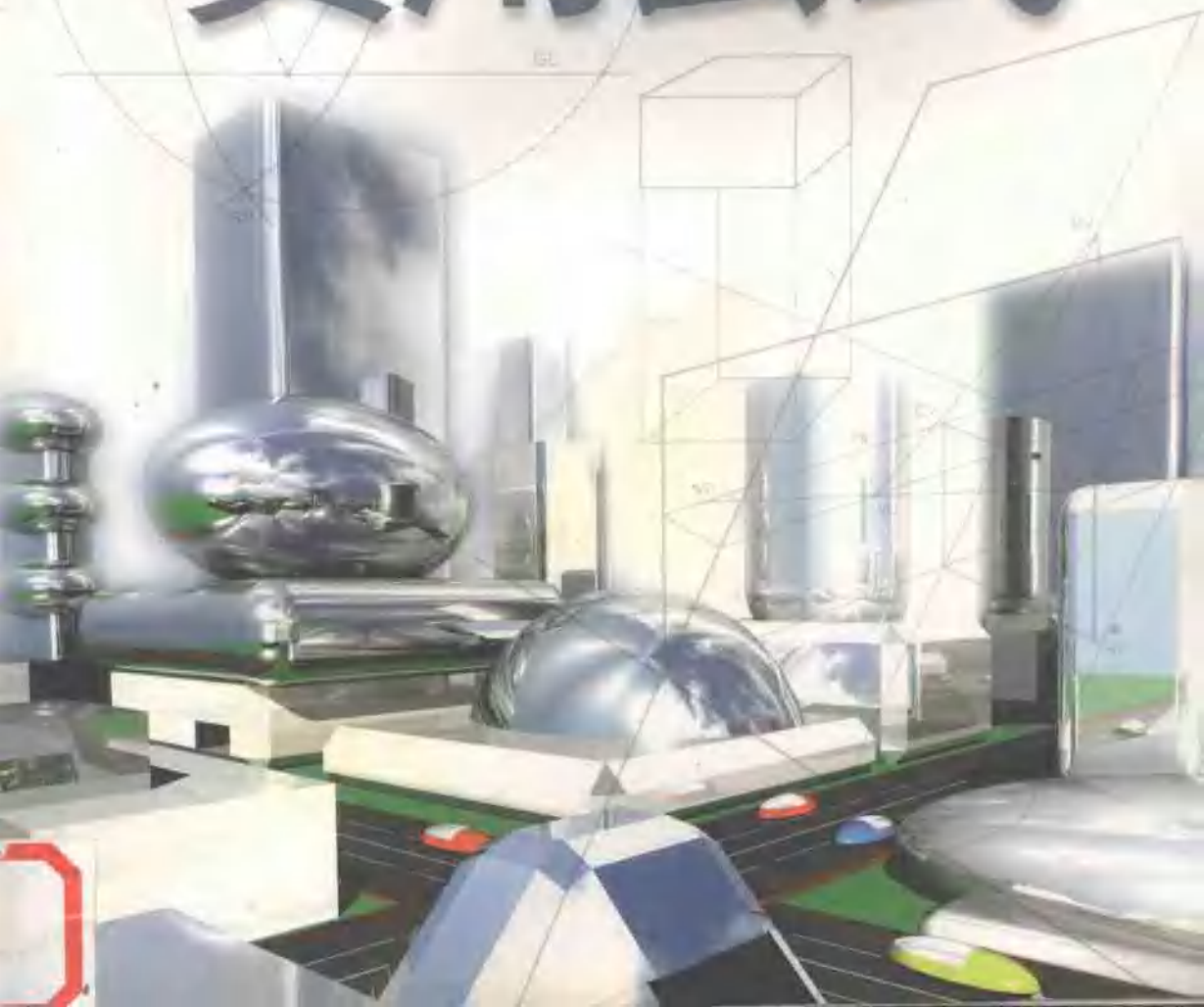


建築設備

作者/山田信亮 譯者/卜憲華 審訂/徐錦瑩

實用公式



建築設備實用公式

山田信亮 井守敏行
曾我部繁 鈴木貞幸 著

卜憲華 譯

徐錦瑩 審訂

台灣大學農業工程研究所碩士
亞新工程顧問公司 工程師

五南圖書出版公司 印行

建築設備實用公式

編 著 / 山田信亮・井守敏行

曾我部繁・鈴木貞幸

責任編輯 / 李淑如

出 版 者 / 五南圖書出版有限公司

登 記 號：局版台業字第 0598 號

地 址：台北市大安區 106

和平東路二段 339 號 4 樓

電 話：(02) 27055066 (代表號)

