

从 **零** 开始学电子技术丛书

# 从零开始学

## 低压电工技术

张伯虎 主编  
张伯龙 等编著

CONGLING KAISHIXUE DIYA DIANGONG JISHU



国防工业出版社

National Defense Industry Press

责任编辑：杨星豪 xhyang@ndip.cn  
文字编辑：秦 远  
责任校对：钱辉玲  
封面设计：王晓军 xjwang@ndip.cn

# 从零开始学电子技术丛书

从零开始学电路仿真Multisim和电路设计Protel技术

从零开始学CPLD和Verilog HDL编程

从零开始学电气控制与PLC技术

从零开始学电子元器件识别与检测技术

从零开始学电动机控制与维修技术

从零开始学单片机技术

从零开始学单片机C语言

从零开始学电子测量技术

从零开始学模拟电子技术

从零开始学数字电子技术

从零开始学电路基础

从零开始学计算机组装与维修技术

从零开始学网络组建与管理技术

从零开始学室内装修电脑设计技术

从零开始学电子日历·钟表维修技术

从零开始学制冷设备维修技术

从零开始学空调设备维修技术

**从零开始学低压电工技术**



从零开始学高压电工技术

从零开始学维修电工技术

从零开始学弱电电工技术

从零开始学电梯维修技术

从零开始学电气焊技术

上架建议：电工·电子

<http://www.ndip.cn>

ISBN 978-7-118-06315-8



9 787118 063158 >

定价：25.00 元

从零开始学电子技术丛书

# 从零开始学低压电工技术

张伯虎 主编  
张伯龙 等编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书是为满足广大有志于进入低压电工工作岗位的人员、电工初学者和再就业人员的需要而编写的。目的是使上述人员在短时间内尽快掌握低压电工的理论知识与实践技能。本书主要内容包括:电工人员必须掌握的电工入门基础知识;室内外配电线路敷设及安装技术;变压器、低压配电装置和低压电器设备;电动机及其典型电路;常用机床电器控制线路;低压电器防火防爆及防雷防静电、安全用电技术,弱电工程技术;安全法律法规及特种作业人员的职业道德等内容。

本书适合于电工初学者及其他电工从业人员阅读。同时,本丛书也可作为大专、中专、职业院校及各种短期培训班和再就业工程、知识更新工程培训的教材或教学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

从零开始学低压电工技术/张伯龙等编著. —北京:国防工业出版社,2009.8

(从零开始学电子技术丛书/张伯虎主编)

ISBN 978-7-118-06315-8

I. 从... II. 张... III. 低电压-电工技术 IV. TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第063532号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

鑫马印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 14¼ 字数 341千字

2009年8月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价25.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764



## 丛 书 前 言

我们所处的时代是一个知识爆炸的新时代。新产品、新技术层出不穷,电子技术的发展更是日新月异。可以毫不夸张地说,电子技术的应用无处不在,电子技术正在不断地改变着我们的生活,改变着我们的世界。

读者朋友:当你为妙趣横生的电子世界发生兴趣时;当你彷徨于就业的关口,想成为电子产业中的一名员工时;当你跃跃欲试,想成为一名工厂的技术革新能手时;当你面对“无所不能”的“单片机”,梦想成为一名自动化高手时;当你的头脑里冒出那么多的奇思妙想,急于把它们应用于或转化为产品时……都是那么急切地想补充自己有关电子技术方面的知识,这时,你首先想到的是找一套适合自己学习的电子技术图书阅读。这套《从零开始学电子技术丛书》正是为了满足广大读者特别是电子爱好者的实际需要和零起点入门的阅读要求而编著的。

本丛书的读者定位是:零起点入门的电子爱好者、广大打工族、待业人员、家电维修人员、电工电子技术人员和非电工电子专业的工程技术人员。主要满足他们在职学习、自学成才之用。同时,本丛书也可作为大专、中专、中技、职业院校以及各种短期培训班和再就业工程、知识更新工程培训的教材或教学参考书。

与其他电子技术类图书相比,本丛书具有以下特点:

一、内容全面,体系完备。本丛书给出了广大电工、电子爱好者学习电工、电子技术的全方位解决方案,既有初学者必须掌握的电路基础、模拟电路和数字电路等基础理论,又有电子元器件检测、电子测量仪器的使用、电路仿真与设计等操作性较强的内容,还有电气控制与 PLC、单片机、CPLD 等综合应用方面的知识。在首批出版 11 个分册的基础上,本丛书的第二批又推出了高压电工、低压电工、维修电工、弱电电工、电气焊、空调、制冷、电梯、电子日历与钟表、计算机组装、室内装修电脑设计、网络管理等 12 个分册,因此,本丛书堪称内容翔实,覆盖面广。

