



河南警察学院科研拔尖人才支持计划



数字视听资料分析及 检验技术

DIGITAL AUDIO-VISUAL DATA ANALYSIS
AND TESTING TECHNOLOGY

刘琦/著



法律出版社
LAW PRESS • CHINA



河南警察学院科研拔尖人才支持计划



数字视听资料分析及 检验技术

DIGITAL AUDIO-VISUAL DATA ANALYSIS
AND TESTING TECHNOLOGY

刘琦/著



法律出版社
LAW PRESS · CHINA

图书在版编目(CIP)数据

数字视听资料分析及检验技术 / 刘琦著. —北京:
法律出版社, 2015. 10

ISBN 978 - 7 - 5118 - 8549 - 4

I. ①数… II. ①刘… III. ①视听资料—司法鉴定
IV. ①D918.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 242959 号

数字视听资料分析及检验技术
刘 琦 著

编辑统筹 法律应用出版分社
责任编辑 何海刚
装帧设计 李 瞻

© 法律出版社·中国

出版 法律出版社
总发行 中国法律图书有限公司
经销 新华书店
印刷 北京京华虎彩印刷有限公司
责任印制 翟国磊

开本 720 毫米 × 960 毫米 1/16
印张 21
字数 390 千
版本 2016 年 4 月第 1 版
印次 2016 年 4 月第 1 次印刷

法律出版社/北京市丰台区莲花池西里 7 号(100073)

电子邮件/info@lawpress.com.cn

网址/www.lawpress.com.cn

销售热线/010-63939792/9779

咨询电话/010-63939796

中国法律图书有限公司/北京市丰台区莲花池西里 7 号(100073)

全国各地中法图分、子公司电话:

第一法律书店/010-63939781/9782

重庆公司/023-65382816/2908

北京分公司/010-62534456

西安分公司/029-85388843

上海公司/021-62071010/1636

深圳公司/0755-83072995

书号: ISBN 978 - 7 - 5118 - 8549 - 4

定价: 58.00 元

(如有缺页或倒装, 中国法律图书有限公司负责退换)

本著作系

河南警察学院科研拔尖人才支持计划

（项目编号：Bjrc2012-04；项目名称：刑事视听材料分析及检验技术）

河南省高等学校青年骨干教师资助计划项目

（项目编号：2014GGJS-146；项目名称：WiFi无线网络环境下的移动终端数据追踪及截取技术研究）

河南省教育厅项目

（项目编号：15A413002；项目名称：河南省教育系统网络与信息安防防控体系研究）

河南省教育厅项目

（项目编号：15A413001；项目名称：动态群签密体制的设计与实现）

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 概述	(1)
1.1.1 研究意义及重要性	(1)
1.1.2 视听资料数字化检验与分析技术国内外研究现状	(2)
第二节 音频基础知识	(3)
1.2.1 音频信息认知机理	(3)
1.2.2 声波的相关概念	(7)
1.2.3 音频信号的数字处理及特征表示	(8)
第三节 数字图像基础知识	(14)
1.3.1 人眼视觉效应	(14)
1.3.2 色度学基础与颜色模型	(16)
1.3.3 图像增强技术基础	(19)
1.3.4 数字图像篡改	(25)
第四节 数字视频基础知识	(28)
1.4.1 视频监控概述	(28)
1.4.2 视频图像编码	(29)
1.4.3 视频监控的证据作用	(31)
本章参考文献	(34)
第二章 音频篡改检测及分析处理技术	(35)
第一节 数字音频篡改检测概述	(35)
第二节 常见音频篡改方式	(38)
2.2.1 音频剪切	(38)
2.2.2 音频变调	(40)
2.2.3 复制粘贴	(41)
2.2.4 重压缩、重采样	(44)
第三节 音频篡改检测	(46)
2.3.1 基于子带谱平滑度的音频篡改检测方法	(46)

