

汽车精品图书

汽车

电工电子技术

QICHE DIANGONG DIANZI JISHU

主编 朱胜昔 谭胡心 姚非非

航空工业出版社

汽车精品图书

汽车电工电子技术

主编 朱胜昔 谭胡心 姚非非

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书共有八个项目,包括汽车直流电路、汽车交流电路、汽车磁路及电磁元件、汽车电动机、汽车模拟电路、汽车集成运算放大器、汽车数字电路和汽车电路图识读。

本书可作为读者学汽车电工电子技术的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术 / 朱胜昔, 谭胡心, 姚非非主编

— 北京: 航空工业出版社, 2017. 7 (2017. 9 重印)

ISBN 978-7-5165-1263-0

I. ①汽… II. ①朱… ②谭… ③姚… III. ①汽车—
电工技术—高等教育—教材②汽车—电子技术—高等
职业教育—教材 IV. ①U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 170298 号

汽车电工电子技术 Qiche Diangong Dianzi Jishu

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010-84936597 010-84936343

北京谊兴印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2017 年 7 月第 1 版

2017 年 9 月第 2 次印刷

开本: 880×1230

1/16

印张: 15.25

字数: 461 千字

印数: 3001—4500

定价: 49.80 元

当今的汽车技术性能正在朝着更加安全、环保和节能的方向发展,电工电子技术在汽车上的应用越来越广泛,电工电子装备在汽车上所占的比重也越来越大,这就要求现代汽车的检测、维护与维修人员应当向着机电复合型人才的方向发展。为了帮助读者掌握汽车电工电子技术并能在实践中应用,编者结合多年的教学和实践经验编写了本书。

本书具有以下特点:

(1) 理论与实践相结合

本书在编写过程中力求实现理论与实践一体化。在阐述完每个任务的理论知识后都给出了相关的任务实践,既能加强读者对基础知识的理解,又能激发读者的学习兴趣,增强读者的动手能力。

(2) 精讲理论,注重应用

在编写过程中,本书力求做到知识够用,技能实用,基本概念和原理叙述准确,引用数据科学可靠,体现汽车电工电子技术在工作中的实际应用。

(3) 体例丰富,增强学习兴趣

本书设置有“读一读”等模块,丰富了读者对汽车的认知,拓展了读者的眼界,同时也提高了读者的学习兴趣。每个项目最后都配有“项目小结”和“思考与练习”,方便读者总结重点,巩固所学知识。

本书由朱胜昔、谭胡心、姚非非担任主编,刘兴萍、李艳、吴云霞、李威、许文丽、吴芬、武晓斌、沙莎、曾虎、李千千、张博舒、胡秀、杨秋平、杨玉艳担任副主编。祁平、郑扬、田玉丽、林香参与编写。在编写过程中参考了大量有价值的文献,并从 Internet 中获取了部分最新资料,在此对文献作者和资料提供者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限和时间紧迫,本书难免有欠缺和不妥之处,热忱欢迎广大读者不吝赐教,以备改正。另外,本书配有丰富的资源包,读者可登录北京金企鹅联合出版中心网站(www.bjjqe.com)下载。

编者

2017年8月

本书编委会

主 编 朱胜昔 谭胡心 姚非非
副 主 编 刘兴萍 李 艳 吴云霞 李 威
许文丽 吴 芬 武晓斌 沙 莎
曾 虎 李千千 张博舒 胡 秀
杨秋平 杨玉艳
参 编 祁 平 郑 扬 田玉丽 林 香

目 录

CONTENTS

项目一 汽车直流电路	1
任务一 汽车电路认知	2
一、汽车电路的组成	2
二、汽车电路的特点	4
三、汽车电路的基本物理量	5
任务二 汽车基本电气元件认知	8
一、电阻	8
二、电容	14
三、电感	17
任务三 简单电路的分析与计算	20
一、支路、结点、回路和网孔	20
二、基尔霍夫定律	21
三、支路电流法	25
四、惠斯通电桥	26
任务四 电工电子常用仪表认知	28
一、万用表的使用	28
二、电压表的使用	30
三、电流表的使用	32
四、汽车专用示波器	33
项目小结	37
思考与练习	38
项目二 汽车交流电路	41
任务一 单相正弦交流电认知	42
一、正弦交流电的基本概念	42
二、正弦交流电的表示方法	45
三、单一元件的正弦交流电路	47
四、典型正弦交流电路的分析	52



