



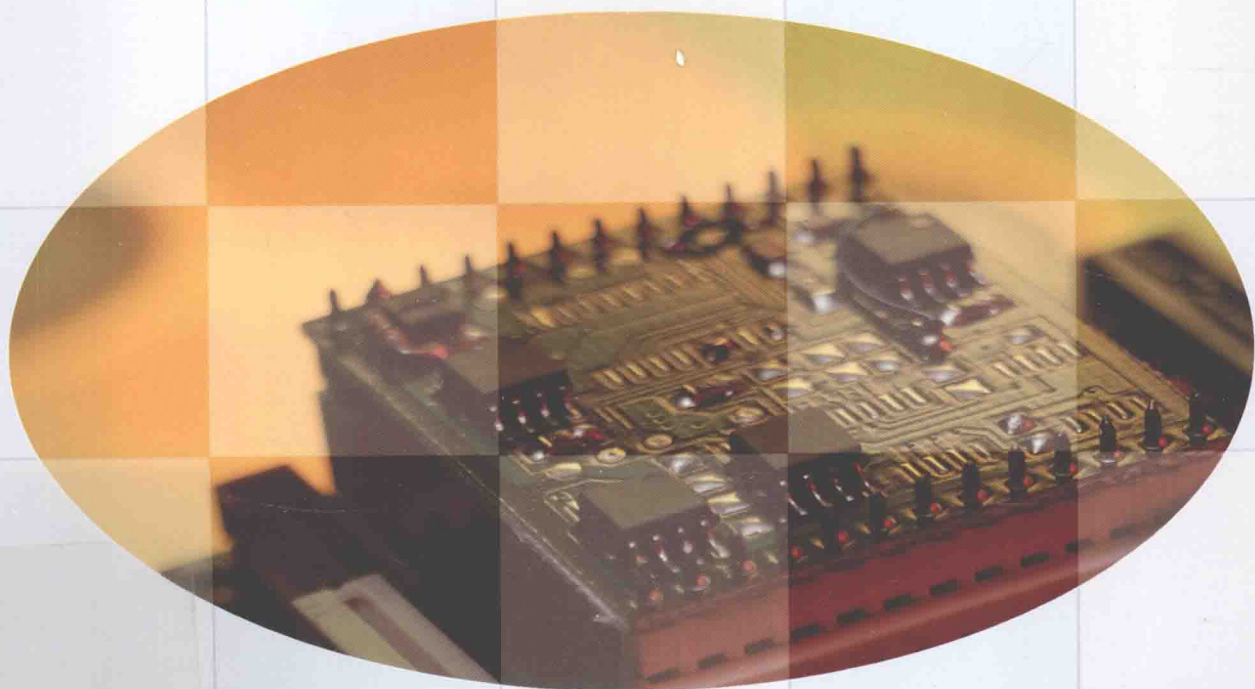
新世纪高职高专
机电类课程规划教材

电工电子技术基础

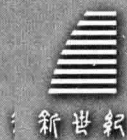
DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主 编 王前洪 胡华文



