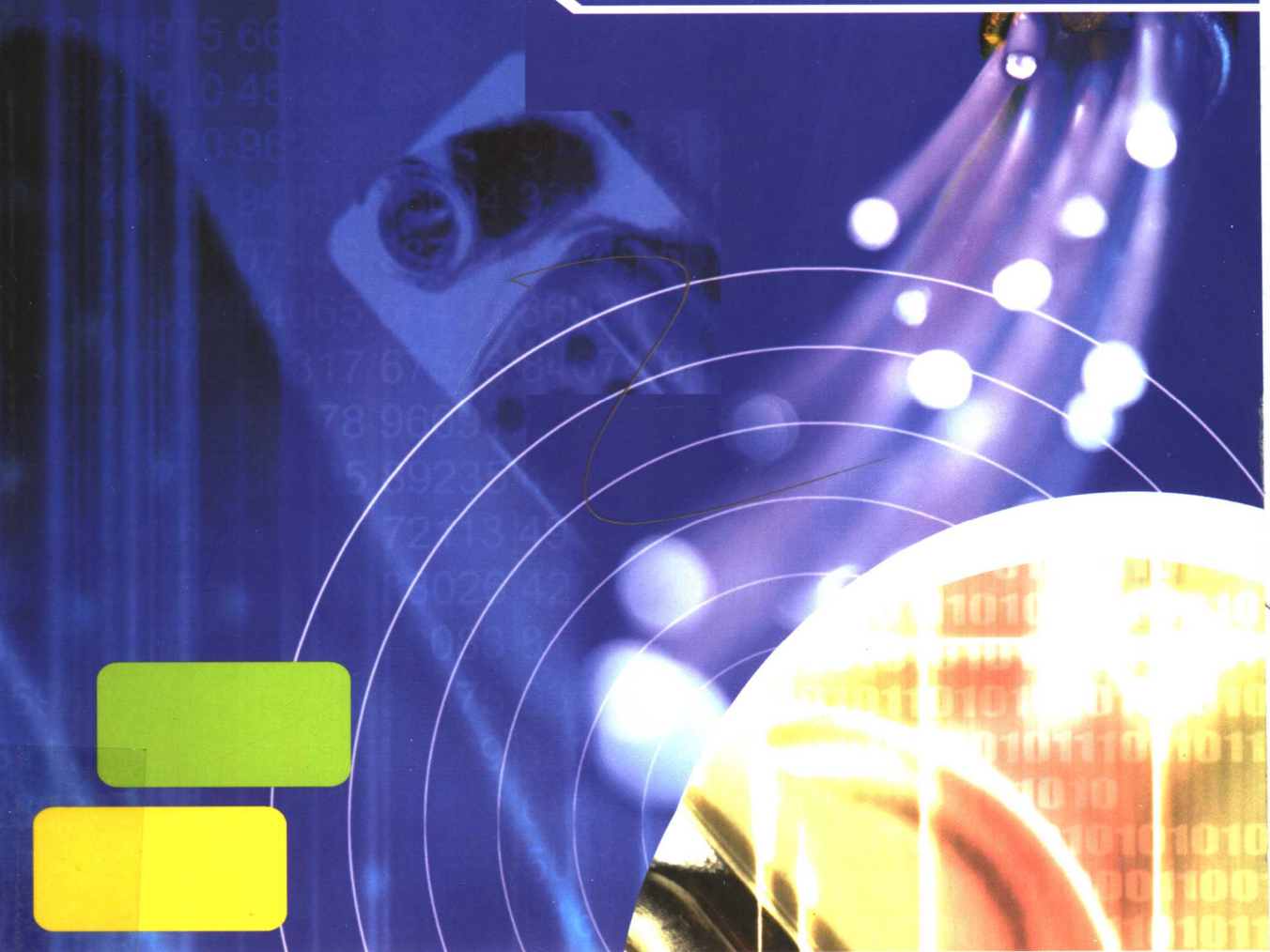


音频技术及应用

陈 华 编著



TN912.2/25

2007

音频技术及应用

Yinpinjishu ji Yingyong

陈 华 编著



 西安交通大学出版社

内 容 简 介

本书首先系统地阐述了音频技术的基本概念、基本原理及音频技术与音频系统和音频设备的关系。在此基础上将音频系统分为前端、中间和终端设备分别进行了工作原理、功能、技术特性及应用方面的详细介绍。对计算机技术给音频技术带来的影响,本书分别从系统设计工具、声场仿真工具、参数测量工具、控制系统、数据处理系统、网络音频技术、数字音频工作站、计算机与音频设备的接口标准等几个侧面作了详细介绍。最后分别提供了家用AV系统、公共广播系统、语言实验室系统、多功能厅AV系统等音频技术具体应用的系统的结构框图及原理介绍,并阐述了音频系统的连接及系统调试技术。

