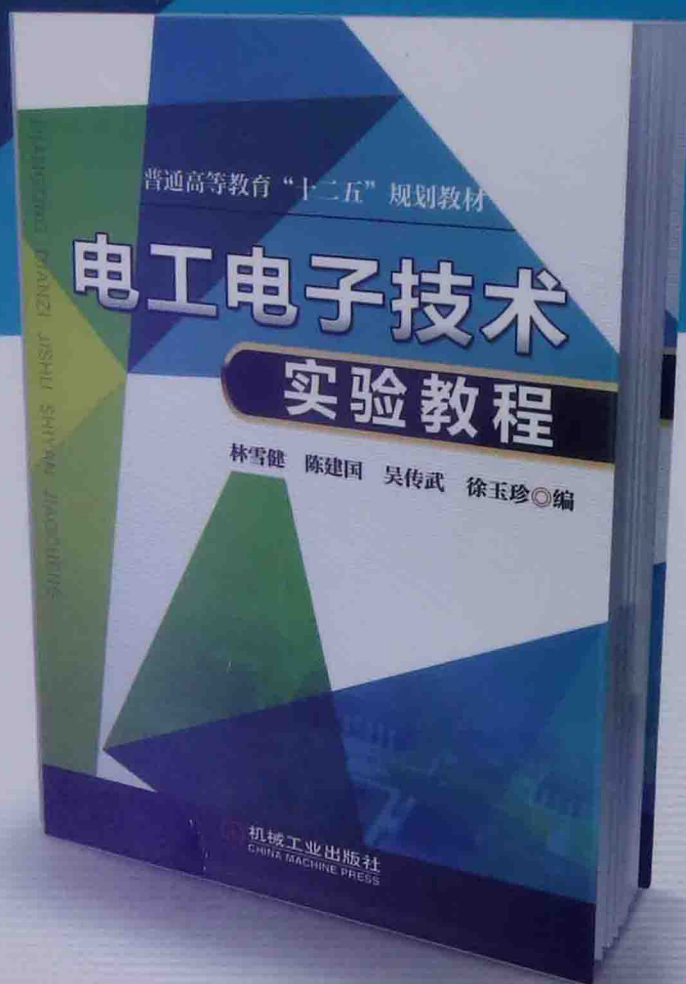




地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工微博:<http://weibo.com/cmp1952>

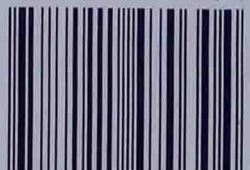
封面无防伪标均为盗版

上架指导 电工与电子技术

ISBN 978-7-111-47030-4

策划编辑◎贡克勤 / 封面设计◎陈沛

ISBN 978-7-111-47030-4



9 787111 470304

定价:24.00元

普通高等教育“十二五”规划教材

电工电子技术实验教程

林雪健 陈建国
吴传武 徐玉珍 编



机械工业出版社

本书根据高等学校“电工技术”、“电子技术”、“电路”等课程的实验教学要求,设置了验证型实验、设计型实验、综合性实验和电路仿真。全书共分5章,主要包括:电工电子技术实验基本知识、电工技术实验、电子技术实验、综合性和设计型实验等。

本书设置的实验项目覆盖面广,取材新颖、合理。综合性实验贴近工程实际应用,设计型实验着重培养学生的创新思维。在电气控制方面,突出工程电路设计、安装与调试;在电子技术方面,以传感控制和波形设计为主导,培养学生综合运用知识的能力和解决实际问题的能力。

本书可供高等理工院校电气类、机械类、材料类、化工类、建筑类、经济管理类、机电一体化类、计算机类等有关专业教学使用,也可供高专高职院校相关专业实验教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验教程/林雪健等编. —北京:机械工业出版社, 2014. 8
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-47030-4

I. ①电… II. ①林… III. ①电工技术-实验-高等学校-教材②电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第125558号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:贡克勤 责任编辑:贡克勤

版式设计:常天培 责任校对:闫玥红

封面设计:陈沛 责任印制:李洋

北京华正印刷有限公司印刷

2014年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11印张·262千字

标准书号:ISBN 978-7-111-47030-4

定价:24.00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

“电工学”课程含“电工技术”和“电子技术”，是高等学校工科学生必修的一门专业基础课。实验教学是“电工学”课程的一个重要组成部分，《电工电子技术实验教程》是该课程的配套实验教材，同时也可作为“电路”、“模拟电子技术基础”和“数字电子技术基础”等课程的实验教材。本书可以帮助学生进一步加深理解和巩固课堂教学的理论知识，培养其科学的实验方法和独立完成实验的能力，使其成为机电相结合的高等应用型人才。

本实验教材是依据教育部高等学校电工电子基础课程教学指导委员会制订的课程基本要求，结合多数高等院校现有的实验设备条件编写的，内容包括电工技术实验、电子技术实验、综合性和设计型实验。本教材可供本科或专科院校的电类及非电类相关专业的学生使用，在实验项目设置上，具有很强通用性的必做经典项目，也有培养实践动手、创新思维能力的综合性和设计型项目。例如，“电工技术”部分的综合性实验，就是以实际工程背景设置的。

针对不同专业对“电工学”、“电路”、“模拟电子技术基础”和“数字电子技术基础”等课程的实验学时设置不同，使用者可对本书所编实验项目进行适当选择。学时较少的专业，建议选做验证型实验；学时较多的专业，在选做相关验证型实验的基础上，建议增加1~2个综合型实验或设计型实验。本教材中，每个验证型实验项目计划2学时，每个综合性或设计型实验项目计划6~8学时。

本书主要由林雪健、陈建国、吴传武、徐玉珍共同编写。其中，徐玉珍负责编写第1章，林雪健负责编写第2章和第5章，陈建国负责编写第3章，吴传武负责编写第4章。参与本书编写的还有常年从事实验教学的卓彬妹、钟天云。福州大学电气工程与自动化学院副院长薛毓强副教授和电工电子基础部主任李少纲副教授审阅了本书，提出了许多宝贵意见，本书在编写过程中得到了林苏斌老师和林琼斌老师以及电工电子基础部全体老师的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于编者学识有限，加之时间较紧，书中不妥之处在所难免，恳请使用或参考本教程的老师、学生给予批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 电工电子技术实验基本知识..... 1

