

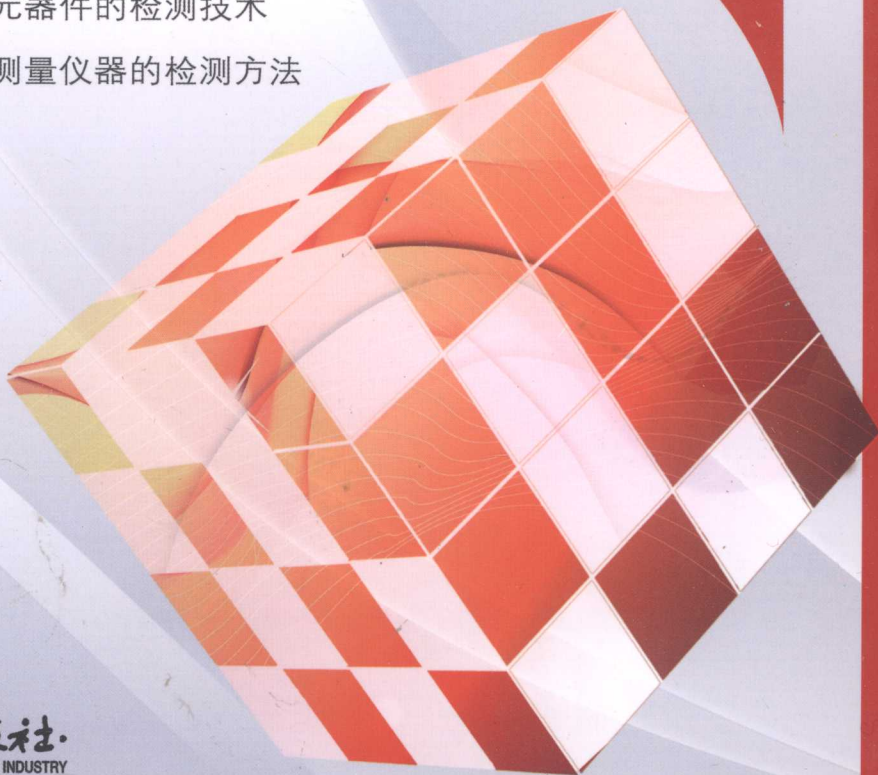
巧学巧用电子实用技术丛书

巧学巧用

电子测量实用技术

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

- ◆ 巧学巧用电子测量技术的必备知识
- ◆ 巧学巧用常见电子元器件的检测技术
- ◆ 巧学巧用常用电子测量仪器的检测方法



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

巧学巧用电子实用技术丛书

巧学巧用电子测量实用技术

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以普通电子测量仪器的实用测量基础知识和电子测量实用技术为主线,详细讲解了如何巧学巧用电子测量技术的方法。从最基本的测量仪器应用入手,系统、全面地介绍了电子测量实用技术必备的基本知识和基本元器件的常用测量方法,万用表测量实用技术,示波器测量技术,扫频仪、频谱分析仪、晶体管特性图示仪与失真度仪等仪器的测量技术,以及其他仪器的测量技术等,内容涉及范围广,既有元器件和电路测量技术,又有电参数测量技术。

本书简明实用,通俗易懂,能使读者结合实际即学即用,适合作为高、中等职业学校电子技术应用专业的教材,也可供从事电子产品生产、维修的人员阅读,还可作为职业技能培训的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

巧学巧用电子测量实用技术 / 孙余凯等编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.9
(巧学巧用电子实用技术丛书)
ISBN 978-7-121-09193-3

I. 巧… II. 孙… III. 电子测量—基本知识 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 109867 号

责任编辑: 谭佩香

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18 字数: 438 千字

印 次: 2009 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

随着电子技术的飞速发展，电子测量技术已渗透到各个领域，因此利用电子技术进行测量的内容也越来越多。目前，电子测量技术发展很快，教育部门为电子专业开设了这门专业基础课。为满足读者学习电子测量技术的需要，我们编写了这本《巧学巧用电子测量实用技术》，详细讲解电子测量技术的学习与应用。

本书以学习电子测量技术为主线，从最基本的测量仪器应用入手，系统、全面地介绍了电子测量常用仪器应用技术、基本元器件的测量技术、电参数测量与信号波形分析技术、电路测试分析技术等。