本书突出实用性,适合音频技术专业工作者、音频技术爱好者阅读参考,也可以作为大专院校有关专业的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

音频技术及应用/陈华编著. —成都:西南交通大学出版社,2007.11
ISBN 978-7-81104-783-7

I. 音… II. 陈… III. 音频设备—基本知识 IV. TN912.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 172784 号

音频技术及应用

陈 华 编 著

*

责任编辑 万 方

特邀编辑 李芳芳

封面设计 胡 佳

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码:610031 发行部电话:87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川西南建筑印务有限公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张:21.125

字数:477 千字

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-783-7

定价:39.00 元

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

前 言



音频技术是一门介于声学与电子学的边缘学科，它既是影视传媒、音像制作、网络多媒体、教育技术等专业和部门的基础应用技术，也是广大业余电子电声爱好者、多媒体技术人员十分关心的领域。

音频技术的应用则同时具有技术性和艺术性两个属性，而且还涉及人的听觉生理与心理特性。由于人们交换信息的主要渠道仍然是听觉和视觉，因而音频技术具有很宽的应用范围，已经渗透到人类社会的各个领域，与人们的生活、学习、娱乐、工作等息息相关。

随着电子技术和材料技术以及其他相关综合技术（如计算机技术、集成电路技术）的发展，音频技术的内容还会不断丰富，各种新颖的音频设备及应用形式也会不断涌现。在音频领域，继激光唱机、数字音频磁带录音机问世后，又出现了可与现行盒式录音磁带兼容的数字式盒式录音磁带系统以及小型可录激光唱片系统。今天，DVD-AUDIO 的多功能、高指标性能又给人们创造出无比卓越的听觉境界。数字音频工作站以强大的功能和便捷的操作，逐渐成为音频节目制作、控制、管理和播出的主型设备。

在音视频领域，采用图像压缩技术的数字视盘机 DVD，以其良好的音质、画面以及高的性价比受到人们的普遍欢迎。新一代 DVD、高清电视、流媒体电视等正在款款地向我们走来。所有这些，为人们提供了梦寐以求的高保真音视节目源，同时也使音频和视频结合而产生的 AV 系统达到了一个新水平。新技术、新设备的广泛应用，使得这些系统焕发出前所未有的光彩。然而，应该强调的是，音质的好坏不仅与设备有关，还与声场环境及人的听觉特性有关，而且在一定程度上讲，声场环境作用比其他更为重要。

本书编写的出发点，就是要在向读者系统地介绍音频技术的基本概念、基本原理的同时，兼顾新的发展、新的信息。为了满足不同层次读者的需要，也为了便于阅读，本书首先详细地阐述了音频技术的基本概念和基本原理，在此基础上对音频技术的应用体现即音频系统进行了描述。为便于理



解,大量采用了包括信号走向流程的结构框图。音频系统最终通过具体设备体现,本书按照信号流程将音频设备分为三段即前端、中间与终端,对常用的具体设备进行了通俗易懂的介绍,作为一本偏一线应用的读物,本书并没有花大篇幅去描述详细的内部电路,而是主要阐述框图性原理、信号走向以及具体应用注意事项。考虑到相当一部分读者可能对于数字音频以及计算机对音频技术的影响不是很了解,本书花了相当大的篇幅进行介绍。

