

实用会场扩声

王季卿 朱洪德 编著
钟祥璋 周志孝

科学出版社

实用会场扩声

王季卿 朱洪德 编著
钟祥瑞 周志孝

科学出版社
1980

内 容 简 介

本书主要介绍会场扩声的基本知识和应用技术,同时对室内音质原理和吸声处理作了必要阐述。全书共分九章,内容包括声学基本知识,会场音质,吸声材料及其应用,传声器的选择和使用,扬声器和声柱,扩声设备,扬声器和扩音机的配接,扩声设备的操作和使用等。叙述深入浅出,注重实际应用,可供基层单位会场扩声人员和有关人员参考。对专业演出的舞台扩声也有参考价值。本书也可供建筑设计和电声设计人员以及有关专业师生参考。

实 用 会 场 扩 声

王季卿 朱洪德
钟祥瑞 周志孝 编著

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980 年 6 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1980 年 6 月 第一次印刷 印张: 11 1/4

印数: 0001—15,280 字数: 250,000

统一书号: 13031·1207

本社书号: 1682·13—3

定价: 1.15 元

前 言

全国各地有许多人民公社、工矿企业、机关和学校等，经常要利用礼堂、饭厅或其它场所举行各种形式的群众性集会和文娱活动，所以搞好会场扩声的收听效果，具有重要的政治意义和普遍的实用意义。

鉴于近年来各方面对会场扩声技术的重视和需要，由同济大学声学研究室王季卿、钟祥瑞，上海市文化广场朱洪德，上海人民广播电台扩声组周志孝等组成编写小组，在王季卿主持下，编写了《实用会场扩声》一书，目的在于总结一些基层单位会场扩声工作的实际经验，普及扩声技术和基本知识，以供会场扩声工作者参考。在编写过程中，曾不断得到一些基层单位的大力支持，产品厂家积极提供了技术资料，都给了我们很大鼓舞。中央广播事业局设计室同志帮助审阅原稿，提出了许多宝贵意见，谨此致谢。由于我们实践经验有限，书中错误和缺点必然很多，请读者批评指正。

一

会场扩声的最基本任务是要保证场内有较高的语言清晰度，使各处听众都能听得清楚。要做到这一点，关键在于：

(1) 必须适当控制会场内的混响时间。目前许多会场内听音不清楚，往往是由于混响时间太长所引起的。

(2) 必须使听众席有足够的直射声，这就要求减少扩声系统的声反馈，使扩音机的音量开到足够响的程度而不会引

起啸叫；同时要求扬声器发出的声音尽量有效地射向听众席上，使射向平顶、侧墙和舞台等其它部位的声音尽量减少，这对混响时间偏长的会场尤其重要。

(3) 必须使场内声场分布均匀，没有回声和噪声干扰，扩声设备要有合适的保真度。

为了满足上述声学要求，应该从扩声系统和会场声学两方面结合起来考虑。因此，在实际工作中，对会场音质应有一全面了解。

二

会场扩声包括声和电两方面的问题。

了解声源的性质，声音在室内的传播，以及人耳对声音的判断等基本知识，有助于采取正确的技术措施，改进会场的音质。

扩声设备是改善会场音质的重要手段，但如果脱离会场音质的特殊条件，单纯地从设备的技术指标来考虑，不一定能达到满意的效果。扩声技术的发展正是为了不断克服和提高室内音质所存在的各种问题。

常听到这样的反应：“室内音质不易捉摸，扩声难搞”，这和缺乏声学技术的基本知识有一定的关系。其实，任何事物，一旦掌握了它的规律，就可以为我所用。“入门既不难，深造也是办得到的”。

到目前为止，有关电子学基本知识和扩音机制造修理的书籍已出版不少，而涉及房间音质的普及读物则还不多见，许多实际工作人员也提出了这方面的要求。所以，本书将侧重会场内声音的效果来介绍和讨论会场扩声问题，并提供解决会场扩声中具体问题的方法和措施。

