

火电厂技工培训教材

鍋 炉 运 行

第 一 册

湖北省电业局編

水利电力出版社

内 燃 机 工 作 原 理 讲 义

鍋 炉 运 行

第 一 册

国 立 科 学 院 编

中 国 电 力 出 版 社

內 容 提 要

本书为湖北省电业局編的“火电厂技工培訓教材”中的一种，共分四册出版，本书为第一册。

本分册以通俗的文字对物理与化学的基本知識、蒸汽的发生和炉水的循环，以及火力发电用的各种燃料，作了比較系統而又具体的介紹。

本书不仅可作培訓鍋炉运行人員的良好教材，也可供具有初中或高小文化水平的工人自修閱讀。

鍋 炉 运 行 (第一册)

湖北省电业局編

*

1509R314

水利电力出版社出版 (北京西郊科学路二里内)

北京市书刊出版业营业許可證出字第105号

水利电力出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本*1%印張*38千字

1958年10月北京第1版

1960年4月北京第3次印刷(16,331—19,050册)

統一书号: T15143·271 定价(第8类)0.17元

目 录

第一章 物理与化学的基本知識.....	2
第一节 工业的度量制度.....	2
第二节 物体構造和物質三态.....	4
第三节 力学.....	7
第四节 固体的性質和材料的应力.....	16
第五节 液体和气体的性質.....	17
第六节 热学.....	21
第七节 化学的一般常識.....	26
第八节 主要的化学作用和燃料的燃燒.....	28
第二章 蒸汽的发生与炉水的循环.....	30
第一节 蒸汽的发生.....	30
第二节 炉水循环.....	32
第三章 火力发电的燃料.....	35
第一节 煤.....	35
第二节 重油.....	43
第三节 其他燃料.....	45
第四节 燃燒理論.....	46

第一章 物理与化学的基本知識

第一节 工业的度量制度

人們在生活上和各种事业中，常要应用度量衡来进行工作。例如建造房屋，要測量建筑物的面积和容积，要計算各种建筑物材料的重量。在企业中要計算商品的价值，要衡量商品的重量。在发电厂中，計算电能的价格时，应測定生产時間內燃料的消耗量。要測定各种数量若干时，应该有度量的單位。现将工业上所用度量的單位分述如下：

(1) 長度單位：在工业应用中，長度單位一般采用公制，但习惯上还有采用英制的。

公制：1 公里 = 1,000 公尺，1 公尺 = 10 公寸，1 公寸 = 10 公分，1 公分 = 10 公厘，1 公厘 = 100 公絲，有时 1 公絲用 0.01 公厘来表示。

英制：1 呎 = 12 公吋，1 吋 = 8 分，一般在机件圖紙上呎以 (')，吋用 (") 来表示，分是用吋的分数来表示，如：1 分 = $\frac{1}{8}$ "，半分 = $\frac{1}{16}$ " 等等。在現場有

