



海军舰艇机电教材

电工基础

上册

一九七三年二月

通 知

根据总参谋部关于组织力量编写专业教材的通知精神，海军部队的舰艇机电教材，由东海舰队负责编写。现已写出《电工基础》(试用稿)，印发部队试行。望各部队在使用中，提出修改补充意见，上报海司军训部，以便修改定稿。

海 军 司 令 部

一九七三年二月

毛主席语录

全党都要注重战争，学习军事，准备打仗。

读书是学习，使用也是学习，而且是更重要的学习。从战争学习战争——这是我们的主要方法。

练兵方法，应开展官教兵、兵教官、兵教兵的群众练兵运动。

为了反对帝国主义的侵略，我们一定要建立强大的海军。

目 录

第一篇 电学基础

第一章 直流电路	1
第一节 电流、电压	1
第二节 电阻、导电材料和绝缘材料	5
第三节 欧姆定律	10
第四节 克希荷夫定律	13
第五节 电阻、电源的联接	15
第六节 电功率	22
第七节 电流的热效应及应用	23
第二章 磁和电磁	26
第一节 磁铁	26
第二节 电流磁效应的应用	30
第三节 电磁感应	35
第三章 交流电	42
第一节 交流电概述	42
第二节 单相电路	52
第三节 三相电路	70
第四章 电工仪表	79
第一节 电工仪表的分类	79
第二节 直流仪表	81

第三节 万用表和高阻计	88
第四节 交流仪表	95

第二篇 交直流电机

第一章 直流发电机	115
-----------------	-----

第一节 直流发电机的构造和原理	115
第二节 直流发电机的激磁种类和电压的建立	128
第三节 直流发电机的特性	133
第四节 三线输电系统、三线发电机和直流电焊机	143
第五节 直流配电板和发电机的使用管理	150

第二章 直流电动机	163
-----------------	-----

第一节 直流电动机的原理	163
第二节 直流电动机有负载时的特性	166
第三节 直流电动机的控制原理	172

第三章 交流发电机	180
-----------------	-----

第一节 交流发电机的原理和构造	180
第二节 交流发电机有负载时的特性	189
第三节 交流配电板和三相交流发电机的使用管理	194

第四章 交流电动机	207
-----------------	-----

第一节 三相感应电动机的构造及原理	207
第二节 三相鼠笼式感应电动机的控制原理	215
第三节 单相交流电动机	221
第四节 电机的损失、效率及额定	227

第五章 电机的维护保养及常见故障处理	230
--------------------------	-----

第一节	电机的日常保养	230
第二节	电机的烘干	234
第三节	电机的定期检查和配电板保养	236
第四节	电机常见故障及处理	238
第六章	变压器	246
第一节	变压器的基本原理和构造	246
第二节	三相变压器	254
第三节	仪用互感器	257

第一篇 电学基础

第一章 直流电路

第一节 电流、电压

一、物体带电现象

我们平时用电木钢笔杆和头发相互摩擦后，电木钢笔杆就会产生一种吸引轻微物体的能力。如玻璃棒和丝绸摩擦后，也会产生同样现象，如图 1-1 所示，这种现象是由于物体带电所造成的。物体所带的电叫做电荷。



图 1-1 摩擦生电

物体摩擦后为什么会带电呢？原来世界上一切物质都是由原子构成的。原子非常小，如将一万万个原子一个接一个排列起来，只有一厘米长。而原子又是由中心的原子核和围绕原子核运动的电子所组成，如图 1-2 所示。原子外围的电子，容易脱离本原子而移动，这种电子叫“自由电子”。原子核带有正电，用符号“+”表示。电子带负电，用符号“-”表示。在平时，任何物质原子核的正电荷和电子的负电荷是相

等的，所以显不出带电的性质。如果我们用玻璃棒和丝绸摩擦后，由于玻璃棒中的一部分电子（自由电子）跑到丝绸里去了，使玻璃棒失去电子而带正电，丝绸中多余了电子而带负电。用同样的道理也可以说明电木钢笔杆与头发摩擦后，电木钢笔杆带负电，头发带正电。



