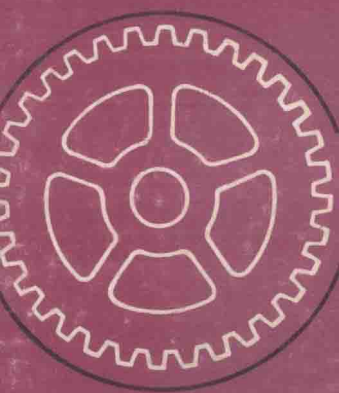




簡易機械講座

8

# 鍋爐與蒸氣輪機

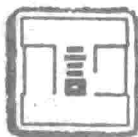
小林恒和著 / 徐景福譯

● ● ● ● 簡易機械講座 8 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

# 鍋爐與蒸氣輪機

● ● ● ● ● ● ● ● ● ● 徐景福編譯 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

江苏工业学院图书馆  
藏 书 章



簡易機械講座⑧鍋爐與蒸氣輪機（平裝）

譯 者：徐景福 ◇ 特價一六〇元

出版者 ☐ 正言出版社 ☐ 台南市衛民街三十一號 ☐ 郵政劃撥儲金帳戶三一六一四號 ☐ 電話（〇六二）二五二一五五 / 六號 ☐ 發行者 ☐ 正言出版社 ☐ 發行人 ☐ 王餘安 ☐ 本出版社業經行政院新聞局核准登記 ☐ 發給出版事業登記證局版台業字第〇四〇七號 ☐ 印刷者 ☐ 美光印刷廠 ☐ 台南市新和路一四號

69.11.初版

# 目 錄

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>1 熱與蒸氣</b> .....  | <b>1</b>  |
| 1.1 溫度、熱量的單位及比熱..... | <b>1</b>  |
| 1.1.1 溫 度 .....      | <b>1</b>  |
| 1.1.2 熱量的單位 .....    | <b>3</b>  |
| 1.1.3 比 熱 .....      | <b>4</b>  |
| 1.2 傳 熱.....         | <b>7</b>  |
| 1.2.1 熱輻射 .....      | <b>8</b>  |
| (a) 關於熱輻射的基礎定律 ..... | ( 8 )     |
| (b) 2 固體面間的輻射 .....  | ( 10 )    |
| (c) 氣體的輻射 .....      | ( 12 )    |
| 1.2.2 熱傳導.....       | <b>18</b> |
| (a) 熱傳導與熱傳導率.....    | ( 18 )    |
| (b) 平板的穩定熱傳導 .....   | ( 19 )    |
| (c) 圓管的穩定熱傳導 .....   | ( 21 )    |
| 1.2.3 熱傳達.....       | <b>22</b> |
| (a) 熱傳達 .....        | ( 22 )    |
| (b) 熱傳達率.....        | ( 24 )    |
| 1.2.4 熱貫流.....       | <b>26</b> |
| 1.3 熱力學的基本定律 .....   | <b>30</b> |
| 1.3.1 熱力學第一定律.....   | <b>30</b> |
| (a) 熱力學第一定律.....     | ( 30 )    |
| (b) 狀態量及狀態式.....     | ( 32 )    |
| (c) 內 能.....         | ( 32 )    |
| (d) 靜止中之物體的能量式.....  | ( 33 )    |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| (e) 對於實施穩定流動之物體的能量式.....   | (34)      |
| (f) 可逆變化與PV線圖.....         | (36)      |
| <b>1.3.2 熱力學第二定律.....</b>  | <b>40</b> |
| (a) 熱力學第二定律.....           | (40)      |
| (b) 循環.....                | (41)      |
| (c) 卡諾循環.....              | (42)      |
| (d) 熵.....                 | (46)      |
| <b>1.4 蒸氣.....</b>         | <b>50</b> |
| <b>1.4.1 蒸氣的一般性質.....</b>  | <b>51</b> |
| <b>1.4.2 蒸氣的熱力學狀態.....</b> | <b>53</b> |
| (a) 飽和液.....               | (53)      |
| (b) 飽和蒸氣.....              | (55)      |
| (c) 過熱蒸氣.....              | (55)      |
| <b>1.4.3 蒸氣表與蒸氣線圖.....</b> | <b>56</b> |
| (a) 蒸氣表.....               | (56)      |
| (b) 蒸氣線圖.....              | (57)      |

