

电声技术译丛 **无线电**

AAP Audio Amateur Press

扬声器系统 设计手册 (第7版修订)

LOUDSPEAKER Design Cookbook 7th edition

[美] Vance Dickason 著

王经源 于长亮 译

王以真 审



8种语言版本

销量超过100 000册

使你成为更优秀的扬声器系统设计师

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电声技术译丛 

AAP Audio Amateur Press

扬声器系统 设计手册 (第7版修订)

[美] Vance Dickason 著 王经源 于长亮 译 王以真 审

LOUDSPEAKER
Design Cookbook 7th edition

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

扬声器系统设计手册 : 第7版 / (美) 迪卡森
(Dickason, V.) 著 ; 王经源, 于长亮译. -- 修订本. --
北京 : 人民邮电出版社, 2014. 7
(电声技术译丛)
ISBN 978-7-115-35880-6

I. ①扬… II. ①迪… ②王… ③于… III. ①扬声器
系统设计—设计—手册 IV. ①TN643.02-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第127143号

版权声明

Loudspeaker Design Cookbook, 7th Edition by Vance Dickason, ISBN 1-882580-47-8

Copyright © 2009 by Audio Amateur Incorporated, Peterborough NH 03458-0876 USA.

All rights reserved. No part of this work may be reproduced in any form except by written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by Audio Amateur Incorporated and POSTS & TELECOM PRESS.

本书简体中文版由 Audio Amateur 公司授权人民邮电出版社出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何形式复制或抄袭本书的任何部分。

版权所有, 侵权必究。

◆ 著 [美] Vance Dickason

译 王经源 于长亮

责任编辑 房 桦

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>

北京天宇星印刷厂印刷

◆ 开本: 800×1000 1/16

印张: 31

字数: 630千字

2014年7月第2版

印数: 3 001-5 500册

2014年7月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2010-2140号

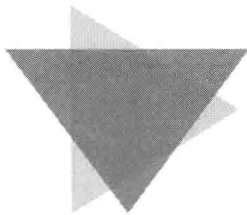


定价: 120.00元

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: 京崇工商广字第 0021 号

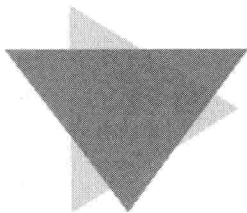


内 容 提 要

《扬声器系统设计手册（第7版修订）》是对国外扬声器系统设计最新技术的一个概括。全书紧密围绕高性能扬声器系统设计，结合大量图表深入浅出地介绍了扬声器的基本特性、密闭式、倒相式和传输线式扬声器箱的原理与设计要点、扬声器箱结构与障板效应，以及被动和主动式分频网络的设计。书中特别介绍了最新的扬声器及扬声器系统测量技术与软件工具，以及扬声器系统和声重放环境的计算机辅助模拟设计软件与技术，并将这些最新技术的应用贯穿全书。最后还介绍了家庭影院和汽车音响的扬声器设计以及两个扬声器系统的设计制作实例。

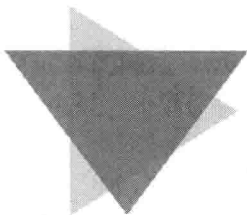
本书适合扬声器系统设计制造行业的技术人员、相关专业研究人员、大专院校师生及具备电声基础知识的音响爱好者阅读。

谨将此书献给我挚爱的家人，
我亲爱的母亲和逝去的父亲，
我的姐妹 Jeanne 和兄弟 Steve，
我的孩子 Jason 和 Jennifer，
我的孙儿、孙女 Jackson 和 Belle，
以及他们的父亲 Arch，
并深刻铭记
生命之中真正重要的两件事
唯有爱以及对知识的追求



作者简介

Vance Dikason 是美国扬声器设计师、电声专业作家，同时为众多扬声器厂商提供咨询服务。他是《Voice Coil》杂志的编辑，《Speaker Builder》杂志的特约编辑，他曾担任 1992 年和 1994 年 AES 测试与测量分会主席。他于 1978 年开始出版的《Loudspeaker Cookbook》目前已出到第 7 版，并以英语、德语、法语、荷兰语、意大利语和葡萄牙语等多种语言出版，同时还出版了扬声器计算机辅助系统设计教程《Loudspeaker Recipes》，在电声专业人员和爱好者群体中受到广泛好评。



