

Media

TECHNOLOGY

传媒典藏

音频技术与录音艺术译丛



Focal Press
Taylor & Francis Group

音频工程导读

AUDIO ENGINEERING
EXPLAINED

[英] Douglas Self 编 朱伟 译

音频设计 研发灵感 工程指引



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

音频技术与录音艺术译丛

音频工程导读

[英] Douglas Self 编 朱伟 译

AUDIO ENGINEERING
EXPLAINED

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

声频工程导读 / (英) 塞尔夫 (Self, D.) 编 ; 朱伟
译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2013. 6
(音频技术与录音艺术译丛)
ISBN 978-7-115-31239-6

I. ①声… II. ①塞… ②朱… III. ①音频技术
IV. ①TN912

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第045374号

版 权 声 明

Audio Engineering Explained, 1st Edition Edited by Douglas Self.

ISBN 978-0-240-81273-1

Copyright© 2010 by Focal Press.

Authorized translation from English language edition published by Focal Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved; 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, Focal 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

POSTS & TELECOM PRESS is authorized to publish and distribute exclusively the **Chinese (Simplified Characters)** language edition. This edition is authorized for sale throughout **Mainland of China**. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书简体中文版授权由人民邮电出版社独家出版, 仅限于中国大陆境内销售。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。

本书封底贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

音频技术与录音艺术译丛

声频工程导读

-
- ◆ 编 [英] Douglas Self
 - 译 朱 伟
 - 责任编辑 宁 茜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京天宇星印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 880×1230 1/16
印张: 44.25
字数: 953 千字 2013 年 6 月第 1 版
印数: 1-3 000 册 2013 年 6 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2010-6517 号

ISBN 978-7-115-31239-6

定价: 150.00 元

读者服务热线: (010)67132837 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

对于所有的声频设计、研发灵感和工程指引而言，声频工程师需要一部内容全面的专业用书！本书作者 Douglas Self 从 Focal 和 Newnes 出版发行的专业图书中选取了最好的音响工程设计资料编辑到本书中。因此本书不但可以让广大读者从宏观上掌握声频工程的总体理论和技术，而且还可以作为进一步学习的指导读物。

本书所选择的内容不但具有永恒性，而且在一定程度上指出了现代声频工程研究过程中需要注意的问题。本书精选的内容涵盖了声频工程师必须要掌握的各个方面的理论和技术，其中包括已被证明可以作为入门学习借鉴的最佳设计实践、案例和设计样本。

本书的主题内容包括：

- 声频，声学和人耳听觉系统
- 传声器
- 前置放大器
- 扬声器（箱）
- 数字声频
- 声学扩声
- 录音演播室

主 任：李 伟

编 委：（按姓氏笔画排序）

王 珏 李大康 朱 伟

陈小平 胡 泽

丛书编委会 主任简介



李伟，沈阳人。20岁考入沈阳音乐学院舞台美术系灯光音响专业学习，毕业后留校任教并兼做扩声和录音工作，期间录音作品颇丰。在不惑之年赴德国柏林艺术大学（UdK）音乐学院录音专业学习，师从录音大师 J.N. 马蒂斯教授。经过五年半的德国留学生活，获硕士学位。回国后调入中国传媒大学（原北京广播学院）任教，期间出版了专著《立体声拾音技术》，主编“现代录音技术丛书”，发表专业论文若干篇；承担多项科研项目，2009年获国家级教学成果一等奖。现任中国传媒大学音乐与录音艺术学院常务副院长、录音系系主任、博士研究生导师，德国录音师协会会员、中国电影电视技术学会声音专业委员会专家组成员、国家广电总局“电视节目质量奖”（金帆奖）评委、中国电影电视技术学会“声音制作优秀作品奖”评委。

翻译一套现代录音技术丛书是我们多年的夙愿。

随着现代科技的不断进步和现代媒体传播形式的不断演变，现代录音技术的发展也是十分迅猛的。我国在声音设计和制作领域的理论研究和实践近些年来取得的成就是有目共睹的，尤其是2008年北京奥运会的成功举办，高清电视转播和环绕声声音制作使电视声音制作水平提高到新的阶段。但是，与欧美发达国家或地区相比较，我国在该领域还存在一定的差距。中国传媒大学音乐与录音艺术学院录音系，作为国内从事声音方面理论研究和教学的团队，一直关注和跟踪国外该领域的研究动态和实践成果，并将国外该领域的许多专著的思想和方法注入到我们的教学中。“它山之石可以攻玉”，如果将国外最新的录音技术专著翻译出版，无疑是一件很有意义的事情，于是，我们萌生了翻译一套录音技术丛书的计划。