## **2 鍋爐的種類及構造.....60**

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>2.1 鍋爐的概要.....</b>      | <b>60</b> |
| <b>2.1.1 鍋爐的構成部分.....</b>  | <b>60</b> |
| <b>2.1.2 鍋爐的分類.....</b>    | <b>63</b> |
| <b>2.1.3 鍋爐的容量及性能.....</b> | <b>63</b> |
| (a) 鍋爐的容量.....             | (63)      |
| (b) 鍋爐效率.....              | (65)      |
| (c) 傳熱面蒸發率及蒸發倍數.....       | (66)      |
| (d) 爐篦燃燒率及火爐熱發生率.....      | (66)      |

## **2.2 圓形鍋爐.....67**

|       |                 |      |
|-------|-----------------|------|
| 2.2.1 | 立式鍋爐 .....      | 69   |
| (a)   | 橫管式 .....       | (69) |
| (b)   | 多管式 .....       | (70) |
| (c)   | 考克蘭鍋爐 .....     | (71) |
| 2.2.2 | 爐筒鍋爐 .....      | 71   |
| (a)   | 可魯尼西鍋爐 .....    | (72) |
| (b)   | 蘭卡西鍋爐 .....     | (74) |
| 2.2.3 | 火管鍋爐 .....      | 75   |
| (a)   | 火管鍋爐 .....      | (75) |
| (b)   | 機車鍋爐 .....      | (77) |
| (c)   | 機車形鍋爐 .....     | (78) |
| 2.2.4 | 爐筒火管鍋爐 .....    | 79   |
| (a)   | 船用圓形鍋爐 .....    | (79) |
| (b)   | 陸用爐筒火管鍋爐 .....  | (81) |
| 2.3   | 自然循環式水管鍋爐 ..... | 82   |
| 2.3.1 | 直管式水管鍋爐 .....   | 83   |
| (a)   | 組合鍋爐 .....      | (84) |
| (b)   | 田熊式鍋爐 .....     | (84) |
| 2.3.2 | 曲管式水管鍋爐 .....   | 85   |
| 2.3.3 | 輻射鍋爐 .....      | 88   |
| 2.4   | 強制流動式水管鍋爐 ..... | 89   |
| 2.4.1 | 強制循環式水管鍋爐 ..... | 90   |
| (a)   | 拉門特鍋 .....      | (91) |
| (b)   | 貝羅克斯鍋爐 .....    | (92) |
| 2.4.2 | 貫流鍋爐 .....      | 93   |
| (a)   | 賓遜鍋爐 .....      | (93) |
| (b)   | 茲魯夏鍋爐 .....     | (94) |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| (c) 小形貫流鍋爐 .....         | ( 94 )     |
| <b>2.5 特殊鍋爐</b> .....    | <b>95</b>  |
| 2.5.1 鑄鐵鍋爐 .....         | 95         |
| 2.5.2 間接加熱鍋爐 .....       | 96         |
| (a) Schmidt 鍋爐 .....     | ( 97 )     |
| (b) 雷夫拉鍋爐 .....          | ( 97 )     |
| <b>3 鍋爐的附屬機器</b> .....   | <b>99</b>  |
| <b>3.1 過熱器</b> .....     | <b>99</b>  |
| 3.1.1 過熱器的種類 .....       | 99         |
| 3.1.2 過熱器的構造 .....       | 100        |
| 3.1.3 蒸氣溫度的調節法 .....     | 102        |
| 3.1.4 再熱器 .....          | 103        |
| <b>3.2 省煤器</b> .....     | <b>104</b> |
| 3.2.1 省煤器的種類 .....       | 104        |
| 3.2.2 省煤器的構造 .....       | 104        |
| 3.2.3 省煤器的處理 .....       | 106        |
| <b>3.3 空氣預熱器</b> .....   | <b>106</b> |
| 3.3.1 空氣預熱器的種類 .....     | 107        |
| 3.3.2 空氣預熱器的構造 .....     | 107        |
| 3.3.3 空氣預熱器的處理 .....     | 108        |
| <b>3.4 通風及通風裝置</b> ..... | <b>109</b> |
| 3.4.1 通風 .....           | 109        |
| (a) 通風方式 .....           | ( 109 )    |
| (b) 通風的抵抗 .....          | ( 110 )    |
| 3.4.2 煙鹵及煙道 .....        | 111        |
| 3.4.3 通風機 .....          | 113        |

