

杰出  电工 系列丛书

全面图解电子元器件

全面图解家装水电暖

全面图解小家电维修

 全面图解电工技术从入门到精通

全面图解电动自行车和三轮车维修

全面图解电工电路



策划编辑：李树林
责任编辑：赵娜
封面设计：孙焱津

ISBN 978-7-121-36640-6



9 787121 366406 >

定价：59.00 元

杰出电工系列丛书

全面图解电工技术 从入门到精通

王学屯 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为“杰出电工系列丛书”之一。本书以电工行业的工作要求和规范作为依据，全面系统地介绍了电工技术的相关知识。通过对本书内容的学习，初学者不仅可以轻松掌握电工的基础知识，还可以深入掌握电工的相关技能，并在工作中熟练应用，最终成为一名合格的电工技术人员。本书内容主要包括从安全电工做起，工具、仪表和材料，电工基础知识，电子元器件的识别，常用基本技能和工艺，常用低压电器元件的应用，电工常用电气识图，灯开关的接线技术及电路，电动机控制技术，照明线路的安装。

本书对电工知识的讲解全面详细，理论和实践操作相结合，内容由浅入深，语言通俗易懂，同时书中电路新颖、插图精美、资料珍贵、通俗实用，适合农村电工、各种技能培训或维修人员学习使用，也可作为职业院校或相关技能培训机构的培训教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

全面图解电工技术从入门到精通/王学屯编著. —北京：电子工业出版社，2019.7
(杰出电工系列丛书)

ISBN 978-7-121-36640-6

I. ①全… II. ①王… III. ①电工技术—图解 IV. ①TM-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第100582号

策划编辑：李树林

责任编辑：赵娜

印 刷：三河市君旺印务有限公司

装 订：三河市君旺印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：14.75 字数：378千字

版 次：2019年7月第1版

印 次：2019年7月第1次印刷

定 价：59.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询和投稿联系方式：(010) 88254463, lisl@phei.com.cn。

FOREWORD

前言

本书为“杰出电工系列丛书”之一，有以下特点。

(1) 适合初学者学习。本书从电工技能基础知识讲起，详尽介绍了电工技能的必备常识，使初学者容易学习并掌握最基本的技能。

(2) 内容翔实，浅显易懂。本书着重对电工技能在生产活动中经常遇到的实际问题进行了介绍，能帮助电工初学者快速和轻松地掌握电工技能。

(3) 插图精美。以大量的实物图充实内容，方便初学者认识与学习。

全书共分 10 章，主要内容包括从安全电工做起，工具、仪表和材料，电工基础知识，电子元器件的识别，常用基本技能和工艺，常用低压电器元件的应用，电工常用电气识图，灯开关的接线技术及电路，电动机控制技术，照明线路的安装。

本书适合农村电工、各种技能培训或维修人员学习使用，也可作为职业院校或相关技能培训机构的培训教材。

全书主要由王学屯编写，参加编写的还有高选梅、王翌敏、刘军朝等。在本书的编写过程中参考了大量的文献，书后参考文献中只列出了其中一部分，在此对这些文献的作者深表谢意！

由于编者水平有限，且时间仓促，本书难免有错误和不妥之处，恳请各位读者批评指正，以便使之日臻完善，在此表示感谢。

编著者

CONTENTS

目录

第1章 从安全电工做起	1
1.1 电工安全操作规程	1
1.1.1 工作环境中的安全	1
1.1.2 人体触电的种类和方式	4
1.1.3 电流伤害人体的因素	6
1.1.4 安全电压值	7
1.2 接地保护	7
1.3 触电急救知识	9
1.3.1 触电现场的处理	9
1.3.2 现场心肺复苏术	12
第2章 工具、仪表和材料	14
2.1 常用电工工具	14
2.1.1 常用电工工具的使用	14
2.1.2 内外线专用工具	19
2.1.3 电工安全工具	23
2.1.4 检修安全用具	25
2.2 万用表的使用	27
2.2.1 MF47型万用表的结构	27
2.2.2 指针式万用表测量电阻	28
2.2.3 指针式万用表测量直流电压	29
2.2.4 指针式万用表测量交流电压	31
2.2.5 指针式万用表测量直流电流	31
2.2.6 数字万用表的使用	32
2.3 兆欧表的使用	33
2.3.1 手摇式兆欧表的结构和校表	34
2.3.2 手摇式兆欧表的基本使用方法	34
2.3.3 手摇式兆欧表测量实例	35
2.4 钳形电流表的使用	36
2.4.1 钳形电流表的结构和分类	36

