

航空工程系列教材 <<

HANGKONG GONGCHENG XILIE JIAOCAI

DIANZI JISHU GONGYI SHIXUN JIAOCHENG

电子技术工艺 实训教程

夏桂书 ● 主编



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

图书在版编目 (C I P) 数据

电子技术工艺实训教程 / 夏桂书主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2014.1
航空工程系列教材
ISBN 978-7-5643-2579-4

I. ①电… II. ①夏… III. ①电子技术 - 高等学校 -
教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 196363 号

航空工程系列教材
电子技术工艺实训教程
夏桂书 主编

责任编辑	李芳芳
助理编辑	宋彦博
特邀编辑	张少华
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	14.5
字 数	361 千字
版 次	2014 年 1 月第 1 版
印 次	2014 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2579-4
定 价	29.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是根据高等院校工科电类专业及非电类专业的本科课程教学大纲，并结合教学实际编写而成的一本实践性教材。旨在使学生熟练掌握电路符号和元器件的识别与测试，元件的焊接、装配与调整，故障的寻找与排除，从而拓宽学生的知识面，使学生的综合能力得到提高。

全书分为八章，前三章为基础理论知识，分别介绍了实习中的安全操作，基本电子测量仪器的使用和电子元件的识别，作为基础知识，是实践操作前的理论储备，需认真学习。四到八章为实践操作内容。第四章为电子元件的装配，介绍了焊接的基础知识和焊接的方法与技巧；第五章为印制电路板设计，讲述了印制的设计要求及设计流程；第六章为 PCB 制作，讲述了实验室条件下制作印制板的流程；第七章为电子产品制作，介绍了集成稳压电源、OTL 功放、数字万用表和收音机的原理和安装；第八章为电子线路调试与检测，介绍了电子线路调试与检测的具体过程和方法。

本书由夏桂书主编。具体编写分工为：第一章、第二章的第一节至第五节、第三章、第四章、第五章、第七章、第八章及附录由夏桂书编写；第二章的第六节、第六章由张熙编写；书中部分图文工作由罗文田负责；任保平为本书提供了有益的建议。

由于时间仓促和编者水平有限，教材不足之处在所难免，恳切希望各位读者批评指正。

编 者

2013 年 6 月

目 录

第一章 安全用电	1
第一节 人身安全	1
第二节 设备安全	6
第三节 用电安全技术简介	8
第四节 电子装接操作安全	11
第五节 触电急救与电气消防	13
第二章 基本电子测量仪器使用	16
第一节 万用表	16
第二节 函数信号发生器	24
第三节 数字交流毫伏表	34
第四节 直流稳压电源	39
第五节 数字示波器	42
第六节 Create-DCD3600 自动换刀数控钻铣机	57
第三章 常用电子元器件的识别与检测	79
第一节 电阻器和电位器	79
第二节 电容器	89
第三节 电感器	96
第四节 半导体分立器件	98
第五节 半导体集成电路	105
第四章 元器件装配	109
第一节 焊接工具	109
第二节 焊料和焊剂	114
第三节 手工焊接工艺	116
第四节 典型焊接方法及工艺	125
第五节 工业生产中的焊接	132
第五章 印制电路板 (PCB) 设计	136
第一节 PCB 介绍	136
第二节 PCB 设计基础	140

第三节 印制板设计过程与方法149
 第四节 Protel99 SE 软件使用介绍153
 第六章 印刷电路板的制作179
 第一节 PCB 基本工艺流程179
 第二节 工厂生产 PCB 的过程简介182
 第三节 手工制作印制电路板的方法182
 第四节 PCB 质量检验190
 第七章 电子产品制作192
 第一节 集成稳压电源组装192
 第二节 OTL 功放组装196
 第三节 数字万用表组装201
 第四节 收音机207
 第八章 电子线路调试与检测216
 附录 实习报告格式220
 参考文献225

第一章 安全用电

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前提。用电安全则是现代人无可回避的安身立业的基本常识。从家庭到办公室，从娱乐场所到工矿企业，从学校到公司，几乎没有不用电的场所。电是现代物质文明的基础，同时又是危害人类的肇事者之一，如同现代交通工具把速度和效率带给人类的同时，也让交通事故这个恶魔闯进现代文明一样，电气事故是现代社会不可忽视的灾害之一。