图 1-2 原子构造示意图

所谓物体带电，就是使物体失去电子或者获得电子。物体所带的电只有两种——正电或负电。我们使两个用丝绸摩

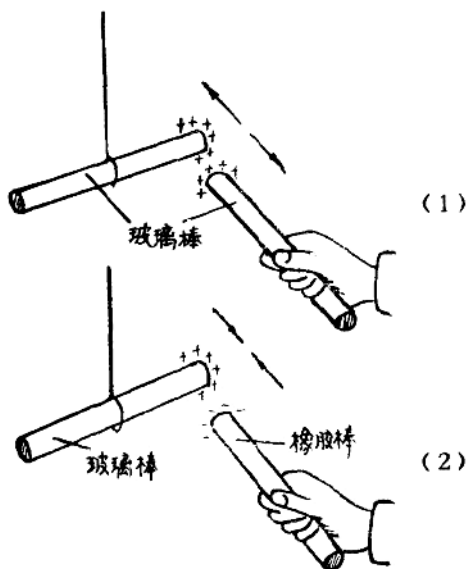


图 1-3 带电体的相互作用

擦过而带电的玻璃棒接近，它们会互相排斥，如图 1-3 (1) 所示。但如果一个物体是玻璃棒带电，另一个物体是硬橡胶棒带电，那末，它们接近时就会互相吸引，如图 1-3 (2) 所示。由此可知，电荷有着“同性相斥”、“异性相吸”的特性。

二、电量的意义及单位

电量(符号 Q)是用来表示电荷的大小，即物体带电的数量。电量以库仑作单位，一库仑的电量约等于 625 亿亿个电子所带的电。

三、电流的意义及效应

用两个金属球，如图 1-4 所示，其中甲球带正电，而乙球带负电，如果用金属导线把它们联接起来，那末电子就从电子过多的乙球通过导线跑到电子太少的甲球上去。这种电荷的移动就形成电流。电流用 “ I ” 表示。

水有水流的方向，电流也有它的流动方向。电子是从负极跑到正极的，如图 1-4 所示。这样电子流动的方向，本来应该是电流流动的方向，但是以前人们都假设电流从正极流到负极。这种假设已成为习惯，所以我们现在所讲的电流方向从正极到负极，与实际电子流动的方向相反。也就是说：电流是从高电位流向低电位。电流的单位是“安培”或简称“安”，用 “ A ” 或 “ a ” 来表示。在导线的某一截面上，每秒钟内如有 1 库仑电量流过，这时电流强

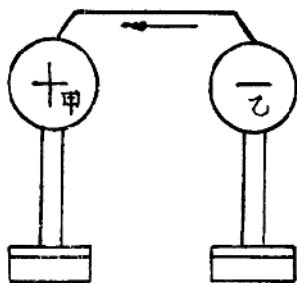


图 1-4 电子流

度为 1 安培，为了方便起见，有时采用比安培更小的单位，毫安或微安。1 安培 = 1,000 毫安，1 安培 = 1,000,000 微安。

在电流通过导体的时候，会产生各种现象，我们把这种现象叫做电流的效应。

1. 我们将电灯、电炉接到电源上，它们就会发生大量的热。这种现象叫电流的热效应。

2. 我们把一个用导线绕成的线圈接到电源上，它便会吸铁。这种现象叫电流的磁效应。

3. 我们将电流的两极插入稀硫酸的溶液中，就会使水分子中氢和氧分解出来。这种现象叫电流的化学效应。

电流通过导体所产生的热效应、磁效应、化学效应，称为电流的三大效应。

四、电压与电动势

水是从高水位流向低水位的地方，两水位之差叫水位差。同样，电流也是从高电位经负载流向低电位的，这高低电位之差，叫“电位差”。我们通常把电路中的电位差叫做“电压”，用 U 表示。