二、通俗易懂、重点突出。传统的电子技术图书和教材在介绍电路基础与模拟电子技术等内容时,大都借助高等数学这一工具进行分析,这就给电子爱好者自学电子技术设置了一道门槛,使大多数电子爱好者失去了学习的热情和兴趣。本丛书在编写时,完全考虑到了初学者的需要,不涉及高等数学方面的公式,尽可能地把复杂的理论通俗化和实用化,将烦琐的公式简易化,再辅以简明的分析及典型的实例,从而形成了本丛书通俗易懂的特点。为了满足不同层次读者的需求,本丛书对难点和扩展知识用“\*”进行了标注,初学者可跳过此内容。

三、实例典型,实践性强。本丛书最大程度地强调了实践性,书中给出的例子大都经过了验证,可以实现,并且具有代表性;本丛书的一部分分册配有光盘,光盘中收录了书中的实例、

常用软件、实验程序和大量珍贵资料,以方便读者学习和使用。另外,读者如果在阅读过程中遇到问题需要帮助,请直接通过 Email: zyh - zzh@ 163. com 与作者联系,我们将尽力为您解决问题。

四、内容新颖,风格活泼。本丛书所介绍的都是电子爱好者最为关心并且在业界获得普遍认同的内容,本丛书的每一分册都各有侧重,又互相补充,论述时疏密结合,重点突出。对于重点、难点和容易混淆的知识,书中还特别进行了标注和提示。

五、把握新知,结合实际。电子技术发展日新月异,为适应时代的发展,本丛书还对电子技术的新知识做了详细的介绍;本丛书中涉及的应用实例都是编著者开发经验的提炼和总结,相信一定会给读者带来很大的帮助。在讲述电路基础、模拟和数字电子技术时,还专门安排了计算机辅助软件的仿真实验,实验过程非常接近实际操作的效果,使电子技术的学习变得更为直观,使学习变得更加生动有趣,这可以加深读者对电路理论知识的认识。

总之,对于需要学习电子技术的电子爱好者而言,选择《从零开始学电子技术丛书》不失为一个好的选择。本丛书一定能给你耳目一新的感觉,当你认真阅读之后将会发现,无论是你所读的书,还是读完书的你,都有所不同。

感谢本丛书的策划者——电子科普领域中的知名专家、中国电子学会高级会员刘午平先生与科技出版界资深编审杨星豪先生,他们与我们共同交流,共同探讨,达成了共识,确立了写作方向,并为本丛书的选题、编写、修改和出版做了大量卓有成效的工作,他们以丰富的专业知识和认真、敬业的态度为我们所敬佩;感谢山东持恒开关厂总经理陈培军先生和山东金曼克电气集团设计处总工程师高广海先生,他们对本丛书的编写提出了很多建设性的意见和建议,为本丛书的许多实验提供了强有力的支持与帮助,并参与了部分图书的编写工作;感谢网络,本丛书的许多新知识、新内容都是我们通过网络而获得的,我们在写作过程中遇到的许多疑难问题也大都通过网络得以顺利解决,对于这么多乐于助人、无私奉献的站主和作者们,无法在此一一列举,只能道一声“谢谢了!”感谢众多电子报刊、杂志和相关书籍的编辑和作者,他们为本丛书提供了许多有新意、有实用价值的参考文献,才使得这套丛书能够别出心裁、与时俱进;感谢国防工业出版社,能与国内一流的出版社合作,我们感到万分的荣幸;感谢博华图文社及其他对本丛书的出版付出过辛勤工作的人士,没有他们的热心与支持,本丛书不知何时才能与读者见面!

最后,祝愿本丛书的每一位读者在学习电子技术的过程中,扬起风帆,乘风破浪!