从使用电能开始，科技工作者就为减少、防止电气事故而不懈努力。长期实践中，人们总结积累了很多安全用电的经验。但是，人不能事事都去实践，特别是对安全事故而言，应该吸取前人的经验教训，掌握必要的知识，防患于未然。发生事故后，则要总结经验教训以警示后来人。

第一节 人身安全

人的生命是宝贵的。安全保护首先保护人身安全。

一、触电危害

人体是可以导电的。电流经过人体会对人身造成伤害，这就是所谓的触电。触电事先无预兆，一旦发生，顷刻之间就会产生严重后果，而且难以自救。

触电对人体的危害主要有电伤和电击两种。当电流转换成其他形式的能量（如热能）作用于人体时，人将受到不同形式的伤害，这类伤害统称为电伤；当电流通过人体，人体直接接受局部电能时，人也将受到不同程度的伤害，这种伤害叫做电击。

1. 电 伤

电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体所造成的伤害。此伤害多见于机体的外部，往往在机体表面留下伤痕。能够形成电伤的电流通常比较大。电伤属于局部伤害，其危险程度决定于受伤面积、受伤深度、受伤部位等。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，下面分别介绍。

(1) 电烧伤

电烧伤是由电流的热效应造成的伤害，是最为常见的电伤。大部分触电事故都含有电烧

伤成分。电烧伤可分为电流灼伤和电弧烧伤。

电流灼伤是人体与带电体接触，电流通过人体由电能转换成热能而造成的伤害。由于人体与带电体的接触面积一般都不大且皮肤电阻又比较高，因而在皮肤与带电体接触部位产生的热量就较多，因此，皮肤受到的灼伤比体内严重得多。电流越大，通电时间越长，电流途径上的电阻越大，则电流灼伤越厉害。由于接近高压带电体时会发生击穿放电，因此，电流灼伤一般发生在低压电器设备上。因电压较低，所以形成电流灼伤的电流不太大。但数百毫安的电流即可造成灼伤，数安的电流则会形成严重的灼伤。在高频电流下，因皮肤电容的旁路作用，有可能发生皮肤仅有轻度灼伤而内部组织却被严重灼伤的情况。

电弧烧伤是由弧光放电造成的伤害，分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤。直接电弧烧伤发生在带电体与人体之间，是有电流通过人体的烧伤；间接电弧烧伤发生在人体附近对人体形成的间接烧伤，以及被熔化金属溅落的烫伤。

（2）电烙印

电烙印是电流通过人体后，在皮肤表面接触部位留下与接触带电体形状相似的斑痕，如同烙印。斑痕处皮肤呈现硬变，表层坏死，失去知觉。

（3）皮肤金属化

皮肤金属化是在电弧高温的作用下，金属熔化、汽化，金属微粒渗入皮肤，使皮肤粗糙而张紧的伤害。皮肤金属化多与电弧烧伤同时发生。

（4）机械损伤

机械损伤多数是由于电流作用于人体时，人的中枢神经反射使肌肉产生非自主的剧烈收缩所造成的，包括肌腱、皮肤、血管、神经组织断裂以及关节脱位乃至骨折等。

（5）电光眼

电光眼是发生弧光放电时，红外线、可见光、紫外线对眼睛的伤害。在短暂照射的情况下，引起电光眼的主要原因是紫外线。电光眼表现为角膜炎或结膜炎。

触电对人体造成的电伤一般是非致命的，真正危害人体生命的是电击。

2. 电 击

按照发生电击时电气设备的状态，电击可分为直接接触电击和间接接触电击。直接接触电击是触及设备和线路正常运行的带电体发生的电击（如误触接线端发生的电击），也称为正常状态下的电击。间接接触电击是触及正常状态下不带电，而当设备或线路故障时意外带电的导体发生的电击（如触及漏电设备的外壳发生的电击），也称为故障状态下的电击。由于二者发生事故的条件不同，所以防护技术也不相同。