电源在工作时，电流从正极流到负极。由此可见，在电源的内部有着一种力量，这力量须能不断地维持电路中的电流，能够产生并且维持电位差，克服内外阻力。使电路中产生电流流动的这种力量，叫“电动势”或“电势”。电压与电动势的单位都是“伏特”，简称“伏”，用 V 表示。电压也有比伏更小的单位，有时用毫伏作单位，1 伏 = 1,000 毫伏。有的电位很高，为了方便起见，往往采用比伏更大的单位，最常用的是千伏，用 KV 表示，1 千伏 = 1,000 伏。

第二节 电阻、导电材料和绝缘材料

一、电阻的意义及单位

当有电位差的电路闭合时，电路中就产生电流。在电场的作用下，原子中的电子跑出原子后，撞击另一个原子，把它的自由电子撞了出来，而这些自由电子继续运动，又撞击另一原子的电子，使它跑出来继续撞击其它原子。当自由电子在原子中的相继撞击是沿着同一方向时，形成了电子的流动。自由电子在导线相继撞击时遇到原子的阻力，这是导线具有电阻的原因。我们把导线对电子流动所产生的阻力，叫做“电阻”，用 R 表示。电阻的单位是“欧姆”或简称“欧”，用“ Ω ”表示。一欧姆就是在摄氏 0 度时，长 106.3 厘米，质量 14.1521 克的水银柱（相当于截面积一平方毫米）所具有的电阻。有的材料电阻很大，为了方便起见，有时采用比欧更大的单位，如千欧 ($K\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)。1 千欧 = 1,000 欧，1 兆欧 = 1,000,000 欧。

二、导电材料及电阻率

容易传导电流的物体叫导体。常用的导电材料有银、铜、铝、钨、锌、铁、铅等。它们的电阻率可以从表 1 中看出。电阻率也就是长 1 米，截面积 1 平方毫米的导线其电阻的欧姆数。电阻率用“ ρ ”表示。根据实验和理论推导，证明导体电阻的大小与它的长度成正比，与它的横截面积成反比，并且和导体的材料有关。

$$\text{电阻 } (R) = \frac{\text{导线的长度 } (l)}{\text{导线的截面积 } (S)} \times \text{导线的电阻率 } (\rho)$$

式中：导线的长度以米作单位，横截面积用平方毫米作单位。

表 1 各种物质的电阻率表

导 体	电阻率 (欧·毫米 ² /米)
银	0.016
铜	0.0175
铝	0.029
钨	0.056
锌	0.06
铁	0.13
铅	0.22
德银(铜、锌、镍合金)	0.34
锰铜(铜、镍、锰合金)	0.42
镍铬合金	1.1
碳精	8—13

例：试计算截面积为 5 平方毫米的铁质导线，200 米长，电阻多大？

$$\text{解： } R = \frac{\rho \times l}{S} = \frac{0.13 \times 200}{5} = 5.2(\Omega)$$

三、绝缘材料

凡是不容易传导电流的材料叫做“绝缘材料”。如胶皮、云母、玻璃等。绝缘材料实际上不是绝对绝缘的，只是电阻极大罢了。因此，当两头有电压时，还有极微的电流漏过去。这种现象叫漏电。如果漏电严重的话，绝缘就失去了作用。绝缘材料的电阻叫做“绝缘电阻”。它的单位是兆欧。绝缘电阻的大小除了与绝缘材料有关以外，还随其它因素变化。

