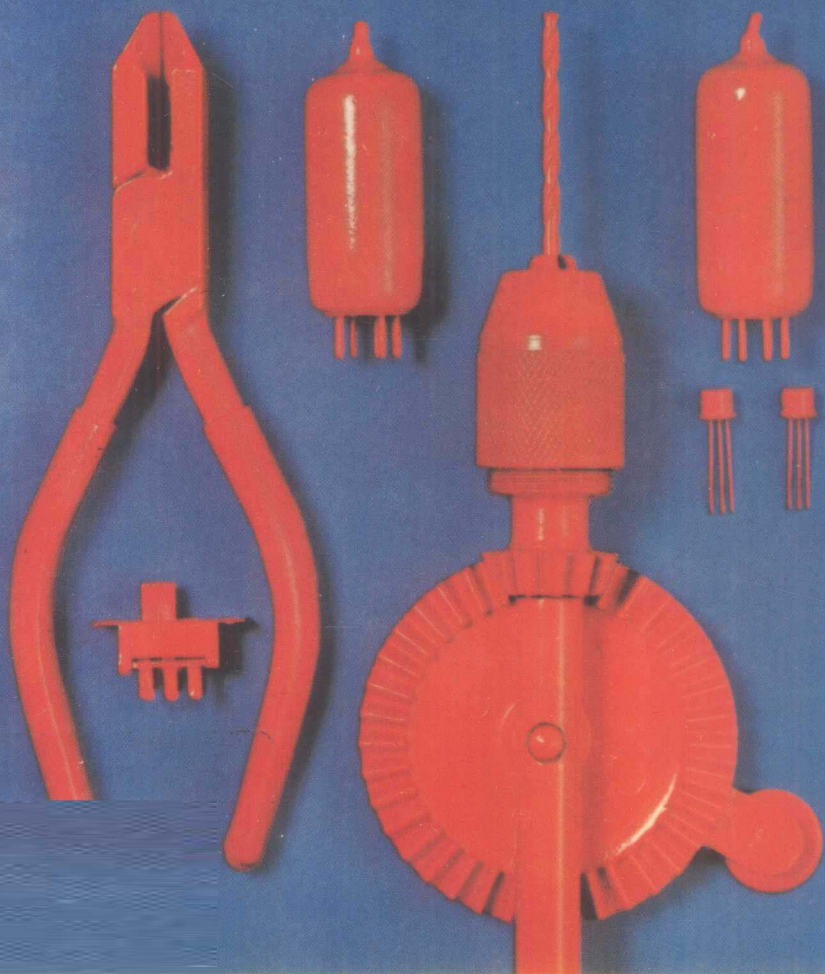


技工基本知識

技工電學

馬崇榮編著 大眾書局印行



技 工 基 本 知 識

技 工 電 學

大 衆 書 局 印 行

目 錄

第一章 緒論	1~8
第一節 能和能的來源.....	1
第二節 能的傳送——電也是一種能.....	3
第三節 功.....	3
第四節 功率.....	6
第二章 靜電與電流	9~24
第一節 電子.....	9
第二節 摩擦生電.....	12
第三節 電子的移動.....	14
第四節 電流及單位.....	15
一、電流方向 二、電流單位——安培	
第五節 電壓及單位.....	17
第六節 電阻和歐姆定律.....	20
第三章 電功和電功率	25~34
第一節 電功率及單位.....	25
第二節 功率的測量.....	26
第三節 電能及單位.....	27
第四節 焦耳定律——電能變熱能.....	33
一、焦耳定律 二、電能變熱能	

