

電 工 講 義

編輯者 鄭兆澧

華東軍區海軍司令部編印

1 9 5 0

前 言

一、本書的對象主要的是初學的同志。爲着照顧到通俗淺顯便於理解，涉及較深理論之處，說理或者難免有稍嫌牽強的情形。

二、本書是鄭兆豐同志利用在海校教書之暇寫成的。因爲他忙於教書，不能專心致意做寫書的工作，又因爲專攻電工的人不多，寫好之後沒有經過適當的人的審查，因此疏漏和有待修正的地方，一定是難免的。希望同志們發現問題和有什麼意見時，即函知海司訓練處，以便更正。

海 司 訓 練 處 啓

一九五〇年七月一八日

目 錄

第一編 電工概論

第一章 電學的基本概念——1.1.概論 1.2.電子學說 1.3.電流 1.4.電勢差，電壓 1.5.電阻 1.6.導體和絕緣體 1.7.導體和電阻的關係 1.8.交流電和直流電

第二章 實用單位——2.1.概論 2.2.功和功率 2.3.電流的單位——安培 2.4.電量的單位——庫倫 2.5.電壓的單位——伏特 2.6.電阻的單位——歐姆 2.7.電功，電能和電功率 2.8.效率與損失

第三章 電磁學——3.1.概論 3.2.磁性作用 3.3.磁場和磁力線 3.4.電磁場 3.5.電流方向和磁場方向的關係 3.6.兩平行導體間的磁場 3.7.螺管線卷 3.8.磁路，磁通，磁通勢和磁阻 3.9.磁性飽和與剩磁 3.10.磁質和非磁質 3.11.電鈴的原理與實際

第四章 簡單電路——4.1.歐姆定律 4.2.串連電路 4.3.并連電路 4.4.混連電路

第二編 電池學

第五章 電池的原理和種類——5.1.電池的原理 5.2.電池的種類 5.3.電池的用途 5.4.乾電池

第六章 蓄電池的原理和構造——6.1.蓄電池的構造 6.2.鉛電池的原理 6.3.比重和比重計 6.4.電解液 6.5.溫度對於電解液比重的影響 6.6.蓄電池的容量

第七章 蓄電池的使用和保管——7.1.充電與放電 7.2.充電的種類 7.3.鉛蓄電池的障礙表 7.4.鋁艇蓄電池線路 7.5.

第三編 燈光線路和電工儀器的度量

第八章 電線——8.1.電線的種類 8.2.線規 8.3.電線的載流量 8.4.銲接頭 8.5.接線法 8.6.絕緣材料

第九章 燈光線路和保險絲——9.1.電能和熱能的關係 9.2.白熱燈的原理 9.3.插頭和開關 9.4.短路和接地 9.5.電震和假死 9.6.各種開關的使用法 9.7.保險絲的種類和用途

第十章 電工儀器的度量——10.1.直流儀器的原理和結構 10.2.安培計 10.3.伏特計 10.4.歐姆計 10.5.伏特計安培計量電阻法 10.6.瓦特計 10.7.高阻計 10.8.試驗燈的製法和用途 10.9.雙線等壓輸電和線路檢查

第四編 直流電機

第十一章 直流電機的原理——11.1.什麼叫電機 11.2.應電勢的發生 11.3.發電機的原理 11.4.直流發電機的原理 11.5.多線卷之換向 11.6.發電機的磁場 11.7.發電機的總電動勢 11.8.載電流導體在磁場內所受的力 11.9.線卷所受的轉矩 11.10.電動機的原理 11.11.電動機的反電動勢和發電機的反轉矩 11.12.電動機的速率 11.13.電樞反應 11.14.補償線卷組 11.15.換向磁極

第十二章 直流電機的種類和特性——12.1.直流發電機的種類 12.2.分繞發電機的特性 12.3.串繞發電機的特性 12.4.複繞發電機的特性 12.5.三線發電機和三線制 12.6.三刷發電機 12.7.直流電動機的種類 12.8.分繞電動機的特性 12.9.串繞電動機的特性 12.10.複繞電動機的特性

