

火电厂技工培训教材

汽轮机运行

上册

湖北省电业局編

水利电力出版社

目 录

第一章 基本知識.....	1
第一节 物理概念.....	1
第二节 汽水性質.....	19
第三节 热力循环及效率.....	36
第二章 水 泵.....	41
第一节 泵的意义和作用.....	43
第二节 泵的分类.....	43
第三节 液体水力阻抗和水头损失的分类.....	44
第四节 离心式水泵.....	47
第五节 往复式水泵.....	62
第六节 喷射式水泵.....	67
第三章 凝汽器及其附属设备.....	68
第一节 凝汽器.....	68
第二节 空气抽出器.....	97
第三节 循环水泵和凝结水泵.....	102
第四节 冷却设备.....	111
第四章 给水加热设备.....	119
第一节 加热器.....	119
第二节 蒸发器.....	126
第三节 除氧器.....	132
第四节 汽水分离器、疏水器及疏水系统.....	141
第五节 减温减压器.....	151
第六节 给水泵的运行.....	154
第五章 汽、水、油管路系统.....	164
第一节 管路系统的分类.....	164
第二节 管路系统及附件.....	168

第一章 基本知識

第一节 物理概念

(一) 簡單的量度

(1) 長度單位，在工業應用中，長度單位一般採用公制，但習慣上還有採用英制的。例如：

公制：1公里=1000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，如1公絲用0.01公厘來表示。

英制：1呎=12吋，1吋=1000英絲，一般在機件圖紙上呎以(')表示，吋用(")來表示，在工場習慣上，一般把 $\frac{1}{16}$ "讀做一分； $\frac{1}{16}$ "讀做半分； $\frac{1}{32}$ "讀做一個塔； $\frac{1}{64}$ "讀做一個六十四。那末一分一個塔即是 $\frac{5}{32}$ "；一分一個六十四即是 $\frac{9}{64}$ "。其他可以這樣推下去。

公英制長度單位的換算，一般都以公厘與英制單位來比較。如：

1"=25.4公厘， $\frac{1}{8}$ "=3.175公厘，1英絲=2.5公絲。

我們在測量物體的長度，或是觀察表計的時候，要注意尺在被量物體上放的位置和觀察刻度時眼睛的位置，否則就會發生誤差。

(2) 重量單位，現在都用公制的單位。如：

1公噸=1000公斤，1公斤=1000公分=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，磅與公斤的換算比例如下：

1 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 立方公尺 = 每小時 0.9984 公噸 = 每分鐘 4.403 美加侖。

每小時 1 公噸 = 每小時 1.002 立方公尺 = 每分鐘 4.412 美加侖。

以上系指 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/每平方公分 = 14.7 磅/平方吋 = 760 公厘水銀柱。

(二) 物體與物質:

凡佔有一定的空間, 能够由我們的感覺器官認識其存在的叫做物體。如書桌、汽輪發電機等, 構成物體的實質叫做物質(或叫質料), 例如書是紙做的, 桌子是木头做的, 所以紙与木头就叫做物質。物質是不依据我們意識而存在的, 物質虽然处在不断变化的狀態中, 但它在进行变化时不会化为烏有, 也不会无中生有, 这是自然界基本規律之一, 叫做物

質不灭定理。

(三)重量与質量:

一切物体都被地球所吸引，我們把这种吸力叫做重力或者重量，重量單位为重量千克简称千克重。重量單位所指的不是物体本身，而是地球对它的吸引力，如一克重的某物体对地球的吸引力有 980 达因等（1 达因就是能使 1 克重的物体得到 1 公分/每秒每秒加速度的）。

包含在某物体内質料的量，称为这个物体的質量。

重量單位是地球吸引某物体的力，而質量單位是質量千克，簡写为 1 千克，物体的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在甚么地方无关。因为物体中所含質料的量当然不可能随地点的更換而改变。由于实际測量知道，物体的重量虽然在地球上放置的位置不同而有变化，同时物体的重量也随着它离地面的高度的增大而减少的，但重量的变化并不大，因此，一般來說，任何一个物体的質量以質量千克为單位可以認為在数字上等于它的重量，这样如果我們知道了物体的質量，我們也随着知道了它的重量。

(四)面积和体积:

