

冷凍學叢書

冷凍與空調原理

編 著 者

潘 爾 純

興業圖書股份有限公司

冷凍與空調原理

編 著 者

潘 爾 純

興業圖書股份有限公司出版

版權所有・翻印必究

中華民國六十七年八月一日

冷凍與空調原理

定價 100

編著者：潘 爾 純

發行人：王 志 康

出版登記證局版台業字第〇四一〇號

出版者：興業圖書股份有限公司

打字者：義 德 春 打 字 行

地 址：台南市正興街二十四號

發行所：興業圖書股份有限公司

地 址：台南市勝利路一一八號

郵政劃撥南字 31573 號

圖體訂購另有優待

電話：3 7 3 2 5 3

自序

人類究竟於何時何地開始使用冷凍，歷史雖無記載。然在史前時代，人類就知道利用天然冰雪或冷水來冷藏食物。1834 年美國工程師 Jacob perkins 發明壓縮式製冰機，此實爲人造冰之開始。

1910 年發明電冰箱，但非自動，需人工調整。第一部自動冰箱發明於 1918 年。

最近三十年來，冷凍工業之發展突飛猛進。尤以空氣調節器爲然。飛彈，電子裝備，靈敏儀器以及各種器材食物之冷却或冷藏，人員舒適空氣調節，與各種交通工具之冷氣等。舉凡吾人日常生活，無論衣食住行，莫不與冰凍及空氣調節發生密切關係。

本書所述各章，對冷凍及空氣調節其內容深入淺出，理論與實用并重。各種圖表及實例之計算設計與工作方法等，除可提供電機，機械，土木，建築，海事等有關科系作教材參考外；對從事冷凍及空氣調節專業人員，亦可提供修護保養之實際工作方法。

編者學識淺陋，根據個人十餘年教學經驗，利用課餘之暇，編著冷凍與空調原理一書，錯誤之處，在所難免。因倉促付印，遺漏之處頗多。敬祈海內外先進不吝指正，俾於再版時改正，是禱。本書蒙李祖茂先生提供編者許多最新冷凍與空氣調節資料，特附筆致無限謝意。

本書參考資料如下：

- 一、Modern Refrigeration and Air conditioning Althouse and Turnquist
- 二、Commercial and Industrial Refrigeration Nelson
- 三、Refrigeration, Air conditining and cold storage Gunther
- 四、Data Book. American Society of Refrigerating Engineers
- 五、Trane Air conditioning Manual

著者 潘爾純 謹識

目 錄

第一章 冷凍基礎理論

壹、概述	1
貳、絕對溫度	1
叁、溫度之測量與熱量之計算	2
肆、顯熱	3
伍、潛熱	3
陸、過熱	4
柒、過熱回降	5
捌、冷凍噸	5
玖、比熱	5
拾、焓	6
拾壹、比容	7
拾貳、熱的傳遞	7
拾叁、壓力	8
拾肆、壓力錶	9
拾伍、道爾頓定律	10

第二章 壓縮機

壹、壓縮機之功用	17
貳、壓縮機之動力	17
叁、往復式壓縮機	17
肆、旋轉式壓縮機	22
伍、離心式壓縮機	23
陸、壓縮機容量控制	25

柒、壓縮機之軸封	27
捌、壓縮機之維護	29
玖、壓縮機所需馬力	30

第三章 凝結器

壹、概述	41
貳、氣冷式凝結器	42
叁、水冷式凝結器	42
肆、蒸發式凝結器	44
伍、冷却塔	46
陸、凝結器之冷却水量計算	47
柒、凝結器盤管長度之計算	49
捌、凝結器之清洗	55

第四章 蒸發器

壹、概述	63
貳、蒸發器之分類	63
叁、裸管式蒸發器	64
肆、平板式蒸發器	64
伍、凸片式蒸發器	64
陸、強制對流式蒸發器	65
柒、霜式蒸發器	65
捌、無霜式蒸發器	65
玖、除霜式蒸發器	65
拾、特型蒸發器	65

第五章 冷凍劑控制器

壹、概述	68
貳、平膨脹閥	68
叁、毛細管	71

肆、低壓浮控閥.....	74
伍、高壓浮控閥.....	75
陸、自動膨脹閥.....	75
柒、整溫膨脹閥.....	78

第六章 冷凍劑

壹、概述.....	85
貳、理想冷凍劑之特性.....	85
叁、冷凍劑之編號.....	85
肆、常用之冷凍劑.....	86
伍、冷凍劑特性表.....	88
陸、冷凍劑之移灌.....	93

