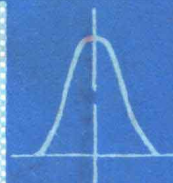


计量技术丛书

# 计量电学基础

陕西机械学院 许开君 夏道智 编  
陈素明 许泽鹏

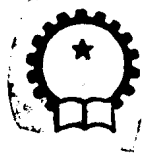


机械工业出版社

计量技术丛书

# 计量电学基础

陕西机械学院 许开君 夏道智 编  
陈素明 许泽鹏



机械工业出版社

## 内 容 简 介

本书较详细地阐述了电路和电子技术的基本概念、基本原理和基本分析方法。全书共有十一章,内容包括:直流电路及电路的基本分析方法,正弦交流电路,三相正弦交流电路,变压器,晶体二极管及整流电路,晶体管及其基本放大电路,直流放大器和集成运算放大器,正弦波振荡电路,数字电路的基础知识,基本逻辑门电路,触发器及逻辑部件。书中编有较多的例题,各章后都附有较多的思考题与习题,以供读者参考。

本书可作为中等以上文化程度的在职计量技术和管理人员自学和函授教材,或有关培训班教材。也可作为大专院校有关专业的教材和参考书。

计量技术丛书

(第三分册)

### 计 量 电 学 基 础

陕西机械学院 许开君 夏道智 编  
陈素明 许泽鹏

责任编辑: 贡克勤

封面设计: 田淑文

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

通县曙光印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $19^{3/4}$ ·字数 473 千字

1987年11月北京第一版·1987年11月北京第一次印刷

印数00,001—10000·定价: 4.70元

统一书号: 15033·6561H

## “计量技术”丛书编委会

**主 编：**柏永新

**副主编：**唐家驹 童 竞

**编 委：**（按姓氏笔划为序）

冯炳华	任金铭	刘毓兰
许开君	许泽鹏	李 信
李大成	李斌之	李福利
陈素明	林霁栋	杨国珍
杨致忠	赵瑞生	赵念念
柏永新	高宗海	郭桂珊
夏道智	唐家驹	童 竞
傅庭和	穆志坚	

## 序 言

我国社会主义四个现代化建设事业的蓬勃发展，要求加快现代化计量科学技术的发展。同时，计量科学技术的进步又有力地促进我国各行业、企业进行的技术改造，使它们尽快地转到现代化技术和现代化管理的基础上来。因此，为了满足各行业、各部门对具有现代计量科学知识的人才的需要，加速人才培养，并提高现有企事业单位计量测试人员的技术水平，我们在陕西机械学院领导的鼓励和支持下，组织我院精密仪器工程系和自动控制系具有丰富教学实践经验的二十名教师，并聘请了陕西省计量局具有丰富工作经验的工程师编写了这套“计量技术”丛书。考虑到计量科学是一门基础性的应用科学，涉及的专业学科有十大类一百四十多项，其内容十分丰富，丛书不可能面面俱到，全面论述。按多数计量测试工作的实际需要，我们编写的丛书比较全面地论述了计量测试中所遇到的机械学，光学，电学和误差理论与数据处理等方面的基础知识，并对长度、温度、力学、电磁和理化等五个方面计量的各种原理、方法和应用基本进行了系统地阐述。这套丛书共包括以下九个分册：

1. 计量机械基础(第一分册)
2. 计量光学基础(第二分册)
3. 计量电学基础(第三分册)
4. 测量数据处理(第四分册)
5. 长度计量技术(第五分册)
6. 温度计量技术(第六分册)
7. 力学计量技术(第七分册)
8. 电磁计量技术(第八分册)
9. 理化计量技术(第九分册)

