

ACOUSTIC TECHNIQUES FOR HOME & STUDIO

[美] F·爱尔顿·埃弗莱斯特 著

孟昭晨 译

家庭和播音室声学技术

53.5

1986

家庭和播音室声学技术

[美] F·爱尔顿 埃弗莱斯特 著
孟 昭 晨 译



4013226

内 容 提 要

本书简要系统地讲解了声学基本理论,详细地分析了影响室内录、放音质量的各种因素,介绍了如何在设计和调整小型播音室的过程中消除不利因素、提高室内音质的具体方法和步骤。书中还讨论了各种吸声材料的性能和抗干扰的若干方法。书后附有世界各地优质播音室的图片资料。本书内容通俗,侧重实用,对家庭高保真爱好者和设计使用小型播音室和录音室的工作人员解决常见的声学问题有一定的指导意义和实用价值,可供广大声学爱好者和从事环境声学专业的从业人员阅读参考。

家庭和播音室声学技术

[美]F·爱尔顿 埃茱莱斯特 著

孟 昭 晨 译

责任编辑 路 石

电子工业出版社出版 (北京市万寿路)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

铁道出版社印刷厂排版

中国科学院印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 8 字数: 179.7千字

1984年12月第1版 1984年12月第1次印刷

印数: 1—15,000册 定价: 1.45元

统一书号: 15290·86

译 者 序

随着我国广播、教育事业的发展，中、小型有线、无线广播和电化教学正在全国城乡蓬勃兴起；同时，随着人民生活水平的提高，高档的电声器材逐渐进入家庭，提高广播、录、放音质量便成为人们日趋关心的问题。

然而，要获得高质量的录、放音效果，只靠提高电声器材的质量是远远不够的，录、放音的环境对音质有着决定性的影响。因此，只有正确地设计和处理播音室或听音室的内部结构和表面，采取各种有效措施才能获得满意的播音和录、放音效果。

目前，在建造小型播音室中存在的一个普遍问题就是缺少比较实用的播音室声学技术参考资料。为此，译者将美国F·爱尔顿 埃弗莱斯特著《家庭和播音室声学技术》一书译出，希望它能够为促进我国的广播、教育事业和美化人们的精神生活做出一点贡献。该书论述清楚，通俗易懂，附有大量的图表和数字，对从事环境声学的专业人员和有一定声学基础知识的业余爱好者来说，是一本实用价值较高的参考书。

本书在翻译过程中，曾得到孟广龄副教授和房炜同志的帮助。张绍高副教授为本书作了全面细致的审校。徐炯、郭裕君、吴秀珍等同志参加了本书的技术审核工作，译者在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于译者水平有限，译文中难免出现一些错误和欠妥的地方，敬请广大读者批评指正。

译 者

一九八四年六月于北京

目 录

前 言	1
第一章 声的运动	3
第一节 激励还是感觉?	3
第二节 声音是怎样传播的?	5
第三节 正弦波	10
第四节 波长和频率	11
第五节 平方反比定律	12
第六节 声音的反射	14
第七节 声音的叠加	16
第八节 声音的绕射	18
第九节 声音的吸收	18
第二章 人的听觉	22
第一节 人耳的差	22
第二节 我们的听觉	23
第三节 分贝	31
第四节 人耳的分辨能力	34
第五节 人耳是分析器	35
第六节 双耳听觉	35
第三章 语言、音乐、噪声	38
第一节 语言	38
第二节 音乐	41

4013226

· I ·

第三节	动态范围	43
第四节	线状频谱	44
第五节	连续频谱	45
第六节	相位关系	46
第七节	无用噪声	48
第八节	有用噪声	48
第九节	失真	52
第四章	室内谐振和其他	54
第一节	谐振器	55
第二节	是声波还是声线?	59
第三节	监听室和小播音室中的谐振	59
第五章	监听室和小播音室中的驻波	61
第一节	驻波类型	62
第二节	声染色试验	70
第六章	声音在小房间中的扩散	71
第一节	房间比例	71
第二节	非平行墙壁	75
第三节	凹表面	76
第四节	凸表面: 柱面	77
第五节	柱面体的安装	79
第六节	平板式的表面	82
第七节	吸声材料的分布	82
第七章	干扰噪声的控制	84
第一节	噪声源及其处理方法	84
第二节	由空间传来的噪声	86
第三节	建筑构件传导的噪声	86
第四节	膜振动传导的噪声	87