丛书编著者  
2009年3月于北京

# 前 言

近几年随着我国工农业生产的迅速发展,我国的工业开始由劳动密集型产业向技术密集型产业转化,各种电气设备随之大量增加,从而社会上对从事电工工作的人员需求越来越多。为满足广大社会青年及转岗、下岗人员学习电工这门专业技能的需求,我们编写了这本《从零开始学低压电工技术》,以方便大家尽快掌握低压电工这门技术。

本书内容丰富全面,涵盖了低压电工应掌握的基本内容。主要内容包括:电工人门基础知识;室内外配电路敷设及安装技术;变压器、低压配电装置和低压电器设备;电动机及其典型电路;常用机床电器控制线路;低压电器防火防爆及防雷防静电、安全用电技术;弱电工程技术;安全法律法规及特种作业人员的职业道德等知识。

本书采用大量的实际操作图,由浅入深地进行实例分析。同时本书还特别注重电工理论知识的阐述,能使读者学习技能的同时有进一步的提高,从而达到理论与实践的完美结合。另外本书语言通俗易懂,可使读者一看即懂,一学即会。

本书是一本适合广大低压电工人员阅读的书籍,它把低压电工应知应会的基础知识和基本操作技术,以及分散在大量专业书籍中的有关资料归纳起来,以帮助广大电工朋友学习使用更方便、更容易,从而用最少的时间获取最多的知识。

参加本书编写的工作人员有贾智勇、贾佳、方学文、李学勇等同志,本书在写作过程中,参考了大量的书刊和有关资料,并引用了相关资料。其中要特别感谢金代中、郑凤翼、杨洪升、王兰君、徐第、孙俊英、蒋新华等同志。在此成书之即也向其他有关书刊和资料作者一并表示衷心感谢。

本书适合于电工初学者及其他电工从业人员阅读。同时,本丛书也可作为大专、中专、职业院校及各种短期培训班和再就业工程培训的教材或教学参考书。

由于作者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,特请读者批评指正。

编 者  
2009年2月

# 目 录

第一章 电工入门	1
第一节 电工基础知识	1
一、 电荷的产生	1
二、 电压	2
三、 电流	2
四、 电阻	3
五、 电容和电容器	4
六、 电阻的串联与并联	6
七、 欧姆定律	7
八、 右手螺旋定则	7
九、 左手定则	8
十、 右手定则	9
十一、 交流电的工作原理	9
十二、 正弦波交流电的周期、频率和角频率	10
十三、 三相交流电的工作原理	11
十四、 三相四线制供电电路	12
十五、 星形接法	12
十六、 三角形接法	13
第二节 电工识图	14
一、 电气常用文字符号及图形符号	14
二、 电气制图的组成	20
三、 电气图的基本表示方法	21
四、 看电气图的基本要求和步骤	25
第三节 电工常用工具与测量仪器	27
一、 验电器	27
二、 螺丝刀(螺钉旋具)	28
三、 钢丝钳	28
四、 尖嘴钳	28



五、断线钳 .....	29
六、电工刀 .....	29
七、紧线器 .....	29
八、剥线钳 .....	30
九、梯子 .....	30
十、电工包和电工工具套 .....	31
十一、腰带、保险绳和腰绳 .....	31
十二、脚扣 .....	31
十三、电烙铁 .....	32
十四、万用表 .....	32
十五、钳形电流表 .....	39
十六、兆欧表 .....	39
<b>第四节 电工材料 .....</b>	<b>42</b>
一、常用导电材料 .....	42
二、电热材料 .....	43
三、保护材料 .....	43
四、常用绝缘材料 .....	43
五、常用磁性材料 .....	44
<b>第二章 室内外配电电路的敷设及安装 .....</b>	<b>45</b>
<b>第一节 室外配电电路的敷设 .....</b>	<b>45</b>
一、架空线的敷设 .....	45
二、架设室外电路的一般要求 .....	48
三、登杆 .....	49
<b>第二节 电缆电路的敷设 .....</b>	<b>50</b>
一、电力电缆分类及检查 .....	50
二、室内电路的敷设 .....	50
三、室外电路的敷设 .....	51
<b>第三节 室内电路与照明灯具安装 .....</b>	<b>52</b>
一、室内配线 .....	52
二、照明灯具安装 .....	65
三、照明电路故障的检修 .....	71
<b>第三章 变压器 .....</b>	<b>73</b>
<b>第一节 变压器的作用、种类和工作原理 .....</b>	<b>73</b>
一、变压器的用途和种类 .....	73