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



新世纪高职高专
机电类课程规划教材

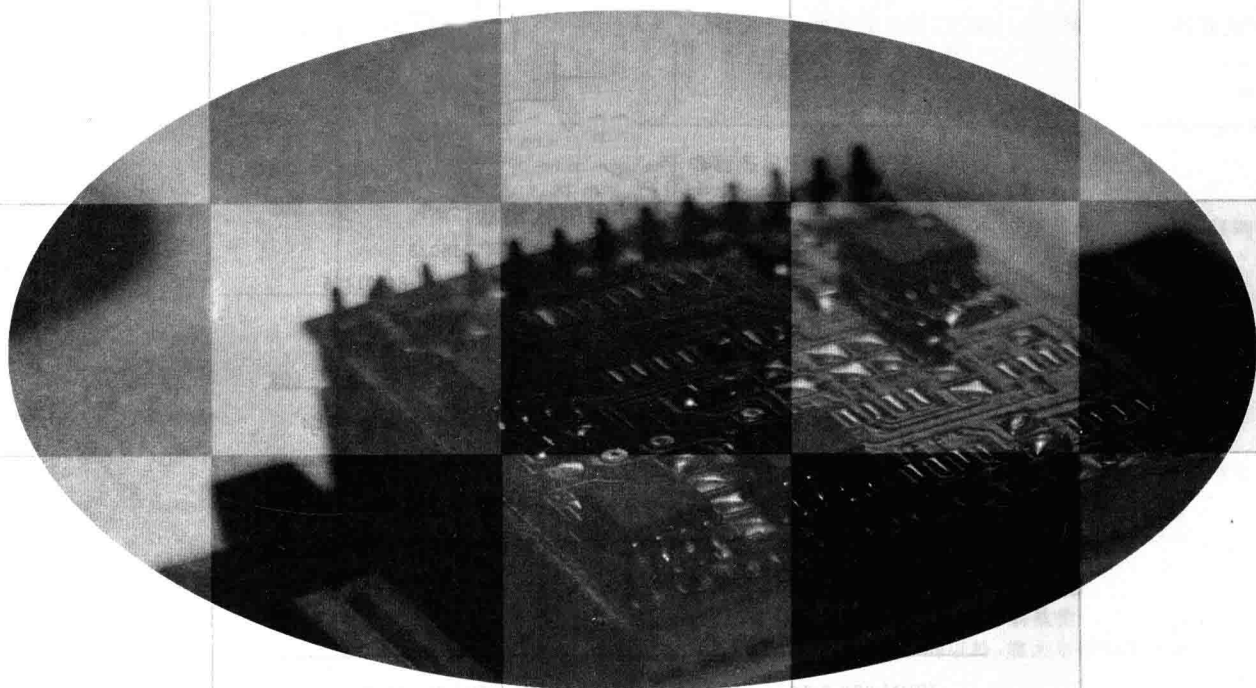
电工电子技术基础

DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主 编 王前洪 胡华文

副主编 李亮亮 王 娟 周宗斌



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础 / 王前洪, 胡华文主编. —大连:
大连理工大学出版社, 2011. 8
新世纪高职高专机电类课程规划教材
ISBN 978-7-5611-6330-6

I. ①电… II. ①王… ②胡… III. ①电工技术—高等职业教育—教材②电子技术—高等职业教育—教材
IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 166179 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@dulp.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连业发印刷有限公司印制 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:11.25 字数:265 千字

印数:1~2000

2011 年 8 月第 1 版

2011 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑:赵晓艳

责任校对:兰东升

封面设计:张莹

ISBN 978-7-5611-6330-6

定 价:23.00 元

前 言

《电工电子技术基础》是新世纪高职高专教材编审委员会组编的机电类课程规划教材之一。

“电工电子技术基础”这门课程包含了电路、模拟电子、数字电子、电力电子等相关课程的内容,是机电一体化技术、汽车电子技术、数控技术、机械设计与制造、模具设计与制造等非电类专业的一门专业基础课。本书从高职高专教学内容需求出发,知识点以“够用为度”为原则;突出实践技能,融入实践技能的需求,融入行业的规范;结合实际问题和实训项目进行引入式教学,提高学生分析问题、解决问题的能力以及实践动手能力。

本书的编写人员均来自于高职高专院校从事电工、电子类教学的一线骨干教师,具有丰富的教学经验。本书在具体的编写过程中,突出思路分析,突出电学基本工具的使用,突出实践应用,减少公式的推导,降低理论深度,力求简明扼要、深入浅出、通俗易懂,以便读者阅读。

本书的每一章从认识性实训项目开始,引领读者自己从实训中得出相应的公式或重要知识点的感性认识;接着顺藤摸瓜地讲解理论知识,最后再通过一个较综合的实训项目来巩固、加强和提升。

本书共10章,分别是:第1章为安全用电;第2章为常用电工电子类工具与仪表;第3章为电路的基本知识和分析方法;第4章为正弦交流电路的分析及计算;第5章为半导体二极管和三极管;第6章为基本放大电路;第7章为集成运算放大器;第8章为门电路与组合逻辑电路;第9章为触发器和时序逻辑电路;第10章为工厂配电基本知识。本教材建议64~90学时,各专业可根据各自需求安排学时和内容。

本书由鄂州职业大学王前洪、仙桃职业学院胡华文担任主编,长江工程职业技术学院李亮亮、随州职业技术学院

2 / 电工电子技术基础 □

王娟、黄冈科技职业技术学院周宗斌担任副主编。具体编写分工如下:王前洪编写第4、9章及附录,胡华文编写第7、10章,李亮亮编写第1、2、8章,王娟编写第3、5、6章;周宗斌参加了部分章节的编写工作。全书由王前洪负责统稿和定稿。

在本书的编写过程中,编者参考了很多国内外相关资料,在此向有关资料、书籍的作者表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免有错漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

