

FLUKE.

# 校准

## —理论与—实践

[美] Fluke Corporation 著

汪铁华 译 董光球 审校

中国计量出版社

TM93

F75

463360

FLUKE.

# 校准

## ——理论与实践

[美] 福禄克公司  
Fluke Corporation 著

汪铁华 译

童光球 审校



07463880

中国计量出版社



著作权合同登记 图字: 01—1999—1042 号

图书在版编目(CIP)数据

校准——理论与实践/美国福禄克公司著;汪铁华译. —北京:中国计量出版社, 2000.1

书名原文: Calibration:Philosophy in Practice (Second Edition)

ISBN 7-5026-1224-6

I. 校… II. ①美…②汪… III. ①直流-电子测量②低频-电子测量 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 42470 号

中国计量出版社出版

北京和字里西街甲 2 号

邮政编码 100013

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

\*

889mm × 1194mm 16 开本 印张 25.5 字数 763 千字

2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

\*

印数 1—3000 定价: 80.00 元

# 序

《校准——理论与实践》是美国福禄克公司 (FLUKE) 编写、出版的关于直流和低频电学测量的一本计量学专著。全书分为七篇, 除绪论外, 分别独立地论述了计量学的一般原理、一级标准和二级标准, 校准器和校准, 统计学, 实验室的管理, 计量学中应考虑的实际问题。

关于一般计量学和电学计量, 国内、国外已经有不少专著, 与这些专著相比, 《校准——理论与实践》具有一些独有的特点。


本书在内容上包括一般计量学导论和直流、低频电学计量两大部分, 但是, 这两大部分内容在书中并没有完全分开。全书以一般计量学导论为纲, 将直流、低频电学计量的内容结合进去, 或者用整章、整节详细论述, 或者作为一般计量学导论的例子。

福禄克公司是研制和生产电学测量仪器的著名厂家, 在电学测量和计量领域有着丰富的经验。因此, 本书第三篇“一级标准和二级标准”(共八章), 第四篇“校准器和校准”(共五章)和第七篇“计量学中应考虑的实际问题”(共三章)可以说反映了直流和低频电学计量的当代水平, 是本书中最有价值的部分。这三篇, 加上其他部分的个别章节(如第5章“基本直流和低频计量学”), 构成了相当完整的直流和低频电学计量学。

第七篇“计量学中应考虑的实际问题”值得特别推荐。测量是实践, 是实验, 是实际工作。从一定意义上讲, 计量学的目标是探求并实现当代整体科学技术水平下测量的极限。为此, 计量工作者必须发现并解决无数看似不起眼却影响大局的技术难题, 这里需要科学态度, 需要智慧, 更需要高超的技术和熟练的技巧。第七篇中包含解决这类技术问题的思路和诀窍, 是众多计量工作者的经验总结, 在其它计量学著作中是难以找到的。

第六篇论述实验室的管理。在我国, 实验室管理处于纯经验的阶段, 这显然不适应现代科学技术的发展和革新。实验室(或研究室、研究所)作为一个机构, 像企业、政府、学校等机构一样, 也有一个管理问题, 即如何管理才能最合理地利用机构内外的资源以最有效地实现机构的既定目标。由于本书的性质和篇幅的限制, “实验室的管理”这一重要的主题不可能在第六篇中全面和详尽地论述。但是, 在计量学专著中包括这一主题是很有见地, 具有启发性的。我曾在多个场合表达过应该重视实验室管理的意见和看到实验室管理专著出版的愿望。在此, 我再次重申这个意见和愿望。

祝贺《校准——理论与实践》中文版的出版, 希望它在我国计量教育培训、科学技术事业中发挥应有的作用。

中国计量测试学会理事长 

1999年8月24日

## 中文版说明

《校准——理论与实践》(《Calibration: Philosophy in Practice》Second Edition) 中文版终于与中国读者见面了。

《校准——理论与实践》是美国福禄克公司 (FLUKE) 积近 50 年在电气计量领域和生产电气计量仪器方面的经验, 由几十位计量专家——其中有许多世界著名专家——共同撰写的一本计量学专著。该书自 1994 年第二版面世以来, 一直被世界各国的计量工作者在论文中引述, 或作为制定技术规范及实际操作的参考。