2.4.2	钳形电流表的使用方法	37
2.5	常用材料	38
2.5.1	常用导电材料	38
2.5.2	常用绝缘材料	39
第3章	电工基础知识	41
3.1	电路模型	41
3.1.1	电路组成	41
3.1.2	电路符号	42
3.1.3	电路图模型	43
3.1.4	电路的三种工作状态	43
3.2	电工“三兄弟”——电流、电压和电阻	45
3.2.1	电流	45
3.2.2	电位、电压和电动势	46
3.2.3	电阻、电导	47
3.3	描述电路的几个主要定律	47
3.3.1	欧姆定律	47
3.3.2	基尔霍夫定律	48
3.3.3	电功和电功率	52
3.3.4	右手定则	53
第4章	电子元器件的识别	54
4.1	电阻的识别	54
4.1.1	通孔电阻的识别	54
4.1.2	电阻的主要参数	55
4.1.3	电阻阻值表示方法	56
4.1.4	贴片电阻的识别	57
4.1.5	几种特殊电阻的识别	58
4.2	电容的识别	60
4.2.1	通孔电容的识别	60
4.2.2	贴片电容的识别	62
4.2.3	极性电容识别	63
4.2.4	电容符号的识别	63
4.2.5	电容的主要参数	64
4.2.6	电容表示方法	64
4.3	电感的识别	66
4.3.1	电感线圈的识别	66
4.3.2	电感符号的识别	67
4.3.3	电感的主要参数	67
4.3.4	电感的表示方法	67
4.3.5	变压器的外形识别	68

4.3.6	变压器符号的识别	70
4.3.7	变压器的主要参数	70
4.4	晶体管的识别	71
4.4.1	二极管的识别	71
4.4.2	发光二极管的识别	73
4.4.3	二极管的主要技术指标	74
4.4.4	三极管的识别	75
第5章	常用基本技能和工艺	77
5.1	导线绝缘层的剥离方法	77
5.1.1	剥线钳剥线	77
5.1.2	电工刀剥线	78
5.2	导线与导线的连接	78
5.2.1	单股铜芯导线的连接	78
5.2.2	多股导线的连接	80
5.3	导线与接线端子的连接	81
5.4	导线连接后的绝缘处理	82
5.4.1	用专用绝缘带包扎	82
5.4.2	压线帽包扎	82
5.5	电烙铁焊接和拆焊工艺	83
5.5.1	电烙铁的正确使用	83
5.5.2	导线的焊接工艺	84
5.5.3	元件的焊接工艺	85
5.5.4	电烙铁拆焊工艺	87
第6章	常用低压电器元件的应用	89
6.1	低压电器概述	89
6.1.1	低压电器的特点	89
6.1.2	低压电器的分类	89
6.1.3	低压电器的组成	90
6.2	开关	91
6.2.1	刀开关	91
6.2.2	万能转换开关(组合开关)	93
6.2.3	行程开关	94
6.3	低压熔断器	96
6.3.1	熔断器的结构和分类	96
6.3.2	熔断器的选用原则	96
6.3.3	熔断器的安装与维护	97
6.4	按钮	98
6.4.1	按钮的用途	98
6.4.2	按钮的分类	98