2007年夏天，有幸结识了人民邮电出版社《高保真音响》杂志社的相关编辑，他们十分支持我们的计划，并提供了Focal Press的最新书目。对于这套丛书的设计思想、读者定位等我们也是一拍即合，于是，我们录音系的全体老师带领部分研究生开始了紧张的丛书翻译工作。

今天，“音频技术与录音艺术译丛”的第一批和第二批译著与读者见面了，其他译著将分批陆续出版。这套丛书包括广播、电影、电视、唱片等领域的录音技术基础理论、系统集成、声音设计、拾音方法、制作技巧等方面，内容十分丰富，甚至有些译著涉及的领域是国内目前出版物的空白。但愿这套丛书能够为广大从事声音设计和制作的专业人士、业余爱好者和本专业的学生提供帮助，也希望广大读者对本丛书的设计、翻译等诸方面提出宝贵意见。

感谢人民邮电出版社相关领导和编辑，正是他们的大力支持和高效工作使得这套丛书成功出版。感谢录音系的团队，是我们共同营造的宽松的学术氛围、严谨的治学精神和兄弟姐妹般的情谊使这套丛书能够顺利地翻译完成。

中国传媒大学音乐与录音艺术学院常务副院长、录音系系主任

李 伟

2010年初冬于北京

本书各章节均选自当前有关声频工程方面的一些专著，涵盖的内容十分广泛，其中包含有当前正在发展的一些领域。很显然，从实用篇幅角度出发的本书不可能将声频技术领域中的所有内容均涵盖其中，从另一角度讲这也不是本书的宗旨。

本书的目的是要通过重点讨论那些既非太过专业也非一般性了解的声频问题来为读者提供对专业更为全面的理解。虽然我努力试图让所编辑的这部书能从更广阔的视角来审视整个声频工程领域所面临的问题，但是也想以此来为打算进一步深入研究的读者开启一个良好的起点。本书的大多数章节均给出了供读者进一步深入学习的大量参考文献和极为有用的建议。

本书共分 8 篇，具体划分如下：

第 1 篇“基础知识”主要介绍声频、声学和人耳听觉的基础知识。这其中包括由 Pat Brown 编写的第 1 章“声频和声学基础”，该章主要介绍声音物理方面的内容，比如分贝、频率和波长等概念，以及由 David Howard 和 Jamie Angus 二人合写的第 2 章“听觉概论”。第 2 章详细地介绍了有关人耳听音的过程，其中包括大量的人耳解剖学的内容，以及基底膜的重要作用和临界频带理论等内容。虽然最后的主题听上去过于学术，但是它却是声频压缩系统（比如当今广泛使用的 MP3）的理论基础。另外该章还包括了有关响度感知的有用信息，解释了为何响度并不总如我们所愿的原因：如果我们打算将弦乐声部的响度加倍，就必须使小提琴手的数量增加 10 倍。

本书的第 2 篇“传声器”包括两章，这两章内容均选自 John Eargle 的专著《传声器手册》（*Microphone Book*）。该篇的第 1 章（本书的第 3 章，译注）介绍的是各种类型声场辐射的基本方式，以及这些声场与传声器间的相互作用等问题。该篇的第 2 章（本书的第 4 章，译注）重点阐述了传声器工作的电子方面问题，比如幻象供电、传声器变压器、调音台传声器间前置放大器、传声器分配器、线缆损失、无线传声器和所谓的最新型的“数字”传声器等内容。

