

电工技术教科书

(军械、电气、仪表、无线电、雷达学员用)

南京军区空军航空机务训练团

一九八八年十二月

电工技术教科书

(军械、电气、仪表、无线电、雷达学员用)

中国人民
解放军 南京军区空军航空机务训练团

一九八八年十二月

电 工 技 术 教 科 书

编写：夏家保 王丽生 宋永福 李 军
 李良平 赵建新

审稿：夏家保

校对：严 平 周维宁 王 慧 张晓英
 王祥山 冉 丁 熊绍先

绘图：张晓英 王 慧 陈本久 王祥山

南京军区空军航空机务训练团出版

南京军区空军航空机务训练团印刷厂印刷

787×1092 毫米1/16 印张：17 字数340,000 印数：17,000

说 明

遵照空军航空工程部(1987)工外字第40号通知《关于编写机务新兵训练大纲教材的意见》的精神,以及贯彻总部“把军事训练、政治教育、科学文化教育和民用技术纳入一体化训练轨道”的要求,我们组织编写了这本能供无线电员、雷达员、电气员、仪表员和军械员通用的《电工技术教科书》。在编写的过程中,曾听取了军区空军航空工程部首长的指示,征求了一些有关教员和机务人员们的意见,还参阅了一些民用的电工教材,力求按照通俗易懂,学以致用,理论与部队实际相结合的原则去做。因此,在这本教科书中,除在各章里突出实际应用之外,还专门安排了一些实验,以加强各类员基本知识和基本技能的训练,为学习专业航空设备和维护打下较扎实的基础。

全书共分八章:第一章直流电路,第二章电磁和电磁感应,第三章交流电路,第四章电机,第五章三用表、高阻表,第六章安全用电知识,第七章电子管及其放大器,第八章晶体管及其放大器,最后还在“附录”里介绍一些参考资料供各类员应用时查阅。

编者:夏家保、王丽生、宋永福、李军、李良平、赵建新。

绘图:张晓英、王慧、陈本久、王祥山。

校对:严平、周维宁、王慧、张晓英、王祥山、冉丁、熊绍先。

由于我们水平有限,缺乏经验,书中一定存在不少问题,诚恳欢迎广大学员和教员在使用过程中给予批评指正。

中国人民
解放军 南京军区空军航空机务训练团

一九八八年十二月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 静电常识	1
第二节 电路的基本量	8
第三节 欧姆定律	18
第四节 电功、电功率、电流热效应及电路的保护	21
第五节 电阻的联接	28
第六节 电源的联接	40
第七节 电容器	41
本章小节	56
实验(分别插在各节中)	
复习题	61
第二章 电磁和电磁感应	65
第一节 磁的基本知识	56
第二节 电动原理	73
第三节 电磁感应	75
第四节 自感应和互感应	78
第五节 涡流	81
本章小节	84
实验(分别插在各节中)	
复习题	85
第三章 交流电路	90
第一节 正弦交流电的基本知识	90
第二节 纯电阻、纯电容、纯电感交流电路及滤波器	98
第三节 振荡回路	118
第四节 耦合振荡回路	128
本章小节	132
实验	135
复习题	137
第四章 电机	140
第一节 直流发电机	140
第二节 直流电动机	144
第三节 交流异步电动机	152
第四节 同步电机	160
第五节 特种电机	160
本章小节	165
实验	167

复习题.....	170
第五章 三用表、高阻表	173
第一节 三用表.....	173
第二节 高阻表.....	180
本章小节.....	182
实验.....	182
复习题.....	182
第六章 安全用电知识	183
第一节 触电.....	183
第二节 安全用电.....	188
本章小节.....	193
实验.....	193
复习题.....	193
第七章 电子管及其放大器	194
第一节 电子管.....	194
第二节 电子管放大器.....	204
本章小节.....	214
实验.....	214
复习题.....	215
第八章 晶体管及其放大器	216
第一节 半导体基本知识.....	216
第二节 晶体二极管.....	218
第三节 晶体三极管.....	226
第四节 晶体管放大器.....	232
本章小节.....	236
实验.....	236
复习题.....	237
附 录	239
附录一 小型变压器的设计与制作.....	239
附录二 配电板及日光灯的安装.....	244
附录三 触电急救——人工呼吸.....	256
附录四 国产半导体管型号的命名法.....	258
附录五 半导体三极管参数举例.....	260
附录六 常用符号、代号的读音及表示的意义.....	262

第一章 直流电路

本章提示:

《电工技术教科书》是航空各专业的基础课,而直流电路又是整个《电工技术教科书》的基础,它的特点是概念多、计算多,因此学习本章应着重弄清概念,学会简单的计算。

本章重点是电流、电压、电阻、电动势、端电压和电功率等基本理论;测量电流、电压和电阻,运用欧姆定律进行计算,检测电容器等基本技能。

难点是电位分析和RC串联电路的过渡过程。

本章除电位分析和RC串联电路的过渡过程军械、仪电专业不讲外,其它内容各专业都应掌握。

第一节 静电常识

恩格斯曾经指出:“地球上几乎没有一种变化发生而不同时显示出电的现象。”电对航空航天事业起着十分重要的作用,如果断了电,电台不能工作、雷达不能搜索跟踪、航炮不能自动射击、飞机不能起飞、火箭不能升天、卫星不能传递信息……。电,在国防科技上和人们生活中已经成为不可缺少的东西。那么,电是怎样产生的呢?这就必须从静电讲起。

一、物体的带电现象

摩擦起电是生活中经常见到的现象,在空气干燥的时候用塑料梳子梳理干净的头发,头发会被梳子吸引而立起来,并且还能听到细微的哗哗叭叭的响声;用毛皮擦过的硬橡胶棒会吸引轻小的纸屑;穿在身上的涤纶衣容易吸附灰尘。物体有了吸引轻小物体的性质,就叫物体带了电,或叫物体带了电荷。图1-1-1所示情景就是毛皮和硬橡胶棒摩擦后的带电现象。

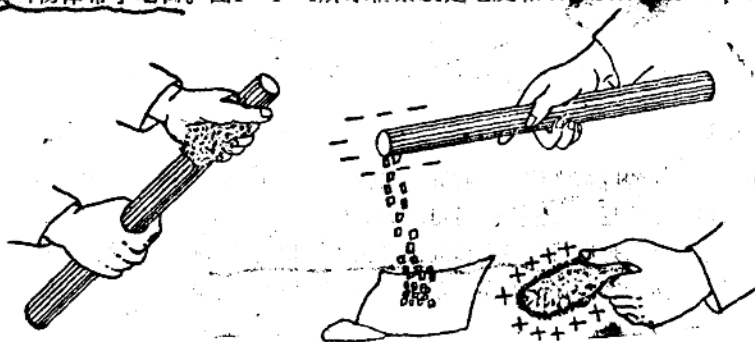


图1-1-1 物体的带电现象

摩擦起电后，毛皮上失去电子就带正电，硬橡胶棒上得到电子就带负电。而物体所带的两种不同性质的电，都是无定向运动相对静止的，所以称这两种相对静止的电为静电。

物体为什么会产生带电现象呢？这就是物质结构本身的内因所决定的。

任何一种物质都是由分子组成的，分子又是由原子组成的。原子内部有一个带正电的原子核，以及一些围绕原子核转动的带负电的电子。原子核内部又包含带正电的质子和不带电荷的中子（图1—1—2）。不同的物质原子核内的质子数量是不相等的。但在正常情况下，任何一种物质核外电子数却与核内质子数相等。

因为单个电子和质子所带电量的绝对值是相等的，因此在通常情况下，原子作为一个整体并不显示电性。当外因使两个物体摩擦时，其中一个物体要失去一些电子，而另一个物体则得到一些电子，失去电子的物体内部正电荷总数多于负电荷，因而表现为带正电；而获得电子的物体内部负电荷总数多于正电荷，因而表现为带负电。所以，从物质的电结构来看，无论用摩擦起电，还是用其他方法使物体带电的过程，都只不过是使物体中原有的正负电荷发生分离的转移而已。如果一个物体失去一些电子，必定有其他物体获得这些电子。

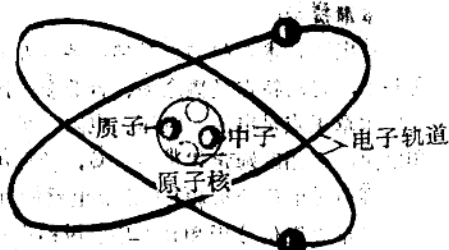


图1—1—2 氢原子结构示意图

这两种不同性质的电荷有什么特性呢？根据实验可知，同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引，如图1—1—3所示。如果将两个等量而异种的电荷放在一起，它们既不显正电性，也不显负电性，而呈电中性。这种现象称为正负电荷的电中和。因此，任何不显电性的物体都是正负电荷中和的结果。



图1—1—3 电荷之间的相互作用

二、电场

两种不同性质的电荷为什么会有同种电荷互相排斥、异种电荷互相吸引的特性呢？它靠什么来排斥和吸引的呢？结论是通过电场力的作用。

电场是什么？它是电荷或带电体周围空间的一种特殊物质。这种特殊物质虽然看不见，摸不着，但它确实是客观存在的实际东西。当电荷相对静止时，它周围的电场也相对静止，这样的电场就称为静电场。

电场的重要特性就是它对静止电荷具有作用力。因此，凡是静止电荷受到作用力的地方

必然有电场的存在。电场作用力的大小和带电体所带的电量多少有直接的关系，带电体带的电量多电场作用力就大，带电体带的电量少电场作用力就小。这里所讲的电量，指的就是带电体所带电荷的多少。电量符号用 Q 表示，它的单位是库仑。1库仑电量相当于 6.24×10^{18} 个质子或电子所带电量的总和。