时还用俗語“塔”來說明比 $\frac{1}{8}$ " 小的数值，如說一

分一塔即等于 3.9689 公厘，圖紙上以 $\frac{5}{32}$ " 来表示，

也就是說一塔 = $\frac{1}{32}$ "。

公英制長度單位的換算，一般都以公厘与英制單位来比

較。如： $1'' = 25.4$ 公厘， $\frac{1''}{8} = 3.175$ 公厘。

我們在測量物体的長度，或是觀察表計的時候，要注意尺在被測量物体上放的位置和觀察刻度時眼睛的位置，否則就會發生錯誤。

(2)重量單位：現在都用公制的單位。如：

公噸 = 1000 公斤，1 公斤 = 1000 克。

一般力的單位也採用公斤來計算。

有時也可能遇到以英制（磅）來做重量單位的，磅與公斤的換算關係如下：

公斤 = 2.205 磅，1 磅 = 0.4536 公斤。

(3)容量單位：一般以公升做單位。如：

1 立方公尺 = 1000 公升 = 35.31 立方英尺 = 264.12 美加侖 = 220 英加侖。

1 公升 = 0.2642 美加侖 = 0.22 英加侖，1 英加侖 = 1.2 美加侖。

(4)流量：一般以公噸做單位。如：

每小時 1 公噸 = 每小時 1.002 立方公尺 = 每分鐘 4.412 美加侖（系指 15°C 的水而言的）。

(5)壓力：一般以每平方公分公斤作單位。如：

1 公斤/平方公分 = 14.22 磅/平方吋 = 10.01 公尺水柱 (15°C) = 735.6 公厘水銀柱 (0°C) = 28.96 英寸水銀柱 (0°C) = 10 公尺水柱 (4°C)。

1 磅/平方吋 = 0.07031 公斤/平方公分 = 51.71 公厘水銀柱 (0°C)。

1 標準大氣壓力 = 1.033 公斤/平方公分 = 14.7 磅/平方吋 = 760 公厘水銀柱 = 1.033 工業大氣壓。

第二节 物体構造和物質三态

(1) 物体構造：

物体是物質組成的，如桌子是木做成的，木就是一种物質。錘是用鉄造成的，鉄就是一种物質。如水、油、煤、空气、土、砂、玻璃、銅、錫、橡皮等……，都是物質。物質就是構成物体的實質。但这种物質又是由什么構成的呢？我們知道，固体可以分割成很小的微粒。一块糖可以分割成許多小的微粒，还可以把这些小粒搞成細末，細末里每个小小的糖粒都具有糖的一切性質。如果把糖放到水里，糖溶解了，分成了更小的微粒。在每滴糖水里都含有很多糖的微粒。一切固体物質，我們都可以把它分成很小的微粒。坚固的鉄可鏟成細末，細末里的每个微粒具有鉄的一切性質。液体、气体就更容易分割了，例如水可以噴成水沫。使物体分成这种最小的微粒叫做分子。一切物質都是由分子構成的。例如：水是由水分子構成的，鉄是由鉄分子構成的。不同物質，就有不同的分子。

我們尚不能認為分子已是物体最小單位了，分子是由單个的原子組成的，由一个或几十个原子，構成各种不同的分子。同样也不能認為原子已不可再分了，近代科学家告訴我們，原子是由更微小的部分組成的，这种微粒就是組成原子的电子、質子、中子、介子等等。

分子已是非常微小的东西，我們將約 3,000,000 个中等的分子紧密地排列起来，它們的長度約为 1 公厘，在 0°C 和一个大气压下，每 1 立方厘米的气体里含有 27,000,000,000,000,000 个分子，由此可知分子的大小了。但 1,200 亿 亿个电子，才有 1 克重，所以更是小到看不見的，因为它輕而小，所以在物体中是不断地运动着的，运动的情况因各种物体而不同。

(2) 物質三態：

物理性質包括在各種溫度下和壓力下的形態，及其性能。
通常物質有三種形態：即固體、液體與氣體三種。

固體能在平常的情況下保持其形態為一定的形狀和大小，如鋼球、石塊、水泥柱梁、紫銅板等的形狀是有一定的。但也不是絕對的不變的，假若加熱，鋼球體積會大，受冷會縮小。加壓力紫銅板會變薄，水泥柱梁會彎曲，這雖然形態有些變化，但它還保持一定的形狀，這樣就是固體物質。

溶體在平常的情況下，沒有一定形態，隨容器或圓或方，離開容器，就要四下流散。它的分子結合力沒有固體物質那樣強。分子能自由運動，可是壓縮性很少，水就沒有壓縮性。在溫度不變的情況下，是有一定的大小的。

氣體在平常的情況下沒有一定的形態，不僅是隨容器或圓或方，而且要充滿一個容器，把它從小的容器換裝到大的容器。它跟着體積膨脹達到容器內所有的空間；相反的，它是能壓入小的容器，它不能侵占液體和固體的空間，它要讓給固體和液體存在所須要的空間，它的分子非常活動，分子飛躍的速度每秒鐘可達到幾千公尺。

