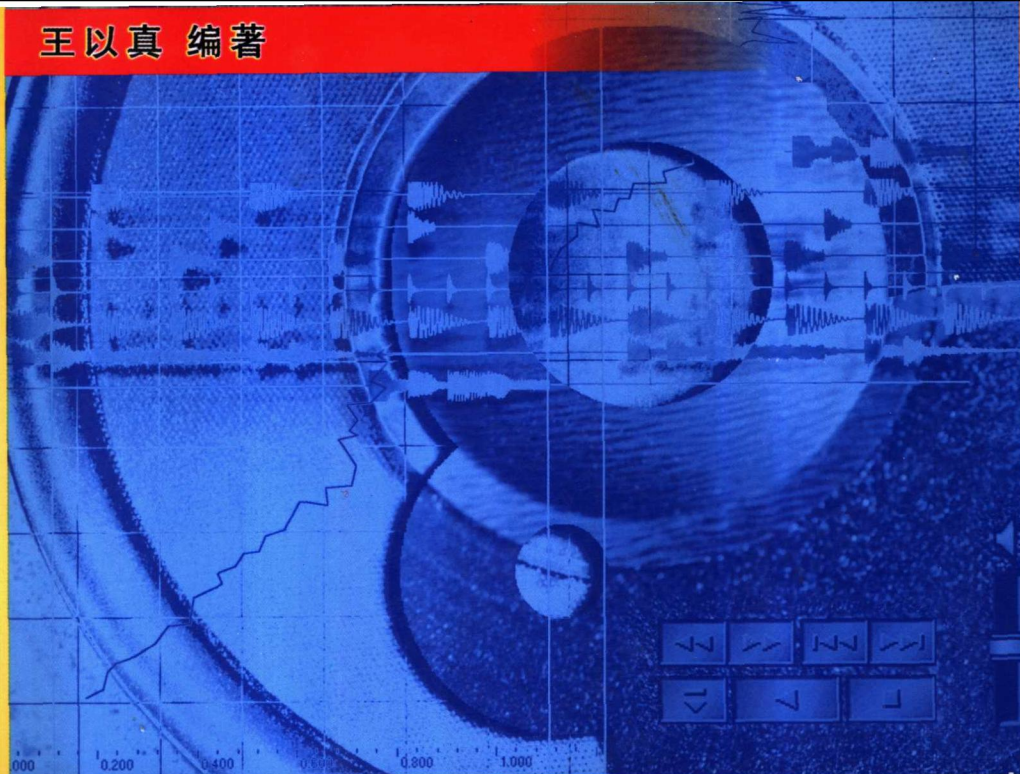




王以真 编著



SHIYONG KUOSHENG JISHU

实用扩声技术

国防工业出版社

National Defense Industry Press <http://www.ndip.cn>

实用扩声技术

王以真 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

实用扩声技术/王以真编著. —北京:国防工业出版社, 2004. 1

ISBN 7-118-03259-X

I. 实... II. 王... III. 扩声系统—电声技术
IV. TN912.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 087784 号

天津市科协自然科学学术专著基金资助出版

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)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 22 539 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:34.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言



还是在 20 世纪 80 年代初期,我在天津真美电声器材厂搞技术工作。当时厂内承揽了天津港务局新建客运站的室内、室外扩声工程,让我具体负责,从此开始了我扩声技术的历程。由于我具有电子学、声学和扬声器技术基础,所以很快地进入了角色,并边实践、边学习、边总结。后来又参与主持了许多大大小小的扩声工程,例如北京中国大剧院、北京工人体育场、沈阳五里河体育场、天津河西体育馆、承德体育馆……,而且与许多建筑声学 and 扩声设计的专家、学者经常联系,向他们学习,与他们交流。后来还参加过几次扩声技术的讲习班,并编写讲义和讲课。一些学员和电声界的朋友,不断建议我编一本有实际使用价值的扩声技术专著。

本书的编写宗旨是“实用”,这是从我国的实情出发,考虑到许多人想读书又忙于实际工作,而没有足够的理论修养与技术储备,使实际工作难于更上一层楼。因此,它既不是学术著作,又不同于一般的科普读物,而是力图深入浅出,采用有效的且适用的方式,为提高读者的理论水平和实际工作能力提供一把梯子、搭一座便桥。正像清朝诗人阮元有一首杂诗写道:“深处种菱浅种稻,不深不浅种荷花”。“不深不浅种荷花”是本书的定位,也是作者的一种定位。