1994 年以来, 许多中国计量工作者阅读了《Calibration: Philosophy in Practice》一书英文版原著。该书受到中国计量工作者、专家和大学教师的欢迎。但是, 由于受到语言和专业方面的限制, 广大读者希望能够出版该书中文版, 以便更准确地理解有关理论和技术。对于中国读者对该书的厚爱, 我们深表谢意!

几年来, 我们先后收集到一些热心读者的译稿; 但是, 考虑到该书的翻译有一定难度, 我们采取了比较慎重的态度。根据理论、概念——清晰、准确, 语言、文字——生动、流畅的原则, 我们对收集到的译稿进行了认真的阅读、比较, 并征求了一些专家的意见。最终, 选择了由汪铁华先生翻译, 童光球先生审校的中文稿。在此我们向两位专家表示感谢!

《校准——理论与实践》的出版始终得到中国计量测试学会理事长王以铭先生的关心和指导; 中国计量出版社做了大量工作。对此, 我们向王以铭先生和中国计量出版社表示衷心的感谢! 同时我们也感谢所有关心该书中文版出版和为此作出努力的各界人士!

在《校准——理论与实践》的出版过程中, 针对读者提出的原著中的一些问题, 我们在 Warren Wong、Steve Chapman 和 Dave Agy 三位美国专家的帮助下, 进行了订正。由于我们各方面水平所限, 《校准——理论与实践》一书的中文版肯定有错误或不尽人意的地方。在此我们恳请读者提出宝贵意见, 以便今后再版时改正。

我们希望《校准——理论与实践》一书能对中国广大计量工作者的工作有所助益; 同时希望该书能成为中国高校计量和电子测量专业教师和学生的教学参考书。

美国福禄克公司北京办事处  
1999 年 5 月 1 日

# 目录

## 第一篇 绪论

### 第1章 关于本书

您应当阅读本书的哪些部分? .....	3
计量与计量学(非加入) .....	3
国际性的计量学家 .....	3
与计量的管理者 .....	3
各章的内容是什么? .....	3
本书中使用的术语 .....	6

### 第2章 计量学的传奇史

## 第二篇 计量学的一般原理

### 第3章 计量学概述

什么是计量学? .....	15
计量学意味着什么? .....	15
哪些人需要了解计量学? .....	15
是谁或者什么东西控制着计量学? .....	15
谁来进行计量学的工作? .....	15
校准——这是什么意思? .....	16
计量和校准工作是在哪里进行的? .....	16
一级校准 .....	16
二级校准 .....	16
三级校准 .....	16
校准实验室 .....	16
计量实验室 .....	16
计量学还涉及哪些内容? .....	16
标准单位和测量标准 .....	17
溯源性 .....	17
常用的计量学术语 .....	17



**第4章 国际计量学**

现代米制 .....	21
单位制 .....	21
基本单位 .....	21
SI 和科学 .....	21
辅助单位 .....	22
导出单位 .....	22
倍率因子 .....	22
其它单位制 .....	23
自然常数 .....	23
国家实验室 .....	23
国际计量学组织机构 .....	23
物理标准机构 .....	23
非协议机构 .....	24
ANSI 的作用 .....	25
技术和专业协会 .....	26
美国的标准编写机构 .....	26
其它美国机构 .....	26
重要参考文献 .....	26

**第5章 基本直流和低频计量学**

测量单位 .....	29
一贯的、一致的和统一的单位 .....	29
单位的定义、实现和表示 .....	29
单位的传播和扩展 .....	29
测量设备 .....	30
测试设备的类型 .....	30
工作原理 .....	31
设备及测试结构的不理想性 .....	31
测量的类型 .....	33
直接测量 .....	33
差动测量 .....	33
传递测量 .....	34
比率测量 .....	34
间接测量 .....	34
校准测量 .....	34
校准测量的类型 .....	34
校准测量的例子 .....	34
校准测量报告 .....	35
测量不确定度 .....	35
测量误差 .....	35
不确定度的表示 .....	35
重要参考文献 .....	36

