

普通高等院校工程训练系列规划教材

电子工艺实习

主 编 王建花 茆 姝

普通高等院校工程训练系列规划教材

电子工艺实习

主 编 王建花 茆 姝

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书在多年教学实践经验的基础上,以基本电子工艺知识和电子装配基本技术为主,对电子产品制造过程及典型工艺作了全面的介绍。全书内容包括安全用电、电子元器件、焊接技术、常用电子仪器仪表、印制电路板的设计与制作、Altium Designer 6 电路设计软件简介、收音机原理、电子产品安装与调试、表面组装技术、常规电子工艺实习项目共 10 章。

本书注重内容的实用性、通俗易懂,有助于读者掌握电子产品生产操作的基本技能,可作为高等学校培养应用型、技能型、操作型人才的教学用书。

本书可作为高等院校电子信息类、电气类、自动化类专业教材,也可作为电子工程技术人员的参考用书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺实习 / 王建花, 茆姝主编. --北京: 清华大学出版社, 2010.3

(普通高等院校工程训练系列规划教材)

ISBN 978-7-302-21505-9

I. ①电… II. ①王… ②茆… III. ①电子技术—实习—高等学校—教材 IV. ①TN01-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 243259 号

责任编辑: 庄红权

责任校对: 刘玉霞

责任印制: 孟凡玉

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 北京市清华园胶印厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 14.75

字 数: 360 千字

版 次: 2010 年 3 月第 1 版

印 次: 2010 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 24.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话: 010-62770177 转 3103 产品编号: 034637-01



序言

改革开放以来,我国贯彻科教兴国、可持续发展的伟大战略,坚持科学发展观,国家的科技实力、经济实力和国际影响力大为增强。如今,中国已经发展成为世界制造大国,国际市场上已经离不开物美价廉的中国产品。然而,我国要从制造大国向制造强国和创新强国过渡,要使我国的产品在国际市场上赢得更高的声誉,必须尽快提高产品质量的竞争力和知识产权的竞争力。清华大学出版社和本编审委员会联合推出的普通高等院校工程训练系列规划教材,就是希望通过工程训练这一培养本科生的重要窗口,依靠作者们根据当前的科技水平和社会发展需求所精心策划和编写的系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的人才。

我们知道,大学、大专和高职高专都设有各种各样的实验室。其目的是通过这些教学实验,使学生不仅能比较深入地掌握书本上的理论知识,而且掌握实验仪器的操作方法,领悟实验中所蕴涵的科学方法。但由于教学实验与工程训练存在较大的差别,因此,如果我们的大学生不经过工程训练这样一个重要的实践教学环节,当毕业后步入社会时,就有可能感到难以适从。

对于工程训练,我们认为这是一种与社会、企业及工程技术的接口式训练。在工程训练的整个过程中,学生所使用的各种仪器设备都是来自社会企业的产品,有的还是现代企业正在使用的主流产品。这样,学生一旦步入社会,步入工作岗位,就会发现他们在学校所进行的工程训练,与社会企业的需求具有很好的一致性。另外,凡是接受过工程训练的学生,不仅为学习其他相关的技术基础课程和专业课程打下了基础,而且同时具有一定的工程技术素养,开始走向工程了。这样就为他们进入社会与企业,更好地融入新的工作群体,展示与发挥自己的才能创造了有利的条件。

近10年来,国家和高校对工程实践教育给予了高度重视,我国的理工科院校普遍建立了工程训练中心,拥有前所未有的、极为丰厚的教学资源,同时面向大量的本科学生群体。这些宝贵的实践教学资源,像数控加工、特种加工、先进的材料成形、表面贴装、数字化制造等硬件和软件基础设施,与国家的企业发展及工程技术发展密切相关。而这些涉及多学科领域的教学基础设施,又可以通过教师和其他知识分子的创造性劳动,转化和衍生出为适应我国社会与企业所迫切需求的课程与教材,使国家投入的宝贵资源发

挥其应有的教育教学功能。

为此,本系列教材的编审,将贯彻下列基本原则:

(1) 努力贯彻教育部和财政部有关“质量工程”的文件精神,注重课程改革与教材改革配套进行。

(2) 要求符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组所制定的课程教学基本要求。

(3) 在整体将注意力投向先进制造技术的同时,要力求把握好常规制造技术与先进制造技术的关联,把握好制造基础知识的取舍。

(4) 先进的工艺技术,是发展我国制造业的关键技术之一。因此,在教材的内涵方面,要着力体现工艺设备、工艺方法、工艺创新、工艺管理和工艺教育的有机结合。

(5) 有助于培养学生独立获取知识的能力,有利于增强学生的工程实践能力和创新思维能力。

(6) 融汇实践教学改革的最新成果,体现出知识的基础性和实用性,以及工程训练和创新实践的可操作性。

(7) 慎重选择主编和主审,慎重选择教材内涵,严格按照和体现国家技术标准。

(8) 注重各章节间的内部逻辑联系,力求做到文字简练,图文并茂,便于自学。

本系列教材的编写和出版,是我国高等教育课程和教材改革中的一种尝试,一定会存在许多不足之处。希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

普通高等院校工程训练系列规划教材编审委员会

主任委员:傅水根

2008年2月于清华园



前言

“电子工艺实习”是高等院校工科电类专业的一门非常重要的实训课程,是工程训练的一部分,是实践教学的基本环节之一,也是培养学生创新能力的重要环节。在实习过程中,学生能在电子元器件的识别与测试,印制电路板的设计与制作,常用电子仪器仪表的使用,电子产品的焊接、调试与组装等方面得到训练。掌握这些技能既能够给学生在毕业设计时提供帮助,还能通过实际操作来提高学生的动手能力,从而激发他们的创新意识。

电子工艺实习以学生自己动手,掌握一定操作技能并亲手制作几种实际产品为特色。它既不同于培养劳动观念的工艺劳动,又不同于让学生自由发挥的科技创新活动,而是将基本技能训练、基本工艺知识和创新启蒙有机结合,为学生的实践能力和创新精神构筑一个基础扎实而又充满活力的基础平台。

本书将电子工艺的基础知识与现代化的新技术手段结合起来,既可以作为高等学校工科电类专业学生的专业教材,也可作为职业教育、技术培训及有关技术人员的参考书。本书本着“理论够用,重在实践”的精神,以工艺性和实践性为基础,以掌握电子工艺技术为目标,读者在具体教学安排及方式上可根据实际情况采用多样化手段。

本书由王建花、茆姝编写,在编写过程中,孙桂珍、何慧、阮星华、佟丽杰、高宇、张志强、孙天军、孙亚星等同志提供了大量资料并提出了很多宝贵的意见和建议,在此致以深深的谢意。

由于电子器件种类繁多、发展迅速,加上编写人员的水平有限和编写时间仓促,书中难免有错误和不完善之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010年1月



1	安全用电	1
1.1	触电对人体的危害	1
1.1.1	触电危害	1
1.1.2	触电的方式	3
1.2	安全用电技术	4
1.2.1	接地保护	4
1.2.2	接零保护	5
1.2.3	漏电保护开关	6
1.2.4	过限保护	7
1.3	电子装接操作安全	8
1.3.1	用电安全	8
1.3.2	机械损伤	8
1.3.3	防止烫伤	9
1.4	触电急救与电气消防	9
1.4.1	触电急救	9
1.4.2	电气消防	10
2	电子元器件	11
2.1	电阻器	11
2.1.1	概述	11
2.1.2	电阻器的主要参数	11
2.1.3	电阻器的标识方法	12
2.1.4	电阻器的选用与测量	13
2.2	电位器	17
2.2.1	概述	17
2.2.2	电位器的主要参数	17
2.2.3	电位器的选用与测量	18
2.3	电容器	20
2.3.1	概述	20

