

通 信 与 信 息 系 统 书 系

# 现代扩声技术与工程

MODERN PUBLIC-ADDRESS  
SYSTEM TECHNOLOGY &  
ENGINEERING

韩宪柱 编著

北京广播学院出版社

00125885

# 现代扩声技术与工程

MODERN PUBLIC-ADDRESS  
SYSTEM TECHNOLOGY & ENGINEERING

韩宪柱 编著

北京广播学院出版社

FN22/7 04

图书在版编目 (CIP) 数据

现代扩声技术与工程/韩宪柱编著. —北京: 北京广播学院出版社, 2000. 1

ISBN 7-81004-838-4

I. 现 II. 韩… III. 扩声系统-电声技术 IV. TN912.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 03976 号

现代扩声技术与工程

编 著 韩宪柱

责任编辑 唐红梅

封面设计 恒真设计公司

版式设计 BBI 阳光工作室

出版发行 北京广播学院出版社

社 址 北京市朝阳区定福庄东街 1 号 邮 编 100024

电 话 65779405 或 65779140 传 真 010-65779140

经 销 新华书店总店北京发行所

排 版 北京纪德文化艺术有限公司

印 装 中国科学院印刷厂

开 本 787×1092 毫米 1/16

印 张 34

字 数 750 千字

版 次 2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

印 数 1—3000

ISBN 7-81004-838-4/G·485

定 价 49.80 元

版权所有

翻印必究

印装错误

负责调换

# 前 言

对声音的处理有节目录制、广播播出及声音重放系统。重放系统中扩声对听闻效果的影响很大,良好的扩声系统,对保证音质以及艺术效果有很大的决定性作用。以往扩声系统考虑较多的只是房间的声场,以及电声设备的配置。但从扩声系统的效果及对象来看,扩声技术应是建筑环境声学、电声学、音乐声学及无线电子学和艺术诸领域内的知识有机地结合在一起的跨学科技术。

在扩声技术中有不少声学问题需要考虑,如语言心理声学、建筑声学、电声学以及音乐声学,是影响扩声质量的主要因素。扩声质量的优劣在很大程度上取决声场质量。虽然对旧有的厅堂改造可以采取补救的方法,消除原声场存在的缺陷,但毕竟是改造,不可能十全十美地满足要求,这就需要用硬件来校正厅堂音质。例如对混响时间过长的大厅,可用分散强指向性扬声器系统及频率均衡器保证一定的语言易懂性。而对于混响短而不适用于大型音乐演出的厅堂,可利用混响效果器来调整厅堂的混响时间。利用硬件来修正厅堂的音质是基于掌握厅堂的声场基础,也就是说盲目地运用硬件不一定达到提高扩声质量的目的,因此从事扩声技术的人员需要掌握较深的声学知识。

厅堂扩声中处理的对象多为音乐的乐音,它们又是千变万化,有交响乐,民族乐及轻音乐等,有着各自的特色。其中不同内容的音乐节目对混响时间的大小有所差别。再有乐器的基音相同而泛音不同,因此要深入地研究和掌握音乐声学方面的内容,明了乐器发音的特点包括他们的音域,音高及音色;乐曲的规律以及人耳对乐曲的音质,音色和音域的反应;并找到他们与扩声设备性能的结合处,这样才能对不同的乐曲扩声时,有的放矢,自如地运用扩声设备和厅堂声场,造就出好的艺术效果。

扩声最终是给人耳听,单从扩声器材的电声性能指标来确定扩声质量是不全面的,需要采用考虑人耳听觉在内的主观评价方法。因此只有掌握了主观评价方法才能对扩声工程以及运用电声系统所产生的扩声质量作出全面的衡量。

综上所述,对从事扩声工程及运用电声系统的技术人员提出了较高的要求,应是具有多方面知识的复合型人才。

本书源于多年来教案总结整理。突出重点,从建筑环境声学、电声学、音乐声学、现代扩声设备的功能以及从艺术角度出发,并结合主观评价论述提高扩声质量的理论依据和如何进行扩声工程的设计安装,调试以及管理扩声系统。

全书共分九章。第一章全面介绍扩声技术的近期发展,扩声系统的组成和现代扩声设备性能参数。第二章论述掌握扩声技术以及从事工程设计所必备的声学基础知识,帮助读者进一步理解以后章节所讲述的内容。第三章现代音乐声学讲述乐器发音的音域、音高及音色;人耳听觉对音强弱、音高、音域、音色及声音失真程度的反应;电声器材如何与之相匹配,使音乐艺术与扩声技术有机地结合在一起。第四章介绍如何通过客观评价和人耳效应

