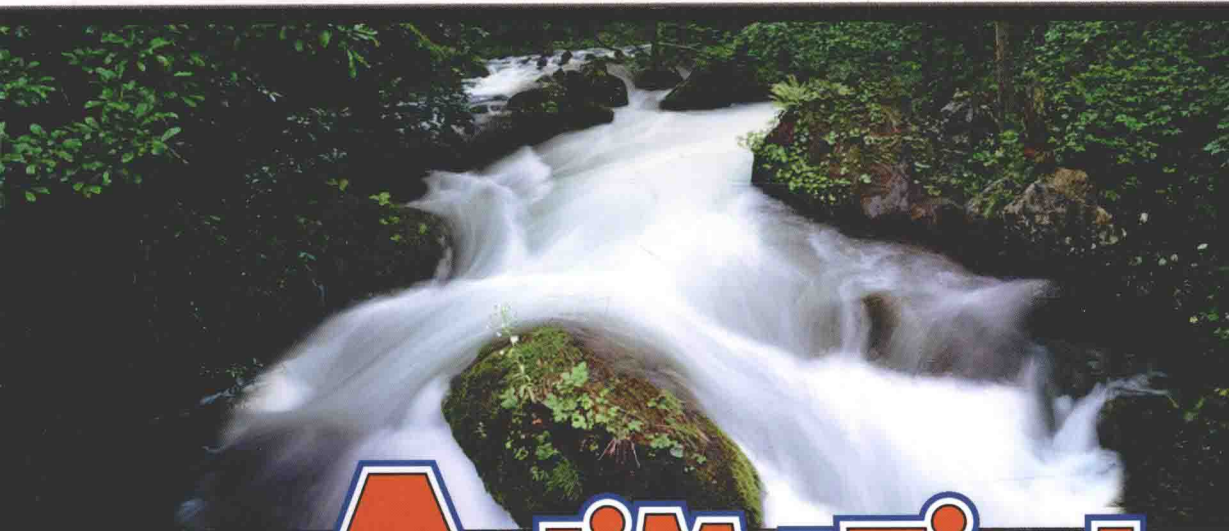
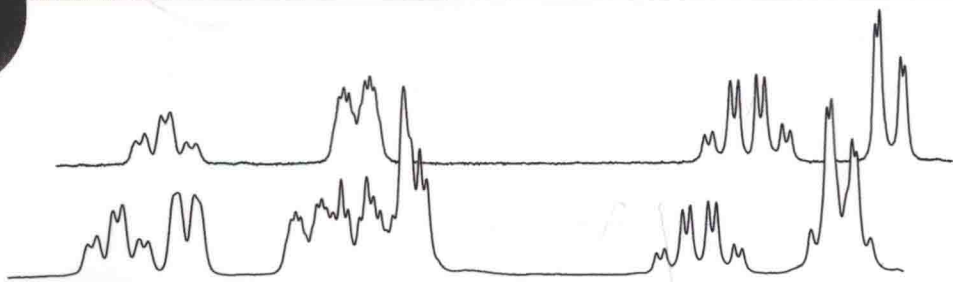




北京电影学院中国动画研究院推荐优秀动漫游系列教材

北京电影学院动画艺术研究所  
Animation Art Research Office CFA



# ANIMATION

# 多媒体声音设计

[美] 约瑟夫·坎塞莱罗 著  
王婧雅 姜 昕 齐宇飞 译



中国科学技术出版社  
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

# 多媒体声音设计

[美]约瑟夫·坎塞莱罗 著

王婧雅 姜昕 齐宇飞 译

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

多媒体声音设计 / (美) 坎塞莱罗著 ; 王婧雅, 姜昕, 齐宇飞译. —北京 : 中国科学技术出版社, 2014

(优秀动漫游系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5046 - 6656 - 7

I. ①多… II. ①坎… ②王… ③姜… ④齐… III. ①多媒体技术—数字音频技术—教材  
IV. ①TN912.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 131888 号

书名原文: Exploring sound design for interactive media

著作权合同登记号:01 - 2009 - 5437

出版人 苏 青  
策划编辑 肖 叶  
责任编辑 邵 梦  
封面设计 阳 光  
责任校对 王勤杰  
责任印制 马宇晨

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010 - 62173865 传真: 010 - 62179148

