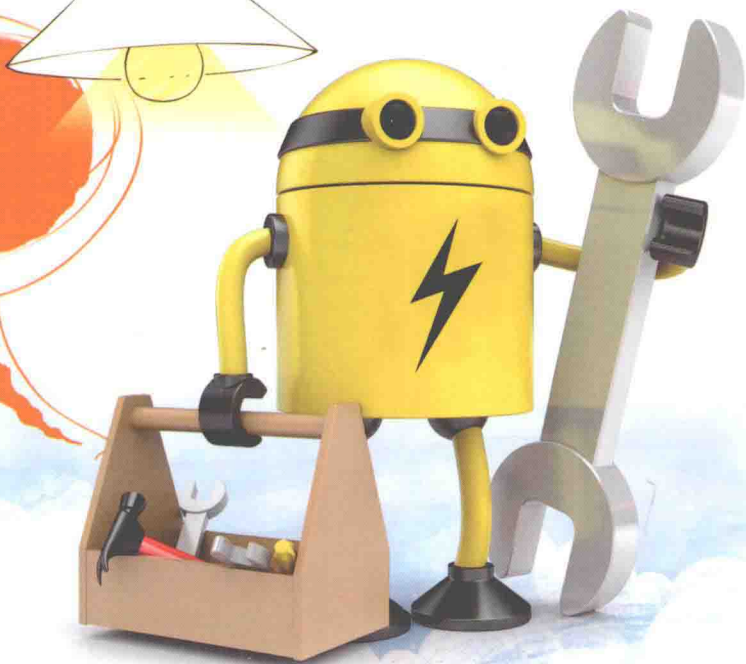


电工技能
快速入门系列



电工技术 一点通

◎杨成伟 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电工技能快速入门系列

电工技术一点通

杨成伟 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以图谱解说的形式,讲述电工基础知识、电路中的电子元器件、电学基础知识、集总电路分析基础、半导体电路基础、电气原理图及阅读方法、电工技能的操作基础、焊接工艺、电工安全技术与安全用电常识,根据不同环境的用电特点进行分类说明,以满足不同等级电工及电工初学者的需要。

本书的主要特点是图文并茂,直观简捷,一点就通,非常适合电工及电工初学者阅读。

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

电工技术一点通 / 杨成伟编著. —北京:电子工业出版社, 2014. 5

(电工技能快速入门系列)

ISBN 978-7-121-22588-8

I. ①电… II. ①杨… III. ①电工技术 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 040479 号

责任编辑:富 军

印 刷:北京京师印务有限公司

装 订:北京京师印务有限公司

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:17 字数:452 千字

印 次:2014 年 5 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:39.80 元

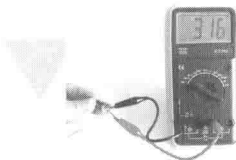
凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

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。

服务热线:(010) 88258888。

前言

FOREWORD



随着电气化时代的突飞猛进，人们的日常生活和工作已越来越离不开电工技术。电工技术正在以一种普通技能被越来越多的人所掌握。

由于安全问题，因此电工人员需要了解和掌握一些电工基础知识和操作技能，需要学习一些必要的电学知识，如什么是电、电是怎样形成的、电都有哪些用途和危害、如何测量电能及安全作业等。为了帮助电工初学者及爱好者能够安全应用电工技术，本书将结合一些实物图片和电路原理图进行介绍。

所谓电工技术，主要是指能够完成电气设备安装及维修的一种技术。电工则表示为一个工种，泛指从事电力生产、电气设备制造及电气（器）安装和维修等人员。

本书主要包括电工基础知识、电路中的电子元器件、电学基础知识、集总电路分析基础、半导体电路基础、电气原理图及阅读方法、电工技能的操作基础、焊接工艺、电工安全技术与安全用电常识等。