第五节	隔音墙壁	87
第六节	各种墙壁结构的比较	91
第七节	双层窗	95
第八节	隔声门	97
第九节	噪声和房间谐振	100
第八章	吸声材料	101
第一节	多孔性吸声材料	101
第二节	板振动吸声材料	105
第三节	柱面: 拱形板	108
第四节	穿孔板吸声材料	111
第五节	板条吸声材料	115
第六节	中频带吸声材料	115
第七节	定型板吸声材料	117
第八节	吸声材料的布置	120
第九章	混响及其计算	122
第一节	混响和简正方式	123
第二节	混响时间—— T_{60}	124
第三节	最佳混响时间	125
第四节	起居室的 T_{60}	127
第五节	高音 T_{60}	128
第六节	T_{60} 的计算——赛宾公式	129
第七节	艾润 (EYRING) 混响公式	150
第八节	“沉寂”播音室	150
第九节	两房间的电声耦合	151
第十章	播音室的声学设计	152
第一节	主播音室	153
第二节	语言播音室	162

第三节	控制室	169
第四节	一般的设计因素	172
第十一章	声学效果的调节	173
第一节	挂帘	174
第二节	便携吸声板	175
第三节	旋转吸声体	177
第四节	带铰链的板	178
第五节	可调谐振装置	179
第六节	隔栅板	179
第七节	斯诺可调吸声体	181
第十二章	听音室的调整	184
第一节	听音问题	184
第二节	听音系统	184
第三节	声学响应	186
第四节	房间/讲话者均衡的局限性	188
第五节	音调控制	189
第六节	一种家庭高保真均衡方法	192
第十三章	播音室声学效果的鉴定	196
第一节	专家们如何鉴定播音室的声学效果	196
第二节	信号源	199
第三节	放大器与扬声器	199
第四节	传声器	200
第五节	滤波器	200
第六节	电平记录仪	203
第七节	混响时间: 秒表法	206
第八节	背景噪声的鉴定	208
第九节	声级计 (SLM)	209

第十节	颤动回声	211
第十一节	室内声染色现象的确定	212
第十二节	语言易懂度的鉴定	213
第十四章	世界各地播音室的图片汇集	214
附录 I	吸声系数选编	238
附录 II	适用于混响时间较短的 房间的艾润公式	242

前 言

怎样才能算是“高保真”设备呢？不同的人对“高保真”有不同的理解。有些人竟把袖珍收音机说成是“高保真”设备，可见人们把“高保真”这个词滥用到了何种地步。

本书所论述的声学原理是每个对“高保真”感兴趣的人所应该了解的。在本书中，“高保真”这个词具有它最严密、最准确的含义，即严格要求录、放音质量的真实性。根据这样的含义，“高保真”不仅涉及广大的业余爱好者，而且也涉及许多声学专业工作人员和工程师。环境声学虽然是整个通信系统中最不受人重视的一个环节，但它对在广播、电视、录音工作中从事拾音和放音的工作人员以及在电子工业方面工作的专职声学人员来说，都是休戚相关的。

声学问题一向扑朔迷离，难以捉摸，因而人们常常对它视而不见，而集中精力搞其它较容易处理的电子学方面的各个环节。对待声学的奥秘，人们几乎采取了迷信的态度，在处理室内声学效果时滥用所谓“吸声方砖”就是一例，似乎这种材料用得越多，声学效果就越好。这是大错特错的。因此我们常常看到，一些极其昂贵的高级传声器、扩音机、扬声器和录音机往往因为室内环境不佳而不能发挥其应有的作用。

为了合理地使用录放室，我们应当了解一下房间对声信号造成的影响。一间充满空气的房间能以多种方式发生振动，而且由于每一种振动方式都会产生一连串谐音，所以许

多声音会混杂在一起,问题极为复杂。幸运的是,人们已经摸索出了一种非常实用、而又比较简单的方法来对播音室和监听室进行分析。运用这种技术,并正确地设计混响时间,室内的声学效果在一定限度内还是能够预计的。同时,我们还能找出现有房间的缺陷,并作适当处理。如果控制得当,这种“室内效果”会使室内即时演奏的和重放的声音更富有生气和魅力,这和室外的呆滞的声学效果是迥然不同的。不论是单声道、立体声,还是四声道,室内环境对收听系统中声音的质量都有非常重要的影响。

