

通俗科學小叢書

乙類第四種

人造冰

---

中國科學化運動協會北平分會發行

# 中國科學化運動協會北平分會

## 新書出版

### 通俗科學小叢書

#### (甲)自然科學類：

- |              |               |      |
|--------------|---------------|------|
| 水(甲類第一種)     | 孫震濤著<br>劉拓校訂  | 一冊三分 |
| 人體寄生蟲(甲類第二種) | 陳耀曾著<br>雍克昌校訂 | 一冊五分 |
| 光(甲類第三種)     | 劉拓校訂          | 一冊三分 |
| 空氣(甲類第四種)    | 劉拓校訂          | 一冊三分 |
| 鋼鐵(甲類第五種)    | 劉拓校訂          | 一冊五分 |

#### (乙)應用科學類：

- |                 |              |      |
|-----------------|--------------|------|
| 攝影化學(乙類第一種)     | 劉拓校訂         | 一冊五分 |
| 帆布端艇的製造法(乙類第二種) | 陳德馨著<br>張瑛校訂 | 一冊五分 |
| 滑翔機的飛行及其製造      | 張虬著<br>張瑛校訂  | 印刷中  |

- |         |               |                    |
|---------|---------------|--------------------|
| 中國科學化問題 | 顧毓琇著          | 一冊四角               |
| 科學與中國   | 梁農山等著         | 一冊四角               |
| 兒童科學畫報  | 張瑛主編          | 每月一日出版每<br>期五分全年六角 |
| 科學常識選集  | 陳貽塵編          | 一冊三角               |
| 科學化小言論  | 陳貽塵著          | 一冊一角               |
| 發行者     | 北平西單報子街七十六號本會 |                    |

## 目 錄

---

### 內容綱要

- (一) 前言
- (二) 造冰原理淺釋
- (三) 製冷劑與製冷方法
- (四) 製冷劑的性質
- (五) 造冰方法

---

# 人 造 冰

---

## (一) 前言

冰的用處——冰之所以可貴者，就是因為牠有冷涼的作用。換句話說，用冰的目的，是把熱於冰的物體中的熱量，用冰吸收出去，而使該物體變為冷涼。用冰的地方很多，最簡單而常見的例子，就是家庭裡貯藏食物的冰箱，和作冰激凌用的冰桶。工商業上用冰的地方更多，例如用冰貯存大量的新鮮魚肉，可以運到很遠的地方而不腐敗。把兩根金屬管子銜接的時候，常把直徑小的管子，以冰冷之，則管口收縮，易於套上。更希奇者，在沒有起重機的地方要想卸一件很重的機器或貨物，可以把機器或貨物推在大的冰塊上，然後使冰慢慢融化，則機器或貨物可慢慢落下。其他用冰的地方正多，難以枚舉。

冰的來源：——冰的來源有兩種，一為天然冰，就是在冬季天氣嚴冷的時候，自然凝結的冰。天然冰雖然可以用來貯藏食物，但究竟是

有限的，不如人造冰可以隨需之多少而隨意製造；何況在南方熱的氣候裏，根本就見不到自然凝結的冰呢。可使人造冰需要相當的成本，所以其價值就比天然冰貴的多。

## (二) 造冰原理淺釋

在未說明冰的製造以前，我願意先把造冰的原理，加以淺近的說明；或者可以使讀者對於冰之製造，更為明瞭些。

沸點與壓力的關係——把液體熱至相當的程度，則見有很多氣泡沸騰上升，此時液體的溫度，叫做沸點。各種液體的沸點，隨着壓力的變更而變更。氣壓愈大，沸點愈高；氣壓愈低，沸點亦愈低。例如在海平面的氣壓（壓力等於每平方吋 14.7 磅）下，水的沸點是華氏表 212°，若是在氣壓等於每方吋 4 磅的時候，其溫度升至華氏表 153°，便沸騰了。

溫度與壓力的關係——把定量的氣體放在一個壓氣機的氣缸裏壓縮之，牠的溫度，會升高了；物體的溫度，若比周圍的溫度高，牠會向外放

熱的。若是把壓力很高的氣體，讓牠膨脹開來，牠的溫度，會變得很低；低溫度的物體，能自周圍吸收熱量的。熱量的自然趨勢，是自高溫度的物體流向低溫度的物體，猶如流水的性質，是自高而下一樣。

