



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代 音响工程

(修订版)

孙建京 主编

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代音响工程

(修订版)

孙建京 主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

现代音响工程 / 孙建京主编. 一修订本. —北京: 人民邮电出版社, 2008.4

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-115-17095-8

I. 现… II. 孙… III. 音频设备—电声技术 IV. TN912.271

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 169739 号

内 容 提 要

音响工程是紧密结合建筑声学, 对专业音响设备进行系统设计、安装和调试的电声工程。本书的第一版围绕音响工程的设计, 重点论述了音响工程系统的设计和调音技术的有关知识。随着音响技术的发展, 原来用人工根据公式对厅堂音响工程进行繁杂的计算工作逐渐被计算机辅助设计所代替, 因而本次修订版在第一版的基础上以国内广泛使用的 EASE 软件为主, 引入了音响工程智能仿真设计, 同时介绍了数字调音台、蓝光 DVD、平板电视机等数字音响最新技术, 并且从理论和实践相结合的角度出发, 围绕着音响工程的设计, 增加了音响工程系统的招投标、调音员职业资格考试等知识, 使内容更加符合音响工程相关人员的知识需求。

本书可作为高等职业教育相关专业和高校音响专业的教材, 也可作为音响技术人员和音响爱好者研究专业音响系统的技术参考书。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代音响工程 (修订版)

-
- ◆ 主 编 孙建京
责任编辑 申 苹
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京通州大中印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 29.75 插页: 2
字数: 722 千字 2008 年 4 月第 2 版
印数: 15 501—20 500 册 2008 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17095-8/TN

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

《现代音响工程（修订版）》编委会

主 编 孙建京

副主编 张福贵 刘 智

编 委 王天伟 王树茂 李军田 孙 军 曹 辉
毛 羽 杭和平 路而红 沈晋慧 陈恒荣
万平英 宋静华 吴 帆 何文才 蒋 华
李梦东 王曼珠 董占华 范同顺 夏立文
于宝瑞 于 翾 姜 楠 胡艳玲

前 言

《现代音响工程》一书自出版以来被国内多所高校作为音响专业教材选用,获得同行的好评,至今已重印了7次,并于2004年被评为“北京高等教育精品教材”,《现代音响工程(修订版)》入选“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

针对音响工程新技术的出现,本次修订增加了音响工程计算机智能设计等内容,以国内广泛使用的EASE软件为主进行介绍,此外对数字调音台、蓝光DVD、平板电视机等新技术也作了系统阐述,以满足读者的需要。作为应用技术教材,本书完整地介绍了各种专业音响器材的性能与使用方法,同时,系统地介绍音响工程的设计方法,增加了音响工程的招、投标,调音员职业资格考试等知识,使读者从中学到作为音响师应该掌握的基本理论与技能。书中介绍的音响设备与调音员职业资格考试使用的设备基本一致,为读者考取高水平的专业证书创造了条件。

本书主编孙建京教授毕业于清华大学,长期从事音响技术的科研与实践,作为录音师协会高级工程师,曾参加主持国家自然科学基金项目“高清晰电视应用基础研究”,主持北京市科委项目“厅堂音响系统智能设计”,由他主讲的“音响工程技术”课程被评为“北京市高等学校精品课程”。

本书各章内容安排如下:第一章论述了与音响工程有关的声学基础知识;第二章到第六章是本书的重点,详细介绍了专业音响视听设备的功能、使用方法、媒体矩阵等新技术;第七章和第八章主要讲解音响工程设计安装与调试,是本书的难点;第九章为各类厅堂音质设计要求和音响系统工程实例,供读者参考;第十章介绍专业音响技术人员应掌握的调音技术。其中,孙建京教授编写了第二章、第五章、第六章、第七章的1~2节、第八章和第九章;张福贵老师编写了第一章、第三章、第七章的3~5节和第十章;第四章在姜楠老师编写的基础上进行了修改。各章节采用了案例导入形式,增加了设备实物照片,形成修订版的鲜明特点。本书主要章节后附思考题,其中标有*号的题目为扩展内容,书中未做重点介绍,感兴趣的读者可参考相关资料。本书还提供了配套的教学大纲、教学课件等资料,读者可登录 www.buu.edu.cn,点击“精品课程”栏目下的“音响工程技术”浏览下载。本书在编写过程中得到了路而红教授和姜楠老师等多方协助,路而红教授对全书进行了审阅修改,毛羽老师和宋静华老师负责本书课件编制和资料整理,在此一并表示感谢。

