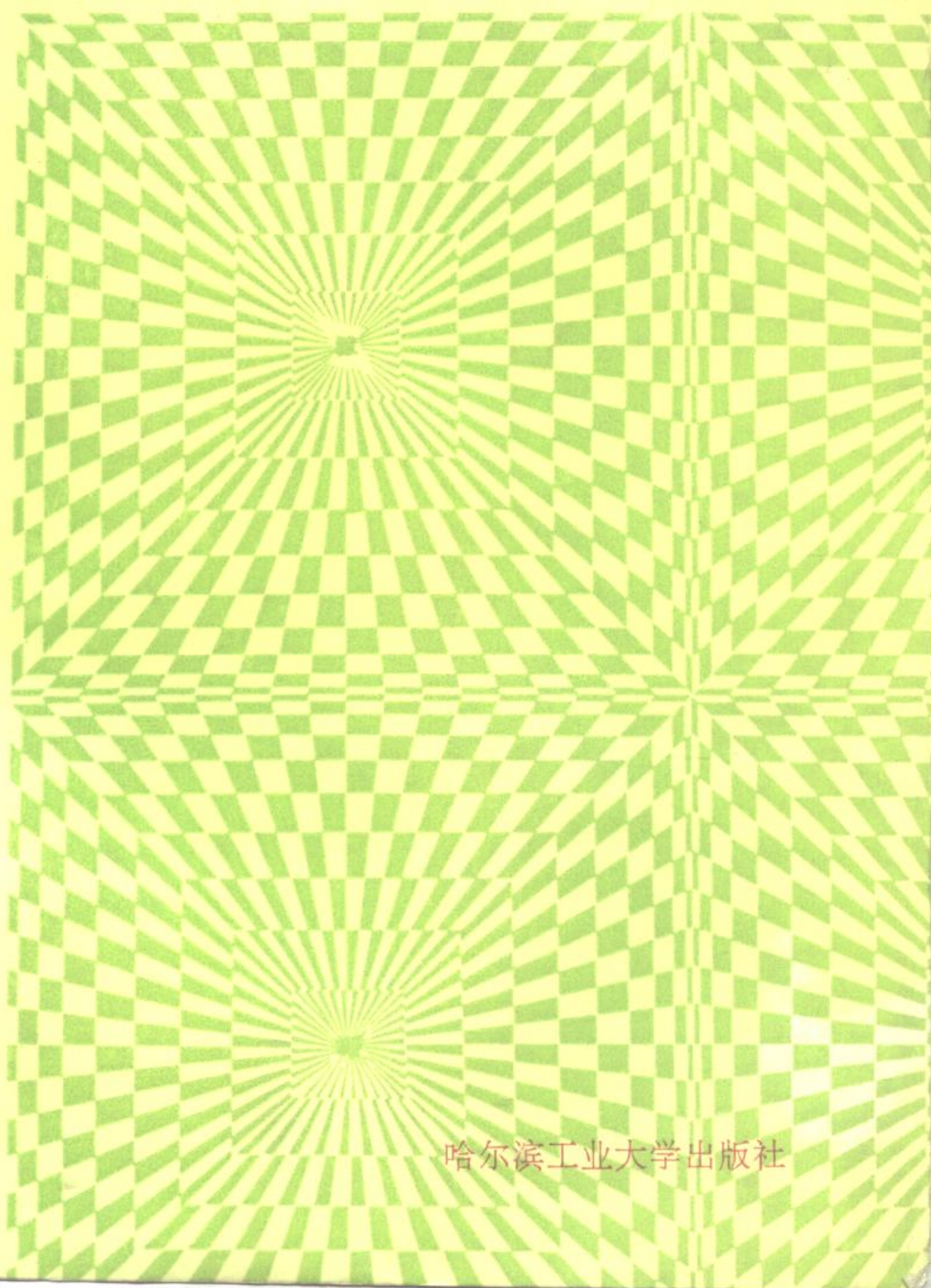


焦骝厚 主编

电子工艺实习教程

dian zi gong yi shi xi jiao cheng



哈尔滨工业大学出版社



社

(黑)新登字第4号

内 容 提 要

本书是根据哈尔滨工业大学“电子工艺实习教学大纲”的要求,结合近几年对学生电子工艺实践的指导经验,并参考了清华大学等院校的同类教材编写的。内容密切结合实际,编排合理、重点突出,能引导读者进行电子工艺最基本的技能培养和训练。主要包括:电子技术安全知识;电子元器件的种类、性能、选用原则及质量判别;锡焊机理及手工焊接工艺技术;印制电路的设计与制作工艺;电子仪器的整机工艺设计及生产过程;常用测试仪器的使用方法的等。本书以基本操作、装焊技术、工艺设计为主,力求一定的先进性和实用性,从而开扩读者的眼界,并对现代化的电子工艺技术有一个概括的了解。