2.3.2	对音频信号复制粘贴检测方法	(47)
2.3.3	音频信号重压缩及重采样检测方法	(51)
	本章参考文献	(55)
第三章	音频隐写分析技术	(57)
第一节	音频隐写概述	(57)
第二节	音频隐写方式	(58)
3.2.1	非压缩域数字音频隐写	(58)
3.2.2	压缩域数字音频隐写	(60)
第三节	音频隐写分析技术	(62)
3.3.1	通用隐写分析	(62)
3.3.2	专用隐写分析	(71)
	本章参考文献	(80)
第四章	说话人识别技术	(84)
第一节	说话人识别技术概述	(84)
4.1.1	发展简史	(85)
4.1.2	说话人识别	(86)
4.1.3	说话人识别系统的评估手段	(88)
4.1.4	说话人识别研究的发展趋势	(90)
4.1.5	说话人识别实用化所面临的问题	(91)
第二节	说话人分割	(93)
第三节	说话人识别方法	(94)
4.3.1	基于模板匹配模型的方法	(94)
4.3.2	基于概率模型的方法	(96)
4.3.3	基于判决模型的方法	(98)
4.3.4	基于混合模型的方法	(99)
第四节	说话人鉴别过程及语言图谱特征	(99)
4.4.1	说话人鉴别过程	(99)
4.4.2	语音图谱	(99)
4.4.3	图谱特征	(102)
	本章参考文献	(103)
第五章	数字图像复制粘贴篡改检测技术	(105)
第一节	同幅图像复制粘贴操作检测	(105)
5.1.1	复制粘贴检测原理	(105)
5.1.2	现有同幅图像复制粘贴篡改检测算法	(107)

5.1.3 一种典型的复制粘贴检测算法	(117)
第二节 不同图像复制粘贴操作检测	(120)
5.2.1 图像双谱的幅值和相角	(120)
5.2.2 估计原图与待测图像双谱的幅值差和相角差	(121)
5.2.3 图像纹理复杂度	(121)
本章参考文献	(122)
第六章 图像重压缩、重采样检验技术	(123)
第一节 重压缩简介	(123)
6.1.1 色彩模型转换	(123)
6.1.2 分块 DCT 变换	(124)
6.1.3 有损量化	(124)
6.1.4 无损信息熵编码	(125)
第二节 JPEG 重压缩步骤及常见图像重压缩检测方法	(125)
6.2.1 JPEG 重压缩步骤	(125)
6.2.2 常见图像重压缩检测方法	(126)
第三节 重采样原理及图像常用重采样检测方法	(133)
6.3.1 重采样原理	(133)
6.3.2 常用重采样检测方法	(136)
本章参考文献	(140)
第七章 数字图像模糊润饰篡改检测技术	(143)
第一节 人工模糊操作	(146)
第二节 基于同态滤波的人工模糊检测技术	(147)
7.2.1 同态滤波放大人工模糊操作的边缘	(149)
7.2.2 基于同态滤波增强的模糊操作检测	(152)
第三节 基于灰度异常的图像人工模糊检测	(154)
7.3.1 算法原理	(154)
7.3.2 检测流程	(155)
第四节 基于灰度异常的图像人工模糊检测	(155)
7.4.1 算法原理	(156)
7.4.2 检测方法步骤	(157)
本章参考文献	(158)
第八章 数字图像隐写分析技术	(159)
第一节 隐写技术发展概述	(159)
8.1.1 相关概念	(159)

8.1.2	隐写技术的发展	(160)
8.1.3	数字隐写系统的安全性	(160)
8.1.4	数字隐写系统分类	(161)
第二节	数字图像隐写方法	(162)
8.2.1	空域数字图像隐写方法	(162)
8.2.2	频域数字图像隐写方法	(164)
第三节	数字图像隐写分析技术	(164)
8.3.1	空域隐写检测算法 RS 方法	(164)
8.3.2	频域隐写算法 JSteg 的典型检测算法卡方检测	(166)
8.3.3	序列隐写的密钥提取	(169)
	本章参考文献	(175)
第九章	超分辨率分析技术	(177)
第一节	超分辨率分析概述	(177)
9.1.1	超分辨率技术的国内外研究发展历程	(177)
9.1.2	图像超分辨率技术的应用领域	(179)
第二节	单幅图像超分辨率	(180)
9.2.1	单核插值方法	(180)
9.2.2	其他插值方法	(181)
第三节	视频和图像序列的超分辨率重建技术	(183)
9.3.1	频域超分辨率图像重建算法	(183)
9.3.2	空域超分辨率图像重建算法	(185)
9.3.3	超分辨率分析源代码及实验结果分析比对	(189)
9.3.4	图像重建质量评价方法	(192)
	本章参考文献	(192)
第十章	视频结构化分析及提取技术	(194)
第一节	视频结构化分析概述	(194)
第二节	镜头分割	(196)
第三节	关键帧提取	(200)
第四节	视频场景分割	(202)
	场景分割综述	(202)
第五节	视频特征提取	(207)
10.5.1	关键帧特征提取	(207)
10.5.2	视频特征提取	(209)
10.5.3	视频时序特征的提取与匹配	(215)