第十三章 直流電機的結構——13.1.結構大意 13.2.電樞 13.3.主磁極和換向磁極 13.4.電樞線卷 13.5.磁場線卷 13.6.換向器 13.7.電刷和刷握 13.8.軸承

- 第十四章 直流電動機之控制 —— 14.1. 直流電動機的開動
14.2. 人按開動器 14.3. 磁控和遙控 14.4. 磁控接觸器
14.5. 磁控開動器的加速動作 14.6. 過載保護 14.7. 低壓保護與無壓釋放 14.8. 速率控制 14.9. 附有調速裝置的開動器 14.10. 鼓式控制器 14.11. 電動機的逆轉
- 第十五章 直流電機的運用和故障檢查 —— 15.1. 配電板 15.2. 電壓建立失效的原因 15.3. 分繞發電機之并連 15.4. 複繞發電機之并連 15.5. 接地檢驗 15.6. 電機過熱 15.7. 炭刷跳火 15.8. 電樞檢驗 15.9. 絕緣檢查 15.10. 電機清潔保管注意

第五編 交流電學和交流電機

- 第十六章 交流電路 —— 16.1. 交流電的發生 16.2. 週，週率 16.3. 交流電的有效值 16.4. 相位關係 16.5. 交流電功率 16.6. 僅有電阻之電路 16.7. 電感電路 16.8. 容電器和電容電路 16.9. 多相制 16.10. 三相電壓之產生 16.11. 三相線路的連接法 16.12. 交流電和直流電的應用
- 第十七章 交流發電機 —— 17.1. 交流發電機的原理 17.2. 交流發電機的構造 17.3. 交流發電機的額定 17.4. 三相卷組之理相法 17.5. 交流配電板 17.6. 接入岸電時之理相 17.7. 變壓器
- 第十八章 交流電動機 —— 18.1. 交流電動機的種類 18.2. 同步電動機 18.3. 感應電動機 18.4. 交流的旋轉磁場 18.5. 感應電動機的種類 18.6. 多相感應電動機的啓動法 18.7. 單相電動機 18.8. 交流電動機之管理

附錄 電工人員的職責

第一編 電工概論

第一章 電學的基本概念

1.1. 概論——電雖然早就被人類發現和應用，而且成為了自然科學界的重要部門，電器的用具也一天天的增加和繁複，如電燈、電話、電鈴、電爐、電扇等。差不多住在城市裏的人，天天都有接觸的機會。可是，電究竟是什麼東西？電的本質是什麼？却沒有人能解答。科學家們也還不能解答。我們只曉得電是一種能量。

什麼叫能量呢？能量就是做工的本領。馬能拉車，是有能量的，電也能拉車。把柴火燒起來，能把水煮熱，是有能量。電也能使水變熱。把一個大鐵鎚吊得很高，打下來就有幾千斤力氣，也是能量。電也有幾千斤力氣。這樣我們肯定的說，電既然有這許多做工的本領，當然也是能量。

電的本質既然沒有人知道，那末，人類根據什麼來研究電學上的各種現象呢？科學家們就創造了許多假說來解釋電的各種現象。這些假說有的能解釋某一些現象，但到了應用它去解釋另一些現象時，又說不通了。這樣，這些假說一個個逐漸被拋棄，被淘汰。直到最後只剩一個電子學說，可以解釋電學上的各種現象。於是各國就都承認它，用它做根據，來繼續電學的研究，來追究電的內容。有了電子學說，才有電學上的突飛猛進。

1.2. 電子學說——什麼是電子學說呢？前面已經說過，是一種假說，是一種解釋現象的方法，它怎樣解釋電的存在呢？它說電的存在，是因為一切的物質裏面都含有一些很小很小，小得人眼看不見，顯微鏡也看不見的小顆粒，叫做電子的緣故。

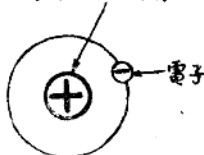
基本物理學和化學已經告訴我們世界上一切物質都是由元素構成的。什麼叫元素？就是化學性質永遠不會變化的物質。世界上只有九

