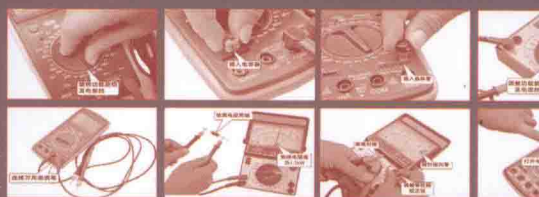


邱勇进 孙晓峰 高宿兰 等编著

图解

常用



电子仪器仪表使用

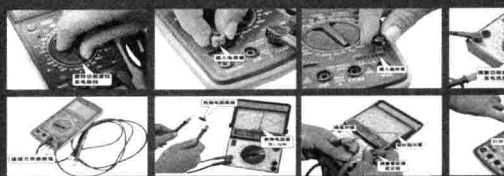
TUJIE CHANGYONG
DIANZI YIQI YIBIAO
SHIYONG



化学工业出版社

图解

常用



电子仪器仪表使用

TUJIE CHANGYONG
DIANZI YIQI YIBIAO
SHIYONG

邱勇进 孙晓峰 高宿兰 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

图解常用电子仪器仪表使用/邱勇进, 孙晓峰, 高宿兰等
编著. --北京: 化学工业出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-122-18816-8

I. ①图… II. ①邱…②孙…③高… III. ①电子仪器-使
用方法-图解②电工仪表-使用方法-图解 IV. ①TM930.7-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 255855 号

责任编辑: 高墨荣
责任校对: 徐贞珍

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 308 千字 2014 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

前 言

近年来，随着电子技术的飞速发展，电子仪器、仪表的市场需求也保持了一个很高的增长趋势，其技术更新越来越快，产品不断推陈出新，旧的仪器、仪表不断被新的、性能更可靠、功能更强大、使用更方便灵活的现代自动控制仪器、仪表所取代。为适应职业培训的发展，培养实用型、应用型人才，我们组织编写本书。

本书遵循“工学结合”原则，以满足岗位需求为目标，加强基本知识、基本理论和基本技能等内容的讲解，避免繁琐的数学推导和过深的理论分析。本书突出操作技能的培养，注重对实际操作技能的训练与职业能力的培养。

本书系统地阐述了万用表、电子示波器、信号发生器、电子计数器、钳形电流表、兆欧表、直流稳压电源、晶体管特性图示仪、频率特性测试仪、交流毫伏表等常用电子测量仪器仪表的结构组成与使用方法。本书以循序渐进的手法，以图辅文的编写形式，深入浅出，注重实用性，强调动手能力的培训。全书撰写力求理论与应用相结合，取材于生产和教学实践，既反映当前电子测量仪器仪表的技术发展水平，又突出其实用性要求，大部分仪器都有实例介绍，便于读者的理解与掌握。

本书由邱勇进、孙晓峰、高宿兰等编著，参加编写的还有宋兆霞、刘丛、孔杰、邱伟杰。本书的编写同时得到了一些企业工程师的大力支持，他们积极参与本书的指导和编写工作，从生产实际和职业岗位人才培养需求出发，为本书的编写提出了宝贵的指导性意见。

本书可作为职业院校电子、通信、控制与检测等专业的教学用书，也可作为相关专业工程技术人员和广大电子爱好者的参考用书。

由于编著者水平所限，不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

第1章 电子测量技术的基础知识	1
1.1 电子测量的基本概念	1
1.1.1 电子测量的定义和主要内容	1
1.1.2 电子测量的特点	2
1.2 电子测量的基本方法	2
1.2.1 按照采用的测量手段分类	2
1.2.2 按照被测量的性质分类	3
1.3 常用电子测量仪器	4
1.3.1 通用电子测量仪器的分类	4
1.3.2 电子测量仪器的主要性能指标	5
1.4 电子仪器操作规程和维护	5
1.4.1 电子仪器使用注意事项	5
1.4.2 电子仪器的维护措施	7
【拓展训练】	9
第2章 万用表的使用	11
2.1 MF-47 型指针式万用表	11
2.1.1 MF-47 型指针式万用表的结构组成	11
2.1.2 MF-47 型指针式万用表的使用方法	13
2.1.3 MF-47 型指针式万用表的注意事项	21
2.1.4 MF-47 型指针式万用表的检修方法	22
2.2 VC9805A 型数字式万用表	27
2.2.1 VC9805A 型数字式万用表的结构组成	27
2.2.2 VC9805A 型数字式万用表的使用方法	29
2.2.3 VC9805A 型数字式万用表的注意事项	35
2.2.4 VC9805A 型数字式万用表的使用技巧	36
【技能实训一】 指针式万用表的操作使用	39
【技能实训二】 电子元器件的识别与检测	41
【拓展训练】	43
第3章 电子示波器的使用	45
3.1 示波器的结构	45
3.1.1 示波管的构造及工作原理	45
3.1.2 双踪示波器的组成	47
3.2 UC8040 型双踪示波器面板	48
3.3 UC8040 型双踪示波器的基本操作	50
3.4 UC8040 型双踪示波器的测量实例	53
3.5 双踪示波器的检修	57
3.6 其他类型电子示波器	59
【技能实训】 双踪示波器的操作使用	64
【拓展训练】	67
第4章 信号发生器的使用	69
4.1 信号发生器的种类和技术指标	69
4.1.1 信号发生器的分类	69
4.1.2 信号发生器的基本组成	70
4.1.3 信号发生器的主要技术指标	70
4.2 低频信号发生器	71
4.2.1 低频信号发生器的组成与性能指标	71
4.2.2 低频信号发生器的操作方法	73
4.2.3 低频信号发生器的应用实例	75
4.2.4 其他类型的低频信号发生器	75
4.3 高频信号发生器	78
4.3.1 高频信号发生器的组成与性能指标	78
4.3.2 高频信号发生器的操作方法	79
4.3.3 高频信号发生器的应用实例	82
4.3.4 其他类型的高频信号发生器	84
4.4 函数信号发生器	86
4.4.1 函数信号发生器的组成与性能指标	87
4.4.2 函数信号发生器的操作方法	88
4.4.3 函数信号发生器的应用实例	91
4.4.4 其他类型的函数信号发生器	94
【技能实训】 函数信号发生器的使用	99
【拓展训练】	101
第5章 电子计数器的使用	103
5.1 电子计数器的组成与性能指标	103
5.2 电子计数器的操作方法	106
5.3 电子计数器的应用实例	110

