

高职高专院校电子信息类专业教材

GAOZHIGAOZHUANYUANXIAODIANZIXINXILEIZHUANYEJIAOCAI

音响设备

原理与维修

胡红博 李天华 编著

YINXIANGSHEBEI

YUANLIYUWEIXIU

中国  广播电视出版社

CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

高职高专院校电子信息类专业教材

音响设备原理与维修

胡红博 李天华 编 著

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

音响设备原理与维修/胡红博,李天华编著. —北京:
中国广播电视出版社,2008.8
ISBN 978-7-5043-5667-3

I. 音… II. ①胡…②李… III. ①音频设备—理论②音频设备—维修 IV. TN912.20

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 114631 号

音响设备原理与维修

胡红博 李天华 编著

责任编辑 王天盈

封面设计 润鸣工作室

责任校对 徐元清

出版发行 中国广播电视出版社

电 话 010-86093580 010-86093583

社 址 北京市西城区真武庙二条9号

邮 编 100045

网 址 www.crtip.com.cn

电子信箱 crtp8@sina.com

经 销 全国各地新华书店

印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本 787毫米×1092毫米 1/16

字 数 340(千)字

印 张 16.25

版 次 2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

印 数 1000册

书 号 ISBN 978-7-5043-5667-3

定 价 24.80元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

内 容 简 介

本书是根据现代音响技术迅猛发展的新趋势,按最新教学计划,教学考试大纲编写的职业院校电子信息类的理论和技能训练教材。全书共分八章,主要讲述音响的基本概念,结构组成,工作原理和故障检修。书中含有实训指导书,可以根据理论与实践相结合的要求,配合各章节的学习,安排相应的实验内容,各章附有思考与习题,便于学生掌握主要内容和复习巩固各章节的相关知识。

本书注重理论联系实际,将音响设备的新知识、新技术、新工艺与典型产品的实际应用相结合,突出职业技术教育的特点,强调应用与实践,全书内容以定性分析为主,深入浅出,通俗易懂。

由于现行教材很少而且内容大多陈旧过时,因此本书在编写的过程中,增加了很多最新的知识,如:网络音响技术,MP3 播放机等。各章节之间既相对独立,又相互联系,既可作为职业院校电子信息类的相关专业教材,也可供音响设备的维修人员和社会工种等级考核的培训使用。

本书的研究出版获得了遵义师范学院基础教育研究资金的资助。在编写的过程中得到了遵义师范学院,西北工业大学等单位领导的大力支持,特别是西北工业大学王敏庆博导对本书的编写给予的精心指导,使该教材得以顺利完成。在此一并致以诚挚的谢意!

编 者

序 言

本教材是为了适应新世纪人才要求,根据当前职业院校电子信息类专业特点和需要,全面实施素质教育,加强学生能力培养,建立以动手能力培养为主线的教学模式和教材体系而编写的电子类专业教材之一。

随着我国职业技术教育的深化以及国内外音响技术的迅猛发展,这对有关音响方面的教材提出了更高的要求。该书主要有以下特点:

1. 教材内容充分反映了新知识、新技术和新方法,摒弃了一些陈旧的内容,增加了一些最新的知识,具有超前性、先进性。

2. 作者在编写方法上打破了以往教材过于注重“理论”的倾向,摒弃了一些烦琐的数学推导,采用阶跃式,有选择的编写模式,强调实践,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理。

3. 教材内容的设置有利于扩大学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展。

4. 注重现实社会发展和就业需求,以培养动手能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能。本教材专门安排设计了八个技能实训。因此,可对学生进行专业的实践技能培训。

本书由遵义师范学院胡红博老师担任主编(编写第1.2.3.4.5.6.7章),由遵义师范学院李天华老师担任副主编(编写第8章实训指导、MP3/MP4和附录),全书由胡红博总体策划和统稿。

胡红博老师从事音响技术方面的教学和科研工作长达20多年,并且长期从事歌舞厅的设计、安装和调音工作,具有非常丰富的理论和实际经验。如设计、安装遵义有名的华海歌舞厅、金城大酒店等。平时还作为政府的专家顾问参与相关工程项目的咨询、评估。

