

高 等 学 校 规 划 教 材

电工电子实训教程

熊幸明 主编 曹才开 王新辉 副主编

清华大学出版社



高等学校规划教材

电工电子实训教程

熊幸明 主编 曹才开 王新辉 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

全书共 12 章,前 9 章为电工实训部分,后 3 章为电子实训部分。内容包括:安全用电、常用电工工具与仪表、电工基本操作工艺、内线安装与照明、异步电动机、小型变压器、常用低压电器和电动机的控制、常用机床电气控制线路、电工实训、电子基本操作工艺、印制电路板的设计与制作、电子实训等。相对传统教材,本书以操作工艺为主线,突出安装测试、使用维护、故障维修等技能,对学生进行规范化的工程训练。在内容上注意了广泛性、科学性、实用性和先进性,注重新器件、新技术的介绍,从工程实际的角度,培养学生分析和解决实际问题的能力、工程实践能力和创新意识。书中安排了若干实训课题,供不同专业和学时的学生选用。

本书适用于普通高等学校和各类成人教育工程类专业学生,可作为“电工实习”和“电子实习”课程教材,也可供从事电工、电子技术的有关人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实训教程/熊幸明主编. —北京:清华大学出版社,2007.4

ISBN 978-7-302-14307-9

I. 电… II. 熊… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材
IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 154472 号

责任编辑:刘 青 朱怀永

责任校对:袁 芳

责任印制:王秀菊

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24.25 字 数:553 千字

版 次:2007 年 4 月第 1 版 印 次:2007 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:30.00 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:020665-01

PREFACE

本书是根据普通高等学校“电工电子实习”课程的教学基本要求而编写的。内容包括：安全用电、常用电工工具与仪表、电工基本操作工艺、内线安装与照明、异步电动机、小型变压器、常用低压电器和电动机的控制、常用机床电气控制线路、电工实训、电子基本操作工艺、印制电路板的设计与制作、电子实训等。

本书充分体现应用型人才培养的特点，在内容上注意了广泛性、先进性和实用性。在保留实用的传统器件和工艺的基础上，增加了新器件、新技术的介绍。如电子式电能表、表面贴装技术(SMT)、雕刻法制作印制电路板等。以操作工艺为主线，对学生进行规范化的工程技能训练。从工程实际的角度，培养学生的工程意识、动手能力、分析解决工程实际问题的能力，以及工程设计能力和创新精神，提高综合素质。要求学生通过训练，掌握常用电工工具、常用电工电子测试仪器、仪表的使用方法，现代电气、电子设备制造的工艺流程及操作工艺，会读图、会看图装配。并初步具备小型电动机、变压器、常用机床电气控制线路、电子线路等的故障分析与处理能力。书中安排了电工实训课题 29 项，电子实训课题 10 项，各专业可根据教学计划进行选择。

本书可作为普通高等学校和各类成人教育工程类专业“电工实习”、“电子实习”课程的教材，也可供从事电工、电子技术的有关人员参考。

本书由熊幸明(长沙学院教授)担任主编，曹才开(湖南工学院教授)、王新辉(长沙学院教授)担任副主编。本书编写工作具体分工为：包艳(第 1 章)，熊幸明(第 2、8 章，第 9 章实训 1~5、实训 19~29 及附录等部分)，曹才开(第 3、5、6 章，第 9 章实训 6~18)，唐立伟(第 4 章)，苏志红(第 7 章)，李旭华(第 10 章)，王新辉(第 11 章)、樊衡(第 12 章)。石成钢、张跃勤、郭民利、邓居祁、殷科生、张文希、雷敏、冯艳、熊一舟、张赐洋、熊慕蓉为本书编写提供了部分资料，并对一些实例进行测试验证。

本书由陈有卿教授主审，他认真负责地审阅了书稿，并提出许多宝贵意见和建议。

本书是湖南省教育科学“十一五”规划课题(编号：XJK06CGD014)成果。在本书编写过程中，得到了湖南省高校电子技术教学研究会和长

沙学院的大力支持,在此一并表示衷心地感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请各位读者提出宝贵意见。