本书的主要特点是图文并茂，直观简捷，一点就通，并根据不同环境的用电特点进行分类说明，以满足不同等级电工及电工初学者的需要。

参加本书编写的还有滕素贤、杨雅丽、杨长武、韩晓明、滕艳玲、李晓丹、杨丽娟、滕艳丽、王庆喜、杨丽华、聂新、李爽、滕绍毅、李洋、胡仲衡等。

由于作者水平有限，错误之处在所难免，还望读者批评指正。

编著者

CONTENTS

目录



第1章 电工基础知识	1
一、电的基本概念	1
1. 电	2
2. 电压	5
3. 电流	9
4. 电阻	13
5. 电容	17
二、电路的组成与分类	18
1. 什么是电路	19
2. 电路的功能作用是什么	19
3. 电路图及电路图中的常见符号	19
4. 电路的组成	23
5. 电路的种类及特点	23
第2章 电路中的电子元器件	25
一、二极管	25
1. 二极管的结构	26
2. 二极管的基本特性	28
3. 二极管的种类有哪些	30
4. 二极管在电路中的功能作用如何	34
二、三极管	39
1. 什么是三极管	39
2. 三极管的基本特性	41
3. 三极管的种类	47
4. 三极管在电路中的功能作用	48
三、集成电路	49
1. 什么是集成电路	49
2. 集成电路的种类及特点	50
3. 在电工领域主要有哪些集成电路	50
四、电阻器	54
1. 什么是电阻器	55
2. 电阻器与电阻概念的区别	55
3. 电阻器的基本特性	55
4. 电阻器的种类	55
5. 电阻器的电阻值	56

五、电容器	57
1. 什么是电容器	57
2. 电容器与电容概念的区别	57
3. 电容器的基本特性	58
4. 电容器的种类	58
5. 电容器的电容值	58
六、电感器	59
1. 什么是电感器	59
2. 电感器与电感概念的区别	59
3. 电感器的基本特性	59
4. 电感器的种类	59
5. 电感器的电感量	60
七、振荡器	60
1. 什么是振荡器	60
2. 振荡器的基本特性	60
3. 振荡器的种类	61
第3章 电学基础知识	62
一、静电现象	62
1. 电量及库仑定律	62
2. 导体上电荷的分布与静电感应	62
3. 电场及电场强度	64
4. 电势及导体的电势	66
二、直流电	66
1. 电流与电路	67
2. 电阻与欧姆定律	68
3. 电流的功、功率及焦耳——楞次定律	70
4. 电源及电动势	71
三、磁场和电磁感应	72
1. 磁现象和磁场	72
2. 磁感应和电磁铁	74
3. 感生电流的获得及感生电流的方向	74
4. 感生电动势及自感现象	76
四、交流电	77
1. 交流电的产生及交流发电机	77
2. 三相交流电和交流电动机	79
3. 直流发电机和直流电动机	82
4. 变压器与远距离送电	82
第4章 集总电路分析基础	84
一、电阻电路的分析	84
1. 电阻电路分析基础	84
2. 等效电路概念的运用	89
3. 电压与电流的变量分析	91
4. 大规模电路分析法	95
二、动态电路分析	98
1. 动态元件的基本作用	98

2. LC 电路中的正弦振荡	100
3. 交流动态电路	100
三、正弦稳态分析	102
1. 阻抗和导纳	102
2. 正弦稳态功率和三相电路	104
第 5 章 半导体电路基础	110
一、半导体放大电路	110
1. 低频小信号放大电路	110
2. 负反馈放大电路	113
3. 低频功率放大电路	116
4. 直流放大电路	119
二、半导体整流电路	121
1. 整流和滤波电路	122
2. 半导体直流稳压电路	128
三、自激正弦振荡电路	132
1. LC 振荡器	132
2. RC 振荡器	132
3. 石英晶体振荡器	133
第 6 章 电气原理图及阅读方法	136
一、什么是电气原理图	136
1. 电气原理图的种类	136
2. 电气原理图中的常用符号	142
3. 怎样才能读懂电气原理图	170
二、如何识别电路原理图	171
1. 电源电路的识别与分析	171
2. 控制电路的识别与分析	172
3. 逻辑电路的识别与分析	173
第 7 章 电工技能的操作基础	177
一、电工仪表和常用电工工具	177
1. 常用电工仪表和测试工具	177
2. 常用电工工具	195
3. 常用电工材料	199
二、室内安全用电技术	205
1. 如何进行室内安全供电	205
2. 如何安全使用室内用电设备	207
第 8 章 焊接工艺	212
一、金属的一般知识	212
1. 金属的结构及机械性能	212
2. 液体金属的结晶过程	213
3. 金属在受力时结构和性能的变化	213
二、电焊条	214
1. 电焊条的种类和选择	214
2. 电焊条的组成材料及功能作用	215

