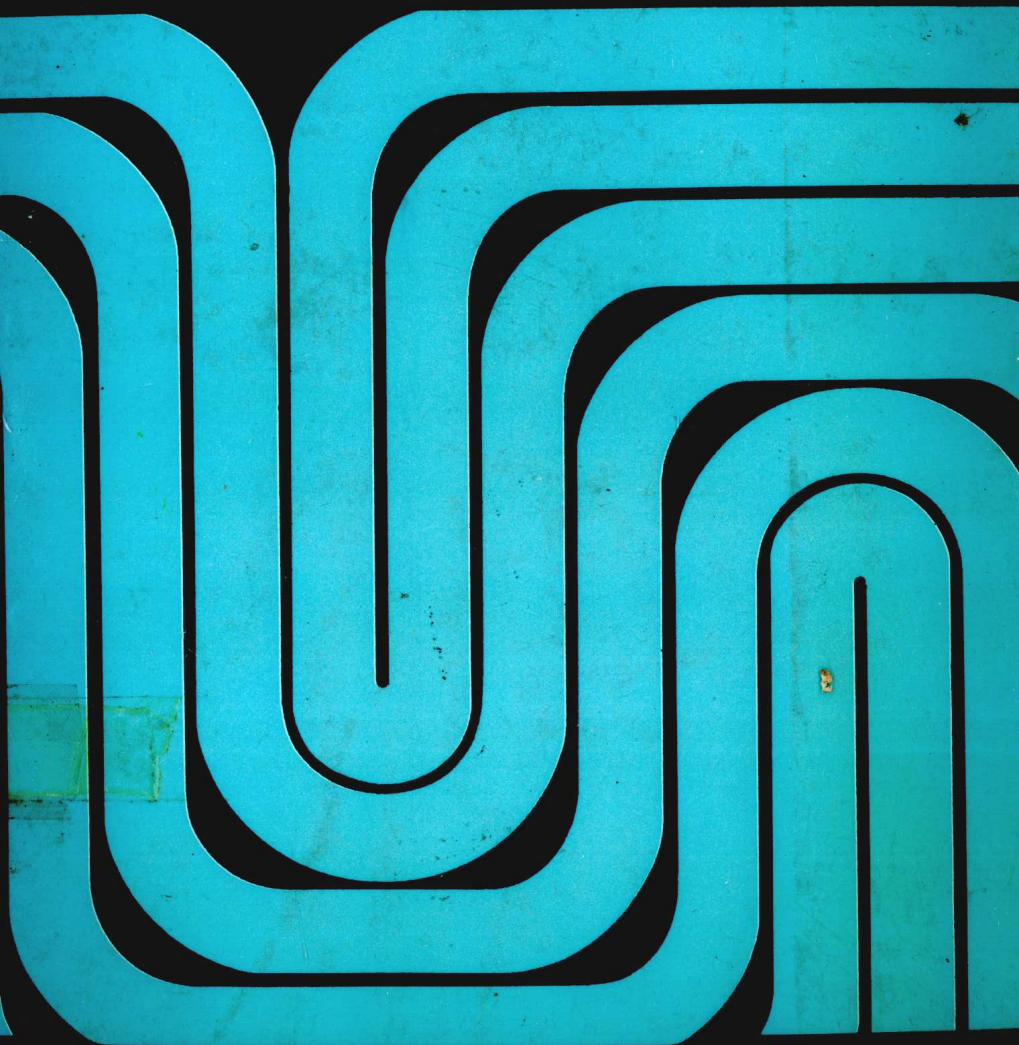


電氣冷凍機修理實務

岡部豐彦 著

謝淵清 譯



復文書局

電氣冷凍機修理實務

著作權執照台內著字第 號

版權所有



翻印必究

中華民國七十二年四月初版發行

特價 110 元

著 作 者：岡 部 豐 彦

編 譯 者：謝 淵 清

發 行 者：吳 主 和

發 行 所：復 文 書 局

地址：臺南市東門路421巷28號

門市部地址：台南市林森路二段 63 號

電話：(062)370003 . 386937

郵政劃撥帳戶 32104 號

No.28. LANE421 DONG-MEN
ROAD TAINAN TAIWAN REPUBLIC
OF CHINA

TEL:(062)370003 . 386937

本書局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0370號

序

在人類一萬年的歷史當中，至現代文明大眾化的速度並不快，因此無貧富的差別，全人類的努力無不傾注於和平和福祉的獲致。

對此，我國的產業界活用氣車工業成功的「大量生產方式」，大量生產價格便宜而又對人類福祉有貢獻的產品，例如每個家庭都有的冷藏庫、電視機及洗衣機等，所有的辦公室都有冷暖氣機，生活的形式和10年前比較已經不有了變化，而且大量對外輸出，我國僅次於美國是世界第二大工業國，亦言之，我們可很明白看出大量生產方式對文明大眾化有很大的貢獻。

