



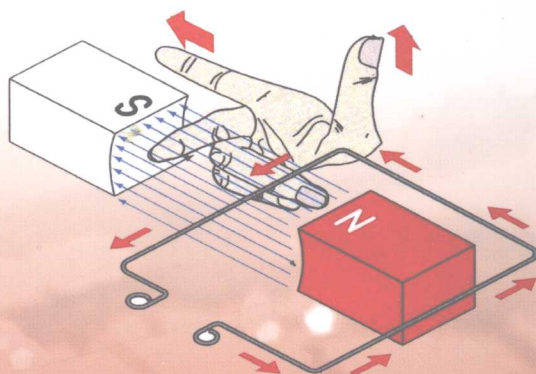
DIANQI
XINXILEI

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

电气控制与工程 实习指南

■ 主 编 丁学文

■ 副主编 杨 燕 刘重轩 李鹏飞



图文并茂 附有大量彩色图片
生动形象 实习实训必备指南



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

免费
电子课件



普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

电气控制与工程 实习指南

主 编 丁学文

副主编 杨 燕 刘重轩 李鹏飞

参 编 杨 亮 朱仲明



机械工业出版社

全书共分 16 章：第 1~10 章主要涉及常用电工工具与仪器仪表。用电安全及防护，常用电工材料，电磁铁与直流电机，变压器与交流电机，接触器与电动机起动器，开关器件及其应用，电磁继电器、固态继电器与软起动器，电动机的各种起动电路；第 11~14 章主要涵盖与自动化技术有关的内容，包括光电传感器及其应用、电子器件与集成电路、电动机驱动器与调速、可程序控制器及其应用等；第 15 章为输配电系统概论；第 16 章是预防性维护与故障排除等。书中包含大量精美彩色实物与现场图片，以及详尽的故障检查和设备维修知识，可在一定程度上弥补实习中遇到的困难。

本书可以作为自动化专业、电气工程及其自动化专业、机电一体化专业、检测技术及仪表专业、电子信息工程专业等本科或专科的实习指导书，也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与工程实习指南/丁学文主编. —北京：机械工业出版社，2008.11

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-25116-3

I. 电… II. 丁… III. 电气控制—实习—高等学校—教学参考资料 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 141482 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：于苏华 版式设计：霍永明

责任校对：刘志文 封面设计：张 静

责任印制：王书莱

北京双青印刷厂印刷

2008 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 20.25 印张 · 32 插页 · 599 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-25116-3

定价：56.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 88379727

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据作者在企业、研究所和高等学校多年的工程技术与教学、科研的经历和经验,结合目前社会需求而编著的一本有创意、内容新颖的教材,是面对大学生实习、实训过程的、学习和动手必备的指南。

近十几年来,随着我国经济的高速发展,在生产、研究和工程第一线的技术开发、设备制造、现代管理等方面,各工矿企业之间、研究所之间、公司之间出现了激烈的竞争局面。往往用人单位对大学生的期望值很高但又缺少长远“投资”和培养意识,加上各方面条件限制,使得大学生到基层实习、实训困难,工科大学生实习就更加困难。虽然目前有些有远见卓识的高校都在校内建设了实习、实训基地,成功地解决了这一矛盾,取得了很好的效果,但一直没有见到一本能解决这一矛盾的实习、实训教材。经过一年多的调研、走访和收集材料、拍摄照片,这个多年的宿愿终于在我们笔下实现了。

本书具有以下显著的特点:实用为主,简述原理;图片丰富,文字简明;介绍详尽,数学计算从略;以工厂企业中常见的电气设备为主线,也涵盖家用电器设备;包含大量的应用实例和维修知识;图片精美(附有彩色图片),如身临其境;内容全面,覆盖自动化、电力、电气、机械、检测、电子信息等;每章后有思考题和建议的实训课题。

全书共分16章。

第1~10章主要涉及常用电工工具与仪器仪表、安全用电及防护、常用电工材料、电磁铁、交直流电机、变压器、接触器与电动机起动机、开关器件及其应用、电磁继电器、固态继电器与软起动机、电动机的各种起动电路。

第11~14章主要涵盖自动化技术的有关内容,包括传感器及其应用、电子器件与集成电路、电动机驱动器与调速、可编程序控制器及其应用等。

第15章是输配电系统概论,并配有大量的图片。让学生了解电能是怎样生产、变换、输送和分配的,特别是了解现代电力网、变电所的构成和特点。

第16章是预防性维护与故障排除等。

本书第1、2、6、9、10、13章由丁学文教授编写,第7、8、11、12、14章由杨燕工程师编写,第3、4、15章由刘重轩教授编写,第5、16章由李鹏飞教授编写。丁学文教授统稿全书。杨亮和朱仲明为本书的绘图和录入做了大量工作。于正刚技师、吴其晃副教授以及肖海燕、孔英秀、李小绵、王娜、李秋老师参加了集体审阅。