傳 真：(02) 27066100

劃 撥：0106895-3

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

發 行 人 / 楊 榮 川

門 市 / 五南文化廣場

總 店：台中市西區 400 中山路 2 號

電 話：(04) 2260330

沙 鹿 店：台中縣沙鹿鎮 433 中正街 77 號

電 話：(04) 6631635

逢 甲 店：台中市西屯區 407 逢甲路 218 號

電 話：(04) 2555800

高 雄 店：高雄市新興區中山一路 290 號

電 話：(07) 2351960

製 版 / 和鑫製版有限公司

印 刷 / 容大印刷事業有限公司

裝 訂 / 乙順裝訂行

中華民國 89 年 9 月初版一刷

ISBN 957-11-2166-5

基本定價 4.6 元

(如有缺頁或倒裝，本公司負責換新)



推薦語

我剛開始學習有關設備知識的時候，很少有參考書，而且查找國外文獻非常辛苦。但最近所發行的參考書種類豐富，無論是空調、衛生、電氣設備的哪一種都應有盡有，可以說是學習掌握技術的好時代。但是，一旦開始要學習掌握技術時，就會出現非常難懂的問題。例如，難以看清設備的整體結構，在許多技術計算式、公式中，如何運用哪個公式等。因此，當採用近似於設計的形式，加入實際數字按順序進行計算時，就會自然而然地理解設計方法的流程及有關的圖、表、數據等的使用方法。

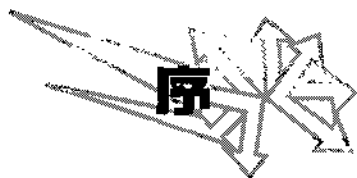
此次，我親密而尊敬的山田信亮先生和他的朋友們將計畫出版《建築設備實用公式手冊》一書，我拜讀了其內容，由衷地表示贊同。

作為建築設備系列的實用公式手冊，將首次由日本歐姆出版社出版，與有關技術人員讀者見面，本人以無比高興的心情期待著這一天的到來。

日本冷凍協會名譽會員

石渡憲治

一九八八年二月



夏季的室內空調、冬季的暖風扇或暖爐等，為舒適生活不可缺少的設備，隨著技術的不斷進步，使人們感到越來越方便。已經到了打一個電話就供給冷暖氣、水就能燒開，電燈就能打開的時代。

辦公大樓及所有建築物的舒適內環境，都離不開給排水、衛生設備、電氣設備。除此之外還有消防設備。如果說把建築及建築設備比喻為人的話，可以說圖案是皮膚和衣服，結構是骨骼，空氣調節設備是動脈、靜脈，給排水、衛生設備是胃、腸，電氣設備猶如神經。以這點來看，設備的存在必不可少。

因此，《建築設備實用公式手冊》主要是為職業高中學生、專科學生、大學生、初級技術人員及建築設備人員、學會設備人員、1.2 級管道工程施工管理技術人員等的參考資料。該書以例題形式歸納整理設計中所必要的公式和計算，並兼顧了能夠決定與設備相關的器具容量和配管、配線的管徑等內容。該書是日本歐姆出版社正在出版的《實用公式手冊》系列叢書之一的建築設備版。

最後，本書在執筆中引用了各位先生的文獻、資料，在此表示感謝。同時感謝東京工科專科學校的今野祐二先生及歐姆出版社出版部各位的大力協助和幫助。

作者

一九八八年二月

目次

推薦語

序

第一章 熱・流體・電 1

- 1.1 溫度 / 3
- 1.2 熱量和比熱 / 4
- 1.3 熱量單位的換算 / 6
- 1.4 熱力學第一、第二定律的求法 / 8
- 1.5 熱力學的基本公式和焓 / 9
- 1.6 理想氣體的狀態方程式 / 11
- 1.7 理想氣體的狀態變化(1) / 12
- 1.8 理想氣體的狀態變化(2) / 14
- 1.9 理想氣體的混合(濕空氣) / 16
- 1.10 卡諾循環和冷凍循環 / 17
- 1.11 比重和壓力 / 19
- 1.12 壓力單位 / 21
- 1.13 連續定律 / 23
- 1.14 伯努利定律 / 24
- 1.15 托里切利定律 / 25
- 1.16 雷諾數 / 27
- 1.17 摩擦產生的損失 / 30

