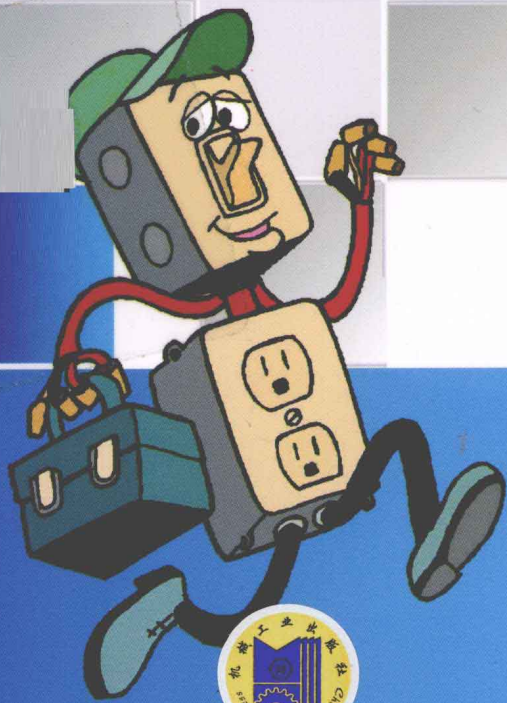


# 零起点 学维修电工技术

李方园  
等编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



零起点

学维修电工技术

李方园 等编著



机械工业出版社

本书是根据《国家职业标准——维修电工》的职业要求组织编写的，介绍了维修电工岗位所要求的必需知识，并加以扩充，按照零起点的要求，以13讲的方式分别讲授了电工基础、安全用电常识、电工常用工具的使用、电工仪表仪器的基本操作、常用低压电器的选择、电气线路的安装与调试、三相异步电动机的拆装与维修、电力电子线路的安装与调试、普通机床的电气控制、起重机的电气控制、变压器参数测定及其应用、电气照明安装及检修、电气检修标准规程。

本书通俗易懂，从零起步，以知识链接带动维修技术的提高，具有新颖性、技术性、实用性和可操作性，可作为广大维修电工、电气设备管理人员、电工技术爱好者、下岗再就业者、职业培训学校的指导手册，也可作为高等职业技术学院电气自动化、机电一体化、楼宇智能化等专业的辅助教材。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

零起点学维修电工技术/李方园等编著. —北京: 机械工业出版社, 2011. 11  
ISBN 978-7-111-36361-3

I. ①零… II. ①李… III. ①电工—维修 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 227390 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 林春泉 责任编辑: 林春泉

版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 路恩中 责任印制: 乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2012 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.25 印张·298 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-36361-3

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066 门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

# 前 言

本书是根据《国家职业标准——维修电工》的职业要求组织编写的，从职业能力培养的角度出发，贯穿“以职业标准为依据，以企业需求为导向，以职业能力为核心”的理念，介绍了维修电工岗位所必需的知识，并加以扩充，按照零起点的要求，以13讲的方式，分别讲授了电工基础、安全用电常识、电工常用工具的使用、电工仪表仪器的基本操作、常用低压电器的选择、电气线路的安装与调试、三相异步电动机的拆装与维修、电力电子线路的安装与调试、普通机床的电气控制、起重机的电气控制、变压器参数测定及其应用、电气照明安装及检修、电气检修标准规程。

本书通俗易懂，从零起步，以知识链接带动维修技术的提高，具有新颖性、技术性、实用性和可操作性。在编写过程中，得到了张永惠、陈隆慈教授的大力支持，温州亚龙教仪、温州德力西集团、西门子公司等厂商的相关人员的帮助并提供了相当多的典型案例和维护经验。杨帆、钟晓强、乐斌、陈亚玲、叶明、陈贤富、沈阿宝、陈亚珠、李伟庄、章富科、方定桂、刘军毅、戴琴、王永行、刘伟红、陈聪等参与了本书的编写工作。另外，在编写中参考和引用了国内外许多专家、学者最新发表的论文和著作等资料，借鉴了中国传动网、中国自动化网、中华工控网等网站的实例资料，在此一并致谢！

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏、不足和错误，恳请广大读者批评指正，作者将不胜感谢。随着现代电气设备的日渐增多和现代电气技术的发展，如果您有好的应用案例或者想更正书中的案例以及需要商讨的任何细节，都烦请致信作者（muzi\_woody@163.com）。希望本书能成为现代维修电工的交互平台、实践基地！

