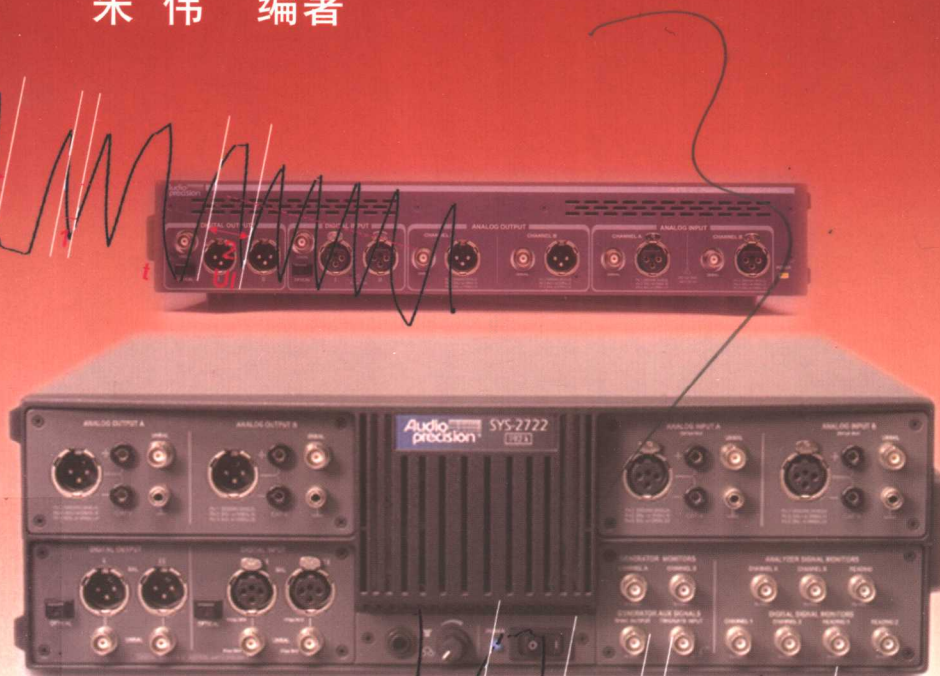


现代录音技术

AUDIO MEASUREMENT 声频测量技术

朱伟 编著



中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

现代录音技术丛书

声频测量技术

Audio Measurement

朱 伟 编著

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

声频测量技术/朱伟编著. —北京: 中国广播电视出版社, 2005.9

(现代录音技术丛书/李伟, 伍建阳主编)

ISBN 7-5043-4713-2

I. 声… II. 朱… III. 语音数据处理—测量—数字技术 IV. TN912.34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 076285 号

声频测量技术

编 著	朱 伟
责任编辑	沈楚瑾
封面设计	郭运娟
责任校对	张 哲
监 印	陈晓华
出版发行	中国广播电视出版社
电 话	86093580 86093583
社 址	北京市西城区真武庙二条 9 号(邮政编码 100045)
经 销	全国各地新华书店
印 刷	北京海淀安华印刷厂
装 订	涿州市西何各庄新华装订厂
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
字 数	240 (千) 字
印 张	17.125
版 次	2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷
印 数	4000 册
书 号	ISBN 7-5043-4713-2/TN·335
定 价	32.00 元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)



作者简介

1985年毕业于北京广播学院无线电工程系电视发送专业，1985年至1988年在北京广播学院广播技术研究所攻读通讯与信息系统专业广播声学方向硕士研究生，1988年至今在中国传媒大学录音艺术学院任教。此间承担了《录音技术》、《数字声频原理》和《声频测量》等课程的本科和硕士研究生教学工作，另外还承担了十余项学院和部级科研项目；主持编写及编译了《数字声频与播控技术》、《数字声频工作站》、《录音节目制作设备及原理》和《录音技术与艺术丛书》等书，参与了《录音艺术大全》音像教材，以及多部著作的录制和编写工作。目前在录音艺术学院主要从事本科生的教学和研究生的指导，以及相关学科的科研工作，现为录音学院教授。