本书旨在帮助读者理解声学原理,而不在于指导读者亲自动手制作。大家知道,建筑房屋时要请建筑师帮忙,同样,解决声学问题时也要请真正的声学专家,在投资较大的情况下就更是如此。然而,由于地理和经济上的原因,家庭高保真爱好者或那些小型播音室和录音室的工作人员就无法聘请声学专家,在这种情况下,本书对解决一些常见的声学问题是会有一定指导意义的。

F·爱尔顿 埃弗莱斯特
(F·Alton Everest)

第一章 声的运动

如果读者想急于获得知识，或对声音和听觉的机理已有一定的了解，那么你也许想跳过第一、二、三章，直接阅读有关监听室和小型播音室声学效果的章节。但是，前三章可以为读者打下一个坚实的基础，这样，在学习后面几章时，就能脚踏实地、稳步前进，反之则会欲速而不达。

第一节 激励还是感觉？

“假如四周无人，一棵树在森林里倒下会有声音吗？”这个古老的问题至今还有它的现实意义，因为它把声音的两个方面形象地摆在我们的面前。声音可定义为空气或其它弹性媒质中的波动（激励），也可定义为对声敏感的听觉器官的感觉。在一定的场合下，究竟使用哪方面的说法，取决于我们研究它的角度是从物理方面还是从心理方面。这样一来，这个古老的问题就迎刃而解了。树倒下的时候肯定存在着物理激励，但若无人在场，就不会存在感觉。我们面临的问题的类型，决定了我们应从哪个角度研究它。如果我们对扬声器引起的气流骚动感兴趣，那么就应把声音当作物理问题来研究。如果我们想知道周围的人对声音的感受怎样，那么就应从心理学的角度理解它。本书所关心的是与人相关连的声学效果，因此，我们必须从声音的两个方面来进行研究。

我们可以把上述人们对声音的两方面的看法用高保真爱好者们所熟悉的术语来表达：

物理量：	相应的心理量：
频率	音调
声强	音量
波形	音质（或音色）

频率是我们所熟悉的周期波的一个重要特征。它是以赫兹（周/秒）为单位的；我们可以用阴极射线示波器来观测频率，在示波器上100Hz（赫兹）的频率总保持100周/秒。但是，如果用耳朵来听微弱的100Hz和响亮的100Hz纯音的音调，就会有很大的差别。随着声强的增加，低频声的音调降低，而高频声的音调则升高。著名声学家哈维·弗莱彻博士发现，用较小的音量同时重放168Hz和318Hz的纯音会产生很不和谐的声音。但是，当声强较大时，人们对（150～300）Hz倍频程关系的两个声音则感到悦耳。正因为如此，我们不能把频率和音调等同起来，而只能说二者是相似的。

声强和响度也是如此，这是由于它们之间的关系是非线性的。我们将在第二章中对这种非线性关系进行研究，因为它对高保真的工作具有非常重要的意义。

同样，测量到的波形和感觉到的音质之间的关系也由于人们的听觉机理的作用而变得复杂化。由于一个复杂的波形可被描述成一个基波和一连串振幅、相位各不相同的谐波的叠加（后文会更详细地谈到这一点），因此，它们的关系就涉及到频率-音调之间的相互作用以及其它因素的影响。

下面，在第一章中，我们将用最基本的术语来研究声音的物理特性，并着重讨论一些对监听室和播音室有特殊意义的现象。第二章研究人耳、听觉功能及其频响不均匀性、幅

度非线性等特性，这些特性与感觉和鉴定音质有一定的关系。第三章讨论我们要进行处理的信号，它包括需要的信号和噪声。对前三章有了透彻的了解之后，我们就能够从新的角度来看待高保真问题，这对我们的工作是有好处的。

第二节 声音是怎样传播的？

假如一个电蜂鸣器悬挂在实验室中的一个厚玻璃钟罩内，一按电钮，我们便可隔着钟罩听到蜂鸣器的声音。随着钟罩内空气的被抽出，蜂鸣器的声音就变得越来越弱，直到听不见为止，这是由于传播声音的媒质——空气已从声源和人耳之间被排走的缘故。也即声音的传播必须要有媒质存在，否则声音就不能从一个地方传播到另一个地方。虽然其它气体、液体和固体都可传播声音，但空气是最普通的媒质。由于外层空间几乎完全处于真空状态，所以在那里，声音只能在宇宙飞船和宇宙服内的空气（氧气）中传播。