3. 电焊条的保管及变质处理	216
三、手工电弧焊的设备及工具	217
1. 电焊机	217
2. 在手工电弧焊过程中对电焊机的要求	218
3. 交流手弧焊变压器	218
4. 直流手弧焊发电机	219
5. 手弧焊整流器	221
6. 手弧焊工具	229
四、手工电弧焊工艺及操作技术	230
1. 焊接接头及坡口形式	230
2. 碳钢的焊接技术	230
五、气焊的操作技能	233
1. 气焊的设备及工具	233
2. 气焊火焰	236
3. 气焊的工艺	240
4. 气割工艺与操作技术	243
第9章 电工安全技术与安全用电常识	245
一、用电输入线路和设施的安全使用及维护	245
1. 用电输入线路的安全检修与维护	245
2. 配电设备的安全使用及维护	246
二、手工焊接与气焊气割的安全技术	247
1. 手工电弧焊的安全技术	247
2. 气焊与气割的安全技术	248
三、安全用电常识	251
1. 用电安全基本知识	251
2. 安全注意事项	252
3. 触电急救措施及抢救方法	254
附录 A 中华人民共和国工人技术等级标准	255
电工	255
初级电工	255
中级电工	257
高级电工	258
附录 B 中华人民共和国电焊工技术等级标准	260
初级电焊工	260
一、应知	260
二、应会	261
中级电焊工	261
一、应知	261
二、应会	262
高级电焊工	262
一、应知	262
二、应会	262

Chapter 1

第1章

电工基础知识

现今社会,电工在生产和人们的日常生活中,就像衣食父母一样,谁都离不开。



一、电的基本概念

在人们的日常生活和生产活动中,电总是人们最熟悉的一种能源。一提到电,人们就会联想到电灯、电冰箱、电视机、计算机、电动机、电梯和电动车等。一旦没电,则所有的用

电设备就都处于停止状态。

1. 电

电是人们经历了许多自然现象后才被逐渐认识的。1775年6月，意大利科学家伏打发明电池以前，人们只知道打雷等自然现象会产生电，如何产生的不清楚。1785年，法国物理学家库仑经过大量的研究和实验，推测出两个静止点电荷之间相互作用的定量规律（库仑定律）之后，人们才逐渐认识到，电是由于物体失去电子而产生的。绝大多数物质因所带正、负电荷量相等而呈中性，因此，很难发现什么是电。

(1) 什么是电? 电是怎么形成的?

电是一种看不到而又真实存在的一种特殊特质，是由受到摩擦等外力作用下的原子通过原子核及核外价电子表现出来的，如图 1-1 所示。

一切物体都是由分子组成的，分子又是由原子组成的。原子核的电子按照各自的轨道绕原子核做匀速圆周运动。原子核对电子的吸引力则是维持这种运动的向心力。在正常情况下，原子所带正、负电荷的电量是相等的，对外不显带电现象。因此，正常原子是中性的，即不带电。但在自然界中，当两个物体互相摩擦时，一个物体因部分原子失去电子而带正电，另一个物体因得到多余电子而带负电，摩擦起电时，两个物体总是同时带有异种等量电荷。