- 1.18 管路形狀變化產生的損失／ 33
- 1.19 流量測定(1)文丘里計、皮托管／ 35
- 1.20 流量測定(2)測流孔／ 38
- 1.21 直流電路／ 40
- 1.22 電流的發熱作用和電功率／ 43
- 1.23 交流電路／ 45

第二章 空調設備 49

- 2.1 設計空調設備所需的戶外空氣條件、室內條件、非冷暖調房間溫度
／ 51
- 2.2 室內的發熱量／ 53
- 2.3 隙縫風／ 57
- 2.4 熱導率／ 59
- 2.5 由外牆面侵入的熱量／ 61
- 2.6 由窗玻璃面侵入的熱量／ 65
- 2.7 負載計算／ 67
- 2.8 空氣線圖／ 71
- 2.9 顯熱因子、送風量／ 73
- 2.10 新鮮空氣比、混合焓／ 75
- 2.11 排氣溫度／ 76
- 2.12 冷調能力・暖調能力(1)／ 77
- 2.13 冷調能力・暖調能力(2)／ 79
- 2.14 冷水盤管(1)／ 81
- 2.15 冷水盤管(2)／ 85
- 2.16 冷水盤管(3)／ 86
- 2.17 冷凍機、冷卻塔／ 89

- 2.18 鍋爐、油罐／ 90
- 2.19 供油罐、液壓齒輪泵、燃料消耗量／ 93
- 2.20 回水罐、真空給水泵、膨脹罐／ 94
- 2.21 蒸氣管道／ 96
- 2.22 鍋爐煙囪高度（依照建築標準法）／ 99
- 2.23 冷水（溫水）泵、冷卻水泵的水量／ 101
- 2.24 泵揚程（管道尺寸）／ 102
- 2.25 鼓風機的靜壓（通風管道尺寸）／ 106
- 2.26 泵、鼓風機動力／ 114
- 2.27 空氣淨化／ 116
- 2.28 聲音／ 118
- 2.29 換氣(1)／ 120
- 2.30 換氣(2)／ 122
- 2.31 排煙設備／ 124

第三章 給排水・衛生設備 127

- 3.1 供水量／ 129
- 3.2 貯水槽、高架水槽／ 131
- 3.3 揚水泵／ 132
- 3.4 供水管／ 134
- 3.5 供熱水量／ 137
- 3.6 熱水供給鍋爐、瞬間熱水器／ 139
- 3.7 熱水供給泵、熱水供給管徑／ 140
- 3.8 污水量、雨水量／ 142
- 3.9 排水管／ 144
- 3.10 通氣管、排水槽、污水槽／ 147

