

高等学校电工电子类系列教材

第2版



电子工艺与 实训教程

ELECTRONIC TECHNOLOGY & TRAINING COURSE

主 编 赵洪亮 卫永琴



中国石化大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS
咨询电话: 4000581315

刮开查询



中国石化大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

高等学校电工电子类系列教材

电子工艺与实训教程

(第2版)

主 编 赵洪亮 卫永琴

副主编 黄鹤松 崔保春 刘春晖 马 进

参 编 闫吉领 孙 皓 冯明磊



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

内容提要

全书共分10章,主要介绍了安全用电常识、常用电子元器件(包括电阻器、电位器、电容器、电感器、变压器、电声器件、机电元器件、半导体分立器件、集成电路等)的基础知识和检测方法、印制电路板的设计与制作方法(包括Altium Designer软件的使用)、电子产品生产的主要工艺技术(准备工艺、焊接技术、装配工艺、调试工艺)、电子产品技术文件的基础知识,以及12个单项实训项目和1个综合实训项目。

本书由多年从事电子技术教学和实验的老师共同编写。在编写过程中,根据电子工艺技术的特点,既注重知识性、实践性的统一,又注意了全书内容的先进性和新颖性。

本书可作为高等院校电类和非电类专业以及职业技术教育院校的教材,也可作为电子工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺与实训教程/赵洪亮,卫永琴主编. —2

版. —东营:中国石油大学出版社,2014.9

ISBN 978-7-5636-4479-7

I. ①电… II. ①赵… ②卫… III. ①电子技术—教材IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第198653号

电子工艺与实训教程(第2版)

主 编:赵洪亮 卫永琴

责任编辑:魏 瑾

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: weicbs@163.com

印 刷 者:山东省东营市新华印刷厂

发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0532—86983566)

开 本:185 mm×260 mm 印张:13 字数:333千字

版 次:2014年9月第2版第1次印刷

定 价:27.80元

版权专有,翻印必究。举报电话:0532—86983566

本书封面覆有带中国石油大学出版社标志的激光防伪膜。

本书封面贴有带中国石油大学出版社标志的电码防伪标签,无标签者不得销售。

高等学校电工电子类系列教材 ▶▶

编 审 委 员 会

BIANSHEN WEIYUANHUI

主 任 王志功(东南大学)

副 主 任 马家臣(哈尔滨工业大学(威海))

曹茂永(山东科技大学)

编委会成员 (以姓氏笔画为序)

于海生(青岛大学)

王宝兴(聊城大学)

刘法胜(山东科技大学)

李贻斌(山东大学)

张 勇(济南大学)

周绍磊(海军航空工程学院)

武玉强(曲阜师范大学)

侯加林(山东农业大学)

韩 力(北京理工大学)

谭博学(山东理工大学)

王培进(烟台大学)

卢 燕(青岛理工大学)

刘庆华(中国石油大学出版社)

李 明(中国矿业大学)

郑永果(山东科技大学)

周应兵(山东交通学院)

孟祥忠(青岛科技大学)

唐述宏(潍坊学院)

褚东升(中国海洋大学)

綦星光(山东轻工业学院)

编委会秘书 刘 静(中国石油大学出版社)

出版说明

GENERAL SERIES PREFACE

电工电子技术作为当前信息技术的基础,在国民经济和社会发展中起着越来越直接和越来越重要的作用。在高校中,由于广阔的技术应用和良好的就业前景,使电工电子类专业成为近年来发展势头最强劲的专业之一。在学生人数激增、学科应用拓展、学科发展加速的现实背景下,要使高校的专业教学跟上发展的步伐,适应社会的需求,则必须进行课程体系和课程内容的改革。这是摆在电工电子类专业从教者面前的一项重要而紧迫的任务。

正是在这种共同认识的驱动下,我们 20 多所高校——一些平时在教学改革方面颇多交流、在学科建设方面颇多借鉴的院校,走到了一起。我们这些院校各有所长,在一起切磋、比较、学习,搭建了一个很好的学习和交流的平台,共同推动了教育教学改革,促进了各自的发展。经验告诉我们,教改的核心是课程体系和课程内容的改革,但课程体系和课程内容改革的成果呈现在学生面前的最主要资源便是构架完备系统的教材。因此,课程改革与教材建设同步,编写出一套适合当前教学改革要求、结构体系完备、体现教学改革思路的好教材,成了我们共同的追求。

教材指导教学,教材体现教改。根据现实的教学需求和进一步的发展规划,我们把这套教材的建设构架为三个方面,也可以说是三个模块:

第一个方面是电工电子的基础理论与技术教材,主要针对工科类学生的通识课或者基础课,包括信号与系统、电路分析、电子线路、模拟电子技术、数字电子技术、单片机原理及应用、微机原理及应用、电气控制及 PLC 技术、计算机控制技术、电机与电气控制技术、传感器与检测技术、电机与拖动等,涵盖电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术等专业的基础知识。为确保教材的权威性、科学性,各书主编及主要撰写者,均由具有多年教学经验的教授和专家担任。教材的覆盖面广、知识面宽,以高校的精品课建设为基础,着重基本概念和基本物理过程的论述,注重教学内容的内拓和精选,突出先进性、针对性和实用性。

第二个方面是实验与实训类教材。实验教学是培养学生基本工程素质、提高工程实践能力的重要手段,是高校工科教育教学改革的核心课题。为此,我们这些高校都极其重视实验教学改革与教材建设,不断更新实训教育理念,注重学生创新能力和动手能力的综合发展。国家级实验教学示范中心是高等学校实验教学研究和改革的基地,对全国高等学校实验教学改革具有示范作用。我们的整套实训教材以山东科技大学和青岛大学“国家级电工电子实验教学示范中

心”为依托,将任务驱动与项目引领相结合,融基础实验与综合技能训练、系统设计与综合应用、工程训练和创新能力培养为一体,体系完整,内容丰富,工程实践性强,以期达到加强学生的系统综合设计能力和训练学生工程思维的目的。这一类教材主要包括电路实训教程、模拟电子技术实验教程、数字电路逻辑设计与实训教程、电子工艺与实训教程、PLC 应用实训教程、电子工程实训教程、电气工程实训教程等。相信这部分教材对加强、规范和引导相关高校的实验教学会有有一定的借鉴作用。

第三个方面则是我们独具特色的电工电子类专业的双语教学教材。我们本着自编和引进并重的原则,打造适合我国高等教育发展的电工电子类双语教材体系。我们拥有具有东西方不同教学体系下丰富教学经验的外国专家和教授,他们以纯正的英语语言直接面向我们的大学生编写教材,这在国内恐属首创。比如这套教材中的双语教材之一《Introductory Microcontroller Theory and Applications》就是由英籍专家 Michael Collier 主编完成的英文版双语教材。该教材已在试用中得到了教师和学生的高度评价。在编写原创双语教材的同时,为了提供更丰富的双语教材资源,弥补原创双语教材在数量上的不足,各校将在共同讨论的基础上,引进相对适应性广泛的原版教材。另外,电工电子类双语教学网站也在同步建设中,为师生提供双语教学资源,打造师生互动平台。

诸事万物,见仁见智。对一套好教材的追求是我们的愿望。但当我们倾力追求教材对于学校现实的适用性时,又惧怕它们或许已离另一些学校更远。站在不同的起点或角度进行教材构架时,这种差异有时会影响人们对教材的评判。这就时刻提醒我们参与教材编写的院校,在追求教材对于自身的适用性的同时,需要努力与其他院校做更多的沟通和了解,以使自身更好地融入全国教改的主流,同时使这套教材具有更好的普适性,有更广泛的代表意义和借鉴作用。

教材是教学之本。我们希望这套教材:不仅能符合专业培养要求,而且能顺应专业培养方向;不仅能符合教育教学规律,而且能符合学生的接受能力和知识水平;不仅能蕴含和体现丰富的教学经验和思想,而且能为学生呈现良好的学习方法,能指导学生学会自主学习,能调动学生的创造力和学习热情……我们将为此继续努力!

编委会

2010年6月

前言

Preface

所谓电子工艺,简而言之,就是把电子元器件、原材料或半成品加工成具有一定功能的电子产品(或系统)的方法。随着电子技术和设计原理的进步,电子系统的可靠性不断得以改善。但是,如果在整个生产过程中不能自始至终地坚持好的工艺,则不能保证整机产品的质量。好的工艺,是靠选用技术上熟练胜任的技工,并按照批准的工艺标准进行操作来获得的。电子工艺对电子产品性能和可靠性的作用,与精心的设计工作所起的作用同样重要。

本书共分 10 章。第 1 章介绍安全用电常识;第 2 章介绍常用电子元器件(包括电阻器、电位器、电容器、电感器、变压器、电声器件、机电元器件、半导体分立器件、集成电路等)的基础知识;第 3 章介绍万用表的工作原理、使用方法,并配以 4 个实训项目;第 4 章介绍印制电路板的设计与制作方法(包括 Altium Designer 软件的使用),并配以 3 个实训项目;第 5 章介绍准备工艺;第 6 章介绍焊接技术,并配以 5 个实训项目;第 7、8 章分别介绍电子整机的装配工艺和调试工艺;第 9 章介绍电子产品技术文件的基础知识;第 10 章给出了 1 个综合实训项目。