以及音乐的特点相结合的主观评价来评价扩声音质的方法。第五章以建筑声学、环境声学为基础,讲述如何保证室内应有的声压及音质所要求的频率传输特性和混响。并介绍运用电声设备的配合来控制厅堂混响及改善音质,防止声反馈的方法。第六章重点介绍室外扩声最大重放声压级的获得,改善到达听众区的传输响应不均匀度方面所采取的措施。第七章介绍扩声设备的工作原理及其应用。第八章讲述如何运用前几章所论述的内容来设计、安装、调整厅堂或室外扩声工程,第九章讲述舞台灯光系统的基本工作原理及器件的介绍。

本书力争理论与实践密切结合,成为一本既有理论又能指导实践的书籍。除供给广大的从事会堂、音乐厅、剧场、多功能厅及卡拉 OK 歌舞厅的扩音工程及使用电声系统的技术人员阅读,还可做为大专院校相关专业师生的教学参考书。

扩声技术是一门跨学科技术,它涉及的内容很广,加之还在不断发展,许多技术问题目前尚未获得令人满意的解决。由于本人水平以及对问题的理解深度有限,因此本书在内容选择以及论点上存在着不全面的地方,望专家及读者给予批评指正。

此书承蒙北京广播学院信息工程学院、北京广播学院出版社及中国录音师协会理事、教育委员会主任委员、北京广播学院录音艺术学院院长王明臣教授的大力支持。高级录音师王少杰先生,特别是音响工程师殷宝泉先生为本书作者提供了丰富的工作经验,充实了此书的内容。在书稿整理中,韩冬梅、王芳、程露、李颖华同志给予了大力协助。在此谨向他们致以诚挚的谢意。

在编著过程中,作者参考了一些中外文著作、文献、以及相关资料,在此谨向以上各项的作者表示谢意。

作者  
于北京广播学院  
1999.10

# 目 录

|                         |      |
|-------------------------|------|
| <b>第一章 绪论</b> .....     | (1)  |
| 1-1 扩声技术的发展 .....       | (1)  |
| 1-2 现代扩声系统及设备 .....     | (9)  |
| 1-3 扩声器材电声性能指标 .....    | (15) |
| <b>第二章 声学基础</b> .....   | (18) |
| 2-1 声学基础知识 .....        | (18) |
| 2-1-1 声波的基本量 .....      | (18) |
| 2-1-2 级与分贝(dB) .....    | (21) |
| 2-1-3 声波传播的基本现象 .....   | (24) |
| 2-2 人耳的听觉特性 .....       | (31) |
| 2-2-1 响度 .....          | (32) |
| 2-2-2 音调 .....          | (33) |
| 2-2-3 音色 .....          | (34) |
| 2-2-4 掩蔽效应 .....        | (36) |
| 2-3 声音在室内传播 .....       | (40) |
| 2-3-1 声音如何在室内传播 .....   | (40) |
| 2-3-2 混响 .....          | (41) |
| 2-3-3 声场 .....          | (42) |
| 2-4 立体声与多声道系统 .....     | (45) |
| 2-4-1 人耳听觉定位特性 .....    | (45) |
| 2-4-2 电声音响系统 .....      | (55) |
| 2-4-3 立体声及环绕声 .....     | (58) |
| 2-4-4 模拟立体声及环绕声 .....   | (59) |
| <b>第三章 现代音乐声学</b> ..... | (63) |
| 3-1 乐器发声基础 .....        | (63) |
| 3-1-1 弦振动 .....         | (63) |
| 3-1-2 气柱振动 .....        | (65) |
| 3-1-3 膜振动 .....         | (68) |
| 3-2 乐理知识及乐音要素 .....     | (68) |