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

科学普及出版社发行部发行

北京盛通印刷股份有限公司印刷

\*

开本: 700 毫米 × 1000 毫米 1/16 印张: 14.75 字数: 250 千字

2015 年 7 月第 1 版 2015 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1 - 5000 册 定价: 43.00 元

ISBN 978 - 7 - 5046 - 6656 - 7/TN · 47

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、  
脱页者, 本社发行部负责调换)

# 序 言

## 目标读者

《多媒体声音设计》是写给学习声音制作的学生和专业人士的，但也并不仅限于此。声音设计的许多方面目前还仍在探索中，包括一些音乐导论级的内容，即使是对经验丰富的声音设计师来说也十分有用。

我一直认为，循序渐进的方法对于学生们打下一个进行声音设计的良好基础是十分必要的。在这本书中，声音科学的各个方面以及数字音频的技术问题都被囊括在内，没有这些内容就非常难以深入声音设计的概念中来。一旦能够透彻地理解这些内容之后，就进入到声音设计和音乐理论的领域。

如果你对互动媒体的声音设计原理感兴趣，本书就是你所需要的。学习声音的学生们是让我写这本书的最初动力，但是随着撰写工作的进展，我意识到，即使有些内容在书中并没有给予特别的强调，但是这些内容对于那些在这个领域专业上非常活跃的人们仍然很重要。

## 本书的背景

写这本书是因为我意识到，在声音专业的学习中，缺少一本能够介绍与声音设计相关的一些主要问题以及它与互动媒体之间关系的书籍。许多学生都是在缺乏声音及声音原理相关知识的情况下进入课堂的。这本书分为两个级别：导论级（介绍了声学的基本原理、录音和还音、数字音频以及许多实例来帮助学生更熟悉业内使用的数字工具，同时网页声音一体化的内容也有所涉及）和高级的声音设计级（包括线性和非线性视觉媒体中的声音所具有的心理学的和音乐的隐含意义）。这本书中所包含的信息来源于两方面：一方面是我自己的经验——包括教学的经验 and 在这个行业中作为作曲家和声音设计师的工作经验；另一方面来自于一些可靠的资料。我的主要目的是提出声音的一些较为困难的方面将之转化为一种能够易于读者掌握的形式。

最后，《多媒体声音设计》一书也同样考虑到了专业人员的需要。和许多声音设计师一起工作帮助我了解了现在的专业人员的需求。许多声音设计师都希望学习和了解音乐理论。音乐理论提供了对声音设计工艺与整个声轨的关系的敏锐洞察力。本书还有一章介绍音乐导论，相信应该会激励那些有经验的声音设计师和高年级的学生们进行更深入的音乐研究。

这本书的前提是建立在学生应当学会如何学习的设想上的。书中本来可以给出更多的信息，但是学生被鼓励去通过独立的调研来发现具体问题的更多信息。我希望，无论是专业人员还是学生们都能够通过阅读这本书获得足够的知识来提升他们的专业水准。总而言之，学习任何东西，特别是声音和音乐，都需要无限的好奇心和一种对这个专业的热爱。

## 本书的组成

《多媒体声音设计》一书分为两个部分。

第一篇总结了在声音的应用方面的考虑以及数字音频（包括制作音频和运用计算机处理）。第一章探讨了声学的一些基本原理：声音在空间中运动的各种方式以及为多媒体工程制作声音时所必要的声学；第二章研究了传声器、扬声器和控制台以及对声音设计师来说它们是如何有用的；第三章讨论了数字音频理论的基本要点及常见的误差类型；第四章介绍了工作站中声音制作常用的一些软件和硬件。针对一个既定的工程获得最佳音频质量的技巧和技术进行了讨论。

第二篇研究了声音设计的理论方面。第五章概述了音乐理论，并且将音乐和声音之间的共性联系到了一起；第六章进入了本书的核心内容——探讨了声音设计的原理，这一部分内容可以帮助声音设计初学者开始起步，无论他们是在线性还是非线性环境下设计声音；第七章和第八章涵盖了网页、流媒体和 MIDI 的声音设计技术和理论；最后，第九章以音频为主要工具，提供了一些构筑互动 3D 空间的 3D 框架的构筑软件，同时还介绍了不同种类可用的游戏编辑器和 3D 程序包。