所有意见和建议请发往:dutpgz@163.com

欢迎访问我们的网站:<http://www.dutpgz.cn>

联系电话:0411-84707424 84706676

编 者

2011年8月



第 1 章 安全用电	1
1.1 电对人体的伤害	1
1.2 人体触电形式	3
1.3 安全措施与触电急救	3
1.4 实际触电案例分析	4
习 题	5
第 2 章 常用电工电子类工具与仪表	6
2.1 万用表	6
2.2 钳形电流表	11
2.3 示波器	14
2.4 电烙铁	16
2.5 常用电工工具	20
综合实训项目	24
习 题	24
第 3 章 电路的基本知识和分析方法	25
引入实训项目	25
3.1 电路的基本物理量	26
3.2 电路的欧姆定律	28
3.3 电路元件的等效变换	29
3.4 电路的基本分析方法	32
3.5 电位的计算	34
综合实训项目	35
习 题	36
第 4 章 正弦交流电路的分析及计算	38
引入实训项目	38
4.1 正弦交流电的基本概念	40
4.2 三种基本元件的交流电路	46
4.3 一般正弦交流电路的计算	54
4.4 三相正弦交流电路	57
4.5 三相异步电动机	60
综合实训项目	66
习 题	69
第 5 章 半导体二极管和三极管	71
引入实训项目	71
5.1 PN 结	72
5.2 半导体二极管	73
5.3 半导体三极管	75

综合实训项目	79
习 题	80
第 6 章 基本放大电路	81
引入实训项目	81
6.1 共射极基本放大电路	83
6.2 共集电极放大电路	86
6.3 多级放大电路	87
6.4 差动放大电路	90
综合实训项目	93
习 题	94
第 7 章 集成运算放大器	96
引入实训项目	96
7.1 集成运算放大器简介	97
7.2 运算放大器在信号运算方面的应用	100
7.3 运算放大器在信号处理方面的应用	104
综合实训项目	105
习 题	108
第 8 章 门电路与组合逻辑电路	109
8.1 数字电路基础	109
8.2 逻辑代数基础	110
8.3 逻辑门电路	113
8.4 组合逻辑电路	117
综合性实训项目	119
习 题	120
第 9 章 触发器和时序逻辑电路	121
引入实训项目	121
9.1 RS 触发器	122
9.2 JK 触发器	125
9.3 寄存器	128
9.4 计数器	130
9.5 555 集成定时器及应用	135
综合实训项目	137
习 题	138
第 10 章 工厂配电基本知识	140
引入实训项目	140
10.1 电力系统概述	141
10.2 电力线路的结构与敷设	145
10.3 工厂变配电的简单介绍及节能措施	150
综合实训项目	152
习 题	153
附 录	154
参考文献	174

第1章

安全用电

【学习目标】

触电形式、安全措施、急救方法。

【能力目标】

实际安全措施及现场触电急救。

1.1 电对人体的伤害

1. 概述

电流对人体的伤害分为两种,一种是电流的能量直接作用于人体产生的伤害,称之为电击;另一种是电流换成其他形式的能量作用于人体造成的伤害,称之为电伤。

电流对人体伤害的程度与以下几个因素有关:

(1) 电流的大小

通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,危险就越大。

(2) 通电时间

通电时间越长,容易引起心室颤动,危险性越大。另外,由于人体电阻因出汗等原因会降低,通电时间过长,导致通过人体的电流增加,电击的程度亦随之增加。

(3) 电流途径

通过心脏的电流会引起心室颤动,或使心脏停止跳动,导致触电者死亡。通过中枢神经的电流会引起中枢神经系统强烈失调致死。通过脊髓的电流,会引起截瘫。

(4) 电流种类

我国目前使用的交流电流称为工频电流,此外,还有直流电流、高频电流、冲击电流和静电电荷,它们都会对人体产生不同程度的伤害。

(5) 身体状况

身体越强健的人,本身的电阻越大,在同等情况下受伤害程度越轻。因此,触电时,女性比男性受伤害更重,儿童比成人更危险,患病的人比健康的人危险性更大。

2. 电击

与其他形式的伤害不同,电击对人体的伤害事先没有任何预兆。伤害往往发生在瞬息之间,而且人体一旦遭受电击后,防卫能力和反应速度迅速降低。

人体遭受电击会引起针刺感、肌肉痉挛、疼痛、血压升高、昏迷、心律不齐、心室颤动、神经系统紊乱等症状。

引起人感觉的最小电流强度称为“感知电流”。感觉轻微颤抖刺痛,可以自己摆脱电源,此时大致为工频交流电 1 mA 或直流电 5 mA。感知电流一般不会对人造成实质性伤害。但往往由于条件反射,可导致二次事故。