因此有關大眾化製品的保養、服務是必須有新的想法及組織結構，大量生產方式的製品比古典的傳統生產方式的製品要保有較高的品質，此種品質是一種或然率的管理。大量生產方式的製造要由多數的作業員來參與，連接每一個人數十秒鐘的重復作業而構成生產線，因此可能有0.3%程度或然率的不良品混入出貨，而且製品也有多種不同用途，但製品本身是傾向平均的用途，在統一規格下所製成的組件，要求在任何一地方都能發揮最大效用，必須在製品的安裝工程上有所補足，總而言之，在施工之中要盡量減少現場作業量，因為在品質及經濟的要求上都有必要這樣做，所以在本書第二章敘述有關施工的工程，也敘述現場作業少的周邊機器。為了文明的大眾化，有關故障修理的服務及安裝工程，無論在何時何地都必須要。

冷藏庫、冷暖氣機之類的設備，在現代的都市生活環境是必需品。因此發生故障時就和安裝工程有關係，馬上更換也是相當耗時間的，所以要求迅速修理完成，修理方法也是大量生產的一種方式，發現了不合用的地方就要具備有更換組件的技術能力及供給組件的服務網，這並不是一件簡單的事，除了對象機種、組件要多樣化，供給區域範圍要廣外，還要保有獨立作業的能力。

解決這個問題最簡單的方法是各廠商採用相同的組件，安裝方法及尺寸，但爲了企業的獨立性這並不是當務之急，然而爲了文化的更大衆化，對組件的尺寸不得不作如此的考慮，果真能這樣則每一家廠商的修理服務技術都是同樣的程度；因爲組件大多是通用組件，每一家廠商都能利用同一服務網，此服務網目細的話，對需要者便利而且減輕廠商的負擔，服務店經濟上改善了故皆大歡喜。爲祈達到此目的，商請四個公司的專家協力合作編著本書，第一章的基本知識是由三菱電機（株）和菱電サービス（株），第二章的工程事項是由日本ピーマック（株），第三章的修理技術是由東京芝蒲電氣（株）的有關專家執筆，在此對各公司的有關人員深表敬意。

編者的學識有限，對各公司的連絡有殆的地方，恐怕有讓執筆不能充份發揮其實力之處，尚祈批評、指正。

昭和 52 年 7 月

編者識

目 錄

第一章 冷凍機	1
1.1 冷凍原理	2
1.1.1 冷凍方法	2
〔1〕 蒸氣壓縮式冷凍法	3
〔2〕 吸收式冷凍法	3
〔3〕 蒸氣噴射式冷凍法	4
〔4〕 真空冷卻法	5
1.1.2 冷凍循環	5
1.1.3 莫利耳 (Mollier) 線圖和冷凍循環	7
〔1〕 冷凍效果, 冷凍能力	8
〔2〕 壓縮功, 成績係數	8
〔3〕 凝縮熱量	9
〔4〕 壓縮量, 體積效率, 冷媒循環	9
〔5〕 壓縮所需要的動力	10
〔6〕 氣體的壓縮	11
1.1.4 二段壓縮冷凍循環和二元冷凍循環	12
1.1.5 熱泵式冷暖氣循環	14
1.1.6 熱的移動和空氣的冷卻	14
1.2 冷媒和冷凍機油	16
1.2.1 冷媒必要的特性	16
1.2.2 冷媒的特性比較和用途	17