氣體的液化——把氣體的壓力加大，同時用冷卻的法子使牠的溫度降低，可以使氣體化成液體，這叫做液化。

液化熱及氣化熱——大凡一種物體自固體化為液體的時候，總要吸收一部分熱量，由液體化為氣體的時候，也要吸收一部分熱量。由固體化為同溫度的液體需用的熱量，謂之液化熱，由液體化為同溫度的氣體需用的熱量，謂之氣化熱。反之，如物體自氣體化為液體的時候，會放出一部分熱量等於氣化熱，自液體化為固體的時候，也放出一部熱量等於液化熱。例如加熱於冰，可使冰化為水，加熱於水，可使水化為汽；反之如蒸汽遇見冷的物體，便放出熱量而凝為水滴，水若遇着更冷的東西，便放熱而凝結為冰。造冰的方法，簡單說來，就是把水裏所含的熱量，大部

吸收出來，使之凝固爲冰。

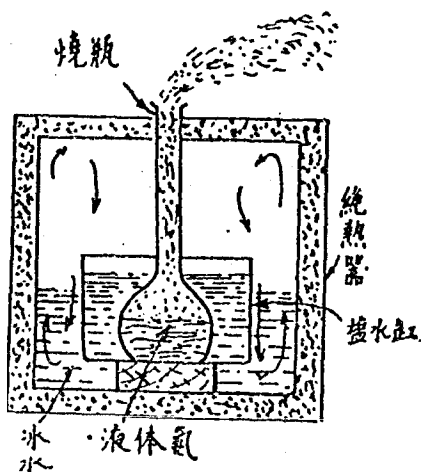
### (三) 製冷劑(Refrigerant) 與製冷方法

製冷劑是吸收熱量的媒介，也是在造冰過程中最重要的角色。水凝爲冰時放出的熱量，先傳給製冷劑，然後由製冷劑把熱量帶到別處去。所以製冷劑又名謂熱的搬運者。

製冷方法：——要想造冰，先要製冷，這兩句話的意思，可以下面的例子來解釋牠。

第一圖表示一個最簡單的製冰法。液體氨(Liquid Ammonia)盛在一個燒瓶裏，因爲瓶口開着。所以瓶內的壓力，等於大氣壓力，瓶內溫度爲華氏表零下28°。液體氨在大氣壓力下，是極易蒸發的。由於液體氨的蒸發，燒瓶周圍的鹽水(Brine)，溫度變得很低，普通總在華氏表10°左右。鹽水缸周圍的水的熱量，便大部被鹽水吸收了去而結爲冰了。水在大氣中結冰的溫度，爲華氏表32°。在這個程序中，液體氨先把鹽水的一部分熱量吸收了去，鹽水又把水的一部分熱量

吸收了去而使之結冰。



第一圖—簡單造冰法

鹽水在造冰工業上甚為重要，牠也是一種傳熱的媒介。牠的冰點，比水低的多，在華氏表  $10^{\circ}$  的時候，還是液體狀態，照常流通着。由此例子，可見要想造冰，先得把氮製成液體，再用液體氮把鹽水弄得很冷；這種製造冷鹽水的法子，謂之製冷。

用機械製冷的方法很多，最普通的，有下列



兩種，

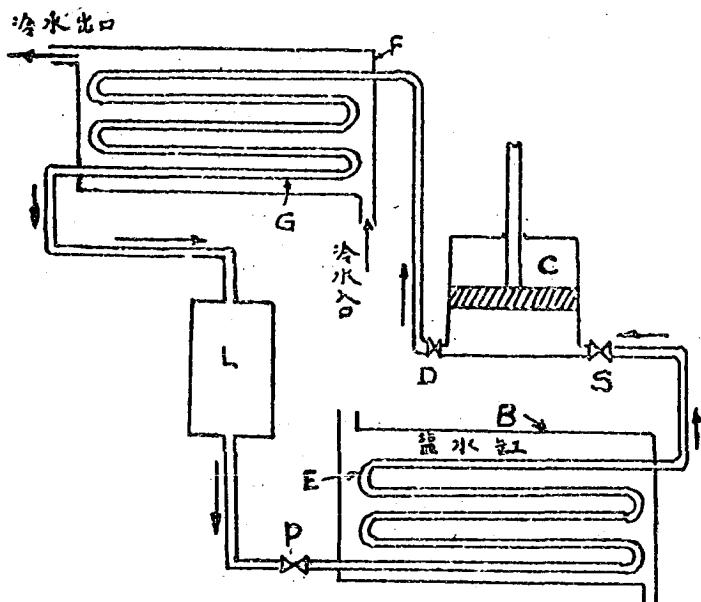
(a) 壓縮製冷法 (Compressed System)，此法用氨，二氧化碳，二氧化硫或其他性質相同的製冷劑為運熱的媒介。