**第6章 标准和溯源性**

溯源性和国家计量系统 .....	39
为什么测量必须是可溯源的 .....	39
溯源性校准涉及到的哪些内容 .....	40
标准 .....	40
理想标准 .....	40
您的测量工作的标准 .....	40
溯源性 .....	41
建立和维护溯源性 .....	41
维护一个本地标准 .....	42
不太严格的维护溯源性的方法 .....	43
提供溯源性的计量服务 .....	43
国家计量服务 .....	43
商业计量服务 .....	44
计量保证方案 .....	44
反向的 MAP .....	44
福特克公司的 DVMP .....	44
报告 .....	45
溯源性的证实 .....	45
用文件表示校准的结果 .....	45
管理工作负荷 .....	45
改进校准工作 .....	45
通知使用者有关的信息 .....	46
重要参考文献 .....	46

**第三篇 一级标准和二级标准****第7章 直流电压和直流电流**

直流电流和直流电压的 SI 定义 .....	51
安培 .....	51
伏特 .....	51
直流电压的表示 .....	51
约瑟夫逊效应固有标准 .....	52
仔细观察约瑟夫逊结 .....	52
谁需要约瑟夫逊阵列 .....	54
固态直流电压标准 .....	55
饱和标准电池 .....	58
扩展电压的量值 .....	60
比率技术 .....	61
工作标准 .....	61

直流电流 .....	61	电阻比率 .....	89
连接电路时的考虑 .....	61	电位差计法 .....	89
直流探奥 .....	62	电桥法 .....	89
饱和及不饱和惠斯登电池 .....	62	电流法 .....	91
标准电池的历史 .....	62	连接电路时的考虑 .....	93
NBS 保存伏特的方法 .....	62	比率标准表 .....	93
电压标准的比较 .....	63	重要参考文献 .....	93
重要参考文献 .....	63		
<b>第 8 章 直流电阻</b>		<b>第 10 章 AC-DC 计量学原理</b>	
直流电阻的 SI 定义 (欧姆) .....	67	基本概念 .....	97
电阻的表示 .....	67	电压产生的功率 .....	97
量子霍尔效应固有电阻标准 .....	67	热电变换器 .....	98
仔细观察量子霍尔效应固有标准 .....	67	福禄克公司的固态真有效值探测器 .....	99
托马斯 1 $\Omega$ 电阻标准 .....	68	单元真空热电偶变换器 .....	100
Reichsanstalt 实物标准 .....	68	进行传递 .....	101
Rosa 实物标准 .....	68	交流电压的确定 .....	101
ESI SR104 电阻 .....	69	交流电流的确定 .....	102
电阻标准的保存 .....	69	频率的影响 .....	102
电阻器的相互比较 .....	69	其它 AC-DC 装置 .....	102
扩展电阻的量值 .....	71	多结热偶变换器 .....	103
比率技术 .....	71	对数/反对数变换器 .....	103
工作标准 .....	72	静电式和电动式的仪器 .....	103
福禄克公司的 742A .....	72	重要参考文献 .....	103
福禄克公司的 DMM 校准标准 .....	73		
连接电路时要考虑的问题 .....	73	<b>第 11 章 使用 AC-DC 传递标准</b>	
电阻探奥 .....	73	AC-DC 传递标准的类型 .....	107
电阻标准的历史 .....	73	福禄克公司的有效值探测器型标准 .....	107
NIST 保存欧姆的方法 .....	73	真空热偶型标准 .....	108
电阻标准表 .....	75	AC-DC 电压传递 .....	109
		参考平面 .....	109
		频率响应 .....	110
		进行传递工作 .....	110
		在校准点之间使用 792A .....	110
		准备进行传递 .....	111
		DMM 与 792A 配合使用时应注意之点 .....	112
		使用分流器来进行 AC-DC 电流传递 .....	112
		避免传递误差 .....	113
		4 端连接 .....	113
		连接器的考虑 .....	114
		线路连接的考虑 .....	114
		失真和噪声 .....	115
		传递标准的校准 .....	115
		AC-DC 类 .....	115
<b>第 9 章 直流比率</b>			
非比率定标技术 .....	79		
串联电池 .....	79		
布鲁斯·菲尔德法 .....	79		
直流电流的标定 .....	80		
量子标准方法 .....	80		
电压比率 .....	80		
哈蒙电阻器 .....	80		
开尔文-瓦利分压器 .....	82		
其它分压器 .....	83		
使用瓦利分压器 .....	85		
校准直流分压器 .....	86		



