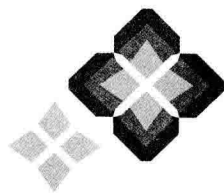


# 录音电子技术基础

刘晓飞 著

录音艺术专业「十二五」规划教材

中国传媒大学出版社



录音艺术专业“十二五”规划教材

# 录音电子技术基础

刘晓飞 著



中国传媒大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

录音电子技术基础, 刘晓飞著.  
—北京: 中国传媒大学出版社, 2015. 8  
(录音艺术专业“十二五”规划教材)  
ISBN 978-7-5657-0946-3

- I. ①录…  
II. ①刘…  
III. ①电子技术—应用—录音—高等学校—教材  
IV. ①TN912. 12-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 056248 号

## 录音艺术专业“十二五”规划教材 录音电子技术基础

---

著 者 刘晓飞  
责任编辑 曾婧娴  
装帧设计指导 吴学夫 杨 蕾 郭开鹤 吴 颖  
设计总监 杨 蕾  
装帧设计 刘 鑫 杨瑜静  
责任印制 曹 辉  
出 版 人 王巧林

---

出版发行 中国传媒大学出版社  
社 址 北京市朝阳区定福庄东街 1 号 邮编: 100024  
电 话 86-10-64450532 或 65450528 传真: 010-65779405  
网 址 <http://www.cucp.com.cn>  
经 销 全国新华书店

---

印 刷 北京艺堂印刷有限公司  
开 本 787mm × 1092mm 1/16  
印 张 18.25  
印 次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

---

书 号 ISBN 978-7-5657-0946-3/TN · 0946  
定 价 48.00 元

---

版权所有 翻印必究 印装错误 负责调换



## 中国传媒大学“十二五”规划教材编委会

---

主任：苏志武

编委：（以姓氏笔画为序）

王永滨 刘剑波 关玲 许一新 李伟  
李怀亮 张树庭 姜秀华 高晓虹 黄升民  
黄心渊 鲁景超 蔡翔 廖祥忠

## 录音艺术专业“十二五”规划教材编委会

---

主编：李伟

编委：王珏 雷伟 王鑫 朱伟 李大康



# 前 言

中国传媒大学录音系下设两个专业方向：音响工程和音响导演。其中，音响导演专业方向可以招收高中文科的学生。在多年教学活动中笔者发现，对于这些学生来讲，由于大学期间未系统地学习工科课程，如《大学物理》《电子线路》《通信与信息系统》等，因此与录音技术密切相关的一些电子技术基础知识的匮乏是导致他们在从事录音专业工作时遇到瓶颈的最大理论障碍。经过数年的教学尝试，《录音电子技术基础》一书应运而生。

《录音电子技术基础》最重要的特色是在每章电子技术理论学习部分之后，均有与该章电子技术理论相关的录音专业知识，便于相关专业学生理论联系实际，同时也可以拓宽学生的眼界和思路。例如通过学习本教材第九章“正弦交流电路”中纯电阻、纯电感和纯电容交流电路的学习，学生可以了解录音专业中的周边设备——均衡器、反馈抑制器的工作原理，以及音频播放系统——扬声器分频网络的工作原理，并会进行分频点的计算及根据分频点选取合适的电感和电容，从而进行高频和低频声音信号的转向输入输出设置。在中国传媒大学录音专业的夏季小学期（实践学期）中，就有一项实践内容是制作并安装扬声器系统，而本课程的学习恰好可以为该实践项目提供强有力的理论依据和支持。

同时，《录音电子技术基础》在编排上颇有新意，每章开头的“课程导入”和“课程目标”列出了本章的学习重点，使学生明确本章都涵盖哪些知识以及学习要求。学完一章后还可以进行自我检查，每一节后均有思考题来帮助学生复习时抓住重点。每章后面还附有“本章小结”，用于整理本章知识，帮助学生复习，建立知识结构。每章习题的编排均注意数量和难度适当，便于学生巩固知识。

《录音电子技术基础》主要以大专院校的音响导演专业的本科生为主要读者对象，同时也可供相关专业的本科生、从事声音节目制作的技术人员和音响爱好者参考。同时由于编者水平有限，本书中难免有遗漏和不当之处，衷心希望广大读者批评指正，以便在修订和出版新的内容时加以改正和充实。