|       |                  |       |
|-------|------------------|-------|
| 3.5   | 給水裝置 .....       | 114   |
| (a)   | 往復泵浦 .....       | (114) |
| (b)   | 輪機泵浦 .....       | (115) |
| (c)   | 射水器 .....        | (115) |
| (d)   | 自動給水調節裝置 .....   | (116) |
| 3.6   | 附屬裝置及附屬品 .....   | 116   |
| 3.6.1 | 安全閥 .....        | 116   |
| 3.6.2 | 減少安全裝置 .....     | 118   |
| 3.6.3 | 高低水位警報器 .....    | 118   |
| 3.6.4 | 壓力計 .....        | 119   |
| 3.6.5 | 水面計 .....        | 120   |
| 3.6.6 | 蒸氣清淨裝置 .....     | 122   |
| 3.6.7 | 吹洩裝置 .....       | 123   |
| 3.6.8 | 其 他 .....        | 124   |
| 4     | 燃料、燃燒及燃燒裝置 ..... | 125   |
| 4.1   | 鍋爐用燃料 .....      | 125   |
| 4.1.1 | 固體燃料 .....       | 125   |
| (a)   | 煤的分類 .....       | (125) |
| (b)   | 煤的分析 .....       | (128) |
| (c)   | 煤的性質 .....       | (129) |
| 4.1.2 | 液體燃料 .....       | 131   |
| 4.1.3 | 氣體燃料 .....       | 131   |
| 4.2   | 燃 燒 .....        | 134   |
| 4.2.1 | 燃燒及發熱量 .....     | 134   |
| 4.2.2 | 燃燒需要的空氣量 .....   | 137   |
| (a)   | 理論空氣量 .....      | (137) |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| (b) 過量空氣 .....       | ( 138 )    |
| 4.2.3 燃燒室 .....      | 140        |
| 4.3 煤燃燒裝置 .....      | 141        |
| 4.3.1 爐篦燃燒裝置 .....   | 141        |
| (a) 人工加煤 .....       | ( 142 )    |
| (b) 撒佈加煤機 .....      | ( 142 )    |
| (c) 火下加煤機 .....      | ( 143 )    |
| (d) 鏈篦式加煤機 .....     | ( 144 )    |
| (e) 階段加煤機 .....      | ( 146 )    |
| 4.3.2 微粉煤燃燒裝置 .....  | 147        |
| (a) 特    徵 .....     | ( 147 )    |
| (b) 方    式 .....     | ( 148 )    |
| (c) 主要設備 .....       | ( 149 )    |
| (d) 濕式燃燒爐 .....      | ( 152 )    |
| (e) 克雷瑪微粉煤燃燒裝置 ..... | ( 153 )    |
| (f) 處    理 .....     | ( 153 )    |
| 4.4 重油燃燒裝置 .....     | 154        |
| 4.4.1 重油燃燒器 .....    | 154        |
| (a) 壓力噴霧式燃燒器 .....   | ( 154 )    |
| (b) 蒸氣或空噴霧式燃燒器 ..... | ( 155 )    |
| (c) 旋轉式燃燒器 .....     | ( 156 )    |
| 4.4.2 油供給系統 .....    | 156        |
| <b>5 鍋爐的操作 .....</b> | <b>157</b> |
| 5.1 鍋爐的操作 .....      | 157        |
| 5.1.1 起動時的操作 .....   | 157        |
| 5.1.2 運轉中的操作 .....   | 158        |