十三種元素。除此以外都不是元素。水是不是元素呢？不是，因為水是氫和氧兩個元素化合起來的。空氣是不是元素呢？不是，空氣是氧和氮兩種元素混合起來的。這九十三種元素，除了極少數的例外，他們的名字我們都知道。

元素的化學性質雖不會變，但可以把他分成很小的顆粒，當他一分再分，分到最後，而不可再分的時候

，這個顆粒就叫原子。電子論解釋原子的構造說：（如圖一）原子有一個原子核，原子核外面有些小顆粒叫電子。原子核裏面也有些小顆粒叫陽子。這些陽子帶陽電，而電子帶陰電。陰陽電是互相吸引的，所以電子就繞在原子核的周圍

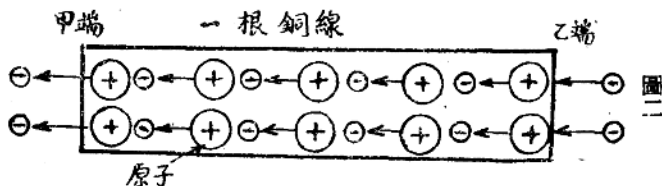
原子核裡面有一個陽子



圖一 氫的原子

而旋轉。元素和元素的不同只在於他們的原子裏面所含的電子數和陽子數不同。例如氫氣只有一個陽子和一個電子。氧氣就有十六個陽子和十六個電子。如果一個原子缺少了電子就帶陽電，多了電子，就帶陰電，這就是電的根源。原子內的電子數和陽子數相等，就叫中和，不帶電。

1.3. 電流——平常我們說一件物體通電了，這是什麼意思呢？就是說有電流在物體內通過了，那末電流究竟是什麼呢？電流就是電子的流動，現在讓我們拿一根銅線來作譬喻吧：（如圖二）一根銅線，有



圖二

無數百萬的原子，把原子看成很大一個，像圖一中的一樣。假使銅線甲端和一個物體相接，這個物體缺少二個電子，銅線乙端和另一個物體相接這個物體多了兩個電子；那末銅線甲端的原子就要被和他相接

的物體吸去兩個電子。同時他也要在銅線內鄰近的原子上找回二個電子來。這是因為他失去電子後帶陽電的緣故。於是隣近的一排原子又帶陽電要在第三排原子上找回二個電子來。這樣連續下去，最後的一排原子少了兩個電子正好由外接物體上多餘的電子來補充。銅線內在一瞬間起了電子的流動，這就是電流的本質。

我們解釋電流的時候，好像這種變化進行得很慢，實際上呢，電流是非常之快的，假使一根銅線有幾萬里路長，電流的通過，也只要一瞬眼的時間。這是因為一個電子的運動雖然很慢，但是一根導線上的許多電子差不多是同時起運動的，好像一大羣蚊子同時飛過天空一樣。通常計算電流的速度是每秒鐘卅萬公里。你想，這種變化多快呀！

1.4.電勢差，電壓——方才說過，銅線把物體甲和物體乙相連，假使銅線中有電流通過，就證明物體甲和物體乙就必定有電勢的差別。拿上節的例子來說甲端的物體和乙端的物體倘使不是一個缺少電子，一個多了電子，銅線中會不會有電流呢？不會。所以要銅線中有電流一定要物體甲和乙有電勢的差別。這個差別，叫電勢差。或者叫甲乙間的電壓。

這種現象也可以用水位來做比喻，如用一根水管將兩隻水箱接通，（如圖三）。假定兩水箱中的水位一樣高，管中雖然有水，但不會流。

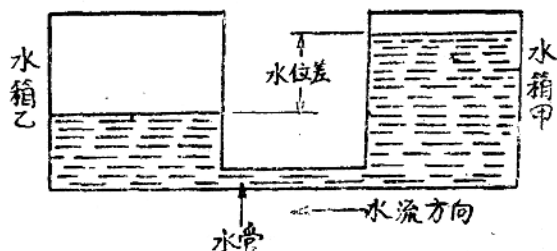


圖
三

動，如甲箱中的水位比乙箱中的水位高，就是兩水箱有了水位差，像圖中所表示的一樣，那末水就要從甲箱流入乙箱。水管中就有了水的流動。直到兩箱中水面一樣高了，也就是水位差沒有了，水流才停止。

