



上岗轻松学
SHANG GANG QING SONG XUE

图解

电子测量

仪器使用 快速入门

DIANZI CELIANG YIQI SHIYONG KUAISU RUMEN



NLIC2970875512

- ◆ 线条图、实物图完美呈现
- ◆ 知识性、技巧性全面展现
- ◆ 跟着学、对照练轻松上手

张君 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



上岗轻松学

图解电子测量仪器使用 快速入门

主 编 张 君
副主编 黄 河 鲁 昀
主 审 刘 宏



NLIC2970876612



机械工业出版社

本书以照片图、线条图、表格为主,突出“图解”和“快速入门”两大特点,力求更好地满足初级技术人员快速上岗的需求。本书内容浅显易懂,以够用为度,主要介绍了万用表、信号发生器、示波器、交流毫伏表、直流稳压电源、频率特性测试仪、半导体管特性图示仪、频谱分析仪的使用方法。

本书可作为电工电子初学人员的自学用书,也可作为各类职业鉴定培训机构、技工学校以及职业技术学院的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

图解电子测量仪器使用快速入门/张君主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 1

(上岗轻松学)

ISBN 978-7-111-40520-7

I. ①图… II. ①张… III. ①电子测量设备—使用方法—图解

IV. ①TM930. 7—64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 281271 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:朗 峰 责任编辑:郎 峰 王华庆 版式设计:赵颖喆

责任校对:刘志文 封面设计:饶 微 责任印制:张 楠

北京富生印刷厂印刷

2013 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·13. 5 印张·261 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-40520-7

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

PREFACE

纵观各行各业的发展,不难发现电子技术已经渗透到众多的领域中,并且逐步担当起科技进步排头兵的重任。电子测量仪器则是学习电子技术主要的依托工具。想要快速、轻松地迈入电子技术领域,熟练掌握电子测量仪器的使用方法是不可或缺的。

本书以培养电工电子初学者对电子测量仪器的基本操作技能和工程应用能力为目标,采用将电子测量仪器实物的图片整体呈现与局部关键部位放大相结合的展示形式,以图例为牵引,重点阐述了常用电子测量仪器的使用方法,对各类操作错误和原因进行了逐一分析,使整个学习过程在不脱离仪器面板布局的情况下有序进行。

本书所介绍的电子测量仪器是电类专业最常用的,主要有万用表、信号发生器、示波器、交流毫伏表、直流稳压电源、频率特性测试仪、半导体管特性图示仪、频谱分析仪等。编写中采用简洁明了的表格形式,并选取典型实例,按步骤讲解测量方法,适合电工电子初学者阅读。

“图解”和“快速入门”是本书的两大特点。

“图解”,即通过大量的现场照片图、三维立体图将抽象深奥的知识具体化、形象化,通过线条图将复杂的结构简单化、清晰化,以更好地阐释操作过程及相关内容,达到读图学知识的目的,利于读者对知识的理解。

“快速入门”,即本书讲解的电子测量仪器使用知识属于入门级水平,语言通俗易懂,贴近现场,便于读者快速掌握。

本书的编写人员均具有丰富的实践经验和教学经验。第1章、第4章的4.1节以及第10章由张君编写,第2章由孙中禹和陈丹亚共同编写,第3章和第4章的4.2节由鲁昀和张建强共同编写,第5章由黄河编写,第6章由王聪敏编写,第7章由李少娟编写,第8章由赵颖娟编写,第9章由李佳编写,全书由张君统稿。中国高等教育学会实验室管理工作分会第六届理事会理事、空军实验室建设指导工作组专家刘宏高级实验师对全书进行了认真细致的审阅,在章节安排、内容取舍等方面提出了很多有建设性的意见和建议。马静因对全书的图表和文字进行了校对。在本书的编写过程中,得到了陕西成合电子科技有限公司的大力协作和技术支持,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,殷切希望相关领域的专家和广大读者批评指正。