编 者

目 录

概述	1
一、音响工程的基石	1
二、音响系统的应用	2
三、音响系统的组成	3
四、音响工程的发展	3
第一章 声学基础	5
第一节 声波	5
一、声波的产生与传播	5
二、频率、声速和波长	6
三、频程	8
四、声波的特性	10
第二节 声波的度量	17
一、声压、声功率、声强	17
二、声压级、声强级和声功率级	19
三、声级的叠加与分解	21
第三节 听觉的主观感受	23
一、响度	23
二、音调	26
三、音色	27
第四节 人耳的听觉特性	29
一、掩蔽效应	29
二、双耳效应(方位感)	31
三、哈斯效应	32
第五节 室内声学基础	33
一、研究声场的方法	34
二、室内听到的声音	34
三、室内声场的建立和衰减过程	35
四、室内声压级	36
五、混响时间	38
六、房间共振	43

第二章 专业信号源设备	49
第一节 专业传声器	49
一、传声器的种类和技术指标	49
二、常用传声器的原理	53
三、无线传声器	62
四、传声器的选用	64
五、传声器的使用要点	65
六、传声器的特殊装置	66
七、常用专业传声器简介	67
第二节 专业激光视盘机	68
一、DVD 机的原理	69
二、蓝光 DVD 和 HD-DVD 技术	74
三、DVD 分区制	75
四、DVD 机的选用	76
五、激光视盘机的清洁维护	78
六、激光视盘机轻故障的排除	79
第三节 专业激光唱机	80
一、专业激光唱机的特点	81
二、专业激光唱机的组成和工作原理	82
三、常见的专业激光唱机	83
四、激光唱片	85
五、专业激光唱机的选用、维护与故障排除	86
第四节 专业电唱盘	88
一、专业电唱盘的类型和技术指标	89
二、专业电唱盘的组成	90
三、密纹唱片	91
四、电唱盘的使用和维护	91
第五节 录音座	92
一、模拟录音座	93
二、数字录音座	96
三、录音座的选用	102
四、录音座的日常维护	103
第三章 调音台	104
第一节 调音台的功能、分类及技术指标	104
一、调音台的功能	104
二、调音台的分类	105
三、调音台的技术指标	110

第二节 模拟调音台	112
一、调音台的基本结构	112
二、Soundcraft GB8 调音台的面板组成	114
三、应用范例	126
第三节 DJ 调音台	128
一、DJ 调音台的功能	128
二、DJ 调音台的种类	129
三、Pioneer DJM-600 调音台的面板组成	130
四、应用范例	135
五、基本故障排除方法	137
第四节 数字调音台	137
一、数字调音台原理	138
二、数字调音台面板说明	143
三、基本故障排除方法	175
第四章 专业信号处理设备	178
第一节 均衡器	178
一、图示均衡器的分类	179
二、图示均衡器的技术指标	180
三、图示均衡器的工作原理及电路分析	180
四、图示均衡器的使用	182
第二节 效果器	185
一、延时器	186
二、混响器	189
三、延时器和混响器的技术指标	192
第三节 压限器	193
一、压限器的作用	193
二、压限器的工作原理和电路	194
三、压限器的使用	197
四、压限器的技术指标	200
第四节 激励器	201
一、激励器的作用	201
二、激励器的工作原理及电路分析	202
三、激励器的使用	202
四、激励器的技术指标	204
第五节 分频器	205
一、分频器的种类	205
二、功率分频器	206
三、电子分频器	206