第七章 冷凍原理與冷凍循環

壹、冷凍原理.....	103
貳、冷凍循環.....	103

第八章 冷凍附件

壹、概述.....	105
貳、熱交換器.....	105
叁、油分離器.....	106
肆、乾燥器.....	107
伍、濾器.....	110
陸、電磁閥.....	111
柒、積蓄器.....	112
捌、蒸發器調節器.....	112
玖、止回閥.....	113
拾、接受器.....	113

第九章 馬達控制器

壹、概述	115
貳、開關動作機構	115
叁、低壓馬達控制器	116
肆、整溫馬達控制器	118
伍、高壓安全開關	121

第十章 冷凍與空調系統之檢修與調整

壹、修檢鉅之裝置步驟	123
貳、檢漏	124
叁、排除空氣	125
肆、泵集	128
伍、冷凍劑充灌	129
陸、自動膨脹閥之調整	133
柒、整溫膨脹閥之檢查與調整	133
捌、乾燥器之拆裝	136
玖、油分離器之拆裝	137
拾、熱交換器之拆裝	139
拾壹、低壓馬達控制器之裝置與調整	140
拾貳、整溫馬達控制器之裝置與調整	142

第十一章 密封式冷凍系統

壹、概述	145
貳、冰箱外殼與絕緣材料	145
叁、冰箱門門封墊與加溫器	145
肆、壓縮機	146
伍、凝結器	147
陸、冷凍劑控制器	147
柒、恒溫器	148
捌、蒸發器	149
玖、雙溫冰箱	149

拾、除霜系統	150
拾壹、高溫氣體除霜系統	151
拾貳、電熱除霜系統	153
拾叁、除霜系統電路圖	154
拾肆、馬達接頭	155
拾伍、熱超荷開關	156
拾陸、起動繼電器	157

第十二章 複式冷凍系統

壹、概述	162
貳、複式蒸發器系統	162
叁、複式壓縮機系統	166
肆、超低溫系統	167

第十三章 汽車冷凍

壹、概述	172
貳、汽車冷氣	172
叁、冷凍效果之控制	174
肆、汽車空氣調節主要問題	175
伍、汽車空氣調節之修護	175

第十四章 熱泵

壹、概述	181
貳、熱量獲自空氣冷凍劑換向式熱泵	181
叁、熱量獲自空氣空氣換向式熱泵	182
肆、熱量獲自水中冷凍劑換向式熱泵	183
伍、熱量獲自地下冷凍劑換向式熱泵	184
陸、熱量獲自水中水流換向式熱泵	184
柒、使用四路換向閥電磁導向閥二個整溫膨脹閥及二個止回閥之熱泵系統	185

捌、使用四路換向閥電磁導向閥一個整溫膨脹閥及四個止回閥之熱泵系統	187
玖、使用四路換向閥電磁導向閥及二個整溫膨脹閥之熱泵系統	188
拾、使用四路換向閥與蒸發器壓力調節器之熱泵系統	189
拾壹、使用四路換向閥與恒壓膨脹閥之熱泵系統	190

第十五章 冷凍管路與冷凍劑充灌量之計算

壹、冷凍管路	192
貳、排放管路之容量	192
叁、液體管之容量	193
肆、吸入管之容量	194
伍、冷凍劑充灌量之計算	195

第十六章 銅管工作法

壹、概述	205
貳、切管	205
叁、打喇叭口	205
肆、管口充大	206
伍、彎管	207
陸、硬焊	209

第十七章 空氣調節與濕度線圖

壹、空氣調節之定義	216
貳、舒適	216
叁、有效溫度	216
肆、乾球溫度	217
伍、濕球溫度	217
陸、濕度與相對濕度	217
柒、露點溫度	218

捌、濕度線圖	219
--------	-----

第十八章 調節空氣供應與冷凍容量之計算

壹、概述	225
貳、調節空氣之供應量	225
叁、水蒸氣之計算	228
肆、潛熱之計算	230
伍、總熱量之計算	232
陸、乾球溫度與濕度	234
柒、冷凍容量之計算	236

第十九章 空氣調節冷負荷之計算

壹、概述	246
貳、外牆傳導之盈熱	246
叁、玻璃傳導之盈熱	247
肆、間壁傳導之盈熱	248
伍、地板傳導之盈熱	248
陸、天花板與屋頂傳導之盈熱	250
柒、潛熱	251
捌、人體熱量	252
玖、導管盈熱	253
拾、電器用具與馬達	253
拾壹、瓦斯爐	254
拾貳、熱氣管之盈熱	254
拾叁、滲透盈熱	255
拾肆、通風負荷	255
拾伍、太陽盈熱	257
拾陸、決定整天何時冷負荷爲最大	259
拾柒、空氣調節冷負荷計算實例	260