编 者

2006 年 9 月

C CONTENTS

· 电工实训

第 1 章 安全用电	3
1.1 触电及其对人体的危害	3
1.1.1 触电的种类及形式	3
1.1.2 触电的危害	5
1.1.3 安全电压和安全用具	5
1.2 触电的原因与救护	6
1.2.1 触电原因	6
1.2.2 触电预防	7
1.2.3 触电救护	7
1.3 电工安全操作规程	10
1.4 电气防火、防爆、防雷	11
1.4.1 防火	11
1.4.2 防爆	12
1.4.3 防雷	12
1.5 电气安全技术知识	14
1.5.1 接地与接零	14
1.5.2 电气设备的安全要求	15
思考题 1	16
第 2 章 常用电工工具与仪表	17
2.1 常用电工工具	17
2.2 常用电工仪表	20
2.2.1 电工仪表概述	20
2.2.2 钳形电流表	21
2.2.3 兆欧表	22
2.2.4 接地电阻测量仪	24
2.2.5 功率表	26
2.2.6 电能表	29

思考题 2	32
第 3 章 电工基本操作工艺	34
3.1 常用导线的连接及焊接工艺	34
3.1.1 导线端头绝缘层的剥离	34
3.1.2 导线的电气连接工艺	36
3.1.3 导线端头的压接	39
3.1.4 导线的焊接工艺	40
3.1.5 导线的封端与绝缘层的恢复	42
3.2 电气设备紧固件的埋设	43
3.2.1 预埋木棒件	43
3.2.2 膨胀螺栓的安装	44
3.3 梯子、踏板和脚扣的登高作业	45
思考题 3	46
第 4 章 内线安装与照明	47
4.1 内线安装的技术要求及工艺	47
4.2 绝缘子、槽板配线	48
4.2.1 绝缘子配线工艺	48
4.2.2 槽板配线工艺	50
4.3 塑料护套线配线	52
4.4 线管配线	54
4.4.1 线管配线方法	54
4.4.2 线管配线要求	56
4.5 电气照明的基本知识	57
4.6 常用照明灯具的安装	60
4.6.1 照明灯具安装工艺	60
4.6.2 白炽灯的安装	62
4.6.3 荧光灯的安装	62
4.6.4 高压汞灯的安装	63
4.6.5 碘钨灯的安装	65
4.7 特殊场所照明装置和特殊电灯的安装	66
4.7.1 有爆炸、火灾危险场所的照明	66
4.7.2 潮湿和有腐蚀性气体场所的照明	66
4.7.3 低压安全灯的安装	67
4.7.4 霓虹灯的安装	67
4.7.5 紫外线灯简介	69
4.8 配电板(箱)的安装	70

4.8.1 配电板(箱)安装的一般要求	70
4.8.2 照明配电板(箱)的安装	71
4.8.3 量电及配电装置的安装工艺	71
思考题 4	75
第 5 章 异步电动机	77
5.1 三相笼型异步电动机的结构与铭牌	77
5.1.1 三相笼型异步电动机的结构	77
5.1.2 三相笼型异步电动机的铭牌	79
5.2 三相笼型异步电动机的安装及试运行	80
5.2.1 三相笼型异步电动机的安装	80
5.2.2 三相笼型异步电动机的试运行	82
5.3 三相笼型异步电动机的拆装	83
5.3.1 三相笼型异步电动机的拆卸	83
5.3.2 三相笼型异步电动机的装配	85
5.3.3 装配后的检验	86
5.3.4 定子绕组首尾端判别	86
5.4 三相笼型异步电动机定子绕组重绕	88
5.4.1 绕组分类	88
5.4.2 绕组的接线与引线	89
5.4.3 定子绕组的重绕	91
5.5 三相笼型异步电动机的运行维护	97
5.5.1 启动前的准备与检查	97
5.5.2 运行中的巡视	99
5.5.3 定期维护	100
5.6 三相笼型异步电动机的故障分析与处理	101
5.6.1 故障的分析与检查	101
5.6.2 常见故障处理方法	102
5.7 单相异步电动机的基本结构、分类及应用	103
5.7.1 单相异步电动机的基本结构	103
5.7.2 单相异步电动机的分类与应用	104
5.8 单相电容式电动机的拆装	106
5.8.1 单相电容式电动机的拆卸	106
5.8.2 单相电容式电动机的安装	109
5.9 单相电容式电动机故障分析与处理	111
5.9.1 故障的分析与检查	111
5.9.2 定子绕组故障与处理	113
5.9.3 常见故障及处理方法	115

