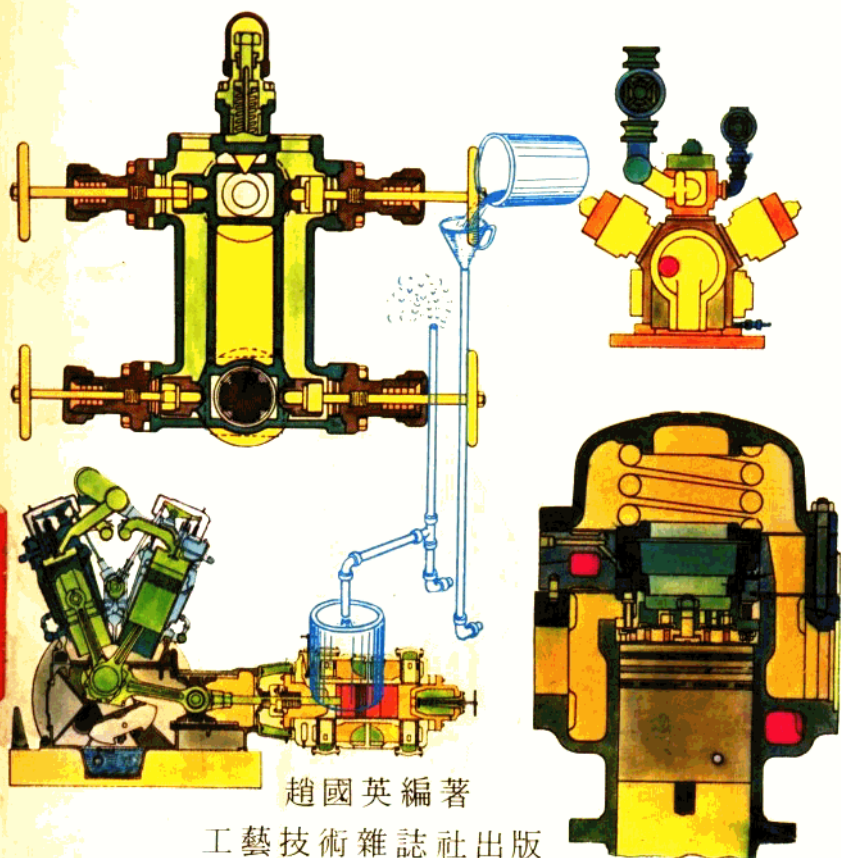


工藝技術叢書

商業冷凍技術

COMMERCIAL REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING



趙國英編著

工藝技術雜誌社出版

商 業 冷 凍 技 術

趙 國 英 編 著

工 藝 技 術 雜 誌 社 出 版

商業冷凍技術

趙國英編著

出版者：工藝技術雜誌社

香港北角英皇道486號三樓

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：中國宏興印務有限公司

九龍官塘偉業街122號八樓

定價：港幣二十元

版權所有*不准翻印

(一九八一年八月印刷)

前 言

在競爭激烈的世界貿易市場中，工業產品要是缺少競爭力——高質量與低成本，就很難站得住腳。近年來，工業界人士一再提出工業要多元化、要機械化、要自動化……以及技術人員的培訓要專業化等等，這些見解都是非常正確的。

近年來，東南亞許多地區，非常重視抓工業生產這一環節。投資比重增加了，失業人數減少了，設備趕上了世界一流水平；只是專業技術人員，使用新設備的人才，遠遠趕不上實際需要；有關的參考讀物還不夠新不夠多。

工藝技術雜誌是適應此一需要而出版的，計劃中還要出版一系列專集——「工藝技術叢書」的出版——系統而完整地分別論述工業生產中亟待解決的技術問題，選題內容或插圖，都具有濃郁的時代氣息，緊跟時代的腳印。譬如，當世界各地都在推行廉價自動化的時候，就先印行了「給料輸送自動化圖集」；又如當木工的傳統工藝有了新的突破時，「機械木工」便應時推出……。

今後，我們的願望是，新的專題，新的內容和形式的專集，要更多，更快，更好地和讀者見面；只是編輯部人手所限，眼力不夠，掛一漏萬在所難免，希望讀者們時予指正，或提供選題資料，或參與寫作行列，共同繁榮「工藝技術叢書」的出版。

