

音质主观评价的 实验心理学方法

孟子厚 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

责任编辑: 刘 萍 pliu@ndip.cn
责任校对: 钱辉玲
封面设计: 李 姗 sli@ndip.cn

内容简介

本书介绍了声音主观评价中所使用的实验心理学方法,重点阐述这些方法的心理物理概念和数据处理的数学方法。书中内容包括音质主观评价的概念、术语、音质评价实验的准备工作 and 实验设计、实验心理学的基本概念和准则、听觉生理参数的测定方法、听觉心理参数的测定方法以及心理尺度构成的统计数学原理。对音质评价实验的效度、信度和难度分析,以及实验数据的统计分析和处理也进行了论述。除理论和方法论述外,本书还有许多应用实例,有助于读者理解和掌握理论与方法,设计和规划实际的音质评价实验。

本书的读者对象为高等院校中声学、声频工程、实验心理学等需要进行音质主观评价实验的相关专业的研究生和高年级本科生,也可以供其他相关领域内需要进行主观评价的科研人员和工程技术人员参考。

► 上架建议: 声频工程 ◀

<http://www.ndip.cn>

ISBN 978-7-118-05546-7



9 787118 055467 >

定价: 26.00 元

音质主观评价的 实验心理学方法

國防工業出版社

(臺灣青島分社, 陽明經印育政社本)

内 容 简 介

本书介绍了声音主观评价中所使用的实验心理学方法,重点阐述这些方法的心理物理概念和数据处理的数学方法。书中内容包括音质主观评价的概念、术语、音质评价实验的准备工作 and 实验设计、实验心理学的基本概念和准则、听觉生理参数的测定方法、听觉心理参数的测定方法以及心理尺度构成的统计数学原理。对音质评价实验的效度、信度和难度分析,以及实验数据的统计分析和处理也进行了论述。除理论和方法论述外,本书还有许多应用实例,有助于读者理解和掌握理论与方法,设计和规划实际的音质评价实验。

本书的读者对象为高等院校中声学、声频工程、实验心理学等需要进行音质主观评价实验的相关专业的研究生和高年级本科生,也可以供其他相关领域内需要进行主观评价的科研人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

音质主观评价的实验心理学方法/孟子厚编著. —北京:
国防工业出版社, 2008. 3
ISBN 978-7-118-05546-7

I. 音... II. 孟... III. 实验心理学—应用—声音
质量—评价 IV. B84 J935

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 206074 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 336 千字

2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 26.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

编撰本书的念头始于1999年在日本神户大学环境声学研究室工作的时候,那时由于工作需要设计主观评价实验,于是参考了難波精一郎、桑野園子所著的《音の評価のための心理学的測定法》(日本声学学会,1998年出版),以及其他作者所著的《計量心理学》、《画質と音質の評価技術》等与音质评价有关的实验心理学方法等书籍,获益匪浅。因为在国内这方面的书籍并不多见,所以本人觉得有必要把这方面的一些书籍介绍给国内的读者。2003年底在北京,有一位博士研究生和我讨论音质评价的实验方法等问题,在他们的实验中音质评价方法很重要,但是他们很少有这方面可供借鉴的资料和参考书。所以,更加体会到编撰这本书的必要性。

除了在实验室科研实践中需要遵循科学严谨的音质评价方法外,在实际应用领域中的音质评价也应该使用科学严谨的实验心理学方法。而这一点在我们目前的各类音质评价的应用实践中尤其缺乏。作者参加过多次实际的主观音质评价活动,在这些活动中参加评价的人员大多是专业人员,有多年的实践经验和对声音的特殊感觉,评价活动的场所也多是专业场所,但是评价方法往往比较随意。很多情况下都是由被试根据个人感觉打分,然后去掉一个最高分,去掉一个最低分,把其余的分数平均就得出最终的主观评价结果。这种程序是目前许多领域内主观评价常用的办法,看起来似乎“公正”,其实缺乏科学性和客观性,难以保证实验的一致性和可重复性。而对评价实验结果的难度、信度、效度检验,以及对结果的分析解释几乎没有。所以,在目前实际的音质主观评价活动中也迫切需要建立起使用科学严谨的实验心理学方法进行音质评价的概念和意识。