電流的情形也非常相像，電流好比上面說的水流，電壓就好比水位差，不過在電路上，電勢高的一端叫正極(+)，低的一端叫負極(-)，電是假定由正極流到負極的這兩個名稱，上面的例子裏卻沒有。

要維持電路上的電流不斷，就必須維持兩端的電勢差。因為電流產生後電勢差有減少的趨勢，像上圖中的水位一樣，水流產生後水位差就要減少，要維持電勢差就必須有電動勢，這個電動勢是增加電勢的力量，或者叫電動力，要和電勢差分別的認清，不要含混。如上圖中在甲箱和乙箱上各連接一根注水管，中間接一個邦浦使水不斷從乙箱自外管注入甲箱，就可以維持水位差。電動勢的意義和抽水注水差不多。在電學上產生電動勢或電動力的方法有三種，一種是化學的方法，一種是物理的方法，用摩擦可以生電，一種是利用電磁感應的作用。像上面說的邦浦，就好比一部發電機產生了電動勢。這些到以後再談。

1.5. 電阻——電流在銅線中流動的大小，不僅由兩端有無電壓來決定，還要看銅線對於電流的阻力怎樣？拿上面的比喻來說；如果連接在甲乙兩水箱之間的水管短而粗，那末水很快的就從甲桶流到乙桶。反過來說，水管如果細而長，那末甲桶的水只能慢慢的流向乙桶，要流到兩桶的水平面一樣，需要很長的時間。這是水管對於水流的阻力。對於電來說，電阻是一種物質，有阻止電流通過的特性。某些物質對電流的通過的阻力小。我們就說這種物質的電阻小。某些物質對電流通過的阻力大，我們就說這種物質的電阻大。

1.6. 導體和絕緣體——許多材料像銅、鐵、鋁、銀等金屬電流通過是很容易的，另有許多材料像瓷、橡膠、絲、油、玻璃一類的，電流是不容易通過的。照電子論的講法，金屬物體容易通過電流的原因是因為金屬物體裏的原子吸引電子的本領很弱，大多數的電子在金屬物體裏是很自由的，一有電勢差加上去，電子就易於流動。電子愈容易流動，電阻愈小。電阻小的物體叫做導體。電流不容易通過或電阻大的物體叫做非導體，或者絕緣體。它不容易讓電流經過的緣因，是因為這類物體的原子吸引電子的力量強，所以雖然有電動勢加上去，

電子仍不易流動。但是導體和絕緣體之間並沒有絕對的界限，因為沒有一種物體是沒有電阻的，也沒有一種物體是完全的絕緣體。許多物體在某一種應用上是絕緣體，在別一種應用上它却是導體了，而且溫度的變化對於物體的電阻也起影響，一般的說來，除了碳以外，溫度增加，電阻也跟着增加。但不是成比例的。所以我們只可以說銀、銅、鉛等金屬是良導體，油、橡膠、絲、瓷等是良絕緣體。導體的用途是傳導電流，而絕緣體的用途則是阻止電流通向不必要的地方。

1.7. 導體和電阻的關係——常用的導體，如電線和開關等都是銅的合金做成的。導體的電阻，不僅和溫度有關係，像上面所講的一樣；而且它和本身的長度，及截面積也有一定的關係，而且是成比例的。一般的說來，電阻和截面積成反比，和長度成正比。換句話說，就是導體愈長電阻愈大，導體愈粗電阻愈小。了解這種現象，在學習電線的使用時是有幫助的。