- 1.1 安全用电 1
 - 1.1.1 接地 1
 - 1.1.2 电流对人体的伤害..... 1
 - 1.1.3 触电的形式 2
 - 1.1.4 预防触电的技术措施..... 2
- 1.2 元器件的认识与辨别 3
 - 1.2.1 基本继电控制元器件的认识..... 3
 - 1.2.2 基本电子元器件的认识..... 5
- 1.3 仪器仪表误差与实验数据的处理 10
- 1.4 实验规则与注意事项 14
- 1.5 实验前准备工作与实验报告写作要求 ... 14

第2章 电工技术实验 16

- 2.1 基本电工仪表的使用及测量
误差的计算 16
- 2.2 电流表、电压表的设计及量程扩展 19
- 2.3 电路元器件伏安特性的测试 22
- 2.4 基尔霍夫定律的验证 24
- 2.5 线性电路叠加性和齐次性的研究 26
- 2.6 电压源与电流源的等效变换 28
- 2.7 有源二端网络等效定理及等效参数
的测定 30
- 2.8 等效网络变换的原理与测试 33
- 2.9 最大功率传输设计及测试 35
- 2.10 受控源的设计与研究..... 37
- 2.11 RC 一阶电路的响应测试 41
- 2.12 二阶动态电路响应的研究..... 43
- 2.13 R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定 45
- 2.14 RLC 串联谐振电路的研究..... 47
- 2.15 单相交流电路的测量和
功率因数的提高..... 48
- 2.16 三相交流电路电压、电流的测量 50
- 2.17 三相电路功率的测量及单相电路
负载性质对功率因数的影响..... 52
- 2.18 三相异步电动机的正、反转控制 55
- 2.19 三相异步电动机的减压起动控制 57

- 2.20 三相异步电动机的行程自动
往返控制 59
- 2.21 PLC 基本指令操作..... 61
- 2.22 用 PLC 控制的三相异步
电动机的减压起动控制..... 62

第3章 电子技术实验 63

- 3.1 常用电子仪器的使用 63
- 3.2 晶体管共射极单管放大器 65
- 3.3 负反馈放大器 70
- 3.4 集成运算放大器的基本应用 73
- 3.5 直流稳压电源——串联型晶体
管稳压电源 76
- 3.6 RC 正弦波振荡器..... 79
- 3.7 晶闸管可控整流电路 81
- 3.8 基本门电路的逻辑功能测试 84
- 3.9 组合逻辑电路的设计 86
- 3.10 数据选择器 87
- 3.11 触发器的逻辑功能测试..... 91
- 3.12 移位寄存器及其应用..... 93
- 3.13 计数、译码、显示电路..... 98
- 3.14 多谐振荡器 99
- 3.15 $D-A$ 和 $A-D$ 转换器..... 101

第4章 综合性和设计型实验 106

- 4.1 电气控制电路的设计、安装简介 106
 - 4.1.1 电气控制系统的组成..... 106
 - 4.1.2 电气控制系统设计的一般要求 106
 - 4.1.3 常用电器元器件的选择..... 109
 - 4.1.4 安装接线图的设计..... 110
 - 4.1.5 电气控制电路的安装与
调试步骤..... 111
 - 4.1.6 考核评分..... 113
 - 4.1.7 绝缘电阻表(兆欧表)的使用..... 114
 - 4.1.8 综合性实验报告要求..... 114
- 4.2 电工技术部分选题参考..... 115
 - 4.2.1 三相异步电动机 $Y-\Delta$ 起动
控制系统的设计、安装与调试 115
 - 4.2.2 高压电源控制柜的控制电路 116

4.2.3 模仿工程背景的行车控制电路的设计、安装与调试	116
4.2.4 三相异步电动机正、反转控制及能耗制动电路的设计与装调	118
4.2.5 低压配电电路的安装	118
4.3 电子系统的一般设计过程	121
4.3.1 常用电子电路的一般设计方法	121
4.3.2 电子综合设计实例	123
4.4 电子技术部分选题参考	127
4.4.1 数控增益放大器实验	127
4.4.2 简易温度监控系统实验	129
4.4.3 商店迎宾机器人电路	132
4.4.4 数字温度计	132
4.4.5 可编程字符显示器	133
4.4.6 红外遥控报警器	134
4.5 设计型实验选题参考	135
4.5.1 有源二阶低通滤波器的设计	135
4.5.2 有源二阶高通滤波器的设计	135
4.5.3 RC 正弦波振荡电路的设计	135
4.5.4 方波-三角波发生器的设计	136
4.5.5 竞赛抢答器的设计	136
4.5.6 彩灯控制器的设计	138
4.5.7 汽车尾灯控制电路的设计	139

第5章 电路计算机仿真部分	140
5.1 支路电流法、节点电压法	140
5.2 运算放大电路	141
5.3 一阶电路	142
5.4 二阶电路	143
附录	145
附录 A THHE—1 型高性能电工技术教学实验台简介	145
附录 B ETL—1V 型电子技术教学实验台简介	149
附录 C 泰克 TDS1002 型数字存储示波器使用说明	150
附录 D F20A 型数字合成函数信号发生器/计数器使用说明	153
附录 E AS2294D 型交流毫伏表使用说明	157
附录 F CX-P 编程软件的使用	159
附录 G CCXL—II AB 型电工工程训练装置简介	164
附录 H 部分集成电路引脚图	164
参考文献	168

第1章 电工电子技术实验基本知识

1.1 安全用电

“电”在人们生活中有着不可或缺的作用，一方面给人们生活带来巨大的方便，另一方面又给人们的生命财产带来潜在威胁。安全用电是减少用电事故的主要途径。掌握安全用电的基本知识是十分必要的。

1.1.1 接地

为使电器设备在正常运行或故障状态下都能确保人身和设备的安全，在 220V/380V 低压供电系统中，中性点一般直接接地，即变压器的中性点接地，这种接地称为工作接地。中性点直接接地的三相四线制供电系统如图 1.1.1 所示，该接地方式具有降低触电电压、迅速切断故障设备、降低电气设备的绝缘水平等特点。中性点直接接地的系统中，还经常采用将零线重复接地的方式，即在零干线的一处或多处用金属导线连接接地装置。此外，接地方式还有用电设备外壳或金属构架的保护接地、避雷器或避雷线的防雷接地等。这些接地装置均由埋入地下的接地体和与它连接的接地线组成。当系统正常运行时，上述接地装置没有电流或只有少量电流通过，而当系统发生故障或遭受雷击时，接地装置将有比较大的电流流过。接地体可以是为了接地而埋在土壤中的镀锌角钢、钢管（此为人工接地极），也可以利用建筑物基础内的钢筋及符合要求的地下金属管道（此为自然接地极）。