通过人体的电流强度逐渐增大,人体反应增大,感到强烈刺痛、肌肉收缩。但是由于人的理智还是可以摆脱带电体的,此时的电流称为“摆脱电流”。其电流人可以承受,但若时间过长,就会造成昏迷等严重后果。应当指出人体触电时间越长,摆脱电流的能力越弱。所以,一旦触电,若不及时摆脱,后果将越来越严重。

通过人体的电流强度达到 20~25 mA,一般不会直接引起心室颤动或心脏停止跳动,但触电者会感觉到麻痹或剧痛,呼吸困难。如时间较长,仍可导致心脏停止跳动,这时,心室颤动或心脏停止跳动,主要是由于呼吸中止,机体缺氧引起的。

通过人体的电流强度达到 50 mA(有效值)以上,可能引起心室颤动或心脏停止跳动。

当电流达到 100 mA 时,只需 3 s 触电者就会因心室颤动或呼吸窒息而死。这种在较短时间内危及生命的电流,称为“致命电流”。

当机体受到电流的强烈刺激,发生强烈的神经系统反射,使血液循环、呼吸及其他新陈代谢都发生障碍,以致神经系统受到抑制,出现血压急剧下降、脉搏减弱、呼吸衰竭、神志昏迷的现象,这种症状称之为电休克。休克状态可以延续数十分钟到数天。其后果可能是得到及时有效的治疗而痊愈,也可能由于重要生命机能完全丧失而死亡。电击致伤的部位主要在人体内部,而在人体外部不会留下明显痕迹。

3. 电伤

电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体造成的伤害,造成电伤的电流都比较大。电伤会在机体表面留下明显的伤痕,但其伤害作用可能深入体内。与电击相比,电伤属局部性伤害。电伤的危险程度决定于受伤面积、受伤深度、受伤部位等因素。

电伤包括电烧伤、电烙印、皮肤金属化、机械损伤、电光眼等多种伤害。

电烧伤是最常见的电伤,可分为电流灼伤和电弧烧伤。

由于人体与带电体接触的面积一般都不大,加之皮肤电阻又比较高,使得皮肤与带电体的接触部位产生较多的热量,受到严重的灼伤。当电流较大时,可能灼伤皮下组织。电流灼伤一般发生在低压电气设备上,往往数百毫安的电流即可导致灼伤,数安的电流将造成严重的灼伤。接近高压带电体时会发生击穿放电,产生电弧烧伤。

电烙印是电流通过人体后,在接触部位留下的斑痕。斑痕处皮肤硬变,失去原有弹性和色泽,表层坏死,失去知觉。

皮肤金属化是金属微粒渗入皮肤造成的。受伤部位变得粗糙而张紧。皮肤金属化多在弧光放电时发生,而且一般都伤在人体的裸露部位。当发生弧光放电时,与电弧烧伤相比,皮肤金属化不是主要伤害。

电光眼表现为角膜和结膜发炎。在弧光放电时,红外线、可见光、紫外线都可能损伤眼睛。对于短暂的照射,紫外线是引起电光眼的主要原因。

1.2 人体触电形式

触电最常见的形式是电击,触电形式一般有以下几种:

1. 单相触电

人体接触一根火线所造成的触电事故,单相触电形式最为常见。

2. 两相触电

人体同时接触两根火线所造成的触电为两相触电。

3. 跨步电压触电

偶有一相高压线断落在地面时,电流通过落地点流入大地,此落地点周围形成一个强电场,距落地点越近,电压越高。影响范围约 10 米左右,当人进入此范围时,两脚之间的电位不同,就形成跨步电压,跨步电压通过人体的电流就会使人触电。

4. 雷击触电

雷云对地面突出物产生放电,它是一种特殊的触电形式,雷击感应电压高达几十至几百万伏,危害性极大。

1.3 安全措施与触电急救

1. 概述

通常,触电的原因有三种:一是工作或生活中接触市电,伤害程度取决于具体情况;二是工作时接触高压电,危害性极大,很容易导致伤亡事故;三是雷雨天气遭受雷击。雷电击伤对人体的损伤轻重差异甚大,轻者损伤浅表而无关紧要,重者死亡。

2. 安全措施

触电事故大多都是由于人为因素引起,例如疏忽大意、违规操作、用电设备和供电线路缺乏保养等等。所以防止触电事故应以防为主,提高警惕性,尽可能杜绝安全隐患。对于个人来说,主要注意以下几个方面:

(1) 定期检查电气线路,以防绝缘部分老化而引起触电和火灾。

(2) 对于裸露和半裸露的可能带电的导体,例如电灯的灯头、各种接线端子等,不能随意触碰。检修时要断电后操作。

(3) 插电源插头时注意手指不要触及簧片,以防触电。

(4) 家庭用电器要防止小孩触摸到插头、电线及插座,普通插座可用塑料盖盖住,或使用带安全装置的插座。

(5) 使用用电器,特别是纯电阻电器(各种电热装置,如电水壶、电热毯等)时,最好配备相应的短路过载保护装置,且使用完毕后马上切断电源。

(6) 认识电的危险标志。不能在高压电或变电器周围玩耍、放风筝等。非电力维修人员,禁止攀爬电线杆。

(7) 雷雨天气,不能在大树下、电线杆旁或高屋墙檐下避雨,不能使用移动电话等无线通

信设备,以防被雷电击伤。

(8)学习掌握必要的急救知识和技能,当有人发生触电时,一定要科学施救。

3. 急救方法

对于触电者的急救必须及时有效,但不可盲目施救。必须遵循以下原则进行:

(1)立即切断电源

发现有人触电,应首先关闭电源开关、拉开闸刀或拔去电源插头;

若无法立即关闭电源,则可利用干燥的木棒、竹竿或塑料物品等绝缘物体将带电导体与触电者分离,然后再采取其他措施。切勿直接接触触电者,防止自身触电。

(2)紧急救护

当触电者脱离电源后,应立即检查全身情况,特别是呼吸和心跳。发现呼吸、心跳停止时,应就地采取紧急措施,立即拨打120求救。

现场施救时,应观察伤员情况,采取适当措施。

①轻症患者,神志清醒,呼吸心跳均存在。

让伤员就地平卧,不要站立或走动,防止继发休克或心衰。同时给予严密观察。若情况逐渐稳定并好转,可就近送到医院做进一步检查;若情况恶化,采取必要措施的同时立即拨打120求救。

②伤员呼吸心跳停止。

立即对其进行心肺复苏。有条件的尽早在现场使用AED(自动体外除颤器)进行心脏电除颤。

绝不能对无呼吸、无心跳的伤员,不在现场进行心肺复苏而跑很长的路去医院或徒等急救人员到达而延误最佳抢救时机。

另外,面对无心跳的伤员千万不可以为抢救无望,轻易停止抢救。触电者呼吸心跳停止后恢复较慢,有的甚至可能长达4小时以上,因此抢救时要有耐心。实施心肺复苏不得中途停止,一直等到急救医务人员到达,由他们接替并采取进一步的急救措施。

③处理电击伤时,应注意有无其他损伤。

如触电后弹离电源或自高空跌下,常并发颅脑外伤、血气胸、内脏破裂、躯干和四肢骨折等,如有外伤、灼伤均需同时处理。

④现场抢救中,不能随意移动伤员。

1.4 实际触电案例分析

1. 案例

2005年7月某日,深圳市某十字路口交通指挥岗亭的两名民警到电力管理单位联系处理交通指挥岗亭电源不正常问题。在没有找到负责人的情况下,恰巧遇到了一名熟悉的电工,就要求其帮忙处理。

于是该电工独自一人带上工具和民警一起来到十字路口东北侧一南北走向的南一线路16号杆下。穿戴好登杆用具,电工不顾民警提醒“这杆很危险,注意点”就向上登杆。等到达接线头处才系好安全带,开始观察交通指挥岗亭电源线的接头情况。发现右边(西边)火

线接线端子松动,未发现其他问题,于是将接线端子连接好。检查左边(东边)零线接线端子,发现接头烧断。该电工右手持钳子,左手持电线开始剥线。突然两名民警听到电工一声大叫,接着钳子和安全帽掉落下来,电工身体后仰倒挂在电线杆上。一名民警立即拨打110、120呼叫救援,另一名则拨打电力调度中心电话,要求紧急断电。五分钟后,急救人员赶到现场,把该电工从电线杆上救下送往医院,但终因伤势过重抢救无效死亡。

2. 原因分析

有关部门对事故进行了调查,结论如下:

(1)该电工单独带电操作,且未使用绝缘柄工具、戴绝缘手套及采取其他安全措施。违反了《中华人民共和国电业安全工作规程》(发电厂和变电所电气部分)第164条之规定。

(2)电工登杆前,不清楚电源的接线情况,因此在拆、接导线中,操作随意,接好一相(实际是火线)后,再拆剥另一相(实际是零线)的绝缘层。此时,因交通指挥岗亭内电源闸刀及红绿灯控制开关均没有断开,火线已连接,则人体与地成为一体,从而使零线带电,当右手触到裸露线,电击使人体向后仰(安全带系住腰部),造成脑部缺氧,窒息死亡。严重违反了《中华人民共和国电业安全工作规程》(发电厂和变电所电气部分)第166条之规定。

(3)现场民警缺乏触电急救知识,未采取有效应急措施施救,加上现场混乱,伤员悬挂在电线杆上,导致贻误抢救时机。

习 题

- 1-1 电流对人体伤害的程度与哪些因素有关?
- 1-2 触电最常见的形式是电击,触电形式一般有哪几种?
- 1-3 对于个人来说,防触电要注意什么?
- 1-4 触电后,急救方法有哪些?

