

全国高等音乐院校录音，音频编辑，电子音乐制作等相关专业推荐教材

Native Instruments公司中国地区官方指定认证教材 | MIDIFAN网站大力推荐



软件合成器 技术实战手册

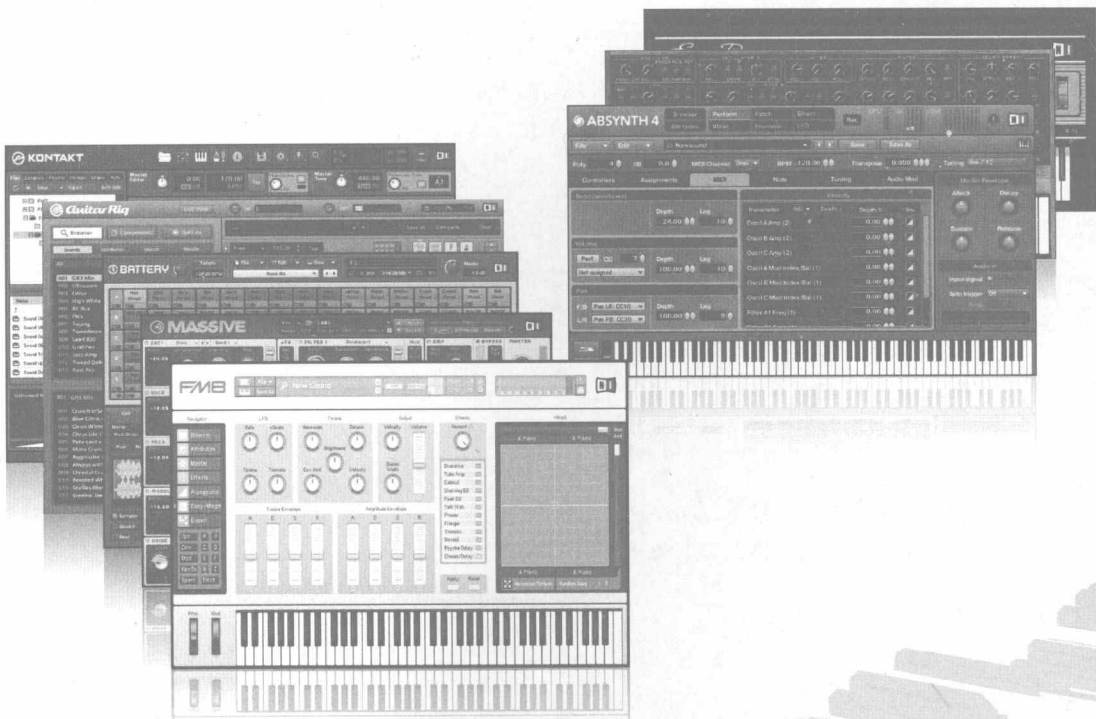
—— 音色制作与模块编程

- ④ 声音特性的认识和理解
- ④ 合成器的基本结构，主要参数和工作原理
- ④ 五款主流软件合成器的使用方法、参数详解与音色制作实例
- ④ 两款主流模块化合成器的使用方法与软件合成器的制作实例

熊鹰 编著



清华大学出版社



软件合成器 技术实战手册

—— 音色制作与模块编程

熊鹰 编著

J619-39
X1

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书由浅入深地讲解了软件合成器及与之关系密切的电脑音乐周边技术(声学基础、音频处理技术等),再结合数款主流的软件合成器来对这些理论进行消化。这些理论知识也同样适用于硬件合成器,对于音频处理方面的知识是一个很好的补充。

全书共10章,内容主要包括:认识声音和声谱、认识合成器、进入软件合成器的世界、合成器的工作原理、几款实用的合成器(Minimoog V、FM8、Sytrus和Absynth 4等)实战、模块化合成器(SynthEdit和SynthMaker)编程,以及两款软件合成器(Kore和Komplete)新方向等。附录中还介绍了软件合成器的安装、设置和调用,并给出音高与频率对照表、MIDI控制器功能表、合成器历史编年表、词汇表和网络资源等内容。

本书内容丰富,结构清晰,由浅入深,图文并茂。适合音乐及艺术院校相关专业的学生、音乐制作爱好者和从事相关行业的音乐工作者学习和参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

软件合成器技术实战手册——音色制作与模块编程/熊鹰编著.