第四章 直流電路..... 35~62

第一節 電路.....35

一、電路符號 二、完全電路

第二節 電路的障礙.....38

一、斷路 二、捷路 三、接地電路

第三節 串聯電路.....41

一、串聯電路中的電壓 二、串聯電路中的電流

三、串聯電路中的電阻 四、串聯電路計算例題

第四節 並聯電路.....50

一、並聯電路中的電壓 二、並聯電路中的電流

三、並聯電路中的電阻 四、並聯電路計算例題

第五節 串並混聯電路.....57

第六節 電池組的串聯並聯和混聯.....60

第五章 電池組和電的化學作用.....63~73

第一節 原電池.....63

第二節 蓄電池.....65

一、鉛板蓄電池 二、愛迪生蓄電池

第三節 蓄電池的容量.....68

一、安培小時 二、規定放電率

第四節 蓄電池的充電.....69

第五節 蓄電池的用途維護及安裝.....70

第六節 電解.....71

第七節 電鍍.....72

第六章 電磁作用	74~88
第一節 磁鐵	74
第二節 磁場	75
一、磁場和磁力線 二、磁場強度及單位	
第三節 磁分子	78
第四節 磁導與磁阻	79
一、磁導 二、磁阻	
第五節 磁飽和與頑磁性	80
一、磁飽和 二、頑磁性	
第六節 電流的磁作用	82
一、導線迴圈的磁場 二、左手定則 三、電流方向的符號	
四、線卷的磁力線 五、磁勢及單位	
第七章 電磁感應	89~104
第一節 感應現象	89
第二節 發電機手則	91
第三節 感應電動勢的強度	93
第四節 楞次定律	94
第五節 自感	96
第六節 互感	98
第七節 直流電和交流電	100
第八章 發電機	105~122
第一節 發電機的原理	105
第二節 發電機的構造	107
第三節 迴轉磁場型發電機	108

一、交流發電機和勵磁機	二、發電機磁極的計算	三、相
第四節	電刷和集電環	113
第五節	電樞	114
第六節	發電機的運轉及線卷內電流的變化	115
第七節	整流器	117
第八節	發電機的特性	119
一、發電機的容量	二、發電機的電壓	三、發電機的效率

第九章 電動機 123~147

第一節	電動機	123
第二節	電動機手則	124
第三節	電動機迴轉的原理	125
一、二磁極的電動機	二、三磁極的電動機	
三、大型實用電動機		
第四節	電動機的構造	131
一、電動機的各部及它的名稱		
第五節	電動機的種類	135
一、感應電動機	二、同步電動機	三、分繞電動機
四、串繞電動機	五、複繞電動機	
第六節	電動機的使用和維護	137
一、電動機的電壓	二、電源的程度	三、電動機的負載
四、電動機速度的控制	五、電動機是倒轉	
六、二台以上電動機迴轉的聯接法		
第七節	電動機的特性	142
一、電動機的反電動勢	二、電動機的出力	
三、電動機出力的求法	四、電動機的效率	
附錄		148

第一章 緒論

第一節 能和能的來源

在未講電的本身以前，應該先把“能”這個名詞加以明確的認識。要知道電是什麼，必須先從“能”這個名詞着手及從瞭解“電子”着手(在下章將詳細解釋)，認識這個名詞以後，就可以知道它同電或做“功”的關係。

稱讚人家精神飽滿或力量充足，就是說他很活潑或很有力氣的意思，惟有這樣才能耐勞工作。反過來說，一個人精神萎靡不振或毫無力氣，自然這個人也不能耐勞工作，從人的一方面看是如此，把這個名詞應用到科學上去也是一樣的。

這樣看來，人體不是同機器一樣嗎？如果我們人做了一件極費力的工作，必定要多吃東西，不然就不可能支持再做別的工作。我們所吃的東西，如飯和肉之類，都來自外方，吃了以後，才可以做工，正像引擎加了燃料以後，始能轉動一樣，換句話說，必須要把新的“能”加入我們的身體，以填補工作時所用去的“能”，然後才可以做別的工作，假使沒有燃料加入引擎，那麼這引擎一定是不能轉動的，所以我們如果不吃東西，一定也沒有力氣去做工，因為身體中所有的“能”早已用盡了。