3.11 淨化池／148

3.12 瓦斯管道／153

3.13 消防泵／156

第四章 電氣設備 **159**

4.1 照明設備／161

4.2 動力設備／167

4.3 總線設備／171

4.4 配、變電設備／177

4.5 發電機設備／182

4.6 弱電設備／184

4.7 火災自動報警設備／186

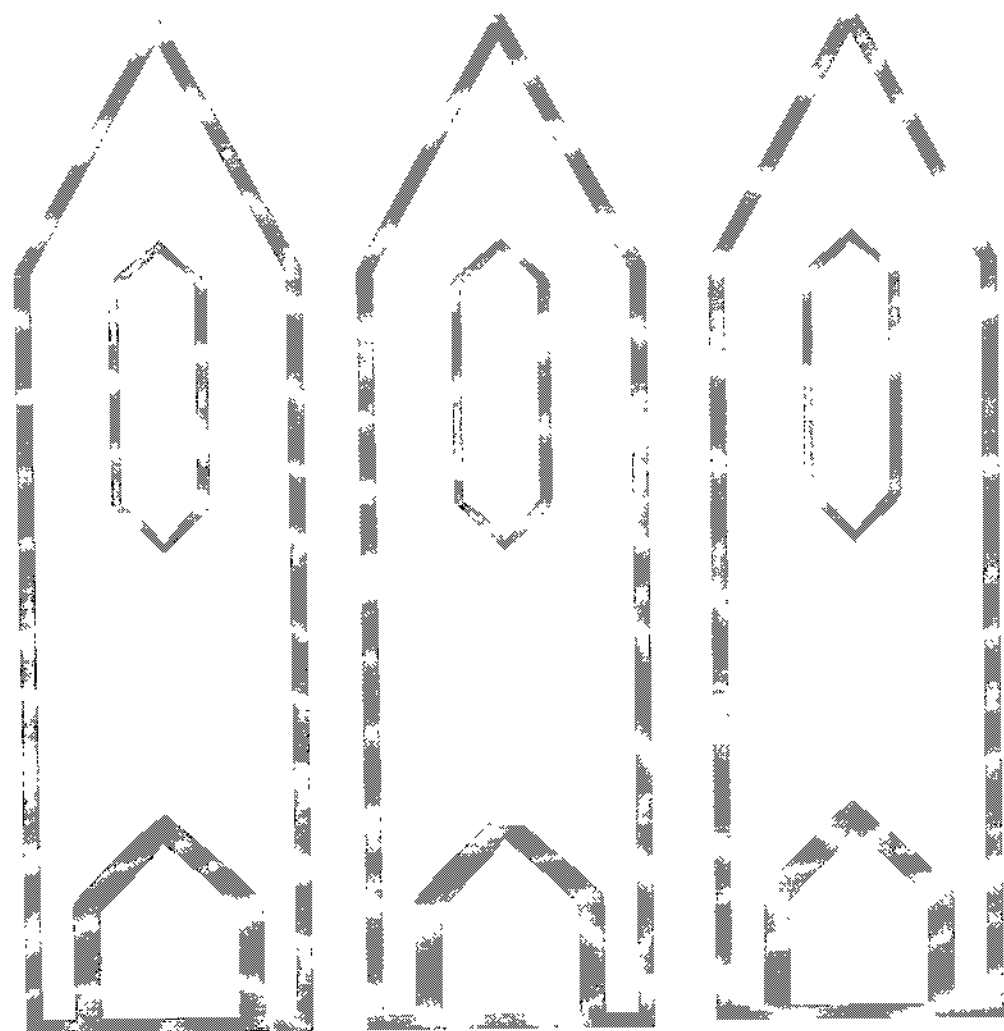
4.8 避雷針設備／188

第五章 輸送設備 **193**

5.1 電梯設備／195

5.2 自動扶梯設備／198

1 熱・流體・電



1.1 溫度

1 攝氏和華氏的關係

攝氏 0°C = 華氏 32°F ，攝氏 100°C = 華氏 212°F

$$\frac{t}{100} = \frac{t_f - 32}{180} \quad (1)$$

或

$$t = \frac{5}{9}(t_f - 32), t_f = \frac{9}{5}t + 32 \quad (2)$$

2 和絕對溫度之間的關係

$$T = t + 273.16, T_f = t_f + 459.69$$

$$T = \frac{5}{9}T_f \quad (3)$$

t : 攝氏 ($^{\circ}\text{C}$)， t_f : 華氏 ($^{\circ}\text{F}$)， T : 攝氏絕對溫度(K)， T_f : 華氏絕對溫度(R)

例題 1 把 100°C 換算成華氏溫度時為多少？

解答 由(2)式， $t_f = (\frac{9}{5})t + 32 = (\frac{9}{5}) \times 100 + 32 = 212(^{\circ}\text{F})$

例題 2 把 32°F 換算成攝氏溫度時為多少？

解答 由(2)式， $t = (\frac{5}{9})(t_f - 32) = (\frac{5}{9})(32 - 32) = 0(^{\circ}\text{C})$

例題 3 把 1000K 換算成華氏絕對溫度 R 時為多少？

解答 由(3)式， $T_f = (\frac{9}{5})T = (\frac{9}{5}) \times 1000 = 1800(R)$

例題 4 把 900R 換算成攝氏絕對溫度 K 時為多少？

解答 由(3)式， $T = (\frac{5}{9})T_r = (\frac{5}{9}) \times 900 = 500(K)$

要 點

以數量表示冷熱程度的是溫度，在我國採用攝氏 $^{\circ}\text{C}$ ，在英美採用華氏 $^{\circ}\text{F}$ 。以冰的溶點 $0(^{\circ}\text{C}) = 32(^{\circ}\text{F})$ ，水的沸點 $100(^{\circ}\text{C}) = 212(^{\circ}\text{F})$ 為基準，把其間分成 180 等分。