李天华老师长期从事电视、音响的实验教学和维修工作,具有非常丰富的家电维修经验。

在此书写作过程中,我曾与作者讨论了一些内容及内容安排,我认为该书深入地介绍了音响的基本概念,结构组成,工作原理和故障检修方面的知识,内容丰富,有很强的实用价值。适合职业院校相关专业的学生和广大音像工作人员使用和参考。

王敏庆

2008年6月于西安

目 录

第一章 音响技术基础知识	1
第一节 音响技术的发展与现状	1
第二节 高保真音响系统的基本组成	2
第三节 音响设备的基本性能指标	3
第四节 声学基础	7
第五节 听觉与立体声	18
第六节 高保真与立体声技术	20
思考与习题一	25
第二章 立体声技术与专业音响设备	26
第一节 双声道立体声	26
第二节 模拟环绕立体声	26
第三节 杜比环绕声系统	28
第四节 杜比 Ac - 3 数码环绕声系统	31
第五节 数字声场处理系统 - DSP	33
第六节 THX 家庭影院系统	36
第七节 图示均衡器	36
第八节 混响效果器	38
第九节 延时效果器	43
第十节 网络音响技术	45
第十一节 媒体矩阵 (Media Matrix)	50
思考与习题二	55
第三章 功率放大器	56
第一节 功率放大器的基础知识	56
第二节 音频功率放大器的电性能指标	57
第三节 常用功率放大器的类别	60
第四节 声音控制电路	68
第五节 功率放大集成电路	74
第六节 功率放大器的选配	75
第七节 功率放大器整机电路分析	77

第八节 功率放大器的检修	79
思考与习题三	89
第四章 扬声系统	90
第一节 扬声器	90
第二节 扬声系统中的分频器	95
第三节 音箱	98
第四节 扬声器系统的维修	104
思考与习题四	105
第五章 DVD 影碟机原理与维修	106
第一节 DVD 基础知识	106
第二节 DVD 碟片的结构和制造工艺	110
第三节 DVD 机的组成原理	112
第四节 DVD 机的激光头	115
第五节 DVD 机音视频数据解调电路	116
第六节 SD-K310p DVD 机典型电路分析	118
第七节 DVD 维修(以松下 DVD-A300mu 为例)	125
附录 1 MP3 播放机原理及使用	133
附录 2 MP4 简介	145
思考与习题五	149
第六章 调音技术	150
第一节 调音台的功能、分类及技术指标	150
第二节 模拟调音台	153
第三节 数码调音台	159
第四节 一种实况转播用的数码调音台	162
第五节 调音台的使用	170
思考与习题六	176
第七章 家庭影院的配置	177
第一节 家庭影院的基本配置	177
第二节 视听室布置	182
第三节 家庭影院的配置实例	186
第四节 音响系统的调试	189
思考与习题七	195
第八章 实验指导与技能训练	196
第一节 音响的常用检查方法	196

实训一	家庭影院的连接	203
实训二	功率放大器的装配	205
实训三	功率放大器的维修	207
实训四	音调及音量控制电路的维修	209
实训五	调音台的操作使用	211
实训六	电子分频电路	214
实训七	VCD(DVD)机芯的拆卸和装配	215
实训八	VCD/DVD 电源电路检测与故障检修	218
附录 1	DVD 机电源电路故障检修	219
附录 2		222
参考文献		248

第一章 音响技术基础知识

第一节 音响技术的发展与现状

音响(sound)一词,早期是泛指音乐欣赏的高质量的电声设备及其重放的声音。如通过组合音响重现CD片或磁带中的音乐、歌曲及其他声音,就属于音响范畴。能够重现声音的放声系统,称为音响系统,其基本的作用是将声音信号进行重放;除此之外,还要将歌手演唱的声音与伴奏音乐进行混合、放大,即扩音。与音响系统相关的技术,即音响技术,它是集声学、生理学、电子学、建筑学、音乐、计算机等多门学科相互渗透的一门综合性边缘学科。音响技术在近年来得到了迅猛的发展,如今它已经渗透到广播电视、文化娱乐等各个领域。高保真的家庭影院正在进入千家万户,如今的音响设备已成为人们生活、工作、学习的重要组成部分。