编者

目 录

CONTENTS

前言

第1章 电子测量与仪器概述	1
1.1 电子测量基础	1
1.1.1 测量的基础知识	1
1.1.2 测量误差基本介绍	4
1.1.3 测量数据的处理	5
1.2 电子测量仪器使用常识	7
1.2.1 电子测量仪器的选择与操作	7
1.2.2 电子测量仪器的保养与维护	11
第2章 万用表	14
2.1 指针万用表	15
2.1.1 面板说明与测量原理	15
2.1.2 使用方法与操作注意事项	22
2.2 数字万用表	29
2.2.1 面板说明、工作原理与性能指标	30
2.2.2 使用方法与常见操作错误分析	32
第3章 信号发生器	38
3.1 函数信号发生器/计数器	39
3.1.1 面板说明与工作原理	39
3.1.2 使用方法与常见操作错误分析	41
3.2 数字合成函数信号发生器	45
3.2.1 面板说明、工作原理与性能指标	46
3.2.2 使用方法与常见操作错误分析	50
第4章 示波器	64
4.1 电子示波器	64
4.1.1 面板说明与工作原理	64
4.1.2 使用方法与常见操作错误分析	74
4.2 数字示波器	83
4.2.1 面板说明与工作原理	83

4.2.2 使用方法与常见操作错误分析	86
第5章 交流毫伏表	102
5.1 低频交流毫伏表	102
5.1.1 面板说明、工作原理与性能指标	102
5.1.2 使用方法与常见操作错误分析	105
5.2 高频数字毫伏表	111
5.2.1 面板说明与性能指标	111
5.2.2 使用方法与常见操作错误分析	117
第6章 直流稳压电源	123
6.1 输出可调式直流稳压电源	124
6.1.1 面板说明与功能简介	124
6.1.2 使用方法与常见操作错误分析	128
6.2 可编程序线性直流电源	132
6.2.1 面板说明与功能简介	132
6.2.2 使用方法与常见操作错误分析	138
第7章 频率特性测试仪	145
7.1 电路幅频特性的测量	145
7.2 面板说明与工作原理	146
7.3 使用方法与常见操作错误分析	151
第8章 半导体管特性图示仪	161
8.1 概述	161
8.2 面板说明与性能简介	163
8.3 使用方法与常见操作错误分析	172
第9章 频谱分析仪	178
9.1 概述	178
9.2 面板说明与技术指标	179
9.3 使用方法与常见操作错误分析	188
第10章 现代电子测量仪器	200
10.1 现代电子测量仪器概述	200
10.1.1 电子测量仪器的发展、分类与特点	200
10.1.2 技术发展趋势	201
10.2 虚拟仪器	205
10.2.1 虚拟仪器的特点	205
10.2.2 虚拟仪器的应用	206
参考文献	210

第1章

电子测量与仪器概述

1.1 电子测量基础

1.1.1 测量的基础知识

测量是指为获得被测对象的量值而进行的试验过程。著名科学家门捷列夫指出：“没有测量就没有科学。”在世界科学技术快速发展的今天，电子测量已经成为信息获取、处理、显示的重要手段，是信息工程的源头和重要组成部分。

电子测量技术应用广泛，无论是科学研究、工业制造，还是现代军事装备的研制和维护，都离不开先进的电子测量工具。电子测量技术及仪器水平已经成为衡量一个国家科技发展和生产技术水平的重要标准。电子测量仪器已全方位应用于国民经济的各个领域，是实现国家科技进步和原创核心技术必不可少的条件。

电子测量的范围广泛，例如用万用表测量市电电压，用示波器测量信号的波形等，都属于电子测量的范围。

1. 电子测量的内容

- (1) 基本电量的测量 包括电流、电压、功率、电场强度等的测量。
- (2) 电子元器件和电路参数的测量 包括电阻、电容、电感、阻抗、品质因数、电子元器件参数等的测量。
- (3) 电信号波形及特征的测量 包括波形、频率、周期、时间、相位、失真度、状态等的测量。
- (4) 电路性能的测量 包括增益、衰减、灵敏度、通频带、噪声系数、滤波器的截止频率和衰减特性等的测量。
- (5) 基本电子电路特性曲线的测量 包括幅频特性曲线与相频特性曲线等的测量。

