

电子信息系列

高等学校教材
electronics

电子技术实践教程

DIANZI JISHU SHIJIAN JIAOCHENG

electronics

樊英杰 许海根 主编

西北工业大学出版社

高等学校教材

电子技术实践教程

樊英杰 许海根 主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本教材从理论与实践相结合的角度,系统地介绍了电子技术实践教学的基本知识和电子产品的装配过程,主要包括:安全用电、焊接技术、常用电子元器件、表面安装技术(SMT)、印刷板的设计与制作、电子电路的设计和电子实习产品等,是一本实用性很强的教材。

本教材通俗、实用,可作为各类理工科学生电子技术实践课的教材,亦可作为电子科技创新、课程实践、毕业设计、电子竞赛的实用指导书,同时也可作为职业教育、技术培训及相关专业技术人员和电子爱好者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实践教程/樊英杰,许海根主编. —西安:西北工业大学出版社,2006. 8
(2010. 6 重印)

ISBN 978-7-5612-2108-2

I. 电… II. ①樊… ②许… III. 电子技术—实验—教材 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 085393 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西宝石兰印务有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:13.5

字 数:318 千字

版 次:2006 年 8 月第 1 版 2010 年 6 月第 4 次印刷

定 价:22.00 元

前 言

本教材是在原“电子技术实习讲义”的基础上,依据新的教学计划、教学要求以及课程的最新定位和特点,由在教学一线并具有相当教学实践能力的老师经过多次修改而编写的。教材内容立足于培养学生的实践动手能力及创新能力,立足于提高学生的综合素质。

电子技术实践以培养现代化产业需要的,主动适应社会需求的高级电子工程技术应用型人才为目的,既着眼于电子技术基本技能的训练,又培养学生对新技术、新器材的应用能力;既能指导学生实践,又能开阔学生的视野且大大激发学生的兴趣。

本教材的主要特点如下:

(1)实用性。以突出实践能力的培养为基础,以工程实践内容为重点,有几种电子产品可供选用,以加深对理论知识的理解和对操作技能的运用,使学生得到实践工程训练,从而锻炼和提高学生的动手能力和实际操作的创新技能。

(2)先进性。注重新器件、新工艺、新技术的介绍和应用,让学生了解到本专业、本领域内的最新动态。

(3)注重能力培养。电子技术实践教学是培养学生电子技能最直接的环节。本教材通过焊接技术、常用元器件的识别和测试、印刷板的设计与制作、表面安装技术(SMT)、电子产品的调试与检测、电子电路的设计等内容,从各种途径提高学生的实践能力。

本教材由樊英杰、许海根主编。在编写过程中得到了西北工业大学明德学院教学部、实践教学中心各级领导及王斌、崔海峰、王海谦、郭向东、王维斌等老师的关心和大力支持。西北工业大学电子信息学院范世贵教授推荐并认真审阅了书稿,提出了不少修改意见。在编写和修订过程中,西北工业大学明德学院实践教学中心的仲瑞鹏、刘开峰等老师给予了指导和帮助,在此一并表示真诚谢意。

还要特别感谢西北工业大学理学院宋士贤教授、电子信息学院张会生教授对本教材的关怀和推荐,以及西北工业大学明德学院教材建设组和西北工业大学出版社对本教材的热心扶持、细心呵护和所发挥的孵化作用。

由于作者水平有限和经验不足,编写时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 6 月

实践守则

电子技术实践是一门实践性很强的基础课程,是工程训练的重要环节之一。学生通过实践教学,可以掌握一定的电子技术的基本知识,培养一定的实践动手能力和创新能力,养成严谨、细致、实干和实事求是的科学作风,为祖国的繁荣昌盛贡献自己的一份光和热。

参加实践的学生应尊敬教师、虚心学习;严格遵守实践教学中心安全操作规程和有关的规章制度;严格遵守劳动纪律,爱护国家和集体财产;加强团队协作精神,树立正确的劳动观念和严谨的科学作风;认真、积极、高效、全面地完成实践教学内容。

为了贯彻上述指导思想,特制定以下规章制度:

- (1) 听从教师指导,严格遵守安全操作规程。不准违章操作,未经允许任何人不得私自启动任何用电设备。
- (2) 在实践教学中不得擅自离岗,不得干与实践训练无关的事情。
- (3) 非操作训练时不得接插拔电烙铁,且离开工作岗位时所有用电设备必须切断电源,并拔下所有电源插头。
- (4) 实验室内不准大声喧哗,不准乱跑乱动,更不能将零食带入实验室。
- (5) 爱护国家财产,保护好所用工具,若有丢失或损坏时按学院规定酌情赔偿。
- (6) 上课期间不得迟到、旷课。特殊情况时须持辅导员签字的请假条,否则以旷课论处。凡旷课三次者,本次实践课考试不予通过,必须重修。
- (7) 为了严格遵守考勤制度,学生必须按照学生名单的序号对号入座。

实践成绩

学习总分	100
(1) 考勤、纪律、学风	10
(2) 焊接考试	20
(3) 手工设计	10
(4) 实训产品	50
(5) 实训报告	10

目 录

实践守则

第一章 安全用电	1
1.1 人身安全	1
1.2 设备使用安全	5
1.3 安全用电	6
1.4 安全防护	7
电子制作园地(一)	10
第二章 焊接技术	11
2.1 焊接基础知识	11
2.2 锡焊材料与工具	12
2.3 手工焊接技术	18
2.4 手工拆焊技术	25
2.5 实用焊接工艺	26
2.6 工业生产中的焊接技术	31
2.7 电子焊接技术的发展	34
电子制作园地(二)	36
第三章 常用电子元器件	38
3.1 常用元器件的基本知识	38
3.2 常用元器件的介绍	46
3.3 工业生产中的元器件检测	66
电子制作园地(三)	69
第四章 表面安装技术(SMT)	71
4.1 表面安装技术概述	71
4.2 表面安装元器件	72
4.3 表面安装材料	77
4.4 表面安装工艺技术	78

4.5 微组装技术·····	82
电子制作园地(四)·····	86
第五章 印刷板的设计与制作 ·····	88
5.1 印刷电路板基础知识·····	88
5.2 印刷电路板设计·····	91
5.3 印刷电路板制造工艺·····	101
5.4 印刷板的计算机辅助设计·····	106
电子制作园地(五)·····	114
第六章 电子产品的调试与检测 ·····	116
6.1 电子电路图的基础知识·····	116
6.2 电路图的读图方法·····	118
6.3 电子产品调试与检测·····	120
电子制作园地(六)·····	125
第七章 常用电子仪器仪表的使用 ·····	127
7.1 指针式万用表·····	127
7.2 数字万用表·····	130
7.3 YB1634 型函数发生器/计数器·····	131
7.4 直流稳压电源·····	133
7.5 示波器·····	136
第八章 电子实习产品 ·····	140
8.1 产品一:CF—6789B(改进)型放音机装配与制作·····	140
8.2 产品二:CF—6789C(改进)型放音机装配与制作·····	147
8.3 产品三:多用充电器的装配与制作·····	155
8.4 产品四:DT830B 数字万用表·····	163
8.5 产品五:微型 FM 收音机·····	172
第九章 电子电路的设计 ·····	179
9.1 总体方案的设计与选择·····	180
9.2 单元电路的设计与选择·····	180
9.3 元器件的选择与参数计算·····	181
9.4 总体电路图设计·····	182
9.5 电路仿真·····	183
9.6 电子电路的安装与调试·····	183
9.7 总体电路确定·····	186
9.8 设计实例·····	186

附录	194
附录 1 电气图形符号国家标准	194
附录 2 国内外部分电气图形符号对照	199
附录 3 电气图形常用文字符号	200
参考文献	204

第一章 安全用电

在马斯洛的“需要层次理论”中提出了人类的三大需要,其中安全是人类生存的基本需求之一,也是人类从事各种活动的基本保障,而安全用电则是现代人类无可回避的安身立业的基本常识。社会的各个角落时时刻刻都会出现用电的场所,电是现代物质文明的基础,是推动社会发展的动力源泉,同时又是危害人类的肇事者之一,如果使用不当,就会给人身安全带来威胁。

通常人们在长期的生活实践中不断积累安全用电的经验,并总结出了一些安全用电方面的规则。遵守安全操作规则是每个人的责任,它涉及家庭、学校、工厂、场矿企业等许多方面。每个人必须知道产生用电事故的原因,否则,在工作期间,就会随随便便,漫不经心,从而导致触电事故,造成生命危险和财产损失,因此对处在信息时代的人们来说,了解安全用电常识至关重要。

