

氰氨化鈣生产

吉林化学工业公司电石厂 編

化学工业出版社

本書主要闡述氰氨化鈣的生產簡單原理和生產過程。在工藝操作和設備構造方面也有介紹。並敘述了氰氨化鈣及其工業上的基本知識。

本書供從事氰氨化鈣生產的工人和工長學習和參考之用。



氰氨化鈣生產

吉林化學工業公司電石廠編

化學工業出版社（北京安定門外和平北路）出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第002號

崇文印刷廠印刷

新華書店發行

開本：787×1092 1/16

印張：2

字數：48 千字

定價：(10) 0.30 元

1959年12月第1版

1959年12月第1次印刷

印數：1—1800

書號：18063.0359

目 录

第一章 氰氨化钙及其工业的基本知识	1
1. 物质和物质的变化	1
2. 分子原子和元素	1
3. 化学反应与有关化学式	2
4. 氰氨化钙的性质	3
5. 氰氨化钙的用途	3
6. 工业计量方法和单位	3
7. 电学的基本知识	7
第二章 生产氰氨化钙的程序和原料	16
1. 生产氰氨化钙的程序及示意图	16
2. 原料	16
第三章 氰氨化钙生产	18
1. 氰氨化钙生成的简单原理	18
2. 氰氨化钙车间的生产流程	20
3. 氰氨化钙车间的生产控制项目	21
第四章 生产氰氨化钙的主要设备与辅助设备	22
1. 氰氨化钙炉	23
2. 电石及氰氨化钙的破碎与磨粉机械	24
① 物料粉碎的一般认识	24
② 颚式破碎机	25
③ 锥式破碎机	25
④ 球磨机	26
3. 电石及氰氨化钙的运输设备	27
① 螺旋输送机	27
② 链斗提升机	27
第五章 氰氨化钙的冷却、破碎、磨粉和包装	28
1. 氰氨化钙的冷却	28
2. 氰氨化钙的破碎与磨粉	28
3. 氰氨化钙的贮藏及其包装	29
4. 氰氨化钙仓库的管理	30
5. 氰氨化钙的成品分析检验项目	31
第六章 氰氨化钙车间的组织图解及生产经济指标	31
1. 氰氨化钙车间的人员组织与领导关系图表	31
2. 原料消耗定额表	31
3. 氰氨化钙的成本	32

第一章 氫氧化鈣及其工業的基本知識

1. 物質和物質的變化

我們周圍的許多物體，都是由各種不同的物質構成的，鐵、玻璃、木材、水、糖……都是物質。化學就是研究物質和物質變化的科學。所以我們在開始學習氫氧化鈣化學時，首先就要學習如何區別和認識物質。物質可以由物質的性質，如色、臭、味、軟硬程度等來區別，例如，砂糖是白色的，有甜味，無臭易溶於水，比水重，加強熱燒就變成黑褐色等。

物質的性質固然是一定的，但是物質本身是可以變化的，而且是无時無刻地在進行着變化。在日常生活我們可以看到，地面上的水干了（水變成水蒸氣），雪亮的金屬器具的表面發暗了，衣服的颜色漸漸退色了。

我們來做幾個實驗來仔細觀察物質的變化。

實驗：

①把玻璃棒或玻璃管、瓷塊等在火焰上加熱，觀察加熱時的物體表面變紅、逐漸變軟和變形；當把這些物質冷卻後，再觀察玻璃和瓷塊，其性質仍沒有變。

②用鑷子夾住一根鎂條，拿到火焰上點燃，或將少量的砂糖或面粉放在薄鐵片上加熱，結果鎂條燃燒起來放出光輝，砂糖經過燃燒由白色變成炭黑色。

在實驗②中得到了有新性質的物質，它們和原來的物質完全不同了，這時所發生的變化叫做化學變化，一般又叫化學反應。物質如經過化學變化，則變成新的物質，這種物質所具有的性質，是與原物質的性質完全不同的。

如：砂糖^{燃燒}→炭，鎂條^{燃燒}→灰色粉末……等。

有時物質雖然經過變化，但並未變成新物質，例如：在實驗①中，把玻璃管加熱到某一定溫度，它就開始漸漸變軟、變紅，但冷卻後仍是玻璃，並沒有變成新的物質，瓷塊等加熱後，同樣也沒有新物質生成，這種不生成新物質的變化，叫做物理變化。

2. 分子原子和元素

物質是分子構成的。將一小塊糖溶解在一碗水里，這碗水就都有了甜味，由此可知，這小小的糖塊一定是由無數很小的糖顆粒組成的。糖塊投入水中之後，組成這糖塊的小的糖顆粒，必定普遍的分散到達碗水的任何部分，因此這碗水的任何一滴才能變得有甜味。不僅物質的溶解能說明物質是由微小的顆粒組成的，從蒸發現象也可以說明這個事實。例如，水受熱後，就變成水蒸氣，散失在空氣裡面。水的消失，就是因為組成它的微小顆粒被分散開來，使我們的眼睛看不到了，在一定的條件下，這些小顆粒又會變成雨、雪、露、霜出現在我們的面前。一切的純粹物質都是由無數微小而性質相同的微粒所組成的。這種微粒，叫做分子。也就是說，食鹽是由無數食鹽的分子組成的，水是由無數水的分子組成的。

分子是由原子組成的。氧化汞是紅色粉末，是很均勻的，因為它是由性質相同的氧化汞分子所組成的。將它加熱，就分解成氧和汞，可見氧化汞的分子還是可以分開的。氧化汞分子是由氧原子和汞原子組成的。此外，我們知道水分子是由氫原子和氧原子組成的，硫化鐵分子是由硫原子和鐵原子組成的。

一定種類的原子叫做化學元素。元素計有氧、鐵、硫、汞、鋅、銅、鈣、氮等等。元素的最

小顆粒就原是子。

在化学上为了研究便利起见，我們就用简单的符号来表示各种元素。例如：氧用字母 O 来表示，碳用 C 来表示，氮用 N 来表示，鈣用 Ca 来表示……等。現在已經知道的元素有102种，分为金属与非金属两大类，如铁、铜、鋅……是金属，氧、氮、硫……是非金属。地壳中各种元素的重量百分数如图1所示。

分子和原子小到这样的程度，就是在最好的放大鏡下也看不見，例如1克水中就有上万万个水分子。它們虽然这样小，人們仍然測量出来了所有原子的重量。原子的重量叫做原子量，表1是些重要元素的符号和原子量。

