

电工电子实训

主 编 刘美华
副主编 周惠芳 唐如龙

高等教育出版社

DIANGONG DIANZI SHIXUN

电工电子实训

主 编 刘美华
副主编 周惠芳 唐如龙

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是作者根据多年的教学实践经验编写而成的，在内容上分为电工部分和电子部分，各章节内容之间既有先后性也相对独立。电工部分包括安全用电、常用电工工具与仪器仪表、导线加工连接及室内照明线路的安装、常用低压电器及电动机介绍、典型机床控制线路的分析与制作、典型机床线路的电气故障检修。电子部分包括常用电子元器件、焊接技术、电子产品的装配与调试、印制电路板的设计与制作。内容选材广泛，实用性强，在讲述电工电子的基本操作技能和工艺的基础上新增了典型机床线路四合一故障考核装置、电子产品表面贴装工艺、PCB板丝网漏印制造工艺等，体现了现代先进制造技术。

本书可作为普通高等院校电类各专业本科学生或高等工程类专科学生的电工电子实训指导教材，也可作为中、高级维修电工考证或从事电工、电子技术相关人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实训 / 刘美华主编. --北京:高等教育出版社,2014.8
ISBN 978-7-04-040735-8

I. ①电… II. ①刘… III. ①电工技术-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 161514 号

策划编辑	王勇莉	责任编辑	王勇莉	封面设计	李小璐	版式设计	杜微言
插图绘制	黄建英	责任校对	陈旭颖	责任印制	张泽业		

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	中国农业出版社印刷厂	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	14.5	版 次	2014 年 8 月第 1 版
字 数	360 千字	印 次	2014 年 8 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	21.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 40735-00

前 言

本书是作者根据多年的教学实践经验编写而成的,可作为普通高等院校电类本科学生或高等工程类专科学生的电工电子实训指导教材,也可作为中、高级维修电工考证或从事电工、电子技术相关人员的参考资料。

电工电子实训是以学生自己动手、掌握一定操作技能并以制作实际产品为特色的实践课程,既是基本技能和工艺知识的入门向导,又是创新实践的开始和创新精神的启蒙。因此,一本优秀的实践指导教材在内容上既应该保留基本操作技能部分又要体现现代先进制作技术,开阔学生眼界,培养学生实践工程意识。本教材的编写与出版正是立足于这个目标,并做了切实的努力。

本书由湖南工程学院刘美华担任主编,湖南电气职业技术学院周惠芳和南华大学唐如龙担任副主编。其中刘美华编写第1、2、7、8、9章和第10章的第10.4小节;周惠芳编写第5、6章;唐如龙编写第3、4章和第10章的10.1、10.2、10.3小节。在教材编写过程中,刘美华作为主编全程参与了以上各章节的修改,并负责书稿统稿工作。

本书在书稿提纲的审定、资料收集以及实际编写过程中还得到了湖南工程学院工程训练中心李建明、周建宇、张著彬、游红、李信德、刘伟成的支持和帮助,他们提出了很多宝贵意见,谨在此致以衷心的感谢!

书中引用并参考了部分教材和资料,在此对其作者一并表示感谢!

由于作者水平有限,时间仓促,书中难免有不当或错误,衷心欢迎使用本书的教师和同学们批评、指正,并提出改进意见。作者 E-mail: 16402088@qq.com.