刘晓飞

2015年2月30日



# 目 录

|     |                    |    |
|-----|--------------------|----|
| 第一章 | 电路的基本概念 .....      | 1  |
| 第一节 | 电与电荷 .....         | 2  |
| 第二节 | 电路的基本物理量 .....     | 5  |
| 第三节 | 电阻 .....           | 11 |
| 第四节 | 电路 .....           | 19 |
| 第五节 | 安全用电 .....         | 22 |
| 第二章 | 简单直流电路 .....       | 32 |
| 第一节 | 欧姆定律 .....         | 33 |
| 第二节 | 电功和电功率 .....       | 37 |
| 第三节 | 电流热效应和额定值 .....    | 39 |
| 第四节 | 功率匹配 .....         | 41 |
| 第五节 | 电能节约 .....         | 44 |
| 第三章 | 简单直流电路的分析与计算 ..... | 52 |
| 第一节 | 电池组 .....          | 53 |
| 第二节 | 电阻的串联 .....        | 55 |
| 第三节 | 电阻的并联 .....        | 60 |
| 第四节 | 电阻的混联 .....        | 65 |
| 第五节 | 常用仪表 .....         | 69 |
| 第六节 | 电阻的其它测量方法 .....    | 75 |
| 第七节 | 电路中各点电位的计算 .....   | 78 |

|     |                       |     |
|-----|-----------------------|-----|
| 第四章 | 复杂直流电路的分析与计算 .....    | 92  |
| 第一节 | 基尔霍夫定律 .....          | 93  |
| 第二节 | 支路电流法 .....           | 99  |
| 第三节 | 叠加原理 .....            | 100 |
| 第四节 | 两种电源模型的等效变换 .....     | 103 |
| 第五节 | 戴维宁定理 .....           | 107 |
| 第五章 | 电容 .....              | 122 |
| 第一节 | 电容器 .....             | 123 |
| 第二节 | 电容器的种类和参数 .....       | 127 |
| 第三节 | 电容器的连接 .....          | 132 |
| 第四节 | 电容器的充电和放电 .....       | 136 |
| 第五节 | 电容中的电场能量 .....        | 138 |
| 第六章 | 磁场和磁路 .....           | 152 |
| 第一节 | 电流的磁场与安培定则 .....      | 153 |
| 第二节 | 磁场的主要物理量 .....        | 157 |
| 第三节 | 磁场对通电导线的作用与左手定则 ..... | 160 |
| 第四节 | 铁磁性物质的磁化 .....        | 162 |
| 第五节 | 磁路 .....              | 166 |
| 第七章 | 电磁感应 .....            | 179 |
| 第一节 | 电磁感应现象 .....          | 180 |
| 第二节 | 感应电流的方向及楞次定律 .....    | 181 |
| 第三节 | 法拉第电磁感应定律 .....       | 185 |
| 第四节 | 电感及自感现象 .....         | 190 |
| 第五节 | 互感现象 .....            | 196 |
| 第六节 | 互感线圈 .....            | 199 |
| 第七节 | 涡流和磁屏蔽 .....          | 202 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第八章 正弦交流电 .....         | 213 |
| 第一节 正弦交流电的产生 .....      | 214 |
| 第二节 描述交流电的物理量 .....     | 218 |
| 第三节 正弦交流电的分析方法 .....    | 223 |
| 第九章 正弦交流电路 .....        | 232 |
| 第二节 纯电阻电路 .....         | 233 |
| 第二节 纯电感电路 .....         | 235 |
| 第三节 纯电容电路 .....         | 240 |
| 第四节 电阻、电感、电容的串联电路 ..... | 245 |
| 第五节 串联谐振电路 .....        | 248 |
| 第十章 信号与系统 .....         | 266 |
| 第一节 信号的基本知识 .....       | 267 |
| 第二节 信号的传输 .....         | 270 |
| 第二节 系统和网络 .....         | 273 |