我們吃的東西，表面上看來，並不見有怎樣的“能”含在裏面，但是當進了肚子，經過消化器官的消化以後，潛伏在它裏面

的“能”，就活動起來，它能夠被血液轉佈到全身，使身體有力，而可以做工。因之可聯想到，由無生命的食物，變成人類的力氣，同燒一堆煤或一束柴，是沒有什麼分別的。當煤或柴在熱的時候，可以看到紅的火焰，同時覺得溫暖，並且還可以利用它所發出的熱來燒鍋爐，而使蒸汽引擎轉動，這都是因為“能”在那裏起作用。

假使把人體當作一件機器，而把所吃的食料當做燃料，就有兩件事實可以證明食物中的“能”已被利用：（一）吃了食物以後，身體就暖起來，並且能保持很久；（二）有力氣來做工。所以可以肯定的說，如要維持人類的生命或機器的轉動，那麼食料或燃料是必需的。

其他動物也是這樣，不過牠們的食料同人類吃的不同；這種食料中，也有“能”的存在，要不然，牠們也決不能供人的驅使。至於植物，那就和動物相反，它們所需要的，不是像我們所要的食料，而是要太陽中射出來的光和熱，長大後，就是動物的食料或燃料。

上面談到食物或燃料中都有“能”的存在，其中的“能”，究竟是從那裏來的呢？這不過是食物或燃料吸收了太陽的光和熱，使它們本身成為“能源”，以供人們或動物或機器的利用罷了。

從上面所講的許多事實看來，機器的確很像人體，但是不及人體的完全。總之，無論何種機器，都需要有外來的“能”加入，才能產生熱或機械的功。例如蒸汽引擎必須要煤，汽車必需要汽油，織布機必需要青年婦女的手臂，這都是一樣的道理。

第二節 能的傳送——電也是一種能

“能”可以用種種方法從別處送到我們所需要的地方來，並且其間又經過種種形式上的變化。試看賣菜的、賣肉的以及商店裏的職員，他們不是繼續地把新的“能”來供給我們這人體做成的機器嗎？像賣柴的、販煤的，也都把燃料來供給我們燒飯或取暖，這不是給我們新的“能”嗎？在大都市裏還有煤氣公司，把煤燒成煤氣以後，從管子裏輸送到家裏，不是也可以燒飯點火嗎？這許多事明白以後，那麼一定可以確信“電”也不過是把一種“能”從發電廠裏傳送到家裏，經過電燈或電爐後，就變成熱和光。

在煤氣廠或電廠裏，“能”是從煤裏取出，經過機器的作用，“能”就被煤氣或電流傳送到家裏來，以熱或他種形式來供我們的用，不過電流可以把“能”傳送到任何地方，不若煤氣或其他東西的麻煩並且容易管束它。譬如電燈只要把開關一扭，就可以使它發光，再一扭光便熄了。它還有一點特性，就是我們需要的時候，它便很快的到來，不像一盞油燈，要時常的加油，才可以使它繼續的亮着。

第三節 功

“功”是什麼？我們在討論這個名詞以前，還須要談到“力”，“力”是我們常用的，一個足球在地上靜止不動，我們要使這個足球動，就必須用“力”去踢這球，這球才動。所以說，“力”是使物體

發生運動的因素，沒有力，任何物體都不會發生運動的。

明白了“力”是什麼後，我們可以來研究“功”是什麼，如果我們用很大的力去推牆壁，雖然我們用了很大的力，但並不因此就可以說我們做了“功”，因為牆壁沒有動。現在我們如果用同樣的力，去搬一仟克（即 1000 克）重的一個鐵球，從地板搬到 30 厘米（公分）高的架子上，從科學的立場來說，我們是做了“功”，因為所用的“力”作用在一物體上，使這物體發生了運動，也就是使它經過了一個距離，在這裏我們可以知道“功”和“力”與距離的關係，即

