



- 高等职业教育“十二五”规划教材
- 高职高专汽车类专业理实一体化系列教材

UTO MOBILE

汽车电工电子技术基础

QICHE DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

代洪 周天沛 王平均 编著



教学资源库
<http://www.ndip.cn>



国防工业出版社
National Defense Industry Press

高等职业教育“十二五”规划教材
高职高专汽车类专业理实一体化系列教材

汽车电工电子技术基础

代 洪 周天沛 王平均 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书分为上、下两篇。上篇为电工技术,内容包括直流电路、正弦交流电路、磁路与变压器、电动机和发电机;下篇为电子技术,内容包括模拟电子基础、数字电路及其应用、汽车电子技术应用。书中每章有学习目标、本章小结和习题,以及配套相关技能训练项目。

本书可作为高职院校汽车类专业电工电子基础课程的教材使用,也可供从事汽车维修行业的工程技术人员、汽车爱好者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术基础/代洪,周天沛,王平均编著.

—北京:国防工业出版社,2014.9

高职高专汽车类专业理实一体化系列教材

ISBN 978-7-118-09501-2

I. ①汽… II. ①代… ②周… ③王… III. ①汽车—
电工—高等职业教育—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(2014)第 219990 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17 字数 397 千字

2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.50 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

随着汽车电子技术的发展,汽车上采用的电子设备越来越多,这对汽车使用和维修人员提出了更高的要求。本书紧密结合高等职业技术教育的特点,以电工电子基础理论知识与实践相结合为出发点,着重能力的培养,帮助读者学习和掌握汽车电工电子技术的基础知识和基本技能,并为进一步学习汽车电子控制技术、读懂相关汽车电子控制技术资料、掌握现代汽车电子控制系统的使用与维修技术打下良好的基础。

本书共7章,分为电工技术和电子技术两大部分,主要内容有汽车电工技术(包括直流电路、正弦交流电路、磁路与变压器、电动机和发电机等)、汽车电子技术(模拟电子技术基础、数字电路及其应用、汽车电子技术应用等)、常用电工电子仪器仪表的使用和电工电子技术在汽车上的应用等。针对汽车专业的要求,选取了最基本、最主要的电工电子基础内容,着重讲解基本概念、原理及应用,列举了大量的汽车电子电路实例,理论结合实际,通俗易懂,实用性强。每章都有小结,并附有练习题,便于学生复习巩固。

本书可作为高职院校汽车类专业电工电子基础课程的教材使用,也可供从事汽车维修行业的工程技术人员、汽车爱好者参考阅读。同时,为了满足不同层次学生的需求,对部分内容用“*”作了标记,作为选学内容。

本书由常州信息职业技术学院代洪教授、徐州工业职业技术学院周天沛副教授和海南软件职业技术学院王平均老师编著。其中第1~3章,技能训练一~六由代洪编写;第4~5章,技能训练七~十由周天沛编写;第6~7章,技能训练十一~十三由王平均编写。在本书的编写过程中,得到了许多专家和老师的帮助,在此谨向为本书编写和出版付出辛勤劳动的同志表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏及不足之处,恳切希望广大读者批评指正。

编著者

目 录

上篇 电工技术

第1章 直流电路	3
1.1 电路及其基本物理量	3
1.1.1 电路的组成及作用	3
1.1.2 电路的基本物理量	4
1.1.3 电路的工作状态	7
1.2 电阻、电感和电容元件	8
1.2.1 电阻元件	8
1.2.2 电容元件	10
1.2.3 电感元件	15
1.3 电路的基本定律	16
1.3.1 欧姆定律	16
1.3.2 基尔霍夫定律	17
1.4 电路分析方法	20
1.4.1 电阻串、并联的等效变换	20
1.4.2 电源的等效电路及其变换	21
1.4.3 支路电流法	25
1.4.4 叠加原理	27
1.4.5 戴维南定理	27
本章小结	29
习题	29
第2章 正弦交流电路	33
2.1 正弦交流电的基本概念	33
2.1.1 正弦交流电的概念	33
2.1.2 正弦交流电的三要素	34
2.1.3 正弦交流电的表示法	35
2.2 单一参数的正弦交流电路	37
2.2.1 电阻元件的交流电路	37
2.2.2 电容元件的交流电路	38
2.2.3 电感元件的交流电路	40