第二十章 水之分析與處理

壹、概述	279
貳、實驗安全守則	279
叁、實驗裝備	279
肆、水分析所使用之單位	280
伍、酸鹼與鹽	280
陸、PH 值	280
柒、水之固體試驗	281
捌、防凍試驗	282
玖、沸石軟水器	282
拾、水之濁度試驗	283
拾壹、水之硬度試驗	284
拾貳、水垢	285
拾叁、腐蝕	289
拾肆、水藻	290
索引	292

第一章 冷凍基礎理論

壹、概述

無論冷凍，冷氣，或暖氣均係熱能的變換。因為吾人所冷藏的食物，或熱的空氣變為冷氣，冷的空氣變為暖氣，其熱量均為冷凍或空氣調節系統冷凍劑所吸收。這就是冷凍，也是熱能的變換。蓋熱不能創造。復不能毀滅。熱能的變換，僅賴熱的傳遞，如何使熱的食物變為冷的食物；熱的空氣變為冷的空氣；或冷的空氣變為熱的空氣。此乃冷凍與空氣調節之功能。故尚未討論冷凍及空氣調節之前，吾人必須充分瞭解冷凍基礎理論。

貳、絕對溫度

以手接觸物體，我們可以感覺其熱冷，同一溫度之木塊與鐵板，以手觸之，而感覺鐵板較木塊為冷。蓋鐵比木傳熱較快之故。所謂熱，乃作功的一種能量。如蒸氣機之水，經煮沸變為蒸氣，而推動活塞，變熱能為機械能，使火車前進。又如太陽電池，接收太陽之熱能，變為電能，而作用馬達及電燈。冷凍系統之所以產生冷，不過是將低壓部份所吸收之熱量，經壓縮機壓縮後，由高壓部份排除。

物質由分子所構成，分子由原子所構成。一個原子由一個核子及一個電子或多個電子所構成。電子以接近光速圍繞核子作等速運動，其速度因溫度增高而增加，溫度降低而減少。故任何物質均含有熱量，其熱量乃因分子運動所產生。如液態之水與固態之冰，其分子運動冰較水要慢得很多，雖然是冰，其分子仍然運動，蓋冰仍含有若干熱量。當物質之溫度到達 -460°F 時，物質分子運動即中止，故任何物質其溫度高於 -460°F 時，均含有熱量，但溫度到達 -460°F 時，因分子運動中止而無熱量，此溫度稱為絕對零度 (Absolute zero)。以絕對零度作為量度溫度之起點，稱為絕對溫度 (Absolute temperature)。

參、溫度之測量與熱量之計算

一、溫度之測量：

測量溫度使用兩種溫度計，一為攝氏溫度計，一為華氏溫度計。攝氏溫度計常為歐洲國家所使用，華氏溫度計常為美國所使用。

(一)、攝氏溫度計：

其溫度以C表之。攝氏溫度計其名之由來，係根據拉丁字“Centum”一百，與“gradus”標度而來，攝氏溫度是定水的冰點為0度，沸點為100度，劃分為100個等格。

(二)、華氏溫度計：

其溫度以F表之，為科學家 Fahrenheit 所發明。使用一玻璃管，其底端具有一小玻璃球，玻璃小球及部分玻璃管內充以水銀。當水結冰時，充以水銀之玻璃管上，指示為32度。當水沸騰時，指示為212度，華氏溫度計是將水的冰點與沸點間的溫度，劃分為180個等格，并在標準大氣壓力下，定純水之冰點為32度，沸騰為212度。

(三)、華氏溫度與攝氏溫度之換算：

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$C = \frac{5}{9} (F - 32) \quad (1-1)$$

$$F = \frac{9}{5} C + 32 \quad (1-2)$$

攝氏與華氏溫度之換算，如表1-1。

二、熱量之計算：

(一)、熱量計算單位：

熱量計算單位為英熱單位，簡稱 BTU (British thermal unit)，一 BTU 乃一磅水，升高或降低華氏一度所需之熱量。

(二)、熱量計算公式：

計算水之熱量：

$$H = W \times TD \quad (1-3)$$

H = 熱量 BTU

W = 水之重量磅

TD = 溫度差 F

計算任何物質之熱量：

$$H = W \times C \times TD \quad (1-4)$$

H = 熱量 BTU

W = 物質之重量磅

C = 物質之比熱

TD = 溫度差 F

肆、顯熱 (Sensible heat) :

水之溫度在 32 F 與 212 F 間為液體狀態。因其所含熱量不同，故有溫度高低。如以手觸之，吾人可以感覺其熱冷；如用溫度計量之，可以測得其溫度之高低。所謂顯熱，乃狀態不變，僅改變其溫度，所含熱量不同，謂之顯熱，如 100 F 與 200 F 之水。

伍、潛熱 (Latent heat) :