(b) 氨氣吸收法 (Ammonia Absorption System)，此法用氨為製冷劑。茲將此二法分述於下：——

(a) 壓縮製冷法——第二圖表示此法實施之大綱。此法只用一個壓氣機，製冷劑可用氨，二氧化碳，二氧化硫或其他性質相同的東西，為說明便利起見，假定用氨作製冷劑。

圖中 C 為壓氣機之氣缸，S 為吸氣閥 (Suction Valve)，D 為排氣閥 (Discharge Valve)，K 為凝冷器，此器有冷水流入口及冷水流出口各一，以備流水通過，G 為凝冷器內的冷却管，L 為盛液器 (Tipuid Receiver)，P 為膨脹閥 (Expansion Valve)，E 為蒸發管 (Evaporating Coil)，B 為鹽水缸。

氨氣自吸氣閥進入壓氣機的氣缸，被壓縮之後，壓力及溫度，皆升高許多，此高溫高壓的氨



第二圖

氣，通入凝器之冷却管 G，在這裏被冷却之後，便全部液化了。凝結的液體氨，便流入盛液器 L，再經過膨脹閥 P 流入鹽水缸裏的蒸發管 E。當液體經過膨脹閥的時候，其壓力驟然減低，所以很快的就在蒸發管內化成氣體了。氣化時需用的熱量，全由鹽水裏吸來，因此鹽水就被冷得溫度很低。蒸發管裏的氨氣，又被壓氣機吸入氣缸而壓

縮之。如此照樣循環下去。

簡單說來，這個製冷的法子，是連續的重複四個步驟：（1）壓縮，（2）凝冷，（3）膨脹及（4）蒸發。

此法所用的機件，最主要的，有壓氣機，凝冷器，膨脹閥，盛液器，冷卻管及蒸發管等。壓氣機可以直接或用皮帶連於電動機上，內燃機及蒸汽機，亦常用之。

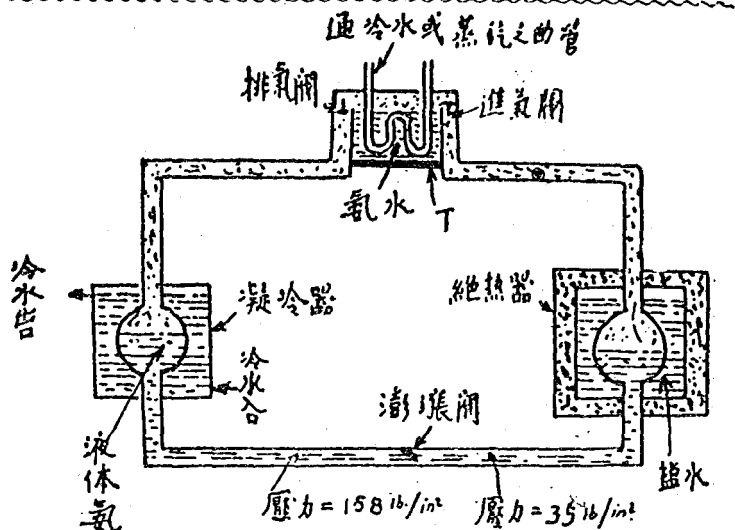
膨脹閥的用處，是節制液體氨的流量，假如流進蒸發管的氨為量太少的時候，因蒸發而吸的熱量也太少，換句話說就是牠的冷卻效應（cooling effect）不够，不能使鹽水的溫度，減低到需要的程度。假如流進蒸發管的液體氨為量太多的時候，那就是說把有用的液體氨白蒸發了而得不到更多的好處，所以這是極不經濟的事。爲了這些原故，膨脹閥可以任意調節，使流過的液體氨，恰如所需，無過之亦無不及；如此方能得到最大的效率。膨脹閥的動作，有用人力調節的，有用機械的方法調接的，有用電力調節的，也有自動調節的。其方法雖不同，其目的是一樣

