

探讨声音本质 分析合成声音  
构建声音对象 理论实践兼备

# Designing SOUND

## 设计声音

[英] 安迪·法内尔 (Andy Farnell) 著  
夏田 译 童雷 审

MEDIA

TECHNOLOGY

传媒典藏

音频技术与录音艺术译丛

# Designing SOUND 设计声音

[英] 安迪·法内尔 (Andy Farnell) 著

夏田 译 童雷 审



人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

设计声音 / (英) 安迪·法内尔 (Andy Farnell) 著;  
夏田译. — 北京: 人民邮电出版社, 2017. 6  
(音频技术与录音艺术译丛)  
ISBN 978-7-115-44748-7

I. ①设… II. ①安… ②夏… III. ①音质设计  
IV. ①TN912.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第026947号

## 版权声明

Designing Sound, written by Andy Farnell.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

ISBN 978-0-262-01441-0

©2010 Andy Farnell

All rights reserved. No part of this book may be reproduced in any form by any electronic or mechanical means (including photocopying, recording, or information storage and retrieval) without permission in writing from the publisher.

Printed in China by POSTS & TELECOM PRESS under arrangement with The MIT Press.

本书简体中文版由 The MIT Press 授权人民邮电出版社独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书中的任何部分。

版权所有, 侵权必究。

---

◆ 著 [英] 安迪·法内尔 (Andy Farnell)

译 夏 田

审 童 雷

责任编辑 宁 茜

责任印制 周昇亮

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本: 880×1230 1/16

印张: 26.75 2017年6月第1版

字数: 893千字 2017年6月河北第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2013-6217号

---

定价: 168.00元

读者服务热线: (010)81055339 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广字第8052号

本书能让学生和专业声音设计师了解并能从零基础创建音响效果。本书的论题是任何声音都能在分析与合成的指引下通过基本原理生成出来的。本书以从业者的视角，运用一种非常容易获得的免费软件，对普通的日常声音的基本原理进行探讨。读者使用 Pure Data (Pd) 语言构建**声音对象**，这是比录音更为灵活更为有用的东西。声音被看成是一个过程，而不是数据——有时候这种方法被称为“过程式音频”。过程式声音是一种活的音响效果，能够作为计算机代码运行，并能根据不可预知的事件进行实时改变。这种过程式声音的应用领域包括视频游戏、电影、动画和把声音作为交互过程一部分的各种媒体。

本书采用了一种实用的系统的方法来论述这个主题，通过示例和提供背景信息进行讲授，这为本

书的实用主义态度提供了坚实的理论环境。很多示例都遵循同样一种叙述模式：最开始先讨论一个声音的本质和物理过程，接下来开发各个模型，并对示例进行实现，最后为所需声音制作出 Pure Data 程序。全书对不同的合成方法进行了讨论、分析和精心改进。在掌握了书中呈现的各种技术以后，学生将能够为交互应用和其他项目搭建自己的声音对象。

本书作者安迪·法内尔 (Andy Farnell) 拥有伦敦大学学院的计算机科学与电子工程学位，现在专门从事数字音频信号处理工作。他曾经在 BBC 广播电视部门担任音响效果编程人员，并为产品搜索和数据存储的服务器端的应用程序进行过编程。

特别说明：本书中所有网站链接在与国外版权方授权合同期内有效。

谨以此书献给 Kate

## 致谢

本书献给我挚爱的始终给予我支持和鼓励的伴侣凯特，也为了纪念在本书写作期间过世的我的父亲本杰明·法内尔。

感谢给我鼓励让我完成本书的朋友和家人，Joan 和 John Hiscock，我和蔼耐心的姐姐 Vicky 和姐夫 Jonathan Bond，感谢他们提供的所有支持。也感谢 Lembit Rohumaa，他是一位慷慨热情的人，在 20 世纪 90 年代就建立了 Westbourne 工作室。感谢这间工作室里我曾经有幸共事的所有同仁，我从他们的聪明才智和思想里学到了很多关于声音的东西。感谢各个论坛社区里的那些提供帮助的朋友们——没有这些开源软件社区提供的不知疲倦的帮助，本书将无法完成。感谢所有校对者、专家顾问，还有以数不清的方式对本书做出贡献的所有人。他们包括 pd-list 邮件列表和论坛的各位成员，music-dsp 邮件列表的各位成员，以及雅虎声音设计邮件列表的各位成员，感谢你们的耐心、建议和真诚的批评。感谢 Openlab 的姑娘小伙儿们，你们分享的啤酒时不时能把我从精神错乱中拯救出来。

