

电子测量 技术问答

张宪 主编
李正群 张大鹏 副主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

TM93
88

实用电子技术培训读本

电子测量技术问答

张 宪 主编

李正群 张大鹏 副主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

电子测量技术问答/张宪主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 8

实用电子技术培训读本

ISBN 7-5025-7627-4

I. 电… II. 张… III. 电子测量-技术培训-问答 IV. TM93-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 103257 号

实用电子技术培训读本

电子测量技术问答

张 宪 主编

李正群 张大鹏 副主编

责任编辑: 刘 哲 卢小林 周 红

责任校对: 周梦华

封面设计: 尹琳琳

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11 字数 297 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7627-4

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《电子测量技术问答》编写委员会

主 编	张 宪			
副主编	李正群	张大鹏		
编 委	张 宪	李正群	张大鹏	杨 琳
	张广年	邓 华	李会山	张大喜
	刘金战	李 萍	林秀珍	付兰芳
	宁小倩	王复玉	李志勇	韩凯鸽
主 审	郑治国	李良洪		

前 言

进入 21 世纪,电子技术的发展日新月异,现代电子设备性能和结构发生的巨大变化令人目不暇接。我们已经进入了高速发展的信息时代。电子技术的广泛应用,给工农业生产、国防事业、科技和人们的生活带来了革命性的变化。如果我们想正确地掌握、使用,尤其是维修电子产品,就必须具有一定的理论知识和较强的动手能力。为推广现代电子技术,普及电子科学知识,我们编写了这套《实用电子技术培训读本》丛书,以帮助正在学习,即将从事电子设备与电子装置维修的人员尽快理解现代电子设备与电子装置构成原理,了解各种电子元器件与零部件在电子技术中的应用情况,学会检测元器件和制作简单电子设备的一些基本方法。

本套丛书包括《电子技术基础问答》《电子电路识图》《电子电路制作指导》《电子测量技术问答》《电子元器件的选用与检测问答》五个分册,力求使广大电子爱好者通过本套丛书的学习,轻松进入电子科学技术的大门,激发他们对电子技术的探索兴趣,掌握深入研究电子技术所必备的基础知识,并把它应用到生产和实际生活中去。

本套书从广大电子爱好者的实际需要出发,在内容上力求简洁实用、图文并茂、通俗易懂,达到举一反三,融会贯通的目的。在编写安排上力争做到由浅入深,循序渐进,所编内容注重实用性和可操作性,理论联系实际。本套书对电子技术基础知识做了较详尽的叙述,可为初学者奠定较扎实的理论知识,既是广大初学者的启蒙读本和速成教材,也是电子爱好者们的良师益友。本套书对学习电子技术和分析识读电路图有相当裨益。

本书是《电子测量技术问答》,主要介绍了电子测量技术基础知识、测量误差和数据处理、电子测量仪器基础知识、磁电式仪表

及测量、电磁式仪表及测量、电动式仪表及测量、电能表及电能的测量、万用电表及测量、钳形电流表与兆欧表及测量、常用电子测量仪器、电压与频率测量、电路元器件的测量等内容。全书结构合理、内容详尽，实用性强。

本书适合具有初中以上文化程度的初学者阅读，也可以供从事电子设备与电子装置维修的技术人员参考。

在编写过程中，我们曾得到同行的大力支持和帮助，并借鉴了一些报刊和图书的有关资料，在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，加之电子技术的发展十分迅速，书中难免会有不妥之处，我们衷心希望广大同行对本书的疏漏和错误提出批评指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录

