

电子技术基础

张孝祖

DIANZIJISHUJICHU

气象出版社

电子技术基础

张孝祖 编著

气象出版社

内 容 简 介

本书系国家气象局根据1981年全国气象部门职工教育工作会议决议组织统编的气象中等专业函授教材。

全书分两篇共十五章，内容包括：简单直流电路、复杂直流电路、电容器、电流的磁场、电磁感应、交流电路、晶体管、晶体管低频电压放大器、功率放大器、负反馈放大器、直流放大器、直流稳压电源、振荡器、晶体管超外差式收音机及门电路等。

本书着重介绍电工与晶体管电路的基本概念、基本原理和基本分析方法。内容比较全面、系统。

本书适用于具有初中以上文化程度的广大气象人员和其他行业的读者自学，也可作为非电子专业中专学校电工、电子技术课的教学参考书。

电 子 技 术 基 础

张孝祖 编著

责任编辑 陶国庆

• • •
高 等 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

燕华营印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

• • •
开本：787×1092 1/16 印张：31.75 字数：803 千字

1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷

印数：1—15,000

统一书号：13194·0355

定价：4.55 元

前 言

本书是根据在职气象人员中专《电子技术基础》教学大纲() 案)编写的。

《电子技术基础》作为气象中等专业学校的专业基础课,随着气象现代化的进展已经日益显示出它在教学中的地位。气象现代化就是用现代化技术装备、现代化科学技术和科学管理方法来改造气象事业,使目前主要使用手工操作及经验性描述推断大气过程的气象业务技术体系变为尽量采取自动化的联合作业,能客观定量地描述推断大气过程的气象业务技术体系。大气监测系统的仪器测量、遥测化、自动化;气象通信系统的高速数据传输以及天气预报业务和服务系统的自动化……,几乎都与电子技术知识有关联。因此气象中等专业教育的函授中专生也必须学好《电子技术基础》。中专教育要重视动手能力的培养,这样才能提高解决实际问题的能力,保证各种技术设备的使用和维护。本书内容包括电工基础与晶体管电路基础两大部分共十五章。

为适应中专函授教育的特点,本书以阐述清楚基本概念为主,重点分析、讨论了直流电路、交流电路和晶体管电路的基本概念、基本原理和基本分析方法。在晶体管电路中,着重于物理概念与定性分析,并辅以必要的定量计算。在文字叙述上力求做到通俗易懂、深入浅出。在内容的编排上注意了知识的系统性与科学性。每章开头有内容提要与学习要求,章末都附有习题,每个章节都作了小结。正文叙述中配有例题,每章之后还有一定数量的解题范例,详细给出解题步骤,以帮助读者加深理解,巩固所学知识。

考虑到函授中专学员的实际水平,本书起点较低,从直流电路讲起,对直流电路、电磁感应、交流电路、晶体管放大,振荡电路,直流稳压电源作了重点详细的介绍,并注意了结合气象业务的实际需要。同时,为了具体应用所学知识,对超外差收音机的工作原理也作了较详细的介绍。本书还介绍了一些脉冲数字电路中的门电路的基本知识。

书中标有“•”号的内容与习题,不作学习要求,可供有兴趣和有精力的部分读者选学、选作。

本书初稿在鞍山审稿会进行了初审,湖北气象学校胡敬荡、云南气象学校冯义典、郑州气象学校凌关清、成都气象学院郑尚卿、四川气象学校蔡大文、广西气象学校邢志彬、南昌气象学校朱甫德等同志都对初稿提出了不少宝贵意见。修改稿又在北京由胡敬荡、冯义典和凌关清三位同志进行了复审。

在此,对参加本书审稿的同志以及给予热情帮助和支持的气象出版社、国家气象局科教司、内蒙古气象学校和其他兄弟气象学校致以深切的感谢。

限于编者的水平,加之时间仓促,本书还存在不少缺点和错误,殷切地希望广大读者以批评指正。

编者

一九八三年三月北京

目 录

第一篇 电工基础.....	(1)
第一章 简单直流电路.....	(1)
第一节 电路的基本概念	(1)
第二节 电场	(2)
第三节 电流、电源、电动势.....	(7)
第四节 电阻	(10)
第五节 一段电路的欧姆定律	(13)
第六节 电阻的串联与并联	(16)
第七节 全电路欧姆定律	(26)
第八节 万用电表的工作原理	(29)
第九节 电路中各点电位的计算	(41)
第十节 电功与电功率	(45)
本章解题范例	(49)
本章小结	(56)
习题	(58)
第二章 复杂直流电路	(65)
第一节 克希霍夫定律	(65)
第二节 复杂电路的一般解法	(73)
第三节 电压源、电流源及其等效变换	(75)
第四节 戴维南定理(等效发电机原理)	(80)
本章解题范例	(84)
本章小结	(87)
习题	(88)
第三章 电容器	(93)
第一节 电容器与电容	(93)
第二节 电容器的联接	(95)
第三节 电容器的充电与放电	(99)
第四节 常用的电容器	(107)
本章小结	(113)
习题	(114)
第四章 磁场	(118)
第一节 磁的基本概念	(118)
第二节 电流的磁场	(122)
第三节 电磁铁、继电器及其在气象仪器上的应用	(124)
第四节 磁性材料	(132)
第五节 磁场对电流的作用	(134)
第六节 磁场的能量.....	(137)
本章解题范例	(137)