这套丛书是针对具有中等以上文化程度的在职计量技术和管理人员而编写的，可作为他们的自学和函授教材或有关培训班教材，也可作为大专院校有关专业的教材或参考书。

由于我们水平有限，丛书可能存在不少缺点和错误，我们衷心欢迎广大读者批评指正。

“计量技术”丛书编委会

1987.7

## 前 言

“计量电学基础”是“计量技术”丛书的第三分册，本分册是在多年计量专业教学实践的基础上编写而成，内容包括：直流电路及电路的基本分析方法，正弦交流电路，三相正弦交流电路，变压器，晶体二极管及整流电路，晶体管及其基本放大电路，直流放大器和集成运算放大器，正弦波振荡电路，数字电路的基础知识，基本逻辑门电路，触发器及逻辑部件。

在编写过程中，根据计量专业的需要，并考虑到科学技术的迅速发展进行内容的组织。着重于基本概念、基本原理和基本分析方法的阐述，适当增强了模拟集成电路和数字集成电路的内容。力求内容深入浅出，文字通顺流畅，便于自学。书中编有较多的例题，每章后都附有较多的思考题与习题，以供读者参考。书中打\*号处为加深加宽的参考内容。

“计量电学基础”分册由许开君组织内容，并定稿、统稿，由穆志坚主审。全书共有十一章，第一、二章由陈素明编写，第三、四、五章由夏道智编写，第六、七、八章由许开君编写，第九、十、十一章由许泽鹏编写。

由于我们水平所限，书中难免存在缺点和错误，衷心希望广大读者批评指正。

编 者

1987年7月

# 目 录

<b>第一章 直流电路及电路的基本分析方法</b> .....	<b>1</b>
§ 1-1 电路的组成及其基本物理量.....	1
一、电路的基本组成部分.....	1
二、电路中的基本物理量.....	1
§ 1-2 电压源及电流源.....	5
一、电压源.....	6
二、电流源.....	6
§ 1-3 电路的状态.....	7
一、开路.....	7
二、短路.....	7
三、有载状态.....	8
§ 1-4 电路的基本定律.....	9
一、欧姆定律.....	9
二、克希荷夫定律.....	10
§ 1-5 电路的联接.....	13
一、串联电路.....	13
二、并联电路.....	15
三、串并联电路.....	16
四、电桥电路.....	17
§ 1-6 支路电流法.....	19
§ 1-7 叠加原理.....	20
§ 1-8 戴维南定理.....	22
§ 1-9 电容器的充电和放电.....	24
一、电容器.....	24
二、电容器的充电过程.....	25
三、电容器的放电过程.....	27
思考题与习题.....	27
<b>第二章 正弦交流电路</b> .....	<b>34</b>
§ 2-1 正弦交流电的特征与表示方法.....	34
一、周期和频率.....	34
二、初相位与相位差.....	35
三、幅值(最大值)及有效值.....	37
§ 2-2 正弦量的矢量表示法和相量表示法.....	38
一、正弦量的旋转矢量表示法.....	39
二、正弦量的相量表示法.....	40
§ 2-3 单一元件的交流电路.....	44
一、电阻电路.....	44

二、电感电路 .....	47
三、电容电路 .....	51
§ 2-4 $RLC$ 串联的交流电路 .....	53
一、电压与电流关系 .....	54
二、功率关系 .....	55
三、串联谐振 .....	57
§ 2-5 电感性负载与电容并联的电路 .....	59
一、电压与电流的关系 .....	59
二、电路的功率 .....	61
三、并联谐振 .....	62
§ 2-6 功率因数的提高 .....	64
一、提高功率因数的重要意义 .....	64
二、提高功率因数的方法 .....	64
* § 2-7 非正弦周期电流电路的概念 .....	66
思考题与习题 .....	68
<b>第三章 三相正弦交流电路</b> .....	<b>74</b>
§ 3-1 三相电源 .....	74
一、概述 .....	74
二、三相电动势的产生 .....	74
三、发电机三相绕组的星形接法 .....	75
§ 3-2 三相负载 .....	78
一、三相负载的星形接法 .....	78
二、三相负载的三角形接法 .....	78
§ 3-3 三相电路的计算 .....	79
一、三相不对称负载的星形接法 .....	79
二、三相对称负载的星形接法 .....	81
三、三相不对称负载的三角形接法 .....	82
四、三相对称负载的三角形接法 .....	83
思考题与习题 .....	84
<b>第四章 变压器</b> .....	<b>85</b>
§ 4-1 电磁学的基本物理量 .....	85
一、磁感应强度 .....	85
二、磁通 .....	86
三、磁导率、磁场强度 .....	86
§ 4-2 磁性材料的磁性能和磁损耗 .....	87
§ 4-3 变压器的构造 .....	89
§ 4-4 变压器的工作原理 .....	90
一、变压器空载运行 .....	90
二、变压器带负载运行 .....	92
§ 4-5 变压器的作用 .....	93
一、变换电压的作用 .....	93
二、变换电流的作用 .....	93