第六节 反馈抑制器	211
一、反馈产生的原因和影响	211
二、反馈抑制器的工作原理	212
三、反馈抑制器的使用	212
第五章 专业放大器和音箱	215
第一节 专业放大器	215
一、专业放大器的特点	215
二、专业放大器的技术指标	216
三、专业放大器的类型	218
四、专业放大器的基本组成	221
五、专业放大器的选用	224
六、专业放大器常见伪故障的排除	227
第二节 专业音箱	227
一、专业音箱的类型	228
二、专业音箱的技术指标	229
三、常用专业音箱的技术特点	230
四、专业音箱的分频网络	233
五、专业音箱的选用	234
六、专业音箱的使用	235
第三节 音柱	236
一、音柱的特点	237
二、音柱的指向性	237
三、音柱的结构及扬声器的连接	239
第四节 耳机	240
一、专业耳机的特性	240
二、耳机的种类	241
第六章 专业显示器	243
第一节 专业显示设备的相关知识	243
一、常用视频知识	243
二、电视制式	245
三、MPEG—2 图像压缩原理	245
四、数字电视	246
五、高清晰度电视	248
第二节 大屏幕电视机	249
一、显像管电视机	249
二、平板电视机	250
三、大屏幕电视机的选用	253

四、大屏幕电视机的维护	254
第三节 大屏幕投影电视机	256
一、投影电视机的分类	256
二、投影电视机的主要技术指标	259
三、CRT 投影电视机	262
四、LCD 投影电视机	264
五、投影电视机的选用	265
六、高清晰投影电视机	267
七、投影屏幕	269
八、投影电视机的安装与调整	272
九、大屏幕拼接系统	274
第七章 音响系统工程设计	277
第一节 音响系统的设计与选型	277
一、扩声系统设计的条件	278
二、声场总功率的估算	279
三、厅堂声场清晰度的验算	284
四、音响系统的选型	285
五、设备选型	287
六、管线设计	288
七、音响控制室设计	289
第二节 音箱声场的布局	290
一、音箱声场布局要点	290
二、音箱的声场	291
三、音箱布局	293
四、系统设计综述	296
第三节 音响工程的计算机仿真	298
一、建声和音响系统智能设计	298
二、CAD 软件	300
第四节 音响工程智能设计应用	304
一、EASE 的安装	304
二、EASE 应用基础	309
三、EASE 的应用	312
第五节 音响工程招标、投标	364
一、音响工程招标、投标的基本特性	364
二、招标程序	364
三、招标文件的编制	366
四、标底文件的编制	366
五、开标、评标、决标、授予合同	367

第八章 专业音响系统的安装与调试	369
第一节 专业音响系统的连接	369
一、阻抗与传输电平	369
二、连接件	371
三、设备连接要求	374
四、接地网络	375
五、供电系统	377
六、音响控制室施工	378
第二节 音响设备的安装与调试	379
一、传声器安装与调试	379
二、音箱系统的安装	382
第三节 音响系统调试	385
一、系统通电	385
二、音响系统的调试	386
三、声反馈抑制	388
第四节 扩声系统的运行和维护	392
一、系统的运行	392
二、故障检修要求	393
三、常用检修方法	393
第九章 厅堂音质设计方案	397
第一节 设计概述	397
第二节 歌舞厅音响系统设计	399
一、歌舞厅分类	399
二、歌舞厅建筑声学的设计要点	400
三、歌厅、卡拉 OK 厅扩声系统行业标准	400
四、歌舞厅的扩声系统实例	402
第三节 电影院音响设计	405
一、电影院的类别和规模	405
二、电影院的声学设计	406
三、电影院观众厅混响及噪声控制	407
四、电影院音响设计实例	408
第四节 报告厅音响设计	410
一、报告厅的声学设计	410
二、报告厅的扩声设计	412
第五节 背景音乐系统设计	415
一、背景音乐系统	415
二、背景音乐放声系统设计	416

第六节 剧院音响设计	418
一、剧院的音质设计	418
二、剧院扩声设计	419
三、剧院设计实例	420
第十章 调音技术	421
第一节 系统的设定	421
一、设备的配接	421
二、开机与关机	425
三、系统的电平设定	425
第二节 拾音与调音	426
一、语言声的拾音与调音	426
二、演唱的拾音与调音	429
三、乐器的拾音与调音	431
四、器乐拾音技术	435
第三节 音质的主观评价	435
一、人耳的听觉特性	435
二、音质主观评价的术语	441
第四节 音响调音员职业资格证书	443
一、音响调音员职业资格证书的等级标准	444
二、音响调音员职业资格证书的考取	444
附录	449
附录 1 世界主要专业音响厂商一览表	449
附录 2 常用材料吸声系数	451
附录 3 音响工程常用词汇中英文对照	453