第 7 版前言

《扬声器系统设计手册》最早出版于 1977 年，到今年（2005 年）已经整整 28 年了。每一版本的推出都伴随着一些不同以往的扬声器领域最新技术的增加。有几个版本直接包含了当时最新的扬声器软件的设计结果，这些结果除了通过计算机模拟得来之外，很难有其他办法可以得到。比如第 4 版的出现在很大程度上依赖于 LinearX LEAP 4.0 软件的推出，而第 6 版的推出则以使用 Red Rock Acoustics 的 *SpeaD* 程序来进行转换模拟为主要特色。本次推出的第 7 版则主要扩展了对 LEAP 5.0 和 Wolfgang Klippel 博士的 Klippel 失真分析仪的使用内容。

《扬声器系统设计手册》距离上一个版本的发行已经过去了 5 年时间，和以前推出的新版本一样，这次的第 7 版也增加了大量的新内容。以参考文献和图表为例，第 6 版比第 5 版增加了参考文献 83 项和图表 214 项，而第 7 版依据传统新增加了 42 项参考文献和 341 项图表。这些图表会更加方便地帮助你理解 LEAP 5.0 里面出现的那些指向性图。

虽然总体上来说，《扬声器系统设计手册》是对现存扬声器系统设计技术的一个概括。但是每一版本都会有一些自己独有的东西在里面，而这种独有在第 7 版里达到了极致。在第 5 章和第 6 章里对声波衍射的阐述、对箱体形状的意义和单元在面板上的安放位置做出了解答。然而，所有此类信息都可以通过单点传声器测量然后经计算机模拟得到，而这些模拟可以对你的实际测量结果有非常好的参考价值。但是即使这样，还是会存在一个问题，声波的衍射和反射到底会对一个扬声器的主观听感存在哪方面的影响呢？由于我在任何一本书上都找不到解答，所以我在第 6 章里对扬声器系统设计中不同的衍射/反射现象对听感的影响做了一个主观评价研究，虽然结果并不是非常出人意料，但是起码很有趣而且有借鉴意义。

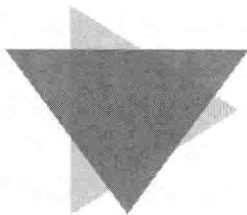
本版的第二个独有的原创部分是以一种较为易懂的方式对低频单元的线性进行了研究，在 Red Rock Acoustics 的总裁 Pat Turnmire 先生的协助下，我们制作了 11 只 10 英寸的低频单元，从极端的非线性设计开始，然后逐步对每个单元设计逐一进行各方面的改良，直到最后的单元具备大多数高性能换能器所必需的附加特性。在这个过程中，每个单元通过 Klippel 的 DA-2 失真分析仪进行测试，来揭示每一次运算变化的结果，同时还研究了导磁柱气孔尺寸的热学特性。

最后一部分新添原创内容是关于扬声器系统的调声。这个术语经常被扬声器系统生产商使用。第 7 章里这个新增部分将给予读者一个可靠的方案，对任何新设计做最后的主观调整。

《扬声器系统设计手册》的每一次改版写作对我而言都是一次有意义和值得高兴的过程，所以我真心地希望你们喜欢这本书，尽可能地通过这本书去实践，就像我尽我最大努力去写和研究这本书一样。

Vance Dickason

2005.8



丛 书 序

人民邮电出版社策划、组织出版一套《电声技术译丛》。第一批有 4 本译作，以后将推出更多译作。这是一件为中国电声界造福的好事。

中国已是一个电声大国，正在向电声强国迈进。我们坚持科学发展观，提升创新能力，这里要做很多工作，付出很多努力。其中最重要的一条，要赶上世界电声最高技术水平，就要将世界电声的理论与技术学到手，弄清各国电声发展的优势与软肋。高屋建瓴、兼收并蓄、海纳百川、融会贯通、吸取精华，结合中国实际，就会有所进步、有所突破、有所创新，最终成就中国电声强国伟业。