|          |                      |            |
|----------|----------------------|------------|
| 5.1.3    | 使用停止時的操作 .....       | 159        |
| 5.2      | 給 水 .....            | 159        |
| 5.2.1    | 給水中的不純物 .....        | 160        |
| 5.2.2    | 鍋爐用水之不純物引起的障害 .....  | 161        |
| 5.2.3    | 鍋爐用水的標準值 .....       | 162        |
| 5.2.4    | 給水處理 .....           | 162        |
|          | (a) 夾雜物的除去 .....     | ( 163 )    |
|          | (b) 氣體的除去 .....      | ( 163 )    |
|          | (c) 溶解固形分的除去 .....   | ( 163 )    |
| 5.2.5    | 鍋爐水處理 .....          | 165        |
| <b>6</b> | <b>蒸氣輪機的概要 .....</b> | <b>167</b> |
| 6.1      | 作動原理及構成部分 .....      | 167        |
| 6.2      | 蒸氣輪機的分類 .....        | 168        |
| 6.3      | 蒸氣輪機的形式 .....        | 169        |
| 6.3.1    | 衝動式輪機 .....          | 169        |
|          | (a) 單式輪機 .....       | ( 169 )    |
|          | (b) 速度複式輪機 .....     | ( 170 )    |
|          | (c) 壓力複式輪機 .....     | ( 171 )    |
| 6.3.2    | 反動式輪機 .....          | 172        |
|          | (a) 軸流反動輪機 .....     | ( 172 )    |
|          | (b) 徑向流反動式輪機 .....   | ( 172 )    |
| 6.3.3    | 混式輪機 .....           | 173        |
| 6.3.4    | 凝結輪機 .....           | 174        |
| 6.3.5    | 背壓輪機，抽氣輪機 .....      | 176        |
| 6.3.6    | 積蓄器輪機 .....          | 177        |
| 6.3.7    | 排氣輪機及其他輪機 .....      | 178        |

|       |                |       |
|-------|----------------|-------|
| 6.4   | 蒸氣動力廠循環        | 178   |
| 6.4.1 | 朗肯循環           | 178   |
| 6.4.2 | 再熱循環           | 180   |
| 6.4.3 | 再生循環           | 181   |
| 6.4.4 | 再熱再生循環         | 184   |
| 7     | 蒸氣輪機內蒸氣的流動及其作用 | 185   |
| 7.1   | 噴嘴內的流動         | 185   |
| 7.1.1 | 理想的流動          | 185   |
| 7.1.2 | 實際的流動          | 189   |
| 7.2   | 回轉葉片的流動        | 191   |
| 7.3   | 衝動輪機的週邊效率      | 192   |
| 7.3.1 | 單式衝動輪機的週邊效率    | 192   |
| 7.3.2 | 速度複式衝動輪機的週邊效率  | 195   |
| 7.3.3 | 壓力複式衝動輪機的週邊效率  | 196   |
| 7.3.4 | 輪流反動輪機的週邊效率    | 198   |
| 7.3.5 | 徑流反動輪機的週邊效率    | 200   |
| 7.4   | 蒸氣輪機的各種損失      | 201   |
| 7.4.1 | 蒸氣輪機的內部損失      | 201   |
|       | (a) 噴嘴損失       | (202) |
|       | (b) 回轉葉片損失     | (202) |
|       | (c) 流出速度損失     | (203) |
|       | (d) 內部洩漏損失     | (204) |
|       | (e) 濕損失        | (204) |
|       | (f) 回轉損失       | (204) |
| 7.4.2 | 內部效率及再熱係數      | 205   |
| 7.4.3 | 蒸氣輪機的外部損失      | 206   |