本书可作为高等理工科院校本科学生电子工艺实习的教材,亦可供有关工程技术人员参考。

电子工艺实习教程

焦辐厚 主编

*

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨市装潢印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 印张10.375 字数236千字

1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷

印数 1—3000

ISBN 7-5603-0402-8/TN·19 定价2.85元

2420/3703

前 言

“电子工艺实习”是一门实践性的技术基础课，它是工程师基本训练的重要环节之一。应该列为理工科院校电类各专业的必修课和非电类有关专业的选修课。通过本课程的学习与实践，让学生开始接触电子产品的生产实际，了解电子工艺的一般知识和掌握最基本的技能，为今后的专业实验、课程设计和毕业设计准备必要的工艺知识和操作技能。同时还可使学生在科学的工作作风和严格的生产劳动纪律方面得到初步培养。

本课程由课堂讲授和实践操作两部分组成，而以实践操作为主。在实习中安排手工烙铁焊接训练、小型电子产品的加工与调试和印制电路板的设计与制作等，最好再配以电教片进行先进工艺及操作方法的示范表演。讲授基本工艺理论知识主要是为指导学生实践操作，有些内容要先讲后做或边讲边做。在实践中，使学生掌握操作要领，在操作中加深对基本理论的理解，从而提高对工艺规程必然性与重要性的认识。

本课程在哈尔滨工业大学开设过程中，得到学校各级领导的关怀和重视，并收到了良好的教学效果。本书是在焦轶厚、汪加有编的《电子工艺学》讲义的基础上，经过两年多教学实践的经验总结，作了较全面的增补和修改编写而成的。参加本书编写的有窦亚茹、王松龙、李敬伟、肖景东、孙福刚和焦轶厚，由焦轶厚主编。书稿完成后由吴中一教授主审，提出了许多修改意见。吕超英同志参加了制图工作。在编写过程中，曾得到有关领导与同志的支持与帮助，在此，一并表示深切的感谢。

由于作者水平有限，搜集资料还不够充分，书中难免有不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

1992.4

目 录

第一章 电子技术安全知识	(1)
第一节 触电及其对人体的危害.....	(1)
一、安全电压.....	(1)
二、电击强度.....	(1)
三、电流途径.....	(2)
四、电流的性质.....	(2)
第二节 保护接零与保护接地.....	(2)
一、三相电路的保护接零.....	(3)
二、三相电路的保护接地.....	(3)
三、单相电路的保护接零.....	(3)
第三节 常见不安全因素及防护.....	(4)
一、直接接触及电源.....	(4)
二、错误使用设备.....	(5)
三、金属外壳带电.....	(5)
四、电容器放电.....	(6)
第四节 安全常识.....	(6)
一、接通电源前的检查.....	(6)
二、检修、调试电子设备的注意事项.....	(6)
三、装焊操作安全规则.....	(7)
四、触电急救.....	(7)
第二章 元器件简介	(9)
第一节 电阻器.....	(9)
一、电阻器的主要技术指标.....	(10)
二、电阻器的标志内容及方法.....	(12)
三、几种常用电阻器的结构、特点及应用.....	(13)
四、电阻器的合理选用与质量判别.....	(16)
第二节 电位器.....	(18)
一、电位器的主要技术指标.....	(18)
二、电位器的类别与型号.....	(19)
三、几种常用的电位器.....	(20)
四、电位器的合理选用及质量判别.....	(21)
第三节 电容器.....	(22)

一、电容器的主要技术参数·····	(22)
二、命名与分类·····	(23)
三、几种常用的电容器·····	(26)
四、电容器的合理选用及质量判别·····	(30)
第四节 电感器·····	(32)
一、电感器的基本参数·····	(32)
二、几种常用的电感器·····	(33)
第五节 开关及接插件·····	(35)
一、常用接插件·····	(36)
二、开关·····	(37)
三、正确选用开关及接插件·····	(39)
第六节 半导体分立器件·····	(40)
一、型号命名与分类·····	(40)
二、封装及管脚·····	(42)
三、使用注意事项·····	(43)
第七节 半导体集成电路·····	(44)
一、基本结构与类别·····	(45)
二、型号与命名·····	(45)
三、使用与注意事项·····	(49)
第八节 小型电源变压器的设计与制作·····	(50)
一、小型单相变压器的设计·····	(50)
二、小型变压器的制作·····	(58)
三、变压器的检验·····	(60)
四、使用注意事项·····	(60)
第三章 焊接技术 ·····	(62)
第一节 焊接工具·····	(62)
一、电烙铁的分类及结构·····	(62)
二、电烙铁的选用·····	(63)
三、烙铁头的选择与修整·····	(63)
四、其它常用工具·····	(64)
第二节 焊接材料·····	(65)
一、焊料·····	(65)
二、焊剂·····	(68)
第三节 锡焊机理·····	(70)
一、锡焊及其特点·····	(70)
二、锡焊机理·····	(70)
三、锡焊的条件·····	(71)
第四节 元器件装焊前的准备·····	(72)