作 者

2011年12月

# 目 录

## 前言

第1讲 电工基础 .....	1	7.4 电动机定子绕组的绕制及嵌放 .....	95
1.1 电能的生产、输送和分配 .....	1	7.5 电动机的拆装工艺 .....	99
1.2 电路的基本概念 .....	3	第8讲 电力电子电路的安装与调试 .....	106
第2讲 安全用电常识 .....	8	8.1 晶闸管及其应用案例 .....	106
2.1 电气安全操作技术 .....	8	8.2 晶闸管调光电路的焊接与调试 .....	112
2.2 触电急救技术 .....	11	8.3 固态继电器及其应用 .....	114
2.3 电器灭火常识 .....	14	第9讲 普通机床的电气控制 .....	121
2.4 漏电电流保护器 .....	18	9.1 万能铣床及其电气控制 .....	121
第3讲 电工常用工具的使用 .....	20	9.2 万能外圆磨床及其电气控制 .....	127
3.1 电工常用工具相关知识 .....	20	9.3 摇臂钻床及其电气控制 .....	132
3.2 电工常用工具的技能训练 .....	23	第10讲 起重机的电气控制 .....	138
第4讲 电工仪表仪器的基本操作 .....	28	10.1 桥式起重机概述 .....	138
4.1 电工指示仪表的基本常识 .....	28	10.2 凸轮控制器及其控制电路 .....	142
4.2 常见的几种电工指示仪表 .....	33	10.3 主令控制器与交流磁力控制盘 .....	145
4.3 电气试验仪表与操作 .....	39	10.4 起重机的其他电气设备 .....	150
第5讲 常用低压电器的选择 .....	46	第11讲 变压器参数测定及其应用 .....	154
5.1 低压电器概述 .....	46	11.1 变压器概述 .....	154
5.2 接触器 .....	47	11.2 变压器的型号与额定参数 .....	157
5.3 控制继电器 .....	50	11.3 变压器的参数测定 .....	158
5.4 其他常用低压电器 .....	57	11.4 变压器的工程应用 .....	161
第6讲 电气线路的安装与调试 .....	62	11.5 三相变压器 .....	162
6.1 识别电工图 .....	62	11.6 电压互感器和电流互感器 .....	163
6.2 常见电气控制电路介绍 .....	66	第12讲 电气照明安装及检修 .....	165
6.3 电气控制电路的安装工艺 .....	70	12.1 照明方式与种类 .....	165
6.4 电气控制电路的调试与检修 .....	75	12.2 电气照明系统的安装流程 .....	166
6.5 C620-1型车床电气线路的安装与 调试 .....	78	12.3 照明电路故障的常规检修 .....	171
第7讲 三相异步电动机的安装与 维修 .....	84	12.4 节能灯及其检修 .....	173
7.1 三相异步电动机概述 .....	84	第13讲 电气检修标准规程 .....	176
7.2 三相异步电动机的安装、启动与 运行 .....	89	13.1 临时性电源、照明与接地检修标准 规程 .....	176
7.3 电动机故障判断及维修案例 .....	92	13.2 高低压配电室检修标准规程 .....	178
		13.3 电动机检修标准规程 .....	181
		13.4 电力电缆检修标准规程 .....	184
		参考文献 .....	189

# 第1讲 电工基础



## 导读

从物理学可以知道，如果原子失掉一个或几个外层电子，则它的电平衡就被破坏了，正电荷多于负电荷，这个原子就带正电；同理，飞出轨道的电子被另外的原子所吸收，另外的原子就带负电。这就是电的本质。

目前，世界各国将本国或一个地区的各发电站并入一个强大电网，构成一个集中管理、统一调度的大电力系统（电力网）。有了电网，就可以组建各种各样的应用电路，比如一个最简单的手电筒实物连接电路，它是由电源（干电池）、负载（电灯泡）和中间环节（包括连接导线和开关）三部分组成。在电路中，随着电流的流动，进行着不同形式能量之间的转换。

总而言之，电工基础是每一位电力行业从业人员必须熟练掌握或适当掌握的一门知识，本讲主要介绍电工技术的基本概念和电路基本知识，是维修电工入门的第一步。

## 1.1 电能的生产、输送和分配

### 1. 电的定义

我们都知道摩擦生电，用梳子梳理干燥的头发时，常常会听到“噼噼、啪啪”的响声，如果在黑夜里，还会看到一些细小的火花；将这把梳子放到一撮小纸屑的近旁，小纸屑会被梳子吸起来。那么，电是什么呢？电是一种特殊的能量，称为电能。

自然界的一切物质都是由分子组成的，分子又是由原子组成的，每一种原子都有一个处在中心的原子核，在原子核周围有若干个电子沿着一定的轨道做着高速度的旋转运动。原子核是带正电的，而电子是带负电的。在原子未受外力的作用时，原子核所带的正电荷与外层电子所带的负电荷相等。因此原子对外界处于平衡状态，不显电性。

不同的原子，其原子核的质量及其周围的电子数目是不同的。如铜原子和铝原子，它们的原子结构如图 1-1 所示。铜原子核内有 29 个带正电的质子（中子不带电），核外有 29 个带负电的电子。电子呈四层分布，最外层只有 1 个电子，如图 1-1a 所示。铝原子核内有 13 个质子，核外有与质子数相等的 13 个电子，最外层有 3 个电子，如图 1-1b 所示。

那些处在最外层轨道上的电子，由于它们距离原子核比较远，受到原子核的束缚力比较弱，在受到外界因素（如热、光、机械力）影响时，很容易脱离自己的轨道，摆脱原子核的束缚，成为自由电子。铜、铝等金属物质都具有不稳定的外层电子，在常温下就会脱离轨道成为自由电子（如每  $\text{cm}^3$  铜中包含  $8 \times 10^{32}$  个自由电子）。