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 7.5   | 蒸氣輪機的性能.....        | 207 |
| 7.5.1 | 輪機的有效效率.....        | 207 |
| 7.5.2 | 蒸氣消費量及熱消費量.....     | 208 |
| 8     | 蒸氣輪機的主要部.....       | 211 |
| 8.1   | 輪機的輪室.....          | 211 |
| 8.2   | 噴 嘴.....            | 212 |
| 8.3   | 葉 片.....            | 213 |
| 8.4   | 隔 板.....            | 215 |
| 8.5   | 輪機圓板及輪機圓筒.....      | 216 |
| 8.6   | 軸 軸承及聯軸節.....       | 217 |
| 8.7   | 防漏裝置.....           | 218 |
| 9     | 蒸氣輪機的調整裝置.....      | 219 |
| 9.1   | 調速裝置.....           | 219 |
| 9.2   | 節流調速法與噴嘴封閉調速法.....  | 221 |
| 9.3   | 調壓裝置.....           | 222 |
| 10    | 凝結裝置.....           | 224 |
| 10.1  | 凝結裝置的概要.....        | 224 |
| 10.2  | 表面凝結器的構造.....       | 225 |
| 10.3  | 附屬裝置.....           | 226 |
|       | (a) 抽氣泵浦..... (226) |     |
|       | (b) 循環泵浦..... (226) |     |
|       | (c) 凝結泵浦..... (227) |     |
| 10.4  | 給水系統.....           | 227 |

# ／ 熱與蒸氣

## 1.1 溫度、熱量的單位及比熱

溫度不同的 2 個物體互相接觸時，則熱從高溫物體移動於低溫物體，此時熱的移動，由於物體間的溫度差而繼續進行。如果不受其他物體的影響，則於經過相當的時間後，2 個物體變成同一溫度，熱的移動停止。此種狀態稱平衡狀態。從各種的經驗得知，當物體 A 與物體 B 呈熱平衡，而物體 B 與物體 C 復呈熱平衡時，則物體 A 與物體 C 為熱平衡。即，A 與 B 同溫度、B 與 C 同溫度之際，A 與 C 為同溫度。

### 1.1.1 溫 度

溫度乃表示吾人所感到冷暖程度的標記。吾人雖可感覺物體溫度的高低，但能感覺的範圍狹小而且不正確，所以一般乃使用溫度計測定溫度。溫度計乃利用於一定狀態保持一定的值，隨溫度的變化而呈規則變化之物體的性質。例如，物體的熱膨脹，熱起電力，熱放射，電阻等係利用因溫度而變化的性質。

溫度刻度一般用攝氏溫度刻度為多。攝氏溫度刻度，係於標準氣壓之下，使純水凝固之溫度即冰點以及純水沸騰時之溫度即蒸氣點，作為溫度的基本定點；冰點定為 0 度，蒸氣點定為 100 度，兩定點溫度差之  $1/100$ ，定為一度。溫度可低於 0 度及高於 100 度，溫度普通用  $^{\circ}\text{C}$  表示。除了攝氏溫度刻度外，亦使用華氏溫度刻度。華氏溫度刻度，乃於標準氣壓下，純水的冰點及蒸氣點各定為 32 度及 212 度，其間之 180 等分之 1 稱為 1 度，用  $^{\circ}\text{F}$  符號表

之。英國及美國使用。現在分別用攝氏及華氏的刻度  $t$  及  $t_F$  表示同一溫度，則下列的關係成立

$$t = \frac{5}{9} (t_F - 32) \quad (1.1)$$

$$t_F = \frac{9}{5} t + 32 \quad (1.2)$$

依據熱力學，溫度在高溫無極限；但在低溫被證明有極限。理想氣體根據查理定律，在一定容積之情況下，氣體壓力在溫度下降  $1^\circ\text{C}$  即減少  $0^\circ\text{C}$  時壓力之  $1/273.15^\circ\text{C}$ ，溫度下降至  $-273.15^\circ\text{C}$  時，壓力變為零，在此溫度下，氣體之分子運動完全停止，故  $-273.15^\circ\text{C}$  乃最低極限之溫度，以熱力學的最低溫度即  $-273.15^\circ\text{C}$  定為 0 度的溫度刻度，稱為絕對溫度刻度，據此所表示的溫度稱為絕對溫度，而  $-273.15^\circ\text{C}$  稱為絕對零度。攝氏及華氏溫度刻度其原來的零點移至絕對零度時，則成為攝氏絕對溫度及華氏絕對溫度，分別用  $T$  及  $T_F$  表示。