第 1 章 电子测量技术基础知识	1
1-1 什么是测量?	1
1-2 测量技术是如何发展的?	2
1-3 近代测量技术有哪些进展?	3
1-4 电子测量包含了哪些内容?	5
1-5 什么是测量的量具和仪表?	6
1-6 测量系统由哪些部分组成?	6
1-7 什么是手动测量系统、半自动测量系统、全自动测量系统?	8
1-8 什么是主动式测量系统与被动式测量系统?	8
1-9 什么是开环式测量系统与闭环式测量系统?	9
1-10 测量方法有哪些?	10
1-11 什么是直接测量?	11
1-12 什么是间接测量?	12
1-13 什么是组合测量?	12
1-14 什么是直读测量法与比较测量法?	13
1-15 什么是偏差式测量法?	13
1-16 什么是零位式测量法?	14
1-17 什么是微差式测量法?	14
1-18 测量仪表必须具备哪些基本功能?	15
1-19 测量仪表是如何分类的?	16
1-20 什么是仪表的精确度和精度等级?	18
1-21 什么是仪表的稳定性?	19
1-22 如何按被测量性质区分测量种类?	20
1-23 如何正确选择测量方法和仪表?	21
1-24 什么是仪表的测量量程?	22
1-25 什么是仪表的灵敏度?	23
1-26 什么是仪表的线性度?	24

1-27	什么是检测中的偏差、重复性、再现性？	24
第2章	测量误差和数据处理	26
2-1	什么是测量误差？	26
2-2	测量误差主要来源于哪些方面？	26
2-3	什么是仪器误差？	26
2-4	什么是影响误差？	27
2-5	什么是理论误差和方法误差？	27
2-6	什么是人身误差？	27
2-7	测量误差的表示方法有哪几种？	27
2-8	什么是绝对误差？	27
2-9	什么是相对误差？	28
2-10	什么是容许误差？	29
2-11	什么是系统误差？	30
2-12	什么是随机误差？	30
2-13	什么是粗大误差？	31
2-14	什么是0.5误差原则？	31
2-15	什么是有效数字？	32
2-16	什么是欠准数字及安全数字？	32
2-17	有效数字的舍入原则是什么？	32
2-18	怎样进行有效数字的运算？	32
2-19	什么是数值修约？其主要规则是什么？	33
2-20	怎样用曲线表示测量结果？	34
2-21	减小测量误差的方法有哪些？	35
第3章	电子测量仪器基础知识	38
3-1	电子测量仪器有哪些特点？	38
3-2	电子测量仪器为什么量程宽？	38
3-3	电子测量仪器为什么测量速度高？	38
3-4	电子测量仪器具有哪些灵活性？	39
3-5	电子测量仪器可进行哪些特殊测量？	39
3-6	电子测量仪器具有哪些智能特点？	39
3-7	电子测量是如何分类的？	40
3-8	什么是模拟测量？	40
3-9	什么是数据域测量？	41
3-10	哪些仪器称为电子测量仪器？	41

3-11	电子测量仪器是如何发展的？	41
3-12	电子测量仪器仪表是怎样分类的？	42
3-13	电子测量通用仪器仪表是怎样分类的？	43
3-14	电工测量仪表是如何分类的？	44
3-15	电子测量仪器的主要性能特性是什么？	45
3-16	电子测量仪器仪表应具备哪些主要技术条件？	46
3-17	电气测量机构在仪表中的作用是什么？	47
3-18	什么是测量仪表的灵敏度和仪表常数？	48
3-19	什么是仪表的阻尼时间？	49
3-20	什么是仪表的功率消耗？	49
3-21	什么是仪表的绝缘强度？	49
3-22	为什么仪表需有一定的过载能力？	49
3-23	什么是读数装置？	50
3-24	什么是电子测量仪器的频率范围？	50
3-25	电子测量仪器的量程与分辨力如何选择？	50
3-26	电子测量仪器的精度如何确定？	50
3-27	什么是电子测量仪器的固有误差、基本误差、工作误差？	51
3-28	什么是电子测量仪器的响应特性？	51
3-29	如何消除电子测量仪器的测量误差？	51
3-30	如何保证电子测量仪器的稳定性与可靠性？	52
3-31	什么是电子测量仪器的电磁兼容性？	53
3-32	环境条件对电子测量仪器的影响是什么？	53
3-33	电气测量仪表的标志、符号有哪些？	53
3-34	电测指示仪表的型号是怎样编制的？	55
第4章 磁电式仪表及测量		57
4-1	什么是磁电式仪表？	57
4-2	磁电式仪表是由哪几部分构成的？	57
4-3	磁电式仪表是如何工作的？	58
4-4	磁电式仪表有哪些特点？	60
4-5	磁电式仪表具有哪些应用？	61
4-6	磁电式测量机构如何测量大电流？	62
4-7	磁电式电流表测大电流时为什么要用外附分流器？	63
4-8	磁电式电流表扩大量程时为什么要采用温度补偿线路？	64
4-9	磁电式仪表如何测量高电压？	65