2. 电子测量方法的分类

电子测量方法多种多样，为了便于分析和研究，通常将其分为四大类，见表 1-1。

表 1-1 电子测量方法的分类

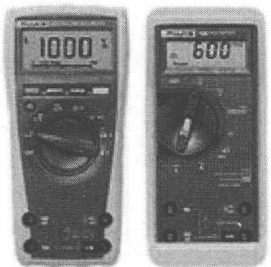
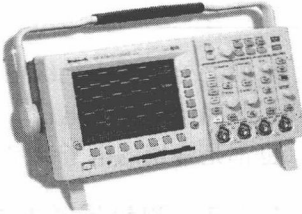
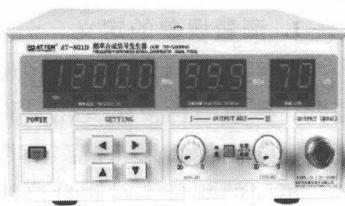
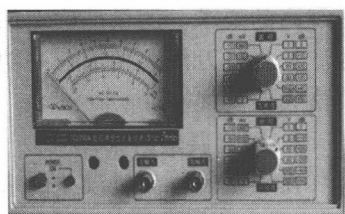
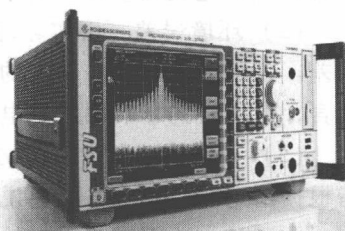
序号	分 类	功 能	举 例
1	时域 测量	测量被测信号幅度与时间的函数关系	
2	频域 测量	测量被测信号幅度与频率的函数关系	
3	调制 域测量	测量被测信号频率随着时间变化而变化的特性	
4	数据 域测量	测量数字量或电路的逻辑状态随着时间变化而变化的特性	

此外，还可以按测量手段把电子测量分为直接测量、间接测量和组合测量，按测量的统计特性把电子测量分为平均测量和抽样测量。在实际测量过程中，上述的多种测量形式或者互相补充，或者组合运用，以完成特定的电子测量任务。

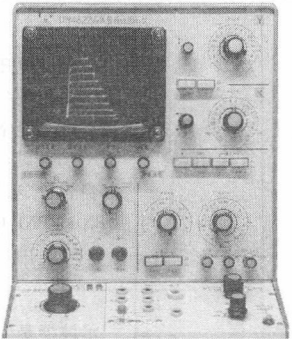
3. 电子测量仪器的分类

对于初学者来说，常用电子测量仪器的分类见表 1-2。

表 1-2 常用电子测量仪器的分类

序号	分 类	功 能	举 例
1	万 用 表 (多用表)	模拟式电压表、模拟多用表、数字电压表、数字多用表(即数字万用表 DMM)都属于此类。这是经常使用的仪表,可以用来测量交流/直流电压、交流/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	
2	示 波 器	示波器是一种测量电压波形的电子仪器,可以把被测电压信号随着时间变化而变化的规律,用图形显示出来。使用示波器不仅可以直观且形象地观察被测量的变化全貌,而且可以通过它显示波形,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	交 流 毫 伏 表	交流毫伏表是一种用来测量正弦交流电压有效值的交流电压表,主要用来测量毫伏、微伏级以下的电压,例如电视机和收音机天线输入的电压、中放级的电压	
5	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	

(续)

序号	分 类	功 能	举 例
6	晶 体 管 特 性 图 示 仪	晶体管特性图示仪是一种专用示波器,通过它能直接观察各种晶体管特性曲线及曲线簇(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),还可以测量晶体管的击穿电压、饱和电流、 β 或 α 参数等	

除此之外,还有绝缘电阻表、红外测试仪、集成电路测试仪、LCR 参数测试仪、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,也都是常用的电子测量仪器。

1.1.2 测量误差基本介绍

1. 测量误差的定义

在实际的测量中,对客观规律认识的局限性、计量器具不准确、测量手段不完善、测量条件发生变化、测量工作中的疏忽或错误等,都会使测量结果与真实值不同。测量结果与被测量真实值之差称为测量误差。

