

第四章 食品的低温保藏技术

[教学目标] 本章使学生了解食品冷却冷藏和冻结冻藏中的变化及注意事宜,了解常见的冷却及冻结设备,熟悉食品解冻过程、方法及其质量控制,熟悉食品冷藏链的特性,掌握食品冷却及冻结的方法,掌握食品冷藏与冻藏的管理。

第一节 食品的冷却保藏技术

一、原料及其处理

(一) 植物性原料及其处理

- 用于冷藏的植物性原料主要是水果、蔬菜,应是外观良好、成熟度一致、无损伤、无微生物污染、对病虫害的抵抗力强、收获量大且价格经济的品种
- 植物性原料在冷却前的处理主要有:剔除有机械损伤、虫伤、霜冻及腐烂、发黄等质量问题的原料;然后将挑出的优质原料按大小分级、整理并进行适当的包装。包装材料和容器在使用前应用硫磺熏蒸、喷洒波尔多液或福尔马林液进行消毒。整个预处理过程均应在清洁、低温条件下快速地进行

(二) 动物性原料及其处理

- 动物性食品在冷却前的处理因种类而异。畜肉类及禽类主要是静养、空腹及屠宰等处理;水产类包括清洗、分级、剖腹去内脏、放血等步骤;蛋类则主要是进行外观检查以剔除各种变质蛋、分级和装箱等过程
- 动物性原料的处理必须在卫生、低温下进行,以免污染微生物,导致制品在冷藏过程中变质腐败。为此,原料处理车间及其环境、操作人员等应定期消毒,操作人员还应定期进行健康检查并按规定配带卫生保障物品

二、食品的冷却

(一) 冷却的目的

- 冷却的主要目的是降低食品的温度以抑制微生物和酶等变性剂的作用,延长食品的保质期。对于植物性食品来说,冷却还可使呼吸作用受到抑制,将其新陈代谢活动维持在较低水平上进行,从而延缓植物性食品的衰老过程

(二) 冷却速度和时间

- 冷却速度。冷却速度就是用来表示该放热过程的快慢的物理量。它受食品与冷却介质之间的温差、食品大小及形状、冷却介质种类等因素的影响,可用 \bar{V} 表示。假设食品刚开始冷却时的温度为 \bar{t}_0 ,经过时间 τ 后食品的平均温度为 \bar{t}_1 ,则可得到下式:

$$\bar{V} = \frac{\bar{t}_0 - \bar{t}_1}{\tau}$$

- 冷却时间。冷却时间是指将食品从初温 t_0 冷却到预定的终温 t 时所需时间，以 τ 表

示。假如将 α 看成常数，冷却时间 τ 为：

$$\tau = \frac{2.3 \lg \frac{t_0 - t_r}{t - t_r}}{a \frac{\mu^2}{\delta^2}}$$

(三) 冷却方法

- 空气冷却法。它是将食品放在冷却空气中，通过冷却空气的不断循环带走食品的热量，从而使食品获得冷却。冷却空气的温度取决于食品的种类，一般对于动物性食品为 0°C 左右，对植物性食品则在 $0\sim 15^\circ\text{C}$ 之间。冷却空气通常由冷风机提供。这种方法的冷却效果主要取决于空气温度、循环速度及相对湿度等因素。一般地，空气温度越低，循环速度越快时，冷却速度也越快。相对湿度高些，食品的水分蒸发就少些。此外冷却效果还要受到包装、堆垛、气流布置等操作因素的影响。空气冷却法是一种简便易行，适用范围广的冷却方法。它的缺点是冷却速度慢，冷却食品干耗较大及冷风分配不均匀等
- 水冷却法。即将食品直接与低温的水接触而获得冷却的方法。水冷却法通常有两种方式：浸渍式和喷淋式，前者是将被冷却食品直接浸入冷水中，使之冷却的方法，而后者是用喷嘴把冷水喷到被冷却食品上使之冷却的方法。水冷却法中的水可以是淡水或海水，但必须是清洁、无污染的水。在冷却过程中，水会逐渐被污染，因此需经常更换冷却水和消毒。冷却用的水可用冰或制冷装置冷却到适宜的温度。水冷却法的优点是冷却速度快、避免了干耗、占用空间少等，但存在损害食品外观、易发生污染及水溶性营养素流失等缺陷。水冷却法适用于水产、水果、蔬菜等食品的冷却
- 冰冷却法。即冰直接与食品接触，吸收融解热后变成水，同时使食品冷却的方法。该法可用于鱼类、水果及蔬菜等的冷却，尤其适用于鱼类，应用十分广泛。其特点是冷却速度快，鱼体表面湿润、光泽，且无干耗。冰冷却法的效果主要取决于冰与食品的接触面积和用冰量。冰粒越小，则冰与食品的接触面越大，冷却速度越快。因此，用于冷却的冰事先需粉碎。用冰量须充足，否则不可能达到冷却效果。在用冰冷却时，还应注意及时补充冰和排除融冰水，以免发生脱冰和相互污染，导致食品变质。用于冷却的冰可以是海水冰，也可以是淡水冰，但必须是清洁、无污染的
- 真空冷却法。它是利用水在真空条件下沸点降低的原理来冷却食品的。将待冷却的食品放入密闭容器中，然后降低容器中的压力，食品中的水分就在真空状态下迅速汽化，吸收汽化潜热，从而使食品的温度迅速降低。真空冷却法主要用于蔬菜的快速冷却，特别适合于蔬菜、蘑菇等表面积大的蔬菜的冷却。真空冷却法的优点是冷却速度很快，一般 $(20\sim 30)\text{min}$ 即可将蔬菜从 20°C 左右冷却到 1°C 左右，水分蒸发量只有 $2\%\sim 4\%$ ，不会影响蔬菜新鲜饱满的外观。但真空冷却法成本较高，少量冷却时不经济。适合在离冷库较远的蔬菜产地，在大量收获后的运输途中使用

三、食品的冷藏

(一)空气冷藏法

- 这种方法是将冷却(也有不经冷却)后的食品放在冷藏库内进行保藏。其效果主要决于下列各种因素
- 冷藏温度
- 相对湿度
- 空气循环。般最大的循环速度不超过 $(0.3\sim 0.7)\text{m/s}$ 。
- 通风换气
- 包装及堆码
- 产品的相容性

(二)气调冷藏法

- 气调冷藏法的原理：在一定的封闭体系内，通过各种调节方式得到的不同于正常大气组成(或浓度)的调节气体，以此来抑制食品本身引起食品劣变的生理生化过程或抑制作用于食品的微生物活动过程
- 气调冷藏的特点：显著地延长果、蔬的保鲜期，其贮藏期是机械冷藏的 2-3 倍；在相同的贮藏条件下，气调贮藏的损失不足 4%，而一般空气冷藏的为 15%-20%；气调贮藏的货架期是空气冷藏的 2-3 倍。有利于推行食品绿色保藏。CA 贮藏法的主要缺点是一次投资较大，成本较高及应用范围有限
- CA 贮藏的方法。自然降氧法、机械降氧法、气体半透膜法、减压降氧法

第二节 食品的冻结保藏技术

一、食品的冻结

(一)食品的冻结过程

- 食品的冰点。随着食品温度的降低，我们可以观察到在某个温度下食品中的水分开始结冰。此温度即食品的冰点。根据 Raoult 法则，在稀溶液中存在冰点下降现象。冰点下降的程度取决于溶液的摩尔浓度，一般地，溶液浓度每增加 1 摩尔，则冰点下降 1.86°C
- 冻结过程与冻结曲线

(二)冻结速度及其与冰晶状态和分布的关系

- 冻结速度是指食品内某点的温度下降的速度或食品内某种温度的水锋向内扩展的速度，一般可用 $V = \frac{d\delta}{d\tau}$ 表示
- 冻结速度与冰晶状态的关系。一般地，冻结速度越快，则形成的冰晶数量越多，体积越细小，形状越趋向棒状和块状