如果原子失掉一个或几个外层电子，则它的电平衡就被破坏了，正电荷多于负电荷，这个原子就带正电；同理，飞出轨道的电子被另外的原子所吸收，另外的原子就带负电。

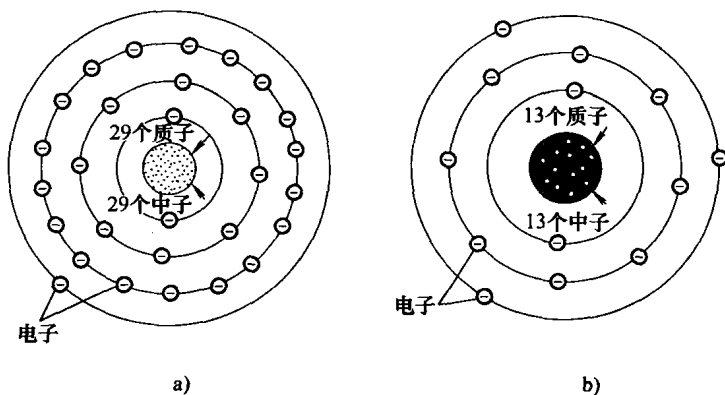


图 1-1 原子结构示意图

a) 铜原子结构示意图 b) 铝原子结构示意图

### 2. 电能产生的分类

电能是由煤炭、石油、水力、核能、太阳能和风能等一次能源通过各种转换装置而获得的二次能源。

电能生产的分类如图 1-2 所示。

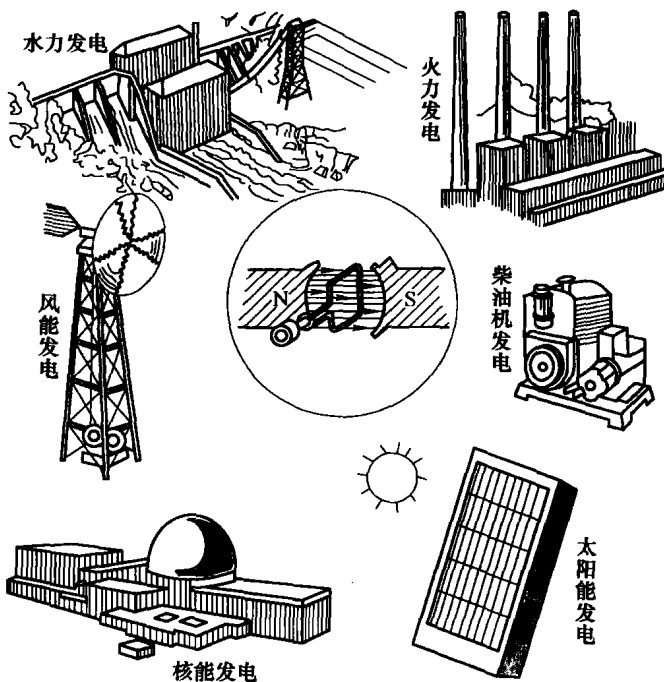


图 1-2 各种发电装置示意

1) 火力发电：它是利用煤炭、石油燃烧后产生的热量来加热水，使之成为高温、高压蒸汽，再用蒸汽推动汽轮机旋转并带动三相交流发电机发电。

2) 水力发电：它是利用水流的势能来发电，即用水流的落差及流量去推动水轮机旋转并带动三相交流同步发电机发电。

3) 核能发电：它是利用原子核裂变时释放出来的巨大能量来加热水，使之成为高温、

高压蒸汽，再用蒸汽推动汽轮机并带动三相交流同步发电机发电。

4) 太阳能、风力、地热等能源发电。

### 3. 电能的输送

世界各国将本国或一个地区的各发电站并入一个强大电网，构成一个集中管理、统一调度的大电力系统（电力网）。电的输送示意如图 1-3 所示。

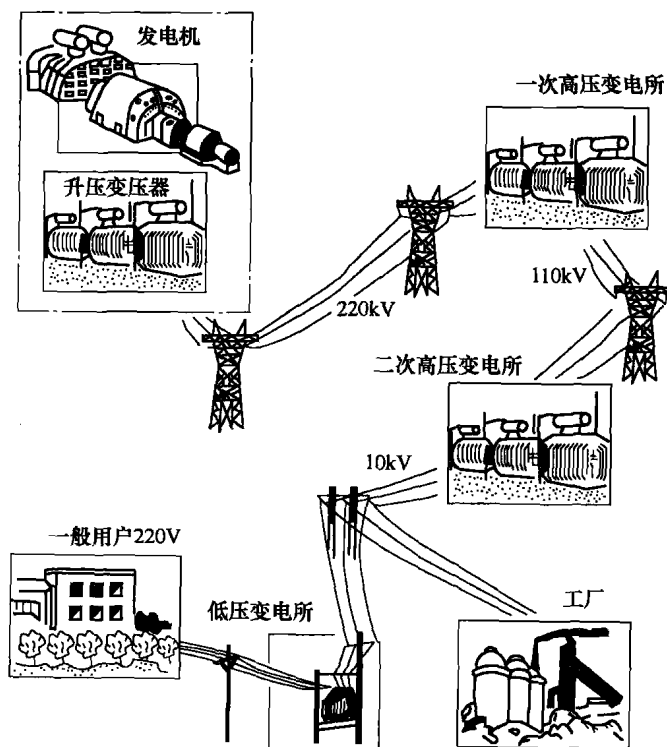


图 1-3 电的输送示意

目前，我国高压输电的电压等级有 110kV、220kV、330kV 及 500kV 等多种。由于发电机本身结构及绝缘材料的限制，不可能直接产生这样高的电压，在输电时首先必须通过升压变压器将电压升高。