物体的界限就是面，面的大小叫做面积，面积的單位常用平方公尺，平方公分等，如 1 平方公尺 = 10,000 平方公分，1 平方公分 = 100 平方公厘。

正方形的面积等于兩边相乘，長方形的面积等于長 × 寬，三角形的面积等于底 × 高 × $\frac{1}{2}$ ，平行四边形的面积等于底 × 高，梯形面积等于下底加上上底除以二再乘高，圓形面积 = 半徑自乘再乘 π ；体积是物体在空間所佔有的部分，体积的單位常用立方公尺，立方公分等，如 1 立方公尺 = 1,000,000 立方公分，1 立方公分 = 1000 立方公厘。

正立方体的体积=一边乘三次，長方形物体的体积=長 $\times$ 寬 $\times$ 高，圆柱体的体积=半徑自乘 $\times\pi\times$ 高，圆锥体的体积=半徑自乘 $\times\pi\times$ 高除以3，圆球的体积等于半徑乘兩次 $\times\pi\times4$ 除以3。

(五)压力，绝对压力，表压力：

(1)大气中的空气压力，叫大气压力。拿一根两端开口的玻璃管，用手指堵住它的下端，从上端灌进水去，灌满以后，把管子慢慢地倒过来，这时管子的开口向下，可是管里的水并不流出，这是因为向上的大气压支托着管里的水，如果把堵住管口的手指放开，水就从管里流出，因为这时管里的水也受到向下的大气压，向上的大气压不能跟向下的大气压和水重所生的压力平衡，所以水就流出来了。由此证明大气压的存在，量大气压力有水銀气压計与无液气压計两种。距地球表面向上200公里的空气柱之压力称为大气压，由实验得知大气压为每平方公分760公厘高的水銀柱。人在大气内不觉有压力，因为身体内外各部同时均有大气压的作用恰成平衡的缘故。大气压随地方的高低而不同，高处比低处的大气压比較小些，这是因为高处的大气层比較薄些，大約离海面12公尺高，水銀柱即降低約1公厘，大气压也随天气而变化：气压高时，天气晴朗，气压降低，可能起风雨，这是因为下雨时，空气中含有水蒸汽，因水蒸汽比空气輕，大气压力比較小，故气压降低，根据天气的不同，它的变动范围是从710—780公厘水銀柱。

1平方公分的面积上受到1公斤作用的力。叫做一个單位压力；也叫做一个大气压，用公斤/平方公分来表示。压力是單位面积上所受到的重量，如蒸汽的压力是蒸汽的分子对容器四周所作用的力。这种力在容器的任何一点都是相

等的。如 F 为物体的面积以平方公分表示， B 为作用于物体表面的力以公斤表示，则物体所受的压力 P 为 $P = \frac{B}{F}$ 公斤/平方公分。压力也可以用水柱的高度来表示，1 平方公分面积上受到 1 公斤的重量就等于 1 平方公分上有 10 公尺高的水柱，因 $1 \text{ 平方公分} \times 10 \text{ 公尺} = 1 \text{ 平方公分} \times 1000 \text{ 公分} = 1000 \text{ 立方公分} = 1 \text{ 公斤水的重量}$ 。所以 $1 \text{ 公斤/平方公分} = 1 \text{ 大气压} = 10 \text{ 公尺高的水柱/平方公分}$ (水温在 4°C 时)，压力也可以用水银柱的高度来表示，水银比水重 13.6 倍。

$$10 \text{ 公尺高水柱} = \frac{10000 \text{ 公厘}}{13.6} = 735.5 \text{ 公厘水银柱。}$$

所以 $1 \text{ 公斤/平方公分} = 1 \text{ 大气压} = 735.5 \text{ 公厘水银柱}$ (温度在 4°C 时)。

10 公尺的水柱或 735.5 公厘水银柱所表示的压力是工业上常用的压力，叫做一工业大气压或叫做一技术大气压，另外还有一种是标准大气压或物理大气压，是在海平面处所量的水银柱高的压力。

1 标准大气压 = 760 公厘水银柱。

一个大气压或者工业大气压与一个标准大气压的关系为：

$$\text{标准大气压 } p_a = \frac{760}{735.5} = 1.033 \text{ 技术大气压。}$$

标准大气压 $p_a = 10.33 \text{ 公尺水柱}$ 。

(2) 绝对压力与表压力：设容器 (如图 1-1) 内有气体，盛有液体的弯管的一端插入容器壁，另一端开口，这样使管中的液体左面受容器内气体的压力，而右边受大气压力，若液体的位置如图所示，弯管的右边较高，