不同的测量,对测量误差的大小,也就是测量准确度的要求是不同的。随着科学技术的发展和生产力水平的提高,对减小误差即提高测量的准确度提出了越来越高的要求。测量准确度往往是仪器的重要指标,也是决定仪器价格的重要参数。例如,万用表增加一些功能不会使其价格提高太多,而提高准确度则会使其价格大幅度提高。

2. 测量误差的来源

在测量时,测量误差的来源主要有以下五个方面:

(1) 测量装置误差 测量装置本身所具有的误差称为测量装置误差。测量装置误差是造成测量误差的主要原因。测量装置包括计量器具和辅助设备。

(2) 环境误差 由实际环境条件与规定条件不一致所引起的误差称为环境误差。任何测量均是在一定的环境里进行的。环境由多种因素组成,对电子测量而言,最主要的影响因素是电源电压、电磁干扰、环境温度等。

(3) 方法误差 由测量方法不完善引起的误差称为方法误差。测量方法是指根据给定的原理,概括地说明在实施测量过程中涉及的一套理论运用和实际操作。由测量方法不完善引起的测量误差主要是指测量时所依据的理论不严密、操

作不合理、用近似公式或近似值计算测量结果等引起的误差。

(4) 人员误差 由测量人员主观因素和操作技术所引起的误差称为人员误差。人员主观因素和操作技术主要是指操作不规范、分辨能力差、视觉疲劳、反应速度慢、不良的固有习惯和缺乏责任心等,具体有操作不当、看错、读错、听错和记错等。

(5) 被测量不稳定误差 由测量对象自身的不稳定变化引起的误差称为被测量不稳定误差。测量是需要一定时间的,如果在测量时间内被测量对象由于不稳定发生变化,那么即使有再好的其他测量条件也是无法得到正确测量结果的。例如,由于振荡器的振荡频率不稳定,因此测量其频率时必然会存在误差。

在测量工作中,对误差的来源要认真分析,采取相应的措施,以减少误差对测量结果的影响。

3. 电子测量仪器的测量误差

在电子测量中,由电子测量仪器本身性能不完善所引起的误差,称为电子测量仪器的误差。电子测量仪器的测量误差主要包括以下几类:

(1) 允许误差 技术标准、检定规程等对电子测量仪器规定的误差的最大值称为允许误差。允许误差通常是电子测量仪器产品说明书中的重要技术指标。允许误差可用绝对误差或相对误差表示。

(2) 基本误差 即使所有的环境条件都满足测量要求,电子测量仪器也会有误差,只不过此时的误差最小。电子测量仪器在标准条件下所具有的误差称为基本误差。基本误差也称为固有误差。标准条件一般规定了电子测量仪器影响量的标准值或标准范围(例如环境温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 等),比使用条件更加严格,所以基本误差能够更准确地反映电子测量仪器所固有的性能。

(3) 附加误差 电子测量仪器在非标准条件下所增加的误差称为附加误差。当一个影响量在正常使用条件范围内取任意值,而其他影响量均处于标准条件时,引起的仪器示值的变化就是附加误差。只有当某一影响量在允许误差中起重要作用时才给出附加误差,如环境温度变化、电源电压变化、频率变化、量程变化等。

1.1.3 测量数据的处理

测量结果数据的处理是电子测量的重要组成部分,其处理方式通常有数据处理和图解分析两种方式。在取得测量数据后,通常要对这些数据进行计算、分析、整理,有时还要把数据归纳成一定的表达式,甚至制成表格或画成曲线,这就是数据处理的工作。

1. 有效数字

有效数字是指在分析工作中实际能够测量到的数字。能够测量到的数字包括

最后一位估计的不确定的数字。把通过直接读取获得的准确数字叫做可靠数字；把通过估读得到的那部分数字叫做存疑数字，也称为欠准数字。例如，有效数字 3.142，其中的 2 为欠准数字，3.14 为准确数字。简单地讲，把一个数字前面的 0 都去掉，从第一个正整数到精确的数为止，所有的数都是有效数字。