3. 化学反应与有关化学式

①分子式和分子量：表示单質或化合物分子組成的式子，叫做分子式。我們对化合物和单質应这样来区别：水、砂、盐、糖、玻璃、蛋白質、肥皂、化学肥料等——这些都是化合物，也就是由不同方法由单質組成的。这些单質在科学上称为元素。化合物的分子是由各种不同元素的原子組成的。铁、铜、銀、金、鈣、硫、磷、碳、氮、氧、氢等是属于单質。单質的分子是由一种原子（即元素）組成的，如金、銀、铜、铁、錫等。这些游离状态的金属分子，

我們用 Au 、 Ag 、 Cu 、 Fe 、 Sn 来表示它們的分子式。有的单質的分子是由两个或数个相同的原子組成的，如氢、氧、氮、氯等分子都是由两个相同的原子組成的，我們用 H_2 、 O_2 、 N_2 、 Cl_2 来表示它們的分子式；赤磷是四个磷原子組成的，它的分子式就是 P_4 。符号的右下角数字表示分子中原子数目。

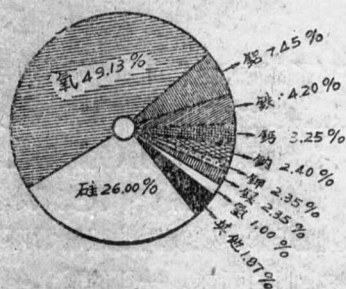


图1 地殼中各种元素的重量百分数

分子量是組成分子的各原子的原子量的总和，依据分子式，很容易算出物質的分子量来。例如：水的分子是由二个氢原子和一个氧原子組成的，氢的原子量是1，两个氢原子的原子量是 $1 \times 2 = 2$ ，氧的原子量是16，所以水的分子量是 $2 + 16 = 18$ 。又如：硫酸的分子是由二个氢原子、一个硫原子和四个氧原子組成，所以它的分子量是 $1 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$ 。

②化学方程式：分子式还可以用来写化学方程式。化学方程式能表示出什么物質参加了化学反应和生成了什么物質，并且可以表示出这些物質之間的重量关系。例如：铁 $Fe = 56$ ，硫 $S =$

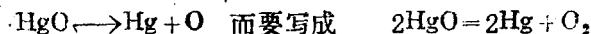
一些元素的符号和原子量表 表 1

元素名称	元素符号	原子量	元素名称	元素符号	原子量
氢	H	1	鈣	Ca	40
氦	He	4	硅	Si	28
硼	B	11	铁	Fe	56
碳	C	12	磷	P	31
氮	N	14	铜	Cu	64
氧	O	16	硫	S	32
氟	F	19	鋅	Zn	65
鈉	Na	23	銀	Ag	108
鎂	Mg	24	錫	Sn	119
鋁	Al	27			

32, 它們在起化学反应时生成硫化鉄, 用方程式表示是: $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$ 。

鉄 硫 硫化鉄

这就表示由56分重的鉄与32分重的硫相化合, 而生成56+32=88分重的硫化鉄, 写成化学方程式时要使等号左右两方各元素的原子数相等。例如氧化汞分解成氧和汞的方程式, 不能写成,



氧化汞 汞 氧 氧化汞 汞 氧

总起来說, 要写出正确的化学方程式, 必須先知道反应前所取的物質与反应后所生成的物質, 以及它們的分子式。

4. 氰氨化鈣的性質

①化学純淨氰氨化鈣的性質: 氰氨化鈣的化学式是 CaCN_2 , 分子量等于80。在化学純淨的氰氨化鈣中組成百分比是: 鈣—50%, 氮—35%和碳—15%。化学純淨的氰氨化鈣仅仅在實驗室中在特殊的条件下少量制取。化学純淨的氰氨化鈣是无色的結晶体, 比重2.3, 在水中不易溶解, 当溫度在25°时, 在每立升的水中溶解25克。

②工业氰氨化鈣的性質: 工业氰氨化鈣是灰黑色的粉末状的产品, 它的顏色是因为含游离碳杂质而造成的, 在工业氰氨化鈣中氮含量在16~23%之間。含氮量愈高則产品中杂质就愈低。

氮含量为18%的工业氰氨化鈣大致有以下的組成:

氰氨化鈣—— CaCN_2	——51.4%
石 灰—— CaO	——23.5%
碳 —— C	——13.7%
电 石—— CaC_2	——2.2%
金屬氧化物—— $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	——2.0%
硅 酸 鹽—— SiO_2	——3.3%
氟化鈣(螢石)—— CaF_2	——1.2%
其他雜質 ——	2.7%
	100%

除了上述杂质外, 工业氰氨化鈣中可能含有: 硫化鈣—— CaS ; 磷化鈣—— Ca_3P_2 ; 尿素—— $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$; 双氰胺—— $(\text{H}_2\text{CN})_2$; 和其他杂质。工业氰氨化鈣中的杂质完全是由原料中杂质而来的, 因此, 保証原料的質量对生产氰氨化鈣有重要意义。

5. 氰氨化鈣的用途

氰氨化鈣有巨大的国民經济意义, 無論在工业上或农业上都广泛的被应用, 应用氰氨化鈣生产有机化合物二氰胺、三聚氰胺和有机玻璃等。在农业上, 氰氨化鈣加工成熔融氰化物被大量的应用消除农业病虫害, 氰氨化鈣本身是一种碱性含氮的肥料。氰氨化鈣的用途如图2所示。

氰氨化鈣作为含氮肥料对技术作物(棉花、亚麻和糖萝卜)、谷物是很有效力的, 不低于硝酸铵和硫酸铵, 例如, 各种氮肥对棉花的增产如下(用一公斤的氮):

尿 素——增产5.9公斤	硫 铵——增产5.0公斤
氰氨化鈣——增产4.9公斤	硝 铵——增产4.2公斤

在氰氨化鈣分子中含有鈣元素以及含的石灰使这种肥料具有碱性, 能够中和土壤中的酸性保护植物生长, 用氰氨化鈣粉还能够使棉花提前落叶, 可以实现机械化收集棉花。

6. 工業計量方法和單位

我們在日常生活中, 在生产过程中, 要准确地知道物体的大小, 輕重, 长短, 就要作各种不同的量度。如果我們很草率, 不精确量度, 在生产中一定会白白浪費許多材料和精力。量度的单位, 以往不但在各国之間不一致, 就是在一国之内, 这个地方和那个地方也往往不一样, 因此非