(一) 电场分布的表示——电力线

电场分布情况的强弱和方向如何表示呢？科学家们常在带电体周围画力线图并借助于它来表示，这些表示电场强弱和方向的力线就叫电力线，如图1—1—4所示。

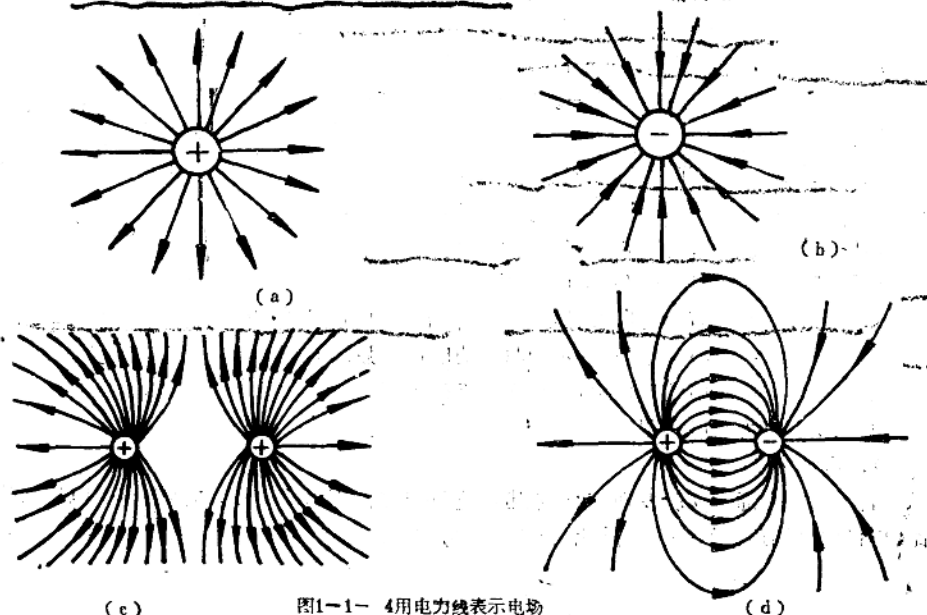


图1—1—4用电力线表示电场

用电力线表示电场分布时，电力线在某点的切线的方向则为该点的电场方向，电力线的稀密则表示电场的强弱。图1—1—4中(a)为球形带正电的电场，若放一个正电荷在这个电场中则受到排斥力，所以电力线是向外射出的直线。(b)为球形负带电体的电场，若放一个正电荷在这个电场中则受到吸引力，所以电力线是指向负带电体的直线。离带电体近的地方电场强，电力线就密；离带电体越远的地方，电场越弱，电力线也就越稀。(c)和(d)是两个带电体的合成电场分布情况，电力线方向表示合成电场的方向，稀密表示电场的弱和强。静电场电力线的特点是必须从正电荷出发，终止于负电荷，且不能相交。

(二) 均匀电场

两块面积很大而距离比较小的平行金属板，带有等量而异性的电荷，电荷在金属板上是均匀分布的，如图1—1—5(a)所示。在两极之间，由于正负电荷产生的电场方向相同（带正电的电场方向指向带负电金属板，带负电的电场方向也指向带负电金属板），总的电场是二者相加。在两金属板的外侧，因为正负电荷产生的电场方向相反，大小相等，正好互相抵消，故外部电场为零，如图1—1—5(b)所示。由于平行板上的电荷是均匀分布的，因此两金属板间各点的电场不仅大小相等，而且方向也相同，这种电场叫均匀电场。

了解均匀电场分布不是目的，目的是要知道电子在均匀电场中的运动规律。

1、当电子的运动方向与电场方向相反时，

如图1—1—5(c)中的

电子a所示，电子所受电场力与电子运动方向一致，电场力起加速作用，电子运动速度加快，因正板上有吸引力，负板上又有排斥力，电子从中获取能量，使其运动速度加快。

2、当电子的运动方向与电场方向一致时，如图1—1—5(c)中电子b所示，电子所受电场力的方向与电子运动的方向相反，电场力起减速作用，电子运动速度减慢，电子把能量交给电场贮存于电场之中。

3、当电子的运动方向与电力线垂直时，在电场力的作用下电子不能沿直线运动而是偏向正板，如图1—1—5(c)中电子c所示。两板的电场越强，电子运动的偏折就越大。

电子在均匀电场中的运动规律，将在后面的电子管和晶体管中经常用到，必须掌握好。

(三) 电场力与电场强度

1、电场力

科学家库仑通过实验发现：两个点电荷之间电场作用力的大小，与两电荷的电量乘积成正比，与它们之间距离的平方成反比，力的作用方向在两电荷中心的联线上，如图1—1—6所示。