由于工作忙,时断时续拖了多年才完成书稿,而此时出版的形势又严峻起来。正在困难之际,天津市科协发挥科技工作者之家的作用,通过几位著名科学家的审阅批准,同意为本书提供出版基金。一些音响界的朋友更给我许多帮助和支持,王炳坤教授一直对本书的出版表现出极大的关切与支持;广州浪源音响厂的何国梁经理,更为本书顺利出版起到关键作用。张燕、王海霞、高真、姜梅等同志也提供了许多帮助,在此向所有帮助我、支持我的朋友表示深切的谢意。当然这些帮助和支持,不仅是对我个人的,应该说是对我国音响事业的。

扩声技术的发展是国内外科学家、技术人员、制造者及使用者共同努力的结果。编著者从某种意义上说是将这些珍珠、宝石编织起来。这里留下一个 E-mail: tiange@public.tpt.tj.cn, 欢迎大家与我讨论。

在本书之前,我已出版了《实用扬声器技术手册》一书,该书出版以后,我收到了很多邮件,热心的读者给了我很多鼓励和帮助,在讨论中我也了解到许多新情况,加深了对一些问题的认识,从而交了许多新朋友,在此对指出书中错误和疏漏的同仁深表谢意。

王以真

2003 年 7 月 5 日

内 容 简 介

《实用扩声技术》是一本从实用角度全面叙述扩声技术的书籍。全书共 12 章,分别介绍了扩声基本知识、扩声与建声的关系、室内扩声与室外扩声、扩声设计程序及从传声器到周边设备所用的连接件等全部器材,并以实例说明各类实用扩声系统的设计和应用要点。对最新技术进展如媒体矩阵、线性阵列、VOD 及 SACD 等都有所涉及。为方便读者使用,在书中附录部分集中给出了扩声技术中常用的若干标准。

本书适用于从事扩声系统的设计、制造、安装和经营人员,包括厅(堂)建筑设计人员及大专院校相关专业的师生阅读。

目 录

第 1 章 扩声系统面面观	1
1.1 厅堂等公共场合的扩声系统	1
1.2 扩声系统的发展简况	3
1.3 扩声系统的范围	4
1.4 扩声系统所使用设备的条件	4
第 2 章 基本声学知识	6
2.1 声波	6
2.2 波长	7
2.3 正弦波的叠加	8
2.4 梳状波	8
2.5 声波的绕射	10
2.6 隔声和隔声材料	10
2.7 声传播的温度梯度效应	12
2.8 声源	13
第 3 章 扩声基本量	16
3.1 功率关系	16
3.2 电压、电流与声压的关系	18
3.3 声压级和响度	19
3.4 平方反比定律	20
3.5 信号的峰值、平均值和有效值	21
3.6 动态范围	22
3.7 声音定位	25
3.7.1 哈斯效应	25
3.7.2 立体声的方向定位	25
第 4 章 与扩声技术有关的建声知识	27
4.1 建筑声学 with 扩声技术的关系	27
4.2 房间的几何形状	27
4.3 声反射	28
4.4 混响和混响时间	29
4.5 最佳混响时间	35



4.6	声扩散	37
4.7	声吸收	38
4.8	室内声场的建立和衰减	41
4.9	直射场与混响场	42
4.10	房间常数	45
4.11	统计模型与实际房间的关系	47
4.12	厅堂设计的声学要求	48
4.13	大房间和小房间	48
第5章	扩声系统的设计程序	50
5.1	基本规划和基本设计	50
5.2	设计、施工的实施	55
5.3	扬声器的布置	60
5.3.1	一般办公室	61
5.3.2	厅堂、会议厅、体育馆	61
5.4	扬声器的安装	62
5.4.1	小型扬声器安装条件	62
5.4.2	厅堂用扬声器的种类	63
5.4.3	比赛场用扬声器	63
5.4.4	大型扬声器系统的安装	64
5.5	抗震设置	66
第6章	室外扩声	67
6.1	室外扩声系统的质量要求	67
6.2	声增益	68
6.3	扬声器、传声器的指向性对系统最大增益的影响	68
6.4	必要声增益	70
6.5	室外扩声设计注意事项	71
6.5.1	高频损失	71
6.5.2	温度变化的影响	72
6.5.3	风力的影响	72
6.6	功率的确定	72
6.7	室外语言扩声系统	73
6.7.1	清晰度	73
6.7.2	覆盖范围	73
6.7.3	环境	74
第7章	室内扩声	75
7.1	声反馈与潜在声增益	75
7.2	小房间的声场计算	76