本书为自动化专业、电气工程及其自动化专业、机电一体化专业、检测技术及仪表专业、电子信息工程专业等本科或专科的实习指导书，也可供有关工程技术人员参考。

本书编写过程中参阅了大量文献资料，从网上下载了很多图片，在此谨对有关作者表示谢意。

虽然在本书编写过程中花费了不少精力，并多次集体审阅，但书中难免有错误和不足之处，敬请广大读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第1章 常用电工工具与仪器仪表	1
1.1 常用电工工具及其使用	1
1.2 常用电气测量仪器仪表及其使用	5
思考题与实训课题	21
第2章 用电安全及防护	22
2.1 有关人体触电的知识	22
2.2 安全电压	23
2.3 触电保护措施	24
2.4 国际电工委员会的 IEC 1010 标准	28
2.5 个人防护装置	29
2.6 安全警示与加锁	30
2.7 防火安全	31
思考题与实训课题	32
第3章 常用电工材料	33
3.1 绝缘材料	33
3.2 导电材料	36
3.3 磁性材料	38
3.4 电线与电缆	40
3.5 导线连接材料	41
思考题与实训课题	42
第4章 电磁铁与直流电机	43
4.1 电磁铁	43
4.2 直流电机	50
思考题与实训课题	61

第5章 交流电机与变压器	62
5.1 交流发电机	62
5.2 变压器	64
5.3 交流电动机	70
思考题与实训课题	78
第6章 接触器与电动机起动器	79
6.1 刀开关直接起动电动机	79
6.2 手动接触器与手动起动器	79
6.3 电动机的过载保护	80
6.4 手动起动器的应用	82
6.5 电磁接触器	82
6.6 电动机电磁起动器	87
6.7 热继电器举例	88
6.8 电磁起动器举例	89
6.9 内置过载保护与电子过载保护	90
6.10 接触器与电磁起动器的附件	91
6.11 接触器与电磁起动器的故障检查	92
6.12 电动机驱动装置	93
思考题与实训课题	94
第7章 开关器件及其应用	95
7.1 按钮、转换开关、操纵杆、脚踏开关	95
7.2 限位开关	100
7.3 物位开关、压力开关、温度开关、流量开关	102
7.4 烟雾开关、光感开关、声控开关	112
思考题与实训课题	113

第8章 电磁继电器、固态继电器与软起动器 114	11.3 接近传感器及其应用..... 178
8.1 电磁继电器 114	11.4 霍尔传感器及其应用..... 180
8.2 固态继电器 122	11.5 光电传感器和接近传感器的输出..... 183
8.3 继电器的故障排除 129	11.6 光电传感器和接近传感器的安装..... 186
8.4 电动机的软起动器 131	11.7 光电传感器和接近传感器的故障排除..... 187
思考题与实训课题..... 138	思考题与实训课题..... 189
第9章 电动机的减压起动 139	第12章 电子器件与集成电路 191
9.1 减压起动 139	12.1 半导体..... 191
9.2 直流电动机的减压起动 139	12.2 二极管和整流电路..... 192
9.3 直流电动机的调速 141	12.3 光电池..... 200
9.4 三相交流电动机的减压起动 ... 143	12.4 输入元件(热敏电阻、光敏电阻、光敏二极管、霍尔元件)..... 201
9.5 减压起动电路的故障检查 152	12.5 放大器件和集成电路..... 204
思考题与实训课题..... 153	12.6 逻辑器件..... 213
第10章 电动机的制动与反转 154	12.7 电力电子器件(晶闸管、双向晶闸管、单结晶体管) 215
10.1 摩擦制动..... 154	12.8 光电子器件(光电耦合器、光敏晶体管、光敏晶闸管、发光二极管) 220
10.2 反接制动..... 154	思考题与实训课题..... 222
10.3 直流制动..... 155	第13章 电动机驱动器与调速 223
10.4 发电制动..... 157	13.1 电动机调速..... 223
10.5 电动机的选择..... 158	13.2 直流电动机调速和直流电动机驱动器..... 227
10.6 使用手动起动器反转电动机..... 160	13.3 交流电动机调速与交流电动机驱动器..... 230
10.7 使用凸轮开关反转电动机..... 162	13.4 电动机驱动器的应用..... 241
10.8 使用电磁起动器反转电动机..... 163	思考题与实训课题..... 246
10.9 使用可编程序控制器反转电动机..... 168	第14章 可编程序控制器及其应用 ... 248
10.10 电动机正/反转控制的接线..... 169	14.1 PLC 概述..... 248
10.11 电动机制动与反转电路的故障检查 171	14.2 S7—200 系列 PLC 的硬件结构与工作原理..... 255
思考题与实训课题..... 172	
第11章 开关型传感器及其应用 173	
11.1 光电传感器及其应用..... 173	
11.2 超声波传感器及其应用..... 177	