1.8. 交流電和直流電——電動勢的方向如果不變更，那末導體內的電流方向永久不變，這種電流叫直流電。常用的交流電是什麼呢？因為外力的關係，電動勢的方向和大小作週期性的變換，電動勢由零到大，由大到零，然後電動勢的方向反過來。導體內的電流，也是由小到大，由大到小，然後電流的方向反過來，電流又由小到大，由大又變小，而且這種變化是週期性的。通常都是在一秒鐘間方向和大小都變換了幾十次，這種電流叫交流電，以後學到電磁感應，就可以知道交流和直流性質上的不同和使用方法的不同，而且各有各的好處和壞處。

海軍艦艇上的發電設備大部為直流電，只有少數的登陸艦艇採用交流，這是因為艦上許多地方非用直流電不可，如蓄電池充電等。而且採用直流電，萬一電機出了毛病，還可以由蓄電池來代替，供給電源。但是陸上的工廠，尤其是城市的電力廠，却幾乎全部採用交流方式發電，這是因為交流發電可得較高電壓，減少輸電損失的緣故。

第二章 實用單位

2.1. 概論——無論什麼東西，倘要說明，它的大小，長短，輕重，必須要採用一個固定的數值做標準，才可以度量，比較。這個固定的數值就叫單位。比如重量的單位是斤，長度的單位是尺。有了斤和尺做重量和長度的單位，才可以度量一枝步槍有多重，一匹布有多長。

科學的發達，完全要依靠有精確的計算。所以科學上所應用的單位，比常用的度量衡的單位要精細得多，種類也繁雜得多。世界各國所採用的單位，可分為英制與公制兩種。這兩種單位，各有各的便利。我國過去因受反動派長期統治連科學上所應用的單位，也以那個帝國主義在中國的侵略勢力大為準。如日本在中國得勢，就以用公制為便利。如美國在中國得勢，就以用英制為便利。所以目前在我國這兩種單位，差不多還在并行的運用。現在把各種單位的大小，和變換的方法列一個表在下面：

長度：	英制	公制
1 呎 = 12 吋 (即 12")		1 公尺 (m) = 100 公分 (c.m.)
1 碼 = 3 呎 (即 3')		1 公分 = 10 公厘 (m.m.)
1 哩 = 5280 呎		1 公里 = 1000 公尺
1 哩 (海里) = 6030 呎		1 公尺 = 3.28 呎
1 吋 = 2.54 公分		1 公分 = 0.3937 吋 = 0.03281 呎

面積：

1 平方呎 = 144 平方吋	1 平方公分 = 100 平方公厘
1 平方吋 = 6.4516 平方公分	1 平方公分 = 0.155 平方吋
1 平方呎 = 0.0929 平方公尺	1 平方公尺 = 10,000 平方公分

體積和容積：

1 立方呎 = 1728 立方吋	1 立方公尺 = 1,000,000 立方公分
1 加侖 = 4 夸脫 = 231 立方吋	1 立升 = 1,000 立方公分
1 夸脫 = 57.75 立方吋	

重量和力：

1 磅 = 16 兩

1 公斤 = 1,000 克

1 噸 (英) = 2240 磅

1 公噸 = 1,000 公斤

1 噸 (美) = 2000 磅

1 公斤 = 2.205 磅

1 磅 = 0.4536 公斤

2.2. 功和功率——一匹馬能拉車，能做工。但是牠每天能做多少工呢？用什麼方法可以度量做工的多少呢？科學上度量做工多少的單位叫做呎磅。

做工的多少在科學上叫做功。一部機器做了多少功，用呎磅做單位來量他。一噸煤有多少能量，能做多少功，也用呎磅來量他。所以在機工上能和功的單位是一樣的。

一呎磅是什麼意思呢？就是說把一磅重的東西，舉高了一呎的距離，所做完的工量。也就是要做完這樣多功所需的能量。把一磅重的東西舉高十呎所做的功是十呎磅。把十磅重的東西舉高一呎所做的功也是十呎磅。就所做的功來說，這兩種情形是完全相等的。就需要的能量來說，這兩種情形也是完全相同的。所以說功和能的單位是相同的。

