

歌舞厅

音像及调音、 调光技术

◎ 周立云 胡月芬 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

歌舞厅音像及调音、调光技术

周立云 胡月芬 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书通过实物数码照片,系统地介绍歌舞厅音像及调音、调光技术,并阐述有关设备的基本原理、操作方法及使用技巧等,包括声学基础、音响技术、音频处理、音/视频技术、KTV 歌舞厅及家庭影院、舞台、舞厅灯光技术。为了帮助读者有的放矢地学习相关内容,书后附录中还收集了《音响调音员国家职业标准》和《舞台灯光师职业标准》,以供参考。

本书突出实用性和新颖性,适合从事广播电影电视、歌舞厅、俱乐部、演播室和剧场的音响工作者和影视灯光工作者阅读,也可供有关工程技术人员及广大业余爱好者参考,还可作为大专院校有关专业师生和调音调光技术培训班的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

歌舞厅音像及调音、调光技术/周立云,胡月芬编著. —北京:电子工业出版社,2012.7

ISBN 978-7-121-17056-0

I. ①歌… II. ①周… ②胡… III. ①歌舞厅-音频设备 ②歌舞厅-舞台灯光-照明设计 IV. ①J814.4
②J814.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 099086 号

策划编辑:富 军

责任编辑:贾晓峰

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:398 千字

印 次:2012 年 7 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

随着广播电影电视和娱乐产业的迅速发展，社会上对歌舞厅音像及调音、调光技术人才的需求也越来越多。但由于开办这些专业的院校比较少，同时目前从事这方面工作的人员大多没有受过系统的专业培训，所以急需通过自学或培训提高这些人员的专业水平。为了满足行业内的多方需求，我们特编写了本书。

本书第1章从声学的基础知识入手，重点介绍声音的基本性质、声音大小的衡量、人耳听觉的特性、室内声音的特点、立体声、声音特性等内容。第2章围绕音响技术基础，介绍音响的相关常识、音响电路结构、麦克风基础知识、扬声器与音箱、音/视频放大器、音/视频设备的维修常识。第3章重点介绍音频信号处理设备及调音设备，主要包括调音台的分类、组成等内容。第4章介绍AV系统及大屏幕电视，主要包括数字音响原理、DVD影碟机、彩电的基本组成与原理等内容。第5章重点介绍KTV歌舞厅及家庭影院，包括KTV歌舞厅与家庭影院设计的相关知识。第6章重点介绍舞台、舞厅灯光技术，包括光的基础知识、颜色的基础知识、灯具与灯光知识。另外，本书附录还收集了《音响调音员国家职业标准》和《舞台灯光师职业标准》。全书围绕歌舞厅音像及调音、调光技术这一主题，由浅入深逐一介绍，具有通俗易懂、图文并茂、便于对照、方便操作等特点。

本书由周立云、胡月芬编著，其他参加编写工作的还有周宁、胡光明、徐森均、胡月朵等。同时，在本书编写过程中，众多的同行朋友、网上电子论坛的朋友及出版单位和产品生产厂商的朋友都给予了大力支持。大家所给予的实践或理论上的帮助、相关参考书籍与技术资料的支持及众多有益的建议和宝贵的技术经验，都为这本书的编写奠定了良好的基础。此外，由于编者水平有限，实际验证受到限制，本书必然会存在一些缺点和错误，还望广大读者批评指正。

编 著 者

目 录

第1章 声学基础	1
1.1 声音的基本性质	1
1.1.1 声音的产生与传播	1
1.1.2 声音的相关要素	4
1.1.3 声波的衍射与干涉	6
1.2 声音大小的衡量	8
1.2.1 声压与声压级	8
1.2.2 声强与声强级	9
1.2.3 声功率与声功率级	10
1.2.4 声波的叠加	10
1.3 人耳听觉的特性	11
1.3.1 人耳的构造	11
1.3.2 声音的感知	13
1.4 室内声音的特点	14
1.4.1 室内声音及处理技巧	14
1.4.2 室内共振与声染色	15
1.4.3 回音现象	16
1.4.4 室内声压级的计算	17
1.5 立体声	18
1.5.1 立体声的概念	18
1.5.2 立体声的特点	18
1.5.3 立体声的原理	18
1.6 声音特性	20
1.6.1 人声的特性	20
1.6.2 乐器声的特性	22
1.6.3 声音的拾取	24
1.6.4 音乐与舞蹈	30
1.6.5 乐音体系	31
1.6.6 图解常见乐器	33
第2章 音响技术基础	56
2.1 音响的相关常识	56
2.1.1 音响器材的测试	56
2.1.2 音响的相关名词解析	57
2.2 音响电路结构	62