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| 3-2-1 乐理知识·····             | (68)         |
| 3-2-2 乐音要素·····             | (72)         |
| 3-3 乐器分类及其特点 ·····          | (84)         |
| 3-3-1 弓弦乐器·····             | (84)         |
| 3-3-2 弹弦乐器·····             | (86)         |
| 3-3-3 木管乐器·····             | (90)         |
| 3-3-4 铜管乐器·····             | (94)         |
| 3-3-5 拉奏乐器·····             | (97)         |
| 3-3-6 打击乐器·····             | (98)         |
| 3-3-7 色彩装饰性乐器 ·····         | (100)        |
| 3-4 现代音乐·····               | (104)        |
| 3-4-1 电声乐器 ·····            | (104)        |
| 3-4-2 电子乐器 ·····            | (108)        |
| 3-4-3 计算机音乐 ·····           | (113)        |
| 3-4-4 电脑音乐系统(MIDI 系统) ····· | (113)        |
| 3-5 乐队的组成及其特点·····          | (116)        |
| 3-5-1 音乐作品体裁 ·····          | (116)        |
| 3-5-2 乐队的组成及其特点 ·····       | (120)        |
| 3-6 乐队的音响·····              | (129)        |
| 3-6-1 管弦乐队音响 ·····          | (130)        |
| <b>第四章 声音质量评价</b> ·····     | <b>(139)</b> |
| 4-1 概述·····                 | (139)        |
| 4-2 声音质量主观评价·····           | (140)        |
| 4-2-1 主观评价用语 ·····          | (140)        |
| 4-2-2 主观评价的必要条件 ·····       | (142)        |
| 4-2-3 主观评价方法 ·····          | (151)        |
| 4-3 人的生理及心理特性·····          | (153)        |
| 4-3-1 幅度域 ·····             | (153)        |
| 4-3-2 频率域 ·····             | (156)        |
| 4-3-3 频谱及波形 ·····           | (159)        |
| 4-3-4 空间感 ·····             | (160)        |
| 4-3-5 时间感 ·····             | (162)        |
| 4-4 再论电声性能技术指标·····         | (163)        |
| 4-4-1 频率畸变——幅度频率特性 ·····    | (164)        |
| 4-4-2 幅度畸变——谐波失真系数 ·····    | (174)        |
| 4-5 重放声的音质评价·····           | (177)        |
| 4-5-1 对理想重放声的三种观点 ·····     | (178)        |
| 4-5-2 重放声的环节 ·····          | (178)        |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| <b>第五章 厅堂音响</b> .....        | (186) |
| 5-1 厅堂的声学要求 .....            | (186) |
| 5-1-1 声学要求概述 .....           | (186) |
| 5-2 厅堂内的声学现象 .....           | (187) |
| 5-2-1 声反射 .....              | (187) |
| 5-2-2 声吸收 .....              | (187) |
| 5-2-3 声扩散 .....              | (196) |
| 5-2-4 声衍射 .....              | (196) |
| 5-2-5 混响 .....               | (197) |
| 5-2-6 房间共振 .....             | (197) |
| 5-3 厅堂声学条件的实现 .....          | (200) |
| 5-3-1 厅堂声学条件实现 .....         | (200) |
| 5-3-2 音乐厅的音质设计 .....         | (207) |
| 5-4 混响时间选择 .....             | (212) |
| 5-4-1 混响时间 $T_{60}$ 计算 ..... | (212) |
| 5-4-2 混响时间频率特性 .....         | (214) |
| 5-4-3 最佳混响时间 .....           | (215) |
| 5-5 厅堂内的噪声 .....             | (221) |
| 5-5-1 厅堂内噪声的来源 .....         | (221) |
| 5-5-2 室内噪声的危害及标准 .....       | (222) |
| 5-5-3 室内噪声级计算 .....          | (222) |
| 5-5-4 厅堂内噪声有效控制 .....        | (223) |
| 5-6 厅堂扩声 .....               | (223) |
| 5-6-1 厅堂扩声必要性及准则 .....       | (223) |
| 5-6-2 扬声器辐射特性 .....          | (224) |
| 5-6-3 厅堂内声场计算 .....          | (246) |
| 5-6-4 室内声场的不均匀度 .....        | (250) |
| 5-7 厅堂电声系统 .....             | (253) |
| 5-7-1 扬声器系统 .....            | (255) |
| 5-7-2 周边设备 .....             | (267) |
| 5-7-3 监控及返送 .....            | (269) |
| 5-7-4 音源 .....               | (269) |
| 5-8 声反馈及声反馈抑制 .....          | (272) |
| 5-8-1 室内扩声系统的声反馈 .....       | (272) |
| 5-8-2 声反馈引起室内频率传输响应畸变 .....  | (272) |
| 5-8-3 声反馈引起再生混响干扰 .....      | (274) |
| 5-8-4 扩声中声反馈的抑制 .....        | (275) |
| 5-8-5 抑制声反馈方法比较 .....        | (280) |