本书是在中国传媒大学传播声学研究所开设的“音质评价的实验心理学方法”课程材料和课程报告等基础上编撰的。全书的内容包括实验心理学的基本概念、听觉生理量的测量方法、听觉心理尺度的构成方法、实验的信度和效度检验、实验数据的统计检验和统计分析等。除了参考前面提到的几部日文版音质评价方法的书籍外,也根据实际需要重点增加了一些数据统计分析方面的内容。书中除了理论阐述外,也列举了许多实际应用的例子,这些应用实例大多来自中国传媒大学的教学和科研实践。

本书中所阐述的音质评价方法是以实验心理学方法为核心而展开的。音质评价所包含的声音是很复杂的,有语言声、音乐声、自然声、噪声、人工声、电器声等。音质评价的目的也各不相同,与具体的应用目的有关。在许多场合下,传统的实验心理学和科学心理学难以全面描述音质评价所遇到的问题。因此,音质评价并不是一个单纯的实验心理学的案例,学习和了解以实验心理学为核心的各个现代心理学分支是

十分必要的。

音质的主观评价问题是探究人对某种具体声音的感知问题。人对声音的感知可以分为生理上的反应和心理上的反应,这些生理和心理反应并不全部是与生俱来的。有许多反应机制,特别是心理反应机制是后天形成的,是通过后天的学习、生活或潜移默化的过程而形成的,而且与被试成长过程中的声音生态条件有密切关系。所以音质评价问题不是一个单纯的心理声学 and 实验心理学问题,而在许多情况下要涉及到与声音有关的认知心理学和生态心理学问题。人对某种有内容(文化、历史信息等)声音的感知,除了与其认知过程有关外,在很大程度上还与声音的生态条件或社会背景等有关。这就涉及到生态心理学问题,音质评价问题除了具有人性外还具有社会性。生态心理学认为人与环境是一体的,社会文化环境也是人类行为环境的一部分,因而对社会文化因素的重视是必然的。认知心理学和生态心理学的研究方法 with 传统的实验心理学有所不同,虽然本书没有系统地阐述和探讨与音质评价有关的认知心理学方法和生态心理学方法,但是音质评价研究应该保持对心理学相关分支发展的关注,根据音质评价的具体目的应用心理学发展的最新思路和方法。

本书的读者对象主要是高等院校需要学习和了解音质评价和实验心理学方法的研究生、高年级本科生,也可供科研院所的研究人员和从事音质评价的工程技术人员参考。对一般的音响爱好者本书也有一定的启发作用,有助于在音质主观评价工作中倡导科学、严谨、实事求是的态度和方法。

编写书籍对我来讲是一件非常困难的事情,因为个人水平有限,对心理学的了解和认识其实很浅薄,加之日常工作繁忙,虽然草草成书,但是错失之处难免,希望读者在阅读和使用本书的过程中,能不吝赐教,我们将在以后不断地补充和完善本书。

感谢中国传媒大学传播声学研究所的研究生们对本书编撰工作的协助。特别感谢陈瑜同学的协助,以及潘杨、范玮、苏昱等同学的协助,没有他们的协助,本书是难以如期完成的。

孟子厚

2007年11月

中国传媒大学传播声学研究所

目 录

第 1 章 音质评价概论	1
1.1 音质评价的问题与要素	1
1.2 音质的客观评价	2
1.2.1 音乐厅的音质客观评价指标	2
1.2.2 扩声系统的音质客观评价指标	4
1.2.3 扬声器的音质客观评价指标	4
1.3 音质的主观评价	5
1.3.1 音质的主观评价用语	5
1.3.2 音质的主观评价方法概述	7
1.4 主客观评价的相关性	9
1.5 主观音质评价的特点	11
第 2 章 实验心理学概述	16
2.1 心理学中的实验法	16
2.2 心理学实验的基本要素	17
2.2.1 主试与被试	17
2.2.2 变量	18
2.2.3 变量的控制	19
2.3 心理测量	20
2.3.1 测量的基本概念	20
2.3.2 心理测量的基本概念	21
2.4 心理实验的道德准则	22
2.5 认知心理学与音质评价	24
2.6 生态心理学与音质评价	26
第 3 章 绝对感觉阈的测量	35
3.1 心理量的量化尺度构成	35
3.2 绝对阈限的定义	38
3.3 绝对阈限的测量方法	39
3.3.1 极限法	39
3.3.2 阶梯法	42
3.3.3 恒定刺激法	43
3.4 响度阈限的测量	47