10.5.4 关键帧特征的提取与匹配	(217)
第六节 视频语义分析与提取	(219)
10.6.1 视频语义分析概述	(219)
10.6.2 特定领域的视频语义分析	(220)
本章参考文献	(225)
第十一章 图像配准技术	(227)
第一节 图像配准技术概述	(227)
第二节 图像配准	(228)
11.2.1 图像配准定义	(228)
11.2.2 变换空间	(229)
11.2.3 图像配准过程	(230)
11.2.4 基于图像灰度信息的配准方法	(230)
11.2.5 基于变换域信息的图像配准方法	(233)
11.2.6 基于特征的图像配准方法	(234)
11.2.7 几种常用特征提取算法	(235)
11.2.8 特征提取算法简介	(237)
本章参考文献	(241)
第十二章 图像融合技术	(243)
第一节 图像融合规则	(246)
12.1.1 基于像素的融合规则	(246)
12.1.2 基于区域的融合规则	(247)
第二节 基于塔形分解的图像融合方法	(249)
基于拉普拉斯塔形分解的图像融合方法	(249)
第三节 基于小波变换的图像融合方法	(254)
12.3.1 利用提升方案构造小波变换	(254)
12.3.2 基于第二代小波变换的图像融合方法	(258)
第四节 基于 NSCT 变换的图像融合方法	(260)
12.4.1 Contourlet 变换	(260)
12.4.2 NSCT 变换	(265)
本章参考文献	(271)
第十三章 数字音视频技术分析及检测技术的应用	(273)
第一节 数字音频	(273)
13.1.1 模糊音频分析处理技术	(273)
13.1.2 语音原始性真实性检验	(276)

6 数字视听资料分析及检验技术

13.1.3 说话人识别	(280)
13.1.4 语音检测分析实例	(281)
第二节 数字图像	(289)
13.2.1 同源图像复制粘贴篡改检测	(289)
13.2.2 不同源图像复制粘贴篡改检测	(292)
13.2.3 EXIF 信息	(294)
13.2.4 数字图像检测分析实例	(313)
第三节 数字视频	(319)
13.3.1 视频侦查技术	(319)
13.3.2 视频技术发展展望	(324)

第一章 基础知识

第一节 概述

1.1.1 研究意义及重要性

视听资料数字化检验与分析技术在打击刑事犯罪中具有重要作用。法庭科学领域相关的视听资料检验与分析技术主要包括影像技术和声纹鉴定技术两个方面,主要内容包括物证的光学检验、图像处理、影像分析、视频资料检验、数字音频处理与分析、声纹检验鉴定以及声像资料采集等。视听资料数字化检验与分析技术主要涉及数字音频信号处理技术、数字图像处理技术及视频监控处理技术等内容。本书关注数字音频资料的检测及分析技术。

随着计算机技术、电子技术、网络技术及通信技术的不断发展,声像资料已经成为人们日常生活和学习的一部分。人们使用录音、录像设备及手机终端、iPad 采集声音及图像资料。随着声音、图像、视频处理软件的发展,非专业人员能够方便快捷地制作声像资料。声像资料已经成为记录人们生活的重要手段。

越来越多的视听资料给案件的审理和侦破提供了机遇,但也给刑侦工作带来了巨大挑战。首先,这种新兴证据与传统证据形式差别较大,检验技术需要作出新的探索和研究;其次,随着计算机技术、网络技术的不断发展,视听资料多为数字化形式,很容易被篡改或编辑加工。所以,对视听资料进行原始性、真实性检验的研究非常必要,具有重要理论研究意义与实践价值。