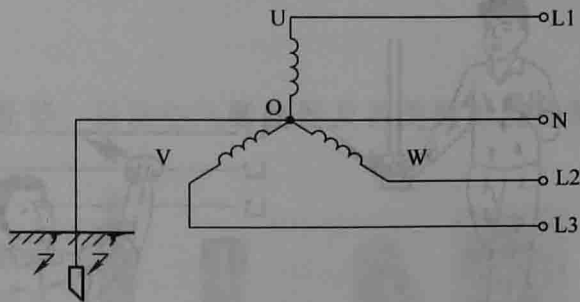


图 1.1.1 中性点直接接地的三相四线制供电系统

1.1.2 电流对人体的伤害

电对人体的伤害分为电击和电伤两种类型。电击是电流通过人的身体内部，影响呼吸、心脏和神经系统，造成人体内部器官和组织的破坏，甚至死亡。电伤主要是电对人体外表的伤害，包括电弧烧伤、熔化的金属渗入皮肤等伤害。通常所说的触电事故基本上都是指电击。

影响触电伤害程度的主要因素有通过人体电流的大小、频率、持续时间、途径以及触电者的健康状况等。其中，电流的大小对电击伤害的程度有决定性的作用。对 50Hz 交流电而言，当通过人体的电流达到 50mA 以上时即有生命危险。一般情况下，30mA 以下的电流在短时间内不会造成生命危险，所以称之为安全电流。

通过人体电流的大小与外加电压、人体电阻有关。在低压且皮肤干燥时，人体电阻一般为 $10^4 \sim 10^5 \Omega$ ，但在电压较高时会发生皮肤击穿，导致人体电阻迅速下降，最小仅为 800 ~

1000 Ω ，所以使用较低的供电电压，有利于在发生触电事故时减轻对人体的伤害程度甚至可以避免严重的伤亡。但是，太低的供电电压，经济性不好。此外，供电系统采用的 50/60Hz 的交流电，虽然对于设计电器设备比较合理，但对人最为危险。直流电和高频交流电达到相同的触电伤害程度的电流值都比工频交流电流值要大得多。

电流通过人体的持续时间越长，能量的积累就越大，人体的电阻也会降低，从而使电流进一步加大，危害就越大。

一般认为，电流通过心脏、呼吸系统和中枢神经造成的电击最危险，因此，触电时，从手到脚的电流途径最为危险，其次是从手到手的电流途径，再次是从脚到脚的电流途径。

1.1.3 触电的形式

人体触电的形式主要有单线触电、两线触电和跨步触电。其中，单线触电是由于导线或电气设备绝缘破损、金属部分外露、受潮等原因使其绝缘能力降低，导致站在地上的人体直接或间接地与相线接触，这时电流会在通过人体后流入大地而造成的触电事故，如图 1.1.2 所示。两线触电是指人体同时触及两根相线或一根相线一根中性线，触电电流由一处经人体后流入另一处，如图 1.1.3 所示。跨步触电是指当有电流由接地体（或由断落的导线经接地点）流入大地向四周扩散时，会在接地点周围 20m 范围内的土壤产生电压降。若此时人站立在接地点附近地面上，两脚之间就会承受一定的跨步电压，当跨步电压较大时会引发触电事故，如图 1.1.4 所示。

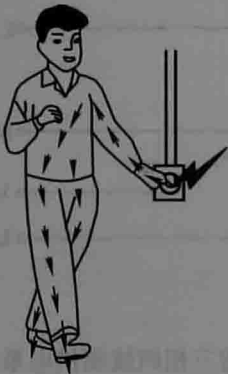


图 1.1.2 单线触电

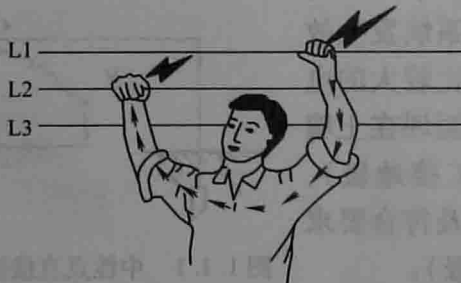


图 1.1.3 两线触电



图 1.1.4 跨步触电

1.1.4 预防触电的技术措施

触电事故往往不给人以任何预兆，并在极短的时间内造成不可挽回的严重后果。因此，对于触电事故要特别注意“以防为主”的方针。除思想上高度重视外，还要依靠健全的组织措施，制定、实施严密的规章制度和采用完善的技术措施。

目前，防止触电常用的 4 项技术措施为：保护接地（IT 系统）、保护接零（TN 系统）、漏电保护和采用特低电压（安全电压）供电。

对不同的环境，安全的电压是不同的。我国国家标准规定的安全电压等级为 42V、36V、24V、12V、6V，供不同的用电环境和人员选用。

此外明确统一的标志是保证用电安全的一项重要措施。标志分为颜色标志和图形标志。

颜色标志常用来区分各种不同性质、不同用途的导线,或用来表示某处的安全程度。图形标志一般用来告诫人们不要去接近有危险的场所。为保证安全用电,必须严格按有关标准使用颜色标志和图形标志。我国安全色标采用的标准,基本上与国际标准草案(ISO)相同。一般采用的安全色标有以下几种:

红色:用来标志禁止、停止和消防,如信号灯、信号旗、机器上的紧急停机按钮等都是用红色来表示“禁止”的信息。

黄色:标志注意危险,如“当心触电”、“注意安全”等。

绿色:标志安全无事,如“在此工作”、“已接地”等。

蓝色:标志强制执行,如“必须戴安全帽”等。

黑色:标志图像、文字符号和警告标志的几何图形。

按照规定,为便于识别,防止误操作,确保运行和检修人员的安全,采用不同颜色来区别设备特征。例如,电气母线,A相为黄色,B相为绿色,C相为红色,明敷的接地线为黑色;在二次系统中,交流电压回路为黄色,交流电流回路为绿色,信号和警告回路为白色。

1.2 元器件的认识与辨别

电工学实验是非电类工科专业学生必修的专业基础技术课程。在完成各项实验之前,学生必须掌握各主要元器件的认识和辨别,掌握一定的实验基础技能。本节将对一些常用的基本元器件和集成电路的辨识进行简单介绍。

