



7

氣體工業及冷凍冷藏工業



商務印書館

目 次

第一篇 冷凍	1
第一章 緒論	1
第二章 低溫之生成	2
第一節 由固體物質之熔融及鹽類之溶解而生成低溫法	2
1. 固體之熔融	2
2. 鹽類之溶解	2
3. 冷劑	4
第二節 利用液體或固體之蒸發熱以生成低溫法	8
1. 由物質之具有常溫以上之沸點者	8
2. 由物質之具有常溫以下之沸點者	8
第三節 由熱之直接使用而生成低溫法	10
1. 吸收式	10
2. 水蒸氣吸收機	10
3. 氨吸收機	13
4. 矽氧凝膠吸附法	15
5. 阿多索爾吸附劑	16
第四節 藉機械的工作之冷凍法	18
1. 熱唧筒之理論	18
2. 空氣式冷凍機	25
3. 蒸氣壓縮法	27
第三章 冷凍劑之性質	37
第一節 氨	37
第二節 亞硫酸氣	38
第三節 氯甲烷	39
第四節 氯乙烷	41
第五節 碳酸氣	41
第六節 二氯二氟甲烷	42
第七節 二氯甲烷	44

第八節 鹹水·····	45
第四章 製冰·····	47
第一節 總說·····	47
第二節 製冰用水·····	47
第三節 製冰廠之圖樣·····	48
第四節 凍板式·····	50
第五節 凍罐式·····	50
第五章 固形碳酸·····	55
第一節 作冷劑之固形碳酸·····	55
第二節 二氧化碳之昇華及固形化·····	55
第三節 碳酸氣之發生·····	56
第四節 固態碳酸之生成·····	57
第六章 家庭用冷凍機·····	59
第一節 家庭冷藏庫與溫度·····	59
第二節 家庭用壓縮式冷凍機·····	60
第三節 家庭用吸收式冷凍機·····	61
第二篇 冷藏·····	63
第一章 緒論·····	63
第二章 熱之絕緣·····	64
第一節 絕緣材料必具之條件·····	64
第二節 絕緣材料·····	64
1. 軟木質板·····	65
2. 毛氈·····	65
3. 木料·····	66
4. 石棉·····	66
5. 厚紙板·····	66
6. Dry zero·····	66
7. 鋁屑·····	66
第三節 絕緣材料之性能·····	66
第三章 冷藏倉庫之構築·····	68
第四章 冷藏庫內之裝管法·····	70
第五章 速凍法·····	74

冷凍冷藏工業

第一篇 冷凍

第一章 緒論

吾人欲得冷物，或欲奪取正在發生之熱時，概行使用冷劑，以求達斯目的。冷劑或冷凍劑云者，此時所以降低可冷物之溫度者也，

施行冷凍作業之化學工廠，必行(1)氣體之液化，(2)液體之固體化，(3)自溶液析出鹽類之結晶，(4)混合物之分離，(5)反應速度之調節，(6)食料品之貯藏等項工程，殆與一切化學工業皆有關係。至於常溫，則空氣或水可謂工業上為用最廣之冷卻劑。

雖云使用此等天然之物，吾人殆能除去無限之熱量，然如斯價廉而又便利之冷卻劑，因其本身亦具較高溫度之故，若直用原物以供使用時，則應用之範圍自有限度。

然吾人論及低溫之生成時，即於水溫，普通亦不得不視為 $10^{\circ}\text{C}.$ ~ $15^{\circ}\text{C}.$ 以下。然則欲得較此更低之低溫，又有何等之方法否乎？茲就此敘述於次：

第二章 低溫之生成

以言低溫之生成法，計有(1)由固體物質之熔融及鹽類之溶解(吸熱)而生成低溫之法，(2)利用液體或固體之蒸發熱法，(3)由熱之直接使用而生成低溫之法，(4)藉機械的動作以生成低溫之法。

第一節 由固體物質之熔融及鹽類之溶解而生成低溫法

1. 固體之熔融 熔融固體或以較高速度溶解固體鹽類時之吸熱法，乃人工生成低溫法中最簡便易行之方法；而利用固體之熔融熱，以期冷卻室內氣溫或液體時，能被人規模利用之物，厥為冰塊。