改革开放 30 多年以来，我们看到了世界各国最优秀的电声产品、制造设备、测试仪器 and 手段、标准与新理念……外国产品走进来，中国人走出去。我们打开了眼界、开拓了思路，使我们的硬实力产生了跳跃式的发展。但是我们的软实力还不够强，我们对电声理论研究的投入很少，成果就更少，我们除了解读外人的发明、专利、创新外，自己独特的内容很少，对测试设备、设计软件我们仅是使用者，我们只在国外优质电声产品面前徘徊，还有人对外国产品盲目崇拜……

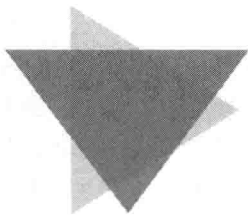
追赶世界电声技术先进水平，扩充提高中国电声的软实力，这一光荣而艰巨的任务，落在中国电声技术人员及相关人员的肩上。

一名优秀的电声技术人员，应该是一个学习型的人才。对电声新技术、新发展要时刻关注，充满好奇心与求知欲，使自己的能力与时俱进，使你技术水平的提高速度高于产品的发展速度。这需要决心、耐心与热心，要有责任感与使命感。

希望这套《电声技术译丛》能在提高中国电声软实力方面起到一定作用。国外电声方面出版的书籍本来不多，国内技术人员也不大容易见到，而翻译出版的书更是凤毛麟角。这套《电声技术译丛》也许在内容上不能完全满足各方面要求。欢迎读者提出宝贵意见。

古人讲“多见者博、多闻者智”。这也是本丛书策划者、出版者、译者的希望。

王以真



译者序

20 世纪 80 年代至 90 年代，人民邮电出版社曾经出版过几本扬声器系统设计制作的书籍，在国内音箱制作爱好者中广受欢迎，促进了当时国内音箱业余设计制作热潮的出现和迅猛发展，这一热潮又进一步推动了国内扬声器制造业的发展。一些企业抓住了这个机遇，成长为国际知名的扬声器制造商。21 世纪以来，计算机辅助工程（Computer Aided Engineering, CAE）技术的飞速发展对很多行业和领域都有着深刻的影响，同时也推动了电声科技的进步，在扬声器、扬声器系统的设计以及制造方面出现了很多创新性的理论思维和技术方法。这些新的思维和工具不仅仅影响着扬声器相关的电声科技的理论研究和生产应用，也促进了音箱业余设计制作水平的提高。

近年来，国内一些相关企业已经开始在设计开发和生产管理中采用 LMS、LEAP、CLIO、MLSSA 等软件工具。在爱好者之中，一些先行者也开始学习研究这些软件，并将之应用于扬声器系统的业余设计制作。中国音响 DIY 论坛（bbs.hifidiy.net）在 2004 年成立之初便开始介绍这些新的知识和理念，并推出“音箱测量套件”用于配合 LSPCAD 之 JUSTMLS、LSPLAB 等软件进行扬声器系统的电声测量，此后更致力于推广基于电声测量的扬声器系统设计新理念，促进国内爱好者设计制作水平的提高。但在国内，扬声器系统设计技术仍然常常有意无意地被赋予种种神秘色彩，而这些扬声器系统设计相关新技术及其应用研究的介绍仅散见于一些专业期刊，尚未见到反映这些新成果相关知识的书籍出现。爱好者迫切需要一本系统介绍相关知识的参考书，以清除在学习和应用这些新理念以及软件工具过程中存在的障碍。因此，当我们获悉邮电出版社计划出版一些扬声器系统设计制作方面的译作时，便欣然接受了任务，于长亮先生更在众多同类外文著作中选择并推荐了这一本《扬声器系统设计手册（Loudspeaker Design Cookbook）》，因为它正好是近年来国外扬声器系统设计新技术的体现与概括，相信这本书对国内的爱好者和相关领域从业人员都会具有很好的参考价值。

本书的作者 Vance Dickason 先生是一位资深扬声器设计师，他在 1974 年成立了 SRA 公司（Speaker Research Associates），开始了扬声器专家职业生涯，1978 年在 CES 展出了他设