本书以通用测量仪器的基本测量原理和通用测量方法为基础，介绍了万用表、示波器、扫频仪、频谱分析仪、晶体管特性图示仪、失真度仪、交流毫伏表、信号发生器、兆欧表、钳形电流表、功率表、万用电桥各种通用测量用仪器仪表的基本应用方法，其目的就是为了使读者能熟练地掌握这些通用测量仪器的使用方法，开拓读者电子测量技术的思路，为全面掌握测量技术打下良好的基础。

本书从最基本、最简单的测量技术入手，逐步深入介绍巧用方法，并对实际应用时必须注意的问题进行了指导，使读者能将测量技术巧用于各种测量场合，解决更多的测量方面的问题。

本书特别适合初学者，不仅可以帮助读者学会常用电子测量仪器的使用方法，还可以帮助读者快速正确地处理实际工作中遇到的问题，如各种常用电子元器件的检测、各种电参数的测量，维修中的故障原因查找，试验中的特性检测等，并能使读者在实际测量中获得有益的启迪。

作为技能型教材，本书重点放在两个方面，即：对掌握电子测量实用技术必须具备的基础知识的讲解；应用各种检测仪表对电子元器件及实用电路的各种电气参数与性能的测量技术的训练。全书突出了巧学巧用的主题，在讲解的过程中，摒弃复杂的原理介绍，完全从岗位需求出发，以典型仪表的结构、功能、特点为介绍对象，系统介绍不同检测仪表的使用方法和对元器件参数及实用电路的性能进行检测的技巧，使读者快速掌握各种检测技术，并能灵活地运用于工作实践。本书所讲解的内容均来自实际案例，形象生动，通俗易懂，使读者在学习中能收到事半功倍的效果。

本书由孙余凯、吴鸣山、项绮明主持编写，参加本书编写的人员还有周志平、孙余平、许风生、王华君、吕颖生、徐绍贤、孙余明、陈芳、孙莹、金宜全、谭长义、王五春等。

本书在编写过程中，除参考了大量的国外的现行期刊外，还参考了国内有关电子技术方面的期刊、书籍及资料，并引用了其中的一些资料，在此一并向有关作者及有关单位致谢，同时对给予我们支持和帮助的有关专家和部门深表谢意！

电子测量技术应用范围极其广泛，应用方式千变万化，应用技术发展极为迅速，由于作者水平有限，书中难免存在某些不足之处，诚请专家和读者批评指正。

图书联系方式：tan_peixiang@phei.com.cn

编著者

2009年7月

目 录

第 1 章 巧学巧用电子测量实用技术必备的基础知识	1
1.1 用电子测量仪器测量的电量	1
1.1.1 用电子测量仪器直接测量的电量	1
1.1.2 用电子测量仪器间接测量的非电量	2
1.2 电子测量仪器的类型及特点	2
1.2.1 电子测量仪器的类型	2
1.2.2 电子测量仪器的特点	3
1.3 电子测量仪器的基本测量方法	4
1.3.1 根据测量手段分类	4
1.3.2 根据测量准确度分类	5
1.3.3 根据测量的性质分类	5
1.3.4 根据测量方式分类	6
1.3.5 根据测量方法分类	6
1.3.6 根据测量过程中被测量是否随时间变化分类	7
1.3.7 其他分类	7
1.4 电压的测量	7
1.4.1 电子电路中电压的类型	7
1.4.2 电子电路中电压量的特点	7
1.4.3 电子电路中电压测量仪器的类型及特点	8
1.5 时间测量	14
1.5.1 时间标准	14
1.5.2 时间测量方法与仪器	14
1.6 频率测量	17
1.6.1 频率标准	17
1.6.2 频率测量方法与仪器	17
1.7 相位测量	20
1.7.1 相位测量的基本知识	20
1.7.2 相位测量方法与仪器	21

