

Media

TECHNOLOGY

传媒典藏

音频技术与录音艺术译丛

ELSEVIER
爱思唯尔

声频信号的 仪表计量

(第2版)

[丹] Eddy Bøgh Brixen 著 朱伟译

AUDIO METERING
MEASUREMENTS, STANDARDS
AND PRACTICE

测量 标准 实践



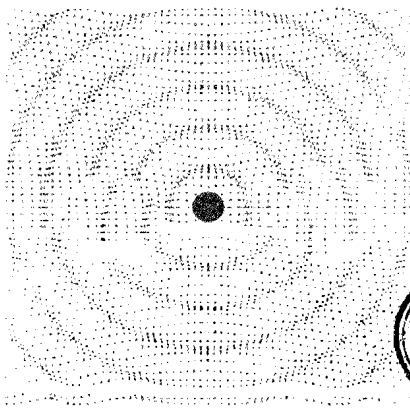
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

声频信号的仪表计量

(第2版)

[丹] Eddy Bøgh Brixen 著 / 朱伟 译

AUDIO METERING
MEASUREMENTS, STANDARDS
AND PRACTICE



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

声频信号的仪表计量 : 第2版 / (丹) 布里克森著 ;
朱伟译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2012. 5
(音频技术与录音艺术译丛)
ISBN 978-7-115-27500-4

I. ①声… II. ①布… ②朱… III. ①音频信号处理
— 测量 IV. ①TN912.3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第021620号

版 权 声 明

Audio Metering, 2nd Edition by Eddy Bøgh Brixen.

ISBN 978-0-240-81467-4

Copyright © 2011, by Elsevier Inc. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

ISBN: 978-981-272-896-8

Copyright © 2012, by Elsevier (Singapore) Pte Ltd., 3 Killiney Road, #08-01 Winsland House I, Singapore. All rights reserved. First Published 2012.

Printed in China by POSTS & TELECOM PRESS under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授权人民邮电出版社在中国境内 (香港和澳门特别行政区以及台湾地区除外) 出版发行。

本版仅限于中国境内 (香港和澳门特别行政区以及台湾地区除外) 出版及标价销售。未经许可之出口, 视为违反著作权法, 将受法律之制裁。

音频技术与录音艺术译丛

声频信号的仪表计量 (第 2 版)

◆ 著 [丹] Eddy Bøgh Brixen

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>

北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.75

字数: 386 千字

印数: 1—3 500 册

2012 年 5 月第 1 版

2012 年 5 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2011-1370 号

ISBN 978-7-115-27500-4

定价: 68.00 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

内容提要

在这本内容丰富的应用指南手册中，作者将引领读者充分理解有关声频信号的仪表计量方面复杂而又模糊的概念，使读者掌握灵活运用信号电平制作高质量声频制品所必需的知识 and 技能。

本书所讨论的主题涵盖了各个领域。全书从基本的概念入手（声频定义和数字技术），讨论了人耳听觉和心理声学的有关理论；论述了声频信号电平的定义、仪表计量标准和实践操作等内容，其中有现在采用的有关 VU 和 PPM 的 AES 标准，以及最新的响度仪表计量标准。因此本书不失为声频信号仪表计量方面的指南性著作。

本书还包含以下内容：

- 有关响度仪表计量的最新信息，其中讨论了原有和最新的标准，诸如 LU、RLB 和 LKFS 等概念的定义
- 对乐声及其音乐结构的分析
- 与音响工程师工作密切相关的心理声学方面的内容
- 对语言可懂度及其测量方面内容的深入讨论
- 无音质损失的小房间声学和大房间声音设计所必需的知识 and 技能
- 专业术语表

本书全面收集和整理了可应用于日常工作各个领域中的有价值的信息，是从事声学 and 电声学设计以及声频鉴定方面工作的所有技术人员和工程师必备的基础读物。本书还为从事扬声器和大型放大器设计与制造方面工作的所有人员（包括剧场和现场声频系统设计的工作人员）提供了有价值的重要基本信息。

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

丛书编委会主任简介

李伟，生于1952年，沈阳人。20岁在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，之后赴德国柏林艺术大学（UdK）音乐学院录音专业攻读硕士学位，师从录音大师J.N.马蒂斯教授。学成回国后调入中国传媒大学（原北京广播学院）任教，出版专著《立体声拾音技术》、主编《现代录音技术丛书》。现任中国传媒大学影视艺术学院副院长、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、亚洲录音艺术与科学（广州）文化节“音乐录音作品”评委。