计的 High-end 音箱产品,近年来还为多个扬声器厂商提供咨询服务。此外,他还是个杰出的电声专业作家,1986年加入 Audio Amateur 公司,成为扬声器专业杂志《Voice Coil(音圈)》的编辑,同时他还是《Speaker Builder》杂志的特约编辑。本书《Loudspeaker Design Cookbook》最初出版于1977年,此后一再修订再版,并被翻译成德语、法语、荷兰语、意大利语和葡萄牙语等多国文字,受到了爱好者和众多专业扬声器工程师的欢迎,得到广泛的好评,甚至被誉为扬声器行业的“圣经”(the Loudspeaker Industry “Bible”)。我们在翻译的过程中也深刻地体会到,这并不仅仅是一本以爱好者为对象的普及读物。这本书与其他以爱好者为对象的读物最大的差别是,书中引用了大量的科技文献,完全是当今世界扬声器电声学研究现状的一个缩影,同时行文措辞大多相当严谨,颇有专业性。相信不仅可以为爱好者提供较全面的学习材料,对于国内的扬声器行业专业人士也是一份很好的参考资料。

本书共有13章,其主要内容大致可以分为7个部分。第一部分主要介绍了扬声器单元的工作原理。在这一部分中,除了介绍磁路结构、振动系统结构等扬声器主要结构与扬声器声学表现的关系之外,作者还以不同用途扬声器单元为例,详细介绍了应用软件工具设计高品质锥盆扬声器的所需考虑的各种参数以及详细的设计过程。对于爱好者来说,虽然通常不会专门为自己设计一个专用的扬声器单元,但熟悉这些知识,特别是其中关于扬声器的线性冲程、磁路结构与失真的关系、各种参数的设计取舍、单元的热工性能等方面的知识,对于在扬声器系统设计中设计目标的明确以及合适单元的选择来说将是非常重要的。

第二部分包括本书的第1章至第4章,系统介绍了密闭式、开口式、被动辐射式等几种常见低频箱体结构类型的设计知识;也介绍了这些基本箱体类型的许多派生类型,如推挽结构、复合结构、低音电子辅助增强、带通结构、阻力式倒相管、声杠杆等在以往同类读物中难得一见的箱体结构知识;同时介绍了关于箱体阻尼物填充分析、倒相管动力学分析等知识。

第三部分则包含了箱体形状以及单元位置和障板衍射对箱系统响应特性的影响及其主观评价等。这个部分介绍了扬声器箱设计制作方面大量的新知识。与以往出版的同类读物不同的是,本书不仅详细地介绍了基于扬声器单元参数和设计表格的箱体设计方法,还采用计算机辅助设计软件,提供大量的图表实例,对各种不同具体情况以及调节方法对箱体系统最终声学特性的实际影响进行分析,开始真正地与实际频率响应、瞬态响应、动态要求等扬声器系统的最终电声学特性来考察设计的结果。虽然作者在本书中没有进一步介绍计算辅助设计软件在箱体设计中的直接应用,仍然以介绍表格设计方法为主,但是书中所提供的这些知识都是爱好者们日后学习使用软件工具辅助设计箱体的必要基础,相信爱好者们具备了这些基础知识之后,那些CAD软件也就不难用好了。

第四个部分对扬声器系统的分频网络设计原理及具体方法进行介绍。在以往的中文出版物中往往只介绍各种分频网络的电路形式、元件取值和它们的理想衰减特性,而未能给出结合扬声器单元的阻抗特性、单元自身的响应特性以及装箱后各单元声中心的空间偏移等具体