的。

(b) 氮氣吸收法——此法所根據的原則是這樣：在溫度較低的時候，水能吸收大量的氮氣，溫度升高，氮氣可自由的從水裏跑出來。例如一公升的水，在溫度為華氏表  $55^{\circ}$  的時候，能吸一千公升的氮氣，可是當水的溫度升至華氏表  $80^{\circ}$  時，氮氣可自由從水裏冒出來。氮的水溶液叫做氮氧化鎂，普通叫做氨水。

用此法製冷的各種步驟，可用極簡單之圖（第三圖）表示之。液體氮自凝冷器內向下流，經過膨脹閥以後，入於蒸發器內，在此處液體氮因壓力減低之故，溫度變低，同時很快的蒸發成氣體。蒸發器周圍的鹽水，因此變為極冷；這一部分，與前述的壓縮冷法是相同的。下面所寫的，便是這個方法的特殊之點。

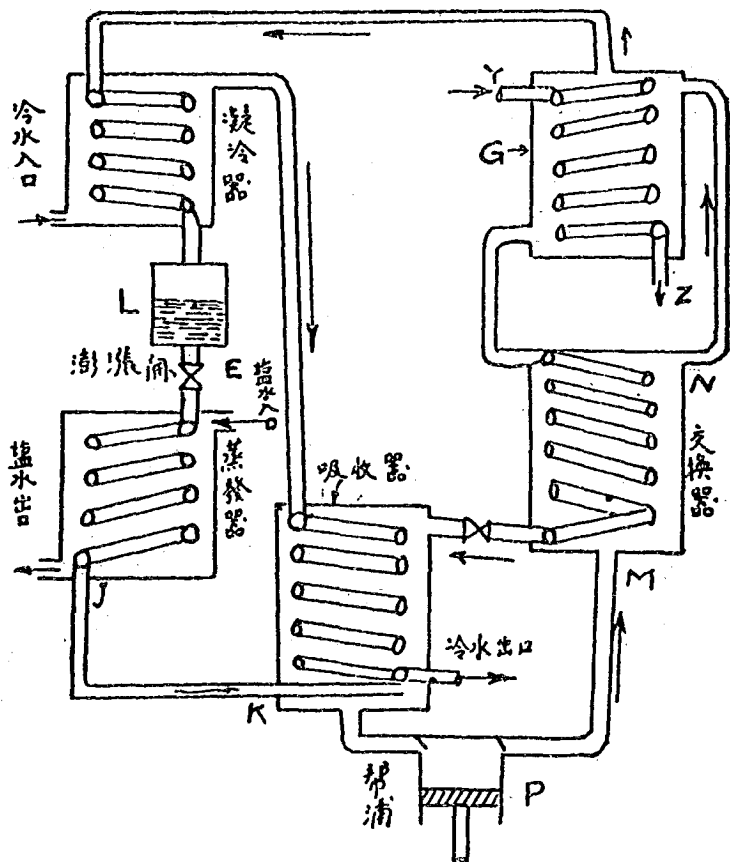
圖中 T 表示一密閉的壓力櫃 (Pressure tank)，蒸發器內已經蒸發的氮氣，便被缸內的弱氨水（很稀的氮氧化鎂）吸收了去，變成強的氨水（濃的氮氧化鎂）。為增加弱氨水的吸收能力起見，令冷水自彎曲的管子裏流過：使弱氨水的溫



### 第三圖

度變得很低。當弱氨水把大部的氨氣吸收以後，壓力缸的吸氣門便關閉了。曲管裏的冷水也停止流通，而通以蒸汽。熱的蒸汽使強氨水的溫度增高，於是把大部的氨氣自溶液中蒸餾出來；缸內的溶液，又變成很弱的氨水了。蒸餾出來的氨氣，經壓力櫃的排氣閥入凝冷器，器中有冷水流通，把氨氣所含的大部熱量吸去，而使之凝為液體。簡言之，這個製冷的法子，繼續的重複五個步

驟，(1) 蒸發，(2) 吸收，(3) 蒸餾，(4)



第四圖

液化，及(5)膨脹。

第四圖表示一實用氨氣吸收法的大綱。氨氣自J離開蒸發管而入吸收器(Absorber)器內之弱氨水將氨氣吸收之而變為強氨水，後者自吸收器底下流出，繼續以幫浦(Pump)打入交換器(Exchanger)X，復由交換器流入發生器(Generator)G。