2.2.1 音响电路的基本组成	62
2.2.2 音响设备电路的原理	66
2.3 麦克风基础知识	67
2.3.1 麦克风的种类	67
2.3.2 麦克风的指标	70
2.3.3 麦克风的选择	71
2.3.4 麦克风的维护	72
2.4 扬声器与音箱	72
2.4.1 图解扬声器	72
2.4.2 音箱基本常识	80
2.4.3 音箱的选择	84
2.4.4 音箱的安装与摆放	85
2.4.5 图解音箱故障检修	88
2.5 音/视频放大器	97
2.5.1 音频放大器	97
2.5.2 AV 放大器	103
2.5.3 音/视频放大器选购	107
2.6 音响设备电路的维修常识	110
2.6.1 音响设备电路故障元件的特点	110
2.6.2 音响设备电路的检修方法	111
2.6.3 音响设备电路维修的注意事项	114
2.6.4 音响设备常见故障的维修方法	115
2.6.5 音响设备主要电路的维修要点	117
第3章 音频信号处理及调音设备	120
3.1 音频信号处理设备	120
3.1.1 频率均衡设备	120
3.1.2 增益控制设备	123
3.2 调音设备	125
3.2.1 调音台的分类与作用	126
3.2.2 调音台的组成与性能指标	127
3.2.3 调音台系统的接法与使用	131
3.2.4 图解雅马哈 MG124C 型调音台应用	133
第4章 AV 系统及大屏幕电视	136
4.1 AV 系统	136
4.1.1 数字音箱原理	137
4.1.2 DVD 影碟机	141
4.1.3 AV 系统的维护保养	145
4.1.4 AV 系统的调试	146

4.2 大屏幕电视	147
4.2.1 彩电的基本组成与原理	147
4.2.2 彩电的相关常识	148
4.2.3 投影机与投影电视	154
4.2.4 液晶大屏幕电视	158
4.2.5 等离子大屏幕电视	170
第5章 KTV 歌舞厅及家庭影院	178
5.1 KTV 歌舞厅系统设计	178
5.1.1 KTV 歌舞厅	178
5.1.2 KTV 设计简介	186
5.2 家庭影院系统设计	188
5.2.1 家庭影院系统	188
5.2.2 图解家庭影院系统配置方案	191
第6章 舞台、舞厅灯光技术	202
6.1 光的基础知识	202
6.1.1 光的基本性质	202
6.1.2 光的度量单位	208
6.1.3 凹透镜和凸透镜	211
6.2 颜色的基础知识	212
6.2.1 颜色的分类和特性	212
6.2.2 三原色及其配色	214
6.2.3 色温与显色性	216
6.2.4 色彩的视觉感受与联想	216
6.3 灯具与灯光知识	218
6.3.1 图解舞台灯具	218
6.3.2 舞台灯光的常用光位	223
6.3.3 舞厅灯光及照明	224
6.3.4 灯光控制与调光台	225
6.3.5 歌舞厅灯光设计	226
6.3.6 图解歌舞厅	228
附录 A 音响调音员国家职业标准	238
附录 B 舞台灯光师职业标准	247

第1章 声学基础



1.1 声音的基本性质

声音是人们最熟悉不过的了，人们无时无刻不在和各种各样的声音打交道，但是，你可能不会想到，声音居然会和战争联系在一起。不论在古代还是现代，都有用轻快的音乐缓解人们的紧张，利用恐怖的声音吓走敌方的典故。下面我们举一个现代的声音与战争有关的实例。

据说美国加州的一家公司成功研制出一种新式武器——声波枪，它与普通的枪不一样，因为它发射的不是子弹，而是一种能量强大的声波，而且它专门用来袭击人类，遭遇这种声波枪袭击的人往往会感到胸闷、头痛、休克甚至死亡。明枪易躲暗箭难防，声波枪就是一种暗箭伤人的武器。声波枪为什么会有这么大的威力呢？因为声波枪所发射的声波频率不在我们人耳的听力范围之内，它看不到、听不见也摸不着，具有来无影去无踪的特点。那么，面对声波枪，我们是束手无策，还是掌握克敌的方法去主动应对呢？那就让我们通过了解声音，熟悉声音，掌握声音，去揭开声音的秘密吧！



1.1.1 声音的产生与传播

声音是由物体振动产生的，并能在空气或其他物质中传播。正在发声的物体称为声源。声音以波的形式传播。能被人感觉为声音的空气波称为声波。声波传入人耳后引起耳膜的振动，使之感觉为声音，图 1.1 是声波的传播示意图。

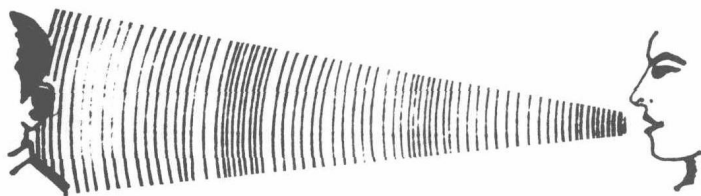


图 1.1 声波的传播示意图

2 歌舞厅音像及调音、调光技术

声音只是声波通过固体或液体、气体传播形成的运动。声音是与人类生活紧密联系的一种自然现象，当声的频率高到超过人耳听觉的频率极限 20kHz 时，人们就觉察不出声的存在，因而称这种高频率的声为“超”声波，而低于 20Hz 的声为次声波。