5.4 其他电子计数器的使用	112	【拓展训练】	163
【技能实训】 电子计数器的操作使用	114	第 11 章 交流毫伏表的使用	165
【拓展训练】	114	11.1 交流毫伏表的组成与性能指标	165
第 6 章 钳形电流表的使用	116	11.2 交流毫伏表基本操作	166
6.1 钳形电流表的组成与性能指标	116	11.3 交流毫伏表测量实例	166
6.2 钳形电流表的操作方法	118	11.4 其他类型的交流毫伏表	167
6.3 钳形电流表测量实例	121	【技能实训】 交流毫伏表的操作使用	168
【技能实训】 钳形电流表的操作使用	122	【拓展训练】	169
【拓展训练】	123	第 12 章 常用电子仪器综合应用	170
第 7 章 兆欧表的使用	124	12.1 常用电子仪器的使用	170
7.1 兆欧表的组成与性能指标	124	12.1.1 实验目的	170
7.2 兆欧表的操作方法	126	12.1.2 实验原理	170
7.3 兆欧表测量实例	127	12.1.3 实验设备与器件	171
【技能实训】 兆欧表的操作使用	128	12.1.4 实验内容	171
【拓展训练】	129	12.1.5 实验总结	173
第 8 章 直流稳压电源的使用	131	12.2 OTL 低频功率放大器	174
8.1 直流稳压电源的组成与性能指标	131	12.2.1 实验目的	174
8.2 直流稳压电源基本操作	138	12.2.2 实验原理	174
8.3 直流稳压电源测量实例	138	12.2.3 实验设备与器件	175
【技能实训】 直流稳压电源的操作使用	139	12.2.4 实验内容	175
【拓展训练】	140	12.2.5 实验总结	177
第 9 章 晶体管特性图示仪的使用	142	12.3 晶体管直流稳压电源	177
9.1 晶体管特性图示仪的组成与性能 指标	142	12.3.1 实验目的	177
9.2 晶体管特性图示仪的操作方法	145	12.3.2 实验原理	177
9.3 晶体管特性图示仪测量实例	145	12.3.3 实验设备与器件	179
9.4 其他类型的晶体管特性图示仪	149	12.3.4 实验内容	179
9.4.1 主要技术指标	149	12.3.5 实验总结	181
9.4.2 面板介绍及操作说明	150	12.4 单管放大器	181
9.4.3 晶体管特性测试方法	153	12.4.1 实验目的	181
【技能实训】 晶体管特性图示仪的操作 使用	154	12.4.2 实验原理	181
【拓展训练】	155	12.4.3 实验设备与器件	184
第 10 章 频率特性测试仪的使用	157	12.4.4 实验内容	184
10.1 频率特性测试仪的组成与性能 指标	157	12.4.5 实验总结	187
10.2 频率特性测试仪基本操作	159	12.5 波形发生器	187
10.3 频率特性测试仪测量实例	161	12.5.1 实验目的	187
【技能实训】 频率特性测试仪的操作 使用	161	12.5.2 实验原理	187
		12.5.3 实验设备与器件	189
		12.5.4 实验内容	189
		12.5.5 实验报告	189
		参考文献	191

第1章 电子测量技术的基础知识

学习要点

了解电子测量的内容及特点，掌握测量误差的基本概念，能正确处理测量数据及测量结果。本章将就电子测量的这些基本问题展开讨论。有了这些基础知识，就可以实际学习各种测量仪器的使用了。