1 仟克之冰熔融之際，所吸收之熱量，於 0°C . 及 1 氣壓之下，計為 79.9 仟卡(kcal.)。

茲列舉各種單質及化合物之熔點並熔融熱如次(見第 1 表)。

2. 鹽類之溶解 固體鹽類溶解於水之溶解熱概屬吸熱，因而其時所生溶液本身之溫度，則相當降落。此無他，蓋鹽類之溶解速度迅速，從而其溶解度雖遇低溫度亦復頗大，故溫度降落亦隨之而大也。此際宜將過剩之鹽類盡力研成粉末，從速與水混合為佳。

當硝石溶解之際，利用其溫度降落，以使水或其他液體冷卻之方法，自極古時代，夙為印度人所發明者也。又有羅馬之物理學家 Blasius Villafrance，於距今千五百五十餘年前，亦嘗使用此法。羅馬人因欲飲用冷葡萄酒，乃以葡萄酒瓶懸浸於冷水中，且投硝石且攪拌之，結果如願以償。

此等鹽類溶液之冰點（即自其溶液有冰析出之溫度）皆較純水之

第 1 表

物 質	熔 點 $^{\circ}\text{C}.$	熔 融 熱	
		cal./g.	kcal./g. 分子
氮 N_2	-210.0	6.1	0.085
氫 H_2	—	15.0	0.015
氧 O_2	-219.0	3.3	0.053
氬 Ar	-190.0	6.71	0.268
氯 Cl_2	-103.5	23.0	0.810
氨 NH_3	-75.0	168.1	1.84
碳酸氣 CO_2 (5.1 氣壓)	-56.29	48.8	1.93
一氧化碳 CO	-206.0	8.0	0.224
硝酸 HNO_3	-49.0	9.45	0.601
氧化氮 N_2O_2	-10.14	32.2	2.96
冰	0	79.80	1.44
冰	-5.0	76.6	1.38
冰	-6.62	75.99	1.37
四氯化碳 CCl_4	-22.9	—	—
氯化苯 $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	-45.2	—	—
氯仿 CHCl_3	-63.5	—	—
乙醚乙酯 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	-83.6	—	—
甲苯 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	-95.1	—	—
二硫化碳 CS_2	-111.6	—	—
乙醚 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	-116.3	—	—
甲基環己烷 $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_3$	-126.4	—	—
異戊烷 C_5H_{12}	-159.6	—	—

冰點 ($^{\circ}\text{C}./760\text{ mm.}$) 猶低，而其鹽類之濃度愈大，則冰點亦愈降落，顧一方鹽類遇此等低溫度時之溶解度，普通卻以逐漸減少為常。又從嚴格言之，所謂熔融熱、溶解熱，皆隨溫度而略行變化者也。

茲揭載硝酸銨溶解於水時溫度之降落與其性能於次：

第 2 表 由硝酸銨與水而成之冷劑

對於鹽類 1 克	吸收熱量 cal.	最大降落 溫度 °C.	飽 和 溫 度 (d) °C.	當冷卻材料溫度如下時於(c)或(d) 之溫度含有 1 克鹽類之溶液所具冷 卻性能(cal.)			
				20°	15°	10°	5°
1.04 克之 水	53.3	38.3	-8	14.4	21.3	28.3	35.3
1.14 克之 水	54.5	36.4	-12	6.7	14.1	21.6	29.1
1.26 克之 水	55.7	34.6	-16		6.7	13.8	21.9
			凝固點 (c) °C.				
1.49 克之 水	57.6	31.5	-16	—	0.9	10.1	19.3
2.76 克之 水	66.0	22.1	-10	—	—	6.5	21.7
5.08 克之 水	73.3	14	-6	—	—	—	15.8

3. 冷劑 試以冰或雪，與如食鹽之鹽類少許，混合使勻，則冰雪即有一部分溶解而生食鹽之溶液，全體之溫度乃降至攝氏零度以下。若於過剩之冰雪內，另行增加食鹽之量，則溫度更行低降，及至溶液之濃度大致已達 24% 時，則於常壓之下，因冰雪與固體食鹽($\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)受其溶液之作用，而達最低溫度 -23°C . 之一定溫度而止。此溫度即於常壓之下，得自冰雪與食鹽之溫度也。

今若用之以冷凍他物，易言之，即與之以熱，則溫度仍一定不變，蓋所與之熱，悉為熔融冰雪，並於所生水中溶解食鹽，為所消費故也。故至冰雪或食鹽之一方，抑或二者同時消失為止，溫度不變。足見使用此法，理宜得保 -23°C . 之恆溫度也。通常稱此溫度為最低熔點 (eutectic point)，又稱此系為低熔冰鹽合晶 (cryohydrate)。若是之混合物概名之曰冷劑 (freezing mixture)。