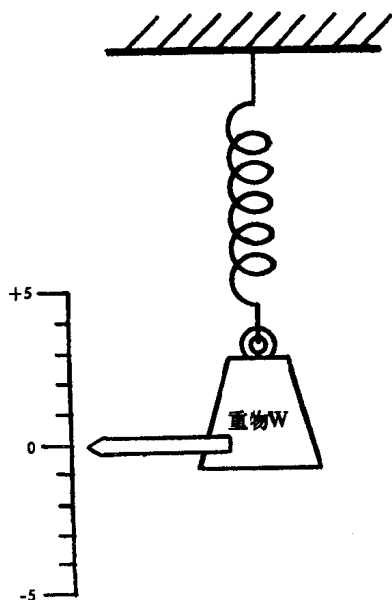


图 1-1 在弹簧的弹性和重物 W 的惯性作用下，悬挂在弹簧上的重物以固有频率发生振动。

在图 1-1 中，重物W挂在弹簧上。如果把重物拉到 - 5 刻度的位置然后放手，那么弹簧就会把它拉回零位。但是，此重物不会停留在零位，惯性将使它超越零位而接近 + 5。这样，重物会继续上下振动（或称振荡），其振幅会由于弹簧内部金属磨擦以及弹簧与空气的摩擦等损耗能量而缓缓地减小。

在图 1-1 的装置中，由于弹簧的弹性和重物的惯性可能产生振动或振荡。所有能传播声音的媒质都具有弹性和惯性。如果空气微粒从原来的位置移到另一位置，空气的弹性力就对它产生作用，使它回到原来的位置。又由于微粒惯性的作用，它就会越过原来的位置，这时，弹性力又在相反的方向发生作用，如此往复不已。

空气、水、钢铁、混凝土等都是弹性媒质，声音很容易在诸如此类的气体、液体和固体中传播。当你还是个孩子的时候，你也许曾经听到过远处石头敲击钢轨而发出的先后两个声音吧？其中一个来自空中，一个来自钢轨。来自钢轨的声音总是先于来自空气的声音。因为声音在密度大的钢铁中要比在密度小的空气中传播得快。声音在海里的传播速度约是在空气中传播速度的5倍。作为用声波测位的声纳(SONAR)系统就是根据远达千里的声音在水下的传播来确定目标位置的。近年来，人们还发现水下杂乱的声音是由鲸、海豚、海豹、各种鱼类和其它海洋动物为了互相通讯联系而有意发出来的。

一、微粒的跳动

麦地里，麦浪滚滚。然而当麦浪过去时，每株麦子仍牢牢地扎根于泥土之中，原地不动。同样，传播声音的空气微

粒并不远离它们原来的位置。当声波向前传播时，媒质中的微粒只在各自原来的位置跳动几下而已。

“微粒的跳动”分三种情况。如果一块石头落入平静的水池中，就会有一系列同心圆的波从石头落水的地方向外传播，这时水的微粒就按图 1-2 A 所示的轨迹运动。

我们用小提琴弦来说明第二种波动（见图 1-2 B）。弦的各小部分呈横向运动，而声波则沿着弦传播，即二者互相垂直。

然而，我们最感兴趣的却是声音在诸如空气等媒质中的传播。这时（见图 1-2 C），空气微粒在声音传播的方向上前后振动。这就是所谓的纵波。

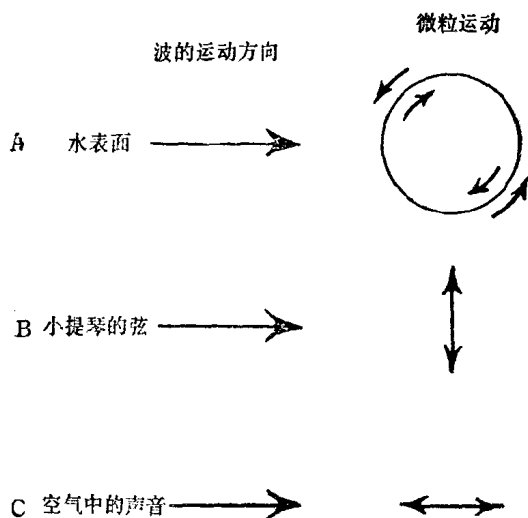


图 1-2 处在波动中的微粒能以圆形、横向或纵向等方式运动。