三、变换阻抗的作用 .....	94
§ 4-6 变压器的路牌与额定值 .....	94
一、原绕组的额定电压 $U_{1n}$ .....	94
二、副绕组的额定电压 $U_{2n}$ .....	95
三、原绕组的额定电流 $I_{1n}$ .....	95
四、副绕组的额定电流 $I_{2n}$ .....	95
五、额定容量 $S_n$ .....	95
六、温升 .....	95
§ 4-7 单相变压器绕组的极性 .....	95
思考题与习题 .....	96
<b>第五章 晶体二极管及整流电路</b> .....	<b>98</b>
§ 5-1 PN结 .....	98
一、P型半导体和N型半导体 .....	98
二、PN结的形成 .....	100
三、PN结的单向导电特性 .....	101
§ 5-2 晶体二极管 .....	102
一、结构与符号 .....	102
二、伏安特性曲线 .....	102
三、主要参数 .....	103
§ 5-3 单相整流电路 .....	103
一、单相半波整流电路 .....	104
二、单相全波整流电路 .....	105
三、单相桥式整流电路 .....	106
§ 5-4 滤波电路 .....	108
一、电容滤波电路 .....	109
二、电感滤波电路 .....	111
三、倒L型滤波电路 .....	111
四、 $\pi$ 型滤波电路 .....	112
§ 5-5 稳压管及其稳压电路 .....	112
一、稳压管 .....	112
二、稳压管稳压电路 .....	114
思考题与习题 .....	116
<b>第六章 晶体管及其基本放大电路</b> .....	<b>118</b>
§ 6-1 晶体管 .....	118
一、结构特点 .....	118
二、载流子的运动规律及电流分配 .....	118
三、共发射极接法的特性曲线 .....	120
四、主要参数 .....	122
五、参数与温度的关系 .....	124
§ 6-2 基本放大电路的组成及其工作原理 .....	125
§ 6-3 放大电路的主要参数 .....	127
一、放大倍数 .....	128

二、输入电阻 .....	128
三、输出电阻 .....	128
§ 6-4 放大电路的近似计算法 .....	129
一、静态计算 .....	129
二、动态计算 .....	129
§ 6-5 基本放大电路的图解法 .....	130
一、静态分析 .....	130
二、动态分析 .....	132
三、用图解法分析电压放大倍数及失真情况 .....	134
§ 6-6 放大电路的微变等效电路分析法 .....	136
一、晶体管的小信号模型 .....	136
二、应用晶体管的小信号模型分析放大电路 .....	137
§ 6-7 稳定静态工作点的典型电路 .....	138
§ 6-8 共集电极放大电路 .....	142
一、静态分析 .....	142
二、动态分析 .....	142
三、射极输出器的应用 .....	143
§ 6-9 阻容耦合多级放大电路 .....	146
一、静态分析 .....	146
二、动态分析 .....	147
§ 6-10 负反馈放大电路 .....	148
一、反馈的概念 .....	148
二、负反馈的类型 .....	148
三、放大电路中反馈的判别 .....	151
四、负反馈放大电路放大倍数的一般表达式 .....	154
五、负反馈对放大电路性能的影响 .....	155
§ 6-11 功率放大电路 .....	156
一、功率放大电路的特点及其工作方式 .....	156
二、变压器耦合的单管功率放大电路 .....	157
三、无变压器的功率放大电路 .....	158
四、复合晶体管和准互补对称功率放大电路 .....	162
思考题与习题 .....	164
<b>第七章 直流放大器和集成运算放大器 .....</b>	<b>170</b>
§ 7-1 直接耦合放大电路的一般问题 .....	170
一、直接耦合电路级间静态工作点配置问题 .....	170
二、零点漂移及其危害 .....	172
三、产生零漂的主要原因及解决零漂的办法 .....	173
§ 7-2 差动放大电路 .....	174
一、基本差动放大电路 .....	174
二、典型差动放大电路 .....	177
三、具有恒流源的差动放大电路 .....	180
四、差动放大电路的输入输出方式 .....	181