2.3.2	电容器的主要参数	20
2.3.3	电容器的命名与标识	21
2.3.4	电容器的选用与测量	23
2.4	电感器	26
2.4.1	概述	26
2.4.2	电感线圈的主要参数	26
2.4.3	电感器的标识方法	27
2.4.4	电感器的选用与测量	28
2.4.5	变压器	28
2.5	半导体分立器件	30
2.5.1	概述	30
2.5.2	半导体器件的命名	30
2.5.3	晶体二极管	31
2.5.4	晶体三极管	35
2.5.5	场效应晶体管	36
2.5.6	晶闸管	37
2.6	开关和接插元件	39
2.6.1	概述	39
2.6.2	开关	39
2.6.3	接插件	40
2.6.4	选用开关和接插件应注意的问题	40
2.7	集成电路的分类	40
2.7.1	概述	40
2.7.2	集成电路的命名	41
2.7.3	集成电路的选用与检测	44
2.8	LED 数码管和 LCD 液晶显示器	45
2.8.1	LED 数码管	45
2.8.2	液晶显示器	47
3	焊接技术	50
3.1	手工焊接工具	50
3.1.1	电子产品装焊常用五金工具	50
3.1.2	电烙铁	51
3.1.3	电烙铁的选用	53
3.2	手工焊接材料	54
3.2.1	焊料	54
3.2.2	焊剂	57
3.2.3	阻焊剂	61
3.3	手工焊接技术	62

3.3.1	焊接机理	62
3.3.2	锡焊特点及条件	62
3.3.3	焊接前准备	63
3.3.4	焊接操作姿势	65
3.3.5	焊接操作步骤及要点	66
3.3.6	常见锡焊技艺	68
3.3.7	拆焊	72
3.4	焊点的要求及质量检查	74
3.4.1	焊点的要求	74
3.4.2	焊点检查	74
3.4.3	焊点缺陷分析	75
3.5	电子工业生产中焊接技术	78
3.5.1	波峰焊技术	78
3.5.2	浸焊	79
3.5.3	无锡焊接	79
3.5.4	特种焊接技术	80
4	常用电子仪器仪表	81
4.1	万用表	81
4.1.1	指针式万用表	81
4.1.2	数字式万用表	84
4.2	示波器	86
4.2.1	功能简介	86
4.2.2	面板介绍	87
4.2.3	功能检查操作	88
4.2.4	波形显示的自动设置	88
4.3	信号发生器	89
4.3.1	DF1070 信号发生器(频率计数器)	89
4.3.2	SP1461-V 数字合成高频标准信号发生器	92
4.4	晶体管特性图示仪	95
4.4.1	总体结构	95
4.4.2	各单元功能简介	95
4.5	交流毫伏表	99
4.5.1	面板及按键说明	99
4.5.2	使用说明	100
4.5.3	注意事项	101
4.6	数字电桥	101
4.6.1	面板介绍	101

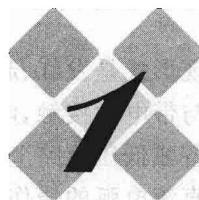
4.6.2	使用方法	102
5	印制电路板的设计与制作	104
5.1	印制电路板基础知识	104
5.1.1	印制电路板材料及分类	104
5.1.2	印制电路板设计前的准备	106
5.2	印制电路板的排版设计	109
5.2.1	印制电路板的设计原则	109
5.2.2	印制电路板干扰的产生及抑制	110
5.2.3	元器件的布设	113
5.2.4	焊盘及孔的设计	115
5.2.5	印制导线设计	116
5.3	草图设计	117
5.3.1	草图设计原则	118
5.3.2	草图设计的步骤	118
5.3.3	制版底图绘制	120
5.3.4	制版工艺图	120
5.4	印制电路板制造工艺	121
5.4.1	印制电路板制造过程的基本环节	122
5.4.2	印制电路板加工技术要求	123
5.4.3	印制电路板的生产流程	123
5.4.4	印制电路板的机械加工	124
6	Altium Designer 6 电路设计软件简介	126
6.1	PCB 设计的工作流程	126
6.2	初识 Altium Designer 6	127
6.2.1	Altium Designer 6 启动	127
6.2.2	Altium Designer 6 界面	128
6.2.3	系统参数设定	130
6.3	PCB 项目及文件操作	132
6.3.1	项目的创建及保存	132
6.3.2	设计文件的创建及保存	133
6.3.3	项目及文件的打开	134
6.3.4	设计文件从项目中移除与加入	134
6.4	原理图绘制基础	136
6.4.1	原理图编辑环境	136
6.4.2	图纸参数设置	137
6.4.3	工作环境设置	138
6.4.4	图面管理	138