7.3 中等尺寸房间的声场计算·····	78
7.4 分散扬声器的计算·····	79
7.5 系统增益与频率范围关系·····	80
7.6 室内增益方程·····	81
7.7 系统增益的测量·····	81
7.8 语言清晰度的一般要求·····	82
7.9 扩声技术中时间延迟的作用·····	85
7.10 系统均衡和扬声器的功率响应·····	85
7.11 系统设计综述·····	87
第8章 传声器 ·····	88
8.1 传声器的分类和原理·····	88
8.2 动圈传声器·····	89
8.3 电容传声器·····	89
8.4 驻极体电容传声器·····	90
8.5 传声器的性能·····	90
8.5.1 传声器的灵敏度·····	90
8.5.2 传声器的频率响应·····	91
8.5.3 传声器的输出阻抗·····	91
8.5.4 传声器的输出方式·····	92
8.5.5 指向特性·····	93
8.5.6 近讲效应·····	95
8.5.7 噪声·····	95
8.5.8 传声器的最高声压级和动态范围·····	96
8.5.9 失真·····	96
8.6 传声器的使用·····	96
8.6.1 阻抗匹配·····	96
8.6.2 相位问题·····	96
8.6.3 电平匹配·····	97
8.6.4 平衡输出与不平衡输出·····	98
8.6.5 输出电缆线·····	98
8.6.6 备件与配件·····	98
8.6.7 临场使用问题·····	99
8.7 传声器与录音机和摄像机的连接·····	100
8.7.1 传声器与录音机的配接·····	100
8.7.2 传声器与摄像机的配接·····	100
8.8 传声器的维护与使用·····	101
8.9 传声器的选择·····	101
8.10 无线传声器·····	103
8.10.1 频率和电场强度的规定·····	103



8.10.2	天线	104
8.10.3	死点的对策	104
8.10.4	噪声	105
8.11	传声器的拾音	106
8.11.1	适当的声压级	106
8.11.2	拾音时的布置	106
8.12	梳状滤波器效应	106
8.13	压力区(PZM)传声器	108
第9章	扩声设备	110
9.1	扩声设备的谱系	110
9.2	辅助声源介绍	110
9.2.1	电唱盘	110
9.2.2	磁带录音机	112
9.2.3	数字音频设备	117
9.2.4	节目定时器	123
9.3	输入交换装置	124
9.4	调音台	125
9.4.1	概述	125
9.4.2	调音台的构成	126
9.4.3	调音台的外形结构	127
9.4.4	电路结构	127
9.4.5	各组件的功能	128
9.4.6	节目电平	136
9.4.7	调音台基本特性	136
9.4.8	调音台的选择	139
9.4.9	数字式调音台	139
9.5	均衡器	140
9.5.1	均衡器的用途	140
9.5.2	均衡器的种类	141
9.5.3	均衡器的功能	141
9.5.4	均衡器电路	141
9.5.5	均衡器的应用	142
9.6	混响器和延时器	146
9.6.1	混响器和延时器的用途	146
9.6.2	混响和延时装置的分类	146
9.6.3	电子延时混响装置	146
9.6.4	电子延时混响装置的原理	146
9.6.5	扩声系统中混响器的应用	149
9.7	移频器	150