本书由赵洪亮、卫永琴担任主编,黄鹤松、崔保春、刘春晖、马进担任副主编,闫吉领、孙皓、冯明磊参加了本书的编写。第 1 章由赵洪亮、闫吉领编写,其中闫吉领编写了第 1.4 节。第 2 章由马进、闫吉领编写,其中闫吉领编写了第 2.3 节和第 2.5 节。第 3 章由崔保春、孙皓编写,其中实训项目由孙皓编写。第 4 章由黄鹤松编写。第 5 章由赵洪亮编写。第 6 章由刘春晖编写。第 7、8 章由卫永琴编写。第 9 章由赵洪亮、崔保春编写,其中崔保春编写了第 9.7 节。第 10 章由卫永琴、冯明磊编写。全书由赵洪亮统稿。

本书在编写过程中,得到了汤元信教授、刘法胜教授的指导和帮助,田祥娥、李文、冯国金、王加奎、江霞、徐磊、郑庆乐等同学参加了图稿的绘制和资料整理工作,在此一并致谢。

电子工艺是工科院校电类专业学生的一门必修课程,也是不少非电类专业学生的一门重要的实践课程。本书主要用于电子工艺课程的教学,也可作为其他实践类课程(如各种生产实习、课程设计、毕业设计)或各种科技创新活动的辅助教材或参考书,还可作为职业技术教育院校相关专业的教材或电子工程技术人员的参考资料。

由于电子工艺技术发展很快,且编者的经验有限,书中误漏之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编者

2014 年 8 月

目 录

Contents

第1章 安全用电常识

1.1 触电及防护	1
1.1.1 触电的危害	1
1.1.2 影响触电危险程度的因素	1
1.1.3 触电的个人防护	2
1.1.4 触电急救措施	2
1.2 电气设备安全保护	3
1.2.1 三相电路的接零保护	3
1.2.2 三相电路的接地保护	3
1.2.3 漏电保护开关	4
1.2.4 设备使用中异常情况的处理	5
1.3 电子车间安全常识	5
1.3.1 文明生产常识	5
1.3.2 用电安全	6
1.3.3 其他伤害防护	6
1.3.4 电气火灾及救护	7
1.4 安全防爆电气设备简介	7
本章思考题	9

第2章 常用电子元器件

2.1 电阻器与电位器	10
2.1.1 电阻与电阻器的基本概念	10
2.1.2 电阻器的分类	10
2.1.3 电阻器的型号与命名	11
2.1.4 电阻器的主要技术指标	12
2.1.5 电阻器的标识方法	13
2.1.6 电位器	16
2.1.7 特殊电阻器	16
2.2 电容器	17

2.2.1 电容器的基本概念	17
2.2.2 电容器的类别与型号	18
2.2.3 电容器的标注方法	19
2.2.4 电容器的主要特性参数	20
2.2.5 电容器的简易测试	22
2.2.6 电容器的选用和更换	22
2.3 电感器及变压器	23
2.3.1 电感器的基本概念	23
2.3.2 电感器的分类及型号命名	23
2.3.3 电感器的主要参数	24
2.3.4 电感器的标识方法	25
2.3.5 变压器的基本概念	25
2.3.6 变压器的分类	26
2.3.7 变压器的主要参数	26
2.3.8 变压器的检测、选用与更换	27
2.4 电声器件	27
2.4.1 扬声器	27
2.4.2 耳机	29
2.4.3 传声器	29
2.5 机电元器件	31
2.5.1 开关	31
2.5.2 连接器	32
2.6 半导体分立器件	35
2.6.1 半导体分立器件的分类与命名	35
2.6.2 常用半导体分立器件	38
2.6.3 其他半导体器件	40
2.7 集成电路	40
2.7.1 集成电路的基本概念	40

