

能源概論

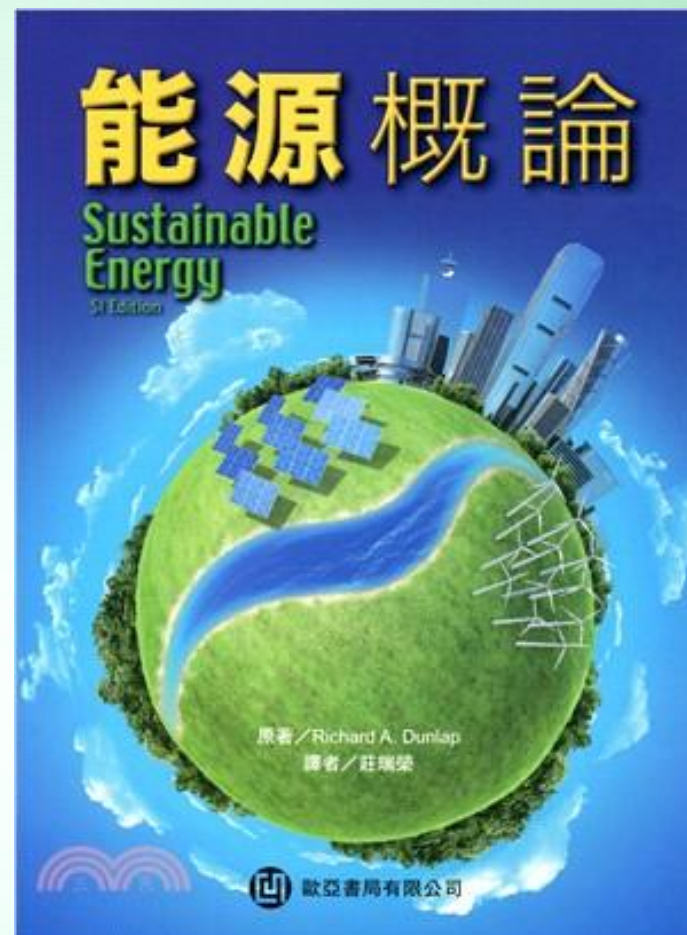
(可持續的能源)

第 1 章 能源基礎知識

Sustainable Energy

能源概論 (DUNLAP : SUSTAINABLE ENERGY, 1/E)

- ISBN13 : 9789865840969
- 出版社：歐亞書局有限公司
- 作者：Richard A. Dunlap 原著
- 譯者：莊瑞榮
- 版次：初版
- 出版日：2015/05/01



內容

- 能源概論 1/E (DUNLAP : SUSTAINABLE ENERGY (SI EDITION))
- 單元一：背景
- 單元二：化石燃料
- 單元三：核能
- 單元四：再生能源
- 單元五：節能,儲能和運輸
- 單元六：未來

第 1 章 能源基礎知識

1.1. 簡介

1.2. 功, 能量和功率

1.3. 能量的形式

1.4. 一些基本的熱力學定律

1.5. 熱哩和熱汞

1.6. 發電

1.7. 摘要

1.1 簡介

- ◆ 能量可以用幾種不同的方式來分類，其中一種方法是將能量分為動能或位能。
- ◆ 從我們的環境中所提取的能量為初級能源；例如化石燃料中的化學能、風中的動能、水在儲水庫中的位能，或射向地球的太陽能。要能夠利用能量，往往需要把初級能源轉換成我們可以利用的形式。

1.2 功、能量和功率

- ◆ **牛頓**運動定律（Newton's laws of motion）是英國物理泰斗艾薩克·**牛頓**所提出的三條運動定律的總稱，描述物體與力之間的關係，
- ◆ 牛頓第一定律中，在定義慣性參考系中，不受外力或受到的淨外力為零的物體，具有保持原來運動狀態的性質。亦即物體都保持靜止或等速直線運動。

1.2 功、能量和功率

- ◆ 牛頓第二定律，表明:施加於物體的淨外力等於物體質量與加速度的乘積
- ◆ 因為物體的加速度與施加的淨外力成正比，與物體的質量成反比，方向與淨外力方向相同。這定律又稱為「加速度定律」。
$$F = ma$$
- ◆ 其中， F 是淨外力，是所有施加於物體的力的向量和， a 是加速度, m 稱為物體的慣性質量。

1.2 功、能量和功率

- ◆ 公制系統中，力、加速度、質量的單位分別規定為牛頓（N）、公尺每二次方秒（ m/s^2 ），公斤（kg）。
施加1牛頓的力於質量為1公斤的物體，可以使此物體的加速度為 1m/s^2 。

正向力

- ◆ 在力學中，正壓力 (normal force)，又稱支持力，是支撐面發生形變對被支持的物體產生的彈力。正壓力屬於接觸力，垂直於接觸面。常標記為 F_n 。

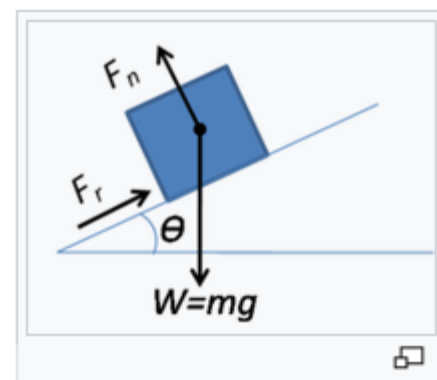
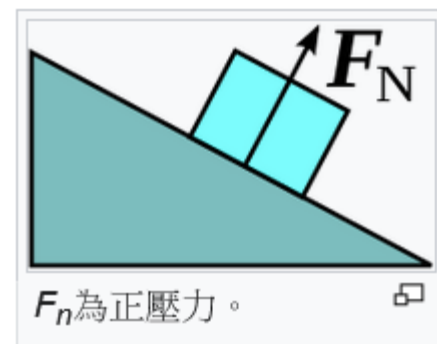
- ◆ 公式

- ◆ 物體位於水平接觸面上時，正壓力恰好等於物體重，二者方向相反。

$$F_n = m g$$

- ◆ 物體在斜面上時，正壓力與摩擦力的合力等於物體重，正壓力因此小於物體重。

$$F_n = m g \cos (\theta)$$



1.2 功、能量和功率

- ◆ **能量** (energy ; E) ，定義為做功的能力，**功** (work ; W) 是能量消耗的後果，W 定義為作用於一個物體上之力 F 與該物體移動距離 d 的乘積。所做的功等於力乘以距離，

$$W = Fd \quad (1.1)$$

- ◆ 依牛頓定律，力是質量與加速度的乘積，從方程式 1.1，

$$W = mgh \quad (1.3)$$

- ◆ 當力以牛頓 (N) 而位移以米 (m) 為標準單位時，此能量的標準單位是**焦耳** (joule ; J) 。
- ◆ 焦耳等於 $\text{千克} \cdot \text{米}^2 \cdot \text{秒}^{-2}$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$) 。

1.2 功、能量和功率

- ◆ **功率**（ power ; P ）是指做功的速率（ 或其中的能量被消耗掉的速率 ）。功率的單位是**瓦**（ watts ），瓦定義為每秒 1 焦耳。總能量 E 便是

$$E = Pt \quad (1.4)$$

例題 1.1

假如有一個系統每隔 1 小時能產生 10^6 J (即1 百萬焦耳) 的能量，則其功率為多少瓦？

解答

例題 1.1

假如有一個系統每隔 1 小時能產生 10^6 J（即 1 百萬焦耳）的能量，則其功率為多少瓦？

解答

如果 1 小時（或 3600 秒）內能產生 10^6 J 的能量，則每單位時間的能量（每秒焦耳，相當於瓦），等於

$$P = E / t = (10^6 \text{ J}) / (3600 \text{ s}) = 278 \text{ W}$$

1.3 能量的形式

◆ 能量可以採取多種形式：

- 動能（例如運動中汽車的能）。
- 重力位能（例如水在儲存器中的能）。
- 熱能（例如在沸水鍋中的能）。
- 化學能（例如儲存在一公升汽油中的能）。
- 核能（例如儲存在一公克鈾中的能）。
- 電能（例如一個燈泡所使用的能）。
- 電磁能（例如與一束陽光相關聯的能）。