常不方便。科学界规定了一种国际通用的标准制度，这种标准制度的各类量度单位是十进位、百进位或千进位的，应用起来很方便。

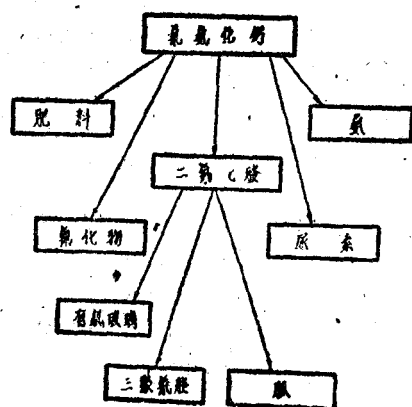


图2 氢氧化钙的用途

①长度、面积、体积的单位：下面我们介绍一下标准制中长度、面积和体积的单位。

国际长度单位表：

1千米(公里)	=1000米(公尺)
1米	=10分米
1分米	=10厘米
1厘米	=10毫米

我们日常生活中用市尺、市寸等做长度的单位，一市尺等于1米的 $\frac{1}{10}$ 。面积的单位是用长度单位的平方米表示的：

1米 ² (平方米)	=100分米 ²
1分米 ²	=100厘米 ²
1厘米 ²	=100毫米 ²

体积的单位是用长度单位的立方米表示的：

1米 ³ (立方米)	=1000分米 ³ (升)
1分米 ³	=1000厘米 ³
1厘米 ³	=1000毫米 ³
1市升	恰好等于1升

②重量和重量的单位，比重：一切物体，如果没有其他的物体支持它，就会向地面落去；将物体放在手中，可以明显的感觉到物体向下的压力；如果用线栓住物体，它就会把线拉紧，线的方向是垂直向下的。从上面的例子，我们知道，物体有垂直向下的趋势，这是由于地球对物体的吸引而产生的，这种物体垂直向下的力，叫作物体的重量。

地球上所有的物体，不论如何微小都有重量。

在摄氏4度时，1升纯水的重量正好是1千克(公斤)。1千克等于2市斤

国际重量单位表

1克	=1000毫克
1千克(公斤)	=1000克
1吨	=1000千克

比重：两支形状和大小都一样的盒子，一个是木头作的，一个是铁作的，它们的重量是不一样的。这就是说，体积相同的不同物质，它们的重量可以是不相同的。如果我们从一些物质中，例如铁、水、水银，各取1厘米³大小的一部分，来称它们的重量，就可以知道，1厘米³的铁重7.8克，1厘米³的水重1克，而1厘米³的水银却重13.6克。单位体积的物质的重量，叫作物质的比重。

因此，也可以说，铁的比重是每厘米³7.8克或者写作7.8克/厘米³，水的比重是每厘米³1克，或者写作1克/厘米³。“克/厘米³”是比重的单位。如果有一块铜，测得它的重量是178克，它的体积是20厘米³，要求铜的比重就可以计算如下：铜的比重=178克/20厘米³=8.9克/厘米³。知道物体的比重和体积，我们也同样可以计算出它的重量来。例如铁的比重是7.8克/厘米³，现在要求一块32厘米³的铁的重量，算法如下：7.8克/厘米³×32厘米³=249.6克，所以这块铁的重量是249.6克。

③温度、温度计与热量：我们人类对于冷热的概念，最初是凭人的身体感觉而来。仅是靠了

我們手脚的感觉，来識別冷热的程度，所得到的結果是十分不可靠的，因为各人对于冷热的感觉不能完全相同。假使我們要使得冷热的程度有可靠的結果，就必须定出一个客觀的标准。我們把物体冷热的程度叫作温度。

溫度計：为了精确地判定物体冷热的程度即它的温度，应当使用溫度計。溫度計的下面有一个小的貯藏器，上面連一个細长的玻璃管，管的上端封固（图3），管的下部和貯藏器內裝有水銀，当溫度升高时水銀膨胀，玻璃管里的水銀柱便伸长，当溫度降低时水銀收縮，水銀柱則縮短。溫度計的管裝置在带刻度的小木板上，或把刻度直接刻在管上。这种刻划有一个共同的标准。

把溫度計放入有冰的水中，它的水銀柱所达到的高度，用数目字“0”来表示，即零度；再把它放入沸水的蒸汽中，它的水銀柱达到的高度，用数目字“100”来表示，即100度。把0和100中間的距离分成一百个等分，每个等分叫作一度，并且这些等分的刻度可繼續到100°以上和0°以下。0°和100°是水在结冰时和沸腾时的溫度，称为溫度計的固定点。上面說过，这等分的刻度可以繼續到100°以上和0°以下，但是在比0°低的溫度时，應該注上符号“-”，如-15°，讀作“負15°”或是“零下15°”。

用以上的方法来刻划的溫度計叫作摄氏溫度計。摄氏便是这种刻度方法的发明人。

为表明是使用摄氏溫度計来測量得到的溫度，应在度数后面注上字母C字，如20°C。人們为了滿足工业发展的需要，研究出許多測量高溫的溫度計，其中有一种輻射高溫計应用在測量700°C到1800°C的高溫。

热量：如果把紅的熨斗拿进屋里，它的溫度虽然很高，但是屋子却不会因它而溫暖，暖气設備的溫度虽比紅热的熨斗溫度低却可使房間溫暖起来，所以，不能够仅仅根据物体溫度的高低来判断物体含热多少。用两个同样的酒精灯，烧两个盛着水的容器，一个容器盛的是1升水，另一个容器里是2升水，我們就可以看出，在第二个容器里面水的溫度上升比較慢，不同数量的水，虽然是給予相等数量的热，而它們升高的溫度却不相同，这些現象很明显地告訴我們，在研究热的現象时，只知道物体的溫度往往是不够的，因此我們还要一个新的量——热量。为了量度物体所含有的热量，便需要确定热量的单位，我們規定：

1克水的溫度升高1°C，它所吸收的热量，作为热量的單位叫作1卡。实验指出，1克水的溫度降低1°C，它所放出的热量，也是一卡。在工业中需要較大的热量单位，通常都使用仟卡。仟卡就是将1千克的水的溫度升高1°C所需要的热量，显然1仟卡等于1000卡。仟卡又叫作大卡。

④流量与流量計，压力与压力計：

流量：在工业上輸送液体、蒸汽和气体时都应用管子，在单位時間內流过管子的液体、蒸汽或气体的数量称为流量。管子的直徑越大或在管内流动速度越快，則液体、蒸汽或气体的流量就越大。凡測量液体、蒸汽或气体消耗量都用流量計。例如，从車間流量計上看出由管道进入車間的蒸汽每小时为747.5米³，即是表示氮气的流量，也表示車間在一小時內氮气的消耗量。

