

华北电力学院
北京研究生部图书馆藏书

HOME REFRIGERATION

趙仲平編著
萬里書店出版

家庭冷凍裝置

97
44

家庭冷凍裝置

趙仲平編著

香港萬里書店出版

家 庭 冷 冻 装 置

赵仲平 编著

香港万里书店有限公司出版
广州光华出版社重印发行

目次

1. 冷凍的物理性質	1
2. 冷凍壓縮系統	26
3. 冷凍壓縮機	49
4. 吸收式冰箱	68
5. 冰箱的冷凍和除霜系統	96
6. 家用冷箱和凍櫃	122
7. 冷凍系統的檢修	148
8. 冷凍系統的抽空和重灌冷凍劑	174
9. 冰箱的保養和修理	194
10. 食物的放置	201
11. 冰箱的安裝	207
12. 維修工具	222
13. 空氣及其性質	245
14. 冷氣機及其修理	260

1. 冷凍的物理性質

冷凍機是一種熱能的運用裝置。熱是一種能量，既不能創造亦不能消滅，而是由其他形式的能量轉換而來。冷凍機的馬達將電能轉變為機械能，壓縮機施於冷凍劑的機械能使其獲得動能，冷凍劑經形態的變化再變成熱能的形式。各種能量雖可互換，但仍需倚賴物質。物質中固體、液體、氣體的互變，受溫度、壓力及容積變化的影響。溫度和冷凍能力的測量、熱的傳遞方式……，都是冷凍的應用知識。有人說冷凍學是一門實用的廣泛物理學，你以為貼切嗎？

物理單位

冷凍學的物理單位 (Physical units of refrigeration) 基本有以下幾項：

實用尺寸 (Practical dimensions)

普通量度長度有英寸 (Inch)、英尺 (Foot)、碼 (Yard)、哩 (Mile)。各單位間的關係為：

$$12 \text{ 英寸} = 1 \text{ 英尺}$$

$$3 \text{ 英尺} = 1 \text{ 碼}$$

$$5,280 \text{ 英尺} = 1 \text{ 英里}$$

圖 1 表示英寸、英尺、碼的關係。

平方量度 (Square measure)

普通量度面積 (Area) 有平方英寸 (Square inch)、平方英尺 (Square foot 或 feet)、平方碼 (Square yard)。

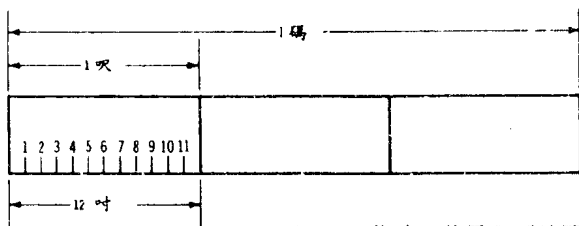


圖 1 英寸、英尺和碼的關係

各單位的關係為：

$$144 \text{ 平方英寸} = 1 \text{ 平方英尺}$$

$$9 \text{ 平方英尺} = 1 \text{ 平方碼}$$

圖 2 表示平方英尺與平方碼的關係。

立方量度 (Cubic measure) 或立體量度 (Measure of solids)

普通量度三度空間 (Three dimensional space) 或體積 (Volume) 的單位有立方英寸 (Cubic inch)、立方英尺 (Cubic foot)、立方碼 (Cubic yard)。各單位的關係為：

$$1,728 \text{ 立方英寸} = 1 \text{ 立方英尺}$$

$$27 \text{ 立方英尺} = 1 \text{ 立方碼}$$

圖 3 表示 1 立方英尺與 1 立方碼的關係。

質量 (Mass)

物質的質量是指在那件物體內物質的量 (物體的重量則指重力對於那物體的拉力，所處位置的不同而略有變化)。物體所佔空間稱為體積或容積 (Volume)。物質的密度 (Density) 就是在一定溫度時單位容積中所含物質的質量。容積、質量與密度的關係如下：