1.3 能量的形式

1.3a 動能

◆ 動能 (kinetic energy) 很明顯地是與移動的物體有關。動能是

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1.5)$$

◆ m 為公斤 (kg) , v 是每秒米 (m/s) , 焦耳 (千克 · 米² · 秒⁻²) 。

例題 1.2

一輛 1500 公斤的汽車以每小時 100 公里的速度行駛時，其相關的動能是多少？

解答

例題 1.2

一輛 1500 公斤的汽車以每小時 100 公里的速度行駛時，其相關的動能是多少？

解答

速度轉換為 m/s 是 $(100 \text{ km/h}) \times (1000 \text{ m/km}) / (3600 \text{ s/h}) = 27.8 \text{ m/s}$

利用方程式 1.5，可求出能量為

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = (0.5) \times (1500 \text{ kg}) \times (27.8 \text{ m/s})^2 = 5.8 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 5.8 \times 10^5 \text{ J}$$

1.3 能量的形式

◆ 轉動動能為

$$E = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad (1.6)$$

其中 I 是物體的轉動慣量， ω 是它的角速度。

例題 1.3

一個堅實的圓盤形車輪其質量為 $m = 400 \text{ kg}$ ，直徑為 $d = 0.85 \text{ m}$ ，轉動慣量 $I = md^2/8 = mr^2/2$ ，滾動時無滑動。其質心速度為 30 m/s 。上面所述是一列貨運火車車輪的粗略近似值。試比較車輪的平移動能與其轉動動能。

解答

例題 1.3

解答

從方程式 1.5 可得出其平移動能為

$$E_{\text{kinetic}} = \frac{1}{2}mv^2 = (0.5) \times (400 \text{ kg}) \times (30 \text{ m/s})^2 = 1.8 \times 10^5 \text{ J}$$

如果車輪滾動而不滑動，則其角速度與質量中心的運動速度 v 及其半徑 r 有關，因為 $\omega = v/r$ 。將 ω 和 I 代入方程式 1.6 可得

$$E_{\text{rotational}} = \frac{1}{2} \left(\frac{mr^2}{2} \right) \left(\frac{v}{r} \right)^2 = \frac{1}{4}mv^2$$

將已知值代入，得

$$E_{\text{rotational}} = \frac{1}{4}mv^2 = (0.25) \times (400 \text{ kg}) \times (30 \text{ m/s})^2 = 9.0 \times 10^4 \text{ J}$$

注意，轉動動能與車輪直徑無關，並且剛好是平移動能的二分之一。這是一個堅實的圓盤滾動而不打滑時的基本特徵。

1.3 能量的形式

1.3b 位能

◆位能（ potential energy ）以重力位能來作說明最為方便。

◆在重力位能中，一個質量為 m 的物體，在高度 h 時其位能為 $E = mgh$ (1.7)

◆物體下降一段距離 h 而被轉換成動能

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = mgh \quad (1.8)$$

◆物體的速度為

$$v = \sqrt{2gh} \quad (1.9)$$

例題 1.4

一個 75 公斤的人走上垂直高度為 3 米的飛行樓梯口，此人的位能變化為多少？

解答

例題 1.4

例題 1.4

一個 75 公斤的人走上垂直高度為 3 米的飛行樓梯口，此人的位能變化為多少？

解答

由方程式 1.7，可得

$$E = mgh = (75 \text{ kg}) \times (9.8 \text{ m/s}^2) \times (3 \text{ m}) = 2.2 \times 10^3 \text{ J}$$

1.3 能量的形式

1.3c 熱能

- ◆ 氣體的熱能（thermal energy）是從分子微觀運動的動能所產生的。
- ◆ 其中 k_B 為波茲曼常數（Boltzmann's constant），其值為 $1.3806 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ， T 是克爾文（克氏）絕對溫度（K）。

$$E = \frac{3}{2} nRT \quad (1.11)$$

1.3 能量的形式

1.3c 熱能

- ◆ n 是氣體的摩爾數， R 是通用氣體常數 (universal gas constant) ; $R = N_A k_B = 8.315 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 。
- ◆ N_A 是阿佛伽德羅常數 (Avogadro' s number ; $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

$$\Delta T = \frac{Q}{mC} \quad (1.12)$$

1.3 能量的形式

1.3c 熱能

- ◆ 用來破壞將固體維持在一起的化學鍵，稱為**熔化潛熱**（latent heat of fusion）。
- ◆ 潛熱這個術語以便跟**顯熱**（sensible heat）區別。
- ◆ 當液體被加熱到沸點時，需要額外的能量，亦即**汽化潛熱**（latent heat of vaporization）。

例題 1.5

水的比熱為 $4180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。試計算 500 g 的水從 20°C 加熱至 80°C 所需的能量。

解答

例題 1.5

水的比熱為 $4180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。試計算 500 g 的水從 20°C 加熱至 80°C 所需的能量。

解答

重新排列方程式 1.12 以求解該熱量，得

$$Q = mc\Delta T$$

代入 $m = 0.5 \text{ kg}$ 、 $c = 4180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 和 $\Delta T = (80^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 60^{\circ}\text{C}$
則

$$Q = (0.5 \text{ kg}) \times [4180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})] \times (60^{\circ}\text{C}) = 1.25 \times 10^5 \text{ J}$$

1.3 能量的形式

1.3d 化學能

- ◆ **化學能** (chemical energy) 是與化學鍵有關的能量，也就是在材料原子中的電子之間交互作用的能量。
- ◆ 一個反應過程需要輸入能量才能發生，則稱該過程為**吸熱的** (endothermic) 。
- ◆ 釋放能量的過程稱為**放熱的** (exothermic) 。



1.3 能量的形式

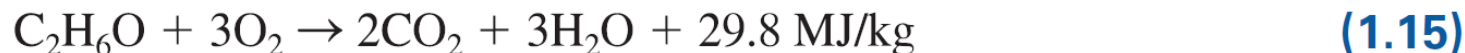
1.3d 化學能

◆ 1 公斤純碳燃燒時所釋放的能量，即碳的**燃燒熱**（heat of combustion；以 MJ/kg 表示）

◆ 甲烷（methane；天然氣的主要成分）的燃燒，



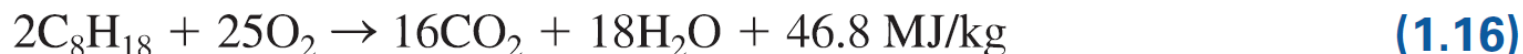
◆ 乙醇（ethanol；一種常見的生物燃料）的燃燒，



1.3 能量的形式

1.3d 化學能

◆ 辛烷（octane；汽油的重要成分）的燃燒，



◆ 葡萄糖的燃燒



◆ 氫的氧化反應



在能源技術上常用的一些單位的換算表

- ◆ 國內在能源統計上常用的單位為公秉油當量 (= 1000 LOE) ，有別於國際慣用的 kgOE (公斤油當量) 。

從	到	kJ	kcal	kWh	LOE	kgCE	kgOE
	乘以						
1 kJ (1 千焦耳)	1	0.23885	0.0002778	0.0000265	0.0000385	0.0000239	
1 kcal (1 千卡)	4.1868	1	0.001163	0.000111	0.000161	0.0001	
1 kWh (1 千瓦小時，1 度)	3600	859.85	1	0.09554	0.13868	0.08598	
1 LOE (1 公升油當量)	37681	9000	10.467	1	1.4516	0.9	
1 kgCE (1 公斤煤當量) *	25958	6200	7.2106	0.68889	1	0.62	
1 kgOE (1 公斤油當量)	41868	10000	11.63	1.1111	1.6129	1	

