

天然冰的制取与应用

輕工业出版社

內 容 介 紹

随着我国社会主义建設事业的飞跃发展，人民生活水平的不断提高，制冷和冷藏已日益广泛地应用于各个部門，对各种食品进行适当冷藏，就可减免大量的损坏变质，其他的效用也不少。在制冷和冷藏中利用天然冰是最经济易行的方法，也是符合我国目前两条腿走路适于大搞小土羣的方法。因此特編刊本書，以供广大有关方面参考。

本書內容除概述外，分：一、天然冰的制取方法；二、天然冰的貯藏方法及其设备計算；三、天然冰的冷却装置及其应用三部分。除介紹各种制取、应用中的实际技术外，并列举了几种重要的計算方法和若干例題。

本書可供冷藏工作、食品工业、商业企业、交通运输、水产部門以及公共飲食业等有关工作人員参考。

天然冰的制取与应用

張 伯 福 編

*

輕工业出版社出版

(北京市廣安門內白雲路)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 009 号

輕工业出版社印刷厂印刷

新华書店科技发行所发行

各地新华書店經銷

*

787×1092 毫米 1/32 • 2 $\frac{4}{32}$ 印張 • 46,000 字

1959年12月第1版北京第1次印刷 印數：1—2,500

統一書号：15042 • 927 定价：(10)0.32元

56.35

天然冰的制取与应用

张伯福 編

輕工业出版社

1959年·北京

目 錄

第一节 概述	3
一、天然冰的应用	3
二、冰的物理性質	3
第二节 天然冰的制备方法	5
一、冻冰前的准备工作	5
二、平地冻结法	7
三、由水池搬运法备冰	18
四、混合法备冰	21
第三节 天然冰的貯藏方法及其設備計算	23
一、临时貯冰庫	24
二、临时貯冰庫的絕热材料及計算	27
三、临时貯冰庫的維護工作	33
四、固定貯冰庫的結構及計算	37
五、冰窖貯藏法	40
第四节 天然冰的冷却装置及其应用	42
一、冰及冰盐的冷却原理	42
二、冰冷却装置	45
三、冰冷却間的热量計算	50
四、冰窖的使用方法	54
五、冰盐冷却装置及設備計算	59
附表:	
一、食品的含热量	67
二、冷藏間围牆的传热系数表	63

第一节 概 述

一、天然冰的应用

随着我国社会主义建设的飞跃发展，人民生活水平的不断提高，制冷和冷藏将日益广泛地应用到各个部门，例如：在食品工业的肉类、禽类、水产、乳品、蛋品、果品、蔬菜等企业或工厂都要有良好的冷藏来保存其原料和制品，以保证它原有的质量、色泽和风味。延长食品的保管期限，以便随时供应人民生活上的需要。在制冷和冷藏中利用天然冰是最经济易行的方法。

天然冰在交通部门、商业部门和公共饮食业中也是应用很广的，例如：对易腐食品的输送就要利用大量天然冰来进行冷却防腐，目前我国各地区易腐食品的输送，大都已利用冷藏列车，而这些冷藏车都是利用天然冰来冷却的。在公共饮食业中的冰镇汽水、啤酒等更为大众所知道是利用天然冰来冷却的。

其他部门中如钢铁成品的化验降温；制革过程的冷却；医疗中的低温保存血液组织及培养疫苗操作中也需天然冰，在化学工业中某些元素的低温化合，建筑业中的空气调节以及染布、合成橡胶、玻璃、人造丝等许多工业进行生产时也都必须使用到冰，所以天然冰的需要是会日益增多的。