附录中收集并整理了一些实用资料,希望对有相关需要的读者能有所帮助。

本书的编写参考和引用了一些国内外学者的研究成果和著述,由于引用较多,未能一一注明,特向这些作者表示诚挚的谢意。

音频技术涉及的领域广泛,相当多一部分的知识内容发展更新的速度很快,由于编者的水平有限,难免出现差错,欢迎广大读者批评指正。

陈 华

2007年6月于贵州师范大学

目 录



第一章 声学基础

第一节 声音	1
一、声音与声波	1
二、声波的传播	2
三、频率、声速和波长	3
四、频程	4
五、声波的传播特性	5
思考题	8
第二节 声波的度量	8
一、声压与声压级	8
二、声功率与声功率级	9
三、声强与声强级	10
四、声级的叠加	10
思考题	12
第三节 人耳的听觉特性	12
一、人耳听觉的主观感受——声音的三要素	13
二、人耳的听觉范围	16
三、人耳的几种听觉效应	17
思考题	19
第四节 室内声学基础	20
一、室内声音信号的组成	20
二、室内声场的建立和衰减过程	21



三、室内声压级的计算	22
四、混响时间	23
五、房间共振	26
思考题	26

第二章 音频技术概述

第一节 音频技术与音频系统	27
一、音频技术	28
二、音频系统	29
思考题	29
第二节 声电转换与音频信号	29
一、声电转换	29
二、音频信号	30
思考题	30
第三节 音频信号处理	31
一、幅度域处理	31
二、频率域处理	32
三、时间域处理	33
四、空间域处理——立体声技术	34
五、信号混合处理	38
六、信号分配处理	38
思考题	39
第四节 音频信号传播	40
一、有线传播	40
二、无线传播	41
三、记录媒体传播	43
思考题	45
第五节 电声转换与声音还原	45
一、功率放大	45
二、声音还原系统的结构	46
思考题	46
第六节 音频系统的主要技术参数	46
一、技术参数	47
二、音频技术、系统与设备	49
三、高保真音响	50
思考题	51

第七节 音频技术的数字化趋势	52
一、模拟音频技术的局限	52
二、数字音频技术及其优势	53
思考题	58

第三章 前端设备

第一节 传声器	59
一、传声器的分类	60
二、常见传声器的工作原理	60
三、传声器的技术指标	66
四、传声器的使用	69
五、常见专业传声器厂商及产品简介	72
思考题	74
第二节 模拟录音座	75
一、模拟录音座的分类	75
二、模拟录音座的工作原理	76
三、主要性能指标	77
四、模拟录音座的使用	79
思考题	80
第三节 数字录音座	80
一、数字录音座的分类	81
二、R-DAT	81
三、S-DAT	84
四、DCC	85
思考题	86
第四节 激光唱机	87
一、激光唱机的结构和工作原理	87
二、激光唱机的性能特点	90
三、激光唱片	91
四、激光唱机的使用与维护	93
思考题	94
第五节 MD唱机	94
一、MD唱机的工作原理	95
二、MD系统中的实用技术	96
三、MD唱片	97
思考题	97



第六节 MP3 与录音笔	97
一、MP3	98
二、录音笔	100
三、MP3 播放器与录音笔的比较	104
思考题	105
第七节 数字视盘机 DVD	105
一、DVD 的基本知识	105
二、DVD 播放机的结构	109
三、DVD 播放机的基本工作原理	111
四、DVD 的发展	116
思考题	117

第四章 中间设备

第一节 调音台	118
一、调音台的功能	118
二、调音台的分类	120
三、调音台的工作原理	121
四、主要技术指标	126
五、调音台的选择及应用技巧	127
六、数字调音台简介	129
思考题	130
第二节 频率均衡器	130
一、均衡器的作用及分类	131
二、主要技术指标	133
三、均衡器的使用	134
思考题	137
第三节 延时器与混响器	137
一、延时器	137
二、混响器	139
三、效果器的连接方法	140
思考题	141
第四节 激励器	142
一、激励器的作用及工作原理	142
二、激励器的应用	143
思考题	146
第五节 压限器	146

一、压限器的作用	147
二、压限器的工作原理	147
三、压限器的应用	148
思考题	152
第六节 反馈抑制器	153
一、反馈抑制器的作用	153
二、反馈抑制器的工作原理	154
三、反馈抑制器的应用	154
思考题	159

第五章 终端设备

第一节 功率放大器	160
一、功率放大器的分类及其特点	160
二、功率放大器的工作原理	164
三、功率放大器的主要技术指标	165
四、功率放大器主要品牌介绍	170
五、数字音频功率放大器开始起步	175
思考题	178
第二节 扬声器系统（音箱）	178
一、扬声器	178
二、分频器	187
三、音箱	192
四、功率放大器与扬声器系统（音箱）的配接	200
思考题	201
第三节 耳机	202
一、耳机的分类	202
二、耳机的工作原理	205
三、耳机的主要技术指标	206
思考题	207

