

无綫电分队专业技术教材之三

电 工 常 識

(初 稿)

中国人民
解 放 軍 南京軍区司令部通信兵处

一九六〇年三月

前 言

無線電分隊專業技術教材（初稿）是在去年五月學習毛主席軍事著作後，由十二軍和二十軍分頭編寫，經軍區組織該兩單位加工整理而成。

本教材共分無線電通信概述、電台勤務、电工常識及軍用無線電機四部分。“無線電通信概述”着重闡述了我軍無線電通信的光榮傳統，在訓練中必須重視貫徹傳統教育；

“電台勤務”是訓練無線電員的主要內容，一切技術訓練都是圍繞着解決無線電員在電台上工作而提出的；“电工常識”是學習“軍用無線電機”的基礎，而學習“軍用無線電機”又是為了使無線電員能熟練的掌握裝配機器，并能排除機器的一般故障，以便更好地在電台上完成通信任務。

本教材主要是依據我軍無線電訓練的歷史傳統、部隊近幾年來的訓練實踐、現行裝配器材以及現有文化水平而編寫的，同時又適當地考慮了無線電員訓練總時間和發展的需要，盡量使訓練內容完整、系統，力求既可作教員備課時的依據，又能使無線電員在輔導員的幫助下進行自學，亦可作為幹部自修教材和民兵訓練的參考。

本教材基本上體現了以我為主、理論聯系實際、學以致用的原則。因此，應在全區各通信兵無線電分隊訓練中作為基準教材試用。

在編寫中，曾參閱了友鄰軍區新編的及原用的無線電分隊教材，這些都對我們有很大的啟示和幫助。由於編者水平限制，時間倉促，未能廣泛地向部隊徵求意見，缺點、錯誤在所難免。各部在試用中，應發揮獨創精神，結合分隊的具体情况適當地增減，並及時將意見匯綜上報軍區，以便修改定稿。

南京軍區司令部通信兵處

一九六〇年三月

目 录

第一章 电的基本概念

第一节 电	1
第二节 电流	8
第三节 电压与电动势	12
第四节 电阻	13

第二章 直流电路

第一节 最简单的电路	23
第二节 电流、电压、电阻间的关系	25
第三节 话筒及话筒电路	31
第四节 串联电路和并联电路	33
第五节 电流的热效应及电功率	41
第六节 电桥的原理及应用	44

第三章 磁与电磁

第一节 磁	47
第二节 电生磁	55
第三节 磁生电	68
第四节 自感及线圈	74
第五节 互感及变压器	78

第四章 电容及电容器

第一节 电容和电容量	87
第二节 电容器的工作原理	89
第三节 电容器的连接	91
第四节 电容器的构造、种类及识别方法	93
第五节 电容器在无线电电机中的应用 及使用时的注意事项	99

第五章 交流电路

第一节	交流电路的基本概念	101
第二节	交流电路中的电阻	106
第三节	交流电路中的线圈	108
第四节	交流电路中的电容	116
第五节	串联谐振	122
第六节	并联谐振	128

第六章 电 表

第一节	动圈式表头和热偶式电表	133
第二节	电流表	135
第三节	电压表	138
第四节	欧姆表	140
第五节	三用表	141

第七章 化学电源

第一节	干电池	146
第二节	蓄电池	162

第八章 电 机

第一节	直流发电机——G41型直流发电机介绍	180
第二节	直流电动发电机——964型电动发电机介绍	193
第三节	交流发电机——交二型1500瓦汽油发电机介绍	196

第九章 整流器及振动子变流器

第一节	固体整流器	199
第二节	振动子变流器	203
第三节	实用整流器介绍	210

第十章 油机介绍

第一节	油机的分类和一般构造	217
第二节	二冲程油机	219

第一章 电的基本概念

第一节 电

一、电的用途

电大约在2500年以前，就被人们发现了。但电的实际应用，是在19世纪初才开始的。电在国民经济中占有极重要的地位，它已经广泛的应用在工业、农业、交通运输、邮电通信、国防事业以及日常生活中。在用电的地方，电能可以重新变成各种能量：如光能——电灯、电影、电视及爱克斯光透视等；热能——电炉、电焊、电烙铁等；机械能——转动机器、电动发电、电报、电话等；化学能——电焊、电镀和对各种化学电源进行充电等。电能给我们做了许多工作，直接影响了人类的生活，推动了社会的发展。