对于我忘记提到的任何人，我真诚地说声对不起。感谢你们所有人。

Andrew Bucksbarg ( 电信 )，Andrew Wilkie ( 音乐人、程序员 )，Andy Mellor ( 音乐人、程序员 )，Andy Tuke ( 程序员 )，Angela Travis ( 演员 )，Anthony Hughes ( DJ )，Augusta Annersley ( 心理学 )，Bart Malpas ( 音乐人 )，Carl Rohumaa ( 音乐人 )，Charles B. Maynes ( 声音设计师 )，Charles Henry ( 信号计算专家 )，Chris McCormick ( 游戏设计 )，Christina Smith ( 音乐人 )，Chun Lee ( 作曲，程序员 )，Claude Heiland-Allen ( 数字艺术家、程序员 )，Coll Anderson ( 声音设计师 )，Conor Patterson ( 数字艺术家 )，Cyrille Henry ( 交互音

乐 )，Daniel James ( 编创、程序员 )，Darren Brown ( 音乐人 )，David Randall [Randy] Thom ( 声音设计师 )，Derek Holzer ( Pure Data )，Domonic White ( 电子学、音乐人 )，Farella Dove ( 动画师，VJ )，Frank Barknecht ( 程序员、作家 )，Gavin Brockis ( 音乐人 )，Geoff Stokoe ( 物理 )，Grant Buckerfield ( 音乐制作人、声音设计师 )，Hans-Christoph Steiner ( Pure Data )，Ian ( 调试 )，Hathersall ( 电影制作人、程序员 )，Jim Cowdroy ( 音乐人 )，Jo Carter ( 教师 )，Julie Wood ( 音乐人 )，Karen Collins ( 游戏音频 )，Kate Brown ( 心理治疗师、音乐 )，Kees van den Doel ( 过程式音频 )，Keith Brown ( 化学家 )，Leon Van Noorden ( 心理声学 )，Marcus Voss ( 数字艺术家 )，Marius Schebella ( Pure Data )，Martin Peach ( Pure Data )，Mathieu Bouchard ( 数学 )，Mike Driver ( 物理 )，Miller Puckette ( 计算机音乐 )，Nick Dixon ( 音乐人、程序员 )，Norman Wilson ( 程序员 )，Patrice Colet ( Pure Data )，Patricia Allison ( 剧场 )，Paul Weir ( 作曲 )，Paul[Wiggy] Neville ( 制作人，音乐人 )，Paul Wyatt ( 音乐人 )，Peter Plessas ( Pure Data )，Peter Rounce ( 电子工程师 )，Peter Rudkin ( 化学家 )，Philippe-Aubert Gauthier ( 声学 )，Rob Atwood ( 物理学、程序员、艺术家 )，Rob Munroe ( 数字艺术家 )，Sarah Class ( 作曲 )，Sarah Weatherall ( 电影与广播 )，Shane Wells ( 电子学 )，Simon Clewer ( 程序员、物理学 )，S[Jag] Jagannathan ( 数字艺术家、程序员 )，Steffen Juul ( Pure Data )，Steve Fricker ( 声音 )，Steven W. Smith ( 编创、DSP )，Steven Hodges ( 电子学、计算 )，Timothy Selby ( 电子学 )。