第 2 章

常用电工电子类工具与仪表

【学习目标】

学习认识电工电子类工具和仪表的名称、特点、功能、使用方法及适用范围。

【能力目标】

掌握基本工具和电工仪表的使用方法、操作规范和相关注意事项。

本章内容建议对照实物实施理论与实践一体化的教学。

2.1 万用表

2.1.1 概述

【任务】 观察指针式万用表和数字式万用表,对比两者外观上的区别。

万用表是各种电路的检测与维修中必备的测量仪表,又名三用表、多用表等等,具有多功能和多量程的特点。按其显示方式可分为指针式万用表和数字式万用表。传统的万用表可测量直流电流强度、直流电压、交流电流强度、交流电压、电阻值和音频电平,随着技术的进步,现在常见的万用表不仅具有以上基本功能,还可以测量电容量、电感量及半导体元件的一些参数(如三极管 β 值)。

万用表的基本工作原理是基于欧姆定律(电压、电流强度和电阻的关系)和基尔霍夫定律(电阻串并联的分压和分流规律)。

2.1.2 指针式万用表

1. 指针式万用表的构造

指针式万用表可分为表头、内部电路、转换旋钮、表笔三个部分。如图 2-1 和图 2-2 所示。

表头是一只高灵敏度的磁电式电流表,表头的灵敏度很大程度上决定指针式万用表的性能指标。表头的灵敏度是指表头指针满刻度偏转时流过表头的直流电流值,这个值越小,

表头的灵敏度愈高。而测电压时的内阻越大,其精确度就越好。



图 2-1 指针式万用表

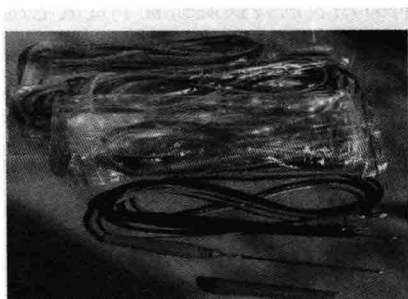


图 2-2 表笔

以 MF47 型万用表为例,观察指针式万用表的表盘上的刻度,表盘上有四条刻度线,它们的功能如下:

第一条(从上到下)标有 Ω 或 R ,指示的是电阻值,转换开关在欧姆挡时,即读此条刻度线。

第二条标有 $\sim$ 和 VA ,指示的是交、直流电压和直流电流值,当转换开关在交、直流电压或直流电流挡,量程在除交流 10 V 以外的其他位置时,即读此条刻度线。

第三条标有 10 V,指示的是 10 V 的交流电压值,当转换开关在交、直流电压挡,量程在交流 10 V 时,即读此条刻度线。

第四条标有 dB,指示的是音频电平。

在万用表的面板上有 6 个成 2×3 排列的小孔,旁边分别有 PNP 和 NPN 字母,用于测量三极管的 β 值。

在万用表面板上还有一个标有 Ω 的小旋钮,用于测量电阻值时,测量前和切换量程后调零。

内部电路是用来把各种被测量通过不同的测量线路转换到适合表头测量的微小直流电流的电路,它由电阻、半导体元件及电池组构成。

它可将各种不同的被测量(如电流、电压、电阻等)、不同的量程,经过一系列的处理(如整流、分流、分压等)统一变成一定量限的微小直流电流送入表头进行测量。

转换旋钮作用是用来选择各种不同的测量线路,以满足不同种类和不同量程的测量要求。表笔用于连接万用表和被测量点。

2. 指针式万用表的使用

首先熟悉表盘上各符号的意义及各个旋钮的主要作用。根据被测量的种类及大小,选择转换开关的挡位及量程,找出对应的刻度线。然后将选择表笔按对应的正负极插入插孔。

然后进行机械调零。在使用之前,应该先调节指针定位螺丝使指针位于零刻度线上,避免初始误差。在进行机械调零和使用过程中应保持万用表水平放置。

(1) 测量交流电压

将万用表的转换旋钮置于交流电压挡合适量程上,万用表两表笔和被测电路或负载并

联即可。

(2) 测量直流电压

将万用表的转换旋钮置于直流电压挡的合适量程上,且“+”表笔(红表笔)接到高电位处,“-”表笔(黑表笔)接到低电位处,即让电流从“+”表笔流入,从“-”表笔流出。若表笔接反,表头指针会反方向偏转,容易将指针打弯变形。