2.3	简单正弦交流电路	42
2.3.1	RL 串联交流电路	42
2.3.2	功率因数的提高	43
2.4	三相正弦交流电路	44
2.4.1	三相交流电源	44
2.4.2	三相负载的连接	46
2.5	安全用电	51
2.5.1	安全用电的基本原理与方法	52
2.5.2	汽车供电系统需注意的几个方面	54
	本章小结	55
	习题	56
第3章	磁路与变压器	58
3.1	磁路与电磁	58
3.1.1	磁的基本知识	58
3.1.2	电流的磁场	62
3.1.3	磁场对通电直导体的作用	63
3.1.4	电磁感应	64
3.2	变压器	67
3.2.1	变压器的基本结构和工作原理	67
3.2.2	变压器绕组的同名端及其测定	70
3.2.3	变压器的损耗和额定值	72
3.3	特殊变压器	73
3.3.1	自耦变压器	73
3.3.2	汽车点火系统的点火线圈与电路	74
3.4	汽车常用电磁器件	76
3.4.1	汽车发电机触点式电压调节器	76
3.4.2	电磁感应式传感器	78
3.4.3	簧簧开关式电流传感器	78
3.4.4	电喇叭	79
3.4.5	汽车上常用的继电器	81
	本章小结	85
	习题	86
第4章	电动机和发电机	89
4.1	三相异步电动机	89
4.1.1	三相异步电动机的结构	89
4.1.2	三相异步电动机的工作原理	91
4.1.3	三相异步电动机的启动、调速与制动	94
4.1.4	三相异步电动机的铭牌和选用	97
4.2	直流电动机	99



4.2.1	直流电动机的工作原理	99
4.2.2	直流电动机的结构	100
4.2.3	直流电动机的分类	102
4.2.4	直流电动机的启动、调速与制动	104
4.2.5	汽车起动机用直流电动机	107
4.2.6	汽车电器中常用的永磁式直流电动机	109
4.3	常用控制电器介绍	113
4.3.1	开关	113
4.3.2	按钮	113
4.3.3	接触器	114
4.3.4	熔断器	114
4.3.5	热继电器	116
4.4	汽车交流发电机	116
4.4.1	交流发电机的工作原理	116
4.4.2	汽车交流发电机的构造	118
	本章小结	122
	习题	122

下篇 电子技术

第5章	模拟电子技术基础	127
5.1	半导体基础知识	127
5.1.1	P型与N型半导体	127
5.1.2	PN结的形成及其单向导电特性	128
5.2	晶体二极管	130
5.2.1	二极管的结构与符号	130
5.2.2	二极管的伏安特性	130
5.2.3	二极管的主要参数	131
5.2.4	二极管型号	132
5.2.5	二极管在汽车上的应用	133
5.3	特殊用途的二极管	134
5.3.1	稳压二极管	134
5.3.2	发光二极管	135
5.3.3	光敏二极管	137
5.4	晶体三极管	138
5.4.1	三极管的基本结构和符号	138
5.4.2	三极管的电流放大作用	139
5.4.3	三极管的特性曲线	141
5.4.4	三极管的主要参数	142
5.5	特殊用途的三极管	144

5.5.1	功率三极管	144
5.5.2	光敏三极管	145
5.5.3	光耦合器	145
5.6	基本电压放大电路	146
5.6.1	共射极放大电路	146
5.6.2	射极输出器	150
5.7	晶体三极管的开关作用	151
5.7.1	三极管的开关作用	151
5.7.2	三极管的开关作用在汽车上的应用	152
5.8	集成运算放大器	154
5.8.1	集成运算放大器的组成及图形符号	154
5.8.2	集成运算放大器的基本特性	155
5.8.3	运算放大器的输入方式	155
5.8.4	集成运算放大器在汽车上的应用	157
5.8.5	集成运放在幅值比较方面的应用	158
5.9	直流稳压电源	163
5.9.1	直流稳压电源的组成	163
5.9.2	单相整流电路	163
5.9.3	三相桥式整流电路	164
5.9.4	电容滤波电路	166
5.9.5	稳压电路	167
5.10	晶闸管	167
5.10.1	基本结构	167
5.10.2	工作原理	168
5.10.3	主要参数	169
5.10.4	晶闸管的简易检测	169
5.10.5	晶闸管在汽车上的应用	170
	本章小结	171
	习题	171
第6章	数字电路及其应用	175
6.1	数制及其运算	175
6.1.1	常用数的表示方法	175
6.1.2	不同数制之间的相互转换	176
6.2	逻辑代数基础	177
6.2.1	逻辑代数的基本概念	177
6.2.2	逻辑代数的基本运算规则及应用	179
6.3	基本逻辑门电路	180
6.3.1	二极管与门电路	180
6.3.2	二极管或门	180