所作的功 = 所用的力 × 所移動的距離

即 功 = 力 × 距離

上面所舉的例子，推鐵球所作的功應當是：

功 = 1000 克 × 30 厘米 = 30000 克厘米 = 30 仟克厘米 = 0.3 仟克米。

【註】 1. 在物理學中，仟克米是功的一種單位，在近代歐洲大陸國家均普遍採用這個制度，意思是使一仟克的重物移動一米的距離，它所做的功就是 1 仟克米；英美採用呎磅做功的單位，意思使一磅的重物移動一呎的距離，它所做的功就是 1 呎磅。

2. 1 米 = 10 分米

= 100 厘米

= 1000 毫米

1 公斤 = 1000 克

米又叫公尺，分米又叫公寸，厘米又叫公分，毫米又叫公厘，這些都是計算長度的單位，為國際通用制；公斤是重量的單位，1 公

斤合我國二市斤。

現在我們知道爲什麼我們用很大的力推牆，牆不動不能算爲做功，因爲牆不動，所以物體移動的距離爲零。雖然用力很大，但力乘零後，功還是零，所以沒有作功。

“功”和“力”不同，力是使物體運動的原因，只有在物體被動一段距離後才有“功”。

“功”的定義，既已知道，那麼，又要講到機器了，無論何種機器都能做“功”。因爲有“能”加下去，而必生一種“力”，這“力”使機器運動。卽如我們常用的一把剪刀、一根針、一架割草機或一個電燈開關，都是準備着做“功”的裝置，然而，沒有能的供給，仍舊是無“功”可做，所以可以得到一個結論：

「無論什麼機器，都不能自己產生“能”來做“功”，必定要有外來的“能”加入後，方才可以做“功”。」

我們知道“能”是從許多自然界而來的，如燃料、食物、風、潮水、瀑布等，這許多東西可以由化學或機械的作用，變成種種式樣，像光、聲、機械的功、電能、無線電波等等。並且還可以把“能”由這種變成那種，像在蒸汽引擎中，可以由熱變做機械的“功”，更如小孩吹笛而發爲一種聲音，不是也從食物變來的嗎？但“能”雖然能夠從這種變到那種，可是絲毫也不會少去的。無論何種機器，沒有“能”供給它，便不能做相當的“功”，這是在科學上天經地義的道理。例如一部火車從甲站到乙站，所需要燒的煤是一定的，假使缺少，它就不能夠完成任務。

今再舉一個例來講，若一個人揹了重箱上樓梯，那很顯然，

他一定要做“功”才可以把他自己連同箱子由樓底下而上昇到樓上，他能做這許多“功”，必定要取到相當的“能”量，但是這許多“能”，究竟是從那裏來的呢？那是用身體做棧房貯藏起來的，用的時候就從棧房中取出。假使他上樓梯走得很長久，身體中的“能”，已經不敷，那麼只好休息片刻。原來這種潛伏在人體中的“能”，是取之於食物中，休息的時候，就是使食物容易消化，才有新的“能”可用，總之，食物吃進肚子以後，就得到一種新的“能”，而人的本身，又可當做一部機器看，可把所得的“能”做“功”，像提重物上樓一樣。

同樣的“功”，也可以交給機器去做，它可以從他種“能源”得來一種“能”以為應用。像重箱不是也可以被電力或水力從樓下帶到樓上去嗎？可見電力或水力，就是“能”出來的地方，這些“能”一經機器利用之後，便變成一種舉起重物的“功”。

第四節 功率

我們在上面已經知道了“功”是“力”和“距離”相乘的答數。現在我們要進一步研究“功率”這個名詞，仍以上面所舉“功”的例子來作說明。用力搬1千克的鐵球從地板上搬到30厘米的架子上，我們已經知道它是做了 $1000\text{克} \times 30\text{厘米} = 30\text{千克力厘米}$ 的功。但是我們要問做完這個功究竟花了多少時間呢？一秒鐘、一分鐘、一小時或一日都有可能。假如我們說這人在二秒鐘內將1000克重的鐵球移動了30厘米，那麼我們就可以得到這人做功的效率，即

$$\begin{aligned} \text{功率} &= \frac{\text{功}}{\text{時間}} = \frac{1,000 \text{ 克} \times 30 \text{ 厘米}}{2 \text{ 秒}} = \frac{30 \text{ 仟克厘米}}{2 \text{ 秒}} \\ &= \frac{0.3 \text{ 仟克米}}{2 \text{ 秒}} = 0.15 \text{ 仟克米/秒} \end{aligned}$$