第六章 计算机与音频技术

第一节 系统设计工具	208
一、EDA 概述	208
二、常用的 EDA 软件介绍	209
思考题	212



第二节 声场仿真工具	212
一、声场仿真的必要性	212
二、常用的声学工程仿真软件介绍	213
思考题	215
第三节 参数测量工具	215
一、虚拟仪器	215
二、虚拟仪器的特点	216
三、音频虚拟测试仪器制造商及其产品介绍	216
思考题	221
第四节 控制系统	222
一、单片机简介	222
二、单片机的分类	224
三、单片机技术的发展	225
思考题	226
第五节 数据处理系统	226
一、DSP 系统的特点	226
二、DSP 的主要应用领域	228
三、DSP 技术在音频技术中的应用	228
思考题	229
第六节 网络音频技术	229
一、网络音频技术概述	230
二、Internet 安全性	231
三、未来趋势	231
思考题	232
第七节 数字音频工作站	232
一、数字音频工作站的构成	232
二、数字音频工作站的特点	234
三、数字音频工作站的应用软件	236
思考题	239
第八节 计算机与音频设备的接口标准	239
一、接口分类	240
二、数字接口类型	241
思考题	244

第七章 音频技术应用

第一节 家用 AV 系统	245
--------------------	-----

一、家用 AV 系统的一般功能	245
二、家用 AV 系统的一般结构	247
三、家用 AV 系统配置的注意事项	249
四、计算机多媒体 AV 系统	251
思考题	254
第二节 公共广播系统	254
一、公共广播系统的分类	254
二、公共广播系统的一般功能	255
三、公共广播系统的组成	256
四、公共广播系统设计的一般原则	258
思考题	260
第三节 语言实验室系统	261
一、语言实验室的分类	261
二、多媒体语言实验室	262
思考题	266
第四节 多功能厅 AV 系统	266
一、多功能厅 AV 系统的功能要求	266
二、多功能厅 AV 系统的结构	267
思考题	269
第五节 音频系统的连接与安装	269
一、电声系统连接的原则	270
二、连接器	275
三、连接线缆	278
四、音频系统的连接与安装	280
五、系统的接地	284
思考题	286
第六节 系统调试技术	287
一、系统通电	287
二、音响系统的调试	289
三、音响系统的运行和维护	291
思考题	296
第七节 音质的主观评价	296
一、主观音质评价的常用术语	296
二、频段划分及其对音质的影响	298
三、主观音质评价的实施	299
思考题	304

附 录

附录 1 世界主要专业音响厂商一览表	305
附录 2 电压电平的单位 dBm, dBu, dBv	308
附录 3 常用音频技术术语英汉对照	310
参考文献	326

第一章



声学基础

人类自诞生开始就不可避免地要接触外界，而人们接触外界从信息的角度来看不外乎就是接收信息、存储信息、处理信息和发送信息等几种行为。其中人类接收及发送信息主要靠的是五官和肢体，显然在五官及肢体当中，耳朵和眼睛起着决定性的作用，即绝大部分信息是通过听声音和看图像得到的。

人们研究和应用听觉及视觉信息手段的历史几乎与人类的历史一样长，从牛角号和烽火台的应用到顺风耳和千里眼的幻想以及后来幻想的逐步实现、不断发展，都说明了听觉及视觉信息手段的特殊地位。研究听觉和视觉信息应用已经发展成为专门的学科领域，其中就有音频（Audio）技术和视频（Video）技术，这两项技术常常是形影不离的，即所谓 A，V 不分家，已经广泛进入人们的学习、工作、娱乐等领域及社会各领域。

音频技术的研究范畴主要涉及用现代技术手段对声音信息进行采集、处理、存储、传输、接收等操作，要做好对声音信息的上述操作，首先应该对声音的特性有所研究。

第一节 声 音

一、声音与声波

1. 声 音

声音是由物体的机械振动产生的。体检时，医生拿一个音叉在我们身后敲一下，音叉开始振动，我们便听见了声音。随着音叉振动的衰竭，声音也随之逐渐减小；用木棒敲击锣，锣就会因发生振动而让人们听见声音，而此时如果用手压住锣，则因振动停止而声音消失。生活中这样的例子数不胜数，上述例子中像音叉及锣这样因振动而发声的物体称为声源。