一、元器件引线加工成型	(72)
二、镀锡	(74)
第五节 手工烙铁焊接技术	(76)
一、焊接操作姿势与卫生	(76)
二、焊接操作的基本步骤	(77)
三、焊接温度与加热时间	(78)
四、焊接操作手法	(79)
第六节 电子线路手工焊接工艺	(81)
一、印制电路板的焊接	(81)
二、集成电路的焊接	(81)
三、几种易损元件的焊接	(82)
四、导线焊接技术	(83)
五、拆焊	(86)
第七节 焊点要求及质量检查	(87)
一、对焊点的要求	(87)
二、典型焊点的外观及检查	(88)
三、通电检查	(88)
四、常见焊点的缺陷及分析	(88)
第八节 工业生产中电子产品焊接简介	(92)
一、浸焊与波峰焊	(92)
二、再流焊	(92)
三、其它焊接方法	(93)
第四章 印制电路的设计与制造工艺	(94)
第一节 印制电路排版设计前的准备	(94)
一、板材、板厚、形状、尺寸的确定	(94)
二、印制板对外连接方式的选择	(95)
第二节 印制板上的干扰及抑制	(97)
第三节 印制电路设计的一般原则	(100)
一、元器件安装与布局	(100)
二、连接盘	(103)
三、印制导线	(105)
第四节 印制电路的排版设计	(106)
一、草图设计	(107)
二、照相底图的绘制方法	(109)
三、印制电路的计算机辅助设计	(111)
第五节 印制电路板的制作	(114)
一、制作过程中的基本环节	(114)
二、印制板的生产工艺	(117)

三、手工自制印制板·····	(118)
第五章 整机工艺设计与生产·····	(120)
第一节 整机工艺设计·····	(120)
一、结构设计·····	(120)
二、环境保护设计·····	(124)
三、外观及装璜设计·····	(126)
第二节 产品的生产过程·····	(127)
第六章 常用电子测试仪器简介·····	(129)
第一节 万用表·····	(129)
第二节 示波器·····	(133)
一、SS-5702型双踪示波器旋钮和开关的作用·····	(133)
二、SS-5702型示波器的基本操作方法·····	(135)
三、SS-5702型示波器的使用方法·····	(136)
第三节 低频信号发生器·····	(139)
第四节 高频讯号发生器·····	(141)
一、XFG-7型高频讯号发生器的面板布置·····	(141)
二、XFG-7型高频讯号发生器的一般使用方法·····	(142)
第五节 扫频仪·····	(143)
一、旋钮和开关的作用·····	(144)
二、使用方法·····	(145)
三、扫频仪在电子测量技术中的应用·····	(148)
第六节 晶体管特性图示仪·····	(150)
一、JT-1型晶体管图示仪旋钮和开关的作用·····	(150)
二、半导体器件测试举例·····	(153)
参考文献·····	(157)

第一章 电子技术安全知识

安全用电技术是研究如何预防用电事故及保障人身、设备安全的一门技术。在电子装配调试中,要使用各种工具、电器、仪器等设备,同时还接触危险的高压电,如果不掌握必要的安全知识,操作中缺乏足够的警惕,就可能发生人身、设备事故。为此,必须了解电子技术操作中有哪些不安全因素及其预防措施。

第一节 触电及其对人体的危害

触电是从事电类工作时刻不能忘记的危险事件。触电对人体的伤害有电击、电伤两种。电击是指电流通过人体内部,影响呼吸、心脏和神经系统,造成人体内部组织的损坏乃至死亡的触电事故。电伤是指电流对人体外部造成的局部伤害,如电弧烧伤。绝大部分触电事故是由电击造成的,通常所说的触电事故基本上是指电击。

触电对人体的伤害程度与通过人体的电流大小、通电时间、电流途径及电流性质有关。

一、安全电压

通过人体的电流越大,人体的生理反应越强烈,致命的危害也就越大。通过人体电流的大小,主要取决于施加于人体的电压及人体本身的电阻。

人体电阻包括皮肤电阻和体内电阻。体内电阻基本不受外界条件影响,其值约为 500Ω 。皮肤电阻随外界条件不同有较大范围的变化,一般干燥的皮肤,电阻大约有 $100k\Omega$ 以上,但随着皮肤的湿度加大,电阻逐渐减小,可小到 $1k\Omega$ 以下。所以,倘若用湿手接触 $36V$ 的安全电压,同样会受到电击,此时的安全电压也不安全了。安全电压通常是就人体皮肤干燥时而言的。我国规定的安全电压有 $36V$ 、 $24V$ 、 $12V$ 等。在潮湿条件下的安全电压应为 $24V$ 、 $12V$ 。