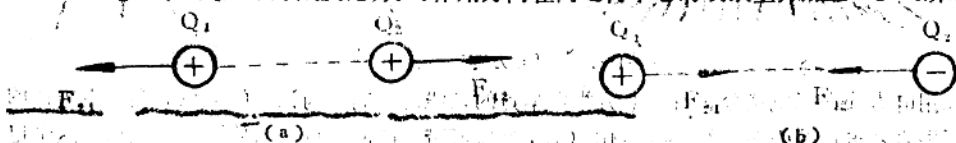


图1—1—6 两点电荷间的电场作用力

在图中，电荷 Q_1 的周围空间存在着一个电场，电荷 Q_2 位于 Q_1 的电场之中， Q_2 受到了力 F_{12} 的作用， F_{12} 就是 Q_1 通过电场施加给 Q_2 的。当然， Q_2 周围的空间也有自己的电场， Q_1 也要受到 Q_2 电场给它的作用力，这个力就是 F_{21} 。其数学表达式为：

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} \quad (1-1-1)$$

式中：F——两个点电荷间电场相互作用力〔牛顿，简称牛〕

Q_1, Q_2 ——点电荷的电量〔库仑，简称库〕

r——两点电荷间的距离〔米〕

ϵ ——电介质的介电系数〔法拉/米〕（“电介质”是介于电场中的物质，“介电系数”是表示电介质对电荷相互作用力的影响）。真空中的介电系数 $\epsilon = \epsilon_0$ ， $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ 法拉/米。

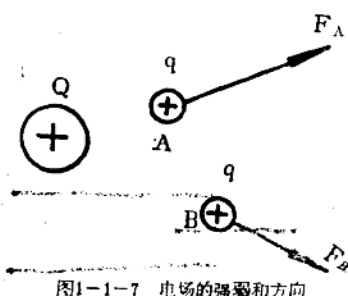


图1-1-7 电场的强弱和方向

式中:

2、电场强度

电场强度是用来衡量电场中各点电场强弱和方向的量。

如有正电荷Q,在它的周围就有电场,用一个电量较小的正电荷q分别放在A点和B点进行试验,发现它受力的大小和方向都不同。电场强度就是用来表示电场这一性质的。即试验电荷在电场中某点所受的力,和试验电荷电量的比值,就叫做该点的电场强度,简称场强,用符号 ϵ 表示。

$$\epsilon = \frac{F}{q}$$

(1-1-2)

F——电场力 [牛顿]

q——电量 [库仑]

ϵ ——电场强度 [牛顿/库仑或伏特/米]

必须指出,电场强度是由电场本身决定的,试验电荷只是为了度量它的大小和方向,与试验电荷的电量多少无关。例如测量某点的电场强度,先放1库仑电量的试验电荷在该点,受到的电场力是3牛顿,则电场强度为3牛顿/库仑;再放4库仑电量的试验电荷在该点,受到的电场力就为12牛顿,则电场强度仍为3牛顿/库仑。

电场强度的概念用得普遍,这里讲的虽是点电荷电场强度,扩大来看,雷达、无线电台的发射接收得远近都与电场强度有关,因此了解这一概念还是需要的。

三、导体、绝缘体和半导体

从物质的电结构看,不同的物体导电的性能也是不相同的。当物体内部存在着大量的可以自由移动的电荷时,导电性就良好。这种导电性能良好的物体称为导体。各种金属、酸、碱、盐的水溶液(也称电解液),人体、大地,电离的气体等都是导体。那么绝缘体就是指那些自由移动电荷极少,导电性能极差的物体。如陶瓷、云母、橡胶、玻璃、塑料以及未电离的气体等都是绝缘体。

导体和绝缘体机务人员几乎天天都要和它们打交道,正在通电的导体不能随便接触它,防止触电。绝缘材料老化了或安装不当就会漏电,漏电严重就会造成不应有的损失。

除了导体和绝缘体外,还有另一类物体,它的导电性能介于导体和绝缘体之间,这类物体称为半导体。半导体有许多不同于一般物质的特点,用半导体制成的各种半导体器件在电子技术中有着广泛的应用。关于半导体技术内容将在第八章专门讲解。