高压电能输送到用电区后，还必须通过各级降压变电站，将电压降至合适的数值。例如，工厂输电线路，高压为 35kV 或 10kV，低压为 380V 和 220V。

当高压电送到工厂以后，由工厂的变、配电站进行变电和配电。大、中型工厂都有自己的变、配电站。用电量在 1000kV 以下的工厂、企业等用电部门，一般只需一个低压配电室。

在配电过程中，通常把动力用电和照明用电分别配电，这样可缩小局部故障带来的影响。

## 1.2 电路的基本概念

### 1. 电路的结构形式

电路就是电流所通过的路径。



电路是由元器件按一定方式组合而成的。图 1-4 所示为一个最简单的手电筒实物连接电路，由电源（干电池）、负载（电灯泡）和中间环节（包括连接导线和开关）三部分组成。在电路中，随着电流的流动，进行着不同形式能量之间的转换。

电源是将非电能转换成电能的装置。例如，干电池和蓄电池是将化学能转化成电能，而发电机是将热能、水能或核能等转换成电能。所以，电源是电路中的能量来源，是推动电流运动的源泉，在它的内部进行着由非电能到电能的转换。

负载是将电能转换成非电能的装置，如电灯泡将电能转换成光能，电炉将电能转换成热能，电动机将电能转换成机械能等。所以，负载是电路中的受电器，是取用电能的装置，在它的内部进行着由电能到非电能的转换。

中间环节是把电源与负载连接起来的部分，起传递和控制电能的作用。

图 1-5 所示为图 1-4 的电路图。电路元件有电源  $E$ 、电灯泡 HL、开关 S 和导线。电灯泡 HL 可理解为一电阻元件  $R$ ； $E$  是电源，内电阻为  $R_0$ ；连接干电池与电灯泡的中间环节是开关 S，其电阻可以忽略不计，认为是一无电阻的理想导体。

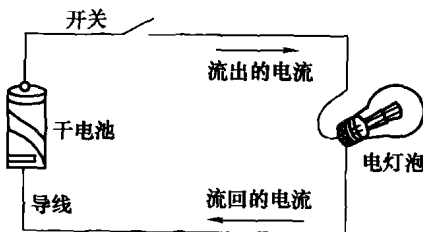


图 1-4 手电筒实物连接电路

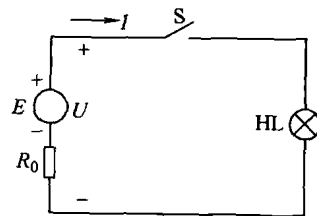


图 1-5 简单的电路图

## 2. 电路的作用

电路的作用主要包括以下两点：

1) 传递和处理信号：电路的作用之一是传递和处理信号，常见的如扩音机，先由传声器把语言或音乐（通常称为信息）转换为相应的电压和电流，即电信号，而后通过电路传递到扬声器，把电信号还原为语言或音乐。由于传声器输出的电信号比较微弱，不足以推动扬声器发音，因此中间还要用放大器来放大。信号的这种转换和放大，称为信号的处理。

2) 传输和转换信号：供电系统中的电力电路起着实现电能的传输和转换的作用。把发电厂发出的高压电通过高压线路传输到各地，然后通过变压器把高压电转换成低压电。这类电路，一般要求在传输和转换过程中，尽可能地减少能量损耗以提高效率。

## 3. 电压与电流

### (1) 电压

河水之所以能够流动，是因为有水位差。水总是从高水位流向低水位。电荷之所以能够流动，是因为有电位差。在电路中，任意两点间的电位差，均被称为两点间的电压。电压是形成电流的主要条件。在电路中，电压常用  $U$  表示，单位是伏特（V），简称伏，大的计量单位可用千伏（kV）表示，小的计量单位常用毫伏（mV）或微伏（ $\mu\text{V}$ ）表示。它们之间的关系为

$$1\text{kV} = 1000\text{V}$$

$$1\text{V} = 1000\text{mV}$$

$$1\text{mV} = 1000\mu\text{V}$$

我国规定的标准电压等级很多，如直流安全电压为12V、24V、36V，工业用电直流为110V、220V等，民用市电电压为交流220V，工业动力用电为交流380V，高压配电电压为6kV、10kV，高压输电电压为110kV，远距离超高压输电电压为330kV和500kV。

电压可以用电压表测量。测量时，把电压表并联在电路上，要选择电压表指针接近满偏转的量程。如果电路中的电压大小估计不出来，要先用大的量程，粗略测量后再用合适的量程，这样可以防止由于电压过大而损坏电压表。

## (2) 电流

电荷的定向移动叫做电流。在电路中，电流常用  $I$  表示。电流分直流（DC）和交流（AC）两种。电流的大小和方向不随时间变化的叫做直流，电流的大小和方向随时间变化的叫做交流。电流的单位是安培（A），简称安，也常用毫安（mA）或微安（ $\mu\text{A}$ ）作为单位。它们之间的关系为

$$1\text{kA} = 1000\text{A}$$

$$1\text{A} = 1000\text{mA}$$

$$1\text{mA} = 1000\mu\text{A}$$

直流电流的方向是从电源的正极流到电源的负极。

电流可以用电流表测量。测量时，把电流表串联在电路中，要选择电流表指针接近满偏转的量程。如果电路中的电流大小估计不出来，则要先用大的量程，粗略测量后再用合适的量程，这样可以防止电流过大而损坏电流表。