一、音响技术发展简史

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。

1806年著名物理学家,现代声学理论奠基人之一——瑞利发表了“声学理论”一书,对人们听闻的双耳效应作了较完整的叙述。

1898年,丹麦电话工程师波尔森发明了人类历史上第一台永久性的钢丝式录音机,人类从此揭开了磁记录时代的序幕。

1907年Fleming发明了电子管,1915年电子管放大器问世使电信号的放大处理得以实现,人类开始步入了电声时代。

1920年英国哥伦比亚唱片公司制出可录制立体声信息的三通道唱片。

1936年,美国贝尔试验室研究出了立体声唱片,同年美、英两国都提出了 $45^\circ/45^\circ$ 制式,从而奠定立体声唱片的基础。

1962年,荷兰的飞利浦公司发明了盒式磁带录音机,使录音、放音操作变得非常方便,录音机从此迅速普及。

1967年,日本NHK研究发明了数字(PCM)录音机,开创了数字音响技术的新



纪元。

1993 年,万燕公司最先推出了 VCD 小影碟机,使音响设备增添了图像功能。

二、音响技术的现状

(一) 立体声化

双声道立体声音响设备早已十分普及。目前,杜比 AC-3 环绕立体声技术已广泛用于电影,高清晰度电视的伴音,在家庭影院中已得到应用。

(二) 高保真化

高保真(Hi-Fi)地进行声音的记录和重放,一直是人们不断追求的目标,随着电声技术、计算机的迅猛发展,目前的高保真程度已经达到了相当高的程度。

(三) 自动化

音响设备的操作控制正朝着自动化、遥控化方向迅速发展,如调谐器实现自动选台和储存;录音机实现连续放音、自动选曲;放音设备、功放等可以实现全功能遥控。

(四) 数字化

数字音响技术已相当成熟,CD、VCD、DVD、Mp3 和带 Mp3 接口功能的功放机也开始普及。

第二节 高保真音响系统的基本组成

高保真专业音响系统主要用于舞台、歌舞厅等娱乐场所扩音和专业录音棚录音。因此其系统组成比较复杂;而家庭 AV 音响设备是基于专业音响系统的简化。

最基本的器材有音源、调音台、功率放大器和音箱。除此之外再配以用于校正系统参数、美化声音音质的周边设备,就构成了专业音响系统。而只将音源、功率放大器和音箱进行连接所构成的则是简单的家用音响系统。

音源是指声音信号的来源,主要包括话筒(Mic)、收音头、卡座、CD 机以及影碟机和录像机的伴音输出等等。

调音台是一种可以同时送入的多个不同音源信号进行单独加工处理,并将其按一定方式输出的声音混合设备,它是调音师、录音师和作曲家进行音乐、声音创作的重要设备。(简单音响系统中不使用调音台)

功率放大器分前置放大器和功率放大器,前置放大器是对各种音源的信号进行前置放大,并对响度音调等进行控制和调整的设备;功率放大器是用来对各种音频信号进行放大的设备,由于组合音响是立体声的,所以功率放大电路也必须有左、右两个声



道。它是决定整个音响设备放音质量的关键设备之一。根据组合音响档次的不同,功率放大器的配置也有所不同。在一体式结构中,多为前置放大器和功率放大器合并在一起,成为复合式功率放大器。在档次较高的分体式结构中,多采用单独的功率放大器。

音箱的作用是将电信号还原成声音信号,是典型的电声转换设备。一般均配备质量相同的左、右两个音箱,且多为二分频式或三分频式,它是整个音响系统的关键。

周边设备是一种用于改善声场条件、美化音质、创造特殊音响效果和提高信号传输质量的声音处理设备。常用周边设备有混响器、激励器、压限器、延时器、环绕声处理器等等。周边设备一般用在专业音响系统中,家用音响大多不使用。

第三节 音响设备的基本性能指标

音响系统要如实地重现原始声音,其音响设备必须具有比语言和音乐更宽的频率响应范围,更大的音量动态范围;尽可能降低噪声,减小失真,使立体声各声道特性平衡,防止互相串音等。因此,其性能指标反映了音响设备质量的高低。主要性能指标有输出功率、信噪比、频率响应、动态范围、失真、阻尼系数等。