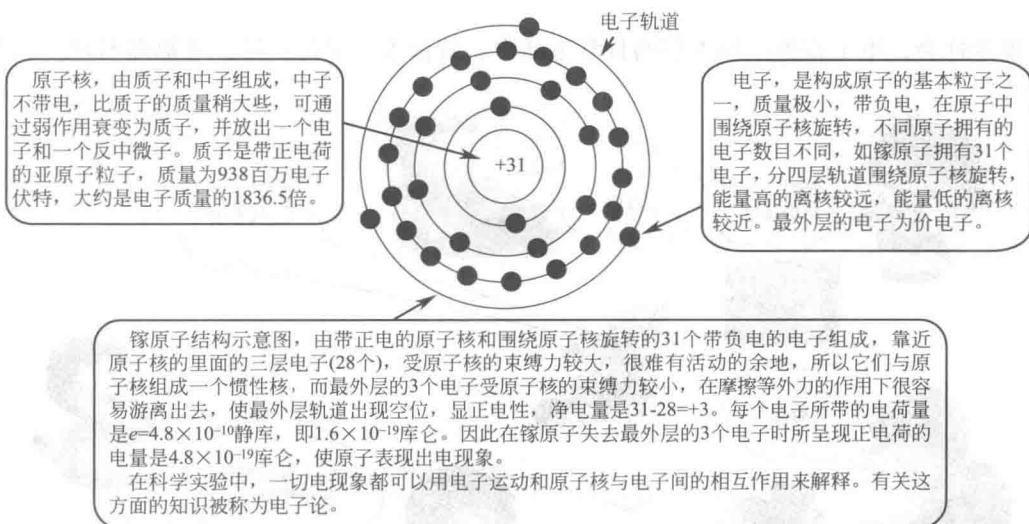
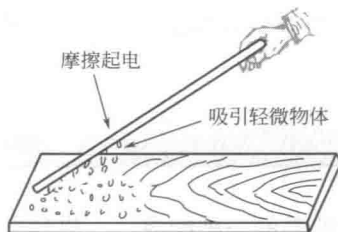


图 1-1 镓原子 (Ga) 结构示意图及电现象的产生

在自然科学中,电是一种自然现象,有静电和强电之别,具有不同的能量,并有不同的产生方法。如摩擦可产生静电,如图 1-2 所示。静电人体感觉不到。如风雨云可产生雷电,其能量非常强大,对地放电时,可击烧树木,释放巨大能量,如图 1-3 所示。若雷电通过人体放电时,会将人体烧焦。因此人体一旦触摸到强电时,不仅有电击感觉,还会有生命危险。



在公元前6世纪，古希腊人发现琥珀与毛织物摩擦后能吸引轻微物体。我国东汉时代的学者充在他所著的《论衡》一书中，也有“顿牟掇芥”的记载，其中“顿牟”就是琥珀，“掇芥”就是吸引轻微物体的意思。1600年，英国物理学家吉伯又发现玻璃、胶木等许多物体与丝绸、呢绒摩擦后，均会吸引轻微物体。这种吸引轻微物体的现象，就叫带电现象。

图 1-2 摩擦起电示意图

在暴风雨的云层中,强烈的气流搅动水滴,气流与水的摩擦使云层带电,正电荷聚集在云层的上方,负电荷聚集在云层的下方,并吸引地面的正电荷。随着云层的滚动,气流与水的摩擦不断进行,正、负电荷也就越来越多。

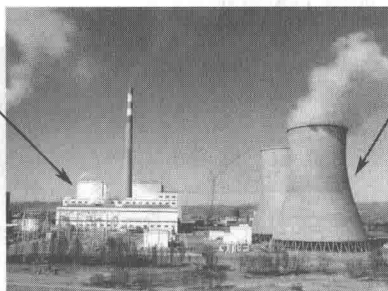


当云层中所聚集的正、负电荷量足够大时,就会因正、负电荷量的不平衡而发生云层之间或云层与地面之间激烈的放电现象,形成强烈的火花,即闪电。在闪电出现时,闪道中的高温会使周围的水滴汽化,空气体积迅速膨胀,产生强烈爆炸,即雷声。

图 1-3 电闪雷鸣解释图

随着人类的不断研究与发明创造,已将电能驯服成服务于人类的忠仆,成为当今人类社会中的一种重要能源,如火力发电厂、水利发电站、风能发电设备、核能发电厂等正在为人们提供源源不断的电能,如图 1-4、图 1-5、图 1-6、图 1-7 所示。

火力发电厂是利用煤、石油、天然气等固体、液体或气体燃料燃烧所产生的热能蒸汽推动汽轮机,再带动发电机组产生电能的发电厂。它的核心设施是汽轮机组。



火力发电厂按发电装机容量有:
①小于100MW的小容量发电厂;
②100~250MW的中容量发电厂;
③250~600MW的大中容量发电厂;
④600~1000MW大容量和1000MW以上的特大容量发电厂。

图 1-4 火力发电厂

水力发电是利用水力(具有水头)推动水力机械(水轮机)转动,将水的势能转变为机械能,再通过发电机组获得电能。因此,将水的势能转换为电能的综合设施就被称为水电厂或水电站。它的核心设施是水轮机组。