工藝技術雜誌社

1989.1/07

目 次

前 言	I
1. 冷凍系統和分類	1
冷凍方式的種類	1
壓縮機式冷凍系統	4
吸收式冷凍系統	6
蒸汽加熱吸收式系統	8
高效能的吸收系統	9
水蒸汽噴射式冷凍系統	11
升壓器冷凍系統	12
超低溫多段式冷凍系統	13
離心式冷凍系統	14
2. 壓縮機冷凍系統和往復式壓縮機	16
壓縮機式冷凍系統	17
直接冷凍和間接冷凍系統	20
商用壓縮冷凍設備主要部分	21
壓縮機	22
直立和水平式往復壓縮機	24
V 式、W 式和角度式往復壓縮機	26
開放式和封閉式壓縮機	28
雙效壓縮機	30
軸 封	31
汽缸安全頭和閥	35
容量控制和起動旁路	37

曲柄連桿機構·····	40
3. 冷凍壓縮機和冷凍機的操作 ·····	42
往復式壓縮機·····	42
壓縮機的潤滑·····	46
旋轉式壓縮機·····	48
離心式壓縮機·····	50
旋轉螺旋式壓縮機·····	52
使用前注意事項·····	55
壓縮機的保養·····	55
安全保養措施·····	58
管系配件和閥·····	59
操作前的準備·····	61
冷凍機的起動和停止·····	61
其他要項·····	63
4. 冷凝器和蒸發器 ·····	65
氣冷式冷凝器·····	68
水冷式冷凝器·····	69
蒸發式冷凝器·····	75
冷凝器的維修·····	76
冷凝器的清潔方法·····	79
蒸發器·····	82
蒸發器的型式·····	82
各種蒸發器·····	86
5. 冷却塔 ·····	89
冷却池和噴冷池·····	90
冷却塔的分類·····	91
開式塔和閉式塔·····	92
水塔的控制·····	93
大氣式噴水冷却塔·····	94
機械式通風塔·····	95
壓力通風式冷却塔·····	96
反流誘導通風冷却塔·····	97

雙流冷却塔·····	98
典型的冷却塔系統·····	99
蒸發冷凝器裝置·····	100
室內冷却塔和屋頂冷却塔·····	100
雙曲綫式冷却塔·····	102
6. 冷凍劑的控制 ·····	103
冷凍劑控制的型式·····	103
冷凍劑控制器裝置·····	104
手控膨脹閥·····	105
自動膨脹閥·····	106
恆溫膨脹閥·····	108
低壓浮子閥·····	113
高壓浮子閥·····	114
浮子開關·····	115
電磁閥·····	116
吸氣管路調節器·····	118
吸氣退縮閥·····	121
電磁閥作液體管路關斷用·····	122
檢查冷凍系統控制器的試驗板·····	123
7. 馬達和電氣控制 ·····	126
馬 達·····	126
直流馬達·····	127
交流馬達的分類·····	128
多相馬達·····	129
單相馬達·····	134
馬達—壓縮機的控制·····	137
溫度控制·····	142
除霜控制·····	146
8. 冷凍機的管系 ·····	148
管路的壓力降·····	149
管路連接件·····	149
液體冷凍劑管路·····	150

冷凝器至儲液器管路·····	152
吸氣路管·····	156
排放管·····	161
多機組典型管路·····	165
其他管路·····	167
9. 吸收式冷凍系統·····	174
小型吸收式冷凍系統·····	175
工業吸收式冷凍系統·····	179
吸收系統的主要部件·····	181
吸收系統的保養·····	190
吸收冷凍系統操作反常·····	196
10. 間接系統、低溫和超低溫方式·····	198
間接冷凍系統·····	199
二次冷凍劑·····	200
鹽丹水·····	201
阻凍溶液·····	204
鹽水噴淋裝置·····	204
離心式水泵·····	206
總壓頭·····	207
低溫和超低溫系統·····	210
克勞德系統和階式系統·····	211
多段（增壓器）壓縮·····	213
中間冷卻器·····	214
階段系統應用不同的冷凍劑·····	216
多溫系統·····	218
電磁控制多溫系統·····	219
段式系統的多溫操作·····	221
11. 冷凍室的間隔·····	223
隔熱材料的水分·····	224
濕氣的密封料·····	225
露點溫度·····	225
隔熱層與導熱·····	227

透入冷藏庫的熱量	228
冷藏庫隔熱層結構	229
牆壁的總熱漏	236
隔熱體防止對流作用	238
反射隔熱層能防止輻射熱	239
12. 冷凍應用和食品冷藏	241
冷凍類別	241
食品保藏	243
惡化和變壞	244
變壞媒介的控制	246
冷凍保藏	247
冷凍貯存	249
食品的貯存溫度	249
濕度和氣流	250
混合貯存	251
進入貯存時的產品狀況	252
產品冷凍	253
冷凍室的相對濕度和空氣流速	253
結霜和冰藏	254
凍結方法	256
空氣鼓風凍結法	256
間接接觸凍結	259
浸入凍結法	261
急凍與慢凍的比較	261
13. 超級市場與食品店的冷凍設備	262
陳列箱	263
開式陳列櫃	265
輻射熱效應	266
閉式肉類陳列櫃	267
圈管的排列	267
多連接法	268
陳列櫃的護理	269