现代录音技术丛书

- | | |
|----------------|------------|
| ◆ 立体声拾音技术 | 李 伟 编著 |
| ◆ 音乐录音 | 李大康 编著 |
| ◆ 声频测量技术 | 朱 伟 编著 |
| ◆ 声音与人耳听觉 | 陈小平 编著 |
| ◆ 扬声器和传声器原理与应用 | 陈小平 编著 |
| ◆ 流媒体技术及应用 | 胡 泽 赵新梅 编著 |
| ◆ 计算机数字音频工作站 | 胡 泽 雷 伟 编著 |
| ◆ 录音工程师手册 | 周小东 编著 |
| ◆ 录音专业英语 | 刘晓飞 编著 |

责任编辑：沈楚瑾

封面设计：郭运娟

现代录音技术丛书

主编 李 伟 伍建阳

内 容 简 介

《声频测量技术》一书是在中国传媒大学录音艺术学院录音系录音工程专业该门课教材的基础上编写而成的。

本书是针对广播电视领域中涉及的声频器件、设备和系统的测量而编写的，所以不可能将所有声频测量的内容在此均作详细的讨论。本书重点讨论广播电视声频系统中常用的声频测量，对其中设计的技术指标的物理含义进行介绍，并介绍测量的基本原理和基本方法，以及现代测量技术，特别是数字信号处理和计算机自动化测量技术在此方面的应用。

《声频测量技术》力图通过对声频测量技术基础理论和测量新技术的介绍，培养人们综合运用多门专业知识分析问题和解决问题的能力，为在实际工作中利用声频测量技术解决实际问题准备一定的理论基础。本书由七章构成。

第一章简单介绍测量的意义以及声频测量的特点。

第二章详细介绍了误差理论基础与测量的数据处理方法。

第三章对声频测量的工具和技术进行了说明。

第四章对具有代表性的设备的测量进行了介绍。

第五章介绍了虚拟声频测量设备。

第六章以附录的形式给出了 APWIN 的几种标准测量程序。

第七章则是为便于读者进一步学习而增设的有关的声频测量词典部分。

总 序

1877年，爱迪生发明“留声机”，揭开了人类文明发展最为激动人心的一百年的大幕。在这一百年中，产生了人类有史以来最有影响力的传播媒介和艺术形式，而它们无不与录音技术有着深刻的联系。

电影是第一个成熟的视听艺术样式，在它的数次具有里程碑意义的变革当中（电影的发明、有声电影的诞生、彩色电影的出现和宽银幕的采用），有声电影的诞生无疑是最具革命性的。

1926年，美国电影业设计出一种与无声影片同步的电唱机，生产出用电唱机放声的有声电影。1927年，美国福克斯有声电影新闻公司发明将声音调制在电影胶卷上的方法。同年，华纳公司拍摄了音乐故事片《爵士歌王》（Jazz Singer），这部影片不仅有音乐，还有一部分对白，因此被认为是声音正式进入电影的标志，它的出现，使伟大的“第七艺术”的奇迹得以真正完成。1928年，华纳兄弟公司进一步完善了有声电影技术，拍出了具有全部对白的真正有声电影《纽约之光》，自此，电影正式跨入了一个新的时期。

广播作为影响最大的大众传播媒介之一更是音频技术的直接产物。

1902年，美国人巴纳特·史特波斐德在肯塔基州穆雷市进行了第一次无线电广播。1920年，美国在底特律、旧金山和匹兹堡开始了商业无线电广播。1933年，阿姆斯特朗发明宽带调频原理，首次进行调频广播。20世纪50年代末，美国工程师赖纳德·康最先研制出立体声广播系统。1960年，蒙特利尔广播站首次应用赖纳德·康的系统进行立体

声广播。

广播的发明使人们第一次可以远距离传送自己的声音，第一次可以在广大的空间里对无数的听众进行信息传递活动。声音使人类首次体会到了“同时”和“零距离”的威力。

而稍后出现的电视的影响力更是超越了此前的任何一种传播媒介。

1929年，英国人贝尔德（1888—1946）发明了电视。1955年，美国无线电公司宣布成功实验磁带彩色录像机。1956年，美国菲舍尔无线电公司研制出具有晶体管放大器的磁带录音机。1958年，美国安皮克斯公司生产出商用彩色录像机。