§ 7-3 集成运算放大器	185
一、集成运算放大器的简单介绍	185
二、运算放大器的基本运算电路	188
三、电压比较电路	194
§ 7-4 集成稳压电路	194
一、串联式稳压电路	194
二、集成稳压电路	195
三、集成稳压电路的主要参数	197
思考题与习题	198
<b>第八章 正弦波振荡电路</b>	<b>202</b>
§ 8-1 概述	202
一、正弦波振荡的条件	202
二、振荡的建立	203
§ 8-2 RC振荡电路	204
一、RC串并联选频电路	204
二、桥式RC振荡电路	204
三、用集成运算放大器构成的桥式RC振荡电路	206
§ 8-3 LC振荡电路	206
一、变压器反馈式振荡电路	206
二、电感反馈式振荡电路	208
三、电容反馈式振荡电路	208
思考题与习题	210
<b>第九章 数字电路的基础知识</b>	<b>213</b>
§ 9-1 脉冲波形及其主要参数	213
§ 9-2 二极管和晶体管的开关特性	214
一、二极管的开关特性	215
二、晶体管的开关特性	215
§ 9-3 数字电路常用的计数制	219
一、十进制	219
二、二进制	219
三、十六进制	220
四、二十进制	221
五、数制间的转换	221
思考题与习题	222
<b>第十章 基本逻辑门电路</b>	<b>224</b>
§ 10-1 基本逻辑门电路	224
一、“与”、“或”、“非”三种基本逻辑关系	224
二、二极管“与”门	225
三、二极管“或”门	226
四、晶体管“非”门	227
五、二极管—晶体管“与非”门	229
§ 10-2 晶体管—晶体管“与非”逻辑门电路	230

一、TTL“与非”门的逻辑功能	231
二、TTL“与非”门的电压传输特性	233
三、TTL“与非”门的主要参数	233
§ 10-3 门电路的其他类型	235
一、集电极开路“与非”门	235
二、三态逻辑门	236
三、“异或”门	238
§ 10-4 逻辑代数和逻辑表达式的化简	238
一、逻辑变量	238
二、基本逻辑运算	239
三、逻辑代数的基本定理和运算法则	239
四、逻辑表达式的化简	241
§ 10-5 逻辑门电路的组合	246
一、逻辑门电路的分析	246
二、组合逻辑门电路的设计	248
思考题与习题	250
第十一章 触发器及逻辑部件	256
§ 11-1 R—S触发器	256
一、基本R—S触发器	256
二、同步可控R—S触发器	257
三、计数式R—S触发器	259
§ 11-2 主从型J—K触发器	260
一、主从触发器	260
二、主从J—K触发器	261
§ 11-3 维持阻塞型D触发器	263
§ 11-4 触发器逻辑功能的转换	265
一、J—K触发器转换为D触发器	265
二、J—K触发器转换为T'触发器和T触发器	265
三、D触发器转换为T'触发器和T触发器	266
四、D触发器转换为J—K触发器	266
§ 11-5 寄存器	267
一、数码寄存器	267
二、移位寄存器	269
§ 11-6 计数器	271
一、二进制计数器	271
二、十进制计数器	275
三、可逆计数器	278
四、其他进制计数器	279
§ 11-7 译码、显示电路	282
一、辉光数码管译码显示电路	282
二、荧光数码管译码显示电路	284
思考题与习题	286