二、电击强度

人体的心脏每收缩、扩张一次,中间约有 $0.1s$ 的间歇,这段时间心脏对电流最为敏感。在这一瞬时,即使是很小的电流(几十毫安)通过心脏也会引起心室颤动。如果电流不在这一瞬间通过心脏,危险性可能小些。

通过人体的电流 I 与通电时间 t 的乘积 $I \cdot t$ 叫电击强度。要准确地定出某人所能承受的电击强度是不可能的,因每个人的生理条件及承受能力不同。根据大量研究统计,人体承受到 $30mA \cdot s$ 以上的电击强度时,就会产生永久性的伤害。一般不足 $1mA$ 的电流,可引起肌肉收缩、神经麻木,电疗仪及电子针灸仪,就是利用微弱电流对人体的刺

激来达到治疗目的。数毫安的电流经过人体可产生电击感觉。十几毫安电流可使肌肉剧烈收缩、痉挛、失去自控能力，无力使自己与带电体脱离。如果几十毫安电流通过人体达1s以上就可造成死亡。而几百毫安的电流可使人体严重烧伤，并且立即停止呼吸。

三、电流途径

如果电流不经人体的脑、心、肺等重要部位，除了电击强度较大时可造成内部烧伤外，一般不会危及生命。但如果电流流经上述部位，就会造成严重后果。这是由于电击会使神经系统麻痹而造成心脏停跳、呼吸停止。例如，电流从一只手流到另一只手，或由手流到脚，就是这种情况。

四、电流的性质

不同种类电流对人体伤害是不一样的。相对而言40~300Hz的交流电，对人体的危险要比高频电流、直流电及静电大。这是因为高频（特别是高于20kHz）电流的集肤效应，使得体内电流相对减弱，因而对人伤害较小；直流电则不容易使心脏颤动，因而人体忍受直流电击的电流强度较高一些；而静电的作用，一般随时间很快地减弱，没有足够量的电荷，不会导致严重的后果。危险的工频电流流经人体内部，当通电时间超过心脏脉动周期时，极易引起心室颤动而产生危险后果。

雷电和电容器放电都能产生冲击电流。冲击电流通过人体能引起强烈的肌肉收缩，所以，在使用高压、大容量的电容时，一定要注意防止瞬时冲击电流产生的电击危险。

第二节 保护接零与保护接地

电力系统将输电线路的高压电（6kV以上）经变压器降压后，送给工厂和用户使用。我国采用三相四线制供电，线路如图1-1。变压器副端中性点接地叫工作接地，从中性点引到用户的线称之为工作零线。

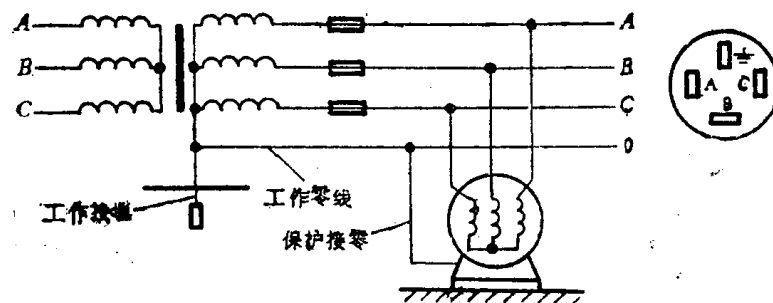


图1-1 保护接零原理图

一、三相电路的保护接零

在中性点接地的三相四线制电力系统中，用电设备外壳与工作零线相接称之为保护接零。当绝缘损坏，有一相碰壳时，通过设备外壳使该相与零线形成单相短路（即短路碰壳）。利用短路时产生的大电流，促使线路保护装置断开（如熔断器断开），以消除触电危险。图1-1为三相用电系统的保护接零原理图，可用四芯插头座来实现。应用保护接零时注意事项是：零线不准接保险丝；零线要有足够的机械强度。

二、三相电路的保护接地

在没有中性点接地的三相三线制电力系统中，用电设备外壳与大地连接起来称之为保护接地。见图1-2。当一相碰壳而设备外壳未接地的情况下，人触及设备外壳就要发生单相触电。当采用保护接地线时，接地电阻 R_d 远小于人体电阻 R_r 。所以当人体接触带电外壳时，由于 $R_d \ll R_r$ ，产生的大电流通过 R_d ，使电路保护装置动作，可避免人体触电危险。