$$1. \text{ 密度} = \frac{\text{質量}}{\text{容積}}$$

$$2. \text{ 質量} = \text{密度} \times \text{容積}$$

$$3. \text{ 容積} = \frac{\text{質量}}{\text{密度}}$$

物質的相對密度 (Relative density) 是其密度與純

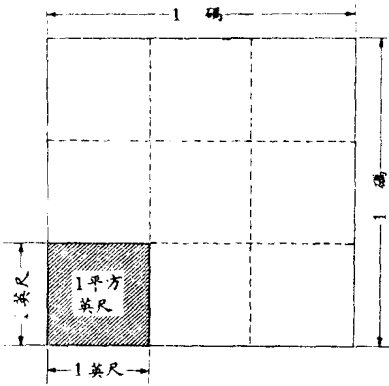


圖 2 平方英尺與平方碼的關係

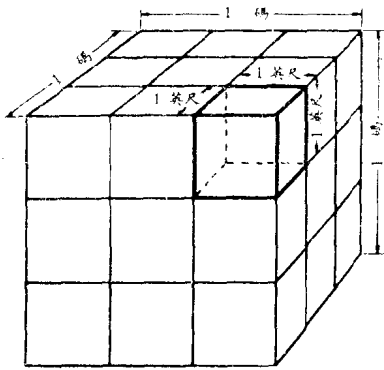


圖 3 立方英尺與立方碼關係

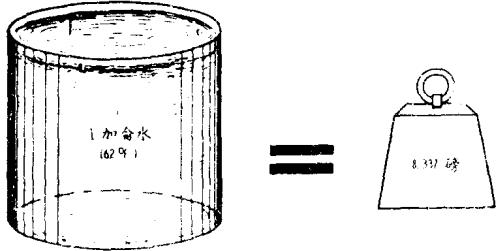
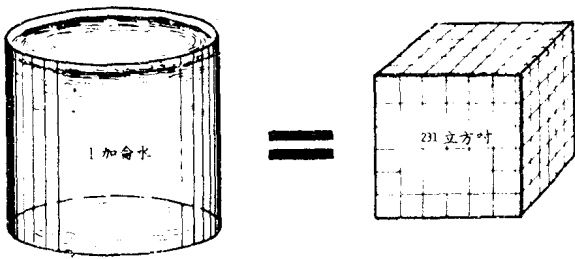


圖 4 一加侖水在62度F時的容積和重量

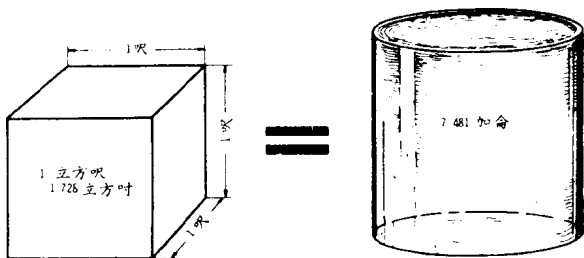


圖 5 一立方英寸水的重量和一立方英尺的容積

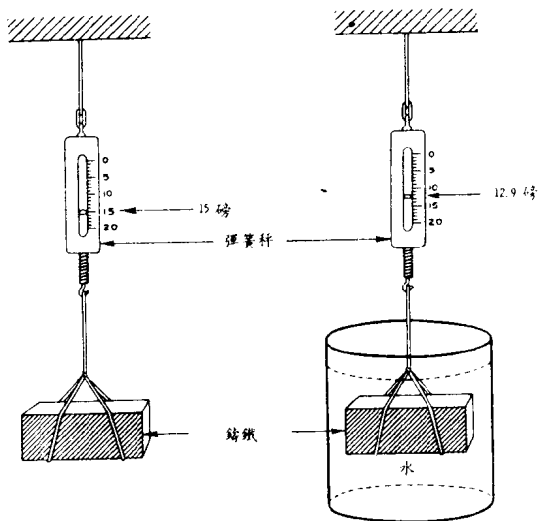


圖 6 一塊鑄鐵的比重計算

水在溫度約40度 F 時的比率。

比重 (Specific gravity)

固體或液體的比重是一定容積的固體重量和相等容積水在39.2度 F 時重量之比。

圖 4 表示 1 加侖 (Gallon) 水在62度 F 時的容積和重量。

圖 5 表示 1 立方英寸水的重量和 1 立方英尺的容積。

圖 6 表示如何計算一塊鑄鐵 (Cast iron) 的比重。它在空氣中為15磅，浸入水中時為12.9磅。所以：

$$\text{比重} = \frac{W}{W - w} = \frac{15}{15 - 12.9} = 7.18$$

大氣壓力、絕對壓力、表壓力

大氣壓力 (Atmospheric pressure) 是大氣施於所有方向的壓力，由氣壓計 (Barometer) 來指示。標準大氣壓力為每平方英寸14.7磅 (應為14.695磅)，相當於29.92 英寸水銀柱。

絕對壓力 (Absolute pressure) 是特定時間中規表壓力 (Gauge pressure) 和大氣壓力的總和。例如在特定時間中，當壓力表的讀數為53.7磅時，絕對壓力即為53.7 + 14.7或68.4磅每平方英寸。所以：

$$\text{絕對壓力} = \text{表壓} + 14.7 \quad \text{或}$$

$$\text{表壓} = \text{絕對壓力} - 14.7$$

波意耳定律

波意耳定律 (Boyle's law) 說明氣體體積 (容積)