## 4. 电阻与导体材料

### (1) 电阻

电路中，对电流通过有阻碍作用并且造成能量消耗的元件叫电阻。电阻常用  $R$  表示，单位是欧姆（ $\Omega$ ），简称欧，也常用千欧（ $\text{k}\Omega$ ）或兆欧（ $\text{M}\Omega$ ）作为单位。它们之间的关系为

$$1\text{k}\Omega = 1000\Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 1000\text{k}\Omega$$

导体的电阻由导体的材料、横截面积、长度和温度决定。一般导线的电阻可由以下公式求得，即

$$R = \rho L/S$$

式中， $L$  为导线的长度（m）； $S$  为导线的横截面积（ $\text{mm}^2$ ）； $\rho$  为导线的电阻率（ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ）。

电阻率  $\rho$  是电工计算中的一个重要物理常数。不同材料物体的电阻率各不相同。它的数值相当于用这种材料制成长1m、横截面积为  $1\text{mm}^2$  的导线，在温度为  $+20^\circ\text{C}$  时的电阻值。电阻率直接反映着各种材料导电性能的好坏。材料的电阻率越大，表示它的导电性能越差；电阻率越小，则表示导电性能越好。

电阻可以用万用表欧姆挡测量。测量时，要选择万用表指针偏转量程一半的欧姆挡。如果被测电阻焊接在电路中，则应将其断开一端后进行测量，人体不能与电阻引线接触。

常用金属材料的电阻率见表1-1。

表 1-1 常用金属材料的电阻率 (20℃)

金属材料	电阻率 $\rho(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$
银	0.0165
铜	0.0175
钨	0.0551
铁	0.0978
铅	0.222
铸铁	0.5
黄铜	0.065
铝	0.0283
康铜	0.44

### (2) 导体

能良好传导电流的物体叫做导体。用导体制成的电气材料叫做导电材料。金属是常用的导电材料。除了金属以外,其他如大地、人体、天然水和酸、碱、盐类及它们的溶液都是导体。

金属之所以能够良好地传导电流,是由其原子结构决定的。金属原子最外层的电子与原子核结合得比较松散,因此这部分电子很容易脱离自己的原子核与别的原子核去结合,失去电子的原子又有新的电子来结合,这样一连串的过程就是导电的过程。银的电阻率最小,导电性能最好但由于其价格昂贵,只在极少数的地方采用,如开关触头等,一般电气设备中应用最广泛的是铜和铝。

还有一些材料虽然能导电,但电阻率较大,人们常常把它用作电阻材料或电热材料,如电炉或电烤箱中的电热丝等。

### (3) 绝缘体

不能导电或者导电能力极差的物体叫做绝缘体。常见的绝缘体有木头、石头、橡皮、玻璃、云母及瓷器等。绝缘体的原子结构与导体不同,其电子和原子核结合得很紧密,而且极难分离,将此类物质接上电源时,流过的电流极小(几乎接近零)。可以利用它的绝缘作用把电位不同的带电体隔离开来。

一般来讲,对绝缘体材料的要求是具有极高的绝缘电阻和耐电强度、较好的耐热和防潮性能、较高的机械强度及工艺加工方便等。

空气作为一种自然界的天然绝缘材料而被人们广泛地加以利用。纸、矿物油、橡胶和陶瓷都是应用非常广泛的绝缘材料。近年来,由于有机合成工业的兴起,各种各样的绝缘材料不断问世,为新型电气设备的制造提供了良好的条件。

绝缘材料在电和热的长期作用下,特别是在有化学腐蚀的情况下,会逐步老化,降低它原有的电气和机械性能,有时甚至可能完全丧失绝缘性。所以,经常检查绝缘性能是电气设备维修中的主要工作之一。绝缘电阻是绝缘材料的主要技术指标。常用绝缘电阻表来测量设备的绝缘电阻。一般低压电气设备的绝缘电阻应大于  $0.5\text{M}\Omega$ 。对于移动电器和在潮湿地方使用的电器,其绝缘电阻还应再大一些。

### (4) 半导体

所谓半导体，顾名思义，就是它的导电能力介于导体和绝缘体之间，如硅、锗、硒及大多数金属氧化物和硫化物都是半导体。

半导体的导电能力在不同条件下有很大的差别，如有些半导体（如钴、锰、镍等的氧化物）对温度的反应特别灵敏，当环境温度增高时，它们的导电能力要增强很多。利用这种特性就做成了各种热敏电阻。又如有些半导体（如镉、铅等的硫化物与硒化物）受到光照时，它们的导电能力变得很强；当无光照时，又变得像绝缘体那样不导电。利用这种特性就做成了各种光敏电阻。

更重要的是，如果在纯净的半导体中掺入微量的某种杂质后，则导电能力就可增加几十万甚至几百万倍。例如，在纯硅中掺入百万分之一的硼后，硅的电阻率就从大约  $2 \times 10^3 \Omega \cdot m$  减小到  $4 \times 10^{-3} \Omega \cdot m$  左右。利用这种特性就做成了各种不同用途的半导体器件，如半导体二极管、晶体管、场效应晶体管及晶闸管等。