2.7.2	集成电路的分类	40
2.7.3	集成电路的型号命名	41
2.7.4	集成电路的封装和引脚	42
2.8	表面组装元器件	43
2.8.1	表面组装元器件的特点	43
2.8.2	表面组装元器件的类型	44
2.8.3	表面组装元件(SMC)	44
2.8.4	表面组装器件(SMD)	48
2.8.5	其他表面组装元器件	48
2.8.6	表面组装元器件的包装	50
	本章思考题	50
第3章	万用表的使用	
3.1	指针式万用表	51
3.1.1	MF500 型指针式万用表	51
3.1.2	MF47 型指针式万用表	53
3.2	数字万用表	54
3.2.1	数字万用表的特点	54
3.2.2	MS8222C/D/G 数字万用表的结构	54
3.2.3	MS8222C/D/G 数字万用表的性能指标	55
3.2.4	MS8222C/D/G 数字万用表的使用方法	57
3.3	使用万用表检测常用元器件	60
3.3.1	使用指针式万用表测量常用元器件	60
3.3.2	使用数字万用表测量常用元器件	62
3.3.3	数字万用表的使用及维护说明	63
3.4	实训项目	64
3.4.1	电阻的识读与检测	64
3.4.2	电容的识读与检测	64
3.4.3	二极管的识读与检测	65
3.4.4	用指针式万用表检测三极管管脚	66
	本章思考题	66
第4章	印制电路板的设计与制作	
4.1	印制电路板的基础知识	67

4.1.1	印制电路板	67
4.1.2	印制电路板设计前的准备	68
4.2	印制电路板的排版设计	70
4.2.1	印制电路板的设计原则	70
4.2.2	印制电路板干扰的产生及抑制	71
4.2.3	元器件的安装与布局	73
4.2.4	焊盘及孔	74
4.2.5	印制导线设计	76
4.3	印制电路板的制造工艺	78
4.3.1	印制电路板的生产	78
4.3.2	印制电路板的实验室制作	79
4.4	计算机辅助设计印制电路	82
4.4.1	Altium Designer 电路设计简介	82
4.4.2	电路原理图设计	83
4.4.3	印制电路图设计	91
4.5	实训项目	96
4.5.1	采用 Altium Designer 软件绘制功率放大电路的原理图及 PCB 图	96
4.5.2	采用雕刻机方法制作印制电路板	97
4.5.3	采用化学腐蚀方法制作印制电路板	99
	本章思考题	103
第5章	准备工艺	
5.1	常用工具	104
5.2	元器件引线成型	105
5.2.1	元器件引线的处理	105
5.2.2	引线成型的基本要求	105
5.2.3	引线成型方法	105
5.3	导线的加工	106
5.3.1	导线的种类	106
5.3.2	绝缘导线的加工	107
5.3.3	屏蔽导线的加工	108
5.3.4	线扎成型	109
5.3.5	通信电缆的加工	111
	本章思考题	112

第6章 焊接技术

6.1 电烙铁	113
6.1.1 电烙铁的结构	113
6.1.2 电烙铁的种类	113
6.1.3 电烙铁的合理选用	115
6.1.4 烙铁头修整及镀锡	116
6.2 焊接材料	117
6.2.1 焊料	117
6.2.2 助焊剂	118
6.2.3 阻焊剂	119
6.3 手工焊接工艺	119
6.3.1 焊接准备	119
6.3.2 手工焊接	121
6.3.3 拆焊技术	126
6.3.4 焊点质量及检查	127
6.4 浸焊与波峰焊	129
6.4.1 浸焊	129
6.4.2 波峰焊	131
6.5 表面安装技术	133
6.5.1 表面安装技术概况	133
6.5.2 表面安装技术工艺流程	135
6.5.3 几种 SMT 焊接工艺简介	136
6.6 实训项目	138
6.6.1 焊接工具、焊剂、焊料及锡焊的感性认识	138
6.6.2 手工焊接五步法	138
6.6.3 印制电路板的焊接	139
6.6.4 导线的焊接	139
6.6.5 SMT 焊接技术	139
本章思考题	140

第7章 装配工艺

7.1 电子设备组装工艺	141
7.1.1 电子设备组装的内容和方法	141
7.1.2 组装工艺技术的发展	142
7.1.3 整机装配工艺过程	144
7.2 印制电路板的装配	146
7.2.1 印制电路板装配工艺	146

7.2.2 印制电路板的装配工艺流程	147
7.3 连接工艺和整机总装工艺	149
7.3.1 连接工艺	149
7.3.2 整机总装工艺	152
本章思考题	153

第8章 调试工艺

8.1 调试工艺过程	154
8.1.1 电子产品的生产过程	154
8.1.2 电子产品的调试工艺过程	154
8.2 调试与检测仪器	156
8.2.1 调试与检测仪器的分类	156
8.2.2 调试与检测仪器的选择与配置	156
8.2.3 调试与检测仪器的使用	157
8.3 故障检测方法	159
8.3.1 观察法	159
8.3.2 测量法	159
8.3.3 跟踪法	162
8.3.4 替换法	163
8.3.5 比较法	164
本章思考题	165

