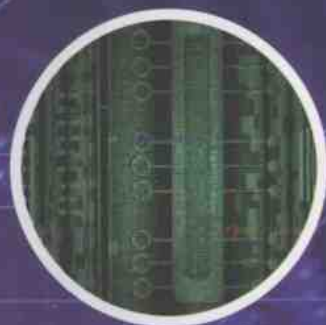


电子工艺基础与实践

苏寒松 主编



电子工艺基础与实践

苏寒松 主编



内容简介

本书是工科高等院校电子工艺实习类教材。全书分两部分。第一部分着重介绍电子技术、工艺等基础理论,包括:安全用电知识及常用电工电子工具,常用电子元器件特点、性能及应用,电子焊接技术,印制电路设计与制作等。第二部分结合电子工艺实习中常见的电子实习产品(调频收音机、调幅收音机、袖珍数字万用表、充电器等),将电子工艺技术、电子产品工作原理、电子元器件测试、印制电路板的设计、电子产品焊装及调试等工艺要求作了较为细致的介绍,从而对实习更有指导性和针对性。

本书内容安排既重视基础知识的传授,又强调实践能力的培养,同时注意融入电子技术飞速发展所形成的新材料、新技术和新工艺等内容。本书可作为高等院校电子工艺实习和工程训练等实践类教学环节或课程的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺基础与实践/苏寒松主编. —天津:天津大学出版社, 2009. 9

ISBN 978-7-5618-3175-5

I. 电… II. 苏… III. 电子技术 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 150256 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
印 刷 天津泰宇印务有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185 mm × 260 mm
印 张 16
字 数 400 千
版 次 2009 年 9 月第 1 版
印 次 2009 年 9 月第 1 次
印 数 1 - 4 000
定 价 29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

电子工艺实习是我国高等院校,尤其是工科院校实践教学中重要的实践教学环节。这项实践教学对教学条件要求不高,投资小、见效快,对学生实践能力、培养创新意识和工程工艺意识具有较为普遍的意义。本书对于促进电子工艺实习教学水平的提高具有积极作用。

本书是天津大学电子工艺实习中心的教师和实验技术人员结合近二十年的教学经验不断总结编写而成的,其内容有以下特点:

(1)在传授电子工艺基础理论的同时,着重强化电子工艺意识、工程观念和素养;

(2)电子工艺基础理论知识也多从工艺、工程应用的角度介绍,强调实践过程;

(3)本书内容针对性强,对电子工艺实习具有较强的指导意义。

全书包括上、下两篇,分别介绍了电子工艺基础理论和具体实习产品焊装全过程,包括:电路工作原理、元器件测试、产品的焊装及调试等工艺过程。附录中介绍了电子工艺实习常用的电子仪器的使用。

本书由苏寒松主编,第1章由苏寒松编写,第2章由谢亚利、刘琳、苏寒松编写,第3章由黄元坤、刘琳编写,第4章由苏寒松、李昌禄编写,第5章由李坦、苏寒松编写,第6章由李坦、谢亚利编写,第7章由李坦、谢亚利编写,第8章由李昌禄、苏寒松编写。附录由刘璵、叶振忠编写。刘璵、蔡伟光、鄂艳辉完成了部分书稿的编辑并绘制了部分插图。

天津大学电信学院李锵副教授对全书进行了认真细致的审阅,给予了很多帮助和大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编写人员水平和能力有限,且时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者指正。