- 冻结速度与冰晶分布之关系。在食品冻结时，冰晶通常首先在细胞间隙形成。在细胞间隙形成冰晶后，由于细胞内外水蒸汽压差的作用，细胞内的水分通过细胞壁或膜迁移到细胞外，并在细胞外变成冰晶。结果使细胞严重脱水造成质壁分离，细胞外形成较大型的冰晶。缓慢冻结时就易出现此种情况。而快速冻结时，冰晶趋向于在细胞内外同时形成。此时由于食品中成分迁移较少，细胞因内外冰晶产生的膨胀和挤压作用可部分或全部抵销，因此，细胞所受损害较轻。
- 冻结速度对食品质量的影响。冻结速度越快，则形成的冰晶越细小，分布也越均匀，因而食品受到的损伤就越小。因此，为了得到高质量的冻结食品，必须进行快速冻结。然而，许多研究表明，冻结速度只是影响冻结食品的质量的一个因素，还有许多因素如原料特性、辅助处理、冻藏条件等都会对冻结食品质量产生较大的影响。因此，单纯强调冻结速度，并不一定能得到高质量的冻结食品

(三) 食品的冷冻时间

- 冷却时间。
$$\tau_c = \frac{23 \lg \frac{m(t_o - t_r)}{t - t_r}}{a \frac{\mu^2}{\delta^2}}$$
- 冻结时间。
$$\tau = \frac{\Delta_i \gamma}{\Delta t} \left(\frac{Px}{\alpha} + \frac{Rx^2}{\lambda} \right)$$
- 缩短冻结时间的有效方法。 减小冻结食品的厚度、增大表面传热温差、增大表面对流换热系数

(四) 常用的食品冻结技术及设备

- 隧道式冻结器。隧道式冻结器是较早应用的吹风冻结系统。“隧道”这个名称现在已被用来泛指吹风冻结器，而不管它是否具有隧道的形状。在冻结时，肉胴吊挂在吊钩上，鱼等食品装在托盘中并放在货车上，散装的个体小的食品如蛤、贝柱及虾仁等放在传送带上进入冻结室内。风机强制冷空气流过食品，吸收食品的热量使食品获得冻结，而吸热后的冷风再由风机吸入流过蒸发器重新被冷却。如此反复循环直至食品全部冻结。这种冻结设备具有劳动强度小、易实现机械化、自动化、冻结量较大、成本较低等优点。其缺点是冻结时间较长，干耗较多，风量分布不太均匀。
- 螺旋带式冻结器。该装置的核心部分是一靠液压传动的转筒。其上以螺旋形式缠绕着网状传送带。冷风在风机的驱动下与放置在传送带上的食品作逆向运动和热交换，使食品获得冻结。传送带的层距、速度等均可根据具体情况来调节。这种设备的优点是冻结速度快，比如厚为 2.5 厘米的食品在 40min 左右即可冻结至-18℃；冻结量大，占地面积小；工人在常温条件下操作，工作条件好；干耗小于隧道式冻结；自动化程度高；适应范围广，各种有包装或无包装的食品均可使用。其缺点是能量消耗较多。因此，应避免在量小、间断性的冻结条件下使用。