压力：包围我們地球的空气构成一层外壳，叫作大气，这种空气外壳所造成的压力，称为大气压力。大气压力可按下述方式測定：用一长度不少于80厘米和剖面为1厘米²的玻璃管，密封其一端，注入水銀，用手指按住它的开口一端，将管子倒立于水槽內（图4），然后放开手指，这时我們就可以观察到，管内的水銀漸次降下，直到較槽內水銀高約76厘米而止，水銀柱上面則成真空。重复这一試驗以后，我們就会相信，玻璃管中的水銀柱高度，总是距离槽內水銀面約

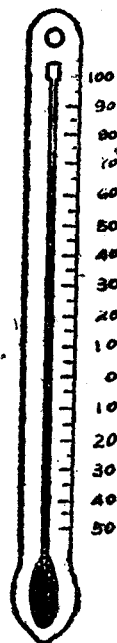


图3 溫度計

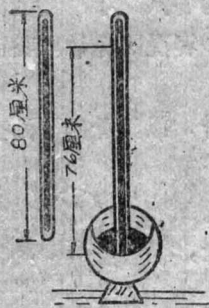


图4 测定大气压力的装置

在不同的空气层中，压力也是各不相同的。离地表面愈远，压力也愈小。此外，由观察证明，在同一地面上，由于气候情况不同，压力也有变化。因此，把等于1.033公斤/厘米²的压力，称为标准大气压。测量大气压力的工具，叫作气压表。要测量较大气压为高的压力，可利用特种的工具——压力计。如果要测量的压力不大，例如气体管线中的气体压力，则可利用“U”型液体压力计。这种压力计是一根形状象“U”字的弯曲的玻璃管，两头都开口，管中注入有色液体（水银或水），管子弯曲端借橡皮管与需要测定压力的设备或气体管线连接，在压力的作用下，开口弯管中液面开始上升，由液面上升的高度可读出设备或管中压力的大小（如图5）。

在工业上要测定较大的压力，需要用金属的压力计——压力表（如图6）。管子弹簧1就是一根弯成圆弧形的中空钢质或铜质管子，管子弹簧的自由端是封闭而且是焊牢的，和扇形齿轮4籍用杆3相连，扇形齿轮又以齿轮啮合的方式和小齿轮8相连接，在小齿轮的轴上装有螺旋形的游丝5和指针2。管子弹簧的另一端是焊在和仪表外壳连牢的支持器6里面的，支持器的下面装着带有螺线的短管子，用来把压力表与需要测量压力的空间连接。

当管内的压力与周围的压力相等，管子不会活动而压力表的指针则停。

在零位上，当管内压力增大时，管子就会尽量伸直，这样它的自由端就

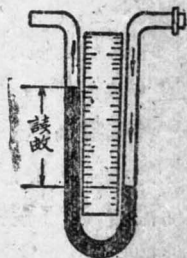


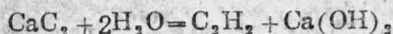
图5 U型管压力计

驱动相连的系统，使指针离开零位。压力愈高，压力表指针的偏倾度也愈大，从刻度上可以读出数值来。

⑤ 细度、发气量：

细度：生产氰氨化钙的原料的破碎与磨粉；其目的是为了使原料在氰氨化钙炉中能完全氮化，并加快反应速度；成品氰氨化钙的磨料，是为了便于继续加工和在农业上作肥料应用。所谓某一种物料的细度，就是指那种物料能通过多大的筛孔，也就是指磨细的程度。例如，磨细的电石粉在通过900个筛孔/厘米²的筛上，剩余物不超过0.5%，就是表示电石的细度。又如，在4900个筛孔/厘米²筛上剩余物不超过5%等亦是表示细度。

发气量：前面我们已经谈过，电石与水起化学反应放出乙炔气，如方程式：



电石的质量愈好与水作用放出的乙炔气就越多。工业上规定，1公斤电石在温度20°C及压力为760毫米水银柱下与水作用所放出的乙炔气的体积公升数叫电石的发气量。生产氰氨化钙要求质量好的高发气量的电石。测量电石的发气量在车间化验室中进行。

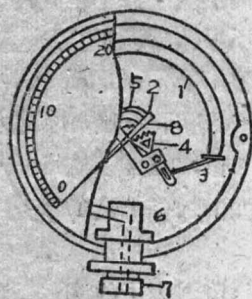


图6 管式压力表

电石的粒度(毫米)	工業电石的發气量(公升)	
	第一級品	第二級品
2—8	250	230
8—15	260	240
15—25	270	250
25—50	280	260
50—80	280	260

7. 电学的基本知識

①摩擦带电：用皮毛擦过的硬橡皮，用絹擦过的玻璃棒，都能吸起碎紙片（如图7），甚至用手摩擦干燥的紙張，也显现出这种現象，这些获得了吸收輕物体的能力的物体，我們就說它带了电，或者說它获得了电荷。电的現象在自然界广泛的存在着。

电荷又可分为正电荷（阳电）与負电荷（阴电）两种。这两种电荷間的关系是同性相斥，異性相吸（如图8）。

在正电荷与負电荷吸引在一起时就发生电的传动。这种正負电相互結合的現象，我們叫作电的中和。

②电流：取两只金属圓球（如图9），其中一只（A）带正电荷，另一只（B）带負电荷。

如果用一根金属導綫把它們連接起来，电子将从圓球（B）向圓球（A）移动。这种沿着导体移动的电子群，叫作电流。

在導綫中，每秒鐘通过導綫横截面的电量越大，电流也越大。量度电流强度的单位叫安倍。工业上就用安倍数来計量电流的大小，例如，通过爐子电极的电流是150安倍。因为电流的大小是用安倍数表示的，所以測量电流的仪器叫安倍計或电流計。

③导体和絕緣体：能传递电荷的物体叫导体，如銅、鉄等金属物体。

不能传递电荷的物体叫絕緣体，如橡皮、木头、紙、布等。應該說明，完全不能传电的絕緣体是没有的，很多精密实验都发现，所有的絕緣体都会传电，不过因导电性很差，在实用上可以略而不計就是了。

最好的导体是銀和銅，其次是鋁、碳以及湿土、人体…等，因为銀的价錢太貴，所以一般都用銅作導綫。絕緣体最好的是石英、玻璃、云母、硬橡胶、胶皮、瓷、硫磺、油等，电杆上使用瓷瓶，電綫包着胶皮，都是为了絕緣。