电击是电流通过人体，刺激机体组织，使肌肉非自主地发生痉挛性收缩而造成的伤害，严重时破坏人的心脏、肺部、神经系统的正常工作，形成危及生命的伤害。电击对人体的效应是由通过的电流决定的，而电流对人体的伤害程度是与通过人体的电流强度、种类、持续时间、通过途径及人体状况等多种因素有关。

3. 影响触电危险程度的因素

(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造成损伤。一些电疗仪器就是利用电流刺激达到治疗的目的。电流对人体的作用如表 1.1 所示。

(2) 电流种类

电流种类不同对人体损伤也不同。直流电一般引起电伤，而交流电则电伤与电击同时发生，特别是 40 ~ 100 Hz 交流电对人体最危险。不幸的是人们日常使用的工频市电（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 时对人体危害很小，用于理疗的一些仪器采用的就是这个频段。

(3) 电流作用时间

电流对人体的伤害同作用时间密切相关，可以用电流与时间乘积（也称电击强度）来表示电流对人体的危害。触电保护器的一个主要指标就是额定断开时间与电流乘积 $< 30 \text{ mA} \cdot \text{s}$ 。实际产品可以达到 $< 3 \text{ mA} \cdot \text{s}$ ，故可有效防止触电事故。

表 1.1 电流对人体作用

电流/mA	对人体作用
<0.7	无感觉
1	有轻微感觉
1 ~ 3	有刺激感，一般电疗仪器用此电流
3 ~ 10	感到痛苦但可自行摆脱
10 ~ 30	引起肌肉痉挛，短时间无危害，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	产生心脏室性纤颤，丧失知觉，严重危害生命
>250	短时间内（1 s 以上）造成心跳骤停，体内造成电灼伤

(4) 人体电阻

人体是一个不确定的电阻。皮肤干燥时电阻可呈现 100 k Ω 以上，而一旦潮湿，电阻可降到 1 k Ω 以下。人体还是一个非线性电阻，随着电压升高，电阻值减小。表 1.2 给出人体电阻值随电压的变化。

表 1.2 人体电阻随电压的变化

电压/V	1.5	12	31	62	125	220	380	1 000
电阻/ k Ω	>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

二、触电原因

人体触电，主要原因有 2 种：直接或间接接触带电体以及跨步电压。前者又可分为单极接触和双极接触。

1. 单极接触

单极接触单相电击是指人体接触到地面或其他接地导体的同时，人体另一部位触及某一相带电体所引起的电击。一般工作和生活场所供电为 380/220 V 中性点接地系统，当处于低电位的人体接触带电体时，人体承受相电压如图 1.1 所示。单相电击的危险程度除与带电体电压高低、人体电阻、鞋和地面状态等因素有关外，还与人体离接地点的距离以及配电网对地运行方式有关。一般情况下，接地电网中发生的单相电击比不接地电网中的危险性大。根据国内外的统计资料，单相触电事故占全部触电事故的 70% 以上。这种接触往往是人们粗心大意、忽视安全造成的。图 1.2 是几个发生触电事故的实例。因此，防止触电事故的安全技术措施应将单相电击作为重点。

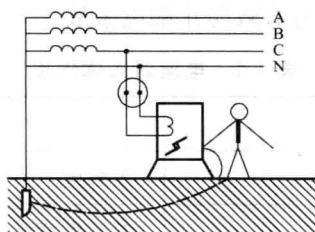


图 1.1 单极性接触触电

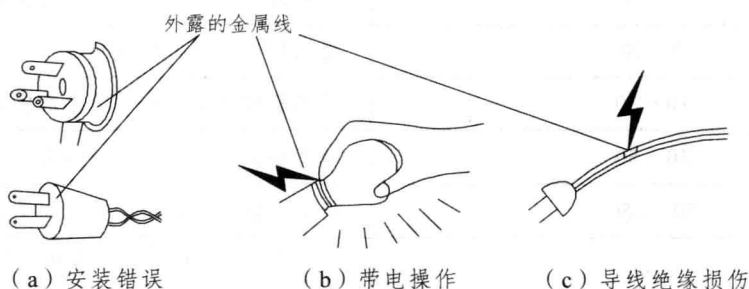


图 1.2 触电示例

2. 双极接触

双极电击是指人体离开接地导体，人体某两部分同时触及两相带电导体所引起的电击，如图 1.3 所示。在此情况下，人体所承受的电压为三相系统中的线电压，因电压相对较大，其危险性也较大。应当指出，漏电保护装置对两相电击是不起作用的。