作为视听媒介，声音也同样是电视的半壁江山。

录音技术也对原有的艺术样式产生了深刻的影响。音乐、戏曲、戏剧、文学等等传统艺术插上了“电子”的翅膀，为更多的人所接受。

以音乐艺术为例。录音技术的发明使人类的音乐文化传播发生了质的变化，使人们能够永久存储、广泛传播艺术家们的精湛表演，同时还催生了前所未有的音乐艺术样式。

纵观20世纪的艺术发展史我们可以发现，声音技术不仅是电子媒介的基础和电子艺术的摇篮，而且它的每一次技术飞跃都为艺术提供了更广阔的表现空间；而艺术创作也不断为技术发展提出新的要求与课题。

1931年，英国工程师布龙莱茵研制出横槽和直槽的双音迹立体声唱片。美国贝尔电话实验室首次通过电话线传送立体声交响乐。1954年，美国生产双迹磁带立体声录音机。三年后英国和美国生产出第一批商用立体声唱片。到20世纪50年代中期，立体声技术得以广泛运用，并在此后的近半个世纪中使视听艺术的创作得到空前的发展。立体声技术极大地改善了音频制作的质量，它使我们能聆听到位于正前方的两个音箱轴线之间的一个宽阔的立体声声场，领略声音的细腻的音质和层次感。

与此同时，人类开始了环绕声技术的探索。

1965年，美国科学家 Ray M. Dolby 在伦敦创办了杜比实验室，从事音响器材、降噪系统和环绕声技术的研究，陆续开发出了多种实用的环绕声编解码技术。

DTS 公司和 THX 公司也分别开发了自己的环绕声技术，并在艺术创作和商业领域都取得了成功。

20 世纪 90 年代后，日本 SONY 电影设备公司研制开发出 SDDS 制式，它是具有 7.1 声道的 8 路数字环绕声系统，其市场前景也颇具潜力。

音频技术领域发生的最为深刻的变革无疑是数字化和计算机技术的运用。

20 世纪后半期开始飞速发展的计算机技术，使人类历史进入到了一个数字时代。如今，数字技术已经渗透进人类生活的各个层面，并深切改变着我们的生活状态和生存方式。

数字技术介入电影制作领域之后，带给电影的不仅是高清晰度的画面和奇幻的视觉享受，在进入电影音频制作领域后在听觉上也带给了人们高保真度的全新震撼体验。人们纷纷走进电影院，享受数字视觉奇观以及身临其境的环绕立体声效果。

即将来临的高清电视时代，也将是环绕声的时代。

正是在这样的背景下，人们对音频技术掌握的渴求突现了出来。“现代录音技术丛书”可以说是应运而生，作者大都多年从事录音节目制作和理论研究，每一部著作都凝结着他们的心血，既有多年来节目制作的宝贵经验的总结，也有填补国内理论空白的篇章。

这是一个“专家”的时代，又是一个“综合”的时代。社会分工越来越细，每个人都必须成为某一领域的“专家”，精通自己领域的“技能”。同时我们又必须越来越多地和不同领域的“专家”合作，在一个复杂的体系中完成协作。

广播电视就是这样一个庞大、严密的体系，这里需要各种各样的专门人员，他们又必须进行精巧的合作，以完成讯息传递、艺术创作的任务。本丛书是为广播电影电视领域从事声音制作的专门人员而编撰的，同时也希望成为其他从事广播电影电视工作、音像制作、远程教育等专业人员的参考书。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 测量的意义	(1)
第二节 声频测量的特点和应用	(1)
第三节 声频测量的目的	(2)
一、实验室研究和开发	(3)
二、产品检测和质量保证	(4)
三、维护和修理	(5)
四、声频测量技术的发展	(5)
第二章 误差理论基础与测量的数据处理	(7)
第一节 测量误差的基本概念	(7)
一、测量误差的定义	(7)
二、测量误差的分类	(10)
第二节 测量误差的估计和处理	(20)
一、处理系统误差的一般方法	(20)
二、随机误差对测量数据的影响	(23)
三、用统计学方法剔除异常数据	(36)
第三节 测量误差的合成与分配	(38)
一、测量误差的合成	(39)
二、测量误差的分配	(45)