3.5	听觉系统主观频率响应范围的测量	49
第4章	差别阈限的测量	52
4.1	差别阈限的概念和定义	52
4.2	差别阈限的测量方法	53
4.2.1	极限法	54
4.2.2	恒定刺激法	55
4.2.3	平均差误法	58
4.3	响度与音高的差别阈限	59
4.3.1	响度的差别阈限	59
4.3.2	音高的差别阈限	60
4.4	混响感差别阈限	61
第5章	心理尺度的构成——对偶比较法	68
5.1	对偶比较法的原理	68
5.2	欠测值的处理方法	72
5.3	对偶比较法的变化	76
5.3.1	Sheffe 对偶比较法	76
5.3.2	分组对偶比较法	78
5.4	应用实例	80
第6章	心理尺度的构成——系列范畴法	84
6.1	系列范畴法的原理	84
6.2	欠测值的处理方法	89
6.3	应用实例	91
第7章	心理尺度的构成——其他心理尺度构成法	111
7.1	尺度估计法	111
7.2	语义细分法	116
第8章	实验的信度检验与效度分析	129
8.1	心理实验的信度	129
8.2	实验的一致性与信度系数	130
8.2.1	估计信度的方法	130
8.2.2	影响信度系数的因素	134
8.3	实验的效度	135
第9章	试验设计与试验的难度分析	140
9.1	试验设计	140
9.2	试验难度	146
9.3	试验的鉴别力	150
第10章	实验数据的统计特性检验	153
10.1	数据的总体理论分布与抽样	153

10.1.1	随机数据的简单处理	153
10.1.2	离散型随机变量的分布及其数字特征	157
10.1.3	连续型随机变量的分布及其数字特征	159
10.1.4	抽样分布	160
10.1.5	正态总体的抽样分布	162
10.2	参数估计与假设检验	164
10.2.1	点估计	164
10.2.2	区间估计	166
10.2.3	参数假设检验	168
10.2.4	非参数假设检验	175
10.3	单因素完全随机等重复试验的方差分析	177
第 11 章	实验数据的统计分析	183
11.1	聚类分析	183
11.1.1	聚类的目的	183
11.1.2	相似性度量	184
11.1.3	类和类的特征	186
11.1.4	系统聚类法	187
11.2	回归与相关分析	191
11.2.1	直线回归与相关	191
11.2.2	直线回归的进一步分析	194
11.2.3	简单相关分析	195
11.3	主成分分析	197
11.3.1	主成分分析的基本思想	197
11.3.2	主成分分析的数学模型与几何解释	198
11.3.3	主成分的导出及其性质	199
11.3.4	样本主成分	201
11.3.5	应用及实例分析	203
11.4	因子分析	205
11.4.1	因子分析基本思想	206
11.4.2	因子模型	206
11.4.3	因子载荷求解	207
11.4.4	因子旋转	208
11.4.5	因子得分	211
附录		212
附表 1	函数 $\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$ 数值表	212
附表 2	正态分布表	213

附表 3	正态分布的双侧分位数(u_α)表	215
附表 4	χ^2 分布表	216
附表 5	t 分布的双侧分位数(t_α)表	218
附表 6	F 分布表	219
参考文献		227

第1章 音质评价概论

1.1 音质评价的问题与要素

声音信息是人类进行交流最古老、最直接的方式,是多媒体信息的主要组成部分,也是人类音乐和语言艺术的唯一传播媒介。在物质文化生活日益蓬勃发展的今天,人们对声音的要求也越来越高。与对视觉的要求相似,对声音的最新追求是声音的高质量、高保真和高解析度等。所有用于提高声音质量的技术手段最终都要服务于听者,取悦于听者。怎样的声音才是好听的?这个问题必须通过音质评价手段来解决。音质评价是运用各种客观和主观的方法对声音的质量做出科学、广泛、综合的定性和定量分析。