4-10	电流表和电压表有哪些区别？	67
4-11	如何正确使用电流表和电压表？	67
4-12	怎样检查磁电式仪表的故障？	70
4-13	磁电式仪表常见故障有哪些？如何排除？	71
4-14	怎样调整仪表转动部分的平衡？	73
第5章	电磁式仪表及测量	77
5-1	什么是电磁式仪表？	77
5-2	电磁式仪表与磁电式仪表有何不同？	77
5-3	什么是吸引型电磁式仪表？	78
5-4	什么是排斥型电磁式仪表？	79
5-5	电磁式仪表有哪些特点？	81
5-6	什么是电磁式电流表？	82
5-7	什么是电磁式电压表？	82
5-8	电磁式电流表和电压表是怎样扩大量程的？	83
5-9	常用电磁式电流表、电压表的型号及规格有哪些？	84
5-10	电磁式仪表有哪些常见故障？怎样排除？	85
第6章	电动式仪表及测量	87
6-1	什么是电动式仪表？	87
6-2	电动式仪表的结构是怎样的？是如何工作的？	87
6-3	什么是电动式电流表？	90
6-4	什么是电动式电压表？	91
6-5	电动式仪表的主要特点有哪些？	92
6-6	常用电动式电流表、电压表的规格、型号有哪些？	93
6-7	电动式仪表维修时应注意哪些事项？	94
6-8	电动式仪表有哪些常见故障？怎样排除？	95
6-9	什么是电动式功率表？	97
6-10	什么是功率表的量程？怎样扩大量程？	98
6-11	怎样正确使用功率表？	99
6-12	功率表错误的接线方式有哪些？	101
6-13	如何用一只单相功率表测三相对称负载的有功功率？	102
6-14	怎样用两只功率表测量三相三线制电路的有功功率？	103
6-15	怎样用三只功率表测量三相四线制不对称负载功率？	105
6-16	二元三相功率表是如何测量功率的？	105
6-17	三元三相功率表是如何测量功率的？	106

6-18	常用有功功率表的技术数据有哪些？	107
6-19	怎样用单相功率表测量对称三相电路的无功功率？	107
6-20	怎样用两只单相功率表测量三相对称电路的无功功率？	109
6-21	怎样用三只单相功率表测量三相无功功率？	110
6-22	怎样用人工中性点法测量三相电路的无功功率？	111
6-23	采用人工中性点测量无功功率时应注意哪些问题？	112
6-24	选用仪用互感器测量功率时应注意哪些问题？	112
6-25	如何正确选用功率表？	114
6-26	什么是三相功率因数表？	114
6-27	怎样校验功率表？	116
6-28	什么是电动式频率表？	117
第 7 章 电能表及电能的测量		120
7-1	什么是电能表？	120
7-2	电能表的型号、规格是如何定义的？	120
7-3	如何正确选用电能表？	121
7-4	电能表有哪些主要技术性能？	122
7-5	常用电能表的技术数据有哪些？	123
7-6	常用 86 系列电能表的技术数据有哪些？	124
7-7	单相电能表的基本结构是什么？	125
7-8	单相电能表的工作原理是什么？	126
7-9	三相有功电能表的工作原理是什么？	127
7-10	什么是具有附加电流线圈的三相无功电能表？	127
7-11	什么是具有 60° 相位差的三相无功电能表？	128
7-12	电能表是怎样接线的？	128
7-13	电能表安装时应注意哪些问题？	131
7-14	怎样根据用电负荷选择电度表的容量？	132
7-15	什么是电子式电能表？	132
7-16	电子式电能表是如何分类的？有何特点？	133
7-17	电子式电能表具有哪些功能？	133
7-18	电子预付费电能表的工作原理是什么？	134
第 8 章 万用电表及测量		136
8-1	什么是万用电表？	136
8-2	万用表主要由哪些部分组成？	136
8-3	万用表是如何测量直流电流的？基本原理是什么？	137