1.2.3	冷凍機油.....	18
1.2.4	不純物、冷媒、冷凍機的相互影響.....	19
1.3	壓縮機.....	20
1.3.1	壓縮機的種類.....	20
1.3.2	開放型壓縮機.....	21
	〔1〕閥的構造.....	22
	〔2〕動力傳動機構.....	22
	〔3〕軸封裝置.....	23
	〔4〕潤滑方式.....	23
	〔5〕容量控制.....	24
	〔6〕高速多氣筒壓縮機.....	25
	〔7〕多段壓縮機.....	25
1.3.3	密閉型壓縮機.....	26
	〔1〕半密閉型壓縮機的構造.....	26
	〔2〕全密閉型壓縮機.....	27
1.3.4	回轉壓縮機.....	28
	〔1〕回轉壓縮機的構造.....	29
	〔2〕回轉壓縮機的優缺點.....	30
	〔3〕螺旋壓縮機.....	31
1.4	電動機.....	31
	〔1〕電動機的種類.....	31
	〔2〕單相感應電動機.....	32
	〔3〕三相感應電動機.....	35
	〔4〕主電源回路使用的機器.....	38
1.5	熱交換器.....	39
	〔1〕凝縮器.....	39
	〔2〕蒸發器.....	42
	〔3〕蒸發器・凝縮器的控制方法.....	45

〔4〕 除霜 (defrost)	46
1.6 運轉控制機器	48
〔1〕 運轉的控制方式	48
〔2〕 膨脹閥和毛細管	50
〔3〕 壓力開關	56
〔4〕 其他的控制機器	60
1.7 使用於冷媒回路的附屬機器和零件	65
1.7.1 附屬機器	65
〔1〕 油分離器	65
〔2〕 受液器	66
〔3〕 氣液分離器 (accumulator)	66
〔4〕 消音器	66
〔5〕 冷媒液・氣體熱交換器	66
〔6〕 油冷却器	67
〔7〕 中間冷却器	67
1.7.2 除去不純物用組件	68
〔1〕 乾燥機	68
〔2〕 過濾器 (strainer filter)	68
1.7.3 操作用閥	69
〔1〕 操作閥	69
〔2〕 檢查用接頭	69
〔3〕 無填料閥 (packless valve)	69
1.7.4 其他的機器組件	70

第二章 周邊機器及其工程 72

2.1 周邊機器	73
----------------	----

2.1.1	冷却塔·····	73
〔1〕	冷却塔的功用·····	73
〔2〕	冷却塔的能力·····	73
〔3〕	冷却塔的種類·····	74
〔4〕	冷却塔的構造·····	75
〔5〕	冷却塔的故障和處置·····	76
2.1.2	空氣調節機·····	79
〔1〕	空氣調節機的構成·····	79
〔2〕	空氣處理組件·····	79
〔3〕	風扇盤管組件·····	79
〔4〕	風扇·····	81
〔5〕	加熱冷却盤管·····	81
〔6〕	加濕器·····	82
〔7〕	過濾器·····	83
2.1.3	泵·····	84
〔1〕	離心泵 (centrifugal pump)·····	84
〔2〕	輪機泵 (turbine pump)·····	85
〔3〕	回轉泵·····	86
〔4〕	泵的故障和處置·····	86
2.2	安裝工程·····	88
2.2.1	防音·····	88
2.2.2	防振·····	89
2.2.3	穩定與水平·····	89
2.2.4	操作空間·····	90
2.2.5	氣流和周圍的關係·····	90
2.2.6	排水的處理·····	91

2.3	配管工程	91
2.3.1	冷媒配管	91
〔1〕	配管路徑	91
〔2〕	配管尺寸	92
〔3〕	配管材料	92
〔4〕	配管的施工和修理	93
〔5〕	洩漏試驗	96
2.3.2	水配管	96
〔1〕	配管材料	96
〔2〕	配管尺寸	98
〔3〕	冷却水配管	98
〔4〕	冷水管或冷溫水配管	103
〔5〕	排水管	103
〔6〕	漏的試驗	105
2.4	絕熱工程	105
2.4.1	冷媒管	105
2.4.2	冷水管、冷溫水管	106
2.4.3	排水管、給水管	106
2.4.4	冷却水管	106
2.4.5	絕熱材料及其厚度	107
2.5	電氣設備	109
2.5.1	電源	109
〔1〕	電氣供給方式	109
〔2〕	電氣配線的大小	110
〔3〕	電路的絕緣阻抗	110
〔4〕	電源開關	111