四、静电感应和静电屏蔽

(一) 静电感应

在另一带电体电场的作用下,导体两端出现等量而异性电荷的现象就叫静电感应,如图1-1-8所示。

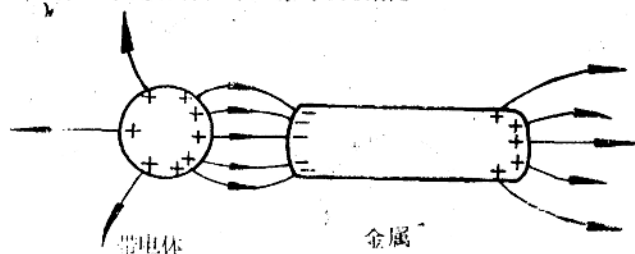


图1-1-8 静电感应

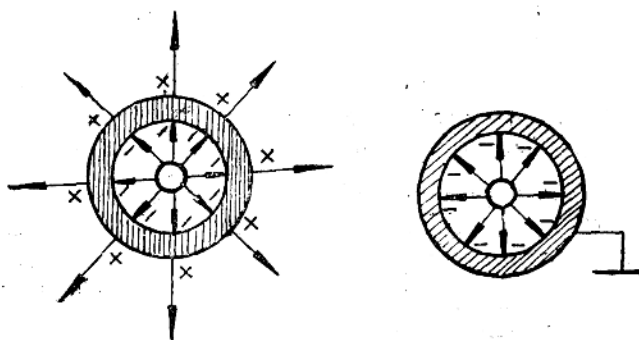


图1-1-9 静电屏蔽

静电感应现象给飞机上精密电子仪表、雷达和无线电设备带来许多干扰，影响它们的正常工作，因此要设法消除静电感应带来的不良后果。消除的办法采用静电屏蔽的办法。什么叫静电屏蔽？就是利用静电感应的原理，采用接地的金属罩来隔绝电场的影响，如图1-1-9所示。

在实际工作中，精密的电子仪器要放在金属壳内，晶体管通常都要用金属外壳罩起来，电子管有些也要专门把它罩起来，飞机上用的军械设备，仪表电器设备，无线电、雷达设备所用的许多馈线都用接地的金属丝网把它包起来，也是为了防止电场的干扰起屏蔽作用的。

五、静电的利用、危害与消除

（一）静电的利用和危害

静电的利用较为广泛，目前利用静电制作复印机，利用静电织绒，工厂的无烟烟囱都是利用静电来完成的。但是静电的危害也是不可低估的。雷电是静电，它能引起森林起大火，房屋倒塌，人身安全受到威胁，输电线路和通讯线路也会因为雷击而中断。飞机在空中飞行或在地面加油都会因静电感应、接触带电或摩擦起电而产生大量的静电电荷。这些电荷如不及时消除掉就会引起放电，一来干扰雷达、无线电和其它一些电子设备的正常工作，二来容易失火危及飞机和工作人员的安全。

（二）静电的消除

1. 飞机静电的消除

飞机的静电消除要在飞机的机翼和尾翼尖上装上放电刷，在机身内部用铜丝编织的搭铁线把飞机各部分联接成一个整体保证飞机本身等电位，使集中在飞机表面上的电荷及时通过放电刷泄放掉，如图1-1-10所示。飞机着陆后，必须用导体将飞机接地，现代飞机通常采用

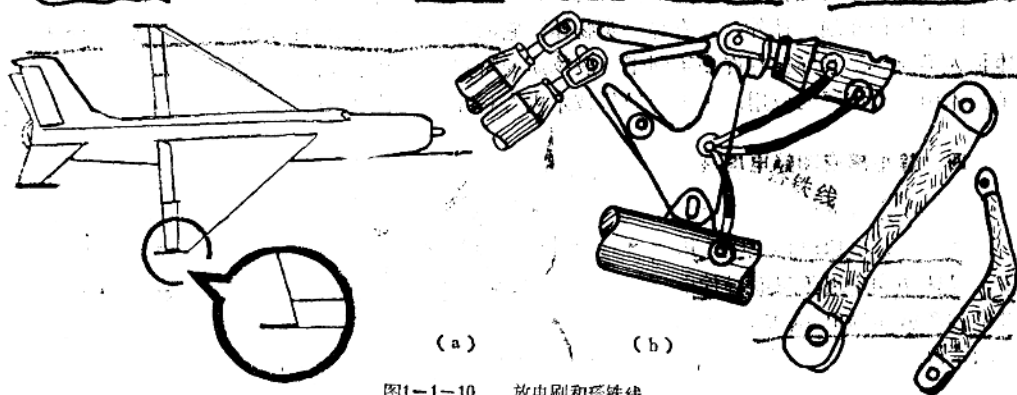


图1-1-10 放电刷和搭铁线

具有导电性的轮胎或安装特制的接地线，自动地把飞机上的静电导入大地。

在给飞机加油时，加油车或油井和飞机都要用特制的导线将它们接地，使加油时摩擦产生的电荷随时通过大地统统中和掉，以确保飞机和工作人员的安全。

2. 雷电静电的消除

雷电静电的消除，要安装避雷针、避雷带，电视机要安装天线避雷器。

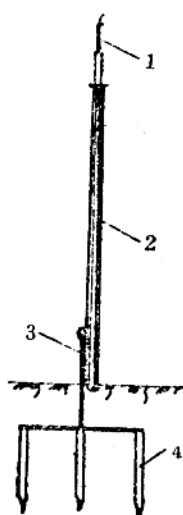
避雷针由接闪器、杆身、接地引线和接地极四部分组成，如图1-1-12所示。作接闪器的针尖用直径为25mm的镀锌圆钢或直径为40mm、厚度不小于3mm的镀锌圆管制成，尖端必须打扁磨尖，以增强尖端放电能力。