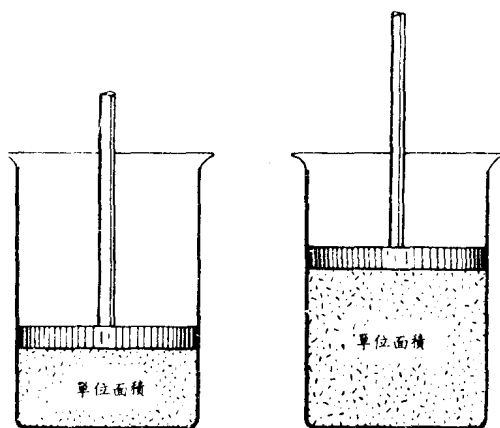


圖 7 用一種理想氣體來說明波意耳定律

與壓力之間的關係。即：當溫度保持不變，氣體容積與壓（力）強（度）成反比。用數學表示：

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \text{或}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

P_1 = 氣體在壓力改變前的絕對壓力

P_2 = 壓力改變後的絕對壓力

V_1 = 氣體在壓力 P_1 時的容積

V_2 = 氣體在壓力 P_2 時的容積

圖 7 表示用一種理想氣體來說明波意耳定律。圖左是氣體在大氣壓力 29.92 英寸水銀柱時的容積；圖右是同一氣體在相同溫度中，但在 $\frac{1}{2}$ 大氣壓力即 14.96 英寸水銀柱時的容積。

從上面可知：在不變的溫度下，壓強乘以一定質量氣體的容積是一個常數，即：

$$PV = C \quad (\text{當溫度不變時}) \quad C \text{ 爲常數}$$

查理定律

查理定律 (Charles' law) 說明氣體壓力、容積與溫度的關係：氣體容積與壓力，隨溫度的升降而增減；當壓力不變時，氣體容積隨絕對溫度而變化；當體積不變時，絕對壓力隨氣體的絕對溫度而改變。

圖 8 是以理想氣體來說明查理定律。圖左是氣體在 0 度 C 或 273 度絕對溫度時的容積；圖右是相同氣體在 273 度 C 或 546 度絕對溫度時的容積。

當氣體容積不變而加熱時，關係為：

$$P_1 T_2 = P_2 T_1 \quad \text{或}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

在相同溫度，壓力不變時：

$$V_1 T_2 = V_2 T_1 \quad \text{或}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

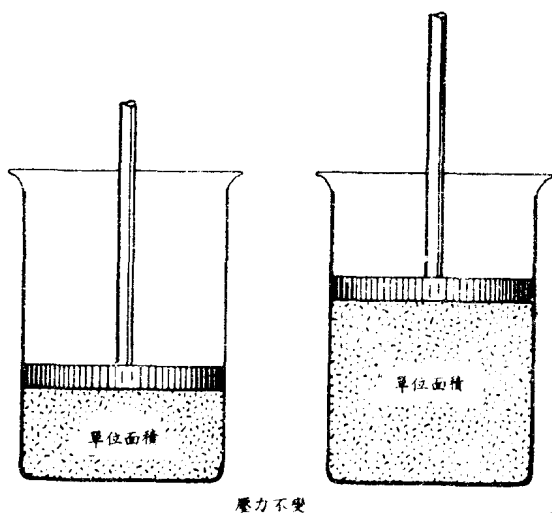


圖 8 查理定律

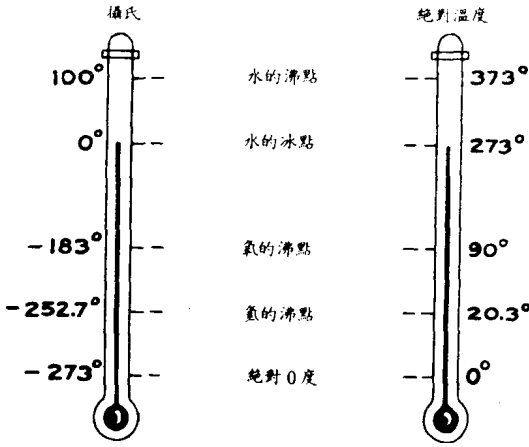


圖 9 溫度的絕對單位

綜合以上波意耳和查理二定律，可寫成：

$$P_1 V_1 T_2 = P_2 V_2 T_1 \quad \text{或}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

由於重量與容積成正比，任何重量 (W) 的氣體中，P、V 和 T 的關係如下：

$$PV = WRT$$

P = 氣體的絕對壓力 (磅)