声源可以是固体，如各种机器；也可以是液体与气体，如流水声是液体振动的结



果,风声是气体振动的结果。声源发出的声音可以通过介质来向外传播,而且也只有通过有效介质才能传播,没有有效介质声音就无法实现传播。介质可以是液体、固体或气体,最常见的声音传播介质是空气。

2. 声波

在有效介质中,声源的振动会带动周围的介质质点产生相应的疏密变化,并以一定的速度像波浪一样向外传播出去,形成声波。以疏密相间的方式一前一后地振动,振动的方向与波的传播方向一致,此时介质密度发生变化,但形状不变,故又称压缩波或疏密波,也称纵波。声波就是纵波的一种,当声波通过时,介质就会发生疏密相间、交替向前传播的现象。可以看出,只有弹性物体(如气体、水、钢铁、木头、混凝土等)才能成为声波的传播介质,因为只有弹性物体才可能发生疏密变化。如果在真空状态,声波就不能传播了。

当声波通过介质传播到达人耳时,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,经过大脑细胞分析、处理后便使人产生了听觉。由此可见,要听到声音,必须满足三个条件:首先是具有声源,如鸡鸣狗叫等;其次是具有能传播声波的弹性介质,如空气等;第三是要通过人耳产生听觉效果。其中前两项是客观存在的,而人耳产生听觉效果则比较复杂,具有主观成分。因为听觉效果除了会受到人的听觉系统发育正常与否的影响外,有时还受到人的自身经历、智力、习惯及心理状态等因素的影响。此外,并不是所有的振动都能让人耳产生声音的感觉。

二、声波的传播

1. 振动与波动

振动必须通过弹性介质才能把声音传播出去,正如电厂的发电机发出的电能要通过电网才能输送到千家万户一样。值得注意的是,当声音在介质中向四面八方传播时,介质本身并不随声音一起传播出去,它只是在平衡位置附近来回振动。就好像将一块石块掷入湖中时,在水面上产生一圈圈向外扩散的圆形水波。如果水面上有一片树叶,则可以看到树叶在原来位置上下振动,它不会随水波的扩散而向外漂去。这种运动形式就叫波动。

振动和波动是相互密切联系的。振动是波动产生的振源,而波动是振动的传播过程。声音在本质上是机械振动的传播过程。因此,声音也叫做声波。为了清楚起见,通常把声波的物理过程称为声波,而把与听觉有关的过程称为声音。声波存在的空间称为声场。

2. 声波传播中的能量特性

从能量守恒的角度看,介质的波动是需要能量的,所以声波的传播过程实际上也是能量的传递过程。同时由于介质在这个过程中还要部分吸收能量,声波在传播过程中是逐渐衰减的,即声波在介质中的传播距离是有限的,这就是人们无法听见太远距离发出的声音的缘故。

在某一个时刻,同相位的振动传播到达的点的集合称为波前,也称波阵面。波阵面

是平面的波称为平面波，波阵面是球面的波称为球面波。点声源在空气中产生的声波是以球面波形式传播的。

声波的传播方向可以用声射线来表示，声射线简称声线。球面波的声线是以波源为中心的半径，所以球面波是无方向性的。大多数声源是有方向性的，即声波向某一方向辐射得最强。例如，通过喇叭发声就具有明显的方向性，朝着喇叭口的轴线方向，声音听起来就强一些，而其他方向就弱一些。因此，利用喇叭的方向性可以将声音传得很远。

三、频率、声速和波长

1. 频率

物体在一个位置附近作往返运动称为振动。如一个球在碗底来回滚动，电线中交流电的电流往返流动，声波在两个平面之间来回传递等都是振动。如果每经过一定时间，物体的振动或者物理量的振动开始重复原来的振动，则该振动称为周期振动。

