

Media

TECHNOLOGY

传媒典藏

音频技术与录音艺术译丛

Focal Press
Taylor & Francis Group

传声器手册

John Eargle 的传声器设计与应用指南
(第3版)

从单声道到立体声再到环绕声 | 一本关于传声器设计与应用及使用技巧的通用指南
传奇录音师 John Eargle 代表作品

EARGLE'S microphone Book

From Mono to Stereo to Surround
A Guide to Microphone Design and Application



[美] 雷·A·雷伯恩 (Ray A. Rayburn) 著
张一龙 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

Media

TECHNOLOGY

传媒典藏




Taylor & Francis Group

音频技术与录音艺术译丛

传声器手册

John Eargle 的传声器设计与应用指南

(第3版)

EARGLE'S
 microphone
Book

From Mono to Stereo to Surround
A Guide to Microphone Design and Application

[美] 雷·A·雷伯恩 (Ray A. Rayburn) 著

张一龙 译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

传声器手册 : John Eargle的传声器设计与应用指南:
第3版 / (美) 雷·A. 雷伯恩 (Ray A. Rayburn) 著 ; 张
一龙译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2019. 1
(音频技术与录音艺术译丛)
ISBN 978-7-115-47546-6

I. ①传… II. ①雷… ②张… III. ①传声器—设计
—指南 IV. ①TN641-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第307232号

版权声明

Eargle's Microphone Book: From Mono to Stereo to Surround - A Guide to Microphone Design and Application, Third Edition by Ray A. Rayburn.

ISBN 978-0240820750

Copyright©2012 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。

-
- ◆ 著 [美]雷·A·雷伯恩 (Ray A. Rayburn)
 - 译 张一龙
 - 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>
 - 三河市祥达印刷包装有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
 - 印张: 23.25 2019年1月第1版
 - 字数: 580千字 2019年1月河北第1次印刷
 - 著作权合同登记号 图字: 01-2012-1181号
-

定价: 119.00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: 京东工商广登字 20170147号

内容提要

本书将带你进入录音棚和音乐厅，讲述传声器的最佳摆位是如何根据演员的位置确定的。本书从实践的角度来分析录音中常见的问题，例如反射、串音和隔离等，并且涵盖了声场空间、声像定位以及平衡等方面的详细探讨。本书帮助你在不同场合选择并使用传声器，它的宝贵之处在于，不但教你“怎样做”，同时让你明白“为什么”。

本书作者 Ray A. Rayburn 先生是音频工程师学会（AES）的董事，K2 Audio LLC 的首席顾问，AES 传声器标准工作组的成员，兼任互连标准分组主任。同时，他也是一位终生着迷于传声器使用、测试与设计的录音师。

丛书编委会

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

第1版序言

传声器在任何音频链路中都是最重要的环节，绝大多数音频工程师都对这一观点表示认同。如今琳琅满目的传声器型号，包括历史长达半个世纪之久的大量型号都证实了这一事实。我大概是从十几岁起开始对传声器产生兴趣的，并在当时得到了一个家用型唱片录音机。虽说它的晶体传声器确实非常原始，但是我已然被深深吸引。尽管我接受了多年音乐教育，但是仍然迷恋这样的声音。当时的喜好和见闻注定我终将成为一名录音师。

大约30年前，我就开始在各种夏季教育计划中教授录音技术课程，在Eastman音乐学院和随后在Aspen音乐节和Peabody音乐学院的教学经历对我在专业领域的积累尤为重要。当时我努力学习传声器性能的基本原理和基本设计参数，随后在1981年出版发行的《传声器手册》中将当时早期的大学录音技术课程向前推进了一大步。这本由Focal Press出版的全新著作详细而深入地介绍了相应的技术，更重要的是扩展了当前传声器的用法和案例。

学习工程和设计专业的学生和从事音频行业的年轻人可以借鉴和学习这本《传声器手册》。本书的第1章叙述了传声器短暂的发展史。第2章到第6章从数学的角度集中列举了一些技术资料，但是清晰的图表可供读者清楚地了解所有背景。第7章至第10章介绍了如标准、传声器-录音棚电子接口和各类配件等实际问题。

第11章~第17章涵盖了传声器主要的应用领域，强调了在立体声和环绕声音乐录音中、在广播和通信领域中以及在语言/音乐扩声方面的创意。第18章概括了先进的传声器阵列，而第19章对传声器的保养和维护提出了有益的建议。最后广泛列举了本书的参考文献和索引。

我非常感激Leo Beranek在1954年出版的《Acoustics》这本出色的著作、A. E. Robertson于1951年为BBC编写的鲜为人知的著作《Microphones》，当然还有美国物理联合会(American Institute of Physics)编写的《电容传声器手册》。Harry Olson的著作始终广泛涵盖了音频领域的所有信息，给我提供了帮助。