功 (能) = 重量 × 距離

有了功和能的單位，還不能解決工程上的問題。因為科學是要講求效率的。比如工程師現在要把一百噸煤從甲地運到乙地，已知道煤的重量和甲地到乙地的距離，當然很容易求出所需要的功。但是要運多久呢？用一匹馬拉要一個月，用十匹馬拉要三天，用三十匹馬拉，便只要一天。這三種情形，所做的功完全相等，可是做工的速率却大不相同。所以我們不僅要曉得一部機器的能力有多大，還要曉得它做工能有多快。

做工的速率叫做功率。也就是說在一定的時間內所能完成的功。功率的單位，叫馬力。一匹馬力的功率是在一分鐘內能完成 33,000 呎磅的功，也就是在一秒鐘內能完成 550 呎磅的功。

功率 = 功 ÷ 時間

功 = 功率 × 時間

假使一部機器能在一秒鐘內做 33,000 呎磅的功，這部機器的功率是 550 除 33,000 等於 60 匹馬力，另一部機器也做了 33,000 呎磅的功，却花了一分鐘的時間，這部機器的功率是一匹馬力。前一部機器的功率要比後一部機器大 60 倍。所以機器的大小要用功率來表示。

2.3. 電流的單位 (A) —— 沒有方法可以直接度量電的強度。可是電能可以轉變為化學能。電流通過一定的化學物質後，會引起一定的化學效應。國際電工技術委員會就根據這種化學效應制定電流的單位叫安培。從實驗中知道：電流通過硝酸銀的溶液時，會引起銀的沉澱。如果某個電流通過標準硝酸銀溶液，在一秒鐘內使沉了 .001118 克的銀，那末這個電流的強度便是一安培。(注意：安倍表示電流的速度實際上的意義是說每秒鐘運輸了一庫倫——電量的單位——的電量。和水流的速度每秒鐘多少立方呎的情形相同。) 如果電流通過硝酸銀後二秒鐘才引起 .001118 克的銀沉澱，那末，這個電流的強度便只有半安培了，實用上度量電流的儀器，叫安培計，是一個密閉的膠盒，盒外有兩個線頭可插在需要度量的電路上，盒上的指針就顯示電流的安培數。

2.4. 電量的單位 —— 前面講過安培是電流的速度的單位，換句話說也就是每一時間裏運輸電量的數值。所以電量就是速度和時間的乘積。這也可以用水流來比喻，假使水流的速度 (比作電流的安培數) 是每秒鐘一立方呎，那末：——十秒鐘後流過的水量 (比作電量)

$$= 10 \text{ 秒} \times \frac{1 \text{ 立方呎}}{1 \text{ 秒}} = 10 \text{ 立方呎}$$

就是說這樣的水流速度十秒鐘後運輸了 10 立方呎的水量。電量的意義也是如此，電量的單位是庫倫，一庫倫的電量是一安培的電流在一秒鐘內運輸的電量。

2.5. 電壓的單位 V，——前一章講過兩水箱中的水位不同就會流動。水位差可用長度的單位來量度。電勢差却不是由於位置的高低不同而產生的。所以不能用長度來量。電壓的單位叫伏特。一伏特的

電壓加在電阻一歐姆的兩端，可得一安培的電流。如果一個一歐姆的電阻，兩端的電壓比一伏特大；電流就不止一安培。電壓比一伏特小，電流就不到一安培。實用上度量電壓的儀器叫伏特計。

2.6. 電阻的單位 Ω ——電阻的單位是歐姆，國際規定一歐姆的電阻等於一個長 106.3 公分重 14.45 克的水銀柱的電阻。一伏特的電壓加在一歐姆電阻的兩端，可以發生一安培的電流。度量電阻的儀器叫歐姆計。

2.7. 電功，電能，和電功率——功，能，和功率的意義，是不分機工和電工的。因為無論用機械來做工，或用電來做工，所產生的結果是一樣的。度量的單位也應該是一樣的。但是為了計算的方便，電工上另有一個功的單位叫焦耳。