安 裝.....	269
機械中心.....	271
綜合系統.....	273
陳列櫃的除霜.....	274
排水設備.....	276
進入式冷却器.....	277

1. 冷凍系統和分類

談到冷凍設備和冷氣機，自然聯想到這使冷凍劑在系統中循環的壓縮機，它有如人體的心臟使血液在體內循環一樣。可是，機械壓縮式冷凍系統不過是常見的一種而已。因為冷凍是將空間或物質的熱抽除，使達到所需低溫的方法，因此除用壓縮機循環冷凍劑以吸熱（及放熱）之外，亦常採用熱能以代替機械能而起冷凍循環的吸收系統來工作。近期迅速發展的電子冷凍法，是熱電偶溫差效應的運用，半導體又派上了用場。接近絕對零度的極低溫磁性冷凍系統，是順磁性物質的運用，目前仍在研究與發展中。

冷凍(Refrigeration)是將空間或物質中的熱抽除，使溫度下降的方法。簡明地說：冷凍是將一處的熱移至另一處的方法。

冷凍設備將某處的熱吸取並遷移至另一處，是以容易汽化的冷凍劑(Refrigerant)作為介質。它在冷凍系統內充任冷凍循環的工作；當由液體化為氣體時，吸取周圍的熱量，使溫度下降；當循環至另一部分時，再由氣體凝結成液體而將熱量放出。

冷凍方式的種類

冷凍按溫度的範圍來分，有以下幾類：

A. 高溫系統——溫度在 0°C 以上；用於空氣調

節器、冷氣機等。

B. 中溫系統——溫度在 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之間；用於食物儲藏、藥物儲藏等冷凍設備。

C. 低溫系統——溫度在 $-30^{\circ}\sim -60^{\circ}\text{C}$ 之間；用於冰凍櫃及特殊冰凍方面。

D. 超低溫系統——溫度在 -60°C 以下；用於工業製造、航空、太空研究及其他特殊冷凍方面。

冷凍方法按作用原理來分，有以下幾種：

1. 冰塊冷凍法：利用冰雪的溶解熱來吸熱，使生冷凍（見圖1）。但用普通冰雪，溫度不能下降至零度以下，難收低溫冷藏的功效。

2. 冷凍混合劑冷凍法：利用冰塊和氯化物混合，比普通冰雪有較低溫度。這方法亦靠溶解熱來吸熱。

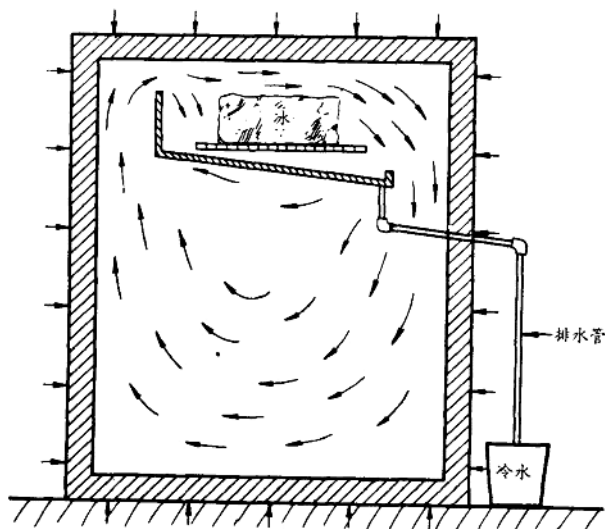


圖1 利用冰塊溶解來吸熱的冷凍法

3. 乾冰冷凍法：利用固體碳酸（乾冰）不經液體變化而直接變為二氧化碳的方法來吸熱。乾冰的昇華溫度為 -78°C 的低溫，所以適用於低溫方面。利用乾冰的昇華熱來吸熱，成本頗高。

4. 液體蒸發冷凍法：實用上所應用的機械壓縮冷凍設備和非機械的吸收式冷凍設備，同樣利用冷凍劑液化時放出熱量、氣化時吸收熱量這一蒸發潛熱原理而起冷凍作用（見圖 2）。

5. 氣體膨脹冷卻法：利用體積壓力與溫度關係而生冷凍的方法。與製造液體空氣的方法相似。這種冷凍裝置雖較簡單，但效率較低，所以很少採用。

6. 熱電冷凍法：利用兩種不同的導電材料兩端連接，通以直流電，使兩接點產生溫差。這種熱電效應（又稱非爾蒂——Peltier 效應）的冷凍法，是利用半導體的特殊性質，使直流電通過時，吸熱端變冷，放熱