—北京:清华大学出版社,2008.7

ISBN 978-7-302-17886-6

I. 软… II.熊… III. 多媒体-计算机应用-音乐制作-技术手册 IV. J619-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第088415号

责任编辑:夏非彼 杨秀芝

装帧设计:图格新知

责任校对:贾淑媛

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19 字 数:462千字

版 次:2008年7月第1版 印 次:2008年7月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:39.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:029401-01

德国 Native Instruments 公司中国地区总代理，千帆乐器
总经理白一帆为本书题词。

千帆乐器以及德国 Native Instruments 公司真诚地希
望软件合成器技术能在中国地区得到很好地普及和发展。

愿《软件合成器技术实战手册》一书能够使得更多
音乐人和作曲家利用这一新兴技术来进行音乐制作和
创作，将音乐艺术面向现代化和国际化。



2008年6月

推 荐 序

在这个科技发展迅速的信息时代，音乐创作的传统模式已经得到了革命性的改变。作曲家和音乐人再也不需要像以前那样，准备一大堆纸、笔、谱稿或准备昂贵乐器进行创作，现在只需要一台电脑，加上一套软件，即可轻松地完成前人不加想象的艰巨任务。

基于计算机系统的强大的数字音乐工作站早已不是什么稀罕之物，随着这项新技术的普及，更多的音乐人甚至音乐爱好者都纷纷加入到此行列中。据我们在 MIDIFAN 网站论坛及音乐制作教学方面的长期观察，总结了大多数音乐制作爱好者在学习过程中所面临的几大问题，其中最严重的一项就是软件合成器的使用方法。在软音源层出不穷的今天，各种软件合成器铺天盖地，这本应是一件好事，可是当这些软件合成器到了大多数音乐制作爱好者的手中后，只能被当成一架波表来使用，而无法充分利用它强大的功能，这不免让人有些感叹。

自 20 世纪初开始，这个被叫作合成器的机器便被用于音乐领域。严格地说，合成器并不是一件乐器，但这并不影响它被后来的音乐人所接受和宠爱的命运，从而一直盛行至今。从古典音乐到电声音乐，再到如今的电子音乐，其乐器（或虚拟乐器）音色已经非常丰富，作曲家或艺术家需要表达的意境，自然声学乐器已经无法满足他们的需要。各种真实乐器所无法发出的音色，在当今已经被各种新兴音乐、流行音乐以及影视音景音效广泛应用。这是趋势所需，也是音乐创作和电影配音长期发展的必经阶段。

本书作者熊鹰（网名：飞来音）同志长期致力于音乐制作技术的推广与教学工作，在 MIDIFAN 网站、论坛和杂志等专业媒体发表过多篇文章和电子教程，在小旭电脑音乐教室执教期间总结出了一系列宝贵的教学方法和经验，受到广大网友和读者的一致好评。

合成器是音乐制作系统中不可缺少的一个重要部分，是众多键盘手和演奏家现场演出的得力“乐器”，是为音乐家编曲提供声音音源的核心设备。作为一名 21 世纪的现代音乐人，应当积极地学习新的知识、掌握新的技术，而不要仅限于简单地使用它，应当驾驭它！对大家来说，这是一个学习、挑战和探索的过程，更是一个跨向成功的过程！

汤楠 卢小旭
2008 年 5 月于北京

本书导读

随着电脑音乐制作爱好者的日渐增多，市场需求和供应也随之扩大，各种音乐工作站软件的操作问题有很多资料和教程可供参考和查阅。音乐制作爱好者在掌握了工作站软件的使用方法之后又会产生新的问题，就是如何正确地去使用这些工作站软件中的插件，如软件合成器、软件效果器等。

本书以音乐制作过程中一个非常重要的环节——软件合成器的使用与音色制作为主要框架，对软件合成器以及与之关系密切的电脑音乐周边技术（声学基础、音频处理技术等）进行由浅入深的讲解。同时结合数款主流软件合成器对这些理论进行消化。同时，这些理论知识也同样适用于硬件合成器，对于音频处理方面的知识是一个很好的补充。

除了必要的理论知识外，本书对数款重点涉及的软件合成器界面中的每一个旋钮、推子和开关等参数项目进行详细介绍，并一步一步地演示如何使用该合成器去制作自己所需要的音色或声音。为了方便阅读和理解，笔者对实例部分中的每一步操作进行了说明，并截取当前界面的图片，标明需要注意的事项。

当然，学习本书的目的并不是有意将音乐制作的过程进行数理化或技术化，希望读者通过这些合成器的音色合成实例来了解合成器的使用方法，在实际的音乐制作过程中能够有目的、有效地改善、修改和获得自己想要的音色。作者不希望看到一个音乐人因为盲目地钻研软件和声音原理而忽略了音乐本身，所以本书尽量以最简洁明了的语言来阐述与之关系不大的问题，让读者迅速掌握这些合成器的使用方法，留下更多的时间投入到音乐创作之中去。