概述

音响工程是现代科学技术与艺术的结晶。

音响学涉及的领域很广，它几乎触及到人类生活实践的各个方面。而音响工程则是音响学的一个分支，是一门边缘的学科。音响工程是紧密结合建筑声学，对专业音响系统进行设计、安装和调试的电声工程，是建筑声学、电声学和音乐艺术相结合的交叉学科，如图 0-1 圆环交叉部分所示。它不仅与建筑声学密切相关，同时还与生理、心理、音乐、语言、电子、机械、自动控制、计算机学科等有着密切的关系。因此，音响工程方面的成就是各学科综合发展的结果。

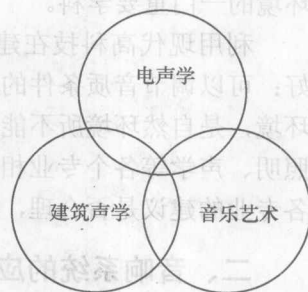


图 0-1 音响工程与其他科学的关系

一、音响工程的基石

音响工程是以建筑声学和电声学为基石建立起来的。

建筑声学是一门古老的科学。从建筑声学的实践活动来说，它可以追溯到公元前古希腊、古罗马的露天剧场。从当时的舞台设计来看，人们已经意识到自由空间内声的传播特性及其对观众听闻的影响。16 世纪我国建造的天坛回音壁等建筑，巧妙地把声反射的原理运用于纪念性建筑中；18 世纪意大利的歌剧院、维也纳的音乐厅，被音乐界誉为演奏圣地，至今还有很多方面值得借鉴。但当时厅堂设计处于主观推测阶段，还不能从理论上解释室内产生的各种现象，直至 20 世纪初，美国物理学家赛宾（W. C. Sabine）对室内混响时间进行研究，并取得了划时代的成果。此后，几何声学、统计声学和波动声学三方面的理论和实验研究，使建筑声学成为一门系统的科学。

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学科。电声技术是以电子技术、应用声学 and 电声换能原理为技术支撑，吸收并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。

1877 年爱迪生发明了最早的声音记录和重放设备——留声机，它奏响了音响技术蓬勃发展的前奏曲。1904 年 Fleming 发明的电子管，以及 1915 年电子管放大器的问世使电信号的放大处理得以实现。由于电信号便于控制、处理与传输，因此对声音信号的处理便与电结下了不解之缘。可以说自 20 世纪 20~30 年代起，音响技术主要是电声技术。1924 年起，唱片的制作开始采用“电气灌注”技术。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。1965 年在荷兰飞利浦公司领导下，各国开始生产盒式磁带录音机。20 世纪 60~70 年数字技术开始进入电声领域，20 世纪 80~90 年代 CD 逐渐成为音乐节目的主要载体。可见，在将近 100 年的发展过程中，音响技术的核心是电声技术。

通过上述内容可以看出,建筑声学是音响工程的基础,电声学是音响工程的核心。可以认为:音响工程技术包含了电声学、建筑声学、心理声学及音乐学的部分内容,它强调的是最终产生的音响的听觉感受,研究的是声音的产生直至声音产生的听觉感受的全过程。随着科学技术的发展,生活水准的提高,人们对创造良好声环境的要求更加迫切,从而对剧院、会堂、影院和体育馆提出更多的使用要求和更高的听闻条件;对办公楼等建筑则要求有更为舒适、安静的环境。所有这些,使音响工程面临着新的挑战,同时也使它成为控制室内外声环境的一门重要学科。

利用现代高科技在建筑物内创造出的复杂人工环境,有时在很多方面比自然环境还要好:可以调节音质条件的厅堂或录音、播音室,以及多声道杜比系统的立体声影院等的声学环境,是自然环境所不能比拟的。显然,音响工程师必须将音响工程与结构、电气、设备、照明、声学等各个专业相结合。对此,就要求音响工程师要了解环境控制的内容,以便衡量各专业的建议是否合理,有效地把各种适用的意见结合到音响工程设计中去。