思考题 5	116
第 6 章 小型变压器	118
6.1 变压器的分类和结构	118
6.1.1 变压器的功用及分类	118
6.1.2 变压器的构造	118
6.2 变压器的参数测试	121
6.2.1 变压器的额定值	121
6.2.2 变压器的空载特性测试	122
6.2.3 变压器的负载特性测试	123
6.2.4 变压器的短路电压测试	124
6.2.5 其他参数测试	124
6.3 变压器同名端的判别	126
6.3.1 变压器的同名端	126
6.3.2 变压器同名端的判别	126
6.4 小型单相变压器的绕制	127
6.4.1 变压器线圈的绕制	127
6.4.2 变压器的绝缘处理	131
6.4.3 变压器铁心的装配	131
6.4.4 变压器成品的一般测试	132
6.5 变压器的使用与故障分析	132
6.5.1 变压器的使用	132
6.5.2 变压器的故障分析	133
思考题 6	134
第 7 章 常用低压电器和电动机的控制	136
7.1 常用低压电器	136
7.1.1 刀开关	137
7.1.2 主令电器	140
7.1.3 熔断器	145
7.1.4 接触器	148
7.1.5 继电器	151
7.1.6 低压断路器	159
7.1.7 低压电器常见故障及维修	162
7.2 电动机基本控制线路	166
7.2.1 直接启动控制线路	166
7.2.2 降压启动控制线路	168
7.2.3 制动控制线路	171

7.2.4 自动往返控制线路	175
思考题 7	178
第 8 章 常用机床电气控制线路	180
8.1 C616 型普通车床电气控制线路	180
8.1.1 卧式车床结构	180
8.1.2 主电路	182
8.1.3 控制、照明及指示电路	182
8.2 Z3040 型摇臂钻床电气控制线路	183
8.2.1 摇臂钻床结构	183
8.2.2 主电路	186
8.2.3 控制及照明、指示电路	186
8.3 X62W 型铣床电气控制线路	188
8.3.1 X62W 万能铣床结构	188
8.3.2 主电路	189
8.3.3 控制及照明、指示电路	192
8.4 M7120 型磨床电气控制线路	195
8.4.1 卧轴矩台平面磨床结构	195
8.4.2 主电路	196
8.4.3 控制及照明、指示电路	198
8.4.4 改进的电磁吸盘充、退磁电路	199
8.5 机床电气控制系统的维护与检修	201
8.5.1 日常维护	201
8.5.2 常见故障的检查	202
8.5.3 常用检修方法介绍	203
思考题 8	206
第 9 章 电工实训	207
实训一 触电急救的模拟训练	208
实训二 低压验电笔的使用	208
实训三 钳形电流表和接地电阻测量仪的使用	209
实训四 三相笼型异步电动机绝缘测试	210
实训五 电能表的接线及运行观察	210
实训六 导线连接与焊接工艺训练	211
实训七 用踏脚板和脚扣登高训练	211
实训八 常用灯具安装	212
实训九 室内布线训练	213
实训十 配电板(箱)安装	214

实训十一	三相笼型异步电动机的拆装	215
实训十二	三相笼型异步电动机定子绕组的重绕	215
实训十三	三相笼型异步电动机定子绕组故障的检修	216
实训十四	单相电容式电动机绕组的拆换	217
实训十五	单相电容式电动机的故障检修	218
实训十六	小型变压器的测试	219
实训十七	小型变压器的制作	220
实训十八	小型变压器的故障检修	221
实训十九	常用开关电器的拆装与检测	221
实训二十	常用主令电器的拆装与检测	222
实训二十一	交流接触器的拆装与检测	223
实训二十二	热继电器的拆装与检测	224
实训二十三	时间继电器的拆装与检测	225
实训二十四	三相笼型异步电动机单向启动控制线路的设计与安装	226
实训二十五	三相笼型异步电动机 Y- Δ 降压启动控制线路的安装	227
实训二十六	三相笼型异步电动机反接制动控制线路的设计与安装	228
实训二十七	三相笼型异步电动机可逆运转控制线路的安装	229
实训二十八	按行程原则控制的工作台自动往返控制线路的安装	230
实训二十九	X62W 型万能铣床的操作与故障检修	231

电子实训

第 10 章	电子基本操作工艺	237
10.1	常用电子元器件	237
10.1.1	电阻器	237
10.1.2	电容器	244
10.1.3	电感器	248
10.1.4	电子电路用变压器	249
10.1.5	半导体分立元件	251
10.1.6	半导体集成电路	257
10.2	电子焊接的基本操作工艺	261
10.2.1	常用焊接工具	262
10.2.2	焊接材料	263
10.2.3	焊接工艺	266
10.3	电子元器件的安装	270
10.3.1	插装元件的引线成型与安装	270
10.3.2	表面元器件的安装	272
思考题 10		281