用半刻度概带法进行量程间的比较 .....	115
重要参考文献 .....	117
<b>第 12 章 电感和电容</b>	
电感 .....	121
电感的 SI 定义 .....	121
电感的标准 .....	121
电感的溯源性标准 .....	122
DC 电路中电感和电阻的时间常数 .....	122
AC 电路中的感抗 .....	122
电容 .....	124
电容的 SI 定义 .....	124
法拉的实现 .....	124
电容的溯源性标准 .....	125
DC 电路中电容和电阻的时间常数 .....	126
AC 电路中的容抗 .....	126
比较电感器和电容器中的电流 .....	128
重要参考文献 .....	128
<b>第 13 章 阻抗导纳和 AC 比率</b>	
阻抗、导纳和阻抗导纳 .....	131
阻抗 .....	131
导纳 .....	131
阻抗导纳 .....	132
AC 电阻 .....	132
阻抗导纳的校准 .....	132
经典的方法 .....	133
电子学的方法 .....	135
AC 比率 .....	136
阻抗比率和电阻比率 .....	136
音频分压器 .....	137
电阻分压器 .....	137
电抗分压器 .....	138
使用音频分压器 .....	138
射频频率 .....	140
连接器及连接时应考虑的问题 .....	141
重要参考文献 .....	141
<b>第 14 章 时间和频率</b>	
秒的 SI 定义 .....	145
秒的其它定义 .....	145
历书秒 .....	145
平均太阳秒 .....	145
世界时 .....	145

协调原子时和世界时 .....	146
频率 .....	147
频率标准的发布 .....	147
时标之间的协调 .....	150
守时问题 .....	151
原子钟的可靠性 .....	151
测量地球转动中的变化 .....	151
重要参考文献 .....	151

## 第四篇 校准器和校准

### 第 15 章 多功能校准器

对激励的要求 .....	157
校准器的功能 .....	157
校准器的输出幅度范围 .....	157
校准器的负载电流和额定电压 .....	158
校准器的保护能力 .....	158
校准器的输出噪声 .....	159
校准器的构造形式 .....	159
多功能校准器和单功能校准器 .....	159
直接输出和分压输出 .....	160
提升放大器 .....	160
校准器的电路 .....	160
直流电压和直流电流 .....	160
交流电压和交流电流 .....	161
电阻 .....	161
宽带电压输出 .....	162
校准器应用中应考虑的问题 .....	162
校准器对于使用环境的敏感性 .....	162
校准器使用中不确定性的来源 .....	163
操作特点 .....	165
手动操作 .....	165
计算机控制的操作 .....	165
校准器的内部诊断 .....	165
校准器校准步骤的存档 .....	165
多功能校准器的校准 .....	165
校准器的不确定度分类 .....	166
校准器的检定 .....	166
校准器的调节 .....	166
各种设计方案的比较 .....	166