一、输出功率

输出功率有几种不同的计量方法,常见的有额定功率、最大不失真功率和音乐峰值功率,其计量方法如下。

额定功率:额定功率是指放大器能长期承受的正弦交变功率。一般用单通道功率值来表述。

最大不失真功率:指功率放大器在配接 8Ω 负载时,在 $20 \sim 20000\text{Hz}$ 范围内,输出信号总谐波失真小于 1% 条件下,所能输出的最大功率。对立体声功率放大器来说,常用左声道功率右声道功率来表示。

平均输出功率:功率放大器工作时,负载功率的平均值称为平均输出功率。平均输出功率随输入信号的大小而变化,因此,平均输出功率与额定输出功率的概念是不一样的。

峰值音乐功率(PMPO):是指功率放大器在处理音乐信号时,能够在瞬时输出的最大功率。一般用各通道峰值音乐功率之和表示,峰值音乐功率反映放大器处理瞬态音乐信号的能力,它虽有一定实际意义,但只能作为考核放大器性能的辅助参考。

由于功率的计量方法不同,在实际标称时则出现很大差异。以皇冠 400 功率放大器为例,其各功率标注值如下。

额定功率(RMS):260W(单路)

最大不失真功率:260W + 260W

音乐峰值功率(PMPO):2000W

按国际通行的规定,应采用额定功率和最大不失真功率来说明放大器的输出功率,一般不应单独用音乐峰值功率来标注。

专业音响系统主要是用来播放电影的音响效果和音乐演唱,信号的振幅变化很大,存在着许多的峰值功率,这些峰值功率可能比一般节目的平均功率高几倍或几十倍。如果功率放大器最大不失真功率不够大,则在这些峰值出现时就会产生“削波”,聆听者会感到声音无力,为了克服削波,要求功率放大器应有一定的功率储备。功率储备量是指功率放大器的最大不失真功率大于其平均工作功率的倍数。从专业音响系统放映的要求来说,希望功率储备越大越好。但是功率储备量太大,所需功率放大器的体积、重量就大,造价也就变得昂贵。

二、放大器的动态技术指标

动态技术指标有些像体育运动时的各项测验指标,如短跑、跳高、跳远的成绩,它们可以反映人的身体机能和素质。动态技术指标是用非稳态的复杂信号来测试放大器而得出的指标,主要有瞬态响应、瞬态互调失真、相位互调失真等,用以说明放大器的瞬态性能。动态技术指标直接影响着放大器的瞬态音质。

(一)瞬态互调失真(TIM)

负反馈放大器输入瞬态峰值信号时,由于晶体管极间电容的滞后作用,使得放大器在瞬间没有输出信号而造成的失真,因放大器在高频范围内增益下降、相移、晶体管的存储效应等造成反馈信号滞后于输入信号,致使瞬时过载削波,形成非线性失真剧增。这种动态非线性失真被称为瞬态互调失真。瞬态互调失真是造成晶体管功率放大器音质不好的重要原因。在晶体管和集成电路功率放大器中,瞬态互调失真往往比较严重。瞬态互调失真对音质的影响是明显的,在听觉上给人以不愉快的“金属声”,高频显得刺耳而不清晰。特别是对连续的突发信号,如语言、打击乐等,使放声高音层次变差,声象定位模糊,声音不够圆润,如钢琴有“啞啞”声出现、小提琴声有音色不纯感。由于人耳恰恰对这种非线性失真十分敏感,因此,瞬态互调失真是对音质影响较大的技术指标。

造成瞬态互调失真的主要原因是,放大器整体负反馈环路的相位滞后补偿,对瞬变信号产生很大的内部过冲电流,使放大器饱和而削波,导致放大器瞬态响应不良,转换速率变小;晶体管频率特性不良,造成开环频率响应不良;前置甲类放大级静态工作点不当,导致放大器瞬态特性变差。采用双电压供电(如OCL电路)和加大功率储备都可以减少这种失真。