使用冰或雪與食鹽之冷劑，據史冊所載，於公元一六〇七年時，納普拉斯(Naplas)之 Latinus Tancredus 嘗用之。至於山特里用雪與食鹽以冷卻葡萄酒，則自一六二六年始。又據阿羅修士(Orosius)云，自公元前四百年以來，夙已用此方法，冷凍屍骸或液體，此說或非虛造。又嘗製造冰淇淋(ice cream)或冷卻汽水時，亦有使用食鹽以外之鹽類者，如硝酸銨與水亦可用以製冰。例如 Toselli machine，即其規模最大者。法於木製之容器內，盛滿冷水，以硝酸銨溶於此中，則溫度之降落竟達 -22°C ，另用狹口桶盛以淨水，浸入其中，即可結冰。又如使用氯化鈣，則溫度一次之降落約得 -17°C ，縱屬 20°C 之水，苟經數次反復冷卻，終能結冰。

藉冷劑以降低溫度，係與冰之熔融熱，鹽類之溶解熱及溶解度等，皆有關係，為用最普通者厥為鹼金屬之鹽類，及遇低溫度仍具頗大溶解度之其他鹽類。然實際為冷劑所用者，不限於一種，同時併用二種以上之例亦多。

第3表 由氯化鈣($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)與冰或雪合成之冷劑

對於1克之鹽類可混合之冰或雪量(克)	吸 收 熱 量 (cal.)	飽 和 溫 度 $^{\circ}\text{C}$. (t°)	於(t)或(d)之溶液 所具冷卻性能
0.43	58.2	-10.6	51.9
0.55	66.7	-28.7	45.5
0.70	77.0	-54.9	30.0
		凝固溫度(d°)	
0.74	81.1	-48.2	36.9
0.91	90.0	-36.5	52.5
1.03	103.2	-28.0	69.4
1.89	171.3	-12.4	145.0
2.72	237.3	- 8.1	213.1

第4表 由一種之鹽與冰或雪合成之冷劑

對 於 冰 或 雪 100 分				降 落 之 溫 度 °C.	
				自	至
食 鹽	NaCl	86 分		12.6	10.1
結晶硫酸鈉	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	20		12.5	5.7
硝 石	KNO_3	16		13.2	3.0
氯化鉀	KCl	30		13.2	0.6
碳酸銨	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	30		15.3	3.2
氯化銨	NH_4Cl	30		13.3	- 5.1
智利硝石	NaNO_3	75		13.2	- 5.3
硫代硫酸鈉(結晶)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	119		10.7	- 8.0
氯化鈣(結晶)	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	250		10.8	-12.4
硝酸銨	NH_4NO_3	60		13.6	-13.6
硫氰化銨	NH_4SCN	183		13.2	-18.0
以 下 用 雪					
氯化鉀	KCl	30		0	-10.9
氯化鉀	KCl	132		0	-16.1
氯化銨	NH_4Cl	25		0	-15.4
硝酸銨	NH_4NO_3	45		0	-16.7
硝酸鈉	NaNO_3	50		0	-17.7
食 鹽	NaCl	33		0	-21.3
氯化鈣	CaCl_2	132		6.7	-44.4
氯化鈣	CaCl_2	150		-28.1	-55.6
氯化鈣(結晶)	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	143		0	-50.0
氯化鈣(結晶)	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	200		-17.8	-54.4
氯化鈣(結晶)	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	150		-40.0	-58.3
稀硫酸	$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	66		0	-30.5
稀硫酸	H_2SO_4	100		-28.9	-51.1
稀硫酸	H_2SO_4	120		-55.6	-68.3
稀硝酸	$\text{HNO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	56		0	-34.3
稀硝酸	HNO_3	66		-17.8	-43.3
稀鹽酸	$\text{HCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$	165		0	-32.8