④电位和电压：水是可以流动的东西，但是要水流，一定要先提高水位，电的情形亦是一样的，一定要有电位，方能使电流动。这亦說明，只要二个电位間有了差别，电流就可以从高电位的一点流到較底电位的一点。这种单位差别可以用伏特单位来表示。电位的差别越大，电流的量越大，反之則越小。

我們已經知道了什么叫电位，上节亦曾提出过，要使电流能够暢流，一定要把电位不同的二点用導綫联接起来，这时，由于电位的差别，电流才能存在。电压就代表这种电位差的实际形式。所以电位不是电，而是使电（就是电子）流动的推动力。另外一个产生电流的必要条件，是电路須构成通路，否則不論电压是多少，仍沒有作用的。譬如，一只干电池用电压表量一下就显示有电压存在，但是电池的二端并没有接成通路，电流亦沒有流动。水管中每秒钟流动的水量多少，主要决定于水压力（指每厘米²多少公斤的压力）的大小，在相似的电路中是电压驅使电流的

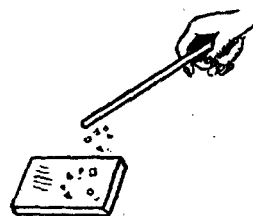


图 7

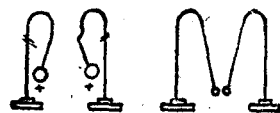


图 8

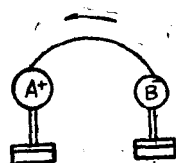


图 9

流动。这里的电压单位伏特与每厘米²多少公斤的意义是一样的。

如果水压力高，小的水管流出的水量，仍可在同一时期与较大水管流出同量的水；同样的，较细的导线，如要和较粗的导线在同一时期通过同量的电流，所受的电压必须较高。一般说起来，当一条电路的电压增加时，电流就会有适当的增加（图10），就是说明怎样可以增加电压，以产生加倍的电流。

(甲)100伏电压 (乙)200伏电压



图10 电压增加的作用

伏特是电压的实用单位，这是在一电路的电阻是1欧姆时维持1安倍电流所需的电压。

伏特常常简写成伏。这个实用单位还可以化成千分之一而成毫伏，或增加1000倍而成千伏。普通电灯用电是220伏，电车的直流电压约600伏，但是干电池的电压却只有1.5伏。

其他各种不同的用途则可采用各种不同的电压值，这里不详细了。

⑤什么是电位降：简单说起来，电位降单纯的代表电位间的差别或降落。先看 图11，这里水槽的水位L最后降落到水池的水位G，在平放的水管中，水位是在逐步地下降，愈近水池，水位愈底。这种关系可以用水压表来实际测量，或用水柱高度来代表。显然的L和G二点间的水位差是使水流动的推动力，缺了这个水位差，水流就会停滞不再流。这里虽然只介绍了水在水管中受到不同水位差的作用，其中的基本关系却很重要的，并且还可以用来帮助说明这个电位降的问题。再看图12，这里发电机M推动电流在导体AG上流通。在导体AG上的G点是参考电位点，

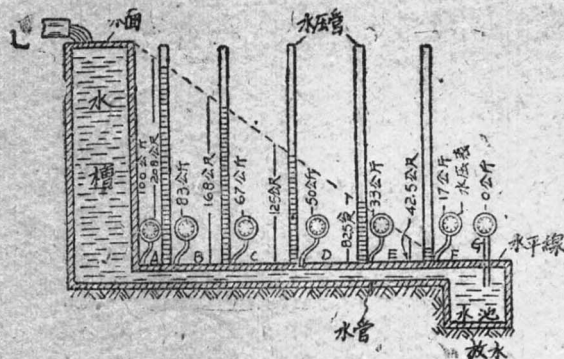


图11 水位降的测量

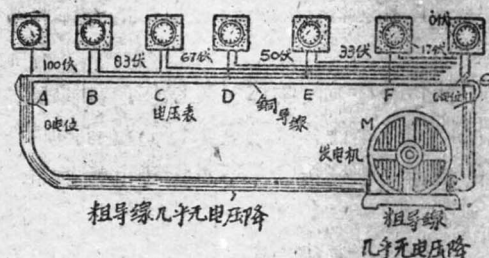


图12 电位降的测量

亦就是0电位，A点的电位则是最高，自A到G的电位则逐渐下降；图中共有七个电位表，分别测量AG导体上各点的电位降，所以电表的一端总联接到参考点G。根据电压表的读数知道，AG间的电位降 $100-0=100$ 伏，而CG间的电位降是 $67-0=67$ 伏……这些已在图上标明了。图中各电压表的一端都接到G点（参考点），这就说明电表的读数亦都以参考点为测量的基础，电位降亦对G点而说的。那么导体上其他各点间，例如B及D二点间的电位差是多少呢？我们已知BG间的电表读出83伏，而DG间的电表指示50伏。计算一下就可以得出BD间的电位差是二点间电表读数的差数，亦就是 $83-50=33$ 伏。

这个电位差亦可以用直接的测量法测出来，这时电位表的二端就须分别接到B点及D点，不再以G点为基础，其他二点间的电位差亦可以用相似的方法测量。这就是实际采用的方法。

电位降这个名称亦可以叫作电位差或电压降。两点间线路愈长，电线愈细，则电压降就愈大。在氰氨化钙炉的排列中通往边上炉子的导线较长，电压降就增加，因此，应合理的分布导线和排列炉子，以尽量避免电压降。氰氨化钙车间是用100伏的电压供给氰氨化钙炉。

⑥电阻：电路加上了电压，就可以推动电流的流动，但是当—个电路中有了电阻时，就可以对电流发生阻止的作用。这种电阻是那里来的呢？这是通导体固有的特性，所以电阻的大小是随导体的物质而不同的。电路里的电阻愈高，电流将是愈小，反过来，当电路里电阻愈小时，电流将是愈大。根据实验证明，这两者之间的关系是反比例。各种物质都有电阻，只是量有大小区别，并没有纯粹无电阻的东西。在一般的电路中，是不希望有电阻存在的，应该把电阻减至最低的程度。但是在有些场合，电阻的存在是有一定的作用的，并且对电阻的数值，亦有一定的要求，这时就需要在电路的指定地点加入一个电阻较高的电阻器。电阻的实用单位是欧姆，简写作欧。上节关于伏特的定义中，已说明了1欧姆的意义。图13更表明了这种关系：图中蓄电池与1欧姆的导体组成了一个完全的电路，蓄电池供应了适当的电压，必然的推动了电流，这里用电流表测量电路中的电流，所以电流表一定要串联在电路中，电压表测量二点间的电位差额，所以它不能象电流表串联在电路中，而须将二端跨接在产生电位差的二点间，象图中所示。这种接电表的方式很重要，绝对不可弄错，否则电表就要损坏的。电阻的数值大小差别很大，可以自不足1欧至百万欧以上。