附录	.....	291
附录一	国际单位制 (SI)、静电单位制 (CGSE) 和电磁单位制 (CGSM) 之间的关系.....	291
附录二	常用导电材料的电阻率和电阻温度系数 .....	291
附录三	国际单位制 (SI) 的词头 .....	292
附录四	半导体器件型号命名方法 (国家标准 GB249—64) .....	292
附录五	常用半导体器件的参数 .....	293
附录六	国产半导体集成电路型号命名方法 .....	297
附录七	部分半导体集成电路产品国内外型号对照 .....	298
附录八	几种国产集成运算放大器参数规范表 .....	301
附录九	集成稳压组件参数表 .....	302
附录十	集成功率组件5G31的主要参数.....	302
参考文献	.....	303

# 第一章 直流电路及电路的基本分析方法

本章从最基本的直流电路入手，讨论电路的基本概念，基本联接方式、工作状态，基本定律、基本分析方法等，这些都具有普遍的适用意义，贯穿《计量电学基础》的全部内容，是进一步学习电机、电器和电子技术的共同基础，地位十分重要。

## § 1-1 电路的组成及其基本物理量

### 一、电路的基本组成部分

电路就是形成电流的通路。其作用之一是进行电能与其它形式能量之间的转换。不管电路的具体形式如何变化，也不管有多么复杂，电路都是由一些最基本的部分组成。例如在日常生活中最常用的手电筒电路（如图 1-1a 所示），就是一个最简单的电路，它是由电池、开关、导线、小灯泡组成的。当开关闭合后，就形成电流的通路，灯泡就会发光。



图1-1 手电筒电路

可见构成一个电路至少需要有三个基本部分

#### 1. 电源

电源内部具有推动电流流动的原动力，是电路中的能源。干电池、蓄电池和发电机，都是常用的电源，它们能够把其他形式的能量（如化学能、机械能等）转变成电能。

#### 2. 负载

负载即用电设备，是指取用电能的设备。如图 1-1a 中的灯泡就是负载。实际常用的负载有电炉（电能转换成热能）、电动机（电能转换成机械能）、电灯（电能转换成热能和光能）等。

#### 3. 联接导线

导线把电源和负载联接成一个闭合回路，用以传导电流输送电能。常用的导线是用铜或铝做成的。

图 1-1a 那样的实物电路，看起来易懂，但画起来太麻烦，又没有突出电路的本质。因此常用符号来表示各种电路元件，画成一个电路图。例如，在直流电路中的负载：白炽灯、电阻炉……的基本性质是电阻性质，因此它们可用电阻符号表示，并标以“R”。一般直流电源的符号如图 1-1b 中所示。前面提到的手电筒电路表示在图 1-1b 中。

### 二、电路中的基本物理量

既然电路的作用是进行电能与其它形式能量之间的相互转换的，那么，就必须用一些物理量来表示电路的状态及电路各部分之间能量转换的相互关系，以便分析、计算。这些物理量主要是电流、电位、电压和电动势。

1. 电流

当我们合上电源开关的时候，电灯就会发光，电炉就会发热，电动机就会转动。这是因为在电灯、电炉和电动机中有电流通过的缘故。电流虽然用肉眼看不见，但是可以通过它的各种表现，例如热效应（电炉的发热），电磁效应（电动机转动）等等而被人们所觉察。

什么叫做电流呢？在物理学中已经知道，金属导体中的自由电子在电场的作用下，会向电场强度的反方向移动。电荷的有规则的定向运动，就形成了电流。如图 1-2 所示在电场力的作用下，导线中自由电子作有规则的定向运动从而形成了电流。但是，长期以来，人们