R = 常數，視氣體種類而定

T = 絕對溫度 (度 F)

圖 9 表示溫度的絕對單位。

功率和功

功率 (Power) 是完成機械工作的能力，或者是作功 (Work) 的速率。例如用一匹馬將 220 磅重物在一秒之內拉高 2.5 英尺 (而拉動中的摩擦畧去不計)，這匹馬就作了 1 馬力 (Horsepower) 的功 (見圖 10)。在

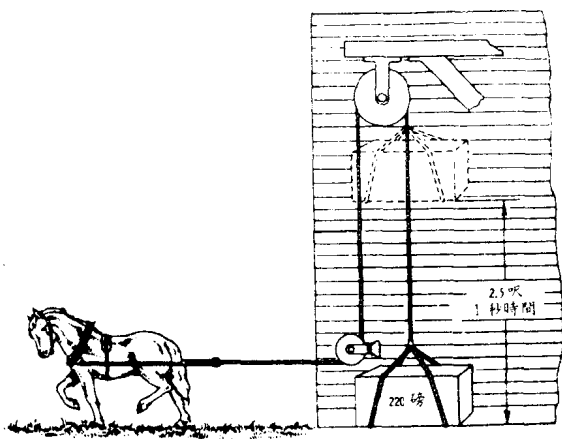


圖10 這匹馬作了1馬力的功

一定時間內所作的功除以時間就是作功的平均率或功率。亦可列為下式：

$$\text{功率 (Power)} = \frac{\text{功 (Work)}}{\text{時間 (Time)}}$$

功率的單位

功率最普通的單位是英尺磅每單位時間 (Foot pounds per unit time) 或馬力 (Horsepower)。馬力就是每秒550英尺磅或每分鐘 33,000 英尺磅的比率。或者，升高33,000磅重物至 1 英尺高只用 1 分鐘時間就是 1 馬力。如此算式寫成：

$$\text{H.P.} = \frac{\text{英尺 磅}}{33,000 \times \text{分鐘}}$$

$$\text{H.P.} = \text{馬力}$$

圖11表示 1 馬力的另一當量。當電動馬達 (Electric motor) 在 1 秒時間內將550磅重升高 1 英尺時，該

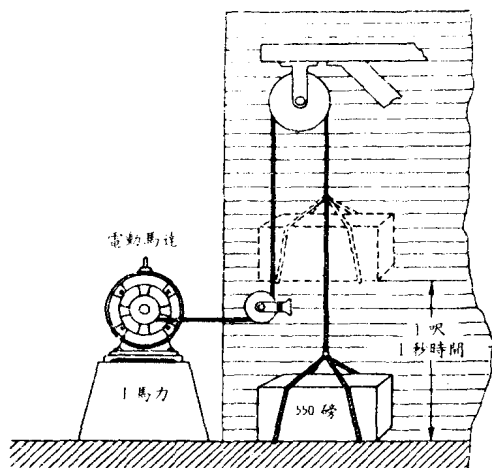


圖11 一匹馬的另一當量

馬達的功率就是1H.P. (馬力)。

如果將3,000磅重升高55英尺而需在2分鐘完成，所需的馬力數應為：

$$\text{H.P.} = \frac{3,000 \times 55}{33,000 \times 2} = 1.59$$

能

會作功的物體就具有能(Energy)或能量。「能」以各種形式存在，普通有：

1. 機械能(Mechanical energy)
2. 電能(Electrical energy)
3. 熱能(Heat energy或Thermal)

其他常見的形式有動能(Kinetic energy)和勢能(Potential energy)。

能可用各種方法從一種形式變化為另一種形式，例如機械能可轉化為熱能，電能可轉化為機械能。如

果以機械加工例如衝擊、壓縮或機械力的應用，那就是作功。如果是熱、輻射或傳導，熱就加入或抽取。而各種能之間都存在着頗為簡單的關係。例如：

$$1 \text{ 英熱單位(Btu)} = 778 \text{ 英尺磅(foot pound)}$$

$$2,546 \text{ 英熱單位(Btu)} = 1 \text{ 馬力·時(HP-hr)}$$

$$39,685 \text{ 英熱單位(Btu)} = 1 \text{ 仟卡(Kcal)}$$

$$746 \text{ 瓦(W)} = 1 \text{ 馬力(H.P.)}$$

其他當量有：

$$1 \text{ Btu} = 0.001036 \text{ 磅水在212度F蒸發}$$

$$= 0.0000688 \text{ 磅碳氧化}$$

$$= 0.000393 \text{ 馬力小時}$$

$$= 778 \text{ 英尺磅}$$

$$= 1,055 \text{ 瓦秒}$$

冷凍與物質

熱常需附於物質之中。物質不論固體、液體或氣體，都由稱為分子 (Molecules) 的小質點所組成。分子的擺動速率、自由度或位置和數量，決定了材料的形態、溫度和分子間的結構或排列形式。