⑦决定电阻大小的因素，比电阻：电阻是导体的基本特性，这点已经说过，现在为了对电阻的意义更明瞭起见，不妨深入地研究一下，决定导体电阻的大小主要的有三项，就是：①长度，②物质和③截面积。

对于任何一种导体，如果截面积不变，譬如导线的粗细不变，那么长度愈长，电阻必然的照正比例亦是愈高，长度加三倍，电阻增三倍；长度减半，电阻也打对折。如果长度不变，仅有截面积变化，情形是怎样的？我们知道，导体截面积的大小，直接与电子流动的难易有关，截面积增加，表示电子活动的范围加大，阻力就随着减小，这是一种反比例的关系，就是电阻与截面积成反比例。选择导体物质是控制电阻的主要因素，有的物质对于电的传导很容易（电阻小），但是有的物质却是极坏的导体（电阻大），差别在4倍以上。所以选择不同的物质，可以产生完全不同的电阻量。

在应用时我们常用比电阻来代表一定尺寸的物质电阻特性，如果这三种因素合并起来，就可以明确地表明实际电阻的大小。

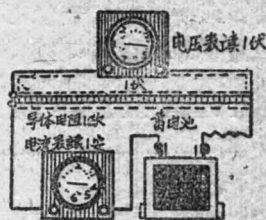


图13 1伏电压使1安培电流通过1欧姆电阻的简单电路

$$\text{电阻} = \frac{\text{比电阻} \times \text{长度}}{\text{截面积}}$$

用数学符号代表是 $R = \frac{\rho \times L}{A}$

式中：R是导体的电阻（欧）；L是导体的长度（公尺）；A是导体的截面积（毫米²）；ρ是导体的比电阻（欧毫米²/公尺）。一部分导体的电阻系数如表3。氰氨化钙炉用加热电极的比电阻是：

63—65 $\frac{\text{欧} \cdot \text{毫米}^2}{\text{公尺}}$

有了这个公式我们就可以很便利地从导体的形状计算出实际的电阻。

[例]有黄铜线长1500公尺，面积是1毫米²，求它的电阻有多少？

已知 L=1500公尺，A=毫米²查表ρ=0.070，求R=?

$$R = \frac{1500 \times 0.070}{1} = \frac{105}{1} = 105 \text{ 欧}$$

一部分物質比电阻表 表3

物質种类	比电阻	物質种类	比电阻
銅 綫	0.176	鑄 鉄	0.726
鋁	0.029	黄 銅	0.070
鎢	0.0566	石 墨	7.17
鋼	0.159	炭	35.70

导体的温度直接影响到它的电阻，导体周围的自然温度对导体的电阻有着不可避免的影响，此外，就是导体通电后也使导体温度受到影响。电流通过导体，为了要克服导体的电阻，要消耗一部分电流，实际消耗的这一部分电流变成热量的形式，使导体温度上升。

在普通的情况下，导体内所产生的热量是极微的，随时发散而不察觉，这是正常的情形，但是热的产生是无可

否認的。

当导体中的电流极大时，热量的产生可能比热量的发散快，结果使温度急速上升，最后可达危险的程度，甚至融化。通风是帮助散热的一种实际方法，对于一般电动机等，这是一个很重要的問題。

⑧简单电路：一个电路是用导线联接而成的通路，可使电子流通，将电能从一点轉移到另一点。最简单的电路可以象图14。

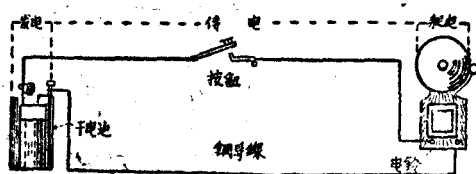


图14 实用电路

在这个电路中，差不多包含着任何一个电路所需的主要部分，这些部分是：

- (1) 发出电压的部分——电池；
- (2) 传递电流的导体——接线；
- (3) 控制电流的设备——开关；
- (4) 运用和消耗电能或轉变电能的部分——电

鈴。

这个电鈴电路是很简单的，各部分是串联在一起的，所以这是一个串联电路。如果电路中的各部分成并行联接方式，那就成为并联电路了。这两种电路是电路組織的二大类，差不多任何电路都可以归納在內的。

电路与水路是相似的，如果要使水在水管中流动需要有水泵，这种情况对于相似的电路亦是完全正确的。电流能够在导线内流行，完全是因为电路內有了电池或者发电机（图15），能够克服了电路中的电阻。

图15中負荷是一盞电灯，电灯的发光就証明这个电路已接成通路，电流已經在这个简单的电路中流通。在这里电能变成了光能，而电压的供应就是利用发电机。照上述的四个基本部分归納起来，只缺少了一个开关，因之电位一經产生，灯就不能关去了。这只是应用上的便利問題，对于我們理論的說明无关。

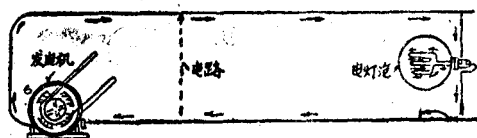


图15 与水流相似的电路

⑨欧姆定律：对于一个电路，究竟需要多少电压，經過多少电阻，才能产生多少电流呢？这里包含着一个极端重要的关系。目前，我們已經得出一条定律来規定它們之間的关系，这就是欧姆定律。这是一条简单的基本重要定律，对于一

切电路的分析都正确。欧姆定律用文字來說明就是：在导体內的电流强度等于加在导体上的电压被导体的电阻去除。写成数学公式，就是：

$$\text{电流 (安倍)} = \frac{\text{电压 (伏特)}}{\text{电阻 (欧姆)}}$$

用数学符号代表就是： $I = \frac{E}{R}$ 安，又可改写成 $E = IR$ 伏；

$$R = \frac{E}{I} \text{ 欧。}$$

各式中 E 是电压 (伏特)； I 是电流 (安倍)； R 是电阻 (欧姆)。

这种关系应该记熟。有了欧姆定律，可以从已知的电压、电流及电阻三项中任何二项，求未知的数值，很是方便。应用此公式计算时必须注意，单位必须正确；电压、电流及电阻必须是同一个电路的，或同一部分电路的，不能弄错。欧姆定律也告诉我们，电路中的电流与电压成正比例，但与电阻成反比例。举两个计算题如下：

