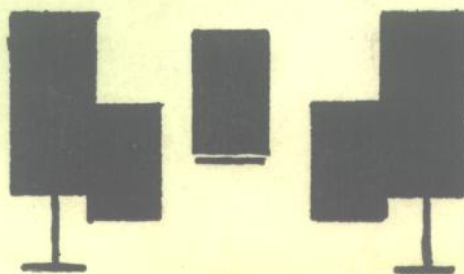
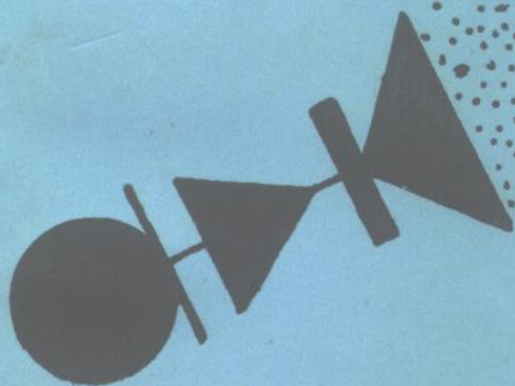


音响技术与电声工程

黎烽 著



华东理工大学出版社

73.413
849
2

D655/Q3

音响技术与电声工程

黎 烽 著

华东理工大学出版社

(沪)新登字 208 号

音响技术与电声工程

黎 烽 著

华东理工大学出版社出版发行

上海市梅陇路 130 号

邮政编码 200237

新华书店上海发行所发行经销

上海天华印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 7.625 插页 1 字数 200 千字

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

印数 1-5000 册

ISBN 7-5628-0537-7 / TN · 2 定价 9.00 元

序

随着我国经济和技术的迅速发展，近 10 多年来在音响技术应用领域经历了发达国家数十年所走过的历程。70 年代初期和中期的民用音乐节目载体还是 33 1/3 转的单声道密纹唱片；无线电广播还是普通的调幅广播；剧院、礼堂、文艺演出的电扩声音响设备也基本上就是简单的前置增音机加上后级功率放大器或干脆就是一部现在看来几乎是不堪用的扩音机。70 年代后期至今的 10 几年中，我们周围的电声音响从设备到节目载体乃至节目制作工艺都发生了“超越时空”的迅猛发展。从盒式录音机、LP 立体声唱片、CD 唱片、DAT 录音机、DCC 录音机直至 LD 唱机。而音乐节目广播也主要采用调频立体声方式。电扩声设备的功能已不再仅仅是简单的增音，而是集大功率、高保真、电扩声与声音信号的修饰、处理于一体的功能强大的系统。更高级一些的现代电扩声系统还具备声像控制的能力。这一类现代专业电扩声器材、设备不仅在剧场、礼堂、文艺演出中普遍使用，而且歌舞厅、俱乐部等娱乐场所也都在使用。就连一般单位的会场、俱乐部中也常常见到这类中高档的专业电声设备，其水准远在 70 年代中期及以前的剧场或专业文艺团体所用的设备之上。

这些中高档专业电扩声音响设备除了少量是国产的以外，大多数是欧美及日本的产品，这些设备的大量引进无疑为丰富人们的文化娱乐活动提供了必要的先进技术设备。现今大量使用的专业电扩声设备一般多是国际上八九十年代的先进产品，因此可以毫不夸张地说，从 70 年代后期至今，我国使用的专业电扩声设备经历了国外从 60 年代初以来的发展过程，（我国 70 年代中期使用的设备大致与先进国家 60 年代初的水平相当）设备条件在近十几年中改善的速度是发达国家的两倍。

设备条件的迅速提高必然要求从系统设计、安装施工、直至使

用维护人员的技术水平也要相应跟上。对电声音响系统而言，“三分设备七分用”的讲法是很有道理的。但是，目前能够真正完全掌握这些先进的设备器材并合理地充分利用的音响师、音控师及有关技术人员实在是太缺乏了。为此笔者在一年多以前就着手为音响技术培训班撰写了讲义以满足教学之需求，现在原讲义的基础上，充实、完善写成拙著，希望对从事电声音响工作和电声工程方面的人士以及高保真技术爱好者们能有所帮助。

