客观实在;也不能作为判别混响公式是否成立的标准(因为按扩散的定义,所有衰变声场都是不扩散的),不适合描述衰变声场的扩散问题。对于那些能用混响公式描述的衰变声场,不妨取名为瞬态扩散声场(以示与稳态声场的扩散相区别),应重新给以更恰当的定义。

从统计几何声学的角度来分析室内声场,声源发出的声波可以简化为许多沿各向传播的声能量粒子。声粒子在界面上反射一次,声粒子所带的能量衰减 α 倍(α 为界面的吸声系数)。作者认为,瞬态扩散声场应是这样一种声场,声粒子在室内的分布是均匀的,声粒子在界面上的碰撞是随机的、独立的,声粒子入射到某面元的概率,与该面元的面积成正比。

2 瞬态扩散声场的特点

判别一个衰变声场是不是瞬态扩散声场,主要看两点:一是入射到封闭空间各界面上的声粒子密度是否均匀;二是声粒子是否是无规的、独立的。

在一个混响室中,如果入射到各界面的声粒子密度不均匀,会严重影响试件吸声系数的测量结果,如地板上声粒子密度大,其它界面密度小;或界面中心处密度大,边缘处密度小,会使测量结果变大,反之则变小。声粒子的非随机性,同样会对测量结果产生明显的影响,如无扩散措施的矩形混响室中的镜面反射,作者用计算机模拟计算得出的结果是,测量值还不足试件实际吸声系数的一半。声粒子的非随机的另一方面是,声粒子不可能连续两次入射到同一平面界面上。这方面的非随机性对测量结果的影响与试件的布置方式有关。作者的模拟计算及实测均得出,最大误差达 40% 左右。

3 测量结果的检验

作者根据模拟计算结果,得到了如下一个公式,可用于判别测量结果的精度:

$$\Delta = -0.041\alpha_{cor} + 0.418\alpha_{cor}^2$$

具体操作方法是这样的,先将试件平铺在地板中央,测得吸声系数 α_{cen} ;再将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处,测得吸声系数 α_{cor} 。若 $\alpha_{cen} - \alpha_{cor}$ 接近上式中的 Δ ,则测量结果接近试件的实际值;若大于 Δ ,则测量结果偏大;小于 Δ ,则偏小。

* 国家自然科学基金资助课题