14.3 S7—200 系列 PLC 的基本指令	257	思考题与实训课题	293
14.4 PLC 控制系统的设计方法和梯形图编程规则	257	第 16 章 预防性维护与故障排除	294
14.5 STEP7—Micro/WIN 编程软件的使用方法	265	16.1 预防性维护	294
14.6 典型 PLC 控制程序举例	268	16.2 电动机系统预防性维护的内容	295
14.7 PLC 的故障诊断	272	16.3 变频器的安装、维护与故障排除	303
思考题与实训课题	275	16.4 维护与检修资讯的来源	311
第 15 章 输配电系统概论	276	思考题与实训课题	312
15.1 电力系统概述	276	参考文献	314
15.2 电力系统的构成	280		

第1章 常用电工工具与仪器仪表

1.1 常用电工工具及其使用

常用电工工具是指一般专业电工经常使用的工具。

1.1.1 螺钉旋具

螺钉旋具(Screwdrivers)俗称螺丝刀,又称改锥,用来紧固和拆卸各种带槽螺钉,如彩图1-1所示。按头部形状不同分为一字形和十字形两种。一字形螺钉旋具用来紧固或拆卸带一字槽的螺钉,其规格用柄部以外的体部长度来表示,电工用的有50mm和150mm两种。而十字形螺钉旋具用来紧固或拆卸带十字槽的螺钉,其规格有4种:I号适用于螺钉直径为2~2.5mm,II号适用于3~5mm,III号适用于6~8mm,IV号适用于10~12mm。

螺钉旋具使用注意事项:

- 螺钉旋具的绝缘柄应绝缘良好,以免造成触电事故。
- 螺钉旋具的头部形状和尺寸应与螺钉尾部槽形和大小相匹配。不要用小螺钉旋具去拧大螺钉,以防拧豁螺钉尾槽或损坏螺钉旋具头部;同样也不能用大螺钉旋具去拧小螺钉,以防力矩过大而导致小螺钉滑扣。
- 使用时应使螺钉旋具头部顶紧螺钉槽口,以防打滑而损坏槽口。

1.1.2 钳

钳(Pliers)常用的有钢丝钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、压线钳等,如彩图1-2、彩图1-3所示。

1. 钢丝钳

钢丝钳又名克丝钳,是一种钳夹和剪切工具,常用来剪切、钳夹或弯绞导线,拉剥电线的绝缘层和紧固、拧松螺母等。通常剪切导线用刀口、剪切钢丝用侧口、扳螺母用齿口、弯绞导线用钳口。常用的规格有150mm、175mm和200mm等3种。电工用的钢丝钳,在钳柄上必须套有耐压500V以上的绝缘套。

钢丝钳的使用及注意事项:

- 钳柄必须有良好的保护绝缘,否则不能带电操作。
- 使用时钳口朝内侧,便于控制剪切部位。
- 剪切带电导体时,必须单根进行,以免造成短路事故。
- 钳头不可当锤子用,以免变形。钳头的轴、销应经常加润滑油润滑。

2. 尖嘴钳

尖嘴钳的头部尖细,适用于在狭小空间操作。刀口用于剪断细小的导线、金属丝等,钳

头用于夹持较小的螺钉、垫圈、导线和将导线端头弯曲成所需形状。其规格按全长分为 130mm、160mm、180mm 和 200mm 等 4 种。电工用尖嘴钳手柄套有耐压 500V 以上的绝缘套。

3. 斜口钳

斜口钳又称断线钳，其头部扁斜锋利。电工用的绝缘柄斜口钳如彩图 1-2b 所示，其耐压为 1000V。

斜口钳专用于剪断较粗的金属丝、线材和电线、电缆等。

4. 剥线钳

剥线钳用于剥削直径 3mm 以下塑料或橡胶绝缘导线的绝缘层。其钳口有 0.5 ~ 3mm 多个直径切口，以适应不同规格的线芯剥削。其外形之一如彩图 1-3b 所示。它的规格以全长表示，常用的有 140mm 和 180mm 两种。剥线钳柄上套有耐压在 500V 以上的绝缘套管。