第2章 巧学巧用常见电子元器件测量技术.....	25
2.1 电阻的测量	25
2.1.1 直流电阻的测量	25
2.1.2 低频电阻的测量	32
2.1.3 高频电阻的测量	32
2.2 电容的测量	33
2.2.1 固定电容器好坏的测量	33
2.2.2 电解电容器好坏的测量	35
2.2.3 电容器容量的检测	38
2.2.4 可变电容器的测量	39
2.2.5 电桥测量法	40
2.2.6 谐振测量法	40
2.2.7 小电容量的测量	42
2.3 电感的测量	42
2.3.1 电感器的检测	43
2.3.2 电源变压器的检测	43
2.3.3 电感的电桥测量法	43
2.3.4 电感的谐振测量法	44
2.3.5 品质因数 Q 值的测量.....	45
2.3.6 测量电阻器、电容器、电感器常用仪表特征.....	46
2.4 半导体二极管的测量	46
2.4.1 普通二极管的测量	47
2.4.2 稳压二极管的测量	48
2.4.3 发光二极管的测量	49
2.4.4 变容二极管的测量	50
2.4.5 红外发光二极管的测量	51
2.4.6 红外光敏二极管的测量	51
2.4.7 光电二极管的测量	52
2.4.8 激光二极管的测量	52
2.4.9 双向触发二极管的测量	54
2.4.10 变阻二极管的测量	54
2.4.11 快恢复二极管的测量	55
2.4.12 高压硅堆的检测	55
2.4.13 肖特基二极管的测量	56
2.4.14 桥堆的检测	56

2.5	半导体三极管的测量	57
2.6	数字集成电路参数的测量	58
2.6.1	门电路主要参数测量	58
2.6.2	触发器主要参数及其检测方法	63
2.7	数字集成电路质量的检测方法	67
2.7.1	检测非在路集成电路好坏的正确方法.....	67
2.7.2	检测非在路集成电路好坏的简便方法.....	67
2.7.3	TTL 与非门管脚的判断	68
2.7.4	CMOS 与非门管脚的判断	71
2.7.5	与门功能检测	72
2.7.6	或门功能检测	73
2.7.7	非门功能检测	74
2.7.8	与非门功能检测	75
2.7.9	或非门功能检测	76
2.7.10	基本 RS 触发器功能检测.....	77
2.7.11	JK 触发器功能检测.....	78
2.7.12	D 触发器功能检测	79
2.7.13	三端稳压器好坏的检测	80
2.7.14	TOP 三端开关电源 IC 好坏的检测	82
第 3 章	巧学巧用万用表测量技术	83
3.1	巧学巧用模拟式万用表的测量技术	83
3.1.1	巧学指针式万用表基本知识	84
3.1.2	巧用指针式万用表的具体指导	90
3.1.3	巧用指针式万用表测量带有阻尼二极管的晶体管.....	95
3.1.4	巧用指针式万用表测量光敏三极管.....	96
3.1.5	巧用指针式万用表测量带电阻晶体管.....	96
3.1.6	巧用指针式万用表测量达林顿管.....	98
3.1.7	巧用指针式万用表检测单结晶体管.....	100
3.1.8	巧用指针式万用表检测场效应晶体管.....	101
3.1.9	巧用指针式万用表检测功率绝缘栅极场效应晶体管 (MOSFET)	102
3.1.10	巧用指针式万用表测量绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)	104
3.1.11	巧用指针式万用表测量单向晶闸管.....	105
3.1.12	巧用指针式万用表检测双向晶闸管.....	107
3.1.13	巧用指针式万用表判断光电耦合器的好坏.....	109
3.1.14	巧用指针式万用表测量非正弦周期电压值.....	111

3.1.15	巧用指针式万用表测量高频电压.....	112
3.1.16	巧用指针式万用表测量电平.....	112
3.1.17	巧用指针式万用表测量霍尔元件.....	113
3.1.18	巧用指针式万用表测量动圈式扬声器.....	113
3.1.19	巧用指针式万用表测量驻极体传声器.....	113
3.1.20	巧用指针式万用表测量压电陶瓷式扬声器.....	114
3.1.21	巧用指针式万用表测量霍尔集成电路.....	114
3.1.22	巧用指针式万用表测量电解电容器耐压.....	115
3.1.23	巧用指针式万用表测量小型电磁继电器.....	115
3.1.24	巧用指针式万用表测量高值电阻器.....	116
3.1.25	巧用指针式万用表测量半导体数码管.....	117
3.1.26	巧用指针式万用表测量石英晶体.....	117
3.1.27	巧用指针式万用表测量大容量电容器.....	118
3.2	巧学巧用数字式万用表的测量技术.....	119
3.2.1	数字式万用表常用文字符号.....	119
3.2.2	数字式万用表的类型.....	119
3.2.3	数字式万用表的主要技术指标.....	121
3.2.4	数字式万用表的结构原理.....	122
3.2.5	数字式万用表的基本工作原理.....	123
3.2.6	巧用数字式万用表的具体指导.....	129
3.2.7	数字式万用表测量常用方法.....	130
3.2.8	巧用数字式万用表判断电源火线和电线断芯的位置.....	131
3.2.9	巧用数字式万用表测量温度.....	132
3.2.10	巧用数字式万用表测量大于 20 μF 电容器容量值.....	133
3.2.11	巧用数字式万用表构成温差测量电路.....	134
3.2.12	巧用数字式万用表测量场效应晶体管跨导.....	134
3.2.13	巧用数字式万用表检测电解电容器的好坏.....	135
3.2.14	巧用数字式万用表测量高值电阻器.....	136
3.2.15	巧用数字式万用表测量光电耦合器.....	137
3.2.16	巧用数字式万用表测量电池短路电流.....	137
3.2.17	巧用数字式万用表测量发光二极管.....	138
3.2.18	巧用数字式万用表测量普通晶体三极管.....	138
3.2.19	巧用数字式万用表测量结型场效应晶体管.....	139
3.2.20	巧用数字式万用表测量 VMOS 管.....	140
3.2.21	巧用数字式万用表测量单向晶闸管.....	140