本章小结	(139)
习 题	(139)
第五章 电磁感应	(143)
第一节 电磁感应现象	(143)
第二节 电磁感应定律	(144)
第三节 自感应	(149)
第四节 互感应	(153)
第五节 变压器	(159)
本章解题范例	(164)
本章小结	(167)
习 题	(168)
第六章 交流电	(172)
第一节 正弦交流电的产生	(172)
第二节 正弦交流电的三要素及表示方法	(174)
第三节 正弦交流电的比较与合成	(183)
第四节 单一元件的交流电路	(189)
第五节 RL串联电路与RC串联电路	(198)
第六节 RLC串联电路	(205)
第七节 RLC并联电路	(208)
第八节 实际交流电路	(211)
第九节 谐振电路	(215)
第十节 安全用电常识	(219)
本章解题范例	(222)
本章小结	(232)
习 题	(233)
第二篇 晶体管电路基础	(239)
第七章 晶体管	(239)
第一节 半导体及其特性	(239)
第二节 PN结与半导体二极管	(244)
第三节 晶体三极管	(252)
本章解题范例	(275)
习 题	(277)
第八章 晶体管低频电压放大器	(280)
第一节 放大器的一般概念	(280)
第二节 放大器的基本工作原理	(282)
第三节 放大器的基本分析方法	(286)
第四节 放大器的偏置与稳定	(303)
第五节 多级放大器	(310)
本章解题范例	(320)
习 题	(325)
第九章 功率放大器	(329)
第一节 功率放大器的特殊问题	(329)
第二节 单管甲类功率放大器	(330)

第三节 双管乙类推挽功率放大器	(336)
第四节 无变压器的功率放大器	(344)
本章解题范例	(354)
习题	(355)
第十章 负反馈放大器	(357)
第一节 负反馈的一般概念	(357)
第二节 几种负反馈放大器的基本电路	(358)
第三节 射极输出器 (射极跟随器)	(364)
第四节 负反馈的判别方法	(367)
第五节 负反馈对放大器性能的影响	(372)
第六节 放大器的自激振荡及其消除方法	(380)
本章解题范例	(381)
习题	(383)
第十一章 直流放大器	(384)
第一节 直流放大器的特殊问题	(384)
第二节 直接耦合直流放大器	(387)
第三节 差动放大器	(391)
习题	(399)
第十二章 晶体管直流稳压电源	(400)
第一节 整流电路	(400)
第二节 硅稳压二极管	(412)
第三节 稳压电路	(416)
第四节 应用举例	(428)
本章解题范例	(430)
习题	(433)
第十三章 晶体管正弦波振荡器	(435)
第一节 电磁振荡的基本概念	(435)
第二节 LC振荡器	(440)
第三节 RC低频振荡器	(444)
本章解题范例	(452)
习题	(453)
第十四章 晶体管超外差式收音机	(455)
第一节 无线电通讯概念	(455)
第二节 超外差式收音机	(458)
本章小结	(472)
习题	(472)
第十五章 晶体管的开关特性及门电路	(473)
第一节 晶体管的开关特性	(473)
第二节 门电路	(482)
习题	(494)
习题参考答案	(496)
附录 本书所用字母符号意义	(500)

第一篇 电工基础

第一章 简单直流电路

本章讨论电流、电位、电压、电阻、电动势、电功率以及通路、断路、短路等基本概念；还讨论欧姆定律，电阻串联、并联规律，分流、分压原理等基本定律和基本规律。

通过本章的学习，要深刻理解基本概念的物理意义；熟练掌握、运用欧姆定律、电阻的串联、并联规律和分流、分压原理。

第一节 电路的基本概念

一、电路和电路的组成

电路，就是指电流流经的路径。常用的手电筒和一般的照明电路是结构简单的电路；收音机的电路结构就比较复杂了，而电视机、电子计算机的电路结构就更为复杂。

剖析一下所有的电路，尽管它们的结构千差万别，但都可以将它们分为三大部分。一部分是提供能量的装置——电源；另一部分是转换能量的装置——负载；第三部分是沟通电流的通路——导线。所以，电路都是由电源、负载和导线三部分组成的。

如图1.1，这是一个最简单的电路。在这个电路中，电源是干电池，负载是小灯泡。

二、电路符号

在实际的电路连接中，不可能把所有组成电路的元件实体画出来，而是用一些简单的符号去代表，叫电路符号。由于组成电路的元件繁多，所以电路符号也非常多。在这里不可能将全部的电路符号都列出来，只能列出一些最常用的符号，其余的符号将在以后的有关章节中逐步介绍。电路图中最常用的符号如表1.1所示。