6.3.3	三极管非门	181
6.3.4	复合逻辑门电路	181
6.4	组合逻辑电路	182
6.4.1	设计方法	182
6.4.2	编码器	183
6.4.3	译码器	183
6.4.4	组合逻辑电路在汽车上的应用	186
6.5	触发器	187
6.5.1	基本 RS 触发器	187
6.5.2	同步 RS 触发器	188
6.5.3	JK 触发器	189
6.5.4	D 触发器	190
6.6	时序逻辑电路	191
6.6.1	寄存器	191
6.6.2	计数器	194
6.6.3	时序逻辑电路在汽车上的应用	196
6.7	模拟量与数字量的转换	198
6.7.1	模拟量与数字量的转换	198
6.7.2	模拟量与数字量的转换在汽车上的应用举例	200
6.8	集成数字电路在汽车上的应用	200
6.8.1	汽车前照灯电子变光器	200
6.8.2	发动机超温报警电路	201
6.8.3	夏利轿车空调系统电路	201
6.8.4	数字集成电路的使用常识	203
	本章小结	203
	习题	204
第7章	汽车电子技术应用	207
7.1	汽车常用传感器介绍	207
7.1.1	流量传感器	208
7.1.2	温度传感器	210
7.1.3	压力传感器	212
7.1.4	位置及速度传感器	214
7.1.5	氧传感器	218
7.1.6	爆燃传感器	219
7.1.7	碰撞传感器	222
7.2	汽车微型计算机控制系统组成和原理	223
7.2.1	传感器	224
7.2.2	汽车电子控制单元(ECU)	224
	本章小结	228

习题	229
附录 技能训练	230
技能训练一 汽车专用万用表的使用	230
技能训练二 三相四线制供电及负载的连接	233
技能训练三 汽车点火线圈和电容器的检测与实验	235
技能训练四 电磁式电压调节器的检测与实验	237
技能训练五 汽车电喇叭的检测	238
技能训练六 变压器的简单测试	239
技能训练七 汽车交流发电机的拆装与检测	241
技能训练八 起动机用直流电动机的拆装与检测	245
技能训练九 半导体二极管和三极管的简单测试	249
技能训练十 单管交流放大电路	251
技能训练十一 晶体管电压调节器的检测	253
技能训练十二 计数器、译码器和显示器	255
技能训练十三 汽车水温和进气温度传感器的检测	259
参考文献	261

上篇

电工技术

第1章

直流电路

学习目标:

了解电路的组成和作用及电路中基本物理量的概念;掌握电路的三种工作状态及电压、电流、功率关系;熟悉电阻元件、电容元件、电感元件的分类、主要参数和特性;掌握欧姆定律和基尔霍夫定律并能熟练运用;熟悉电压源和电流源及其等效电路;会用支路电流法、叠加原理和戴维南定理分析电路。

1.1 电路及其基本物理量

1.1.1 电路的组成及作用

电路就是电流所流过的路径,是人们为了某种需要,将某些电工电子器件或设备按某种方式连接而成的。图 1-1 所示电路为汽车上的照明电路图。图 1-2 所示电路为倒车信号系统的工作电路。