(3) 测电流

测量直流电流时,将万用表的一个转换开关置于直流电流挡的合适量程上,电流的量程选择和读数方法与电压一样。测量时必须先断开电路,然后按照电流从“+”到“-”的方向,将万用表串联到被测电路中,即电流从红表笔流入,从黑表笔流出。如果误将万用表与负载并联,则因表头的内阻很小,会造成短路烧毁仪表。其读数方法为:实际值=指示值×量程/满偏。

注意:测量电压或电流时要选择好量程,如果用小量程去测量大电压(电流),则指针会瞬间达到满偏,容易将指针打弯变形,如果被测量值超过量程过大,表头会被烧毁;如果用大量程去测量小电压(电流),则指针偏转太小,无法准确读数。量程的选择应尽量使指针偏转到满刻度的 $2/3$ 左右。如果事先无法得知被测的电压或电流大小时,应先选择最高量程挡,通过表笔“试触”的方法,观察指针的偏转量,然后逐渐减小到合适的量程。

(4) 测电阻

用万用表测量电阻时,应按下列方法操作:

测量电阻之前,应将两个表笔短接,然后调节“ Ω 调零旋钮”,使指针刚好指在欧姆刻度线右边的零刻度线。如果指针不能调到零位,说明电池电压不足,应更换电池,若更换电池后仍然不能调到零刻度线,则需要检查内部电路和表头是否有故障。

并且每换一次倍率,都要再次进行欧姆调零,以保证测量准确。

万用表欧姆挡的刻度线是不均匀的,所以倍率挡的选择应使指针停留在刻度线较稀的部分为宜,且指针越接近刻度尺的中间,读数越准确。一般情况下,应使指针指在刻度尺的 $1/3 \sim 2/3$ 处。

读数为表头的读数乘以倍率挡,就是所测电阻的电阻值。

注意:测量单一元件电阻值时,需要将元件从电路中分离出来,否则会影响测量结果。

3. 注意事项

(1)在测电流、电压时,若需要切换量程,必须先断开万用表与被测量电路的连接,不能带电换量程;

(2)选择量程时,要先选大的,然后根据指针偏转逐级减小,尽量使被测值接近于量程;

(3)测电阻时,必须先断开被测电阻所在电路的电源,不能带电测量。因为测量电阻时,万用表由内部电池供电,如果带电测量则相当于接入一个额外的电源,可能损坏表头和内部电路;

(4)读数的时候,视线应尽可能垂直于表盘,现在很多指针式万用表的表盘上都有一面紧挨着刻度线安装的弧形的平面镜,用于校准视线。利用平面镜成像原理,调整视线角度时,当指针与平面镜里的镜像重合,视线与表盘就基本处于垂直位置;

(5)使用完毕后,应使转换旋钮在交流电压最大挡或 OFF 位上;

(6)注意在欧姆表改换量程时,需要进行欧姆调零,无需机械调零。

2.1.3 数字式万用表

1. 数字式万用表的构造

现在,数字式测量仪表已成为主流,很多情况下已经取代指针式万用表。其具有灵敏度高,精确度高,显示清晰,抗过载能力强,而且由于内部电路大量采用集成电路替代传统的阻容元件,大大减小了仪表的体积和重量,便于携带,使用更简单,如图 2-3 所示。

数字式万用表由功能变换器、转换开关和直流数字电压表三部分组成。直流数字电压表是数字式万用表的表头,也是核心部件。各种电量或参数的测量,都是首先经过相应的变换器,将其转化为直流数字电压表可以接受的直流电压,然后送入直流数字电压表,经模/数转换器变换为数字量,再经计数器计数并以十进制数字将被测量显示出来。

数字式万用表的基本构造与指针式基本相同,由液晶数字显示器取代传统的表头,面板上的转换旋钮和指针式基本一样,去掉了欧姆调零旋钮,由内部电路自动完成调零。

2. 数字式万用表的使用方法

数字式万用表的测量方法与指针式基本一致,使用时必须注意以下几点:

(1) 表输入端插孔

黑表笔总是插“COM”插孔,测量交直流电压、电阻、二极管及通断检测时,红表笔插“V/ Ω ”插孔,测量 200 mA 以下交直流电流时,红表笔插“mA”插孔,测量 200 mA 以上交直流电流时,红表笔插“A”插孔。

(2) 功能和量程选择开关

交、直流电压挡的量程为 200 mV、2 V、20 V、200 V、1 000 V,共 5 挡。交、直流电流挡的量程为 200 μ A、2 mA、20 mA、200 mA、10 A,共 5 挡。电阻挡的量程为 200 Ω 、2 k Ω 、20 k Ω 、200 k Ω 、2 M Ω 、20 M Ω 、 ∞ 200,共 7 挡,其中 ∞ 200挡用于判断短路和开路。

(3) β 插座

测量三极管的 β 值,注意区别管型是 NPN 还是 PNP。

注意:无论是指针式还是数字式万用表,若长期不使用,存放前必须取出电池,避免电池内的化学物质渗漏腐蚀其他元件。可充电池不适用于万用表。



图 2-3 数字式万用表

2.1.4 指针表和数字表的选用

数字式万用表从技术上讲比指针式万用表先进得多,但并不能完全取代指针式万用表,不同的测量对象,应该合理地选用不同的万用表,这就是为什么专业的检测维修人员通常都准备至少两块万用表,以适应不同的检测需要。

指针式万用表是一种平均值式仪表,一般读数值与指针摆动角度密切相关,具有直观、形象的读数指示。

数字式万用表采用的是瞬时取样式,一般用 0.3 秒取一次样来显示测量结果,有时每次取样结果只是十分相近,并不完全相同,这对于读取结果就不如指针式方便。指针式万用表一般内部没有放大器,所以内阻较小,例如 MF-10 型的直流电压灵敏度为 $100\text{ k}\Omega/\text{V}$ 。MF-500 型的直流电压灵敏度为 $20\text{ k}\Omega/\text{V}$ 。

指针式万用表由于内阻较小,且多采用分立元件构成分流分压电路。所以指针式万用表内部结构简单,成本较低,功能较少,维护简单。

数字式万用表由于内部采用了运算放大集成电路,内阻可以做得很大,往往在 $1\text{ M}\Omega$ 或更大,即可以得到更高的灵敏度。这使得对被测电路的影响可以更小,测量精度较高。但内部电路复杂,大量采用集成电路,所以成本较高,维护难度大,损坏后一般也不易修复。

综合以上分析,两种万用表分别具有以下几个方面的特点:

(1)指针式万用表读数精度较低,但指针摆动的过程比较直观,其摆动速度幅度有时也能比较客观地反映了被测量的变化过程(例如测量汽车电子燃油喷射器的脉冲信号);数字式万用表读数虽然直观,但数字若快速变化看起来就很杂乱,不易于观察变化过程。

(2)指针式万用表内一般有两块电池,一块 1.5 V ,一块 9 V ;数字式万用表则常用一块 9 V 电池。在电阻挡,指针式万用表的表笔输出电流相对数字式万用表来说要大很多。

(3)在电压挡,指针式万用表内阻相对数字式万用表来说比较小,测量精度相对较低。某些高电压微电流的场合甚至无法准确测量,因为其内阻会对被测电路造成影响(比如测量电子显像管的加速级电压时,测量值会比实际值低很多)。数字式万用表电压挡的内阻很大,至少在兆欧级,对被测电路影响很小。但极高的输出阻抗使其易受感应电压的影响,一些电磁波干扰比较强的场合测出的数据误差可能很大。

(4)指针式万用表的表头是基于电流通过线圈产生的磁场与永磁体的磁场叠加从而对线圈产生作用力的原理工作的,所以在一些磁性物体附近或强磁场环境中,外界对表头的影响会产生很大的测量误差。

2.1.5 实训:练习使用指针式万用表和数字式万用表

1. 用指针式万用表和数字式万用表分别测量市电电压

(1)将万用表的转换旋钮调到交流电压挡,选择 500 V 量程,数字式万用表则先打开电源,再调整转换旋钮。

(2)将万用表的表笔与市电插座内的铜片接触,操作时注意手不能接触表笔的笔尖,若条件允许,最好佩戴电工专用的绝缘手套。

(3)读数。

2. 用指针式万用表和数字式万用表分别测量干电池电动势

(1)将万用表的转换旋钮调到直流电压挡,选择 10 V 量程,数字式万用表则先打开电源,再调整转换旋钮。

(2)将红表笔与电池正极接触,黑表笔与电池负极接触,注意手指不能接触表笔笔尖,否则会产生误差。

(3)读数。