水之溫度在 32 F 或 212 F 時，均將改變狀態。如在 32 F 時之水，因熱量改變，可由液體變為固體，或由固體變為液體。當在 212 F 時，水可汽化變為氣體，或冷凝由氣體變為液體。所謂潛熱，乃溫度不變，僅改變其狀態，所含熱量之不同，謂之潛熱。

如圖 1-1 所示，一磅水在標準大氣壓力下，因溫度不同之熱量關係，一磅 32 F 之水與冰，其所含熱量不同，由圖 1-1 顯示，相差之熱量為 144 BTU。換言之，一磅 32 F 之水，必須除去 144 BTU 熱量，即可凝結為冰，一磅 32 F 之冰，必須吸收 144 BTU 熱量，即可溶解為水。故 32 F 之水與冰，其溫度不變，而狀態改變。潛熱不能以溫度計測量

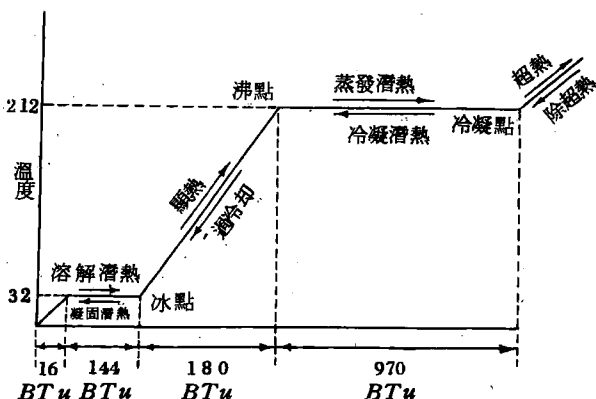


圖 1-1 一磅水在標準大氣壓力下狀態與熱量變化圖

。因潛熱不同，區分下述數種，茲分述如下：

一、蒸發潛熱：

加熱於 212 F 之水，使之蒸發汽化，所加之熱量，謂之蒸發潛熱。

二、冷凝潛熱：

212 F 之水蒸氣，除去熱量，使其凝結為 212 F 之水，所除去之熱量，謂之冷凝潛熱。

三、溶解潛熱：

32 F 之冰，吸收熱量，使其溶解為 32 F 之水，所吸收之熱量，謂之溶解潛熱。

四、凝固潛熱：

32 F 之水，除去熱量，使其凝固為 32 F 之冰，所除去之熱量，謂之凝固潛熱。

陸、過熱 (Superheat)：

若水在一密閉容量器內，加熱後蒸發為水蒸氣，再經一盤管加熱之，故加熱後之氣體，為過熱氣體。所謂過熱，乃加熱於蒸氣，而其溫度恒高於蒸發時之溫度。如冷凍系統，當其循環時，冷凍劑在低壓蒸發器內蒸發，蒸發後之冷凍劑，需吸收食物或空氣之熱量，故吸收熱量後之冷凍劑，即為過熱氣體。

柒、過熱回降 (Desuper heating) :

欲使過熱氣體冷凝變為液體，必須經過二個過程，第一、需過熱回降；第二、需除去凝結潛熱。所謂過熱回降，乃從過熱氣體中除去其熱量，使其溫度降低至其凝結點，所除去之熱量，謂之過熱回降。

捌、冷凍噸 (Ton of refrigeration) :

冷凍噸為冷凍與空調之容量單位。所謂一冷凍噸，乃一噸 32 F 之水在 24 小時內使之凝固為一噸 32 F 之冰所除去之熱量。故

$$\begin{aligned}
 \text{一冷凍噸} &= 2000 \times 144 \text{ BTU/day} \\
 &= 288,000 \text{ BTU/day} \\
 \text{或一冷凍噸} &= \frac{288,000}{24} \\
 &= 12,000 \text{ BTU/Hr} \\
 \text{或一冷凍噸} &= \frac{12,000}{60} \\
 &= 200 \text{ BTU/min}
 \end{aligned}$$

玖、比熱 (Specific heat) :

一磅水與一磅甘油，同在室溫 70 F 加熱，且所加之熱量相等，經加熱片刻後，以兩溫度計量之，則測得水之溫度為 150 F，而甘油之溫度為 208 F，水與甘油之重量同為一磅，且所加之熱量相等，然甘油之溫度高於水，此乃甘油吸熱之能量較水為小之故。換言之，一磅甘油升高華氏一度，所需之熱量較水為少，水加熱，由 70 F 升高為 150 F，即 80 F；甘油加熱，由 70 F 升高為 208 F，即 138 F。因此，甘油吸熱能量為水之 $\frac{80}{138}$ ，即 0.58。亦即一磅甘油升高華氏一度，所需熱量為水之 0.58。

故單位重量為一磅的任何物質，升高或降低華氏一度，所吸收或放出之熱量，謂之比熱。各種普通物質之比熱如表 1-2。