## 特点

- 研究与游戏引擎和游戏编辑器相适应的音频技术，并且给出了实际的例子，促进使用者自己解决他们的问题。
- 涵盖了声音设计师最直接需要用到的概念，以及对频率的理解和传统和声学中音程的关系与和声的关系。
- 具有为声音设计师提供的一个独特的音乐理论概述，并且在概述中突出了声音与画面间在心理学和声学上的关系。
- 内容在逻辑上层层推进，图片清晰且意义明确，提出了成为成功的互动媒体声音设计师的建设性方法。
- 为初学者简明扼要地介绍了声学原理和数字音频。
- 为录音和还音提供了一个很好的起点。

# 如何使用这本书

这本书中具有以下这些特点：

## 目标

阅读“目标”部分开始每一章的学习。这部分内容指出了读者在对本章内容的理解上所应该达到的能力。



## 注释

注释给读者提供了一些特殊的提示、实际应用的技术和一些相关信息。





## 作者简介

约瑟夫·坎塞莱罗 (Joseph Cancellaro) 有着二十多年作为作曲家和声音设计师的从业经验，曾在世界各地从事专业创作和学院的教育工作。他创作的音乐在世界范围内演奏，在他不为各种音乐会作曲的时候，他有源源不断的电影和互动声音工作要做。

约瑟夫·坎塞莱罗是波兰波兹南超级计算与网络中心 (Poznan Supercomputing and Networking Center) 的主要声音设计师，同时他还兼任波兰帕德雷夫斯基波兹南音乐学院 (I. M Paderewski Poznan Academy of Music) 的副教授。约瑟夫于1995年参加了在苏格兰爱丁堡召开的奈克瑟斯会议 (NEXUS conference)，奈克瑟斯会议的主要目的是展开建筑学、音乐、声音、几何学原理和数学作为结合学科的研究。他曾为美国艺术家和美国现代音乐在国内外组织了许多音乐会演出。

约瑟夫于伯克利音乐学院 (Berklee College of Music) 取得电影作曲专业的音乐学士，后于新英格兰音乐学院 (New England Conservatory of Music) 取得作曲专业的音乐硕士，随后又在苏格兰爱丁堡大学 (University of Edinburgh, Scotland) 学习，获得作曲专业的博士学位。他于1989年开始从事教学工作，目前是芝加哥哥伦比亚大学的全职教员。

目前，约瑟夫与他的妻子莫妮卡 (Monika) 以及三个孩子——纳斯塔斯加 (Nastazja)、朱莉娅 (Julia) 和约瑟夫 (Joseph) 定居于美国芝加哥西郊。



约瑟夫·坎塞莱罗

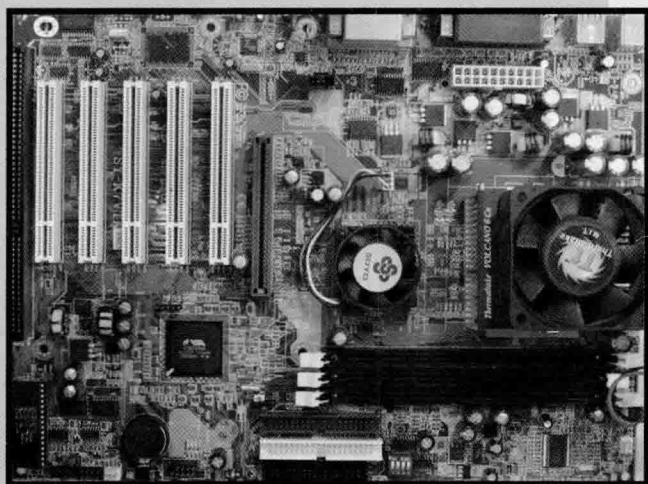


# 目 录

第一篇 实际应用知识	1
第一章 声学基础	2
第二章 模拟录音和还音	32
第三章 数字音频的基本原理	66
第四章 计算机与音频	92
第二篇 理论知识	121
第五章 声音设计相关的音乐理论	122
第六章 声音设计的原理	154
第七章 网络的声音设计	184
第八章 数据流与 MIDI	198
第九章 各种环境下的声音	214