使用时注意：电线必须放在大于其芯线线径的切口中切削，以免损伤导线。

5. 压线钳

压线钳用于连接导线。将要连接的导线穿入压接管中或接线片的端孔中，然后用压线钳挤压压接管或接线片端孔使其变扁，将导线夹紧，达到连接的目的。彩图 1-3a 示出了一种剥线、压线、断线组合钳，彩图 1-3c 示出了它们的使用。

1.1.3 扳手

扳手(Wrenches)是一种用来紧固或拧松螺母的专用工具，如彩图 1-4 所示。

1. 活扳手

活扳手的扳口宽度可以调节，以适应不同尺寸的螺母，常用的有 150mm(6in)、200mm(8in)、250mm(10in)和 300mm(12in)4 种。

活扳手的使用方法及注意事项：

- 旋动蜗轮将扳口调到比螺母稍大些，卡住螺母再旋动蜗轮，使扳口夹紧螺母。
- 握住扳手的头部施力。在扳动小螺母时，手指可随时旋调蜗轮，收紧活扳唇，以防打滑。
- 活扳手不可反用或用钢管接长柄施力，以免损坏活扳唇。
- 活扳手不可作为撬棒或锤子使用。

2. 呆扳手

呆扳手又称死扳手，其开口宽度不能调节。

3. 套筒扳手

套筒扳手是由一套尺寸不同的梅花套筒头和一些附件组成，可用在一般扳手难以接近螺钉或螺母的场合。

4. 内六方扳手

内六方扳手用以旋动内六角螺钉或螺母。

5. 管扳手

管扳手用于管道作业，可以夹紧和旋动管子、管螺母。

1.1.4 冲击钻

冲击钻(Hammer Drills)是一种旋转带冲击的电动工具。它具有两种功能：一是作为普通

电钻使用,此时选择开关应调到“钻”的位置,装上普通麻花钻能在金属上钻孔;二是选择开关调到“锤”的位置,装上镶有硬质合金的钻头,便能在混凝土和砖墙等建筑构件上钻孔。冲击钻通常可冲打直径为6~16mm的圆孔。其外形如彩图1-5所示。

冲击钻使用方法及注意事项:

- 为确保操作人员的安全,在使用前用500V兆欧表(摇表、高阻计或绝缘电阻表,习称兆欧表,后同)测定其相应绝缘电阻,其值应不小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。
- 使用时应戴绝缘手套,穿绝缘鞋或站在绝缘地板上。
- 钻孔时不应用力过猛,遇到坚硬物时不能施加过大的力,以免钻头退火或因过载而损坏;当孔快钻通时,应适当减轻手的压力。
- 钻孔时应时常将钻头从钻孔中抽出,以便排出钻屑。

1.1.5 电工刀

电工刀(Electricians Knife)是用来刨削或切削电工材料的常用工具,如彩图1-6所示。电工刀有普通型和多用型两种,多用电工刀除具有刀片外,还有折叠式的锯片、锥针和螺钉旋具。可锯削电线槽板和锥钻木螺钉的底孔等。

使用方法和注意事项:

- 在刨削电线绝缘层时,可把刀略向内倾斜,用刀刀的圆角抵住线芯,刀向外推出。这样刀口就不会损坏芯线,又不会伤害操作者。
- 电工刀的刀柄无绝缘,严禁在带电体上使用。

1.1.6 低压验电器

低压验电器(Voltage Testers)又称试电笔,是检验低压导体和电气设备是否带电的一种常用工具,其检验电压范围为60~500V。其结构如彩图1-7所示,它主要由验电触头(笔头)、降压电阻、氖管、弹簧等部件组成。这种验电器是利用电流通过验电器、人体、大地形成回路,其漏电流使氖管起辉发光而工作的。只要带电体与大地之间电位差超过一定数值(36V),氖管就会发出辉光,低于这个数值,就不发光,从而来判断低压电气设备是否带电。

在使用前,首先应检查一下验电器的完好性,4大组成部分是否缺少,氖管是否损坏,然后在有电的地方验证一下,只有确认验电器完好后,才可进行验电。在使用时,一定要手握笔帽端金属挂钩或顶部螺帽,用验电触头接触带电设备。湿手不要去验电,不要用手接触金属触头。

低压验电器除主要用来检查低压电气设备和线路外,还可区分相线与中性线、交流与直流电以及电压的高低。通常氖管发光者为相线,不发光者为中性线;但要注意中性点发生位移的情况,此时,中性线同样也会使氖管发光。交流电通过氖管时,氖管两极均发光,直流电通过时,仅有一个电极附近发光。当用来判断电压高低时,氖管暗红轻微亮,电压低;氖管发黄红色,亮度强,电压高。