當強氨水自發生器的頂上流下時，被蒸汽管YZ所熱，而溫度增高，氨氣便被蒸餾出去，再用管子通到凝冷器C。氨氣在此處把大部熱量付於流水，而凝成液體，流入盛液器L中。然後經膨脹閥入蒸發器，自鹽水裏吸取熱量化為氨氣。

此法所需要的機件，最重要的為蒸餾氨氣的發生器，凝冷器，盛液器，膨脹閥，蒸發器，吸收器，交換器，各種管子及幫浦。

此法需用的熱能力很多，用的冷水亦多，在熱效率上講起來，是不甚好的，可是假如廠中有大量的低壓蒸汽可供利用，這個法子就顯得很經濟了。

#### (四) 製冷劑的性質

從上述的製冷方法看起來，理想的製冷劑，須具備下列的條件：一

1. 沸點要低，且易於液化。
2. 吸熱的能力要大，也就是冷涼的效應 (cooling effect) 大。
3. 每單位的重量的體積要小，這樣可以用小的壓氣機，佔地既少，用力又省。
4. 須不妨害人體。
5. 無腐蝕性，不侵蝕機器的部分。
6. 不吸收或溶化機器的潤油。
7. 不燃燒，不爆炸。

製冷劑的種類很多，因篇幅關係，難以枚舉於此，僅將幾種最主要而且最常用的製冷劑述之於下：

氨 (Ammonia) —— 氨是最普通的而且很好的製冷劑。牠有一種很難聞的氣味，人的眼睛若是遇着牠，覺得特別難過。普通說起來，氨不算有毒，可是如果吸得太多了，也是有害的。在普通狀態下，氨是氣體，很容易溶解於水裏，液體的氨，在華氏表零下  $28^{\circ}$  就會沸騰。



在普通室溫裏，氮氣是不會馬上就燃燒起來的，若是氮氣遇着很熱的東西，會燃燒起來，發出一種黃綠色的火焰。

純粹的氮氣或液體氮，對於銅及銅的合金，是不起化學變化的。若是氮氣遇着水，就生氫氧化銻（ $\text{NH}_4\text{OH}$ ），後者就能侵蝕橡皮，黃銅，及銅的合金了。機器的潤油遇着氫氧化銻，就會變成乳濁的液體，而失去其滑潤性。

試驗盛氮氣的管子是否漏氣，可以在管子的附近，點着一根硫磺棒，附近若有氮氣存在，則硫棒的火焰上，會生出很濃的白烟來。最容易檢查氮氣的法子，是用人的嗅覺，因為氮氣有一種特殊的氣味。

二氧化硫（Sulphur Dioxide）——把硫磺燃燒的時候，會覺得有一種刺鼻的氣味，這種氣味，便是二氧化硫發出來的。這種氣體，也不算毒，可是吸得多了，身體也要受傷的。液體的二氧化硫，在大氣壓力下，熱至華氏表  $14^\circ$  就會沸騰。這種氣體不能燃燒，不能爆炸，無論在何種情形下，都是很安定的，所以家庭用的小造冰箱多

用之作製冷劑。

純粹的二氧化硫氣體，是不侵蝕金屬的，可是二氧化硫一遇着水，就變成亞硫酸（ $H_2SO_3$ ），後者能侵蝕銅，鋅及鋼鉄諸金屬。因此之故，二氧化硫氣體，不能含着多於 0.3% 的水分。

要想檢查二氧化硫，可將氨水放在漏氣的地方，如果漏氣，則氨水面上必生白烟。

二氧化硫也能多少的吸收點機器潤油，但不如氫氧化鈣那樣利害，對於淺色的潤油，影甚小。

欲發生相等的製冷效應，則用二氧化硫作製冷劑的壓氣機，其氣缸的容積，須三倍於用氨氣作製冷劑的氣缸。

二氯二氟代乙烷（Dichlorodifluoromethane）或簡寫“F-12”——這種製冷劑的性質，近似於理想的冷劑。牠的化學符號是  $Cl_2F_2$ 。牠既不燃燒，又無毒氣，在大氣壓力下，牠的沸點是華氏表零下  $21.7^\circ$ 。