第9章 电子产品技术文件

9.1 电子产品技术文件概述	166
9.1.1 产品技术文件的特点	166
9.1.2 电子产品技术文件的种类	166
9.2 产品标准	166
9.2.1 标准与标准化概述	166
9.2.2 产品标准的分类	167
9.3 电子产品设计文件	168
9.3.1 设计文件的编制原则	168
9.3.2 电子产品分级及设计文件分类	168
9.3.3 电子产品设计文件的组成及完整性	169
9.4 电子产品工艺文件	170
9.4.1 工艺文件的作用	170

9.4.2 电子产品工艺文件的分类	171	分析	185
9.4.3 电子产品工艺文件的成套性	171	10.3 M830B 数字万用表的安装 ...	186
9.5 电子产品鉴定技术文件	172	10.3.1 M830B 数字万用表元器件介绍与识别	186
9.5.1 电子产品鉴定的类型	172	10.3.2 M830B 数字万用表安装图	188
9.5.2 电子产品鉴定技术文件(材料)	172	10.3.3 M830B 数字万用表安装注意事项	188
9.6 电子产品说明书	173	10.3.4 M830B 数字万用表的安装步骤	189
9.6.1 电子产品说明书及种类 ...	173	10.4 M830B 数字万用表的调试	190
9.6.2 电子产品说明书的特点 ...	173	10.4.1 LCD 测试	190
9.6.3 电子产品说明书的基本格式	174	10.4.2 A/D 转换测试	191
9.7 电子产品技术文件中的图形说明及图样	174	10.4.3 分流线调试	191
9.7.1 图形符号及说明	174	10.4.4 DCV 测试	191
9.7.2 常用图样	176	10.4.5 AC 测试	192
9.7.3 工艺图简介	180	10.4.6 DCA 测试	192
本章思考题	182	10.4.7 电阻/二极管测试	193
第10章 综合实训项目——数字万用表的制作		10.4.8 h_{FE} 测试	193
10.1 M830B 数字万用表的特点 ...	183	10.4.9 最终装配	193
10.1.1 M830B 数字万用表的面板	183	10.5 M830B 数字万用表的操作指南	193
10.1.2 M830B 数字万用表的测量范围	183	10.5.1 测量注意事项	193
10.2 M830B 数字万用表的电路原理	183	10.5.2 电压测量	193
10.2.1 M830B 数字万用表的电路特点	183	10.5.3 直流电流(DCA)测量 ...	194
10.2.2 M830B 数字万用表的电路		10.5.4 电阻测量	194
		10.5.5 二极管测量	194
		10.5.6 三极管测量	194
		10.5.7 电池和保险丝的更换 ...	194
		参考文献	195

电是现代物质文明的基础,从家庭、学校到办公室、工矿企业、娱乐场所,现代社会几乎没有不用电的场所。然而,电同时也是危害人类生命财产安全的因素之一。安全用电是现代人必须掌握的基本常识。

在长期的实践中,人们虽然总结积累了安全用电的经验,但是毕竟不能事事都去实践,特别是对安全事故而言。因此,应该汲取前人的经验教训,掌握必要的知识,防患于未然。

安全用电技术内容广泛,本章只就最基本、最常见的安全用电问题进行讨论。

1.1 触电及防护

1.1.1 触电的危害

触电对人体的危害主要有电伤和电击两种。

1. 电伤

电伤是指触电导致的人体外表创伤,通常有以下三种:

(1) 灼伤。灼伤是指由电流的热效应对人体皮肤、皮下组织、肌肉甚至神经产生的伤害。灼伤会引起皮肤发红、起泡、烧焦、坏死等。

(2) 电烙印。电烙印是指由电流的机械和化学效应造成的人体触电部位的外部伤痕,通常是皮肤表面的肿块。

(3) 皮肤金属化。皮肤金属化是指由带电体金属通过触电点蒸发而进入人体所造成的局部皮肤呈现相应金属的特殊颜色。

2. 电击

电击是指电流通过人体内部,造成肌肉痉挛(抽筋)、神经紊乱,甚至导致呼吸停止、心室颤动,严重的会危及生命。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。

1.1.2 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。比如,某些电疗仪器就是利用电流刺激穴位来达到治疗目的的。