接地引线明装时用 $\phi 8\text{mm}$ 圆钢，暗装时则用 $\phi 12\text{mm}$ 镀锌圆钢。它的接地极必须单独埋设，不得和其它设备的接地极共用。接地电阻要在 10Ω 以下，接地极应埋在距建筑物3m以外很少有人通过的地方。避雷针本身离开被保护物体的距离不得小于5m。它的接闪器、接地引线和接地极必须用电弧焊焊接牢固，并在焊点上涂以沥青防护漆。

避雷针的工作原理是：当临近建筑物的云层带电时，由于静电感应，使建筑物及其附近的地面带上异种电荷，而这些电荷将通过避雷针进行尖端放电，将地电荷与云层电荷中和，从而避免了雷击的发生。假若遇到直击雷，避雷针也可以将雷电引入大地疏散，使线路、电器设备及建筑物免遭雷击。单支避雷针的保护半径 $r = 1.5h$ (h 为避雷针离地面的高度)。

很多重点建筑物和仓库周围都装上四支以上的避雷针，以扩大避雷范围。

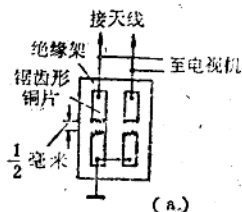
天线避雷器可以手工自制，外形如图1-1-13(a)所示。将四块铜片一端剪成锯齿尖，分成两组装置在绝缘板上，每组的两块铜片



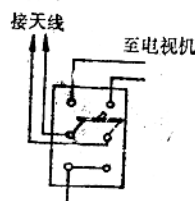
1. 接闪器； 2. 杆身；
3. 接地引线； 4. 接地极

图1-1-12 避雷针的构造 端与从天线引下的馈线相接，下端并连接地。接头处必须用焊锡焊牢。接地引线应用 $\phi 3\text{mm}$ 左右的铜导线或多股绞合线，下端焊一金属管或金属块作接地极，埋入地下1米深左右。这样如果天线上感应有雷电，可以在铜片的锯齿尖上发生对地的尖端放电，使雷电得以中和。

如果要进一步提高避雷的可靠程度，还可以在馈线下端接一，双刀双掷闸刀开关，如图1-1-13(b)所示。开关上端用馈线接在电视机输入端，中间两桩头分别接两根天线馈线、下端两桩头并联后用粗铜线牢固接地。需



(a)



(b)

图1-1-13 天线简易避雷器

要收看节目时，把闸刀合在上端，接通天线与电视机。预报有雷雨或不收看电视时，将闸刀拉下接地，使天线与大地牢固地接在一起，天线上有雷电时，可以避雷。

3. 防雷常识：

①为了避免避雷针上雷电的高电压从接地极传到输电线路引入室内造成危害，避雷针接地极与输电线路接地极至少应相距10m。

②为了避免雷电高压电架空线引入室内，应将进户线最后一件支承物上的绝缘子铁脚接地，在进户线的最后一根电杆上应加重复接地。

③雷雨时，不要在飞机场空旷的地方站立或行走，更不能穿着湿衣裳到这些地方。雨伞不要举得过高，特别是有金属柄的雨伞更要注意。

④躲避雷雨时，应选择有屏蔽作用的建筑物或物体，如汽车、电车、房屋等。不可站在孤立的大树下，电杆下，烟囱下或高墙下。

雷雨时，不要停留在容易受雷击的地方，如山顶、湖泊、河边、沼泽地、游泳池等。

⑤在室内的人员，雷雨时要关好门窗，不要站在窗前或阳台上，也不要站在有烟囱的灶前。应离开电力线、电话线、水管、煤气管、暖气管和天线馈线等至少1米。

⑥雷雨时，不要使用家用电器，应将电器的电源插头拔下，以免雷电沿电源线侵入电器内部损伤绝缘，击毁电器，甚至使人触电。

【实验】

一、参观飞机搭铁线和放电刷的安装位置，学会安装搭铁线和接地线。

二、参观建筑物上的避雷针和避雷带，学着装电视天线避雷器。

第二节 电路的基本量

电流、电压和电阻是电路中的三个基本量，它们可以反映出电路的工作状态，研究和分析电路时经常要用到它们。本节将从电路的组成这个全局性东西着手，然后再一一阐述属于电路的局部性的电流、电压和电阻的基本概念，从而掌握好检测它们的方法。