8-4	万用表是如何测量直流电压的? 基本原理是什么?	138
8-5	万用表是如何测量交流电压的? 基本原理是什么?	139
8-6	万用表是如何测量交流电流的? 基本原理是什么?	140
8-7	万用表是如何测量电阻的? 基本原理是什么?	141
8-8	万用表为什么要加装零欧姆调整器?	142
8-9	怎样扩大电阻的测量倍率?	143
8-10	如何用万用表测量电平?	144
8-11	万用表具有哪些特性?	146
8-12	如何正确使用万用表?	149
8-13	怎样用万用表测量各类电参数?	151
8-14	如何安全使用万用表?	153
8-15	使用万用表时要注意哪些问题?	153
8-16	为什么用万用表测电阻时, 每换挡后都要重新调零?	154
8-17	为何有些万用表的刻度盘上单独有一条交流 10V 挡标尺 刻度?	155
8-18	怎样识读万用表的电路图?	155
8-19	万用表常见故障的检修都有哪些步骤?	156
8-20	如何检修万用表表头机械故障?	157
8-21	如何检修万用表直流电流挡的常见故障?	157
8-22	如何检修万用表直流电压挡的常见故障?	161
8-23	如何检修万用表交流电流挡的常见故障?	162
8-24	如何检修万用表交流电压挡的常见故障?	163
8-25	如何检修万用表电阻测量电路的常见故障?	165
8-26	选购万用表时需注意哪些事项?	166
8-27	多功能的万用表具有哪些特点?	167
8-28	什么是数字式万用表?	168
8-29	数字式万用表有哪些特点?	168
8-30	数字万用表与指针式万用表的主要性能有哪些区别?	168
8-31	DT-890 型数字万用表具有哪些功能?	169
8-32	DT-890 型数字万用表的主要技术特性有哪些?	171
8-33	DT-890 型数字万用表的操作步骤及注意事项有哪些?	172
第 9 章 钳形电流表与兆欧表及测量		173
9-1	什么是钳形电流表?	173
9-2	钳形电流表有哪些主要技术数据?	174

9-3	怎样用钳形电流表测量电流?	175
9-4	为何不能用磁电整流式钳形电流表测量绕线式电动机的转子 电流?	176
9-5	如何排除钳形电流表的常见故障?	176
9-6	什么是兆欧表?	177
9-7	兆欧表有哪些形式?	178
9-8	兆欧表是由哪些部分组成的?	179
9-9	兆欧表是如何工作的?	180
9-10	兆欧表的主要技术参数有哪些?	181
9-11	兆欧表是如何分类的? 有哪些技术数据	181
9-12	如何正确选择兆欧表?	182
9-13	兆欧表在测量前应做哪些准备?	183
9-14	怎样使用兆欧表?	184
9-15	使用兆欧表测量时须注意哪些事项?	185
9-16	如何用兆欧表测量绝缘电阻?	186
9-17	在用兆欧表测量绝缘电阻时应注意哪些问题?	187
9-18	兆欧表高压直流电源部分常见故障如何排除?	188
9-19	兆欧表测量机构常见故障如何排除?	189
9-20	怎样对兆欧表进行检查和调整?	191
第 10 章	常用电子测量仪器	192
10-1	什么是电子示波器?	192
10-2	示波器是如何分类的?	193
10-3	电子示波器的特点有哪些?	195
10-4	什么是示波管?	196
10-5	电子枪的工作原理是什么?	196
10-6	荧光屏的工作原理是什么?	197
10-7	电子示波器是由哪些部分组成的?	197
10-8	示波器是怎样应用在电压、相位、时间和频率测量中的?	199
10-9	示波器是怎样测量直流电压的?	200
10-10	示波器是怎样测量交流电压的?	201
10-11	示波器是怎样测量电压瞬时值的?	202
10-12	示波器是怎样用椭圆法(李沙育图形法)测相位差的?	203
10-13	示波器是怎样测量周期的?	204
10-14	示波器是怎样测量脉冲前沿时间与脉冲宽度的?	204