6.4.3	按钮的选用原则	98
6.4.4	控制按钮颜色的使用规定	99
6.4.5	按钮的安装与维护	99
6.5	低压断路器	100
6.5.1	低压断路器的用途、结构与工作原理	100
6.5.2	低压断路器的分类及电气符号	101
6.5.3	低压断路器的选择	102
6.5.4	低压断路器的安装与维护	102
6.6	接触器	103
6.6.1	接触器的用途、分类及结构	103
6.6.2	交流接触器的工作原理	105
6.6.3	交流接触器型号及命名意义	105
6.6.4	交流接触器的选择	106
6.6.5	接触器的安装与维护	106
6.7	继电器	107
6.7.1	继电器的用途、分类、型号含义及工作原理	107
6.7.2	电压继电器	108
6.7.3	电流继电器	109
6.8	时间继电器	111
6.8.1	时间继电器的分类、型号与含义	111
6.8.2	时间继电器的选用与安装	112
6.9	热继电器	113
6.9.1	热继电器的分类、型号与含义	113
6.9.2	热继电器的选用与安装	113
6.10	速度继电器	114
6.10.1	速度继电器的用途、型号与含义	114
6.10.2	速度继电器的选用与安装	115
第7章 电工常用电气识图		116
7.1	电气图的基本构成	116
7.1.1	图纸幅面的一般规定	116
7.1.2	电气图的组成	118
7.2	电气图形符号	120
7.2.1	常见元器件的结构及电气图形符号	120
7.2.2	文字符号	122
7.2.3	项目代号	123
7.2.4	回路标号	125
7.3	认识常用电气图	125
7.3.1	电气图的种类	125
7.3.2	弱电电路图的类型	126
7.3.3	强电电路图的类型	129

7.4	识读电气图的要求和步骤	133
7.4.1	识图的基本要求	133
7.4.2	识图的基本步骤	134
7.5	弱电识图	135
7.5.1	识读电路图的要求	135
7.5.2	弱电识图的基本方法	136
7.5.3	方框图的识读技巧	137
7.5.4	电路图的识读技巧	138
7.5.5	识图照明灯晶闸管调光电路	140
7.5.6	识图双向晶闸管调光灯电路	140
7.5.7	印制电路板图的识读技巧	141
7.6	强电识图	142
7.6.1	识读强电图纸应具备的知识技能	142
7.6.2	识读强电图纸应注意的事项	144
7.6.3	电气主接线图的识读	144
7.6.4	电气控制电路识图要点及方法	148
第 8 章	灯开关的接线技术及电路	151
8.1	一开开关的接线	151
8.1.1	一开单控开关接线	151
8.1.2	一开五孔单控开关接线	151
8.1.3	一开双控开关接线(两开关控制一盏灯)	152
8.2	二开开关的接线	153
8.2.1	二开五孔单控开关插座接线	153
8.2.2	二开多控开关接线	154
8.2.3	二/三开单控开关接线	154
8.2.4	三开单控开关接线	155
8.2.5	四开单控开关接线	156
8.3	多路控制楼道灯电路	156
8.3.1	多开关 3 地控制照明灯电路	156
8.3.2	多路控制楼道灯电路	159
8.4	日光灯电气线路	159
8.4.1	日光灯分类	159
8.4.2	镇流器式日光灯工作原理	160
8.4.3	电子式日光灯工作原理	161
第 9 章	电动机控制技术	163
9.1	电动机控制系统电气图	163
9.1.1	常用电动机控制电气图	163
9.1.2	控制电路的组成及特点	164
9.1.3	控制电路图的规定	166

9.1.4	电气图的表示方法	167
9.1.5	低压电器控制线路图识图的方法	168
9.2	直接控制电动机启动电路	171
9.3	点动正转控制电路	172
9.3.1	单相点动控制电路	172
9.3.2	三相点动控制电路	173
9.4	三相异步电动机正转控制线路	174
9.4.1	具有过载保护的自锁正转控制线路	174
9.4.2	配盘-控制电路接线步骤和方法	175
9.4.3	长动、点动控制线路	182
9.5	三相异步电动机正反转控制线路	183
9.5.1	倒顺开关正反转控制线路	183
9.5.2	接触器联锁的正反转控制电路	184
9.5.3	接触器互锁的正反转控制电路	185
9.5.4	按钮互锁的正反转控制电路	188
9.5.5	按钮、接触器双重联锁正反转控制电路	188
9.6	自动往返控制电路	190
9.7	三相电动机顺序控制电路	193
9.7.1	两台电动机的顺序控制电路	193
9.7.2	单台电动机时间控制电路	193
9.7.3	有时间要求控制的顺序启动、顺序停止电路	194
9.8	三相异步电动机降压启动控制电路	195
9.8.1	为什么电动机要设置降压启动电路	195
9.8.2	定子绕组串联电阻降压启动控制电路	196
9.8.3	Y- Δ 降压启动控制电路	198
9.8.4	自耦变压器降压启动控制电路	199
9.9	单相交流电动机的控制	200
9.9.1	单相异步电动机的启动元件	200
9.9.2	分相启动式电动机的控制电路	202
9.9.3	重锤启动式电动机的控制电路	202
9.9.4	PTC 启动式电动机的控制电路	203
9.9.5	单相电容启动式电动机的应用电路	203
9.9.6	交流电压法检测电气控制线路故障	204
第 10 章	照明线路的安装	205
10.1	照明线路中的图形符号和文字符号	205
10.2	照明配电网路	209
10.3	识读小户型住宅内配电电路	211
10.4	识读大户型三室两厅住宅内配电电路	211
10.5	识读照明配电系统图	211