总之，强调理论是为了举一反三；大量实战，是为了强化应用。希望本书能够帮助那些面对各种各样的软件合成器而不知所措的读者获得想要的知识！

A. 本书的主要内容是什么？

- 声音特性的认识和理解。
- 合成器（效果器）的基本结构、主要参数和工作原理。
- 5款不同合成方式的主流软件合成器使用方法、参数详解与音色制作的实例分析。
- 2款主流模块化合成器的使用方法与制作软件合成器的操作实例。
- 主流软件合成器的介绍。

B. 从本书中能学到什么？

- 对物理声学专业知识望而却步的音乐人从此可以轻松了解和掌握这些基础内容，填补自己在这方面的空白。



- 神秘的声音合成技术不再神秘，合成器上那些乱七八糟的设备不再陌生。
- 清楚地认识软件合成器上密密麻麻的旋钮和开关的作用。
- 主流软件合成器的使用方法、音色制作和效果调试。
- 编程和制作属于自己的 VSTi 软件合成器。

C. 什么样的人适合学习本书？

- 音乐及艺术院校相关专业的学生、音乐制作爱好者等。
- 从事电影和游戏配音、配乐的工作人员等。
- 从事录音和调音工作的录音师、DJ 等。
- 从事音乐行业的音乐人、作曲家、乐手和演奏家等。

D. 应该如何学习本书？

准备阶段

认真阅读本书附录 A 和附录 B，学会正确安装和调用软件合成器。

第一阶段

- 认真阅读本书第 1 章所有内容，并融会贯通。
- 认真阅读本书第 2 章所有内容，并背记单词。
- 浏览本书第 3 章 3.1 节内容，并结合第 2 章内容进行理解。
- 跟随本书第 3 章 3.2 节内容的实例部分进行操作，并修改音色。

第二阶段

- 认真阅读本书第 4 章所有内容，了解合成器的工作原理。
- 浏览本书第 5 章 5.1 节内容，并结合第 2 章和第 4 章的内容进行理解。
- 跟随本书第 5 章 5.2 节内容的实例部分进行操作，并修改和制作音色。
- 浏览本书第 6 章 6.1 一节内容，并结合第 2 章和第 4 章的内容进行理解。
- 跟随本书第 6 章 6.2 节内容的实例部分进行操作，并修改和制作音色。
- 浏览本书第 7 章 7.1 节内容，并结合第 2 章和第 4 章的内容进行理解。
- 跟随本书第 7 章 7.2 节内容的实例部分进行操作，并修改和制作音色。
- 浏览本书第 8 章 8.1 节内容，并结合第 2 章和第 4 章的内容进行理解。
- 跟随本书第 8 章 8.2 节内容的实例部分进行操作，并修改和制作音色。

第三阶段

跟随本书第 9 章内容的实例进行操作，制作自己的软件合成器。

编著者
2008 年 5 月

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 认识声音和声谱 | 1 |
| 1.1 认识声音 | 2 |
| 1.1.1 认识静态的声音 | 2 |
| 1.1.2 认识动态的声音 | 4 |
| 1.2 认识声谱 | 7 |
| 1.2.1 简单波形的声谱 | 7 |
| 1.2.2 复杂波形的声谱 | 9 |
| 1.2.3 总结 | 12 |
| 第 2 章 认识合成器 | 13 |
| 2.1 合成器上的主要设备 | 14 |
| 2.1.1 振荡器 | 14 |
| 2.1.2 低频振荡器 | 15 |
| 2.1.3 滤波器 | 16 |
| 2.1.4 包络发生器 | 19 |
| 2.1.5 噪音发生器 | 21 |
| 2.1.6 混合器 | 22 |
| 2.1.7 放大器 | 22 |
| 2.2 合成器上的效果设备 | 22 |
| 2.2.1 均衡处理器 | 22 |
| 2.2.2 压缩处理器 | 23 |
| 2.2.3 混响效果器 | 24 |
| 2.2.4 失真效果器 | 25 |
| 2.2.5 延迟效果器 | 25 |
| 2.2.6 合唱效果器 | 26 |
| 2.2.7 移相效果器 | 27 |
| 2.2.8 镶边效果器 | 27 |
| 2.2.9 哇音效果器 | 27 |
| 2.3 合成器上的其他设备 | 28 |
| 2.3.1 采样器 | 28 |
| 2.3.2 琶音器 | 29 |
| 2.3.3 音序器 | 30 |
| 第 3 章 进入软件合成器的世界 | 31 |
| 3.1 Ravity-S 合成器参数详解 | 32 |
| 3.1.1 主界面 (MAIN) | 32 |
| 3.1.2 层面设置 (LAYER) | 34 |
| 3.1.3 振荡器 (OSC) | 34 |
| 3.1.4 滤波器 (FILTER) | 35 |
| 3.1.5 包络放大器 (AMP ENV) | 35 |
| 3.1.6 低频振荡器 (LFO) | 36 |



| | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|
| 3.1.7 | 琶音器 (ARP) | 36 |
| 3.1.8 | 总控设置 (SETTINGS) | 37 |
| 3.1.9 | 效果器 (FX) | 38 |
| 3.2 | Ravity-S 合成器应用实战 | 39 |
| 3.2.1 | 制作钢琴与弦乐合奏的混合音色 | 39 |
| 3.2.2 | 制作电子舞曲音乐混合音色 | 41 |
| 第 4 章 | 合成器的工作原理 | 53 |
| 4.1 | 静态的声音制造 | 54 |
| 4.1.1 | 加法合成 | 54 |
| 4.1.2 | 减法合成 | 55 |
| 4.1.3 | 频率调制合成 | 57 |
| 4.1.4 | 振幅与环形调制合成 | 58 |
| 4.1.5 | 其他方式合成 | 60 |
| 4.2 | 动态的声音制造 | 64 |
| 第 5 章 | Minimoog V 加/减法合成器应用实战 | 66 |
| 5.1 | Minimoog V 合成器参数详解 | 67 |
| 5.1.1 | 主界面 (MAIN) | 67 |
| 5.1.2 | 工具栏 (TOOLBAR) | 68 |
| 5.1.3 | 控制器 (CONTROLLERS) | 68 |
| 5.1.4 | 振荡器 (OSCILLATOR BANK) | 69 |
| 5.1.5 | 混合器 (MIXER) | 70 |
| 5.1.6 | 滤波器 (FILTER) | 71 |
| 5.1.7 | 包络调节器 (MODIFIERS) | 71 |
| 5.1.8 | 放大器输出 (OUTPUT) | 72 |
| 5.1.9 | 键盘设置 (KEY SETTINGS) | 72 |
| 5.1.10 | 低频振荡器 (LFO) | 73 |
| 5.1.11 | 琶音器 (ARPEGGIATOR) | 74 |
| 5.1.12 | 效果器 (EFFECTS) | 74 |
| 5.1.13 | 调制矩阵 (MATRIX) | 75 |
| 5.2 | Minimoog V 合成器音色制作 | 77 |
| 5.2.1 | 声学乐器音色制作: 铜管乐器音色 | 77 |
| 5.2.2 | 电子乐器音色制作: 合成贝司音色 | 80 |
| 5.2.3 | 声音效果制作: 动态的马蹄声 | 84 |
| 第 6 章 | FM8 频率调制合成器应用实战 | 87 |
| 6.1 | FM8 合成器参数详解 | 88 |
| 6.1.1 | 主界面 (MAIN) | 88 |
| 6.1.2 | 浏览器 (BROWSER) | 88 |
| 6.1.3 | 音色属性 (ATTRIBUTES) | 89 |
| 6.1.4 | 主控编辑 (MASTER) | 90 |
| 6.1.5 | 效果器 (EFFECTS) | 91 |
| 6.1.6 | 琶音器 (ARPEGGIATOR) | 97 |
| 6.1.7 | 简易编辑和效果变化 (EASY/MORPH) | 101 |
| 6.1.8 | 操作面板 (OPS) | 104 |