除了这4个主要的信息来源以外，任何编写传声器书籍的作者都必须依靠技术期刊，并保持与该领域的终端用户和制造商的持续性讨论。我曾经与一些专业人士展开过长期技术交流，在此我想特别感谢以下人士：Norbert Sobol (AKG Acoustics)、Jörg Wuttke (Schoeps GmbH)、David Josephson (Josephson Engineering)、Keishi Imanaga (Sanken Microphones)，并对Gotham Audio的Steve Temmer和Hugh Allen在早期对我的帮助表示感谢。我们获得了许多制造商的许可，进而在本书中使用其图片和图纸，本书中的图片的每一次使用都要归功于他们。

John Eargle

2001年4月

第2版序言

第2版《传声器手册》延续了第1版的主题大纲。大多数基本原理的章节得到更新，以反映最新型号和电子技术，而这些章节涉及的在该领域的应用也得到了显著拓展。

急速发展的环绕声技术自成一章，其中不仅仅涉及传统技术，同样包括后期开发的虚拟声像和声像的建立等技术，也涵盖了全息感中的视差。

同样，传声器阵列的章节也得到扩充，其中包括自适应系统的讨论，因为它们能够在音乐应用中减少通信和有效数据。

最后，很多人建议将经典传声器列为单独的一章。收集近30个型号的传声器是一件比想象中艰巨许多的任务，但对于我来说是一项不求回报、心甘情愿的工作。

John Eargle

Los Angeles, 2004年6月

第3版序言

首先要感谢 Focal Press 和 Elsevier 选择让我更新 John Eargle 的这本经典著作。距上一版已经过去 7 年了，而这期间技术发展并非停滞不前。

数字技术充分渗透在音频领域，包括传声器和它们所属的音频系统。我们更多地了解到传声器应用的声学环境和电学环境，关于经典传声器的全新信息已经出现。

许多章节有重大更新。书中纳入了全新的传声器型号，同时还包括传声器接口、温度和湿度对传声器的影响、标准以及传声器阵列的最新信息。系统问题以及自动混音也不容忽视。用于无线系统的无线传声器和传声器元件也得到更新。

我相信您能从中发现新版本的价值，扩大知识储备。

Ray A. Rayburn

Boulder, 2011 年 6 月

符号注解

a	振膜的半径 (mm); 加速度 (m/s^2)
A	安培 (电流单位)
AF	声音频率
c	声速 (常温下 334m/s)
$^{\circ}\text{C}$	温度 (摄氏度)
d	距离 (m)
dB	相对电平 (分贝)
dB A-wtd	A 计权声压级
dBu	信号电压 (以 0.775V 作为基准电压)
dBV	信号电压 (以 1V 作为基准电压)
D_c	临界距离 (m)
DI	指向性指数 (dB)
E	电压 (直流电压)
$e(t)$	信号电压 (均方根电压)
f	频率 (单位为赫兹, s^{-1})
HF	高频
Hz	频率 (赫兹, 每秒钟周数)
I	声强 (W/m^2)
I	直流电流、安培 (Q/s)
$i(t)$	信号电流 (均方根电流)
I_0	机械转动惯量 ($\text{kg} \times \text{m}^2$)
j	复数的虚部 $j = \sqrt{-1}$

k	波数 ($2\pi/\lambda$)
kg	质量、千克 (国际单位制基本单位)
K	温度 (开氏度数, 国际单位制基本单位)
LF	低频
L_p	声压级 (dB 以 $20\mu Pa$ 为基准声压)
L_R	混响声压级 (dB 以 $20\mu Pa$ 为基准声压)
L_N	噪声级 (dB 以 $20\mu Pa$ 为基准声压)
m	米 (国际单位制基本单位)
MF	中频
mm	毫米 ($m \times 10^{-3}$)
μm	微米 ($m \times 10^{-6}$)
M	传声器系统灵敏度, mV/Pa
M_D	电容传声器底部振膜灵敏度, V/Pa
N	力, 牛顿 ($kg, m/s^2$)
$p, p(t)$	均方根声压 (N/m^2)
P	功率 (瓦特)
Q	电荷 (库, 国际单位制基本单位)
Q	指向性因数
r	与声源的距离 (m)
R, Ω	电阻 (欧姆)
R	房间常数 (m^3 或 ft^3)
RE	传声器的随机效率 (也叫 REE)
RF	射频
RH	相对湿度 (%)
s	秒 (国际单位制基本单位)
S	面积 (m^2)
T	扭矩 ($N \cdot m$)