二、冰的物理性质

冰是结晶体，冰的结晶属于六方角结晶，冰的形状决定于冻结条件，在不同的条件下，会冻成不同形状的冰。

冰的比重决定于冰的温度和冰内有无空气泡存在，这些因

素会直接影响到冰的比重。一般冰的比重为0.917公斤/升。水冻结为冰时，体积约增大9%左右。

冰的熔点与压力的关系 冰的熔点等于水的冰点，在常压下冰的熔点为 0°C ，当压力增大时，冰的熔点下降，亦即水的冻结温度下降。例如：

1 大气压时冰的熔点 $= 0^{\circ}\text{C}$

490 大气压时冰的熔点 $= -4^{\circ}\text{C}$

1100 大气压时冰的熔点 $= -10.11^{\circ}\text{C}$

当压力高于20,000大气压时，水的冰点则高于 0°C 。

冰的溶解潜热为80千卡/公斤。

冰的比热与温度的关系 冰的比热是随着冰的温度高低而变化的，冰的温度愈低，比热愈大，反之，冰的温度愈高，比热愈小。一般可用下式求得冰的比热：

$$C = 0.517 - 0.0063T \text{ 千卡/公斤} \cdot \text{度}$$

式中：T——冰的绝对温度 $^{\circ}\text{K}$

在温度为 $0 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 的冰，平均比热 $C = 0.5 \text{ 千卡/公斤} \cdot \text{度}$

冰的导热系数与温度的关系

冰的温度在 0°C 时，导热系数 $\lambda = 1.92 \text{ 千卡/米} \cdot \text{小时} \cdot \text{度}$

冰的温度在 -50°C 时，导热系数 $\lambda = 2.39 \text{ 千卡/米} \cdot \text{小时} \cdot \text{度}$

冰的温度在 -100°C 时，导热系数 $\lambda = 2.99 \text{ 千卡/米} \cdot \text{小时} \cdot \text{度}$

当冰的温度在 -20°C 以上时，平均导热系数 $\lambda = 2 \text{ 千卡/米} \cdot \text{小时} \cdot \text{度}$ 。

冰的抗压强度与温度的关系

冰的温度在 0°C 时，抗压强度 $\sigma = 15 \text{ 公斤/平方厘米}$ 。

冰的温度在 -10°C 时，抗压强度 $\sigma = 30 \text{ 公斤/平方厘米}$ 。

冰的温度在 -20°C 时，抗压强度 $\sigma = 50 \text{ 公斤/平方厘米}$ 。

第二节 天然冰的制备方法

天然冰的制备方法有三种：(1)平地冻结法；(2)由水池（江河、湖泊和池塘）敲取搬运法；(3)混合法。

制备天然冰的条件是要当地气候寒冷，且寒冷季节要较长，气温能降至 -10°C 以下；此外当地的水源、交通和保管要良好方便；成品有一定的需用量。

一、冻冰前的准备工作

在進行冻冰以前需要做一些准备工作，如做好冻冰场的基础；装好澆水设备、照明设备；准备絕热掩蔽材料等，其中最重要的是要做好冻冰场的基础，对冻冰场基础的要求是：

1. 要有足够的絕热层厚度，以起到隔热的作用；
2. 要有通暢的排水条件；
3. 基础要做得坚固結实，能承受一定的冰堆重量。

一般在准备基础时，須先做以下一些工作：把基础上的窪坑处填平，保持有2%的坡度，把两边的排水明沟修整好，以便冰溶化时的水能及时排走。基础上应鋪爐渣，爐渣厚薄不均的地方应补匀并予夯实（基础所鋪爐渣厚度不得少于15厘米），爐渣上面再鋪上完整而結实的木板。如果貯冰庫是无栏板的或单栏板的，則在基础四周应安置厚25毫米的木板作成栏板，栏板的支撑应按栏板的长度装置二或三根支撑物，支撑物間的距离应相等。

基础准备好以后，在冰冻的天气到来的时候，就用碎冰或雪填滿地板和栏板間的縫隙，并澆上水使它冻实，这样在正式

澆水凍冰時，水就不致流失。

為了計算凍冰的數量，在基礎上應按棋盤式插上標桿，標桿的間距一般在100~120平方米的面積上插上一根，其配置方法如圖1所示。

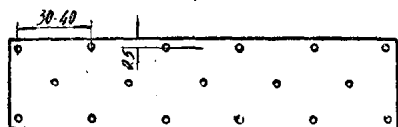


圖1 標桿在凍冰場上的配置示意圖

在準備基礎中，蘇聯曾創造過兩項很好的經驗，其一，是直接澆在爐渣上凍冰而不鋪木板，使用這個方法，體積5000立方米的冰堆，可節省木材125立方米，在挖冰時，為了不讓冰塊掉在爐渣上弄髒，可使用臨時墊板，我國有些地方已使用過這種方法，效果很好。