编者

2009年5月

目 录

上篇 电子工艺基础

第1章 安全用电及常用电子工具	(3)
1.1 电击(触电)	(3)
1.1.1 概述	(3)
1.1.2 电击对人体的伤害	(4)
1.1.3 触电方式	(4)
1.2 保护接地、保护接零	(5)
1.2.1 保护接地	(5)
1.2.2 保护接零	(6)
1.3 常见的触电类型及其安全保护措施	(7)
1.3.1 常见触电类型	(7)
1.3.2 防止触电的安全意识和原则	(8)
1.3.3 防止触电的技术措施	(8)
1.3.4 触电急救	(9)
1.4 常用电工电子工具	(10)
1.4.1 常用工具	(10)
1.4.2 常用焊接工具	(11)
1.4.3 常用剪切工具	(12)
1.4.4 常用钳口工具	(13)
第2章 电子元器件基础	(14)
2.1 电阻器	(14)
2.1.1 电阻器的分类	(14)
2.1.2 电阻器的型号命名方法	(15)
2.1.3 电阻器的主要技术指标与标志方法	(16)
2.1.4 常用电阻器及其特点	(21)
2.1.5 电阻器检测	(21)
2.2 电位器	(22)
2.2.1 电位器的分类	(22)
2.2.2 电位器的主要技术指标	(22)
2.2.3 常用电位器及其特点	(23)
2.2.4 电位器检测	(24)
2.3 电容器	(24)
2.3.1 电容器的分类	(25)

2.3.2	电容器的命名方法	(26)
2.3.3	电容器的主要技术指标与标志方法	(27)
2.3.4	常用电容器及其特点	(28)
2.3.5	电容器检测	(30)
2.4	电感器	(31)
2.4.1	电感器的分类	(31)
2.4.2	电感器主要参数	(31)
2.4.3	常用电感器结构及其特点	(33)
2.4.4	电感器的检测	(34)
2.5	变压器	(34)
2.5.1	变压器的分类	(34)
2.5.2	变压器的主要参数	(35)
2.5.3	常用变压器结构及其特点	(35)
2.5.4	变压器的检测及使用常识	(36)
2.6	开关、接插件、继电器	(36)
2.6.1	开关	(37)
2.6.2	接插件	(37)
2.6.3	继电器	(38)
2.7	晶体管	(38)
2.7.1	晶体二极管	(38)
2.7.2	晶体三极管	(39)
2.7.3	晶闸管	(41)
2.7.4	场效应晶体管	(42)
2.7.5	中国晶体管型号命名方法	(42)
2.7.6	晶体管的主要技术指标	(44)
2.7.7	晶体管的检测	(46)
2.8	集成电路	(48)
2.8.1	集成电路的分类	(48)
2.8.2	集成电路的命名方法	(48)
2.8.3	使用集成电路注意事项	(50)
2.8.4	集成电路的检测	(50)
2.9	表面安装元器件	(51)
2.9.1	电阻器	(51)
2.9.2	电容器	(53)
2.9.3	电感器	(54)
2.9.4	分立组件	(55)
2.9.5	集成电路	(56)
第3章	电子焊接工艺	(58)
3.1	焊接的基本知识	(58)

3.1.1	焊接的分类	(58)
3.1.2	焊接的方法	(58)
3.2	焊接材料与焊接机理	(59)
3.2.1	焊料	(59)
3.2.2	焊剂	(60)
3.2.3	阻焊剂	(62)
3.2.4	锡焊机理	(62)
3.2.5	锡焊的条件及特点	(63)
3.3	电路手工焊接技术	(64)
3.3.1	焊接用电烙铁	(64)
3.3.2	焊接操作的手法与步骤	(67)
3.3.3	焊接温度与加热时间	(70)
3.3.4	合格焊点及质量检查	(71)
3.3.5	拆焊	(73)
3.3.6	焊后清理	(75)
3.4	实用电路焊接技艺	(76)
3.4.1	焊前的准备	(76)
3.4.2	元器件的安装与焊接	(77)
3.4.3	集成电路的焊接	(79)
3.4.4	几种易损元件的焊接	(80)
3.4.5	创意模型设计与焊接	(81)
3.5	表面安装技术	(82)
3.5.1	表面安装工艺	(82)
3.5.2	表面安装工艺流程	(83)
3.5.3	表面安装方式	(84)
3.5.4	表面安装焊接材料	(86)
3.5.5	表面安装的涂敷方式	(88)
3.5.6	表面安装焊接	(89)
3.5.7	手工表面安装简介	(92)
3.5.8	焊接质量的评估与检测	(93)
3.6	电子焊接技术的发展	(94)
3.6.1	无锡焊接	(94)
3.6.2	电子焊接技术的发展特点	(95)
第4章	印制电路设计与制作	(97)
4.1	概述	(97)
4.2	印制电路板结构基础	(98)
4.2.1	印制电路板的型号和命名	(98)
4.2.2	印制电路板的结构尺寸	(99)
4.2.3	印制电路板的基本要素	(101)