一、电路的基本组成

电路——电流所经过的路径。最简单、最基本的电路是由供给能量的电源、消耗能量的

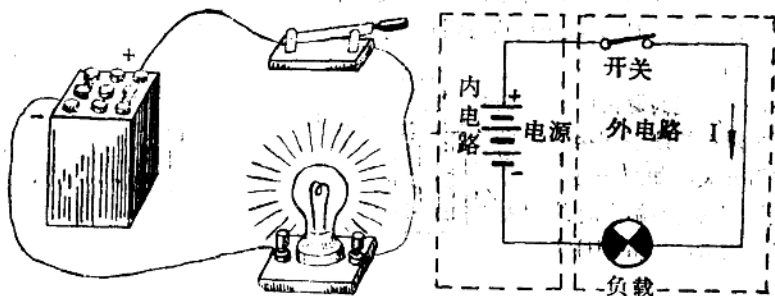


图1-2-1 电路的基本组成

用电器（负载），控制电路通断的开关或闸刀和联接它们所用的导线所组成，如图1—2—1所示（左图为实物图，右图为原理图）。

分析电路常以电源为界，把电源外部的电路称为外电路，把电源内部的电路称为内电路。

二、电流

空气的流动形成气流，水的流动形成水流，与它们相似的自由电荷有规则的定向移动就形成了电流。自由电荷（或称自由电子）在导体中的定向运动叫做传导电流，简称电流。下面专门研究导体中的电流问题。

（一）导体中电流的产生

金属导体中存在着大量的自由电子，平时这些自由电子是杂乱无章地进行着热运动的（图1—2—2a），导体中没有电流。

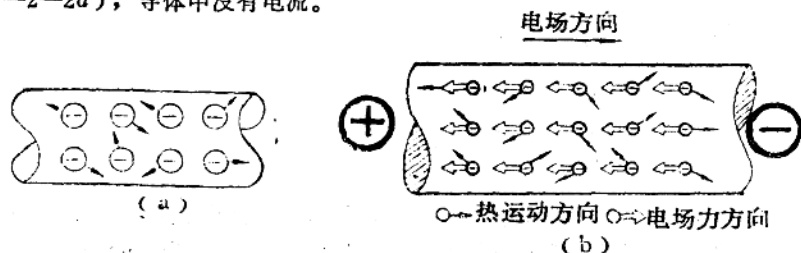


图1—2—2 导体中电子的运动

当导体外加一个电场时，导体中的自由电子就会受到电场力的作用，正极吸引电子，负极排斥电子。这样，导体中的电子就会有规则地往正极移动（图1—2—2b），从而形成了电流。如果将自由电子极少的绝缘体两端也外加一个电场，它也难以形成电流。由此可见，导体中含有大量的自由电子（也称载流子）是导体产生电流的内部根据，而外加电场的作用则是导体产生电流的外部条件。这两条缺一不可。当外加电场消失后，导体中的自由电子又恢复到以前那种杂乱无章的热运动状态。短暂的电流没什么用，持续的电流才有用。

如何获得持续电流呢？这就需要有一个持续的电场接在导体的两端，使导体中的电子作持续的有规则的定向运动。那么，这个持续的电场是什么呢？就是电源（蓄电池、发电机）。图1—2—1电路中所用的电源就是蓄电池，它使导线和负载两端保持一个持续的电场，因此电路中就有持续的电流，灯泡（负载）就能持续发光（做功）。

（二）电流的大小和方向

1. 电流的大小（电流强度）

电流的大小用单位时间通过导体横截面积的电量来衡量。当t秒钟内通过导体横截面积的电量为Q库仑时，那么电流的大小则为

$$I = \frac{Q}{t}$$

(1—2—1')

式中：

I——电流强度 [安培]

Q——电量 [库仑]

t ——时间 [秒]

当1秒钟内通过导体横截面积的电量为1库仑时，则此时的电流大小为1安培。
安培的符号用大写A表示。

千分之一安培为1毫安 [1mA]；

百万分之一安培为1微安 [1 μ A]。

[例] 如图1—2—1电路所示，当1秒钟通过导线横截面积的电量为10库仑时，问此时电路的电流大小等于多少？当1000秒钟通过导线横截面积的电量为1库仑时，电路的电流大小又为多少？

解：根据公式 $I = \frac{Q}{t}$

① $Q = 10$ 库仑 $t = 1$ 秒

则 $I = \frac{10 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}} = 10$ 安培

② $Q = 1$ 库仑 $t = 1000$ 秒

则 $I = \frac{1 \text{ 库仑}}{1000 \text{ 秒}} = 0.001$ 安培 = 1毫安

2. 电流的方向

在电场力的作用下，导体中自由电子的流动方向是从电源负极流向电源正极的。但是，人们在未发现电子以前，认为电流是正电荷的流动，是从电源的正极流向负极的，于是就以正电荷的流动方向规定为电流的方向。结果，在导体中电流的方向和电子流的方向正好相反。这个规定至今仍在沿用着，它对研究问题没有任何影响。