视听资料是指以录音、录像、电子计算机或其他高科技设备所存储的信息证明案件真实情况的资料,它是现代高科技应用在诉讼实践中的产物。目前在刑事侦查及司法实践中,较为常见的视听证据资料是以其获取的手段和存在形式进行划分的,一般分为数字音频证据资料、图像证据资料及视频录像证据资料等。视听资料检验与分析技术是公安机关揭露和证实犯罪不可或缺的一项重要技术手段。视频侦查逐渐成为公安机关继刑事技术、行动技术、网侦技术之后侦查破案的第四大支撑技术。

刑事诉讼中,证据是指由侦查机关、检察机关、审判机关按照法律程序及办

案要求进行认真收集或由当事人、辩护人等依法提出的,具有法定形式的能够证明案件真实情况的一切事实。客观性、关联性、合法性是证据的三个基本属性。随着科学技术水平的飞速发展与社会的不断进步,证据的内容、形式及其法律效力发生了很大变化。为了顺应新形势下司法审判与侦查取证工作的需要,2012年3月14日,第十一届全国人民代表大会第五次会议通过决定对《刑事诉讼法》作出修改。修改后的《刑事诉讼法》中视听资料和电子数据作为独立证据得到了明确,具体内容如下:可以用于证明案件事实的材料,都是证据。证据包括:鉴定意见,勘验、检查、辨认、侦查实验等笔录,视听资料,电子数据等。《刑事诉讼法》同时明确规定,证据必须经过查证属实,才能作为定案的根据。

1.1.2 视听资料数字化检验与分析技术国内外研究现状

视听资料是现代高科技不断发展,以及科学技术在刑事诉讼中深入应用的重要产物和先进成果。随着视听证据在证明案件事实过程中的作用和地位不断提高,其在刑事诉讼中的运用也成为法学研究和司法实践发展的重要标志之一,逐步被认可、接受并大量运用于司法实践中。视听资料能够形象生动地反映案件事实,重现案件过程,依法可以成为侦查破案的直接证据。利用有关部门、要害区域的闭路监控系统提供的录像和通过相机拍摄的有关案件事实情况的记录来证实案件,具有连续性、稳定性、直观性、精确度高、信息量大等特点。作为一种独特的证明手段,视听资料具有其他证据无可替代的优越性,且在诉讼活动中得到越来越广泛的应用,在打击犯罪、维护公私财产和保护公民合法权益上起着越来越重要的作用。

国外视听资料在法庭上的应用广泛,诉讼过程中受到极大的重视,并且有严格的规定。以计算机证据为例,在英美法系国家主要是通过传闻证据规则和最佳证据规则来承认计算机证据的可采取性,其关键在于计算机证据产生的相关环节都必须被证明是可靠的、真实的。如英国的相关规定限制了计算机证据的相关来源,必须来自正常使用的计算机,及其计算机在数据输入时运行良好,同时证据必须是直接从嫌疑计算机中提取的数据。另外,英国法律还规定,与使用计算机有关的人必须向法院提出能够证明计算机程序制成方式与过程是否符合法律规定的书面材料。

视听资料在我国立法上虽然已被规定为诉讼证据,但因国内对视听证据的认识不够和硬件的缺失,也由于全国软、硬件的局限性,使它在司法实践运用中的比例还很少,因而没有发挥很大的作用。

通常,视听资料作为证据使用之前必须要对它的原始性和真实性进行审查。鉴于视听资料具有易篡改和易编辑性,视听证据的制作要考虑以下内容:首先,审查视听证据制作过程中主体和程序是否合法;其次,如果录音和录像

经过复制,还应由复制人证明在复制时无剪辑增减录音和录像的情况;最后,由民事当事人和刑事被告人辨别是否为自己的声音和图像;另外还要考虑审查视听证据内容的真伪,要确认视听资料有无证明力(关键在于确认其内容的真伪)。在我国对视听资料的审查主要考虑以下几点:首先,审查视听证据有无剪辑、复制、编辑,是否可能因外界自然条件的变化而使之变质失真。其次,利用视听证据的背景和本地噪声对视听证据的真实性进行审查。如果由两个不同的机器所制作的视听资料经过人为编辑在一起,那么就可通过鉴别本底噪声而检验出该检材不是原件。最后,把视听资料放在证据体系中审查。同一案件中,所有证据证明的结论应为同一,因此通常把视听资料放在证据体系中来验证。