第 11 章 印制电路板的设计与制作	283
11.1 印制电路板的设计原则	283
11.2 印制电路板的设计	285
11.2.1 印制电路板设计的基本步骤	285
11.2.2 设计举例	287
11.3 印制电路板的制作	291
11.3.1 腐蚀法	291
11.3.2 雕刻法	292
思考题 11	300
第 12 章 电子实训	301
实训一 万用表使用入门	301
实训二 电子元器件识别及简易测试	304
实训三 手工焊接训练	308
实训四 印制电路板的设计与制作	312
实训五 直流稳压/充电电源的安装与调试	314
实训六 智力竞赛抢答器的安装与调试	323
实训七 数字电子钟的安装与调试	325
实训八 电话机及其防盗报警器的安装与调试	332
实训九 收音机(语言学习机)的安装与调试	343
实训十 电调谐微型 FM 收音机的安装与调试	349
附录 A 常用低压控制电器主要技术数据	357
附录 B Y 系列三相笼型异步电动机的型号及技术数据	365
附录 C 常用半导体器件参数	368
附录 D 国产晶闸管主要参数	373
附录 E 常用模拟集成组件	376

电子实训

安全用电

电能是一种优越的能源,广泛应用于工业、农业、交通、国防、科研以及社会生活各个领域。为了安全合理地使用电能,除需要熟悉电的特性,掌握电的规律外,还必须掌握安全用电的常识,才能避免用电事故的发生。

用电安全包括人身安全和设备安全两部分,人身安全是指防止人身接触带电物体受到电击或电弧灼伤而导致生命危险,设备安全是指防止用电事故所引起的设备损坏、起火或爆炸等危险。在用电过程中,必须充分认识安全用电的重要性,注意安全用电,搞好安全用电,保护人身及设备的安全。

1.1 触电及其对人体的危害

人体也是导体,当人体接触带电部位而构成电流回路时,就会有电流通过人体,对人的肌体造成不同程度的伤害,其程度与触电的种类、方式及条件有关。

1.1.1 触电的种类及形式

1. 触电的种类

人体触电,分为电击和电伤两种。电击就是通常所说的触电,绝大部分触电死亡是电击造成的,它是电流通过人体所造成的内伤。大小不同的电流通过人体时会使人产生不同的反映,如肌肉抽搐、内部组织损伤、发热、发麻、神经麻痹,严重时会使产生昏迷、窒息、心脏停止跳动、血液循环终止,甚至死亡;电伤则是由电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用造成的人体外伤,表现为灼伤、烙伤和皮肤金属化等现象。

2. 触电的形式

(1) 单相触电

人体的一部分接触三相导线中任意一根相线,称为单相触电,如图 1.1 所示。这是常见的触电方式,其危险程度根据电压的高低、绝缘情况、电网的中性点是否接地及每相对地分布电容的大小而不同。

在中性点接地系统中[见图 1.1(a)],加于人体的电压为 220V,流过人体的电流足以

危及生命。在中性点不接地系统中[见图 1.1(b)],虽然线路对地绝缘电阻可起到限制人体电流的作用,但线路对地存在分布电容、分布电阻,作用于人体的电压为线电压380V,仍可达到危害生命的程度。

(2) 两相触电

人体不同部位同时接触带电设备或线路中任意两根相线时,电流从一根相线通过人体流入另一根相线,形成回路,称为两相触电,如图 1.2 所示。无论电网中性点是否接地,人体所承受的线电压均比单相触电时要高,危险性更大。