所用软件包括：Pure Data，Nyquist，Csound，Xfig，Inkscape，Gnu Octave，Gnuplot，LaTeX。

<b>第1章 绪论</b> .....	1	结构与强度 .....	11
1.1 关于本书 .....	1	3.3 波 .....	12
目标 .....	1	波的模型 .....	12
读者 .....	1	力的交换 .....	12
1.2 使用本书 .....	1	传播 .....	13
要求 .....	1	波的类型 .....	13
结构 .....	2	幅度 .....	14
写作惯例 .....	2	速度 .....	14
		群速度和相速度 .....	14
		波长 .....	15
		频率与周期 .....	15
		简单的波算术 .....	15
		相位 .....	15
		叠加与相位对消 .....	16
		3.4 界面 .....	17
		在固体界面处弯曲波的相位 .....	17
		耦合 .....	18
		反射和驻波 .....	18
		振动模态 .....	19
		对声波进行可视化 .....	19
		形状 .....	20
		熵与热 .....	20
		耗散与阻尼 .....	20
		3.5 模拟 (analogue) .....	20
		势 .....	21
		能量输入口 .....	21
		流动 .....	21
		阻抗 .....	21
		抽头或输出口 .....	22
		容抗 .....	22
		实例网络类比 .....	22
		实例系统分析 .....	22
		3.6 致谢 .....	23
		3.7 参考文献 .....	23
<b>第一部分 理论</b>			
<b>第2章 理论介绍</b> .....	5		
2.1 声音设计的三个支柱 .....	5		
物理学 .....	5		
数学 .....	5		
心理学 .....	5		
技术与设计 .....	5		
<b>第3章 物理的声音</b> .....	7		
3.1 初等物理学 .....	7		
能量 .....	7		
力 .....	7		
压强 .....	7		
功 .....	7		
系统 .....	7		
功率 .....	8		
能量源 .....	8		
物质与质量 .....	8		
力、距离和加速度 .....	8		
位移、运动和自由度 .....	8		
激励 .....	8		
3.2 材料 .....	9		
弹性与复原 .....	9		
密度 .....	11		
塑性 .....	11		

<b>第4章 振动</b> .....	<b>25</b>	混响时间 .....	43
4.1 振荡器 .....	25	室外声学 .....	43
周期与频率 .....	25	5.4 声学振荡 .....	44
自旋物体的频率 .....	25	湍流 .....	44
弛豫 .....	26	雷诺数 .....	44
弛豫系统的频率 .....	27	湍流的声音 .....	44
量化 .....	27	管腔 .....	44
4.2 简谐振荡器 .....	28	来自管腔和喇叭的辐射 .....	45
在一根弹簧上的物块的频率 .....	28	赫尔姆霍茨振荡器 .....	45
摆的频率 .....	28	5.5 致谢 .....	46
LC网络的频率 .....	29	5.6 参考文献 .....	46
4.3 复杂的谐振荡器 .....	30	教科书 .....	46
弦的振荡 .....	30	论文 .....	46
一根棒子的振动 .....	30	在线资源 .....	46
锥形、薄膜和薄板的振荡 .....	32	<b>第6章 心理声学</b> .....	<b>47</b>
4.4 受激振荡和谐振 .....	32	6.1 感知声音 .....	47
4.5 参考文献 .....	33	人耳 .....	47
<b>第5章 声学</b> .....	<b>35</b>	人类听觉的频率范围 .....	47
5.1 声学系统 .....	35	非线性 .....	47
空气中的振动 .....	35	听觉门限 .....	48
辐射 .....	35	最小可觉差 .....	48
辐射图样 .....	35	定位 .....	48
球面波、柱面波和平面波 .....	36	耳间时间差 .....	48
5.2 强度与衰减 .....	36	耳间强度差 .....	48
声压级 .....	36	头响应传输函数 .....	49
位置与相关性 .....	37	距离 .....	49
声学声音强度 .....	37	声源身份特征 .....	49
几何衰减 .....	38	对响度的感知 .....	49
传导和吸收 .....	38	响度标度与计权 .....	49
5.3 其他传播效应 .....	39	持续时间和响度 .....	50
反射 .....	39	疲劳 .....	50
散射 .....	39	响度的改变 .....	50
弥散 .....	39	对频率的感知 .....	51
折射 .....	39	纯音的分辨 .....	51
衍射 .....	40	临界频带 .....	51
漫射 .....	41	音域 .....	51
地面效应 .....	41	分辨率 .....	51
间接界面耗散 .....	42	彼此接近的各个成分的平均值 .....	52
风切变 .....	42	幅度的快速变化 .....	52
像差 .....	42	幻象基频 .....	52
多普勒效应 .....	42	哈金斯双耳音高 .....	52
室内声学 .....	42	Bilsen频带边缘音高 .....	53