- 流化床冻结器。流化床式冻结是利用一定流速的冷空气流自下向上吹入放置在筛网上的颗粒状或块片状食品中，使之形成沸腾状态，像流体一样运动，并在运动中被迅速冻结。当冷空气以较低的流速自下而上地穿过食品层时，食品颗粒处于静止状态，称为固定床(a)。随着气流速度的增加，食品层两侧的气流压力降也将增加，食品层开始松动(b)。当压力降达到一定数值时，食品颗粒不再保持静止状态，部分颗粒向上悬浮，造成食品床膨胀，空隙率增大，开始进入预流化态(c)。当风速进一步提高时，食品床的均匀和平稳态受到破坏，流化床中形成沟道，一部分冷空气沿沟道流动，使床层的压力降恢复到流态化开始时的水平(d)，并在食品层中产生气泡和激烈的流化作用(e)。由于食品颗粒与冷空气的强烈相互作用，食品颗粒呈无规则的上、下相对运动，因此，食品层内的传质与传热十分迅速，实现了食品单体快速冻结
- 平板冻结器。在平板冻结器中，核心部分是可移动的平板。平板内部有曲折的通路，循环着液体制冷剂或载冷剂。平板可由不锈钢或铝合金制作，目前以铝合金制作的平板较多。相邻的两块平板之间构成一个空间，称为“冻结站”。食品就放在冻结站里，并用液压装置使平板与食品紧密接触。平板两端分别用耐压柔性胶管与制冷系统相连。根据平板布置方式不同，平板冻结器有三种型式：卧式、立式和旋转式。它们的主要区别是卧式平板按水平方式布置，立式平板按竖直方式布置，而旋转式平板则布置在间歇转动的圆筒上。目前，卧式和立式两种平板冻结器使用较广泛
- 与载冷剂接触冻结。这种装置有浸渍式、喷淋式或二者结合式等几种类型。将食品包装在不渗透的包装内，放入盐水池中。为了防止冻结不均匀和外观不一，产品必须完全浸入冻结介质中。盐水池中的冻结介质以 0.1 m/s 的速度循环。如果产品不能完全浸泡在冻结介质中，则应用喷淋的方法将液体喷在未浸入的部分上
- 冰壳冻结法(Capsule Packed Freezing)，也称 CPF 法，包括冰壳成形、缓慢冷却、快速冷却及冷却保冷 4 个连续过程。冰壳成形是指向冷库内喷射液体制冷剂，将其温度降到 -45°C ，使食品表面迅速形成数毫米冰壳的过程；当库温降到 -45°C 时停止喷射，改用制冷机冻结(冻结温度 $-25\text{—}35^{\circ}\text{C}$)，使食品中心温度达到 0°C 后，再次喷射液化制冷剂数分钟，使食品迅速通过最大冰晶生成带，称为快速冷却；此后再次改用制冷机冻结至食品中心温度达到 -15°C 以下，此为冷却保冷过程。CPF 法最大的特点是食品冻结过程中不会产生较大的冰晶，一般冰晶的大小不会超过 $10\ \mu\text{m}$ 的范围
- 均温冻结法(Homonizing Process Freezing)，也叫 HPF 法，是将冻结过程中产生的食品内部的膨胀压进行扩散的方法。它的冻结过程如下：先将食品浸渍在 -40°C 以下的液体制冷剂中，使食品中心温度骤降至冰点附近；再用 -15°C 左右的液体制冷剂浸渍或喷淋食品使其各部分温度均衡；然后用 -40°C 以下的液体制冷剂将食品冻结到终温。该法尤其适合于冻结大型食品

二、食品的冻结保藏

(一) 冻结食品的包装

1. 冻结食品包装的一般要求

- 能阻止有毒物质进到食品中去，包装材料本身无毒性
- 不与食品发生化学作用。包装材料在-40℃低温和在高温处理(如在烘烤炉或沸水中)时不发生化学及物理变化
- 能抵抗感染和气味。这对于那些易被感染和吸收气味的产品如脂肪、巧克力或香料等尤为重要
- 防止微生物及灰尘污染
- 不透或基本不透过水蒸气、氧气或其他挥发物
- 能在自动包装系统中使用。由于包装系统的自动化程度愈来愈提高，这点显得十分重要；
- 包装大小适当，以便在商业冷柜中陈列出售
- 包装材料应具有良好的导热性能，如果是冻结之后再包装，此点不作要求
- 能耐水、弱酸和油
- 必要时不透光，特别是紫外线
- 对微波有很好的穿透力，以便于在微波炉中回火或加热
- 易打开并能重新包装

2. 包装材料

- 聚乙烯：热封性能良好，价格便宜。但对高温和水蒸气的阻抗能力差
- 聚丙烯：与聚乙烯的性能相似，但对水蒸气的阻抗力较好，在低温下易变脆
- 聚酯：耐高温并能抗油脂及水蒸气。用于烘烤板盘的内衬
- 聚苯乙烯：是较好的用于冻结食品的硬塑料。虽然价格较贵，但很稳定，在冻结食品的温度下有很好的机械强度
- 聚氯乙烯：用作硬质容器，价格比聚苯乙烯便宜，但抗冲击能力较差
- 聚酰胺：即尼龙，是一种具有很好的强度和模压特性的材料，价格昂贵，适用于复合蒸煮袋包装
- 铝箔：常用作家庭冻结食品的包装，使用方便，导热性能好，能与产品紧贴。但机械强度较差。不宜用作微波食品的包装
- 纸一般用作冻结食品包装的面层，提供光滑表面，进行高质量的印刷
- 纸板用作可折叠的硬质箱子
- 复合薄膜。常用的复合薄膜材料是：聚乙烯 / 玻璃纸、高密度聚乙烯 / 聚酯、聚乙烯 / 铝箔、聚乙烯 / 尼龙 / 聚酯等