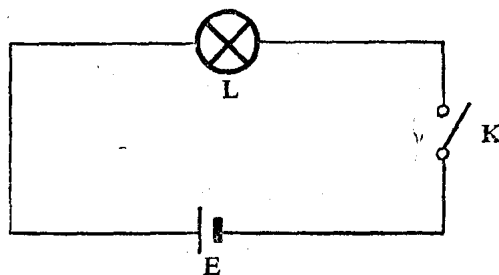


图1.1 最简单的电路

三、通路、断路、短路

电路的状态一般有三种情况，即通路、断路和短路。

(一) 通路

所谓通路，是指电路接通，电路处于正常的工作状态。如图1.2中，将开关K闭合的情况。

(二) 断路

断路是指开关K断开或电路中的某一部分断开，而使电路或电路的一部分脱离电源，处于不工作状态。因此，断路又叫开路。在图1.2中，若将开关K断开，是整个电路断路；若在a处断开，则是R₁被断路。

表1.1 常用电路符号

名称	符号	名称	符号
电阻		电池	
导线		电池组	
导线的联接		电流表	
导线不联接		电压表	
开关		保险丝	
电灯泡		接地	

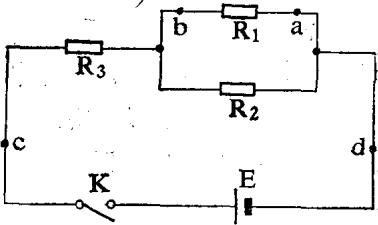


图1.2 通路、断路、短路

(三) 短路

短路是指器件两端用导线联接而成捷路。若将电源两端用导线联接是整个电路短路或叫电源短路。如在图1.2中，闭合开关K，用导线联接a,c两点，就是整个电路短路。若用导线联接电路某一部分的两个端点，则是局部短路。如用导线联接图1.2中的a,b两点，是R₁,R₂被短路；用导线联接b,c两点，是R₃被短路。不论是整个电路短路还是局部短路，都会使电路中的电流增大，出现不正常的工作状态。严重时损坏电路元件及电源。所以，短路现象一定要避免。一旦出现了短路现象就要立即切断电源，予以排除。

第二节 电 场

从第一节的学习中，大概地了解了电路的一些概念。但是，电路为什么能够工作？还得从研究电的本质入手。

一、物体的带电

世界上所有的物质都是由分子组成的，而分子是由原子组成的，原子又是由原子核与一定数量的按不同轨道分层绕原子核旋转的电子组成。原子核中的质子带正电，核外电子带负电。物体带电的多少叫电量，用字母“Q”或“q”表示。电量的单位是“库仑”。一个质子所带正电荷的数量与一个电子所带负电荷的数量是相等的，叫基本电荷。基本电荷带的电量是 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ （库仑）。1C电量相当于 6.25×10^{18} 个电子（或质子）所带的电量。通常的情况下，物体的质子数和电子数是相等的，它们所带的正负电荷的数量也相等，所以不显电性，物体不带电。但是，如果由于某种原因，如摩擦等，使有的物体失掉电子，而有的物体却得到电子，则失掉电子的物体相当于增加了正电荷，所以带正电，而得到电子的物体则呈带负电。因此，就一般情况来说，物体带电的正负就反映了电子的得失。失掉电子的物体带正电，得到电子的物体带负电。

二、电场、电场强度

理论和实践都证明,电荷与电荷之间相互存在作用力。而且是同性电荷互相排斥,异性电荷互相吸引。这就说明,任何带电体周围都存在着一种特殊物质,对置于其周围的电荷产生力的作用。这种存在于带电体周围的特殊物质叫**电场**。

由上面讨论可知,电场具有力的性质,描述电场力性质的物理量是**电场强度**,简称**场强**。用字母“E”表示。如果电荷所带电量为q,在电场中某一点受到的电场作用力是F,则该点的电场强度E就定义为

$$E = \frac{F}{q} \quad (1.1)$$

式中, F的单位是N(牛顿), 电量q的单位是C(库仑), 电场强度的单位就是

$$\frac{\text{N}}{\text{C}} \left(\frac{\text{V}}{\text{m}} \right)$$

同时规定, 场强矢量的方向与正电荷受力方向相同。

为了形象地描述电场强度, 引入了“电力线”的概念。电力线是一些假想的线, 它的疏、密程度代表电场强度的强弱; 电力线上任意一点的切线方向, 表示该点的电场强度的矢量方向。