3. 静电接触

在检修电器或科研工作中有时电器设备已断开电源，但在接触设备某些部分时发生了触电事故，这在一部分有高压大容量电容器的情况下会出现。特别是质量好的电容器能长期储存电荷，容易被忽略。

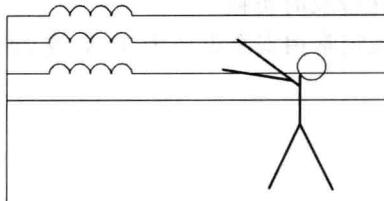


图 1.3 双击触电

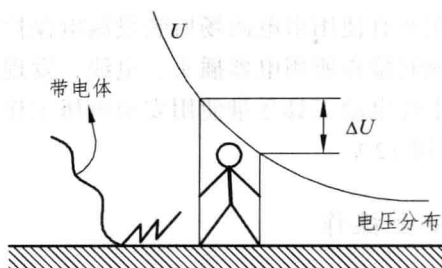


图 1.4 跨步电压触电

4. 跨步电压

人体进入地面带电的区域时，两脚之间承受的电压称为跨步电压。由跨步电压造成的电击称为跨步电压电击，如图 1.4 所示。当电流流入地下时（这一电流称为接地电流），电流自接地体向四周流散（这时的电流称为流散电流），于是接地点周围的土壤中将产生电压降，接地点周围地面将呈现不同的对地电压。接地体周围各点对地电压至接地体的距离大致保持反比关系。因此，人站在接地点周围时，两脚之间可能承受一定电压，遭受跨步电压电击。

可能发生跨步电压电击的情况有：带电导体特别是高压导体故障接地时，或接地装置流过故障电流时，流散电流在附近地面各点产生的电位差可造成跨步电压电击；正常时有较大工作电流流过接地装置附近，流散电流在地面各点产生的电位差，可造成跨步电压电击；防雷装置遭受雷击或高大设施、高大树木遭受雷击时，极大的流散电流在其接地装置或接地点附近地面产生的电位差，可造成跨步电压电击。

三、防止触电

防止触电是安全用电的核心。没有一种措施或一种保护器是万无一失的。最保险的钥匙掌握在自己手中，即安全意识和警惕性。以下几点是最基本、最有效的安全措施。

1. 安全制度

在工厂企业、科研院所、实验室等用电单位，几乎无一例外地制定有各种各样的安全用电制度。这些制度有的是在科学分析的基础上制定的，有的是在实际中根据经验教训总结出来的，可以说很多制度条文是惨痛的教训换来的。当走进车间、实验室等一切用电场所时，千万不要忽略安全用电制度，不管这些制度粗看起来如何“不合理”，如何“妨碍”工作，都不能忽视。

2. 安全措施

预防触电的措施很多，有关安全技术将在后面作为共同问题进行讨论，这里提出的几条措施都是最基本的安全保障。

① 对正常情况下带电的部分，一定要加绝缘防护，并且置于人不容易碰到的地方。例如输电线、配电盘、电源板等。

② 所有金属外壳的用电器及配电装置都应该装设保护接地或保护接零。对目前大多数工作生活用电系统而言是保护接零。

- ③ 在所有使用市电的场所装设漏电保护器。
- ④ 随时检查所用电器插头、电线，发现破损老化应及时更换。
- ⑤ 手持电动工具尽量使用安全电压工作。我国规定常用安全电压为 36 V 或 24 V，特别危险场所用 12 V。