2.5.2	主回路	112
2.5.3	操作回路	113
〔1〕	發停回路	113
〔2〕	過電流繼電器	114
〔3〕	風扇馬達的操作回路	115
〔4〕	泵的操作回路	115
〔5〕	冷卻塔的操作回路	116
〔6〕	壓縮機的操作回路	116
〔7〕	其他的操作回路	118

第三章 保養和修理 119

3.1	保養管理	119
3.1.1	基本的保養管理	119
〔1〕	保養檢修的態度	119
〔2〕	保養檢修的原則	120
〔3〕	保養檢修和記錄	121
3.1.2	運轉管理的保養	121
〔1〕	運轉管理	121
〔2〕	保養檢修和檢查表	123
〔3〕	周邊機器和附屬設備的檢查	123
3.2	主要構成零件的保養	123
3.2.1	壓縮機的保養	128
3.2.2	凝縮器的保養	129
〔1〕	水冷式凝縮器	130
〔2〕	氣冷式凝縮器	140
3.2.3	蒸發器的保養	143

3.2.4	冷媒配管和冷媒的保養	144
3.2.5	除霜裝置的保養	144
3.2.6	安全裝置，機能零件的保養	145
〔1〕	高壓開關，低壓開關的確認	145
〔2〕	油壓保護開關的確認	146
〔3〕	斷水開關	146
〔4〕	溫度調整器，濕度調整器	147
〔5〕	其他的安全保護機器	147
3.3	故障發現法	147
3.3.1	電氣組件的故障發現法	149
〔1〕	電流、電壓、電阻的測定方法	149
〔2〕	電容器的檢查方法	151
〔3〕	控制回路組件的檢查方法（溫度調整器等除外）	152
〔4〕	溫度調整用開關的檢查方法	154
〔5〕	發現電動機故障的測定方法	155
〔6〕	電動機的故障判定	156
〔7〕	由送風機用電動機直接運轉的檢查	157
3.3.2	冷凍循環的故障發現方法	159
〔1〕	外的原因	160
〔2〕	內的原因	163
3.3.3	機械組件的故障發現法	167
3.3.4	誰都能辦得到的故障發現法	173
3.4	修理方法	173
3.4.1	修理和準備	174
〔1〕	適用於修理的法規	174
〔2〕	保養、修理上必要的工具及儀錶、設備	175

〔3〕 保養・修理所必須的組件·····	180
〔4〕 冷媒配管的基本作業·····	180
〔5〕 修理時冷凍系統的處理·····	186
3.4.2 應急的修理方法·····	191
〔1〕 分解方法·····	191
〔2〕 電氣組件的應急修理·····	192
〔3〕 冷凍循環的應急修理·····	192
3.4.3 大修理的方法·····	197
〔1〕 熔接作業·····	198
〔2〕 冷凍循環的修理·····	204
〔3〕 各種修理後的確認試驗方法·····	216
英漢對照索引 ·····	225

第一章 冷凍機

爲了使冷凍裝置的用途多樣化及擴大應用範圍，裝置的種類及使用的機器類或控制儀器都經過多方面的嚐試，但現在所使用的冷凍裝置幾乎全部是蒸氣壓縮式，利用冷媒液的蒸發進行冷卻作用，用壓縮機使蒸發的冷媒蒸氣壓縮成高溫後，藉水或空氣使之凝結液化。冷凍裝置裏所使用的壓縮機，小容量的使用回轉壓縮器，大容量的使用渦輪壓縮機，但往復壓縮機佔壓倒的多數。

本章將對冷凍裝置必要的冷凍有關基礎原理以及構成冷凍裝置的冷媒回路的機器類構造加以解說，尤其以一般所使用的往復式壓縮機的蒸氣壓縮式冷凍法爲主體加以說明。

在蒸氣壓縮式冷凍法裏是重複蒸發—壓縮—凝結—膨脹的循環進行冷凍，所以在冷凍裝置裏蒸發器、壓縮機、凝結器、膨脹閥是不可缺的。除主機外的補助機器在冷媒回路裏有受液器、油分離器、氣液分離器 (accumulator) 等，冷媒回路外有送風機、冷却塔 (cooling tower)、水泵、壓縮機驅動用電動機，其他的附屬機器零件有壓力計、溫度計、電流計等的表示用計量器以及溶栓、安全閥、高壓壓力開關等的安全用機器，其他亦使用乾燥器、過濾器等的配件，爲了控制冷凍裝置的運轉，溫度開閉器、低壓壓力開關、電磁閥、電磁開關等亦被使用。冷凍裝置的所有機件必須能圓滑動作，所以對故障的防止和修復就必須要把握機器的構造機能要點。