据说德国著名音乐家贝多芬在 30 多岁时得了严重的耳疾，其听力完全丧失，但是他并没有向命运屈服，他用牙齿咬住木棒的一端，将木棒的另一端顶在钢琴的键盘上来感受旋律，继续自己的创作。冬天楼顶太阳能热水器的管子冻裂了，自来水在“哗哗”地流，楼顶那么多热水器，是谁家的呢？有经验的水管维修人员，不用上楼，就可以在楼下管孔中通过一根木棒，检测出是哪家管子的问题（见图 1.2），这就是人们利用木棒等固体传播声音的实例，流水的声音通过木棒传到水管维修人员的耳中。固体传播声音的例子很多，如古代打仗时，有经验的士兵可以趴在地上，通过听远处是否有马蹄声来判断敌情。又如平时我们如果听不清楚机械手表走动的声音，可以把手表放在木制桌面的一端，再用耳朵贴在桌子的另一端，这样我们就可以清楚地听到机械手表发出的声音了。

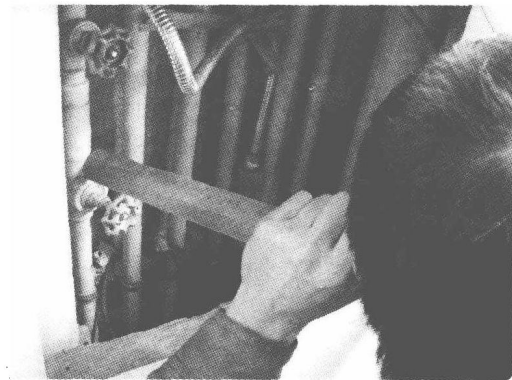


图 1.2 水管维修人员检测水管流水示意图

经常钓鱼的人都知道，钓鱼需要安静的环境，最怕别人在旁边追逐打闹，因为那样就会让鱼通过液体——水，听到岸上的声音而逃跑。唐诗《小儿垂纶》“蓬头稚子学垂纶，侧坐莓苔草映身。路人借问遥招手，怕得鱼惊不应人”也是说明液体可以传播声音的一个例子，其意思是说：一个小孩学大人钓鱼，侧着身子坐在水边的青苔上，身影掩映在野草丛中，听到有人问路便远远地招手，就怕惊跑了水中的鱼而不敢回答。这样的例子很多，如现在的军舰靠声纳在海洋中探测周围的情况；超声波洗衣机可以把衣物洗得干干净净等都可以说明液体可以传播声音。图 1.3 是用塑料袋将闹钟包好放入水中来证明液体可以传声的实验图。

气体可以传播声音是我们平常最熟悉的事情了。我们的周围充满了空气，空气为人类和动物传递信息提供了便利条件，因此，地球上的动物大多数都具有听觉。而月球上没有空气，登上月球的宇航员就只能通过无线电进行交流。图 1.4 是击鼓可以通过空气发声的卡通图。

真空中是不能传播声音的，通过图 1.5 我们就可以明白这个道理。由图可知，当我们把一个正在播放音乐的手机放进玻璃瓶时，声音明显变小了（因为里面的空气少了），如果此