3.2.22	巧用数字式万用表测量稳压集成电路.....	141
3.2.23	巧用数字式万用表测量筛选云母电容器.....	141
3.2.24	巧用数字式万用表测量晶体振荡器.....	142
3.2.25	巧用数字式万用表测量射频电视信号.....	142
3.2.26	巧用数字式万用表测量交直流高电压.....	143
3.2.27	巧用数字式万用表作音频信号发生器.....	143
3.2.28	巧用数字式万用表测量逆变电源的频率.....	143
3.2.29	巧用数字式万用表测量微安表电流灵敏度.....	144
第 4 章	巧学巧用示波器测量技术	145
4.1	巧学示波器基本知识	145
4.1.1	示波器的主要功能	145
4.1.2	示波器的类型	145
4.1.3	示波器的主要技术指标	146
4.1.4	示波器外形的基本结构	147
4.1.5	示波器的电路组成	155
4.1.6	示波器的工作原理	161
4.1.7	双时基示波器的基本原理	164
4.1.8	取样示波器的基本原理	166
4.1.9	存储示波器的基本原理	168
4.2	巧用示波器	172
4.2.1	巧用示波器的具体指导	173
4.2.2	巧用示波器测量霍尔元件	184
4.2.3	巧用示波器测量 VCO 电压	184
4.2.4	巧用示波器与频率计配套使用	184
4.2.5	巧用示波器测量电位器的噪声	184
4.2.6	巧用示波器测量交流电压的峰-峰值.....	185
4.2.7	巧用示波器测量瞬时电压	185
4.2.8	巧用示波器测量直流电压	186
4.2.9	巧用示波器测量时间	186
4.2.10	巧用示波器测量频率	186
4.2.11	巧用示波器测量相位	187
4.2.12	巧用示波器测量电流	187
4.2.13	巧用示波器测量二极管反向漏电流.....	187
4.2.14	巧用示波器测量超外差收音机的本振是否起振.....	188
4.2.15	巧用示波器测量交流放大器的质量和放大倍数.....	188

4.2.16	巧用示波器测量晶体振荡器.....	189
4.2.17	巧用示波器测量光电耦合器脉冲上升和下降时间.....	190
4.2.18	巧用示波器在路测量晶闸管.....	191
4.2.19	巧用示波器测量电解电容器的漏电流.....	192
4.2.20	巧用单踪示波器测量行逆程脉冲.....	193
4.2.21	巧用双踪示波器探头测量行递程脉冲.....	194
4.2.22	巧用示波器 GND（接地）开关.....	194
4.2.23	巧用示波器测量调整影碟机.....	195
4.2.24	巧用示波器振铃测量功能.....	200
4.2.25	巧用示波器测量查找彩色电视机故障.....	201
4.2.26	巧用示波器测量缓变信号.....	208
4.2.27	巧用示波器测量调整中周变压器.....	209