本章将从人身安全、设备安全、安全用电等三个方面论述安全用电常识。

1.1 人身安全

人是世间万物之宝,安全保护首先要保护人身安全。众所周知,人体是可以导电的,而电流通过人体会对人身造成伤害,这就是触电现象。当人体触及带电体时,就可能产生触电。触电事先并无预兆,一旦发生,顷刻之间就会产生严重后果,而且往往难以自救。

从触电对人体的伤害程度来看,触电主要有电伤和电击两种。

1.1.1 电伤

电伤是由于发生触电而导致的人体外表创伤,通常有灼伤、电烙伤和皮肤金属化三种,对人体的皮肤造成伤害,常常会在人体的肌肤上留下伤痕或伤疤。

电伤对人体造成的危害一般是非致命的,而真正危及人体安全的是电击。

1.1.2 电击

电击是指电流通过人体内部,破坏人体的心脏、肺和神经系统等的正常工作,造成肌肉痉挛(抽筋)、神经紊乱、呼吸停止、心脏纤颤等,甚至会危及生命安全。决定电击强度的是流经人体的电流,而并非电压。当然,要产生电流必须有电压存在,但决定电击效果的是阻碍电流的电路,即流经人体的通路(“人体电阻”)。

1.1.3 触电造成人体伤害的因素

1. 电流的大小

人体内是存在生物电流的,一定限度的电流不会对人体造成损伤,一些医疗仪器就是利用电流刺激达到治疗目的的。电流对人体的作用如表 1-1 所示。

表 1-1 电流对人体的作用

电流/mA	对人体的作用
<0.7	无感觉
1	有轻微感觉
1~3	有刺激感,一般电疗仪器取此电流
3~10	感到痛苦,但可自行摆脱
10~30	引起肌肉痉挛,短时间无危险,长时间有危险
30~50	强烈痉挛,时间超过 60 s 即有生命危险
50~250	产生心脏纤颤,丧失知觉,严重危害生命
>250	短时间内(1 s 以上)造成心脏骤停,体内造成电灼伤

2. 电流的种类

电流的种类不同,对人体造成的危害及损伤的程度也不同。直流电一般会引起电伤,而交流电则同时引发电伤与电击,特别是 40~100 Hz 的交流电对人体最危险。不幸的是,人们日常生活中使用的工频市电(我国为 50 Hz)正是在这个危险的频段。当交流电频率达到 20 000 Hz 时对人体危害极小,用于理疗的一些仪器正是采用这个频段。

3. 电流作用时间(电击强度)

电流对人体的伤害同作用时间密切相关,可以用电流与时间的乘积(即“电击强度”)来表示电流对人体的危害。对触电保护器而言,其中的一个主要指标就是要求额定断开时间与电流的乘积应小于 30 mA·s。实际产品可达到小于 3 mA·s,故可有效防止触电事故。

4. 人体电阻

人体电阻是一个不确定的值,随着人体皮肤的干燥程度和人的年龄而变化。当人体皮肤干燥时可呈现 100 kΩ 以上的人体电阻,而一旦潮湿,此电阻可降到 1 kΩ 以下,并且人体电阻随着人的年龄的增加而变大。人体电阻随着电压的升高,电阻值变小,呈非线性值。表 1-2 给出了人体电阻随电压变化的情况。

表 1-2 人体电阻随电压变化的情况

电压/V	1.5	12	31	62	125	220	380	1 000
电阻/kΩ	>100	16.5	11	6.24	3.5	2.2	1.47	0.64
电流/mA	忽略	0.8	2.8	10	35	100	268	1 560

1.1.4 触电形式

通常人体触电事故的形式一般有直接接触电和间接接触电两种。将人体直接接触电器设备的带电部分所引起的触电,称为直接接触。直接接触又可分为单相触电和两相触电。

1. 单相触电

在中性点接地的电网中,当人体接触到带电设备或线路中的某一相导体时,一相电流通过人体经大地回到中性点,这种触电形式称为单相触电,如图 1-1 所示。作用于人体身上的电压为相电压(220 V),这是一种危险的触电形式。