# 第一章 电路的基本概念

## 本章要点■

第一节 电与电荷

第三节 电阻

第五节 安全用电

第二节 电路的基本物理量

第四节 电路

## 课程导入

电路是电工技术和电子技术的主要研究对象,了解和掌握录音专业中所涉及的各种音响器件和设备的原理及使用使用方法都离不开对电路的研究。本章是全书的开头篇,主要阐述了电路的基本知识、基本概念及电路的组成,从电路元件的作用、电路图组成的基本知识以及电路的三种工作状态入手,将介绍电、电荷、电流、电压、电位及电动势等基本物理量,同时也介绍安全用电的基本常识。只有牢固地掌握它们,才能更好地学习和理解后续各个章节的相关内容。

## 课程目标

1. 了解电路元件的作用,理解电荷和电荷量的基本概念。
2. 了解电路的基本概念、基本组成以及三种工作状态。
3. 理解电流产生的条件和电流的概念,掌握电流的基本计算公式。
4. 理解电压、电动势以及电流的参考方向(或称正方向)。
5. 掌握安全用电常识。

# 第一节 电与电荷

## 一、电

人们对于电的认识,最初来源于自然界的雷电现象和人为的摩擦起电现象。早在公元前585年,古希腊哲学家塞利斯已经发现了摩擦过的琥珀能吸引碎草等轻小物体。在我国的东汉时期,王充于《论衡》一书中提到“顿牟掇芥”等问题,所谓“顿牟”就是琥珀,“掇芥”意即吸引籽菜,就是说摩擦琥珀能吸引轻小物体。西汉末年,有关于“玳瑁吸细”的记载,以及“元始中(公元3年)……矛盾生火”,即金属制的矛的尖端放电的记载。晋朝(公元3世纪)还有关于摩擦起电引起放电现象的记载:“今人梳头,解着衣时,有随梳解结,有光者,亦有声。”<sup>①</sup>

在对电现象的早期研究中,最早进行系统研究的首推英国医生威廉·吉尔伯特,他在文章中说,随使用一种金属制成一个指示器……在这个指示器的另一端,移近一个轻轻摩擦过的琥珀或者光滑的磨擦过的宝石,这个指示器就会立即转动。他通过大量的实验驳斥了许多关于电的迷信说法,并且发现不仅摩擦过的琥珀有吸引轻小物体的性质,其他物质例如金刚石、水晶、硫黄、硬树脂、明矾等也有这种性质,他把这种性质称为电性。1660年,德国马德堡的盖利克发明了第一台摩擦起电机。他用硫黄制成形如地球仪的可转动物体,用干燥的手掌摩擦干燥的球体使之停止便可以获得电。盖利克的摩擦起电机经过不断改进,在静电实验中起到非常重要的作用。

18世纪中叶,电学实验逐渐普及,在法国和荷兰有不少人把电学实验进行公开表演,视其为一种娱乐活动。1731年,英国牧师格雷在实验中发现,由摩擦产生的电在玻璃和丝绸等物体上可以保持,而金属等物体虽然不能由摩擦而产生电,但却可以用金属丝把摩擦产生的电引出来,金属丝末端具有对轻小物体的吸引作用,第一次分清了导体和绝缘体的区别。1745年,德国牧师克莫斯托,尝试

<sup>①</sup> 参见百度百科“静电现象”词条。

用一根钉子把电引到瓶子里去，当他一手握瓶子、一手摸钉子时，受到了明显的电击。1746年，荷兰莱顿城莱顿大学的教授彼得·冯·穆欣布罗克无意中发现了同样的现象，用他自己的话说：“手臂和身体产生了一种无形的恐怖感觉，总之，我认为自己的命没了。”穆欣布罗克公布了自己意外的发现：把带电的物体放进玻璃瓶里，就可以把电保存起来。