$$T = t + 273.15 \div t + 273 \quad (1.3)$$

$$T_F = t_F + 459.69 \div t_F + 460 \quad (1.4)$$

$$T = \frac{5}{9} T_F \quad (1.5)$$

攝氏絕對溫度用  $^\circ\text{K}$  或  $^\circ\text{Cabs}$ ，華氏絕對溫度用  $^\circ\text{R}$  或  $^\circ\text{Fabs}$  之符號表示。

攝氏絕對溫度亦稱開爾文度 (Degree Kelvin)，為國際溫度刻度的基本刻度。又，國際實用刻度，大抵與攝氏溫度刻度同。日本的計量法之規格係以國際規格為準據。因此，溫度的計量單位用開爾文度，規定水的三重點為  $-273.15^\circ\text{K}$ ，刻度為熱力學的絕對溫度刻度。補助單位用度，係從開爾文度減去 273.15 所得之數值而表示的刻度，與攝氏刻度一致。

### 1.1.2 熱量的單位

物體所以有冷暖的差異，係物體保有的熱量不同所致。溫度高時，其保有的熱量乃較溫度低時為多。因此，施熱於物體溫度即增高，熱離開物體溫度即下降。熱為能量的一種，依據氣體運動論，熱為氣體分子的動能。分子的運動活躍則溫度增高，分子的運動衰減，則溫度降低。所以，加熱於物體，乃加強物體之分子運動的意義。

熱量的單位，在工學上使用仟卡（kcal）。所謂1仟卡，乃標準氣壓的情況下，1kg的純水升高溫度1°C所需要的熱量。

1kcal的1/1000，稱為卡（cal）。1kg的水升高1°C所需要的熱量，依溫度多少有些差異，有15°kcal，平均kcal。國際蒸氣表kcal等之別，普通用15°kcal，意指在標準氣壓的情況下，1kg的純水從14.5°C升至15.5°C所需要的熱量。平均kcal，乃於標準氣壓的情況下，純水1kg從溫度0°C升至100°C所需熱量的1/100。國際蒸氣表kcal，乃相當於1kwh之1/860的熱量。但是，這些的差異極小，在工學上無特別區分的必要。日本計量法，乃規定於溫度指定時，1kg的純水在標準氣壓之下，從較指定溫度低0.5°C上昇至高0.5°C為止所需的熱量稱為1kcal，溫度未指定時，則規定1kcal乃相當於4186.05焦耳的熱量。

英國、美國所使用的熱量單位為B.T.U。1B.T.U係1磅的純水升高1°F所需要的熱量。kcal與B.T.U的關係如下：

$$1\text{kcal} = 3.968\text{B.T.U} \quad 1\text{B.T.U} = 0.252\text{kcal}$$

壓力的單位：所謂標準氣壓乃大氣壓的標準值。普通附上atm的符號表示。

$$\begin{aligned} 1\text{atm} &= 1.0332\text{kg/cm}^2 = 760\text{mmHg} = 10.33\text{mH}_2\text{O} \\ &= 1.0133\text{bar} \end{aligned}$$

## 4 鍋爐與蒸氣輪機

工學上所使用的壓力單位為  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ，稱為工學氣壓或氣壓，用  $\text{at}$  的符號表之。