10.6	照明接线的两种表示方法	212
10.7	识读某楼层分户照明平面图	216
10.8	漏电保护器的安装	217
10.9	照明开关、插座的安装	220
参考文献	224

第1章

从安全电工做起

1.1 电工安全操作规程

1.1.1 工作环境中的安全

对任何工作而言，安全都应当是第一位的。权威机构统计显示：有 90% 的事故都是可以避免的。这就说明，我们在工作中发生的很多事故都是可以避免的。在各种事故中，因个人错误操作等导致的事故占总事故量的 80% 以上，错误采用材料导致的事故仅占总事故量的 15% 左右。

凡是与“电”有关的工作，都有大量潜在的危险。正因为如此，安全问题成为工作环境中的首要问题。因此，国家有关机构和强制安全的相关单位制定了相关规章、措施或方针，我们要认识这些事故预防标志（见图 1-1）。



图 1-1 事故预防标志



图 1-1 事故预防标志 (续)

1. 电工操作中的自我保护

自我保护是指在严格遵守电业安全工作规程和执行集体安全作业措施的前提下, 在个人作业的范围确保自身的安全。

1) 普通电工安全服装

普通电工安全服装示意图如图 1-2 所示。电工在实际工作中需要注意以下问题。

- (1) 安全帽、绝缘鞋和防护眼镜必须根据一定的工作要求穿着。
- (2) 在强烈噪声的环境中工作时戴上防护耳器。
- (3) 当在带电电路上工作时, 应摘掉所有金属类首饰。
- (4) 在靠近机器工作时, 不要留长发或必须束起长发。

(5) 工作时一定要穿全棉质的衣服。人造纤维、聚酯纤维一类的衣服在高温下容易造成严重烧伤。

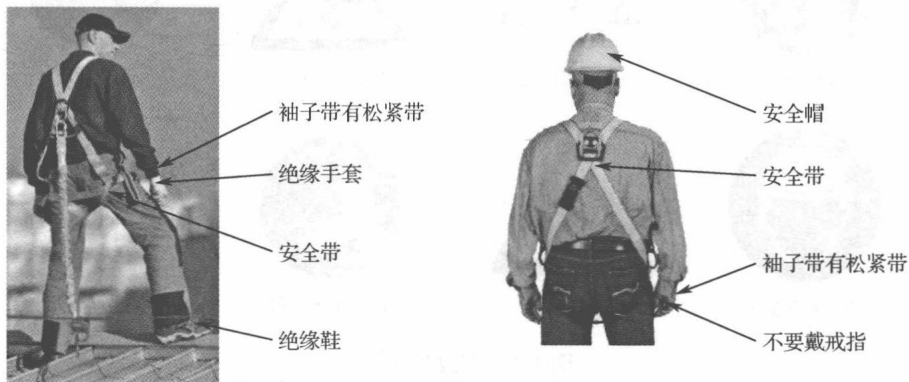


图 1-2 普通电工安全服装示意图



2) 电工保护设备

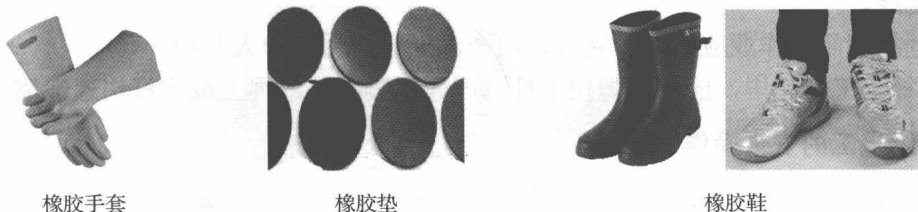
每个电工都需要熟悉每种保护设备的安全标准,要确保电工保护设备可以真正按照设计要求起到保护的作用。电工保护设备包括以下几种。