综上所述，电是一种物质，也是一种客观存在的自然现象。

## 二、电荷与电荷量

两个不同材质的物体例如丝绸和玻璃棒，经过相互摩擦以后，都能够吸引羽毛、纸片等轻微物体。这表明两个物体经过摩擦以后处于一种特殊状态。我们把处于这种状态的物体称为带电体，带电体所携带的这种物质就被称为电荷，俗称“地电”。穆欣布罗克的上述发现，使电学史上第一个保存电荷的容器诞生了。它是一个玻璃瓶，瓶里瓶外分别贴有锡箔，瓶里的锡箔通过金属细杆跟金属棒连接，棒的上端是一个金属球，法国电学家诺莱特把这种能存储电荷的瓶子称为莱顿瓶（以穆欣布罗克所在大学的名称命名），这就是最初的以玻璃瓶为介质的电容器（详见第五章第一节），如图1-1所示。

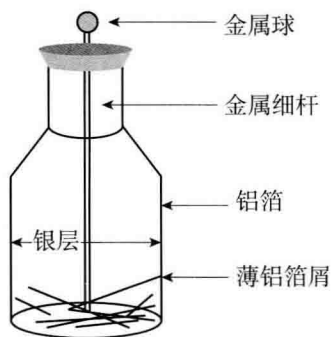


图1-1 自制莱顿瓶构造示意图

莱顿瓶很快在欧洲引起了强烈的反响，电学家们不仅利用它作了大量的实验，而且作了大量的示范表演，有人用它来点燃酒精和火药。其中最壮观的是诺莱特在巴黎一座大教堂前的表演，诺莱特邀请了路易十五的皇室成员现场观看莱顿瓶的表演，他让700名修道士手拉手排成一行，队伍全长达900英尺（约275米），如图1-2(a)所示。然后，诺莱特让排头的修道士用手握住莱顿瓶，让排尾的修道士握住瓶子的引线，一瞬间，700名修道士，因受电击几乎同时跳起来，在场的人无不为之目瞪口呆，诺莱特以令人信服的证据向人们展示了电荷的巨大威力，如图1-2(b)所示。

莱顿瓶的发明使物理界第一次有办法得到很多电荷，并对其性质进行研究。1746年，英国伦敦的物理学家柯林森，通过邮寄向美国费城的本杰明·富兰克林赠送了一只莱顿瓶，并在信中向他介绍了使用方法，这让富兰克林于1752年顺利完成了著名的费城实验。富兰克林用风筝将“天电”（即雷电）引了下来，把天电收集到莱顿瓶中，从而弄明白了“天电”和日常生活中因为摩擦等原因产生的“地电”原来是一回事，都是客观存在的电荷。

物体所带的电荷有两种：正电荷和负电荷。通过实验可以证明，带同种电荷的物体相互排斥，带异种电荷的物体相互吸引，这种相互作用称为电性力。电性力与万有引力是不同的，万有引力总是相互吸引，而电性力却随着电荷的异种或同种有吸引与排斥之分。根据带电体之间的相互作用力的强弱，我们能够确定带电体所带电荷的多寡。表示带电体所