## 5. 电路的开路、短路和额定工作状态

### (1) 开路状态（断路状态）

当电路的开关断开时，称为开路。其特征是电流为零，电源端的电压值就是电源两端的电动势。检修线路时应开路状态下进行。在这种状态下，电路不工作也不产生热量。

### (2) 短路状态

当电路中有电压的两点被电阻为零的导体连接时，称为短路。其特征是电流很大。根据电流的热效应，导体所消耗的电能为

$$W = IUt = I^2 Rt$$

若电阻消耗的电能全部转换成热能（ $Q = I^2 Rt$ ），则会烧坏绝缘元件，损坏设备。为了防止短路，在电路中接熔丝。有时利用短路电流产生的高温可进行金属焊接等。

### (3) 额定工作状态

对用电设备一般都规定额定电流。额定电流是指电气设备长时间工作所允许通过的最大电流，用  $I_n$  表示。实际电路小于  $I_n$  时称为轻载；等于  $I_n$  时称为满载，满载就是额定工作状态；大于  $I_n$  时称为过载，过载是不允许的。有些设备不标出额定电流而标出额定电压，即  $U_n$ ，标出额定功率  $P_n$ 。

## 第2讲 安全用电常识



电力是国民经济的重要能源，在生活中也不可缺少。但是不懂得安全用电知识就容易造成触电身亡、电气火灾、电器损坏等意外事故，所以我们常说“安全用电，性命攸关”。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，高频用电设备可产生电磁污染等。

对于经常要与电接触的维修电工作业来说，需要经常考虑一些问题，比如发生触电时应采取哪些救护措施？如何防止电气火灾事故？发生火灾后怎么办？这些问题都将在本讲中一一道来。

### 2.1 电气安全操作技术

#### 1. 人体触电及其影响因素

##### (1) 电击和电伤

人体触电有电击和电伤两种。所谓电击，是指电流通过人体内部器官，使其受到伤害。当电流作用于人体中枢神经，使心脏和呼吸器官的正常功能受到破坏，血液循环减弱，人体发生抽搐、痉挛、失去知觉甚至假死，若救护不及时，则会造成死亡。

电伤是指电流的热效应、化学效应和机械效应对人体外部器官造成的局部伤害，包括电弧引起的灼伤。电流长时间作用于人体，由其化学效应及机械效应在接触电流的皮肤表面形成肿块、电烙印及在电弧的高温作用下熔化的金属渗入人体皮肤表层，造成皮肤金属化等。电伤是人体触电事故中危害较轻的一种。

##### (2) 电流对人体的伤害

电流对人体的伤害程度与电流的强弱、流经的途径、电流的频率、触电的持续时间、触电者健康状况及人体的电阻等因素有关，见表2-1。

表2-1 电流对人体的伤害

项目	成年男性	成年女性
感知电流/mA	1.1	0.7
摆脱电流/mA	9~16	6~10
致命电流/mA	直流30~300，交流30左右	直流30~200，交流<30
危及生命的触电持续时间/s	1	0.7
电流流经路径	流经人体胸腔，则心脏机能紊乱；流经中枢神经，则神经中枢严重失调而造成死亡	

(续)

项目	成年男性	成年女性
人体健康状况	女性比男性对电流的敏感性高, 承受能力为男性的 2/3; 小孩比成年人受电击的伤害程度严重; 过度疲劳, 心情差的人比有思想准备的人受伤程度高; 病人受害程度比健康人严重	
电流频率	40 ~ 60Hz 间的交流电对人体伤害最严重, 直流电与较高频率的交流电的危害性则小一些	
人体电阻	皮肤在干燥、洁净、无破损的情况下电阻可达数十千欧, 潮湿破损的皮肤可降至 800Ω 以下, 通常为 1kΩ ~ 2kΩ	

## 2. 人体触电的方式

### (1) 直接接触

人体任何部位直接接触及处于正常运行条件下的电气设备的带电部分 (包括中性导体) 而形成的触电, 称为直接接触。它又分为单相触电和两相触电两种情况。

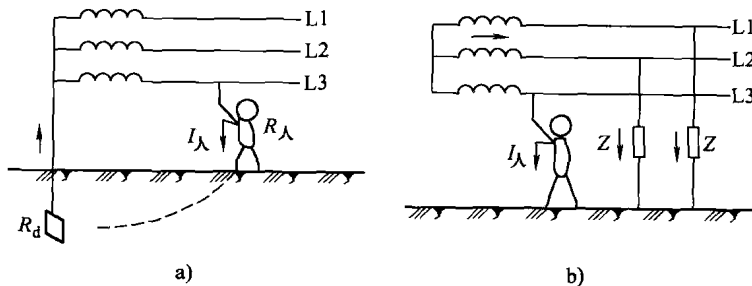


图 2-1 单相触电

a) 中性点接地系统的单相触电 b) 中性点不接地系统的单相触电

1) 单相触电: 如图 2-1 所示, 当人体站在大地或其他接地体上不绝缘的情况下, 身体的某一部分直接接触到带电体的一相而形成的触电, 称为单相触电。单相触电的危险程度与电压的高低、电网中性点的接地情况及每相对地绝缘阻抗的大小等因素有关。在高电压系统中, 人体虽然未直接接触带电体, 但因安全距离不够, 高压系统经电弧对人体放电, 也会形成单相触电。在图 2-1a 所示的中性点接地系统中, 通过人体的电流达到  $220\text{V}/(1 \times 10^3 \Omega) = 220\text{mA}$ , 远远超过人体的摆脱电流。人体若发生单相触电, 将产生严重后果。在图 2-1b 所示的中性点不接地系统中, 若线路绝缘不良, 则绝缘阻抗降低, 触电时流过人体的电流相应增大, 增加了人体触电的危险性。