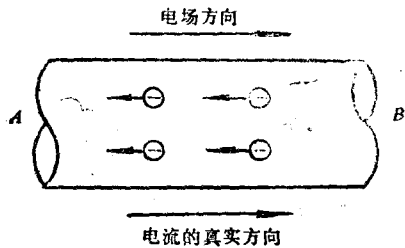


图1-2 电流的真实方向

习惯规定以正电荷的运动方向作为电流的方向。所以在AB导线中，电子运动的方向是由B向A，而电流的方向则是由A向B。这就是电流的真实方向或实际方向。

通常用每秒钟通过导线某一截面的电荷量(电量)的多少来衡量电流的强弱，叫做电流强度(简称电流)，用符号*I*表示。如果用符号*Q*表示通过导线某一截面的电量、*t*表示通过电量*Q*所用的时间，则得

$$I = \frac{Q}{t} \tag{1-1}$$

电流的单位是安培(简称安)，用符号A表示。如果每秒钟有一库仑的电量通过导线的某一截面，这时的电流就是1安培，即

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}}$$

电流很小时，常用毫安(mA)或(μA)作单位，它们的关系是：

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

如上所述，习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向(实际方向)。电流的方向是客观存在的。但在分析较为复杂的直流电路时，往往难于事先判断某支路中电流的实际方向；对交流讲，其方向随时间而变，也无法用一个箭头来表示它的实际方向。为此，在分析与计算电路时，先任意选定某一方向作为电流的正方向，或称为参考方向。所选的电流的正方向并不一定与电流的实际方向一致。当电流的实际方向与正方向一致时，则电流为正值(图 1-3a)；反之，当电流的实际方向与其正方向相反时，则电流为负值(图 1-3b)。因此，

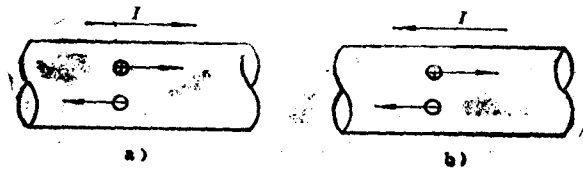


图1-3 电流的正方向

在正方向选定之后，电流之值才有正负之分。

本书中电路图上所标的电流方向都是正方向。

## 2. 电压与电位

### (1) 电压

如上所述，电荷在电场力作用下作定向运动形成电流，在这个过程中，电场力推动电荷运动做功。为了表示电场力对电荷做功的本领，我们引入了“电压”这个物理量。

在图1-4所示的电路中，设正电荷 $dq$ 从 $A$ 运动到 $B$ 时，电场力做的功是 $dW$ ，则 $A$ 、 $B$ 两点之间的电压（用 $u_{AB}$ 表示）为

$$u_{AB} = \frac{dW}{dq}$$

从数值上看， $A$ 、 $B$ 之间的电压就是电场力把单位正电荷从 $A$ 移动至 $B$ 时所做的功。在国际单位制中，正电荷的单位是库仑（C），功的单位是焦耳（J），电压的单位是伏特（V）。计量微小的电压时，则以毫伏（mV）或微伏（ $\mu$ V）为单位，计量高电压时，则以千伏（kV）为单位。

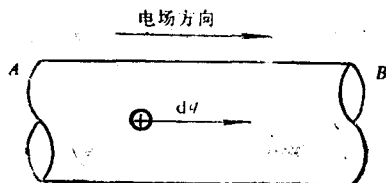


图1-4 电压的概念

### (2) 电位

在分析和计算电路时，特别是在电子技术中，常常将电路中的某一点选作参考点，于是电路中其它任何一点与参考点之间的电压便是该点的电位。例如在图1-5所示的电路中若选择 $c$ 点为参考点，则

$$V_c = 0$$

$$V_a = U_{ac}$$

$$V_b = U_{bc}$$

$$V_d = U_{dc}$$

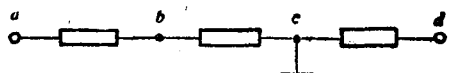


图1-5 电位

电路确定后，电路中各点之间的电压是一定的，而各点的电位则是相对的，它要根据参考点而定。只有在参考点选定以后，电路中各点的电位才有确定的数值。

原则上，参考点可以任意选择，但为了统一起见，工程上常常选大地为参考点。机壳通常需要接地，就可以把机壳作为参考点，凡与机壳直接相联的各点电位均为零。有些电子设备、机壳虽不一定接地，但是许多元件需要接到某一公共线上，通常就把这一公共线选作参考点，称之为“地”，在电路图中用符号“ $\perp$ ”表示。