其二，是凍冰用的圍板不用木板，而用濕鋸末凍成圍板，這也能節省大量木材。其方法是：先在冰堆基礎周圍將濕鋸末按一定形狀堆好，待天冷時即行凍結。利用鋸末做圍板亦可先在別的地方把鋸末放在預先做好的木模內凍成圍板的形狀，然後移到基礎周圍，再澆水凍冰。這種圍板不僅完全可以避免水的流失，而且在冰的保管過程中，還可以減少冰的溶化損耗。因為熱的傳入，首先溶化掉的不是冰堆內的冰，而是鋸末內的冰，同時，鋸末本身是良好的絕熱材料，可以減少外界傳入里面的熱量。

基礎準備好以後，就可以開始凍冰，在凍冰時，應予先確定冰堆的形狀及截面，如果貯冰庫內冰堆的基底寬度在16米以內，則冰堆上部的寬度不應超過5米；若基底寬度超過16米時，

則冰堆上部的寬度以不超過 7 米為宜。

為了防止絕熱層滑落或破裂，當冰堆基底寬度為 10 米時，冰堆高度可為 4 米，基底寬度為 16 米時，冰堆高度可為 4.5~5 米；基底寬度為 20~25 米時，冰堆高度可為 4.5~5.5 米；若冰堆高度超過 5.0~5.5 米，則挖冰時會發生困難。

冰堆的尺寸根據凍冰的體積可按表 1 選取。

表 1 凍冰場地的參考數據

凍冰的體積 (立方米)	冰堆高度 (米)	冰堆基底		基底面積 (平方米)
		長	寬	
100	2.5	12.5	4.0	50
150	2.5	15.0	5.0	75
200	2.5	18.0	5.5	99
250	2.5	21.0	6.0	126
300	2.5	23.0	6.5	150
400	2.5	28.5	7.0	200
500	3.0	30.0	7.0	210
600	3.2	31.0	7.5	232
700	3.5	33.0	7.5	248
800	3.6	35.0	8.0	280
900	3.8	37.0	8.0	296
1000	4.0	38.0	8.5	323
1500	4.0	45.0	10.5	472
2000	4.2	49.0	12.0	588
2500	4.4	55.0	13.0	715
3000	4.6	60.0	14.0	840
4000	4.8	70.0	15.0	1050
5000	5.0	80.0	16.0	1280

二、平地凍結法

現今在蘇聯採用的主要方法就是平地薄層凍冰法。他們有

85%左右的天然冰，都采用这种方法来制备的。

使用这种方法所制备的冰，不仅价格比由水池中敲冰搬运法所出产的要低得多，并且冻结的冰块整齐，又不需要移动，冻好后只要在水堆上面加盖一层绝热掩蔽层就行了，这就节省了在水池中敲取和搬运，以及堆垛等劳动力的费用支出。

薄层冻冰法的工作程序是：先在冻冰场上浇上一层较薄的水，经冷空气冷却而冻结成冰以后，再进行第二、三次浇水让其冻结，这样冰一层一层地增加，等到冻结冰的表面快接近围板时，再增加第二层围板。

每次所浇的水层厚度不宜过厚，因为水层过厚直接影响到冰的冻结时间（即冻结速度）。根据一般工作经验，每次所浇水层的厚度约以5~6毫米为宜。但主要的还须根据外界空气温度的高低和风速的大小来决定。

当空气温度在 -10°C 以上时，冰的冻结过程应间歇地进行，即浇到冻冰场上的水层全部冻结成冰以后，再进行第二次浇水冻冰工作，依次进行。当温度在 -10°C 以下时，冰的冻结过程可采取连续冻结，因为外界空气温度低，浇在冻冰场上水的冻结速度很快，这时冻冰场上所浇水层厚度便可以适当地加厚。

在一般情况下，如采用连续冻冰都是将整个冻冰场划为若干区段后，在各个区段上轮流浇水，这样一个区段内在第一次所浇上的水，在轮到第二次浇水时，冰已可冻成。这样的连续冻冰过程，是提高冻冰速度的一种良好方法。