一焦耳的功等於 0.7373 呎磅。大約的說等於 $\frac{3}{4}$ 呎磅。

為什麼要採用焦耳做電功的單位呢？因為一焦耳的功正好是，一伏特的電壓，施於一歐姆的電阻的兩端，經過一秒鐘後所完成的功。也可以說是一庫倫電量，通過一伏特的電壓之間的功。所以：

$$\text{焦耳} = \text{伏特} \times \text{庫倫} = \text{伏特} \times \text{安培} \times \text{秒}。$$

電功率的單位是瓦特。一瓦特的功率，就是每秒鐘能完成一焦耳的功。換句話說：以做功所歷時間的秒數除焦耳數，就是瓦特數。也就是每秒鐘所完成的焦耳數。前面學過：功率 = 功 ÷ 時間，所以

$$\text{瓦特} = \text{焦耳} \div \text{秒} = \frac{\text{伏特} \times \text{安培} \times \text{秒}}{\text{秒}} = \text{伏特} \times \text{安培}。$$

這樣，電壓和電流的乘積正好等於電功率。我們很容易這樣迷糊：功率是有單位時間的意義在內的。電壓乘電流不是與時間沒有關係嗎？不要忘了，電流的單位是安培，安培是速率的單位。包含每秒鐘的意義在內。所以安培與伏特相乘仍包含每秒鐘的意義在內。如電源為 110 伏特的電壓，通過的電流為 5 安培，所耗的電功率為 550 瓦特。意思是說，每秒鐘使五庫倫的電量通過了 110 伏之間，也就是每秒鐘做了 550 焦耳的功。

實用上電功，電能和電功率的單位如下表：（世界一律的）

電 功 率

1 瓩(KW) = 1000W 瓦特

1 瓩(KW) = 1.34 馬力(HP)

1 瓦特(W) = 44.260 呎磅/分

1 馬力 = 746 瓦特

電 能

1 瓦特—小時 = 3600 焦耳

1 瓩—小時 = 1000 瓦特小時

1 瓩—小時 = 1.34 馬力—小時

註：通常所謂一度電就是一瓩—小時(KW-hr)。

2.8. 效率與損失——物理學上有一條定理叫能力不滅的定理。根據這條定理，如果把多少馬力小時的功，加入一部發電機；那末發電機所能做的功，也應該等於同樣多的馬力小時。也就是說：

入功 = 出功

但是實際上，一部機器，入功較大，有效的出功較小。這是因為有一部份的能量被轉化為熱能，散入空氣，不能利用。這一部份的能量就是機械的損失。當然這種損失要設法減低到最小限度。

有效出功與入功之比就是機械的效率。通常以百分數來表示：

$$\frac{\text{有效出功}}{\text{入功}} \times 100 = \text{效率的百分數}$$

例如一部動力器出功是 60 匹馬力，帶動發電機後，發電機的出功是 40 KW，那末這部發電機的效率便是：

$$\frac{40 \times 1.34}{60} \times 100 = 89\%$$

由上可見，百分之十一的能量都是損失。

第三章 電磁學

3.1. 磁鐵——各種電機和電器內，差不多沒有不採用磁鐵的。所

以要對各種電機、電器有明確的丁解，非懂得磁鐵和磁性的基本原理不可。

磁鐵分兩大類。就是，永久磁鐵和暫時磁鐵。永久磁鐵，永遠保持磁鐵的性質。暫時磁鐵是利用電流對於磁性的激發作用。在一塊軟鐵外面纏繞着多匝線卷，通以電流，軟鐵就得到磁性。電流一斷，磁性也隨之消失。所以也叫電磁鐵。

很早以前，我國發明了指南針。指南針就是一塊磁鐵。從前製造指南針是利用天然磁鐵，從礦裏開出來的。這種礦叫磁鐵礦。開採出來，天然帶有磁性。後來科學發達，永久磁鐵也是由人工造的。製造的方法是把硬性鋼磁化。磁化之後，因為硬性鋼的性質，能保持磁性。就成了永久磁鐵。通常所見的軟鐵，也叫熟鐵，不易保持磁性，但容易被磁化。所以軟鐵是做電磁鐵的好材料。