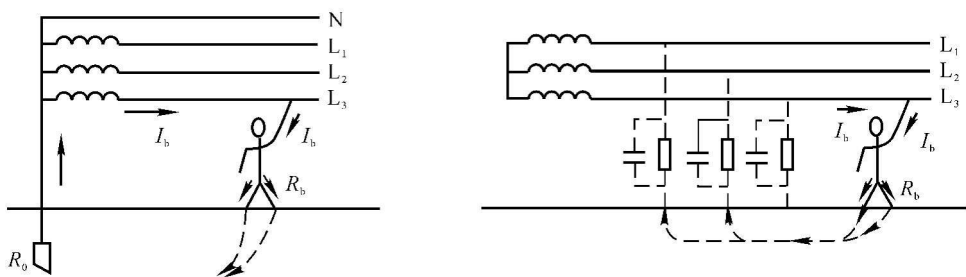


图 1-1 单相触电

2. 两相触电

当人体同时接触带电设备或线路中的两相导体时,电流从一相导体通过人体流入另一相导体,构成一个闭合回路,这种触电形式称为两相触电,如图 1-2 所示,这是一种最危险的触电形式。发生两相触电时,作用于人体的电压为线电压(380V),并且大都是在带电工作时发生的,而且一般的保护措施都不起作用,危害极大,因此,应杜绝此类事故的发生。

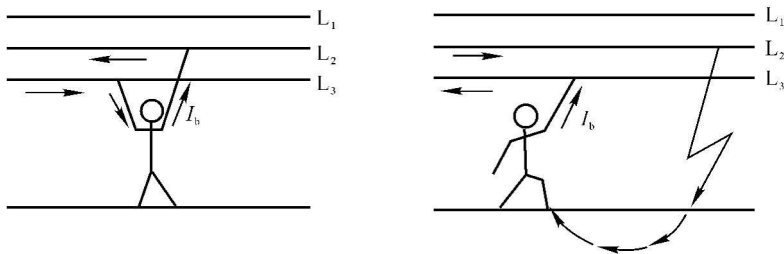


图 1-2 两相触电

3. 间接触电

平时人体接触正常的家用电子设备时,不会发生触电事故,只有当设备发生故障或漏电时,才可能引起触电,这种触电形式称为间接触电,如图 1-3 所示。通常引起间接触电的故障有外壳短路、导线短路、接地短路三种,如图 1-4 所示。

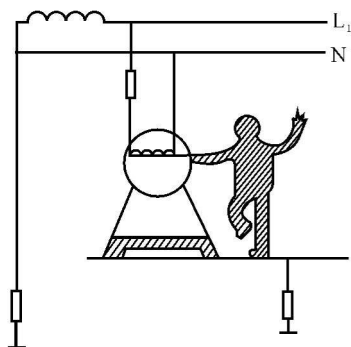


图 1-3 间接触电

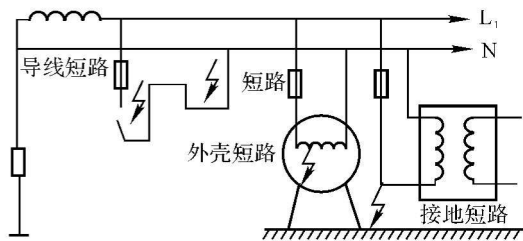


图 1-4 引起间接触电的三种故障形式

4. 静电触电

在日常的检修或科研工作中,有时会发生电器设备已经断开电源,但在接触设备某些部分时会发生触电现象。这主要是由高压大容量电容器放电引起的,或者是因摩擦而产生静电的情况下所引起的有一定危险的触电现象,特别是质量好的电容器能够长期储存电荷,容易被忽视,因此在检修这类设备时,应事先放电后再检修。

5. 跨步电压

在故障设备附近,例如电线断落在地,在接地周围存在电场,当人们走进这一区域时,将因跨步电压存在而使人体触电,如图 1-5 所示。此时应该采取单足跳跃远离电线断落处,脱离危险区,并立即向有关部门报告。