意思是說這人做“功”的時間效率是每秒鐘 0.15 仟克米，也就是功率為每秒 0.15 仟克米。功率的大小是由做功的快慢以及功的多少而定。所以我們在談到做“功”，必須把時間計算進去。又譬如起重機的功率比我們任何一個人大得多，人和起重機可以做同量的功，但是起重機做得快得多。例如有 2000 仟克的重物舉高 20 米，則功是

$$\text{功} = \text{力} \times \text{距離} = 2000 \text{ 仟克} \times 20 \text{ 米} = 40000 \text{ 仟克米}$$

起重機做這功只要很短的時間，如二秒鐘，而我們人做這功也許要 20 分鐘（60 秒 \times 20 = 1200 秒）。所以起重機的功率是：

$$\text{功率} = \frac{\text{功}}{\text{時間}} = \frac{40000 \text{ 仟克米}}{2 \text{ 秒}} = 20000 \text{ 仟克米/秒}$$

而人的功率是：

$$\text{功率} = \frac{\text{功}}{\text{時間}} = \frac{40000 \text{ 仟克米}}{1200 \text{ 秒}} = 33.33 \text{ 仟克米/秒}$$

因此起重機的功率差不多比人大（20000 \div 33.33）600 倍。

物理學上的功率單位是每秒仟克米，在實際工程上應用，常覺太小。在從前我們常用馬來做工，根據經驗知道普通一匹馬每秒能做 75 仟克米的功，因此我們用“馬力”做為一個較大的單位，

$$1 \text{ 馬力} = 75 \text{ 仟克米/秒}$$

因此前例所說的起重機有：

$$\frac{20000 \text{ 仟克米/秒}}{75 \text{ 仟克米/秒}} = 266.67 \text{ (弱)馬力}$$

而人的功率僅有：

$$\frac{33.33 \text{ 仟克米/秒}}{75 \text{ 仟克米/秒}} = 0.44 \text{ (強)馬力}$$

馬力是機械功率的單位，在電工學上，功率的單位是“瓦特”簡稱“瓦”。一般計算都是用英文字母，*HP*代表“馬力”，*W*代表“瓦特”。這兩個單位可以折合，即 1 馬力 = 736 瓦。關於“瓦”的意義。我們在討論“電”的本題時。將詳細解釋。

【註】 如果有一個機器，每秒鐘完成的功是 75 仟克米，功率就為一馬力，是近代和歐洲其他大陸國家的規定，英、美的 1 馬力等於 67 仟克米/秒多一點；如果每秒鐘完成的功是 550 呎磅，功率也是 1 馬力，這是英美制，有的書中還採用它。

練習問題：

1. “能”是怎樣來的？又是怎樣傳送的？
2. “功”如何解釋，它和“能”的關係如何？
3. 什麼叫做“功率”，表示功率的單位有幾種，叫什麼？
4. 什麼叫做“馬力”？
5. 機械功率單位和電工功率單位有什麼不同？它們是怎樣折合？
6. 某人舉 6 仟克重的鐵棒行走 24 米的路程，問這人做功多少？
7. 一起重機將 240 仟克(240 公斤)的重物在 5 秒鐘內舉高 6 米，問這起重機的功率若干？馬力若干？

第二章 靜電與電流

第一節 電子

前面說過要瞭解電是什麼，必須先瞭解“能”以及“電子”。我們在第一章裏已把“能”的問題交待了，現在我們來討論“電子”。

一個“電子”比你所見過的最小的東西還要小幾百萬倍，電子太小了，從來沒有人直接看見過它，即使用倍數最大的顯微鏡也不行，把幾萬億電子放在一起，重量才能和一根最輕的羽毛相比，大小才能和一個針頭相等。