图1.3画出了几种带电体的电力线。其中(a)为正电荷的电力线; (b)为负电荷的电力线; (c)为两块带等量异性电荷的平行金属板间的电力线。

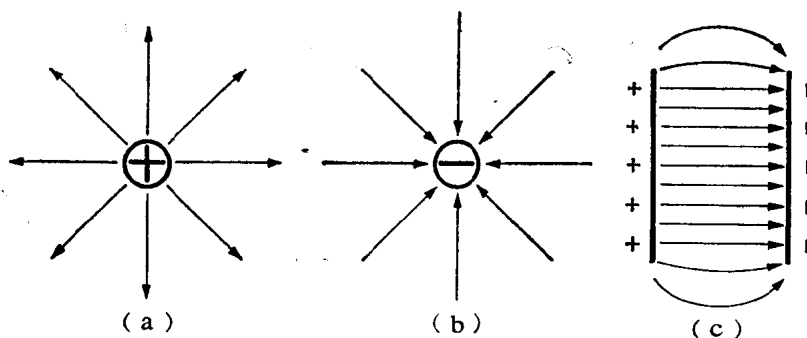


图1.3 电力线谱

从图1.3所示的几种电力线可以看出,在电场的作用下,原来静止的正电荷是顺着电力线方向运动,原来静止的负电荷是逆着电力线方向运动。在图1.3(c)中,两平行板正对部分的电力线是均匀的,说明带电平行板导体中间的场强大小处处相等,场强矢量方向相同。这种电场称为**匀强电场**。

三、导体和绝缘体

金属原子的最外层电子,受原子核的束缚很小,所以很容易脱离原子核的束缚而自由运动。这些自由运动的电子叫做“自由电子”。自由电子在电场力的作用下就可以定向移动,参与导电,形成电流。由于金属中自由电子很多,所以容易导电,叫做导体。另外也有一些物质,如玻璃、橡胶、电木、云母等,它们的原子最外层的电子受原子核的束缚很强,一般

不容易脱开原子核的束缚,所以不容易成为自由电子.但是,总会有极少数的最外层的电子要脱开原子核的束缚而成为自由电子.在电场力的作用下,这些极少数的自由电子也要定向移动,参与导电,形成电流.但由于自由电子太少,所以导电能力极差,可近似看作不导电.这种导电能力极差的物质叫绝缘体,又叫介质.此外,还有一些物质,导电能力介于导体与绝缘体之间,叫做半导体.关于半导体,将在第二篇中讨论.

四、电位、电位差(电压)

由于电荷在电场中要受到电场力的作用,所以,在电场中移动电荷,电场力要做功(正功或负功),电场对电荷做功的结果,就引起电荷的电位能变化.电位能的变化规律是:电场力对电荷做正功(电荷沿电场力方向运动),电荷具有的电位能要减小,电位能转换为其它形式的能;电场力对电荷做负功(电荷逆着电场力方向运动),电荷具有的电位能要增加,其它形式的能转换成了电位能.这就说明,电场具有能的性质.

(一) 电位

为了描述电场所具有的能的性质,引入一个新的物理量——电位.电位用字母“V”表示,为了区分不同点的电位,用给V加下标的方法加以区分,比如A点的电位记作“ V_A ”,B点的电位记作“ V_B ”等等.

什么是电位呢?所谓电位,就是电荷在电场中某一点所具有的电位能与它所带电量的比值.即:

$$V = \frac{W}{q} \quad (1.2)$$

电位的单位是 $\frac{J(焦耳)}{C(库仑)}$,又叫伏特,用字母“V”表示.

电位的单位除了V外,还有kV(千伏),mV(毫伏), μV (微伏)等.它们之间的换算关系如下:

$$1kV = 10^3V$$

$$1V = 10^3mV$$

$$1mV = 10^3\mu V$$

电位只具有相对意义.因此,在讨论电位时,首先必须选定一个零电位作参考点,其他各点的电位都是相对该参考点说的.

只有在参考零电位确定的前提下,电场中任一点的电位才有确定的数值,才有意义.

原则上讲,参考零电位的选取是任意的.但在讨论问题时,常取电场外的无穷远处为参考零电位.在实际应用中,常选大地为参考零电位.在电子设备中,常以机壳或某一公共点为参考零电位.

在图1.4中,若选电场外的无穷远处为参考零电位,电量为q的正电荷(叫检验电荷)由无穷远的电场外引入到电场中的a点时,由于电场力对电荷做负功而使电荷的电位能增加到 W_a ,这时a点的电位为:

$$V_a = \frac{W_a}{q}$$

由于 W_a 为正,q为正,所以 V_a 是正值,说明a点的电位比零电位高.