二、	变压器的的工作原理 .....	73
第二节	电力变压器的主要结构及铭牌 .....	75
一、	电力变压器的结构 .....	75
二、	电力变压器的型号与铭牌 .....	79
第三节	几种常用变压器 .....	81
一、	三相变压器 .....	81
二、	自耦变压器 .....	82
三、	多绕组变压器 .....	83
四、	电焊变压器 .....	83
五、	互感器 .....	84
第四章	低压配电装置和低压电器设备 .....	87
第一节	低压配电屏 .....	87
一、	低压配电屏的用途 .....	87
二、	低压配电屏的结构特点 .....	87
三、	低压配电屏安装及投入运行前的检查 .....	88
四、	低压配电屏巡视检查 .....	88
五、	低压配电装置运行维护 .....	89
六、	小型变电所的配电系统及配电电路连接方式 .....	89
第二节	常用低压电器 .....	90
一、	熔断器 .....	90
二、	空气开关 .....	92
三、	瓷底胶盖开关 .....	93
四、	铁壳开关 .....	94
五、	组合开关 .....	94
六、	交流接触器 .....	95
七、	热继电器 .....	96
八、	中间继电器 .....	98
九、	按钮 .....	99
十、	万能转换开关 .....	100
十一、	行程开关 .....	100
十二、	凸轮控制器 .....	101
第三节	低压电力网功率补偿——电容器 .....	103
一、	电力电容器补偿原理与计算 .....	103
二、	电力电容器的安装与接线 .....	105
三、	电容器安全运行 .....	106

第四节	电工计量仪表在配电屏及日常生活中的接线技术	107
一、	电度表的原理	107
二、	单相电度表的接线	108
三、	单相电度表与漏电保护器的安装	108
四、	三相四线制交流电度表的安装与接线	108
五、	三相三线制交流电度表的安装与接线	109
六、	间接式三相三线制交流电度表的安装及接线	109
七、	间接式三相四线制交流电度表的安装及接线	109
八、	配电屏上功率表、功率因数表的测量电路接线	111
<b>第五章</b>	<b>电动机</b>	<b>112</b>
第一节	三相异步电动机的构造与铭牌	112
一、	三相异步电动机的构造	112
二、	三相异步电动机的铭牌	114
第二节	三相异步电动机的工作原理	115
一、	旋转磁场的产生	115
二、	三相异步电动机工作原理	117
第三节	三相异步电动机的常见故障及排除方法	117
第四节	直流电动机结构、分类及工作原理	119
一、	直流电动机的结构	119
二、	直流电动机的分类及型号	121
三、	直流电动机的铭牌	122
四、	直流电动机的工作原理	122
五、	直流电动机的接线	125
第五节	直流电动机常见故障及处理方法	126
<b>第六章</b>	<b>电动机典型电路分析</b>	<b>129</b>
第一节	异步电动机电路	129
一、	手动正转控制	129
二、	具有自锁的正转控制	129
三、	具有过载保护的 正转控制	130
四、	接触器连锁的正、反转控制	131
五、	按钮连锁的正、反转控制	132
六、	按钮和接触器复合连锁的正反转控制	132
七、	电动机串联电阻减压启动	132
八、	星(Y) - 三角( $\Delta$ )减压启动	134

九、电动机电磁抱闸制动控制电路	135
十、有变压器全波整流能耗制动电路	136
第二节 直流电动机控制电路	137
一、直流电动机的启动	137
二、直流电动机的正、反转	139
三、直流电动机的制动	139
四、直流电动机的调速	141
第七章 机床电气控制电路	142
第一节 CA6140 型普通车床电气控制电路	142
一、主电路分析	142
二、控制电路分析	143
三、故障分析	143
第二节 M7120 型平面磨床电气控制电路	143
一、主电路分析	143
二、控制电路分析	145
三、故障分析	147
第三节 Z35 型摇臂钻床电气控制电路	147
一、主电路分析	147
二、控制电路分析	147
三、故障分析	149
第四节 Y3150 齿轮机床电气控制电路	150
一、主电路分析	150
二、控制电路分析	150
三、故障分析	151
第五节 5t 桥式起重机电气控制电路	151
一、主电路分析	151
二、凸轮控制器	151
三、控制电路分析	151
四、故障分析	154
第八章 低压电器防火防爆及防雷防静电技术	155
第一节 电气火灾与爆炸的原因	155
一、电气设备过热	155
二、电火花和电弧	156
第二节 危险物质和危险环境	156