“F-12”對於各種金屬，並不腐蝕，也不吸收或溶化潤油。

檢查“F-12”的方法，可用海來特酒精燈（Halide Lamp），燈上燒着一條銅絲，“F-12”遇着燒熱的銅絲，白色的酒精燈焰，就變成藍綠色。

若發生相等的製冷效應，則壓縮“F-12”的氣缸，其容積為壓縮氫氣的氣缸之 1.67 倍。

因為“F-12”有上述的優點，現在新設立的製冷廠，多採用之為製冷劑。

### （五）造冰方法

前章曾經說過，造冰的重要工作就是製冷。已經有了很冷的鹽水，那造冰便毫無問題了。普通造冰的方法有兩種：一種叫做桶凝法（Can System），一種叫做板凝法（Plate System），桶凝法是把造冰的水，盛在金屬的桶子裏，把許多冰桶再浸沒在一個大的鹽水缸裏，冷的鹽水，在桶子外面循環着，把水裏的熱量，漸漸吸收了去，使牠凝成冰塊。桶水結冰的時候，靠近桶壁的水先凍，冰桶中間的水後涼。用板凝法造冰的時候，是把造冰的水，圍繞夾層的金屬板，金屬板的

夾層裏，裝有曲管或蜂窩（Cell），冷的鹽水，或膨脹的液體製冷劑，在裏面流通着。此法使靠近金屬板外面的水，先行結冰。

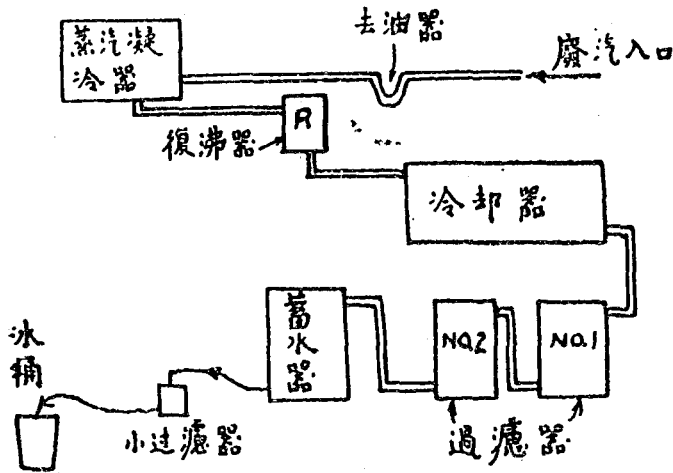
透亮的冰——對於人體沒有妨害的冰，叫做衛生冰（Hygienic ice），衛生冰必須用適宜可飲之水製之。清潔之冰，不一定透亮，反之，透亮的冰，不一定純潔。假如造冰的水裏，含有多量空氣，則所造之冰，一定呈現一種乳白色，若用蒸餾水作冰的時候，那冰一定是透亮的，因為蒸餾水裏，不溶有許多空氣。

爲了要迎合大眾的心理，造冰者常想把冰塊造成透亮的結晶體，這樣一來，造冰的時候，便增加了許多麻煩和費用，成本既貴，冰的價值當然也要加大了。

水之分析——造冰的水，應當先加以分析，然後敢用。含鹽較多的水，謂之硬水，含鹽甚少的水謂之軟水。硬水是不適用的，必需用機械或化學的方法處理之，使成軟水，然後可用。含有毒物的水，是絕對不可用的；含有多量礦物質及懸浮之穢物的水，非經處理，亦不能用。

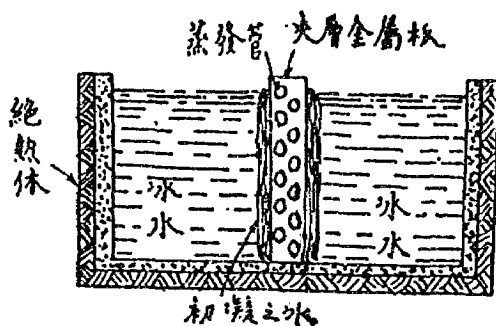
水之處理——欲造清潔而透亮的冰，須先把造冰的水，清潔一番。要除去水裏的有機物，細砂，粘土及浮濁物，須用一個特別設計的過濾器以濾清之。普通造冰廠裏濾水的方法，是讓水先流經數層石子及砂子，這樣可以濾掉水裏的細砂，粘土及浮濁物；再讓水流經數層木炭，木炭能吸收水也的惡味，及許多帶色的有機體。假如水裡尚溶有許多鹽類，則應當用化學藥品以軟化之。