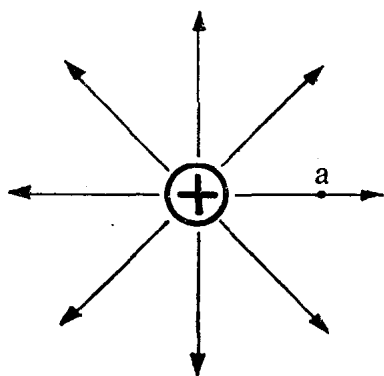


图1.4 a点电位的确定

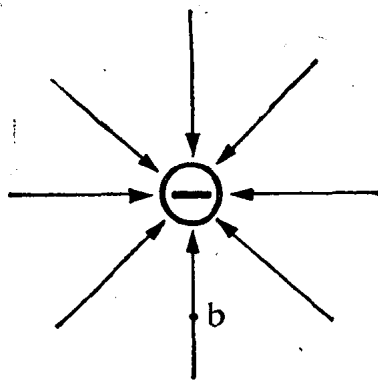


图1.5 b点电位的确定

在图1.5中，如果将电量为 q 的正电荷由电场外的无穷远处引入到电场中的 b 点，由于电场对电荷做正功而使电荷的电位能减小 W_b ，这时 b 点的电位为：

$$V_b = \frac{-W_b}{q}$$

由于 W_b 是负值，所以 V_b 为负。说明 b 点的电位比零电位还要低。

由上面的讨论可知：

- (1) 电位总是沿着电力线方向降低，逆着电力线方向升高。
- (2) 在以电场外某一点为零电位参考点的前提下，正电荷形成的电场中的电位总是正值（高于零电位）；负电荷形成的电场中的电位总是负值（低于零电位）。
- (3) 与电力线垂直的线或面上各点的电位是相同的，所以叫等位线或等位面。
- (4) 电场中任一点的电位，只与电场和参考零电位点的选取有关，而与该点的检验电荷所带电量的多少、正负无关。

(二) 电位差（电压）

电场中任意两点之间的电位之差，叫做电位差，又叫电压。用字母“ U ”加下标表示。如图1.6中， a 、 b 两点间的电压表示为 U_{ab} ，则

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

b 、 a 两点间的电压表示为 U_{ba} ，则

$$U_{ba} = V_b - V_a$$

由于 $V_a > V_b$ ，所以 U_{ab} 是正值， U_{ba} 是负值。

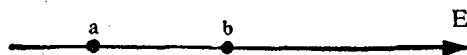


图1.6 电位差

五、静电屏蔽

当把一块金属导体放在电场中时，金属中的自由电子就要在电场力的作用下定向移动，使这块本来不带电的金属，一面由于集中了电子而带负电，另一面由于失掉了电子而带正电，结果在金属体内部又形成了一个新的电场。

图1.7表示金属体放在电场中，其本身的电场变化情况。

起初，靠近 CD 面的自由电子向 AB 面移动，如图1.7(a)所示：于是在导体内形成了由

CD指向AB的电场 E' ，如图1.7(b)所示： E' 对自由电子向AB面的定向移动起阻碍作用，

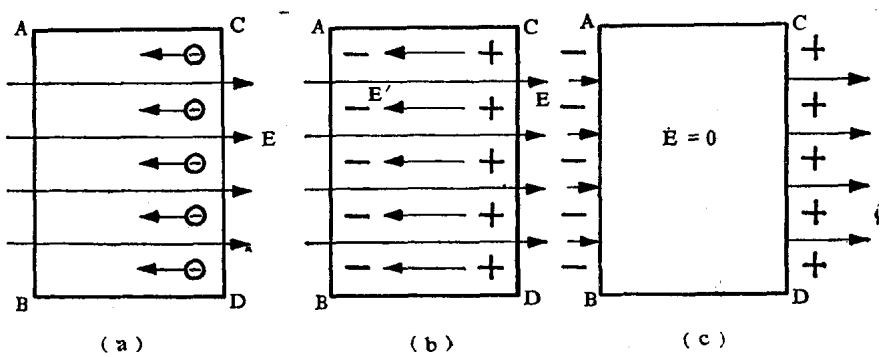


图1.7 静电场中的导体

但只要 $E' < E$ ，自由电子向AB面的移动就不会停止，而使 E' 越来越强，直到 E' 大到等于 E 时，自由电子向AB面的定向移动才会停止。此时在导体内部存在着由AB面指向CD面的电场 E ，以及由CD面指向AB面的电场 E' 。由于 E 与 E' 大小相等、方向相反，所以导体内部合电场为零，如图1.7(c)所示。这一现象可发生在任何形状、任何大小的金属导体中。

根据这个道理，就可以把怕受外电场影响的元件放在金属罩中，如图1.8所示。

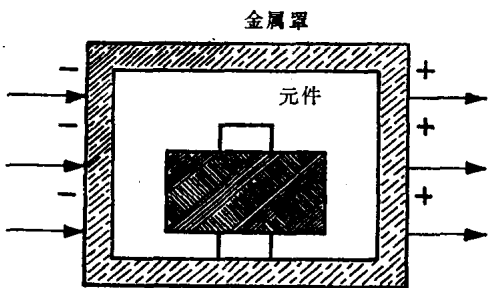


图1.8 置于金属罩内的元件不受外电场的影响

但是，这样做只是避免了金属罩内的元件不受外电场的影响，而金属罩内的元件所形成的电场还是要影响金属罩外的元件的。如图1.9所示，置于金属罩中的带电体A对金属罩外的元件C仍有影响。这是由于带电体A使金属罩的内壁带负电，外壁带正电。金属罩内形成的电场由A起终止于金属罩内壁，而金属罩外壁的正电荷又形成了一个电场影响元件C。