1.2.1 基本继电控制元器件的认识

电工技术中常见的电工设备元器件有熔断器、自动空气断路器及各类继电器控制设备等。

1. 熔断器

熔断器俗称保险丝,是最简单有效的短路保护装置。熔断器中的熔体(熔丝或熔片)是用易熔合金制成的,当流过熔体的电流大于它的额定值时,熔体因过热而熔断,自动切断电源,起到保护作用。常见熔断器如图1.2.1所示。

2. 自动空气断路器

自动空气断路器(又称空气开关)除了能控制电路的通断外,还具有过载、短路、失电压等保护功能,多用于低压配电电路,也可用于不频繁起动电动机。自动空气断路器内部结构原理如图1.2.2所示。其中,电磁脱扣器起到短路保护作用,热脱扣器起到过载保护作用,欠电压脱扣器起到失电压保护的作用。

3. 继电器及行程开关

电工技术中常利用继电器、接触器对电动机和生产机械实现控制和保护。常见的继电器有交流接触器、中间继电器、热继电器、时间继电器等。

(1) 交流接触器 交流接触器是用于频繁地接通和断开大电流电路的开关电器,主要

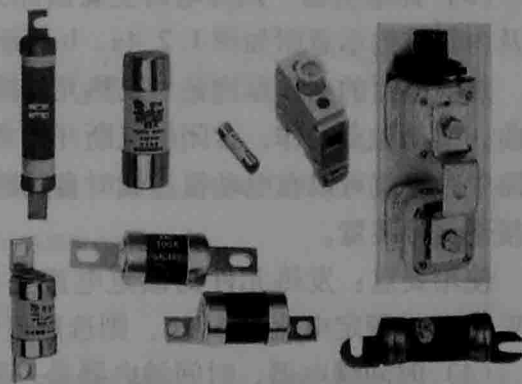


图1.2.1 常见熔断器

由电磁系统、触点系统和灭弧装置组成，其外形及内部结构示意图如图 1.2.3a、b 所示。触点系统是接触器的执行部分，包括主触点、辅助触点和弹簧。主触点的作用是接通和分断主电路，控制较大的电流，而辅助触点是在控制电路中，用于接通或分断较小的电流。

(2) 中间继电器 中间继电器和交流接触器的结构与工作原理大致相同。这种继电器的体积和触点容量小，触点数目多，且只能通过小电流。所以，中间继电器一般用于控制电路中。

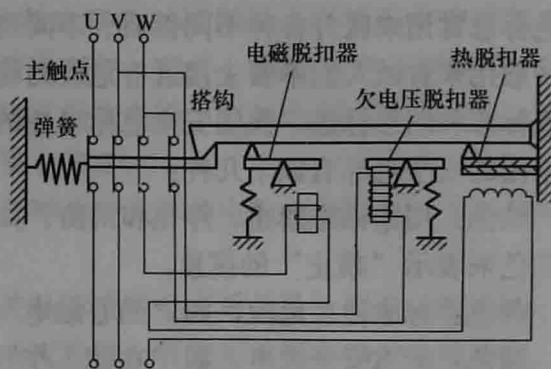
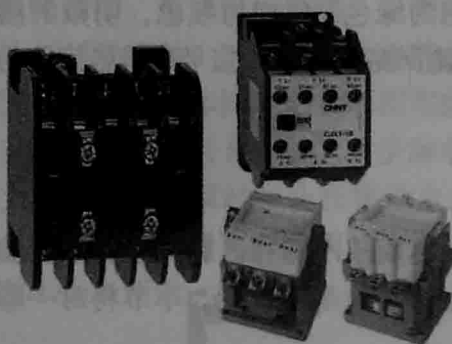
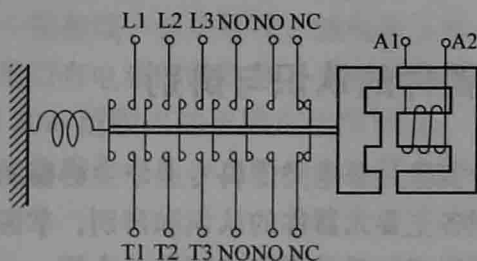


图 1.2.2 自动空气断路器内部结构原理



a) 交流接触器外形



b) 交流接触器内部结构示意图

图 1.2.3 交流接触器

(3) 热继电器 热继电器主要由热元件和触点构成，常用于电动机的过载保护。其外形及内部结构示意图如图 1.2.4a、b 所示。

热继电器的工作原理是：发热元件接入电机主电路，若长时间过载，双金属片因发热而弯曲，推动触点动作，常闭触点断开，常开触点闭合。将常闭触头串联在交流接触器的线圈电路中时，就可以在电动机过载时自动断电，保护电动机免于因过载而烧毁。常开触点可用于接通信号装置。

使用要点：发热元件的额定电流要根据被保护电动机的额定电流选择并调整。例如，3kW 电动机额定电流为 6.4A，则选热继电器额定值为 7.2A，其电流调整范围 4.5 ~ 7.2A。

(4) 时间继电器 时间继电器是一种利用电磁原理或机械动作原理实现触点延时接通或断开的自动控制电器。时间继电器分为通电延时型和断电延时型两种。

通电延时型继电器线圈通电时，延时常开触点延时闭合，延时常闭触点延时断开；断电时，常开触点立即断开，常闭触点立即闭合。断电延时型继电器的线圈在通电时，延时常开触点立即闭合，延时常闭触点立即断开；断电时延时常开触点延时断开，延时常闭触点延时闭合。时间继电器外形以及内部触点图形符号如图 1.2.5a、b 所示。