任务二 三相正弦交流电路认知	58
一、三相交流电动势的产生	58
二、三相电源的连接	59
三、三相负载的连接	62
任务三 汽车交流发电机	67
一、汽车交流发电机概述	67
二、汽车交流发电机的结构	67
三、汽车交流发电机的工作原理	71
任务四 安全用电	72
一、人体触电的类型及原因	72
二、预防触电的措施	73
三、触电现场的紧急处理	74
项目小结	76
思考与练习	77
项目三 汽车磁路及电磁元件	79
任务一 磁场认知	80
一、磁场的基本物理量	80
二、磁路	82
三、铁磁性材料	85
任务二 变压器认知	88
一、变压器的基本结构	88
二、变压器的工作原理	89
三、变压器的功率和效率	91
四、变压器在汽车上的应用	91
任务三 汽车常见电磁元件	94
一、汽车电磁阀	94
二、汽车继电器	97
项目小结	100
思考与练习	101
项目四 汽车电动机	103
任务一 直流电动机认知	104
一、直流电动机的结构	104
二、直流电动机的工作原理	106
三、直流电动机的铭牌参数	108
四、直流电动机的励磁方式	108
五、直流电动机的启动、制动、反转和调速	110
任务二 步进电动机认知	112
一、步进电动机的结构	112

二、步进电动机的工作原理	113
三、步进电动机的特征	115
任务三 电动机在汽车上的典型应用	116
一、电动刮水器	116
二、电动车窗	117
三、空调鼓风机	118
四、怠速控制阀	118
任务四 电动机控制电器认知	119
一、刀开关	120
二、组合开关	120
三、按钮	121
四、熔断器	121
五、接触器	122
六、行程开关	123
七、低压断路器	124
项目小结	125
思考与练习	125
项目五 汽车模拟电路	127
任务一 二极管认知	128
一、半导体的基本知识	128
二、二极管的结构、类型及符号	132
三、二极管的伏安特性	132
四、二极管的主要参数	133
五、二极管的应用	134
六、特殊用途的二极管简介	136
任务二 三极管认知	139
一、三极管的分类及结构	139
二、三极管的电流放大作用	140
三、三极管的特性曲线	141
四、三极管的主要参数	142
五、三极管的放大电路	145
六、三极管在汽车上的应用	152
项目小结	154
思考与练习	155
项目六 汽车集成运算放大器	157
任务一 运算放大器认知	158
一、基本概念	158
二、集成运算放大器的组成	160



三、集成运算放大器的主要技术指标	161
四、理想运算放大器	162
五、集成运算放大器的主要特性	163
任务二 集成运放的闭环系统与反馈	165
一、反馈的基本概念	165
二、反馈的类型	165
三、常见放大器的运算电路	167
四、比较器	170
五、集成运放在汽车电子电路中的应用	171
项目小结	176
思考与练习	176
项目七 汽车数字电路	179
任务一 数字电路认知	180
一、数字电路概述	180
二、数制	180
三、码制	182
任务二 逻辑门电路认知	183
一、门电路	183
二、组合逻辑电路	187
任务三 时序逻辑电路认知	191
一、时序逻辑电路概述	191
二、基本 RS 触发器	191
三、同步 RS 触发器	194
四、同步 JK 触发器	196
五、边沿 D 触发器	198
任务四 信号的采集与转换	199
一、汽车信号的采集	199
二、汽车信号的转换	200
项目小结	204
思考与练习	205
项目八 汽车电路图识读	207
任务一 汽车电路图认知	208
一、汽车电路图的组成与种类	208
二、汽车电路配电器件	213
三、常用图形符号及标志	216
任务二 典型汽车电路分析	220
一、汽车电路图识读的一般方法	220
二、大众公司汽车电路图的识读方法	224

三、丰田公司汽车电路图的识读方法.....	227
四、通用公司汽车电路图的识读方法.....	228
项目小结.....	231
思考与练习.....	231
参考文献.....	232

项目一 汽车直流电路

单元描述

自从19世纪以电力发明及其广泛应用为标志的第二次科技革命以来,人类生活已进入了电气时代。当今世界,电已经成了人类密不可分的“伙伴”之一。在汽车领域中,电的地位举足轻重。从车身炫酷的车灯,到车内精密的仪表,处处体现着电的作用。因此,作为新世纪的大学生,更须要学习好与电相关的概念与知识。