音质是声音的三要素(音高、响度、音色)的有机构成和整体表现。在构成声音的三要素中,音色对音质的构成影响最大。音色是声音的客观属性在主观听感中的反映,从物理角度分析,它比响度和音高复杂得多,涉及的因素也十分复杂。这不仅使音质主观评价工作困难重重,而且对如何科学地描述它都感到有些力不从心。但任何与音响有关的领域,又都无法逃避该问题。长期以来不同专业背景、知识背景的人,都以自己所熟悉的语言分别进行说明,这就使问题更加复杂化,甚至无法进行交流。因此,在音质评价领域存在着许多问题和混乱。

一般地,音质评价中所涉及的问题大致有以下几类:

(1) 主观与客观的矛盾 任何声音都有其确定的物理构成和客观属性,而作为评价主体的人是主观的。主观评价与客观测试指标的不一致性来自对主观世界的认识不够和对客观规律表述的不充分。主观性主要表现为个体的不确定性和随意性,不涉及听觉心理和听觉生理中已经被揭示的规律性,这种不确定性既有随机性的因素,也有模糊性的因素。

(2) 个体评价与整体评价的矛盾 声音最终是给个体来听的,但评价结果要有一定的整体性或普适性。由于主体的多样性、随机性和复杂性,难以得到高可信度的整体评价结果,因此不能通过简单的统计平均得到整体结果。

(3) 艺术评价与技术评价的矛盾 声音有其物理内涵,它的制作过程也可由严格的技术标准来规范。但声音的表现形式大多是艺术作品,有一定的思想性。在整体的音质评价中,这两者是相互作用的。当艺术审美与技术审美达到一致时,音质评价达到完善,但由于个体艺术审美的知识背景不尽相同,艺术审美与技术审美往往会出现一些难以调和的矛盾。

(4) 评价术语与评价方法的不规范性 客观评价可以制定一系列测试指标及测试程序标准。但主观评价由于前述原因无法建立一套完整、系统、全面的评价术语及评价方法,不同行业 and 不同职业背景都有不同的标准,甚至每个个体都有其自己的标准。

(5) 多因素与环节的影响 声音从产生、传播到接收、回放经过许多环节,其中每个环节,每个因素对最终的音质都有影响。这些环节的连续性和相关性对一个环节的评价或多或少都要受到其他环节的影响,所以难以将某一个环节完全独立出来进行评价。

整个音质评价过程中涉及的要素如下:

(1) 声源 可对声源按照不同的方法进行分类,例如,按照是否重放,可分为原声和重放声;按照声音的来源不同,可分为音乐声、自然声和噪声;按照发声的机制不同,可分为人声、器乐声和电声。不同类型的声音音质评价方法和侧重点不同。

(2) 传播环境 典型的传播环境主要包括户外环境和室内环境。在室内同时还要考虑不同用途的厅堂、房间的影响。

(3) 换能器及处理器 主要涉及到传声器、扬声器(系统)、调音台、效果器、录音机等的影响。

(4) 听觉系统 包括听觉生理以及听觉心理因素。

(5) 听音方式 主要涉及到耳机重放和音箱重放的问题。此外还要考虑单声道、立体声以及环绕声等放音制式的影响。

(6) 物理量的测试标准。

1.2 音质的客观评价

音质的客观评价是将声音作为一种物理过程和现象,从自然科学与工程科学的角度通过各种客观测试指标对其进行评价。这里音质的客观评价主要是从音乐厅、扩声系统和扬声器 3 个方面来考虑的,下面分别进行简要介绍。

1.2.1 音乐厅的音质客观评价指标

音乐厅的音质客观评价指标如下:

(1) 响度 包括直达声响度和混响声响度。响度不仅是主观感觉参量的基础,也是其他客观物理标准的基础。厅堂中常用强度因子 G_{mid} 作为衡量响度的客观量。 G_{mid} 等于厅堂中接收点的瞬时声压级与自由场中距离同一指向性声源 10m 处的声压级之差。 G_{mid} 是 500Hz 和 1000Hz 两个频带中测得的 G 的平均分贝值,在音乐厅设计中 G_{mid} 的最佳值为 4.5dB~5.5dB,但该值仅与厅堂特性有关,与声源强度无关。响度与混响时间、厅堂容积等都有关系。理论上响度因子正比于混响时间,反比于大厅容积。