*台灣自產煤

1.3 能量的形式

1.3e 核能

◆核能（ nuclear energy ）與化學能類似，因為它也是與粒子間之鍵結有關的能量。

◆愛因斯坦的關係式所給出質量和能量的等價性

$$E = mc^2 \quad (1.19)$$

◆所釋放的能量可由核質量的變化量得到

$$E_{\text{exo}} = \Delta mc^2 \quad (1.20)$$

核分裂

^{235}U , ^{239}Pu 可產生核分裂反應



- ◆ $1\text{eV}=1.6\times 10^{-19}\text{ J}$; $1\text{MeV}= 1.6\times 10^{-13}\text{ J}$
- ◆ $100\text{W} = 100\text{ J/s} \Rightarrow 3.125\times 10^{12}\text{ fissions/s}$
- ◆ $1\text{g } ^{235}\text{U}$ 完全分裂 = 燃燒三千噸煤

1.3 能量的形式

1.3f 電能

- ◆ 電能 (electrical energy) 與導線內的電子有關。
- ◆ 電流 I 流經一個電路的電阻 R ，則橫跨電阻兩端的電壓降 V

$$V = IR \quad (1.21)$$

- ◆ 電阻的消耗功率

$$P = VI \quad (1.22)$$

- ◆ P 可寫為
$$P = I^2R = \frac{V^2}{R} \quad (1.23)$$

基本SI電氣推導單位

(功率)		(瓦特)		
power, radiant flux	watt	W	J/s	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
electric charge, (電荷量) quantity of electricity	coulomb	C (庫倫)	-	$\text{s} \cdot \text{A}$
electric potential difference, (電位差, 電壓) electromotive force (電動勢)		(伏特)		
volt		V	W/A	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$
capacitance (電容量)	farad	F (法拉)	C/V	$\text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$
electric resistance (電阻量)	ohm (歐姆)	Ω	V/A	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$
electric conductance (電導量)	siemens (西門子)	S	A/V	$\text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{A}^2$
magnetic flux (磁通)	weber	Wb	V·s	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$
magnetic flux density (磁通密度)	tesla	T	Wb/m ²	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$
inductance (電感量)	henry (亨利)	H	Wb/A	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$

1.3 能量的形式

1.3g 電磁能

- ◆ 電場和磁場可以形成波（例如光波），**電磁輻射**（electromagnetic radiation）可以用這樣的角度來理解。
- ◆ 可以被認為是粒子的集合，此粒子稱為**光子**（photons）。

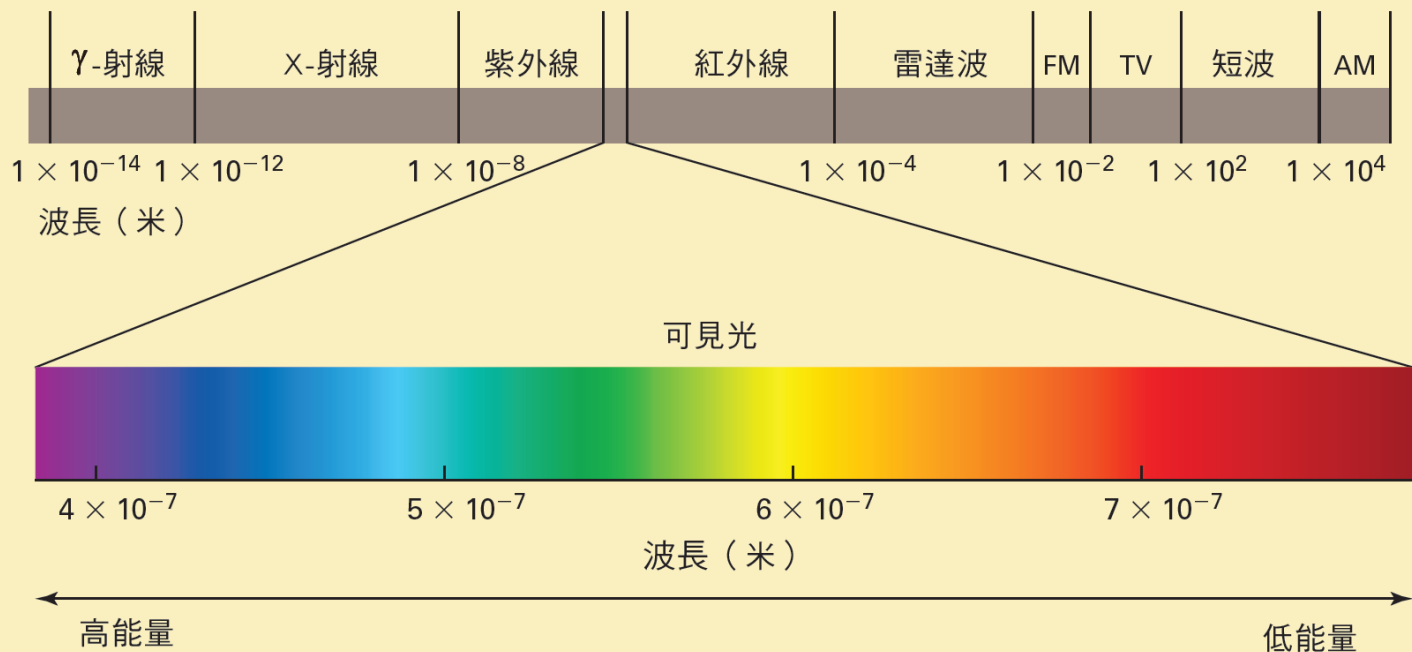


圖 1.1 電磁波譜。插入區放大的部分為波譜的可見光範圍。

1.3 能量的形式

1.3g 電磁能

◆ 波長 λ 與頻率 f 及速度（在本情況下，是光的速度 c ， $c \approx 3 \times 10^8$ 米/秒）有關，

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.24)$$

例題 1.6

試估計在計算機監視器和使用者之間的距離內，黃色光的波長數量。

解答

例題 1.6

試估計在計算機監視器和使用者之間的距離內，黃色光的波長數量。

解答

從圖 1.1，黃色光的波長約為 600 奈米 (nm) 或 6.0×10^{-7} 米 (m)。

如果一個標準使用者坐在離計算機監視器 0.5 米的地方，則此距離內黃色光的波數是

$$N = \frac{0.5 \text{ m}}{6.0 \times 10^{-7} \text{ m}} = 8.3 \times 10^5$$

1.3 能量的形式

1.3g 電磁能

◆ 以能量量子（即光子）

$$E = hf \quad (1.25)$$

◆ h 為普朗克常數（Planck's constant），其值為 $6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

字首符號代表的科學計量單位

代表量(Factor)	縮寫符號(Symbol)	字首(Name)	代表量(Factor)	縮寫符號(Symbol)	字首(Name)
10^1	da	deca	10^{-1}	d	Deci
10^2	h	hecto	10^{-2}	c	Centi
10^3	k	Kilo	10^{-3}	m	Milli
10^6	M	Mega	10^{-6}	μ	Micro
10^9	G	Giga	10^{-9}	n	Nano
10^{12}	T	Tera	10^{-12}	p	Pico
10^{15}	P	Peta	10^{-15}	f	Femto
10^{18}	E	Exa	10^{-18}	a	Atto
10^{21}	Z	Zetta	10^{-21}	z	Zepto
10^{24}	Y	Yotta	10^{-24}	y	Yocto