$1\text{at} = 1\text{kg}/\text{cm}^2 = 735.6\text{mmHg} = 10\text{mH}_2\text{O} = 0.9807\text{bar}$   
其他諸如水銀柱高度及水柱高度亦常用之。水銀柱高度用  $\text{mmHg}$  或  $\text{mHg}$  表示，水柱高度用  $\text{mmH}_2\text{O}$  (  $\text{mmAg}$  ) 或  $\text{mH}_2\text{O}$  (  $\text{mAg}$  ) 表示。

壓力的測定使用壓力表；在壓力表所指示出的壓力稱為表壓力，表壓力乃以大氣壓為基準，以此為 0 表示的壓力。以完全真空為 0 而表示的壓力稱為絕對壓力。因此，絕對壓力與表壓力的關係如下。

$$\text{絕對壓力} = \text{表壓力} + \text{大氣壓力}$$

### 1.1.3 比 熱

一般施熱於物體，溫度即上昇；但溫度上昇的程度，依所加的熱量、物體的種類、重量、狀態等而異。例如，同一重量的水與鐵施加相等的熱量時，水的溫度上昇僅約鐵的  $1/10$  程度。於是吾人可知，由物體之種類不同，其溫度升高  $1^\circ\text{C}$  所需要的熱量也就有差異。因此，加熱於物體之際，欲知溫度究能上昇若干，非先知道該物體的比熱不可。所謂比熱，乃單位重量的物體，溫度上昇  $1^\circ\text{C}$  所需要的熱量，其單位為  $\text{kcal}/\text{kg}^\circ\text{C}$ 。

重量  $G$  的物體加入  $dQ$  的熱量，溫度上昇  $dt$  時，如物體的比熱為  $C$ ，則下式成立。

$$dQ = GCdt \quad (1.6)$$

現在，如果物體的比熱  $C$  一定，則重量  $G$  的物體之溫度，從  $t_1$  上昇至  $t_2$  所需的熱量  $Q$ ，可由下式求之。

$$Q = GC (t_2 - t_1) \quad (1.7)$$

一般物體之比熱為溫度的函數，其值隨溫度的上昇而增大。同

時也因加熱時之條件而異。因此，(1.7) 式欲能成立，僅限於極狹窄範圍溫度的場合。溫度範圍廣時，吾人取溫度  $t_1$  至  $t_2$  之間之平均比熱  $C_m$ ，亦可成立相同形狀之式子。

$$Q = GC_m (t_2 - t_1) \quad (1.8)$$

此時的平均比熱  $C_m$  由下式求之。

$$C_m = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} C dt \quad (1.9)$$

爲了與平均比熱  $C_m$  區別，可稱(1.6)式的比熱  $C$  爲真比熱。但，因爲物體的比熱因溫度而變化甚微，所以溫度範圍並不大時，比熱可視爲一定。1.1 表及 1.2 表乃示固體及液體的比熱值之例。

1.1 表 固體的比熱 (kcal/kg °C)

| 物 質          | 溫度<br>°C | 比 熱   | 物 質      | 溫度<br>°C | 比 熱   |
|--------------|----------|-------|----------|----------|-------|
| 鋅            | 20       | 0.091 | 七三黃銅     | 20       | 0.092 |
| 鋁            | 20       | 0.215 | 玻璃 (板)   | 20       | 0.20  |
| 金            | 20       | 0.031 | 冰        | 0        | 0.487 |
| 銀            | 20       | 0.056 | 焦炭粉      | 20       | 0.29  |
| 鐵 (純)        | 20       | 0.11  | 混凝土      | 20       | 0.21  |
| 鑄鐵           | 20       | 0.10  | 煤        | 20       | 0.30  |
| (4 % C 以下)   |          |       |          |          |       |
| 碳素鋼          | 20       | 0.11  | 85% 碳酸鎂  | 10~      | 0.28  |
| (0.5 % C 以下) |          |       |          | 100      |       |
| 銅            | 20       | 0.092 | 磚 (普通・紅) | 200      | 0.236 |
| 砲金           | 20       | 0.091 | 燒粉磚      | 200      | 0.20~ |
|              |          |       |          |          | 0.23  |