编者

2014年3月

目 录

第1篇 电工部分

第1章 安全用电 3

1.1 安全用电概述 3

1.1.1 电流对人身伤害的影响 因素 3

1.1.2 设备安全 4

1.2 触电及其急救 5

1.2.1 触电伤害的类别 5

1.2.2 触电事故产生的原因 5

1.2.3 触电的形式 6

1.2.4 触电急救措施 8

1.3 电气安全技术知识 9

1.3.1 安全电压和安全用具 9

1.3.2 接地和接零 10

1.3.3 制定安全操作规程 12

第2章 常用电工工具与仪器仪表 14

2.1 常用电工工具 14

2.1.1 螺丝刀 14

2.1.2 电工刀 15

2.1.3 剥线钳 15

2.1.4 钢丝钳 15

2.1.5 尖嘴钳 16

2.1.6 斜口钳 16

2.1.7 验电笔 17

2.1.8 扳手 17

2.2 常用电工仪器仪表 18

2.2.1 电流表 19

2.2.2 电压表 20

2.2.3 指针式万用表 20

2.2.4 数字式万用表 22

2.2.5 钳形电流表 23

2.2.6 兆欧表 24

2.2.7 接地电阻测试仪 25

2.2.8 数字示波器 26

第3章 导线加工连接及室内照明 线路的安装 29

3.1 导线的分类 29

3.1.1 聚氯乙烯(PVC)绝缘电线 29

3.1.2 橡皮绝缘电力电缆 29

3.1.3 阻燃电缆 30

3.1.4 耐火电缆 30

3.2 导线的加工连接 30

3.2.1 导线绝缘层的去除 30

3.2.2 导线的连接 31

3.2.3 导线接头绝缘层的恢复 33

3.3 室内配线 33

3.3.1 室内配线的类型 33

3.3.2 室内配线的技术要求 33

3.3.3 室内配线的主要工序 34

3.3.4 室内配线的主要方式 34

3.4 室内照明线路的安装 36

3.5 室内照明线路的调试与检修 37

3.5.1 短路故障 37

3.5.2 断路故障 37

3.5.3 漏电故障 38

3.5.4 发热故障 38

第4章 常用低压电器及电动机介绍 39

4.1 主令电器 39

4.1.1 闸刀开关 39

4.1.2 按钮开关 40

4.1.3 组合开关 41

4.1.4 倒顺开关 42

4.1.5 行程开关 44

4.2 保护电器 46

4.2.1 熔断器 46

4.2.2 断路器	47	分析	80
4.2.3 热继电器	49	5.3.1 X62W 型万能铣床的主要 结构及型号含义	80
4.3 控制电器	50	5.3.2 X62W 万能铣床的主要 运动形式及控制要求	81
4.3.1 接触器	50	5.3.3 X62W 型万能铣床主轴制动 控制线路相关知识	82
4.3.2 继电器	53	5.3.4 X62W 型万能铣床电气 控制线路分析	84
4.3.3 牵引电磁铁	57	5.4 T68 型卧式镗床电气控制线路	90
4.4 变压器	58	5.4.1 T68 卧式镗床的主要结构 及运动形式	90
4.4.1 变压器的分类	58	5.4.2 T68 卧式镗床的电力拖动 控制要求及电气控制线路 的特点	91
4.4.2 变压器的主要参数	58	5.4.3 T68 卧式镗床电气控制 线路的分析	94
4.4.3 变压器的基本结构	59	5.5 Z3050 摇臂钻床电气控制线路	98
4.4.4 变压器的检测和注意事项	59	5.5.1 Z3050 型摇臂钻床的主要 结构和型号含义	98
4.5 三相异步电动机	59	5.5.2 Z3050 型摇臂钻床的运动 形式及电力拖动控制要求	99
4.5.1 三相异步电动机的结构	60	5.5.3 Z3050 型摇臂钻床电气 控制线路分析	100
4.5.2 三相异步电动机的工作 原理	61	5.6 M7120 型平面磨床电气控制线路	103
4.5.3 三相异步电动机的调试与 检修	61	5.6.1 M7120 型平面磨床的主要 结构和型号含义	103
第 5 章 典型机床控制线路的分析与 制作	64	5.6.2 M7120 型平面磨床的运动 形式及电力拖动控制要求	104
5.1 具有双重联锁的正反转控制电路	64	5.6.3 M7120 型平面磨床电气 控制电路分析	105
5.1.1 三相交流异步电动机的 点动控制	64	第 6 章 典型机床线路的电气故障检修	108
5.1.2 三相交流异步电动机的 连续控制	65	6.1 机床电气设备维修的一般要求和 方法	108
5.1.3 连续与点动混合正转控制 线路	67	6.1.1 机床电气设备维修的一般 方法	108
5.1.4 三相异步电动机的正反转 控制	69	6.1.2 电压测量法	110
5.1.5 接触器、按钮双重联锁正反 转控制线路的安装与调试	71	6.1.3 电阻测量法	112
5.2 CA6140 型车床电气控制线路分析 与制作	74	6.1.4 其他测量法	113
5.2.1 CA6140 车床的主要结构 及型号含义	74	6.1.5 电气故障的修复	115
5.2.2 CA6140 车床的主要运动 形式及控制要求	75	6.2 CA6140 型车床常见故障排除与	
5.2.3 CA6140 型车床电气控制 线路分析	76		
5.2.4 CA6140 型车床电气控制 线路的安装与调试	78		
5.3 X62W 型万能铣床电气控制线路			