1.4 一些基本熱力學定律

◆ 熱力學四個重要的定律：

1. 若兩個系統分別都與第三系統處於熱力學平衡，則這兩系統互相平衡。
2. 能量是守恆的。
3. 一封閉系統會趨向熱平衡。
4. 不可能達到絕對零度的溫度。

1.4 一些基本熱力學定律

1.4a 熱力學第零定律

◆ 一個系統的熱力學狀態可以由單一個參數來定義，此參數稱為溫度(T)。

◆ 溫度可用理想氣體定律 (ideal gas law) 來定義，

$$PV = Nk_B T \quad (1.26)$$

◆ 將溫度外插，直到壓力變為零時，這時的溫度就是絕對零度的攝氏溫標值($-273.15\text{ }^{\circ}\text{C} = 0\text{ K}$)。

1.4 一些基本熱力學定律

1.4a 熱力學第零定律

◆ 將溫度外插，直到壓力變為零時，這時的溫度就是絕對零度的攝氏溫標值

◆ $K = ^\circ C + 273$ 。

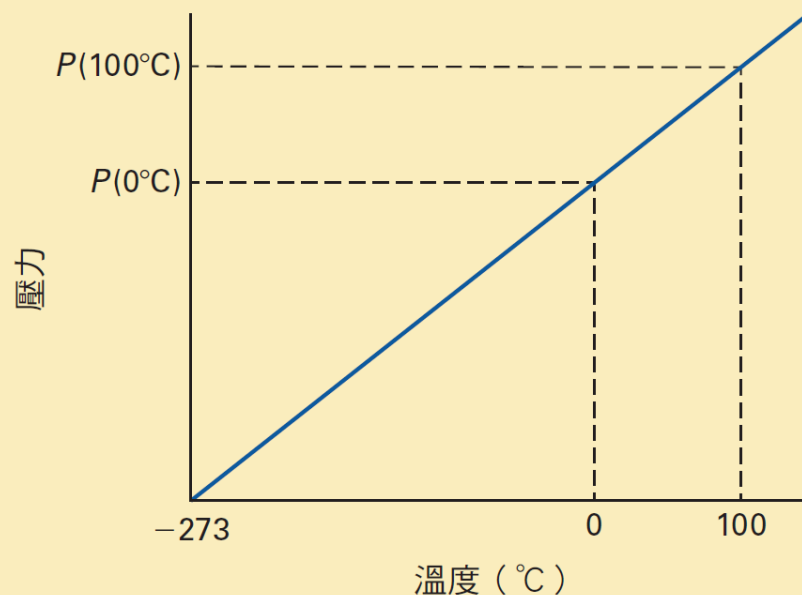


圖 1.2 在理想氣體定律的基礎上對絕對溫度的描述。

© Cengage Learning 2015

1.4 一些基本熱力學定律

1.4b 熱力學第一定律

◆兩種可能的情況：

1. 活塞保持固定

2. 活塞允許移動

$$Q = \Delta U + W$$

(1.27)



能量守恆定律

- ◆ 能量轉換是指能量從一種形式轉變為另一種形式的過程。根據能量守恆定律(law of conservation of energy)，能量不能憑空出現或消失。
- ◆ 孤立系統的總能量 E 保持不變。如果一個系統處於孤立(isolated)環境，即不能有任何能量或質量從該系統輸入或輸出。能量不能無故生成，也不能無故摧毀，但它能夠改變形式，例如，在炸彈爆炸的過程中，化學能可以轉化為動能。
- ◆ 從能量守恆定律可以推導出第一類永動機永遠無法實現。且沒有任何孤立系統能夠持續對外提供能量。

1.4 一些基本熱力學定律

1.4c 熱力學第二定律

◆ 陳述熱力學第二定律有：

- 一封閉系統(closed)會趨向熱平衡
- 從熱的地方流到冷的地方
- 宇宙的熵總是增加

1.4 一些基本熱力學定律

1.4d 熱力學第三定律

- ◆ 第三定律的一部分，表示無法達到絕對零度的溫度。
- ◆ 能量轉換有許多用處，例如家裡為了取暖，會用爐子燃燒燃料，此時燃料的化學能轉化為熱能，然後家中的溫度升高，人體會感覺舒適。能量轉換時可能會有損耗，不過其他形式的能量有機會最終幾乎全部轉換為熱能

1.5 熱機和熱泵

◆ 如果熱量從熱庫移到冷庫，有部分的熱能可被提取出來做機械功。執行此項工作的裝置稱為熱機 (heat engine) 。

◆ 如果從熱庫移除的熱為 Q_h ，而存放於冷庫的熱為 Q_c ，則

$$Q_h = Q_c + W \quad (1.28)$$

◆ 熱機的熱效率是指熱能轉換為功的百分比。其定義如下

$$\eta = 100 \frac{W}{Q_h} \quad (1.29)$$

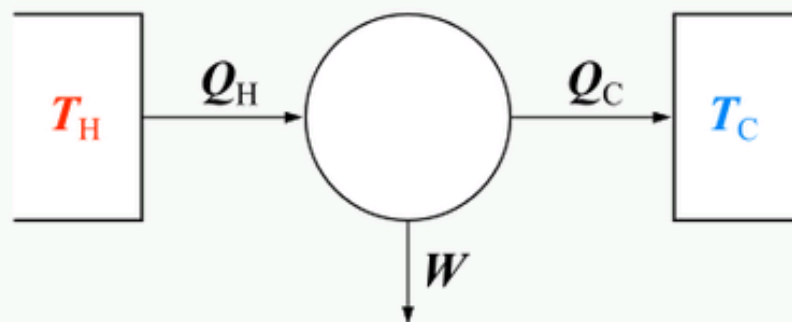
1.5 熱機和熱泵

◆ 能量守恆要求

$$Q_h = Q_c + W \quad (1.28)$$

◆ 熱機在熱庫的提出熱與輸出功之比可定義為熱機的熱效率

$$\eta = 100 \frac{W}{Q_h}$$



經典的卡諾熱機

T (熱庫)、Q (熱量)、W (功)
H (高溫)、C (低溫)

(1.29)

1.5 熱機和熱泵

◆ 效率變成

$$W = Q_h - Q_c \quad (1.30)$$

$$\eta = 100 \left(1 - \frac{Q_c}{Q_h} \right) \quad (1.31)$$

熵變化量 $\delta S = \delta S_{hot} + \delta S_{cold} = \frac{|Q_{hot}|}{T_{hot}} - \frac{|Q_{cold}|}{T_{cold}}$

• δ 表示變化量

◆ 一個循環後, 回到原點, 所以 $\delta S = 0$.

冷熱庫溫度的比可寫成 $\frac{Q_c}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$

◆ 熱機的熱效率寫成: $\eta = 100 \left(1 - \frac{T_c}{T_h} \right)$

1.5 熱機和熱泵

- ◆ **理想卡諾效率**（ideal Carnot efficiency），所有熱機的熱效率均有一個基本的上限值，即使是一個沒有摩擦力的理想熱機，也無法將輸入的熱完全轉換為機械功。**理想卡諾效率**是在溫度分別為 T_c 和 T_h 的冷熱庫之間操作熱引擎可達到的最大效率。若一設備用其他非燃燒的方式將燃料的能量轉換為功（如燃料電池），則其效率就不受卡諾定理的限制。
- ◆ 即使是最好的熱機其熱效率都不高，熱機的熱效率一般會低於50%，而且多半會遠低於該數值。熱機的廢棄熱是能源浪費的主因之一，現在已透過汽電共生、聯合循環、能源回收等方式設法將廢棄熱再作利用。