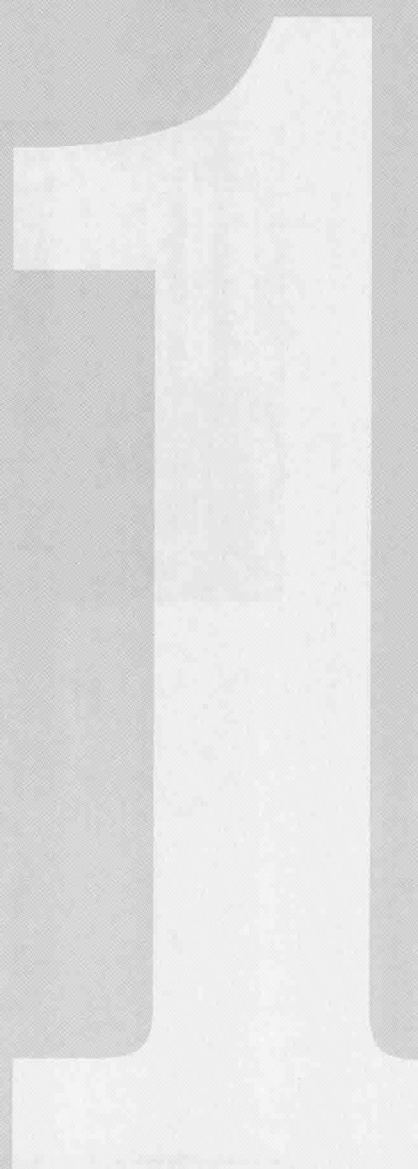
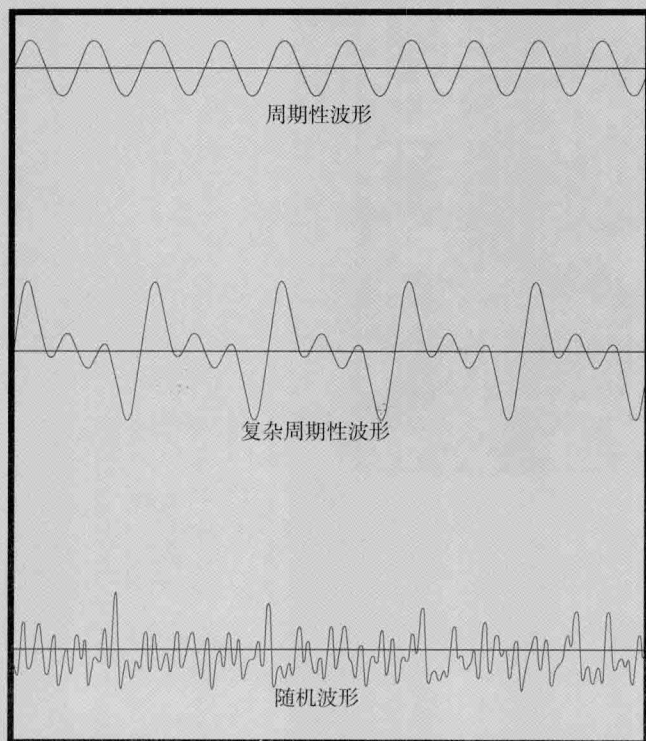
# 第一篇

# 实际应用知识



# 第一章

## 声学基础



## 目标

介绍声学的基本概念和声音的本质

提出声学与声音设计之间的关系

## 介绍

这一章介绍了与声学相关的基本概念。提供了创造构建声音设计技术的坚实基础所需要的所有可用信息。

## 你听见了吗？

你听见了吗？最有可能的回答是“我没有听到任何声音”，但是实际上，你听到了很多声音。声音是环绕在我们四周的。集中注意力在你周围的环境所产生的声音上，你能听见你房里的电脑、暖气机发出的声音，你的监视器发出的 15kHz 的嗡嗡声，还有鸟儿在喳喳叫。这些都是你周围环境中典型的声音。你注意到空气在你的肺里进出的声音了吗？这个声音之所以让人感觉不明显，原因是你已经习惯了听到自己的呼吸。你的呼吸是与你对氧气的需求相关联的，而氧气是让心脏运作的能源。你听见你的心跳了吗？现在你在听了吧。心脏跳动的节奏和速度对你对音乐的节拍和节奏的感觉，以及将之关联起来的过程起到了重要的作用。