对频谱的感知 .....	53	图式激活 .....	61
对谐波和非谐波频谱的感知 .....	53	原初特征 .....	61
协和、和声和粗糙 .....	53	调理性 .....	61
明亮度、灰暗度和频谱质心 .....	53	连续性 .....	61
共振、平坦度和共振峰 .....	54	动量 .....	62
对时域结构的感知 .....	54	单调性 .....	62
颗粒度 .....	54	时域相关 .....	62
事件与流 .....	54	相干性 .....	62
包络 .....	54	场景分析的过程 .....	62
起音 .....	54	6.4 听觉记忆 .....	63
瞬变时间和上升时间 .....	55	短记忆与长时记忆 .....	63
缓慢的起音 .....	55	听觉流水线 .....	63
衰减 .....	55	文字记忆与非文字记忆 .....	63
延音 .....	55	视觉增强 .....	63
释音 .....	55	6.5 聆听策略 .....	63
作用力与运动 .....	55	聆听的层级结构 .....	64
先入为主与归属 .....	55	反身的 .....	64
持续时间的Gabor极限 .....	56	隐含的 .....	64
先后顺序的Hirsh极限 .....	56	因果的 .....	64
分流 .....	56	移情的 .....	64
通过音高进行的分流 .....	56	功能的 .....	64
范诺登模糊度 .....	56	语义的 .....	64
频谱分流与空间分流 .....	56	批判式的 .....	65
6.2 声音识别 .....	57	减化的 .....	65
格式塔效应 .....	57	分析式聆听 .....	65
辨别 .....	57	成分分析 .....	65
定标 .....	57	导因聆听 .....	65
相似性 .....	57	占用的 .....	65
匹配 .....	58	6.6 对声音的生理反应 .....	66
分类 .....	58	镫骨反射 .....	66
识别 .....	58	吃惊反应 .....	66
认可 .....	58	朝向反应 .....	66
关注 .....	58	狂喜反应 .....	66
对应 .....	59	应激反应 .....	66
非同步声音 .....	59	双耳差拍诱导 .....	66
盲听声音 .....	59	心理疗法的运用和艺术 .....	67
视听合约 .....	59	交叉模态感知 .....	67
缺席 .....	59	6.7 声音、语言 and 知识 .....	67
同时遮蔽 .....	60	想象中的声音 .....	67
时域相邻遮蔽 .....	60	谈论声音 .....	67
6.3 听觉场景分析 .....	60	名词描述 .....	67
分离 .....	60	形容词和附加词描述 .....	68

动名词描述 .....	68	正弦波 .....	80
拟声法和头韵法 .....	68	复谐运动 .....	81
参考点 .....	68	随机运动的信号 .....	82
过程式知识 .....	68	突然移动的信号 .....	82
陈述性领域知识 .....	68	慢速移动的信号 .....	84
命令性知识 .....	68	信号编程抽象 .....	84
诗歌性知识 .....	68	7.4 致谢 .....	85
分类知识 .....	69	7.5 参考文献 .....	85
弱文化领域知识 .....	69	书籍 .....	85
强文化领域知识 .....	69	论文 .....	85
6.8 练习 .....	69	在线资源 .....	86
练习1——感知 .....	69		
练习2——语言 .....	69		
练习3——知识与沟通 .....	69		
6.9 致谢 .....	69		
6.10 参考文献 .....	69		
书籍 .....	69		
论文 .....	70		
在线资源 .....	72		
<b>第7章 数字信号 .....</b>	<b>73</b>		
7.1 信号 .....	73		
换能器 .....	73		
连续的电子信号 .....	73		
声音换能器 .....	73		
信息 .....	73		
表示信号 .....	73		
数字编码 .....	74		
数字-模拟转换 .....	74		
模拟-数字转换 .....	75		
数字信号处理 .....	75		
浮点归一化形式 .....	76		
对采样样点进行平滑 .....	76		
7.2 图表 .....	77		
频谱 .....	77		
声谱图 .....	77		
瀑布图 .....	77		
7.3 生成数字波形 .....	78		
生成各个样点 .....	78		
缓冲区 .....	78		
零的声音(静音) .....	79		
1的声音(常数) .....	79		
运动的信号 .....	80		
		<b>第二部分 工具</b>	
		<b>第8章 工具介绍 .....</b>	<b>89</b>
		8.1 你需要什么 .....	89
		8.2 用于声音设计的工具 .....	89
		8.3 支撑工具 .....	89
		<b>第9章 从Pure Data开始 .....</b>	<b>91</b>
		9.1 Pure Data .....	91
		Pure Data的安装与运行 .....	91
		测试Pure Data .....	91
		9.2 Pure Data是如何工作的? .....	92
		对象(Object) .....	92
		连接(Connection) .....	92
		数据(Data) .....	92
		音色接线图(Patch) .....	93
		对Pd的深入考察 .....	93
		Pure Data软件结构 .....	93
		你的第一个音色接线图 .....	93
		创建一个画布 .....	93
		新对象的放置 .....	93
		编辑模式与接线 .....	94
		初始参数 .....	95
		调整各个对象 .....	95
		数字输入和输出 .....	95
		进入和退出编辑模式 .....	95
		更多的编辑操作 .....	95
		音色接线图文件 .....	96
		9.3 消息数据和GUI块 .....	96
		选择器 .....	96
		bang消息 .....	96
		bang块 .....	96