1.5 熱機和熱泵

- ◆ **熱泵** (heat pump) 基本上剛好是熱機的相反；它利用功的**輸入**(如電能轉機械功)將熱量從冷庫(室外)移到熱庫(室內)。(例如:暖氣機)。
- ◆ 利用熱泵的原理，使冰箱及冷氣將熱量從低溫處(箱內)移到高溫處(箱外)，其功能恰好與熱機相反。移入高溫熱庫的熱能 Q_h 等於輸入的功 W 以及從低溫熱庫 Q_c 移出熱能的和：

$$W + Q_c = Q_h \quad (1.34)$$

1.5 熱機和熱泵

◆ 能量守恆要求

$$W + Q_c = Q_h \quad (1.34)$$

◆ 熱庫的熱與功之比可定義為

$$COP = \frac{Q_h}{W} \quad (1.35)$$

◆ 熱庫排熱效益與輸入功的比稱為熱泵的性能係數 (coefficient of performance ; COP)

© Cengage Learning 2015

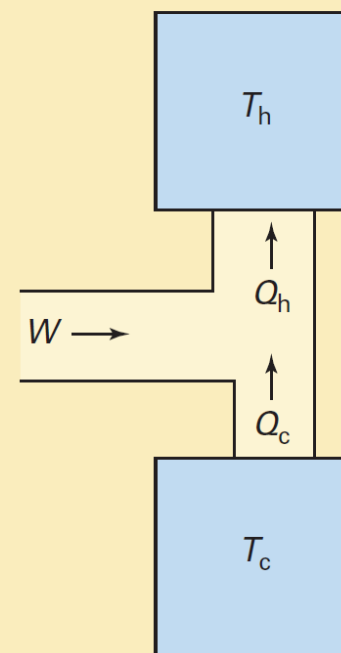
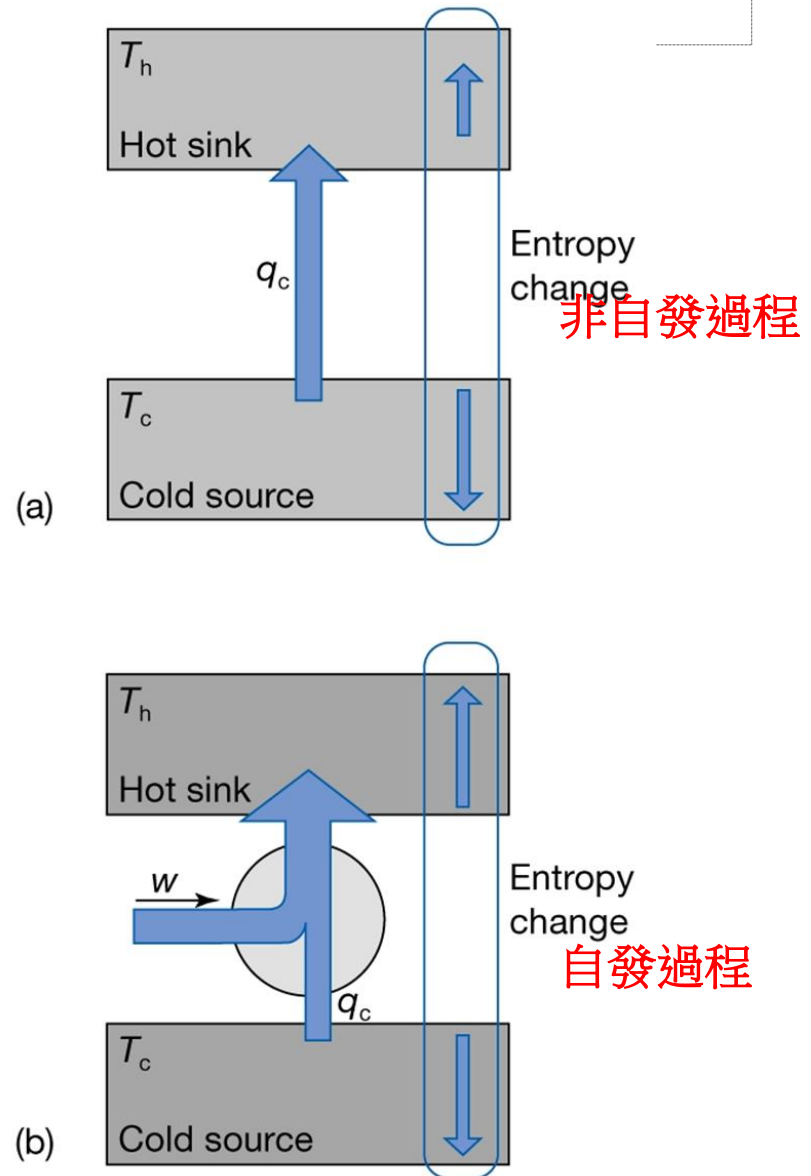


圖 1.5 用機械能來傳遞熱量的熱泵操作。

自發過程的總熵變化上昇, 熵的相對變化如箭頭的大小所指示

當能量以熱的形式離開冷儲層時，冷儲層的熵減小($\Delta S_c = \frac{-q_c}{T_c}$)。而當同等量的熱能進入較高溫的儲存層時，熵增加的量較小($\Delta S_h = \frac{+q_c}{T_h}$)。因此，總體上熵降低，並且過程是非自發的。如果提供外源功以添加到能量流中，則該過程變得可行。然後，可以進行熱阱的熵的增加以抵消冷源的熵減少。



◆ 熱泵作為供熱設備時的能效是提供熱能到高溫熱庫的能效 COP_{heating} ，而冰箱及冷氣等製冷設備的能效是則是從低溫熱庫抽出熱能的能效 COP_{cooling} ：

◆
$$COP_{\text{heating}} \equiv \frac{Q_h}{W_{in}}$$

◆
$$COP_{\text{cooling}} \equiv \frac{Q_c}{W_{in}}$$

◆ 熱泵的性能也受到卡諾定理的限制。其能效有一理論上限，和高溫熱庫及低溫熱庫的溫度有關：

◆
$$\text{COP}_{\text{heating}} \equiv \frac{Q_h}{W_{in}} \leq \frac{T_h}{T_h - T_C}$$

◆
$$\text{COP}_{\text{cooling}} \equiv \frac{Q_C}{W_{in}} \leq \frac{T_h}{T_h - T_C}$$

◆ 上述不等式的等號只有熱泵為可逆循環時才會成立。

1.5 熱機和熱泵

◆ 理想卡諾性能係數為

$$COP = \frac{1}{1 - (Q_c/Q_h)} \quad (1.36)$$

◆ 上式變為

$$COP = \frac{1}{1 - (T_c/T_h)} \quad (1.37)$$

例題 1.7

考慮一個理想的熱泵在 -20°C 的冷庫（例如寒冷的冬天在外）與在 $+20^{\circ}\text{C}$ 的熱庫（例如室內）下運作。試計算這一熱泵的理想（卡諾）性能係數。

解答

例題 1.7

解答

注意在這些公式中，我們必須使用絕對溫度。

先將 °C 轉換為 K

$$T_c = -20^\circ\text{C} + 273 = 253 \text{ K}$$

與

$$T_h = 20^\circ\text{C} + 273 = 293 \text{ K}$$

性能係數 (*COP*) 可從方程式 1.37 中得到

$$COP = \frac{1}{1 - (T_c/T_h)} = \frac{1}{1 - (253 \text{ K}/293 \text{ K})} = 7.325$$