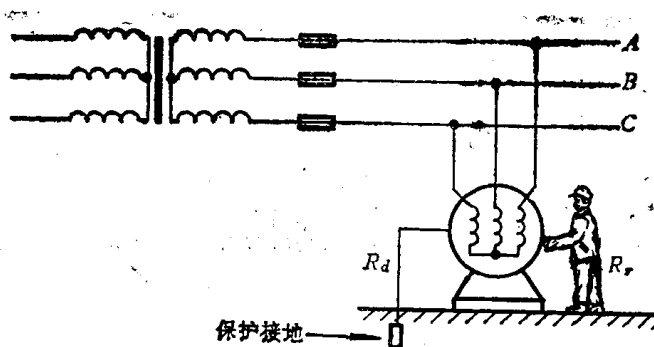


图1-2 保护接地原理图

在有保护接地的系统中，接地装置要可靠，接地电阻 $R_d \leq 4 \sim 10\Omega$ 。接地装置分为接地体与接地线。接地体要用角铁、钢管等埋在两米深的大地下。接地线用足够强度的导线，并与接地体接触可靠。

三、单相电路的保护接零

电子仪器、家用电器等都采用单相220V供电。其中输电线中一根是相线，一根是工作零线。为了保证人身安全，电器外壳要接地（保护接零），所以还有一根保护零线，见图1-3（a）。为实现电器外壳的可靠接地，一般采用三芯插头座。插头的正确接线方法如图1-3（b），E接外壳（保护零线），L接相线，N接工作零线。在换接插头时，一定注意不要把保护零线与工作零线接在一起，这样不仅不能起到安全作用，反而可能使外壳带电。

这种采用保护接零的供电系统，除工作接地外，还应有保护重复接地。图1-4是民用220V供电系统的保护零线和工作零线的接线方法。在一定距离和分支系统中，必须采用重复接地，这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。应该

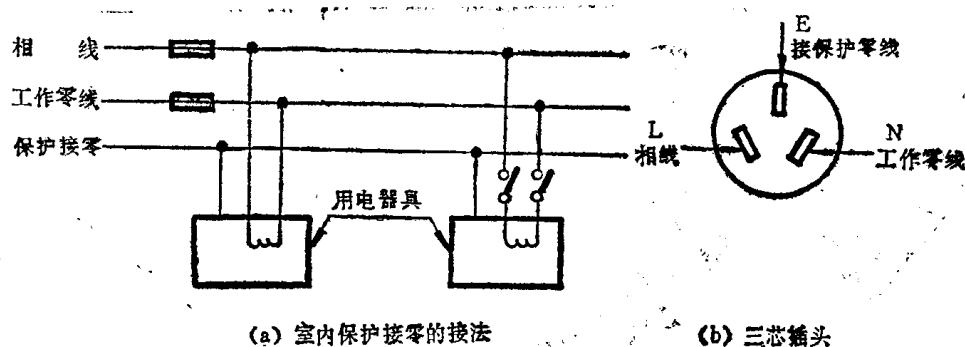


图1-3 单相电路的保护接零

注意的是，这种系统中的保护零线必须接到保护零线上，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零伏，但保护零线上是不接熔断器的，而工作零线上则根据需要可接熔断器及开关。

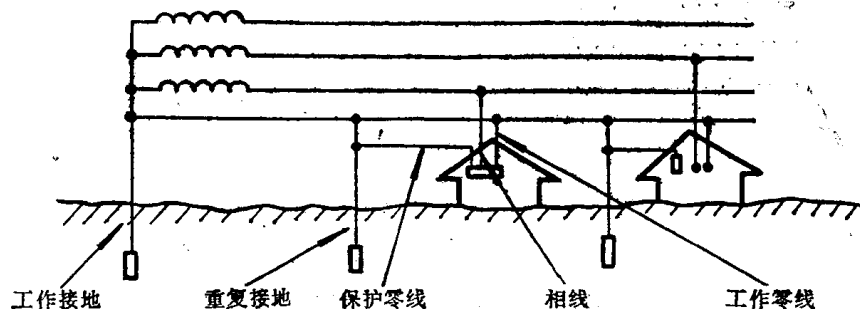


图1-4 采用220V供电系统的保护零线和工作零线

第三节 常见不安全因素及防护

电击的危害是由于人体同电源接触，或者是在高压电场中通过人体放电。后者在一般电子设备中是较少遇到的。常发生的电击是在220V交流电源上。其中有设备本身不安全因素，也有自己的错误操作以及缺乏安全知识等因素。

一、直接接触及电源

没有人糊涂到用手去摸220V的电源插座或裸露电线。但实际上，由于存在各种不为人所注意的途径，还是有人触到了电源而产生电击。下面的几个例子就是在不引人注意的地方隐藏着危险。