在导体中电流的方向，仍规定是从电源的正极流向电源的负极，如图1—2—3所示。

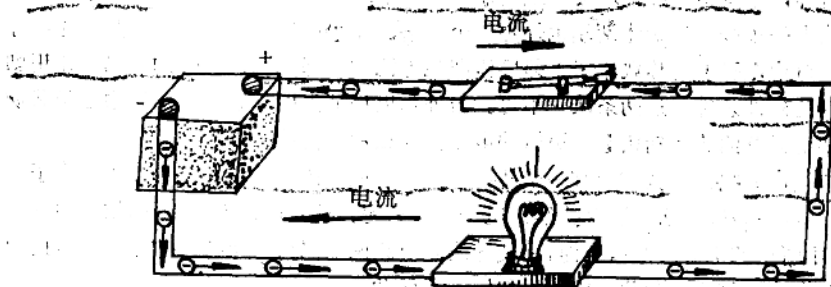


图1—2—3 电子流的方向与电流方向

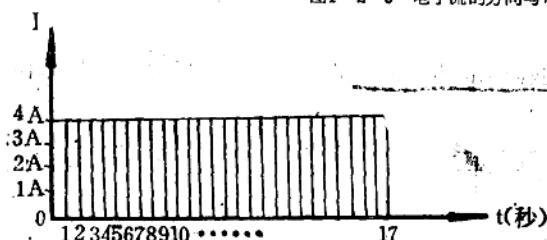


图1—2—4 直流电流的坐标表示法

电流的大小不随时间而变化，这样的电流就称为直流电。

直流电流的坐标表示如图1—2—4所示。其中纵坐标表示电流的大小，横坐标表示时间的长短。

(三) 电流的测量

测量电流的仪表叫电流表

(安培表)。测电流时应将电流表串联在电路中，电流表的正端接在电源正极这一边，电流表的负端接在电源负极那一边。这样接才能使被测电流通过电流表。切记电流表不要接反了，接反了表会反指，甚至损坏仪表表头。

测量电流时，电流表可以串接在图1—2—5电路中的任何一个地方，表指示电流值的大小都是一样的。因为无分支的电路，电流是处处相等的，它象一根无分支的水管子一样，水流大小也是处处相等的。

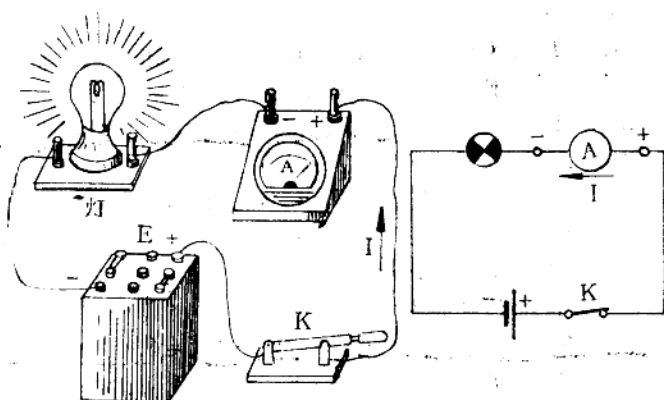


图1—2—5 电流表的联接法

三、电位、电压和电动势

(一) 电位

水的自然流向是从水位高的地方流向水位低的地方，沿水流的方向，水位是逐渐降低的。与此相似，电流在电路中总是从高电位流向低电位，沿着电流的方向，电位是逐渐降低的。如图1—2—6所示的a点电位 φ_a 高于b点电位 φ_b ，而b点电位 φ_b 又高于c点电位 φ_c ，即 $\varphi_a > \varphi_b > \varphi_c$ 。

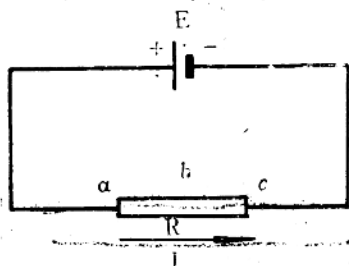


图1—2—6 电路中的电位

水位的高低是以海平面为标准，用尺子一量就可以鉴别出来。电路中电位的高低怎样鉴别呢？通常以参考点为零电位，其它各点都以参考点为标准来鉴别其电位的高低。

在电路中常选择电源的负极、机器的外壳以及飞机的机体和接地线为参考点。电路上某点到参考点之间的电位差就是该点的电位。

电位的单位是伏特(V)，实用中还采用千伏(kV)，毫伏(mV)和微伏(μV)等单位。

$$1000V = 1kV$$

$$\frac{1V}{1000} = 1mV$$

$$\frac{1mV}{1000} = 1\mu V$$

注意，在电路中任何一段导线上的各点电位都是相等的，不管这段导线有多长。