第 5 章 巧学巧用扫频仪、频谱分析仪、晶体管特性图示仪

及失真度仪的测量技术..... 211

5.1	巧学巧用扫频仪	211
5.1.1	巧学扫频仪的基本知识	211
5.1.2	巧用扫频仪的具体指导	215
5.1.3	巧用扫频仪测量传输线的阻抗.....	219
5.1.4	巧用扫频仪测量放大电路的增益.....	220
5.1.5	巧用扫频仪测量宽频带放大器频率特性曲线.....	221
5.1.6	巧用扫频仪测量调谐回路的频率特性曲线.....	221
5.1.7	巧用扫频仪测量彩色电视机.....	222
5.2	巧学巧用频谱分析仪	226
5.2.1	巧学频谱分析仪的基本知识.....	226
5.2.2	巧用频谱分析仪的具体指导.....	229
5.2.3	巧用频谱仪测量手机波形查故障.....	230
5.3	巧学巧用晶体管特性图示仪	231
5.3.1	巧学晶体管特性图示仪的基本知识.....	231
5.3.2	巧用晶体管特性图示仪的具体指导.....	236
5.3.3	巧用晶体管特性图示仪测量电解电容器的耐压值.....	237
5.3.4	巧用晶体管图仪测量晶闸管的维持电流.....	238
5.4	巧学巧用失真度测量仪	240
5.4.1	巧学失真度测量仪的基本知识.....	240
5.4.2	巧用失真度测量仪的具体指导.....	241

5.4.3	巧用失真度仪测量正弦波信号有效值.....	242
5.4.4	巧用失真度测量仪测量失真度	243
5.4.5	巧用失真度仪测量平衡信号电压.....	243
5.4.6	巧用失真度仪测量不平衡信号电压.....	244
第 6 章	巧学巧用其他仪器测量技术.....	245
6.1	巧学巧用交流毫伏表	245
6.1.1	巧学交流毫伏表的基本知识	245
6.1.2	巧用交流毫伏表的具体指导	248
6.1.3	巧用交流毫伏表测量低频放大器电压增益 K 值.....	249
6.1.4	巧用交流毫伏表测量稳压电源纹波系数.....	250
6.1.5	巧用交流毫伏表调整收音机频率覆盖范围.....	250
6.2	巧学巧用信号发生器	250
6.2.1	巧学信号发生器的基本知识	250
6.2.2	巧用信号发生器的具体指导	253
6.2.3	巧用音频信号发生器测量扬声器的谐振频率.....	254
6.3	兆欧表	255
6.3.1	巧学兆欧表的基本知识	255
6.3.2	巧用兆欧表的具体指导	256
6.3.3	巧用兆欧表测量电容器和电缆的绝缘电阻.....	258
6.3.4	巧用兆欧表检测变压器绝缘情况.....	259
6.3.5	巧用兆欧表检测二极管反向击穿电压.....	260
6.3.6	巧用兆欧表检测稳压二极管稳压值.....	260
6.3.7	巧用兆欧表检测双向触发二极管转折电压.....	260
6.3.8	巧用兆欧表检查氖泡好坏	261
6.4	钳形电流表	261
6.4.1	巧学钳形电流表的基本知识	261
6.4.2	巧用钳形电流表的具体指导	263
6.4.3	巧用钳形表测量小电流	264
6.4.4	巧用钳形表检查低压线路漏电和窃电.....	264
6.4.5	巧用泄漏电流钳形表检测电气回路泄漏电流部位.....	265
6.5	功率表	267
6.5.1	巧学功率表的基本知识	267
6.5.2	巧用功率表的具体指导	267
6.5.3	识读单相功率表测量单相交流电的电路.....	267
6.5.4	识读单相功率表测量三相四线制电源功率电路.....	268

6.5.5 识读单相功率表测量三相三线制电源功率电路..... 268

6.5.6 识读三相功率表测量三相电路功率电路..... 269

6.6 巧学巧用万用电桥 269

6.6.1 巧学电桥的基本知识 269

6.6.2 巧用电桥的具体指导 271

6.6.3 巧用万用电桥测量电感量..... 273

6.6.4 巧用万用电桥测量电阻值..... 273

6.6.5 巧用万用电桥测量电容量..... 274

参考文献.....275

第1章 巧学巧用电子测量实用技术必备的基础知识

随着电子技术的飞速发展，电子测量技术与电子测量仪器在科学技术的各个领域和电子产品制造、维修行业的各个岗位的应用越来越广泛，从日常生活、医疗、现代化的工农业生产及天文观测到尖端的航天航空监测均离不开电子测量。由此可见，应用电子测量技术的领域越来越多，对电子测量性能的要求也越来越高。因此，电子测量已经成为一门学科，发展速度极快。