为加快冰的冻结，亦可采用打破冻冰场上已形成冰的表面，来加快冰的冻结速度，因为冰的破碎，亦即扩大了冻结水的冷却表面积，加强了冻结水与外界空气之间的热交换，因此可使结冰速度加快。

当冻冰場上所澆水层的厚度在6毫米以上时，因热阻較小，可不必打破冰的表面来促進冻冰工作。

此外，为加快冰的冻结，亦可在所澆的水中加添一些干淨的雪，来提高冰的冻结速度，因为水中加雪，能使冻结水受到很快的冷却或降温，可以达到快速冻结。

冻冰时必须注意圍板搭接部位的紧密性，不得有縫隙，以免水的流失，若有縫隙，应立即用湿雪补塞使之冻严。关于是否漏水，可以按冻冰場上所形成的白斑点（空穴）来判断。

用薄层冻冰法备冰时，除用以上一些簡單的方法加速冰的冻结時間或速度外，还有将冻冰的水先行冷却、加添碎冰、在补助冻冰場上冻冰等几种方法。

把水預先冷却能加快冰的冻结速度，澆在冻冰場上的水的溫度愈低，冰的冻结速度愈快。

水的預先冷却有各种不同的方法，但最好的方法是利用噴霧器来喷射，这样能加大水与空气的接触面積，图2系一种梳形的噴霧器，这种噴霧器是用鉄管制成，它将管头一端压扁，使管壁紧紧密合，然后用鋸子在压扁处鋸出几个缺口，缺口愈大和数量愈多，不仅噴出的水多，而且与空气的接触面積亦大，能使水得到較大的冷却；在管的另一端車上螺紋，以便連接水管。

这种噴霧器做起来很簡單，它还有其他很大的优点，即噴出来的水比較均匀，約成一个长方形（边的比例約1：4），而且水滴的大小受水压力的影响較小。噴霧器的缺口大小和数量多少，直接影响噴出的水量，因此，冻冰場可以做各种不同缺口的噴霧器来調节水量。

應該指出：噴水均匀对提高冻冰場的生产率有着重要的意义。噴水不均匀，則冻冰場上的水层就会形成有的地方厚，有

的地方薄，薄的地方冰冻得快，厚的地方冰冻得慢，这就使得第二次喷水工作不能繼續進行，必須等到冰場上全部水冻结成冰以后，才能开始澆水，这样，冻冰場上的一部分面積（澆水薄的那一部分）就沒有利用它来冻冰，結果降低了整个冻冰場的生产率。若澆水均匀，則由于各个部位的水层厚薄一样，一处冻好，别处（全部）亦就冻好，这就可以开始全部澆水工作，冻冰的生产率就可以提高了。



使用噴霧器时，特別在空气溫度較低和风速較大的情况下，必須降低水的噴射高度，这样能避免水在高空被冻结和被风刮出冻冰場以外区域的可能。

在冻冰場地，若冻冰的水溫較高（ $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ ），可将水預先放進水池內冷却，然后用水泵通过水管經噴霧器噴射到冻冰場上進行冻结。水的預冷不仅加速了冰的冻结速度，并且減低了冰的成本。

我国哈尔滨和四平の冻冰場上，都采用抬高水的噴射高度的办法来加速冻冰時間，一方面利用水滴噴射得高，使与冷空气的接触時間加长；另一方面利用水滴从高处落在刚开始冻结的水面上，使变成凹凸不平的形状，又可加大水面与冷空气的接触面積，使冰的冻结速度加快。

目前各冻冰場在澆水时，都是由工人抱着水管在場地上来回走着澆水，这样，水容易溅到工人身上，且会增加工人的疲劳度。苏联的先進方法是做一个簡單的架子，上面傾斜地装上噴霧器，在架子的一端装一个扶把，架子下面装上冰刀（最好装四把，有两把用来控制方向），工人在使用这种澆水裝置，

象推小孩車子一样，推来推去很方便。

用薄层冻结法冻冰时，冻冰場必須采取一切措施，保証冻冰工人的安全生产，如对澆水工人的保暖；防止水湿、滑倒及触电等。

薄层冻冰法中冰的冻结厚度是依外界空气温度高低而定，温度每降1度，在12小时内冰层加厚0.25厘米。因此，在12小时一班内，冰层的冻结厚度可按下式計算：

$$\delta = 0.25t \text{ 厘米}$$

式中： δ ——冰冻结所增加的厚度，厘米；

t ——外界空气温度（在計算时，不計負号）， $^{\circ}\text{C}$ 。

用冻结法备冰时，澆水員的定額主要决定于外界空气温度的高低。可按图3确定一个澆水員在一定气温下可以服务的面积，将这个面积与上式算出的厚度相乘，就可得出一个澆水員大致的冻冰数量。