圖12表示物質的三種基本形態。

圖13表示物質的構造。物質由分子組成，但分子並非最小的微粒。分子還可再分為更小的微粒，該微粒稱為原子 (Atoms)。世界上千萬種物質可說是只由103種原子互相配合而成。



圖12 物質的三種基本形態

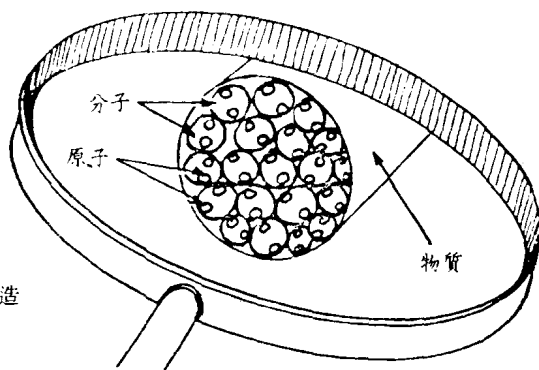


圖13 物質的構造

分子的排列和運動

相同物質中的分子均相同，不同物質的分子也就有異。圖14表示兩種不同物質的分子；圖左是天然氣（甲烷）分子（Natural gas—methane molecule）；圖右是水分子（Water molecule）；天然氣分子由四個氫原子與一個碳原子結合；水分子由二個氫原子與一個氧原子結合。

不論物質的形態如何，其分子都在不斷地運動，這種運動的能量稱為動能（Kinetic）。固體加入熱能，可使分子的運動增加。但在固體中，分子動能的增加只能令它在固定位置加速振動。熱量愈增，振動愈劇，溫度就愈上升；當達到某一程度時，分子必將脫離其固定位置而成浮游狀態；這時，分子的自由度增大，物質就成為液體；當分子的排列狀態改變時，需

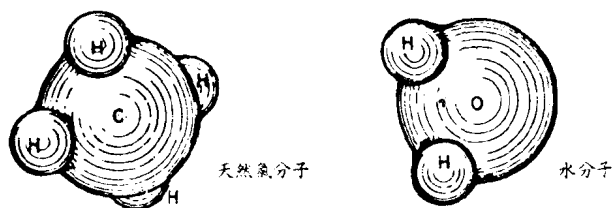


圖14 天然氣分子和水分子

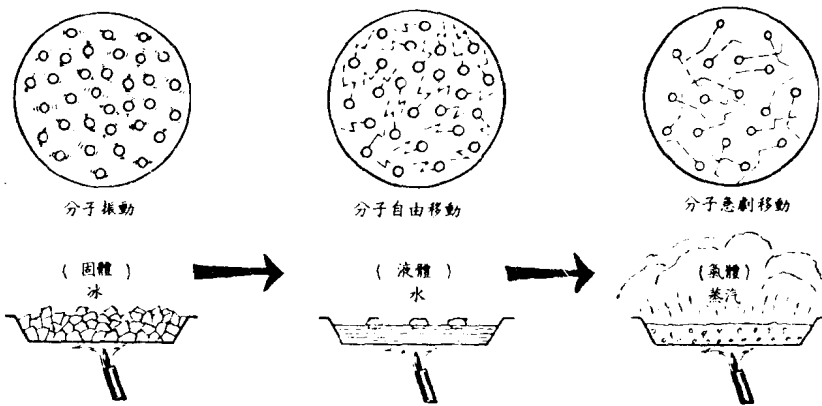


圖15 物質三態的分子自由度

要很大的熱能，這就是物質吸收大量潛熱的原因。同樣，當液態分子加熱至足以使浮游狀態成為氣體分子的快速運動狀態時，分子的自由度更為增大，因而需要吸入更大的氣化潛熱。

圖15表示物質三態的分子自由度。

熱和熱能在冷凍上的應用

當熱(Heat)加於一物質時，可發生以下一種或幾種變化：

1. 溫度升高。
 2. 物質開始熔化或蒸發。
 3. 物質的大小或顏色起變化。
 4. 物質在一固定容器內，可生較大的壓力。
- 如果將熱移去，便會依相反效應而復原。

顯熱(Sensible heat)

熱量加於物體（或從物體上抽取）而致溫度上升（或降低）則稱為顯熱。固體顯熱時，分子在固定位