图 1-1

則表示容器內气体的压力比大气压力大，弯管兩边液面的差表示容器內气体压力比大气压力所大数值，为液柱高度的压力，此即容器內气体压力大于大气压力的数值，这种压力称为表压力，(用 p_u 表示)，大气压力以 B 表示，則可得容器內气体的全压力，这个全压力称为绝对压力(用 p_a 表示)；那么绝对压力 = 表压力 + 大气压力，通常鍋炉的表压力比大气压力大得多，在这种情况下，气体压力，不必量得很精确，只要表压力简单地加上1个大气压就可以了，如压力表指示为10大气压(表压)則绝对压力 = 11大气压。

(六)真空及真空度，可能遇到这种情况：当液体压力与盛气体的容器連通液体的位置如图 1-2 所示，即左边的液体較右边的高，这表示右边管中液体所受的大气压力比容器內气体的绝对



图 1-2

压力大，要把气体的压力加上液柱的高度 h 的压力之和才等于大气压。換句話說，測量液柱高度 h 即得容器內气体的绝对压力比气压的不足数，这种比气压的不足数称为真空，如真空以 h 表示， $p_a + h = B$ ，即绝对压力 + 真空 = 大气压力或绝对压力 = 大气压力 - 真空。

例 1：汽輪机凝汽器蒸汽側的真空为 700 公厘水銀柱，若气压等于 780 公厘水銀柱，則凝汽器內蒸汽側的绝对压力为：

绝对压力 = 大气压力 - 真空 = $780 - 700 = 80$ 公厘水銀柱。

如化为大气压为單位(a.T.)，則 = $\frac{80}{735.5} = 0.109$ 大气压(a.T.)。

在这个例子里即是：真空度 $= \frac{700}{780} \times 100 = 89.7\%$ 。

例 2：某真空度不太高的凝汽器内部压力的情况是这样的(参看图 1-3)：用水銀真空計測得水銀柱的高度是 646 公厘，当时用水銀气压表測得大气压力是 756 公厘水銀柱。

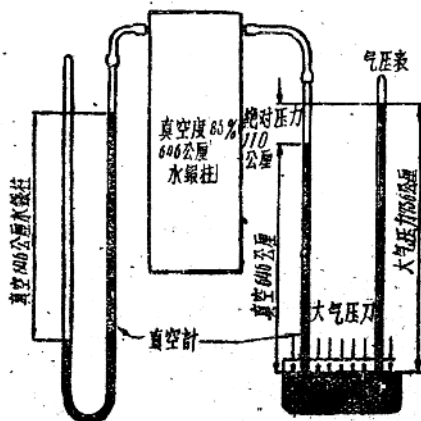


图 1-3 真空、绝对压力和大气压力彼此之间的关系

水銀真空計所表現的水銀柱是凝汽器里的压力与大气压力的差額，所以要知道凝汽器里的蒸汽绝对压力就要这样計算：蒸汽绝对压力 = 大气压力 - 真空計水銀柱 = $756 - 646 = 110$ 公厘水銀柱，如果用大气压作單位：

凝汽器內蒸汽绝对压力 $= \frac{110}{735.6} = 0.149$ 大气压，就是

說凝汽器內蒸汽绝对压力是 0.149 公斤每平方公分，平常多用真空度来表示真空的情况，就是說真空里的绝对压力比大气压力低百分之几。

在这个例子里情形是这样：

真空度 = $\frac{646}{756} \cdot 100 = 85\%$ ，由此可見，用真空度表示真空并不是很准确的，因为大气压力时常变动不定。比較准确而科学的表示方法是用绝对压力不論是用公斤每平方公分或是用水銀柱做單位都可。

例 3：如蒸汽鍋爐烟囱的通风表指示 $h = 100$ 公厘水柱，气压为 720 公厘水銀柱，計算烟囱內气体的绝对压力 (a. T.)。

解：將气压及气体的真空化为以大气压 (a. T.) 为單位

$$B = \frac{720}{735.5} = 0.93 \text{ 大气压} \quad h = \frac{100}{10,000} = 0.01 \text{ 大气压}$$