9.7.1 移频器的应用	150
9.7.2 移频器的原理	151
9.8 压缩器、限幅器和扩展器	151
9.8.1 压缩器	151
9.8.2 限幅器	152
9.8.3 扩展器	152
9.8.4 噪声门	153
9.8.5 压缩器和扩展器的使用	153
9.9 激励器	154
9.10 反馈抑制器	155
9.10.1 声反馈	155
9.10.2 抑制声反馈的方法	155
9.10.3 反馈抑制器的原理	155
9.11 放大器	157
9.11.1 功率放大器	157
9.11.2 功率放大器的技术指标	157
9.11.3 匹配问题	159
9.11.4 扩声用主要放大器类别	160
9.12 媒体矩阵	167
9.12.1 媒体矩阵的概念	167
9.12.2 媒体矩阵的使用	167
第 10 章 扩声系统中的扬声器	168
10.1 扬声器的分类及谱系表	168
10.2 扩声用扬声器的性能要求	168
10.2.1 纸盆扬声器和号筒扬声器	168
10.2.2 扬声器的性能	168
10.3 等指向性号筒扬声器	174
10.3.1 等指向性号筒的发展	174
10.3.2 双贝塞尔号筒	174
10.3.3 多格号筒	175
10.3.4 径向号筒	176
10.3.5 CD 号筒	176
10.3.6 曼塔莱号筒	182
10.3.7 双径向号筒	183
10.4 扬声器输出声功率	186
10.4.1 输出声功率	186
10.4.2 节目信号的有效值电平和峰值电平	186
10.4.3 扬声器损坏的原因	186
10.4.4 扬声器额定输入功率和最大功率	187



10.5	扬声器的效率	188
10.6	小容积房间的扬声器	188
10.7	中等容积房间的扬声器	189
10.8	较大容积房间的扬声器	191
10.9	音头(策动单元)	192
10.9.1	振膜	192
10.9.2	相位塞	193
10.9.3	音头分类	193
10.10	音箱	194
10.10.1	闭箱	194
10.10.2	倒相箱(开口箱)	195
10.10.3	号筒负载箱	196
10.11	声柱	197
10.12	组合扬声器系统	198
10.12.1	组合扬声器系统的用途	198
10.12.2	组合扬声器系统的种类	198
10.12.3	分频网络	198
10.12.4	分频通道	198
10.13	一般扩声用扬声器按使用形式的分类	199
10.14	剧场用扬声器的种类及其举例	199
10.14.1	舞台前部用扬声器	199
10.14.2	舞台下方用扬声器	200
10.14.3	舞台用扬声器	200
10.14.4	侧壁用扬声器及嵌入天花板的扬声器	200
10.14.5	吊在天花板上的扬声器	201
10.14.6	返送扬声器	201
10.15	抑制啸叫型扬声器	201
10.15.1	扩声设备的啸叫	202
10.15.2	抑制啸叫型扬声器	203
10.16	监听扬声器	205
10.16.1	监听扬声器的性能	205
10.16.2	对监听扬声器音色的要求	206
10.16.3	监听扬声器与高保真扬声器的不同点	206
10.17	BES扬声器系统(分布式扬声器系统)	206
10.17.1	BES扬声器系统的结构	206
10.17.2	BES扬声器系统的特点	207
10.18	电影用扬声器	207
10.18.1	对电影用扬声器的一般要求	207
10.18.2	新型电影对扬声器提出的新要求	208
10.18.3	对新型电影用扬声器的具体技术要求	210



10.19 扩声用扬声器的安装方法	211
10.19.1 舞台前部用扬声器系统的安装方法	212
10.19.2 侧壁扬声器的安装方法	212
10.19.3 扬声器前面的装饰	213
10.19.4 改善壁上扬声器特性的方法	213
10.19.5 开放式舞台扬声器的布置	213
10.20 扩声系统中的耳机	215
10.20.1 耳机的结构和工作原理	216
10.20.2 耳机的性能	217
10.21 线性阵列扬声器箱	217
10.21.1 线性阵列	218
10.21.2 线性阵列原理	218
10.21.3 线性阵列的优点与不足	219
10.21.4 线性阵列的相互干扰	220
第 11 章 扩声系统的使用和连接	223
11.1 平衡输入(输出).....	223
11.2 阻抗匹配.....	223
11.2.1 传声器与调音台配接的阻抗比.....	224
11.2.2 系统设备间配接的阻抗比.....	224
11.3 电平配接.....	225
11.3.1 峰值因数.....	226
11.3.2 传声器的输入输出电平.....	226
11.3.3 调音台输入电平.....	226
11.3.4 调音台输出电平.....	226
11.3.5 功率放大器的输入电平.....	227
11.3.6 功率放大器的输出电平.....	227
11.4 衰减器.....	227
11.4.1 衰减器制作应具备的条件.....	227
11.4.2 串联式衰减器.....	228
11.4.3 分压式衰减器.....	228
11.4.4 T型衰减器.....	229
11.4.5 H型衰减器.....	230
11.5 屏蔽和接地点.....	230
11.6 功率放大器和扬声器的连接.....	231
11.6.1 低阻抗连接.....	231
11.6.2 高阻抗连接.....	231
11.7 配线.....	231
11.7.1 传声器插头的配线.....	232
11.7.2 高频电缆的配线.....	234