由于时间仓促，作者水平有限，缺点、错误之处在所难免，衷心希望读者批评指正。

黎 烽

一九九四年七月

内 容 提 要

本书介绍了现代电声音响系统及音响工程的基本原理，常用器材设备，设计方法以及电扩声的音控（调音）技术。内容主要有：电声理论基础；室内声学；电声器件；电声设备；电声系统的设计与安装；音响系统的声场设计；音响系统的调试与维护以及拾音、调音技术等。另外，书末附录给出常用专业术语中英文对照和一些实用性数据资料。

本书可供从事电声音响工程的有关技术人员、音控师以及音响技术爱好者阅读参考，也可作为音响与音控技术培训的教材使用。

目 录

1. 概论	1
1.1 音响技术及其研究对象	1
1.2 音响工作者必备的素养	3
1.3 音响技术的发展方向	4
2. 电声理论基础	7
2.1 声音的产生和传播	7
2.2 分贝与“级”的概念	9
2.3 声音的特征和听觉特性	10
2.4 电声设备的主要指标	16
3. 室内声学	20
3.1 室内声音的组成——直达声+3R 声	21
3.2 混响时间及其计算	25
3.3 混响时间的合理选择	29
3.4 直达声场和混响声场的性质	33
3.5 混响时间的控制和吸声处理	36
4. 电声器件——传声器与扬声器	40
4.1 传声器的分类和特性	41
4.2 几种常用的传声器及工作原理	45
4.3 传声器的合理选择和正确使用	49
4.4 无线式传声器	54
4.5 扬声器的分类和工作原理	56
4.6 扬声器的特性和技术指标	58
4.7 扬声器使用中应注意的一些问题	60
5. 电声设备	62
5.1 概述	62
5.2 调音台	64

5.3	房间均衡器	82
5.4	功率放大器	85
5.5	压缩/限幅器、扩展器与噪声门	91
5.6	电子分音器	98
5.7	激励器	105
5.8	延时器	108
5.9	混响器与效果器	110
5.10	音源设备	113
6.	电声系统的综合与设备的联接安装	123
6.1	典型电扩声音响系统的组成	124
6.2	系统联接的原则	126
6.3	连接器与连接电缆	131
6.4	系统的联接与安装	138
6.5	系统的接地	146
7.	电声音响系统的声场设计	148
7.1	电扩声音响系统的要求	148
7.2	扬声器系统的选择与布置	152
7.3	室内声场的设计与有关的计算	158
7.4	扬声器的指向性与覆盖角	162
8.	电声系统的调试与维护	165
8.1	电声系统的上电开通	166
8.2	电声系统的调试	169
8.3	电声系统的维护和维修	174
8.4	系统发生故障时的应急措施	179
9.	拾音与调音	182
9.1	音响师的工作是音乐的“三度创作”	182
9.2	调音的一些基本原则	185
9.3	拾音技术	190
9.4	常用乐器和人声的拾音与调音	194

9.5	音质评价及其术语	202
9.6	调音台的使用与调音方法	204
10.	关于高保真放音若干问题的探讨	208
10.1	高保真立体声重放的原则	209
10.2	关于频率均衡器的问题	210
10.3	关于阻尼系数的讨论	211
10.4	导出四声道的 Hafler 接法	214
10.5	对于“超重低音”的认识	215
10.6	放大器的转换速率问题	216
附录一	专业名词术语英汉对照	218
附录二	常用材料与吸声结构吸声系数	227
附录三	立体声节目的拾音	228
后记		232

1. 概 论

音响是一门古老而又年青的技术，它有着极为广泛的应用领域。在当今这个技术飞速发展的年代，音响技术也自然地插上了腾飞的翅膀，以惊人的速度迅猛发展，并且日益普及，渗透到信息传播、文化教育、文艺娱乐等各个领域。以电声技术为核心的当代音响技术，由于数字化技术和处理手段的引入，使人们可以根据要求方便地对声音信号进行数字化的处理，甚至可用技术手段创造出各种所需要的声音、效果。

音响从某种意义上讲既是一项技术又是一门艺术。只有真正从技术和艺术两方面去掌握音响这门融合了多门学科研究成果的应用型、综合性的学问才能胜任有关工作，也只有把技术和艺术两者紧密地联系起来，以技术手段实现所希望的艺术效果，从艺术效果的需要出发不断提出新的技术要求，才能推动音响技术沿着正确的轨道不断向前发展。