常有人认为,会场内声音听不清楚或不够响,主要是扬声器不够大。于是换上许多 12 吋 (ϕ 300 毫米) 口径的大纸盆扬声器。结果低音丰富了,但声音却更加含浑不清。而且扬声器口径越大,中、高音的方向性就越强,使大部分听众由于偏离扬声器的主轴而得不到中、高音的直射声,所以清晰度反而更差了。

也有人认为主要是扬声器数量不够,分布不匀。于是在会场内四周沿墙增加了许多扬声器,结果声音响度可能提高了,但听众陆续收到各个扬声器传来的声音,反而听起来一片模糊,降低了清晰度。

也可能有人认为,只要在室内墙面和平顶上采用拉毛水泥粉刷或拉毛油漆来增加吸声,就可以改善音质。事实也并非如此,因为它们的声学效果和普通不拉毛的粉刷或油漆基本一致,不会有什么特殊作用。至于采用纤维板之类所谓“隔音板”也有类似情况,因为这种“隔音板”往往既不隔声,吸声效果也很差。

上述种种误解,是带有一些普遍性的。所以,本书打算结合这些实际问题,来介绍声学技术的基本知识,对会场扩声人员可能是有较大帮助的。

三

近年来我国电子工业发展很快,电声设备的质量有很大提高,品种也增加很多。这些设备有不少是为了满足广播、电视、电影录音和专业文艺单位等多方面的用途。尽管有些设备的指标很高,质量很好,但并不一定适合一般基层单位会场扩声的需要。因此,如何结合会场扩声的特点,来合理选择和使用电声设备,是广大扩声工作者颇为关心的问题。

大家知道，频率响应和灵敏度是电声设备的重要技术指标。就一般产品来说，这两个指标基本都能满足会场扩声的要求。有时为了提高清晰度而将频率范围故意限制在 250—4000 赫左右，反而会有意外好的效果。对传声器和扬声器来说，它们的指向特性有着突出的重要作用，可是这一指标迄今还常常被人们所忽视。

例如，常有人把高级监听扬声器箱（或所谓放音箱）作为会场扩声之用，往往达不到满意的效果，主要就是因为不能根据会场特点来控制它的指向特性，并不是别的指标有什么缺陷。

有时会场内声音开不响，就想换一台功率大一点的扩音机，结果由于场内的声反馈问题没有解决，扩音机功率再大，也仍然只能开得这样响，而且同样会引起啸叫，也不能解决问题，只是造成浪费而已。

因此，本书主要从实用要求出发，努力运用辩证的观点来分析矛盾，解决矛盾。

四

搞好会场扩声，不仅仅是设备问题，在一定程度上也涉及是否正确地使用、操作和维护电声设备的问题。

要使扩声系统工作正常，必须熟悉所用设备的功能和系统的连接。而扩声效果的好坏，关键在于结合会场的具体特点正确地选用和布置传声器和扬声器。至于日常维护工作，也是保证设备正常工作的重要一环。

应该看到，搞好会场扩声不仅要熟悉电声设备，还要熟悉会场的实际声学效果。扩声工作者应经常注意仔细地观察各种集会场所的使用情况，不断总结经验，改进和提高，只有充

分发挥了人的积极作用,才能把工作做好.

五

考虑到本书读者对象是一般基层单位的会场管理和使用人员,因此,我们将结合实用要求来阐述有关问题,使之简明易懂,并尽量避免繁冗的计算公式,同时配置各种图表,使具有初等数学程度的读者也能阅读,在实际工作中能够运用.

对于专业演出的音质问题,其评价标准可以有很大出入,在建筑和设备上也有许多专业方面的特殊问题需要考虑.例如演员的对话,声源的移动,伴奏、伴唱的配合,以及不同声部的比例等,本书对这些问题未作专门论述.但本书介绍的基本知识和原则,不少也是适用的,对这方面的工作人员也有一定参考价值.对于小型演出活动,本书内容基本上是适用的.