1.1 电子测量的基本概念

1.1.1 电子测量的定义和主要内容

(1) 电子测量的定义

电子测量是以电子技术理论为依据，以电子测量仪器和设备为手段，以电量和非电量为测量对象的测量过程。

(2) 电子测量的内容

用万用表测量市电电压的大小，用示波器测量信号的波形，都属于电子测量的范围，电子测量的范围很广，主要包括以下内容。

1) 电能量的测量

电能量的测量包括对各种电压、电流、电功率的测量。

2) 电信号的波形及特征测量

电信号的波形测量可以直观地观察到各种电信号的波形，电信号的特征测量包括各种电信号的幅度、频率、相位差、周期和失真度等参数的测量。

3) 电子元件参数的测量

电子元件参数的测量包括对电阻、电感、电容、品质因数、晶体管各种参数的测量。

4) 电子设备性能的测量

电子设备性能的测量包括对电路的放大倍数、灵敏度、通频带、噪声系数等技术指标的测量。

5) 特性曲线的测量

特性曲线的测量包括对电路的频率特性曲线、器件的伏安特性曲线等的测量。

(3) 电子测量的应用范围

电子测量的范围并不仅限于对各种电量的测量，还包括对各种非电量进行的测量。只要是使用了电子仪器，都可以说是电子测量，例如对运行中的通信网络及光网络进行在线测量等。

随着电子技术的发展，人们借助于各种传感器将许多非电量变换成电信号，再使用电子测量设备进行测量。例如天文观察、宇宙航行、地震预报、矿物探测以及生产过程检测中的温度、压力、流量、液位、速度、位移以及成分分析等，都可以转换成电信号进行测量。

1.1.2 电子测量的特点

与其他测量技术相比,电子测量技术具有明显的特点。

(1) 测量频率的范围宽

电子测量不仅能测量直流量,还能测量交流量。测量的频率范围低至 10^{-6} Hz, 高至 10^{12} Hz。随着电子技术的发展,电子测量的频率范围不断向更高频段发展。

(2) 测量仪器的量程宽

量程是测量范围的上限值与下限值之差。由于许多被测量的数值相差很大,其他测量技术很难达到要求,而电子测量仪器有足够宽的量程,完全可以满足测量的需要。例如现在已经普及的数字万用表,能测出 $10^{-5} \sim 10^8 \Omega$ 的电阻值,量程达 13 个数量级。而用于测量信号频率的电子计数器,其量程高达 17 个数量级。

(3) 测量准确度高

电子测量的准确度比其他测量方法要高得多。例如对频率和时间测量,可以将原子内部电子的旋转频率作为基准,测量精度高达 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 数量级。

(4) 测量的速度快

电子测量以电磁波传播的速度进行工作,具有其他测量技术无法比拟的高速度,这也是电子测量技术广泛应用于现代科技各个领域的重要原因。例如人造卫星、载人飞船等各种航天器的发射时,需要快速测出它的运行参数,再通过对参数的处理进而决定下一步的控制,只有使用电子测量系统才能完成这种任务。

(5) 可以实现遥测

电子测量可以通过使用各种类型的传感器实现对目标的遥测。对于距离遥远或因环境恶劣而人体无法到达的区域,如人造卫星运行的空间、深海下、深地下、核反应堆内部等目标,均可通过各种电子测量设备对各种参数进行遥测。

(6) 可实现测量过程的自动化

大规模集成电路和微型计算机在电子测量设备上的应用,使电子测量技术有了跨越式发展,测量设备增加了程控、遥控、自动转换量程、自动调节、自动校准、自动诊断故障和自动恢复等功能,实现了对测量结果进行自动记录、自动运算、自动分析和自动处理。近几年出现的智能化电子测量仪器,使测量过程完全实现了自动化,推动了科学技术的发展。

1.2 电子测量的基本方法

在电子测量技术中,采用合适的测量方法是最重要的。根据测量中采用的方法不同,电子测量技术也有不同的分类方法。

1.2.1 按照采用的测量手段分类

(1) 直接测量法

直接测量法就是可直接从电子测量仪器上读出测量结果的方法。直接测量的特点是测出的数据就是被测量的值。例如用电压表测量电压、用电流表测量电流、用电桥测量电阻、用频率计测量频率等,下面举例说明直接测量法的应用,如图 1-1(a) 所示,如果想知道流过灯泡电流的大小,可以在 B 点将电路断开,再将电流表的两根表笔分别接在断开处的两端,

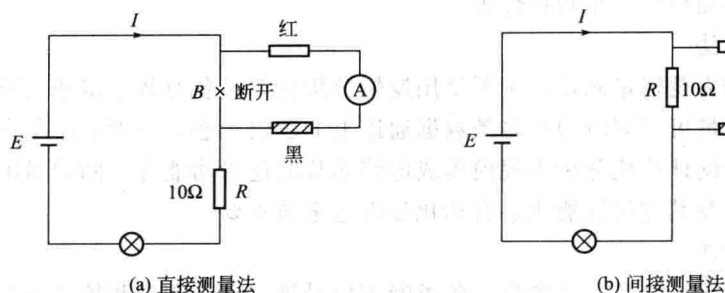


图 1-1 电子测量两种基本的测量方法举例

电流流过电流表，电流表就会显示电流的大小。

需要说明的是，直接测量并不意味着就是用直读式仪器进行测量，许多比较式仪器虽然不一定能直接从仪器度盘上获得被测量之值，但因参与测量的对象就是被测量，所以这种测量仍属直接测量。一般情况下直接测量法的精确度比较高。