T, t	时间 (s)
T	磁感应强度 (特斯拉)
T_{60}	混响时间 (s)
T_0	振膜张力 (牛顿 / 米)
torr	标准大气压; 1 毫米汞柱 (mmHg) 等于 133.322Pa (注意: 通常 0°C 下, 760 torr 的大气压为标准大气压)
$u, u(t)$	空气质点均方根速度 (m/s)
$U, U(t)$	体积均方根流速 (m ³ /s)
$x(t)$	空气质点的位移 (m)
X	机械、声学或电抗 (Ω)
V	电气电压 (电压或电势)
Z	机械、声学或电阻 (Ω)
$\bar{\alpha}$	平均吸声系数 (无量纲)
λ	声音在空气中的波长 (m)
ϕ	相位, 相移 (度或弧度)
ρ	极坐标的因变量
ρ_0	空气密度 (1.18 kg/m ³)
ρ_{0c}	常温下, 空气的声阻抗 (415 SI rayls)
θ	角度 (度或弧度), 极坐标的自变量
ω	$2\pi f$ (角频率, 弧度 / 秒)
σ_m	表面质量密度 (kg/m ²)

目 录

第 1 章 传声器的发展简史	1
1.1 引言	1
1.2 早期发展	1
1.3 广播业的崛起	3
1.4 大众传播业的崛起	4
1.5 电容的巨大突破：驻极体传声器	4
1.6 录音棚传声器技术	5
1.7 未来发展	5
第 2 章 声音传播基础和传声器力学原理	6
2.1 引言	6
2.2 波的生成和传输的基本原理	6
2.3 媒质温度对声速的影响	8
2.4 声功率	8
2.5 混响声场	12
2.6 平面声场的辐射特性	14
2.7 球面声场的辐射特性	15
2.8 湿度对声音传播的影响	16
2.9 短波信号的声衍射效应；指向性系数 (DI)	16
第 3 章 压力式传声器	20
3.1 引言	20
3.2 电容压力式传声器	20
3.3 电容压力式传声器的电路分析	23
3.4 温度和气压变化对电容传声器灵敏度的影响	25
3.5 湿度对电容传声器灵敏度的影响	26
3.6 轴向响应与随机入射响应的比较：网罩、挡板和鼻锥体	30
3.7 典型的电容压力式传声器噪声频谱	34
3.8 驻极体电容压力式传声器	35
3.9 测量传声器	36

3.10	电容传声器的灵敏度、带宽和振膜位移	39
3.11	振膜位移	39
3.12	电动压力式传声器	40
3.13	其他压力式传声器换能器	44
3.14	压电式传声器	45
第 4 章	压差式传声器	47
4.1	引言	47
4.2	压差的定义和描述	47
4.3	压差式传声器的指向性和频率响应特性	50
4.4	电动压差式传声器的机械结构	52
4.5	压差式电容传声器	59
4.6	近讲效应	61
第 5 章	一阶指向性传声器	64
5.1	引言	64
5.2	一阶心形指向性家族	64
5.3	三维空间的一阶指向性模式	70
5.4	早期双组件指向性传声器举例	70
5.5	心形指向性传声器的近讲效应	71
5.6	单振膜心形指向性传声器	73
5.7	单振膜可变指向性传声器	75
5.8	Braunmühl-Weber 双振膜可变指向性电容传声器	78
5.9	The Electro-Voice Variable-D [®] 动圈传声器	81
5.10	两分频传声器	83
5.11	增加传声器指向性模式控制的灵活性	85
5.12	真实的指向性模式	86
第 6 章	强指向性传声器	87
6.1	引言	87
6.2	干涉式传声器	87
6.3	二阶与高阶传声器	93
6.4	三阶传声器	98
6.5	阵列传声器	99
6.6	从已知极坐标图中计算出指向性数据	99
第 7 章	传声器的测量、标准和规范	101
7.1	引言	101

7.2	主要性能指标	101
7.3	频率响应和极坐标数据	101
7.4	传声器声压灵敏度	105
7.5	传声器的内阻	107
7.6	标准的传声器灵敏度范围	108
7.7	传声器的等效本底噪声水平评价	108
7.8	失真的评价	109
7.9	传声器的动态范围	110
7.10	传声器哼声	110
7.11	压力式传声器的互易原理	110
7.12	传声器的脉冲响应	111
7.13	扩展传声器频率响应的包络	112
7.14	标准	113
第 8 章	传声器用电注意事项和电子接口	114
8.1	引言	114
8.2	供电	114
8.3	传声器输出电路 / 调音台前置放大器输入电路	121
8.4	独立式传声器前置放大器	127
8.5	线路的损耗和电信号干扰	128
8.6	系统注意事项	133
8.7	利用射频 (RF) 传输原理的传声器	136
8.8	传声器的并联使用	137
8.9	数字传声器	138
第 9 章	无线传声器技术概览	140
9.1	引言	140
9.2	目前的技术	140
9.3	发射机	145
9.4	操作控制	148
9.5	电源管理	148
9.6	使用环境	150
9.7	最后的提醒	150
第 10 章	传声器配件	151
10.1	引言	151
10.2	台式支架	151