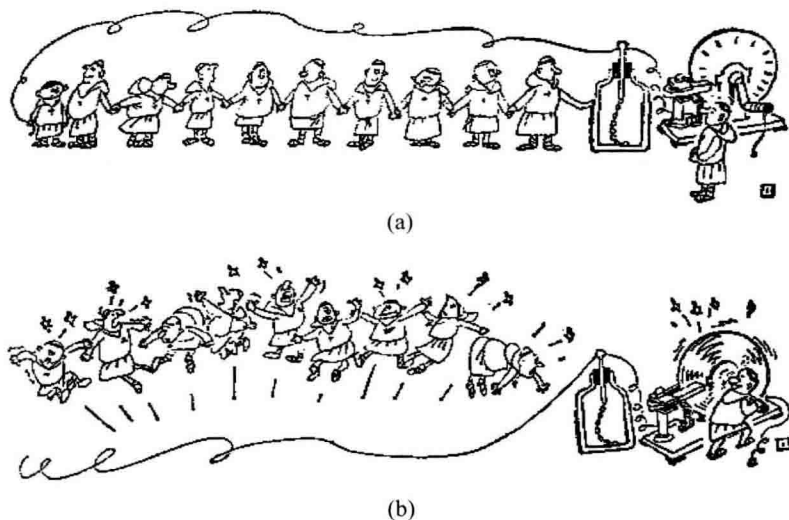


图 1-2 修道士承受电击实验示意图

带电荷多寡程度的物理量称为电荷量（或称电量），用符号  $q$  表示。我们规定，正电荷的电荷量取正值，负电荷的电荷量取负值。

### 三、电荷守恒定律

为什么摩擦可以使物体带电？我们可以根据物质的电结构加以说明。常见的宏观物体（实物）都是由分子、原子组成，而任何元素的原子都由一个带正电的原子核和一定数目的围绕原子核运动的电子所组成，原子核又由带正电的质子和不带电的中子组成，通常用  $p$  和  $n$  表示。每一个质子所带正电荷量和电子所带负电荷量是等值的，通常用  $+e$  和  $-e$  来表示。在正常情况下，原子内的电子数和原子核内的质子数相等，从而整个原子呈现电中性。由于构成物体的原子是电中性的，因此物体在一般情况下将处于电中性状态，对外并不显现电的作用。当两种不同材质的物体相互紧密接触（例如摩擦）时，有一些电子会从一个物体迁移到另一个物体上去，结果使得两个物体都处于带电状态。因此，这种带电，实际上是通过某种作用破坏了物体的电中性状态即平衡状态，使得该物体内电子不足或者过多而呈现带电状态即不平衡状态。由于电荷是客观存在的物质，因此它既不能创造也不能消灭，只能从一个物体转移到另一个物体上，这一结论称为电荷守恒定律。

实验证明，无论是摩擦起电的过程，还是用其他方法迫使物体带电的过程，正负电荷总是同时出现的，并且这两种电荷的量值一定相等。电荷的量值用库仑表示，其表示符号是  $C$ ，是电荷的计量单位。

$$1C (\text{库仑}) = 10^3 \text{mC} (\text{毫库}) = 10^6 \mu\text{C} (\text{微库})$$

当两种等量的异种电荷相遇时，则相互中和，物体恢复到电中性状态。由此可见，当



一种电荷出现时，必然有相等量值的异种电荷同时出现；一种电荷消失时，也必然有相等量值的异种电荷同时消失。在一个与外界没有电荷交换的容器内，无论进行怎样的物理过程，容器内正负电荷量的代数和总是保持不变，这就是由实验总结出来的电荷守恒定律，这一结论与上述结论是相辅相成的。表 1-1 列出了电子、质子和中子的电荷量及其质量大小，其中质量用 kg 表示。表中显示，一个电子 (e) 所带电荷量为  $1.6 \times 10^{-19}$  库仑。1 库仑约等于  $6.24 \times 10^{18}$  个电子所带的电荷量。

表 1-1 电子、质子和中子的电荷量及质量

|        | 电荷量/C                        | 质量/kg                        |
|--------|------------------------------|------------------------------|
| 电子 (e) | $1.602\ 177 \times 10^{-19}$ | $9.109\ 389 \times 10^{-31}$ |
| 质子 (p) | $1.602\ 177 \times 10^{-19}$ | $1.672\ 623 \times 10^{-27}$ |
| 中子 (n) | 0                            | $1.674\ 928 \times 10^{-27}$ |

### 思考题

1. 什么是电？你能用一句话概括电的含义吗？
2. 电荷和电荷量是一回事吗？试说明之。
3. 电荷守恒定律是理论推导出来的，还是通过实验总结出来的？
4. 通过表 1-1 所列出的关于电子、质子和中子的电荷量及质量大小，你能否比较出其电荷量的库仑 (C) 数和质量的公斤 (kg) 数的数量级是大还是小？

## 第二节 电路的基本物理量

### 一、电流的形成

要形成电流，首先要有能够自由移动的电荷——自由电荷。电荷有两种，电路中有电流时，发生定向移动的电荷可能是正电荷，也可能是负电荷，还有可能是正负电荷同时向相反方向发生定向移动。例如，金属导体中自由电子的定向移动，电解液中正负离子沿着相反方向的移动，阴极射线管中的电子流等，都形成电流。

生活中我们深有体会，当冬天暖气热起来的时候，我们不用直接接触它便会感觉到它的热量。这是因为暖气（相当于热源）周围存在着热场，这热场看不见也摸不到，但它是客观存在的。同样，电荷周围存在电场，即任何电荷都能在其周围的空间激发电场。大量实验表明，电荷周围的电场是一种特殊物质，由它充当媒介传递着电荷间的相