(2) 间接测量法

使用按照已知标准定度的电子仪器，不直接对被测量值进行测量，而对一个或几个与被测量具有某种函数关系的物理量进行直接测量，然后通过函数关系计算出被测量值，这种测量方法称为间接测量法。例如，要测量电阻的消耗功率，可以通过直接测量电压、电流或测量电流、电阻，然后根据 $P=UI=I^2R=U^2/R$ 求出电阻的功率，下面举例说明间接测量法的应用，如图 1-1(b) 所示，如果想知道流过灯泡电流的大小，可以用电压表测量电阻 R 两端的电压 U ，然后根据欧姆定律 ($I=U/R$) 就可以求出电流的大小。

同样是测一个电路的电流大小，可以采用图 1-1(a) 所示的直接测量法，也可以采用图 1-1(b) 所示的间接测量法，图 1-1(a) 中的直接测量法可以直接读出被测对象的量值大小，但需要断开电路，而图 1-1(b) 中的间接测量法不需要断开电路，比较方便，但测量后需要通过欧姆定律进行计算。

直接测量法和间接测量法没有优劣之分，在进行电子测量时，选择哪一种方法要根据实际情况来决定。

(3) 组合测量法

如有若干个待求量，把这些待求量用不同方式组合（或改变测量条件来获得这种不同的组合）进行测量（直接或间接），并把测量值与待求量之间的函数关系列成方程组，只要方程式的数量大于待求量的个数，可以求出各待求量的数值，这种方法叫组合测量或联立测量。

1.2.2 按照被测量的性质分类

(1) 时域测量法

时域测量法是指对以时间为函数的量（例如随时间变化的电压、电流等）的测量。测量被测量对象在不同时刻的特性，这时把被测量对象看成时间的函数。例如用示波器观察脉冲信号的上升沿、下降沿、平顶降落等脉冲参数以及动态电路的暂态过程等。

(2) 频域测量法

频域测量也称为稳态测量，主要目的是获取待测量与频率之间的关系，测量被测量对象在不同频率时的特性，这时把被测量对象看成频率的函数。例如用频谱分析仪分析信号的频

谱和测量放大器的幅频特性、相频特性等。

(3) 数据域测量法

数据域测量也称为逻辑量测量,主要是用逻辑分析仪等设备对数字量或电路的逻辑状态进行测量。数据域测量可以同时观察多条数据通道上的逻辑状态,或者显示某条数据线上的时序波形,还可以借助计算机分析大规模集成电路芯片的逻辑功能等。随着微电子技术的发展需要,数据域测量及其测量智能化、自动化显得愈来愈重要。

(4) 随机域测量法

随机测量又叫做统计测量,主要是对各类噪声信号进行动态测量和统计分析。这是一项较新的测量技术,尤其在通信领域有着广泛应用。

1.3 常用电子测量仪器

使用电子技术对各种电量或非电量进行测量的仪器称为电子测量仪器。电子测量仪器的种类很多,根据测量精度的要求不同,有高精度测量仪器、普通测量仪器和简易测量仪器;按显示方式和工作原理的不同,有模拟式测量仪器和数字式测量仪器两大类;根据测量用途的不同,有专用测量仪器和通用测量仪器等。

1.3.1 通用电子测量仪器的分类

电子测量常用的仪器仪表有以下几种。

(1) 万用表

万用表可以用来测量交直流电压、直流电流、电阻阻值、电容器容量、电感量、音频电平、频率、晶体管 NPN 或 PNP 电流放大倍数 β 值等,它的灵敏度应在 5kV 以上,直流和交流电压的最高量程应在 2500V 左右。常用的万用表有指针式和数字式两类。

(2) 电子示波器

电子示波器是一种测量电压波形的电子仪器,它可以把被测电压信号随时间变化的规律,用图形显示出来。使用示波器不仅可以直观而形象地观察被测物理量的变化全貌,而且可以通过它显示的波形,测量电压和电流,进行频率和相位的比较,以及描绘特性曲线等。

(3) 信号发生器

信号发生器(包括函数发生器)为检修、调试电子设备和仪器时提供信号源。它是一种能够产生一定波形、频率和幅度的振荡器。例如:产生正弦波、方波、三角波、斜波和矩形脉冲波等。

(4) 晶体管特性图示仪

晶体管特性图示仪是一种专用示波器,它能直接观察各种晶体管特性曲线及曲性簇。例如:晶体管共射、共基和共集三种接法的输入、输出特性及反馈特性;二极管的正向、反向特性;稳压管的稳压或齐纳特性;它可以测量晶体管的击穿电压、饱和电流等。

(5) 集成电路测试仪

该类仪器可对 TTL、PMOS、CMOS 数字集成电路功能和参数测试,还可判断抹去字的芯片型号及对集成电路在线功能测试、在线状态测试。

(6) 兆欧表

兆欧表(俗称摇表)是一种检查电气设备、测量高电阻的简便直读式仪表,通常用来测

量电路、电机绕组、电缆等绝缘电阻。兆欧表大多采用手摇发电机供电，故称摇表。由于它的刻度是以兆欧 ($M\Omega$) 为单位，故称兆欧表。

(7) 红外测试仪

红外测试仪是一种非接触式测温仪器，它包括光学系统、电子线路，在将信息进行调制、线性化处理后达到指示、显示及控制的目的。目前已应用的红外测温仪有光子测温 and 热测温仪两种，主要用于电热炉、农作物、铁路钢轨、深埋地下超高压电缆接头、消防、气体分析、激光接收等温度测量及控制场合。