时再把这个玻璃瓶抽成真空，那手机的声音就一点也听不到了。当我们知道真空中是不能传播声音的道理后，对付前面的声波枪就有办法了。

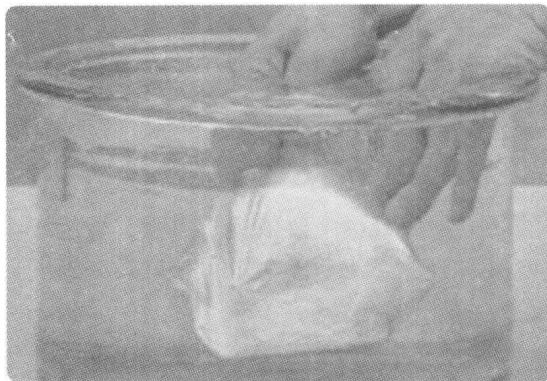


图 1.3 用塑料袋将闹钟包好放入水中证明液体传声的实验图

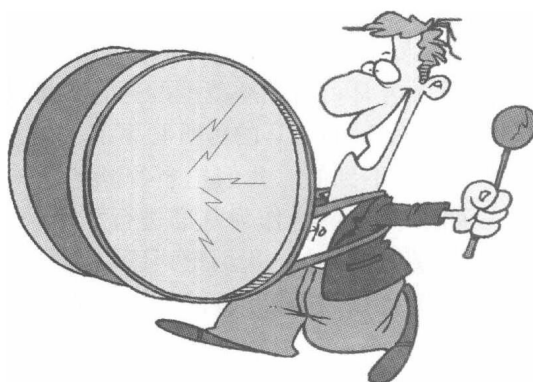


图 1.4 击鼓可以通过空气发声的卡通图

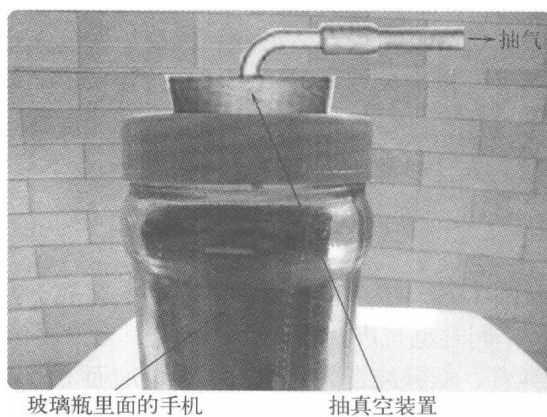


图 1.5 真空不能传播声音的示意图



1.1.2 声音的相关要素

声音的相关要素主要是响度、音高和音色，由于响度、音高和音色可以在主观上用来描述具有振幅、频率和相位三个物理量的任何复杂的声音，所以人们又把响度、音高和音色称为声音的“三要素”。

1. 响度

响度是表征声音强弱的一个物理量，主要依赖于声强，取决于声波振幅的大小，也与声音的频率有关。所以，响度又称声强或音量。响度的单位，按声压衡量是达因/平方厘米，按声强衡量是瓦特/平方厘米。声压的单位为帕（Pa），它与基准声压比值的对数值称为声压级，单位是分贝（dB）。如果响度用心理感受来衡量，它的单位是宋（Sone），1宋是按1kHz、40dB的纯音的响度来定义的。我们把响度的相对量称为响度级，它是指某响度与基准响度比值的对数值，它的单位是方（phon），它与声压级是两个完全不同的概念。所以，声压级的值一般不等于响度级的值，在使用中要注意。

响度是我们听觉的基础，正常人在20Hz~20kHz的可听频率范围内的听觉强度是0~140dB。所以，超出20Hz~20kHz的人耳可听频率范围的声音，即使响度再大，人耳也是听不到的（即响度为0）。在20Hz~20kHz的人耳的可听频率范围内，如果声音弱到0dB以下或强到140dB以上，人耳同样也是听不到的。我们把声音减弱到人耳刚刚可以听到时的声音强度称为“听阈或闻阈”（采用1kHz纯音作为基准进行测量），人耳刚能听到的声压为0dB（通常声压大于0.3dB就能够感觉出来）。我们把声音增强到使人耳感到疼痛时的声音强度称为“痛阈”（仍采用1kHz纯音作为基准进行测量）。使人耳感到疼痛时的声压级约为140dB。

实验表明，响度与频率的关系符合图1.6所示的等响曲线（也称为弗莱彻曲线）。人耳对不同频率的声音的听阈和痛阈及灵敏度是不一样的，如30dB、200Hz的声音和10dB、1kHz的声音在人耳听起来是一样响的，这就是所谓的响度与频率的关系符合等响曲线。在低强度时，等响曲线的图形类似于听阈曲线。因此，如果声音的强度相等，那么中频声听起来会比低频或高频声更响一些。随着响度级或声压级的增加，等响曲线会渐渐趋于平稳。也就是说，不同频率的响度级的增长速度是不同的，低频声的响度级随声音强度的增加比中频声要快，这表明在高声强时，人耳对低频声变得比较敏感了。

2. 音高

音高也称音调，表示人耳对声音频率高低的主观感受。客观上音高大小主要取决于声音的频率（频率单位为赫兹），同时也与声音强度有关。对一定强度的纯音，音调随频率的升降而升降；对一定频率的纯音、低频纯音，音调随声强增加而下降，高频纯音的音调却随声强增加而上升。我们把主观感觉的音高单位定义为“美”，把响度为40方的1kHz纯音的音高定义为1000美。由此可见，虽然“赫兹”和“美”都是表示音高的两个不同概念单位，但它们又是相互关联的。