1. 随厚度变：绝缘体越厚，绝缘电阻越大，绝缘性能

也越好。

2. 随干湿度变：如果绝缘体内部或表面潮湿了，绝缘电阻就会大大降低。

3. 随温度变：温度太高会将绝缘体烧毁。因此，在使用中应注意绝缘体的温度，不可超过限度。

由于各种绝缘材料的耐热温度不同，通常将绝缘材料按照耐热温度分为七个等级：

1. Y级：耐热温度 90°C 。主要有不经浸漆、胶粘、涂复的棉、丝、人造丝、纸、木材等有机纤维材料。在电机中不单独用它作绝缘，一般与其它绝缘材料配合使用。

2. A级：耐热温度 105°C 。主要有经过浸漆处理的棉、丝、人造丝、纸、木材和其它有机纤维材料。如层压纸板、层压布板、漆布、青壳纸、油基性漆包线的绝缘，还可作橡皮电缆或聚氯乙烯绝缘电缆的绝缘层等。

3. E级：耐热温度 120°C 。主要有高强度的漆包线的绝缘，三醋酸纤维薄膜，聚碳酸酯薄膜（聚酯薄膜）及聚酯薄膜青壳纸，复合绝缘电缆的绝缘。

4. B级：耐热温度 130°C 。主要有：云母、石棉、玻璃纤维等无机材料为基础，以有机纤维材料为补强材料，用有机绝缘漆胶粘而成的材料。如：云母板、玻璃云母纸、云母带、玻璃纤维材料、玻璃纤维层压板、丁基橡胶电缆的绝缘。

5. F级：耐热温度 155°C 。主要有与B级材料相同，但使用耐热的硅有机漆作胶粘剂，如硅有机玻璃柔软粉云母布、硅有机玻璃漆布、硅有机橡胶电缆的绝缘。

6. H级：耐热温度 180°C 。主要有耐热硅有机漆胶粘而成的云母、石棉、玻璃丝制品，不用有机纤维材料作补强

材料。如聚酰亚胺薄膜、聚酰亚胺玻璃漆布、硅有机橡胶电缆绝缘。

7. C级：耐热温度 180°C 以上。主要有云母、玻璃、玻璃丝制品、电工陶瓷、石英等无机材料。

除以上绝缘材料以外，还有绝缘油，常用在变压器中，可以用来加强绝缘能力，并帮助散热。

四、电阻器

电阻器是用来限制电路中的电流，以适合负载的需要。电阻器可分为固定电阻器和可变电阻器两种。

1. 固定电阻器：如图1-5(1)所示，是用纱、漆等绝缘物包的，或裸露的电阻丝，绕在瓷或石棉制的绝缘管或绝缘板上做成。电阻丝是德银、锰铜等合金丝。如果电阻丝没有绝缘层，绕时不能让两圈重叠起来。许多电阻器绕的电阻丝不只一层，层和层之间用云母片等物绝缘。绕好后，有的外面用绝缘物涂起来，使电阻丝埋在绝缘物中。如图1-5(1)，图中1和2是接线头。固定电阻器在线路图中用图1-5(2)表示。

2. 可变电阻器：常可以分为两种，滑线式可变电阻器和转动式可变电阻器。

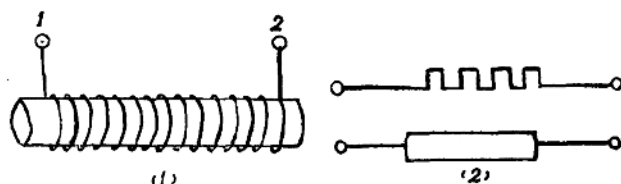
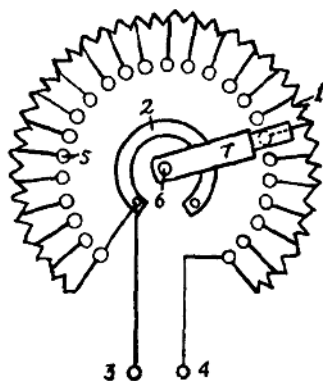
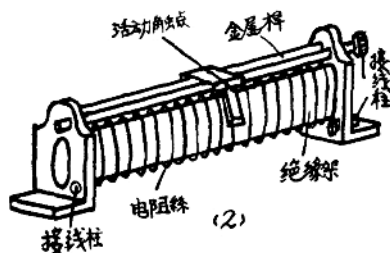