1.1 用电子测量仪器测量的电量

根据电子测量仪器对电量测量方式的不同，可分为直接测量方式与间接测量方式两大类。

1.1.1 用电子测量仪器直接测量的电量

可以用电子测量仪器直接测量的电量，根据物理量的不同分为以下几类。

1. 电路参数

电路参数可以采用电子测量仪器直接测量，内容主要有以下两个方面。

(1) 元件的参数

电子测量仪器可以对元件的参数直接测量，这些元件包括电阻器、电容器、电感器等。测量的参数有电阻值、电容值、电感值等。

(2) 器件的参数

电子测量仪器可以对不同器件的各种特性参数直接测量，这些器件包括双极型晶体三极管、半导体二极管（整流二极管、发光二极管、稳压二极管、双极型二极管、温度效应二极管、光电二极管等）、场效应晶体三极管、闸流三极管、双基极三极管、集成电路等。主要测量参数有正、反向电阻值、极间电流、极间电压、放大系数、集成电路的在路电阻值和开路电阻值及工作电压等。

2. 网络特性参数

电子测量仪器可以对网络特性参数直接测量，这些特性参数包括品质因数、幅频特性、电压驻波比、反射系数、传输系数、复数阻抗、电路分布参数等。

3. 电子设备性能

电子测量仪器可以对电子设备的各种性能直接测量，这些性能包括共模抑制比、衰减量、信噪比、灵敏度、放大量、响应时间、通频带等。

4. 电信号特性

电子测量仪器可以对电信号特性直接测量，其测量内容有噪声干扰、调频系数、调幅系数、频谱分析、失真系数、逻辑状态、相位、时间、周期、频率、波形等。

1.1.2 用电子测量仪器间接测量的非电量

采用电子测量仪器配合相应的敏感元件或传感器，也可以对很多非电量进行测量。

1. 可以用电子测量仪器间接测量的非电量

可以用电子测量仪器间接测量的非电量包括液位、流量、速度、加速度、力、力矩、压力、位移、热、光、声、重量等。

2. 间接测量非电量的常用方法

采用电子测量仪器对非电量间接测量，通常都是先利用各种敏感元件或传感器把非电量转变为电量，再采用电子测量仪器处理显示出来。

由于电子测量比其他测量（如气动、机械等）方法具有更多的优点，因此许多非电量的测量，也广泛地采用电子测量方式。

1.2 电子测量仪器的类型及特点

电子测量仪器是用来进行电子测量工作的仪器。凡是采用电子科学技术对各种信息进行测量的仪器，统称为电子测量仪器，简称电子仪器。

1.2.1 电子测量仪器的类型

电子测量仪器的品种繁多，其分类方法也较多。

1. 根据功能来分

根据电子测量仪器的功能，可分为通用电子测量仪器和专用电子测量仪器两大类。

（1）通用电子测量仪器

通用电子测量仪器是指仪器应用面广、功能全面、可对多个对象进行测量的仪器，例如通用示波器等。但这类仪器测量的精度不高。

（2）专用电子测量仪器

专用电子测量仪器使用面窄，但使用方便、精度高。如晶体管特性图示仪，就是一种专用的示波器。

2. 根据工作原理来分

根据电子测量仪器的工作原理可分为数字式电子仪表和模拟式电子仪表。

（1）数字式电子仪表

数字电压表、数字存储示波器、逻辑分析仪等均为数字式电子仪表。

（2）模拟式电子仪表

万用表、通用示波器、晶体管毫伏表等均为模拟式电子仪表。

3. 常用电子测量仪器的类型

在日常工作中，较常用到的电子测量仪器的类型如下。

（1）稳压电源电子测量仪器

稳压电源有交流与直流、高压与低压几种类型，日常应用较多的为测量低压直流稳压

电源的电子仪器。

(2) 信号源

信号源也称信号发生器，在电子测量中，较常用到的信号源有低频、高频、脉冲、函数、立体声、噪声、扫频、黑白/彩色信号发生器等。

(3) 电平测量仪器

在电子测量中，较常用到的电平测量仪器有数字式万用表、数字电压表、晶体管毫伏表、电子管电压表等。

(4) 波形显示测量仪器

在电子测量中，较常用到的波形显示测量仪器主要有通用示波器、双踪示波器、多踪多扫描示波器、取样示波器、高压示波器、数字存储示波器以及记忆示波器等。

(5) 频率、时间、相位测量仪器

在电子测量中，较常用到的频率、时间、相位测量仪器主要有频率计、波长计、数字式相位计等。