用蒸餾水造冰法——蒸餾水的來源，多數是由蒸汽機的廢汽凝結而來，所以用此法造冰的第一步手續，就是先把廢汽用凝冷器凝成液體。凝結的水，再通入一復沸器（Reboiler）中煮沸之。這樣可以把溶解於水的空氣全數排出。復沸器上，應當裝一吹管，把浮在水面的機器油或其他濁物一齊吹掉。煮沸的水自復沸器流出，須經過砂石及木炭過濾器，以清除殘餘的油類及其他懸濁物。然後通入彎曲的冷却管，以冷水冷至華氏表 $70^{\circ}$ 至 $80^{\circ}$ 。最後通入造冰桶中，令其結冰。用這樣的水所造之冰，是潔白而透亮的衛生冰。



第五圖

第五圖表示用蒸餾水造冰的實際布置。從蒸汽機排出來的廢汽，先通過一個去油器(Oil trap)，把大部分的機器油去掉，然後通入凝冷器，在那裏被冷水凝成液體以後，通入復沸器 R。煮沸之水，通入冷却管，自外面以冷水冲澆之，使其溫度降低，再通入過濾器。濾過之後，再用鹽水冷却之，方注入造冰桶中。冷水望冰桶裏倒的時候，再以小濾網濾之，以使絕對清潔。



第六圖

用板凝法造生水冰 (Plate raw-water System)。  
 ——此法專用生水 (未曾煮沸的水) 製造大塊的冰。製造的方法是這樣：在一個很大的水缸裡 (參看第六圖)。放一夾層的金屬板，金屬板的中間，有製冷劑在彎曲的蒸發管內流通着，這樣可以使金屬板周圍的溫度，變得很低，普通總在華氏表零度以下。金屬板兩邊的水，用勻攪器 (Agitator) 激動着，使溶解的空氣，排出水來。透亮的冰片，就從金屬板的兩面漸漸的凝結起來。過了六七天的工夫，便凍成很大的冰塊，其厚度約有10吋至12吋。當冰塊凍至需要的厚度時，

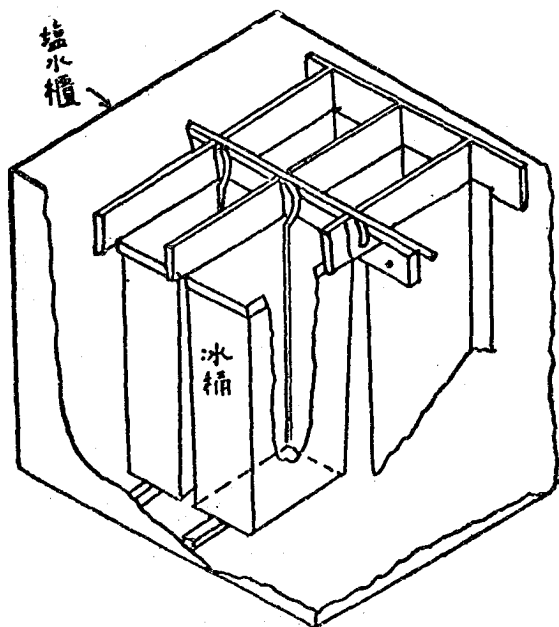
便停止製冷劑的流通，把金屬板夾層的蒸發管裡，通上熱的氮氣（假如用氮作製冷劑的時候），這樣可以把凍在板上的冰塊融化下來，每塊冰總有三五噸重。化下的冰塊，用起重機自水缸裏提出來，放在案子上，用機器鋸割成冰餅（Ice Cake）。

用此法製造的冰，成色（Quality）很好，但是最大的缺點，是冰塊的厚薄不勻，因此顧客不樂購用。而且割冰用的機器鋸，也需加相當的馬力去開動牠。總而言之，此法與他法比較起來，有下列幾個缺點（1）開辦費大，（2）維持費大，（3）因冰塊厚薄不勻，銷路不暢，（4）冰缸較深，起重機須架得很高，方能把冰塊自缸內提出，因此造冰的屋子須建得較高。因為以上的缺點，現在新辦的造冰廠，皆不用此法了。