浮点消息 .....	96	10.4 列表对象和操作 .....	106
数字块 .....	97	列表的打包与解包 .....	106
开关块 .....	97	替换 .....	106
滑块和其他数值型GUI元件 .....	97	留存 .....	107
普通消息 .....	97	列表分发 .....	107
消息块 (Message Box) .....	97	更高级的列表操作 .....	107
符号消息 .....	97	10.5 输入和输出 .....	107
符号块 .....	98	打印 (Print) 对象 .....	108
列表 .....	98	MIDI .....	108
指针 .....	98	10.6 数字的使用 .....	109
表格、数组和图 .....	98	算术对象 .....	109
9.4 获取Pure Data帮助 .....	99	三角运算对象 .....	109
9.5 练习 .....	99	随机数 .....	109
练习1 .....	99	算术运算示例 .....	109
练习2 .....	99	比较对象 .....	110
练习3 .....	99	布尔逻辑对象 .....	110
9.6 参考文献 .....	99	10.7 常见的习惯用法 .....	110
<b>第10章 使用Pure Data .....</b>	<b>101</b>	约束计数器 .....	110
10.1 基本对象和操作原则 .....	101	累加器 .....	110
热输入和冷输入 .....	101	舍入 .....	111
不好的赋值顺序 .....	101	缩放 .....	111
触发器对象 .....	101	用Until进行循环 .....	111
让冷输入变热 .....	102	消息补数和倒数 .....	112
浮点数对象 .....	102	随机选择 .....	112
整型数对象 .....	102	加权随机选择 .....	112
符号和列表对象 .....	102	延时级联 .....	112
合并消息连接 .....	102	最后的浮点值和平均值 .....	112
10.2 使用时间和事件工作 .....	102	滑动最大值 (或最小值) .....	113
节拍器 .....	103	浮点低通滤波 .....	113
计数器时间基准 .....	103	<b>第11章 Pure Data的音频 .....</b>	<b>115</b>
计时对象 .....	103	11.1 音频对象 .....	115
Select .....	104	音频连接 .....	115
10.3 数据流控制 .....	104	音频块 .....	115
Route .....	104	音频对象对CPU的使用 .....	115
Moses .....	104	11.2 音频对象与原则 .....	116
Spigot .....	104	输出端与合并 .....	116
Swap .....	104	时间与分辨率 .....	116
Change .....	105	音频信号块到消息 .....	116
Send和Receive对象 .....	105	发送和接收音频信号 .....	116
广播消息 .....	105	音频发生器 .....	116
特殊消息目的地 .....	105	音频线段对象 .....	117
消息序列 .....	106	音频输入和输出 .....	117