可以從圖 1.5 看出來，儲存在熱庫（室內）的熱量大約為所做機械功的七倍。

1.6 發電

◆ 人類社會所使用的能量，很多都是以電的形式出現。

© Cengage Learning 2015

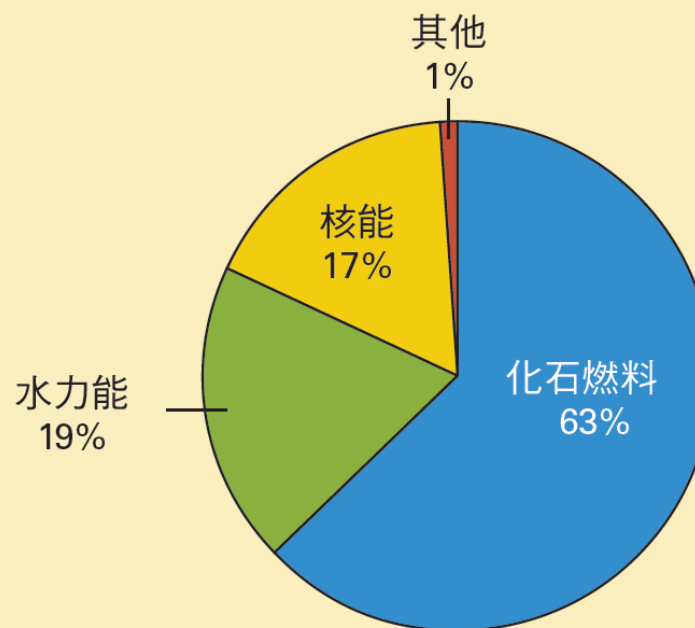


圖 1.6 全球用於發電之初級能源的比例。

1.6 發電

- ◆ **熱力發電**（thermal generation）中，燃料先被燃燒以產生熱量，該熱量再用於產生蒸汽，蒸汽再用來驅動渦輪機。
- ◆ **燃氣渦輪機**（combustion turbines）使用由燃燒本身所產生的熱氣體來驅動渦輪機。

1.6 發電

1.6a 熱力發電

- ◆ 熱力發電設施其中的基本要求之一是永續冷庫。
- ◆ 化石燃料發電大約有 35~45% 的淨效率，而核燃料發電大約有 30% 的淨效率。

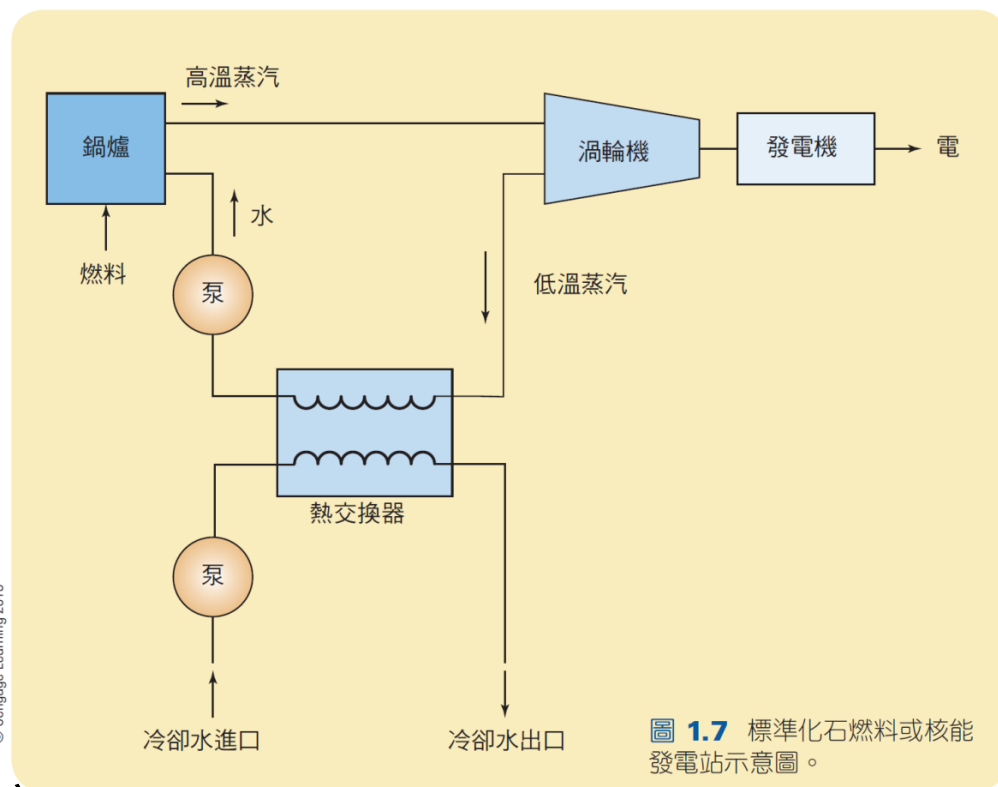




圖 1.8 達特茅斯大學，新斯科舍省塔夫特發電站。這是一座使用石油或天然氣為燃料的 350 百萬瓦的設備。



圖 1.9 顯示多級渦輪葉片的渦輪機轉子集合。

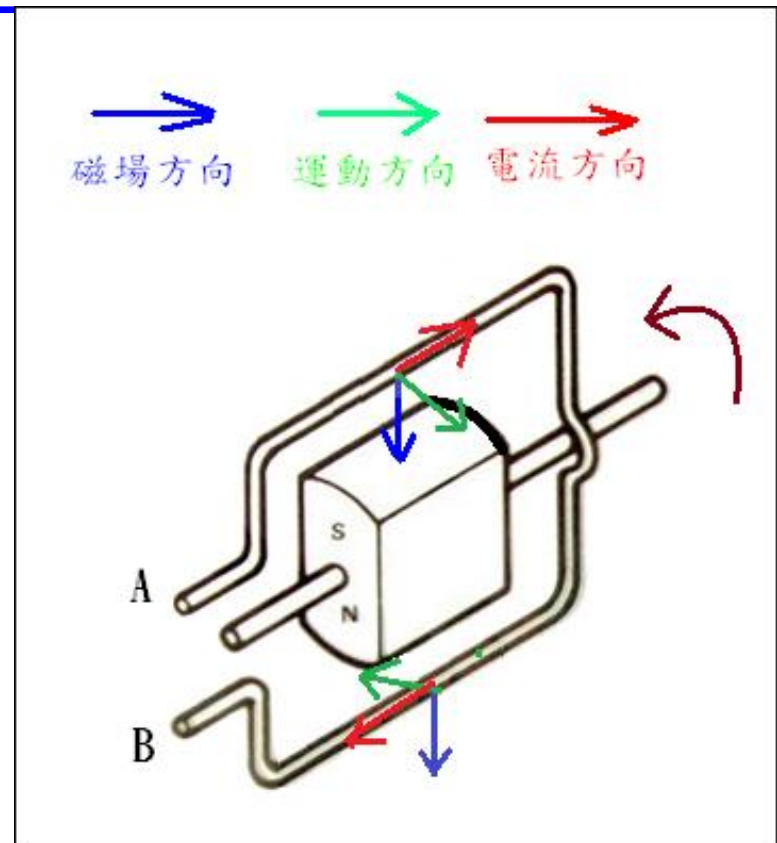
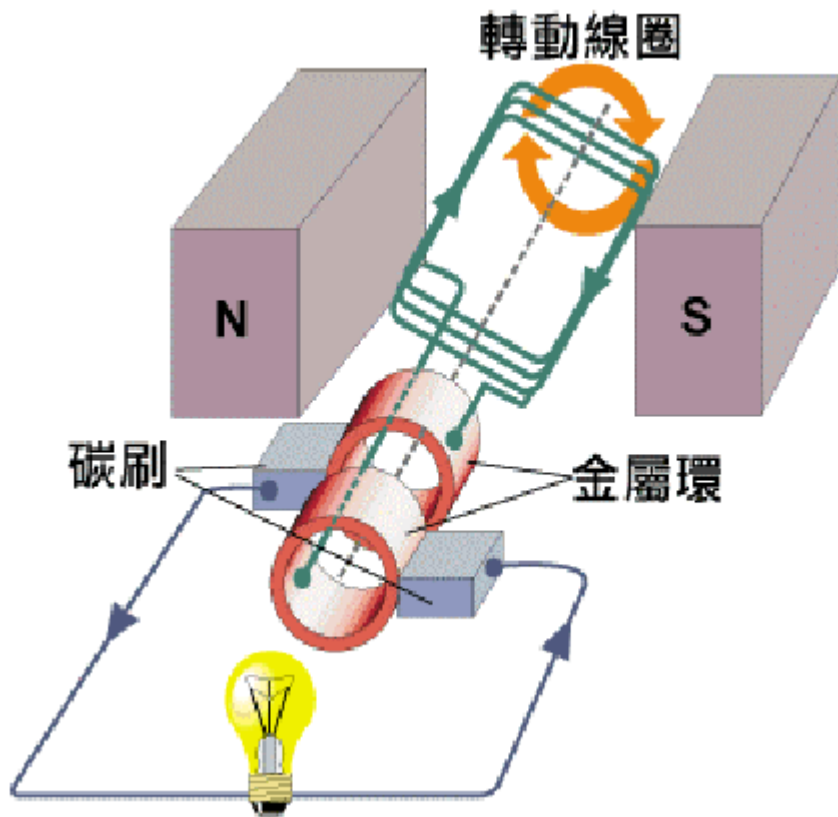