水电站依水源不同,常有3种类型:
①利用天然河流湖泊等水源的常规水电站。
②利用电网中负荷低谷时多余的电力,将低处水库的水抽到高处水库的抽水蓄能电站。
③利用海潮涨落的海潮发电站。

图 1-5 水力发电站

风力发电是利用风力带动风车叶片旋转,再通过增速机将旋转速度提升促使发电机发电。其电力输出常为500~1500kW。



风力发电利用的是自然能源,可长期利用,但应急使用时不如柴油发电机,因此风力发电可视为备用电源,每秒3米的微风速度即可开始发电。

图 1-6 风能发电设备

核能发电厂是利用核反应堆所产生的热能来发电的动力设施，与火力发电厂一样都是用蒸汽推动汽轮机旋转带动发电机发电。核电厂依靠核燃料的核裂变反应释放核能制造蒸汽。



能够产生核裂变反应的设备叫做反应堆。用于发电的反应堆有压水堆、重水堆、沸水堆、高温气冷堆、钠冷快堆等。目前世界上使用最多的是压水堆，所用裂变材料主要是铀235、钚239、铀233等。

图 1-7 核能发电厂

(2) 电都有哪些用途？

电，对人类已是最重要的东西，少了它，世界将是一片黑暗。电，在现今人们的生活中已不仅起到照明及为家用电器供电的作用，还广泛用于工业、农业、交通运输业、医疗、教学、商业及军事科学等诸多领域，如图 1-8 所示。



图 1-8 电的部分应用范围指示图

总之,电的用途十分广泛,几乎是无所不有,无所不用。

(3) 电有危险吗? 又怎样注意安全?

电在自然界或导体中流动时,人的肉眼是看不见的,只有在正、负电荷间发生放电时,人的肉眼才会看到火花,如雷电中的闪道、电线接触不良时的打火现象。在雷电的闪道和电线的打火处都有物体被不同程度的烧蚀现象,严重的还会发生火灾或危及生命。因此,电是有危险的,如图 1-9 和图 1-10 所示。



图 1-9 自然雷击引发的楼房火灾



图 1-10 触电烧伤及触电死亡事故

电有危险,怎样注意安全呢?

①在雷雨天不要站在树下、电杆下及高坡处,手中也不要拿铁杆等尖头金属物,避免引入落雷。较高的建筑物应做好防雷设施。

②在检修电网线路时,不要站在地面上,防止电流通过人体到地构成回路,站在木凳上面时,两只手不要同时触摸两根电线,防止电流通过胸部构成回路,造成触电事故,如图 1-11 所示。人体通过 100mA 电流的时间达到 1s 就可以致命。

2. 电压

在电工领域,一提到电,人们就会想到电压。高电压,如雷电会击穿物体;高压电网线路,如 3300V 以上高压输电线路周围所产生的高压电场会击穿人体,夺去人的生命;220V 市网交流电压电击人体时,会烧伤人体的皮肤。那么电压是怎么形成的,电压又有哪些规定及测量方法呢?

(1) 什么是电压? 电压有哪些规定?

电压是衡量电场做功大小的一个物理量,也称为电势差或电位差。其大小等于单位正电荷因电场力的作用从 a 点移到 b 点所做的功,如图 1-12 所示。电场力将电荷从电场中的 a 点移到 b 点所做的功与电荷移动的路径无关。

在国际单位制中,电场力做功的单位为焦耳,简称焦,符号为 J;电荷量的单位为库仑,简称库,符号为 C。因此,电压的实用单位是焦耳/库仑,但为纪念在电学上做出杰出贡献的意大利物理学家亚历山德罗·伏特,规定以他的姓氏伏特命名为电压的单位,如图 1-13 所示。