(5) 行程开关（又称限位开关） 行程开关是一种常用的小电流主令电器。其利用生产机械运动部件的碰撞使触头动作来实现接通或分断控制电路，达到一定的控制目的。通

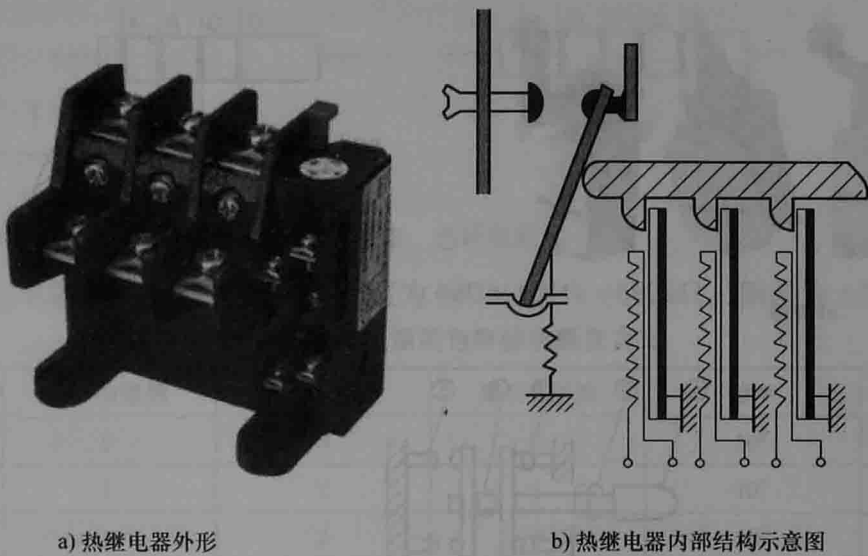


图 1.2.4 热继电器

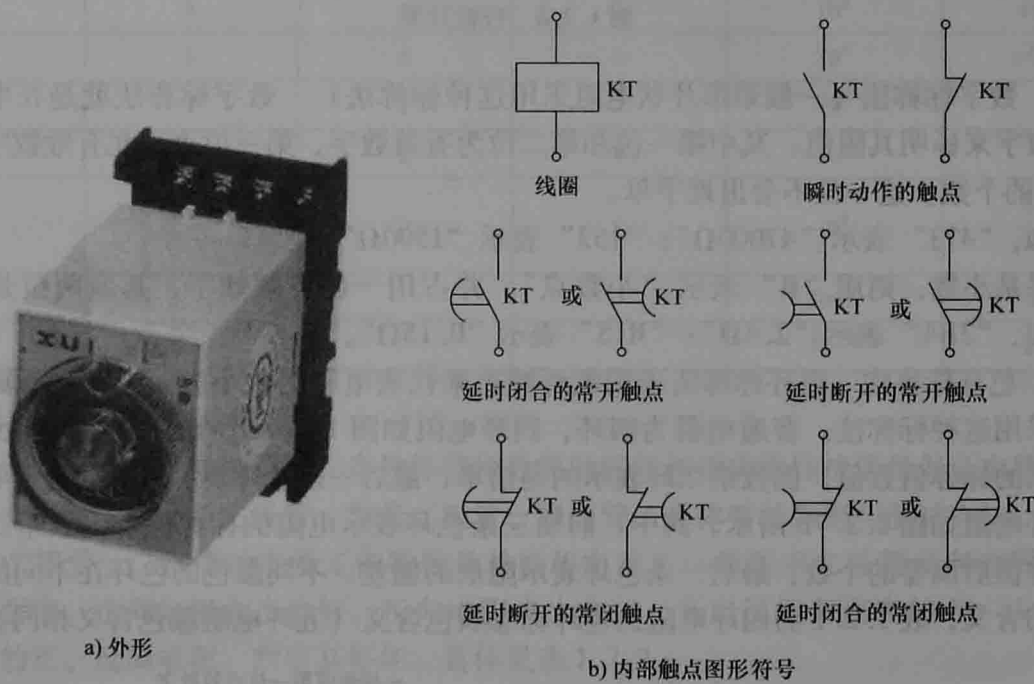


图 1.2.5 时间继电器

常，这类开关被用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。按行程开关的结构可分为直动式、滚轮式、微动式和组合式，其外形、图形符号及直动式的内部结构如图 1.2.6a ~ c 所示。

1.2.2 基本电子元器件的认识

1. 电阻

电阻是最常用的元件之一，其阻值大小的表示方法有很多种，常见的有数字标称法和色环标称法。

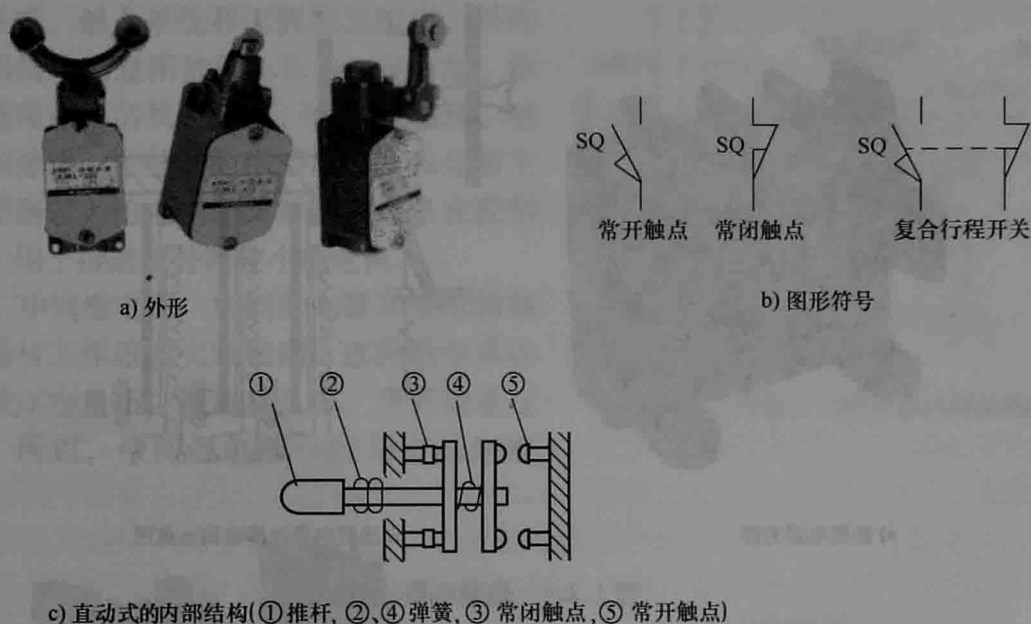


图 1.2.6 行程开关

(1) 数字标称法 (一般矩形片状电阻采用这种标称法) 数字标称法就是在电阻体上用三位数字来标明其阻值。其中第一位和第二位为有效数字, 第三位表示在有效数字后面所加“0”的个数。这一位不会出现字母。