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| 5-9 消除厅堂缺陷的措施         | (280)        |
| 5-9-1 改善厅堂的声学条件       | (281)        |
| 5-9-2 频率传输特性均衡        | (282)        |
| 5-9-3 混响时间调整          | (283)        |
| 5-10 室内扩声最大功率增益和传声增益  | (286)        |
| 5-10-1 室内扩声最大功率增益     | (286)        |
| 5-10-2 室内扩声系统的传声增益    | (288)        |
| <b>第六章 室外扩声</b>       | <b>(290)</b> |
| 6-1 室外扩声特点及要求         | (290)        |
| 6-2 室外扩声系统及声场         | (291)        |
| 6-2-1 扬声器系统           | (291)        |
| 6-2-2 扬声器组需要的电功率      | (294)        |
| 6-3 室外扩声系统的声反馈        | (296)        |
| 6-3-1 频率传输响应的畸变       | (296)        |
| 6-3-2 再生混响干扰          | (297)        |
| <b>第七章 现代扩声设备及其应用</b> | <b>(299)</b> |
| 7-1 现代扩声设备分类          | (299)        |
| 7-1-1 功能分类            | (299)        |
| 7-1-2 信号处理分类          | (300)        |
| 7-1-3 性能分类            | (301)        |
| 7-2 节目源设备             | (301)        |
| 7-2-1 激光唱机            | (301)        |
| 7-2-2 MD 可录磁光盘录放机     | (310)        |
| 7-2-3 磁带录音机           | (314)        |
| 7-2-4 数字录放机选型         | (325)        |
| 7-2-5 点歌机             | (329)        |
| 7-3 声电转换器件——传声器       | (330)        |
| 7-3-1 传声器工作原理         | (330)        |
| 7-3-2 传声器性能参数         | (330)        |
| 7-3-3 传声器产品           | (333)        |
| 7-3-4 传声器应用           | (338)        |
| 7-4 电声转换器件——扬声器       | (340)        |
| 7-4-1 扬声器工作原理         | (340)        |
| 7-4-2 扬声器特性参数         | (341)        |
| 7-4-3 扬声器种类           | (347)        |
| 7-4-4 扬声器系统           | (350)        |
| 7-4-5 扬声器及音箱产品        | (356)        |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 7-4-6 扬声器及音箱选用 .....       | (376) |
| 7-5 功率放大器 .....            | (383) |
| 7-5-1 功率放大器性能参数 .....      | (383) |
| 7-5-2 专业功率放大器 .....        | (385) |
| 7-5-3 功率放大器产品介绍 .....      | (388) |
| 7-5-4 功率放大器应用 .....        | (396) |
| 7-6 调音台 .....              | (402) |
| 7-6-1 调音台结构 .....          | (402) |
| 7-6-2 调音台特点 .....          | (406) |
| 7-6-3 调音台产品 .....          | (409) |
| 7-6-4 调音台选用 .....          | (413) |
| 7-7 音频频率均衡器 .....          | (422) |
| 7-7-1 音频频率均衡器功能 .....      | (422) |
| 7-7-2 音频频率均衡器分类 .....      | (423) |
| 7-7-3 音频频率均衡器结构及性能参数 ..... | (424) |
| 7-7-4 音频频率均衡器产品 .....      | (426) |
| 7-7-5 音频频率均衡器使用 .....      | (430) |
| 7-8 通道压缩器 .....            | (433) |
| 7-8-1 通道压缩器的功能 .....       | (433) |
| 7-8-2 通道压缩器的性能指标 .....     | (434) |
| 7-8-3 通道压缩器产品 .....        | (436) |
| 7-8-4 通道压缩器的使用 .....       | (438) |
| 7-9 多重效果处理器 .....          | (440) |
| 7-9-1 多重效果处理器功能 .....      | (440) |
| 7-9-2 声音效果处理器结构 .....      | (441) |
| 7-9-3 声音效果处理器产品 .....      | (442) |
| 7-9-4 效果器的使用 .....         | (445) |
| 7-10 声音激励器 .....           | (448) |
| 7-10-1 声音激励器功能 .....       | (448) |
| 7-10-2 声音激励器结构 .....       | (450) |
| 7-10-3 声音激励器使用 .....       | (451) |
| 7-11 电子分频器 .....           | (452) |
| 7-11-1 电子分频器产品 .....       | (453) |
| 7-11-2 电子分频器使用 .....       | (454) |
| 7-12 声反馈抑制器 .....          | (455) |
| 7-12-1 声反馈抑制器产品 .....      | (455) |
| 7-12-2 声反馈抑制器的使用 .....     | (457) |
| 7-13 声音综合处理器——工作站 .....    | (458) |
| 7-14 会议扩声系统 .....          | (462) |