情况进行分析的思考和方法。爱好者们在分频网络设计中如果照搬这些电路形式以及它们的计算公式，其结果只能是事与愿违，得不到设计时所要达到的结果，而且又缺乏必要的测量方法对结果进行检测，也就很难对设计偏差进行分析和调整。所以分频设计对于爱好者，甚至许多专业厂商来说都是非常困难的工作，不可避免地带有许多神秘主义色彩。这种神秘主义的影响相当深厚，以至于作者也时常借用“秘诀”、“巫术”、“魔法”之类的词汇。本书在详细介绍这些原理和公式的基础上，明确指出了这些分频设计公式在应用中的局限性，并给出调声方法以及其他必要的分频器设计制作知识，如电容、电感元件的选择等，对爱好者的设计制作有重要的指导意义。在这里我们还需特别指出，可能是作者将相关内容安排为另一本书《Loudspeaker Recipes（扬声器秘诀）》的主要内容的缘故，在本书中没有详细介绍 CAD 工具在分频器设计中的具体应用，这是本书最让人遗憾之处。而学会应用这些分频器 CAD 软件对分频器设计工作来说，所能带来的便利远远不是事半功倍这个成语所能形容的。如同我们这几年来所强调的，在这里也再次强烈建议爱好者在阅读本书的基础上，掌握必要的电声测量技术，进一步学习一些分频器 CAD 软件的使用方法，并将之实际应用于扬声器系统设计。

第五部分是关于扬声器测量技术以及扬声器相关 CAD 软件的介绍。以前，对于爱好者来说，测量扬声器的阻抗特性也许并不困难，但普遍缺乏必要的知识和条件对 T/S 参数、频率响应等其他更重要的基本参数进行测量，更不用说进行指向性、失真谱、阶跃响应、后沿累积谱等其他电声参数的测量。也可能是由于这个原因，虽然我们一直在倡导，但国内仍未普遍认识到从电声测量到计算机辅助设计再到电声测量检验的设计策略的优点，爱好者们往往或是迷失在对箱体和分频器等的理想特性的公式描述之中，无法在设计制作的实践中真正将之实现；或是对这些描述完全失去信心而放弃科学方法的指导，转而求之于各种神秘经验。因此，本书这一部分的内容虽然篇幅不长，却是重要的内容之一，值得认真研读，并通过实际操作熟练掌握一些测量方法和必要的软件工具。与前一部分相似，本书对测量技术的介绍更侧重于基本方法的原理和过程，而手工进行这些测量可能显得有点烦琐，如果可以结合一些软件分析仪进行这些工作，则是相当容易的事。另外，人民邮电出版社这一丛书还包括了一本 D'Appolite 博士写的扬声器测试专著，值得感兴趣的朋友进一步深入阅读。

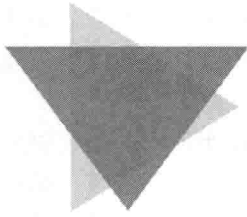
此外，本书的第 10 章和 11 章还分别介绍了家庭影院和汽车音响扬声器的设计，内容比较全面，感兴趣的爱好者可以从中得到很多必要的知识。最后一章给出两个扬声器系统的设计制作实例，可供爱好者模仿、参考。

从以上这些粗略的介绍中不难看出，此书确实值得爱好者们认真研读，也值得扬声器从业人员参考。希望此书中文版的出版，也能像人民邮电出版社当年出版的那些书籍一样，不仅可以提高爱好者们的扬声器系统设计制作水平，还能再次对国内扬声器行业的发展发挥一定的作用，那将是对我们这些微不足道的努力的最高奖赏。

由于这是一本专业性颇强的书,在本书的翻译过程中,虽然我们也努力使译文更通俗易懂,但为了准确地传递原文的信息,我们有时避免过多的意译,并且由于我们电声知识以及语言能力等方面的水平有限,最后的文字读起来可能并不会很轻松,在这里向读者表示歉意。我们在翻译中对原文的个别错误做了一些修订,同时也给出原文的内容或含义,供读者参考,而翻译中一定还会出现更多的错误,恳请读者不吝指正。此外,文中有一些术语和背景知识作者未做更详细的描述,部分读者可能会觉得费解,建议大家可以同时参考一些其他书籍。这里向大家推荐王以真先生所著的《实用扬声器技术手册》,这是一本很全面而系统的工具书。另外,在本书正式出版时,我们也将**在 bbs.hifidiy.net 上发表一些讨论帖,与大家一起学习讨论。**

最后,在此感谢 bbs.hifidiy.net 提供的网络交流空间,感谢 hifidiy 论坛版主李玉生、薛国雄、邬志扬、肖鹏,以及王康运先生等朋友的指导。特别感谢人民邮电出版社,没有你们的支持和督促,本书的翻译工作将难以完成。