振动物体每秒钟振动的次数称为频率，用符号 f 表示，频率的单位是赫兹（Hz），简称赫。振动体每秒振动一次时表示为

$$1\text{Hz}=1\text{次/s}$$

振动物体每振动一次，即完成一次往复运动所需要的时间称为周期，用符号 T 表示，单位是秒，或 s/次。

频率和周期的关系为

$$f=\frac{1}{T} \quad (1-1)$$

前面已经提到，并不是所有的振动都能被人耳听到。其中就有频率的限制，实验表明，只有频率在 20~20 000 Hz 范围内的声音才能被人耳听到，该频率范围内的声音称为可闻声。在这个频率范围以外的声波不能引起人耳的听觉感应，频率超过 20 000 Hz 的称为超声波，频率低于 20 Hz 的称为次声波。另外，由于个体差异，具体个体的听觉频率上限和下限也可能会有所不同。听觉感应除了受到频率限制外，也受声压即声波能量的影响。

必须注意的是，没有听觉感应并不等于没有能量作用，听觉频率以外频率的大功率的波会对人体造成不适甚至伤害。

发声体每秒振动次数越多，即频率越高，听音者感觉声音的音调越高，一般称之为声音尖锐。反之，频率低的声音音调低，听起来声音低沉。人们为了能在音质评价方面交流方便，一般把频率为 20~40 Hz 的声音称为超低音，50~100 Hz 的声音称为低音，200~500 Hz 的声音称为中低音，1 000~5 000 Hz 的声音称为中高音，10 000~20 000 Hz 的声音称为高音。

2. 波长

振动经过一个周期，声波传播的距离称为波长，记作 λ ，单位为米（m）。在一定的传声介质中，波长是由声波的频率决定的，频率高，波长短；频率低，波长长。

3. 声 速

声波在介质中传播的速度称为声速, 记作 v , 单位为米/秒 (m/s)。频率、波长和声速是描述声波的三个基本物理量, 其相互关系为

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (1-2)$$

声速的大小主要与介质的性质和温度的高低有关。同一温度下, 不同介质中声速不同。在 20℃ 时, 空气中声速约为 340 m/s, 空气的温度每升高 1℃, 声速约增加 0.607 m/s。

声音在固体中传播的速度最快, 其次是液体, 最慢的是气体。例如, 在水中一般是 1 450 m/s, 在钢铁中约为 5 000 m/s, 所以将耳朵贴近铁轨, 能听到较远处行进着的火车声。由此可见, 声速决定于传声介质的性质, 而与声源频率及强度无关。一般计算中, 空气中取声速 $v=340$ m/s。

四、频 程

音频技术的研究和应用离不开声学测量, 人耳能听到的频率范围对声学测量来说已经是很宽的了, 人们不需要也不可能对 20~20 000 Hz 范围内每一个频率点都进行测量。为了方便起见, 同时也为了提高测量结果的可比性, 人们把 20~20 000 Hz 的声频范围分为几个段落, 每个段落 (频带) 称为一个频段。

频程的划分方法通常有两种。一种是恒定带宽, 即每个频段的上、下限频率之差为一常数; 另一种是恒定相对带宽的划分方法, 即保持频带的上、下限之比为一常数。实验证明, 当声音的能量不变而频率提高一倍时, 听起来音调也提高一倍 (音乐术语上称提高八度音程)。为此, 频程的划分采用恒定带宽比, 即保持频带的上限频率 f_2 、下限频率 f_1 之比为一个常数。

若使每一频带的上限频率比下限频率高一倍, 即 $f_2 = f_1$, 这样划分的每一个频段称为 1 倍频程, 简称倍频程。为了简明, 每个倍频程用其中心频率 f_c 来表示

$$f_c = \sqrt{f_1 f_2} \text{ (Hz)} \quad (1-3)$$

即中心频率用上、下限频率的几何平均表示。

如果测量精度要求高, 可以增加测试频率点, 如在一个倍频程的上、下限频率之间再插入两个频率点, 这样将一个倍频程划分为 3 个频段, 称这种频段为 1/3 倍频程。

上限频率和下限频率的一般关系为

$$f_2 = 2^n f_1 \quad (1-4)$$

其中 n 为倍频程的系数, 即倍频程数, 如对 1 倍频程, 则 $n=1$; 对 1/3 倍频程, 则 $n=1/3$ 。

由上式不难得出

$$n = \log_2 \frac{f_2}{f_1} = 3.32 \lg \frac{f_2}{f_1} \quad (1-5)$$

已知中心频率, 由式 (1-3) 和 (1-4) 可以计算出上、下限频率