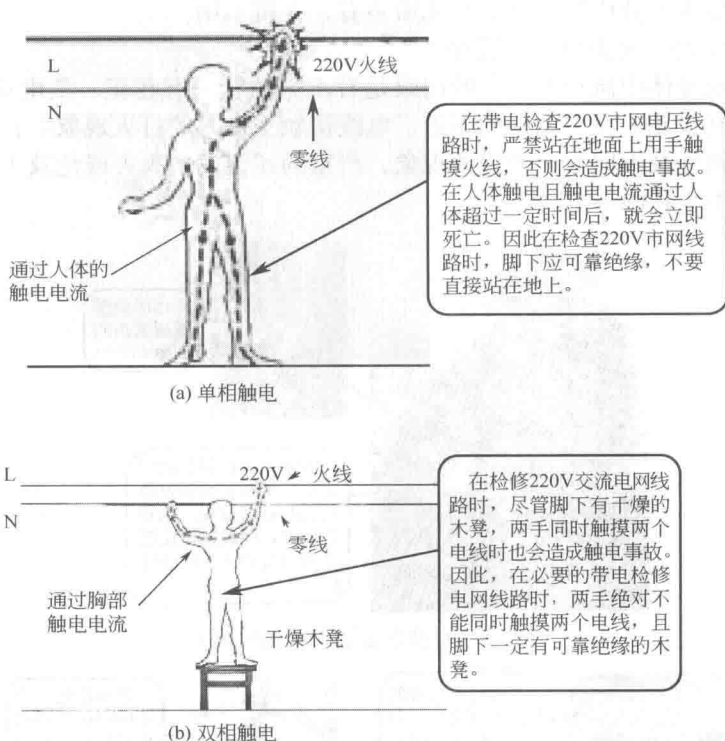


图 1-11 人体触电电流示意图

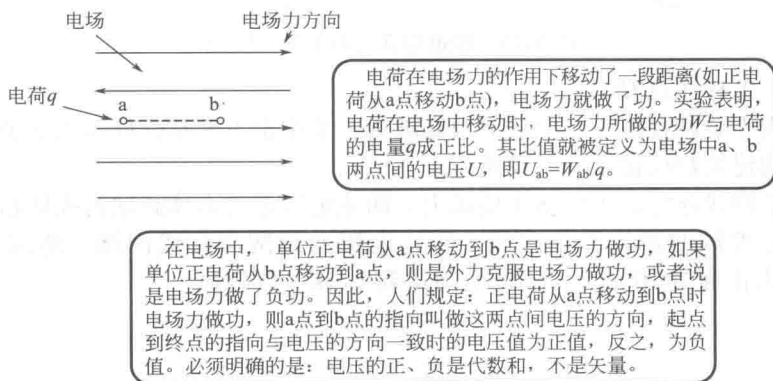


图 1-12 电压形成示意图

在国际单位制中，电压单位的关系为：

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 1000 \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 伏(V)} = 1000 \text{ 毫伏(mV)}$$

$$1 \text{ 毫伏(mV)} = 1000 \text{ 微伏(}\mu\text{V)}$$

(2) 怎样测量电压

在日常生活和生产活动中，我们常使用到的电压主要是220V和380V交流电压。其中，380V电压对人体更具危险性，因此，测量时就更需注意安全，要采用安全的测量方法。检测时，首先用试电笔探测一下，确认哪根线是火线，如图1-14所示。

①220V市网交流电压的检测方法。居民用电均是220V交流电压，测量时可选用普通的MF47型万用表。测量前，将挡位拨在250V交流挡，如图1-15所示。阅读测量数值时看两

条刻度线,如图1-16所示。220V市网交流电压的检测方法如图1-17所示。测量时,脚下应踩一块木板或站在干木凳上,以确保人身安全。

亚历山德罗·伏特(1745年2月18日—1827年3月5日)是意大利物理学家,因在1800年发明伏打电堆而著名。电堆是由浸在酸溶液中的锌板、铜板和布片重复多层构成的,可产生连续的电流。其强度的数量级比静电起电所得到的电流大。因此引发了一场真正的科学革命。

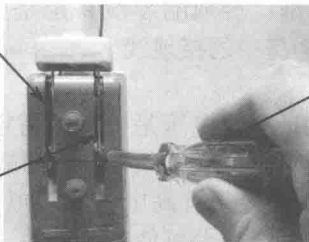


1827年3月5日,亚历山德罗·伏特去世,终年82岁。为了纪念他,人们将电动势的单位取名为伏特,并用符号“V”表示。因此,电压的国际单位制为伏特(V),常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V)等。但需要指出的是,“电压”一词用于电路中,而电势差和电位差用于一切电现象中。