二、音响系统的应用

音响系统工程是专业扩声系统在厅堂、场馆中的应用。就室内扩声而言,是通过电声设计去控制和改善厅堂音质;就室外扩声而言,则是通过电声设计去控制室外声场音质。

现代专业音响系统主要面向以下四个方面。

1. 厅堂扩声

以现代歌舞厅为代表,包括报告厅、多功能厅的文艺演出扩声和影剧院音响等,这类场所多为综合性的多用途群众娱乐场所。在营业时间内,这些场所的噪声比一般室内表演场所大得多。因此,要求音响设备有足够的功率,较高档次的厅堂还要求有很好的重放效果,在设计音响系统时,注意供电线路应与灯光系统分开。因为有乐队演出,要配置适当的返听设备,以便让演员能听到自己的声音效果,找准感觉。此外,有些厅堂还要配置相应的视频系统。

2. 节目录音

室内录音场所包括各种录音棚的调音室,电台、电视台的演播监控室,电影电视后期编辑制作的监听室等。这类场所应配用高档专业扬声器系统及房间均衡器,放大器的功率要能满足监听室内的声音要求。利用房间均衡器时,应尽量使监听室的听音特性平直或达到国家规定的标准。要使监听室的听音环境与节目实际重放的环境接近,这样才能对节目进行恰当的加工。例如,要为影片配乐,监听特性应与影院相近,这样,在监听室内录制好的音乐才能在影院中较好地重放。因而,监听室的房间声学调整是一个重要问题。

此外,还有各种各样的室外录音场所。

3. 公共扩音

公共扩音即公共扩音系统,以广场、商场为代表的公共扩音系统,包括车站、机场、公园等,主要用于语言扩声和背景音乐,因此清晰度是首要问题,在可能的条件下也应注意重放质量。

4. 场馆扩音

场馆扩音指以大型现场演出为代表的高质量扩音系统,包括体育场馆、广场举行的文艺演出和流行音乐会等。这类系统的电声功率少则几万瓦,多的达数百千瓦,在音响器材的使

用上有一定特殊性,要使用大功率的音箱系统及放大器,在系统的配接、器材的选用方面也有一定的要求,同时还必须注意电力线路的负荷,不能超负荷运行。

三、音响系统的组成

以厅堂扩声为例,完整的音响系统应包括信号源设备、信号传输设备、信号处理设备和音箱声场。扩声音响系统设计的最终目的是要保证声源和音响系统末端——音箱同处于一个声场区域内,使观众能感受到声源的真实存在,达到高保真重放的扩声要求。图 0-2 所示为一个厅堂扩声音响系统的基本组成框图。