绝对压力 $P_a = B - h = 0.98 - 0.01 = 0.97$ 大气压。

(七) 热能和温度：自然界中能的蘊藏很丰富，各种煤、石油等使它燃燒而产生热能，流水（称为白煤）及风也可以利用产生能。近年来利用水力生产能量已逐渐广泛起来，甚至原用燃料为能源的地方，已建設了很多的水力发电厂了，因此可以得到比較廉价的电力。燃料，如煤的可燃部分与空气中的氧化合发生热量，形成气体的混合物，称为燃燒产物，这是由化学能轉換为热能的现象。燃燒产物有各种用途，蒸汽鍋爐利用它加热水而得到蒸汽，內燃机中直接产生机械能，干燥炉中用以排除湿气，我們用手去摸受热的物体，因为加热的情況不同，有的地方較热，有的地方較冷，这种冷热不同的情况，我們說这是物体的温度不同，即以温度来区别物体冷热的程度，如冰的温度定为 0° ，而沸水的温度定为 100° 的这种計算温度的方法，称为攝氏温标，用 $^\circ C$ 表示，英制則用华氏温标 ($^\circ F$)，冰点定为 32° ，沸点定为 212° ，攝氏与华氏温标的換算是：

$$C = \frac{9}{5} (F - 32), \quad F = \frac{9}{5} C + 32.$$

度量物体温度的仪器，称为温度计，凡一物体受热温度升高，我们称这种热为显热，温度计有各种不同的制造方法，我们以水银温度计量比较不高的温度，用热电高温计（热电偶）量较高的温度，观察物体受热及冷却，可以发现几乎所有物体都是加热时膨胀而冷却时收缩，这种性质，固体比液体及气体较不显著，物体加热膨胀及冷却收缩的特性，在工业上极为重要，应该多加注意。

(八) 热量、热量公式及比热：

使 1 克蒸馏水温度升高 1°C 所需的热作为测定热量的单位，叫做 1 卡路里简称 1 卡，其他物质热量卡的多少倍，就叫做该物质的热量，1 千卡的热量叫做千卡或大卡，大卡即 1,000 克（或 1 公升）的蒸馏水温度上升 1°C 所需的热量。

不同的物质在相同的条件下使温度升高一样，它们需要的热量是不同的，同一热量在相同的条件下，加于不同的物质，它们升高的温度也不同，为了说明这种特性，我们需要认识另一种量叫做比热，使 1 克物质升高温度 1°C 所需要的热量叫做该物质的比热，同样 1 克物质温度降低 1°C ，所放出的热量也等于该物质的比热，比热的单位是卡/克度或千卡/千克度。

设有 m 克的物质比热为 C 上升温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时所需要的热量为：

$Q = mct$ ，即热量 = 质量 $\times$ 比热 $\times$ 温度，若温度由 t_1° 升到 t_2° 时

则 $Q = mc(t_2 - t_1)$ ，即热量 = 质量 $\times$ 比热 $\times$ （上升温度 - 起始温度），上式也适应于放热，即温度由 t_2° 降到 t_1° 。

(九) 比重、密度与比容：

比重：某物质单位体积（1 立方公分）的重量（以克重

为單位)叫做該物質的比重,如水的比重是1克重/立方公分,鉄的比重是7.8克重/立方公分,求比重的公式:

比重(克重/立方公分) = $\frac{\text{重量}}{\text{体积}}$ (克重)/(立方公分),因为水1立方公分的重量恰为1克重,所以物体的比重就以它的重量表示。

密度,物質在單位体积內所含的質量,叫做密度,水的密度为1克/立方公分,鉛的密度为11.36克/立方公分。求密度公式:

$$\text{密度(克/立方公分)} = \frac{\text{質量}}{\text{体积}}(\text{克/立方公分})$$

密度与比重的区别:密度系物質在單位体积內所含的質量,其單位为克/立方公分,比重是物質在單位体积內所含的重量,以克重/立方公分为單位。

比容:物質的体积和等重的水重的体积之比,叫做該物質的比容:

物質的比容 = $\frac{\text{物之体积}}{\text{等重水之体积}}$, 如果用1公斤的重則比容为

$$\frac{1 \text{ 公斤物的体积}}{1 \text{ 公斤水之体积}} = \frac{(1 \text{ 公升})}{1 \text{ 公斤物之体积}} = 1 \text{ 公斤物的体积数。}$$

因为水1公斤的体积恰是1公升,所以物之比容可以1公斤的体积(公升)表示。物体的重量等于它的体积乘比重,或物体的重量等于它的体积除以比容。物体的体积等于物体重量乘以物体的比容,或物体的体积等于物体的重量除以比重,物体的重量与其体积成正比例,物体的重量与其比容成反比例,物体的体积与比重也是成反比例。