圖 1.10 一般用於熱力發電站的冷卻塔。

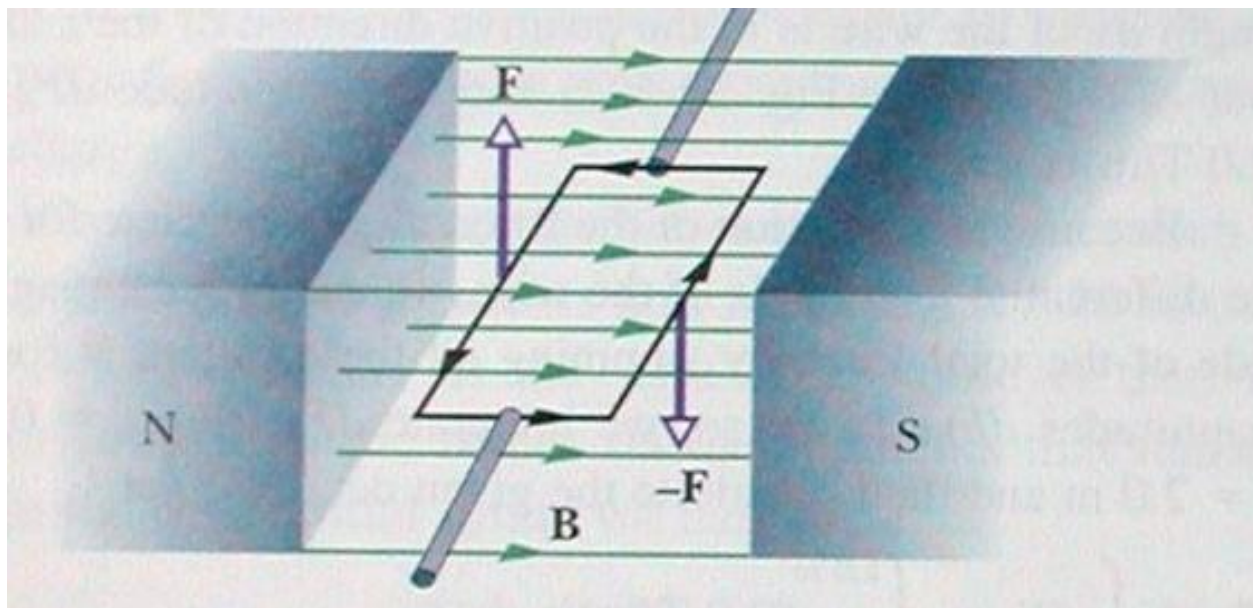
馬克士威方程組的四個方程式

- ◆ 馬克士威方程組(Maxwell's equations)是一組描述電場、磁場與電荷密度、電流密度之間關係的偏微分方程式，且經過黑維塞於1884年編排修改而成的四個方程式組成，分別是描述電荷如何產生電場的[高斯定律](#)、表明磁單極子不存在的[高斯磁定律](#)、解釋時變磁場如何產生電場的[法拉第感應定律](#)，以及說明電流和時變電場怎樣產生磁場的[馬克士威-安培定律](#)。
- ◆ 英國物理學家[詹姆斯·馬克士威](#)在19世紀60年代構想出這方程組的早期形式。因而以馬克士威方程組命名。同時期，吉布斯和赫茲分別都研究出類似的結果。

發電機原理



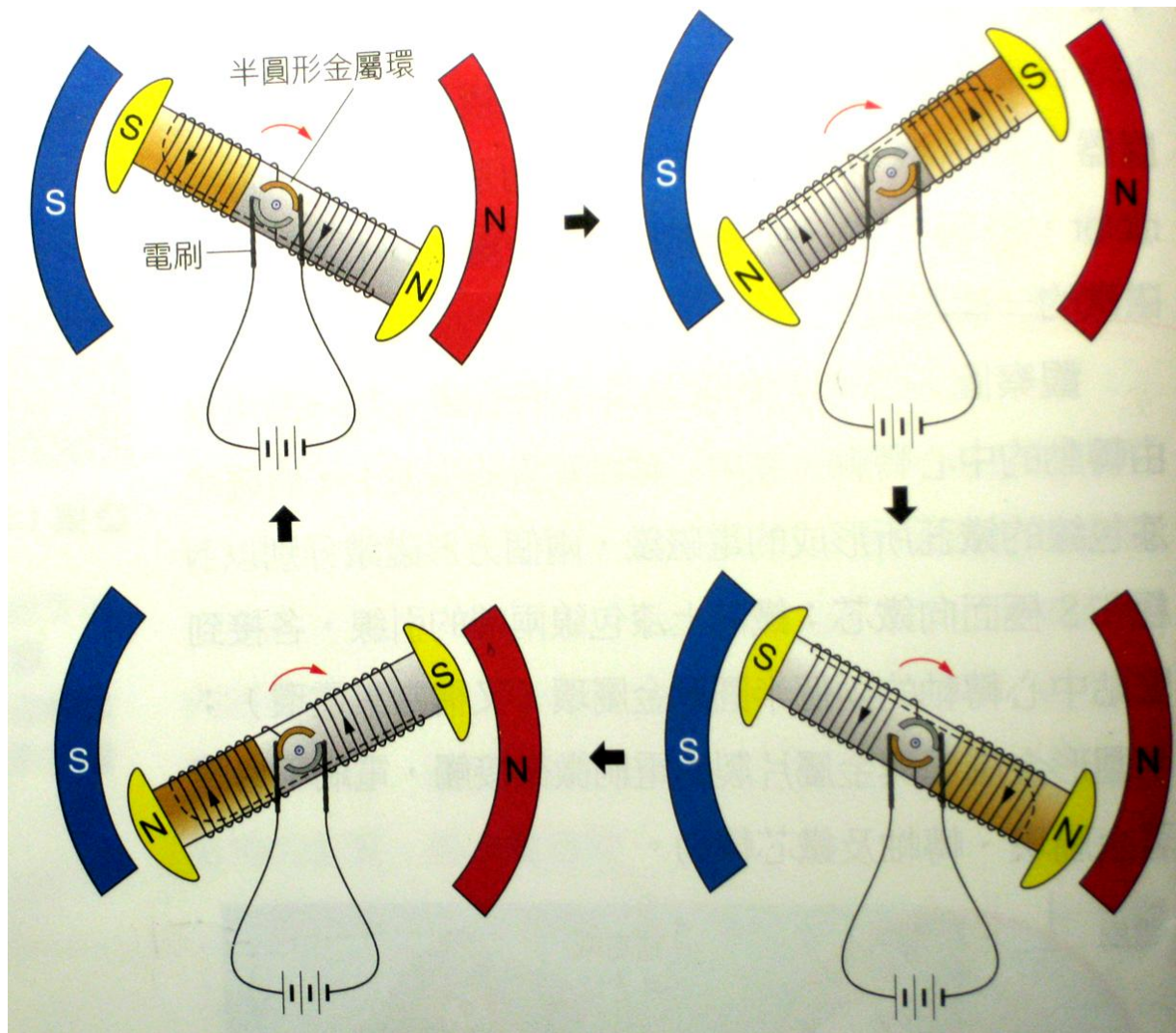
渦輪發電機原理的工作原理



$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$$

法拉第感應定律描述變動磁場怎樣感應出電場。
電磁感應是許多發電機的運作原理。例如，一塊旋轉的條形磁鐵會產生時變磁場，這又會生成電場，使得鄰近的閉迴圈因而感應出電流。