第5表 由二種以上之鹽類與冰或雪合成之冷劑

對 於 冰 或 雪 100 分					降 落 之 溫 度 °C.	
					自	至
氯化銨	NH_4Cl	29 分 + 硝石 KNO_3	18 分	15	-10.6	
氯化銨	NH_4Cl	27 分 + 硝石 KNO_3	15	5	-17.4	
氯化銨	NH_4Cl	30 分 + 硝石 KNO_3	30	10	-15.6	
氯化銨	NH_4Cl	22 分 + 硝酸鈉 NaNO_3	51	15	-9.8	
氯化銨	NH_4Cl	20 分 + 硝酸鈉 NaNO_3	46	5	-18.2	
氯化銨	NH_4Cl	30 分 + 硝石 KNO_3 30 + 硫酸鈉	48	10	-15.6	
硝酸銨	NH_4NO_3	72 分 + 硝酸鈉 NaNO_3	60	15	-17.0	
硝酸銨	NH_4NO_3	56 分 + 硝酸鈉 NaNO_3	55	5	-23.8	
硝酸銨	NH_4NO_3	100 分 + 碳酸鈉 Na_2CO_3	100	10	-21.7	
硫氰化銨	NH_4CNS	78 分 + 硝酸鈉 NaNO_3	59	15	-19.6	
硫氰化銨	NH_4CNS	63 分 + 硝酸鈉 NaNO_3	58	5	-26.2	
硫氰化銨	NH_4CNS	75 分 + 硝酸銨 NH_4NO_3	48	15	-22.7	
硫氰化銨	NH_4CNS	62 分 + 硝酸銨 NH_4NO_3	36	5	-28.9	
硫氰化鉀	KCNS	139 分 + 硝酸銨 NH_4NO_3	10	15	-22.4	
硫氰化鉀	KCNS	122 分 + 硝酸銨 NH_4NO_3	6	5	-29.0	
以 下 用 雪						
硝 石	KNO_3	13.5 分 + 氯化銨 NH_4Cl	26		-17.8	
硝 石	KNO_3	9.0 分 + 硫氰化銨 NH_4CNS	67		-28.2	
硝 石	KNO_3	35 + 氯化銨 NH_4Cl 35 + 食鹽 NaCl	70		-27.8	
硝酸鈉	NaNO_3	54.5 分 + 硫氰化銨 NH_4CNS	39.5		-37.4	
硝酸銨	NH_4NO_3	32.0 分 + 硫氰化銨 NH_4CNS	50.0		-30.6	
硝酸銨	NH_4NO_3	42.0 分 + 食鹽 NaCl	42.0		-31.7	
氯化銨	NH_4Cl	20.0 分 + 食鹽 NaCl	40.0		-24.4	
稀硫酸	$\text{H}_2\text{SO}_4\text{aq.}$	50.0 分 + 稀硝酸 $\text{HNO}_3\text{aq.}$	50.0	-23.3	-48.9	

以上所述之冷劑，乃歷史上饒有興趣之物，時至今日，則此等方法

殆不過僅見用於實驗室而已。

第二節 利用液體或固體之蒸發熱以生成低溫法

1. 由物質之具有常溫以上之沸點者 液體或固體物質在蒸發(或氣化)之際,常吸收相當多量之熱。故若不從外部加熱而令盛行蒸發時,則因蒸發熱之故,液體本身之溫度即行降落。例如或行減壓,或用吸收劑,使驟然吸收蒸氣,抑或通入急激之空氣流,促令盛行蒸發,則從比較的易於常溫蒸發之液體,亦復可得相當之低溫。茲舉若干物質示其可得之溫度如次:

第 6 表

物	質	可 得 之 溫 度 °C.
水	(H ₂ O) _n	± 0
乙 醇	(C ₂ H ₅ OH)	-11.0
汽 油	(C ₂ H _{2n+2})	-13.0
四 氯 化 碳	(CCl ₄)	-21.0
丙 酮	(CH ₃ COCH ₃)	-26.0
乙 醚	(C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅)	-47.0
二 硫 化 碳	(CS ₂)	-44.0
戊 烷	(C ₅ H ₁₂)	-50.0
亞硝酸乙酯	(C ₂ H ₅ NO ₂)	-55.0

2. 由物質之具有常溫以下之沸點者 其次於常溫即成氣體之物質,若預先施以人工的操作(壓縮冷卻等),以行液化,則遇常溫、常壓,即可盛行沸騰,因而吸收多量之蒸發熱,故各得冷卻至其沸點為止。