(十)物質三态、与汽化、凝結。

自然界各种物体均由細小的部分(分子)構成,分子与

分子之間有自由活動的間隙，不能認為分子已是物體的最小單位了。分子是由單個的原子組成的，從一個以至幾十個原子構成各種不同的分子，同樣也不能認為原子已不可再分割了，近代的科學家告訴我們原子是由更微小的部分組成的。

分子是非常微小的東西，我們將約 3,000,000 個中等的分子緊密地排列起來它們的長度約為 1 公厘，由此可知分子的大小了。物體中的分子是不斷運動著的，運動的情況隨各種物體而不同。

自然界各種物體有三種形態：固體、液體及氣體。固體如煤、銅、橡皮。固體特征是形狀一定，要改變固體的形狀，如將銅板或橡皮彎曲要使用較大的或較小的力量，這個現象可以這樣解釋，固體中排列的分子彼此較接近，而分子間的凝聚力較大，也可以這樣說，固體中的分子不願意移動它的位置，僅在原地位置的附近搖擺，液體如水、水銀，分子間彼此的距離比較接近，但分子間的凝聚力要小得多，這些分子並不搖擺而是隨處移動，分子一個跟着一個，在容器範圍內運動，因此液體的性質是它的形狀隨液體注入的容器的形狀而改變，可是液體的體積是一定的，換句話說我們不能預知液體是什麼形狀，但可知道液體一定的體積，即是相同數量的同一種液體，可以移注在不同形狀的容器內。

氣體（如空氣）分子間的凝聚力很微小，分子之間互相排斥，間隔很大，分子處在不斷運動的不安定的狀態下，氣體與液體一樣沒有一定的形狀，是按照容器而改變形狀的，但氣體與液體的區別是氣體沒有一定的體積，它總是盡量擴大它的體積，充滿整個容器，如將氣球內的氣體抽出一部分則剩餘的氣體，總充滿在整個氣球內。

汽化，液體受熱時則分子運動更形激烈互相撞擊，如果

使分子間的距离更形增大，液体表面的分子逐漸脱离液体本身变成了气体是为蒸发，当液体受热到一定程度如水温度到 100°C 时，全部分子間隔增大而化为气体，这种现象叫做汽化。凡一物体开始变化为气体的温度是固定的，但各种不同物体的汽化温度不同，并且变化为气体的温度与液体的压力关系很大，如水在 1 大气压时变化为蒸汽的温度約在 100°C ，而在 10 大气压的压力下，水的沸点温度为 179°C ，1 克液体在沸点时汽化为同温度的气体所需的热称为汽化热，故在沸点温度时液体与气体之温度相同，而汽体含热量比液体大，汽化必須吸收热量或减小压力。

如汽遇冷时，分子間隔漸漸縮小，由于凝聚力的作用，使其达到一定距离时，則成为液体，这种现象为液化或凝結，凝結必須放出热量或加大压力，同种物体汽化时所吸收之热等于凝結时所放出来之热。

(十一) 膨脹

物質遇热，它的大小发生变化，这就是因受热产生了膨脹的关系，各种物体的膨脹性質是有所不同的，如把大小相等的銅片和鉄片鉚在一起，那么当加热时它的形狀就变成弯曲而凸起在銅片那一面上，当冷却时形狀也发生弯曲，銅片在凹入的那面上，这个实验就表明了銅比鉄的膨脹是不等的，銅比鉄膨脹得多些縮小得也多些，有許多固体如鉄热水管子等的形狀是这样，它是某一个方向大小（長）比其他地方的大小（高）大很多，对于这样的固体当温度上升而計算其膨脹时，就可以单独地考虑它的线膨脹即某一方向長度上的变化，至于盛在容器內的液体或气体加热时，我們所观察到的是体膨脹。液体或气体的体膨脹和容器有关部分的容积膨脹的差叫做視膨脹，根据視膨脹可以算出液体或气体真正的

体膨胀。

物体由于温度上升 1°C (或下降 1°C) 所增加的长度 (或减少的长度) 与 0°C 时长度的比值叫做线膨胀系数。如钢的线膨胀系数为 0.0000105; 镍的线膨胀系数为 0.0000128; 铜的线膨胀系数为 0.0000167。

用公式表示:

线膨胀系数

$$= \frac{\text{物体温度上升后的总长度} - \text{物体温度在 } 0^{\circ}\text{C} \text{ 的总长度}}{\text{物体温度在 } 0^{\circ}\text{C} \text{ 的总长度} \times \text{上升的温度}}$$