(1) 防护面罩。防护面罩如图 1-3 所示,其主要作用是保护头、脸和眼睛等部位,在电工操作中可以防止电弧、电射线或小飞虫、高空坠物砸伤人或引起的电爆炸等造成的伤害。



图 1-3 防护面罩

(2) 橡胶保护设备。橡胶保护设备主要有橡胶手套、橡胶垫、橡胶鞋等,如图 1-4 所示。橡胶保护设备的主要作用是防止操作人员的皮肤直接接触带电电路。



橡胶手套

橡胶垫

橡胶鞋

图 1-4 橡胶保护设备

(3) 高压防护服。高压防护服是为高压操作人员提供的特殊保护设备,如图 1-5 所示。

(4) 带电操作杆。带电操作杆如图 1-6 所示,主要用于手动高压隔离开关、高压熔丝的更换,也包括临时接地高压电路的连接与移除的手动操作。



图 1-5 高压防护服

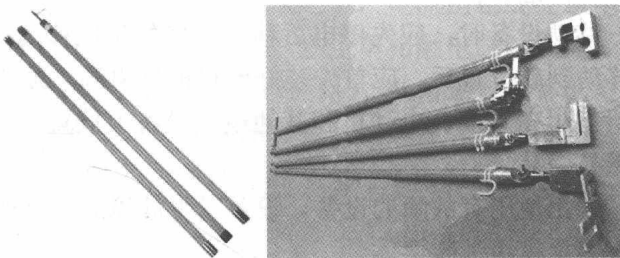


图 1-6 带电操作杆

(5) 摔落保护。摔落保护主要为工作人员提供与从高处摔落相关的保护措施,包括警告线、安全监视器、定位装置、栏杆、个人摔落防止系统和受控访问区等。

2. 外线电工的安全操作

(1) 在六级以上大风、大雨和雷电等恶劣天气下,严禁登杆工作作业和倒闸作业操作。雨后杆上、线上和地上积水未干时,也不得上杆工作,以防滑及防止因漏电引起触电等事故发生。

(2) 登杆前,应检查登杆工具,如安全带、梯子、脚扣等是否完好、牢靠。检查杆根是否牢靠,杆身是否歪斜。新立电杆在完全牢固之前严禁攀登作业。

(3) 在电杆上工作必须使用安全带。安全带应系在电杆和牢固的构架上,不得系在横担上或电杆顶稍上,以防止横担发生意外后安全带从杆顶脱出。系好安全带后,要检查一下扣



环是否扣牢。杆上作业转位时，不得失去安全带保护。

(4) 上横担时，应首先检查横担是否牢固、良好，检查时安全带应系在主杆上。

(5) 登杆作业人员应佩戴工具袋或工具包。在工作时应防止跌落而伤到下面的人。使用的工具、材料等应用绳子传递，不得采用抛上抛下的方式传递。

(6) 在带电电杆上，只允许在带电线路下方进行修补水泥杆裂纹，加固拉线，拆除鸟巢，紧固螺栓，查看导线、金属、瓷瓶等工作。作业人员的活动范围和携带的工具、材料等与低压导线距离不得小于 0.7m。