4.3 印制电路板的电气及机械性能	(104)
4.3.1 印制导线电阻	(104)
4.3.2 印制导线的熔断电流	(104)
4.3.3 印制导线的电流密度	(104)
4.3.4 印制导线的绝缘电阻	(105)
4.3.5 印制导线耐压	(106)
4.3.6 其他电气性能	(106)
4.3.7 导电图形的附着力	(106)
4.3.8 印制电路板平整度	(107)
4.4 印制电路板设计要求	(107)
4.4.1 一般要求	(107)
4.4.2 元器件的排列与布局	(109)
4.4.3 元器件的安装方式	(111)
4.4.4 元器件引出端的尺寸及识别	(112)
4.4.5 地线的设计	(114)
4.4.6 电源线的布局	(116)
4.4.7 电磁干扰的抑制方法	(117)
4.5 印制电路的计算机辅助设计	(119)
4.5.1 概述	(119)
4.5.2 计算机辅助印制电路板的设计过程	(119)
4.5.3 原理图(SCH)设计简介	(121)
4.5.4 印制板图(PCB)设计	(126)
4.5.5 PCB设计的基本操作实例	(128)
4.6 印制电路板的制作工艺	(134)
4.6.1 制作流程简介	(134)
4.6.2 印制电路板制作流程分析	(135)
4.6.3 印制板制作的后期处理工艺	(135)
4.7 印制电路板雕刻制作工艺介绍	(138)
4.7.1 雕刻机结构介绍	(138)
4.7.2 雕刻机工作流程	(138)

下篇 电子工艺实习

第5章 调幅收音机的手工焊接与装调	(143)
5.1 超外差调幅收音机的工作原理	(143)
5.1.1 概述	(143)
5.1.2 83(3)型收音机原理框图	(145)
5.1.3 收音机整机电路	(146)
5.2 83(3)型收音机的装配与调试	(158)
5.2.1 83(3)型收音机元器件明细表	(158)

5.2.2	元器件的测量	(159)
5.2.3	元器件的安装与焊接	(161)
5.2.4	整机调试	(164)
5.3	晶体管收音机的故障检修	(168)
5.3.1	故障检修方法	(168)
5.3.2	典型故障分析举例	(172)
第6章	数字万用表的手工焊接与装调	(175)
6.1	概述	(175)
6.1.1	数字万用表的基本结构	(175)
6.1.2	数字万用表的性能特点	(175)
6.2	$3\frac{1}{2}$ 位基本量程数字电压表电路原理	(178)
6.2.1	7106 芯片 $3\frac{1}{2}$ 位双积分 A/D 转换器	(178)
6.2.2	基本量程数字电压表	(185)
6.2.3	多量程直流电压测量电路	(187)
6.2.4	多量程交流电压测量电路	(187)
6.2.5	多量程直流电流测量电路	(187)
6.2.6	电阻测量电路	(188)
6.2.7	二极管测量电路	(189)
6.2.8	晶体三极管 h_{FE} 测量电路	(190)
6.2.9	小数点、HV 字符显示电路	(191)
6.2.10	蜂鸣连续性通断测试电路	(191)
6.2.11	DT—830B $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表整机电原理图	(192)
6.3	袖珍式 DT—830B 数字万用表的手工装焊	(192)
6.3.1	装焊基本要求与要点	(192)
6.3.2	装焊步骤	(195)
6.4	DT—830B 数字万用表的调试与校验	(200)
6.4.1	零点校验	(200)
6.4.2	200.0 mV 基本表的功能检查	(201)
6.4.3	基准电压调试	(202)
6.4.4	直流电压挡的调试与校验	(202)
6.4.5	直流电流的校验	(203)
6.4.6	电阻挡的校验	(203)
6.4.7	交流电压的校验	(204)
6.5	检修与典型故障诊断举例	(204)
6.5.1	故障检修	(204)
6.5.2	典型故障举例	(205)