第二节 音频基础知识

1.2.1 音频信息认知机理

人耳感受声音的过程就是听觉的产生过程。听觉的产生过程是一个复杂的生理过程,它包括声波在耳内的传递过程;声波在传递过程中由声波引起的机械振动转变为生物电能,同时通过化学递质的释放而产生神经冲动的过程;听觉中枢对传入信息进行综合加工处理的过程^[1]。

声波是通过空气传导和骨传导两种途径传入内耳的。声音是由物体振动产生的,数字音频也是一种声音。数字音频的传递是以波(动)的形式进行的。

声波来源于机械振动,然后以波动形式在介质(主要是空气)中传播。产生波动的振动物体称为声源。对数字音频而言,说话人的发音器官和听话人的听音器官之间充满了空气粒子。发音的时候,肺部出来的气流使声带发生颤动,声带张开的时候,空气中的粒子就受到压力向前活动,称为压紧;声带闭合的时候,空气粒子又向后移动,称为松开。气压在重复的压紧和松开中前后活动,形成一种疏密相间的波。不断传输这种波一直影响到听话人耳道里的空气粒子,引起耳膜振动,并传达到听话人的大脑,就完成了数字音频的传递。波按振动的方向分为横波和纵波。横波的性质是波的振动方向和传播方向垂直,即方向不一致;纵波的性质是波的振动方向和传播方向一致或平行。水波是横波,声波是纵波。

下面将从人耳的生理构造、听觉的感知机制、听觉特性等几个方面来阐述音频信息认知机理。

1. 人耳的生理构造

人耳的生理结构如图 1-1 所示。

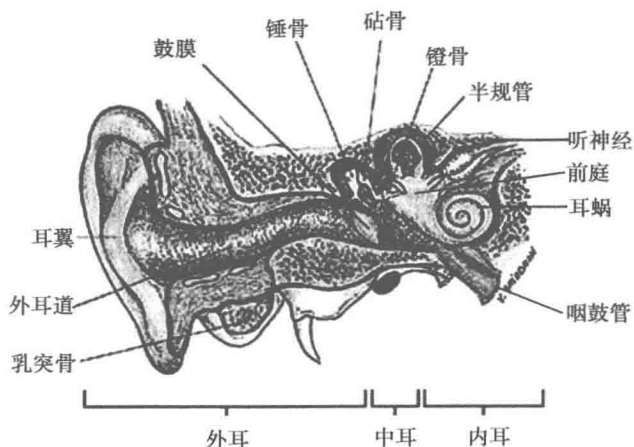


图 1-1 人耳的生理构造

人耳从外向内可分为外耳、中耳、内耳三大部分。外耳、中耳是接收并传导声音的装置,内耳是感受声音和初步分析声音的场所。外耳、中耳合称为传音系统,内耳及其神经传导路径合称为感音神经系统。

(1) 外耳

外耳由耳翼、外耳道和鼓膜构成。其中耳翼的作用是保护耳孔,具有定向作用。外耳道是一条比较均匀的耳管,声音沿外耳道传至鼓膜,同其他管道一样,外耳道也有许多共振频率。鼓膜位于外耳道内端,它呈现一种韧性锥形结构,声音就是通过鼓膜传到内耳。外耳有两个作用:一是对声源的定位;二是对声音的放大。

(2) 中耳

中耳是充气腔体,由鼓膜将中耳与外耳隔离,并且通过圆形窗和前庭窗两个小孔与内耳相通起来,中耳还通过咽鼓管与外界相连,这样使中耳和周围大气之间的气压得到平衡。鼓膜后面的骨腔里有锤骨、砧骨和镫骨三块听小骨。正是由这三块听小骨构成的听骨链将声音耦合至前庭窗。锤骨和鼓膜接触,镫骨和内耳及前庭窗相连,听骨链能把鼓膜受声波产生的振动传到内耳,同时它还有交角杠杆作用,在传导声波时能够增加振动的力量。在一定声强范围内,听小骨实现声音的线性传递,而在特强声时,听小骨实现声音的非线性传递,以达到保护内耳的作用。因此,中耳的作用有两个:一是通过听小骨进行声阻抗的变换以放大声压,二是保护内耳。