茲示此等液體或固體，於常壓之下，沸騰(或汽化)之溫度與蒸發熱
如次：

第 7 表

物 質	沸 點 °C.	蒸 發 熱	
		cal./g.	kcal./g.分
氯 Cl_2	-22.	67.4	2.39
氦 He	-269.	6.0	0.024
空氣 (氧 21%)	1 氣壓	44.0	—
空氣 (氧 22.5%)	1 氣壓	45.4	—
空氣 (氧 50.9%)	1 氣壓	50.3	—
空氣 (氧 90.0%)	1 氣壓	59.0	—
氧 O_2	-188.	58.0	0.93
氮 N_2	1 氣壓	51.0	0.821
氬 N_2	1 氣壓	48.7	0.682
氫 H_2	-200.	48.87	0.684
氨 NH_3	1 氣壓	114.0	0.115
溴化氫 HBr	-33.4	341.0	5.81
碳酸 (固體)	-69.9	48.7	3.94
二氧化碳 CO_2	-78.0	142.4	0.26
一氧化碳 CO	-56.24	81.6	3.79
四氯化碳 CCl_4	1 氣壓	50.5	1.414
四氯化碳 CCl_4	0	52.0	8.0
四氯化碳 CCl_4	100.	44.15	6.80
四氯化碳 CCl_4	200.	32.61	5.03
四氯化碳 CCl_4	280.	10.43	1.61
亞硫酸氣 SO_2	-10.0	95.3	6.11
亞硫酸氣 SO_2	0	91.7	5.88
二硫化碳 CS_2	0	89.5	6.81
二硫化碳 CS_2	46.6	105.7	8.07
硫化氫 H_2S	-61.37	131.98	4.497
氧化亞氮 N_2O	-20.0	66.9	2.94
水 H_2O	0	594.8	10.71
水 H_2O	25.0	581.9	10.47
水 H_2O	49.8	566.5	10.20
水 H_2O	80.0	551.6	9.93
水 H_2O	100.0	539.1	9.70
水 H_2O	180.0	482.7	8.69
丙酮 CH_3COCH_3	0	140.5	8.16
醚 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	-3.7	91.4	8.99
醚 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	0	92.5	6.85
醚 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	34.8	84.8	6.28
乙醇 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	0	220.9	10.17
乙醇 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	78.2	216.4	9.97
氯乙烷 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	21.17	100.1	—
正己烷 C_6H_{14}	0	85.4	8.45
正己烷 C_6H_{14}	0	89.2	7.68
甲醇 CH_3OH	0	239.2	9.26
甲醇 CH_3OH	64.5	267.5	8.57
氯甲烷 CH_3Cl	0	96.9	4.89
氯甲烷 CH_3Cl	—	75.3	6.40

若在實驗室等處，則混合固體之 CO_2 與醚使成粥狀，可得 -80°C 之低溫，又由固體 CO_2 與丙酮，可得近乎 -110°C 之低溫，然欲使用上表之物質，作實際之冷卻用時，則其化學性質及價格與其目的，非經考慮不可。又液態空氣等，亦復漸經採用，以達冷凍、冷卻之目的，但以特別用途為限耳。

第三節 由熱之直接使用而生成低溫法

1. 吸收式 (absorption process) 此一方法乃將熱能直接應用於冷劑者，冷凍能則以利用媒質之汽化熱為本。此法根據如下所說明之理，亦可稱為吸收式。

至於此法，則須使用二種物質以作媒質。此二種媒質若處低溫狀態，則因雙方溶解、吸收、吸附等現象，而行簡單結合，然其結合物，卻又容易因熱處理而依舊分離或分解為二物質者也。

此種因熱處理法而起之結合、分離，卻能彼此交互迭起者，換言之，即前節所述利用汽化熱之方法，略經機械的處理是也。蓋此等結合物，一經直接加熱，則一方即容易化為汽，而此汽則流入方為水所冷卻之冷凝器中，以冷凝熱，傳與冷卻之水。茲所冷凝之液體，若與原液相比，以其富於揮發性氣體之故，恆具較大之汽壓。次又將此濃厚溶液，使與吸收劑發生連結作用，俾再蒸發，則其蒸發所需之汽化熱，必從其四周所圍繞之物，抑即行將冷卻之物，吸收而來，故冷卻作用於焉而生。此際與吸收劑共存之汽，其壓力卻較濃厚溶液之汽壓為小，故液體之汽化速度亦復較大，是即生成低溫之理。

此式所用之機器，計有(a)水蒸氣吸收機與(b)氨吸收機等。

2. 水蒸氣吸收機 使水蒸發，以達冷凍之目的時，溫度愈行降低，則其汽壓亦愈減落，卒至非常之小。

第 8 表

溫 度 °C.	汽 壓 mm./Hg	溫 度 °C.	汽 壓 mm./Hg
30	31.55	8	8.00
28	28.10	5	6.53
25	23.60	0	4.00
20	17.39	-1	4.30
15	12.70	-2	3.96
10	9.17		