层叠式的方法 .....	147	非线性方式 .....	157
中间层 .....	148	粒子方式 .....	158
15.2 参考文献 .....	148	物理方式 .....	158
<b>第16章 基本策略 .....</b>	<b>149</b>	16.8 实现 .....	158
16.1 工作方法 .....	149	封装 .....	158
聆听 .....	149	内部控制 .....	158
刺激 .....	149	接口 .....	159
使用缩放 .....	149	16.9 参数化 .....	159
改变视野 .....	149	去耦合 .....	159
保持感动 .....	149	正交性与参数空间 .....	159
平衡各种优先级 .....	149	参数空间的效率 .....	159
各种成功技术的重复利用和分享 .....	150	因数分解/塌缩 .....	159
创造一个舒适的工作空间 .....	150	16.10 实践与心理学 .....	160
欢迎观点的输入 .....	150	设计流程 .....	160
16.2 软件工程方法 .....	150	对象化 .....	160
结构化方法概述 .....	150	方便性 .....	161
16.3 需求分析过程 .....	152	涌流 .....	161
达成一致看法 .....	152	专心、熟悉、简单 .....	161
需求规格说明的文档 .....	152	时间与想象 .....	162
编写需求规格说明 .....	153	16.11 参考文献 .....	162
占位符与依恋 .....	153	在线资源 .....	162
目标媒体 .....	153	<b>第17章 技术1——加法 .....</b>	<b>163</b>
16.4 研究 .....	153	17.1 加性合成 .....	163
报刊、书籍、电视纪录片 .....	153	17.2 离散求和合成 .....	165
原理图与平面图 .....	153	17.3 预计算 .....	166
解析式的、局部的录音 .....	154	17.4 参考文献 .....	166
冲激和测试激励 .....	154	<b>第18章 技术2——波表 .....</b>	<b>167</b>
物理拆解 .....	154	18.1 波表合成 .....	167
16.5 创建一个模型 .....	155	18.2 实际的波表 .....	168
模型抽象 .....	155	18.3 矢量合成 .....	168
16.6 分析 .....	155	18.4 波形扫描合成 .....	169
波形分析 .....	155	18.5 参考文献 .....	170
频谱分析 .....	155	<b>第19章 技术3——非线性函数 .....</b>	<b>171</b>
物理分析 .....	156	19.1 波形整形 .....	171
运算分析 .....	156	波表转移函数 .....	171
模型参数化 .....	156	19.2 切比雪夫多项式 .....	172
16.7 方法 .....	156	19.3 参考文献 .....	174
分段函数 .....	157	<b>第20章 技术4——调制 .....</b>	<b>175</b>
纯加性方式 .....	157	20.1 幅度调制 .....	175
混合式的加性方式 .....	157	20.2 加入边带 .....	176
波表方式 .....	157	20.3 与其他频谱级联的AM .....	177
减性方式 .....	157	20.4 单边带调制 .....	178

20.5 频率调制	178	默认形式	193
负频率	181	多样性	193
相位调制	182	可变的代价	193
20.6 参考文献	182	动态LOAD	193
<b>第21章 技术5——粒子</b>	<b>183</b>	22.5 新游戏音频系统的种种挑战	194
21.1 粒子合成	183	动态的图形组态	194
粒子发生器	183	反常与漂移等偶发事件	194
粒子合成的类型	185	自动代码翻译	194
声音杂混	185	嵌入一个Pd解释器	195
粒子材质源	186	插件	195
21.2 时间与音高的变更	187	代价规格	195
21.3 参考文献	188	混合结构	195
教科书	188	硬声音	195
论文	188	22.6 参考文献	195
<b>第22章 游戏音频</b>	<b>189</b>	书籍	195
22.1 虚拟现实基础	189	论文	196
游戏对象	189	在线资源	196
对象方法	189		
对象视图	189		
对象的行为	189		
玩家	189		
世界几何	190		
场景	190		
平台	190		
游戏逻辑	190		
行事者与相关性	190		
22.2 采样样本还是过程式音频?	191		
事件对行为	191		
基于样本的音频的种种局限	191		
22.3 传统游戏音频引擎的各种功能	191		
切换	191		
序列和随机化	191		
混合	191		
编组与母线	191		
实时控制器	192		
定位	192		
环境氛围	192		
衰减与阻尼	192		
复制与对齐	192		
音乐对白和菜单	192		
22.4 过程式音频的种种优势	192		
延期的形式	192		
		<b>第四部分 实战</b>	
		<b>第23章 实战介绍</b>	<b>199</b>
		<b>实战系列——人工声音</b>	<b>201</b>
		<b>第24章 实战1——人行横道</b>	<b>203</b>
		<b>第25章 实战2——电话铃音</b>	<b>207</b>
		<b>第26章 实战3——DTMF拨号音</b>	<b>211</b>
		<b>第27章 实战4——警报发生器</b>	<b>213</b>
		<b>第28章 实战5——警笛</b>	<b>217</b>
		<b>实战系列——非膜质打击乐器</b>	<b>223</b>
		<b>第29章 实战6——电话铃</b>	<b>225</b>
		<b>第30章 实战7——弹跳</b>	<b>235</b>
		<b>第31章 实战8——滚动</b>	<b>239</b>
		<b>第32章 实战9——吱吱作响</b>	<b>243</b>
		<b>第33章 实战10——破噤</b>	<b>247</b>
		<b>实战系列——自然</b>	<b>251</b>
		<b>第34章 实战11——火</b>	<b>253</b>
		<b>第35章 实战12——冒泡</b>	<b>259</b>
		<b>第36章 实战13——流动的水</b>	<b>265</b>
		<b>第37章 实战14——浇灌</b>	<b>271</b>
		<b>第38章 实战15——雨</b>	<b>275</b>
		<b>第39章 实战16——电</b>	<b>281</b>