11.7.3 扬声器的配线	235
11.7.4 电源电路的配线	241
11.8 接插件(连接器)	241
11.8.1 用于传声器的三针式自由端连接器(YCJ3P)	241
11.8.2 用于音响设备的三孔式固定连接器	241
11.8.3 用于电唱盘及录音机的五插针式自由端连接器(YCJ5P)	242
11.8.4 用于扬声器的两插针式自由端连接器(YCJ2P)	242
11.8.5 用于音箱的两插针式固定连接器	243
11.8.6 用于音响设备及无线电接收机的两插孔式连接器	243
11.8.7 用于音箱的两插孔式自由端连接器(YCK2P)	244
11.8.8 多用途的六插针式连接器	245
11.8.9 用于传声器和远距离之间的七插针式自由端连接器	245
11.8.10 用于传声器和其他用途的八插针式自由端连接器	246
11.8.11 两心和三心插头及插座	246
11.9 管道和管道工程	247
11.9.1 管道的选择	247
11.9.2 传声器线和信号线	249
11.9.3 线的连接	249
11.9.4 接线安全注意事项	250
第12章 实用扩声系统要点问题	251
12.1 扩声系统的设计问题	251
12.2 体育场馆的扩声系统	251
12.2.1 对体育场馆扩声系统的要求	251
12.2.2 小型体育馆的扩声设计	252
12.2.3 大型体育馆扩声设计	253
12.2.4 大型体育场扩声设计	258
12.3 剧场扩声系统	261
12.3.1 对剧场扩声系统的要求	261
12.3.2 多功能剧场的扩声系统	261
12.4 歌舞厅扩声系统	266
12.4.1 对歌舞厅扩声系统的要求	266
12.4.2 歌厅扩声系统	268
12.4.3 卡拉OK厅扩声系统	269
12.4.4 卡拉OK(KTV)包间放声系统	269
12.4.5 VOD视频点播系统	269
12.4.6 迪斯科舞厅扩声系统	270
12.5 公共广播系统	272
12.5.1 公共广播系统的基本要求	272
12.5.2 公共广播系统的特点	272



12.6 会议扩声系统.....	273
12.6.1 会议系统的主要功能.....	273
12.6.2 会议讨论系统.....	273
12.6.3 同声传译系统.....	273
12.6.4 投票表决系统.....	273
附录 A 厅堂扩声系统设备互连的优选电气配接值 SJ2112—82	274
附录 B 调音台基本特性测量方法 GB9003—88	278
附录 C 声系统设备互连的优选配接值 GB/T14197—93	289
附录 D 歌舞厅扩声系统的声学特性指标与测量方法 WH0301—93	301
附录 E 厅堂扩声特性测量方法 GB4959—95	309
附录 F 关于发布行业标准《体育馆声学设计及测量规程》的通知 建标[2000]222 号.....	320
附录 G 体育馆声学设计及测量规程(摘录)JGJ/T131—2000	329
参考文献.....	335

第 1 章 扩声系统面面观

1.1 厅堂等公共场合的扩声系统

在现代社会中,厅堂、候车厅、体育场等公共场合,一般都设有扩声系统。但是在 1985 年前后,有一位音乐界著名人士曾撰文反对使用扩音器,其理由无非是声音效果不好,有些演员演出单凭扩声设备而不练工夫。好在只是一家之言,并未危及扩声设备的使用。正像汽车也许会压死人,也许会翻车,而人们并没有禁止生产和使用汽车一样。

我们设扩声系统是一个整体,图 1.1 是一个厅堂扩声系统图,它包括声源(发声的人、乐队);传声器(也称话筒,它能将声信号转换成相应的电信号);调音和放大设备,它将传声器输出的电信号进行修饰、放大,输出到扬声器;扬声器将放大器输出的电信号转换成声信号。环境、声源、传声器、放大器和扬声器组成一个扩声系统。