6.4.5	【器件库】面板	139
6.4.6	元器件的放置	139
6.4.7	编辑元器件属性	140
6.4.8	元器件的电气连接	141
6.5	层次式原理图绘制	146
6.5.1	层次原理图的基本结构	147
6.5.2	层次电路原理图的设计	147
6.6	印制电路板设计	149
6.6.1	印制电路板的结构设置	149
6.6.2	印制电路板的工作层显示设置	150
6.6.3	规划印制电路板	151
6.6.4	网络与元器件封装的载入	153
6.6.5	元器件的布局	153
6.6.6	三维效果图	155
6.6.7	网络密度分析	156
6.6.8	布线	156
7	收音机原理	160
7.1	超外差式收音机	160
7.1.1	名词解释	160
7.1.2	调制	161
7.1.3	超外差式收音机的原理	162
7.2	收音机工作原理	163
7.2.1	调幅(AM)工作原理	163
7.2.2	调频(FM)工作原理	164
7.2.3	调频/调幅(FM/AM)工作原理	165
7.2.4	收音机调谐指示器	166
7.3	收音机的装配调试	166
7.3.1	收音机的装配工艺	166
7.3.2	收音机的调试工艺	167
7.3.3	整机故障检修方法	168
7.4	收音机的主要性能指标	169
7.4.1	灵敏度	169
7.4.2	选择性	170
7.4.3	输出功率	170
7.4.4	电压失真度	170
7.4.5	电源消耗	171
7.4.6	频率范围	171

7.4.7 频率响应	171
8 电子产品安装与调试	172
8.1 安装基础知识	172
8.1.1 安装技术要求	172
8.1.2 常用安装方法	173
8.2 电子产品安装工艺	179
8.2.1 电子产品安装的内容	179
8.2.2 电子产品安装的特点	180
8.2.3 安装工艺技术的发展	180
8.3 整机装配工艺	181
8.3.1 整机装配工艺过程	181
8.3.2 整机总装的工艺要求	181
8.4 调试工艺	183
8.4.1 调试基础知识	183
8.4.2 整机调试工艺	184
9 表面组装技术	185
9.1 表面组装技术概述	185
9.1.1 表面组装技术的发展历史	185
9.1.2 世界各国 SMT 技术的发展情况	186
9.1.3 表面组装技术的发展趋势	186
9.2 表面组装元器件	187
9.2.1 表面组装元器件的特点和分类	187
9.2.2 无源元件	187
9.2.3 有源器件	189
9.2.4 基本要求与使用注意事项	189
9.3 表面组装材料	190
9.3.1 黏合剂	190
9.3.2 焊锡膏	191
9.3.3 清洗剂	191
9.4 表面组装技术	191
9.4.1 表面组装技术的基本形式	191
9.4.2 表面组装技术基本工艺流程	192
9.4.3 表面组装的工艺及设备	193
10 常规电子工艺实习项目	197
10.1 EDT-2901 型收音机	197
10.1.1 EDT-2901 型收音机简介	197
10.1.2 电路原理	197

10.1.3	调试步骤	201
10.1.4	工艺流程	205
10.2	2301 贴片电调收音机	205
10.2.1	功能特点	205
10.2.2	工作原理	205
10.2.3	安装工艺	207
10.2.4	调试及总装	209
10.3	GPS 卫星导航定位原理及使用	210
10.3.1	GPS 概况	210
10.3.2	GPS 的发展	210
10.3.3	GPS 系统的组成	210
10.3.4	GPS 信号接收机的分类	212
10.3.5	GPS 接收机的基本结构及性能	213
10.3.6	GPS 全球定位原理	216
10.3.7	GPS 接收机的使用	217
参考文献		222