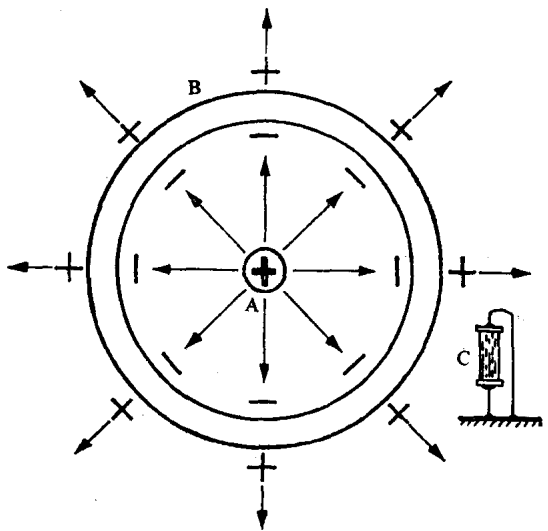


图1.9 金属罩内的带电体影响罩外元件

怎样才能使金属罩内的元件既不受外电场影响，也不影响金属罩外的元件呢？从图1.9可知，只要消除了金属罩外壁的电荷，问题就可解决。具体方法是将金属罩接地，这样外壁的自由电子就可通过导线入地（一般为机壳），达到外壁不带电的目的。这样，电力线就只能由元件A起终止于金属罩的内壁，电场局限在金属罩内，罩外元件就不受影响了。

综上所述，只要把元件放在金属罩内，并将金属罩接地，就可以避免罩内外元件的相互影响。

这种利用金属罩克服电场影响的方法，叫静电屏蔽。静电屏蔽是电路中常用的一种屏蔽方法。

第三节 电流、电源、电动势

一切电路的工作，都是由于电流的存在。究竟什么是电流？为什么会有电流？怎样维持电流的持续存在？这一节就来讨论这些问题。

一、电 流

所谓电流，就是电荷的定向移动。

在金属导体中，电流是自由电子的定向移动；在电解液中，电流是正负离子的定向移动。

在一般情况下，金属导体中的自由电子是杂乱无章地运动的，不能形成电流。只有处于电场中的自由电子（或其它自由电荷），才能在电场的作用下作定向移动而形成电流。所以，电流的存在必须具备两个条件。第一，要有电场，即要有电压；第二，要有可以定向移动的电荷（联接导体）。二者缺一不可。

图1.10(a)中，A、B是两个大小、形状完全相同的与其周围绝缘的金属小球，它们分别带有等量的异性电荷。假设A球的电位高于B球，A、B二球之间存在着电位差。但A、B之间并不存在电流，这是因为只具备了电流存在的一个条件——存在电位差，而不具备另一个条件，即A、B间没有导线联接。如果将A、B二球用一根导线联接起来，如图1.10(b)所示，自由电子就在电场力的作用下由B球向A球移动，于是形成了由A流向B的电流。直到A、B两球的正、负电荷全部中和，都不带电（电场消失，电压为零）为止。

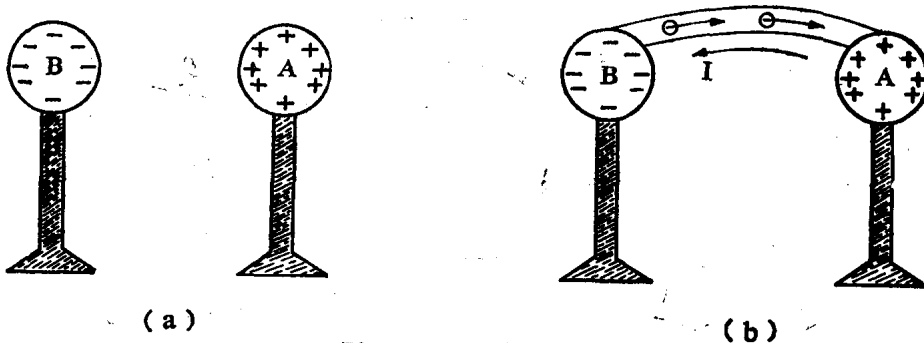


图1.10 电流的形成

由于存在着两种电荷，在同一电场作用下，正负电荷的移动方向是完全相反的，为了研究问题方便，规定正电荷移动的方向为电流的方向，这与导体中的电子移动方向相反。即是说，电流的方向是负电荷移动方向的反方向。

需要指出的是，这样的规定并不影响问题的研究，因为电子向一个方向移动就相当于正电荷向着电子运动的相反方向运动。如图1.10(b)，电子流动的方向是从B到A，电流的方向就是从A到B。