一、	危险物质的性能参数	156
二、	危险物质的分组和分级	156
三、	气体、蒸气爆炸危险环境的分类	156
四、	粉尘、纤维爆炸危险环境的分类	157
五、	火灾危险环境的分类	157
第三节	防爆电气设备和防爆电气电路	157
一、	防爆电气设备	157
二、	防爆电气设备的选用	158
三、	防爆电气电路	158
第四节	电气防火防爆技术	159
一、	消除或减少爆炸性混合物	159
二、	隔离和间距	159
三、	消除引燃源	159
四、	保护接地	160
五、	电气灭火	160
第五节	雷电的危害	160
一、	雷击的主要对象	160
二、	雷电的破坏作用	161
第六节	防雷装置	161
一、	接闪器	161
二、	避雷器	162
三、	引下线	163
四、	接地装置	163
第七节	防雷措施	164
一、	架空电路的防雷措施	164
二、	变、配电所的防雷措施	164
三、	建筑物的防雷措施	165
四、	人身防雷措施	166
第八节	静电的危害及防护	166
一、	静电的危害	166
二、	静电的防护	167
第九章	安全用电技术	168
第一节	电流对人体的危害	168
一、	电流对人体危害的类型	168
二、	对人体作用电流的划分	169

第二节	常见触电方式	169
一、	单相触电	169
二、	两相触电	170
三、	跨步电压触电	170
第三节	触电时的救护	171
一、	触电急救的要点	171
二、	解救触电者脱离电源的方法	171
三、	现场救护	172
四、	抢救触电者生命的心肺复苏法	173
五、	现场救护中的注意事项	174
第四节	直接接触电的防护技术	176
一、	安全电压	176
二、	绝缘防护与屏护	176
三、	漏电保护	178
第五节	间接接触触电的防护	180
一、	保护接地与保护接零	180
二、	保护接零的三种形式	181
<b>第十章</b>	<b>弱电工程技术</b>	<b>184</b>
第一节	共用天线电视系统	184
一、	基本构成及主要功能	184
二、	主要设备及安装	185
三、	共用天线电视系统	189
第二节	火灾自动报警与消防联动控制系统	191
一、	火灾探测器	191
二、	火灾报警器	196
三、	声光报警器	197
四、	消防灭火执行装置	197
五、	消防系统电气施工简介	197
第三节	防盗报警与出入口控制系统	199
一、	防盗探测系统	199
二、	用户端报警系统	201
三、	出入口控制系统	201
四、	停车场自动控制系统	204
<b>第十一章</b>	<b>安全生产法律法规及特种作业人员职业道德</b>	<b>209</b>
第一节	电工安全技术操作规程	209



一、 工作前的检查和准备工作·····	209
二、 文明操作和安全技术·····	209
三、 下班前的结束工作·····	210
第二节 安全生产法律法规及特种作业人员职业道德·····	210
一、 安全生产法相关知识·····	210
二、 特种作业人员应具备的职业道德·····	212
参考文献·····	213

# 第一章 电工入门

## 第一节 电工基础知识

### 一、电荷的产生

构成一切物质的基础是原子,而原子是由原子核及围绕原子核旋转的电子组成的。原子核带正电荷,环绕原子核旋转的电子带负电荷。所有电子的大小、质量和电荷都是完全一样的。不同的化学元素,原子的结构也不同。如图 1-1 所示的几种原子结构。原子中存在原子核所带正电和电子所带负电互相吸引的作用,所以电子环绕原子核运动而不从原子中飞出去。