| | | |
|-----------------------------------|--------------------|------------|
| 6.1.9 | 包络发生器 (ENV) | 107 |
| 6.1.10 | 调控矩阵 (MOD) | 109 |
| 6.1.11 | 键位响应 (KEYSC) | 112 |
| 6.1.12 | 频谱仪 (SPECT) | 113 |
| 6.1.13 | 振荡器 (A~F) | 113 |
| 6.1.14 | 噪音发生器 (X) | 114 |
| 6.1.15 | 滤波器 (Z) | 115 |
| 6.1.16 | 音调控制器 (PITCH) | 116 |
| 6.1.17 | 调频矩阵 (FX MATRIX) | 117 |
| 6.2 | FM8 合成器音色制作 | 119 |
| 6.2.1 | 声学乐器音色制作: 拨弦乐器音色 | 120 |
| 6.2.2 | 电子乐器音色制作: 大气铺底音色 | 125 |
| 6.2.3 | 声音效果制作: 战场上的机关枪声 | 137 |
| 第 7 章 Sytrus 环形调制合成器应用实战 | | 144 |
| 7.1 | Sytrus 合成器参数详解 | 145 |
| 7.1.1 | 主界面 (MAIN) | 145 |
| 7.1.2 | 主控编辑 (MAIN) | 145 |
| 7.1.3 | 振荡器 (OP1~OP6) | 147 |
| 7.1.4 | 滤波器 (FILT1~FILT3) | 152 |
| 7.1.5 | 效果器 (FX) | 154 |
| 7.1.6 | 运算矩阵 (MATRIX) | 156 |
| 7.2 | Sytrus 合成器音色制作 | 160 |
| 7.2.1 | 声学乐器音色制作: 音高打击乐器音色 | 160 |
| 7.2.2 | 电子乐器音色制作: 吹管领奏音色 | 164 |
| 7.2.3 | 声音效果制作: 消防车警笛鸣叫声 | 167 |
| 第 8 章 Absynth 4 多功能合成器应用实战 | | 170 |
| 8.1 | Absynth 4 合成器参数详解 | 171 |
| 8.1.1 | 主界面 (MAIN) | 171 |
| 8.1.2 | 浏览器 (BROWSER) | 171 |
| 8.1.3 | 音色属性 (ATTRIBUTES) | 172 |
| 8.1.4 | 演奏控制 (PERFORM) | 173 |
| 8.1.5 | 模块编辑 (PATCH) | 177 |
| 8.1.6 | 振荡器 (OSC A~OSC C) | 178 |
| 8.1.7 | 滤波器 (FILTER) | 182 |
| 8.1.8 | 调制器 (MOD) | 183 |
| 8.1.9 | 波形成形器 (WAVESHAPER) | 184 |
| 8.1.10 | 效果器 (EFFECT) | 184 |
| 8.1.11 | 波形编辑 (WAVE) | 189 |
| 8.1.12 | 包络发生器 (ENVELOPE) | 193 |
| 8.1.13 | 低频振荡器 (LFO) | 197 |
| 8.2 | Absynth 4 合成器音色制作 | 199 |
| 8.2.1 | 声学乐器音色制作: 弓弦乐器音色 | 199 |
| 8.2.2 | 电子乐器音色制作: 电子鼓机音色 | 205 |
| 8.2.3 | 声音效果制作: 行驶中的蒸气机车声 | 213 |





| | |
|--------------------------------------------|-----|
| 第 9 章 SynthEdit & SynthMaker 模块化合成器编程..... | 221 |
| 9.1 SynthEdit 模块化合成器制作..... | 222 |
| 9.1.1 建立振荡器..... | 222 |
| 9.1.2 建立滤波器..... | 223 |
| 9.1.3 建立包络发生器并控制振幅..... | 225 |
| 9.1.4 建立低频振荡器并控制振幅..... | 227 |
| 9.1.5 建立效果器..... | 229 |
| 9.1.6 转换信号..... | 230 |
| 9.1.7 封装容器并调整界面..... | 232 |
| 9.1.8 完成导出..... | 234 |
| 9.2 SynthMaker 模块化合成器制作..... | 235 |
| 9.2.1 建立合成器模块..... | 236 |
| 9.2.2 建立音调控制链..... | 238 |
| 9.2.3 增加一组振荡器链..... | 238 |
| 9.2.4 建立滤波器和滤波包络发生器..... | 239 |
| 9.2.5 建立总控振幅包络发生器..... | 240 |
| 9.2.6 建立低频振荡器并控制振幅..... | 241 |
| 9.2.7 建立低频振荡器并控制频率..... | 242 |
| 9.2.8 建立效果器..... | 243 |
| 9.2.9 建立示波器和电平表..... | 244 |
| 9.2.10 建立组织预置音色..... | 245 |
| 9.2.11 选取背景并调整界面..... | 246 |
| 9.2.12 完成导出..... | 247 |
| 第 10 章 Kore & Komplete 软件合成器新方向..... | 249 |
| 10.1 了解 Native Instruments Kore..... | 250 |
| 10.2 了解 Native Instruments Komplete..... | 252 |
| 附录 A 软件合成器的安装..... | 259 |
| 附录 B 软件合成器的设置和调用..... | 265 |
| 附录 C 音高与频率对照表..... | 270 |
| 附录 D MIDI 控制器功能一览表..... | 271 |
| 附录 E 合成器历史编年表..... | 273 |
| 附录 F 词汇表..... | 275 |
| 附录 G 网络资源..... | 290 |
| 后记..... | 291 |