10.3	嵌入式传声器	152
10.4	传声器的支架和吊杆	153
10.5	立体声支架	154
10.6	固定式传声器的安装	155
10.7	线缆的安装	156
10.8	防风罩和防喷网	157
10.9	减震支架	160
10.10	电子插接件	161
10.11	传声器的辅助供电	162
第 11 章	立体声录音技术基础	163
11.1	引言	163
11.2	立体声是什么：幻象声源的简单分析	163
11.3	重合传声器拾音制式	165
11.4	X-Y 拾音制式的变形：M-S 拾音制式	169
11.5	间隔传声器拾音制式	171
11.6	近似重合传声器拾音制式	175
11.7	混合拾音制式	176
11.8	立体声听音条件	178
第 12 章	立体声传声器	179
12.1	引言	179
12.2	Blumlein 的早期试验	179
12.3	立体声传声器实例剖析	180
12.4	遥控立体声传声器	182
12.5	人工头、球体和障板	183
第 13 章	经典立体声录音技术及实践	188
13.1	引言	188
13.2	古典音乐录音：艺术还是科学？	188
13.3	一些乐器和乐器组的声学特性	188
13.4	独奏乐器的录制	193
13.5	录制室内乐	196
13.6	室内交响乐：关于辅助传声器的引入	199
13.7	大型交响乐队	200
13.8	提升或降低表演空间的活跃度	204
13.9	动态范围问题	208
13.10	参考 CD 目录	208

第 14 章 录音棚录音技巧	210
14.1 引言	210
14.2 录制鼓组	210
14.3 录制其他打击乐器	215
14.4 录制钢琴	216
14.5 录制声学贝斯	217
14.6 人声和人声组	220
14.7 录制吉他	222
14.8 合成器	223
14.9 木管乐器和铜管乐器	223
14.10 弦乐器	225
14.11 录音棚中的合奏	225
14.12 大型录音棚交响乐	229
14.13 现代录音棚声学 and 串音控制	229
14.14 3:1 原则	232
第 15 章 环绕声传声器技术	233
15.1 引言	233
15.2 立体声衍生系统	234
15.3 由立体声衍生的环绕声传声器和阵列	238
15.4 单点拾音的传声器阵列	245
15.5 听觉传输 (Transaural)/ 头部相关技术	250
15.6 “视差”系统	253
第 16 章 环绕声录音案例研究	256
16.1 引言	256
16.2 环绕声混音的基本原则: 定义声场	256
16.3 柏辽兹: 幻想交响曲《赴刑进行曲》	257
16.4 柴可夫斯基: 《1812 序曲》(Igor Buketoff 编排合唱)	261
16.5 格什温: 《蓝色狂想曲》	264
16.6 柏辽兹: 《感恩赞》	266
16.7 比才·谢德林: 《卡门芭蕾》选段	269
16.8 阿尔弗雷德·施尼特凯: 《钢琴协奏曲》	271
16.9 录音作品参考目录	272
第 17 章 传声器在广播和通信领域中的应用	273
17.1 引言	273

17.2	用于广播和通信领域的传声器类型	273
17.3	播音间的声学环境和实际操作	281
17.4	会议系统	282
17.5	寻呼系统	283
17.6	高噪声区域的寻呼	284
第 18 章	语言和音乐扩声基本原理	285
18.1	引言	285
18.2	语言扩声的原则	285
18.3	室外（无声反射）语言扩声系统分析	286
18.4	室内语言扩声系统分析	288
18.5	影响室内语言清晰度的因素	289
18.6	语言扩声的传声器	290
18.7	两个常见问题	293
18.8	大空间内扬声器阵列的选择	294
18.9	声反馈的控制	297
18.10	评估一个语言扩声系统的清晰度	299
18.11	正统剧剧院的语言和音乐扩声	300
18.12	现代化的音乐剧场	301
18.13	高声压级音乐会扩声	302
18.14	有源声学系统和电声厅堂	302
第 19 章	传声器阵列和自适应系统概述	304
19.1	引言	304
19.2	离散线阵列理论	304
19.3	组件之间呈对数间隔分布的恒定指向性传感器阵列	306
19.4	多媒体工作站的传声器阵列	307
19.5	心形水平响应和狭窄垂直响应的台式传声器阵列	308
19.6	宽广的垂直响应和狭窄水平响应的台式传声器阵列	309
19.7	自适应强指向性传声器	309
19.8	巨型传声器阵列	311
19.9	大型声学数据阵列	311
19.10	回声消除	311
19.11	“虚拟”传声器	313
19.12	最后的注意事项	314
第 20 章	传声器的保养和维护	315
20.1	引言	315