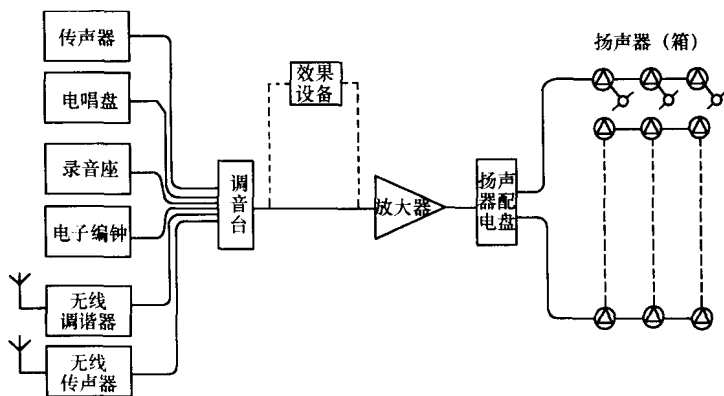


图 1.1 扩声系统图

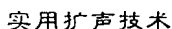
扩声系统的作用可以归纳为以下几点:

- (1)听众能够在所在厅堂听到失真小且足够响度的声音;
- (2)通过扩声系统的使用和布置,适当弥补厅堂建声特性之不足;
- (3)有时利用扩声系统将自然声传到足够远的地方。

当然,最早的演出、集会的声音是直接传播的,自然声在空气中迅速衰减,因此作用距离有限,但近代电子技术的发展,为扩声系统奠定了物质基础。

在进行厅堂建筑时,常常忽视建声设计和扩声设计,或者在厅堂已建成后,才想到去配扩声设备,有时不得不削足适履,难以达到良好的效果。

在某些情况下,又认为只要买一些优质的扩声设备,就可以获得良好的扩声效果,但是如果不与厅堂的建筑声学相配合,往往是事倍功半。还有一种情况,临时在一些体育馆安装扩声设备,使扩声设备和建声配合难尽人意,效果不佳。因此,我们必须将扩声系统看成一个整体,