(3) 内耳

内耳的位置在头骨中,由半规管、前庭窗和耳蜗组成,半规管和前庭窗属于本体感受器。半规管是三个半环形小管,相互垂直状构成,类似于一个三维坐标系统的形态,它们分别称为前半规管、外半规管和后半规管。其内部的感受器能够感受旋转变速运动的刺激,前庭窗内感受器能感受静止位置和直线的变速运动。内耳的耳蜗形似蜗牛壳,是听觉的收纳器,由蜗螺旋管两圈半构成。内耳又叫迷路。半规管、前庭窗和耳蜗的外表由骨质形成,称为骨迷路。骨迷路内的膜性管叫膜迷路。膜迷路内有内淋巴液,膜迷路和骨迷路之间有外淋巴液。耳蜗里的膜迷路有感声的毛细胞,它可以把声音刺激变成神经冲动,通过听神经传入大脑的听觉中枢完成声音感知。耳蜗中有一个重要部分称为基底膜,它在靠近前庭窗的部分硬而窄,而在靠近耳蜗孔的部分软而宽。在基底膜之上是柯蒂氏器官,它相当于一种传感装置。耳蜗内的流体速度变化,可以影响柯蒂氏器官上的毛细胞膜两边电位的变化,有时候能造成听觉神经的发放和抑制,从而完成机械振动向神经发放信号转换的过程。

2. 听觉的感知机制

人耳只有在大脑的配合下才能发挥作用。正常人听觉是极为灵敏的,人耳所能感觉的最低气压接近空气分子热运动产生的声压。当来自环境的声波通过外耳道内空气传送到鼓膜,就使鼓膜振动,其振动频率决定于声波的频率及强度。鼓膜振动通过中耳向听小骨传送,听小骨在内耳前庭窗上内外移动时,间歇地对耳蜗中的液体给予压力,使耳蜗液发生振动,从而引起基底膜振动,这样产生行波。不同频率的声音产生不同行波,其峰值出现在基底膜的不同位置上。若频率较低,峰值出现在靠近耳蜗孔处,随着声音频率的增强,该峰值向基底膜根部(靠近前庭窗的部分)移动。由于基底膜的上下振动,使基底膜上的柯蒂氏器官发生相应的振动,其结果引起柯蒂氏器官上的毛细胞的纤毛弯曲变形,毛细胞去极化。在毛细胞的顶部产生耳蜗微音器电位,它的特点是波形、频率同刺激声波一致。微音器电位再引起毛细胞底部神经纤维的动作电位。听神经及毛细胞间形成的电位变化,导致化学物质的释放,使神经末梢兴奋,发出神经冲动传至中枢。

中枢信息处理过程较为复杂,目前对之还缺乏较全面的理解。一般地理解为,从耳蜗神经传入的冲动,在时间和空间上因接收声音特性的不同而有不同的构型,是输入信息编码的总形式。最后产生的听觉能够准确而精细反映声音的各种复杂特性。

经过多年研究,生理学家发现无论用多么复杂庞大系统的模型模拟,都有其固有缺陷,无法精确模拟人耳。因为人耳对于细微差别的判断力极为精确,同时

人耳对于它认为不相关的信号部分只进行粗略处理。

3. 听觉特性

人耳听觉特性的研究大多在心理声学 and 数字音频声学交叉领域内进行。声音虽然客观存在,但人的主观感知和客观实际并不完全一致,人耳听觉尤其具有独特性。研究表明,人的听觉系统具有复杂功能,没有哪一种物理仪器具有人耳那样惊人的特性。听觉机构不仅是一个极端灵敏的声音接收器,同时还具有选择性,可以起到分析器的作用。此外,听觉系统还具有判别响度、音调和音色的本领。当然,这些功能在一定程度上是与大脑结合产生的。因此听觉特性涉及有关心理声学 and 生理声学方面的问题。