第 1 章

认识声音和声谱

本章导读

合成器的声音合成就是声音被制造的过程。所以在进行声音合成之前，必须先对声音的本质进行适当的了解。

为了便于对声音进行研究和利用，人们通过仪器对声音进行捕捉，并利用统一的单位来对其度量，从而得到声音的图形——声谱。声谱的出现，让人类对声音有了更加科学的认识，而它存在的意义并不是只停留在图形的表达上。因此，在听到一个声音的时候必须要做到心中有谱。

本章内容

- 🎵 静态声音的三大特性。
- 🎵 各种常用的基础波形。
- 🎵 动态声音的包络特性。
- 🎵 频谱仪与声谱图。
- 🎵 各种波形和声音的频率分布情况对声音音色的影响。



1.1 认识声音

如果从“平面”的角度出发来审视声音，则称其为“静态的声音”，静态的声音可以理解为“一个声音的切片”，是静止没有变化的，但其本身也具备了一些基本特性。如果从“立体”的角度出发来审视声音，则称其为“动态的声音”。动态的声音可以理解为“一个声音的变化过程”，而这个过程最大的且不可或缺的特性就是“时间”。显然，随着时间的改变，声音的各个元素都可能会产生很多的变化，这一切既符合自然规律，又符合人耳听觉审美。

1.1.1 认识静态的声音

静态的声音本身也具备了一些基本特性，现在来认识一下静态声音的三大特性。

- 响度。响度是声音的大小，由“振幅”决定，振幅越大则响度越大。单位：分贝（dB）。
- 音调。音调是声音的高低，由“频率”决定，频率越高则音调越高。单位：赫兹（Hz）。
- 音色。音色是声音的色彩，由“波形”决定，由于该特性比较复杂，暂时只将它单纯地理解为波形。

众所周知，人耳对声音的感知来自空气的震动，而空气的振动是因物体介质的振动而产生的。现在把一根琴弦沿水平方向横摆，并且拉紧，然后拨动它，这根琴弦上的任意一点都在做快速的上下移动，这就是振动。当这种振动很慢的时候，其中任意一个点都沿着水平方向匀速向一个固定方向移动，它留下的轨迹如图 1-1 所示。

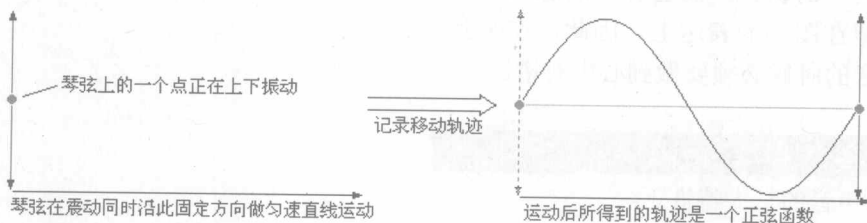


图 1-1 振动位移

如图 1-1 右图所示，振动留下的轨迹，正好是一个正弦函数图，叫作“正弦波（Sine）”。正弦波是属于“基础波形”中的一种。当然，实际该琴弦绝对不仅仅是只发出这一个正弦波，现在看到的只是一个正弦波的单周期，为了便于分析，省略了重复部分。

在这个函数图像上可以看出，它已经表达出了静态声音所具备的三大特性。

- 振幅。在这个函数坐标里，Y 轴代表着振幅，可以理解为振动越大音量越大。如图 1-2 所示，在 Y 轴振幅单位刻度不变的情况下，正弦波 A 发出的音量（具备的响度）要比正弦波 B 发出的音量要大。

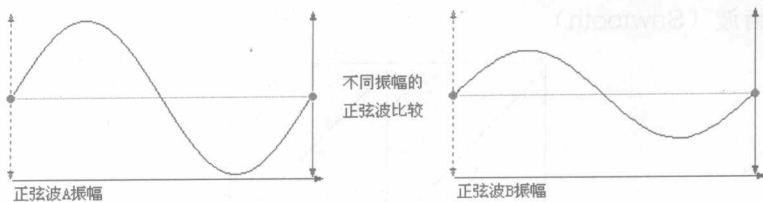


图 1-2 正弦波的振幅比较

- 频率。频率表示振动的快慢，如图 1-3 所示，在 X 轴时间单位刻度不变的情况下，正弦波 A 振动频率相对而言比正弦波 B 要慢，理论上正弦波 A 发出的声音音调要比正弦波 B 发出的声音音调要低。