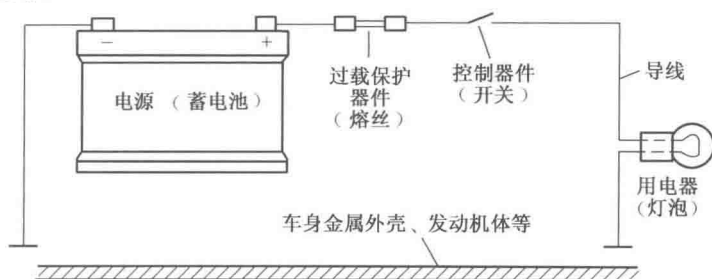


图 1-1 汽车照明电路

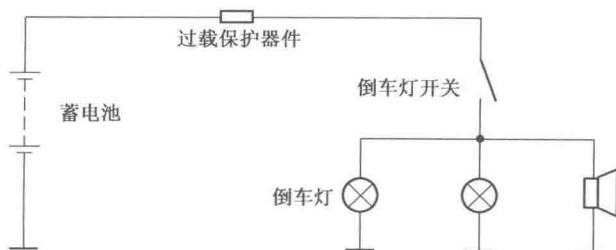


图 1-2 倒车信号系统的工作电路



从图 1-1 和图 1-2 两个电路来看,虽然构成电路的电气装置种类不同,但电路都是由电源、负载和中间环节(开关、导线)3 个基本部分组成的。其作用:一是输送和转换电能;二是传递和处理信息。即电路由蓄电池(电源)、灯泡(负载)和开关及导线(中间环节)组成。其中,电源用电源电动势 E 及其内阻 r_0 串联来表示,灯泡用电阻 R_L 表示。电源是提供电能的装置,如汽车交流发电机和蓄电池等,它们分别把机械能和化学能转换为电能。汽车蓄电池电压通常为 12V(每个单格电压为 2V)。汽油发动机车电气系统的电压为 12V,柴油发动机车电气系统的电压为 24V。负载是耗用电能的装置,例如汽车上的电动机把电能转换成机械能,照明灯把电能转换成为光能等。中间环节包括导线、开关、熔丝等,它们是连接电源和负载的部分,起传输、控制和分配电能的作用。

电路是由实际的电路元件连接组成的。在画这些实际电路图(图 1-3(a))时,没有必要去根据实物画较为复杂的图,通常是用简化电器元件的图形符号来表示实物的。由电器元件的图形符号构成的图叫做电路图,如图 1-3(b)所示。

电源和用电设备之间用两根导线构成回路,这种连接方式称为双线制。在汽车上,电源和用电设备之间通常只用一根导线连接,另一根导线则由车体的金属机架作为另一公共“导线”而构成回路,这种连接方式称为单线制。由于单线制导线用量少,且线路清晰,安装方便,因此广为现代汽车采用,如图 1-3 所示。采用单线制时,蓄电池的一个电极须接至车架上,称为“搭铁”,用符号“ $\perp$ ”表示。若蓄电池的负极与车架相接,称为“负极搭铁”,反之称为“正极搭铁”。由于负极搭铁时对无线电干扰较小,因此,现在世界各国的汽车采用负极搭铁的较多。我国生产的汽车按机械工业部标准 GB 2261—77《汽车、拖拉机用电设备技术条件》的规定,已统一为负极搭铁。

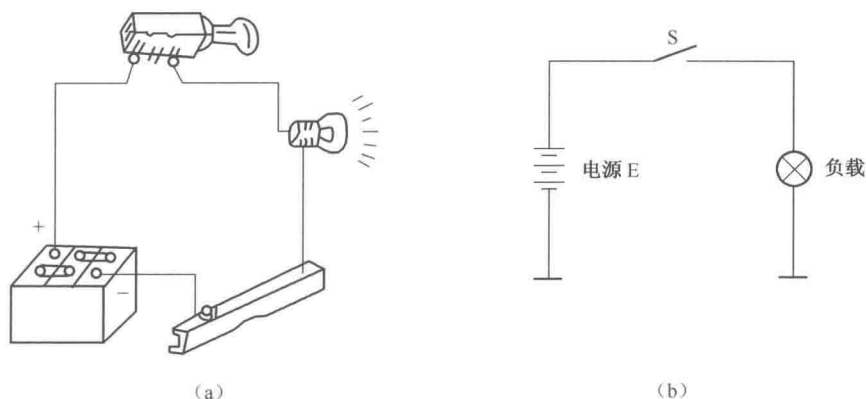


图 1-3 汽车电路单线制

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

电流是由电荷的定向移动而形成的。金属导体中的电流,是自由电子在电场力作用下运动而形成的。电流不仅有大小,而且有方向。

电流的大小用电流强度来表示,如果电流的大小和方向均不随时间变化,这种电流称为恒定电流,简称直流。对于直流,单位时间内通过导体横截面的电量叫做电流强度,简称电流,用 I 表示,即