(1) $0\sim 0.5\text{ mA}$ 连续通电:身体无感觉。

(2) $0.5\sim 5\text{ mA}$ 连续通电:身体开始有痛的感觉,无痉挛,可以摆脱电源。

(3) $5\sim 30\text{ mA}$ 通电数分钟:身体痉挛,不能摆脱电源,呼吸困难,血压升高,是可忍受的极限。

(4) $30\sim 50\text{ mA}$ 通电数秒到数分钟:心脏跳动不规则,昏迷,血压升高,强烈痉挛,时间过长时间会引起心室颤动。

(5) $50\sim 250\text{ mA}$ 通电数秒:强烈冲击,发生心室颤动。

(6) 大于 250 mA 通电 1 s 以上:心脏停止跳动,电灼伤。

2. 电流的作用时间

电流对人体的伤害同作用时间密切相关,一般用电流与时间的乘积(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小于 $30 \text{ mA} \cdot \text{s}$,实际产品可以小于 $3 \text{ mA} \cdot \text{s}$,故可有效防止触电事故。

3. 电流的类型

电流的类型不同,对人体的损伤也不同。直流电一般引起电伤,而交流电则同时引起电伤与电击,特别是 $40 \sim 100 \text{ Hz}$ 交流电对人体危害最大,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 $20\,000 \text{ Hz}$ 时,对人体的危害很小,用于理疗的一些仪器采用的就是这个频段。

4. 人体电阻

人体是一个不确定的电阻,皮肤干燥时,人体电阻可达 $100 \text{ k}\Omega$ 以上,而一旦潮湿,人体电阻可降到 $1 \text{ k}\Omega$ 以下。人体还是一个非线性电阻,随着电压的升高,电阻值减小。表 1.1 给出了人体电阻值随电压的变化情况。

表 1.1 人体电阻值随电压的变化

电压/V	1.5	12	31	62	125	220	380	1 000
电阻/ $\text{k}\Omega$	>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

1.1.3 触电的个人防护

预防触电的措施很多,以下列出最基本的几条:

(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。目前,大多数工作、生活用电系统都设有保护接零。

(3) 所有使用市电的场所都应装设漏电保护器。

(4) 随时检查所用电器插头、电线,发现破损或老化时应及时更换。

(5) 尽量使手持电动工具在安全电压下工作。我国规定的常用安全电压为 36 V 或 24 V ,特别危险场所为 12 V 。

(6) 安全操作:

① 在任何情况下检修电路和电器时,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 不要湿手操作开关、插拔电器。

③ 遇到不明情况的电线,先认为它是带电的。

④ 尽量养成单手电工作业的习惯。

⑤ 不在疲倦、带病等状态下从事电工作业。

⑥ 遇到较大体积的电容器时要先行放电,再进行检修。

1.1.4 触电急救措施

(1) 发生触电事故时,千万不要惊慌失措,必须以最快的速度使触电者脱离电源。这时最

有效的措施是切断电源。在一时无法或来不及找到电源的情况下,可用绝缘物(竹竿、木棒或塑料制品等)移开带电体。

(2) 触电者在未脱离电源前,其本身是一个带电体,抢救时可能会造成抢救者触电伤亡,所以要在保证自身不触电的前提下做到尽可能快地进行抢救。

(3) 触电者脱离电源后,还有心跳和呼吸的应尽快送医院进行抢救。

(4) 若心跳已停止,应立即采用人工心脏按压法,使患者维持血液循环,并同时拨打急救电话;若呼吸已停止,应立即采用口对口人工呼吸方法施救,并同时拨打急救电话。

(5) 心跳、呼吸全停止时,应该同时采用(4)中的两种方法施救,并且边急救边送医院做进一步的抢救。

1.2 电气设备安全保护

电力系统的供电是将 6 kV 以上的高压电经变压器降压后,送给工厂和用户使用。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,相应的保护措施有接零保护和接地保护。

1.2.1 三相电路的接零保护

在三相四线制供电系统中,变压器低压端中性点接地(称为工作接地),从中性点引到用户的线称为工作零线,如图 1.1 所示。

接零保护是指用电设备外壳与工作零线相接。当绝缘损坏,有一相线碰壳时,通过设备外壳使该相线与零线形成短路,从而产生大电流,促使线路保护装置断开。必须注意,工作零线不准接保险丝(或熔断器)。

常用电子仪器、家用电器均采用交流单相 220 V 供电,其中输电线一根为相线(火线),一根为工作零线,还有一根为保护零线(地线),如图 1.2 所示。必须注意,不能把工作零线与保护零线接在一起,这样不仅不能起到保护作用,反而可能使外壳带电。保护零线和工作零线相比,对地电压均为零,但保护零线不能接熔断器,而工作零线可以接熔断器。