根据前面有关响度的概念，我们知道人耳对响度的感觉有一个从听阈到痛阈的范围。那

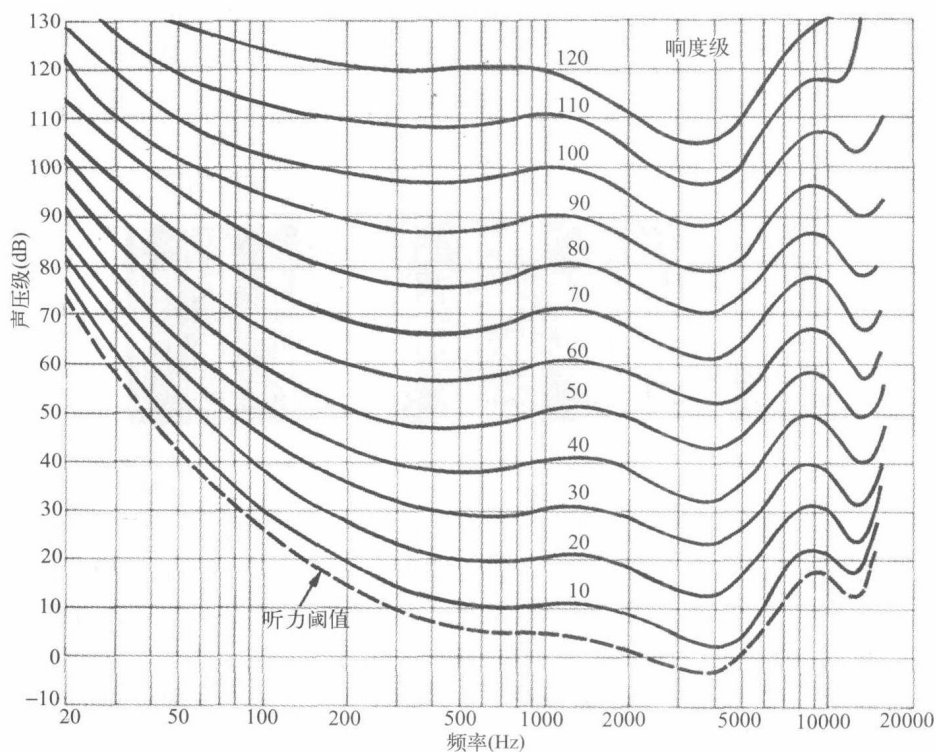


图 1.6 等响曲线（弗莱彻曲线）示意图

么，人耳对频率的感觉又是怎样的呢？人们经过实验发现，人耳对频率同样有一个从最低可听频率 20Hz 到最高可听频率 20kHz 的范围。实验还发现，音高与频率之间的变化不是线性关系，除了与频率有关外，音高还与声音的响度及波形有关；人的语音频率范围通常为 80Hz ~ 12kHz，而乐音和效果音的频率范围则更宽些。

通常我们会把声音分为噪声和乐音，把发音物体无规律的振动称为噪声，而把发音物体有规律的振动所产生的具有固定音高的声音称为乐音。例如，我们平常所见的钢琴、小提琴、二胡等都是能发出乐音的乐器。在音乐中，旋律、和声等均由乐音构成。人类通过对自然界声音的探索和研究发现，声音可以用 C、D、E、F、G、A、B 七个基本音级来描述，其中 A 的频率是 440Hz，我们人为地把 A 定义标准音，只要振动频率达到 440Hz 的声音我们就认为它是 A 音级，这个 A 音级不但用于乐器中，也用在人们的生活中，例如，我们的通信工具电话的声音、交通工具汽车扬声器的声音都是用的 A 音级。

3. 音色

音色又称音品，是各种声音所特有的品质，它是区分不同声音的重要标志。例如，二胡与吉他合奏，尽管它们的响度和音调相同，但我们的人耳还是可以根据它们各自特有的音色把它们区分开来。这是因为，音色的不同取决于不同的泛音，每一种乐器、不同的人及所有能发声的物体发出的声音，除一个基音外，还有许多不同频率的泛音，正是这些泛音决定了其不同的音色，使我们的人耳能够分辨出是不同的乐器及不同的人发出的声音。每一个人即

使说相同的话也有不同的音色，因此我们可以根据其音色辨别出不同的人。

人们通过实践发现，音色由声波的谐波频谱和包络决定，图 1.7 是用示波器测得的某声音的波形图。我们把声波的基频所产生的听得最清楚的音称为基音，各次谐波的微小振动所产生的音称为泛音。单一频率的音称为纯音，具有谐波的音称为复音。每个基音都有其固有的频率和不同响度的泛音，所以我们的人耳可以区别其他具有相同响度和音调的声音。

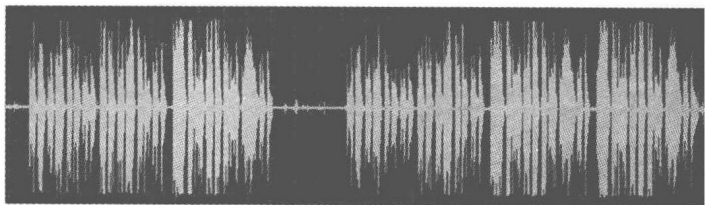


图 1.7 用示波器测得的某声音的波形图

从以上声音的三个主要特征看，人耳的听觉特性不是完全线性的。声音传到入耳内经处理后，除基音外，还会产生各种谐波及它们的和音及差音，并不是所有这些成分都能被人耳感觉。所以，人耳对声音具有接收、选择、分析、判断响度及音高和音品的功能。