物体由于温度升高 1°C 所增大的体积与 0°C 时体积的比值叫体膨胀系数。如水在平常温度下 ($15^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$) 的体积膨胀系数为 0.000372; 水银的体膨胀系数为 0.0001818。

用公式表示:

体膨胀系数 =

$$= \frac{\text{物体温度上升后的总体积} - \text{物体温度在 } 0^{\circ}\text{C} \text{ 的总体积}}{\text{物体温度在 } 0^{\circ}\text{C} \text{ 的总体积} \times \text{上升的温度}}$$

体膨胀系数是线膨胀系数的三倍, 所以线膨胀系数 $\times 3$ 就可得出体膨胀系数。一切气体在压力不变时的体膨胀系数都是 $\frac{1}{273} = 0.00366$

例 1: 有钢条在当地环境温度在 25°C 时, 它的长度为 10 公尺, 将钢条加热到 100°C 时问钢条比原长度增长了多少:

用公式表示:

线膨胀的长度 = 线膨胀系数 $\times$ 物体原来长度 $\times$ (最终温度 - 起始温度)

$$= 0.0000105 \times 10 \times (100 - 25)$$

$$= 0.007875 \text{ 公尺}$$

答：鋼條比原長度增長了 0.007875 公尺

例 2：一塊正方形的鑄鐵，在環境溫度 30°C 時每邊長為 10 公尺，將這塊鑄鐵加熱到 100°C 時，問要比原來體積增大多少？（鐵的線膨脹系數是 0.0000102）

用公式表示：

體膨脹增大數值 = 體膨脹系數 $\times$ 物體原來體積 $\times$ （最終溫度 - 起始溫度）

$$= 3 \times 0.0000102 \times 10^3 \times (100 - 30)$$

$$= 2.124 \text{ 立方公尺}$$

答：鑄鐵比原來體積增大 2.124 立方公尺

（十二）力與速度

任何物體，如果沒有其他物體的作用來改變它的靜止狀態或等速直線運動狀態，那麼它一定保持這個狀態，這個定律叫慣性定律或者叫做牛頓第一定律。如有幾個人，在平直的鐵軌上推一輛貨車，當貨車在鐵軌上靜止時，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。任何能使物體脫離其靜止狀態或改變物體的速度（改變速度的大小或方向）的作用稱之為力。速度是表示物體

運動的快慢，速度 = $\frac{\text{距離}}{\text{時間}}$ ，速度的單位是隨着所用的距離

單位和時間單位來決定的，一般距離採用公尺，時間用秒做單位。

如果一個恆力作用于一物體則該物體以等加速度運動（一個速率均勻增大的運動叫做等加速度運動）。這等加速度正比于作用力而反比于物體的質量，而等加速度的方向必

然与引起它的力的方向相同，这叫做牛顿第二定律。用公式表示为：

$$F = ma \quad m \text{ 为质量, } a \text{ 为加速度}$$

即力（以达因为单位）是质量（以克为单位）与该力给予该物质的加速度（以公分/秒为单位）的乘积，如果物体质量等于1克，则该物体的重量也等于1克重，这种重量以达因计算，按公式则等于：

$$F = 1 \text{ 克} \times 980 \text{ 公分/秒}^2 = 980 \text{ 达因}$$

$$1 \text{ 克} = 980 \text{ 达因}, \quad 1 \text{ 达因} = 1/980 \text{ 克重}。$$

反动力，无论物体间发生怎样的相互作用，它们当中任何两物体彼此间的作用必然是大小相等而方向相反的，这是牛顿第三定律。当物体受力作用时，使分子压缩而产生与作用力相等但方向相反的反作用力，也叫做反动力。

冲击力，液体或气体以极大速度冲向转动体时，作用在物体上的力，由于速度高动量大，使转动子得到较高的速度，这种作用力为冲击力。

摩擦力，如图 1-4 物体在平面上本身的重量垂直作用于平面，由于接触面性质的不同当物体发生运动，常产生一种与运动方向相反的力即阻碍运动的力叫摩擦力，摩擦力与接触面的性质有关，与垂直压力有关而与接触面的大小无关，由上述可知。

$$F = \mu N$$

即摩擦力 = 摩擦系数 × 物体的重量

离心力，某一物体对作圆周运动的物体的作用，前者把后者保持在圆周上运动，如系在绳子一端围绕人手而旋转的

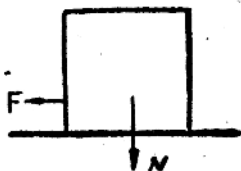


图 1-4