6.5.3 使用数字万用表的注意事项	(206)
第7章 自动搜索调频收音机	(208)
7.1 收音机的电路原理	(208)
7.1.1 概述	(208)
7.1.2 集成电路 SC1088	(209)
7.1.3 工作原理	(210)
7.2 收音机的装配与焊接	(211)
7.2.1 表面贴装元件的装焊与检测	(211)
7.2.2 分立元件的检测及装焊	(214)
7.3 调试与总装	(215)
7.3.1 通电前的检查	(215)
7.3.2 电流的测量	(216)
7.3.3 调试	(216)
7.3.4 总装	(217)
第8章 电池充电器的设计及装调	(218)
8.1 充电电池基本性能	(218)
8.2 镍镉/镍氢电池的特点	(219)
8.3 镍镉/镍氢电池脉冲式充电器电路原理	(220)
8.3.1 充电器的原理组成	(220)
8.3.2 充电器电路原理	(220)
8.4 充电器电路板的计算机辅助设计	(222)
8.4.1 元器件连线	(222)
8.4.2 PCB 元器件封装设计	(225)
8.4.3 PCB 库编辑器的使用	(226)
8.4.4 手工布线的操作实例	(227)
8.5 充电器装焊与调试	(228)
8.5.1 充电器元器件明细表	(229)
8.5.2 充电器元器件检测	(230)
8.5.3 充电器装焊与调试	(230)
附录 A 电子工艺实习常用的仪器仪表	(234)
附录 B 万用电表原理与使用	(241)
参考文献	(246)

上篇 电子工艺基础

第1章 安全用电及常用电子工具

如今用电在人们生活中是再平常不过的事情了,电给人们带来的方便和益处也无处不在。但如果使用不当,用电也是具有危险的,尤其是缺乏安全用电常识和不重视用电安全规程,将会产生严重后果,从而造成人身伤害和物质财产损失。长期从事电工电子技术的工程技术、研究人员会经常接触各种电气设备,因此安全用电应当是不可或缺的基础知识。

1.1 电击(触电)

1.1.1 概述

一般情况下人体可看做是阻值很大的导体,因此当人体上加有电压时,就会有电流通过。而当通过人体的电流较大时,就会形成人体的剧烈生理反应,这种现象称作电击(触电)。电击对人产生的影响显然与作用在人体的电流有关,同时与人体本身也有关系。

(1)与电流大小有关:电流越大人的生理反应越明显、越剧烈,危险越大,越有可能形成永久损害甚至死亡。

(2)与触电时间有关:触电时间越长,越容易引起心颤,造成的危害越严重。

(3)与电流路径有关:电流流经人体可能有多种方式,其中最为危险的是电流流经心脏,较大电流可使心跳停止,导致死亡。

(4)与电流频率有关:低频电流比高频电流更容易引起心颤,因此危害更大,而50~60 Hz工频电流就是低频电流,因此它也对人体危害较大。

(5)与人体电阻有关:人体电阻因人而异,且与人体皮肤状况有关,一般不同的人,人体电阻在几千欧到上百千欧之间,而同一人在皮肤湿润的情况下,人体电阻会大大减小,电阻越小,同样的触电电压,就会形成较大电流,危险越大。

因此,人们为了更加准确地评定人体受到的电击强度,定义了电击强度的概念:通过人体的电流和通电时间的乘积。

工频电流对人体伤害程度见表1-1。

表1-1 工频电流对人体伤害程度

	电流大小	导致结果
安全电流值	1 mA 或更小	没有感觉
	1~8 mA	有感觉,无痛,可对肌肉进行控制,因此触电者可脱离带电体
危险电流值	8~15 mA	有痛感觉,触电者可脱离带电体
	15~20 mA	疼痛感觉,触电者已难脱离带电体
	50~100 mA	可导致心室颤动
	100~200 mA	心室颤动并可致死
	200 mA 以上	严重的烧伤,重症肌肉抽缩,心跳停止