〔例一〕 有一个电路，它的电阻是20欧，接到110伏电压的电源，问电流是多少？

解 已知： $R = 20$ 欧，
 $E = 110$ 伏，
求 $I = ?$

应用公式：
$$I = \frac{E}{R} = \frac{110}{20} = 5.5 \text{ 安}$$

例二，有一电路中流过的电流是2.5安，电压是125伏，问电路里的电阻有多少？

解 已知： $I = 2.5$ 安，
 $E = 125$ 伏，
求 $R = ?$

应用公式：
$$R = \frac{E}{I} = \frac{125}{2.5} = 50 \text{ 欧}$$

⑩串联电路：串联电路是电路组织中二种主要形式的一种，这是二个以上的负荷首尾相接地接到一个共同的电源。在这样的串联电路中，每一个负荷中流过同样数值的电流。图16中各个电灯泡都是一个接一个地串起来的，电流从发电机出来，经过了各个电灯泡后又回到发电机，这样就组成了一个完全地串联电路。

串联电路有以下的特性。

(1) 串联电路中总电流等于任何一部分的电流，即：

$$I_T = i_A = i_B = i_C \dots\dots$$

式中： I_T 为发电机的电流， i_A 为经过A灯泡的电流， i_B 为经过B灯泡的电源……。

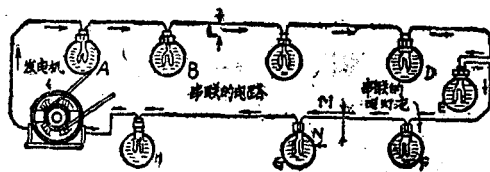


图16 串联电路

(2) 对于每个负荷，各用电压表跨接在二端，可测量出有电压降。如果用 E_G 代表这个发电机的电压 (就是这个串联电路的总电压)，则各个部分电压的总和一定要等于总电压 E_G ，用公式表示就是：

$$E_G = E_A + E_B + E_C$$

式中： E_A ， E_B ， E_C ……是各个负荷的电压降。

(3) 在串联电路中，总共只有一条通路，同值的电流必定受到所有电阻的作用。所以说到串联电路的电阻，我们就要考虑到所有电阻的总值，亦就是各电阻的和数。用公式来代表就是：

$$R_T = R_A + R_B + R_C + \dots$$

式中： R_T 是总电阻； R_A ， R_B ， R_C ……是各个负荷的电阻。

串联电路应用起来很是方便，但是缺点也存在，以致在实际应用中受到限制。下面介绍串联电路的两个主要缺点：

(1) 如果在串联电路的任何地点断开，整个电路就不通了，在实际电路应用中难免有断路的情形发生。

(2) 在我们的电灯电路中，每一盏电灯需要 220 伏的电压，如果我们将二盏电灯串联起来，那么电路里的总电压应该是 440 伏，20 盏时 4400 伏，200 盏时 44000 伏，这里反映出的问题，说明串联电路不能应用在电灯电路上，否则我们要用极高的电压，这是很危险的。总之串联电路在实用上还有很多缺点。

⑩并联电路：串联电路既有很多的缺点，不能适合一部分实际应用上的条件，就需要有另外一种联接形式的电路来代替。这种电路就是我们所要介绍的并联电路。并联电路中，各个负荷是并排地接到电源，由于并行的通路不止一个，电源的电流必然的分配到各个负荷中去，所以负荷的并联通路数目多少，电流就有多少路，我们亦就可称并联电路为分流电路。并联电路在应用上是很重要的。图17是一个并联电路，三个电灯泡组成了三个并联分路。发电机产生 220 伏电路，推动

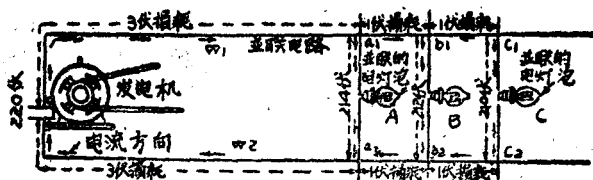


图17 并联电路

了电路中的电流。当电线 W_1 和 W_2 是相当粗时，各电灯泡上所受到的电压将同样等于 220 伏，由于 A、B、C 三只灯泡是一样的，各泡的电流无疑相等的。不过当电线 W_1 和 W_2 不够粗时，问题就复杂得多，在 a_1a_2 端之间的已只有 214 伏，这是因为每条导线上的电压降各有 3 伏， b_1b_2 端的电压又降低，而只有 212 伏，在 C_1C_2 端剩余 210 伏。

各灯泡所受到的电压既不同，通过的电流显然有一定的差别。这种情形很可以从电灯泡的亮度判断出来。在实际情形中，这个现象说明接线用得太过细了。

并联电路克服了串联电路的缺点，不致因一部分电路断开，而使整个电路受到影响。所以并联电路特别适宜作灯线电路，不但任何一条灯路发生故障（例如灯泡断丝），可以不影响其他各盏电灯，并可对每一盏电灯随意开关。工厂里的用电亦都是用这种并联电路的方式敷线的。

并联电路亦有缺点的，主要的一点是每加一并联电路，亦就是每加一负荷，电源部分一定要供应更多的电流。所以在实际应用中，并联电路太多时，如一对线上接的电灯太多时，总灯线就可能太细，不能通过太高的电流。串联电路就没有这种缺点。但是总的比较起来，并联电路还是优越的，特别在工厂用电及一般照明用电都属于并联电路。氰氨化钙厂的供电电路，就是利用并联电路供电的（如图18）。

⑪复式电路：实际电工上用到的简单电路，是以上述串联电路和并联电路为基本的形式。但还有其他的组合电路，这类简单的组合电路是从基本的串联电路和并联电路演变而成的，一般的说来，它们是串联及并联二种电路同时存在的一种电路，实际的组合情形是没有一定的。如图19为复式电路的一个例子。