本书的第 3 篇“前置放大器、调音台及其互连”重点介绍音响系统的电子设备等内容。这部分所研究的内容也可以称之为系统的小信号部分（控制电子，通常是指调音台的形式），以及调音台和系统中的其他电子设备之间的互连问题。由 Francis Rumsey 和 Tim McCormick 合作编写的第 5 章对调音台的工作原理进行了详细的介绍。我曾经以 Soundcraft Electronics 总工程师的身份从事多年的调音台设计工作，以我的经验可以告诉广大的读者：本章是我所见到的对调音台的工作原理阐述得最为准确、详细的文字，因此我毫不犹豫地将其选作本书的一章内容。我极力增加这部分内容的原因之一是因为调音台的部分插图是我设计的（The Soundcraft Sapphire），这也只是不谋而合而已。除了调音台设计之外，本章还介绍了有关录音和缩混，以及调音台自动化等内容。

与复杂的调音台设计相比，选自 Glen Ballou 编写的《音响工程师手册》(*Handbook for Sound Engineers*) 一书中有关互连问题的内容会让人产生有失新鲜感的意味。不就是一小段线缆吗？实际并非如此，制造近乎完美的电子设备，可能就因为线缆的问题，而使到达设备之前的信号质量大打折扣。第 6 章主要涉及扬声器线缆、数字声频线缆和视频线缆，以及常规的声频连接等问题。

本篇的最后一章（第 7 章）是由 Bill Whitlock 编写的，他是研究设备接地和互连方面的著名专家。声频互连方面的技术不仅体现在其复杂性上，而且还表现在它有一些令人着迷的问题（错误情况下有些令人抓狂）。对线缆中信号威胁最大的要算是通过接地（所谓的地环路）引入的不想要的电流所导致的叠加于信号之上的哼鸣和噪声。避免这种问题出现的方法有几种，其中最为人所知的就是平衡式连接，它不是采用一根导线，而是利用两根导线来传输信号。如今可以利用接受设备的差分输入来响应由两根导线传来的信号，同时将不想要的电压降忽略掉（基本上抵消掉），其原理实用且简单，但具体实现起来却比较复杂；该技术会在第 7 章中由这一领域的专家进行全面的介绍。

“功率放大器”部分构成本书的第 4 篇的内容。我自己曾经花费大量的时间研究这种看上去十分简单的问题，但一旦深入下去研究就会发现事实并非如此，我一度痴迷于这种将小的电压和电流无失真地调整成大电压和大电流的处理过程。该篇的三章内容取自我编写的《声频功率放大器设计手册》(*Audio Power Amplifier Design Handbook*) 一书，该书目前已经出版第 5 版了。

选自手册的第一章（本书的第 8 章，译注）介绍了功率放大器的基本结构，以及不同的分类情况，比如根据其工作的方式将其分成 A 类、B 类，直至 S 类。有些并不太知名的类型，比如误差校正和非开关放大器也在本章加以介绍。由于巧妙合理地使用负反馈技术是功率放大器设计的基础，所以本章也对此加以说明。

第二章（本书第 9 章，译注）更加详细地研究了功率放大器的功能，并且示出了如何通过直接的机制将混入到放大器的明显无可救药的失真信号源缩减，只要这些失真源被正确地识别出来，其中的大部分是可以相当容易地处理的。有关开环增益的测量的内容也将在这章介绍。

第三章（本书第 10 章，译注）将阐述 G 类放大器的工作原理和设计方法，这种放大器在功率消耗上明显减小，同时也大为降低了处理小幅度信号时由低电压供电产生的热耗散，而对于相对并不常见的信号峰值则可以切换至满足其要求的高电压供电情形。由于重低音单元需要相对大的放大器输出，所以该技术的重要性日益显现。有时在这种应用上按照本书介绍的方法正确使用 G 类放大器可以获得比 D 类放大器更好的质量。

本书的第 5 篇“扬声器”研究的是电声转换中采用的一些技术。该篇由四章构成，内容均选自 Philip Newell 和 Keith Holland 合著的《扬声器》(*Loudspeakers*) 一书。

其中的第一章（本书第 11 章，译注）介绍的是扬声器的最基本工作原理，其中包括声辐射和扬声器对于功率放大器呈现的负载等内容。

第二章（本书第 12 章，译注）介绍的是扬声器的多样性设计，以及动圈和静电式扬声器的相关细节。第三章（本书第 13 章，译注）介绍的是有关扬声器箱的内容，它不仅是为了防尘，而是使扬声器更好工作的一个有机组成部分。