(1) 电源线破损。经常使用的电器，如电烙铁、台灯等的塑料电源线，因无意中割伤或烙铁烫伤塑料绝缘而裸露金属导线，手碰该处就会引起触电。

(2) 拆装螺口灯头时，手指触及灯泡螺纹引起触电。

(3) 调整仪器时，电源开关断开，但未拔下插头，开关上部分接点带电。

二、错误使用设备

在电子仪器调试或电路实验中，往往使用多种电器设备组成所需电路。如果不充分了解每种设备的电路接线情况，有可能将220V电源线引入到我们认为安全的地方，造成触电的危险。图1-5是一个曾发生事故的实例。

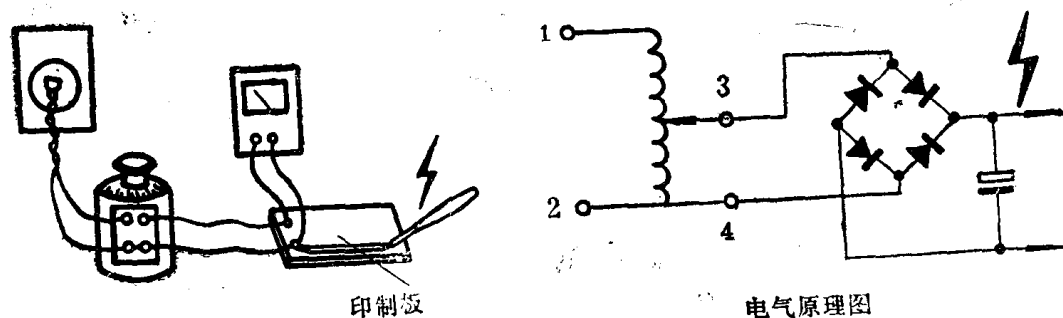


图1-5 错误使用自耦调压器

图1-5中，操作者试图用调压器来变化输入电压，试验稳压电源板在输入交流电压变化时的电路特性。电路接通时并没有异常现象，万用表测得电压十几伏，但在调整中用手碰电路板上元件时，却发生电击。其原因只要我们画出电原理图就很清楚，因为两芯的插头很容易将端点2接到电源相线上，这样虽然用万用表测得3、4端电压为十几伏，但4端有对地220V的高电压，一旦碰到同它相接的元器件或印制导线等，当然免不了触电。因此决不可从自耦变压器输出端取得安全低压，决不能仅仅相信电压表的指示值。

预防的办法很简单，只要采用三芯插头，使自耦变压器的公共点2接到工作零线上。

三、金属外壳带电

电器设备的金属外壳如果带电，操作者很容易触电，这种情况在电击事故中占很大比例。

使金属外壳带电有种种原因，常发生的情况有以下几种：

- (1) 电源线虚焊，造成在运输、使用过程中开焊脱落，搭接在金属件上而同外壳连通。
- (2) 工艺不良，产品本身带隐患。例如，用金属压片固定电源线，压片有尖棱或毛刺，容易在压紧或振动时损坏导线绝缘层。
- (3) 接线螺钉松动，造成电源线脱落。
- (4) 设备长期使用不检修，导线绝缘老化开裂，碰到外壳尖角处，形成通路。
- (5) 错误接线。有人在更换外壳接保护零线设备的插头、插座时，错误连接。如图1-6(b)所示。结果造成外壳直接接到电源火线上（注意：此时设备运行是正常的，不容易引起人的注意）。

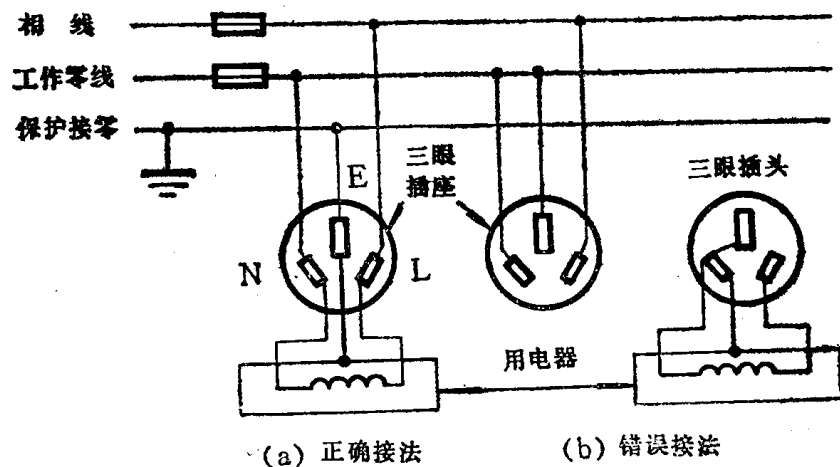


图1-6 三眼插头座的接法

四、电容器放电

电容器能够存储电能。一个充了电的电容器，具有同充电电源相同的电压，所储电能同电容器容量有关。断开电源后，电能可以存储相当长的时间，有人往往认为断开电源的电器设备是不会带电的。其实电容器同样可以产生电击，尤其是高电压、大容量电容器，可以造成严重的、甚至于致命的电击。一般电压超过千伏或者电压虽低但容量大于千微法以上的电容器，测试前一定要先放电。