互作用。这种相互作用是通过作用力体现的，被称为电场力。因此，我们可以这样说，电场中总有电场力作用于处在其中的电荷。反映这种电场力强弱的物理量则被称为电场强度。实验表明，电场强度的大小相当于单位正电荷所受电场力的大小。

电荷的定向移动形成电流。但是只有自由电荷还不能够形成电流。例如，金属导体中有大量的自由电荷，当金属导体中的电场强度为零时，这些自由电荷相似于气体分子，它们不断地作杂乱无章的热运动，朝任何方向运动的几率均相同。在这种情况下，对导体的任何一个截面来说，在任何一段时间内从截面两侧穿过截面的自由电荷数都相等，从宏观上看，没有电荷的定向移动，因而也不能形成电流。但是若把导体放进电场强度不等于零的电场内，导体中的自由电荷除了作杂乱无章的热运动之外，还要在电场力的作用下作定向移动，形成一个与电场方向相反的有规律的宏观定向运动。这些自由电荷运动的平均效果，便是在导体中形成电流。但由于很快就达到静电平衡状态，这种电流将消失，导体内部的场强变为零，整块导体成为等位体。可见要得到持续的电流，就必须设法使得导体两端保持一定的压力（外界因素），才能持续不断地推动自由电荷作定向移动。因此导体中形成电流的条件为：导体内部存在自由电荷（内在因素），并且导体两端存在能够使自由电荷移动的压力。这就如同在充满水的管道中，如果不在管道两端加有压力（俗称水压），水就不能从管道内流出，也就不能形成源源不断的水流。

## 二、电流及其参考方向

电流既是一种物理现象，又是一个表示带电粒子定向运动强弱的物理量。电流的大小等于在一定时间内通过导体横截面的电荷量的多少。如果在时间  $t$  内通过导体横截面的电荷量为  $q$ ，则电流的大小为：

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

在国际单位制（SI）中，电流的单位是 A（安培，简称安）。如果在 1s（秒）内通过导体横截面的电荷量是 1C（库仑，简称库），则规定导体中的电流为 1A。常用的电流单位还有 mA（毫安）、 $\mu\text{A}$ （微安）等。

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

电流不仅有大小，还有方向。习惯上规定正电荷定向移动的方向为电流方向，负电荷定向移动的方向为电流的反方向。这个规定是在 19 世纪初，在物理学家们刚刚开始研究电流时就已经做出的。而在后来的研究中发现，这样的规定并不影响研究电流的有关问题，并且在酸、碱、盐的溶液中就有正电荷的定向移动，因此这个规定一直沿用至今。按照这个规定，在电源外部，电流方向是从电源的正极流向负极。而在金属导体内电流方向与自由电子的移动方向相反，在电解液中电流方向就是内部正离子移动的方向，负离子移

动的方向是电流的反方向。电流方向只表明电荷定向运动的方向，电流仍然属于标量。

电流方向和强弱都不随时间而改变的电流叫作直流电，用大写字母  $I$  表示，见图 1-3 (a)。而电流方向和强弱都随时间作周期性变化的电流叫作交流电，用小写字母  $i$  表示，见图 1-3 (b)。电流方向不变而其大小或强弱随时间变化的电流叫作脉动直流电，见图 1-3 (c)，这种脉动直流中含有交流成分，因此也用  $i$  表示。

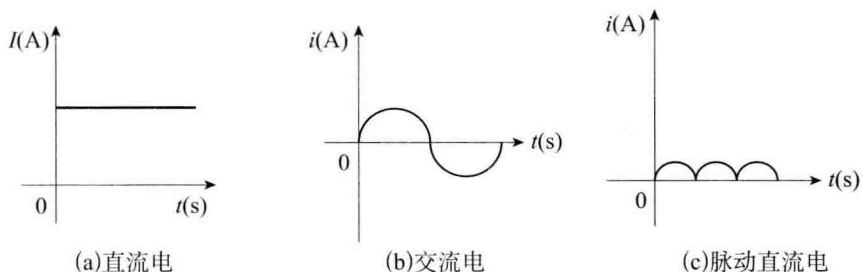


图 1-3 三种常见电流波形图

值得注意的是，在以后分析复杂电路时，有很多情况是事先无法知道电路中电流的实际方向的。为了便于分析和计算，可事先任意假定一个电流方向，称其为参考方向或正方向（为了简化表达，以后只称参考方向而非正方向），并在电路中用箭头标明，如图 1-4 所示。