1.1 冷凍原理

1.1.1 冷凍方法

冷凍就是把溫度降至比周圍溫度更低的狀態，其方法大多是用物體狀態變化的吸熱作用，亦即物體狀態變化時的潛熱比顯熱大得很多，因此通常是利用固體溶解時的溶解熱，液體蒸發變成氣體時的蒸發熱，固體昇華變成氣體時的昇華熱來進行冷凍。

水的比熱 $1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

冰的溶解熱 $79.6 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

水的蒸發熱 591.5 kcal/kg (在 10°C)

二氧化碳的昇華熱 137 kcal/kg (在 -78°C)

冰的冷凍庫是利用冰溶解時的潛熱，急速冷凍裝置和冷凍搬運車是利用液態氮蒸發時的潛熱，有的冷藏庫利用乾冰的昇華熱，這些都是利用狀態變化之際的吸熱作用，此種方法稱為自然冷凍法。

自然冷凍方法只有一次的狀態變化，使用電力、蒸氣、燃料等的能量使狀態連續重覆化而進行冷卻，此種方法稱為機械冷凍法，有下列數種方法：

(甲) 蒸氣壓縮式冷凍法

(乙) 吸收式冷凍法

(丙) 蒸氣噴射式冷凍法

(丁) 真空冷卻法

(戊) 電子冷凍法

僅就一般實用化的機械冷凍法作概要的說明，其中電子冷凍方法使用熱電半導體，因經濟的理由沒有開發尚未實用化，在此省略不談。

〔1〕 蒸氣壓縮式冷凍法

蒸氣壓縮式冷凍法是用液化氣體作為冷媒，利用其蒸發吸熱而進行冷卻，本書將著重解說一般最常使用的方法。

如圖 1-1 所示，其基本構成是蒸發器、壓縮機、凝結器及膨脹閥，使蒸發的冷媒氣體凝結，再使之蒸發，重複此循環進行連續冷卻作用，利用水或空氣使氣化的氣體凝結液化，因為用水和空氣冷卻，所以冷媒的溫度比

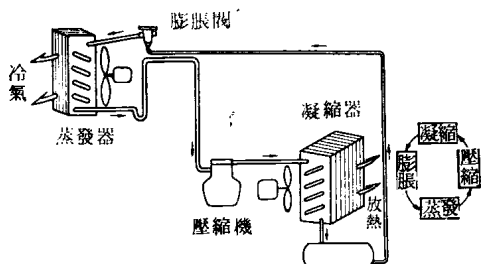


圖 1-1 蒸氣壓縮式冷凍法的原理圖

水和空氣高，而使用壓縮機壓縮，此稱為蒸氣壓縮式冷凍法，壓縮後溫度和壓力都提高，再經過膨脹閥和毛細管進行擠壓膨脹 (throttling) 使壓力下降，也就是重複蒸發—壓縮—膨脹的循環。

〔2〕 吸收式冷凍法

吸收式冷凍法用水作為冷媒，在 $4 \sim 6 \text{ mmHg abs}$ 程度的真空中使水蒸發，利用其蒸發潛熱進行冷凍，所產生的水蒸氣用吸收劑吸收連續進行冷卻作用。

以溴化鋰水溶液作為吸收劑，溴化鋰水溶液的特性如下：

成分	以溴化鋰 (LiBr) 作主成分
比重	60 % 水溶液約 1.7
比熱	60 % 水溶液 $0.444 \text{ kcal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ (在 15°C)
腐蝕性	有 (添加鉻酸鈉作為腐蝕抑制劑)
毒性	無

如圖 1-2 所示，在高真空中將蒸發器內冷卻管裏的冷媒水噴射出，使冷卻管內的水流冷卻。在蒸發器內蒸發的冷媒氣 (水

蒸氣)噴射至吸收器內被吸收劑吸收,此時所產生的吸收熱被設在吸收器內的冷卻管冷卻,

吸收器內的吸收劑吸收水蒸氣而使濃度降低,吸收能力變弱,所以在再生器內使水蒸氣或高溫水蒸發分離,讓吸收劑回復到原來的濃度,再回到吸收器內,在再生器內蒸發分離的水蒸氣到凝縮器內用冷卻水冷卻使之凝縮