1.1.2 电击对人体的伤害

电流对人体的伤害有三种:电击、电伤和电磁场生理伤害。

(1)电击:是指电流通过人体,破坏人体心脏、肺及神经系统的正常功能。

(2)电伤:是指电流的热效应、化学效应和机械效应对人体的伤害,主要是电弧烧伤、熔化金属溅出烫伤等。

(3)电磁场生理伤害:是指在高频磁场的作用下,人会出现头晕、乏力、记忆力减退、失眠、多梦等神经系统的症状。

一般认为,电流通过人体的心脏、肺部和中枢神经系统的危险性比较大,特别是电流通过心脏时,危险性最大。所以从手到脚的电流途径最为危险。

触电还容易因剧烈痉挛而摔倒,导致电流通过全身并造成摔伤、坠落等二次事故。

1.1.3 触电方式

人体触电以及预防触电与电力供电系统都有直接关系,所以有必要先了解一下供电方式。

1. 供电方式

电厂交流发电机输出的三相交流电通常采用三相四线以星形或三角形方式给出,如图 1-1 所示三相线 A、B、C 之间在 380 V/220 V 配电系统中交流电压(线电压)为 380 V,而其中相线 A、B、C 与中线 N 之间电压(相电压)为 220 V。

而民用低压供电方式多采用单相三线制,即俗称的火线(L)、零线(N)、地线(E)。实际上就是将三相四线制中的相线和中性线引出,作为火线和零线,再加上本地的接地线作为保护接零,形成单相三线制,如图 1-2 所示。

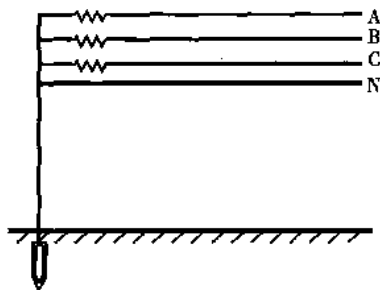


图 1-1 三相四线制星形接法图

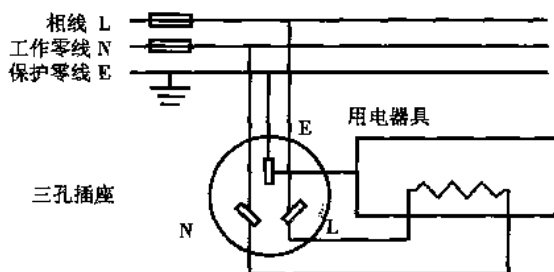


图 1-2 单相三线制低压供电及三孔插座连接图

2. 触电方式

电击伤害主要是人体与供电线路的直接或间接接触造成的,因此应该了解触电原因,以便加强自我保护。

常见的触电方式主要分为以下两种。

a. 人体与相线直接接触

从技术角度讲,人体与相线直接接触主要有两种。

(1)单相触电:对于一般 380 V/220 V 三相四线供电系统,如果是中性点接地,那么站在地面的人体接触到带电体,这时人体要承受相电压(220 V),如图 1-3 所示。

(2)双相触电:即人体处于任意两个相线之间接触带电相线,这时人体处于线电压 380 V,

具有较大危险,如图1-4所示。

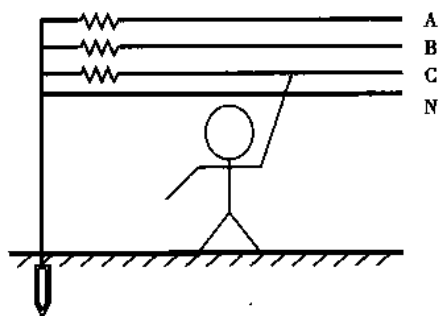


图1-3 单相触电示意图

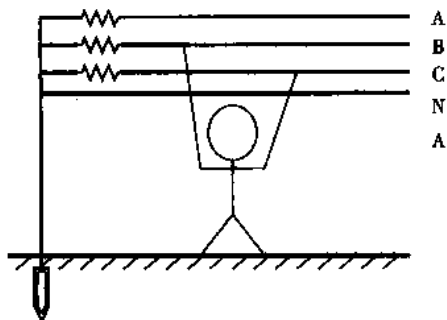


图1-4 双相触电示意图

b. 高压触电(间接接触)