(二) 互调失真

实际音响信号几乎都是由多频率信号复合而成的。这种多频率信号通过非线性的放大器时,各个频率信号之间便会互相调制,产生出新的频率分量,形成互调失真。互调失真的耳感是声音尖刺,有附加音,失去层次,听的时间长了会使人产生疲劳和不舒服的感觉。放大器的互调失真越小越好,专业放大器的互调失真应小于 0.5%。

(三) 削波失真

放大器因输入信号过强造成输出信号削波而引起的失真。克服削波失真的方法是让放大器在有足够储备功率下收音。

三、频率响应

频率响应也称为频率失真或频率特性。它指放大器或扬声器对各频率信号的放大或重放声压的不均匀性,其值以分贝表示。通常是先给出一定的工作频带,再给出不均匀度。高保真放大器的频率响应至少应达到 $(20 \sim 20000) \text{ Hz} \pm 1\text{dB}$ 以上。对晶体管放大器而言,这个指标是轻而易举的。而扬声器的频率响应则因其结构而有较大的差别。一般来说,放大器的频响也不是越宽越好,否则易引入高频或低频干扰,反而使 S/N 降低或诱发互调失真。但频带宽对瞬态响应有利,其本身并无过失。展宽放大器频率响应的措施一般有:

- (1) 对放大器施加一定的负反馈。
- (2) 采用级间直接耦合方式或选用优质耦合电容。
- (3) 选用 $f_r \leq 60\text{MHz}$ 的功率管,增设射随器缓冲推动级。
- (4) 采用 DC 化的优秀电路。

(5) 改进输出变压器的绕制工艺,如采用分层分段绕法,选用优质线材、铁芯以及介电常数小的绝缘材料等,尽可能减小其漏感及分布电容。

四、信号噪声比

信号噪声比(S/N)指信号通过音频设备后增加的各种噪声(如低频哼声、感应交流声、滋滋声等)与指定信号电平的 dB 差值,或信号幅度与噪声幅度之比,其值常用分贝表示,有时也以重放设备输出的绝对噪声电压或电平值来表示,这时称为噪声电平。现代高保真后级功放的 S/N 一般能达到 90dB 以上,问题不会很突出。我们知道,多级放大器的 S/N 主要取决于第一级,故在系统中,我们要着重提高前级或前置放大器的 S/N。由于影响 S/N 的因素很多,提高 S/N 便显得很棘手,而人耳对噪声又很敏感,故提高 S/N 往往成为设计及制作的主攻目标。虽然因素很多,但也不是无章可循,除了器件本身的噪声以外,放大器噪声的来源概括起来主要有三个途径:电源干



扰、空间干扰和地线干扰。只要从以下几个方面入手, S/N 一般便可达到令人满意的水平。

(1) 适当降低信号源的输出内阻; 合理设定前级或前置放大器的增益, 避免使之过大, 能滑足系统增益要求并略有富余便可, 这在业余制作时往往被忽略。

(2) 使用高性能的稳压电源供电。

(3) 各放大级尽可能单独或并联供电(即各级电源端经一只隔离电阻直接与电源连接, 并加接退耦电容)。

(4) 严格区分模拟地线与数字地线, 各级地线分别走线, 一点接地。机壳的接地点应通过检验确定。

(5) 合理布线, 使输入信号引线尽可能短。超过 4cm 长的均应使用屏蔽线, 屏蔽层单端接地, 各电位器、开关外壳也应可靠接地, 小信号放大电路板应远离电源变压器。

(6) 给电源变压器加装屏蔽罩, 并配接电源滤波器。机内若有振荡器(如延时 IC 内含的时钟振荡器), 也应加以屏蔽。

五、瞬态响应

瞬态响应(SR)指音频设备对猝发信号或脉冲信号的跟随或响应能力。放大器的 SR 可用示波器来检测, 方法是给设备输入端加一方波信号, 用示波器观察其输出信号波形前沿上升至额定值所需的时间, 所得的值用 $V/\mu s$ 来表示。数值大的即响应好。瞬态响应是设备的动态指标, 被认为是左右设备音质的重要指标之一, 已引起人们的重视。改善瞬态响应的方法主要有:

(1) 选用优秀的电路和线性好 $f_T \geq 60\text{MHz}$ 的晶体管, 展宽放大器的高频响应。集成电路则应选用 SR 高、增益带宽大的品种。

(2) 适当选择或调整放大器的滞后或超前补偿电容。

(3) 适当施加环路负反馈, 降低功放的输出内阻。

六、指向性

指向性是衡量扬声器或传声器的一项重要指标。它指在重放或拾取某频率信号时, 扬声器各个方向振幅的 dB 相对值, 或声源在传声器各个方向时传声器输出幅度的 dB 相对值, 它通常以指向图来表示, 如图 1-1 所示。

扬声器和传声器的指向性是固有的。一般球顶扬声器的指向性较锥盆扬声器好。指向性与立体声场表现有关, 可通过选用球顶中高音扬声器或调整音箱的摆位来改善。传声器的指向性则是根据使用场合来选择的。



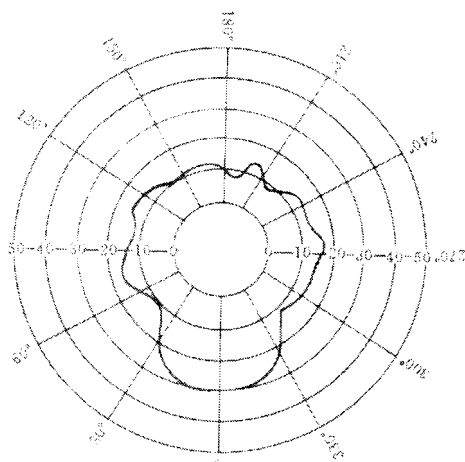


图 1-1 扬声器的指向图

七、阻尼系数

阻尼系数(DF)是功放额定输出阻抗(取扬声器的输入阻抗)与功放输出内阻的比值。它揭示了扬声器的电阻尼状态。其值应视扬声器的放声表现而定,低音偏干为阻尼过大,尾音过长是阻尼过小。改善的方法一般有:

(1)用直流电阻小的喇叭线可使阻尼变大;反之则变小。但这种方法的调整量有限。

(2)增大与低音扬声器串联的分频电感线圈的线径,可使阻尼变大,反之则变小。其调整量也是有限的。

(3)功放输出级用多管并联工作,可使阻尼增大;反之则减小。

(4)加环路负反馈可使阻尼增大;末级无负反馈则阻尼变小,但应视电路结构而定。否则可能影响其他性能。

(5)减小输出管的射级电阻,可使阻尼增大;反之则减小。

(6)增大输出管的静态电流,如使之工作于甲类状态,可使阻尼增大;反之则减小。

第四节 声学基础

人类和世界上一切生物都是生活在有声的环境中,自然界和人类生活中充满了各种各样的声音。对于“声音”这一概念,可以从两个方面理解,一是它的客观物理性,二是它的主观听觉性,无论是语音还是音乐都是具有这种双重特性。

一、声音的产生与传播

人们在生活中,经常听到各种各样的声音,像锣鼓声、谈话声、乐曲声、机器声等等。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。

(一) 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 1-2 可见,当外加电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,又使较远的空气作同样的振动。空气这种一疏一密地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,这就形成了波动。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。

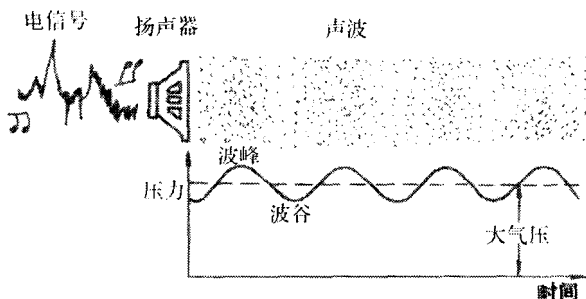


图 1-2 所示是产生声波的示意图

由此可见,要听到声音,必须有三个基本条件:第一是存在声源;第二是要有传播过程中的弹性媒质,即传声介质,例如: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角度出发的解释,第二个方面是从心理角度出发的解释。根据人们选取的解释角度的不同,这个古老的问题便