(8) 频谱分析仪

频谱分析仪在频域信号分析、测试、研究、维修中有着广泛的应用。它能同时测量信号的幅度及频率，测试比较多路信号及分析信号的组成。还可测试手机逻辑和射频电路的信号。例如：逻辑电路的控制信号、基带信号，射频电路的本振信号、中频信号、发射信号等。

除以上常用的电子测量仪器外，还有时间测量仪、电桥、相位计、动态分析器、光学测量仪、应变仪、流量仪等。

1.3.2 电子测量仪器的主要性能指标

电子测量仪器的主要性能指标包括频率范围、测量准确度、稳定性、灵敏度等。

(1) 频率范围

频率范围是指保证测量仪器其他指标正常工作的有效频率范围。

(2) 测量准确度

测量准确度又称测量精度，它是指测量仪器的读数或测量结果与被测量真实值相一致的程度。对精度目前还没有一个公认的、定量的数学表达式，因此常作为一个笼统的概念来使用，其含义是：精度越高，表明误差越小；精度越低，表明误差越大。因此，精度不仅用来评价测量仪器的性能，同时也是评定测量结果最主要、最基本的指标。

(3) 稳定性

稳定性是指在规定的时间内，其他外界条件恒定不变的情况下，保证仪器示值不变的能力。造成示值变化的原因主要是仪器内部各元器件的特性、参数不稳定和老化等因素。

(4) 灵敏度

灵敏度表示测量仪表对被测量参数变化的敏感程度，灵敏度表示当被测的量有一个很小的增量时与此增量引起仪表表示值增量之比，它反映仪表能够测量的最小被测量。例如示波器在单位输入电压的作用下，示波管荧光屏上光点偏移的距离就定义为它的偏转灵敏度。

1.4 电子仪器操作规程和维护

1.4.1 电子仪器使用注意事项

电子仪器如果使用不当，很容易发生人为损坏事故，轻则影响测量工作，重则造成仪器严重损坏。各种电子仪器的说明书上都规定有操作规程和使用方法，必须严格遵循。在使用电子仪器前后以及在使用过程中，一般都应注意下述事项，以确保安全，防止事故，减少故障。

(1) 仪器开机前注意事项

① 在开机通电前,应检查仪器设备的工作电压跟市电交流电压是否相符;检查仪器设备的电源电压变换装置是否正确地插置在相应电压的部位(通常有110V、127V、220V三种电源电压部位)。有些电子仪器的熔丝管插塞还兼作电源电压的变换装置,应特别注意在调换熔丝管时不能插错位置(如果使用220V电源而误插到110V位置,开机通电时就会烧断熔丝,甚至会损坏仪器内部的电路元器件)。

② 在开机通电前,应检查仪器面板上各种开关、旋钮、度盘、接线柱、插孔等是否松脱或滑位,如果发生这些现象应加以紧固或整位,以防止因此而牵断仪表内部连线,甚至造成开断、短路以及接触不良等人为故障。

仪器面板上“增益”、“输出”、“辉度”、“调制”等旋钮,应依反时针向左转到底,即旋置于最小部位,防止由于仪器通电后可能出现的冲击而造成损伤或失常。如辉度太强,会使示波管的荧光屏烧毁;增益过大,会使指示电表受到冲击等。在被测量值不便估计的情况下,应把仪器的“衰减”或“量程”选择开关扳置于最大挡级,防止仪器过载受损。

③ 在开机通电前,应检查电子仪器的接“地”情况是否良好,这是关系到测量的稳定性、可靠性和人身安全的重要问题,特别是多台电子仪器联用的场合,最好使用金属编织线作为各台仪器的接“地”连线,不要使用实芯或多芯的导线作为接地线,否则,由于杂散电磁场的感应作用,可能引进干扰信号,这对灵敏度较高的电子仪器影响尤大。

(2) 仪器开机时注意事项

① 在开机通电时,应先接通电子仪器上的“低压”开关,待仪器预热5~10min后,再接通“高压”开关,否则可能引起仪器内部整流电路的元器件(整流管或滤波电解电容器等)产生跳火、击穿等故障。对于使用单一电源开关的仪器,开机通电后,也应预热5~10min,待仪器工作稳定后使用。

② 在开机通电时,应注意观察仪器的工作情况,即用眼看、耳听、鼻闻来检查仪器是否有不正常的现象。如果发现仪器内部有响声、臭味、冒烟等异常现象,应立即切断电源。在尚未查明原因之前,应禁止再行开机通电,以免扩大故障。只用单一电源开关的仪器设备,由于没有“低压”预热的过程,开机通电时可能出现短暂的冲击现象(例如指示电表短暂的冲击,或者偶尔出现一两次声响),可不急于切断电源,待仪器稳定后再依情况而定。

③ 在开机通电时,如发现仪器的熔丝烧断,应调换相同规格的熔丝管后再进行开机通电。如果第二次开机通电又烧断熔丝,应立即检查,不应再调换熔丝管进行第三次通电,更不要随便加大熔丝的规格或者用铜线代替,否则会导致仪器内部故障扩大,甚至会烧坏电源变压器或其他元器件。