图1-13 亚历山德罗·伏特与电压单位的命名

零线。在工程上,一般规定为左零右火,用试电笔探测时,试电笔不亮。

火线。在工程上称为相线,在220V输电线路中称为单相线,在日常生活中又称其为火线。

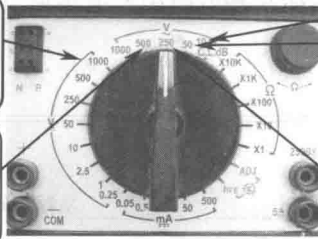


在用试电笔探测火线时,若试电笔中的氖管亮起,则说明火线有电;若试电笔中的氖管不亮,则说明火线无电,这时应检查火线输入端是否开路。

图1-14 用试电笔检测火线

1000V交流电压挡,适用于检测小电流高压脉冲电路,绝不能用于检测高压电网。

500V交流电压挡,可用于检测220V市网交流电压。但不能检测380V以上的市网电压。



50V/10V交流电压挡,适用于检测24V以下电源变压器次级绕组电压。10V挡为多功能复用挡。

250V交流电压挡,可用于检测220V市网电压,为安全起见,测量220V电压时,最好选用500V挡位。

图1-15 250V交流挡位指示图

表盘从上面数第二条刻度线用于交流电压测量值指示,共分10个大格。在交流挡位于1000V挡时,1个大格指示1000V,满度时,表示1000V。在交流挡位于500V挡时,1个小格为10V,1个大格为50V,满度为500V。



在交流挡位于250V挡位时,1个小格指示为5V,1个大格指示为25V,满度为250V;在交流挡位于50V挡位时,每1小格指示为1V,每一大格指示为5V,满度为50V;在交流挡位于10V挡时,每一小格为0.2V,每一大格指示为1V。

图1-16 交流电压刻度线指示图

②380V市网电压的检测方法。380V市网电压通常是指相线与相线之间的电压。野外高压输电线路输送的高压,经变压器变压后,一般是输出三相交流电压,每一相电压相对变压



图 1-17 220V 市网交流电压的检测方法

器的接地端（220V 线路中的零线）为 220V，而相与相之间的电压为 380V。380V 电压一般用于工业供电，如 10kW 电动机等就需要 380V 供电（三相交流电压。）在居民楼房供电中，进入单元的电压通常也为三相电压，再将每一单相分配给用户，使变压器的三相输出平衡。因此，在用万用表的交流电压挡检测 380V 的三相电压时，应在选用 500V 挡位后逐一检测每一相的对地（零线）电压，只要每一相对地（零线）电压均为 220V，则 380V 电压正常，如图 1-18 所示。这里必须注意的是：接地的零线一定是变压器台上的变压器接地线，即 220V 输电线路中的零线，绝不是楼房中的接地线。

（3）电压在电路中的作用

经电学实验和大量的生产活动证明，电压是推动电荷定向移动形成电流的原因。因此，要使某一电路中有持续不断的电流通过，就必须在它的两端保持一定的电压。也就是说，要使导线中的电流能够流动，电路中就必须有高电势和低电势的差别，即电势差。再换句话说，就是在电路中，任意两点之间的电位差可使电流流动。那么怎样才能使电路中产生和保持电压呢？