王 季 卿

1977年5月于上海同济大学

目 录

前言	vii
第一章 声学基本知识	1
1.1 声音的传播	1
1.1.1 声波	1
1.1.2 声压	4
1.1.3 声功率和声强	5
1.1.4 频率	7
1.1.5 声速和波长	9
1.1.6 反射和绕射	10
1.1.7 声波的干涉作用	12
1.2 级和分贝	15
1.2.1 为什么要用级来划分?	16
1.2.2 声功率级	18
1.2.3 声压级	20
1.2.4 电平	25
1.2.5 分贝应用实例	28
1.2.6 音量单位	32
1.3 听觉特性	33
1.3.1 响度	33
1.3.2 音色	36
1.3.3 音调	38
1.3.4 时间差和由声	39
1.3.5 方位感	40
1.3.6 噪声对清晰度的影响	42
1.4 语言和音乐	43

1.4.1 语言	43
1.4.2 音乐	49
第二章 会场音质	54
2.1 混响和混响时间	55
2.1.1 混响是怎样形成的?	55
2.1.2 混响时间	57
2.1.3 室内音质对混响的要求	59
2.2 直射声和反射声	64
2.2.1 反射声对响度的影响	64
2.2.2 直射声和反射声的比例对清晰度的影响	67
2.2.3 对声场分布的影响	69
2.2.4 回声的形成和消除	75
2.3 防止噪声的干扰	78
第三章 吸声材料及其应用	81
3.1 声音的吸收	81
3.1.1 吸声系数	82
3.1.2 吸声量	85
3.2 多孔性吸声材料	86
3.2.1 厚度	87
3.2.2 离墙的影响	88
3.2.3 孔隙率	89
3.2.4 容重	89
3.2.5 钻洞的影响	90
3.2.6 油漆的影响	92
3.2.7 复面材料的影响	93
3.3 几种典型多孔性吸声材料的使用特点	97
3.3.1 毡状或松散的纤维材料	97
3.3.2 模压的纤维板	99
3.3.3 吸声粉刷层	100
3.3.4 泡沫塑料	101

3.3.5	帷幕	102
3.4	其它吸声体	102
3.4.1	薄板振动的吸声	102
3.4.2	共振器的吸声	105
3.4.3	穿孔板吸声结构	108
3.4.4	空间吸声体	110
3.4.5	座椅和听众的吸声	113
3.4.6	空气吸收	114
3.5	会场混响时间的估计和控制	115
3.5.1	室内总吸声量的估计	115
3.5.2	室内混响时间的估计	117
3.5.3	室内混响时间的控制	119
3.6	吸声材料的布置	121
第四章	传声器的选择和使用	124
4.1	动圈式传声器的构造	124
4.2	传声器的技术特性	126
4.2.1	灵敏度	126
4.2.2	电噪声	129
4.2.3	频率响应	129
4.2.4	指向特性	132
4.2.5	失真	138
4.3	传声器的布置和使用	142
4.3.1	传声器的位置	142
4.3.2	传声器的数量	144
4.3.3	使用两只以上传声器的注意事项	145
4.3.4	传声器的使用和维护	147
第五章	扬声器和声柱	149
5.1	扬声器的构造和类型	149
5.1.1	电动式纸盆扬声器	150

5.1.2 电动式号筒扬声器	151
5.2 扬声器的技术特性	154
5.2.1 频率响应	154
5.2.2 灵敏度	156
5.2.3 阻抗	156
5.2.4 指向特性	157
5.2.5 失真	164
5.2.6 额定功率	164
5.3 扬声器的指向性和布置	165
5.3.1 使用单只纸盆扬声器的情况	165
5.3.2 使用分散式多只扬声器的情况	169
5.3.3 使用号筒扬声器的情况	172
5.4 声柱	176
5.4.1 声柱的特性	176
5.4.2 改进声柱高频的指向性	188
5.4.3 声柱的使用	196
5.5 声柱箱的设计、制作和安装	199
5.5.1 声柱箱	199
5.5.2 声柱内扬声器的连接	202
第六章 扬声器布置实例	206
6.1 无楼座中小型会场	206
6.2 有楼座会场	218
6.3 大型会场	220
第七章 扩声设备	231
7.1 扩音机	231
7.1.1 功率要求	231
7.1.2 扩音机的技术性能	233
7.1.3 高低音控制器	235
7.1.4 滤波器	236
7.1.5 扩音机的输入	238