世界上所有的東西，不論看來彼此的差別多麼大。卻大部分是由電子構成的，樹木裏有電子，衣服、水、空氣以及人體大部分都是電子，也就是說一切物體裏面都儲藏有電子。

任何物體都可以用機械方法分割成更小的物體，更小的物體還可以分割成更小更小的物體，這樣繼續分割下去，就可以分割更細微。但是細微到一定程度，就不能夠用機械方法再分割了。這個很細微不能用機械方法再分割的東西，我們就叫它為“分子”，比如說，我們把一塊煤碾成煤末，每粒煤末又再細分，分得細微到不可再分了，這樣我們就得着了煤的“分子”。

“分子”雖然是不能用機械方法再去分割成比分子更小的東西，但是用別的方法如化學方法還是可以分割的。任何物質的分子是從一種或數種，一個或數個叫做“原子”的東西結合而成

的。像一個水分子裏面就包含有兩個氫原子及一個氧原子，這三個原子就組成了一個水分子 (H_2O)。現在我們知道世界上的物質種類實在太多了，有水、空氣、煤油、小米……各色各樣數也數不清的東西，但是組成這些物質的原子並不多，據現在已經知道的有 96 種，世界上各種物質都是由這 96 種原子，依適當的配合不同的數量組織而成的。

“分子”是很小的，300,000,000 (3 億) 個分子，一個一個接起來，其長度不過一吋；“分子”是能夠存在的任何物質，同時又是不改變原來性質的最小的東西。

“原子”又是從“分子”中分裂出來的更小更小的部分，但是“原子”不是原來的物質了。像水分子用化學方法分裂成爲二個氫原子和一個氧原子，這氫原子和氧原子，我們就不能叫它是水了。

原子這樣小，所以在五六十年以前，許多科學家都認爲原子是宇宙間不能再分割的東西。但是現在我們知道，原子仍然是可以分割的，原子並不是一個實心的東西，它的構造非常像一個小小的太陽系統，中央有一個核心，好像太陽系的太陽似的，我們叫它爲“原子核”。核心周圍有一個或許多細微的東西，好像太陽系中的行星似的，這些細微的東西，就是我們所要討論的“電子”。“電子”和“原子核”中間存在着很大的空隙，也正像行星和太陽之間存在着很大的空隙一樣。

“原子核”的構造是非常複雜的，裏面包含有叫做“質子”和“中子”的東西，質子和中子的分量相等，大約比“電子”重 2,000

倍，質子帶有陽電，中子不帶電，電子帶有陰電。一個電子所帶的陰電是一個最小的電荷（即電的特性）。一個質子所帶的陽電，恰恰和電子帶的電量相等。一個原子在平常情況之下，原子核中所帶的陽電荷，和它周圍電子所帶的陰電荷，數量也是相等，所以就整個原子來說，它是



圖 1. 氧原子的構造

一個中和的東西，顯不出帶電的性質來。但是要是一個原子裏面的電子缺少了，它就帶陽電荷；電子過多了，它就帶陰電荷。所以一個物體帶電不帶電完全要看這個物體中原子裏的電子過多或缺少來決定。圖 1 是氧原子的構造圖，由 8 個中子和 8 個質子組成原子核，8 個電子分爲內外兩層，內層兩個電子，外層六個電子，這些電子圍繞着原子核作急速的旋轉。

無論什麼種類的原子，它的核心的質子和中子總是結合得非常緊。質子或中子很難離開核心單獨活動，但是電子的情形就不同了，一個電子只有質子的二千分之一重，非常輕，非常活潑。電子平常分好幾圈，繞着原子核旋轉，轉得非常快，如一旦有外來的力侵犯的時候，在原子外層的電子常常就會離原子核溜掉。亦就是原子中的電子很容易被移動，這種電子稱爲「自由電子」。如果原子中的電子不容易被移動的話，這種電子我們稱爲「束縛電子」。

各種物質裏的電子活動的情形也不一樣，有些東西，電子在