三、最佳测量方案的选择·····	(47)
第 四 节 测量的数据处理·····	(48)
一、有效数字及数字的舍入规则·····	(48)
二、非等精度测量与加权处理·····	(51)
第 三 章 声频测量工具和技术 ·····	(55)
第 一 节 引言和基本工具·····	(55)
第 二 节 正弦波发生器·····	(56)
一、RC 振荡器 ·····	(56)
二、函数发生器·····	(57)
三、频率合成器·····	(57)
四、直接数字合成器 (波形合成器) ·····	(57)
五、当前信号发生技术的发展趋势·····	(58)
六、多功能声频信号发生器·····	(58)
七、信号发生器的重要特性·····	(59)
第 三 节 幅度的测量·····	(60)
一、幅度的表示方法·····	(60)
二、RMS 检波器 ·····	(61)
三、平均值响应检波器·····	(62)
四、峰值检波器·····	(62)
五、检波器的响应时间·····	(63)
六、波形因数·····	(63)
七、幅度测量的单位·····	(64)
八、多功能设备·····	(68)
九、终端和负载电阻·····	(68)
十、平衡输入·····	(69)
十一、量程·····	(70)
十二、精度和分辨率·····	(71)
十三、响应平坦度·····	(72)
第 四 节 噪声测量·····	(72)
一、加权 (噪声计权) 滤波器·····	(73)

二、时间变量.....	(75)
三、噪声测量的 DUT 输入	(75)
四、信噪比.....	(76)
五、噪声测量的重要仪表特性.....	(77)
第 五 节 存在噪声时的信号测量.....	(77)
第 六 节 时间域和频率域.....	(78)
第 七 节 非线性的测量.....	(80)
一、输出与输入间的幅度关系.....	(81)
二、谐波失真.....	(85)
三、单次谐波的谐波失真.....	(85)
四、总谐波失真 (THD)	(87)
五、总谐波失真 + 噪声 (THD + N)	(88)
第 八 节 互调失真.....	(93)
一、SMPTE/DIN IMD	(94)
二、“CCIF”, 双音, 差音 IMD	(96)
三、动态/瞬态互调失真 (DIM/TIM)	(97)
四、其他 IMD 技术	(99)
第 九 节 频率测量.....	(100)
第 十 节 相位测量.....	(101)
一、输入/输出相位	(102)
二、相位表设备条件.....	(103)
第十一节 抖晃的测量.....	(103)
一、测量技术.....	(105)
二、实时与处理过的读数.....	(106)
三、宽带 (刮擦式) 晃动.....	(107)
四、抖晃的频谱分析.....	(107)
第十二节 使用噪声激励的测量.....	(108)
一、白噪声.....	(108)
二、粉红噪声.....	(108)
三、白噪声的分析.....	(109)
四、粉红噪声的分析.....	(109)

五、噪声测试中的频率分辨率细节·····	(110)
六、伪随机与随机噪声信号·····	(111)
第十三节 编组多点测量·····	(112)
第十四节 测量动态和读数设置·····	(114)
第十五节 输入阻抗的估算·····	(115)
第十六节 输出阻抗的估算·····	(117)
第十七节 特性化“黑盒子”·····	(118)
第十八节 DUT 的接口·····	(121)
一、平衡式设备·····	(121)
二、非平衡式设备·····	(123)
第十九节 改良的数字化测量技术·····	(124)
一、波形显示(数字存储示波器方式)·····	(125)
二、快速傅立叶变换(FFT)·····	(127)
三、FASTTEST 技术·····	(131)
第二十节 数字域测量·····	(133)
一、数字声频格式·····	(134)
二、数字域信号的发生·····	(136)
三、数字域信号的分析·····	(137)