(6) 电路参数测量仪器

在电子测量中，较常用到的电路参数测量仪器主要有图示仪、集成电路测试仪、晶体管参数测试仪以及RLC测试仪等。

(7) 其他测量仪器

有信号分析仪器，包括频谱分析仪、谐波分析仪、失真度仪、数字电路特性测试仪器及逻辑分析仪。还有模拟电路特性测试仪器，如扫频仪、噪声系数测试仪等。

1.2.2 电子测量仪器的特点

电子测量与其他测量方式相比，其优点突出，归纳起来主要有以下几个方面。

1. 测量量程广

电子测量仪表的量程是测量范围的上限值与下限值之差。由于被测量的电量大小差别较大，故而要求电子测量仪器要有足够的测量范围。例如，常用的MF-30型三用表电阻测量挡的范围从几欧姆到几兆欧，量程可达6个数量级；高灵敏度的数字式电压表可用来测量10 mV~1 kV的电压值，有11个数量级的量程；电子计数式频率计的量程范围更大，可达到17个以上的数量级。

2. 测量准确度高

电子测量仪器的测量准确度相当高，对于长度测量的准确度最高可达到约 10^{-8} ；对于热量测量的准确度最高可达约 10^{-5} 。力学测量的准确度最高约为 10^{-9} 。但如采用电子测量仪器对力学方面的待测量进行测量，测量的准确度则可达到 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 。这主要是通过电子测量仪器的高精度来保证的。

3. 测量频率范围宽

采用电子测量仪器对频率进行测量时，低端除了可以测量直流量的数值外，还可以测量数值低到10~4 Hz的频率，高端可测量到可见光范围约 88×10^{12} Hz。必须注意的是并不是所有电子测量仪器的频率范围都很宽，有些电子测量仪器的工作频率仅侧重于某一频段，

故应根据实际需要，选用相应的测量仪器。

4. 测量速度快

电子测量速度快，主要是由于电子测量仪器的工作是通过电子运动和电磁波的传播进行的，故在尖端科学技术中，如原子核裂变的研究、导弹发射速度的测量、超高速电子计算机工作状态的检查等，都是采用电子测量方式来完成。

5. 容易实现无线遥控、遥测

电子测量很容易通过无线或有线系统对人体不便于接触的区域（例如有毒、污染、易爆等场所）或无法到达的区域（例如核反应堆内部、发射中的导弹、高空、海洋深处等）进行测量，这是其他测量方式无法实现的。

6. 容易实现智能化和自动化

由于电子测量仪器可与微处理器组合在一起，构成智能化的测量仪器，故可将电子测量仪做得很小，功能更多、性能更强，使它适用范围更广泛。对于具有通用标准接口的 GP-1B 独立仪器，还可通过与母线互连，并在计算机的控制下实现自动、智能测试，可以用来进行自动测量，自动诊断故障，自动记录，自动完成数据的运算、分析与处理等。

1.3 电子测量仪器的基本测量方法

对同一个物理量的测量，可以采用不同的方法来进行。由于电子测量仪器和测量方法的类型较多，实际测量中应选择合适的测量仪器和测量方法，否则将直接影响测量结果，甚至会得出错误的结论而造成损失，即使采用高精度的电子测量仪器，也不例外。因此，要根据测量工作的实际要求，进行仔细、认真分析，采用切实可行的测量方法。电子测量的基本测量方法，根据测量的手段、测量的性质、测量方法、测量准确度、测量方式可分为多种，具体说明如下。

1.3.1 根据测量手段分类

电子测量的基本方法根据测量手段不同分类，可分为以下几种。

1. 直接测量法

所谓直接测量法是指通过测量可以直接由电子测量仪器上的指示（或显示）值读得被测量值的一种方法。例如采用示波器测量彩色电视机的高频、伴音等电路的信号波形；采用通用电子计数器对频率进行测量等。

直接测量法的最大特点是测量手段简单、直观、迅速、方便，是一种应用十分广泛的电子测量基本方法。

2. 间接测量法

所谓间接测量法是指先对一个（或几个）与被测量值有已知函数关系的物理量进行直接的测量，然后再利用该函数关系的计算公式计算，曲线、表格的查找，求出被测量的要求值。

例如，如果需要对低频功率放大器负载电阻器 R_L 上消耗的功率进行测量，可首先用直