另外，表征声音除响度、音高和音色外还有一个物理量——音值。音值又称音长，指声音持续的时间长短，由发音体振动的时间决定。音值是乐音的基本物理属性之一。持续的时间长，音就长；持续的时间短，音就短。



1.1.3 声波的衍射与干涉

图 1.8 是我们向平静的水面投入一块小石子，看到的石子激起的水波形成圆形的波纹，并向外扩散，越来越大……，一石激起千层浪可能就是据此来描述的。

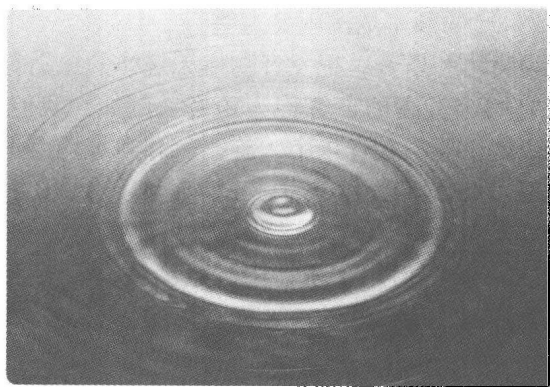


图 1.8 一石激起千层浪的照片

当水波纹遇到障碍物后会怎样？通过观察发现，它能绕过障碍物继续传播。其实声波也一样，遇到障碍物也能绕过障碍物继续传播，我们把声波遇到障碍物能绕过障碍物继续传播的现象称为声波的衍射或声波的绕射。衍射是由于声场中有障碍物或不连续性而引起波阵面的畸变。严格地说，在声波传播途径上的任何障碍物，都不能造成没有声能存在的声影区。

当障碍物的几何尺寸大于声波的波长时，障碍物后的声影区就比较明显，衍射就不显著。当障碍物的几何尺寸小于或与波长差不多时，声影区就变得十分模糊，衍射就非常显著。因此，波长大的声波比波长小的声波容易发生衍射。图 1.9 是声波的衍射示意图。

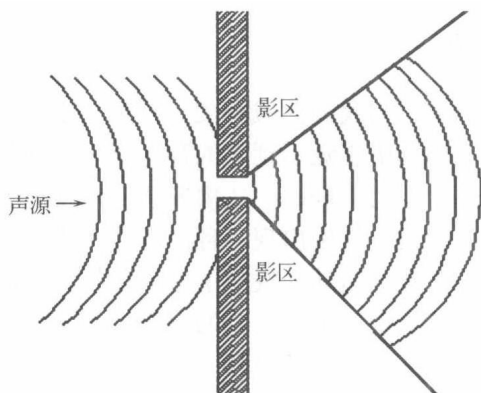


图 1.9 声波的衍射示意图

下面我们来做一个实验，在同一间房内装两个一模一样的蜂鸣器（频率、响度相同），让两个蜂鸣器同时发声，然后你从一个蜂鸣器走到另一个蜂鸣器，在走的这一段距离内，你开始时能听见它发出的声音（比只有一个时的声音大），向前走时声音会减小，走一定距离后又听不到声音了，再向前走声音又慢慢增大了。通过这个实验，我们发现频率相同的两列波叠加，某些区域的振动加强，而某些区域的振动减弱，并且振动加强和振动减弱的区域互相间隔，我们把这种现象称为波的干涉，把这种现象形成的图样称为波的干涉图样（见图 1.10）。波的干涉图样中 S_1 、 S_2 是波源， λ 是波长， a 是振动的加强点， b 是振动的减弱点。图样中的振动加强是一个“区域”，这个区域就是图 1.10 中的“强”所示粗“实线”上的所有点。振动加强的点的振动总是加强，但并不是始终处于波峰或波谷，它们都在平衡位置附近振动，也有的时刻位移为 0。只是振幅为两列波振幅之和，显得振动剧烈。振动减弱点也是一个“区域”，这个区域就是图 1.10 中“弱”所示粗“虚线”上的所有点。振动减弱点的振动始终减弱，它位移的大小始终等于两列波分别引起位移的大小之差，振幅为两列波振幅之差。如果两列波的振幅相同，则振动减弱点将会总是处于静止。