第40章 实战17——雷 .....	287	第50章 实战27——昆虫 .....	347
第41章 实战18——风 .....	295	第51章 实战28——鸟 .....	357
实战系列——机器 .....	301	第52章 实战29——哺乳动物 .....	363
第42章 实战19——开关 .....	303	实战系列——破坏 .....	369
第43章 实战20——钟表 .....	307	第53章 实战30——枪 .....	371
第44章 实战21——电动机 .....	311	第54章 实战31——爆炸 .....	381
第45章 实战22——汽车 .....	315	第55章 实战32——火箭筒 .....	389
第46章 实战23——风扇 .....	321	实战系列——科学幻想 .....	395
第47章 实战24——喷气式发动机 .....	325	第56章 实战33——传送器 .....	397
第48章 实战25——直升机 .....	329	第57章 实战34——R2D2 .....	401
实战系列——生命体 .....	339	第58章 实战35——红色警报 .....	405
第49章 实战26——脚步 .....	341	封面图片来源 .....	409

# 绪论

这是一本为那些希望了解并能够从零开始创建音响效果的读者准备的教科书。本书把声音看作一种过程，而不是一种数据，这个话题有时候被称为“过程式音频（procedural audio）”。本书的论题是任何声音都可以从最初的基本原理出发，在分析与合成的指引下最终产生出来。由此衍生出一个概念：在某些方面，以这种方式构建的声音要比那些录音更具真实感也更有用，因为它们捕捉了行为特性。虽然要想创建出在真实感方面能够与录音相匹敌的合成声音需要相当可观的工作量，但回报也是惊人的。那些不可能被录制下来的声音也变得能够实现了。当现有的任何效果处理过程都无法达到目的时，各种变换可以让事情成为可能。幻想类的声音可以用合乎逻辑的外推来创建。这显著扩大了传统声音设计师的声音调色板，超越了对现有素材进行混音和运用效果器使设计师们能够构建和操纵各种虚拟声音对象。由此，设计师们获得了某种具有非凡属性的东西，这种东西具有顺从的形式。过程式声音是一种活的音响效果，能够作为计算机代码来运行，并能根据各种不可预知的事件进行实时改变。对于视频游戏来说这种优势是巨大的，并且它同样激发了其在动画和其他现代媒体中的应用。

## 1.1 关于本书

### 目标

本书的目标是探索使用计算机以及可以轻松获得的免费软件来制作的普通日常声音的基本原理。我们使用 Pure Data (Pd) 语言来构建声音对象 (sound objects)，与对声音的录音不同，这些对象在日后可以用一种灵活的方式来使用。本书将通过实例讲授制作过程式音频的一种实用且系统的方法，并辅以背景知识来提供整个过程的来龙去脉。由此，具有技术倾向的艺术家可以创建出他们自己的声音对象，用于交互式应用和其他项目。虽然本书并没有打算写成一本

Pure Data 手册，但书中对 Pure Data 的接线图进行了充分的入门介绍，足以让读者完成各个练习。本书提供了关于声音和计算机音频方面的各种参考文献和外部资料来源，包括其他重要的教科书、网站、应用、科研文献以及对本书开发的素材构成支持的研究。

### 读者

在游戏、电影、动画和媒体中，声音是互动过程的一个组成部分，对于在这类领域中工作的现代声音设计师们本书是有用的。那些使用传统方法，但正在寻求一种更深层次的理解，并希望在工作中进行更精细控制的设计师们也会从本书中获益。书中不涉及音乐制作、传统录音、编曲、混音或运用采样本库工作等内容。本书假定读者已经熟知了这些概念，并能够使用各种多轨编辑器，如 Ardour 和 Pro Tools，同时还具备一些更宽泛的声音设计所要求的各种必备知识。本书并不是完全为初学者编写的，但力图让读者循序渐进地经历数字信号处理 (DSP) 和声音合成那条陡峭的学习曲线。学习数字音频、声音制作、音乐技术、电影和游戏声音的学生，以及音频软件的开发人员，都能在本书中找到一些感兴趣的内容。本书要求读者了解一点编程知识，但并不需要读者具备编程能力。