第四节 安全常识

一、接通电源前的检查

任何新的或搬运过的以及自己不了解的用电设备，不要冒失拿起插头就往电源上插，要记住“四查而后插”。四查为：

- 一查电源线有无破损；
- 二查插头有无外露金属或内部松动；
- 三查电源线插头两极有无短路，同外壳（如果设备是金属外壳）有无通路；
- 四查设备所需电压值是否与供电电压相符。

最简单的办法可用万用表测，用 $\Omega \times 1k$ 或 $\Omega \times 10k$ 档。在电源开关断开情况下，对于二芯插头，两个电极之间及它们与外壳之间电阻均为无穷大。电源开关闭合时，两个电极与外壳电阻仍为无穷大。

对于三芯插头，外壳只能同接地极连接。在电源开关断开情况下，其余两极之间及对外壳均不通。

二、检修、调试电子设备的注意事项

- (1) 检修之前，一定要了解检修对象的电气原理，特别是电源系统。

(2) 不要以为断开电源开关就没有触电危险。只有拔下插头，并对仪器内的高电压大容量电容器放电处理后，才能认为是安全的。放电办法见图1-7。

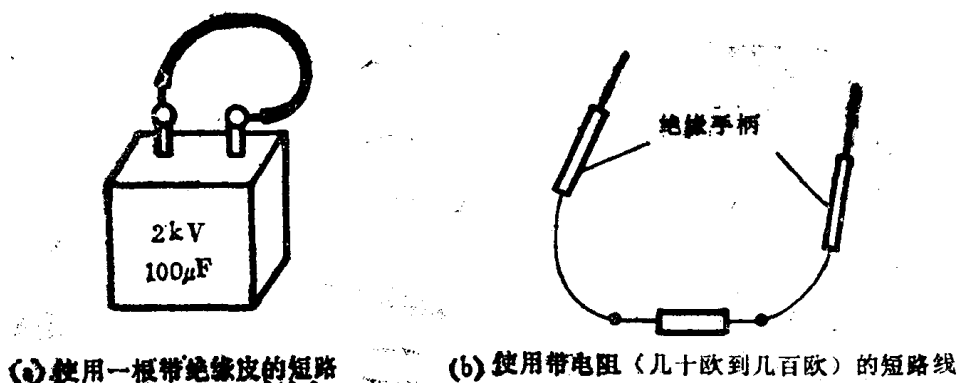


图1-7 使电容器放电

- (3) 不要随便改动仪器设备的电源线。
- (4) 需要带电检查调试时，要先用试电笔检查外壳和金属件及裸露的导线是否带电，使用万用表测电压时，一定要测有关部分的对地电压。
- (5) 洗手后或手出汗潮湿时，不要带电作业。尽可能用单手操作，另一只手放到背后或衣袋中。

三、装焊操作安全规则

- (1) 不要惊吓正在操作的人员，不要在车间打闹。
- (2) 烙铁头在没有确信脱离电源时，不能用手摸。
- (3) 烙铁头上多余的锡不要乱甩，特别是往身后甩危险很大。
- (4) 易燃品远离电烙铁。
- (5) 拆焊有弹性的元件时，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，要手拿插头，不要抓电源线。
- (7) 用螺丝刀拧紧螺钉时，另一只手不要握在螺丝刀刀口方向。
- (8) 用剪线钳剪断短小导线（例如印制板元件焊好后，去掉过长的引线）时，要让导线飞出方向朝着工作台或空地，决不可向人或设备。
- (9) 工作间要讲究文明生产，文明工作，各种工具、设备摆放合理、整齐，不要乱摆、乱放，以免发生事故。

四、触电急救

发生触电事故，千万不要惊慌失措，必须用最快的速度使触电者脱离电源。要记住：当触电者未脱离电源前本身就是带电体，同样会使抢救者触电。

脱离电源最有效的措施是拉闸或拔出电源插头。在一时找不到或来不及找电源的情况下，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，二要不使自己触电，一两秒的迟缓都可能造成无可挽救的后果。