电对我们通信兵来说，有着更密切的关系。因为我们手中所掌握的兵器——无线电机和有线电机，都是通过电的作用来完成通信任务的。所以，每一个通信兵都必须认真地学习电工常识，并将学得的知识运用到实际工作中去。只有这样，才能更好地掌握机器，顺利的去完成各项光荣的通信任务。

二、物质的结构

，要想知道电到底是什么，就必须先了解物质的结构。

(一) 分子、元素和原子

1. 分子——把物质分到最小，仍保持原有特性的质点叫分子。分子是物质的最小单位。例如水的分子仍具有水的一切特性。

2. 元素——把分子用化学方法分解直到不能分解时，所得到的更小的质点叫元素。元素保持原有的化学性质，它是组成世界上各种物质的最基本的东西。

3. 原子——比元素還要細微的粒子叫原子。原子是組成元素和分子的最小單位，它的內部有着複雜的結構。

世界上一切物質，雖然它們的種類很多，性質、形狀、顏色等都不相同，但卻有着共同的基础：即由各種不同的元素所組成。現在世界上已經發現有 103 種化學元素，每種元素都是由極細微的粒子——原子所組成。由不同原子所構成的元素或分子，它們的性質也不一樣。例如鐵和木頭的分子，由於其原子結構不同，所以各有自己的特性，用吸鐵石可以吸引鐵的分子，木頭的分子就不會被吸引。有些物質是由一種原子結合而成叫單質物質，如金、銀、銅、鐵等；有些物質是由二種以上的原子組成叫化合物，如水是由二個氫原子和一個氧原子組成；有些酸類的分子含有几百個原子，在蛋白質的分子里却有着几十个氫、氧、氮、磷和硫的原子，這些都說明物質結構的複雜性。但歸根結底，還是由於原子的結構不同，才構成世界上各種各樣的物質。

(二) 原子的結構

過去都認為原子是物質最小的不可分裂的質點，以後由於科學的發展，原子的秘密便被揭穿，原來它還可以再分解成更小的質點。

原子裡包括兩個部分：原子核和電子。

每一原子都是由一個原子核和在它周圍繞行着的電子所組成。原子核帶有陽電荷（正電），符號“+”，在原子的中心。原子核內部由帶正電的質子和不帶電的中子組成，它們結合得很緊密，所以不容易跑出原子核去。電子則帶有陰電荷（負電），符號“-”，電子比質子輕 1834 倍，在原子核的外圍不停的依一定的軌道旋轉。因為帶正電的質子和帶負電的電子之間有一種相互吸引的力量，所以在一般情況下，電子是不會隨便離開原子的。

最簡單的原子是氫原子，它只有一個電子圍繞着原子核

运动(如图 1—1)。氢原子由两个质子、两个中子和两个电子组成(如图 1—2)，而铅原子有 13 个电子(如图 1—3)，铜原子有 29 个电子，金原子有 79 个电子，铀原子有 92 个电子，电子运行轨道层数也自 1—7 层不等。

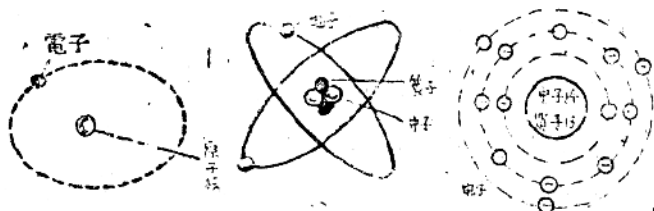


图 1—1 氢原子的结构 图 1—2 氦原子的结构 图 1—3 铅原子的结构

任何原子中的质子与质子、中子与中子、电子与电子，它们的性质、大小、电量和质量都是相同的。带正电的质子和带负电的电子，虽然它们的电性相反，但电量相等。在正常的情况下，原子中电子与质子的数目总是相等的，所以原子一般都保持不带电状态，即呈中性。