直流电压 .....	166	其它的 DMM 校准项目 .....	190
交流电压 .....	168	简化的 DMM 校准方法 .....	190
重要参考文献 .....	168	不开盖校准 .....	190
<b>第 16 章 原器校准</b>		闭环校准 .....	191
原器校准的发展 .....	171	原器校准 .....	191
原器校准的过程 .....	171	实验室 DMM 的校准 .....	191
调节的过程 .....	172	<b>第 18 章 示波器的校准</b>	
采用原器校准的多功能校准器的例子 .....	172	示波器的类型 .....	195
5440A .....	172	模拟示波器 .....	195
5700A .....	173	基本的模拟示波器 .....	196
原器校准的验证 .....	174	数字存储示波器 .....	197
原器校准的溯源性 .....	174	数学运算 .....	198
多功能校准器的设计 .....	174	数据处理 .....	198
原器校准的结果 .....	175	组合示波器 .....	198
数据收集 .....	175	示波器的校准 .....	198
周期性的审核 .....	175	要考虑的重要问题 .....	198
校准间隔和性能预测 .....	175	垂直通道 .....	198
原器校准和传统校准方法的比较 .....	176	时基 .....	199
重要参考文献 .....	177	DSO 的定时 .....	199
<b>第 17 章 数字多用表的校准</b>		进行校准工作 .....	199
数字多用表的类型 .....	181	模拟示波器的校准 .....	199
实验室 DMM .....	181	数字存储示波器的校准 .....	200
台式 / 系统 DMM .....	181	在校准设备方面要考虑的问题 .....	201
手持式 DMM .....	181	自动化的示波器校准系统 .....	201
DMM 的构造 .....	182	结论 .....	202
DMM 的各种功能部件 .....	182	重要参考文献 .....	202
模拟数字变换器 .....	182	<b>第 19 章 自动化校准</b>	
信号调理电路 .....	184	校准过程 .....	205
交流电压变换器 .....	184	设置工作 .....	206
电阻变换器 .....	185	日常工作 .....	206
电流变换器 .....	186	工作负荷的调整 .....	206
DMM 的一般校准要求 .....	187	自动化的核心工作 .....	206
校准调节的理论 .....	187	仪器的周检 .....	206
内部参考基准 .....	187	校准 .....	206
调节 ADC 时的考虑因素 .....	188	文件的编制 .....	206
积分型 ADC .....	188	自动化的好处 .....	207
R <sup>2</sup> 型 ADC .....	188	计算机和软件 .....	208
DC 电压量程的校准 .....	188	操作员提示型校准 .....	208
AC-DC 变换器的校准 .....	189	计算机辅助校准 .....	208
电阻变换器的校准 .....	190	闭环校准 .....	208
电流变换器的校准 .....	190	校准软件的要求 .....	208

自动化和公司的质量 .....	211
重要参考文献 .....	211

## 第五篇 统计学

### 第20章 计量学的统计学方法介绍

数据总体 .....	217
分布 .....	217
数据分布 .....	218
正态分布 .....	218
均值或平均值 .....	219
方差 .....	219
样本方差 .....	219
标准偏差 .....	219
样本标准偏差 .....	219
不确定度 .....	219
置信水平 .....	219
置信区间 .....	219
学生t统计分布 .....	220
数据分布和测试不确定度比 .....	220
计算测试不确定度比 .....	220
理想情况和实际情况的测试结果 .....	220
1:1的测试不确定度比 .....	221
用统计学方法改善性能 .....	222
讨论 .....	222
重要参考文献 .....	223

### 第21章 计量学中使用的统计工具

什么时候使用统计学方法 .....	227
计量学中的统计技术 .....	228
估计 .....	228
预计模型 .....	228
风险评估 .....	228
统计过程控制 .....	228
直方图分析 .....	228
各种统计学测试 .....	228
线性回归(曲线拟合) .....	231
经典统计学和非经典统计学 .....	233
测试白噪声 .....	233
重要参考文献 .....	234

### 第22章 不确定度的表述

建立不确定度文件 .....	237
定义 .....	237
误差 .....	237
不确定度 .....	237
置信区间 .....	237
置信水平 .....	237
额定的不确定度 .....	237
合成不确定度的方法 .....	237
简单测量 .....	238
以高于规定技术指标的性能来使用仪器 .....	238
从一个标准来进行传递 .....	239
对仪器进行特性修正 .....	240
间接测量 .....	241
对标准值定标 .....	241
测量线性度 .....	241
使用两个标准产生一个已知电压 .....	241
使用三个标准产生精密的电压 .....	242