脱离电源后如果病人呼吸、心跳尚存，应尽快送医院抢救。若心跳停止，应用人工

心脏挤压法维持血液循环；若呼吸停止，应即刻施行口对口人工呼吸。若心跳、呼吸全停，则应同时采用上述二法，并向医院告急求救。

第二章 元 器 件 简 介

元器件在各类电子产品中占有重要地位，特别是一些通用电子元器件，更是电子产品中必不可少的基本材料。熟悉和掌握各类元器件的性能、特点、使用范围等，对电子产品的设计、制造有着十分重要的作用，特别是近一个时期来，随着电子工业的迅速发展，不断对元器件提出新要求，而元器件行业也在不断采用新材料、新工艺，不断推出新产品，为电子产品的发展开拓新的途径。本章将对一些常用电子元器件，按其类别、性能特点、测试等作简单介绍，力求对五花八门的元器件有一概括性了解，以利于在产品设计中，扩大选用元器件的范围。如需对各类元器件的性能、技术指标等深入了解，必须查阅相应的手册。

第一节 电 阻 器

在电子线路中，具有电阻性能的实体元件称为电阻器，习惯上简称电阻。电阻器一般分固定电阻器、可变电阻器和敏感电阻器三大类。通常把可变电阻器叫做电位器（下一节讨论）。电阻器的品种繁多。可按材料与用途分类，按材料可分为：

(1) 合金型：用块状电阻合金拉制成合金线或碾压成合金箔制成电阻，如线绕电阻、精密合金箔电阻等。

(2) 薄膜型：在玻璃或陶瓷基体上沉积一层电阻薄膜，膜厚一般在几微米下，薄膜材料有碳膜、金属膜、化学沉积膜及金属氧化膜等。

(3) 合成型：电阻体本身由导电颗粒和有机（或无机）粘接剂混合而成，可制成薄膜或实芯两种，常见的有合成膜电阻和实芯电阻。

按用途可分为：

(1) 通用型：指适用于一般技术要求的电阻，额定功率范围为 $0.05\sim 2\text{W}$ ，阻值为 $1\Omega\sim 22\text{M}\Omega$ ，允差 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等。

(2) 精密型：有较高精密度及稳定性，功率一般不大于 2W ，标称值在 $0.01\Omega\sim 20\text{M}\Omega$ 之间，精密允差为 $\pm 2\%\sim \pm 0.001\%$ 之间分档。

(3) 高频型：电阻自身电感量极小，常称为无感电阻。用于高频电路，阻值小于 $1\text{g}\Omega$ ，功率范围宽，最大可达 100W 。

(4) 高压型：用于高压装置中，功率在 $0.5\sim 15\text{W}$ 之间，额定电压可达 35kV 以上，标称阻值可达 $10^3\text{M}\Omega$ 。

(5) 高阻型：阻值在 $10\text{M}\Omega$ 以上，最高可达 $10^{14}\Omega$ 。

(6) 集成电阻：这是一种电阻网络，它具有体积小、规整化、精密度高等特点，适用于电子设备及计算机工业生产中。

一、电阻器的主要技术指标

1. 额定功率

电阻器在电路中长时间连续工作不损坏、或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率称电阻器的额定功率。电阻器的额定功率并不是电阻器在电路中工作时一定要消耗的功率，而是电阻器在电路中工作允许消耗功率的限额。不同类型的电阻有不同系列的额定功率，见表2-1。

表 2-1

电阻器的功率等级

名 称	额 定 功 率 (W)					
实 芯 电 阻 器	0.25	0.5	1	2	5	
线 绕 电 阻 器	0.5	1	2	6	10	15
	25	35	50	75	100	150
薄 膜 电 阻 器	0.025	0.05	0.125	0.25	0.5	1
	2	5	10	25	50	100

2. 标称阻值

阻值是电阻的主要参数之一，不同类型的电阻，阻值范围不同，不同精度的电阻其阻值系列不同，根据部标，常用的标称电阻值（E24、E12和E6系列也适用于电位器和电容器）系列列于表2-2。

表 2-2

标称值系列

标 称 值 系 列	精 度	电 阻 器、电 位 器、电 容 器 标 称 值 ^①							
E24	±5%	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0
		2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3
		4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
E12	±10%	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7		
		3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2		
E6	±20%	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8		

①表中数值再乘以 10^n 。其中n为正整数或负整数。

3. 精度

实际阻值与标称阻值的相对误差为电阻精度也称允差。普通电阻的精度可分为±5%，±10%，±20%等，精密电阻的精度可分为±2%，±1%，±0.5%…±0.001%等十多种系列。在电子产品设计中，可根据电路的不同要求选用不同精度的电阻。

4. 温度系数

所有材料的电阻率，都随温度变化而变化，电阻的阻值同样如此。在衡量电阻温度稳定性时，使用温度系数为：