高压触电是指人体尚未和带电体接触就可能产生触电,也就是说,高压带电体不但不能接触,而且也不能靠近。主要表现为以下两种情况。

(1) 高压电弧触电:人与高压带电体距离较近时,高压带电体与人体之间会发生放电现象,这时有电流通过人体,导致触电,如图1-5所示。

(2) 高压跨步电压触电:高压电线落在地面上时,在距高压线不同距离的点之间存在电压。人的两脚间存在足够大的电压时,就会发生跨步电压触电,如图1-6所示。

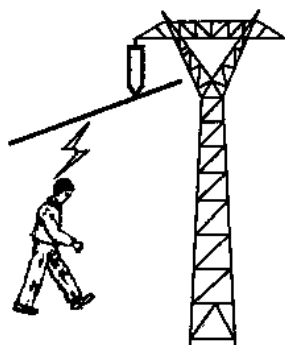


图1-5 高压电弧触电



图1-6 高压跨步电压触电

高压触电比220 V电压触电的危险性更高,所以看到“高压危险”的标志时一定不能靠近它。室外天线必须远离高压线,不能在高压线附近从事放风筝、捉蜻蜓、爬电杆等活动。

1.2 保护接地、保护接零

为避免触电,把电气设备不带电的金属外壳接地或接零,叫做保护接地或保护接零。

1.2.1 保护接地

在中性点不接地的三相四线供电系统中,当该系统中的电气设备因绝缘损坏而使外壳带电时,如果站于地上的人接触外壳,则可能由于相线与地之间的分布电容,形成通过人体的回

路电流,使人触电。原理如图 1-7 所示。

为了防止电气设备外露的不带电导体意外带电造成危险,将该电气设备经保护接地线(足够粗的金属导线)与深埋在地下的接地体紧密连接起来的做法叫保护接地,如图 1-8 所示。采取保护接地后,设备外壳与大地有了良好接触。当人体接触外壳时,人体相当于接地电阻的一个支路。而人体电阻远大于接地电阻,故保护接地后流经人体的电流很小,从而避免了触电。在中性点不接地的实际配电系统中,由于绝缘破坏或其他原因而可能呈现危险电压的金属部分,都应采取保护接地措施。如电机、变压器、开关设备、照明器具及其他电气设备的金属外壳都应予以接地。一般低压系统中,保护接电电阻应小于 $4\ \Omega$ 。

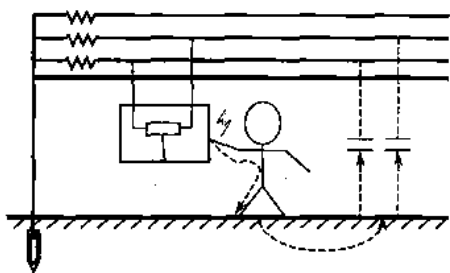


图 1-7 无保护接地情形

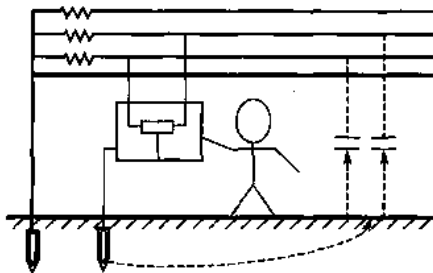


图 1-8 有保护接地情形

1.2.2 保护接零

保护接零(又称接零保护)就是在中性点接地系统中(通常采用电压为 $380\text{ V}/220\text{ V}$ 三相四线制电网),把电气设备在正常情况下不带电的金属部分与电网的零线紧密地连接起来(构成 TN 系统),如图 1-9 所示。当某一相线绝缘损坏使相线碰到外壳时,采用保护接零后,相线、外壳和零线形成回路,且短路电流很大,使线路中保护器(如熔断器)熔断,将漏电设备和电源断开,避免触电可能。保护接零用于 $380\text{ V}/220\text{ V}$ 三相四线制电源中性点直接接地的配电系统中。

在电源的中性点接地的配电系统中只能采用保护接零,如果采用保护接地则不能有效地防止人身触电事故。如图 1-10 所示,若采用保护接地,电源中性点接地电阻与电气设备的接地电阻均按 $4\ \Omega$ 考虑,而电源电压为 220 V ,那么当电气设备的绝缘损坏使电气设备外壳带电时,则两接地电阻间的电流将为