(3) 能：物質除有上述三種形態外還有很多特性，如導電、導熱、比重、磁性和非磁性，以及固體時的硬度、抗張和抗拉的強度，彈性和變形；液體和氣體的粘度、表面張力和為氣體時容積與溫度壓力之變化關係等。這些特性將在以下各節逐一介紹。

物質自身具有的能力而又能施於工作的叫做能。由於運動所具有的能叫動能。由於位置或狀態改變所具有的能叫勢能。

能的表現方式有幾種。它分為以下幾種能，以便在每種情況下作詳細的說明：

- ①能发出机械的作用力来的叫做机械能；
- ②能发出光和热波来的叫做光能和热能；
- ③能发出电波和电力来的叫做电能；
- ④能发出磁性来的叫做磁力能；
- ⑤能发生化学变化的叫做化学能。

机械能、光能、电能、热能、磁力能和化学能等能力，形式虽然不同，实际上这各种都是可以变为一样的方式，机械能可以变为电能；电能可以变光能；光能可以变为化学能，化学能可以变为热能；热能可以变为电能；电能可以变为机械能；机械能可以变为热能，热能可以变为化学能；化学能可以变电能、电能变为磁能，磁能再变为电能，这些能可以互相的变化，不论如何变法，其总量是不减少的，也不会增加。

(4)重量与质量：我們知道任何物体如不受支架承托，將以加速度运动向地球落下。这物体向地球落下的加速度，說明地球对各种物体有一种吸引力，这种力即是物体的“重量”，也就是“动”。包含在某物体內質料的量，称为这个物体的質量。也就是說表示物体慣性的大小，即是物体質量的大小。質量是产生引力的根源，質量的測定是可由引力測量出来的，但事实上我們測量質量的量不用引力來測量，因那太复杂了，我們是用天平或秤称得的重量与固定标准重量作比較，就可得出質量。在天平一端我們放上一个标准重量的法碼，这法碼假定为10克，在天平那一端放上所称的物体，假如天平得到平衡，則这个物体的重量就是10克，但因区别这10克是該物体的重量，質量則由地心引力所产生的重力加速度来除，就得出其質量来了，由此我們知道重量是可以随物体位置的改变而改变的，物体的質量則与該物体放的地方无关。例如1千克質量的物体，在北京是0.9995千克重，在上海是0.9983千克重，在

广州是0.9931千克重，在莫斯科是1.0009千克重。从这些数值来看，同一物体，在地球上不同地方，它的重量相差很小。也就是說，表示物体重量的千克重数或克重数，很接近于它的质量的千克或克数。

(5)比重：我們知道，同样大小的不同物質，具有不同的重量，例如一块鉄比同体积的木块重、而比同体积的鉛块輕。通常所說的鉄比木头重，就是指同体积的鉄和木头說的。不然，一只鉄釘难道比一块木制的黑板重嗎？只要比較各种物質的輕重，必須就相同的体积來說。为了方便起見，常拿單位体积的物質的重量來比較。例如：1立方公分的鉄是7.8克重，1立方公分的軟木是0.24克重，1立方公分的水是1克重，1立方公分的水銀是13.6克重。因此我們用1立方公分的某物質的重量（以克量為單位），叫做該物質的比重。即某物体的重量用該物体的体积除之而得比重，其單位为克/1立方公分。

第三节 力 学

(1)力的作用和反作用：靜止的物体，如果不碰它，它自己不会运动，要想运动，必需加以外力。这样加于这物体上的力称为作用的力。物体受外力的作用，它就相应的产生反作用力。受的外力愈大反作用力也愈大。它們二者大小相等但是方向相反。这是牛頓三定律之第三定律。

例如手击一物体，击力愈大，物体对手反抗力也愈大，所以手感觉痛。再如持枪射击，子彈受枪膛内火药爆发之压力，迫使向前，但子彈有反抗压力之作用，这反作用之力达于枪膛后部，由于枪膛后部达于持枪人的手和胸部。手和肩受到的力与子彈所受到的力，大小相等，方向相反。