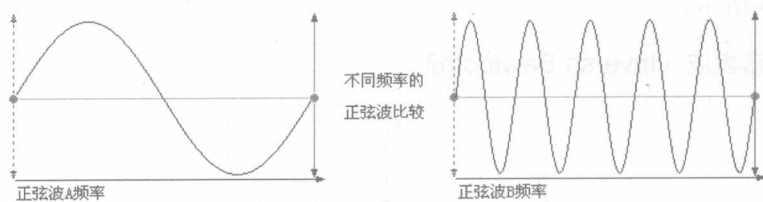


图 1-3 正弦波的频率比较

- 波形。从函数图像可以看出这个声音的波形的形态。基础波形在自然界中是绝对不可能单独存在的，但是可以人为地被机器和电脑制造出来。波形直接决定了这个声音上的泛音频率分布情况及各个泛音频率上的声压强度，关于该特性的详细情况，将在本章的 1.2 节中进行分析 and 讲解。

除了正弦波以外，还有图 1-4~图 1-6 所示的各种合成器常用基础波形图。

A. 三角波 (Triangle)

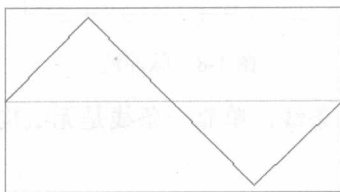


图 1-4 三角波

B. 方波 (Square)

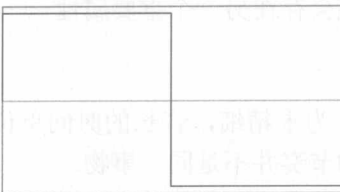


图 1-5 方波



C. 锯齿波 (Sawtooth)

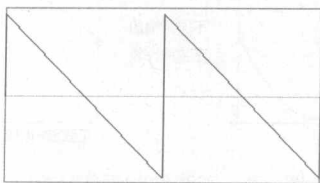


图 1-6 锯齿波

这些简单波形的其他形态在很多合成器中被直接使用，如将锯齿波进行相位倒置而形成的倒锯齿波 (Inv Saw)，或者将方波进行脉冲宽度调制而形成的脉冲波 (PWM) 等。如图 1-7 和图 1-8 所示。