检修	116
6.3 X62W 型万能铣床常见电气故障 排除与检修	120
6.4 故障考核系统	124
6.4.1 设备安全使用维护保养 须知	124
6.4.2 设备使用时注意事项	125

6.4.3 机床检修控制柜结构及操作 指南	125
6.4.4 CA6140 车床电路智能实训 单元	128
6.4.5 X62W 万能铣床电路智能 实训单元	130

第 2 篇 电子部分

第 7 章 常用电子元器件

139

7.1 电阻器

139

7.1.1 电阻器的符号

139

7.1.2 电阻器的分类

139

7.1.3 电阻器的主要特性参数

141

7.1.4 电阻器的命名及标示方法

142

7.1.5 电阻器的选用

143

7.1.6 电阻器的测量

143

7.2 电位器

144

7.2.1 电位器的符号

144

7.2.2 电位器分类

144

7.2.3 电位器的参数

144

7.2.4 电位器的选用

145

7.2.5 电位器的测量

145

7.3 电容器

145

7.3.1 电容器的符号

145

7.3.2 电容器分类

146

7.3.3 电容器的参数

147

7.3.4 电容器的命名及标示

148

7.3.5 电容器的选用

148

7.3.6 电容器的检测

149

7.4 电感器

149

7.4.1 电感器的符号

149

7.4.2 电感器的分类

150

7.4.3 电感器的参数

150

7.4.4 电感器的命名及标示

151

7.4.5 电感器的选用

151

7.4.6 电感器的检测

152

7.5 半导体元器件

152

7.5.1 二极管

152

7.5.2 三极管

154

7.5.3 集成电路

155

7.6 表面安装元器件

160

7.6.1 表面安装元器件的特点

160

7.6.2 表面安装元器件的分类

160

7.6.3 几种常用贴片元器件的 介绍

161

第 8 章 焊接技术

167

8.1 焊接基础知识

167

8.1.1 钎焊

167

8.1.2 锡焊

167

8.2 焊接工具

168

8.2.1 电烙铁的种类

168

8.2.2 烙铁头

170

8.2.3 电烙铁的选用原则

170

8.2.4 电烙铁的使用

170

8.3 焊料、助焊剂和阻焊剂

171

8.3.1 焊料

171

8.3.2 助焊剂

172

8.3.3 阻焊剂

173

8.4 手工焊接技术

174

8.4.1 锡焊的条件

174

8.4.2 焊点的要求

174

8.4.3 焊接方法

176

8.4.4 印制电路板的手工焊接 工艺

177

8.4.5 拆焊

179

8.4.6 焊接后的质量检查

181

8.4.7 焊接后的处理

182

8.5 表面贴装技术

182

8.5.1 SMT 工艺介绍

182

8.5.2 SMT 生产系统的基本组成

186

8.6 工业焊接技术

187

8.6.1 浸焊	187	检修	202
8.6.2 波峰焊	188	第 10 章 印制电路板的设计与制作	203
8.6.3 再流焊	188	10.1 印制电路板的概述	203
8.6.4 高频加热焊	188	10.1.1 印制电路板的组成	203
8.6.5 脉冲加热焊	188	10.1.2 覆铜板的分类和等级	204
8.6.6 其他焊接方法	189	10.1.3 印制电路板的分类	205
第 9 章 电子产品的装配与调试	190	10.2 印制电路板的设计规则	205
9.1 超外差式分离元件调幅收音机的 安装与调试	190	10.3 印制电路板的计算机辅助设计	207
9.1.1 无线电广播的发射和接收	190	10.3.1 电路原理图的设计	207
9.1.2 超外差式收音机原理	192	10.3.2 电路 PCB 的设计	211
9.1.3 收音机的安装与焊接	196	10.3.3 印制电路板设计质量评判 标准	216
9.1.4 收音机的调试与故障检修	198	10.4 印制电路板的丝网漏印制作工艺	216
9.2 调光台灯电路的安装与调试	201	10.4.1 裁板及前期准备	217
9.2.1 调光台灯电路的工作原理	201	10.4.2 底片制作	217
9.2.2 调光台灯电路的安装与 焊接	201	10.4.3 金属过孔	217
9.2.3 调光台灯电路的调试与故障		10.4.4 线路、阻焊、字符制作	218
参考文献	222		