故凡欲使液體在低溫度仍能盛行蒸發者，必行減壓，而令吸收劑吸收之也。此際使用硫酸作吸收劑者，一名真空機(vacuum machine)。

於減壓之下，使水蒸發，並用硫酸，藉以吸收其汽，若是之冷凍法，不自今始，大約於十七世紀之初，即經發明者也。

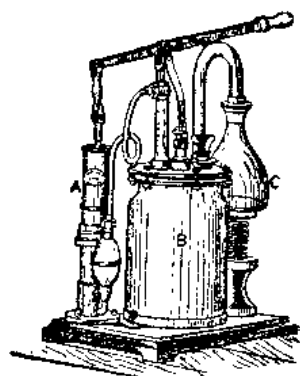
先用空氣唧筒，除去容器內部之空氣，再將此真空之容器與另一硫酸容器連結，則水蒸氣即能自由飛出。硫酸乃極易吸水之物，故水之汽化速度，較之處常壓下之汽化速度增進頗著。此際方在盛行汽化之汽，則自剩餘之水，吸收多量之汽化熱，及至一定時間之後，剩餘部分之水卒至凍結成冰。

蓋此方法，乃以吸收法為主。何則，其作用之要點，端在藉硫酸吸收水蒸氣，至若為生減壓所用之唧筒，則屬於補助性質，非機構之主要部分故也。然實際上欲使水蒸氣自由與酸接觸，首先必須將內部之空氣及其後漏入之空氣除去，是以唧筒遂成必要之物。依尋常之推想，以為空氣既經一次排除之後，縱令唧筒停止抽動，似亦無妨，殊不知實際水中所曾溶解之空氣，連續的與水蒸氣同時逸出，故有繼續抽動唧筒之必要。設若接連施行此一方法，則吸收水蒸氣之硫酸變成稀薄，非取出濃縮之不可。

若是之機械，乃一八七八年，由尹德霍遜 (Windhausen) 所創造，曾經 “Aylesbury Dairy Company” 以較大規模使用，專為製冰而設。以言其製冰程序，首先蒸發製冰水之一部分，藉其汽化熱以促水之溫度降落，既行汽化之汽則令硫酸吸收，硫酸如變稀薄，則移入鄰接之濃縮器，加熱以行濃縮，再作吸收劑，使起作用。對此機械有宜注意者，即既經加熱濃縮之熱硫酸返回吸收器之途中，必使用換熱機也。此種機械具有一晝夜製冰十二噸之能力云。此機所用之製冰罐 (butt) 所具氣密性，適足以抗耐減壓唧筒之作用。若藉此種機械，則水既入罐而又達到罐底時，業經半凍。此則緣於恆由自身內部吸取蒸發熱之故，因而結冰時間極短，此誠製冰方面大堪注目之一端也。何則，凍結時間若長，則自外界浸入之熱必隨之而多故也。此點即此式之最大特長，故此機械較諸漏熱頗多之別種小型製冰機，誠便利多矣。熱之漏量，恆與時間成比例。故凍結時間之短促，乃能率上之重要事項。本機有小型者，以供家庭製冰之用，誠屬可貴。

由此製冰機所得之冰，因結冰較速之故，內部所含空氣之氣泡尚未盡行逸出，因而與結冰需時較久之別種製冰機所製透明冰相比，其色較白，而易變成海棉狀。

此外尚有使用手搖空氣唧筒，藉手搖之柄攪拌硫酸，俾硫酸時時現出新接觸面者，因其型小而簡便，亦宜供作家庭製冰之用。



第 1 圖

第 1 圖乃小型之硫酸吸收機，A 為空氣唧筒，C 為生冰之壺。於此表面着手工作，只須經歷數分鐘，即有冰析出。B 為硫

酸之容器，此則時須更換，既變稀薄之硫酸即行加熱、濃縮，可使用至無數次也。

此機械之能率，易言之，為製冰故由水取去之熱量 Q_2 與濃縮稀硫酸所需熱量 Q_1 之比 $\frac{Q_2}{Q_1}$ 卻小於 1，蓋 Q_2 大抵為水之蒸發熱， Q_1 則使同量之水自稀硫酸蒸發時所需之熱量也。因而使液體自其溶液蒸發時，所需之熱量，比其自純粹液體蒸發時所需之熱量更大。例如上述之情形，當硫酸吸收水蒸氣之際，頗有發熱現象隨之而起。故若使之分離時，則多餘需要與其熱量相當之熱。依人體之計算，則所用煤炭之發熱量約 $\frac{1}{6}$ ，即成冰矣。此與僅具普通效率之別種製冰機相較，猶為有效。