安全用电



在电子设备的装配调试中,要使用各种工具和仪器,同时还可能接触危险的高电压。随着国民经济中各行各业电气化、自动化水平不断提高,从家庭到办公室,从学校到工矿企业,几乎没有不用电的场所。如不掌握必要的安全用电知识,操作中缺乏足够的警惕,就可能发生人身、设备事故。因此,普及安全用电知识,防止电气事故,做到安全用电是十分重要的。

人体是可以导电的,触电是电流能量作用于人体或转换成其他形式的能量作用于人体造成的伤害。电子技术安全知识主要讨论预防用电事故,保证人身及设备的安全。作为从事电子行业的工程技术人员必须注意自身保护、安全用电,防止电气事故。

1.1 触电对人体的危害

1.1.1 触电危害

发生触电事故后,人体受到的伤害分为电击和电伤两类。

1. 电击

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,即其对人体的危害是体内的、致命的。它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。人体触及带电导体、漏电设备的外壳,以及因雷击或电容放电等都可能导致电击。触电事故基本上都是电击造成的。

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时的带电体发生的电击,如误触接线端子发生的电击。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。

2. 电伤

电伤是指由于电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的危害,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。电伤是由于发生触电而导致的人体外表创伤,它对人体的伤害一般是体表的、非致命的。

(1) 电烧伤:指由于电流的热效应而灼伤人体皮肤、皮下组织、肌肉,甚至神经等,其表

现形式是发红、起泡、烧焦、坏死等。其又可以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造成的伤害。电流灼伤一般发生在低压设备或低压线路上。电弧烧伤是由弧光放电造成的伤害。高压电弧的烧伤比低压电弧严重,直流电弧的烧伤比工频交流电弧严重。

(2) 电烙印:指由于电流的机械效应或化学效应,而造成人体触电部位的外部伤痕,如皮肤表面的肿块等。

(3) 皮肤金属化:指由于电流的化学效应,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:指电流作用于人体时,由于中枢神经反射、肌肉强烈收缩、体内液体汽化等作用导致的机体组织断裂、骨折等伤害。

(5) 电光眼:指发生弧光放电时,由红外线、可见光、紫外线对眼睛的伤害。电光眼表现为角膜炎或结膜炎。

3. 影响触电危害程度的因素

触电对人体的危害程度与通过人体电流的大小、通电时间、电流途径、电流的性质及人体状况等因素有关。其中通过人身电流的大小和通电时间是起决定作用的因素。

1) 电击的强度

电击强度是指通过人体的电流与通电时间的乘积。一定限度的电流不会对人造成伤害。通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,感觉越强烈,引起心室颤动所需的时间越短,致命的危险性就越大。电流对人体的作用(按电流大小)如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 电流对人体的作用

电流/mA	对人体的作用
<0.7	无感觉
1	有轻微电击的感觉
1~10	可引起肌肉收缩、神经麻木、刺激感,一般电疗仪器取此电流,但可自行摆脱
10~30	引起肌肉痉挛,失去自控能力,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)造成心脏骤停,体内造成电烧伤

2) 电流的途径

电流通过人体,严重干扰人体正常生物电流,如果不经人体的脑、心、肺等重要部位,除了电击强度较大时会造成内部烧伤外,一般不会危及生命。电流流过心脏会引起心室颤动,较大的电流还会使得心脏停止跳动。电流流过大脑,会造成脑细胞损伤,使人昏迷,甚至造成死亡。电流流过神经系统,会导致神经紊乱,破坏神经系统正常工作。电流流过呼吸系统可导致呼吸停止。电流流过脊髓可造成人体瘫痪等。

3) 电流的性质

电流的性质不同对人体损伤也不同。直流电不易使心脏颤动,人体忍受电流的电击强度要稍微高一些,一般引起电伤。静电因随时间很快减弱,没有足够量的电荷,一般不会导致严重后果。交流电则会导致电伤与电击同时发生,危险性大于直流电,特别是 40~

100 Hz 的交流电对人体最危险,人们日常使用的市电正是在这个危险的频段(我国为 50 Hz)。但是当交流电频率达到 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。另外,电压越高,危险性越大。