第1篇 电工部分

第1章 安全用电

1.1 安全用电概述

电能是一种方便的能源,它的广泛应用有力地推动了人类社会的发展,给人类创造了巨大的财富,改善了人类的生活。但如果在生产和生活中不注意安全用电,会带来灾害。例如:触电可造成人身伤亡,设备漏电产生的电火花可能酿成火灾、爆炸等。因此,我们不仅要掌握电的基本规律,还必须了解供电、安全用电的基本知识。同时,在用电过程中必须牢记“安全第一”的宗旨,做到安全、合理用电,避免用电事故的发生。安全用电包括人身安全和设备安全两部分。

1.1.1 电流对人身伤害的影响因素

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。人体对电流的反应是非常敏感的。电流对人体的伤害程度与通过人体电流的大小、频率、持续时间、通过人体的路径以及人体电阻的大小等因素有关。

1. 电流大小

通过人体的电流越大,人体的生理反应就越明显,感应就越强烈,引起心室颤动所需的时间就越短,致命的可能性就越大。根据通过人体电流的大小和人体所呈现的生理反应,触电电流大致可分为以下3种:

(1) 感觉电流:能引起人感觉到的最小电流值称为感觉电流。一般情况下,交流为1mA,直流为5mA;男为1.1mA,女为0.7mA。

(2) 摆脱电流:人体触电后能自主摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。一般情况下,交流为10mA,直流为50mA;男为16mA,女为10.5mA,儿童摆脱电流要比成人小。

(3) 致命电流:在较短的时间内危及生命的电流称为致命电流。如100mA的电流通过人体1s,可足以使人致命。因此,一般情况下致命电流为50mA。

根据触电者所处的环境对人的影响,对人体的允许电流做出以下的规定:在摆脱电流范围内,人若被电击后一般都能自主摆脱带电体,从而解除触电危险,因此,通常把摆脱电流看成是人体允许电流。在有防止触电保护装置的情况下,人体允许通过的电流一般可按30mA考虑;在高空作业、水中作业等可能因电击导致摔死、淹死的场合,则应按不引起痉挛的5mA考虑。

2. 电流频率

同一电压下电流频率不同,引起的触电伤害程度不同。频率为50~60Hz的工频电流造成的触电伤害最为严重。低于或高于上述频率范围时,危险性相应减小。2000Hz以上死亡危险性降低,造成的触电伤害主要是灼伤。25Hz以下,人体可以耐受较大的电流。

3. 通电时间

相同频率的同值电流通过人体,时间愈长造成的触电伤害程度愈严重。电流持续通过人体

的时间,一般不得超过心脏搏动周期。一般认为,人体经受电击时的允许能量极限为 $50\text{mA} \cdot \text{s}$, 即 $Q = I \cdot t = 50\text{mA} \cdot \text{s}$ 。

4. 电流路径

触电时受到的伤害程度与电流通过人体的途径关系很大。电流通过中枢神经,会引起中枢神经强烈失调而导致死亡;电流通过头部,会使人立即昏迷;电流通过脊髓,会造成人体瘫痪;电流通过胸腔,会引起心脏机能紊乱,发生心室颤动,破坏心脏正常的泵血功能,使血液循环中断而致人死亡。可见,电流通过接近心脏的部位最为危险,例如:触电时,电流如果从一手进入,从另一手流出,或从一手进入,从一足流出,因电流都经过心脏地区,会造成致命危险;如果从一足流入,从另一足流出,则造成的触电伤害程度较轻。