为了描述电流的强弱，引入了电流强度的概念。电流强度简称电流，用字母“ I ”代表。电流强度是这样定义的：流过导体某一横截面的电量 q 与流过这些电量所需时间 t 的比值叫电流强度，即，

$$I = \frac{q}{t} \quad (1.3)$$

式中, q 的单位取 C (库仑), t 的单位取 s (秒), 电流强度 I 的单位就是 C/s, 叫做“安培”, 简称“安”, 用字母“A”代表。电流的单位除 A (安培) 外, 还有 mA (毫安培), μ A (微安培)。它们之间的换算关系是:

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

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

按照电流随时间的变化规律, 电流可分为直流电与交流电。直流电包括稳恒电流与脉动电流。

稳恒电流是大小、方向都不随时间变化的电流, 如图 1.11 (a) 所示; 脉动电流是大小随时间变化, 而方向恒定的电流, 如图 1.11 (b) 所示。交流电与之区别的是大小、方向都随时间变化, 如图 1.11 (c) 所示。

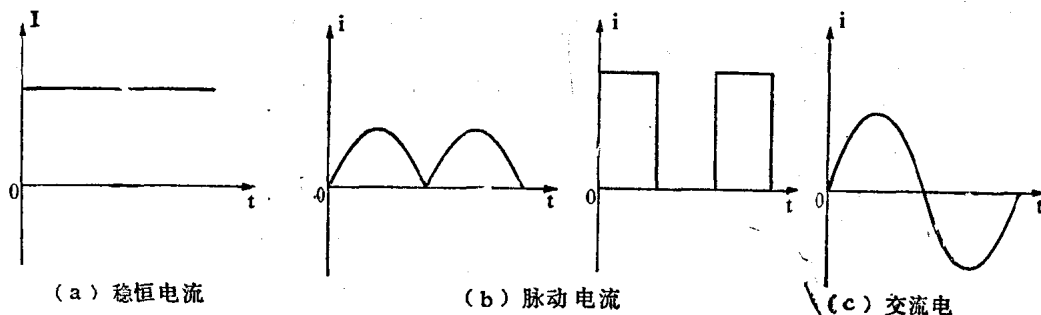


图 1.11 交流电与直流电

二、电源、电动势

如图 1.10 (b) 所示, 当用导线把 A、B 两个小球联接起来时, 就有电流产生。但是, 随着负电荷由 B 向 A 运动, B 球所带负电荷就越来越少。在极短的时间内, A、B 两球所带电荷全部消失。因此, 这种情况下电流只是在一瞬间内存在, 转瞬即逝。

要维持图 1.10 (b) 中 A、B 两球间的电流持续存在, 就必须通过某种途径源源不断地将自由电子由 A 球取走送到 B 球。这样就能维持 A、B 两球之间持续存在电压, 从而维持电流持续存在。

电流的流动与水的流动十分相似。如图 1.12 (a), 是两个放在不同高度上的水箱, 中间用水管连通。当打开开关 K 后, A 箱中的水就要往 B 箱中流, 直到两水箱中的水位相同为

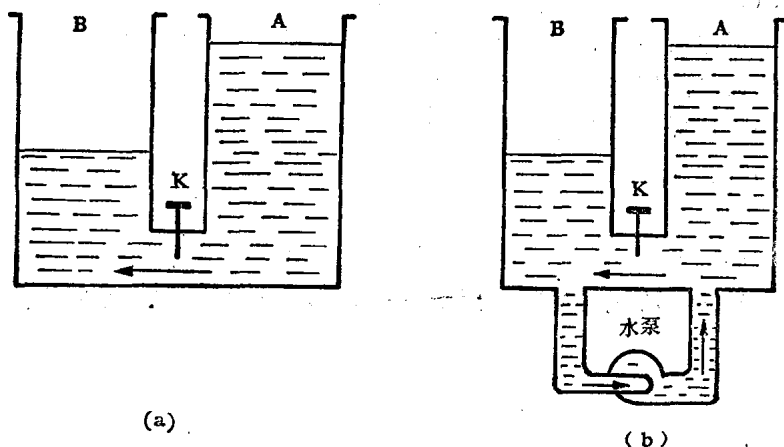


图 1.12 水流的维持

止。要想维持水流的存在，就必须维持A、B两水箱间的水位差。这个任务可以利用抽水泵来完成。

如图1.12(b)所示，水泵把B箱中的水源不断地送到A箱中去。

为了维持电路中的电流，也要有类似抽水机的装置，以维持电路中的电位差，来达到维持电流的目的。

维持电路中存在电位差的装置就是电源。电源的种类很多，如干电池、蓄电池、发电机等。

直流电源的符号如表1.1中所示，细长的一端代表电源的正极——高电位；粗短的一端代表电源的负极——低电位。

下面来讨论电源的作用。图1.13所示的是一个画大了的电路，根据电源的极性可以画出它的电力线，如图中的虚线。很明显，在电源外部（外电路），电流是顺着电力线由电源的正极流向电源的负极。由于正电荷顺着电力线移动是电场力做功，而使电位降低。在电源内部（内电路），电力线的方向也是由正极指向负极的，但是电源内部电流的方向是逆着电力线的，即在电源内部正电荷是逆着电力线由负极向正极移动的。很明显，这是非电场力对正电荷做功，做功的结果又把电位升高了。