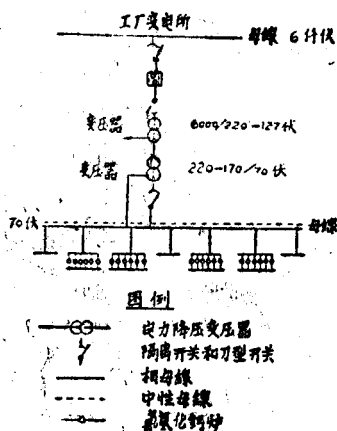


图18 氯化钙厂的供电系统图

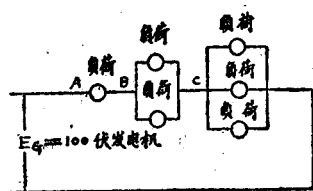


图19 复式串并联电路

氯化钙车间的动力电动机用380伏电压供电，照明设备用220伏电压供电，修理照明用36伏以下的安全电压供电。

⑬功、功率及电功率：上面我们对电工方法的基本部分已经做了概括的介绍，下面我们再来介绍几个常用的名词和概念。

(1) 功 在有力应用的地方，我们说有功，意思就是这个力已经做了工作。这种工作的具体形式就是距离的变动。功的效果是多种多样的，有的有建设性，象在钢板上钻了一个孔；有的有破坏性，象用力撕破了衣服。所以总的说来，功是一定量的力与同方向一定距离的乘积，用数学方式来表示就是：

$$\text{功} = \text{力量} \times \text{距离}$$

如果我们的力量单位是公斤，距离的单位是公尺，那么上式所列的功应该是公尺·公斤。这里我们可以看到，时间对于功是没有关系的，这一点很重要，我们必须有明确的认识。要证明这一关键问题，我们可以利用实际例子来说明。譬如：一个人体壮体强，在一分钟里能够将100公斤的沙袋一次拉动10公尺。另一个人身体很虚弱，气力又小，每一

分钟虽然亦是拉动10公尺，但是每次只有10公斤沙，总共拉10次。这两个人所做的功有无不同呢？可以计算如下：

第一个人做的功 = $100 \text{ 公斤} \times 10 \text{ 公尺} = 1000 \text{ 公尺} \cdot \text{公斤}$ 。

第二个人做的功 = $10 \text{ 公斤} \times 10 \text{ 公尺} \times 10 \text{ 次} = 1000 \text{ 公尺} \cdot \text{公斤}$ 。

二人所做的功完全一样，并且和时间不发生关系。我们对于功的认识就应该如此。

(2) 功率 功率和功在本质上是完全不同的，不同的地方是功率与时间有密切的关系。照定义，功率是在单位时间内做工作的速率。看一看上面二个实例，第一个人比较第二个人的功率大得多，因为第一个人做功的速度是每分钟1000公尺·公斤，而第二个人做功的速度只有每分钟100公尺·公斤。这种关系用公式来代表时，就成：

$$\text{功率} = \frac{\text{做的功}}{\text{时间}} = \frac{\text{力量} \times \text{距离}}{\text{时间}}$$

这一公式中的时间单位是分钟，则功率单位应该是公尺·公斤 / 分钟。不过功率的实用单位，特别应用在电工方面是马力。据说一匹普通的马所能做的功率是4500公尺·公斤 / 分钟，所以功率用马力做单位时，应该是：

$$\text{功率} = \frac{\text{功率 (公尺} \cdot \text{公斤 / 分钟)}}{4500} \text{ 匹马力}$$

这样就使功率化成通称的马力了，也就是说，已经知道了公制的功率后，用4500去除，就可以化成多少匹马力。

譬如功率是90000公尺·公斤 / 分钟，化到实用单位就是20匹马力。

$$\text{功率} = \frac{90000 \text{公尺} \cdot \text{公斤} / \text{分鐘}}{4500} = 20 \text{匹馬力}$$

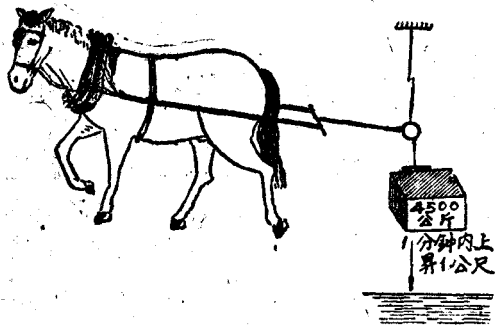


图20 馬力的意义

正說明，1 安的穩定電流在 1 伏的電壓下流動時所做的功，所以公式的形式上我們已經看不出力量 and 距離的關係了，不過它們之間亦還有一定的互換比例的，就是：

$$1 \text{ 匹馬力} = 736 \text{ 瓦特}$$

這種關係在實際工作中經常要遇到的，所以很重要，目前在工業上的電動機等所用的電，都是交流電，唯電車、電話等是用直流電。電功率的單位瓦特大小，只能適合一部分的應用，對於較大規模的供電和發電系統中，另用仟瓦一名詞代表 1,000 瓦特。

〔例〕一台電動機上標明電功率是 1840 瓦特，問等於幾仟瓦？幾匹馬力？

$$\frac{1840}{1000} = 1.84 \text{ 仟瓦}$$

$$\frac{1840}{736} = 2.5 \text{ 匹馬力。}$$

14 電能是什麼：電功率的基本定義已經在上一節中介紹過，這裡還要解釋另外一個新的常用的名詞——電能。簡單的說起來，能是做功的量，也就是說明能夠做多少功的問題。所以任何能夠做功的物體，都可以說它們具備了能或能量，能的單位亦是公尺·公斤，所以與功的單位是一樣的。這裡我們用實際情況來證明，能與功的區別。我們先用 10 公斤的力，把一塊 10 公斤的石頭提到 1 公尺半的高度，照上述功的定義說起來，我們舉起已經做了功，等於 10 公斤（力量）× 1.5 公尺（高度）= 15 公尺·公斤。這塊石頭高高地升在空中，我們說這塊石頭已有了能（嚴格說起來是位能，是因地位的不同（升高）而“獲得”的能）。怎樣說這塊石頭是否已有做功的能呢？很簡單，手一放开，石頭就跌下來，立刻可以把地上的玻璃打得粉碎，這就說明，石頭已在跌下的過程中做了功，其數值是 1.5 公尺（高度）× 10 公斤（重量）= 15 公尺·公斤。石頭在地面上時沒有能，因為靜止的石頭本身是不能夠做功的，在石頭升高後，才獲得做功的能，所以這裡很明顯，功與能是不同。

在電工方面，實用的電能單位是瓦特小時或仟瓦小時。我們工廠用電，或是電燈用電，就是根據電能計算的。譬如，一盞 100 瓦特的電燈，在未通電流時，燈不發光，這時沒有做功，所以也就沒有電能用掉。但是當電流通過燈泡一小時時，電燈發光一小時（電能變成光能），這裡就做了 100 瓦特的功，也就用去了 100 瓦特小時的電能。

用數學公式來代表電能時，我們寫：

$$\text{電能（仟瓦小時或瓦小時）} = \text{電功率（仟瓦或瓦）} \times \text{時間（小時）}$$