对于电位与电压这两个概念，我们既要看到它们之间的区别，又应看到两者在本质上是相同的。电路中某点的电位就是该点到参考点之间的电压。电路中两点之间的电压就是这两点的电位之差。例如在图1-5中选取 $c$ 点作为参考点，则 $a$ 、 $b$ 二点的电位分别是 $V_a$ 和 $V_b$ ， $a$ 、 $b$ 两点之间的电压 $U_{ab}$ ，就是 $(V_a - V_b)$ 。因此，电压又叫电位差。电压（电位差）与参考点的选择是无关的。



### (3) 电压正方向

电压的实际方向规定为由高电位端指向低电位端，即为电位降低的方向。和电流一样，在电路图上，所标的电压的方向也是正方向，电压是正值还是负值，视选定的正方向而定，如图 1-6 所示。例如，电压  $U_{AB}$  的正方向与实际方向一致，故  $U_{AB}$  为正值。而  $U_{BA}$  的正方向与实际方向相反，故  $U_{BA}$  为负值。

### 3. 电动势

电动势是表示电源性质的物理量。

在图 1-7 所示的一个完整电路中，在电源以外的部分电路，正电荷总是从电源正极流出，最后流回负极。就是从高电位点流向低电位点，这是电场力推动正电荷做功的结果。为了要在电路里保持持续的电流，就必须使正电荷从电源负极，经过电源内部移动到电源正极。

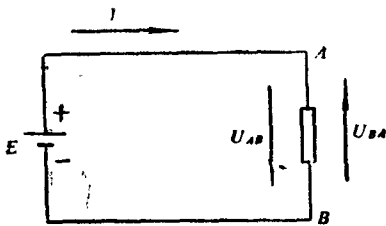


图1-6 电压和电流正方向

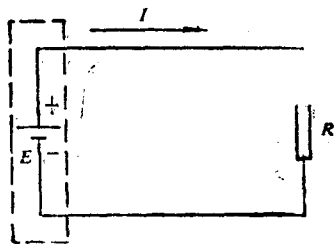


图1-7 电动势的作用

大家知道，在电源内部存在着某种非电场力，这些非电场力又叫电源力，它能把正电荷自电源负极移动到正极。在这个过程中，电源把其它形式的能量转换为电能。在电源内部电流从低电位点（负极）流向高电位点（正极），电源力做功，正电荷的电位能增加。在外电路，电流从高电位点流向低电位点，正电荷的电位能减少。为了表征电源内部电源力做功的能力，引入了电动势的概念。电动势在数值上等于电源力把单位正电荷从负极经电源内部运动到正极时所做的功。根据定义，知电动势的单位也是伏特。

因为电动势的作用是使正电荷自低电位点移到高电位点，使正电荷的电位能增加，所以规定电动势的真实方向是指向电位升高的方向，刚好与电压的真实方向相反。图 1-8 是直流

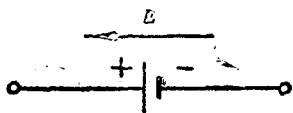


图1-8 电动势的真实方向

电源的表示符号，其正、负极分别用 +、- 标出，其电动势的真实方向也就随之确定了。和电流、电压一样，在电路图中所标的电动势的方向也是正方向。它们是正值还是负值，视选定的正方向而定，如图 1-9 所示。图中  $E$  的正方向与实际方向相同， $E = 10V$ ，是正值， $E$  的正方向与实际方向相反， $E = -10V$ ，是负值。



图1-9 电动势的正方向

例1-1 试求图1-10所示电路中的电位  $V_B$ 、 $V_A$  及电压  $U_{AB}$ 。

解 在图 1-10 中，电源的真实方向是确定的，用“+”、“-”表示，电源的负极接