本项目主要讲述汽车直流电路方面的知识,学好这部分内容,是为之后分析各种电工电子电路打下夯实的基础。

学习目标

-  掌握汽车电路的基本组成、特点和基本物理量。
-  掌握汽车电路中的电阻、电容、电感的特性和标志。
-  掌握电路的基本定律和分析方法。
-  能正确使用汽车专用万用电表和汽车专用示波器。



任务一 汽车电路认知

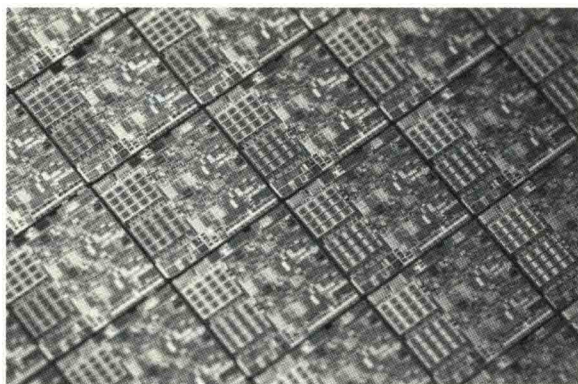


一、汽车电路的组成

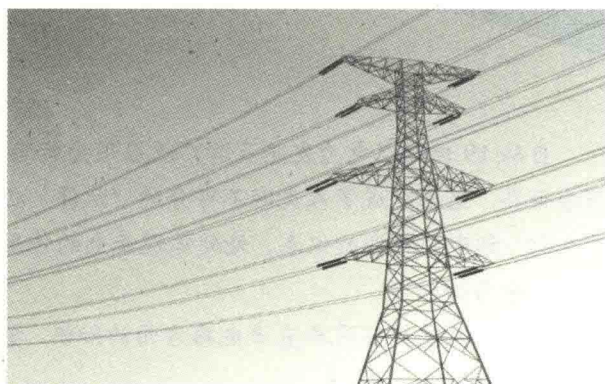
(一) 电路概述

简单地讲，**电路**就是电流流过的路径，它是由各种电子元件和设备以一定方式组成的系统网络。电路规模可以相差很大，小到硅片上的集成电路，大到高压输电网，如图 1-1 所示。

电路有三种工作状态：**通路**、**开路**、**短路**。



(a) 集成电路



(b) 高压输电网

图 1-1 电路的规模

(二) 电路的组成

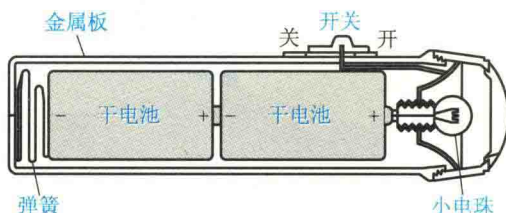
1. 一般电路

任何一个完整的电路，无论其具体用途和功能怎样，也不管其复杂程度如何，一般都可以看成是由**电源**、**负载**、**连接导线**和**辅助设备**这四大部分组成的。

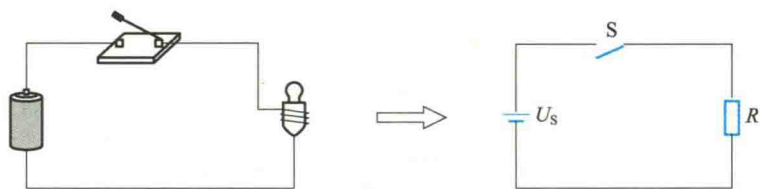
如图 1-2 所示，在这个简单的手电筒电路中，干电池是电源，灯泡是负载，而有些手电筒的外壳起到连接导线的作用，其上的推钮开关则是辅助设备。它可以画成如图 1-2 (c) 所示右边的电路模型图，简称电路图。



(a) 手电筒外观



(b) 手电筒结构



(c) 手电筒电路

图 1-2 简单的手电筒电路及电路模型

1) 电源

电源是为电路提供电能的装置，它把其他形式的能源转化为电能。例如，将化学能转换为电能的蓄电池、干电池和锂电池；将机械能转换为电能的发电机。因为非电能的种类很多，所以转变电能的方式也很多。

电源分为**交流电源**和**直流电源**。交流电源的电动势和电流的大小与方向随时间在变化，如水电站、火电站、风力发电站发出来的电等，由交流电源组成的电路称为**交流电路**；而直流电源的电动势和电流的大小与方向是不变的，如蓄电池、干电池等，由直流电源组成的电路称为**直流电路**。