10-15	示波器是怎样测量脉冲时间间隔的？	205
10-16	示波器是怎样测量频率的？	206
10-17	示波器是怎样测量频率特性的？	207
10-18	ST-16 型示波器是由哪些部分组成的？	208
10-19	ST-16 型示波器面板上各旋钮开关有何作用？	209
10-20	ST-16 型示波器使用前应做哪些检查？	211
10-21	如何对 ST-16 型示波器进行校准？	211
10-22	如何使用 ST-16 型示波器测量交流电压？	212
10-23	如何使用 ST-16 型示波器测量直流电压？	213
10-24	如何使用 ST-16 型示波器测量时间（即周期或频率的测量）？	213
10-25	ST-16 型示波器面板上缩写英文文字的含意是什么？	214
10-26	如何减小示波器测量中的干扰和误差？	214
10-27	示波器在测量中如何正确接地？	215
10-28	示波器如何进行双踪测量？	215
10-29	CA8022、CA8042 双踪示波器的工作原理是什么？	215
10-30	CA8022 双踪示波器是怎样测量时间差的？	216
10-31	CA8022 双踪示波器是怎样测量相位差的？	216
10-32	如何选用通用电子示波器？	217
10-33	如何正确使用示波器的探头？	218
10-34	常用示波器的主要技术性能有哪些？	219
10-35	数字示波器有哪些特点？	220
10-36	TDS210 数字式实时示波器的主要特点有哪些？	222
10-37	数字示波器是如何工作的？	223
10-38	数字示波器与模拟示波器有哪些区别？	223
10-39	TDS210 数字示波器（DSO）与模拟示波器（ART）的主要 区别是什么？	226
10-40	选用示波器时应考虑哪些因素？	227
10-41	什么是信号源？	229
10-42	正弦信号分为哪几类？	230
10-43	正弦信号发生器的主要质量指标有哪些？	230
10-44	XD1 型低频信号发生器由哪些部分组成的？	231
10-45	XD1 型低频信号发生器面板按钮具有哪些功能？	232
10-46	如何正确使用 XD1 型低频信号发生器？	233

10-47	XD2 型低频信号发生器是由哪些部分组成的？	235
10-48	如何正确使用 XD2 型信号发生器？	235
10-49	高频信号发生器是由哪些部分组成的？	236
10-50	如何正确使用高频信号发生器？	237
10-51	XFG-7 型高频信号发生器具有哪些功能？	238
10-52	XFG-7 型高频信号发生器的主要技术指标有哪些？	239
10-53	如何正确使用 XFG-7 型高频信号发生器？	239
10-54	函数信号发生器是由哪些部分组成的？	242
10-55	EE164 1B/2B/3B 型函数信号发生器/计数器的主要特点有 哪些？	243
10-56	EE164 1B/2B/3B 型函数信号发生器/计数器的工作原理是 什么？	243
10-57	如何使用 EE164 1B/2B/3B 型函数信号发生器/计数器？	244
10-58	任意波形发生器具有哪些功能？	248
10-59	DA-1 型超高频毫伏表的工作原理是什么？	250
10-60	DA-1 型超高频毫伏表主要技术指标有哪些？	250
10-61	如何使用 DA-1 型超高频毫伏表？	251
10-62	DA-1 型超高频毫伏表使用时需注意什么？	251
10-63	DA-16 型晶体管毫伏表的特点有哪些？	251
10-64	DA-16 型晶体管毫伏表的工作原理是什么？	252
10-65	DA-16 型晶体管毫伏表主要技术指标有哪些？	254
10-66	如何正确使用 DA-16 型晶体管毫伏表？	254
10-67	BT-3 频率特性测试仪（扫频仪）工作原理是什么？	255
10-68	BT-3 频率特性测试仪的主要技术指标有哪些？	257
10-69	BT-3 扫频仪由哪些部分组成？工作原理是什么？	258
10-70	怎样对 BT-3 扫频仪进行检查？	259
10-71	怎样用扫频仪测试频率特性？	260
10-72	怎样用 BT-3 扫频仪测试频率特性？	261
10-73	怎样用 BT-3 扫频仪进行放大器增益测试？	261
10-74	2714 频谱分析仪具有哪些基本功能？	262
10-75	逻辑分析仪具有哪些特点？	263
10-76	如何正确选用逻辑分析仪？	264
10-77	逻辑分析仪的技术指标有哪些？	265
10-78	如何正确使用 QT-2 晶体管图示仪？	267