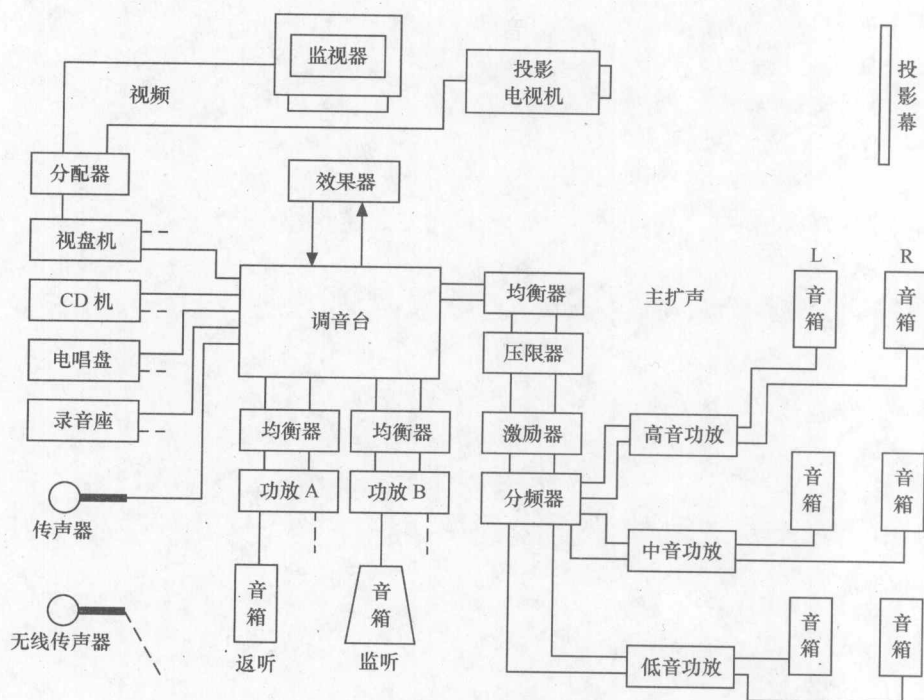


图 0-2 厅堂扩声音响系统的组成框图

从图 0-2 中可以看出,扩声音响系统是音响设备单元的有机组合。如果把复杂的扩声音响系统比作一座大厦的话,那么,每件专业音响设备单元就是构成这座大厦的砖石。只有打好砖石的基础,大厦才能牢固。同样,只有掌握好每件专业音响设备的性能,才能掌握音响工程设计的要领。因此,对有志从事音响工程的人员来说,掌握好每种专业音响设备的原理和技术性能,是未来工作的重点,也是学习本书知识的重点。

四、音响工程的发展

随着计算机技术的发展,原来根据公式对音响工程进行繁杂的人工计算已逐渐为智能设计和仿真所代替。通过计算机仿真,可对不同频率下的动态特性进行模拟分析,为建筑工程决策提供科学依据,解决音响工程前期验证问题,也显著提高了音响工程师的设计水平。音响工程计算机辅助设计在发达国家的音响工程设计中已被采用。智能设计与仿真将对整个建

筑声学和音响工程领域产生重大影响，并具有重大经济价值。

现代音响视听系统出现了音响网络、媒体矩阵等数字音响新技术；同时，音响系统越来越多地引入大屏幕显示系统。音响工程的发展，呈现出四个结合的趋势，即：科学与艺术相结合，音响与视听相结合，模拟与数字相结合，硬件与软件相结合。

图 0-5 展示了音响系统的组成框图。该系统由多个部分组成，包括：音源（如 CD 机、磁带机、收音机等）、前置放大器、功率放大器、扬声器（如低音炮、中音、高音等）、以及环绕声道（如 5.1 声道）。图中还显示了信号流的方向，从音源输入，经过放大器，最后驱动扬声器。此外，图中还标注了“声道”、“功率”、“频率”等参数。