电源也可分为**电压源**和**电流源**，如图 1-3 所示。

电压源在其两端总能保持一定的电压而不论流过的电流为多少，它不能短路。图 1-3 (a) 既可表示直流电压源，也可表示交流电压源，而图 1-3 (b) 仅可表示直流电压源。

电流源则总能向外部提供一定的电流而不论其两端的电压为多少，它不能断路，其符号如图 1-3 (c) 所示。

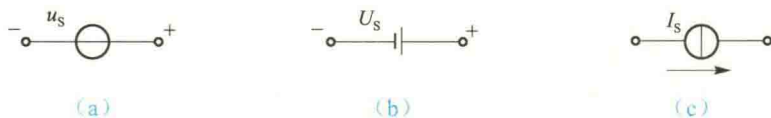


图 1-3 电压源和电流源

2) 负载

负载是各种用电设备的总称，它是将电能或电信号转换成所需要能量的装置。例如，电灯泡将电能转换为光能，汽车燃油泵控制电路中的继电器将电能转换为触点开闭的机械能，电炉将电能转换为热能，电视机将电信号转换成图像和声音等。

3) 连接导线

连接导线将电源、负载和辅助设备连接成一个闭合回路，起传输电能的作用。

4) 辅助设备

辅助设备可实现对电路的控制、分配、保护及测量，包括各种开关、按钮、电流表、电压表和测量仪等。

2. 汽车电路

汽车电路一般由相对独立的系统组成。如表 1-1 所示为常见汽车电路名称及其组成。



表 1-1 常见汽车电路

电路名称	电路组成
电源电路	蓄电池、发电机、调节器及工作状态指示灯等
启动电路	启动电机、启动继电器、启动开关及启动保护装置等
点火电路	点火线圈、分电器、电子点火器、火花塞、点火开关等
照明与信号电路	前照灯、雾灯、示宽灯、转向灯、制动灯、倒车灯、电喇叭及其控制继电器和开关等
仪表与报警电路	仪表、传感器、各种报警指示灯及控制器等
电子控制装置电路	电控燃油喷射（EFI）系统、自动变速器（ECT）系统、防抱死制动（ABS）系统、恒速控制及悬架平衡控制等
辅助装置电路	风窗刮水器、风窗除霜、启动预热装置、音响装置、车窗电动升降装置、电动座椅调节装置及中央电控门锁装置等

二、汽车电路的特点

① 低压直流供电。汽车电气设备一般采用低压直流供电，结构越简化越能保证行驶过程中汽车的安全。低压供电来源于蓄电池或发电机，两者的电压保持一致。柴油车采用 24 V 低压直流供电，由两节 12 V 蓄电池串联后提供；汽油车常采用 12 V 低压直流供电，由一节蓄电池或两节蓄电池并联（要求较大电流的情况）后提供。

② 单线制。单线制是指利用汽车发动机的底盘、车身等金属机件作为各种电气设备的公用连线（又称搭铁或接地），从而只需要一根导线连接设备与电源。任何一个电路中的电流都是从电源的正极出发，流经电气设备后，再由公共连线流回电源负极而形成回路。如图 1-4 所示为汽车灯光保护电路的工作原理图，该图即采用单线制。

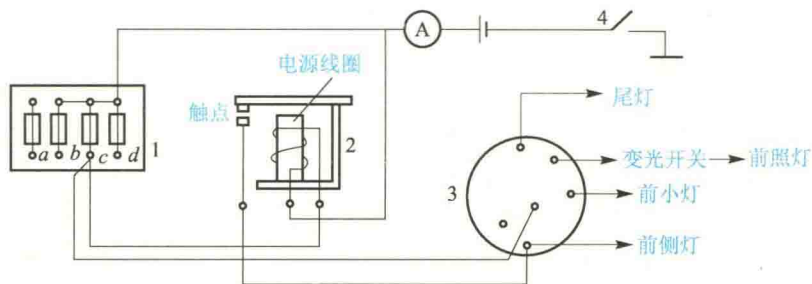


图 1-4 灯光保护电路工作原理图

1—熔断丝；2—灯光继电器；3—车灯总开关；4—电源总开关

采用单线制不但可以节约成本，使电路简化，而且便于安装、检修，同时使故障率大幅降低，常为现代汽车所广泛采用。

③ 负极搭铁。采用单线制时，电源的一端必须接到车架上，即搭铁，用符号“⊥”表示。按照电源搭铁的极性，可分为正极搭铁和负极搭铁，包括我国在内的绝大多数国家的汽车都采用负极搭铁，其参考位置如图 1-5 所示。