④ 对于内部有通风设备的电子测量仪器,在开机通电后,应注意仪器内部电风扇是否运转正常。如发现电风扇有碰片声或旋转缓慢,甚至停转,应立即切断电源进行检修,否则通电时间久了,将会使仪器的工作温度过高,甚至会烧坏电风扇或其他电路元器件(如大功率的晶体管等)。

(3) 仪器使用时注意事项

① 在使用仪器的过程中,对于面板上各种旋钮、开关、度盘等的扳动或调节动作,应缓慢稳妥,不可猛扳猛转。当遇到转动困难时,不能硬扳硬转,以免造成松脱、滑位、断裂等人为故障,此时应切断电源进行检修。仪器通电工作时,应禁止敲打机壳。对于笨重的仪器设备,在通电工作的情况下,不应用力拖动,以免受振损坏。对于输出、输入电缆的插接

或取离应握住套管,不应直接拉扯电线,以免拉断内部导线。

② 对于消耗电功率较大的电子仪器,应避免在使用过程中,切断电源后立即再行开机使用,否则可能会引起熔丝烧断。如有必要,应等待仪器冷却5~10min后再开机。

③ 信号发生器的输出端,不应直接连到有直流电压的电路上,以免电流注入仪器的低阻抗输入衰减器,烧坏衰减器电阻。必要时,应串联一个相应工作电压和适当电容量的耦合电容器后,再连接信号电压到测试电路上。

④ 使用电子仪器进行测试工作时,应先连接“低电位”的端子(即地线),然后再连接“高电位”的端子(如探测器的探针等)。反之,测试完毕应先拆除高电位的端子,然后再拆除低电位的端子,否则会导致仪器过载,甚至打坏指示电表。

(4) 仪器使用后注意事项

① 仪器使用完毕,应先切断“高压”开关,然后切断“低压”开关,否则由于电子管灯丝的余热,可能使电路工作在不正常的条件下,造成意外的故障。

② 仪器使用完毕,应先切断仪器的电源开关,然后取离电源插头。应禁止只拔掉电源插头而不切断仪器电源开关的简单做法,也应反对只切断电源开关而不取离电源插头的习惯。前一情况使再次使用仪器时,容易忽略开机前的准备工作,而使仪器产生不应有的冲击现象;后一情况可能导致忽略仪器局部电路的电源切断,而使这一部分的电路一直处于通电状态(例如数字频率计的主机电源开关和晶体振荡器部分的电源开关一般都是分别装置的)。

③ 仪器使用完毕,应将使用过程中暂时取离或替换的零附件(如接线柱、插件、探测器、测试笔等)整理并复位,以免散失或错配而影响工作和测量准确度。必要时应将仪器加罩,以免积灰尘。

1.4.2 电子仪器的维护措施

认真做好电子仪器的日常维护工作,对延长仪器的正常工作寿命、减少仪器的故障、确保安全使用和保证测量准确度等方面,都具有十分重要的作用。维护措施大致可归纳为下列几条。

(1) 防尘、去尘

要保证电子仪器处于良好的备用状态,首先应保持其外表的整洁。因此,防尘与去尘是最基本的维护措施。

大部分的电子仪器都备有专用的防尘罩,仪器使用完毕后应注意加罩。在使用塑料罩的情况下,最好要等待温度下降后再加罩,以免水汽不易散发出去。如果没有专用的仪器罩,应设法盖好,或将仪器放进柜橱内。玻璃纤维的罩布,对使用者的健康有危害,玻璃纤维进入仪器内也不易清除,甚至会引起元器件的接触不良和干涩等问题,因此严禁使用。此外,应禁止将电子仪器无遮盖地长期搁置在水泥地或靠墙的地板上。平时要常用毛刷、干布或沾有绝缘油(如废弃的变压器油)的抹布纱团,将仪器的外表擦刷干净,但不要使用沾水的湿布抹擦,避免水汽进入仪器内部以及防止机壳脱漆部分生锈。如果发现仪器外壳黏附松香,切忌使用刀口铲刮,应该使用沾有酒精的棉花擦除;如果黏附焊油,应该使用汽油或四氯化碳擦除;如果黏附焊锡,可用刀口小心地剔下来。

对于电子仪器内部的积灰,通常利用检修仪器的机会,使用“皮老虎”或长毛刷吹刷干净。应当指出,在清理仪器内部积尘时,最好不要变动电路元器件与接线的位置,以及避免拔出电子管、石英晶体等插接器件。必要时应事先做好记号,以免复位时插错位置。

(2) 防潮、驱潮

电子仪器内部的电源变压器和其他线绕元件（如线绕电阻器、电位器、电感线圈、表头动圈等）的绝缘强度，经常会由于受潮而下降，发生漏电、击穿，甚至霉烂断线，使仪器发生故障，因此，对于电子仪器，必须采取有效的防潮与驱潮措施。