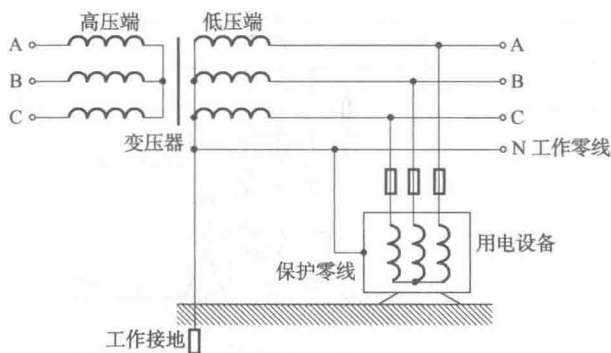


图 1.1 接零保护示意图

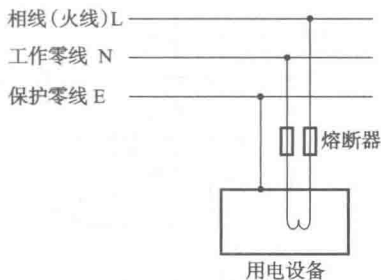


图 1.2 单相电路的接零保护

1.2.2 三相电路的接地保护

在三相三线制供电系统中,中性点不接地,电气设备宜采用接地保护,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接地,接地电阻 R_0 越小越好。

接地保护原理示意图如图 1.3 所示。当有一相线碰壳而设备未接地时,人触及设备外壳会发生单相触电。如没有接地保护,则电流将直接流过人体;如采用接地保护,由于接地电阻 R_0

远小于人体电阻 R_b ，因此，当人体接触带电外壳时，产生的大电流会通过 R_G 入地，使电路保护装置动作，从而避免人体的触电危险。

根据国家有关标准规定，接地电阻 R_G 为 $4 \sim 10 \Omega$ 。

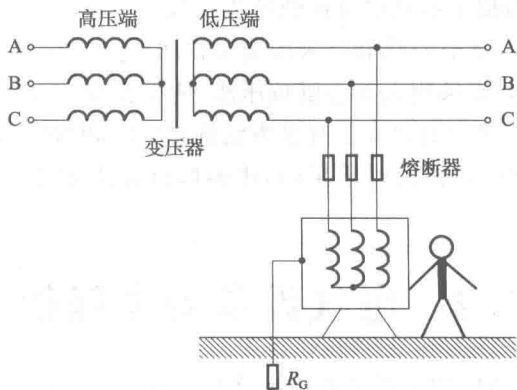


图 1.3 接地保护原理示意图

1.2.3 漏电保护开关

漏电保护开关又称为触电保护开关，是一种保护切断型的安全技术，它比保护接地或保护接零更灵敏，更有效。

漏电保护开关有电压型和电流型两种，其工作原理有共同性，即都可看作是一种灵敏继电器，如图 1.4 所示，检测器 JC 控制开关 S 的通断。对电压型而言，JC 检测用电器的对地电压；对电流型而言，则检测漏电流，超过安全值即控制 S 动作切断电源。

电压型漏电保护开关的安装较复杂。目前发展较快、使用广泛的是电流型漏电保护开关。电流型漏电保护开关不仅能防止人触电，而且还能防止漏电造成火灾，既可用于中性点接地系统，也可用于中性点不接地系统；既可单独使用，也可与保护接地、保护接零共同使用，而且安装方便，值得大力推广。典型的电流型漏电保护开关的工作原理如图 1.5 所示。

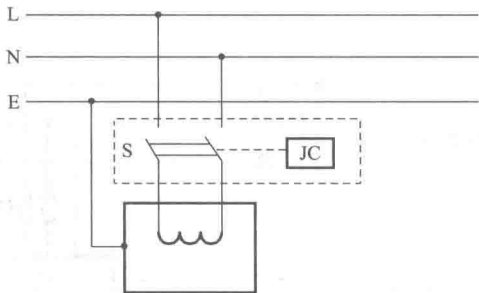


图 1.4 漏电保护开关示意图

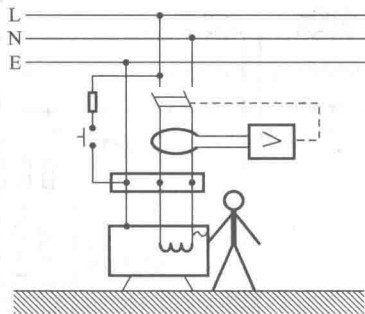


图 1.5 电流型漏电保护开关的工作原理

当电器正常工作时，流经零序互感器的电流大小相等，方向相反，检测输出为零，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，零序互感器检测到不平衡电流并达到一定数值时，通过放大器输出信号将开关切断。