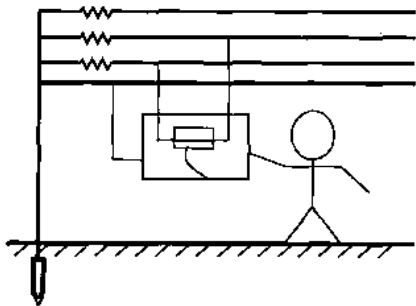


图 1-9 在 TN 系统中保护接零有效

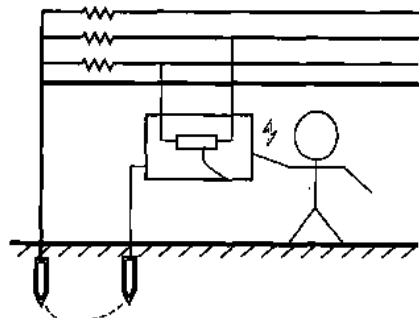


图 1-10 在 TN 系统中保护接地仍有危险

$$I = \frac{220}{R_0 + R_p} = \frac{220}{4 + 4} = 27.5 \text{ A}$$

熔断器的额定电流是根据被保护设备的要求选定的。为了保证设备在正常情况下工作,所选用熔体的额定电流也会较大,在 27.5 A 接地短路电流的作用下,熔体将不被熔断,外壳带电的电气设备不能立即脱离电源,所以在设备的外壳上长期存在对地电压 U_0 ,其值为

$$U_0 = 27.5 \times 4 = 110 \text{ V}$$

显然,这是很危险的。如果保护接地电阻大于电源中性点接地电阻,设备外壳的对地电压还要高,这时危险更大。

在保护接零系统中,零线起着十分重要的作用。一旦出现零线断线,接在断线处后面一段线路上的电气设备相当于没作保护接零或保护接地。如果在零线断线处后面有的电气设备外壳漏电,则不能构成短路回路使熔断器熔断,不但这台设备外壳长期带电,而且使接在断线处后面的所有作保护接零设备的外壳都存在接近于电源相电压的对地电压,触电的危险性将被扩大,如图 1-11 所示。因此还要采用重复接地,就是将中性线相隔一段距离多处接地,如图 1-12 所示。

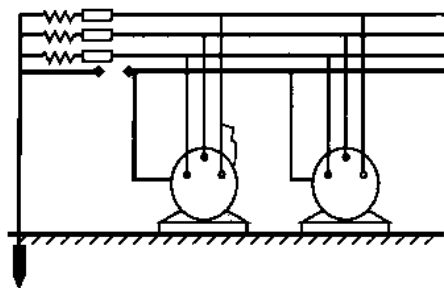


图 1-11 保护接零系统中零线断开

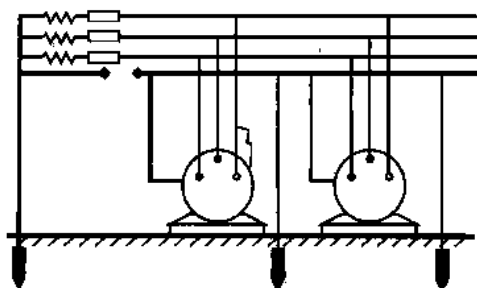


图 1-12 保护接零系统中的重复接地

应当注意的是,在三相四线制的电力系统中,通常是把电气设备的金属外壳同时接地、接零,这就是所谓的重复接地保护措施。还应该注意,零线回路中不允许装设熔断器和开关。

1.3 常见的触电类型及其安全保护措施

1.3.1 常见触电类型

根据前面介绍的触电方式和保护接地、保护接零中需要注意的问题,可归纳一下日常和工作中常见的触电有以下几个原因。

- (1) 火线的绝缘皮破坏,其裸露处直接接触人体或其他导体,间接接触了人体。
- (2) 潮湿的空气导电,不纯的水导电,湿手触开关。
- (3) 电气外壳未按要求接地,其内部火线外皮破坏接触了外壳。
- (4) 零线与前面接地部分断开以后,与电气连接的原零线部分通过电气与火线连通转化成了火线。
- (5) 人站在绝缘物体上,却用手扶墙或其他接地导体。
- (6) 人站在木桌、木椅上,而木桌、木椅却因潮湿等原因转化成为导体。