例如：0.0109，前面两个 0 不是有效数字，后面的 109 均为有效数字（注意，中间的 0 也算）； 3.109×10^5 中，3.109 均为有效数字，后面的 10 的 5 次方不是有效数字；5200000000，全部都是有效数字；0.0230，前面的两个 0 不是有效数字，后面的 230 均为有效数字（后面的 0 也算）；1.20 有 3 个有效数字；1100.024 有 7 个有效数字。

数字的表示方法不同，其含义也是不同的。例如，30.50 的最大绝对误差不大于 0.005，而若将其写成 30.5，则表示最大绝对误差不大于 0.05。再如，将某电流的测量结果写成 2000mA，表示绝对误差小于 0.5mA；若将其写成 2A，则表示仅有一位有效数字，绝对误差小于 0.5A；但若将其写成 2.000A，则绝对误差与 2000mA 完全相同。

2. 舍入原则

对测量结果中多余的有效数字，应按“小于 5 舍，大于 5 进，等于 5 时取偶数”的法则进行处理。“等于 5 取偶数”是指当尾数为 5 时，末位是奇数，则加 1，末位是偶数，则不变。例如：将 10.34，10.36，10.35，10.45 保留一位小数点后一位有效数字，即：

10.34	→10.3	(4 < 5, 舍去)
10.36	→10.4	(6 > 5, 进一)
10.35	→10.4	(3 是奇数, 5 入)
10.45	→10.4	(4 是偶数, 5 舍)

例如，下列数据保留三位有效数字：

0.050849	→ 5.08×10^{-2}
6.2040	→6.20
780.51	→781

3. 数据处理方法

1) 用修正值的方法减小恒值系统误差的影响，并按测量条件（或测量次数）排列数据。

2) 粗差判别，剔除坏值。若测量次数足够多，则要分析每个测量值与算术平均值的差值，如果某个差值过大，就可能是粗差，就应将该值去除。这一步应反复多次，直到无粗差为止。无粗差后最后一次的算术平均值即是最后的测量值。

3) 曲线图表示法。除用数字表示测量结果外，也常用曲线图表示测量结

果。用曲线表示测量结果能形象、直观和清楚地反映测量结果所表达的物理特性。例如,根据测量数据画出电路谐振曲线或频率特性曲线,最后对曲线图进行分析,得出需要的结果。

1.2 电子测量仪器使用常识

1.2.1 电子测量仪器的选择与操作

1. 仪器选用原则

由于测量仪器工作在不同的频段,因此即使功能相似的仪器,其工作原理与结构也有很大的不同。对于不同的使用目的,常使用不同准确度的仪器。例如,作为计量工作标准的计量仪器常具有最高的准确度。实验室中一般使用较精密的测量仪器进行定量测量;在生产和维修场合,常使用简易测试仪器进行测量。当选择一台测量仪器时,要考虑的远不止这些,通常要考虑的问题一般包括:

- (1) 量程 被测量的最大值和最小值各为多少?选择何种仪器更合适?
- (2) 准确度 被测量允许的最大误差是多少?仪器的误差及分辨率是否满足要求?
- (3) 频响特性 被测量的频率范围是多少?在此范围内仪器频响是否平直?
- (4) 输入阻抗 仪器的输入阻抗在所有量程内是否满足要求?如果输入阻抗不是常数,那么其数值变化是否在允许的范围内?
- (5) 稳定性 两次校准之间允许的最大时间范围是多少?能否在长期无人管理的情况下工作?
- (6) 环境 仪器使用环境是否满足技术条件要求?供电电源是否合适?
- (7) 隔离和屏蔽 仪器的接地方式是否合适?工作环境的电磁场是否影响仪器的正常工作?
- (8) 可靠性 仪器的规定使用寿命有多长?维护是否方便?