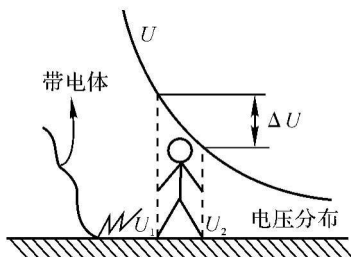


图 1-5 跨步触电

1.1.5 触电急救与电气消防

1. 触电急救

发生触电事故时,千万不要惊慌失措,必须用最快的速度使触电者脱离电源危险,并立即通知有关部门发生触电事故的详细情况。一定要记住,当触电者未脱离电源前其本身就是带电体,同样会使抢救者触电。

脱离电源最有效的措施就是拉闸或拔掉电源插头,如果一时找不到或来不及找电闸或插头,可用绝缘物(如带绝缘柄的工具、木棒、塑料管等)移开或切断电源线。**关键是:一要快,二要使自己不触电**,一两秒的迟缓都可能会造成无法挽救的后果。

脱离电源后,如果病人呼吸、心跳尚在,应尽快送医院抢救;若心跳停止应立即采取人工心脏按压,维持血液循环;若呼吸停止应立即做口对口的人工呼吸;如心跳、呼吸全停,则应同时采取上述两个办法,并向医院告急救。

2. 电气消防

通常情况下,高温是产生火灾与爆炸的直接原因。在发电、变电或用电等场所,产生高温的原因很多,如电气设备和线路超载运行而发生短路事故、雷电通过、电火花、电弧、散热不良、通风堵塞等都可造成高温,有时触头接触不良、导线连接处松动等都可使电阻增加,造成该处高温,因此,防火防爆的关键是防止高温,并应首先做到以预防为主。表 1-3 是有关电器火灾

的基本分析。

电气火灾灭火时应使用沙土、二氧化碳或四氯化碳等不导电的灭火介质,切忌使用泡沫或水进行灭火。同时注意保持人体与带电部分的安全距离,不可将身体和灭火工具触及带电设备及线路。有些电器设备充有大量的变压器油,在充油设备发生火灾时,应注意防止油喷和爆炸,并且应立即将变压器油引入储油坑,以防着火的油流入电缆沟顺沟蔓延。

表 1-3 电器火灾的基本分析

原因	分析	预防
线路过载	由于输电线的绝缘材料大部分是可燃材料,过载则温度升高,引起绝缘材料燃烧	1. 应使输电线路容量与负载相匹配 2. 不准使用或更换超标熔断器 3. 线路应安装过载自动保护装置
线路或电器火花、电弧	由于电线断裂或绝缘损坏时会引起放电现象,且可点燃本身绝缘材料及附近易燃材料、气体等	1. 严格按标准接线,及时检修电器设备 2. 加装自动保护装置
电器老化	电器超期限服役时,因绝缘材料老化,散热装置老化而引起温度升高	停止使用超过安全期的产品或设备
电热器具	电热器具使用不当,可能会点燃附近可燃材料	正确使用,并有专人监视
静电	在易燃易爆场所,静电火花引起火灾	严格遵守易燃易爆场所安全规章制度

1.2 设备使用安全

在我们工作、学习、生活等场所有许多用电设备,正确地了解这些设备的安全常识是非常重要的。而电器设备(包括家用电器、工业电器设备、仪器仪表等)所使用的交流电源有三相 380 V 和单相 220 V,电器设备都有可能存在因绝缘损坏而漏电的问题,因此,在通电前应注意。并不是所有的用电器都是接入 220 V,50 Hz 的交流电源。我国的用电电压标准是交流 220 V,50 Hz,但是世界上不同的国家是不一样的,如有交流 110 V,115 V,120 V,225 V,240 V 等。电源频率有 50/60 Hz 两种,因此,要注意设备的正确使用电压,确定后才能接入,如有些实验室、工厂企业等需要用到交流 380 V 电压,而有些特殊的地方需要交流 36 V 电压等。因此,为了确保人身安全和电器设备不易损坏,使用前应对电器进行检查,及时发现异常情况并立即处理。

1. 电器设备接电前要进行“三检”