从上面的讨论可知，电源的作用就是在电源内部依靠非电场力（干电池为化学力，发电机为磁力）对电荷做功，将正电荷由低电位的负极送到高电位的正极，维持正、负极之间的电位差。

为了描述电源维持电源两端电位差的能力，引入了“电动势”的概念。**电动势等于非电场力将单位正电荷由电源的负极送到电源的正极所做的功。**很明显，移动单位正电荷做功越多，电源两端间的电位差也越大。由此可见，电动

势的大小直接反映了维持电源两端电位差的能力。直流电源的电动势用字母“E”表示。

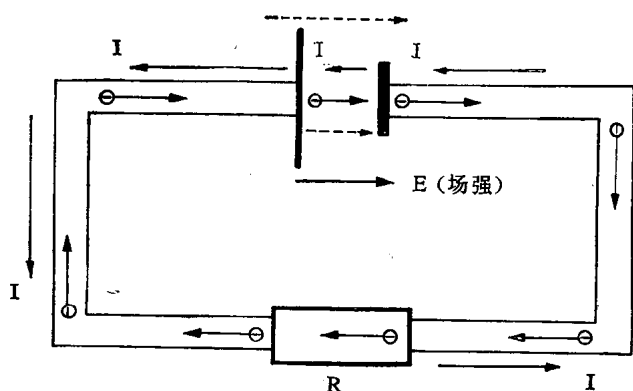


图1.13 电源的作用

$$E = \frac{W}{q}$$

可见，电动势的单位也是V（伏特），与电位、电压的单位相同，但它们的意义不一样。电位、电压是反映电场力做功本领的，而电动势是反映非电场力做功建立电场的本领的。所以电动势的方向是由电源的负极指向正极，即由低电位端指向高电位端。而电压的方向则是由电源的正极指向负极，即由高电位指向低电位，如图1.14所示。很明显，电源的电动势和电压在电源未接入电路时，大小是相等的，即 $U=E$ 。所以在实际应用中，也常用E表示电源电压。

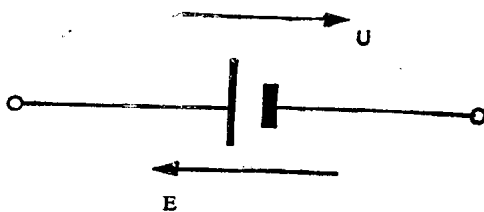


图1.14 电源的电动势与电压

第四节 电 阻

一、电阻和电阻单位

当电荷在导体中定向移动时,存在着带电微粒之间、带电微粒与分子、原子之间的相互碰撞。于是运动的电荷就要受到一定的阻力。这种对定向运动电荷的阻碍作用叫做电阻。电阻用字母“R”表示,它的单位是“欧姆”,用字母“ Ω ”代表。电阻单位除 Ω (欧姆)外,还有k Ω (千欧姆),有时用k代表,M Ω (百万欧姆)也有时用M代表。它们之间的换算关系如下:

$$1\text{M}\Omega = 10^3\text{k}\Omega$$

$$1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$$

二、电阻定律

导体的电阻仅与导体的长度、横截面积、材料、温度有关,即

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1.4)$$

式1.4,就是电阻定律的数学表达式。式中L是导体的长度,单位是m(米);S是导体的横截面积,单位是 m^2 (米²); ρ 是电阻率,单位是 $\Omega \cdot \text{m}$,它与导体的材料和温度有关。电阻R的单位是 Ω 。式1.4说明,导体的电阻与导体的长度和电阻率成正比,与导体的横截面积成反比。

三、电阻的温度系数

导体的电阻与导体的温度的关系是:温度升高,电阻增大。我们把温度升高1°C导体增加的电阻与它原来电阻的比值,叫做电阻的温度系数。导体是温度升高,电阻增大,所以导体具有正温度系数。表1.2列出了几种常用材料在20°C时的电阻率和温度系数。

表1.2 常用导电材料20°C时的电阻率和温度系数

材料名称	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	温度系数 (1/°C)
银	1.6×10^{-8}	0.00361
铜	1.7×10^{-8}	0.0041
铝	2.9×10^{-8}	0.00425
锡	4.9×10^{-8}	0.0044
铁	9.8×10^{-8}	0.00625
康铜	50×10^{-8}	0.00004
锰铜	43×10^{-8}	0.00002

从表中可知,导体的温度系数是非常小的,一般在温度变化不大,要求不高的情况下,可以忽略。但在温度变化很大的情况下,便不能忽略,比如白炽灯,灯丝点燃后的电阻是点燃前的十几倍。