3. 安全操作

- ① 任何情况下检修电路和电器都要确保断开电源，仅仅断开设备上的开关是不够的，还要拔下插头。
- ② 不要湿手开关、插拔电器。
- ③ 遇到不明情况的电线，先认为它是带电的。
- ④ 尽量养成单手操作电工作业。
- ⑤ 不在疲倦、带病等不利状态下从事电工作业。
- ⑥ 遇到较大体积的电容器先行放电，再进行检修。

4. 安全产品

理论上讲，进入市场的产品都应该是安全性能有保证的，但实际社会中，一些不合格产品往往给用户造成安全事故。用户选择由国家安全检验权威部门即中国电工产品认证委员会（CCEE）检测通过的产品，是安全的根本保证。该委员会是国际电工委员会电工产品安全认证组织（IECEE）批准的国家认证组织，检测标准符合国际标准，并有统一的认证标志，如图 1.5 所示。



图 1.5 CCEE 认证标志

第二节 设备安全

设备安全是个庞大的题目。各行各业、各种不同设备都有其安全使用问题。我们这里讨论的，仅限于一般范围工作、学习、生活场所的用电仪器，设备及家用电器的安全使用。这里涉及的是最基本的安全常识。

一、设备接电前检查

将用电设备接入电源，这个问题似乎很简单，其实不然。有的价值数十万元的昂贵设备，接上电源一瞬间变成废物；有的设备本身故障引起整个电网异常，造成难以挽回的损失。问题何在？

- ① 用电器不一定是接 AC 220 V/50 Hz 电源。我国市电标准为 AC 220 V/50 Hz，但是世界上不同国家采用标准不一样，有 AC 110 V、AC 120 V、AC 115 V、AC 127 V、AC 225 V、AC 230 V、AC 240 V 等电压，电源频率有 50/60 Hz 两种。有些小型设备要求低压直流如 5 V、9 V、17 V 等。

② 环境电源不一定是 220 V，特别是工厂企业、科研院所等场所，有些地方需要 AC 380 V，有些地方需要 AC 36 V，有的地方可能需要 DC 12 V。

③ 新的设备不等于是没问题的设备。且不说假冒伪劣，即使一台合格产品，在运输、搬动中也有可能出问题。

因此，建议设备接电前“三查”：

① 查设备铭牌：按国家标准，设备都应在醒目处有该设备要求电源电压、频率、电源容量的铭牌或标志。小型设备的说明也可能在说明书中。

② 查环境电源：电压、容量是否与设备吻合。

③ 查设备本身：电源线是否完好，外壳是否可能带电。

二、电器设备基本安全防护

所有使用交流电源的电器设备（包括家用电器、工业电气设备、仪器仪表等）均存在绝缘损坏而漏电的问题，按电工标准将电器设备分为 4 类，各类电器设备特征及安全防护见表 1.3。

表 1.3 电气设备分类及基本安全防护

类型	主要特征	基本安全防护	适用范围及说明
0	一层绝缘，二线插头，金属外壳，且没有接地线	使用环境为电气绝缘或采用隔离变压器	0 型为淘汰电器类型，但一部分旧电器仍在使用的
I	金属外壳接出一根线，采用三线插头	接地保护三孔插座，保护零线可靠接地	较大型电器设备多为此类
II	绝缘外壳形成双重绝缘，采用二线插头	防止电线破损	小型电器设备
III	低压电源的电器	使用符号电气绝缘要求的变压器	在恶劣环境中使用的电器及某些工具

三、设备使用异常的处理

用电设备在使用中可能发生以下几种异常情况：

- ① 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 仪表指示超范围。有些指示仪表数值突变，超出正常范围。

异常情况的处理办法：

- ① 凡遇上述异常情况之一，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，决不允许换上大容量熔断器工作。一定要查清原因再换上同规格熔断器。

③ 及时记录异常现象及部位，避免检修时再通电。

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受损但未完全损坏，暂时未造成严重后果，但随着时间推移，绝缘逐渐完全破坏，电阻 R_0 急剧减小，危险增大，因此必须及时检修。