一种新式低压验电器如彩图1-8所示,能粗略地测出被验电压的数值,包括直流和交流电压。

1.1.7 高压验电器

高压验电器主要用来检验设备对地电压在 1200V 以上的高压电气设备。目前,广泛采用的有发光型、声光型两种类型。它们一般都是由检测部分(指示器部分)、绝缘部分、握手部分 3 大部分组成。绝缘部分系指自指示器下部金属衔接螺纹起至罩护环止的部分,握手部分系指罩护环以下的部分。其中绝缘部分、握手部分根据电压等级的不同其长度也不相同。

在使用高压验电器进行验电时,首先必须认真执行操作监护制度,一人操作,一人监护。操作者在前,监护人在后。使用验电器时,操作者应手握罩护环以下的握手部分,先在有电设备上检验。检验时,应渐渐地移近带电设备至发光或发声为止,以验证验电器的完好性,然后再在需要进行验电的设备上检测。同杆架设的多层线路验电时,应先验低压,后验高压,先验下层,后验上层。

需要说明的是,在使用高压验电器验电前,一定要认真阅读使用说明书,检查一下试验是否超周期(每半年试验一次)、外表是否损坏、破伤。例如,对于 GSY 型系列高压声光型验电器在操作前应对指示器进行自检试验,才能将指示器固定在操作杆上,并将操作杆拉伸至规定长度,再作一次自检后才能进行验电操作。注意,高压验电器不能检测直流电压。

一种高压验电器如彩图 1-9 所示,适用于额定频率为 50Hz,电压等级为 10kV、35kV、110kV、220kV 的交流电压,作直接接触式验电用。

使用方法与注意事项:

- 注意其额定电压和被验电气设备的额定电压等级相适应。
- 操作人员必须带绝缘手套,手握操作手柄,并将操作杆全部拉出定位后方可按有关规定顺序进行验电操作。
- 在非全部停电场合进行验电操作时,应先将验电器在有电部位上测试,再到施工部位进行测试,然后回复到有电部位上复测,以确保安全。不得以验电器的自检按钮试验替代本项操作。自检按钮试验仅供参考。验电器的电子元件有自然老化的过程,为确保验电操作的安全可靠,以及保障电网设备和验电操作人员的人身安全,验电器的正常使用寿命自出厂之日起定为 3 年,特殊情况需延长使用年限时,必须征得制造厂同意,办妥有关复检手续并出具同意延长使用证明后方可继续使用,但最长使用年限不得超过 5 年。
- 为保证人身和设备的安全,验电器必须根据电业安全工作规程规定的期限,定期进行预防性试验。
- 验电时人与导体应保持足够的安全距离,10kV 以下的安全距离为 0.7m 以上。
- 需在气候良好的情况下使用,以保障操作人员的安全。

1.1.8 电烙铁

电烙铁(Soldering Irons)是锡焊和塑料烫焊的常用工具,通常以电热丝作为热元件,如彩图 1-10 所示。常用的有 25W、45W、75W、100W 和 300W 多种。

1. 使用注意事项

- 电烙铁金属外皮一定要有接地线或接零保护。

- 焊接弱电元器件时,宜采用45W以下的电烙铁,瓦数过大,容易烫坏元器件;焊接强电元器件时,宜采用45W以上的电烙铁。
- 在使用过程中,要经常用湿布或湿海绵清污,去掉烙铁头上的杂质。
- 当烙铁头的表面被氧化不易粘上焊锡时,可用锉刀在烙铁断电时锉去氧化层,蘸上松香再用。一般不宜蘸上焊油膏助焊,以免日久使焊点腐蚀,损坏电器。

2. 电烙铁的基本操作

(1) 焊件表面处理

手工操作常用机械刮磨和酒精、丙酮擦洗等方法对焊件表面进行清理,去除焊接表面上的锈迹、油污、灰尘等影响焊接质量的杂质。

(2) 预焊

为了防止虚焊,在正式焊接前一般应进行预焊:

- 元器件预焊:将需要焊接的部位先用焊锡润湿,也称镀锡、上锡等。预焊可用电烙铁直接上锡,也可在松香里上锡。
- 导线预焊:导线的预焊又称挂锡。对导线进行预焊时,应先剥去绝缘层。对多股导线剥掉绝缘层后,应将线扭成螺旋状。挂锡时应边挂锡边旋转,旋转的方向与导线扭合的方向一致。