当然,在实际选择仪器时,不一定要考虑上述全部项目。例如,在测量音频放大器的幅频特性时,主要考虑测量仪器的频率范围和量程是否合适,测量误差是否在允许的范围内。

2. 测量方法的选择

采用正确的测量方法,可以得到较准确的测量结果,否则会出现测量数据不准确或错误等现象,甚至损坏测量仪器或损坏被测设备和元器件等。例如,在用万用表的 $R \times 1\Omega$ 挡测量小功率晶体管的发射极电阻时,由于仪表的内阻很小,使晶体管基极注入的电流过大,可能会导致晶体管尚未使用就在测试过程中被损坏。

在选择测量方法时,应首先考虑被测量本身的特性、所处的环境条件、所需要的准确程度以及所具有的测量设备等因素,只有在综合考虑后正确地选择测量方法、测量设备并编制合理的测量程序,才能顺利地得到正确的测量结果。

在电子测量中完成一项电参量的测量,往往需要数台测量仪器及各种辅助设备。例如,要观测负反馈对单级放大器的影响,就需要低频信号发生器、示波器、电子电压表及直流稳压电源等仪器。电子测量仪器的摆放位置、连接方法等都会对测量过程、测量结果及仪器自身安全产生影响。因此要注意以下几点:

(1) 测量前应安排好电子测量仪器的位置 在放置仪器时,应尽量使仪器的指示电表或显示器与操作者的视线平行,以减少视差;对那些在测量中需要频繁操作的仪器,其放置位置应方便操作者使用;当在测量中需要两台或多台仪器重叠放置时,应把重量轻、体积小的仪器放在上层;对于散热量大的仪器,还要注意它的散热条件及对邻近仪器的影响。

(2) 电子测量仪器之间的连线 对于电子测量仪器之间的连线,除了稳压电源输出线外,其他的信号线均要求使用屏蔽导线,并且要短,尽量做到不交叉,以免引起信号的串扰和寄生振荡。

(3) 使用仪器时的注意事项

1) 在使用仪器的过程中,对面板上各种旋钮、开关、刻度盘等的扳动或调节,应缓慢稳妥,不可猛扳猛转,当转动困难时,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。在给仪器通电时,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,以免其受振损坏。在插接或取离输出、输入电缆时,应握住套管,不应直接拉扯电线,以免拉断内部导线。

2) 对于功率较大的电子仪器,应避免在切断电源后立即开机使用,否则可能会引起熔丝熔断。若有必要,则应等待仪器冷却 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,应在串联一个相应工作电压和适当电容量的耦合电容器后,再将信号电压连接到测试电路上。

4) 在使用电子仪器进行测试时,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)。测试完毕后,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) 仪器使用后的注意事项

1) 在仪器使用后,应先切断高压开关,然后切断低压开关,否则电子管灯丝的余热可能使电路工作在不正常条件下,造成意外故障。

2) 在仪器使用后,应先切断仪器的电源开关,然后取离电源插头,禁止只拔掉电源插头而不切断仪器电源开关的简单做法,也反对只切断电源开关而不取

离电源插头的习惯。前一种情况会导致再次使用仪器时，容易忽略开机前的准备工作，而使仪器产生冲击现象；后一种情况可能导致忽略仪器局部电路电源的切断，而使这一部分电路一直处于通电状态。

3) 在仪器使用后，应将使用过程中暂时取离或替换的零部件（如接线柱、插件、探测器、测试笔等）整理并复位，避免因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。

3. 需要特别注意的问题

(1) 探头与馈线 绝大多数仪器探头接口的外形结构如图 1-1 所示。馈线一般都采用同轴电缆。

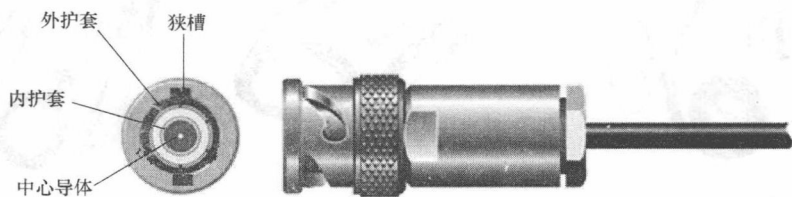


图 1-1 探头接口的外形结构

每一类仪器都有配套的探头或馈线，一般情况下不能与其他仪器的探头互换，因为有的仪器探头里含有某种电路（如衰减器、检波器等）。在低频测量中，探头或馈线的使用不是非常严格，探头加长一些对测量结果的影响不大。但在高频测量中，不能用任意两根导线来代替匹配电缆，也不可随意将探头加长，否则会影响测量结果。