最后的第四章（本书第 13 章，译注）介绍的是多分频扬声器系统中将信号馈送至相应的高频和低频单元的分频器单元的相关内容。这部分单独列出的内容所研究的问题大且复杂。

本书接下来的一章，即第 6 章研究的是十分重要的“数字声频”领域的内容。我本人尤其认为该领域包含的知识面很广，而且还在不断地更新。本篇涵盖的内容只是其冰山一角。随着 CD 的问世（1982 年），数字声频便深入到大众生活当中，而且数字技术的应用使得相对简单的存储媒质已转变为高度复杂的处理过程，即我们所熟知的数字信号处理或 DSP。所开发出来的非常巧妙的专业化处理器可以有效地完成所要求的大量计算。

由 Craig Richardson 编写的本书第 15 章详细地介绍了数字声频的基本原理，包括采样定理、Z 变换（并没有听上去那么深不可测）和 DSP 芯片选择等内容。

数字技术的另一方面就是用于电子乐器控制的 MIDI 标准的运用。回顾我还在使用自己的 8 轨录音棚（这里的 8 轨是指过去使用的磁带声轨设置，很可惜因缺乏时间开发而没能充分地利用起来）时，我使用了大量的 MIDI 器材，至今我对其技术规格的全面性和出色的灵活性记忆犹新。由 David Huber 编写的本书第 16 章对 MIDI 技术进行了详细的讲解，其中包括 MIDI 时序软件和 MIDI 时间码等内容。

第 7 篇“声学与扩声”的前两章是选自 Don 和 Carolyn Davis 合著的《音响系统工程》（*Sound System Engineering*）一书。第一章（本书第 17 章，译注）阐述的是有关大房间中的复杂声学问题，包括对混响、颤动回声，以及混响声场和直达声场等问题。

第二章（本书第 18 章，译注）讨论的是音响系统均衡及其获得所要的频率响应应该关注的相关声学问题，其中介绍了应用于此的滤波器和均衡器的内容，以及如何利用专业化测量设备评估系统成功与否的方法。

本篇的最后一章（本书第 19 章，译注）选自 Floyd Toole 所著的《声音重放》（*Sound Reproduction*）一书，它包括空间中的声辐射、声音与人耳听觉感知相互作用等内容。领先效应（或者哈斯效应）是空间声重放的基础知识，此时要使延时的声音听上去不能感觉像是与原始扩声信号相独立的声音事件，对这一问题也在本章进行广泛的讨论。

本书的最后一篇“录音演播室”是选自 Philip Newell 所著的《录音演播室设计》（*Recording Studio Design*）一书。该篇的第一章（本书的第 20 章，译注）讨论的主题是声隔离。世界上最为巧妙的电子技术对于交通噪声、道路破碎钻声音，以及因隔声措施不到位而传入的声音都是无能为力的。对差的隔声设计方案进行升级改造肯定要花费巨额资金，而且还会中断录音棚的正常运行，因此最为明智的做法就是未雨绸缪，做好前期的设计方案。本章给出了如何制定出出色的设计规划的基础，其

中讨论了有关声反射、声传输和声吸收的问题。对质量定律、阻尼和去耦合，以及地板和天花板的声隔离问题也进行了详细的论述。

对我而言，在录音棚里多待上一段时间可能会更重要一些，因为这对于我判断录音棚的声环境非常重要，只有这样才能获得最佳的艺术表现效果和大量的检测报告书。由 Philip Newell 编写的第二章（本书的第 21 章，译注）讨论了演播室照明、通风、装饰，以及耳机返送和净化电源等问题。

以上的简单介绍只是本书对涵盖内容做的一个概述。详细的内容请参见各章的引言介绍。

第 1 篇 基础知识

- 第 1 章 声频和声学基础 5
Pat Brown 编写
- 第 2 章 听觉概论 31
David Howard、*Jamie Angue* 编写

第 2 篇 传声器

- 第 3 章 声波传播理论基础与传声器中的工作外力 67
John Eargle 编写
- 第 4 章 电学考虑与电子接口 83
John Eargle 编写

第 3 篇 前置放大器、调音台及其互连

- 第 5 章 调音台 109
Francis Rumsey、*Tim McCormick* 编写
- 第 6 章 信号传输技术：导线与线缆 157
Glen Ballou 编写
- 第 7 章 接地与接口 231
Bill Whitlock 编写