例如, “473”表示“ 47000Ω ”; “152”表示“ 1500Ω ”。

如果是小数, 则用“R”表示“小数点”, 并占用一位有效数字, 其余两位是有效数字。例如, “2R4”表示“ 2.4Ω ”; “R15”表示“ 0.15Ω ”。

(2) 色环标称法 色环标称法采用色环颜色来代表电阻的大小和误差。一般圆柱形固定电阻采用这种标称法。普通电阻为四环, 四环电阻如图 1.2.7a 所示。其中, 前面两色环表示电阻的标称值数值, 倒数第二环表示的是倍率, 最后一条色环表示偏差。精密电阻为五环, 五环电阻如图 1.2.7b 所示。其中, 前面三条色环表示电阻的标称值, 倒数第二条表示电阻标称值后面零的个数, 最后一条色环表示阻值的偏差。不同颜色的色环在不同的位置表示不同的含义, 表 1.2.1 为四环电阻的色环标志颜色含义 (五环电阻颜色含义相同)。

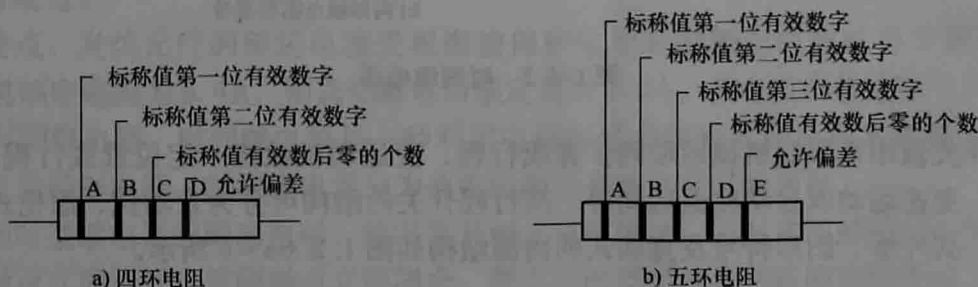


图 1.2.7 色环电阻色环位置含义

例如, 判断图 1.2.8 所示电阻的阻值及精度。

答: 图 1.2.8a, 电阻标称值及偏差: 标称值为 $24 \times 10^1 \Omega = 240\Omega$, 偏差为 $\pm 5\%$ 。

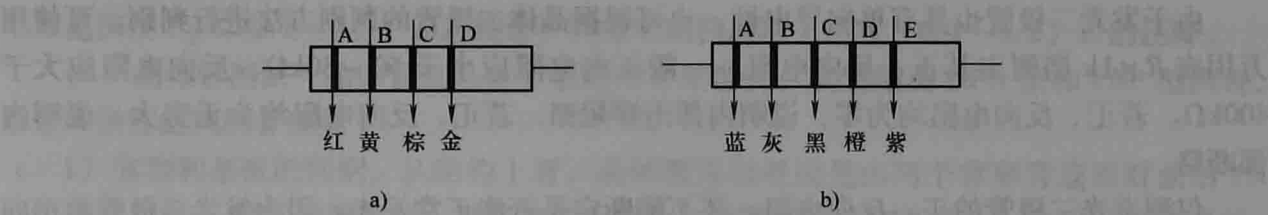


图 1.2.8 色环电阻

图 1.2.8b，电阻标称值及偏差：标称值为 $680 \times 10^3 \Omega = 680\text{k}\Omega$ ，偏差为 $\pm 0.1\%$ 。

表 1.2.1 四环电阻的色环标志颜色含义

颜色	第一有效数	第二有效数	第三有效数	倍率	允许偏差（%）
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	± 1
红	2	2	2	10^2	± 2
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	± 0.5
蓝	6	6	6	10^6	± 0.25
紫	7	7	7	10^7	
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	+50 -20
金				10^{-1}	± 5
银				10^{-2}	± 10

2. 半导体器件的测试与判别

电子电路离不开半导体器件，半导体器件性能的好坏和正确极性接法是保证电路正常工作的基础。下面分别介绍二极管、发光二极管、稳压管、晶体管的判别与测试方法。

（1）二极管 二极管的主要工作特性是单向导电性，一般要求二极管反向电阻比正向电阻大几百倍。正向电阻愈小愈好，反向电阻愈大愈好。所以可用万用表的 $R \times 1\text{k}$ 档，测出二极管的正、反向电阻，判定其好坏。具体见表 1.2.2。

表 1.2.2 用 $R \times 1\text{k}$ 档辨别二极管的好坏

正向电阻	反向电阻	二极管好坏
100Ω 到几千欧	几十千欧到几百千欧	好
0	0	短路损坏
∞	∞	开路损坏
正、反向电阻比较接近		失效

注：硅二极管的正向电阻为几百欧到几千欧，锗二极管大约为 $100 \sim 1000\Omega$ 。

（2）发光二极管测试 发光二极管的极性可从外形上进行判别。例如，有的发光二极管带金属管座，管侧有一突起，则靠近突起一侧为正极；有的发光二极管无管座，用透明的环氧树脂封装，电极引线较长的为正极，较短的为负极。

由于发光二极管也具有单向导电性,也可根据晶体二极管的判别方法进行判别。可使用万用表 $R \times 1k$ 档测出其正、反向电阻。一般正向电阻应小于 $50 \sim 80k\Omega$, 反向电阻应大于 $400k\Omega$ 。若正、反向电阻均为零,说明内部击穿短路。若正、反向电阻均为无穷大,说明内部断路。

仅测发光二极管的正、反向电阻,还不能断定是否能正常发光。因为发光二极管的正向压降 U_F 约为 $1.5 \sim 3.5V$, 而万用表的 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 档使用 $1.5V$ 电池, 所以不能使管子正向导通发光。 $R \times 10k$ 档的电池电压虽然较高,但因内阻太大提供不了足够的工作电流,发光二极管也不会发光。

使发光二极管正常发光的方法如下:

1) 将两块指针式同型号万用表都拨到 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 档并串联连接, 以提供较高的正向电压, 此为双表法。

2) 在一块万用表基础上按正确极性串联一个 $1.5V$ 电池, 以提供较高的正向电压。

测量一只型号不明的发光二极管步骤如下:

第一步: 判定正负极性。用 MF30 型万用表的 $R \times 1k$ 档测得正向电阻为 $85k\Omega$, 反向电阻接近无穷大, 测正向电阻时, 黑表笔接的就是发光二极管的正极。