世界上一切光、热、电磁、化学反应等现象，都是原子的外层电子变化所形成的，内层电子的变动能形成爱克斯光线，原子核内中子的分裂是放射性的根源和原子崩溃分裂的原因。

三、物体的带电现象

(一) 物体在正常情况下不带电

物体是由许多原子所组成，在正常情况下，由于物体内电子（负电）的总数和质子（正电）的总数相等，所以整个物体不会带电。

那末，在什么情况下物体才会带电呢？只有当物体失去电子或多余电子时，这一物体才会变成带电体。

(二) 静电现象和摩擦生电

現在來作一個試驗：用化學梳子梳干燥的頭髮時，會聽到很小的辟拍聲；用鋼筆杆摩擦絲絹和毛織品後，能吸引小紙屑；這些都是靜電現象。我國東漢初年（公元100年），在王充所著論衡中有“頓牟綴芥”的記載，“頓牟綴芥”就是指琥珀被摩擦後能吸引小芥子的本領。這也是靜電現象，說明我們的祖先很早就注意到靜電現象。經實驗證明：任何兩種不同性質的物質摩擦後，都會產生電，因這種電呈靜止狀態，所以叫靜電。其中以橡皮和橡皮摩擦後產生的靜電最多。

摩擦為什麼會產生電呢？因為物質相摩擦時，由於原子的緊密接觸給電子增加了動能，使電子的運轉速度加快，外層的電子可能脫離本原子，而使原子帶電。原子核控制電子力量較弱的物質，常失去電子而帶正電；原子核對電子吸力較強的物質，常獲得電子而帶負電；物體失去或多余電子的數目愈多，所帶的電也愈大。在刮大風或有雷雨時，收音機內常聽到“卡卡”和“沙沙”的聲音，這是大氣動盪摩擦生電的緣故。

物質帶電後時刻有恢復常態的企圖，即保持質子與電子數目相等。摩擦過的鋼筆杆能吸引紙屑，就是要奪取或放出電子所表現的作用力；梳子梳頭髮時所產生的辟拍聲，也是放電的一種現象。

四、靜電的性質

（一）靜電的

吸拒作用（如图1—4）

當我們將兩顆非常輕的燈草球，用細棉線懸起，使兩球保持適當的距離。先使兩球都帶

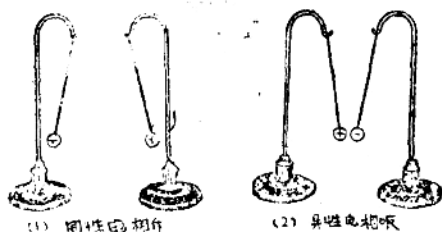
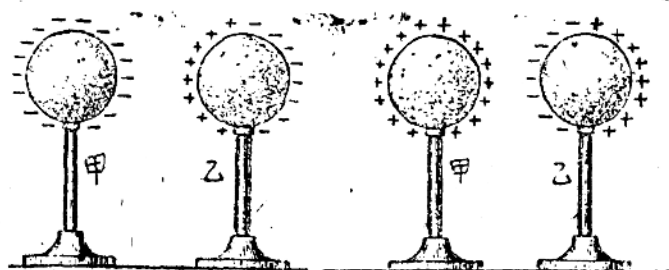


图 1—4 靜電的吸拒作用

同性电（正电或负电），这时我们就看到两小球互相推离；如果使两球一带正电，一带负电，这时两球就互相靠拢。这个实验证明：“同性电相斥、异性电相吸”。

（二）静电的感应作用（如图 1—5）



(1) 负电体靠近金属球时

(2) 正电体靠近金属球时

图 1—5 静电感应

当我们把带正电的带电体靠近金属球乙时，由于带电体缺少电子，希望夺取金属球上的电子，便驱使金属球的电子向带电体一边移动，这样靠近带电体的一端因多余电子而带负电，远的一端因缺少电子而带正电，如果用带负电的带电体靠近金属球乙时，情况恰好相反，靠近带电体的一端受感应作用影响因缺少电子而带正电，远的一端因多余电子而带负电。以上现象就叫静电感应。如果我们把带电体取走或远离金属球时，由于感应作用消失，金属球便恢复原状不带电了。

（三）静电的传导作用（如图 1—6）

当我们把带负电的带电体甲接触不带电的物体乙时，带电体上一部分多余的电子，便被排斥到物体上，使物体乙也带负电。如将带正电的带电体，接触不带电的物体时，带电体便从不带电体上夺取电子，使不带电体也带正电。所以传导生电时，必为同性电。