第三节 用电安全技术简介

实践证明，采用用电安全技术可以有效预防电气事故。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。

一、接地和接零保护

在正常情况下，直接防护措施能保证人身安全，但是当电气设备绝缘发生故障而损坏时（如因温度过高绝缘发生热击穿、在强电场作用下发生电击穿、绝缘老化等都可能造成绝缘性能下降和损坏），造成电气设备严重漏电，使不带电的外露金属部件如外壳、护罩、构架等呈现出危险的接触电压，当人们触及这些金属部件时，就构成间接触电。

间接接触防护的目的是为了防止电气设备故障情况下，发生人身触电事故，也是为了防止设备事故进一步扩大。目前主要采用保护接地、保护接零以及等电位连接均压等技术措施。保护接地和保护接零，也称接地保护和接零保护，虽然两者都是安全保护措施，但是它们实现保护作用的原理不同。简单地说，保护接地是将故障电流引入大地；保护接零是将故障电流引入系统，促使保护装置迅速动作而切断电源。

1. 接 地

在中性点不接地的配电系统中，电气设备宜采用接地保护。这里的“接地”同电子电路中简称的“接地”（在电子电路中“接地”是指接公共参考电位“零点”）不是一个概念，是真正的接大地。即将电气设备的某一部分与大地土壤作良好的电气连接，一般通过金属接地体并保证接地电阻小于 $4\ \Omega$ 。

如没有接地保护，则流过人体电流为：

$$I_r = \frac{V}{R_r + \frac{Z}{3}}$$

式中 I_r ——流过人体电流；

V ——相电压；

R_r ——人体电阻；

Z ——相线对地阻抗。

当接上保护地线时，相当于给人体电阻并上一个接地电阻 R_G ，此时流过人体的电流为：

$$I_r = \frac{R_G}{R_G + R_r} I_r$$

由于 $R_G \ll R_r$ ，故可有效保护人身安全。

由此也可看出，接地电阻越小，保护越好，这就是为什么在接地保护中总强调接地电阻要小的缘故。

2. 接零保护

对变压器中性点接地系统（现在普遍采用电压为 380/220 V 三相四线制电网）来说，采用外壳接地已不足以保证安全。

采用接零保护时，电气设备的金属外壳直接与低压配电系统的零线连接在一起。当其中任何一相绝缘损坏而使外壳带电时，就形成相线和零线短路。由于相-零回路阻抗很小，所以短路电流很大，使线路上的保护装置（如断路器、熔断器等）迅速动作，切除故障设备的电源，从而起到防止人身触电的保护作用，并减少设备损坏的机会。

因人体电阻 R_r 远大于设备接地电阻 R_b ，所以人体受到的电压即相线与外壳短路时外壳的对地电压 U_a ，而 U_a 取决于下式：

$$U_a \approx \frac{R_b}{R_0 + R_b} U$$

式中 R_0 ——工作接地的接地电阻；

R_b ——保护接地的接地电阻；

U ——相电压。

设 $R_0 = 4 \Omega$ ， $R_b = 4 \Omega$ ， $U = 220 \text{ V}$ ，则 $U_a = 110 \text{ V}$ 。这对人来说是不安全的。因此，这种系统中，应采用保护接零，即将金属外壳与电网零线相接。一旦相线碰到外壳即形成与零线之间的短路，产生很大电流，使熔断器或过流开关断开，切断电流，因而可防止电击危险。这种采用保护接零的供电系统，除工作接地外，还必须有保护重复接地。在一定距离和分支系统中，必须采用重复接地，这些属于电工安装中的安全规则，电源线必须严格按有关规定制作。

应注意的是这种系统中的保护接零必须是接到保护零线上，而不能接到工作零线上。保护零线同工作零线，虽然它们对地的电压都是 0 V，但保护零线上是不能接熔断器和开关的，而工作零线上则根据需要可接熔断器及开关。这对有爆炸、火灾危险的工作场所为减轻过负荷的危险是必要的。图 1.6 所示为室内有保护零线时，用电器外壳采用保护接零的接法。