(2)力的平衡：如果兩個人用同样大的力推棒的兩端，棒

就不动，用同样大的力拉繩子的兩端，繩子也不动。如果有一方面的力比較大些，棒或繩子就会順着大力的方向移动。再如我們手提一錘，不往上提升，也不往下放松，这时手提之力与錘量之力兩相平衡，平衡的时候，就不会运动。若上提之力稍微加大錘就升高，若稍微减少手力，錘就落下。因此当一个物体受了兩個力的作用而能够維持不动的时候，這兩個力叫做互相平衡的力。

作用在一个物体上的兩個力互相平衡的时候，一定是方向相反，大小相等，而且作用在同一直綫上。

(3) 力偶：若有相等的而方向相反的兩力在一平面內互相平行而不作用在同一直綫上，它們不能成为互相平衡而形成旋轉的运动，这一对的力称力偶，这时力偶矩的大小是力和力与力之間的距离相乘积。

(4) 杠杆的原理：

杠杆是一个最簡單的机械，它在机械構造中占有非常重要的位置。它是一根杆，有一点是当作固定点的，其余部分所有之点，都可旋轉，它旋轉的条件，必需有一点受力，其他一点受反作用力。

它的类型有 3 种：如图 1-1 所示，它們都是由支点、力点和重点所構成。力点和支点中間的距离，叫做力臂；重点和支点中間的距离叫做重臂。

我們利用杠杆来举物体，就可以不用大力而能举动很重的物体。

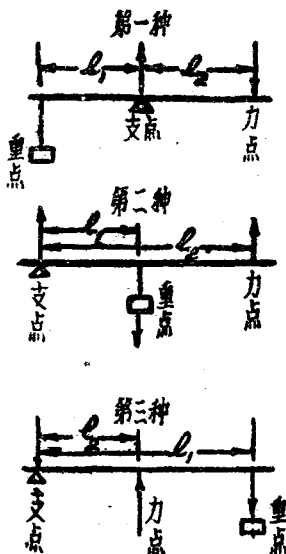


图 1-1

我們所用力的大小，跟物体的重量有关，亦与杠杆臂的長短有关。如果力臂大于重臂，我們用小于物体重量的力就能把物体举起来，如果力臂小于重臂，就須用大于物体重量的力才能把物体举起来，用公式表示：

$$Wl_1 = Fl_2$$

式中 W 为重量， F 为举力， l_1 为重臂， l_2 为力臂，

$$F = \frac{Wl_1}{l_2}$$

这說明举力大小与物重及重臂成正比而与力臂成反比。

(5) 滑輪与滑輪組：

滑輪是一种变形的杠杆。滑輪組是由定滑輪和动滑輪所組成。定滑輪是固定在架上不移动，而只轉动着的滑輪（如图 1-2）。

动滑輪是随着物体一同移动，上升或下降，如图 1-3。

定滑輪吊物体的繩 F 所受的力，与物体重量相同（不計摩擦力）动滑輪的繩所受的力，只有物体重量的一半。

滑輪組吊物的繩所受的力只等于物体重量除以滑輪数所得之数值。如由三个定滑輪和三个动滑輪所組成的滑輪組，一共是六个滑輪（如图 1-4）。在这个滑輪組里吊着物体的繩子只受到物体重量的六分之一的力。如果不算摩擦力和下面那組滑輪的重量，我們在繩子一端只加以等于物体重量的六分之一的力，就能够將物体支持在空中不动。若再加一点力它就被往上移动。但是繩端移动的距离，就等于物体升高行程的六倍。

(6) 速度：

物体在單位時間（例如 1 秒或 1 小时等）內，向一定的方向所移动的距离，称为速度。它的計算單位是公分/秒；或公尺/秒；或公里/小时。



图 1-2



图 1-3

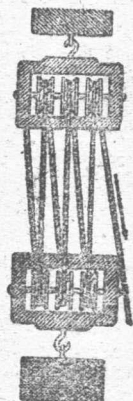


图 1-4

(7) 加速度:

运动中的物体在单位时间内，速度有变化，快起来了，或慢起来了。这就是物体得到了加速度，或减速度（减速度就是负加速度）。它的计量单位是公分/秒²。例如从高处自由落下一石头，在开始落的时刻，石头速度是等于零的，在石头下落一秒鐘末的时刻运动的速度等于 980 公分/秒。在以后每经过一秒鐘速度增加 980 公分/秒，从下表可以看出落下时间与速度的关系。

落下时间	速 度	加 速 度
第一秒末	980公分/秒	980公分/秒 ²
第二秒末	980公分/秒+980公分/秒=1960公分/秒	980公分/秒 ²
第三秒末	1960公分/秒+980公分/秒=2940公分/秒	980公分/秒 ²
第四秒末	2940公分/秒+980公分/秒=3920公分/秒	980公分/秒 ²

从上表看到，速度的增大是連續地和均匀地，这样的加速称为等加速度。用公式表示：

$$a = \frac{V}{t}$$

式中 a 为加速度， V 为速度， t 为時間。

若是一个运动的物体，运动愈快，它的加速度 a 是正值，若是它愈运动愈慢，它就是有一个負加速度， a 就为負值。

机車开快起来的时候，就是表明它有一个正值的加速度；机車走慢下来的时候，就是表明它有一个負值的加速度，也可以叫做减速度。

前所講的石块由高处自由落下的加速度为 980 公分/秒² 的数值，是經過多次試驗，測定出来的，它是一个平均的近似值，不是完全絕對正确的数值。在一般的工程計算上是准确的，但在作精密的計算时不是够的。因为地心对物体的吸力与高度和緯度有关系；在不同高度和緯度，地心吸力所产生的加速度率 g 是变的。

(8) 作用力与加速度的关系：

以力作用于一物体上，这物体即得到一加速度。在力作用于同一物体的情况下，这加速度之大小与作用之力成正比。在同样一个力作用于物体上，所产生的加速度与物体的質量成反比，所得加速度的方向与所作用力的方向相同，这是牛頓的运动第二定律。例如加 1000 克之力于 1000 克物質的物体上就只产生 1 公分/秒² 的加速度。用 2000 克之力加于 1000 克物質的物体上就产生 2 公分/秒² 的加速度。就是加力于同一物体上，加力大时，加速度也大，加力小时，加速度也小。但若加同量的力于質量較輕的物体时，所得加速度就大，于質量較重的物体时，所得加速度就小。以公式表示之：

作用力 = 質量 × 加速度。或 加速度 = 作用力 ÷ 質量

例如手投石子，若手用力不變，投小石子，石子就投得遠一些（若投大石子，就投得近一些，投出速度更不如小石子快。只有加大投的力量，才能把大的石子投出的速度高。如物體太重加上了力，不見移動，實則是所得加速度太小，只有振動或者振動也覺察不出來。

（9）離心力與向心力：

在工業上，力使物體沿曲綫運動的作用較為重要。這種運動我們隨處都可遇到。轉輪隨安裝的軸一起旋轉，于是在轉輪圓周上的各點作曲綫運動。例如送風機和吸風機的轉子運動就是這樣的。

現在我們來研究一下最簡單的曲綫運動：綫的一端固定不動，另一端系住重物作等速運動。根據前面所敘述，若沒有固定點的作用力，可以肯定的說重力依據所作用的方向作直綫運動。實際上也是如此，若某一時刻綫斷了，則重物便立即開始按曲綫上的切綫方向作直綫運動。若重力因綫的存在而沿曲綫運動，則可知有力作用於重物上，才使重物沿曲綫運動，這種沿曲綫的運動叫做圓運動。這種向圓心方向加拉重物上的力，稱為“向心力”，既然有向心力加於運動的物體上，那麼根據作用力與反作用力的關係（即牛頓第三定律），應同時有另一力，與向心力相等而方向相反，這個力稱為“離心力”。這力加於使物體作曲綫運動的連接物上，在我們所舉的例子中綫即是受離心力作用的連接物，物體作圓周運動時，綫拉得很緊，就是受離心力作用的原因。