### 第23章 统计过程控制

计量学统计过程控制的指导原则 .....	247
控制测量的不确定度 .....	247
控制图的类型 .....	248
失控指示 .....	248
计算和处理漂移 .....	249
统计过程控制的应用 .....	249
属性图和变量图 .....	250
从哪里开始 .....	250
在福禄克公司应用统计过程控制 .....	250
属性图的应用 .....	250
变量图的应用 .....	253
花费和益处 .....	257
重要参考文献 .....	257

## 第六篇 实验室的管理

### 第24章 服务和维护的原则

实验室的使命 .....	263
校准间隔和调节原则 .....	263
校准间隔 .....	263

调节仪器的原则 .....	263	可靠性 .....	286
调节原则的优点和缺点 .....	264	拥有仪器设备的费用 .....	286
日常维护 .....	264	寿命周期费用 .....	286
机械连接 .....	265	采购费用 (ACQ) .....	287
仪器的清洁处理 .....	265	培训费用 (TRN) .....	287
随时向客户报告情况 .....	265	操作费用 (OPR) .....	288
<b>第 25 章 实验室的环境</b>		校准费用 (CAL) .....	288
对环境进行控制的需求 .....	269	维修费用 (MAINT) .....	289
场地 .....	269	各种费用因素的影响 .....	289
实验室的室内布局 .....	269	<b>第 28 章 实验室的质量和 ISO 9000</b>	
建筑结构 .....	270	ISO 9000 .....	293
电源要求 .....	270	ISO 9000 定义的内容 .....	293
电源稳压要求 .....	270	ISO 9000 和公司的关系 .....	293
接地 .....	270	ISO 9000 和计量实验室 .....	293
测量接地电阻 .....	271	软件工具有哪些帮助作用 .....	294
通风 .....	271	ISO 9000 注册和质量 .....	295
照明 .....	271	质量体系 .....	296
温度控制 .....	271	以客户满意为中心 .....	296
监视温度 .....	272	组织和结构 .....	297
湿度 .....	272	准备接受 ISO 审核 .....	298
屏蔽和射频干扰的滤波 .....	273	高层管理机构的支持 .....	299
各种工业导则 .....	273	质量体系 and ISO 9000 .....	299
ISA RP52.1 .....	274	典型的活动范围 .....	299
NCSL RP-7 .....	274	期望的成果 .....	299
<b>第 26 章 工作负荷管理</b>		重要参考文献 .....	300
研究基本问题 .....	277	<b>第 29 章 实验室的认可</b>	
分析工作负荷及实验室的能力 .....	277	实验室认可的好处 .....	303
工作负荷、能力和周转时间 .....	277	实验室认可的过程 .....	303
基本工作能力和费用因素的实际估计 .....	278	实验室认可机构 .....	304
每个雇员的工作时间 .....	278	全世界的实验室认可体系 .....	304
劳动工资率和工资开销 .....	278	实验室认可的标准 .....	304
实验室的开销 .....	278	实验室认可和 ISO 9000 的关系 .....	304
设备、设施和操作步骤 .....	279	实验室认可如何适应全球的测量工作 .....	305
启动与继续运行 .....	279	重要参考文献 .....	306
工作人员的水平 .....	279	<b>第 30 章 实验室的审核</b>	
信息系统 .....	280	谁提出审核的要求? .....	309
测试设备管理系统 .....	280	谁来进行审核? .....	309
<b>第 27 章 选择新的测试设备</b>		审核的标准 .....	309
采购仪器时应考虑的问题 .....	285	解决解释的问题 .....	309
能力 .....	285	准备接受审核 .....	310