又有用水不用吸收劑，直行減壓，以促水之蒸發，而達冷凍之目的者。當此之時，務使空氣勿自外部浸入而後可。此種方法，迄今向未十分引人注意，但至最近，卻已盛行，凡公寓、醫院、劇場、大商店，及其他之特殊工廠，例如電影片工廠、人造絲工廠、製果工廠、食料品工廠等處，特別需要清潔空氣，而又必須調濕度及溫度者，皆用此法。

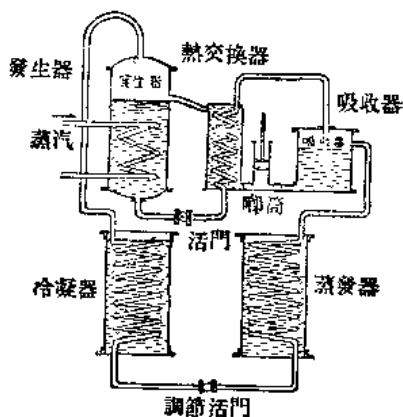
此時則應用離心力之高度真空唧筒，最為適宜，縱屬小型，亦復可得相當效果，故較之下述氨吸收機所佔地位面積為小，可裝設於較小之場所。

3. 氨吸收機 本機乃使用濃厚之氨水，而視水為吸收劑也。氨水之汽壓雖於常溫亦復頗大，故無如前節之硫酸法使用減壓之必要，反而通全循環皆在一氣壓以上。

本機為一八六〇年時卡列 (F. Carré) 氏所發明，由二容器而成，最初於 A 盛入濃氨水， B 則中空，但於其周圍以冷水冷卻之；首先若加熱於 A 之濃氨水，則由是所生內含約 90% 氨之氨汽，即趨集於 B 室，於是液化。其時即以凝縮熱傳入冷卻水中。最初之 A 器卻漸次變為稀薄，故至是暫停加熱，反以冷水冷卻之，於是 A 方之汽壓較 B 方為小，故 B

之氨即行蒸發，而被吸收於 A 器中。其時氨乃由 B 室周圍之水吸取蒸發熱，因而水被冷卻，卒至結冰而後已。蓋 B 室周圍之水在第一段則充冷凝器(condenser)，在第二段則用作蒸發器(evaporator)者也。假使輪流行之，則併用 A, B 為冷凝器與蒸發器，亦無不可。

第 2 圖乃此種連續機械之略圖。氨發生器中之濃氨液首被蒸汽盤管加熱，既而富於氨之較輕之汽則流入冷凝器，至是即為冷水所冷卻凝縮。次復經由調節活門，入蒸發器再行蒸發，流入吸收器，即被吸收。此際即於蒸發機內，冷卻圍繞之鹹水，以達冷凍之目的。



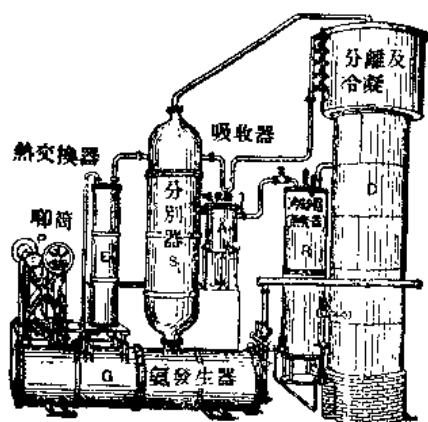
第 2 圖

熱交換器(換熱器)之作用，乃預先能使來自發生器下層而 NH_3 較為稀薄之熱溶液所具之熱冷卻，再送入吸收器，以防吸收器中之溫度，因吸收熱之故，偶行不當之上昇者也。

第 3 圖乃實際所用機械之外觀。

氨吸收機之吸收劑，亦有採用硝酸銨或硫氰化銨等物以代水者。此等物質如吸收氨氣，即成液體，而此際之吸收熱則為負(-)。

如以上之吸收法，現今除特



第 3 圖