(2) 初始时间延迟间隙 到达听众的直达声与第一次反射声之间的时间间隙。初始时间延迟间隙与亲切感密切相关。通过这个时间差值可以判定声源的远近。在厅堂不同位置初始时间延迟间隙值不同,一般取厅堂中央位置优选值为 20ms 或稍短。

(3) 混响时间 严格地讲是早期反射后的后期混响时间,或称后期混响时间。其定义是指声源在房间内停止发生后,残余声能在房间内往复反射,经吸声材料吸收,其声能密度下降为原有数值的百万分之一所需要的时间,或者房间内声能密度衰变 60dB 所需的时间。通常,混响时间长的厅堂叫做“活跃”的厅堂,混响时间短的厅堂为“沉寂”的或“干”的厅堂。在非常“活跃”的房间,如浴室等,人们会有这样的经验:即使唱歌不好的人大声歌唱,也会感到唱得很好听,或者会感到在这种房间中彼此听不清所讲的话。相反

地,在“干”的房间中,会感觉声音不丰满。所以,对房间的混响时间必然会有一个感到最适宜的值,这就是最佳混响时间。

最佳混响时间根据房间的使用目的和大小而不同,通常可以认为:在欣赏音乐时,人们通常喜欢声音丰满圆润,所以混响时间应稍长些。听语音信号时,混响时间可以短些,以便能听得清楚,但也应该保证较远处仍有适当的反射声,使那里的声音听起来不至于太小。

(4) 明晰度和清晰度 明晰度的常用客观参数是早期声能与混响声能的比,用 C_{80} 表示,单位为 dB。早期声是直达声到达后最初 80ms 内听到的声音,混响声是在此以后听到的声音。显然,如果房间很沉寂,那么音乐将很清晰,且 C_{80} 会有一个较大的正值;如果混响很长,则音乐不清晰, C_{80} 将会是一个较大的负值。为了增大 C_{80} 对音质评价的灵敏度,常将 500Hz、1000Hz、2000Hz 这 3 个倍频程的测量之和加以平均,用 $C_{80}(3)$ 表示。

清晰度 C_{50} 表征的是直达声来到后最初 50ms 内的早期声能与混响声能的比值, C_{50} 一般用来评价语言声,而 C_{80} 一般用来评价音乐声。

(5) 混响时间的频率特性 混响时间 T_{60} 与频率有关,音质设计中,常以 500Hz 的 T_{60} 值作基准值,用 125Hz、250Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz、4000Hz 这 6 个频率所对应的 $T_{60}(f)$ 表示房间混响时间的频率特性。对于音乐录音室等要求较高的房间,需取 8 个频率点的 T_{60} 值,低频扩展到 63Hz,高频扩展到 8000Hz。

为了使室内具有良好的音质,各频率点的 T_{60} 值应有适当的比例。对于语言播音室, T_{60} 的频率特性应尽可能平直;对于听音乐用的房间,低频 T_{60} 值较之 $T_{60}(500\text{Hz})$ 值应有一定提升,以增加声音的丰满度。各种用途房间的最佳混响时间(500Hz~1000Hz、满场)不尽相同,对于低频的混响时间比中频容许长一些,一般为 20%~50%,特别是音乐用途的房间,可以提升得较多一些。这样能使声音听来更感浑厚丰满。而对 2000Hz 以上高频的混响时间最好与中频基本相同,但由于室内常用材料及听众的高频吸声都比较大,加上空气对高频的吸声作用,特别是大型厅堂(如体育馆等),空气吸声与其容积成正比,所以高频混响时间会有所下降。一般容许比中频(500Hz~1000Hz)下降 10%~20%,对音质不会有明显影响。

(6) 低音比(BR) 主要对厅堂的温暖感有贡献,是厅堂满场时两个混响时间的比。用低频(125Hz、250Hz)混响时间与中频(500Hz、1000Hz)混响时间的比值表征,BR 优选值对混响时间较长的厅堂在 1.1~2.5 之间,对更短的厅堂在 1.1~1.45 之间。

(7) 双耳听觉互相关(IACC) 人脑在分析声信号时,左、右两个半脑有分工,声信号在时域中的变化(旋律等)主要引起左半脑的神经活动,而声信号的空间定向、双耳听觉互相关性主要由右半脑神经活动决定。双耳听觉互相关系数反映了在厅堂里,面对演员的听众两耳听到的声音在感觉上的差异。