5. 人体电阻

在带电体电压一定的情况下,触电时通过人体的电流大小取决于人体电阻的数值。人体电阻实际上是一种阻抗,包括皮肤电阻、内部组织电阻及不同组织之间的电容。人体电阻不是一个固定值,它随着人体的生理、物理状况而变化。皮肤潮湿、出汗、损伤或带有导电性粉尘,会使人体电阻显著减小;通过人体的电流愈大,持续时间愈长,会增加人体发热出汗,降低人体电阻;触电电压增高,人体表皮角质层有电解和类似介质击穿的现象发生,会使人体电阻急剧下降。人体电阻的变化范围很大,从几百欧到几万欧,在安全用电计算中,一般取值为 $800 \sim 1\,000\Omega$ 。

6. 电压

当人体电阻一定时,电压愈高,通过人体的电流增大,触电伤害危险性就增加。从安全用电方面考虑,一般把 250V 以上的电压称为高压,把 250V 以下的电压称为低压。 40V 以下的电压,由于其引起触电伤害的危险性很小,被称为安全电压,我国通常采用 36V 、 24V 和 12V 为安全电压。但是,安全电压并不能经常保证绝对安全,当其他因素发生最不利的影响时(如人体电阻很小),即使安全电压也会引起触电伤害事故。

7. 人的精神状态

人的生理和精神上的好坏对触电后果也有影响,心脏病、内分泌失调病、肺病等患者触电时比较危险,酒醉、疲劳过度、出汗过多等也往往可以引发触电事故和增加伤害程度。

1.1.2 设备安全

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。在电气工程中,除了要注意保护人身安全外,还要十分注意保护设备安全。主要有以下几方面:

(1) 防雷保护

雷电产生的高电位冲击波,其电压幅值可达 10^9V ,电流可达 10^5A ,对电力系统危害极大。雷电还可通过低压配电线路和金属管道侵入变电所、配电所和用户,危及设备和人身安全。

目前,防止雷电的有效措施是使用避雷针把雷电引入大地,以保护电气设备、人身以及建筑物等的安全。因此,避雷针要安装在高于保护物的位置,且与大地直接相连。

(2) 电气设备的防火

电气设备失火通常是由电气线路或设备老化、带故障运行或长时间过载等不合理用电引起的。因此,应在线路中采用过载保护措施,防止电气设备和线路过载运行;注意大型电气设备运行时的温升;使用电热器具及照明设备时,要注意环境条件及通风散热,周围不可存放可燃、易燃

材料物品。

此外,两种绝缘物质相互摩擦会产生静电。绝缘的胶体与粉尘在金属、非金属容器或管道中流动时,也会因摩擦使液体和容器或管道壳内带电,电荷的积累会使液体与容器产生高电位,形成火花放电,引起电气火灾。因此,应将容器或管道可靠接地,将静电引入大地。

(3) 电气设备的防爆

在有爆炸危险的场所,使用的电气设备应具有防爆性能;在要求防爆的场合,电气设备应有可靠的过载保护措施,并且绝对禁止使用可能产生火花或明火的电气设备,如电焊、电热丝等加热设备。

1.2 触电及其急救

1.2.1 触电伤害的类别

外部电流流经人体,造成人体器官组织损伤乃至死亡,称为触电。人体触电后受到的伤害可分为电击和电伤两类。在触电事故中电击和电伤会同时发生,对于一般人,当工频交流电流超过50mA时,就会有致命危险。频率为20~300Hz的交流电对人体的危害要比高频电流、直流电流及静电大。

1. 电击

电流通过人体对内部器官造成的综合性伤害,称为电击。电击一般是由于电流刺激人体神经系统而引起的,开始是触电部分的肌肉发生痉挛,如不能立即摆脱电源,随之便会引起呼吸困难,心脏麻痹以致死亡。电击是最危险的触电伤害,在触电事故中发生的也最多。

2. 电伤

电流通过人体对局部皮肤造成的伤害,称为电伤。电伤又可分为下述三类:

① 灼伤

是由于电流的热效应而引起的,如带负电荷拉开刀闸,就会发生电弧,烧伤皮肤。

② 烙印

是由于电流的化学效应和机械效应而引起的,通常只在人体和带电体有良好接触的情况下才会发生。在皮肤表面留有圆形或椭圆形的肿块痕迹,并且硬化。

③ 皮肤金属化

是在电流的作用下,使熔化和蒸发的金属微粒渗入皮肤表层而形成的。皮肤的伤害部分形成粗糙的坚硬表面,日久会逐渐脱落。

另外,电焊作业中由于电弧强光的辐射作用而造成的眼睛伤害,虽然不是触电引起的,通常也称为电伤。

1.2.2 触电事故产生的原因

触电事故产生的原因很多,大部分是人体直接接触带电体、设备发生故障或人体过于靠近带电体等引起,主要有以下几种:

1. 线路架设不合格

采用一线一地制的违章线路架设,当接地中性线被拔出、线路发生短路或接地不良时均会引起触电;室内导线破旧、绝缘损坏或敷设不合格时,容易造成触电或短路引起火灾;无线电设备的天线、广播线或通信线与电力线距离过近或同杆架设时,如发生断线或碰线,电力线电压就会传到这些设备上而引起触电;电气工作台布线不合理,使绝缘线被磨坏或被烙铁烫坏而引起触电等。

2. 用电设备不合格

用电设备的绝缘损坏造成漏电,而外壳无保护接地线或保护接地线接触不良而引起触电;开关和插座的外壳破损或导线绝缘老化,失去保护作用,一旦触及就会引起触电;线路或用电器具接线错误,致使外壳带电而引起触电等。

3. 电工操作不规范

电工操作时,带电操作、冒险修理或盲目修理,且未采取切实的安全措施,均会引起触电;使用不合格的安全工具进行操作,如使用绝缘层损坏的工具、用竹竿代替高压绝缘棒、用普通胶鞋代替绝缘靴等均会引起触电;停电检修线路时,闸刀开关上未挂警告牌,其他人员误合开关而造成触电等。

4. 缺乏安全用电知识

在室内违规乱拉电线,乱接用电器而造成触电;未切断电源就去移动灯具或电器,因电器漏电而造成触电;更换保险丝时,随意加大规格或用铜丝代替熔丝而失去保险作用,造成触电或引起火灾;用湿布擦拭或用水冲刷电线或电器,引起绝缘性能降低而造成触电等。

5. 日常生活中的意外事故

孩子放风筝时,线揽在电线上;闪电、打雷时在山坡或树下躲雨,易遭受雷击;雨天年久失修的电线易漏电;雨中奔走视物不清时,易误触被暴雨刮落、打断的电线;外力(如雷电、大风)的破坏等原因,电气设备、避雷针的接地点或者断落电线断头着地点的附近,有大量的扩散电流向大地流入,使周围地面上布着不同电位,当人的脚与脚之间同时踩在不同电位的地表两点时,引起跨步电压触电;用鸟枪打停在电线上的鸟雀时不慎打断电线等。

1.2.3 触电的形式

1. 单相触电

人站在地面或其他接地体上,身体某部位触及三相供电系统的任何一相所引起的触电,称为单相触电。根据三相电源的中性点是否接地,单相触电又分为两种情况:

① 中性点接地的单相触电

触电情形如图 1-1(a) 所示,此时人体承受的是相电压 220V。设中性点接地电阻为 R_0 ,人体电阻为 R_r ,相电压为 U ,则通过人体的电流 I 为

$$I = \frac{U}{R_0 + R_r}$$

② 中性点不接地的单相触电

触电情形如图 1-1(b) 所示,此时人体承受的是线电压 380V,比相电压大。设线路绝缘电阻为 R_l ,则通过人体的电流 I 为

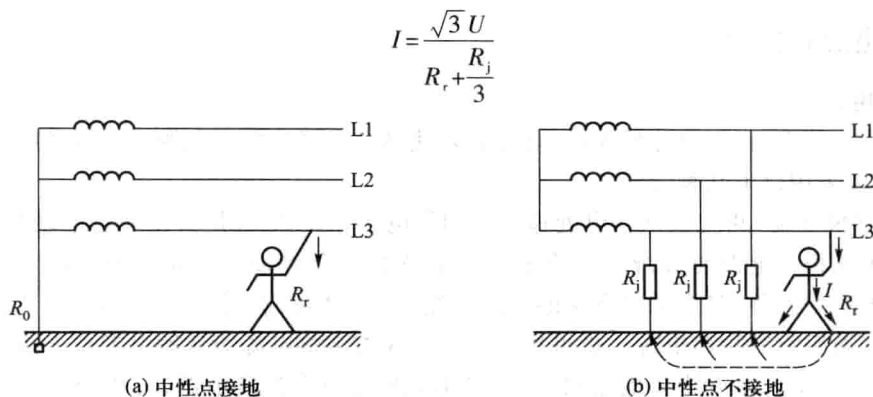


图 1-1 单相触电

在触电事故中,单相触电发生的较多,一般都是由于电气设备的某相导线或绕组绝缘破损使设备外壳带电而引起的。单相电动工具(如手电钻)和工作行灯的把柄带电时,也会使工人发生单相触电事故。