(7) 在杆上进行作业时，地面应有专人监护。地面人员应戴安全帽，不得在杆上作业人员的垂直下方及杆下逗留。

(8) 在同杆并架的多回路中，检修其中任意一条回路时，其他并架的所有线路都必须停电和挂接地线。

(9) 登杆倒闸操作应由两人完成，由一人操作，另外一人监护。

(10) 杆上工作完毕，应使用脚扣下杆，严禁甩脚扣从线绳上或抱杆快速滑溜下杆。

3. 内线电工的安全操作

(1) 检修电路时，应穿绝缘性能良好的胶鞋，不可赤脚或穿潮湿的布鞋；脚下应垫干燥的木板或站在木凳上；身上不可穿潮湿的衣服（如汗水渗透的衣服）。

(2) 在建筑物顶部工作时，应首先检查建筑物是否牢固，以防止滑跌、踏空、材料折断而发生坠落伤人事故。

(3) 无论是带电还是停电作业，因故暂停作业后再次恢复工作时，应重新检查安全措施，确认无误后再继续工作。

(4) 移动设备时，应先停电后移动，严禁带电移动电气设备。将电动机有金属外壳的电气设备移动到新位置后，应首先装好地线再接电源，经检查无误后，才能通电使用。

(5) 禁止在导线、电动机和其他电气设备上放置衣物、雨具等物件。电气设备附近禁止放置易燃易爆品。

(6) 禁止使用有故障的设备。设备发生故障后应立即排除。

(7) 禁止越级乱装熔体。

(8) 不同型号的电器产品不可盲目互换和代用。

(9) 多人同时作业时，必须有专人负责和指挥。不得各自为政，各行其是。

1.1.2 人体触电的种类和方式

1. 人体触电的种类

人体触电的种类有电击和电伤两类。

(1) 电击是指电流通过人体时所产生的内伤。它可使人体肌肉抽搐、内部组织损伤，造成发热、发麻、神经麻痹等，严重时将引起昏迷、窒息甚至心脏停止跳动、血液循环终止而死亡。通常说的触电，多指电击。触电死亡中绝大部分是电击造成的。

(2) 电伤是指在电流的热效应、化学效应、机械效应及电流本身作用下造成的人体外伤，常见的有灼伤、烙伤和皮肤金属化等。



灼伤由电流的热效应引起，主要是指电弧灼伤，造成皮肤红肿、烧焦或皮下组织损伤。烙伤也是由电流热效应引起的，是指皮肤被电气发热部分烫伤或由于人体与带电体紧密接触而留下肿块、硬块，使皮肤变色等。皮肤金属化则是指用电流热效应和化学效应导致熔化的金属微粒渗入皮肤表层，使受伤皮肤带金属颜色且留下硬块。

2. 人体触电方式

1) 单相触电

人体的一部分接触带电体的同时，另一部分又与大地或零线（中性线）相接，电流从带电体流经人体到大地（或零线）形成回路，这种触电称为单相触电，如图 1-7 所示。

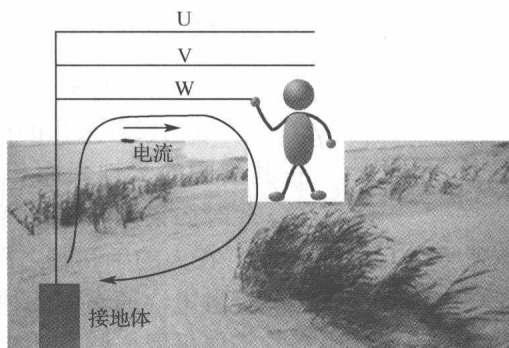


图 1-7 单相触电

单相触电对人体所产生的危害程度与电压的高低、电网中性点的接地发生等因素有关。在中性点接地的电网中，发生单相触电时，在电网的相电压之下，电流由相线经触电人的人体、大地和接地配置形成通路。在中性点不接地的电网中，发生单相触电时，人体处在相电压作用下（电流经过其他两相线、对地电容、人体形成闭合回路），此时通过人体的电流与系统电压、人体电阻和线路对地电容等因素有关。如果线路较短，对地电容电流较小，人体电阻又较大时，则其危险性可能不大；但若线路长，对地电容又大，则可能发生危险。

2) 两相触电

人体的不同部位同时接触两相电源带电体而引起的触电称为两相触电，如图 1-8 所示。对于两相触电，无论电网中性点是否接地，所承受的相电压都将比单相触电时更高，危险性更大。