(3) 施焊

- 准备好焊锡丝和电烙铁。
- 加热焊件:将电烙铁接触焊点,对焊点均匀加热。
- 熔化焊料:当加热到能熔化焊料时,将焊锡丝置于焊点,此时焊料开始熔化并浸润焊点。等熔化一定量的焊锡后,将焊锡移开。
- 移开电烙铁:当焊锡完全浸润焊点后,沿45°的方向向上提起电烙铁。

(4) 注意事项

- 对一般焊点,施焊大约2~3s。
- 焊锡量不要过多或过少:焊锡过多既消耗焊锡,又增加焊接时间,降低工作效率,且在高密度的电路中,过量的焊锡很容易造成不易觉察的短路;焊锡过少不能形成牢固的结合,降低焊点的强度,日久可能造成焊点脱落。
- 焊剂要适中,过量的松香不仅会增加清洗工作量,而且会延长加热时间,降低工作效率。若加热不足,焊剂又容易夹杂到焊锡中,形成“夹渣”缺陷。对使用有松香芯的焊丝来说,基本上可不用助焊剂。

一种恒温电烙铁如彩图1-11所示。

1.2 常用电气测量仪器仪表及其使用

1.2.1 万用表

万用表(Multimeters)又称多用表,是一种多功能、多量程的便携式电工仪表,一般可用来测量交、直流电压、直流电流和电阻等多种物理量,有些还可以测量交流电流、电感、电容和晶

体管直流放大系数等。

1. 指针式(模拟式)万用表

指针式万用表又称模拟式万用表,如彩图 1-12a 所示,指针式万用表的刻度如彩图 1-13 所示。

使用方法及注意事项:

- 表棒要完好,绝缘符合要求。
- 观察表头指针是否指向电压、电流的零位;若不是,则调节机械零位调节器使其指零。
- 根据被测参数种类和大小选择转换开关的位置(如 Ω 、 V 、 $V_{\mu A}$ 、mA)和量程,应尽量使表头指针偏转到满刻度的 $2/3$ 处。如事先不知道被测量的范围,应从最大量程开始逐渐减小到适当的量程挡。
- 测量电阻前,应先对相应的欧姆挡调零(即将两表棒相碰,旋转调零旋钮,使指针指示在 0Ω 处)。每换一次欧姆挡都要进行调零。如旋转调零旋钮无法使指针达到零位,则可能是表内电池电量不足,需更换新电池。
- 测量直流量时注意极性,测量直流量时电流从表棒正(+)端流入,从负端(-)流出;测直流电压时,红表棒接高电位,黑表棒接低电位。
- 测量读数要从相应的标尺去读,并注意量程。若被测量是电阻,则读数 = 标尺读数 $\times$ 倍率。
- 测量时手不要去碰表棒的金属部分,以保证安全和测量准确。
- 不能带被测对象转动转换开关。
- 不要用万用表直接测量微安表、检流计等灵敏电表的内阻。
- 测量晶体管时,要用低压高倍率挡($R \times 100$, $R \times 1k$)。注意“-”为内电源的正端,“+”为内电源的负端。
- 测量完毕后,应将转换开关旋至交流电压最高挡,有“OFF”挡的则旋至“OFF”。

2. 数字式万用表

数字式万用表如彩图 1-12b 所示。

数字式万用表与指针(模拟)式万用表相比有很多优点:灵敏度高、准确度高、显示直观、功能齐全、性能稳定、小巧灵便,并具有极性选择、过载保护、过量程显示等功能。

使用方法及注意事项:

(1) 交直流电压测量

- 将黑表棒插入 COM 插孔中,红表棒插入 V/Ω 插孔中。
- 将功能选择开关置于 DCV(直流)或 ACV(交流)的适当量程挡,将表棒并接到被测电路两端,显示器将显示被测电压值和极性(若显示器只显示“1”,表示超量程,应使功能选择开关置于更高量程挡)。

(2) 交直流电流的测量

- 将黑表棒插入“COM”孔中,当被测电流小于 $400mA$ 时,红表棒插入 A 孔,被测电流在 $400mA \sim 10A$ 之间时,将红表棒插入 $10A$ 孔中。
- 将功能选择开关置于 DCA(直流)或 ACA(交流)的适当量程挡,表棒串入被测电路,显示器在显示被测电流大小的同时还显示极性。

(3) 电阻的测量

- 将黑表棒插入 COM 孔中, 红表棒插入 V/ Ω 插孔。
- 将功能选择开关置于电阻的适当量程挡, 将表棒接在被测电阻上, 显示器将显示被测电阻值。

(4) 二极管的测量

- 将黑表棒插入 COM 插孔中, 红表棒插入 V/ Ω 插孔中。
- 将功能选择开关置于“二极管”挡, 将表棒接到被测二极管两侧, 显示器将显示二极管正向压降的 mV 值。当二极管反接时, 则显示“1”。
- 若两个方向均显示“1”, 表示二极管开路; 若两个方向均显示“0”, 则表示二极管击穿短路。这两种情况均说明二极管已经损坏, 不能使用。
- 该量程挡还可以用作带声响的通断测试, 即当所测电路的电阻在 70Ω 以下时, 表内的蜂鸣器发声, 表示电路导通。