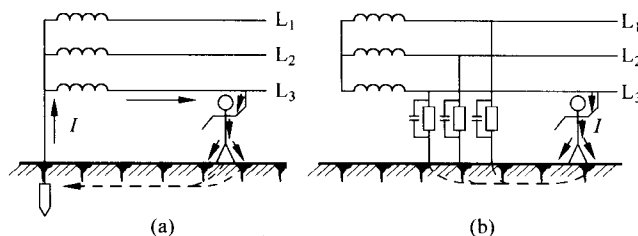


图 1.1 单相触电

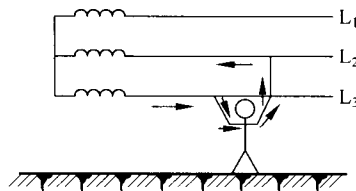


图 1.2 两相触电

(3) 接触电压、跨步电压触电

当电气设备绝缘损坏而使外壳带电,或架空线断落于地面发生单相接地故障时,电流由设备外壳经接地线、接地体(或由断落导线经接地点)流入大地,向四周扩散,在其周围形成一个强电场。其电位分布以接地点为圆心向周围扩散,一般距接地体 20m 远处电位为零,如图 1.3 所示。当人站在地上触及设备外壳时,就会承受一定的电压(U_c),称为接触电压。当人跨进强电场区域时,在分开的两脚间有电位差(U_{B1} 、 U_{B2}),电流从一只脚流进,从另一只脚流出,所造成的触电称为跨步电压触电。

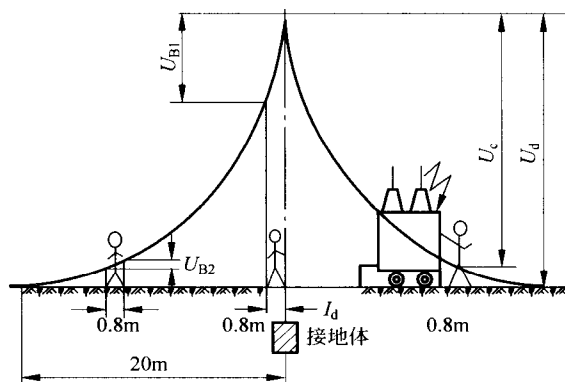


图 1.3 接触电压和跨步电压触电

接触电压和跨步电压的大小与接地电流、土壤电阻率、设备接地电阻及人体位置有关。当接地电流较大时,会因其超过允许值而发生人身触电事故。特别是在发生高压接地故障或雷击时,会产生很高的接触电压和跨步电压。

1.1.2 触电的危害

触电对人体伤害的严重程度与通过人体电流的大小、电流通过人体时间的长短、通过人体的部位、电流的频率及触电者的身体状况有关。

一般来说,通过人体的电流越大、时间越长,危险越大;触电时间超过人的心脏搏动周期(约为750ms),或者触电正好开始于搏动周期的易损伤期时,危险最大;电流通过人体脑部和心脏时最为危险;频率在40~60Hz的交流电对人的危害性要比高频电流、直流电流及静电大;男性、成年人、身体健康者受电流伤害的程度相对要轻一些。

以工频电流为例,实验资料表明:当1mA左右的电流通过人体时,就会产生麻刺等不舒服的感觉;10~30mA的电流通过人体,便会产生麻痹、剧痛、痉挛、血压升高、呼吸困难等症状,触电者已不能自主摆脱带电体,但通常不致有生命危险;对一般人而言,当电流超过50mA时,就会有致命危险。

通过人体电流的大小与触电电压和人体电阻有关。人体电阻包括体内电阻和皮肤电阻,体内电阻基本不受外界影响,其值约为500Ω。皮肤电阻随外界条件变化,皮肤干燥者,电阻可达100kΩ以上。随着皮肤潮湿度加大,电阻可降到1kΩ以下。人体电阻越大,受电流伤害越轻。接触的电压升高时,人体电阻会大幅度下降。

1.1.3 安全电压和安全用具

1. 安全电压

人体承受的电压越低,通过人体的电流越小。当电压低于某一定值后,就不会造成触电了。不带任何防护设备,对人体各部分组织均不造成伤害的电压值,称为安全电压。

世界各国对于安全电压的规定不尽相同。有50V、40V、36V、25V、24V等,其中以50V、25V居多。国际电工委员会(IEC)规定安全电压限定值为50V,25V以下电压可不考虑防止电击的安全措施。

我国规定36V、24V、12V三个电压等级为安全电压级别,以供不同场所使用。

安全电压的规定是从总体上考虑的,对于某些特殊情况、某些人也不一定绝对安全。所以,即使在规定的安全电压下工作,也不可粗心大意。

2. 安全用具

电工安全用具用来直接保护电工人员的人身安全,常用的有绝缘手套、绝缘靴、绝缘棒三种。

(1) 绝缘手套

绝缘手套用绝缘性能良好的特种橡胶制成,有高压、低压两种,用于操作高压隔离开关和油断路器等设备,以及用于在带电运行的高压电气和低压电气设备上工作时,预防接触电压。

使用绝缘手套时要进行外观检查,检查有无穿孔、损坏,不能用低压手套操作高压。