1.1 音响技术及其研究对象

音响技术是研究可闻声的发生、传播、声学环境对音质的影响、声音信息的加工处理、声音信息的记录重放以及生理心理因素对听觉影响的一门综合性的边缘学科和应用技术，其最重要的研究目的在于如何获得最佳的听音效果。

音响技术的发展可以追溯到近千年之前。当时的教堂和稍后出现的一些剧场，根本不可能有什么电扩声技术手段（那时关于建筑声学的系统理论也还未建立起来），然而设计、建造这些建筑物的能工巧匠们都自觉或不自觉地利用了一些建筑音响方面的技巧，使

得在没有任何电扩声的情况下，可以让众多的听众在很大的场子里听清讲演和演出，这不能不说是古老而原始的音响技术。直到本世纪初著名物理学家 W. C. Sabine 提出室内混响时间计算的著名公式，开创了建筑声学这一学科领域，室内音响的设计才开始有了一套相对完备的和系统的理论和方法。正是在这些系统化的理论指导下，欧洲、美国等地建造的一批可容纳一二千人的大型音乐厅、歌剧院在完全不用电扩声的情况下可以保证每一位观众清晰地听到独唱和独奏的声音。在此建声设计显然也应归入音响技术之列。

1877 年伟大的发明家托马斯·爱迪生 (Thomas Edison) 发明了世界上最早的声音记录和重放设备——留声机。这是一种完全机械方式的设备，它可在锡箔或石蜡筒上记录下声音，并随时重放。留声机的发明奏响了音响技术蓬勃发展的前奏曲。1904 年英国的弗来明 (Fleming) 发明了电子管，1915 年电子管放大器的问世使得电信号的放大处理问题得以实现。1919 年贝尔 (Bell) 在发明电话时解决了电—声，声—电转换问题，开创了电声技术这一新领域。由于电信号便于控制、处理和传输，因此对声音信息的记录、重放、扩声、传输便与电结下了不解之缘。可以说自本世纪二三十年代起，音响技术的核心是电声技术。1924 年起唱片的制作开始采用“电气灌片”技术，1927 年美国的卡森 (Carson) 发明了钢丝录音机，1935 年德国通用电气公司 (AEG) 推出首台磁带录音机，1948 年美国 CBS 公司研制出密纹唱片 (LP)，1958 年开始有了立体声 LP 唱片，1965 年在荷兰飞利浦 (Philips) 公司领导下，各国开始生产盒式磁带录音机，70 年代瑞士 Studer 公司、美国 Ampex 公司的专业开盘磁带录音机达到了极高的技术水准，60 至 70 年代数字技术开始进入电声领域，80 至 90 年代 CD 唱片逐步成为娱乐用音乐节目的主要记录载体。可见，在近 100 年的发展过程中音响技术的核心是电声技术。

电声技术是利用电子技术和应用声学的原理解决可闻声信号的发生、接收、变换、处理、加工、记录、重放及传输等问题的一门

边缘性、应用型的学科。电声技术是以电子技术、应用声学 and 声电 / 电声换能原理为技术支撑, 吸收、融合了其他许多相关学科的研究成果而形成的一个独立的学科。

通过上面的介绍可以清楚地看到, 电声技术是当代音响技术的核心, 而音响技术较电声技术有更广的范畴, 可以认为: 音响技术包含了电声技术、建筑声学、心理生理声学及音乐学的部分内容。音响学强调的是最终产生的音响的听觉感受, 它从声音的产生直至声音产生的听觉感受的全过程都列入了自己的研究范畴。

1.2 音响工作者必备的素养

正因为音响是一门综合性的技术, 又有很强的艺术性, 因此要求从事音响工作的人员在电子技术、电声技术、建筑声学、音乐学等方面都应具有较丰实的知识储备, 且要具有较高的艺术修养。具体地可归纳为以下五个方面:

(1) 音响工作者应深入掌握电声技术、电子技术, 以及必要的物理学尤其是声学 (应用声学) 知识。

(2) 要熟练掌握电声器材、设备的基本原理和操作方法, 在实际工作中只有对这些设备、器材能够运用自如, 才能得心应手地用它们去进行艺术的再创造。

(3) 音响工作者应该切实掌握各种声源的声音特征与特性, 以及人耳的听觉特性, 并充分加以利用。

(4) 必须具有敏锐的听觉能力以及对声音色彩的辨析能力。在此听觉包含两个方面: 一是人耳本身的听力, 取决于身体条件, 若是这方面条件不佳, 有听力缺陷者则不宜从事音响工作; 二是对声音色彩的辨别能力, 这是要靠不断的训 (锻) 练来逐步提高的。

(5) 音响工作者应具备较高的文艺修养, 尤其是音乐修养, 应注意在这方面不断积累、逐步提高, 只有这样才能真正做好音响方面的工作。

1.3 音响技术的发展方向

自留声机发明以来的 100 多年中, 音响技术的发展是十分迅速的, 尤其是近二三十年间, 由于一些有关技术的发展和支撑, 音响技术更是突飞猛进。音响的发展方向主要可以归纳为六个方面。

1.3.1 进一步提高各类模拟的电声器件、设备的技术指标

传声器、扬声器系统、调音台、功率放大器等模拟电声器件、设备目前虽已可达到很高的技术指标, 但仍有潜力继续发展、稳步提高。然而, 也应看到这些传统的模拟电声器件、设备已经过了许多年的发展, 技术已趋成熟, 虽然技术指标仍可望会有不断的提高, 但是这方面的发展速度将不会很快。

1.3.2 集成化、小型化和高可靠性

过去一般认为集成电路由于其制造工艺的因素, 难以胜任高要求及专业电声设备的使用要求而被这类产品的设计师们“拒之门外”。随着集成电路设计和制造工艺的不断发展和提高, 出现了许多低噪声、低漂移、低失真、宽频带、高速度的集成电路运算放大器, 它们完全可以胜任专业音响设备的要求, 而且可以简化电路设计, 提高设备的可靠性和可维性。专为音响设备开发的专用集成电路, 已广泛地被使用。采用一片极高集成度的 DSP (Digital Signal Processing——数字信号处理) 专用芯片为核心, 便可产生 200 余种声音效果的数字式效果器, 更是体现了集成电路在专业音响领域中发挥的积极作用。

1.3.3 DSP 及其他数字技术将日益广泛地进入音响领域

随着数字电子技术、数字信号处理技术以及模/数-数/模转换技术的日趋成熟, 它们被愈来愈多地用于音响领域, 这主要是由

于数字方式对信号进行处理比模拟的信号处理方式有更大的灵活性。采用 DSP 技术可以实现许多传统的模拟处理方式难以做到的处理效果。同时专用的大规模集成电路 DSP 专用芯片也可以满足音频信息实时数字化处理的要求。另外, 数码录音、数码信息存贮也以其复制过程中不会有信息损失等优越性而不断普及、推广。计算机的应用更是使音响系统的设计、控制如虎添翼。计算机已用于各类音响器件、设备的辅助设计、仿真, 也用于声场辅助设计。同时大型的录音棚用调音台的控制、节目编辑设备的控制以及 MIDI 系统都少不了计算机的应用。即使是一些较高档的民用设备也逐步采用了一些专用的单片微处理机, 大大地提高了设备的自动化、智能化程度。

1.3.4 音频技术、视频技术相结合及计算机多媒体技术的发展

随着视频技术的发展, 必然会要求视频设备、系统带有高保真的音频系统, 而为了完全地传递节目信息, 优质的音频系统也希望与视频系统相结合以获得声像、视像的同步, 获得更为真实、生动的节目效果。以计算机为核心, 结合音频、视频等项技术的信息处理、传输技术——多媒体技术, 则更是将音响与影视与先进的计算机技术、通讯技术融合在一起, 以崭新的方式全方位地传递信息资源。

1.3.5 声场控制技术的发展

声场控制技术(Active Field Control)不仅仅局限于传统的电扩声技术和建筑声学原理的应用, 而是力图对厅堂的音质进行控制, 使之产生人们所希望的某种声场和音响效果。多声道声场合成技术, 多路混响增强技术, Δ -立体声技术(Delta-Stereophony)等等新技术已得到了实际应用, 并产生了不凡的音响效果, 预计这些新技术将逐步受到重视而得以普及与推广。