二、漏电保护开关

漏电保护开关也叫触电保护开关，是一种保护切断

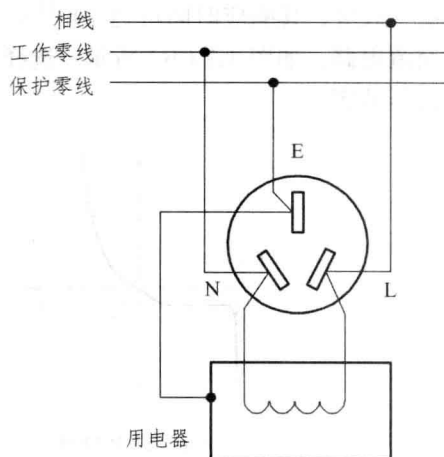


图 1.6 三线插座接线

型的安全技术，它比保护接地或保护接零更灵敏，更有效。据统计，某城市普遍安装漏电保护器后，同一时间内触电伤亡人数减少了 2/3，可见技术保护措施的作用不可忽视。

按国家标准规定，电流型漏电保护开关电流时间乘积为 $\leq 30 \text{ mA} \cdot \text{s}$ 。实际产品一般额定动作电流 30 mA，动作时间为 0.1 s。如果是在潮湿等恶劣环境，可选取动作电流更小的规格。另外还有一个额定不动作电流，一般取 5 mA，这是因为用电线路和电器都不可避免地存在微量漏电。

选择漏电保护开关更要注重产品质量。一般地说，经国家电工产品认证委员会认证，带有长城安全标志的产品是可信的。

三、过限保护

上述接地、接零保护，漏电开关保护主要解决电器外壳漏电及意外触电问题。另有一类故障表现为电器并不漏电，但由于电器内部元器件、部件故障，或由于电网电压升高引起电器电流增大，温度升高，超过一定限度，结果导致电器损坏甚至引起电气火灾等严重事故。对这一种故障，目前正在迅速发展一种自动保护元件和装置。常用的这种元件和装置有以下几种。

1. 过压保护

过压保护装备有集成过压保护器和瞬变电压抑制器。

① 过压保护器是一种安全限压自控部件，使用时并联于电源电路中。当电源正常工作时功率开关断开。一旦设备电源失常或失效超过保护阈值，采样放大电路将使功率开关闭合，将电源短路，使熔断器断开、保护设备免受损失。

② 瞬变电压抑制器 TVP。

这是一种类似稳压管特性的二端器件，但比稳压管响应快，功率大，能“吸收”高达数千瓦的浪涌功率。

TVP 的特性曲线如图 1.7 (a) 所示，正向特性类似二极管，反向特性在 V_B 处发生“雪崩”效应，其响应时间可达 10^{-12} s 。将 2 只 TVP 管反向串联接即可具有“双极”特性，可用于交流电路，如图 1.7 (b) 所示。选择合适的 TVP 就可保护设备不受电网或意外事故而产生的高压危害。

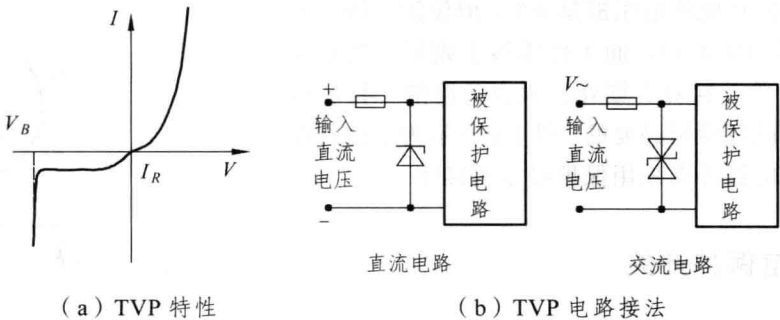


图 1.7 TVP 特性及电路接法

2. 温度保护

电器温度超过设计标准是造成绝缘失效,引起漏电、火灾的关键。温度保护除传统的温度继电器外,热熔断器是一种新型有效而且经济实用的元件。其外形如同一只电阻器,可以串接在电路中,置于任何需要控制温度的部位,正常工作时相当于一只阻值很小的电阻,一旦电器温升超过阈值,立即熔断,从而切断电源回路。