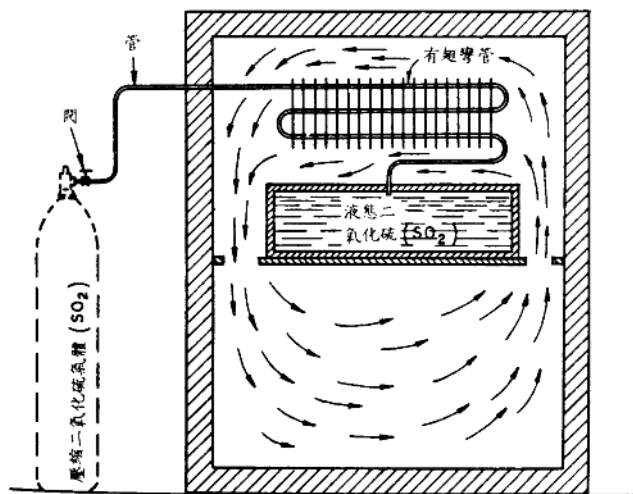


圖 2 利用液體蒸發潛熱的冷凍法

端變熱所達成，所以又稱電子冷凍法。

7. 磁性冷凍法：利用容易感磁的順磁性物質預冷至某一甚低溫度，使分子活動減至最低限度，然後通過強烈磁場，使分子重新排列而放出熱量。這種冷卻法可得極低的溫度。

冷凍系統(Refrigeration systems)又可分為機械式及非機械式兩種。凡使用壓縮機(Compressors)在冷凍系統內完成冷凍任務則稱為機械式冷凍或壓縮機式冷凍設備。非使用壓縮機或類似機械的冷凍設備則稱非機械冷凍，例如商業和家庭上均有採用的吸收式(Absorption)冷凍機，大型工業常用的蒸汽噴射式(Steam jet)，以及熱電冷凍法(Thermoelectric process)和接近絕對零度的極低溫磁性系統(Magnetic system)，都屬於非機械冷凍系統的範圍。其中壓縮機式和吸收式冷凍系統最為普遍。

壓縮機式冷凍系統

壓縮機式冷凍系統(Compression refrigeration systems)和吸收式冷凍系統(Absorption refrigeration systems)在應用上最為普遍。

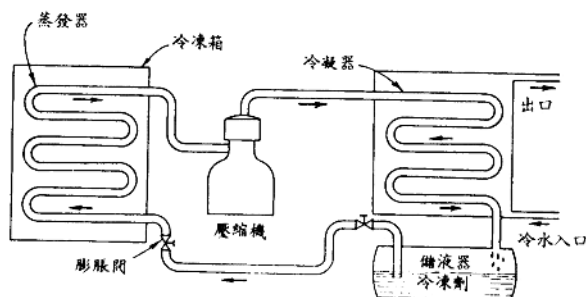


圖 3
簡單壓縮系統

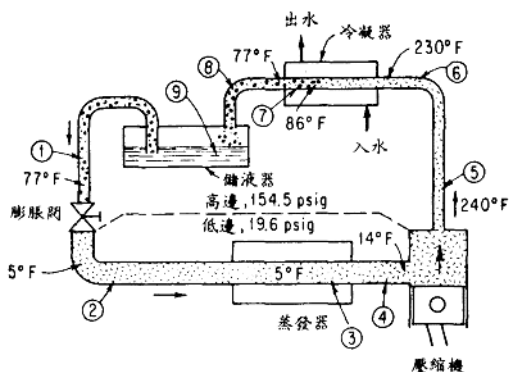


圖 4 冷凍壓力循環的各部溫度

圖 3 是簡單壓縮系統的冷凍循環示意圖，主要部分有壓縮機(Compressor)、冷凝器(Condenser)、儲液器或受液器(Liquid receiver)、膨脹閥(Expansion valve)和蒸發器(Evaporator)或冷却旋管(Cooling coils)。

壓縮冷凍系統中，冷凍劑(Refrigerant)從膨脹閥進入蒸發器，通過冷却旋管時，將熱吸取，變成氣體，然後由壓縮機將氣體壓縮至凝結壓力，使它液化。因此蒸發器內的熱就被沸騰而蒸發的冷凍劑所吸收，帶至冷凝器去。這些熱在冷凝器內，藉水、空氣或其他方法而放出。而冷凍劑則從蒸汽變為液體流至儲液器，從儲液器又再流經膨脹閥，開始了新的循環。