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| 7-14-1 简易会议系统·····                         | (462) |
| 7-14-2 同声传译会议系统·····                       | (464) |
| <b>第八章 扩声工程</b> ·····                      | (466) |
| 8-1 扩声系统的种类及要求·····                        | (466) |
| 8-1-1 扩声系统种类 ·····                         | (466) |
| 8-1-2 厅堂扩声系统质量指标标准 ·····                   | (466) |
| 8-2 扩声工程设计·····                            | (469) |
| 8-2-1 建声与电声设计 ·····                        | (469) |
| 8-2-2 专业厅堂扩声设计 ·····                       | (472) |
| 8-2-3 歌舞厅声学设计 ·····                        | (473) |
| 8-2-4 多功能厅扩声工程 ·····                       | (479) |
| 8-2-5 体育场馆扩声 ·····                         | (485) |
| 8-2-6 露天演出扩声 ·····                         | (489) |
| 8-2-7 背景音乐广播系统 ·····                       | (489) |
| 8-2-8 同声传译会议系统 ·····                       | (492) |
| 8-3 声学特性测量·····                            | (494) |
| 8-3-1 传统声学特性测量 ·····                       | (494) |
| 8-3-2 现代歌舞厅声学特性测量 ·····                    | (498) |
| 8-3-3 国家标准 GB/T4959-1995《厅堂扩声特性测量方法》 ····· | (502) |
| 8-4 扩声工程实施·····                            | (513) |
| 8-4-1 电声器材选型 ·····                         | (513) |
| 8-4-2 电声系统中设备的配接必须符合标准 ·····               | (514) |
| 8-4-3 电源要求 ·····                           | (514) |
| 8-4-4 设备安装 ·····                           | (516) |
| 8-4-5 扩声系统的调试与测量 ·····                     | (517) |
| 8-4-6 再谈扩声中声反馈抑制 ·····                     | (519) |
| 8-4-7 厅堂扩声系统中舞台声像问题 ·····                  | (519) |
| 8-5 舞台返送及音控室·····                          | (520) |
| <b>第九章 舞台灯光系统</b> ·····                    | (522) |
| 9-1 舞台灯光系统概述·····                          | (522) |
| 9-1-1 调光系统 ·····                           | (522) |
| 9-1-2 效果灯光系统 ·····                         | (523) |
| 9-2 调光系统·····                              | (523) |
| 9-2-1 模拟(手动)调光台 ·····                      | (523) |
| 9-2-2 电脑调光台 ·····                          | (524) |
| 9-3 声控效果灯·····                             | (524) |
| 9-4 电脑效果灯·····                             | (526) |

---

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 9-4-1 可编程序电脑效果灯系统 ..... | (526) |
| 9-4-2 固定程序电脑灯 .....     | (526) |
| 9-4-3 电脑灯具 .....        | (526) |
| 参考资料.....               | (529) |

# 第一章 绪 论

## 1-1 扩声技术的发展

扩声技术既简单又可谓复杂。说其简单是因为只要一只传声器、一台功率放大器及扬声器就可以完成扩声。说其复杂,是因为不仅用来增强观众席的响度,更重要的是要获得高质量的音质,使音乐和歌声经扩声后优美动听,使人们陶醉在艺术天堂之中。可以说扩声技术是随着人们物质和精神生活以及对音乐艺术的需求不断提高和对声音心理学的深入研究在不断发展的。

做为扩声的重要电声器材,传声器和扬声器近几年来是向进一步提高音质的方向发展的。电容式传声器现可以做到 1"(25mm)大膜片,可选择指向性、低噪声、大动态范围以及宽频域。具有代表性的是 AKG(奥地利)产品 C414,其主要电声性能如下:

指向性:全方向性、8 字形、心形及锐心形

开路灵敏度:12.5mv/Pa

频率响应:20 - 20,000Hz + 1.5/ - 10dB

动态范围:126dB

信噪比:80dB

C414 电容传声器具有四种指向性变换,低频截止频率及灵敏度变换开关,可依据扩声现场酌情处理,使用起来极为便利。

动圈式传声器无论在灵敏度、频率响应等电声特性方面均低于电容传声器,但它具有较强的抗震能力,以及价格低廉,因而在扩声系统中应用较多。近几年来,动圈式传声器电声性能有所提高,就拿 AKG 产品来说,见下表:

| 类 型        | 频 响          | 灵 敏 度    | 阻 抗  |
|------------|--------------|----------|------|
| AKG - D90S | 70 - 18000Hz | 1.3mv/Pa | 300Ω |
| AKG - D40S | 70 - 20000Hz | 2.0mv/Pa | 240Ω |

近几年发展起来的无线传声器,具有领夹、手持等多种形式,演员或演讲人可以在舞台上随意走动,更便利演员的发挥,从而增强艺术效果。如 SENNHEISER SKM 系列的技术参数:

射频输出功率: < 50mw

传送频率:32 种

频率范围:470 - 960MHz

标称/峰值频偏:  $\pm 40\text{KHz}/\pm 58\text{KHz}$

降噪系统:HIDYNPLUS

频率响应:80 - 18000Hz

信噪比:110dB

失真: $<0.3\%$

数字化电声器材在当今已不是新颖的产品,但传声器长期以来一直未能突破这一关口。1998 年初由德国 Beryer dynamic(拜亚动力)推出了第一只型号为 MCD100 的数字传声器。以往的模拟式传声器往往在微弱信号的拾音时连同杂音一起增强,而数字传声器能够解决模拟制式带来的问题。MCD100 内装心形指向性膜片及 24bit 的 AD 模/数转换器,能够完美地把音源转为数字信号,能与录音室及扩音设备的 24bit 的数字化电声器材相匹配。MCD100 输出 24bit AES/EBU(音频工程学会/欧洲广播联盟)数字信号,可使整个操作控制更容易。该数字传声器噪信比很小,低于 115dB,而声压级达到 150dB,另一个特点是在大型演出时,其传声器拉线可长达 300 米,而不会使频率响应(20 - 20000Hz)变差,这是一般模拟传声器不能比拟的。

传声器起着将声波转换为电信号的作用。所处的位置说明它是决定扩声质量的第一个关口,因此功能及电声指标的提高,使实现高质量的扩声有了切实的保证。

人们通常认为在近半个世纪中,扬声器未发生任何根本改变,但仔细观察还是在变化。各自独立的激励单元被用于不同的频率范围,大多数生产厂家已经开发了不同的激励单元,并将它们装在单个或几个箱子中,采用功率分频或者电子分频形成一个全频带系统。之所以这么做,是因为高保真放声的频率范围基本要求为 40 - 12500Hz,要用单只扬声器重放整个频率范围的声音是很困难的。例如单只纸盆扬声器的频率一般在 80 - 100Hz 到 6 - 7KHz。因此高保真扬声器系统通常采用几只单元组合的方式,每只单元工作在不同频率范围,以给出均匀的频率特性和指向特性。见图(1-1)所示:

在分频区域,无论高频还是低频激励单元都能产生声能。由于激励单元彼此之间都存在一定的距离(有时距离大),对于低频和高频,单个路径会存在些差异,听音者会先听到来自距离近的激励单元的声音。由双激励单元发出的声音在最佳接收水平面上某一位置是同相的,而在附近位置则会异相,会使接收水平面下降甚至于下降到一个狭音频率的最低点。结果当使用各自独立的高频和低频激励单元时,在分频交叉区域的声音总会出现变化无常的现象。克服这一问题的一个方法是利用非常陡直的分频衰减曲线,这样一来两个激励单元工作的分频交叉区域变窄,但是大的衰减率会产生相位失真。

自然界产生的所有声音都有泛音,通过这些泛音可以分辨声音的类型和音质,如钢琴与管乐的区别。一个单音符的泛音能够扩展到听音范围以外;一个纯音位于低频扬声器范围内的基本音符会通过高音扬声器再现出许多泛音成分。如果高音扬声器是独立分离的,那么无论在时间上还是在空间上,在大多数听音位置上听到的该音符的纯音频率将与其泛音频率存在些时间差异,将造成声音不能精确地再现。图 1-2 显示了单声源与双声源的情况。

考虑到以上原因,在扬声器系统设计中有两种尝试模仿单一声源的趋势。第一种趋势

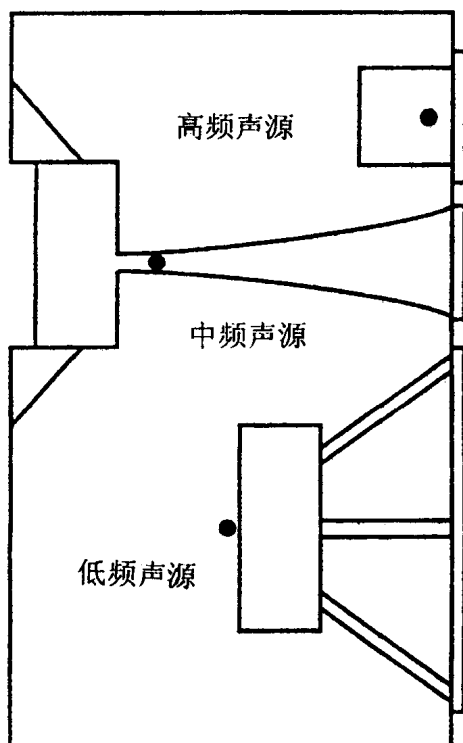
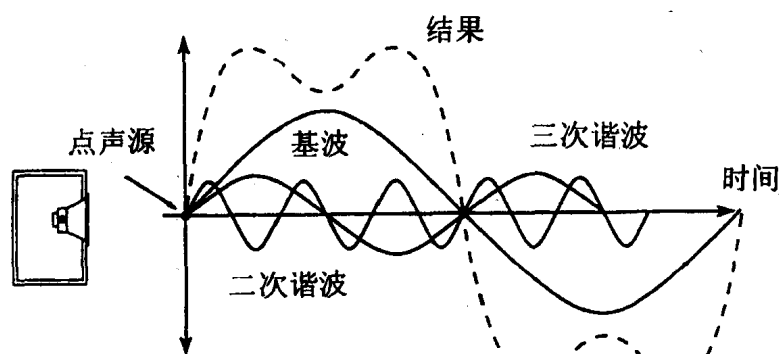