第二步: 两块 MF30 型万用表均拨到 $R \times 1$ 档, 采用双表法测量, 被测管发出晶莹夺目的光。若将发光二极管的极性反接, 加上反向电压时, 则不能发光。若将两块万用表均拨到 $R \times 10$ 档, 则发光二极管只是稍微发光, 这是因为万用表内阻较大, 不能提供足够大的正向电流所致。

采用双表法时, 应注意以下事项:

1) 必须先调好两块万用表的欧姆零点。

2) 为了不损坏被测发光二极管, 或假如不知道被测发光二极管的正向压降, 应将两块万用表都拨到 $R \times 10$ 档。若发光二极管发光很暗, 再改拨到 $R \times 1$ 档。

(3) 稳压管测试

1) 稳压管的好坏鉴别。由于稳压管同样具有单向导电性, 因此可按判别普通晶体二极管的方法判别其好坏, 具体见表 1.2.2。

2) 稳压管稳定电压值的测量。测量 $25V$ 以下的稳压管的稳压电压, 可以直接采用万用表 $R \times 10k$ 档。具体方法如下:

① 测量稳压值 $U_Z \leq 9V$ 的稳压管, 用一块万用表即可。注意: 若万用表 $R \times 10k$ 档采用 $9V$ 叠层电池, 则只能测 $U_Z < 8V$ 的稳压管。 $R \times 10k$ 档的电池电压愈高, 可以测量的稳压管型号也愈多。 $U_Z \leq 9V$ 的稳压管测量电路如图 1.2.9 所示。

② 对于 $9V \leq U_Z \leq 26V$ 的稳压管, 如 2CW21L 等, 可采用双表法测量, 把两块万用表的 $R \times 10k$ 档串联起来使用, 以提供较高的反向击穿电压。

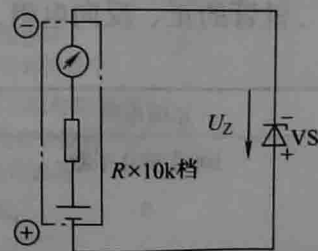


图 1.2.9 $U_Z \leq 9V$ 的
稳压管测量电路

用万用表测量时应注意以下几点:

① 普通万用表 $R \times 10k$ 档的内阻较高, 只能提供几十微安的电流, 与额定的稳定电流 (一般为几到几十毫安) 相差很大, 所以用万用表测出的 U_Z 值要偏低一些,

② 各种万用表 $R \times 10k$ 档的电池 E 可能不相等, 最高可达 $22.5V$ 。一般可以测量的稳定

电压范围按 $U_Z \leq (0.8 \sim 0.9) E$ 来估计, 因为电阻档内阻上还有 $(0.1 \sim 0.2) E$ 的压降。

(4) 晶体管测试 晶体管也是电子电路中常见器件, 其管型有 NPN 型和 PNP 型两种, 管型和极性的判别方法如下:

1) 管型和基极的判别。从结构上看, 晶体管可以看成是由两个背靠背或面对面的 PN 结组成的。对于 NPN 型管来说, 基极是两个等效二极管的公共“阳极”; 对 PNP 型管来说, 基极则是它们的公共“阴极”。晶体管的公共极如图 1.2.10a、b 所示。因此, 判别出晶体管的基极是公共“阳极”, 还是公共“阴极”, 即能判断出晶体管是 NPN 型还是 PNP 型。

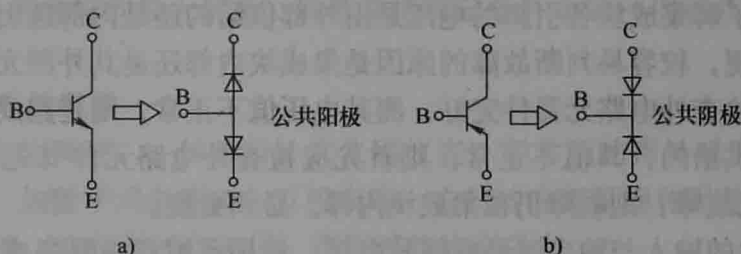


图 1.2.10 晶体管的公共极

2) 发射极与集电极的判别。用万用表的电阻档可以判别晶体管的发射极与集电极, PNP 型晶体管 C、E 极判别电路如图 1.2.11 所示。

若用红表笔接 C 极, 黑表笔接 E 极, 这时万用表显示的电阻值反映了晶体管穿透电流 I_{CEO} 的大小。如果 C - B 极之间跨接一只 $R_b = 100k\Omega$ 的电阻, 由于有 I_B 流通, 此时万用表指示的电阻值即反映了 $I_C = I_{CEO} + \beta I_B$ 的大小。因为通常 $\beta \gg 1$, 所以 I_C 值较 I_{CEO} 明显增加, 因此此时万用表显示的电阻值将比跨接电阻 R_b 前显著减少。电阻值减少越多, 表示 β 值越大。如果 E、C 极判别相反了, 即把红表笔接 E 极, 黑表笔接 C 极, 则相当于把晶体管 C、E 极之间的电源反接, 晶体管处于倒置工作状态。此时, 其电流放大系数 β_R 很小 (一般 $\beta_R < 1$)。因此, 当用电阻 R_b 跨接在所认为的 B、C 极之间时, 万用表指示的电阻值变化不大。据此原理, 即可判断 E、C 极。对于 NPN 型的 E、C 极判别, 其红、黑表笔的连接与上述相反。

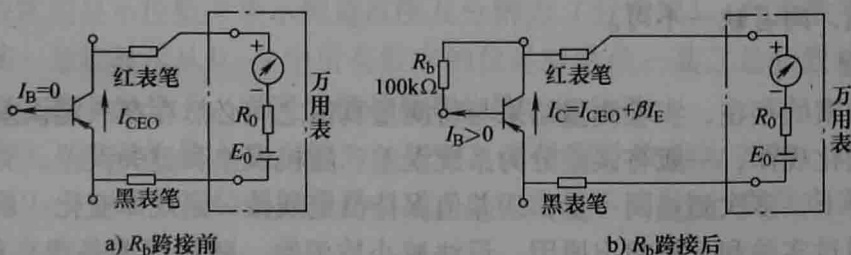


图 1.2.11 晶体管 C、E 极的判别电路

3. 集成电路检查

集成电路具有体积小, 重量轻, 引出线和焊接点少, 寿命长, 可靠性高, 性能好等优点, 在工、民用及军用电子设备等方面得到广泛的应用。集成电路好坏的检测方法如下:

(1) 万用表测量电阻 用万用表测量集成块各引脚与地之间的电阻值, 并与正常值相比较, 以判断不正常的部位。每个引脚均要测量两次, 分别对换红、黑表笔。即先用红表笔

接地，黑表笔接被测引脚，测得一个结果；再用黑表笔接地，红表笔接被测端，又测得另一个结果。将这两个结果同时与正常值比较，找出是否有异常部位。

(2) 集成块在电路中的测试 若集成块已焊接于电路中，其功能好坏的判断方法如下：

1) 用万用表测量集成块各引脚与地之间的直流电压，并与正常值比较，用此法可以发现不正常的部位。采用这种方法，必须事先了解正常时的各引脚直流电压。

实际检查时，因为各引脚电压的差异可能很小，因而有时会错过不正常的部位。或有几个引脚的电压都偏离正常值，致使判断困难。为此最好能先了解集成块的内部电路，至少要有内部框图，以便了解集成块各引脚的电压是由外部供给的还是内部送出的。这样会给故障判断带来很大的方便，较容易判断故障的原因是集成块内部还是其外围元器件。若引脚电压是内部供给的，且检查外电路元器件完好，测其电压值不正常，则是集成块内部有故障；若引脚电压是外电路供给的，其值不正常，则首先应检查外电路元件（先开路测其电压是否正常），若外电路无故障，则故障仍在集成块内部，必须更换。

2) 检查集成块的输入与输出波形或信号电压。使用示波器观察集成块的输入与输出信号的波形，测量输入、输出信号的电压，并将此信号波形（或电压）与正常波形（或电压）相比较，以判断不正常的部位。

3) 检查集成块的外围元器件。在采用上述方法均无法找到不正常部位时，就应更换集成块或逐一检测其外围元器件。现在的集成块引出脚很多。印制电路板的铜箔又很细，拆换集成块很容易损坏铜箔条。因而，通常首先检查各引脚铜箔条是否有断裂，外围元器件是否有损坏等现象后再换集成块，这样比较有效。

检查外围元器件时，应将元器件的一端脱开电路来测试，这样就不会受其他元器件的影响。

1.3 仪器仪表误差与实验数据的处理

电工电子技术实验往往离不开实验数据的测量和后期处理。为了获得较为准确的数据，首先必须选择合适的仪器仪表，采用正确的实验方法；其次就是对所获得实验数据进行误差分析和数据处理，两者缺一不可。

1. 误差原理

由于各种因素的存在，实验测量结果与待测量真值之间必然存在一定误差，此为测量误差。根据误差变化规律，一般将误差分为系统误差、随机误差和过失误差。所谓系统误差是指在相同的条件下，多次测量同一量，误差值保持恒定或按一定规律变化。系统误差存在一定规律性，可通过实验和分析找出原因，设法减小或消除。随机误差是指在相同的条件下，多次测量同一量，误差值发生无规则的变化，如人体感觉器官微小变化、外界干扰等。实践证明，若测量次数足够多，随机误差的平均值的极限值趋近于零。过失误差是指在一定的条件下，测量值出现明显的偏离真值的误差，这是不正确的测量结果，应该应予以剔除。

2. 误差的表示方法

常用的误差表示方法有绝对误差 Δx 、相对误差 δ 和容许误差 δ_m 。

1) 绝对误差 Δx ：绝对误差是指测量值与真值的差值，其表达式如下：

$$\Delta x = x - x_0 \quad (1.3.1)$$

式中 x_0 ——真值；

x ——测量值。

2) 相对误差 δ : 相对误差是绝对误差与真值的百分比, 其表达式如下:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\% \quad (1.3.2)$$

3) 容许误差 δ_m : 容许误差一般表示测量仪器的准确度, 是指仪器误差不应超过的最大范围, 又称最大误差。容许误差分为基本误差和附加误差。前者指在仪器规定的条件下(如电源、温度等)测量时的最大误差, 后者是指规定条件中的一项或几项发生变化后, 仪器所产生的误差。

3. 电工仪器仪表的误差

电工仪器仪表分为两种: 一种是指针式仪器仪表, 即常用的指针式电压表、电流表等; 一种是数字式仪表, 如数字式电压表、万用表等。它们的内部原理和误差的定义有所不同。

(1) 指针式仪表 在指针式仪表中, 容许误差的定义为

$$\delta_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\% \quad (1.3.3)$$

式中 x_m ——仪表的满刻度值。

指针式仪表的误差主要与仪器本身的结构、指针精度有关。我国电工仪表按 δ_m 值分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5 七个等级。此外, 指针式仪表读数的误差还与实验者的身体、心理状况等因素造成的视觉误差有关。

(2) 数字式仪表 数字式仪表是通过数字显示来表示被测量物理量的大小, 其较指针式仪表而言有以下优点:

1) 数字显示, 读数不存在视觉误差。

2) 精度一般较高。数字电工仪表一般没有指针类仪表的可动部分, 所以机械摩擦、变形的影响极小, 只要元器件的质量、性能没问题, 数字仪表比较容易制成较高精度的仪表。

3) 灵敏度高。由于数字仪表内部多设有各种放大电路或器件, 所以可测量较小的信号、如 $1\mu\text{V}$ 左右的电压信号、 1mA 左右的电流信号以及 0.01Hz 的频率信号等。

数字式仪表常用显示位数来表示测量范围及分辨力(分辨率)。判定数字式仪表显示位数有两原则: 其一是能显示从 0~9 中所有数字的位是整数位; 其二是分数位的数值是以最大显示值中最高位数字为分子, 用满量程时最高位数字作分母。

例如, 某数字万用表的最大显示值为 ± 1999 , 满量程计数值为 2000。则该仪表有三个整数位, 能显示 0~9; 而最高位只能显示 0 或 1 (0 通常不显示)。根据定义, 该仪表的分数位的分子是 1, 分母是 2, 故称之为 $3\frac{1}{2}$ 位, 读作“三位半”;

同理 $3\frac{2}{3}$ 位 (读作“三又三分之二位”) 数字万用表的最高位只能显示从 0~2 的数字, 故最大显示值为 ± 2999 。在同样情况下, 它要比 $3\frac{1}{2}$ 位的量程高 50%。应当指出, 也有人把 $3\frac{2}{3}$ 位仪表仍称作“三位半”仪表, 但必须指明其量程已扩展 50%。以免将二者混淆。

普及型数字万用表一般属于三位半仪表。四位半数字万用表分手持式、台式两种。五位