7.1.6	扩音机的输出	240
7.2	前级增音机	240
7.2.1	概况	241
7.2.2	平衡式和非平衡式的输入(输出)	242
7.2.3	高阻抗和低阻抗输入(输出)	247
7.2.4	简易前级增音机	251
7.3	扩声设备的连接	256
7.3.1	阻抗匹配问题	256
7.3.2	电平的配合	262
7.3.3	扩音机的动态范围	265
7.3.4	接地	272
7.4	有线转播	273
7.4.1	线路输送方法	273
7.4.2	线路的频率补偿	273
7.4.3	线路杂声干扰	274
7.4.4	有线转播系统的连接	274
第八章	扬声器与扩音机的连接	278
8.1	概述	278
8.1.1	输出形式	278
8.1.2	输出阻抗	281
8.1.3	扬声器的实得功率、需要功率和功率分配	284
8.2	与定阻抗式扩音机的连接	287
8.3	与定电压式扩音机的配接	299
8.3.1	基本情况	299
8.3.2	定电压输送变压器的应用	303
8.3.3	定阻抗输送变压器的应用	308
第九章	扩声设备的操作和使用	310
9.1	防止场内声反馈引起的啸叫	310
9.2	正确处理扬声器和传声器的位置	313
9.3	监听和监视问题	316

9.4 总音量控制器的合理位置	318
9.5 可控硅干扰及防止措施	320
9.5.1 可控硅为什么会产生干扰?	320
9.5.2 干扰途径及防止措施	321
9.6 其它注意事项	325
9.6.1 安全问题	325
9.6.2 可靠性问题	325
9.6.3 失真	328
9.6.4 其它杂声干扰	329
9.7 扩声系统的简单声学调试方法	330
9.7.1 清晰度测试	330
9.7.2 调试用仪器设备	335
9.7.3 声场分布的测量	336
9.7.4 声反馈量的比较	337
9.7.5 传声增益的测量	338
附录	339
一 功率比、电压比和分贝值的换算关系	339
二 (甲)常用建筑材料的吸声系数	340
(乙)各种吸声材料的吸声系数	341

第一章 声学基本知识

搞好会场扩声,不只涉及电声设备问题,同时还涉及声学技术。因此,有必要首先了解一下声音是怎样产生和传播的?是怎样计量的?人的听觉在判断声音上有哪些特征?这些特征同客观量之间有什么关系?语言和音乐有哪些基本特性等等。

1.1 声音的传播

1.1.1 声波

实践告诉我们,一切声音都是由振动着的物体发生的。假如听收音机时我们用手摸一下扬声器纸盆,就可以觉察到它在振动。扬声器纸盆振动所产生的声音通过空气,传到入耳,因此空气是一种重要的传声媒质。在真空中不存在传声媒质,因此也就不能传播声音。

我们用手拨动簧片,能够听到簧片振动而发出的声音。下面就用它来说明声音产生和传播的一些最基本特征。

图 1.1 所示是一端固定的簧片在振动,簧片振动时先向右边推动紧靠它的空气层,使这部分空气层受到压缩而出现密集现象,同时在簧片另一边出现稀疏现象。接着簧片作反向运动,这时右边被压缩的空气层变稀疏状态,而左边稀疏的空气层则变为压缩状态。也就是说,簧片的振动使周围空气层产生疏密变化,由近而远地传播,这就是声音的传播现象。