2) 两相触电: 人体同时触及带电设备或线路不同电位的两个带电体所形成的触电, 称为两相触电, 如图 2-2 所示。当发生两相触电时, 人体承受电网的线电压为相电压的  $\sqrt{3}$  倍, 故两相触电为单相触电时流过人体电流的  $\sqrt{3}$  倍, 比单相触电有更大的危险性。

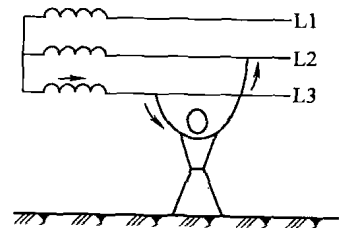


图 2-2 两相触电

### (2) 间接触电

电气设备在故障情况下, 使正常工作时本来不带电的金

属外壳处于带电状态，当人体任何部位触及带电的设备外壳时所造成的触电，称为间接触电。

1) 跨步电压触电：当电气设备绝缘损坏而发生接地故障或线路一相带电导线断落于地面时，地面各点会出现如图 2-3 所示的电位分布，当人体进入到上述具有电位分布的区域时，两脚间（人的跨步距离按 0.8m 考虑）就会因为地面电位不同而承受电压作用，这一电压称为跨步电压。由跨步电压引起的触电，称为跨步电压触电。

2) 接触电压触电：用电设备因一相电源线绝缘损坏碰设备外壳时，接地电流自设备金属外壳通过接地体向四周大地形成半球状流散。其电位分布以接地体为中心向周围扩散，距接地体 20m 左右处的电位为零。此时，当人体触及漏电设备外壳时，因人体与脚处于不同的电位点，就会承受电压，此电压称为接触电压。人体因接触电压而引起的触电，称为接触电压触电。

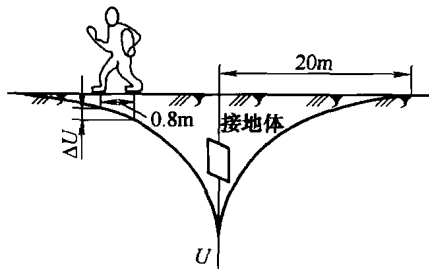


图 2-3 跨步电压

接触电压和跨步电压与接地电流、土壤电阻率、设备接地电阻及人体位置有关。接地电流较大时，就会产生较大的接触电压和跨步电压，发生触电事故。

### (3) 其他类型触电

1) 静电电击：当物体在空气中运动时，因摩擦而使物体带有一定数量的静止电荷，静止电荷的堆积会形成电压很高的静电场，当人体接触此类物体时，静电场通过人体放电，使人体受到电击。

2) 残余电荷电击：电气设备由于电容效应，在刚断开电源的一段时间里，还可能残留一些电荷，当人体接触这类电气设备时，设备上的残余电荷通过人体释放，使人体受到电击。

3) 雷电电击：雷电多数发生在雷云云块之间，但也有少数部分发生在雷云与大地或与建筑物之间。在这种剧烈的雷电活动中，如果人体靠近或正处在雷电的活动范围内，将会受到雷电的电击。

4) 感应电压电击：在邻近的电气设备或金属导体上，由于带电设备的电磁感应或静电感应而感应出一定的电压，人体受到此类电压的电击，称为感应电压电击。在超高压双回路及多回路线路中，感应电压产生的电击时有发生。

## 3. 维修电工安全操作规程

1) 工作前必须检查工具、测量仪表和防护用具是否完好。

2) 任何电气设备未经检测证明确实没有带电时，一律视为带电，不准用手触摸、身体靠近和盲目操作。

3) 必须在设备停止运转后，切断电源、取下熔断器（体），挂出“禁止合闸，有人工作”的警示牌，并在验明设备不带电后，方可进行设备的搬移、拆卸和检查修理。

4) 工作临时中断后每班组开始工作前，都必须重新检测设备的电源是否确实断开，只有验明确实未带电后，方可继续工作。

5) 在总配电盘及母线上进行工作时，在验明无电后，应挂上临时接地线。拆装接地线

都必须由值班电工进行。

6) 由专门检修人员修理电气设备时, 值班电工必须进行登记, 完工后要求做好交待, 共同检查后, 方可送电。

7) 每次维修结束时, 必须清点所带的工具、零配件, 以防遗留在设备内部而造成事故。

8) 禁止带负载操作动力配电箱中的刀开关、断路器等开关设备。

9) 在低压配电设备上带电进行操作时, 必须经过领导批准, 并有专人监护。操作时, 必须站在绝缘物上进行, 头戴安全帽, 身穿长袖衣服, 手戴绝缘手套, 使用绝缘工具。邻相带电部分和接地金属部分用绝缘板隔开后方可操作, 严禁使用有裸露金属部分的器具进行操作。