## 1.2 使用本书

### 要求

本书不是 Pure Data 完整的入门介绍，也不是声音合成理论的概要。声音设计师需要具有广博的背景知识、经验、想象力和耐心。掌握日常物理学对于分析和理解声音过程是很有帮助的。本书有一个宏伟的目标，那就是用非常少的数学来讲授合成声音的制作。只要有可能，我就会尽量仅使用文字和图形来解释信号处理理论的各个部分。不过，有时候也要用代



码或方程来解释某一点，特别是在最开始的那些理论章节中会给出一些公式作为参考。

虽然“利用若干数字制作出声音”本身就是一个数学过程，但幸运的是现在有很多工具能够把信号编程的烦冗细节隐藏起来，用可视化的代码进行更为直接的表达。为了发挥本书的最大功效，认真的读者应该着手进行数字音频和 DSP 理论方面的基础知识的学习。作为实际的底线，读者应该熟悉简单的算术、三角、逻辑和图形。

曾经在 Pure Data 或 Max/MSP 中使用过接线图的读者将具备一定的领先优势，但即使没有此类经验，这些基本原理也是很容易学习的。虽然 Pure Data 是讲授这一课题的主要工具，但在讨论基本原理时我将尽量采用一种不明确指定具体应用程序的方式。一些内容可以在不需要其他资源的情况下读懂并提供资讯，但为了最大限度地运用它，读者应该用一台装配成音频工作站的计算机进行工作，并完成各个实战示例。大多数示例对于系统的最低要求是：500 MHz CPU、256 MB 内存、声卡、音箱或耳机、Pure Data 程序。能够处理微软 .wav 或苹果 .aiff 格式的简单波形文件的编辑器——比如 Audacity——将会很有用。


## 结构

书中所举的很多例子都遵循同一个模式。首先讨论一个声音的本性和物理原理，并讨论我们的目标和受到的各种限制。接下来我们将探讨理论并为开发合成模型收集素材。在选择一套方法以后，每个例子将被实现，通过几个逐渐改进的阶段为所需声音制作出一个 Pure Data 音色接线图。为了最大限度地利用空间并避免重复，我有时仅会给出发生变动的音色接线图

的细节。作为潜台词，我们将讨论、分析和改进我们使用的各种不同的合成技术。所以你不用手动输入每个 Pure Data 接线图，这些示例都可以通过网络下载：

<http://mitpress.mit.edu/designingsound>。读者如果无法使用 Pure Data，这里还有音频示例可以帮助你理解书中的内容。

## 写作惯例

Pure Data 被缩写为 Pd，而且由于有其他类似的 DSP 接线工具，你可能喜欢把 Pd 当作广义的“接线图”。对于大多数命令，键盘快捷键都会以组合键 Ctrl+S 或 Return 这样的形式给出。请注意，对于 Mac 用户，Ctrl 指的是“command”键，并且 right click 或 left click 是有具体定义的，你应该使用恰当的键盘与鼠标点击相配合。数字在所有地方几乎都被写成了浮点小数，特别是当它们用来表示信号的时候，你始终要注意，在 Pd 中所有数字都是浮点形式的。在其他语境中，普通的整数也同样会使用。图表用来展示信号，这些图表通常被归一化到 -1.0 ~ +1.0，但不必过分严肃地对待绝对标度或数值，除非相关的讨论就是在针对这些数值。为了简洁清晰，缩放比例通常都是为了让图形能够恰好显示这个信号。当我们在行文中提到一个 Pd 对象时，通常都会用一个小容器块来表示，比如 。这个块中的内容就是这个对象的名称，比如现在这个例子就是一个节拍器 (metronome)。Pd 的座右铭是“图就是程序”。Pd 的作者米勒·帕克特 (Miller Puckette) 秉承这一理想，把 Pd 做得非常适合用于出版与教学，因为仅仅通过观察这些接线图就可以实现各个示例。