4) 人体自身条件

人体自身条件包括电阻、年龄、性别、皮肤完好程度及情绪等。人体电阻包括皮肤电阻和体内电阻,是一个不确定的电阻,皮肤干燥的时候电阻可呈现 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,如表 1.1.2 所示。安全电压是对人体皮肤干燥时候而言的。因此,倘若人体出汗,又用湿手接触 36 V 的电压时,同样会受到电击,此时安全电压也不安全了。

表 1.1.2 人体电阻值随电压的变化

电压/V	1.5	12	31	62	125	220	380	1000
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	1560

1.1.2 触电的方式

人体触电,主要原因有直接接触电、间接触电和跨步电压引起的触电。直接接触电又分为单相触电和双相触电两种。

1. 单相触电

人体的某一部分触及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,人体承受相电压。绝大多数触电事故都属于这种形式,如图 1.1.1 所示。大部分电击事故都是单相电击事故,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允许方式有关。一般情况下,接地电网中发生的电线电击比不接地电网中的危险性大。

2. 双相触电

双相触电是指人体两处同时触及两相带电体而发生的触电事故。这种形式的触电,加在人体的电压是电源的线电压(380 V),电流将从一相导线经人体流入另一相导线,如图 1.1.2 所示。双相电击的危险主要取决于带电体之间的电压和人体电阻。双相触电的危险性比单相触电高,漏电保护装置对两相电击是不起作用的。

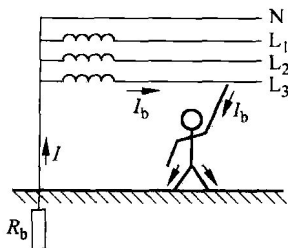


图 1.1.1 单相触电

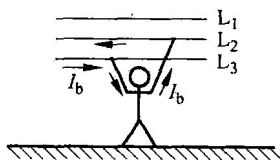


图 1.1.2 双相触电

3. 静电接触

在检修电气或科研工作中有时发生电气设备已断开电源,但由于设备中高压大容量电容的存在而导致在接触设备某些部分时发生触电,这样的现象是静电电击。静电电击是由于静电放电时产生的瞬间冲击电流,通过人体造成的伤害。这类触电有一定的危险,容易被忽略,因此要特别注意。

4. 跨步电压

在故障设备附近(例如电线断落在地上),或雷击电流经设备入地时,在接地点周围存在

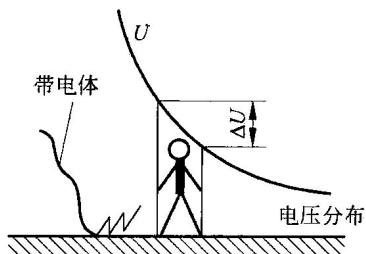


图 1.1.3 跨步电压引起触电

电场,人走进这一区域,两脚之间形成跨步电压就会引起触电事故。跨步电压的大小受接地电流大小、鞋和地面特征、两脚之间的跨距、两脚的方位以及离接地点的远近等很多因素的影响。如图 1.1.3 所示。

下列情况和部位可能发生跨步电压电击:

- (1) 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;
- (2) 正常时有较大工作电流流过的接地装置附近,流散电流在地面各点产生的电位差可造成跨步电压电击;
- (3) 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。

1.2 安全用电技术

交流安全电压在任何情况下有效值不得超过 50 V,直流安全电压为 72 V,我国规定的安全电压等级是 42 V,36 V,24 V,12 V,6 V。当电压超过 24 V 时,必须采取防止直接接触带电体的保护措施。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。在低压配电系统中,有变压器中性点接地和不接地两种系统,相应的安全措施有接地保护和接零保护两种方式。

1.2.1 接地保护

电子设备的任何部分与土壤做良好的电气连接,称为接地。与土壤直接接触的金属体称为接地体。用于连接接地体和电子设备的导线,称为接地线。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,这里是真正的接大地。保护接地是将电子设备外壳上的金属部分与接地体做良好的电气连接。