王经源 于长亮
辛卯年春节



审 稿 序

一本书能连续 7 版、发行量在 100 000 册以上，这是一件不简单的事，而且它不是一般文艺类、大众类的读物，而是一本科技类的图书，那就更不简单了。这本书就是 Vance Dickason 的《扬声器系统设计手册（Loudspeaker Design Cookbook）》。

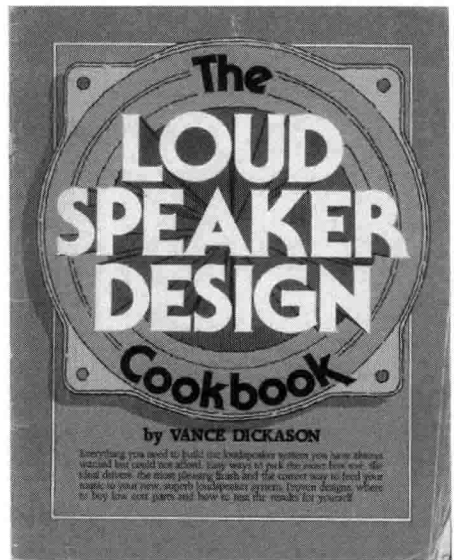
我最早看到的是 1987 年出版的这本书的第 3 版。那是 20 世纪 80 年代一位曾与我有合作项目的美国朋友送给我的。该书初版为 1977 年，全书共有 8 章，共 75 页。

后来看到中国台湾一家音响杂志，将此书译出连载。觉得译文表达未尽人意，于是自己动手译了一部分，但终因为其他工作太忙而做罢。一件事往往看似容易，如果没有亲手干过，就不知其中艰辛，正如民间谚语总结的“事非经手不知难”。

20 世纪 90 年代，我到广州豪杰音响公司参观访问。我的同事王伟先生在公司负责技术工作。看到王伟手头上有此书的第 4 版，十分高兴，翻看之余，请他们帮忙复印一份。他们办事效率很高，出豪杰公司厂门时一份装订好的书送到我手上。这本第 4 版是 1991 年出版，已成为 9 章加 0 章，总计 10 章、141 页。

到了 21 世纪初，我的同事王仕强去美国拉斯维加斯参观音响展。行前来看我时，我希望他能带回点技术资料。喜出望外的是，他带回此书的第 6 版。第 6 版出版于 2000 年，已累计发行 85 000 册。全书已加厚到 232 页。到了 2006 年，Vance Dickason 又出版了此书的第 7 版，全书已曾厚到 275 页。这次是我的同行朋友石小勇在 2008 年送给我的。

阅读这本书，不仅可以学到扬声器箱设计的许多知识、设计思路和技巧，从中还可以悟

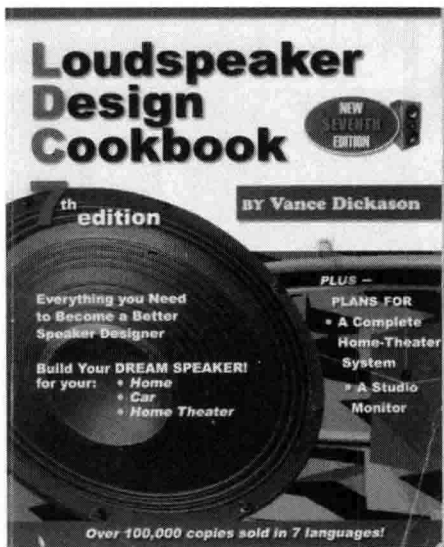


出许多有益的东西。

一本关于扬声器、音箱的技术类书籍，30多年来连续7版，差不多5年1版，累计发行100 000册，这是一个罕见的现象。说明在美国、在世界还有一批小众读者执着地关注着扬声器的发展。

音箱的技术和理论在这30多年来不断地快速发展。特别是从20世纪70年代以后，Thiele-Small理论被世界电声界所接受，音箱的设计开始由定性向定量转变。音箱、扬声器技术发展产生一个飞跃。这本书正好顺应这个发展，反过来，这本书的30年出版发行又在一定程度上推动了扬声器、音箱技术的发展。