用桶凝法造生水冰（Can raw-water System）——用桶凝法造生水冰的方法是這樣：（第七圖）把生水倒在冰桶裡，冰桶浸沒在凍櫃（Freezing Tank）裡的鹽水裏。鹽水的水面，差不多和桶內生水的水面同高。但爲了縮短結冰的時間起見，



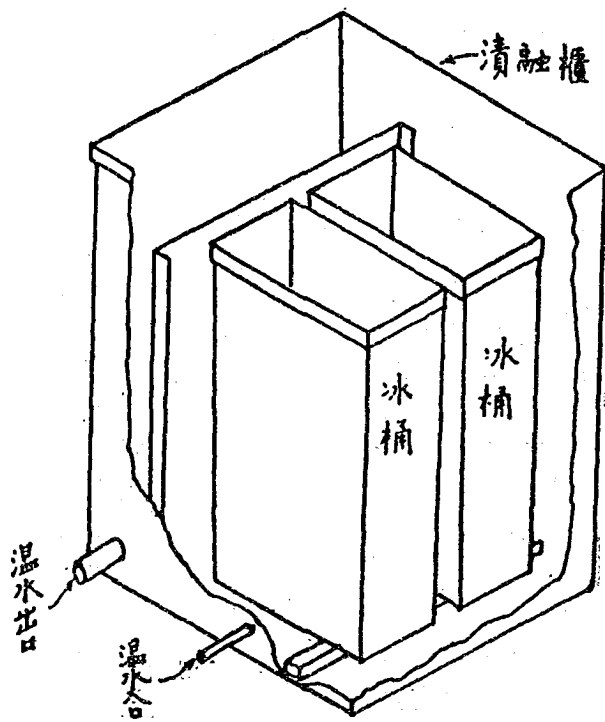
有時鹽水水面，高於桶內水面。普通鹽水的溫度，約為華氏表 $14^{\circ}$ 至 $18^{\circ}$ 之間。凍櫃之內也裝一勻攪器，使鹽水永久流動着。



第七圖

桶凝造冰法

當冰桶裏的水全部凝結的時候，就用吊車把冰桶從鹽水缸裏提出來，放在解冰器（Thawing Apparatus）上，把冰塊取出來，運於蓄冰室內。



第八圖

解冰的方法有數種：第一種方法是把冰桶平放在解冰器上，用溫水沖濺之，於是冰塊便自桶壁上融化下來。第二種方法是把冰桶放在漬融櫃（Dipping Tank）裏，（第八圖）。櫃內盛有溫水，可以把冰融化下來。第三種方法是讓冰桶仍舊在鹽水缸裏，不必提出，以溫暖的鹽水自周圍暖之，也可以把冰塊化解下來。

冰心水（Core water）：——好多生水，雖然經過幾次的過濾和清理，仍然含有礦物質。這種礦物質的存在，可使冰塊的顏色不佳。前面曾經說過，用桶凝法造冰的時候，靠近桶皮的水先凍，中心的水後凍。當桶邊的水，開始結冰的時候，會把水裏的礦物質慢慢的擠到桶的中心去。於是中心的水，所含的礦物質，越來越多，最後凝結成冰心。（Ice Core）。冰心不但顏色特別，並且有像鹽水的氣味，因此顧客多不樂用。要免除這種弊病，須把將要凝結的冰心取出來。普通多用一條虹吸管，聯到抽水機（Pump）上，把冰桶裡將凝的冰心吸出，再換為純潔的水，有時用蒸餾水以置換之。

# 通俗科學小叢書

乙類第四種

## 人造冰

---

每冊實售國幣五分

著者 徐寶陸

校訂者 殷祖瀾

發行者 北平西單報子街七十六號  
中國科學化運動會  
協會北平分會  
電話西局八〇九號

印刷者 和平門內東半壁街八號  
集成印書局  
電話南局六九三號

廿六年一月十四日

直接贈送

# 科學的中國

## 特色一斑

信用——每月一日十五日出版，從不誤期。全年共出二十四期。  
價廉——本刊插圖精美，印刷講究，而售價低廉無比。

穩妥——全國各地一二三等郵局，亦可代訂代發，穩妥便捷。  
便利——上海生活書店雜誌公司開明書店亦可代訂，全國各大書

局皆有代售。

定價	
國內	半年一元六角 全年三元
國外	半年三元 全年五元八角
	郵費在內

(試閱請寄郵票一角)

請向 南京藍家莊蘭園十二號

中國科學化運動協會訂閱