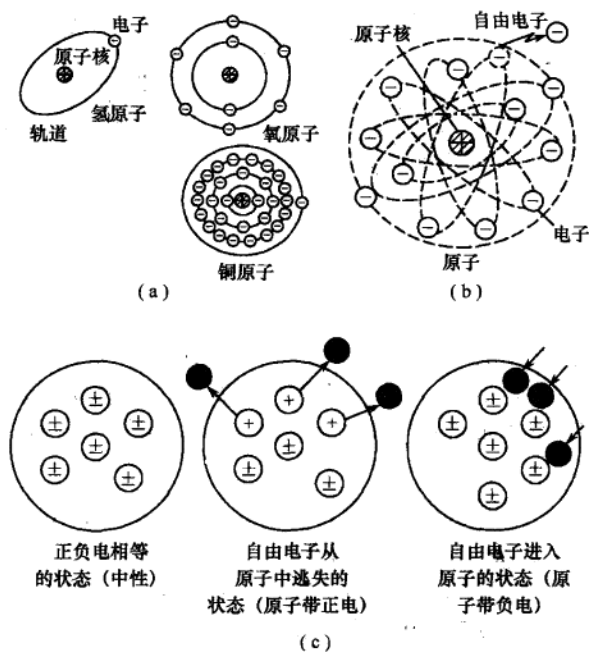


图 1-1 电荷的产生

(a) 原子不同结构; (b) 自由电子; (c) 电子运动状态。

完整的原子,原子核所带的正电荷,刚好等于它外围所有电子所带的负电荷,所以整个原子就是一个不带电的、电性中和的粒子。应该注意的是,金属元素的原子中电子数目比较多,它们分布在几层轨道上,如图 1-1(a) 中的金属原子所示,那些靠近原子核轨道上的电子与原子核的吸引力就比较强,所以不容易脱离原子核。但是最外层轨道上的电子,受核的吸引力比较弱,就很容易脱离原子核的束缚,跑到轨道外面去,成为“自由电子”。这些自由电子在原子间穿来穿去做着没有规则的运动,如图 1-1(b) 所示。原子失去了最外层电子后,它的电中性

就被破坏了,这个原子就带正电,称为正离子。飞出轨道的电子也可能被另外的原子所吸收,这个吸收了额外电子的原子就带负电,称为负离子,如图 1-1(c)所示。原来处于中性状态的原子,由于失去电子或额外地获得电子变成带电离子的过程,叫做电离。

## 二、电压

众所周知,河水总是从高处流向低处。因此要形成水流,就必须使水流两端具有一定的水位差,即水压,如图 1-2(a)所示。与此类似,在电路里,使金属导体中的自由电子做定向移动形成电流的原因是导体的两端具有电压。电压是形成电流的必要条件之一。自然界物体带电后就会带上一定的电压,一般情况下,物体所带正电荷越多电位越高,如果把两个电位不同的带电体用导线连接起来,电位高的带电体中的正电荷便向电位低的那个带电体流去,于是导体中便产生了电流。

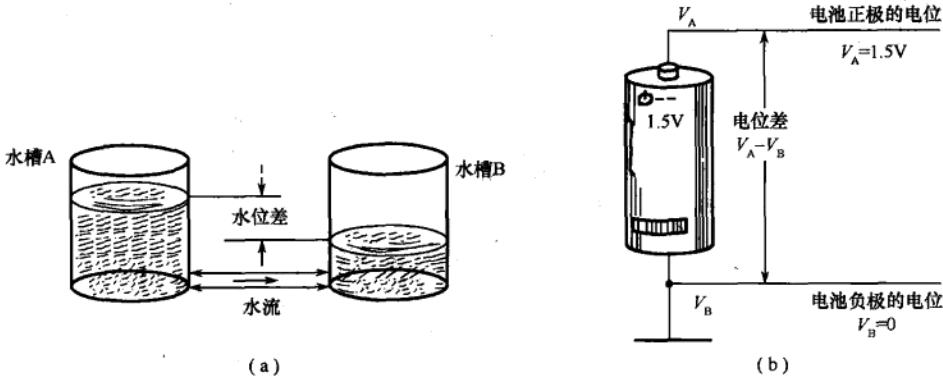


图 1-2 电压  
(a)水压; (b)电池电压。

在电路中,任意两点之间的电位差,称为该两点间的电压。电压分直流电压和交流电压。电池上的电压为直流电压,它是通过化学反应维持电能的,电池电压电位差示意,如图 1-2(b)所示。而交流电压是随时间周期变化的电压,发电厂的电压一般为交流电压,这种电压就是我们常用的交流电。

所谓电压是指两点之间的电压,它是以认定的某一点作为参考点。所谓某点的电压,就是指该点与参考点之间的电位差。一般来说,在电力工程中,规定以大地作为参考点,认为大地的电位等于零。如果没有特点说明的话,所谓某点的电压,就是指该点与大地之间的电压。电压用字母  $U$  来表示,其单位是伏特,用符号“V”来表示,大的单位可用千伏(kV)表示,小的单位可用毫伏(mV)表示。它们之间的关系如下

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

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

我国规定标准电压有许多等级,安全电压为 12V、36V,民用市电单相电压 220V,低压三相电压 380V,城乡高压配电电压 10kV 和 35kV,输电电压 110kV 和 220kV,还有长距离超高压输电电压 330kV 和 500kV。

## 三、电流

在各种金属中都含有大量的自由电子,如果将金属导体和一个电源连接起来时,导体中的