第 4 篇 功率放大器

- 第 8 章 功率放大器的结构与负反馈 287
Douglas Self 编写
- 第 9 章 功率放大器的基本工作原理 323
Douglas Self 编写
- 第 10 章 G 类功率放大器 337
Douglas Self 编写

第 5 篇 扬声器

- 第 11 章 何谓扬声器? 363
Philip Newell、*Keith Holland* 编写
- 第 12 章 设计的多样性 383
Philip Newell、*Keith Holland* 编写
- 第 13 章 扬声器箱 419
Philip Newell 和 *Keith Holland* 编写

第 14 章 分频器	447
<i>Philip Newell、Keith Holland 编写</i>	

第 6 篇 数字音频技术

第 15 章 DSP 技术	475
<i>Dr. Craig Richardson 编写</i>	
第 16 章 MIDI	503
<i>David Huber 编写</i>	

第 7 篇 声学与扩声

第 17 章 大型厅堂中的声学	549
<i>Don、Carolyn David 编写</i>	
第 18 章 音响系统均衡	577
<i>Don、Carolyn David 编写</i>	
第 19 章 反射、声像和领先效应	611
<i>Floyd Toole 编写</i>	

第 8 篇 录音演播室

第 20 章 声隔离	637
<i>Philip Newell 编写</i>	
第 21 章 演播室环境	677
<i>Philip Newell 编写</i>	

第 1 篇

基础知识

本章将会对整个声频工程领域中所涉及的一些基本原理进行阐述和说明。我们的听觉与其他感知一样，它是以对数形式工作的，这便可以让我们能够对现实世界中声级变化巨大的信号进行处理。我们的解释先从分贝开始，分贝是一个基于对数的单位，它可以与人耳的响应很好地匹配，人们可以通过绘制出的图表进行更为简单的计算，这比那些繁复的科学符号和数字来得更为直观。

从考察分贝的数学含义出发（确实非常简单），Pat Brown 将我们的关注重点转移到了如何使用分贝来表征测量结果的绝对数值上面来，而不只是关心相对的声级。人耳响应的是声压级。人耳可以察觉到的最安静声音被称之为闻阈，我们可以将这一声音对应的声压级指定为零分贝，它是个不变的量值，被简写为 0dB。现在就可以用分贝度量建立起普通情况下的响度，比如安静的空调房间大约为 30dB，正常的交谈声大约为 50dB，距离传统凿岩锤 1m 处的声音大约为 100dB。人耳的痛阈通常被定为 130dB，很少有人愿意听到这一声级的声音；保守地讲，人们长期暴露于 78dB 的环境之下就会造成听力损伤。

我们对频率（即音调）的感知也是对数形式，这就是为什么音乐是按照八度为基础来定律的，一个八度代表频率的加倍。当我们画出关于频率的参量量值图形时，通常都采用十进制，或 10 的比值来表示，而不是使用倍频程来表示，这便简化了数学表达。Pat 在下文中还将频率与波长，以及声速联系起来讨论。

人听觉的最重要特性之一是：当绘制关于声压级的人耳频率响应曲线时，就会出现曲线并不是平坦的直线，并且随着声级的下降曲线偏离平坦直线的程度越发严重。这种令人困惑的情形由著名的 Fletcher 和 Munson 等响曲线所揭示。这种特性自然使对噪声声级的测量变得复杂，为此人们定义了标准的加权曲线，其中最为著名的就是 A 加权曲线，它常常用在声频电子器件的测量中。该曲线在低频端有明显的跌落，这主要考虑我们的听觉在 50Hz 附近的灵敏度相对于 1kHz 基准频率处要更低的缘故。之后我们将讨论人耳对声音的积分特性，其中的一个例子就是领先效应，即迟后初始声音 40ms 之内到达的反射声有助于加强其主观响度，而不会被当作独立的声音事件感知到。

Pat Brown 先生通过一些最为简单的声辐射的事例对本章中的内容展开讨论：即以点声源和线声源为例展开讨论。尽管这只是些抽象的数学表达式，而非实际的声源，但是这些都是研究最为接近现实情况和较复杂模型的基础知识，比如我们在研究扬声器的纸盆时，就将其视为是圆形的刚性活塞。