1.3.6 主观评价与客观测试的结论将不断趋于一致

电声音响技术的最终目的是要得到听感良好的声音，因此最终的评判标准是人耳的听感。为了在电声器件、设备器材的设计、制造及音响工程中有一套便于定量和检测的标准，引入了许多技术指标，这些技术指标的测试方法力求做到技术指标能真实反映人耳的听觉感受，然而由于实际声音信号的复杂性以及人耳听觉特性的复杂性，至今许多客观测试的结果与主观音质评价存在一些不符合之处，可望通过不断努力，使测试手段、电声技术指标的确定能更切合实际，使客观测试能不断接近主观评价的结论。

音响技术不是孤立存在的，而是一门以众多的学科、技术为其背景和支撑的综合性、应用性技术。有关技术的发展自然地会推进音响技术的发展，同样，由于相关技术的局限，也会影响技术的发展。就总的发展趋势而言，音响技术的发展便是高保真，至于实现的具体方法以及采用何种方式使音响技术更趋完善，则往往要取决于一些相关技术的发展情况，上述六项也仅是根据目前技术条件的情况所作的一些估计。

2. 电声理论基础

2.1 声音的产生和传播

声音的本质, 是由物体振动引起周围弹性媒质发生波动的现象, 声波是一种弹性波。一般来说, 凡是弹性媒质便能传播声波。空气、水、固体都可传播声波。

引起声波的振动源叫作声源, 声波所波及的空间称为声场。当声源发生振动时, 它使邻近的空气质点随之振动, 由于空气质点间相互的弹性交联, 这种振动就以波的形式扩散出去。当人耳接收到这种作用时, 耳膜在疏、密交替的声波推动下产生相应的振动, 再经过听觉的一系列生理过程, 人便感知了这个声音。

声波的频率范围很广, 而人耳只能听到其中的一段。人耳能听到的声音叫作可闻声。其频率范围为 20Hz 到 20000Hz, 强度在 0 到 130dB。电声音响技术所要研究和处理的正是这一范围的声音。

声波在媒质中的传播速度叫声速, 其单位是 m/s 。在空气中, 声速可近似认为是一个常数, 它为 344m/s 。声速一般用 c 表示, 即: $c = 344\text{m/s}$ 。值得注意的是声波的传播与媒质质点的运动是不同的概念。媒质质点在其原来的位置附近作往复振动, 而声波却以每秒 344m 的速度向周围传播。

声音既然是一种波动, 就有一定的频率。声波的频率就是声波每秒钟振动的次数, 单位为赫兹 (Hz)。频率通常用 f 表示。完成一次振动所需的时间叫作周期, 用 T 表示。显然:

$$T = \frac{1}{f} \quad (2-1)$$

周期的单位是秒。

在声波传播中，两个相邻同相位质点间的距离称为波长，用 λ 表示，单位是 m。声波的波长和频率有如下关系：

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2-2)$$

式中： λ ——声波的波长，m；

c ——声速， $c = 344 \text{ m/s}$ ；

f ——声波的频率，赫兹(Hz)。

可见波长和频率成反比，频率越低，则波长越长。当波长与障碍物线度可以相比拟，甚至大于障碍物线度时，则会发生“绕射”现象。因此，超低音扬声器摆放的位置一般不受限制，其声波的波长很长，可以绕过室内的障碍物到达听者耳中。

由于声波的影响，使空气中的压强发生相应的变化，有声波作用时与无此声波作用时的压强差叫作声压，用 p 表示。其单位是 N/m^2 ，习惯上用帕 (Pa) 表示。

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

在声场中，声功率与声压是相对应的，知道了声压，便可求得声功率，反之亦然。对球面波，声功率与声压的关系由下式给出：

$$W = \frac{p^2 S}{\rho c} \quad (2-3)$$

式中： W ——声功率，W；

p ——声压，Pa；

S ——以声源为球心，被测点的球面的面积， m^2 ($S = 4\pi r^2$)；

ρ ——空气的密度， $\rho = 1.21 \text{ kg/m}^3$ ；

c ——空气中的声速， $c = 344 \text{ m/s}$ 。