大体说来,对所有的音乐信号,在无反射声情况下,IACC 在正面入射时最大,在与背面呈 55°角的左(右)侧方向入射时最小;在有反射声的情况下,正面入射的直达声和侧前方入射的反射声之间的夹角为 55°±20°时,IACC 最小。

IACC 越大的声场,在主观优选时越认为不可取。要保证到达双耳的信号有明显的幅度差和适当的时间差,此时 IACC 较小。具体地说,应使早期反射到达测听者的方向保持在与视野正前方呈 ±(55°±20°)的扇形范围内。

(8) 扩散程度 如果反射声波从各个方向以大致相等的声能到达听众时,称为扩散良好。声学上一般用3个特性表征声场扩散的概念:① 声能均匀分布,各点平均能量密度相等;② 声场中各点、各方向的平均能流相等;③ 集中于某一点的各波列间相位关系是无规的。目前还未建立起声场扩散度的定量标准。

(9) 声场不均匀度 声学工程中将声场中室内稳态声压级最大值与最小值差值的分贝数称为声场不均匀度,此值应尽可能小。较好厅堂的声场不均匀度应小于或等于 $\pm 3\text{dB}$ 。此外同一房间在不同频率时对此值要求也有差异。例如,歌舞厅中 100Hz 时要求声场不均匀度小于或等于 10dB ,而 $1000\text{Hz}\sim 6300\text{Hz}$ 时要求小于或等于 8dB 。

(10) 空间感 包括两个方面,一方面是视在声源宽度(ASW),指听众感觉到声源的宽度,如果厅堂设计使听众听到的声源宽度比实际看到的声源要宽,就会有空间的感觉,它主要由早期侧向反射声级决定;另一方面是听众环绕感(LEV),用来描述听众对混响声的强度和来到的方向的感觉。如混响声似乎是从所有方向——前方、上方、后方——到达人耳时,就判定LEV最高。LEV主要取决于后期侧向反射声,还可由非侧向声产生。

响度、初始时间延迟间隙、混响时间和双耳听觉互相关是最重要的4个相互独立的参量。评价音响环境的音质时可以使用各个独立客观声学参数的加权和。

1.2.2 扩声系统的音质客观评价指标

扩声系统的音质客观评价指标如下:

(1) 总噪声 指扩声系统达到最高可用增益(扩声系统在所属厅堂内产生反馈自激临界增益减去 6dB 时的增益);但无有用信号输入时,厅堂内各听众席处噪声声压级的平均值。

(2) 系统噪声 当扩声系统工作在最高可用增益状态下,关闭场内所有噪声源并将传声器的输入口短路时所测得的噪声。

(3) 传输频率特性 是指厅堂内各听众席处稳态声压的平均值相对于扩声系统传声器处声压或扩声设备输入端电压幅度响应。

(4) 传声增益 扩声系统达最高可用增益时,厅堂内各听众席处稳态声压级平均值与扩声系统传声器处稳态声压级的差值。

(5) 声场不均匀度 扩声系统工作时,各测点处得到的稳态声压级的极大值和极小值的差值,单位为分贝(dB)。

(6) 系统谐波失真 扩声系统由输入声信号到输出声信号全过程中产生的谐波失真。

(7) 最大声压级 扩声系统在厅堂听众席处产生的最大稳态有效平均声压级。

(8) 快速语言传输指数(RASTI法) 是语言传输指数(STI)法的简化,用于评价厅堂中使用或不使用扩声系统时的语言传输质量,可以客观评价语言可懂度。

1.2.3 扬声器的音质客观评价指标

扬声器的音质客观评价指标如下:

(1) 额定阻抗 描述扬声器阻抗随频率变化的特性曲线,在谐振峰频率处阻抗达最大值,在反谐振峰频率(谷)处阻抗达最小值,通常以此值作为扬声器的额定阻抗。

(2) 特性灵敏度 在扬声器的有效频率范围内, 馈给扬声器相当于额定电阻上消耗 1W 的粉红噪声电压时, 在其参考轴上离参考点 1m 处所产生的声压, 用这声压表示扬声器的特性灵敏度。