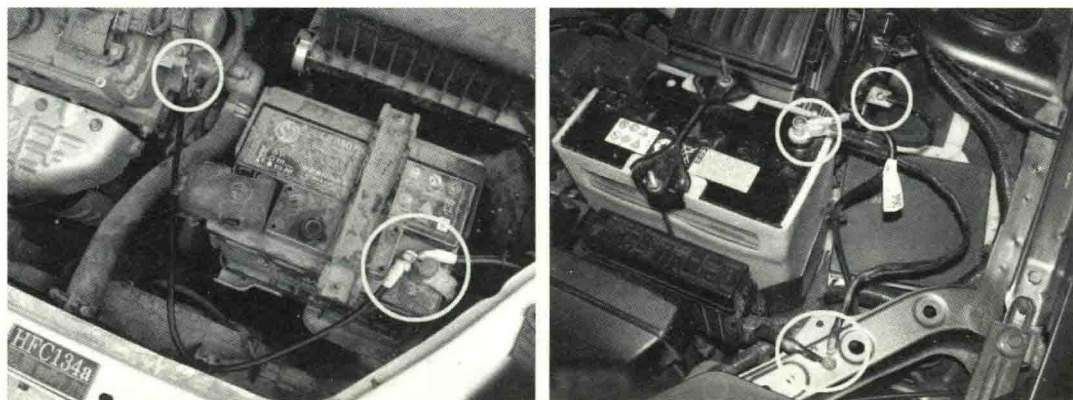


图 1-5 负极搭铁的位置参考

采用负极搭铁的方式,可以使汽车车身和车架不易腐蚀,车载电器(如汽车音响、通信系统)对无线电的干扰也较正极搭铁方式小得多。

欧美日等进口汽车的搭铁线一般为橙色,国产车早期使用的搭铁线一般都为黑色,为了和国际上接轨,近来国内的汽车厂家也大多采用了橙色线作为汽车搭铁线。

④ 用电设备并联。用电设备并联是指汽车上的各种用电设备都采用并联方式与电源连接,每个用电设备都由各自串联在其中支路中的专用开关控制,互不产生干扰。

⑤ 设有保险装置。为了防止因短路或搭铁而烧坏电路,电路中一般设置有保险装置,如熔断器、保险丝等。

⑥ 汽车线路有颜色和编号特征。为方便区分,汽车所有低压导线必须选用不同颜色的单色线或双色线,并根据厂家的规定在导线上分别编号。

⑦ 汽车电路由相对独立的分系统组成。

三、汽车电路的基本物理量

(一) 电流

导体内带电粒子(电子)的定向运动形成**电流**。在导体中自由电子带负电,它在电场力的作用下,沿着与电场相反的方向移动形成电流。大小和方向均不随时间变化的电流称**恒定电流**,简称**直流**。

电流的产生有两个条件:一是要有电源提供电能;二是要形成闭合回路。

电流的大小用电流强度来衡量。电流强度是单位时间内通过导体单位横截面的电荷量,用 I 表示,即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中: I ——电流,单位为 A (安[培]);

Q ——电荷量,单位为 C (库[仑]);

t ——时间,单位为 s (秒)。

对于很小的电流,通常还用到的单位为 mA (毫安)和 μA (微安),其换算规律为

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$$

人们规定正电荷定向移动的方向为电流的方向,但实际上自由电子移动的方向与规定相反。对于较复



杂的电路,如果一时难以确定电流方向,可以先假设一个方向,称为参考方向(可用实箭头表示)。若此后计算出的结果为正值,说明参考方向与电流实际方向一致;若计算结果为负值,说明参考方向与实际方向相反,将方向改过来就行,如图1-6所示。



图1-6 电流的实际方向与参考方向的关系

(二) 电位

在电场的不同位置,电荷所具有的电势能是不相同的。电位就好像水位一样,高处与低处的能量大小各异。在相同电路中,电子的流动在各个位置的的能量大小也不相同。为了表示这种势能的不同,把单位正电荷在电路中某一点所具有的位能称为**电位**,其数学表达式为

$$V = \frac{W}{Q} \quad (1-2)$$

式中: V ——电路中某点的电位,单位为V(伏[特]);