30年来扬声器、音箱应用领域不断扩大，如家庭影院、汽车音响、专业监听等在扬声器、音箱设计、测试方面开发了众多软件。这本书与时俱进，每个新版都及时增添新的内容。



中国台湾杂志将这本书译为《实用扬声器设计手册》。从原文看，《Loudspeaker Design Cookbook》中并无“实用”二字，但“实用”真的可概括本书的特点。本书遵循理论，并不论证理论。本书引用理论结果，而不去推导来源。对音箱设计，列举了大批实用图表，读者按图索骥，即可完成设计。这对一线技术人员来讲，十分方便。我想，这也是本书能畅销100 000册的原因之一。

当然对有些读者也会觉得某些论述过于简单、不够详尽、不够完善。

本书名中 Loudspeaker Design，在书中实指扬声器系统设计、音箱设计，而不是扬声器设计。这也许是中国习惯的不同。因此我认为此书似乎应译成《扬声器系统设计手册》。

本书再版7次，作者采用一种积木式的方法，即原书结构不动，每次只是新加章节，甚至原章节号基本不变。从原来的几章，最后到12章。新加一章“扬声器是怎样工作的”，为不改变序号，命名为0章。为了增添方便，章下的节之序号也是不连续的。这种写作方式，是不是可以参考、借鉴呢？实际上我的《实用磁路设计》第2版亦采用了这种方式。

原书末有扬声器厂商名录，介绍许多情况。对读者有利，对出版社是广告，恐怕不适合中国国情。

当年李白登黄鹤楼，面对滔滔江水、楚天碧空，本来也是诗兴大发，题笔要写的。但读到崔颢的《黄鹤楼》，只好说“眼前有景道不得，崔颢题诗在上头”。这本《Loudspeaker Design Cookbook》，似乎也如李白眼中的《黄鹤楼》，有人再想写关于音箱设计的书，就有了相当

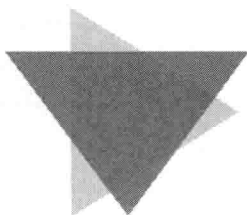
难度。

这次人民邮电出版社将这本书正式翻译出版，是对中国音响界的一大贡献。本书作者长期担任美国音响杂志《Voice Coil》的主编与主笔，同时担任音响顾问，为美国多家音响公司设计音箱和做技术咨询，他还作曲与演奏乐器，长期在一个摇滚乐团演奏吉他等乐器。我不知道 Vance Dickason 是否访问过中国，但我见过《Voice Coil》的另一位编辑，也是 Vance Dickason 先生的同事。我向他问起杂志和 Vance Dickason 先生的情况，据他讲，Vance Dickason 先生是一位埋头工作、不善与人交往的人。

中国讲“文如其人”，从作者的状况和书本身，我们知道这是一本很实用的书、适合生产厂家使用的书，注意经验与实际操作，有实例、有根据，不纸上谈兵，而且重视产品的音质。作者能沉下心来，将自己的体会系统整理，并且将新的设计软件与测试工具吸收进来，这说明作者是不断进步、不断完善、与时俱进的。

当然作者也有不够完善的地方，如扬声器本身讲得少，有些说法不严谨……但此书还是一本不可多得的好书。

王以真



目 录

第 0 章 扬声器是怎样工作的	1
0.1 电动式扬声器	1
0.2 驱动系统	1
0.2.1 气隙/音圈结构与 Bl	3
0.2.2 短路环及法拉第环	5
0.2.3 音圈——骨架材料与卷绕结构	6
0.3 振膜	8
0.3.1 锥形振膜共振模式	9
0.3.2 锥形振膜指向性	9
0.3.3 锥形振膜形状	10
0.3.4 防尘罩	10
0.3.5 球顶形状	13
0.4 支撑系统	13
0.4.1 折环	13
0.4.2 定心支片	15
0.4.3 线性及渐进式支撑系统	15
0.5 扬声器阻抗建模	15
0.6 功率、效率及房间大小	16
0.7 高级换能器设计	17
0.7.1 为闭箱设计低频扬声器	18
0.7.2 为开口箱设计低频扬声器	23
0.7.3 为带通箱设计低频扬声器	24
0.7.4 为紧凑型箱体设计低频扬声器	26