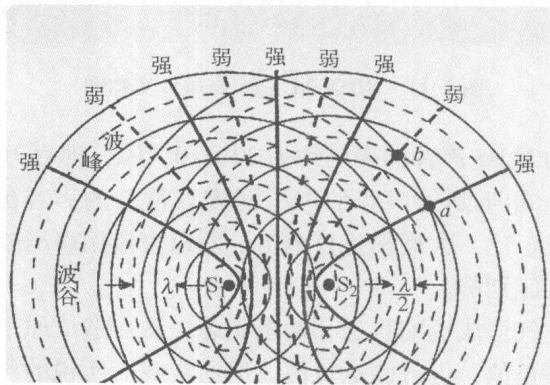


图 1.10 波的干涉图样示意图



1.2 声音大小的衡量



1.2.1 声压与声压级

大气压对我们来说并不陌生，与我们休戚相关，只是由于空气中原来就存在比较恒定的静压力，我们经常生活在这个环境中感觉不到它的存在罢了，我们把这个比较恒定的静压力称为大气压，一个标准大气压为1巴（bar）。从物理学的角度理解，大气压是空气分子的不规则运动及相互排斥所引起的。当空气中出现一种声音时，声音所产生的振动使空气分子在这个基础上产生有规律、有指向性的运动，改变了原来比较恒定的静压力，引起比原来静压力增高的量值就称为声压。也就是说，由于声音的出现，使空气产生一个小小的干扰，使原来处于平衡状态的大气压力增加了一微小的声压，并迅速向各个方向传播。声波是疏密波，在空气中传播时，它使空气时而变密——压强增高；时而变稀——压强降低。我们把这种在大气压上起伏的部分称为声压。通常用声压（ P ）来衡量声音的大小，单位是帕。声音越强，声压就越大；反之，声音越弱，声压就越小。在其他条件相同的情况下，声压越大的声音，其功率（与声压的平方成正比）也越大，人耳听起来也越响。图1.11所示是一种用来测量声压的工具——RION NL-05声压计，它是一种利用麦克风拾取环境声压，再进行模拟/数字等一系列处理后显示声压大小的仪器。

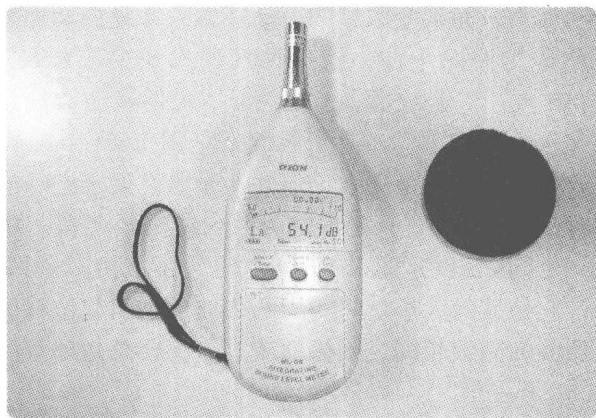


图 1.11 RION NL-05 声压计实物图

实验发现，能听到的1kHz声音的声压约为 20×10^{-6} Pa，即百万分之二十帕，震耳欲聋的声音的声压约为20Pa。能听到的声音的声压同震耳欲聋的声音的声压相差约100万倍。但人的听觉并不与这个成正比，大概相差百余倍。所以直接用声压或声功率来描述声音的强弱与我们实际的感觉是有区别的。

声波的振动可以使空气形成压缩状态和稀疏状态，从而造成原来大气静压力的增加或减少，所以声压的值可能是正值，也可能是负值。但通常我们所说的声压是指它的有效值，所以有效值的声压总是正值。声音产生的压力同声音的强度一样，变化范围极大。因此度量声

压的大小,用对数(数学里以10为底的对数,又称为常用对数)表示比较方便,由此引出声学的另一个概念——声压级。声压级用符号 SPL 表示,定义为:将待测声压有效值 $P(e)$ 与参考声压 $P(\text{ref})$ 的比值取常用对数,再乘以 20,即 $\text{SPL} = 20\log(10)[P(e)/P(\text{ref})]$,它的单位是分贝。在空气中参考声压 $P(\text{ref})$ 一般取为 $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$,这个数值是正常人耳对 1kHz 声音刚刚能觉察到它的存在的声压值,也就是 1kHz 声音的可听阈声压。那么低于这一声压值,人耳就感觉不到这个声音的存在了。显然该可听阈声压的声压级为 0。在日常生活中,普通办公室的环境噪声的声压级为 50 ~ 60dB,普通对话声的声压级为 65 ~ 70dB。