10) 熔断器的容量要与电气设备、线路的容量相适应。

11) 带电装卸熔断器时, 必须站在绝缘垫上, 戴防护眼镜、绝缘手套, 方可操作, 必要时还要使用绝缘夹钳。

12) 拆除电气线路或设备后, 对可能继续供电的裸露线头必须用绝缘胶布包扎好。

13) 电气设备的外壳必须可靠地接地, 接地线要符合国家标准。

14) 对临时安装的电气设备, 必须将金属外壳接地, 严禁将电动工具的外壳接地线和工作零线拧在一起接入插座。必须使用两线接地的三孔插座, 或者将外壳单独接在接地保护干线上, 以防止接触不良而引起外壳带电, 用橡胶软电缆线给移动设备供电时, 专供保护接零的芯线中不允许有工作电流通过。

15) 安装白炽灯的灯头开关时, 开关务必控制相线, 灯头(座)的螺纹端必须接在工作零线上。

16) 使用梯子时, 梯子与地面间的夹角为 $60^\circ$ 左右, 在水泥地面使用梯子时, 要有防滑措施。使用人字梯时拉绳必须牢固, 使用没有搭钩的梯子时, 在工作中要有人扶稳。

17) 动力配电盘、配电箱(柜)、开关及变压器等各电气设备附近, 不准堆放各种易燃、易爆、潮湿或其他影响操作的物品。

18) 电气设备发生火灾时, 要立即设法切断电源, 并使用1211灭火器或 $\text{CO}_2$ 灭火器灭火, 严禁使用水性泡沫灭火器灭火。

19) 使用各类电动工具时, 人要站在绝缘垫上, 并戴绝缘手套操作。供电线路装漏电保护器或安全隔离变压器。

20) 使用喷灯时, 油量不得超过容器容积的 $3/4$ , 打气要适当, 不得使用漏油或漏气的喷灯, 不得在易燃、易爆品附近点燃喷灯。

## 2.2 触电急救技术

### 1. 触电时的急救处理

人体触电后, 由于痉挛或失去知觉等原因而本能抓紧带电体, 不能自行摆脱电源, 使触电者成为一个带电体。触电事故瞬间发生, 情况危急, 必须实行紧急救护。统计资料表明, 触电急救心脏复苏成功率与开始急救的时间有关, 二者关系见表2-2。因此, 发现有人触电, 务必争分夺秒地进行紧急抢救。



表 2-2 触电急救心脏复苏成功率与开始急救的时间表

施救开始时间/min	<1	1~2	2~4	6	>6
心脏复苏成功率(%)	60~90	45	27	10~20	<10

急救处理的基本原则如下:

1) 发现有人触电, 尽快断开与触电人接触的导体, 使触电人脱离电源, 这是减轻电伤害和实施救护的关键和首要工作。

2) 当触电者脱离电源后, 应根据其临床表现, 实行人工呼吸或胸腔处施行心脏按压法急救, 按动作要领操作, 以获得救治效果。同时迅速拨打 120, 联系专业医护人员来现场抢救。

3) 抢救生命垂危者, 一定要在现场或附近就地进行, 切忌长途护送到医院, 以免延误抢救时间。

4) 紧急抢救要有信心和耐心, 不要因一时抢救无效而轻易放弃抢救。

5) 抢救人员在救护触电者时, 必须注意自身和周围的安全, 当触电者尚未脱离触电源, 救护者也未采取必要的安全措施前, 严禁直接接触触电者。

6) 当触电者所处位置较高时, 应采取相应措施, 以防触电者脱离电源时从高处落下摔伤。

7) 当触电事故发生在夜间时, 应该考虑好临时照明, 以方便切断电源时保持临时照明, 便于救护。

## 2. 触电者脱离低压电源的方法

1) 切断电源: 若电源开关或插座就在触电者附近, 救护人员应尽快拉下开关或拔掉插头。

2) 割断电源线: 若电源线为明线, 且电源开关或插座距离触电者较远时, 则可用带绝缘柄的电工钳剪断电线或用带有干燥木柄的斧头, 锄头等利器砍断电线。注意割断的电线位置, 不能造成其他人触电。

3) 挑、拉开电源线: 如电线断落在触电者身上, 且电源开关又远离触电地点, 救护人员可用干燥的木棒、竹竿等将掉下的电源线挑开。

4) 拉开触电者: 发生触电时, 若身边没有上述工具, 救护者可用干燥衣服、帽子、围巾等把手包扎好, 或戴上绝缘手套, 去拉触电者干燥的衣服, 使其脱离电源。若附近有干燥的木板或木板凳等, 救护人员可将其垫在脚下, 去拉触电者则更加安全。注意救护时只用一只手拉, 切勿触及触电者的身躯或金属物体。

5) 设法使触电者与大地隔离: 若触电者紧握电源线, 救护者身边又无合适的工具, 则可以用干燥的木板塞至触电者身体下方, 使其与大地隔离, 然后再设法将电源线断开。在救护过程中, 救护者应尽可能站在干燥的木板上进行操作。

## 3. 使触电者脱离高压电源的方法

1) 当发现有人在高压带电设备上触电时, 救护人员应戴上绝缘手套, 穿上绝缘靴, 拉开电源开关, 或用相应电压等级的绝缘工具拉开跌落式高压熔断器, 以切断电源。在操作过程中, 救护人员必须保持自身与周围带电体的安全距离。