在稳压电源的使用中，馈线就是一般的导线。但是，如果用稳压电源给要求较高的高频电路（如较高频率稳定度的振荡器）供电，那么会由于较长的导线在高频上呈现出较大的感抗而导致电源内阻增加。为了降低馈线对电源实际内阻的影响，往往需要在被测电路的电源端并联上小容量电容。

不同类型的探头与馈线如图 1-2 所示。本书涉及的与具体仪器配套的测试馈线的接法与用法，将在相应的章节详细讲述。

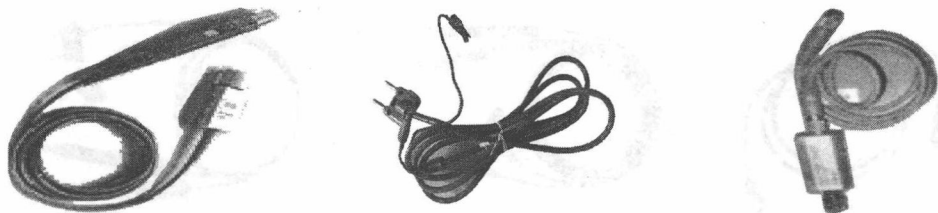


图 1-2 不同类型的探头与馈线

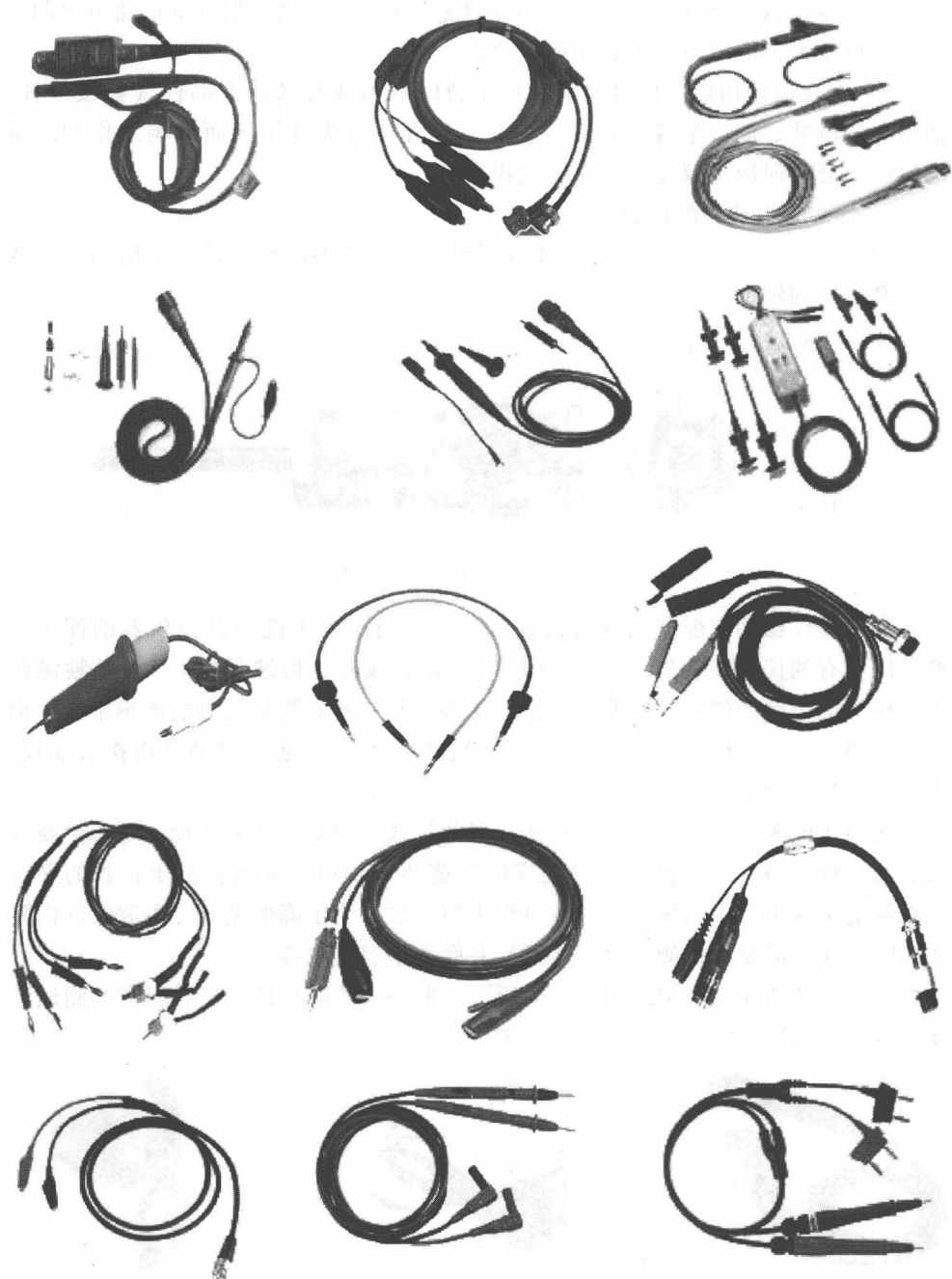


图 1-2 不同类型的探头与馈线（续）

(2) 仪器的阻抗匹配 每类仪器都有固定的输出阻抗。阻抗匹配是指负载阻抗与仪器内部阻抗互相适配,以得到最大功率输出的一种工作状态。图 1-3 为仪器内阻与外接电路负载等效电路示意图。

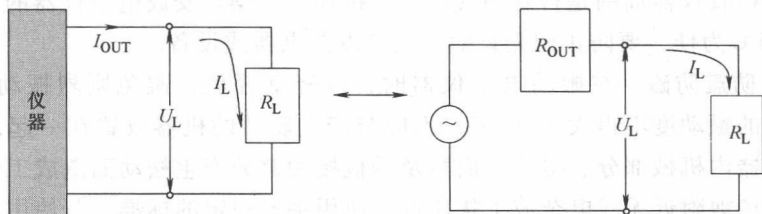


图 1-3 仪器内阻与外接电路负载等效电路示意图

一般在低频测量中,并不是非要阻抗匹配不可。但在高频情况下,若阻抗不匹配,则会造成耦合到被测电路输入端的信号幅度与信号源上的指示值不同,使得测量结果不正确。当测量频率上升到几十兆乃至上百兆时,这种影响就会变得更加显著。例如扫频仪,当进行零分贝校正时,如果阻抗不匹配,那么在频率较低的频段,屏幕上的扫描线是直的(不是指基线);但是在较高频率的频段,扫描线就会变得起伏不平,这会给宽频带测量带来较大的误差。