丛书序

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，与欧美发达国家相比较，我国在该领域还存在一定的差距。中国传媒大学影视艺术学院录音系，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。

中国传媒大学影视艺术学院副院长、录音系系主任

李 伟

2010年初冬于北京

前 言

何谓动态范围——这样的声音听上去的响度会是怎样的呢？这是从事声音领域实践工作的每个人都会面临的永恒问题。

编写本书的目的就是给每位对声频感兴趣的人一个明确的解释，以化解他们心中对此问题的疑惑。

本书会对基础声学、电声学和心理声学中涉及的一些概念做出解释，也会涉及许多与数字化技术相关的问题，同时读者也会从本书中获取大量用来描述声音幅度工具的信息。

本书是《声频信号的仪表计量》的第2版。本版特别增加了有关响度计量及其仪表示示的内容。另外，本书开始的基础知识章节中也扩充了一些内容，并增加了全新的室内声学一章。

给阅读本书读者的建议

《声频信号的仪表计量》一书可以当作参考书来使用。本书在每一章前面均有内容提要，并且在书的最后还提供了专业术语表。

强烈建议读者在阅读本书时要逐页阅读。本书的主题结构是将最基本的内容放在书的最前面，而更详细的解释性内容通常放在书的后面。

祝学习愉快！

Eddy Bøgh Brixen

2010年9月于丹麦 Smørum

感谢我的家人以及出版商在我准备《声频信号的仪表计量》第2版期间所表现出的耐心。另外还要感谢第1版的出版商将版权授予作者。

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。

中国传媒大学影视艺术学院副院长、录音系系主任

李 伟

2010年初冬于北京

目 录

1 声学声音信号 1

- 1.1 何谓声音? 2
- 1.2 声速 2
- 1.3 频率 3
- 1.4 波长 3
- 1.5 声压 4
- 1.6 转换关系 5
- 1.7 声功率 6
- 1.8 声强 6
- 1.9 声场 6
 - 1.9.1 球面波声场 6
 - 1.9.2 柱面波声场 9
 - 1.9.3 平面波声场 9

2 从声学声音信号到电声信号 11

- 2.1 电声信号 12
- 2.2 速度 12
- 2.3 波长 12

3 信号的数字化表示方法 15

- 3.1 防混叠滤波 16
- 3.2 采样 17
- 3.3 量化 17
- 3.4 二进制数值 18
- 3.5 A-D 19
- 3.6 D-A 19
- 3.7 比特压缩 20
 - 3.7.1 无损打包处理 20
 - 3.7.2 较低 f_s 和每个样本较少的比特数 21
 - 3.7.3 非线性量化 21
 - 3.7.4 感知编码 21
 - 3.7.5 编解码及其应用 22
- 3.8 (线性) 数字声频会占据多大的存储空间? 22

4 信号类型 25

- 4.1 纯音 26
- 4.2 复合音 26
- 4.3 特殊波形信号 27
- 4.4 噪声信号 28
- 4.5 声源为语声的信号 30
 - 4.5.1 声级 30
 - 4.5.2 语音的频谱 30
 - 4.5.3 共振峰 32
 - 4.5.4 波峰因数 33
- 4.6 乐器信号 33
 - 乐音 33
- 4.7 乐器的声学测量 35
- 4.8 参考文献 39

5 声频信号有多大? 41

- 5.1 声学信号 42
- 5.2 电信号 42
- 5.3 峰值 42
- 5.4 平均值 44
- 5.5 RMS 值 44
 - 5.5.1 波峰因数 46
 - 5.5.2 波形因数 47

6 dB 的概念 49

- 6.1 dB — 功率比 50
- 6.2 dB — 幅度比 51
- 6.3 由 dB 变换成功率比或振幅比 51
- 6.4 转换表 52
- 6.5 基准参考值 53
- 6.6 其他相对的单位 54
- 6.7 加权测量 55
- 6.8 dB 的相加 55
 - 列线图 (求和) 55
- 6.9 dB 的相减 56
 - 列线图 (求差) 57

7 人耳、听力和声级感知 59

- 7.1 外耳 60
- 7.2 中耳 60
- 7.3 内耳 61
- 7.4 人耳的灵敏度 61
- 7.5 听力损失 62
- 7.6 人耳的频谱分析仪功能 62