(3) 频率响应曲线 当馈给扬声器以恒定的电压时, 扬声器在参考轴上所辐射的声压随频率变化的曲线。

(4) 指向特性 扬声器在不同方向声辐射本领是不同的, 表示这种性能的指标叫做辐射指向特性。指向特性与频率有关, 扬声器的辐射指向性随频率升高而增强, 一般在 250Hz~300Hz 以下, 没有明显的指向性。

(5) 失真 包括谐波失真、互调失真和瞬态互调失真等。

此外, 还有最大噪声电压、长期最大电压、短期最大电压、额定最大正弦电压、最大噪声功率、长期最大功率、短期最大功率、额定最大正弦功率等可测量的客观参数。

1.3 音质的主观评价

音质主观评价是指通过人们对声音的主观感受, 按照一定的评判要点和评判规则对声音进行评价的一种评价方法。音质的最终评价标准是人的听觉感受, 因此音质的主观评价是声音评判的最终标准, 一切客观测试指标的规定也正是力求能够较好地反映人的听觉感受。但是由于人的听觉特性的复杂性, 再加上对人的听觉特性(包括听觉生理和听觉心理)的研究还不够深入, 仅依靠音质的客观测试指标至今仍不能很好地反映主观听觉感受, 客观测试与主观音质评价仍有不统一之处。因此, 主观音质评价仍然很重要, 是不可由客观评价来代替的。随着对听觉规律研究的不断深入, 客观测试与主观评价会不断地趋于统一, 但由于主观世界的复杂性和多样性, 音响的最终评判标准永远只能是听感, 而不可能完全被技术指标所代替。

1.3.1 音质的主观评价用语

音质主观评价的术语包括语言音质主观评价术语、音乐音质主观评价术语、室内音质评价术语以及对自然声和人工合成声音的音质评价术语等。

1. 语言音质主观评价用语

音质的主观属性是指听觉对声音感受的一些共同概念, 这些属性可以对比于声学术语而与音质的客观参量取得一定的联系。语言音质的主观属性中, 最重要的是语言清晰度和可懂度, 如表 1.1 所列。

表 1.1 语言音质的主观属性和客观评价参数

主 观 属 性	主 观 评 价	声 学 术 语
响度	合适、不够、太轻	响度
清晰度、可懂度	听得清、听不清	清晰度、可懂度
宏亮度	宏亮、干涩	丰满度
讲话者自我感	不费劲、费劲	反应及时性
回声	无回声、有回声	回声干扰
噪声	安静、太吵	噪声干扰

语言听闻条件的主要指标之一是对语言能够听清的程度,即语言清晰度,通常以音节清晰度来表示。

由于一句话有连贯的意思,往往不必听清每个字也可听懂意思,一般用语言可懂度表示对讲话的听懂程度。汉语音节清晰度与语言可懂度之间有一定的关系。

室内语言清晰度通常采用音节清晰度实验的办法确定,其实验结果在一定程度上综合了厅堂的响度、混响时间、声场分布、反射分布和方向性扩散等客观因素在听觉上的反映。音节清晰度是语言音质主观属性中清晰度的客观标准,也是评价厅堂语言音质的主要参量。

2. 音乐音质主观评价用语

评价音乐的音质效果要比语言复杂得多,这是因为对音乐的音质评价涉及人们的许多主观因素,如习惯、爱好、文化修养和欣赏能力等。虽然评价术语比较多,如明亮度、宏厚度、丰满度、柔和度、亲切感、层次感、融合度、自然度、圆润感、力度感、温暖感等,但是有些评价术语只是反映某些主观感受,还没有确切的定义和明确的指标,许多评价术语存在争议。部分较重要的属性所对应的声学术语如表 1.2 所列。

表 1.2 音乐音质的主观属性和客观评价参数

属 性	主 观 评 价	声 学 术 语
响度	音量合适、音量不足	响度
饱满度	音质饱满、音质不饱满	丰满感
亲切感	亲切、不亲切	亲切感
清楚感	声音清楚、声音不清楚	清晰度
融合程度	融合、不融合	整体感
平衡	平衡、不平衡	平衡
扩散感	声音有柔和感、声音不柔和	扩散
空间感	乐队两边充满声音的空间所包围、无此感觉	空间感
噪声	安静、太吵	噪声