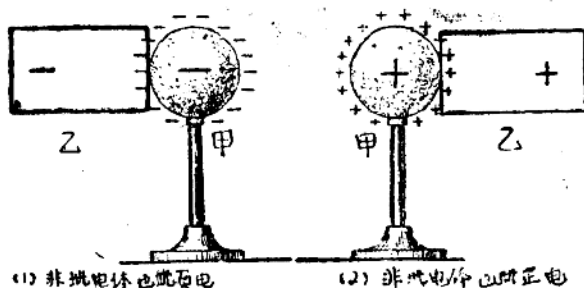


图 1-6 静电的传导作用

(四) 静电的分布

静电在物体上的分布并不是很均匀的，在有规则的物体上，如球体、极长的圆截面导线上，电荷分布均匀，在不规则的导体上如表面不平的物体，电荷的分布就不均匀。凸出部电荷的分布多、电密度大，凹入部电荷的分布少、电密度小。在凸出部上由于聚集着大量的电荷，因同性电荷间相互排斥的作用力很强，所以电荷很容易从尖端排出，这就是我们常说的尖端放电现象。避雷针就是根据这个原理制成的。

雷电现象是由于云块摩擦生电后造成的。如果带电的云块与地面接触，由于放电会产生很大的火光和雷声，能破坏树木和建筑物等。所以我们说：静电有强烈的破坏性。为了避免损坏电信器材，电话线每隔一定距离都装有避雷针，引入线都接有避雷器和熔断管，电台的天线在过闪电时，要把天地线连接起来，以防电击。

五、电场

上面已经讲过，两同性电荷有互相排斥的作用，两异性电荷有互相吸引的作用。它们为什么会产生排斥和吸引的作用呢？这是因为在带电体的周围空间有一种作用力存在的缘故。

(一) 电力线和电场

电荷周围空间所存在的作用力，我们可以形象地把它看

成好似线一样的东西（这种假设的线是看不见的），这种电荷间作用力的线叫电力线。电力线所达到的范围叫电场。电力线能够表示电场的方向和强度，电力线愈多，电场愈强，电力线愈少，电场愈弱。

（二）电力线的性质

1. 正电荷的电力线是向外发射的，负电荷的电力线是向内集中的。（如图1—7）

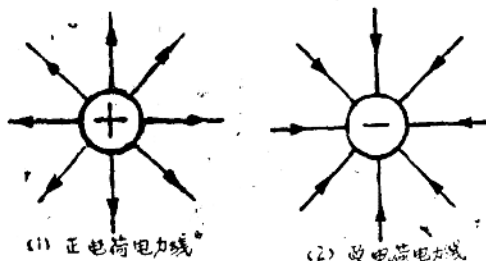


图 1—7 单个电荷的电力线

2. 两个异性电荷之间，电力线由正电荷发射，进入负电荷。所以异性电荷有相互吸引的作用，使它们有靠近的趋势。（如图1—8）

3. 两个同性电荷之间，电力线互相排斥，使它们有远离的趋势。（如图1—9）

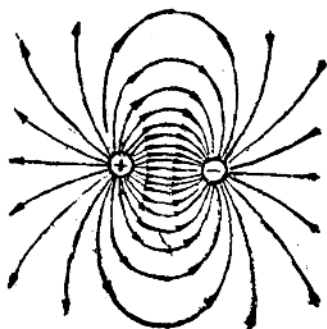


图 1—8 两异性电荷的电力线

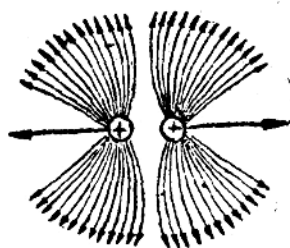


图 1—9 两同性电荷的电力线

4.任何两根电力线都不会交叉。

六、电的产生

(一) 摩擦生电——它是利用两种不同的物质相摩擦而产生静电，一般只作为实验用。

(二) 热电作用生电——它是将两种不同的金属相接触，在接合处加热后就会产生电压。但这种生电方法，只能使少量的电子流动，仅使用于少数仪表中。

(三) 化学作用生电——它的应用很广泛，干电池、蓄电池都是利用电解液与金属的化学作用生电的。

(四) 电磁感应生电——它利用线圈切割磁力线，或磁力线切割线圈而产生电压。这种方法产生的电压很高，能量也大，如城市照明和工业用电，以及电台上用的发电机都是利用电磁感应生电的。

第二节 电流

一、电流的产生及定义

如果将两个金属带电体（一带正电、一带负电），用一根金属导线连接起来（如图1—10），因为负带电体上多余电子，电子之间互相排斥，而正带电体上缺少电子，对电子有吸引力，于是负带电体上的电子便沿着导线流向正带电体，直到两带电体上的电荷相等为止。我们将“电子在导体中向一定方向的移动叫做电流”。