換向器每半轉反轉電流的方向，使得磁轉矩總是作用在相同的方向上。

1.6 發電

1.6b 燃氣渦輪機

- ◆ 燃氣渦輪機偶爾用於從液態或氣態化石燃料（常稱為天然氣）發電。
- ◆ 燃氣渦輪機在高需求期間經常被用來補充燃煤發電或核發電，因為比起熱力發電設施，它們的啟動時間比較短。

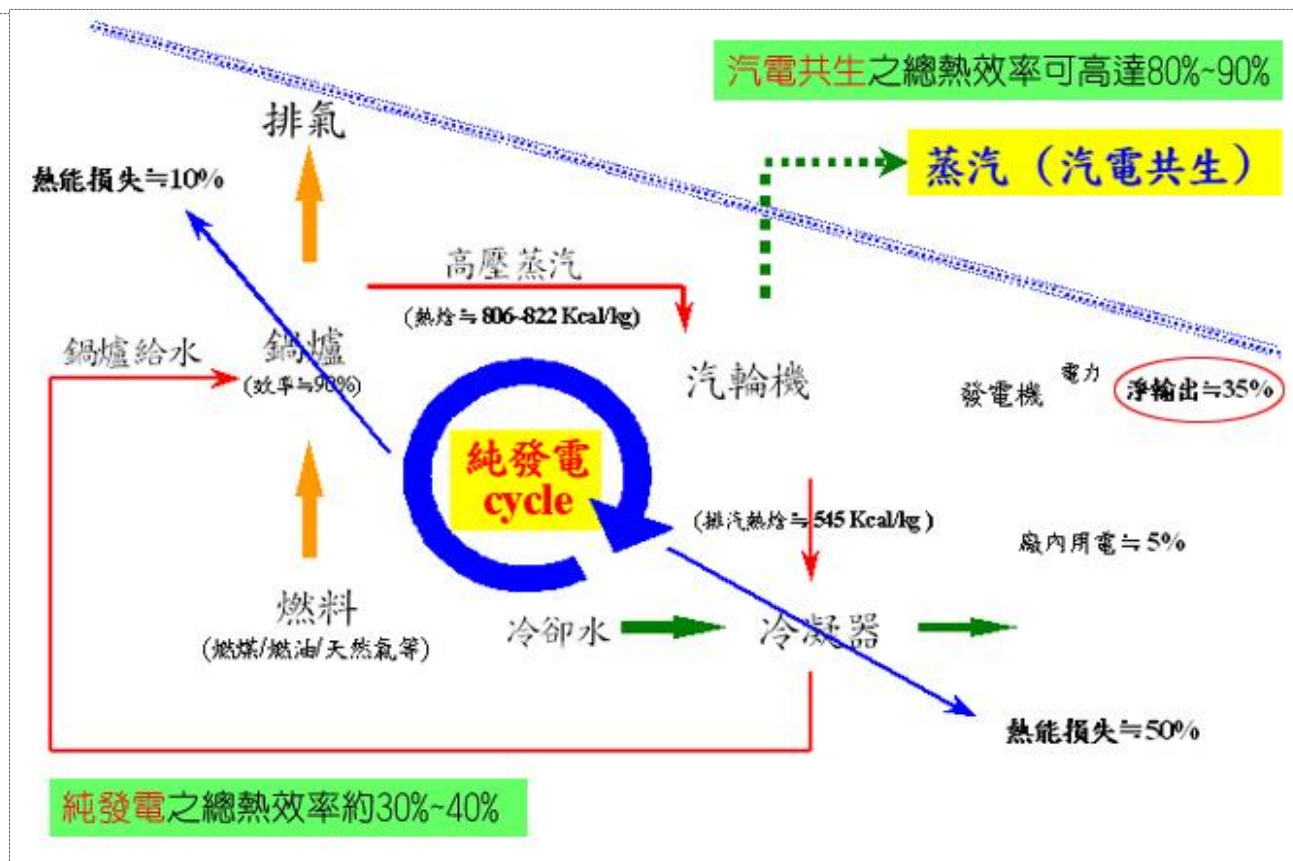


圖 1.11 以天然氣為燃料的燃氣渦輪機，位於新墨西哥州洛茲堡附近的 Tri-State G&T 公司所經營的金字塔發電站。

汽電共生

- ◆ 係指利用燃料或處理廢棄物同時產生有效熱能與電能之系統，也稱為熱電聯產，是燃料的熱力學有效使用。在單獨的電力生產中，一些能量必須作為廢熱被丟棄，但是在熱電聯產中，這些熱能中的一些被投入再使用。

汽電共生系統



合格汽電共生系統 - 台灣綜合研究院
<http://www.tri.org.tw/ele/images/p1.jpg>

汽電共生

- ◆ 由於汽電共生系統其燃料所產生之熱能可同時提供蒸汽及發電使用，因此以能源使用效率而言，其燃料熱能大約50~80%可轉換成蒸汽及電能，與傳統純發電之火力電廠及產製蒸汽之鍋爐比較，節省燃料可達20%以上，對於提高能源使用效率及節約能源有非常大的貢獻，同時亦可達到減少污染及抑制二氧化碳排放之效果。此外，由於汽電共生系統係伴隨工廠而分散設置於各地，對於分散電源及提高電力供應可靠度亦有顯著之成效。

- ◆ 經濟部於民國77年7月15日發布施行「汽電共生系統推廣辦法」，凡登記為合格汽電共生系統，其生產之餘電由台電公司收購，並由台電公司提供維修所需備用電力，以鼓勵業者投資興建汽電共生系統設備。台灣汽電共生系統之總裝置容量，民國69年僅占全國系統約3%，至95年合格汽電共生系統總家數94家（其中出售電力者占63家），總裝置容量717.4萬瓩，占全國電力系統16.1%，台電公司收購其生產之餘電為118億度（占台電公司發購電量6.6%）。

1.6 發電

1.6c 電力配送

- ◆ 電力是通過一組導電電線系統從發電站配送到終端用戶。
- ◆ 一個給定的導線電阻 R ，從方程式 1.23 可得出功率損耗為

$$P_{\text{loss}} = \frac{I^2}{R} \quad (1.38)$$

- ◆ 通過一段距離需要傳送一定量的功率 P_{trans} ，那麼從方程式 1.22 可得

$$P_{\text{trans}} = VI \quad (1.39)$$

1.6 發電

◆可得出電流如下

$$I = \frac{P_{\text{trans}}}{V} \quad (1.40)$$

◆代入方程式 1.38 可得

$$P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{trans}}^2 R}{V^2} \quad (1.41)$$

◆傳輸的距離越遠（因而電阻越大），則（通常）所需的電壓越高。



圖 1.12 一個住宅區內電線桿上的小型配電變壓器。



圖 1.13 配電設施中所使用的變壓器。

1.7 摘要

- ◆ 功率是用以量度每單位時間內所能產生或利用的能量。
- ◆ 熱力學的基本原理：溫度的定義、能量守恆、所有系統傾向於達到熱平衡，以及無法達到絕對零度的溫度。
- ◆ 初級能源可以被轉換成適於使用形式的能源。
- ◆ 歐姆定律的基礎上，當電流在電壓越高時傳輸，其功率損耗也越小。