W ——电路中某点的电位能,单位是J(焦[耳])。

电位的大小是相对的,它与所选的参考点有关,就像衡量水位高低也要有一个参考面一样。在以后的电路分析中,通常也要选一个电位参考点,以这个参考点的电位作为基准点电位,令其为零,电路中其他各点的电位均与此零电位参考点相比较来进行计算。

在工程实际中,常以地球作为零电位点,用符号“ $\perp$ ”表示;而对于外壳接地的用电设备,由于已和大地相连,故其电位也为零。如果设备或仪器并未接地,通常将许多元件的连接点作为零电位参考点,这都是为了电位计算的方便。

零电位参考点一旦选定,一般是不能随意改变的。这样在电路分析时,凡是比参考电位高的点其电位是正电位,比参考电位低的点其电位是负电位。

例1-1 求图1-7所示中各点的电位。

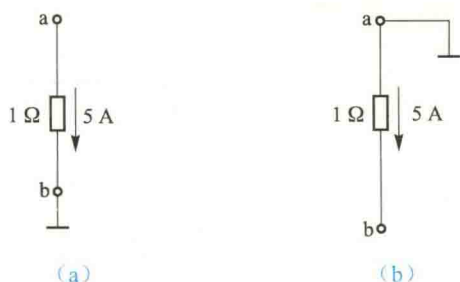


图1-7 例1-1图

解 如图1-7(a)所示, a点的电位 $V_a = +5\text{V}$, b点的电位 $V_b = 0$;

如图1-7(b)所示, a点的电位 $V_a = 0$, b点的电位 $V_b = -5\text{V}$ 。

(三) 电压

电压即电路中两点之间的电位差。电流和水流一样,只有在两点中存在着电位或水位差时,电或水才

能流动。电路中 a, b 两点之间的电位差（即电压）可表示为

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-3)$$

也可用下式表示为

$$U_{ab} = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

式 (1-4) 表示的 U_{ab} 的物理含义为：电路中 a, b 两点间的电压 U_{ab} 在数值上等于电场力把电荷由 a 移动到 b 所做的功 W 与被移动电荷的电量 Q 的比值。

电压的单位为 V（伏 [特]），常用的电压单位还有 kV（千伏）、mV（毫伏）和 μV （微伏），它们之间的换算关系为

$$1\text{ kV} = 10^3\text{ V}$$

$$1\text{ V} = 10^3\text{ mV} = 10^6\text{ }\mu\text{V}$$

电压的方向规定为从高电位到低电位，即电位降低的方向。在电路图中可以用箭头来表示电压的指向，即从高电位指向低电位，也可以把高电位用“+”，低电位用“-”来表示。

如果一时判断不出电位的高低，可以先任意画出一个参考方向，若按这个方向计算的结果为正值，则说明参考方向与实际电压方向相同，否则相反，如图 1-8 所示。



图 1-8 电压的方向

在分析实际电路时，虽然电流、电压的参考方向可以任意规定而不影响实际结果，但参考方向一经确定，在整个电路中就必须以此为准，不能变动。

一般规定同一个元件的电压和电流的参考方向相同，即电流的参考方向为从电压的正极性端流入该元件，而从它的负极性端流出。此时称该元件的电压、电流参考方向为**关联参考方向**；反之，则称为**非关联参考方向**。

（四）电动势

为了保证电路中有持续不断的电流，在电源内部就要有一种力将正电荷从低电位处移到高电位处。这样在外部电路中，才能使电流再从高电位回到低电位，形成连续不断的流动，即电源要能使电路两端维持一定的电位差。这种在电源内部使电路两端产生和维持电位差的能力称为**电源电动势**。

电动势用字母 E 表示，单位也是 V。理想电源的电动势与其两端输出电压之间的关系为

$$E_{ba} = -U_{ab} \quad (1-5)$$

在电源内部，电动势的方向是由负极到正极，电流的方向也是从负极指向正极；而在电源外部电路中，电压则从正极指向负极，电流的方向也是从电源正极流向电源负极。这一点，需要同学们特别注意。

（五）电功率

单位时间内电流所做的功称为**电功率**。其中，单位时间为秒（s），所做的功是指电功。电功率用字母 P 表示，它是描述电流做功快慢程度的物理量，用公式表示为