上述公式及澆水員定額的計算方法，仅考虑了温度这一个因素，在实际工作中，影响冻冰速度的除空气温度外，还有风速及空气的相对湿度，当风速很大，相对湿度很小时，冰的冻结速度会显著地加快。

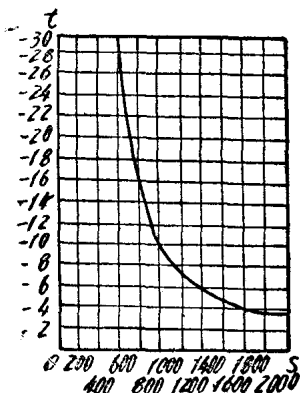


图3 依外界气温来确定澆水員服务冻结面积图

表2内指出一昼夜冻结冰层厚

表2 一昼夜冰的冻结厚度与空气温度的关系

空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	-5	-10	-15	-20
一昼夜冰的冻结厚度 (毫米)	15	30	50	70

度与空气温度的关系。

当风速很强时，冰的冻结强度可增加1~2倍。

冻冰场必须经常的测定气温，每昼夜不得少于6次，测量时间一般是3点、7点、11点、14点、19点、23点，测量结果登记在记录本上。

为了正确地计算出冻冰的数量，在冻冰过程中，冻冰场上所浇的水必须均匀，不得有高低不平或靠标桿处有凸起的现象。

冻冰场上冻冰不能满足需要时，可以采用以下几种冻冰方法来补救：

1. 加添碎冰来冻冰 在外界空气温度不可能进行薄层冻冰法的地方，可以采用加添碎冰的方法来进行冻冰，加添碎冰能加大水的冻结表面，如在相同的温度条件下，采用加添碎冰的比不加添碎冰的冻冰，在厚度上约可增加15%。

2. 补助冻冰场冻冰 在冬季气温较高地区，基本冻冰场冻冰不能得到足够数量的冰时，采用补助冻冰场来冻冰是一种有效的办法。补助冻冰场是在基本冻冰场附近开辟的冻冰场，其冻冰方法与基本冻冰场一样，所不同的是在这上面只是冻冰不贮冰。当冰冻到0.6~0.7米时（依当地条件而定，也可以厚些），就锯下搬运到基本冻冰场或贮冰库码起来，再浇水把缝隙冻严，锯下的冰块要方正，可便于堆垛和冻严。从补助冻冰场往基本冻冰场搬运冰时，最好要修筑冰道，以便利搬运工作，节省大量运输力。

补助冻冰场的大小，在作一次冻冰时，可按下列式计算。

$$F_{\text{补}} = \frac{V}{h} - F_{\text{基}} \quad \text{平方米}$$

式中： $F_{\text{补}}$ —— 补助冻冰场的面积，平方米；

V —— 备冰总容量，立方米；

h ——冰可能冻结的高度，米；

$F_{基}$ ——基本冻冰场的面积，平方米。

如果在补助冻冰场上要进行多次挖冰时，则补助冻冰场的面积可按下式计算：

$$F_{补} = \frac{V - h_1 F_{基}}{n \cdot h_2} \quad \text{平方米}$$

式中： h_1 ——基本冻冰场上冰冻结的总厚度，米；

h_2 ——补助冻冰场上冰冻结的高度，米；

n ——补助冻冰场上冻冰的次数。

3. 水冷塔冻冰 水冷塔冻冰也是用来补助基本冻冰场上冻冰的不足的。它的特点是在空气温度较高的地方也可以冻冰。水冷塔冻冰的装置结构如图4所示，它是用木条或铁条搭成的架子，一般搭成三层，长8米、宽4米、高6.5米，容量为200