如果通过电路计算后， $I > 0$ ，则说明实际上电流从 a 流向 b。若  $I < 0$ ，则说明实际上电流从 b 流向 a。显然，参考方向的规定对于电路中电流的分析与计算是非常重要而方便的。或者说如果不规定电流的参考方向，对电路则无从分析和计算，即便是分析出电流的正负数值也是没有任何意义的。

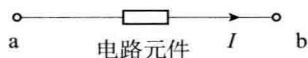


图 1-4 电路中导线上电流参考方向的箭头标注

**【例 1-1】** 在某电路中的导线，10s 时间内通过其横截面的电荷量为 60C，其电流为多少？

解：由式 1-1 可知，通过导线的电流为

$$I = \frac{q}{t} = \frac{60}{10} = 6\text{A}$$

### 三、电压与电位

#### 1. 电压

顾名思义，推动自由电荷定向移动的压力称为电压。显然电压是电流产生的先决条件，没有电压不可能形成电流。

电压的大小是用电场中的电场力移动单位正电荷做功来定义的，在电场中，当电场力把正电荷  $q$  从 a 点移动到 b 点所做的功为  $W_{ab}$  时，a、b 两点的电压为

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (1-2)$$

值得注意的是,  $W_{ab}$  可以为正值, 也可以为负值, 其详细解释请参见例 1-2。在国际单位制 (SI) 中, 若功的单位为 J (焦耳)、电荷量的单位为 C (库仑), 则电压的单位为伏特, 简称伏, 符号为 V。除伏特外, 常用的电压单位有 mV (毫伏)、 $\mu\text{V}$  (微伏) 等。它们的换算关系如下:

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

电压的方向 (电压降的方向) 是电场力移动正电荷的方向, 当电场力把正电荷从 a 点移动到 b 点时, 电压的方向就是从 a 指向 b, 由于正电荷运动的方向也是电流的方向, 所以我们规定, 电压的方向与电流的方向取向一致。

电压的方向最直接的表示是用箭头或者直接标上“+”或者“-”极性, 也可以在符号 U 上加上小写的双下标, 即用  $U_{ab}$  来表示。显然,  $U_{ab} = -U_{ba}$ 。

## 2. 电位

除了经常应用“电压”这一物理量之外, 还经常应用“电位”这一物理量。电位是从能量的角度去描绘电场的物理量。电路中每一点都有一定的电位, 就如同空间每一处都有一定的高度一样。物体处于不同的高度, 具有不同的位能, 或称势能。相对高度越高, 势能也就越大。水总是从高水位流向低水位, 而水位越高的地方位能也就越大。先要确定一个计算高度的起点, 例如, 工厂的烟囱有 40m 高, 这个高度是从地平面算起的, 地平面为零高度, 也称为参考高度。电也是如此, 在电路分析中, 计算电位也要先制定一个计算电位的起点, 叫作零电位点或称为参考点。

原则上零电位点可以任意选定, 但习惯上, 常规定大地的电位为零。之所以选择大地为参考电位, 是因为大地容纳电荷的能力非常大, 起点比较稳定, 不受局部电荷变化的影响 (有时也会选择无穷远处为零点作为参考点)。有些设备的机壳是需要接地的, 这时凡与机壳连接的各点均为零电位。有些设备的机壳虽然不一定真的和大地连接, 但有很多元件都要汇集到一个公共点, 为了方便起见, 可规定这一公共点为零电位。在工业生产上, 任何电气设备正常工作时, 不该带电的金属部分都需要接地, 使它们的电位与大地的电位均为零, 以保证人身安全。综上所述, 零电位点或参考点、公共点和接地点均用同一符号“ $\perp$ ”表示。见图 1-5 中的 B 点。