图 1-1 分离式扬声器系统

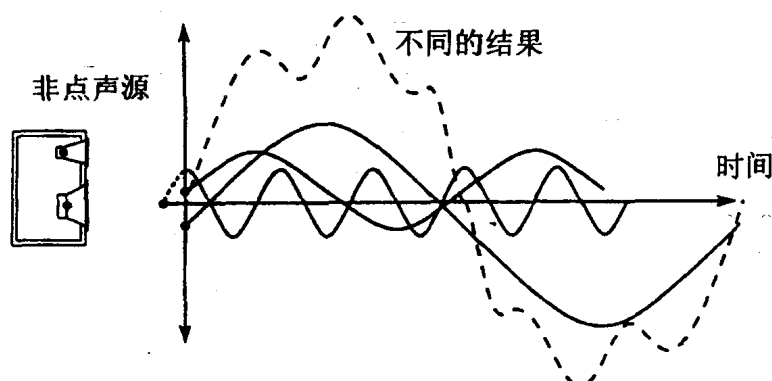
是将高音号角安装在低频和中频单元的前面,这种方法是将多个声源置于同一个轴线上,但却是在两个平面上,即一个激励单元仍在另一个激励单元的前面。为了将信号合为一点,在一个单元上不得不采用一些延迟形式使其与来自另一个激励单元的信号相一致。这种方法要达到好的效果,既需要高的代价,又使分频变得非常复杂。另外把高频激励单元和号角直接安装在低频激励单元前面会因低频波被遮挡及反射到激励单元的锥面而产生一系列的非线性问题,因此这种尝试并非是一个令人满意的工作。另一个趋势则是制造全频音箱系统,而非各自独立分离的低频、中频和高频音箱,这就是对偶同轴扬声器系统。它是将激励单元更紧凑地一起安装在一个更小的箱子里,提供一个解决时域、相位、指向性和分频复杂性等问题的唯一使用方法。对偶同轴扬声器系统实际上是一个纯粹的点声源,图(1-3)显示了对偶同轴扬声器系统剖面图。

通常对偶同轴扬声器系统设计为集成的全频激励单元。Tannoy(英国天朗)能够制造恒定同轴指向性类型号角。该类型具有独特的、更大的频率范围,除了极低的全方位辐射外,在轴线上和轴线外得到的都是均匀的频率响应。受控房间的能量分布可自然地极清晰地再现。图 1-4 分别画出典型的具有高频号角分离式扬声器系统和典型 Tannoy 的对偶同轴扬声器系统。

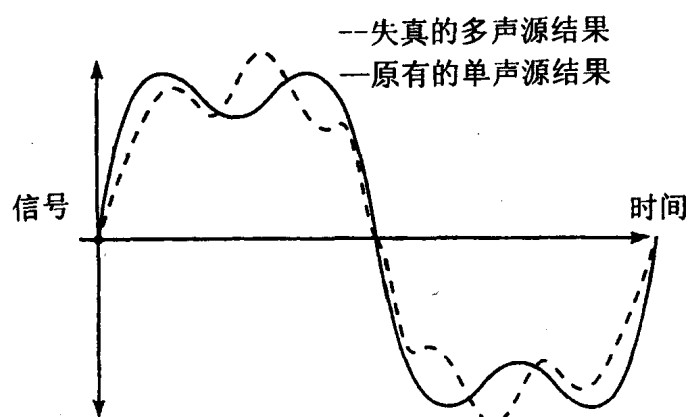
由以上分析可以看出,对偶扬声器具有很大的优势,它代表扬声器系统的一种发展趋势。正是对声音传播性质有了更加深入的了解,同时利用了不断发展的计算工具,并且采用了更加精密的材料与生产技术,使扬声器系统的性能得以不断提高,更趋于符合人的听觉特性。



利用单点声源保持了谐波关系



利用多声源的谐波关系



原有的声音与失真声音比较结果

图 1-2

扬声器在增加辐射声功率及多品种方面也得到了发展。例如主监听扬声器、三维环绕声扬声器及超大功率超低音扬声器。其额定输出功率单只可达 800W。此外扬声器方阵，声偶及声环类产品已商品化。如 JBL 的产品——4897 阵列式超低音音箱就是其中一例，它适合大型演出时组成音箱群(阵列)。