当今世界是一个信息社会,大量信息的出现使信息传递成为问题。信息的传递被称为通信,扩声系统可以看成是通信的工具或手段之一。

扩声技术的发展是建立在现代科学的基础上,图 1.2 是扩声系统之树,可以看出扩声系统的基础和支干。

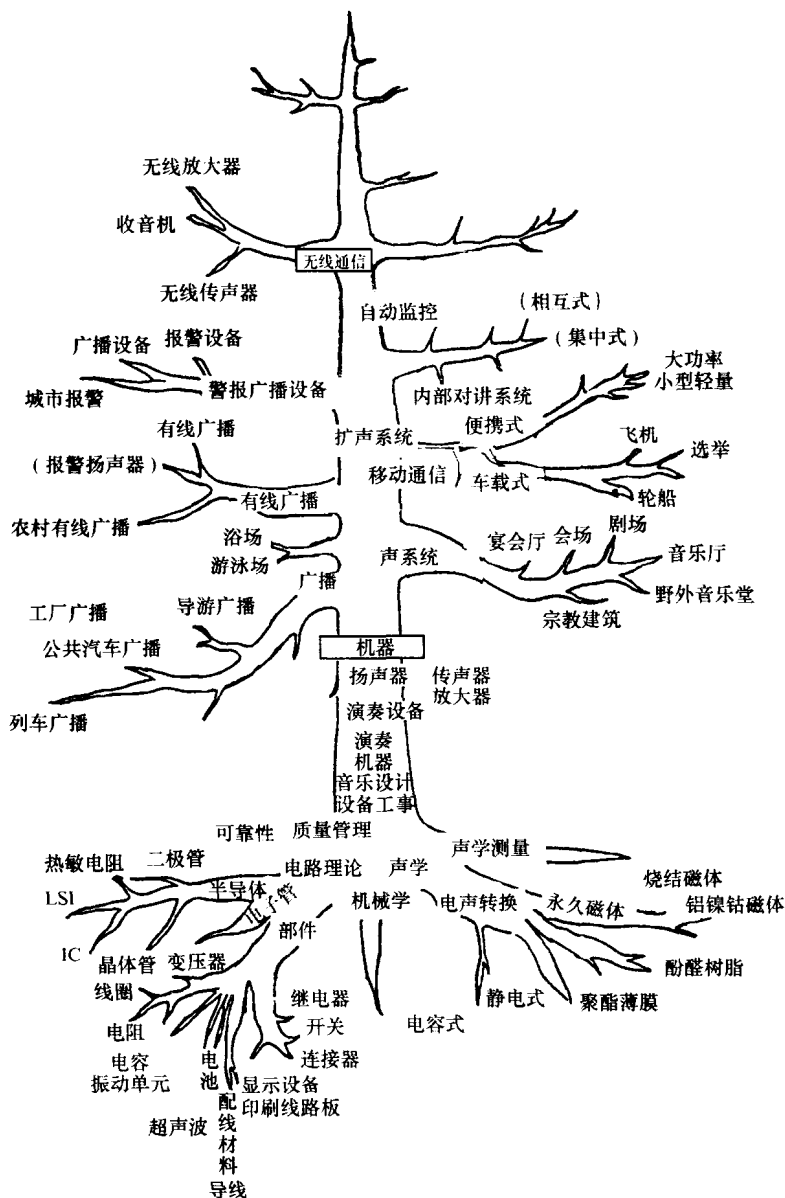


图 1.2 扩声系统之树



1.2 扩声系统的发展简况

扩声系统是当代电子科学技术的一部分,它是随着当代科学技术同时起飞的,而扩声的实践反过来又对扩声设备提出更多、更高、更新的要求。

当然,详细论述这些发展历史不是本书的任务,在这里用表 1.1 列出与扩声技术有关的重大学事件,以求有一个大致的印象。

表 1.1 扩声技术重要发展一览表

时 间	名 称	发明人与国籍	主 要 发 展
1860 年	振膜式传声器	德国 赖斯(J. P. Reis)	这种最早的传声器振膜是赖斯用来使松弛的金属—金属接触产生变化的绷紧平膜
1874 年	电话	美国 贝尔(A. G. Bell)	1876. 2. 24 贝尔申请了电话专利 1886. 3. 10 正式通话
1877 年	留声机	美国 爱迪生(T. A. Edison)	1877. 12 申请专利
1877 年	碳粒传声器	美国 爱迪生(T. A. Edison)	电话使用
1877 年	动圈式扬声器	德国 西门子(E. W. Siemens)	西门子首先揭示了由一个圆形线圈放置在径向磁场内组成的电动机结构。洛奇(O. J. Lodge)、普里德姆(E. S. Pridham)、詹森(P. L. Jenson)等对于悬置系统做出了贡献, 1925 年顿斯和凯洛格(E. W. Kellogg)在电动式扬声器方面取得重大突破
1887 年	留声机	美国 伯利纳(E. Berliner)	制成扁平圆盘唱片及相应的留声机,风行半个世纪
1906 年	无线电广播	美国 费森登(R. Fessenden)	第一次有据可查的、成功的语言及音乐广播,是在 R. 费森登博士指导下,于 1906 年圣诞节前夕在马萨诸塞州的布兰特洛克进行的
1908 年	电子琴	美国 卡希尔(T. Cahill)	卡希尔发明的电子琴,它包括了约 100 个各种标准频率的交流信号发生器,用一个开关控制板,把综合后的音乐信号通过电话线送出去
1915 年	放大器		用电子管做成的放大器已经可以提供足够的声频功率,为实现扩声奠定了基础
1917 年 1919 年	电容式传声器	美国 温特(E. C. Wente)	第一次用电子管放大器和电磁式扬声器做扩声实验。到 1921 年,扩声得到实际应用
1925 年	静电扬声器	各国	1925 年—1935 年不少国家都致力和发展各种静电扬声器
1926 年	唱盘录音系统 (电影录音)	美国 布罗斯(W. Bros)	用盘式录音机与摄影机同步,并与放大器、扬声器相连,开创了有声电影的历史
1927 年	负反馈放大器	美国 H. 布莱克(H. S. Black)	从此放大器的质量有了根本改观
1927 年	胶片录音系统 (电影录音)	美国福克斯有声电影新闻公司	开始用光学系统录制和重放声音
1931 年	立体声重放	英国布勒姆兰(A. D. Blumlein) 美国贝尔实验室	