3. 音乐厅音质主观评价用语

音乐厅音质主观评价术语主要包括:

(1) 丰满度(活跃度、活度) 一般泛指听到的音乐是否丰满动听,主要与混响时间及其频率特性有关。当中、高频的混响不足时,将感到缺乏共鸣或活跃度差;当高频不足时,则感到声音不明亮;当低频不足时,则感到缺乏低音和声音不温暖。50ms 以内的混响声对听感是有利的,余音的能量集中在这段时间内,音乐显得丰满,语音清晰度也高,有利于乐器声音的混合,声音的上升和下降过程的长短对丰满度也有影响。

(2) 亲切感 小容积的厅室有视觉和听觉的亲切感,台上、台下易于交流,听众能感受到节目中的细腻感情。对一个厅室,如果在里面演奏音乐时,听起来如同在一个小厅堂中演奏时的感觉,可以说该厅室有声学的亲切感。听众对大厅堂容积大小的感觉来源于初始时延间隙。当此间隙大时,便会感到厅大而空阔,缺乏亲切感。有亲切感的大厅,初始时延间隙均不超过 20ms,同时直达声也不太弱。亲切感的获得并不是强调厅的容积要

小,而是强调厅内各种反射面,特别是早期反射面的处理,以此来缩短时延间隙。

(3) 温暖感 又称低音感,定义为低音相对于中频的活跃度或者丰满感。足够的低频混响给人温暖的感觉,实质为低音的丰满度(活度)。它与音乐厅的低频特性有关,凡是音质有温暖感的大厅,其低频混响时间总是以一定的比例稍长于中高频的混响时间。

(4) 明亮度 指中、高音听音感觉,音调中的高频成分丰富,而且衰减较慢,有丰富的阶谐音。

(5) 响度 包括直达声和混响声的响度,是丰满度、亲切感、温暖感和清晰度等几个量的基础。

(6) 清晰度 难以用数量表示,它主要有两方面的含义,一方面指可以清楚地区别每种乐器的音色;另一方面指可以听清每个音符,当音乐的节奏较快时,也能感到旋律分明。例如,厅堂容积较小,混响时间比较短,并有一定数量的边棱反射声,就可以保证在欣赏音乐时有较高的清晰度。

(7) 平衡感 任何一支乐队的组成各声部都是平衡的,因此要求演奏台或舞台音乐罩能将融洽的乐声输送给听众,使听众不是仅能听到某一声部的声音,而是乐队整体的声音效果。

(8) 扩散度 一般是指听到的声音有一种“柔和”的感觉,取决于在室内乐曲扩散处理后所达到的声场扩散程度。当感到来自各个方向的混响声的幅度似乎相等时,扩散是最好的。

(9) 协同性 是乐队中每位演奏者能否以统一、协调的方式演奏。为了达到好的协同性,演奏台上的乐师必须要及时地相互听到对方的演奏声,这就关系到演奏台或舞台音乐罩的设计是否得当的问题。

(10) 空间感 在听交响乐时,使听众感到被来自乐队充满空间的声音所包围。它与来自侧向的不同延时的近次反射声能强度和接收点的总声强的比值有关。

(11) 音质缺陷 是指厅内有回声、颤动回声、声聚集等现象,这在音乐厅的设计中是必须避免的。

4. 扬声器音质主观评价用语

实验室实验中,常用的并得到大多数工程技术人员认可的扬声器主观评价术语主要包括:

(1) 清晰度 是指重放的声音清楚、干净,可以从中分辨出各种乐器;反之,声音脏、模糊不清。

(2) 明亮度 是指重放声音的明亮程度;反之,声音昏暗、黑暗。

(3) 丰满度 是指重放声音有较宽的带宽,中、低音充分,高音适度;反之,声音单薄、干瘪。

(4) 圆润度 是指重放声音饱满而润泽;反之,声音尖、硬、锋利。

(5) 力度 是指重放声音坚实有力,能反映声源的动态;反之,声音软弱无力。

(6) 临场感 是指重放声音与真实声源所发出声音的近似程度。

1.3.2 音质的主观评价方法概述

主观评价方法是通过实验用统计分析的方法总结出人们主观感受活动背后的心理潜