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

电流的单位为安培,简称安,用大写字母 A 表示,若一秒钟内通过导体横截面的电量是 1 库仑(C),则此时导体中的电流为 1 安培(A)。

电流的单位还有毫安(mA)和微安(μA)。 $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ 。

如果电流的大小和方向随时间变化,那么此电流称为交流电流,用小写字母 i 表示。如日常生活中的照明电路所用的即为正弦交流电流。

汽油汽车发动机起动电流为 200~600A,有的柴油汽车发动机起动电流可达 1000A。

2. 电位和电压

在汽车电路中,通常采用单线制供电,即用汽车底盘、车架和发动机等金属作为公用导线(称为搭铁)。在分析计算某种电路或维修汽车电路时,通常把电路的某一点作为参考点,并规定其电位等于零。电路中某一点的电位就是该点到参考点(零电位点)的电压。通常规定电气设备的机壳及电路中许多元件汇集在一起的公共点为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示。比参考点高的电位为正值,比参考点低的电位为负值。电位的单位为伏特,简称伏(V)。

在电路中,由于电源的作用,电场力把正电荷从 A 点移到 B 点所做的功 W_{AB} 与正电荷的电量 Q 的比值称为 A、B 两点间的电压,用 U_{AB} 表示。

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-2)$$

电场力所做的功 W_{AB} 等于正电荷在 A 点的电位能 W_A 与在 B 点的电位能 W_B 的差,即

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} = \frac{W_A}{Q} - \frac{W_B}{Q} = U_A - U_B \quad (1-3)$$

由电压的定义可知,A、B 两点之间的电压,就是该两点之间的电位差,所以电压也称电位差。

电压的单位亦是伏特,简称伏(V),较大的电压用千伏(kV)表示,较小的电压用毫伏(mV)表示。 $1\text{kV} = 10^3\text{V}$, $1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$ 。

电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点,即由“+”极性指向“-”极性。因此在电压的方向上电位是逐渐降低的。

电压的方向可用双下标表示(如 U_{AB} 、 U_{BC} 等),也可用箭头表示,箭头的起点代表高电位点,终点代表低电位点。

注意:电位和电压是有区别的,电位是相对值,与参考点的选择有关;电压是绝对值,与参考点的选择无关。

3. 电动势

电源电动势是表示电源内非静电力做功能力的物理量。在电源内部,电源力(外力)把正电荷从负极移到正极所做的功 W_E 与正电荷电量 Q 的比值,称为该电源的电动势,用 E 表示,即

$$E = \frac{W_E}{Q} \quad (1-4)$$

电动势的单位是伏特(V)。电动势的实际方向为电源的负极指向正极,与电源电压的



实际方向相反,用箭头或正、负极表示,如图 1-4 所示。

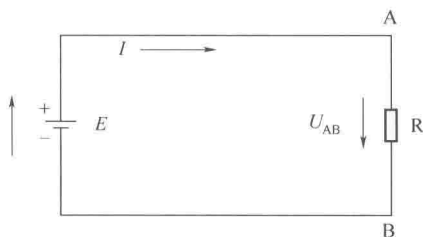


图 1-4 电动势和电压方向

4. 电流、电压和电动势的参考方向

通常规定电流的实际方向是正电荷运动的方向;电压的实际方向是由高电位指向低电位;而电源电动势的实际方向是由电源负极(低电位)指向正极(高电位)。

在分析电路时,往往事先难以判断电流、电压的实际方向,为了分析和计算的方便,可任意假定一方向作参考方向或称正方向,当电流(或电压)的实际方向与参考方向一致时,计算结果为正值,反之计算结果为负值。例如在图 1-5 所示的电路中,在电流标定参考方向下, $I=-4\text{A}$,说明电流的实际方向与参考方向相反。

只有在电压、电流参考方向设定之后,其正负才有意义。电压的参考方向可用“+”、“-”极性符号表示,如图 1-6 所示,“+”表示高电位端,“-”表示低电位端,也可用箭头符号表示,在图 1-6 中电压 U 箭头所指的方向表示电位降低的方向。