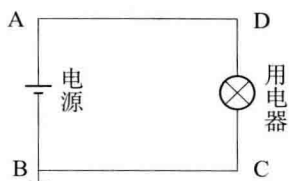


图 1-5 简单电路及其参考点

电路中零电位的点规定以后, 电路中任一点与零电位点之间的电压 (电位差), 就是该点的电位。这样, 电路中各点的电位就有了确定的数值。例如, A、B 点的电位定义为电场力将单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功。当各点电位已知以后, 就能求出任意两点间的电压。因为在电路中, 任意两点之间的电压就是电路中这两点之间的电位



差。例如在图 1-5 所示的电路中，用  $V_A$ 、 $V_B$  代表 A、B 两点的电位， $U_{AB}$  代表 A 到 B 的电压，那么

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

由于已经选定 B 点为参考点，因此 B 点的电位为零电位，即  $V_B = 0V$ 。若图 1-5 中电源为 2V，则 A、B 两点之间的电位差就是 2V， $U_{AB} = V_A - V_B = 2V$ ，即 A 点电位  $V_A$  比 B 点电位  $V_B$  高出 2V。由于图 1-5 中 A 点与 D 点以及 B 点与 C 点是用导线直接相连接，因此它们是等电位的，即  $V_A = V_D = 2V$ ， $V_C = V_B = 0V$ 。那么，图 1-5 中可不可以选择 A 点作为参考点呢？答案是肯定的。若选择 A 点为参考点，则 A 点电位  $V_A = 0V$ ，而 B 点电位  $V_B = -2V$ 。这样 A、B 两点之间的电位差还是 2V，只是其方向相反而已，即  $U_{BA} = V_B - V_A = -2V$ 。显然，一个电路中，参考点选择不同，电路中各点的电位也会因此而不同。这样，我们就可以得出结论：电路中各点的电位是相对的，这是因为参考点的选择不同而造成的，但是参考点一旦选定，电路中各点的电位也将是唯一确定的值。我们规定，一个电路只能选择一个参考点。参考点一经选定，就不能再选择别的点作为参考点。习惯上，若电路中只有一个电源，则应选择该电源的负极作为参考点，如图 1-5 中的 B 点，这样在实际运算中，可以减少电位或电压的负值出现。比如在图 1-5 中，由于选择电源正极 A 作为参考点，就有 -2V 负值的出现。而无论参考点选在哪里，电位差则总是固定不变的。也就是说，在一个电路中某点的电位是相对的，而两点间的电位差是绝对的，不会因为参考点的选择不同而改变。

【例 1-2】 某电场中有 a、b、c 三点，电荷的电荷量  $q$  为 0.1 库仑。若把  $q$  从 a 点移动到 b 点，电场力做功为 0.6 焦耳。再把  $q$  从 b 点移动到 c 点，电场力做功为 0.8 焦耳。求：

- (1) 若以 b 点为参考点，求 a、b、c 三点的电位。
- (2) 若以 c 点为参考点，再求 a、b、c 三点的电位。
- (3) 求上述两种情况下 a、b 点之间的电压。

解：(1) 由式 1-2 可知， $U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q}$

由于 b 点为参考点，则  $V_b = 0$

电荷  $q$  从 a 点移动到 b 点做正功， $W_{ab}$  为正值，所以  $V_a = \frac{W_{ab}}{q} = \frac{0.6}{0.1} = 6V$

电荷  $q$  从 b 点移动到 c 点做负功， $W_{bc}$  为负值，所以  $V_c = \frac{W_{bc}}{q} = \frac{-0.8}{0.1} = -8V$

(2) c 点为参考点， $V_c = 0$ ，

电荷  $q$  从 a 点移动到 b 点，再从 b 点移动到 c 点，均做正功，

所以  $V_a = \frac{W_{ac}}{q} = \frac{W_{ab} + W_{bc}}{q} = \frac{0.6 + 0.8}{0.1} = 14V$ ， $V_b = \frac{W_{bc}}{q} = \frac{0.8}{0.1} = 8V$

(3) 第一种情况下，a、b 两点之间的电压为： $U_{ab} = V_a - V_b = 6 - 0 = 6V$