- 7.7 响度与频率的函数关系 62
- 7.8 响度与声场的函数关系 63
- 7.9 响度与信号持续过程的函数关系 64
- 7.10 掩蔽 65
- 7.11 前向掩蔽与后向掩蔽 66
- 7.12 波峰与波谷的听感能力 67
- 7.13 第一波前定律 67
- 7.14 参考文献 69

8 时间加权 71

- 8.1 线性平均 71
- 8.2 指数平均 72
- 8.3 冲击 73
- 8.4 峰值 73
- 8.5 节目电平表中的时间因素 73
- 8.6 等效电平, L_{eq} 74

9 频率加权和滤波器 75

- 9.1 人耳响应的加权模拟 76
 - 9.1.1 IEC A 76
 - 9.1.2 IEC B、C 和 D 77
 - 9.1.3 IEC Z 78
 - 9.1.4 RLB — 修订的低频 B-加权 (ITU-R BS.1770) 78
 - 9.1.5 K-加权 78
 - 9.1.6 ITU-R BS.468-1(CCIR) 79
 - 9.1.7 CCIR/ARM 79
 - 9.1.8 其他形式的加权 80
- 9.2 加重 80
 - 9.2.1 μs 概念 81
 - 9.2.2 50/75 μs 82

- 9.2.3 50/15 μ s 83
- 9.2.4 磁带录音机中的加重 83
- 9.2.5 J.17 84
- 9.2.6 RIAA 84
- 9.3 声频中的滤波器 85**
 - 9.3.1 截止频率 85
 - 9.3.2 带宽 85
 - 9.3.3 分频频率 87
 - 9.3.4 衰减量 87
 - 9.3.5 增益 87
 - 9.3.6 斜率曲线 87
 - 9.3.7 拐点频率 / 转折频率 87
 - 9.3.8 Q 值 (品质因数) 87
- 9.4 滤波器类型 87**

10 响度的测量 91

- 10.1 Zwicker 的方法 92**
 - 10.1.1 处理步骤 93
 - 10.1.2 Zwicker 方法的修正 94
- 10.2 Stevens 的方法 94**
- 10.3 Dolby $L_{eq}(m)$ 电影响度 / 烦躁度 95**
- 10.4 ITU-R BS.1770 — 广播节目的响度 96**
- 10.5 EBU R-128 — 门处理 98**
- 10.6 参考文献 99**

11 电平表的特性 101

- 定义与要求 102**
 - 基准参考指示 102
 - 基准参考输入电压 102
 - 刻度的划分 102

- 幅频响应 103
- 动态响应 103
- 延时时间 103
- 积分时间 103
- 过摆 104
- 恢复时间 104
- 可逆性误差 104
- 输入阻抗 104
- 由峰值节目表引入的失真 104
- 过载特性 104
- 电源电压范围 105

12 标准的音量指示仪 (VU 表) 107

- 12.1 基本技术指标 108
- 12.2 衰减器 108
- 12.3 阻抗 110
- 12.4 混淆 110
- 12.5 SVI 与峰值 110
- 12.6 “现代的” VU 表 111
- 12.7 采用 VU 表校准 111
- 12.8 参考文献 111

13 峰值节目表 — PPM 113

- 13.1 PPM 114
- 13.2 DIN 刻度 114
- 13.3 Nordic 刻度 115
- 13.4 BBC 刻度 115
- 13.5 检测电平 115
- 13.6 其他的性能 116
 - 13.6.1 积分时间：快速 116

- 13.6.2 峰值保持 116
- 13.6.3 插入增益 116
- 13.6.4 峰值指示 117
- 13.7 参考文献 117

14 响度表 119

- 14.1 Dorrough 响度表 120
- 14.2 Dolby 表 121
 - 14.2.1 737 型声轨响度表 — $L_{eq}(m)$ 121
 - 14.2.2 LM100 广播响度表 121
 - 14.2.3 Dolby 媒体表 2 122
- 14.3 ITU-R BS.1771 (2006) 122
 - ITU 响度表 122
- 14.4 TC Electronic LM5/LM5D 125
- 14.5 EBU R 128 响度表 126
 - 14.5.1 节目响度 127
 - 14.5.2 响度范围 (LAR) 127
 - 14.5.3 最大真实峰值电平 128
 - 14.5.4 EBU 模式仪表 128
- 14.6 参考文献 130

15 电平表的校准 131

- 15.1 稳定音调音 131
- 15.2 猝发音调音 132
- 15.3 步骤 133
 - 15.3.1 SVI 或 VU 133
 - 15.3.2 PPM (QPPM) 133
- 15.4 EBU 模式响度表 134