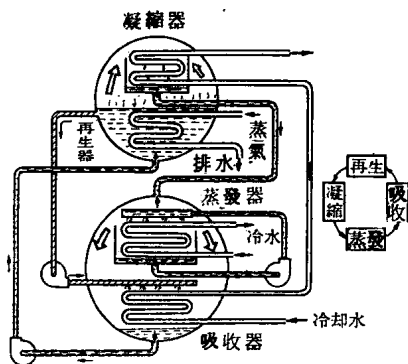


圖 1 - 2 吸收式冷凍法的原理

因此吸收式冷凍法的基本構成是蒸發器、吸收器、凝縮器、冷媒和吸收劑壓送泵,在再生器內進行冷媒分離必須燃燒重油、煤油、瓦斯等的燃料,小形機以都市瓦斯和丙烷氣作為熱源,此種氣體吸收式使用於一般家庭或業務用冷暖氣機。

吸收式的優點是不必循環泵,沒有可動部份,所以振動和噪音少,對負荷的變動安定,運轉的控制是簡單的比例方法,缺點是在高真空下氣密性的工作困難,吸收劑具有腐蝕性,冷水溫度降低則冷凍能力大大低下。

〔3〕 蒸氣噴射式冷凍法

蒸氣噴射式冷凍法是以水作為冷媒,在真空下蒸發進行冷卻作用,和吸收式相同,但蒸氣噴射式的真空獲得方法是蒸氣由噴孔 (nozzle) 高速噴出,利用噴射器 (ejector) 的作用。噴射出的蒸氣通過擴散器 (diffuser),此後在擴大部減速把速度能量轉換成壓力,再進入凝縮器內凝縮,如圖 1 - 3 所示,構造雖簡單但不是可逆,所以除了蒸氣便宜的情況下,一般都不使用。

〔4〕 真空冷却法

真空冷却法是把含有水分的被冷却物放入真空容器內使之真空，則被冷却物的水分被蒸發自己本身被冷却，是蔬菜類預冷所使用的方法，如圖 1-4 所示，容器內放入蔬菜用真空泵減壓，則蔬菜的水分一部份被蒸發而使溫度下降，壓力降至 5 mm Hg 程度，被冷却至 $2 \sim 1^{\circ}\text{C}$ 左右，從蔬菜出來的水蒸氣用凝氣瓣 (cold trap) 凝縮。

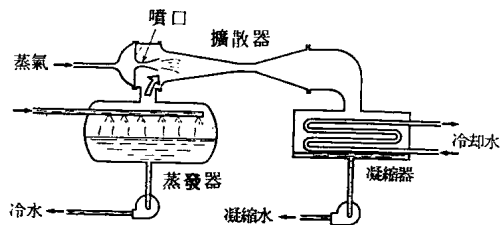


圖 1-3 蒸氣噴射式冷凍法原理圖

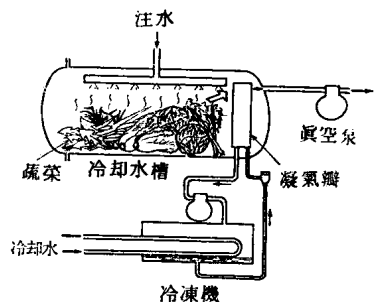


圖 1-4 真空冷却法原理圖

真空冷却法是在真空下，利用水分從物質表面蒸發，所以真空度愈高愈能促進蒸發，表面積大的葉菜類的冷却效果大，表面積小的果物及根菜類的冷却效果小。此種方法和空氣冷却比較，其優點是冷却速度平均快 20 ~ 30 分左右，缺點是設備價格高。

1.1.2 冷凍循環

蒸氣壓縮式冷凍法的循環是蒸發—壓縮—凝縮—膨脹，冷媒是由液體變成氣體，氣體變成液體的重復狀態變化的循環，如前述的圖 1-1 的冷凍循環，在此循環內的冷媒狀態變化，溫度以及壓力狀態的變化如圖 1-5 所示。

蒸發作用 冷媒在蒸發器內吸收冷藏庫內的空氣熱量而蒸發，由液體變成氣體，使冷藏庫內的空氣被冷却。蒸發器內氣體和