(1) 检查设备铭牌:按国家标准,设备都应在醒目处标有该设备要求的电源电压、频率、额

定功率等铭牌或标志。

(2) 检查环境电源:电压、容量是否与设备相吻合。

(3) 检查设备本身:电源线是否完好,外壳是否带电。一般可用万用表对用电设备做简单检测,如图 1-6 所示。

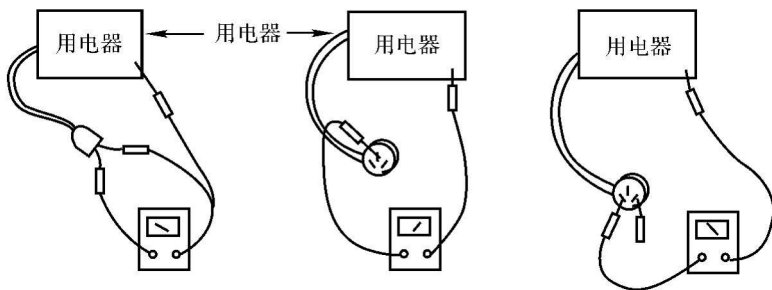


图 1-6 用万用表检查用电设备

特别注意:在使用各种用电器、仪器、仪表时都应该养成按照规程操作的习惯。

2. 用电设备常见的异常情况

- (1) 触摸设备外壳或手持部位有麻电感觉。
- (2) 开机或使用中熔断丝烧断。
- (3) 出现异常声音,如噪声加大、有内部放电声、电机转动声音异常等。
- (4) 异味,最常见为塑料味、绝缘漆挥发出的气味,甚至烧焦的气味。
- (5) 机内打火,出现烟雾。
- (6) 仪表指示范围突变,数值突变,有些指示仪表超出正常范围等。

3. 设备使用异常的处理

- (1) 凡遇到上述异常情况之一,应尽快断开电源,拔下电源插头,对设备进行检修。
- (2) 对烧断熔断器的情况,绝不允许换上大容量熔断器或用别的金属代替继续工作,一定要查清原因,再换上同型号熔断器。
- (3) 及时记录异常现象及部位,避免检修时手忙脚乱。
- (4) 对有麻电感觉但未造成触电的现象不可忽视。这种情况往往是绝缘层受损但未完全损坏,相当于电路中串联一个大电阻,暂时未造成严重后果,但随着时间的推移,绝缘层逐渐完全破坏,电阻急剧减小,危险增大,因此必须及时检修。

1.3 安全用电

实践证明,采取安全用电技术可以有效预防电器事故的发生。已有的技术措施不断完善,新的技术不断涌现,我们需要了解并正确运用这些技术,不断提高安全用电的水平。

尽管电装技术通常称为“弱电”,但实际工作中免不了要接触“强电”。一般通常用到的电动工具(如电烙铁、电钻、电热风机等)、仪器设备、仪表和制作装置大部分需要接入市电才能工

作,因此用电安全是电装工作的首要条件。

1. 安全用电观念

安全用电的根本保证是将安全用电的观念贯穿在工作的全过程。任何制度、任何措施都是由人来贯彻执行的,忽视安全是最危险的隐患,因此,我们一定要记住:

- (1) 只要用电或有电的地方都存在危险。
- (2) 侥幸心理是造成事故的催化剂。
- (3) 投向安全的每一分精力和物质将永远保值。

2. 养成安全操作习惯

习惯是一种下意识的、不经思索的行为方式,安全操作习惯可以经过培养逐步形成,并使操作者终身受益,因此,在平时的工作中要养成以下操作习惯:

(1) 人体触及任何电气装置和设备时首先应断开电源。断开电源一般指真正脱离电源系统(如拉闸、断开电源开关和拔下电源插头等),而不仅是断开设备电源开关。

- (2) 测试、装接电力线路应采用单手操作。
- (3) 触及电路的任何金属部分之前都应进行安全测试。
- (4) 触及电气设备时应尽可能使用手背,切记不能用手去握。

3. 安全用电注意事项

事先采取安全措施才能有效安全生产。为了做到安全用电,必须注意以下几点:

- (1) 一般小功率的电气设备,应该尽量采用国家规定的 36V 以下安全电压。
- (2) 操作带电设备时,严禁用手接触带电部位判断是否有电。
- (3) 各种电器设备、仪器仪表、电气装置、电动工具等,都应有保护接地线。
- (4) 电器设备线路必须由专业人员安装,非专业人员不得私自安装电气设备或乱拉电线电缆。
- (5) 在非安全电压下作业时,应尽可能用单手操作,并应站在绝缘胶垫上。
- (6) 发现电气设备打火、冒烟或发出不正常气味时,应迅速切断电源,并请专业人员立即进行检修。
- (7) 高温电气设备的电源线不能用塑料胶线。
- (8) 开关上的保险丝应符合规定的容量,不得用铜、铝、铅等代替保险丝。