D. 倒锯齿波 (Inverse Sawtooth)

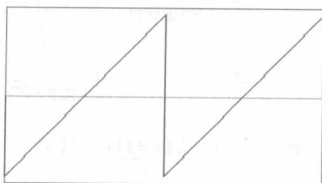


图 1-7 倒锯齿波

E. 脉冲波 (Pulse Width Modulation)

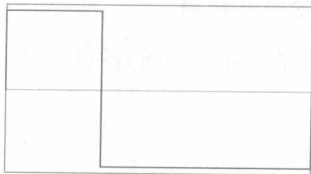


图 1-8 脉冲波

静态的声音就像图片中的一条线，单靠一条线是无法构成一幅完美的图形的，下一节将深入介绍动态的声音。

1.1.2 认识动态的声音

上一节中了解了静态声音所具备的 3 种要素，但是单靠这 3 种要素并不能够完全地分析声音。只要有声音发生，那就会存在另一个重要属性——音长。

1. 音长

音长是指声音持续的时间，为求精细，音长的时间单位都会精确到毫秒 (ms)。需要注意的是，声音的音长与音乐的节奏并不是同一事物。

影响到音长的要素有很多，比如在一根琴弦上，不同的力度弹拨得到的音长会不同，力度越大声音持续得越久；不同音高弹拨得到的音长不同，音调越低声音持续得越久（如



大钟和铃铛);使用不同材料制作的琴弦弹拨后得到的音长也会不同。除了这些自然物理振动属性外,还能人为地使用信号处理器、效果器等设备来改变声音的音长。

图 1-9 和图 1-10 是在钢琴上弹奏一个 A4 音高的 16 分音符后,录制所得到的波形图像。前者是没有踩住延音踏板,后者是踩住了延音踏板。

根据波形上面的时间标尺,没有踩住延音踏板的声音仅持续半秒钟就会完全消失,这会给人一种顿音的感觉。



图 1-9 没踩住延音踏板时的钢琴声音波形

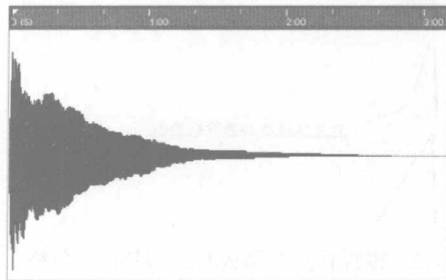


图 1-10 踩住延音踏板时的钢琴声音波形

踩住了延音踏板的声音持续了近 3 秒钟,与不踩延音踏板相比,给人一种截然不同的感觉。这说明音长虽然不是音色,但给人的感觉也是非常重要的。

2. 音量包络

声音在持续的时候,响度随着时间的改变其自身也在变化,这是动态声音所特有的属性,称为音量包络。这是一种自然属性,也可以通过软硬件对这种变化进行人工制造或控制。

这种控制音量包络的动作在音频编辑里经常会遇到,如图 1-11 所示,为了使一段音频开始部分的音量由无声逐渐变大,再到结束前逐渐变小至消失,可以用音频软件对音频波形进行淡入淡出的音量包络操作,这样做就能随心所欲地控制音频在不同时间的音量大小。



图 1-11 对音频波形进行音量包络控制

这条控制着音量大小的线条称为包络线。有时候这条线是不被显示出来的,不过一旦有音量随时间变化的情况出现,就认为有这样一条记录声音大小变化的音量包络线存在。

经过对包络线的了解后,就可以用它来表示钢琴音量随时间变化的情况了。为了便于初期对各包络阶段做简单的分析,图 1-12 和图 1-13 去掉了与上边波形近乎相同的下半边负值声压,仅根据波形上半边声压形状保留了 2~4 段包络线。

由图 1-12 可见,未踩住钢琴延音踏板时,波形音量随时间变化的图形可以简单地用两



段包络线来表示。前面那段所占的时间非常短，不足 20ms，几乎让人感觉不到，后面的那段因为音量迅速地回落，给人的感觉仍然不是很明显，那么只需要利用这两条简单的包络线，完全能表达出顿音的感觉。

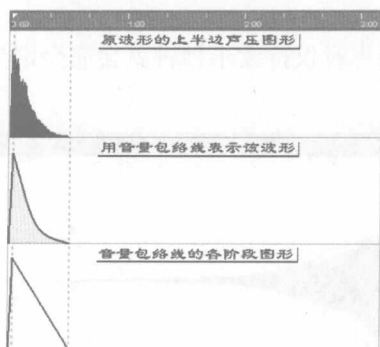


图 1-12 没踩住延音踏板时的钢琴声音包络

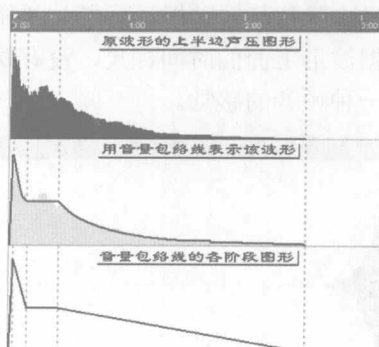


图 1-13 踩住延音踏板时的钢琴声音包络

由图 1-13 可见，踩住钢琴延音踏板后，波形音量随时间变化的图形可以简单的用四段包络线来表示。第二段包络线很明显是一个衰减的过程，但是因为踩住了延音踏板的缘故，这一段衰减并不会让声音消失，而是紧接着产生了第三段的声音延留，到第 4 段才使声音慢慢变小至消失不见。

比较两种声音，很明显第二种声音给人的感觉要舒服自然一些。如果需要制作一个音色，追求这种舒服自然的感觉非常重要。所以将这个“四段包络线”视为一个音色的包络标准，并将这种包络类型称为“ADSR 标准包络”。（关于 ADSR 标准包络的内容参见本书第 2 章 2.1 节的“包络发生器”部分）

3. 声像包络

前面所讲的是将包络应用于控制声音的音量随时间发生改变的振幅包络。包络除了被利用于表现声音的振幅以外，还能应用在什么地方呢？

人们除了能够感知静态声音的三大特性及动态声音的音长以外，还能够感知声音的方向，即“声像”。用包络线同样可以表达声像随时间发生的变化，如图 1-14 所示。

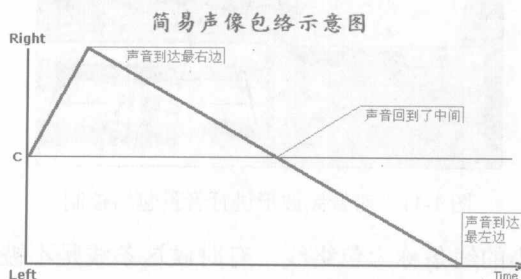


图 1-14 声像包络示意图

图 1-14 中所表示的是声音随着时间的推移，声音的方向先从中间很快的移到了最右边，然后又慢慢地经过中间到达最左边。

这种声像包络在实际应用中很常见，比如制作一个带有乒乓球左右跳动感觉的声音，