(5) 晶体管放大系数的测量

- 将功能选择开关置于 h_{FE} 挡。
- 确认晶体管是 NPN 型或是 PNP 型, 将 E、B、C 3 脚分别插入相应的插孔内, 显示器将显示晶体管放大系数的近似值。

(6) 电容器的测量

- 将功能选择开关置于 CAP 适当量程挡, 调节电容调零器使其显示为“0”。
- 将被测电容插入“Cx”测试孔中, 显示器将显示其电容值。

1.2.2 兆欧表

兆欧表 (Megohmmeters) 是一种简便的、常用来测量高电阻或绝缘电阻的直读式仪表, 一般用来测量电路、电机绕组、电线电缆的绝缘电阻。兆欧表有两种形式: 手摇供电和电池供电。如彩图 1-14 所示。一种常用的国产手摇兆欧表外形可参见彩图 1-37。下面的讨论仅针对手摇兆欧表。

使用方法及注意事项:

- 使用前先对兆欧表进行一次开路和短路试验, 检查兆欧表是否良好。空摇兆欧表, 指针应指向 ∞ 处, 然后再慢摇手柄, 使两端瞬时短接, 指针应迅速指在“0”处。
- 不可在设备带电的情况下测量绝缘电阻, 且应对具有电容的高压设备先行放电 (约 2 ~ 3 min)。
- 兆欧表与被测线路或设备的连接要用绝缘良好的单根导线, 不能用双股绝缘线或绞线, 避免因绝缘不良引起测量误差。
- 摇动手柄的速度要均匀, 一般规定为 120r/min , 允许有 $\pm 20\%$ 的变化。通常要摇动 1 min 后, 待指针稳定后再读数。如被测电路中有电容时, 先持续摇动一段时间, 让兆欧表对电容充电, 指针稳定后再读数。若测量中发现指针指零, 则应立即停止摇动。
- 在兆欧表未停止摇动前, 切勿用手触及设备的测量部分和兆欧表的接线端。测量完毕后对设备充分放电, 否则容易引起触电事故。
- 禁止在雷电时或邻近有高压导体的设备处使用兆欧表。

1.2.3 钳形电流表

钳形电流表(Clamp-on Ammeters)又称钳形表,一种是电流互感器的变形,可以在不断开电路的情况下直接测量交流电流。如果是采用霍尔效应原理制作钳形电流表,则交、直流电流均可被测量。图1-15所示为交、直流均可测量的多功能钳形表,除测量交、直流电流外,还可以测量交、直流电压和电阻。

使用方法及注意事项:

- 检查钳口开合情况,要求钳口可动部分开合自如,两边钳口结合面接触紧密。
- 检查电流表指针是否在零位,否则调节回零按钮使其指零。
- 功能选择旋钮置于适当位置,不准在测量过程中切换功能选择旋钮。
- 将被测导线置于钳口内中心位置即可读数。
- 测量结束后将功能选择旋钮置于 OFF 位置。

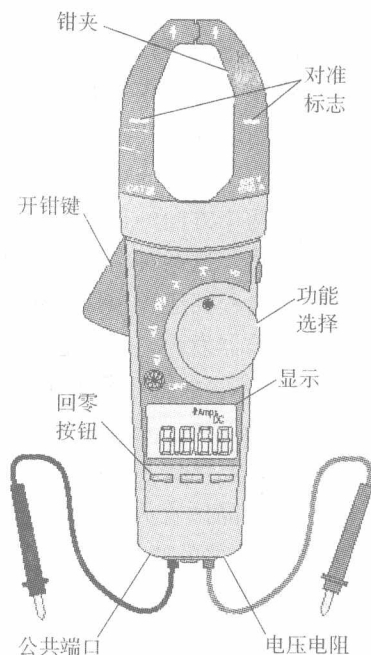


图 1-15 多功能钳形表

1.2.4 相序指示器

在三相交流电动机中,相序决定电动机的转向,在电力电子变流技术中,相序决定触发脉冲的对应关系,在这些情况下,接线的相序是不能颠倒的。相序指示器(Phase Sequence Indicators)提供了一种简便的判断相序的测试工具,如彩图 1-16 所示。

使用方法及注意事项:

- 注意不要超出相序指示器的使用电压范围。
- 将 L1、L2、L3 的 3 个接线夹子夹住三相电源线的金属端。
- 上面的指示灯亮表明所接线为顺序;下面的指示灯亮表明所接线为逆序。
- 使用相序指示器可以判断接线的相序是否一致,可以判断电动机的转向是否符合要求。

1.2.5 示波器

示波器(Oscilloscope)可以直接观测电信号的波形,测试多种电量参数,如频率、幅值、相位和时间周期等,是分析和研究电路的重要工具。

下面以 COS5020D 型双通道示波器为例介绍示波器的面板旋钮和使用方法。

1. 面板操作

COS5020D 型双通道示波器如彩图 1-17 所示,它的面板如图 1-18 所示。图 1-18 中各标号说明如下:

CRT 部分:

⑥电源:主电源开关。

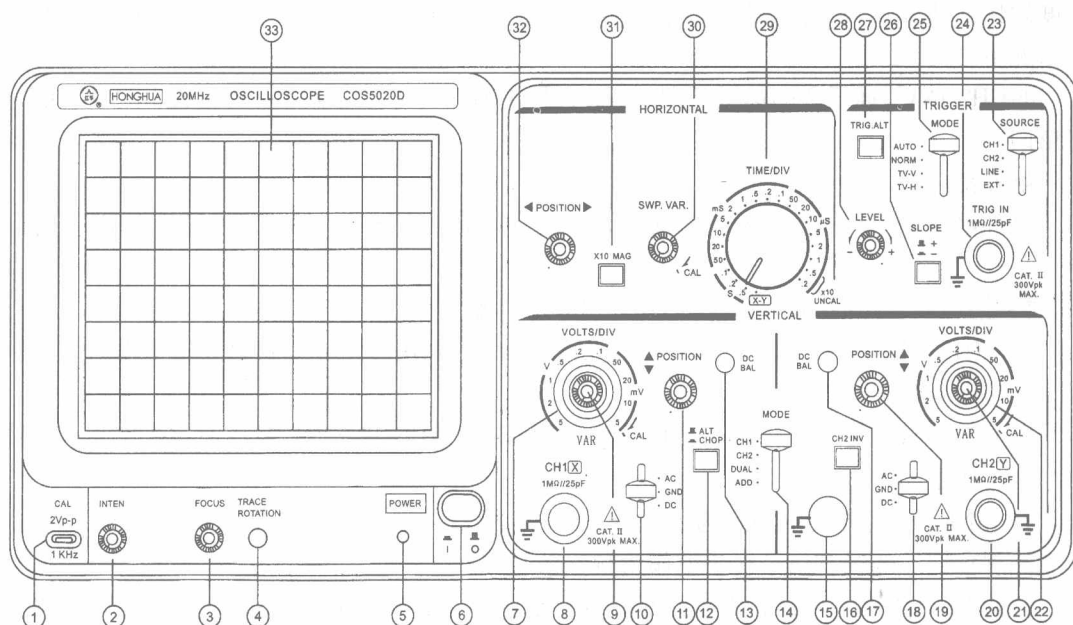


图 1-18 COS5020D/5040D 型双通道示波器面板

②亮度。

③聚焦。

④轨迹旋转：用来调整水平轨迹与刻度线平行。

③滤波片：使波形看起来更加清晰。

垂直部分：

⑧ CH1(X)输入：在 X-Y 模式下，作为 X 轴输入端

②② CH2(Y)输入：在 X-Y 模式下，作为 Y 轴输入端

⑩⑩ AC-GND-DC：选择垂直轴输入信号的输入方式。

AC：交流耦合。

GND：垂直放大器的输入接地。

DC(直流耦合)部分：

⑦②垂直衰减开关：调节垂直偏转灵敏度从 5mV/div ~ 5V/div，分 10 挡。

⑨②垂直微调：微调灵敏度大于或等于 1/2.5 标示值，在校正位置时，灵敏度校正为标示值。

⑬⑬ CH1 和 CH2 的 DC BAL：用于衰减器的平衡调试。

⑪⑪ ▼▲垂直位置：调节光迹在屏幕上的垂直位置。

⑭垂直方式：选择 CH1 和 CH2 放大器的工作模式。

➤ CH1 或 CH2：通道 1 或通道 2 单独显示。

➤ DUAL：两个通道同时显示。

➤ ADD：显示两个通道的代数和 CH1 + CH2；按下 CH2 INV⑮按钮，为代数差 CH1 - CH2。

⑫ALT/CHOP：在双踪显示时，放开此键，表示通道 1 和通道 2 交替显示(通常用在扫描