今天你所接触到的音乐和声音与前几代人已经相差甚远。造成这种情况应该归功于数字录音和还音工艺的推广，以及令人震惊的技术飞跃和音频硬件的持续可用。我们大量接触声音的最重要的原因之一就是享受声音时得到的放松。在过去，当你可以听音乐的地方仅限于音乐厅或者你的客厅时，你的听觉感受会被提升且变得十分敏锐。想象一下，假如你只有在一位现场的演奏家演奏时才能听到你喜欢的一段音乐，那么你的听觉记忆将会变得令人惊讶。基于你在保留对音乐的印象时所需要的专注程度，演奏中那些微妙之处和神态都会深深地印在你的听觉记忆中，一般来说，听觉的记忆力会得到提升。另一种情况看上去则有所不同。每次你打开收音机、CD 播放器、DVD 播放器或者环绕立体声系统，你就置身于人声、音效和音乐形式的声音中。一首流行的歌曲在电台播放时可以频繁到一小时一次。一小时一次！如果你愿意的话，你还可以购买这个 CD 并且不停地听。那是相当大量的一种接触。当尝试去分析和进入听觉事件的某些关键方面时，这是很有利的。缺点则是，当声音/音乐素材能够在任意时间轻易获得的时候，听觉记忆便不再努力工作。记住了这些，你将成为一个更活跃的听众和声音创作者。通过对你的工作保持一种新鲜感和紧迫感，你将会更加重视和认真对待所有你所创作的声音工作。

现在你已经准备好了，那么当我们尝试去弄清楚声音对不同用户和听众个体产生的影响和结果的时候，我们应当从何开始？首先要了解的事情之一就是声音的科学。为了完全理解如何有效地在娱乐业和互动媒体中利用声音，那么研究声音的属性是一个顺理成章的起始点。

## 声音作为一门科学

声学即是声音的科学，并且它还是经典物理学的主要分支之一。你可以将它看作是对声音属性的研究和分析。声音的探索旅程自然是从这里开始。你的第一个念头也许是今天就着手开始进行声音设计，并且不断训练你的耳朵和尝试解决问题的技巧。但是了解这其中的原理使你能够创造一个更加精细和条理清晰的音轨，这也许在某种程度上是有用的。如果你打算严肃地对待声音，并且希望随时充满学习的热情，那么学习声学是你所能获得的最重要的长期的信息来源之一。当以后你真正开始为互动媒体或者线性视觉媒体工程进行声音创作的时候，了解声学将会为你创造很多思考的途径。请将对声学的学习看作是增长声音设计领域专业知识的一个必要步骤。

## 声音是什么？

简单地说，声音是对振动产生的听觉感知。声音的许多其他方面也组成了这个现象，但是一般说来，声音仅仅是听觉的振动。一般有两种类型的可闻声我们能够感知并且相互交流，就是噪声和音乐。噪声被定义为所有无序的、不和谐的声音，那些，总是环绕在我们周围的声音。音乐则是有序组织的，并且是故意而为的。然而，在噪声和音乐之间的明显差异却没有被清楚地界定。这个现象在“后二战时期”尤为突出，有时也称为音乐的现代主义、后现代主义，或者其他某些并不为人所接受的术语。

在当代音乐的世界里，曾经所谓的噪声和曾经所谓的音乐现在已经是同一件事了。在音乐领域内，你能找到许多噪声和音乐结合的例子。约翰·凯奇（John Cage）、哈里·帕切（Harry Partch）和谭盾就是利用多种能够创造声音的装置来进行音乐作曲的几位作曲家，这些装置既包括音乐的，也包括非音乐的。比如说凯奇，曾经为加料钢琴创作了许多音乐。其中的一部代表作就是《危险的夜晚》（The Perilous Night）——一部钢琴独奏的组曲。乐曲的所有声音都是通过将各种物品放置在钢琴的弦上或者各弦之间所产生的。这种音乐的起源和形成是相当值得你花费时间去研究的，它将揭示出另一个也许你认为不存在的、潜在的、未知的声音世界。