第 四 章 具有特定结果的有代表性 DUT 类型的测量

·····	(138)
第一节 简介·····	(138)
第二节 放大器和类似的实时线性模拟声频设备·····	(138)
一、标准测量——响应与失真·····	(139)
二、最大输出电平·····	(140)
三、噪声和信噪比·····	(140)
四、串音和立体声隔离度·····	(141)
五、输入与输出消波·····	(142)
六、等效输入噪声·····	(143)
七、换能器增益与电压增益·····	(143)
八、通过替代技术得到的换能器增益·····	(144)

九、通过合适的测量设备特性得到的换能器增益	(144)
十、测量均衡和加重	(145)
十一、频谱分析	(150)
十二、FASTTEST 多频音技术	(150)
第三节 压扩器	(153)
一、压扩器的噪声测量	(153)
二、压扩器的特殊测量	(154)
第四节 模拟磁带录音机和重放设备校准及特性测量	(157)
一、校准	(157)
二、两磁头磁带录音机	(162)
三、性能测量	(163)
四、FASTTEST	(166)
第五节 无线电和调谐器	(166)
一、SINAD	(168)
二、接收机的 FASTTEST 测试	(170)
第六节 广播发射测量	(171)
一、复用广播测量	(171)
二、不同地点间的测量结构	(174)
三、加重	(176)
第七节 数字声频和转换器的测量	(177)
一、高频颤动	(178)
二、A/D 转换器测量	(180)
三、D/A 转换器测量	(185)
四、动态范围的测量	(190)
第八节 紧密耦合的声学设备	(191)
第九节 传声器测量	(192)
 第五章 虚拟声频测量仪器及其应用	(194)
第一节 虚拟测量仪器的概念	(194)
一、虚拟测量仪器的特点	(195)

二、虚拟仪器与实际仪器的区别·····	(196)
三、数字化声频测量与数字声频系统测量·····	(196)
第二节 System 2 简介·····	(197)
第三节 System 2 的模拟信号源·····	(198)
第四节 System 2 的模拟分析仪·····	(200)
第五节 System 2 的数字信号源·····	(203)
第六节 System 2 的数字输入输出接口及其控制面板 ·····	(203)
一、并行输入输出接口·····	(204)
二、一般目的的串行输入输出·····	(204)
三、System 2 的数字输入输出 (DIO) 面板·····	(205)
第七节 System 2 的数字分析仪·····	(206)
一、数字声频信号分析 DSP 程序·····	(206)
二、FFT 频谱分析 DSP 程序·····	(207)
三、多频音测试分析 DSP 程序·····	(208)
四、数字接口分析程序·····	(208)
五、数字分析仪的输入·····	(210)
第八节 System 2 同步多频音测试 (FASTTEST) 原理 ·····	(210)
一、同步多频音测量的优点·····	(211)
二、同步多频音信号的获得·····	(211)
三、System 2 多频音测试的功能·····	(212)
四、多频音与单频音测试的联系与区别·····	(214)
第九节 APWIN·····	(214)
第十节 用 System 2 测量的步骤·····	(215)
 第六章 附录 1 APWIN 的标准测量程序·····	(217)
第一节 频率响应的测量·····	(217)
第二节 噪声的测量·····	(218)
第三节 THD + N ~ 频率·····	(219)
第四节 THD + N ~ 幅度·····	(220)

第 五 节	SMPTE IMD ~ 幅度	(221)
第 六 节	CCIF IMD ~ 幅度	(221)
第 七 节	DIM IMD ~ 幅度	(222)
第 八 节	声道间相位差的频率特性.....	(223)
第 九 节	输入输出特性.....	(224)
第 十 节	线性度.....	(225)
第十一节	串音 ~ 频率特性.....	(226)
第十二节	FFT 频谱分析	(227)
第十三节	波形显示.....	(228)
第十四节	外部频率响应.....	(229)
第 七 章 附录 2 声频测量词典		(230)
参考书目.....		(257)