人类听觉器官对声波的音高、音强、动态频谱具有分析感知能力。人耳对声音的强度和频率的主观感觉是由响度及音调来体现的。

(1) 人耳的听阈及响度

声音信号通常是一种复合音,由包含很多频率成分的谐波组成。对频率不同的纯音,人耳具有不同的听辨灵敏度。响度就是一个反映人耳主观感觉声音强弱的物理量,单位为方(phon)。1phon 等于 1kHz 纯音的声强级,0phon 对应人耳的听阈。正常人的听阈是声音小到人耳刚刚能听见的声音强度的大小。声音响度是频率和声压级的函数,通过比较不同频率和幅度的声音得到的主观等响度曲线,如图 1-2 所示。最上面的等响度曲线是痛阈,最下面的等响度曲线是听阈。曲线组在 3~4kHz 附近稍有下降,意味着感知灵敏度有所提高。

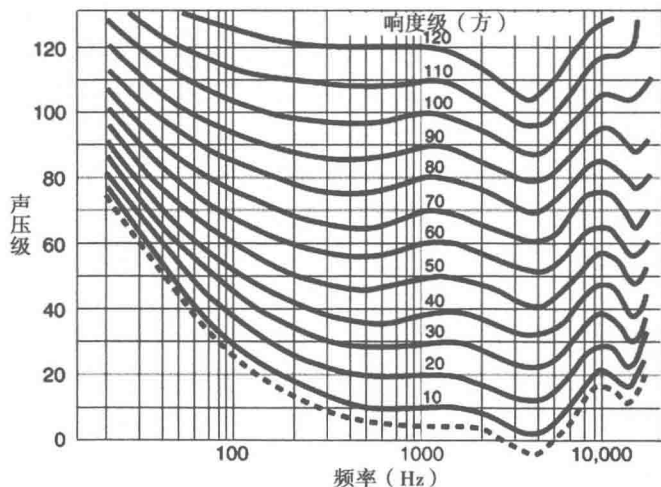


图 1-2 等响度曲线

(2) 音高

音高是人类听觉系统对声音频率高低的主观感受。声压级为 40dB 的 1kHz 纯音所对应音高规定为 1000 mel。一般地说,频率低的声音听起来音高低,而频率高的声音听起来音高也高。但是,音高和频率并不是正比的关系,1kHz 以内音高与频率之间接近于线性关系,在 1kHz 以上则呈现出式(1-1)所示的对数关系

$$f_{mel} = 2595 \lg(1 + f_{Hz}/700) \quad (1-1)$$

其中, f_{mel} 是以 mel 为单位的音高值; f_{Hz} 是以 Hz 为单位的频率值。使用滤波器进行滤波时,在 1kHz 以下等带宽的滤波器组,在正常的频率刻度上会呈现出低频部分的滤波器带宽较窄,随着频率的增加滤波器的带宽逐渐增加的现象。

(3) 掩蔽效应

掩蔽现象是一种常见的心理声学现象,它是指在一个较强的声音附近,相对较弱的声音将不被人耳觉察。较强的音称为掩蔽音,弱音称为被掩蔽音。这种掩蔽效应是由人耳对声音的频率分辨机制决定的。频率群的划分相应地将基底膜分成许多小的部分,每一部分对应一个频率群。掩蔽效应就是在这些频率群内发生的,因为对应的某一频率群的基底膜部分的声音,在大脑中似乎就是叠加在一起来评价的,如果这时同时发声,则可以相互掩蔽。

1.2.2 声波的相关概念

1. 周期

周期是空气压力完整变化一次所需的时间,即一次全振动所需要的时间。声波在一次全振动中传播的距离叫一个波长。元音发音时,空气粒子波形是一种周期波;所有的浊音,如鼻音、浊擦音等都有周期的部分。清辅音所产生的波是非周期的波。周期一般用 T 表示,单位为毫秒(ms)。

2. 振幅

振幅是指物体振动的最大幅度。振幅大,声音就强;振幅小,声音就弱。振幅决定音量大小。

3. 频率

频率是指空气粒子在一秒钟内完成全振动的次数。其单位是赫兹(Hz),也可以写成“周/秒”(cps)。

4. 正弦波

正弦波是频率成分最单一的周期性重复的波,波形与数学上的正弦曲线相同。正弦波用两个基本声学参数来描述,即频率和振幅。振幅可以直接从纵轴上读得,振幅大小对应于声音的音量大小;频率无法直接读得,但可以从波形在时间轴上的表现计算出来。