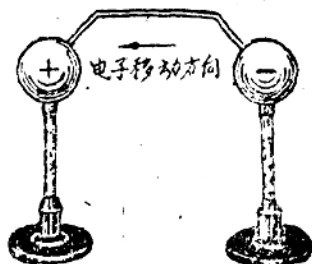


图1—10 电子的移动方向

二、电子在导体内的传导移动

电子在导体内移动时，并不是直接从一端跑到另一端去

的，它是在電場的作用力的推動下，一個接一個的推移過去的。例如負帶電體上的一個電子進入導線的一端，將導線中第一個原子中的電子擠出，被擠出的電子進入第二個原子，又擠出另一個原子中的電子，依此類推，一直到達正帶電體為止。這個移動過程很快，幾乎所有電子的運動都是同時開始的，所以電子不會在某一段上堆積起來。在同一根導線內，無論是那一段，通過的電子數量都是相等的。電子的這種移動就叫傳導移動。

三、電流的方向

從上面講的電流現象中，我們看到電子是由負極流向正極的，因此電流的方向也應該是由負極流向正極。但在很久以前，當時人們還不能解釋電流現象，科學家們就假定：“電流的方向是由正極流向負極”。如圖 1—11。這個假定後來證

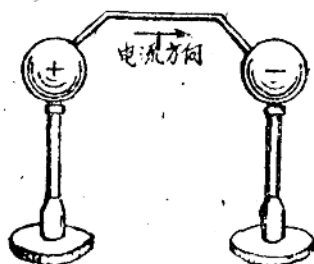


圖 1—11 電流的方向

明是錯誤的，但因使用已久，而且這樣假定對解釋電的現象並無大的妨礙，所以現在仍然使用。以後凡說到電流方向時，都是指由正到負；說到電子流方向時，都是指由負到正。

四、電量、電流強度及測量單位

(一) 電量

物體帶電的數量叫電量。電量的大小是由物體缺少或多餘電子的數量來決定的。電量的測量單位是庫倫，代號是 Q 。一庫倫的電量等於 6.28×10^{18} 個電子的電量，即 628 億個電子所帶的電量。這個電量是很大的，如果我們將兩個電量為一庫倫的帶電體，離開一米遠時，互相間的吸力或斥力就相當有 9 億公斤重。

庫倫是靜電的單位，它沒有時間性，而我們所用的電流是有時間觀念的。所以表示靜電的電量用庫倫作單位，表示動電的電量用安培·秒或安培·小時作單位。安培·秒是指當電流為一安培時，每秒在導體橫截面上所通過的電量，安培·小時是指當電流為一安培時，每小時在導體橫截面上所通過的電量。所以電量和電流、時間成正比，即電流愈大、時間愈長，電量也就愈大。用公式表示如下：

$$\text{電量} = \text{電流} \times \text{時間} \quad \text{即 } Q = I \times t \quad (\text{公式 1—1})$$

(二) 電流強度

電流強度在習慣上叫做電流的大小，電流的大小是以每秒在導體的橫截面上通過的電量來計算的。若每秒通過的電子數愈多，則電流愈大，反之，則電流愈小。

(三) 電流的測量單位

電流的代號是 I ，測量單位是安培（代號 A 或 a ）。1 安培表示在一秒內通過導體橫截面積一庫倫的電量，也就是通過 628 億個電子。在無線電機中，常用的電流比 1 安培小得多，所以又規定了測量小電流的單位，叫毫安或千分安培（代號是 MA 或 ma ）。安培與毫安的關係如下：

$$1 \text{ 安培 } (A) = 1000 \text{ 毫安 } (ma)$$

$$1 \text{ 毫安 } (ma) = \frac{1}{1000} \text{ 安培 } (A) = 0.001 \text{ 安培 } (A)$$

這個關係很重要，以後將經常使用，所以必須熟悉。現在舉兩個例子：

例1. 75 毫安 (ma) = ? 安培 (A)

解：因為 1 毫安 = $\frac{1}{1000}$ 安培，所以 75 毫安 = $\frac{75}{1000}$

安培 = 0.075 安培。

例2. 0.5 安培 (A) = ? 毫安 (ma)

解：因為 1 安培 = 1000 毫安 (ma)