这一章内容主要关注周期性的声音。目前，分析这种类型的声音比分析更复杂的声音要更方便一些。声学原理应用于所有的声音，但是眼下我们仅仅是关注了那些简单的声音构成。了解了这一点，我们就来介绍关于声音三要素的一些基础知识。

## 三要素

我们要再一次提出这个古老的问题：如果森林中央的一棵树倒了，附近没有人听到，那么，这棵树发出声音了吗？绝对科学的回答是“是的”，无论是否有人能够感觉到，或者就这件事而言，无论那里是否有什么东西能够感觉到它。声音是物质世界的一部分并且因此遵循着物理学的原理和法则。

作为人类，我们对声音的感知和理解，是纯粹依靠经验的。如果那棵树倒在了森林中，没有人在那儿听到这个声音，也从来没有人听到过这种声音，因此，就人类感知而言，这棵树是没有发出声音的。但是从物理上说，它的确是发出了声音。

人类对声音的认知依赖于声音的三个基本属性。这是一个声音能够存在和被感知所必须具备的：

- 产生——一个振动的物体，通常以机械的方式传递能量：声源。
- 传播——声波传输需要介质。
- 感知——声波的接收端，比如人耳或者话筒。

这就是声音的三要素。这些属性也可以被称为生成、传输和接收，这决定于你在哪里读到它。应当记住的是，所有这些属性组成了一个完整的有机整体。单一要素不能在缺乏其他要素的情况下独立构成一个声音事件。我们对声学的研究囊括了在不同程度上变化的这三个属性。然而，在我们去看构成声学核心基础的具体内容之前，我们需要先去研究这些属性的普遍原理。

### 产生

当一个物体通过将机械能传输和转化为声能而产生运动时，就产生了声音。也就是说，当一个物体被击打、弯曲或者用力拉拔时，它就会开始振动。这种振动的结果导致声能以压力波的形式存在于介质中——在最常见的情况下，存在于环绕在振源周围的空气中。因此，请记住，所有振动的物体都具有创造声音的潜能。如果你将你的手指贴在声带所在的位置，大概是在脖子的中间，说话时你就能由手指感受到振动。

声音的产生是由于你的声带振动，然后再借由嘴巴发出来。现在，在电脑工作的时候将你的手放到电脑机箱的上面。你听到或是感觉到什么了吗？你应该感觉到机箱的振动并且听到它所产生的声音。生活中存在许多这样的例子：触觉能够强化声音产生的迹象。开始关注你的听觉环境吧！这是你在本书中的第一个任务，并且是一个永远没有结束日期的任务。

## 传播

一个声音从声源到达感受器必须通过一种介质来传输，声音不能在真空中存在。最可能的介质就是空气，并且我们的研究所关注的主要就是声音在空气中的传输。声音信号传播的过程相对较为简单。一个振动的物体，例如一个定音鼓面，在被鼓槌敲击之后来回振动并且在敲击停止后缓慢地失去能量。这种往复的运动在定音鼓面前方的空气中产生了一种干扰，这种干扰将会产生高于或者低于标准大气压的受压面。

## 注释

---

经测量，大气压值为 14.7psi (1psi =  $6.9 \times 10^3$  帕斯卡)。这个压力值的浮动范围非常非常小。如果大气压是 14.7psi，然后空气分子出现了大范围的偏离，又或者说是一个很大的声音，也许会造成从 14.667psi 到 14.702psi 的变化。我们的耳朵都是极度敏感的声音采集器。

---

这种由定音鼓面的振动所造成的对空气分子的干扰被称为**压缩**和**稀疏**。与向上运动的定音鼓面直接相邻而产生的空气分子的密度构型是声波的压缩阶段，而由定音鼓面向下运动所造成的低于大气压的分子扩张，则是稀疏阶段。这种压缩和稀疏的形态由声源向各个方向上不断反复着，因此声波向外运动并且与局部分子的干扰由一个区域向另一个区域传播的方向相同。分子并不与声音一起移动，它们只不过是偏离了它们的原始位置。只有声波穿过空气，从声源往各个方向发散。这个基本的要素被称为声波的传播。这种声能传输的具体形式表现为**纵波**，声音以纵波的形式传播。