$\frac{5}{9}$ 為攝氏標度 100 等分和華氏標度 180 等分之比。

由(1)式的方程式 $\frac{t}{100} = (t_r - 32)/180$ ，可導出下式。

$$180t = 100(t_r - 32)$$

$$\therefore t = \frac{5}{9}(t_r - 32)$$

體積一定，在理想氣體狀態下，當使溫度下降 1°C 時， 0°C 時的壓力只減少 $1/273.16$ 。即在 -273.16°C 時，壓力為 0。把這個溫度作為 0°C ，用 k 表示這種溫度的單位，叫做絕對溫度。K 是開爾文，也寫做 $^{\circ}\text{Cabs}$ ，R 是蘭金也寫做 Fabs 。

1.2

熱量和比熱

$$Q = GC(t_2 - t_1), q = C(t_2 - t_1) \quad (1)$$

$$C = \frac{q}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Q：熱量(kcal)，G：物質的重量(kg)，q：每 1 kg 物質的熱量(kcal/kg)，C：比熱(kcal/kg $\cdot^{\circ}\text{C}$)， t_1, t_2 ：溫度 ($^{\circ}\text{C}$)

例題 1 原水量為 1 噸，水溫為 15°C 。問水的熱量去掉多少能夠製成 -10°C 的冰？把 15 % 的製冰損失估計在內。

解 答 由(1)式

$$15^{\circ}\text{C 的水} \rightarrow 0^{\circ}\text{C 的水} \quad 1 \times 1000 \times (15 - 0) = 15000(\text{kcal})$$

$$0^{\circ}\text{C 的水} \rightarrow 0^{\circ}\text{C 的冰} \quad 79.68 \times 1000 = 79680(\text{kcal})$$

$$0^{\circ}\text{C 的冰} \rightarrow -10^{\circ}\text{C 的冰} \quad 0.5 \times 1000 \times [0 - (-10)] = 5000(\text{kcal})$$

共計 99680(kcal)

$$99680 \times 1.15 = 114632(\text{kcal})$$

例題 2 問用 79680 kcal 的熱量去熔化多少 kg 0°C 的冰，才能夠得到 0°C 的水？

解 答 $79680/79.68 = 1000(\text{kg})$

例題 3 要去除某房間的顯熱量 60000 kcal/h，使室溫降溫保持到 26°C ，需要多少空氣量？設吹出溫度為 10°C 。

解 答 由(1)， $G = Q/C(t_2 - t_1) = 60000/0.24(26 - 10) = 15625(\text{kg/h})$ ，如果用空氣的比容積 $0.83 \text{ m}^3/\text{kg}$ 相乘，則約等於 $12969 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

例題 4 某冷凍機的凝縮熱量為 50000 kcal/h，冷卻水量為 165 L/min，當出口水溫為 35°C 時，求入口水溫。

解 答 由(1)式， $t_2 = t_1 - (Q/CG) = 35 - (50000/1 \times 165 \times 60) = 29.95 \div 30 (^{\circ}\text{C})$

例題 5 製冰重量為 2000 kg，溫度為 -15°C 。使該冰保持在 -15°C 的冷凍熱量為 15000 kcal。求冰的比熱。設熱量損失為 0。

解答 由(2)式， $C = 15000 / \{ 2000 [0 - (-15)] \} = 0.5 (\text{kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$

要 點

注意：熱量符號用 $Q(\text{kcal})$ ， $q(\text{kcal/kg})$ 表示。

冰的熔解熱 79.68 kcal/kg
 水的蒸發潛熱 597.3 kcal/kg
 乾冰的昇華熱 137 kcal/kg

表 1.1 空氣的比熱

定壓比熱 C_p	0.24 kcal/kg $\cdot ^{\circ}\text{C}$
定容比熱 C_v	0.171 kcal/kg $\cdot ^{\circ}\text{C}$
比熱之比 $k = C_p/C_v$	1.402