所以 $0.5 \text{ 安培} = 1000 \times 0.5 = 500 \text{ 毫安 (mA)}$

五、电流的分类

(一) 直流电流

方向和大小都不随时间变化的电流叫直流电流，代号是 D、C、I。直流电是由干电池、蓄电池、直流发电机等直流电源产生的。直流电用图形表示如图 1—12。

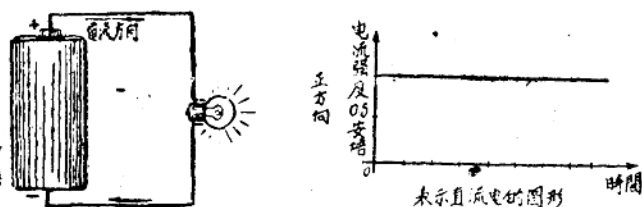


图 1—12 直流电流

(二) 交流电流

方向和大小时刻在变化着的电流叫交流电流，代号是 A、C、I。交流电是由交流发电机产生的，它的正负极经常在变化，导线两端接上这种电源后，电流的方向也就经常发生变化。交流电用图形表示如图 1—13。

(三) 脉动电流

这是一种大小不断变化，而方向始终不变的电流。它包含直流与交流两种成份，如话筒电路的局部电路中，送话器工作时的电流就是脉动电流。脉动电流用图形表示如图 1—14。

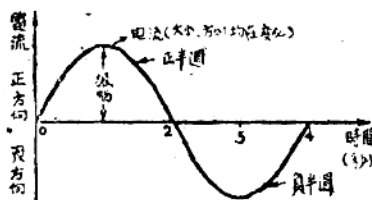


图 1—13 交流电流的曲线

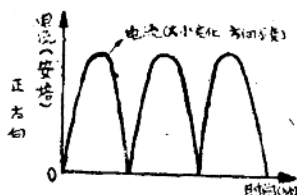


图 1—14 脉动电流的曲线

第三节 电压与电动势

一、电位和电位差

(一) 电位

电位是指物体带电的量。但电的性质有正负之分，所以电位也有正负之分。凡物体所带的正电愈多，电位愈高，如负电愈多，则电位愈低。如图 1—15。



图 1—15 电位高低的比较

电位通常都以大地作标准来比较。因为地球很大，即使增减一些电子，分布开以后，也显不出来，所以规定地为零电位。比零电位高的电位叫正电位，比零电位低的电位叫负电位。在无线电中，通常都将电子管的阴极叫做零电位。

(二) 电位差

物体带电的多少或正负不同时，它们的电位就有差别，两个物体间电位的差别叫电位差。在导线两端，如果存在着电位差，导线中就会有电流流动。因为当导线两端的电量不等或电性不同时，电子就会从多的一端（低电位）流向少的一端（高电位），直到两端的电位相等时，由于没有电位差，电流也就不流动了。

二、电压和电动势

(一) 电压

两带电体间有电位差时，同时也就产生了电压，能促使电子流动。所以在实际应用中，我们把电流流通的道路中，

任何两点间的电位差叫做电压。

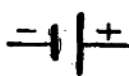
(二) 电动势

我們已經知道，在导线两端如果没有电位差存在，即没有电压时，电流就不会流动。要想保持导线内不断有电流流动，就必须保持电位差的存在，能够经常保持电位差存在的力量就叫做电动势。电源可以使它的两极不断产生电压，所以电源就是一个电动势，习惯上都把电源电动势叫做电源电压。当电源未接通电路前，电源电压也叫开路电压；接通电路后，这时的电源电压就叫做工作电压或端电压。

每个电源都有两个电极：一个电极经常缺少电子带正电，叫正极；另一个电极经常多余电子带负电，叫负极。电源

的符号如

图1-16。



电池



直流发电机



交流发电机

图 1--16 电源的符号

三、代号及测量单位

电压的代号是E，电动势的代号是E、M、F。它们的测量单位都是伏特(代号V)。在实用中又规定了千伏(代号KV)和毫伏(代号mv)。

第四节 电阻

一、导体、绝缘体和半导体

(一) 导体

电流容易通过的物质叫导体。在这些物质中，原子核对电子的吸引力很弱，电子极易受外力影响而脱离原子，形成自由电子，所以电流很容易通过导体。常见的导体有各种金属(银、铜、铁、铝、各种合金)、炭和石墨，其中银和铜是良导体，另外还有液体导体如酸、碱、盐的水溶液等，