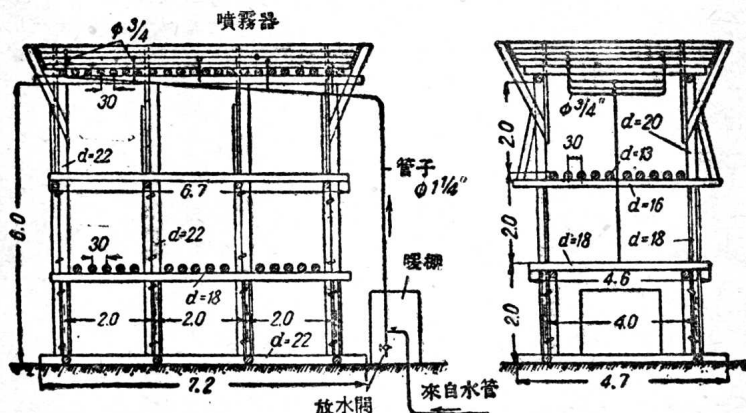


图4 水冷塔的装置结构图

单位：厘米

立方米，每层木条的间距按25~30厘米安置，并且各层横直相互交错，在上层喷水，喷出的水就在各层上冻结成冰柱，冰柱愈多冰的冻结速度也就愈快。用这种方法冻冰，在一个周期（3

~5 昼夜) 內, 所冻结的冰量約为水冷塔的整个容量的50%。

用这种方法备冰时, 由于有大量的冰柱而使散 热 面 積 增 大, 同时是在垂直面上冻冰, 因此冻冰效率很高, 約为薄层冻冰法的2.5倍。这种方法在外界空气温度为 $-2 \sim -4^{\circ}\text{C}$, 用普通冻冰法有困难时, 采用这种方法就能冻结成冰, 所以在我 国冬季温度不很低的地方, 可以考虑采用这种方法。

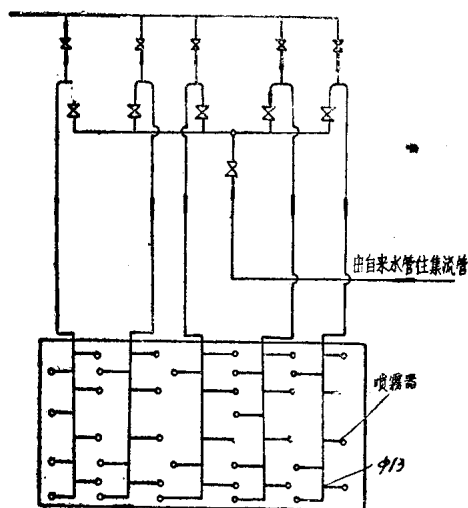


图5 分組送水至水冷塔的管路布置图

水冷塔的设备費用不大, 冻冰場工人自己也可以制作。

为了使水冷塔在敲冰时不停止浇水或繼續進行冻冰工作, 可将水冷塔上的水管分为5組, 如图5所示, 冻冰时所有水管既可同时浇水, 也可以分組浇水, 由于这种設置, 当水塔中的一組敲取冰柱时, 其他各組仍可繼續冻冰, 水冷塔的冻冰率比原設計的冻冰率要增大2.5倍以上。

4. 噴霧裝置冻冰 采用噴霧裝置冻冰是冻结法中效率

最高的一种。

噴霧式冻冰法有二种，一是固定式的，另一是移动式的，移动式噴霧装置無論从投資、設備結構、工作可靠性、运用条件等方面来看，都不如固定式噴霧装置的好。

固定式的噴霧装置設備和結構如图 6 所示，这种装置的管道系統都埋設在地面下（主水管埋在地下，深度約为 0.5 米），集流管斜向主水管（集流管埋入土中的深度亦为 0.5 米，向主水管一面有 0.01 的坡度），在集流管上設有連接直立管的接口。直立管的頂端可安置噴霧器（3）。冻冰場每 200 平方米的面積上約需一个噴霧器。噴霧器的出水工作完全由操作間（4）来控制，操作間亦是一个保溫間。在牆壁上开有窗孔，用以了望整个冻冰場的工作情况，以便于操作。間内安有关閉閥、压力表、水表、排水閥等；排水閥的高度应能保証在不進行噴水工作时，直立管中的水能由排水閥自动地流入貯水池中。