首先，电子仪器存放的地点，最好选择比较干燥的房间，室内门窗应利于阳光照射、通风良好。在精密仪器内部，或者存放仪器的柜橱里，应放置“硅胶”布袋，以吸收空气中的水分。应定期检查硅胶是否干燥（正常应呈白色半透明颗粒状），如果发现硅胶结块变黄，表明它的吸水功能已经下降，应调换新的硅胶袋，或者把结块的硅胶加热烘干，使它恢复颗粒状继续使用。在新购仪器的木箱内，经常附有存放硅胶的塑料袋，应扯开取出改装布袋后使用。此外，在仪器橱内，也可装置 100W 左右的灯泡，或者 25W 左右的红外线灯泡，定期通电驱潮。长期搁置不用的电子仪器，在使用之前应进行排潮烘干工作。通常可把仪器放置在大容积的恒温箱内，用 60℃ 左右温度加热 2~4h。在缺少大容积恒温箱，或者需要大量进行排潮工作时，可使用适当电功率的调压自耦变压器，先将市电交流电源的电压降低到 190V 左右，使仪器在较低的电源电压下，通电 1~2h，然后再将交流电源电压升高至 220V 额定值，继续通电 1~2h。这样同样可收到排潮烘干的效果，否则，受潮的电子仪器，在使用 220V 交流电源供电时，往往会发生内部电源变压器或整流电路跳火、击穿或局部短路等故障现象。

根据气候变化的规律，控制仪器存放的房间门窗启闭时间，是一种经济的防潮方法。通常在室内装可换算“相对湿度”的干、湿球温度计。当室内湿度大于 75% 时，特别是在大雨前后，应关闭门窗。一般早晨的湿度较大，不宜过早开窗，待雾气消失、太阳出来后，再打开门窗为宜。天气晴朗时，应敞开门窗通风。有时也可利用阳光驱潮，但应避免强烈的阳光直接照射。在梅雨季节，如果室内存放仪器比较集中，可关闭门窗，并使用辐射式电炉，以提高室温，排除室内潮气。

(3) 防热、排热

绝缘材料的介电性能会随着温度的升高而下降，而电路元器件的参量也会受温度的影响（例如，碳质电阻和电解电容器等往往由于过热而变值、损坏），特别是半导体器件的特性，受温度的影响比较明显，例如，晶体管的电流放大系数和集电极穿透电流，都会随着温度的上升而增大。这些情况将导致电子仪器工作的不稳定，甚至发生各种故障。因此，对于仪器的“温升”都有一定的限制，一般不得超过 40℃；而仪器的最高工作温度不应超过 65℃，即不烫手为限。通常室内温度以保持在 20~25℃ 最为合适。如果室温超过 35℃，应采取通风排热等人工降温措施，也可适当缩短仪器连续工作的时间，必要时，应取下机壳盖板，以利散热。但应特别指出：要禁止在存放电子仪器的室内，用洒水或放置冰块来降温，以免水汽侵蚀仪器而受潮。

许多电子仪器，特别是消耗电功率较大的仪器设备，大多在内部装置有小型的排气电风扇，以辅助通风冷却。对于这类仪器，应定期检查电风扇的运转情况。如果运转缓慢或干涩停转，将会导致仪器温升过高而损坏。此外，还要防止电子仪器长时间受阳光暴晒，以免使仪器机壳的漆层受热变黄、开裂甚至翘起，特别是仪器的度盘或指示电表，往往因久晒受热，而导致刻度漆面开裂或翘起，造成显示不准确甚至无法使用。所以，放置或使用电子仪器的场所如有东、西向的窗户，应装置窗帘，特别是在炎夏季节，应注意挂窗帘。

(4) 防振、防松

大部分电子仪器的机壳底板上,都安装有防振用的橡胶垫脚。如果发现橡胶垫脚变形、硬化或者脱落,应随时调换更新。在搬运或移动仪器时应轻拿轻放,严禁剧烈振动或者碰撞,以免损坏仪器的插件和表头等元器件。在检修仪器的过程中,不应漏装弹簧垫圈、电子管屏蔽罩以及弹簧压片等紧固用的零件,特别在搬运笨重仪器之前,应注意检查仪器上的把手是否牢靠。对于装有塑料或人造革把手的仪器设备,在搬运的时候应手托底部,以免把手断裂而摔坏仪器。

在放置电子仪器的桌面上,不应进行敲击锤打的工作。靠近仪器集中存放的地方,不应装置或放置振动很大的机电设备,对仪器的开关、旋钮、度盘、接合器等锁定螺钉、螺母应注意紧固,必要时可加点清漆,以免松脱。新仪器开箱启用时,应注意保存箱内原有的防振器材(如万连纸盒、泡沫塑料匣、塑料气垫、纸筋、木花等),以备重新装箱搬运时使用。

(5) 防腐蚀

电子仪器应避免靠近酸性或碱性物体(诸如蓄电池、石灰桶等)。仪器内部如装有电池,应定期检查,以免发生漏液或腐烂。如果长期不用,应取出电池另行存放。对于附有标准电池的电子仪器(如数字式直流电压表、补偿式电压表等),在搬运时应防止倒置,装箱搬运时,应取出标准电池另行运送。电子仪器如果需要较长时间地包装存放,应使用凡士林或黄油涂擦仪器面板的镀层部件(如钮子开关、面板螺钉、把手、插口、接线柱等)和金属的零配件,并用油纸或蜡纸包封,以免受到腐蚀,使用时,可用干布把涂料抹擦干净。