1.2.2 声强与声强级

在地球上人们感受到的声音有大也有小,比如我们形容某些人说话声音很小时,就会用“说话像蚊子一样”来形容,又如听到响雷时,我们会说这个雷真响,感觉就像在眼前,震得耳朵都痛了。严格来说,上述对声音小到什么程度、大到什么水平的形容,都不是很确切。为了科学、准确评价和比较声音的大小,我们使用了“声强”这一概念。声强是声音强度的简称,它代表声音能量的大小。声学中,声强是指单位时间(单位时间是指 1s)内声音通过垂直于声音传播方向单位面积(单位面积是指 1cm^2)的声能量,它的度量单位是瓦/平方米,用符号 W/m^2 表示。通常情况下,声强值的确定需要测量声场中的声压与质点振速。因而,声强测量归结于如何测量声场中声压和质点的振速信号。声压能用麦克风直接测量,而质点振速只能间接测量后进行估算。目前,声强测量技术可以分为两大类:一类是直接测量技术,另一类是间接测量技术。图 1.12 是一种声强测试仪的实物图,它可以随时随地、快速、简便地测量声场强度,并直观地给出声功率数值。其原理是:从两个相距很近的麦克风(传声器)同步判断出声压和粒子的速度,声强探头一定要确保两个麦克风之间有定义明确的空间同时能将声场干扰降至最低。若要得到最准确的测试结果,麦克风间的空间一定要优选,以符合实际测量情况。在低频和高回响的情况下,两个麦克风相距一定要远,当频率高时,距离则要近。

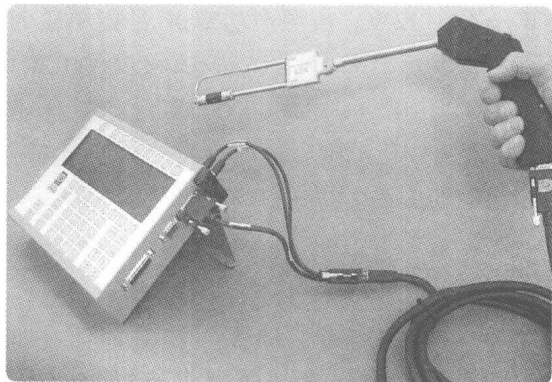


图 1.12 一种声强测试仪的实物图

我们的听觉系统能够感觉到的声音强度变化范围很大,可以从刚刚能引起人耳听阈的声音强度到最大可耐受的声音强度,用能量计算可相差 1 万亿倍,这不包括没有引起

人听觉而存在的声音强度及导致听觉受到损伤而超过最大可耐受的声音强度。科学实践发现,如此大的数字,不便于科学研究。为了计算方便、简单,我们用对数(指数学里以10为底的对数,又称常用对数)来计算声音,由此引出我们要掌握的另一个概念——声强级。

声强级与声压级一样,为了描述方便,人们通常用声强级来表示声强。例如,某一处的声强级,就是指该处的声强与参考声强的比值取常用对数再乘以10的值,度量它的单位为分贝,用符号dB表示。参考声强是 $10 \sim 12 \text{ W/m}^2$ 。例如,某一处的声音强度比参考声强大100倍(可以写成102),那么它们的比值就是100,取常用对数再乘以10,则该处的声强级为20dB。又如,某一处的声音强度比参考声强大100000倍(可以写成105),那么它们的比值是105,取常用对数再乘以10,则该处的声强级为50dB。从这两个例子可以看出,用声强级表示声音强度的大小,要比用声强来表示简单、方便得多。

声音强度不能用代数和的形式简单地进行加减,对于作用于某一点的两个声源如果声强级相等,其合成的总声强级是比一个声源的声强级增加3dB。例如,一台机器所产生的噪声的声强级为60dB,若再增加一台同样的机器,此时这两台相同机器所产生的声强级不是120dB,而是63dB。



1.2.3 声功率与声功率级

声功率是指单位时间内某声源发出的声波通过垂直于声波传播方向某指定面积的声能的大小,它与声源的远近无关,声功率的单位是瓦,用符号W表示。通常情况下,声功率是不能直接测量到的,而是要根据测量到的声压级进行换算而得到。

我们把声源的声功率W与基准声功率 W_0 的比值取常用对数后再乘以10称为声功率级,用符号LW表示,它的单位是分贝。

声功率级表达式为

$$LW = 10 \log(10) (W/W_0) \text{ (dB)}$$

在声学测量中一般取 $W_0 = 10 \sim 12 \text{ W}$ 。声源声功率W是指单位时间内声源辐射声波能力的大小。例如,通常人们耳语的声功率为 10^{-8} (即0.00000001W),其相应的声功率级为30dB;大型火箭发动机的声功率为 10^8 (即100000000W),其相应的声功率级为200dB。使用声功率级可以缩小声功率数值的变化范围,同时也符合人听觉对声信号强弱刺激的反应与刺激量(即声功率)成对数比例的关系。



1.2.4 声波的叠加

在我们的周围存在着各种各样的声音,那么声波是如何叠加的呢?科学实验发现,在两列声波相遇的区域里,每个质点都将参与两列声波引起的振动,其位移是两列声波分别引起位移的矢量和。声波相遇后仍保持自己原来的运动状态。波在相遇区域里,互不干扰,具有独立性。图1.13是一个听到声音的声波叠加图,它是一个由多种声波叠加而成的波形。