1.3

熱量單位的換算

$$1(\text{kcal}) = 3.968(\text{BTU}) = 2.205(\text{Pcu})$$

$$1(\text{BTU}) = 0.5556(\text{Pcu}) = 0.252(\text{kcal})$$

$$1(\text{Pcu}) = 0.4536(\text{kcal}) = 1.800(\text{BTU})$$

例題 1 把 1 kcal 換算成 BTU 及 Pcu 單位。

解答 因為 $1(\text{kg}) = 2.2046(\text{lb})$ ， $1(^{\circ}\text{C}) = 9/5(^{\circ}\text{F})$ ，所以 $1(\text{kcal}) = 2.2046 \times 9/5 = 3.968(\text{BTU})$ ，若用 Pcu 表示，則 $1(\text{kcal}) = 2.2046 \times 1 = 2.205(\text{Pcu})$

例題 2 把 1BTU 換算成 kcal 及 Pcu 單位。

解答 因為 $1(\text{lb}) = 0.4536(\text{kg})$, $1(^{\circ}\text{F}) = 5/9(^{\circ}\text{C})$, 所以 $1(\text{BTU}) = 0.4536 \times 5/9 = 0.252(\text{kcal})$, 若用 Pcu 表示, 則 $1(\text{BTU}) = 1 \times 5/9 = 0.5556(\text{Pcu})$ 。

例題 3 把 1Pcu 換算成 kcal 及 BTU 單位。

解答 因為 $1(\text{lb}) = 0.4536(\text{kg})$, $1(^{\circ}\text{C}) = 9/5(^{\circ}\text{F})$, 所以 $1(\text{Pcu}) = 0.4536 \times 1 = 0.4536(\text{kcal})$, 若用 BTU 表示, 則 $1(\text{Pcu}) = 1 \times 9/5 = 1.800(\text{BTU})$

例題 4 把 2000 kcal 換算成 BTU 及 Pcu 單位。

解答 因為 $1(\text{kcal}) = 3.968(\text{BTU}) = 2.205(\text{Pcu})$, 所以 $2000(\text{kcal}) = 3.968 \times 2000 = 7936(\text{BTU})$, $2000(\text{kcal}) = 2.205 \times 2000 = 4410(\text{Pcu})$

要 點

在日本工業上使用的單位是 kcal。1 kcal 是在標準空氣下, 使 1 kg 水的溫度上升 1°C 所需要的熱量。把 1 kcal 的 $1/1000$ 叫做 1 cal。另外, 作為英制熱量單位有 BTU, 是使 1 lb 水的溫度上升 1°F 所需要的熱量。 P_{cu} 或 Chu 是使 1 lb 的水的溫度上升 1°C 所需要的熱量單位。

有時把 1 千卡叫做大卡。另外, 因為提高 1°C 所需要的熱量, 由於當時的水溫不同而不同, 所以當有精確度要求時, 作為把水的溫度從 14.5°C 提高到 15.5°C 的熱量單位使用 15 度卡(cal_{15})。

表 1.2 熱量單位的比較

kcal	BTU	P _{in} (Chu)
1	3.968	2.205
0.252	1	0.5556
0.4536	1.800	1

1.4 熱力學第一、第二定律的求法

1 熱、功都是能的一種形態，熱和功能夠互相轉換。

$$Q = AL, L = JQ \quad (1)$$

Q：熱量(kcal)，L：作功量(kg · m)，A：功的熱當量 1/427(kcal/kg · m)；J：熱的功當量 427(kg · m/kcal)

2 $Q = AL$ 這一等式，實際上不能無限制地進行。也就是說雖然機械能或功消耗能夠變成熱量，但反過來要使熱量變成功時就要受到限制。簡單地說，熱量雖然可以從高溫物體傳向低溫物體，但熱量不能自動地從低溫物體傳向高溫物體。這是熱力學第二定律。

例題 1 1kWh 及 1PS 的作功量，相當於多少熱量？

解答 因為 1(KW)= 102(kg · m/s)，所以由(1)式，1(kWh)=(1/427)× 102×3600 = 860(kcal)，1(PS)=(1/427)×75×3600 = 632.32÷632(kcal)

例題 2 某家庭每天使用 8 個小時 100 W 的電燈，問一個月使用多少 kcal？設一個月為 30 天。

解答 因為一天的散熱量為 0.1(kW)×8 = 0.8(kWh)，一個月的散熱量為 0.8(kWh)×30 = 24(kWh)，1(kWh)= 860(kcal)，所以 $Q = 860 \times 24 = 20640$ (kcal)