冷凍劑在低的壓力下，從膨脹閥經蒸發器而至壓縮機的吸入口，系統中的這一部分稱為「低邊」(Low side)。冷凍劑在高壓力下，從壓縮機經冷凝器、儲液器、液管以至膨脹閥，系統中的這一部分則稱為「高邊」(High side)。

在各種冷凍系統中，高邊和低邊的壓力視乎所用

冷凍劑、蒸發器所需溫度和冷凝介質的溫度而定。

至於壓縮系統中的各部溫度，從圖 4 的「阿摩尼亞」(Ammonia——即氨) 冷凍系統中可見自壓縮機泵出以至吸入時，各部從高至低的溫度變化。高邊的溫度從 240°F (約 115°C) 降至 77°F (約 25°C)；壓力為 154.5psig 。低邊的溫度從 5°F (-15°C) 至 14°F (-10°C)；壓力為 19.6psig 。

吸收式冷凍系統

冷凍劑氣體不使用機械壓縮機壓縮而用化學方式將氣體壓縮，即由發生器 (Generator) 和吸收器 (Absorber) 代替壓縮機的工作，採用熱能代替機械能以改變冷凍循環的情況，這種冷凍系統稱為「吸收式冷凍系統」(Absorption refrigeration system)。所以，吸收式與壓縮機式的分別，主要在於壓縮方法的不同。

連續工作的吸收系統，亦與壓縮機式冷凍系統一樣，需有膨脹閥、蒸發器、冷凝器和儲液器。所需的熱能亦可採用燃氣火焰、電熱器 (Electric heater) 或煤油火焰。大型商用吸收式冷凍系統亦有用水蒸汽來加熱的，當冷凍劑在蒸發器內沸騰時吸取熱量；要使冷凍劑在低溫蒸發而得到低的溫度，便需減低蒸發器內的壓力，這種低壓力是由迅速帶走蒸發出來的氣態冷凍劑而產生；該氣體很易又被第二種液體所吸收，這種液體要能於氣體冷卻時吸收，而於熱時放出。

吸收系統用水作為吸收劑和用氨氣體作為冷凍劑最為普遍。因為氨氣體當水溫在 $90\sim 100^{\circ}\text{F}$ (約 $32\sim 38^{\circ}\text{C}$) 時容易被水所吸收，水吸氨的速度亦與機械壓縮機相似。

實用上的簡單吸收冷凍裝置是由充入高壓氨液的筒，經過控制裝置與蒸發器的連接，冷凍劑放出時就

可連續地產生冷凍效應，直至高壓液體放完，或吸收筒內的水達到飽和為止。

圖 5 表示典型吸收系統的循環，這種氨吸收冷凍系統(Ammonia absorption refrigerating system) 廣泛用於工商業上，主要部分有：1.發生器(Generator)；2.冷凝器(Condenser)；3.精餾器(Rectifier)；4.吸收器(Absorber)；5.泵(Pump)；6.蒸發器(Evaporator)；7.換熱器(Interchanger)；8.膨脹閥(Expansion valve)。

蒸發器內的蒸氣由低溫吸收液體所吸收，這些液體隨即泵至發生器，供給冷凍劑以沸騰熱。吸收劑冷卻後，再進入減壓閥(Pressure reducing valve)至吸收器。

從圖 5 的循環中，冷水首先進入吸收器，抽取由冷凍劑蒸汽所釋出的熱，然後通過冷凝器和精餾器。冷凍劑從蒸發器進入吸收器，流入吸收劑溶液內。高濃度溶液又由泵送至發生器，藉發生器將濃度溶液加熱，該處壓力雖然增高，但仍產生氨氣，變為高壓氨

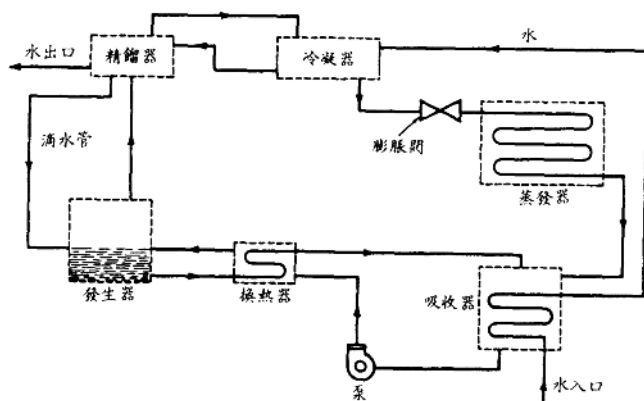


圖 5 典型吸收式冷凍系統