一个元件或一段电路上电压和电流的参考方向可以任意设定。通常取电压和电流的参考方向一致,称为关联参考方向,简称关联方向,如图 1-6 所示。如不特别说明,本书在电路图中所标的电流、电压和电动势的方向都是参考方向。

当汽车蓄电池向外供电(即放电)时,其电压与电流的实际方向相反,蓄电池处于电源状态;而当发电机给蓄电池充电时,其电压与电流的实际方向相同,蓄电池处于负载状态。

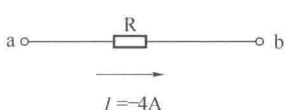


图 1-5 电流的参考方向

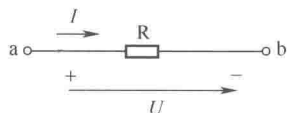


图 1-6 电压和电流的关联方向

5. 电能与电功率

电流流过灯泡,灯泡会发光;电流流过电炉丝,电炉丝会发热;电流流过电动机,电动机运转。这些都说明电流通过电气设备时做了功,消耗了电能,我们把电气设备在工作时消耗的电能(也称为电功)用 W 表示。

电功的计算公式为

$$W = UIt \quad (1-5)$$

式中: W 为电功(J); U 为电压(V); I 为电流(A); t 为时间(s)。

在生产与生活中电能常用千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)作为单位,俗称度。千瓦时与焦耳的关系是

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1 \times 10^3 \text{ W} \times (60 \times 60) \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ W} \cdot \text{s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

电气设备在单位时间内消耗的电能称为电功率,简称功率,用 P 表示,即

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-6)$$

电功率的单位是瓦特,简称瓦(W)。

例 1-1 已知汽车前照灯远光灯丝的额定功率为 50W,电源电压为 12V,求通过灯丝的电流。

解 根据电功率公式 $P=UI$ 得

$$I = \frac{P}{U} = \frac{50}{12} = 4.17\text{A}$$

例 1-2 某一电冰箱工作电压 220V,测得其电流为 0.5A,若每天工作 12h,问每个月(30 天)要耗电多少度?

解 根据题意得知

$$U=220\text{V}, I=0.5\text{A}, t=12\times 30=360\text{h}$$

则电能

$$W=UIt=220\times 0.5\times 360=39\,600(\text{W}\cdot\text{h})=39.6(\text{kW}\cdot\text{h})=39.6(\text{度})$$

即电冰箱每月耗电为 39.6 度。

1.1.3 电路的工作状态

电路的工作状态有 3 种,即有载(负载)、开路(断路)与短路。

1. 通路(闭路)

通路就是电源和负载构成回路,如图 1-7 所示。图中 E 是电源电动势, r_0 是电源内阻, R 是负载, S 是开关(正处于接通状态),此时电路中有电流通过。电源的输出电压称为端电压。不计导线的电阻,则电源的端电压是负载的电压。

2. 断路(开路)

断路就是电源和负载未构成闭合回路,如图 1-8 所示。此时电路中无电流通过,负载上也没有电压,电源的端电压(称为开路电压)等于电源电动势,即

$$I=0, U_0=E$$

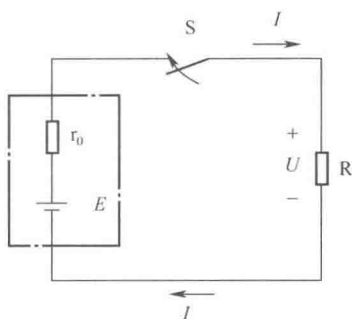


图 1-7 通路

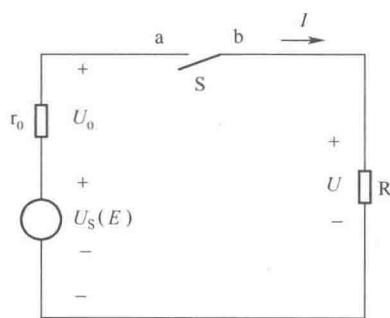


图 1-8 断路

3. 短路

短路就是电源未经负载而直接由导线接通构成闭合回路,如图 1-9 所示。导线将 c、d 间短路,此时电流不经过负载而由短路点构成回路,负载 R 上没有电压,负载电流 I_R 为 0,即

$$U=0, I_R=0$$

当电源两端被短路时,由于负载电阻为零,电源的内阻 r_0 一般又较小,因此电源将提供