3. 过流保护

用于过电流保护的装置和元件主要有熔断丝、电子继电器及聚合开关,它们都是串接在电源回路中防止意外电流超限。

熔断丝用途最普遍,主要特点是简单、价廉。不足之处是反应速度慢而且不能自动恢复。

电子继电器过流开关,也称电子熔断丝,反应速度快,可自恢复,但较复杂,成本高,在普通电器中难以推广。

聚合开关实际是一种阻值可以突变的正温度系数电阻器。当电流在正常范围时呈低阻(一般为 $0.05 \sim 0.5 \Omega$),当电流超过阈值后阻值很快增加几个数量级,使电路电流降至数毫安。一旦温度恢复正常,电阻又降至低阻,故其有自锁及自恢复特性。由于体积小,结构简单,工作可靠且价格低,故可广泛用于各种电气设备及家用电器。

四、智能保护

随着现代化的进程,配电、输电及用电系统越来越庞大,越来越复杂,即使采取上述多种保护方法,也总有局限。当代信息技术的飞速发展,传感器技术、计算机技术及自动化技术的日趋完善,使得综合性智能保护系统成为可能。

各种监测装置和传感器(声、光、烟雾、位置、红外线等)将采集到的信息经过接口电路输入计算机,进行智能处理,一旦发生事故或事故预兆,通过计算机判断及时发出处理指令,例如:切断事故发生地点的电源或者总电源,启动自动消防灭火系统,发出事故警报等,并根据事故情况自动通知消防或急救部门。保护系统可将事故消灭在萌芽状态或使损失减至最小,同时记录事故详细资料。这是一个系统工程,是安全技术发展的方向。

第四节 电子装接操作安全

这里所说的电子装接泛指工厂规模化生产以外的各种电子电气操作,例如电器维修、电子实验、电子产品研制、电子工艺实习以及各种电子制作等。其特点是大部分情况下为少数甚至个人操作,操作环境和条件千差万别,安全隐患复杂而没有明显的规律。

一、用电安全

尽管电子装接工作通常称为“弱电”工作,但实际工作中免不了接触“强电”。一般常用

电动工具(如电烙铁、电钻、电热风机等)、仪器设备和制作装置大部分需要接市电才能工作,因此用电安全是电子装接工作的首要关注点。

实践证明以下3点是安全用电的基本保证。

1. 安全用电观念

将安全用电的观念贯穿在工作的全过程,是安全的根本保证。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。

用电安全格言:“只要用电就存在危险”,“侥幸心理是事故的催化剂”,“投向安全的每一分精力和物质永远保值”。

2. 基本安全措施

工作场所的基本安全措施是保证安全的物质基础。基本安全措施包括以下几条:

- ① 工作室电源符合电气安全标准。
- ② 工作室总电源上装有漏电保护开关。
- ③ 使用符合安全要求的低压电器(包括电线、电源插座、开关、电动工具、仪器仪表等)。
- ④ 工作室或工作台上便于操作的电源开关。
- ⑤ 从事电力电子技术工作时,工作台上应设置隔离变压器。
- ⑥ 调试、检测较大功率电子装置时工作人员不少于2人。

3. 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。主要安全操作习惯有:

- ① 人体触及任何电气装置和设备时先断开电源。断开电源一般指真正脱离电源系统(例如拔下电源插头,断开闸刀开关或断开电源连接),而不仅是断开设备电源开关。
- ② 测试、装接电力线路采用单手操作。
- ③ 触及电路的任何金属部分之前都应进行安全测试。

二、机械损伤

电子装接工作中机械损伤比在机械加工中要少得多,但是如果放松警惕、违犯安全规程仍然存在一定危险。

例如:戴手套或者披散长发操作钻床是违犯安全规程的,实践中曾发生手臂和头发被高速旋转的钻具卷入,造成严重伤害的事故。

再如:使用螺丝刀紧固螺钉可能打滑伤及自己的手;剪断印制板上元件引线时,线段飞射打伤眼睛等事故都曾发生。而这些事故只要严格遵守安全制度和操作规程,树立牢固的安全保护意识,是完全可以避免的。