(6) 防漏电

由于电子仪器大都使用市交流电来供电,因此,防止漏电是一项关系到使用安全的重要维护措施,特别是对于采用双芯电源插头,而仪器的机壳又没有接地的情况,如果仪器内部电源变压器的一次绕组对机壳之间严重漏电,则仪器机壳与地面之间就可能有相当大的交流电压(100~200V)。这样,人手碰触仪器外壳时,就会感到麻电,甚至发生触电事故。所以,对于各种电子仪器必须定期检查其漏电程度,即在仪器不插市电交流电源的情况下,把仪器的电源开关扳置于“通”部位,然后用绝缘电阻表(兆欧表)检查仪器电源插头对机壳之间的绝缘是否符合要求。根据一般规定,电气用具的最小允许绝缘电阻不得低于500k Ω ,否则应禁止使用,进行检修或处理。

【拓展训练】

一、填空题

1. 电子测量的内容包括_____、_____、_____和_____四个方面。
2. 电子测量按测量的方法分为_____、_____和_____三种。
3. 电子仪器维护基本措施有_____、_____、_____、_____、_____、_____。
4. 电子测量仪器的主要性能指标有_____、_____、_____和_____四个方面。
5. 指针式电压表和数字式电压表测量电压的方法分别属于_____测量和_____测量。
6. 测量结果的量值包括两部分,即_____和_____。

二、选择题

1. 下列测量中属于电子测量的是()。
A. 用天平测量物体的质量
B. 用水银温度计测量温度

- C. 用数字温度计测量温度 D. 用游标卡尺测量圆柱体的直径
2. 下列测量中属于间接测量的是 ()。
- A. 用万用欧姆挡测量电阻 B. 用电压表测量已知电阻上消耗的功率
- C. 用逻辑笔测量信号的逻辑状态 D. 用电子计数器测量信号周期
3. 用逻辑笔测量信号的逻辑状态属于 ()。
- A. 时域测量 B. 频域测量 C. 组合测量 D. 数据域测量
4. 电流表测电流属于 () 测量法。
- A. 直接 B. 间接 C. 对比 D. 比较
5. 系统误差越小, 测量结果 ()。
- A. 越准确 B. 越不准确 C. 越不一定准确 D. 与系统误差无关
6. 仪器各指示仪表或显示器应放置在与操作者 () 的位置, 以减少视差。
- A. 仰视 B. 俯视 C. 平视 D. 较远距离
7. 下列不属于电子测量仪器最基本的功能是 ()。
- A. 电压的测量 B. 电阻的测量 C. 频率的测量 D. 测量结果的显示
8. 下列测量方法属于按测量方式分类的是 ()。
- A. 直接测量 B. 偏差式测量 C. 时域测量 D. 接触测量

第2章 万用表的使用

学习要点

了解万用表的种类和功能特点以及使用注意事项,了解万用表常见故障及排除方法,熟悉万用表面板上常用旋钮的作用,掌握万用表的使用方法和使用技巧,能够使用万用表完成检测操作。

2.1 MF-47 型指针式万用表

2.1.1 MF-47 型指针式万用表的结构组成

MF-47 型指针式万用表是磁电式多量程万用表,是能测量直流电流、直流电压、交流电压以及直流电阻等多种基本电量的便携式仪表,被广泛地应用于电子实验技术和电器的维修和测试之中。MF-47 型普通万用表面板如图 2-1 所示,指针万用表面板主要由刻度盘、挡位选择开关、旋钮和一些插孔组成。

万用表的结构由机械部分、显示部分与电器部分三大部分组成,机械部分由外壳、挡位开关旋钮及电刷等部分组成,显示部分是表头,电器部分由测量线路板、电位器、电阻、二极管、电容等部分组成。

(1) 表头

采用高灵敏度的磁电式机构,是测量的显示装置。万用表的表头实际上是一个灵敏电流表,测量电阻、电压和电流都经过电路转换成驱动电流表的电流。电流表的结构如图 2-2 所示。表头上的表盘印有多种符号、刻度线和数值。符号 A-V- Ω 表示这只电表是可以测量电流、电压和电阻的多用表。表盘上印有多条刻度线,其中右端标有“ Ω ”的是电阻刻度线,其右端为零,左端为 ∞ ,刻度值分布是不均匀的。符号“—”或“DC”表示直流,“~”或“AC”表示交流,“ $\simeq$ ”表示交流和直流共用的刻度线。刻度线下的几行数字是与选择开关的不同挡位相对应的刻度值。另外表盘上还有一些表示表头参数的符号:如 DC 20k Ω /V、AC 9k Ω /V 等。表头上还设有机械零位调整旋钮(螺钉),用以校正指针在左端指零位。

(2) 转换开关

用来选择被测电量的种类和量程(或倍率),万用表的选择开关是一个多挡位的旋转开关,用来选择测量项目和量程(或倍率)。挡位选择开关如图 2-3 所示,一般的万用表测量项目包括:“mA”(直流电流)、“V” (直流电压)、“V” (交流电压)、“ Ω ”(电阻)。每个测量项目又划分为几个不同的量程(或倍率)以供选择。

(3) 测量线路

将不同性质和大小的被测电量转换为表头所能接受的直流电流,万用表可以测量直流电