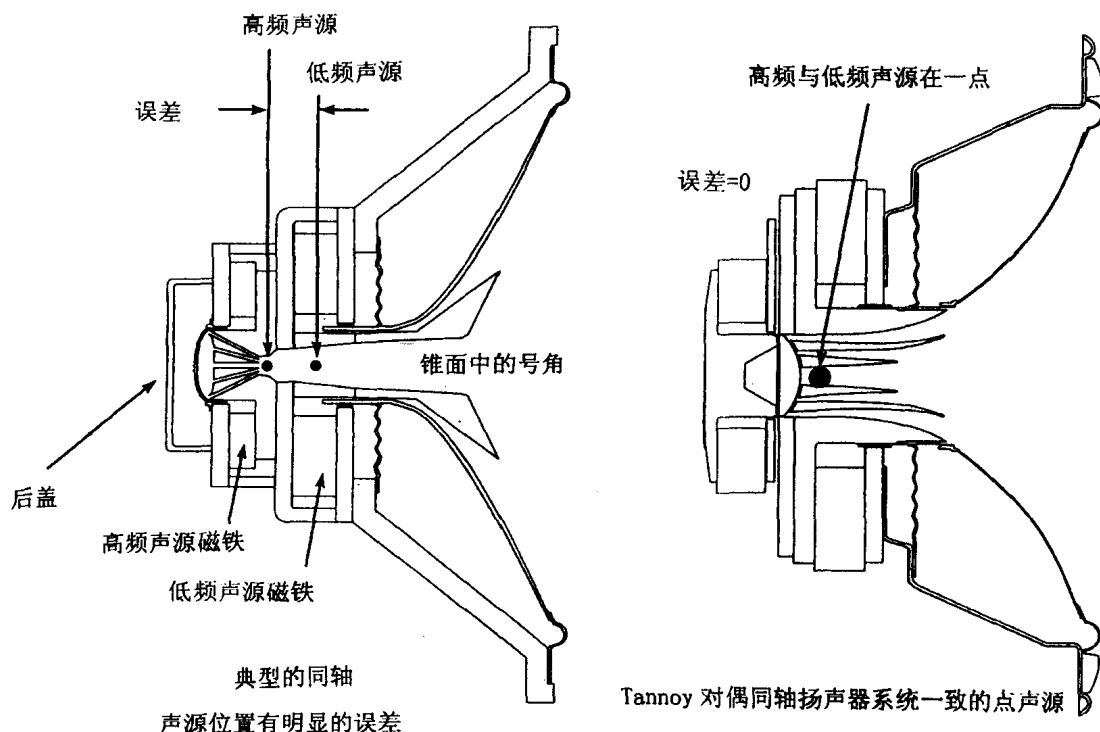


图 1-3 对偶同轴扬声器剖面图

周边器材与前时期相比,由于采用了数字化,在功能和电声指标上均有很大改善,使扩声质量得以明显提高,更趋于完善。如数字混响效果器,可实现双声道输入/输出的混响效果。通过简单地按动电钮便可选择数种不同的混响类型:如大厅、会议室、教堂房间、板混响、及门混响等;又可选择混响的基本空间大小,音色和衰减时间。每次调整均可改善录制或扩声的混响效果。调音台已推出数控模拟式和数字式调音台,频率均衡器已有了 31 段数字式设备。就功能而言,也不断地有新产品投入使用。声音激励器(Audio Exciter)就是其中一例,它可以使舞台演出或演播室演奏或演唱的人声、乐器声或已合成的素材的声音更干净,并且细节清晰。特别适合用来使合成器声轨上的声音更加丰满或使人声更加突出,让乐器或混合中的乐器突显出来。再如传声器处理器(Microphone Processor)它具有压缩、声反馈消除及细节强调功能,不论是在演播室录制人声或乐器,还是现场采样或具有演播室质量的现场扩声处理,均可满足所要求的处理。还有其它产品在这里不再一一述说。

再有值得一提的是音源设备。扩声多为对人声及乐器声进行处理,但多功能厅及卡拉 OK 歌厅,除人及乐器声之外,还经常使用载体(如唱片或磁带)播放节目以节省乐队的费用。前时期,载体重放设备为电唱机或模拟式磁带录放机,无论在动态范围、还是信噪比都不是很理想,与高保真的要求还有一段距离。激光唱机是将数字声频信号由激光束拾取(Laser beam)重放的一种唱机,称为光学数字声频唱盘(Optical digital audio disc, 又称 Compact Disc 简称 CD)。它的电声指标非常高,表 1-1 给出激光唱盘与密纹唱片电声指标的比较值,用激光唱机重放激光唱盘,配以高质量的放大器及扬声器系统来欣赏音乐,可以获得背景噪声低,音乐逼真,音域宽阔的声音,有亲临现场聆听之感。数字磁带录放机(Digital