3.2. 磁性作用——把一根條形磁鐵棒放置在鐵屑裏，鐵屑就黏聚在磁鐵棒的兩端。因為磁鐵有這種吸引鐵器的性質，所以俗名叫它吸鐵石。磁鐵棒的中部，鐵屑很少。表示磁性很弱。愈近兩端，鐵屑黏聚得愈多。表示磁性愈強。磁性最強的方地方，在條形磁鐵棒兩端橫截面上。叫做磁極。每一塊磁鐵都有兩個磁極。這兩個磁極性質不相同。

如把一根磁化的針的中心點，平放在一個針尖上，或用線懸掛起來，使它可以在平面上自由轉動。若是附近沒有鐵和磁的影響，這個針就會自己轉動。轉動停止的時候，一端指着地球的北極，一端指着地球的南極。這就是一個簡單的羅經。指着北極的針端叫指北極，簡稱北極；指南的針端叫指南極，簡稱南極。每一塊磁鐵的兩極，都有南北極之分。北極的符號是N，南極的符號是S。

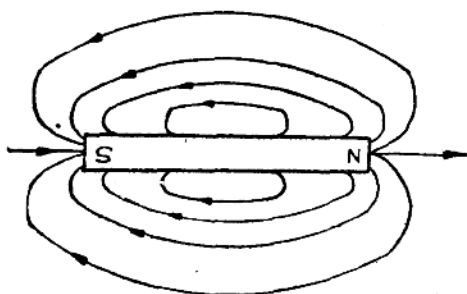
把一塊磁鐵的北極靠近另一塊磁鐵的南極，兩極之間就發生一個吸引的力量。若把一塊磁鐵的北極去靠近另一磁鐵的北極，兩極之間就發生一個互相排斥的力量。這種同性相斥，異性相吸的現象，叫做磁性作用的定律。是沒有例外的。

指南針指着南北的原理就是這樣。因為地球也是一塊大磁鐵，和

指南針的兩極發生吸引的力量，使指南針只能停止在固定的方向上，和地磁相平行。

3.3. 磁力線和磁場——磁體的吸引力或排斥力是有一定的方向的。沿這個方向所畫成的線，叫做磁力線，就代表磁力的方向。磁力線從北極出發，回到南極。一塊條形磁鐵磁力線分佈的情形，像(圖四)

圖四
條形磁鐵的磁力線



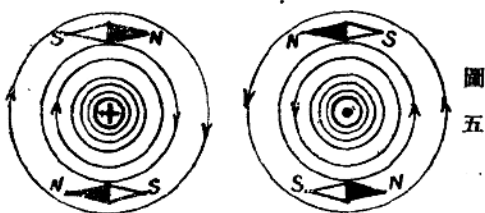
所示。很明顯的，兩極的磁力線非常的密，愈靠近中央，磁力線的分佈愈稀。磁力線分佈的地方叫做磁場，換句話說也就是磁性達得到的部份。

磁力線愈多的地方，磁場愈強，也就是磁性愈強。

取一根條形磁鐵，上面放一張大的白紙，或是一塊玻璃，再把鐵屑倒在紙上，或玻璃上，鐵屑受磁力的作用，被吸引成一條條的線紋。鐵屑的分佈和(圖四)很相彷彿。可以表示磁力線的形狀。

應用磁力線的地方很多，像要說明磁場中某一點的強度怎樣？我們就可以用這一點的磁力線密度來表示它，這樣才可以進行計算。

3.4. 電磁場——十九世紀初期科學家發現；如果導線中有電流通過，它的周圍就產生一個磁場。拿一個指南針靠近這根導線，就會發生偏轉。經過仔細的考察，發現導線周圍的磁力線都是包圍着導線而且以導線為圓心的圓圈。像(圖五)所示，這個磁場的強度和電



圖五