2. 两相触电

人体的两个部位同时触及三相供电系统的任何两相所引起的触电,称为两相触电。两相触电时,不论三相电源系统的中性点是否接地,人体承受的都是线电压,如图 1-2 所示,此时通过人体的电流 I 为

$$I = \frac{\sqrt{3} U}{R_r}$$

可见,两相触电最为危险,经常造成死亡。不过,两相触电的情况在一般生产活动中并不多见。

3. 跨步电压触电

当高压线断落触地或电气设备壳体漏电入地,都会发生高压电流向大地。电流以入地处为中心,同时向四周扩散,在地面上形成电位梯度;入地处的电位最高,自入地点沿辐射线向外电位依次降低。

据测定,假设入地处的电位为 100%,则自入地处向外 1m 距离内电位降落 68%,2~10m 距离内电位降落 24%,10~20m 距离内电位降落 8%,在距入地处 20m 的圆周地面上电位为零。在此圆周内,沿任一半径,在地面上每一跨步距离上的电位差,称为跨步电压。人的两足由于承受跨步电压而引起电流通过人体发生触电的现象,称为跨步电压触电,如图 1-3 所示。

跨步电压与跨步距离的大小有关:一般成人的跨步距离为 0.8m,大牲畜跨步距离为 1.0~1.4m,所以大牲畜承受的跨步电压较高,容易发生跨步电压触电。另外,同一跨步距离,愈接近入地处,跨步电压愈高。因为愈接近入地处,地面上的电位梯度愈大。

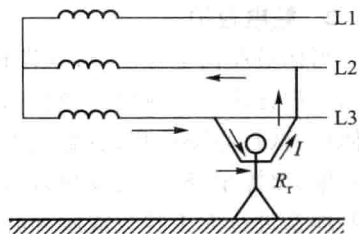


图 1-2 两相触电

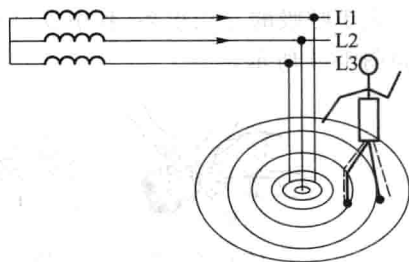


图 1-3 跨步电压触电

1.2.4 触电急救措施

1. 脱离电源

当发现有人触电时,不可惊慌失措,首先必须使触电者尽快脱离电源。根据触电现场的不同情况,通常可以采用以下几种办法:

① 迅速切断电源,再把人从触电处移开。如果电源开关、电源插头就在触电现场,应该立即断开电源开关或拔掉电源插头,若有急停按钮应首先按下急停按钮。如果触电地点远离开关或不具备关闭电源的条件,只要触电者穿的是比较宽松的干燥衣服,救护者可站在干燥木板上,用一只手抓住其衣服将其拉离电源。也可用干燥木棒或竹竿将电源线从触电者身上挑开。

② 如果触电发生在火线和地之间,一时又不能把触电者拉离电源,可用干燥绳索将其拉离地面,或在地面和人之间塞入一块干燥木板,同样可以切断通过人体的电流,然后关掉闸刀,使触电者脱离带电体。