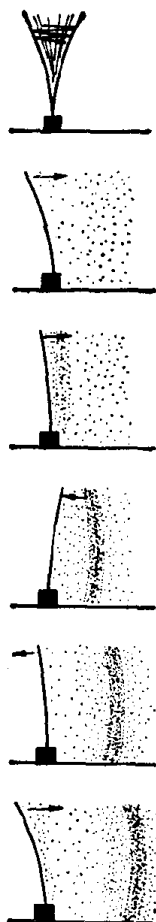


图 1.1 一端固定的簧片振动时激起周围空气层的振动, 形成压缩层和稀疏层, 向外传播

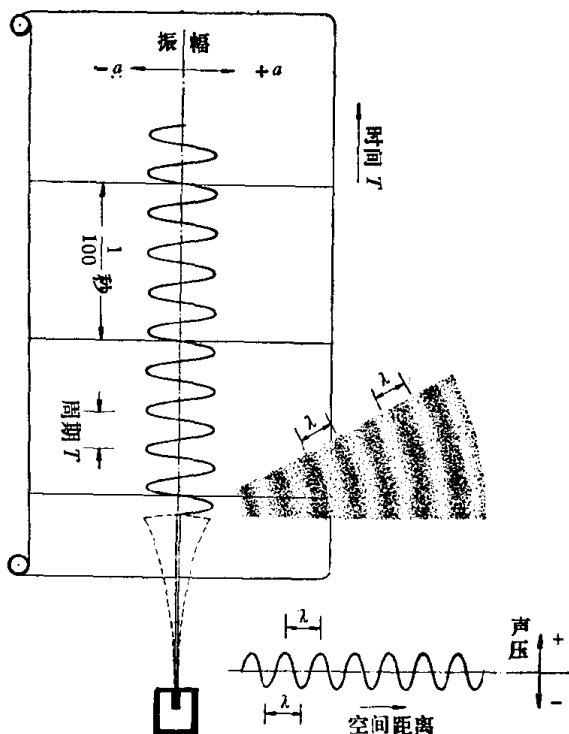


图 1.2 簧片的简谐振动和在空气中的传播

空气的时疏时密运动和物体的振动是一致的, 只是时间上有一些落后。这一“落后”现象就引起所谓相位差别。

利用一张按恒定速度移动着的记录纸, 可以把簧片振动的轨迹记录下来, 如图 1.2 所示, 当簧片往复振动时(忽略所

有阻力),就在移动的记录纸上画出很有规律的正弦形曲线.这种振动叫做简谐振动,因而产生的波叫做简谐波或正弦波.它是最简单也是最基本的振动形式.

简谐波的声音听起来很单纯,在声学工程中称为纯音.通常音频振荡器发出的就是这种声音.

簧片离开原始平衡(中心)位置的最大位移叫做振幅,在图中用 a 表示.振幅越大,声音越强.如果把向原始中心位置右边的运动叫做正(+),向左运动时就叫负(-).

簧片来回振动一次叫做一个周期,用 T 表示,它所需的时间可从图 1.2 中纸带的移动速度和所描下的曲线算得.如果在 $1/100$ 秒内有 4 次来回的完全振动,则振动一次的周期便是 $1/400$ 秒.由此不难算出每秒内的振动次数为 400 次.一般周期越短,每秒内振动次数就越多.由于空气是一种有弹性的媒质,所以当空间中出现声波时相邻各空气层的质点便会受到弹性作用而形成压缩和稀疏现象,并且逐渐地向更远的空气层传播,于是在空间形成有规律的分布和移动,如图 1.2 右下角所示.

这种现象和常见到的水波有点相似.我们在水池里丢进一块石子,水波便从石子落入水那一点开始,一个接一个地以同心圆形式沿着水面向外扩散.如果附近水面上有几片树叶,叶片便会在原来位置上顺着水波上下浮动,但不随水波向外移动.声波的传播在这一点上同水波有些相似,它只是把振动状态传播出去,空气的质点并不随声波移动,它在原来位置上来回振动而已.

图 1.2 右下角表示空间某一时刻的波动状态,它和纸带上反映的周期性规律是一致的.通常把有声波存在的空间叫做声场,振动体叫做声源.声波的传播方向可以用声射线来表示.