第一印象的作用 .....	310	<b>第七篇 计量学中应考虑的实际问题</b>
优先找出问题 .....	310	
自我审核 .....	310	
审核有多么重要? .....	310	
样板标准的讨论 .....	310	
机构和管理 .....	311	
质量体系、审核和复查 .....	311	
人员 .....	312	
设施和环境 .....	312	
设备和参考资料 .....	312	
测量的溯源性和校准 .....	312	
校准方法 .....	313	
被校仪器的管理 .....	314	
校准记录 .....	314	
证书和报告 .....	315	
校准的分包 .....	316	
申诉意见 .....	316	
重要参考文献 .....	316	
<b>第31章 仪器的技术指标</b>		
分析技术指标 .....	319	
解释技术指标 .....	319	
置信 .....	320	
当心“准确度”这个词 .....	320	
技术指标的构成部分 .....	321	
基本技术指标 .....	321	
调节技术指标 .....	322	
限制技术指标 .....	324	
比较技术指标: 一个详细的例子 .....	324	
识别出要进行变换的项目 .....	325	
变换技术指标 .....	325	
应用置信区间 .....	325	
其它的考虑因素 .....	326	
工作负荷 .....	326	
支持的标准 .....	326	
制造商家的支持 .....	326	
可靠性 .....	326	
服务的准则 .....	326	
信誉 .....	326	
重要参考文献 .....	326	
<b>第32章 接地、屏蔽和保护</b>		
接地 .....	331	
理想的地和实际的地 .....	331	
电源线的地线系统 .....	332	
安全地线的地回路误差 .....	332	
屏蔽 .....	333	
电感辐射 .....	334	
对电场的屏蔽 .....	334	
磁耦合 .....	335	
将磁场拾取现象减到最小 .....	335	
磁屏蔽 .....	336	
保护 .....	336	
仪器的保护 .....	336	
高阻抗测量 .....	337	
对电源进行保护 .....	338	
带有保护端的仪器相互连接的方法 .....	339	
频率的限制因素 .....	340	
重要参考文献 .....	340	
<b>第33章 寄生参量危害录</b>		
热电动势 .....	343	
接触电阻 .....	343	
绝缘电阻 .....	344	
表面泄漏电流 .....	345	
介电吸收 .....	346	
噪声和 AC-DC 变换器 .....	346	
寄生电容 .....	347	
来自外部源的噪声 .....	347	
来自变压器绕组的噪声 .....	347	
由直流电压的变化产生的噪声 .....	348	
寄生电感 .....	348	
偏置电流 .....	349	
泵出电流 .....	350	
其它的有害效应 .....	350	

## 第 34 章 AC 探奥

经典 AC-DC 计量学 .....	353
汤姆逊和珀耳帖热效应 .....	353
低电平电压的传递 .....	353
其它 AC 标准 .....	355
真有效值响应的热堆 .....	355
采样电压表 .....	355
合成电压标准 .....	355
AC 标准电池 .....	355
组合电压 .....	355
组合电压的符号 .....	355
组合正弦电压波形 .....	355
非正弦电压波形的傅里叶级数 .....	356
方波 .....	357
供比较用的正弦波 .....	357
锯齿波和三角波 .....	357
比较组合电压 .....	358
分析电压波形 .....	358
波形的图示 .....	358
平均电压值 .....	358
有效值电压 .....	359
方和根电压 .....	359
正弦波的参量 .....	359
组合方和根电压 .....	360

测量组合 AC 电压 .....	360
DC 响应 .....	360
谐波响应 .....	361
内部相移 .....	361
带宽 .....	361
动态幅度范围 .....	362

## 附录

## 文献资料

计量学家的书架 .....	367
美国国家标准技术研究院(NIST)的信息 .....	367
美国海军观测台(USNO)的信息 .....	368
您的当地计量服务机构 .....	368
专业组织机构 .....	368
专业会议 .....	369
期刊 .....	369
各章更多的参考资料 .....	369

## 撰写参与者

## 术语汇编



FLUKE.

第一篇

绪论

原书空白页





FLUKE

第1章  
关于本书