③ 救护者也可以用手边的绝缘刀、斧、锄或硬木棒,从电线的来电方向将电线砍断或撬断。

④ 如果身边有绝缘导线,可先将一端良好接地,另一端接在触电者手握的相线上,造成该相电流对地短路,使其跳闸或熔断保险处,从而断开电源。

⑤ 在电杆上触电,地面上无法施救时,可以抛扬接地软导线。即将软导线一端接地,另一端抛在触电者接触的架空线上,令该相对地段跳闸断电。

2. 触电救护

当伤员脱离电源后,应立即检查伤员全身情况,特别是呼吸和心跳,并根据实际情况采取不同的救护方法。若触电者神智尚清楚,但仍有头晕、心悸、出冷汗、恶心、呕吐等症状时,应让其静卧休息,减轻心脏负担;若触电者神智有时清醒,有时昏迷,应让其静卧休息,并松开其身上的紧身衣服,摩擦全身,使之发热,以利于血液循环;如果发现触电者呼吸困难,并不时发生抽搐现象,就要准备进行人工呼吸或胸外心脏挤压。若触电者无知觉,有呼吸、心跳,在请医生的同时,应施行人工呼吸;若触电者呼吸停止,但心跳尚存,应施行人工呼吸;若触电者心跳停止,呼吸尚存,应采取胸外心脏挤压法;若呼吸、心跳均停止,则须同时采用人工呼吸法和胸外心脏挤压法进行抢救。下面介绍人工呼吸法和胸外心脏挤压法。

(1) 人工呼吸法

人工呼吸的方法很多,其中以口对口吹气的人工呼吸法最为简便有效,也最易掌握,具体操作如图1-4所示。

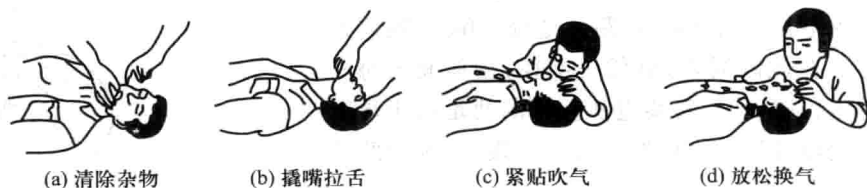


图1-4 口对口人工呼吸法

① 首先把触电者移到空气流通的地方,让其仰卧在平直的木板上,解开衣领并松开上身的紧身衣物,使胸部可以自由扩张。然后把头后仰,撬开嘴,清除口腔中的食物、黏液、血液、假牙等

杂物。如果舌根下陷应将其拉出,使呼吸道畅通。

② 抢救者位于触电者的一侧,一只手捏紧触电者的鼻孔,另一只手撬开口腔,深呼吸后,以口对口紧贴触电者的嘴唇吹气,使其胸部膨胀;然后放松触电者的口鼻,使其胸部自然回复,让其自动呼气,时间约为3s。如此反复进行,每分钟14~16次左右,直到自动呼吸恢复。

③ 如果触电者口腔有严重外伤或牙关紧闭时,可对其鼻孔吹气(必须堵住口),即为口对鼻吹气。

④ 救护人吹气力量的大小,根据病人的具体情况而定。一般以吹进气后,病人的胸廓稍微隆起为最合适。对体弱者和儿童吹气时用力应稍轻,以免肺泡破裂。

(2) 胸外心脏挤压法

胸外心脏挤压法是帮助触电者恢复心跳的有效方法。这种方法是用人工胸外挤压代替心脏的收缩作用,具体操作如图1-5所示。



图1-5 胸外心脏挤压法

① 先将患者衣扣和腰带松开,呈仰卧状,背部垫高,头偏向一侧,呼吸道保持通畅。

② 急救者蹲于患者一侧或跪于患者大腿两侧,面向患者头部,双手相叠,掌根横放于挤压点。找到挤压点的方法是:救护者伸开手掌,中指尖抵住触电者颈部凹陷的下边缘,手掌的根部就是正确的挤压点。

③ 两臂伸直,上身前倾,借助身体重力挤压患者胸部,压出心室的血液,使其流至触电者全身各部位。成人胸部压陷深度为3~4cm,儿童用力要轻。

④ 挤压后掌根突然抬起,依靠胸廓自身的弹性,使胸腔复位,血液流回心室。重复③④步骤,每分钟60次左右为宜。

总之,利用胸外心脏挤压法挤压时,定位要准确,压力要适中,切忌用力过猛,造成肋骨骨折、气胸、血胸等。

1.3 电气安全技术知识

1.3.1 安全电压和安全用具

1. 安全用电

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,我国规定12V、24V、36V三个电压等级为安全电压级别。

在湿度大、狭窄、行动不便、周围有大面积接地导体的场所(如金属容器内、矿井内、隧道内