图 1.5 中按钮与电阻组成检测电路，选择电阻使此支路电流为最小动作电流，即可测试开关是否正常。

按国家标准规定，电流型漏电保护开关的电流时间乘积 $\leq 30 \text{ mA} \cdot \text{s}$ 。实际产品的一般额

定动作电流为 30 mA,动作时间为 0.1 s。如果是在潮湿等恶劣环境下,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,这是因为用电线路的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意产品质量,一般来说,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。

1.2.4 设备使用中异常情况的处理

1. 用电设备在使用中可能发生的异常情况

- (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) 产生异味,一般为塑料味、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。

2. 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继续工作,一定要查清原因后再换上同规格熔断器。
- (3) 及时记录异常现象及发生的部位,避免检修时再通电查找。
- (4) 对有麻电感觉但未造成触电的现象不可忽视,这种情况往往是由于绝缘受损但未完全损坏,暂时未造成严重后果,但随着时间的推移,绝缘将会逐渐地被完全破坏,危险也会增大,因此必须及时检修。

1.3 电子车间安全常识

1.3.1 文明生产常识

搞好文明生产是实现全面质量管理的重要条件。如果不重视文明生产,即使有先进的技术设备,也不能保证生产出高质量的产品。文明生产就是创造一种正规、清洁明亮、安全、井然有序、有稳定人心作用、符合最佳布局的良好环境,养成按标准秩序和良好工艺技术精心操作的习惯。

电子产品的生产对场地环境的要求比较高,一般应做到:室内照明灯光充足而不耀眼,墙壁、地面、仪器设备等的颜色要合适,对人眼不刺激;场地应有排气通风设备,室内空气中的有害气体不能超标;室内的噪声不能超过 85 dB;严禁在场地内吸烟、喧哗打闹。

为保证文明生产,必须具备一流的现场管理,只有这样,才能生产出一流的产品,向用户提供一流的服务。目前,起源于日本的“5S”现场管理体系最为适用,已被许多企业采用和发扬。有些企业在此基础上提出“6S”现场管理体系和“7S”现场管理体系,甚至“10S”现场管理体系,但基础仍是“5S”现场管理体系。

“5S”现场管理就是整理(Seiri)、整顿(Seiton)、清扫(Seiso)、清洁(Seiketsu)、素养(Shitsuke)等五个项目,因日语的罗马拼音均以“S”开头而简称“5S”管理。后来的“6S”在此基础上加了“安全”,“7S”又在此基础上加了“服务”。现场管理的目的是对生产现场中的人员、机器、材

料、方法、环境进行充分而有效的科学管理,其基本思想是“物有其位,物在其位”。

(1) 整理。整理就是将必需品与非必需品分开。必需品摆在指定的位置上,有明确的标示。不要的物品坚决处理掉,在工作现场不放置必需品以外的物品,以免妨碍工作或有碍观瞻。这些被处理掉的物品可能包括原辅材料、半成品和成品、仪器设备、工装夹具、管理文件、表册单据、无关的书报、个人物品等。

(2) 整顿。整顿就是将整理好的物品明确地规划、定位,并加以标示,这样,就可以达到快速、准确、安全地取用所需物品。其原则是“定位、定物、定量,易见、易取、易还”。

(3) 清扫。清扫就是将工作场所、机械设备、材料、工具等上面的灰尘、污垢、碎屑、泥沙等脏物清扫、擦拭干净,创造一个洁净的环境。其原则是划分每个人应负责的清洁区域,确定清扫频率。划分区域时必须界限清楚,不留下无人负责的区域。

(4) 清洁。清洁就是维持以上“3S”——整理、整顿、清扫,使之成为日常活动,规范化、标准化。其原则是制定标准,定时检查。

(5) 素养。素养就是培养全体员工良好的工作习惯、组织纪律和敬业精神,这是“5S”活动的最终目的。通过持续进行整理、整顿、清扫、清洁活动,逐步使每一位成员都自觉养成遵守规章制度、工作纪律的习惯,并创造一个具有良好氛围的工作场所。

1.3.2 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”。一般常用的电动工具(例如电烙铁、电钻、电热风机等)、仪器设备和制作装置等大部分都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。实践证明以下三点是安全用电的基本保证。

1. 安全用电观念

增强安全用电的观念是安全的根本保证。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。

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) 工作室或工作台上应有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、检测较大功率的电子装置时,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,断开刀闸开关或电源连接),而不仅仅是断开设备的电源开关。

(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。

1.3.3 其他伤害防护

1. 烫伤的预防

烫伤在电子装配操作中发生较为频繁,这种烫伤一般不会造成严重后果,但会给操作者带