## 感知

在产生和传播之后，声音被接收和理解。耳朵是作为接收器的一个很好的例子。耳朵接收了声波，并且通过各种转换向大脑发送信息，而大脑正是处理和辨识具有特征信息的声音的地方。对声音感知的科学研究被称为**心理声学**，心理声学有时被作为人类听觉的心理学研究而提及。心理声学与声音如何产生特定的情绪或是认知反应并不相关，这种类型的分析集合成了**心理学**。

一般来说，对声音的心理学感知划分为两类：**音调**（声音感知为高或低）和**响度**（对声音强弱的主观印象）。在声学上相对应的就是**频率**和**幅度**。只要弄清楚几个概念，响度与幅度的差别以及频率与音调的差别就比较容易理解。

音调基本上是对声音多高或者多低的心理感知。频率是对一个振动物体振动重复率的具体测量，并且作为结果，这个物体的振动产生了声音。对于那些接受了一定音乐训练的人来说，也许他们都知道有高音和低音，但却并



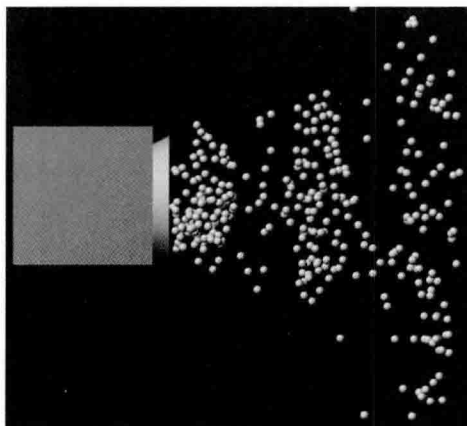
不一定都知道次中音（较低的中音区）、次高音（较高的中音区）以及相关所有的变化。

响度这个术语是用来描述声音强弱的主观感受。幅度则是对声音信号所产生气压强弱的量度。声音的音量和声音的幅度是不相同的。

音量是关于声音大小的量的一种心理学的量度，包括从频率、压力、谐波、声音空间当中的界面的属性以及长度所引申出来的一切。

另一类在了解你的声音环境上起到了重要作用的就是音质。音质是由泛音赋予声音的特征品质。由基频产生的谐波内容的强度和比例提供了随时间变化的音调的色彩以及泛音的相对幅度。音质以及谐波频谱对音乐和声音设计来说非常重要。关于谐波的更多详细内容将在本章和第五章中进行讨论。

声音以纵波的形式传播。如果要分析和完全理解声音，也要考虑其他种类的波形。现在我们来考虑一下波形的一些属性和特征，以及它们如何作用于我们理解和形象化声音。



图|1-1|

声音以纵波的形式传播。通过声波上某些点的分子密度可以观察到压缩和稀疏

## 波形

对波的研究让我们更好地理解在我们周围的环境中波是如何运动和作出反应的。波形是波的视觉表现，因此我们能够将波分解为基本的组成部分并且分析它。声音以纵波的形式传播，纵波也是波形的一种。如果我们能够物理地看到声波是一系列的压缩和稀疏，那么它将会看上去如图1-1的情形。波形的密集区代表压缩，稀疏则是相对较明亮的区域。注意压缩和稀疏是与声音的传播方向相同的。想想当你还是个孩子时玩的那个玩具

——弹簧圈（一种类似弹簧的能够拉伸后自身重塑的螺旋形玩具——译者注），声波也以相似的方式作用着。令弹簧圈的一部分产生位移，然后弹簧圈的S型连接又运动回到它的原始位置，波通过这样的方式穿过弹簧圈。

分析这种类型波形的图像也许有一点复杂。将声音形象化的更有用的方法就是使用横波作为我们的模型，这种方法能够让我们更清楚地理解声音的组成部分。这个模型用于接下来的声学讨论。横波是指波的运动趋势或者方向，垂直于质点或者分子运动的一种波。图1-2更精确地展示了这一点。