10-79	怎样选择电子测量仪器？	268
10-80	怎样正确、安全地使用仪器？	269
10-81	什么是仪器的阻抗？	269
10-82	怎样避免仪器损坏？	271
10-83	怎样使仪器的外壳接地？	271
10-84	怎样正确使用探头与馈线？	272
10-85	怎样正确使用直流稳压电源？	273
第 11 章	电压与频率测量	275
11-1	什么是电压测量？	275
11-2	对电压测量的指标要求是什么？	275
11-3	交流电压用什么来表征？	277
11-4	什么是有效值？	277
11-5	电压测量仪器是怎样分类的？	278
11-6	模拟式交流电压表的类型有哪些？	278
11-7	什么是均值电压表？	281
11-8	什么是峰值电压表？	283
11-9	什么是有效值电压表？	284
11-10	什么是外差式电压表？	285
11-11	什么是分贝测量？	285
11-12	什么是取样电压表？	286
11-13	如何根据被测电压的频率与波形选择模拟式电压表？	287
11-14	模拟式电压表对被测电路的阻抗有无影响？	288
11-15	模拟式电压表如何进行零位调整？	288
11-16	如何正确放置电压表量程开关的位置？	289
11-17	使用电压表时应注意哪些指标？	289
11-18	什么是数字式仪表？	290
11-19	数字式仪表有哪些特点？	290
11-20	数字电压表是怎样工作的？	291
11-21	数字式电压表的特点有哪些？	291
11-22	什么是直流数字电压表 (DVM)？	291
11-23	什么是数字多用表 (DMM)？	294
11-24	什么是电压表法测量电压？	295
11-25	什么是示波器测量法测量电压？	295
11-26	什么是脉冲电压的测量？	297

11-27	什么是噪声电压的测量？	299
11-28	电压测量中需要注意哪些问题？	300
11-29	什么是频率的测量？	301
11-30	频率是怎样划分的？	301
11-31	什么是电子计数器？	302
11-32	电子计数器的基本原理是什么？	302
11-33	什么是通用电子计数器？	303
11-34	通用电子计数器的计数信号和控制信号是什么？	303
11-35	通用电子计数器的主要工作特性有哪些？	304
11-36	怎样用电子计数器测量频率？	305
11-37	频率计数器有哪些基本功能？	306
11-38	频率计数器应用于哪些方面？	306
11-39	频率计对灵敏度和准确度有何要求？	307
11-40	如何提高频率计的准确度？	308
11-41	如何正确使用微波计数器？	308
11-42	使用频率计需注意哪些事项？	310
第 12 章	电路元器件的测量	311
12-1	怎样测量电路元件的参数？	311
12-2	什么是实际电阻器？	311
12-3	什么是实际电感器？	311
12-4	什么是实际电容器？	312
12-5	什么是电桥？它分为几类？	312
12-6	直流单臂电桥的主要技术特性有哪些？	313
12-7	如何正确使用直流电桥？	314
12-8	怎样对直流电桥进行维护？	316
12-9	什么是直流双臂电桥？直流双臂电桥是怎样工作的？	316
12-10	使用双臂电桥时注意哪些事项？	318
12-11	怎样用直流单臂电桥测电阻？	318
12-12	怎样用直流双臂电桥测电阻？	319
12-13	常用直流电桥的技术数据有哪些？	320
12-14	什么是电桥测量法？	320
12-15	直流电桥适用于哪种测量？	321
12-16	交流电桥适用于哪种测量？是如何工作的？	321
12-17	QS18A 型万用电桥的主要技术性能有哪些？	323