图 1-5 固定电阻

转动式可变电阻器，它的构造如图 1-6(1) 所示。将互相绝缘的电阻丝 1 绕在一个装有架子的瓷管上，电阻丝的两端接在 C 形铜环 2 上，并拉出接线柱 3，另一端联一个接线柱 4，5 是触点，电阻丝分等段抽头接在触点上，在轴 6 上装有触头 7 及胶木手轮。触头可以随轴转动。它们下部用弹簧的力量和触点铜环接触。使用时，将导线接在 3 与 4 的接线



(1)



(2)

图 1-6 可变电阻器

柱上，转动手轮触头，就可以改变电阻大小。如图 1-6(2) 所示是滑线式可变电阻器。

除上述电阻器外，还有电阻箱、炭质电阻、灯电阻、铁片电阻和水阻器等。

第三节 欧姆定律

一、电路及其组成部分

电路简单地来说，就是电流所流经的路径，它一般由电源、负载及联接的导线三个基本部分组成。

1. 电源：电源是一种非电能(化学能、机械能)转换成电能的装置。常用电源有原电池、蓄电池和发电机等。

2. 负载：是由电能转换成非电能的装置。例如电灯、电炉、电动机等。

3. 电源与负载间的联接部分：联接部分中除不可缺少的联接导线外，还常接有开关及熔断器等。联接部分用来输送、分配或控制电能。如图 1-7 所示的便是一个简单完全电路的例子。

电路可以分为内电路与外电路两部分。电源本身是属于内电路，也就是蓄电池或发电机内部的两极之间的电路。内电路以外都叫外电路，包括负载、电线、开关等。当电路接通时便会有电流通过，我们叫这种电路为闭合电路或“通路”。当电路上某处中断，电路中便没有电流通过，这种电路叫“断路”。

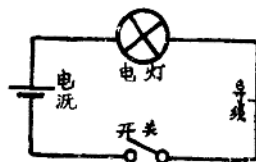


图 1-7 完全电路

二、欧姆定律及应用

在一条接通的电路中，必须存在着电压、电流和电阻，如图 1-8 所示的实验中可以看出它们三者之间的关系：在电路中当电阻不变时，如电源电压由 2 伏增到 4 伏和 6 伏时，安培表的指示电流便由 1 安培增到 2 安培和 3 安培。由此可以得出结论：在电阻不变的电路中，电压愈高，电流愈大，并与电压以同样倍数增加。在图 1-9 所示的实验中，当电压为 6 伏不变时，电阻由 1 欧增加到 2 欧和 3 欧，则安培表指示出的电流便相对地由 6A 减小到 3A 和 2A。由此可知：在电压不变情况下，电阻愈小，

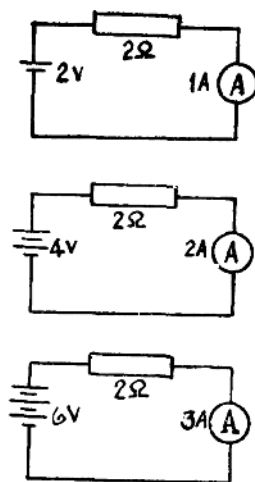


图 1-8 欧姆定律实验一

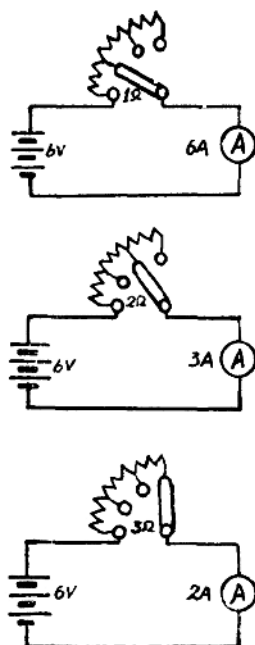


图 1-9 欧姆定律实验二