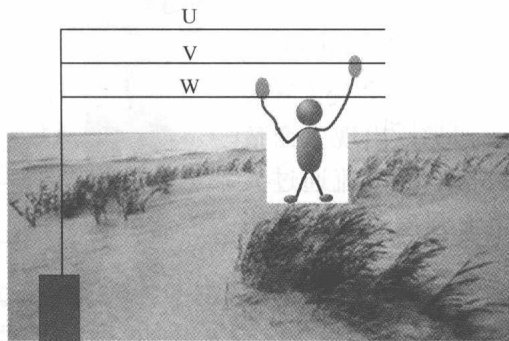


图 1-8 两相触电

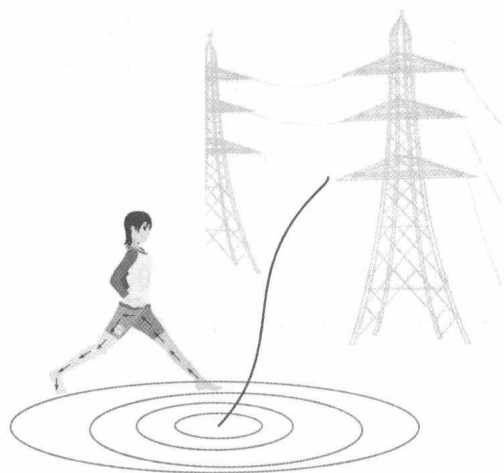


图 1-9 跨步电压触电

3) 跨步电压触电

雷电流入地或者载流电力线（特别是高压线）断落到地时，会在导线接地点及周围形成强电场，其电位分布以接地点为圆心向四周扩散，逐步降低，且在不同位置形成电位差（电压），如果人、畜跨进这个区域，则两脚之间将存在电压，该电压称为跨步电压。在这种电压作用下，电流从接触高电位的脚流进，从接触低电位的脚流出，这就是跨步电压触电，如图 1-9 所示。如果遇到这种危险场合，应合拢双脚跳离接地处 20m 之外，以保障人身安全。

4) 接触电压触电

当电气设备某相的接地电流流过接地装置时，在其周围的大地表面和设备外壳上将形成分布电位，此时如果人站在距离设备外壳水平距离为 0.8m 处的地面上，并且手触及外壳（约 1.8m 高）时，在人的手和脚之间必将形成一个电位差，当此电位差超过人体允许的安全电压时，人体就会触电，通常称此种触电为接触电压触电。

为防止接触电压触电，在电网设计中经常需要采取一些有效措施来降低接触电压水平。

为防止接触电压触电，在电网设计中经常需要采取一些有效措施来降低接触电压水平。

1.1.3 电流伤害人体的因素

人体对电流的反应非常敏感，触电时电流对人体的伤害程度与以下几个因素有关。

1. 电流的大小

触电时，流过人体的电流强度是造成损害的直接因素。大量实践证明，通过人体的电流越大，对人体的损伤越严重。

当通过人体的交流电流超过 25mA 或直流超过 80mA 时，会使人感觉麻疼或剧疼，呼吸困难，自身不能摆脱电源，有生命危险。

随着通过人体电流的增加，当有 100mA 的工频电流通过人体时，很短时间内就会使人呼吸窒息、心脏停止跳动、失去知觉，出现生命危险。一般来说，任何大于 5mA 的电流通过人身体都被认为是危险的。电流强度对人体的影响如图 1-10 所示。

一般情况下，按照通过人体的电流大小而使人体呈现不同的状态，可将电流划分为三级。

(1) 感知电流。在一定概率下，通过人体引

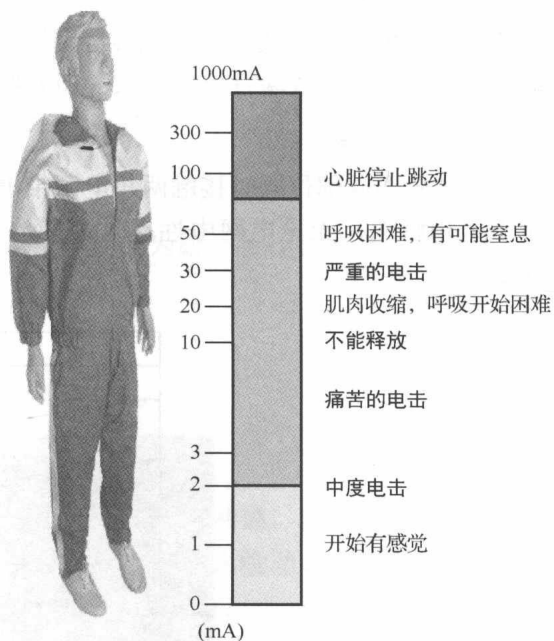


图 1-10 电流强度对人体的影响