只要在电路两端施加一种电源，如干电池、蓄电池、发电机等就能够为电路提供电能，使电路两端保持一定的电压，进而使负载电路中有电流通过，见图 1-18。

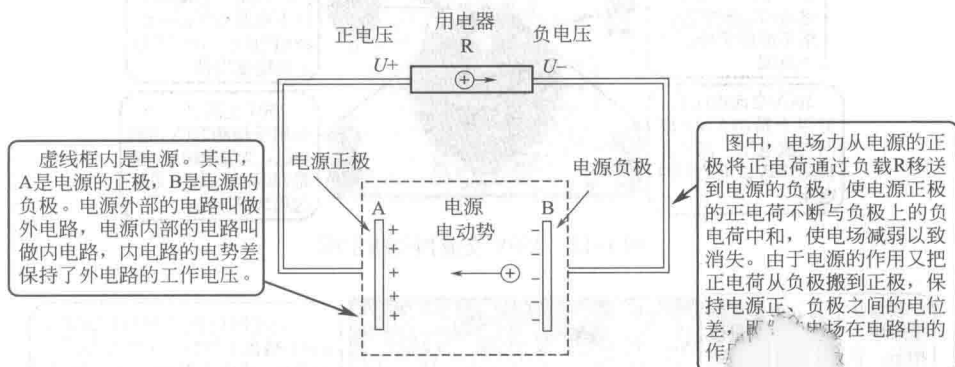


图 1-18 供电电路示意图

必须明确指出，在有供电源的闭合电路中，电动势与电压是两个意义不同的物理量，尽管它们的单位均为 V。其中，电动势是表示电源把其他能量转换为电能本领的物理量，如化学能（来自干电池）、电磁能（来自发电机）被转换为电能；电压则表示在电路中电场力做功本领的物理量。电动势仅存在于电源内部，而电压则不仅存在于电源内部，也存在于电源的外部，其概念与水位高低所造成的“水压”相似，上下水位的高度差越大，水压越高。同理，电位差越大，电压也就越高。

在实践中，电动势的大小和方向不随时间变化的电源被称为直流电源。直流电源的符号

如图 1-19 所示。其中，“+”号表示电源的高电位端；“-”号表示电源的低电位端；“→”表示电动势 E 的方向是由低电位指向高电位，与电压的表示方向相反。在实际应用中，单个电源的电动势和额定电流有时不能满足电路的工作需要，因此还常采用串联或并联或混联的方法将多个单个电源连接起来，以满足电压在电路中的作用，如图 1-20 所示。

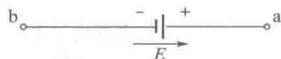


图 1-19 直流电源的符号

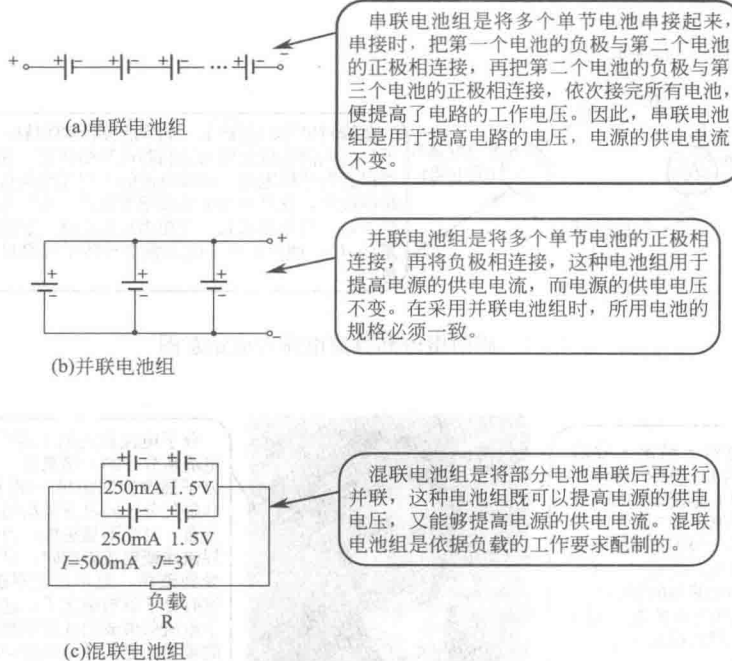


图 1-20 电源连接示意图

3. 电流

电流通过人体时，会夺去人的生命。那么电流是怎么形成的，电流又有哪些规定及测量方法呢？

(1) 什么是电流？电流有哪些规定？

在自然界中，物体中的电子、质子都是不断运动着的，在电场力的作用下，它们会形成大量的带电粒子并沿着一定方向做迁移运动，这种运动就形成了电流。

① 电流的产生条件。经电学研究和大量的科学实验表明，要想产生电流，就必须同时具备两个条件：第一，要有可移动的电荷；第二，要有能使电荷做定向移动的电场。电流有瞬时电流和直流电流，如图 1-21 所示。

② 电流强度和方向。在电学中，电流一般是指群电荷的流动，而群电荷的流量就被称为电流强度。电流强度等于流过导体中任一横截面的电量和所用的时间之比。其数学表达式为

$$I = \frac{Q}{t}$$

式中， I 代表电流强度， Q 为电荷量， t 为电量 Q 流过导体中某一横截面的时间。

电流强度的实用单位是库仑/秒。为了纪念在电学上的杰出贡献者——安德烈·玛丽·安培，便以他的姓氏安培命名为电流的单位，如图 1-22 所示。