1.4 安全防护

1. 焊接生产线上的安全防护

电烙铁是电子焊接的必备工具,使用时应用两相三孔插座,并将电烙铁接零保护端子可靠接入保护零线。对各种电子(器)设备的操作,如电器维修、电子实验、电子产品研制、电子工艺实习及各种电子制作等,都应严格遵守安全制度和操作规程,并注意以下几点:

- (1) 不要惊吓正在操作的人员,不要在实验室、车间内嬉戏。
- (2) 烙铁头在没有确信脱离电源时,不能用手摸。
- (3) 烙铁头上多余的焊锡尽可能不要乱甩,特别是往身后甩时危险更大。

(4) 焊接过程中暂不使用电烙铁时,应将其置于专用支架上,避免烫坏导线或其他物件。电烙铁的放置地点应远离易燃品。

(5) 拆焊有弹性的元器件时,不要离焊点太近,并使可能弹出焊锡的方向向外。

(6) 插拔电烙铁等电器的电源插头时,其中一手按插线板,一手拿插头,切记不要抓电源线。

(7) 用螺丝刀拧紧与带电体相连的螺钉时,手不可触及螺丝刀的金属部分。

(8) 用剪线钳剪断短小导线(如印刷板元件焊好后,去掉过长的引线)时,要让线头飞出方向朝着工作台或空地,不可朝向人或设备。

(9) 电路中发热电子元器件,如变压器、功率器件、电阻、散热片等,特别是电路发生故障时,有些发热件的温度可达几百摄氏度,如果在通电状态下触及这些元器件,不仅可能造成烫伤,还可能有触电危险。

(10) 工作场所讲究文明生产、文明工作,各种工具、仪器设备摆放要合理、整齐,不要乱摆、乱放,以免发生事故。且应遵循“整理、整顿、清扫、清洁和素养”的品质管理 5S 原则。

2. 调试生产线上的安全防护

调试与检测过程中,要接触各种电路和仪器设备,特别是各种电源及高压电路、高压大容量电容器等,为了保护检测人员的安全,防止测试设备和检测线路的损坏,除严格遵守一般安全规程外,还必须注意调试和检测工作中制定的安全措施。在使用这些仪器前,要看懂该测试仪器的使用说明书,并注意以下几点:

(1) 测试仪器要定期进行检查,仪器外壳及可接触部分不应带电。凡使用金属外壳的仪器,必须使用三孔插座,并保证外壳良好接地。电源线一般不超过 2 m,并具有双重绝缘。

(2) 测试仪器通电前,应检查测试仪器工作电压与市交流电压是否相符。检查仪器面板各开关、旋钮、插孔等是否移动或滑位。遇到开关、旋钮转动困难时,不可用力扳转,以免造成损坏。

(3) 测试仪器通电时,应注意观察仪器的工作情况,检查有无不正常现象,如果发现仪器保险丝烧断,应换同规格保险丝后再通电,若第二次再烧断则必须停机检查,不得更换大容量保险丝。

(4) 带有风扇的仪器如通电后风扇不转或有故障,应停机检查。

(5) 功耗较大的仪器($>500\text{ W}$)断电后,应冷却一段时间再通电(一般为 3~10 min,功耗越大时间越长),避免烧断保险丝或仪器零件。

(6) 测试仪器使用完毕,应先切断测试仪器的电源开关,然后拔掉电源线。禁止只拔掉电源线而不切断测试仪器开关的简单做法。

3. 家用电器的安全防护

为了确保家用电器及日常照明的使用安全,可设置用电设备的分线漏电保护器。漏电保护器有电压型和电流型两种,其工作原理基本相同,可把它看做一种具有检测电功能的灵敏继电器,当检测到漏电情况时,控制开关动作切断电源。

典型的电流型漏电保护开关工作原理如图 1-7 所示。当电器正常工作时,检测线圈内流进与流出的电流大小相等,方向相反,检测输出为零,线圈不感应信号,开关闭合,电路正常工作。当电器发生漏电时,漏电流不通过零线,线圈内检测到的电流之和不为零,当检测到不平