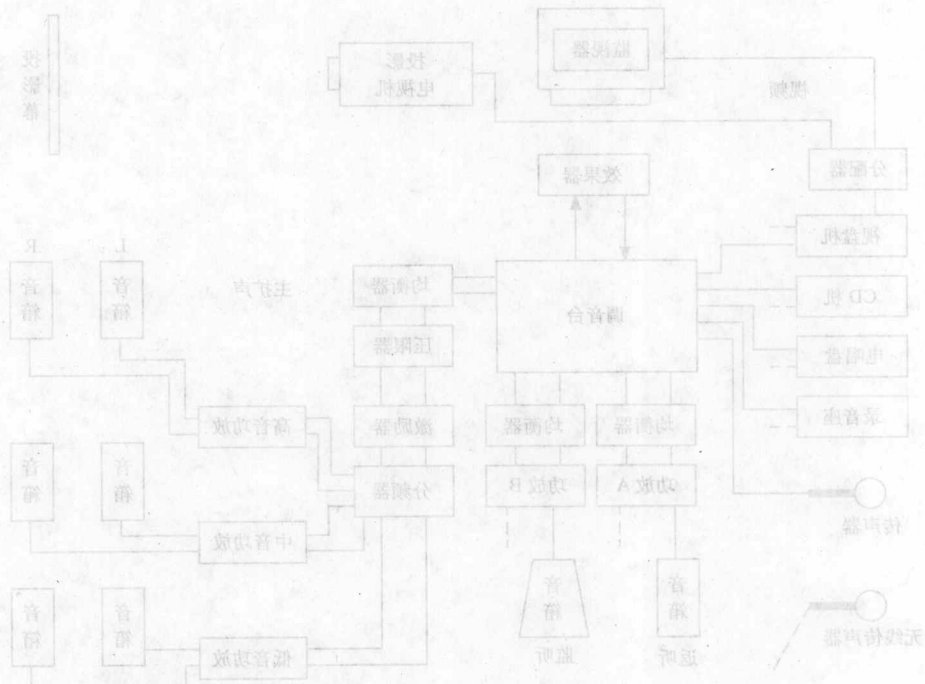


图 0-5 展示了音响系统的组成框图

音响系统的组成框图。该系统由多个部分组成，包括：音源（如 CD 机、磁带机、收音机等）、前置放大器、功率放大器、扬声器（如低音炮、中音、高音等）、以及环绕声道（如 5.1 声道）。图中还显示了信号流的方向，从音源输入，经过放大器，最后驱动扬声器。此外，图中还标注了“声道”、“功率”、“频率”等参数。

四、音响工程的实施

音响工程的实施，是指从音响系统的方案设计、设备选型、安装调试到最终验收的全过程。在实施过程中，需要遵循以下原则：一是科学性原则，即要依据声学原理和工程规范进行设计；二是艺术性原则，即要追求声音的优美和系统的整体效果；三是实用性原则，即要考虑到系统的稳定性和易用性；四是经济性原则，即在满足性能要求的前提下，尽量降低成本。

第一章 声学基础

第一节 声波

一、声波的产生与传播

人们在生活中，经常会听到各种各样的声音，如锣鼓声、谈话声、乐曲声、机器声等。尽管这些声音的具体形式多种多样，但它们具有一个共同的特点，就是都产生于物体的振动。

1. 声波的产生

敲打锣鼓发出声音时，用手轻轻触及发声的锣鼓面，会感到它们在迅速振动，如果用手掌按住锣鼓面不让它振动，声音就立即消失了。又如讲话声来自喉管内声带的振动；扬声器发声来源于纸盆或音膜的振动；机器声来源于机械部件的振动等。可见，声音的产生首先是有发声体的振动，如果发声体不振动，是不会产生声音的。通常把正在发出声音的振动物体称为声源。所有振动物体都能发出声音，只是由于人耳有一定的听音阈，决定了人有一定的听音范围。

由图 1-1 可见，当外加信号使扬声器纸盆来回振动（声源振动）时，随之也使它邻近的空气振动起来。当纸盆（发声体）向某个方向振动时，便压缩其临近空气，使这部分空气变密；当纸盆向相反方向振动时，这部分空气就变疏。这样，空气一疏一密地随着纸盆的振动而振动，同时，又使较远的空气做同样的振动。空气这种一疏一密的振动传播的波叫做声波。声波以一定的速度向四面八方传播开来，就形成了波动。当声波传到入耳中时，引起人耳鼓膜发生相应的振动。这种振动通过听觉系统传到听觉神经，经大脑细胞分析、处理后便使人产生了听觉。

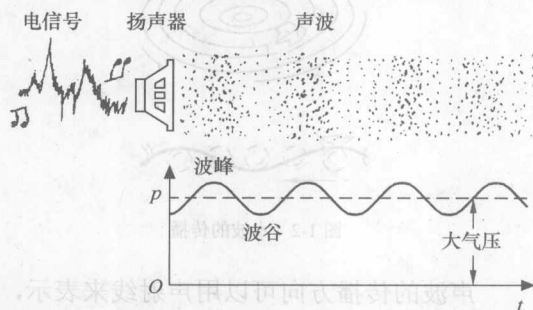


图 1-1 声波的产生

由此可见，要听到声音，有三个基本条件：第一，存在声源；第二，要有传播过程中的弹性媒质，即传声介质，如空气；第三，要通过人耳听觉产生声音的感觉。“假如四周无人，一棵树在森林里倒下会有声音吗？”这是一个古老的问题，但这个问题至今还有其现实意义，因为它把声音的两个方面形象地摆在了人们面前：一方面，声音为空气或其他弹性传声介质中的波动（听音的前两个条件）；另一方面，声音是听觉器官的感觉（听音的第三个条件）。其中，第一个方面是从物理学角度出发的解释，第二个方面是从心理学角度出发的解释。根据人们选取的解释角度的不同，这个古老的问题便可以迎刃而解了。树倒下时肯定存在