旋轉越快，向心力越大，離心力也大，表現在綫上和中心上都受到很大的力。質量大或者半徑大，所得向心力也大。反之旋轉慢，或是質量輕，或是半徑小，而向心力就小，也就是

离心力小。

(10) 慣性:

我們看到，對我們來說原來是靜止的物力，它自己不會運動。例如放在桌上的書，如果沒有人把它拿到別處去，它總是留在原處。火車在沒有被火車頭拉走的時候，總是停留在原地。重物自己也不會升到高处。如放在地上的重物，若不用起重機將它吊起來，它是不会升高的。由這些現象說明了要使靜止的物體運動，必須有力作用於物體上。

另一方面，我們也常看到：正在進行的自行車，不用腳去蹬踏板，它自己仍能前進。前進中的火車，關斷了蒸汽以後，還能繼續前進。在運行中的吸風機，我們切斷了電源時，它尚能旋轉。我們再觀察一件事實。有幾個人平直的鐵軌上推一輛貨車。當貨車靜止在鐵軌上時，要想推動它，必須費很大的力。到貨車慢慢地動起來了，所費的力就可以小一些。當貨車已經得到較大的速度時，不用人推它，它自己就能繼續運動。這時要想使貨車停止，必須用跟運動方向相反的力阻擋它，使前進中的貨車停止，跟在靜止的貨車運動，一樣的困難。

運動的物體要繼續運動。想使運動的物體靜止，必須對它用力。

根據上列的這些現象，可以得到這樣的結論：物體具有保持它的靜止或等速直綫運動的性質。這種性質叫做慣性。一切物體在不受外力作用的時候，總保持原有的靜止狀態或等速直綫運動的狀態。這就是牛頓的第一定律。

(11) 摩擦：滾動着的鋼珠，逐漸變慢：最後停止。前面我們講前進的自行車不用腳再蹬踏板，雖能繼續前進，不能立即停止，但也逐漸變慢，最後也完全停止了。它們為什麼不以等速度向前永遠運動呢？因為它們在運動中受到了一種外力，這

外力产生了减速度，使运动的速度改变以至于停止，这作用的外力就是摩擦力。鋼球滚动与空气相摩擦，自行車輪轉动，軸与軸承相摩擦，車輪与地面相摩擦，这摩擦产生一种反对运动的力。

在机械上，摩擦有时显得有害处，必須尽量想法把它减小；但是有时又显得很必要，必須想法使它增大。不仅在机械上是这样，在日常生活上也是这样。如果没有摩擦力，我們手里就什么也拿不住，一切要拿起来的东西，都会象鱗魚一样从手里滑出去了。

在冰上行走，容易滑倒；如果在冰面撒上砂子或草，用来增加鞋底和冰面之間的摩擦力，就不至于滑倒了。穿了布鞋或草鞋爬山，比穿皮鞋时方便，也因为布鞋或草鞋底和山路之間的摩擦比較大的緣故。如果鞋底和地面之間沒有摩擦，那么根本就不能走路了。在很滑的鉄軌上，火車的輪子很快地轉动，但火車并不前进。这时就要在軌上撒沙子，来增加車輪和鉄軌之間的摩擦。汽車輪帶上有許多凹凸的花紋，也为了增加輪帶和路面之間的摩擦。

接触面之間的压力增大，摩擦力跟着增大。例如增大机器上皮帶和輪子之間摩擦力，我們就把皮帶拉得很紧。

機車(火車头)必須造得很重，才能在機車的車輪和鉄軌之間产生足够的摩擦力，使機車能够拉动后面的列車。

如果兩物体是光滑的玻璃，摩擦力就很小，都是鋼鉄，摩擦力就較大。一是木块，一是橡皮，摩擦力就更大，因为每一种物質有一种摩擦系数，若摩擦系数大，摩擦力就大。但是也要跟光滑程度来看。

减少摩擦力的主要方法是加滑潤油，它形成一层薄膜在兩接触面之間，就减少了其間的摩擦力，并且將那一部分不可避