(3) 仪器外壳的接地 接地有多种含义。电子仪器的外壳接地指的是接大地,这是保护性接地。接地措施可以使仪器的外壳与大地等电位,从而避免因仪器漏电而造成的触电危险。电子电路图中的接地,对于电路而言是一个共同参考点,可以方便识图。在使用电子仪器时,希望将它的底座或外壳接地,目的不止是防止内部高压回路与外壳相接而造成工作人员触电的危险,更重要的是使仪器工作稳定可靠。在电子仪器内部,有一个作为电位基准的导体,这个导体称为接地面。仪器底座或外壳往往都通过它来接地。这个大面积导体相对大地的电位一旦出现不稳定,就会引起仪器工作不稳定。

1.2.2 电子测量仪器的保养与维护

1. 仪器设备的环境规划

为了测量仪器及系统能够发挥最大的效能,即减少仪器故障和保障设备的性能指标,良好的操作环境规划是必不可少的。环境因素包括场地的温湿度、空气的含尘量、场地的颤动度、电磁场杂波干扰度等。

(1) 温湿度条件 电子元器件在工作过程中都要散发热量,电子仪器本身也有一定范围的工作温度。工作温度或环境温度越接近仪器工作温度的上限,电子元器件的性能指标就越呈现几何级数地变差。换句话说,在 25℃ 环境下可以正常工作 10 年的仪器,在 45℃ 环境下也许只能正常工作 3 年。适宜的工作温度