3. 包装方式

- 成型、装填及封口包装。即用成卷的热密封性塑料、层压膜或涂膜纸等做成袋状或

盘状包装，在包装机械中同时或间歇地进行成型与装填及封口的包装方式。产品在机械中的运动方向可以是水平的(如冰淇淋等易碎产品)，也可以是垂直的(如冻结蔬菜等)

- 收缩及拉伸包装。将薄膜制成各种形状的袋子，将食品装入后，使包装快速通过热风炉或浸在热水中，使薄膜收缩并把所装食品紧紧包住。拉伸膜具有弹性，在施加拉力下使用，把食品包在一起
- 真空包装和充气包装。某些产品如要长期贮存则需要缺氧的环境，这可用真空或充气包装来达到。真空包装是先将包装袋内的空气抽出然后密封，充气包装则是在抽出空气后，再充入 CO₂ 或 N₂ 等惰性气体，然后密封。不管是真空包装还是充气包装，包装内 O₂ 的含量均应控制在 0.5%~5% 以内

(二) 冻结食品的贮藏

- 空气温度
- 相对湿度
- 空气循环

(三) 冻结食品的 TTT 概念

1. TTT 概念

- 根据 Arsdel 等人长达十多年的研究结果，发现冻结食品的最终质量是由它所经历的流通环节的温度 / 时间来决定的。贮藏温度越低，则冻结食品的品质稳定性越好，也就是说冻结食品的贮藏时间越长。贮藏时间与允许的温度之间存在一种相互依赖的关系，我们把它称做 TTT 关系

2. TTT 计算

- 当已知某种冻结食品的 TTT 曲线和它所经历的温度 / 时间时，我们可计算出任何一个流通环节中该冻结食品的质量损失，或整个流通过程中该冻结食品的总质量损失，也可估计出在某种贮藏温度下，该冻结食品的最大允许贮藏时间

3. TTT 概念的例外情况

- 温度的反复波动，尤其是接近冻结点的波动，将引起严重的重结晶和冰晶生长现象，不仅使汁液流失大为增加，而且会引起质地的严重破坏。其中以乳浊液、胶体等的质量变化最具代表性。在温度波动频繁时，这些食品的质量损失要比用 TTT 概念的算术累积规律计算的结果严重得多
- 当冻结食品直接与空气接触时，或者即便有包装，但包装与食品之间有较大间隙时，在温度频繁波动的情况下，冻结食品将发生严重的干耗。另外，在商店的冷柜中陈列出售期间，由于照明光线的作用会加速冻结食品的干燥和变色，此时，实际的质量损失也比 TTT 计算结果更大
- 虽然贮藏温度的波动次数较少，但在 -10℃ 以上的温度下放置时间较长，那么由于

微生物和酶的作用，将给冻结食品的质量带来较严重的影响。此时 TTT 计算结果也不能反映出真实的质量损失

第三节 食品的解冻技术

一、有关解冻的基本概念

- 解冻。就是升高冻结食品的温度，使其冰晶融化成水，恢复到冻前状态的加工过程。就热交换的情况而言，解冻与冻结相反，可以说是冻结的逆过程
- 解冻曲线。将某个冻结食品放在温度高于其自身温度的解冻介质中，解冻过程即开始。如果将整个解冻过程中冻结食品的温度随时间变化的关系在坐标图中描绘出来，即得到所谓的解冻曲线
- 解冻程度。冻品在解冻时，其温度升高到多一少才算合适呢？一般来说，冻结食品解冻后其温度应在冰点之上，也即冻品中不再有冰晶存在。这种情形称为完全解冻。实际上，在许多情况下，冻结食品解冻后的温度在 $t_f \sim -5^\circ\text{C}$ 之间，称为部分解冻或半解冻。这种解冻有利于机械切割、绞碎，可以减少汁液流失，缩短解冻时间
- 解冻速度是指在解冻过程中单位时间内冻品温度升高的幅度，是衡量冻品解冻过程快慢的物理量。与冻结速度有所区别，解冻速度没有明确的数值标准，它的快慢一般是定性的。按照解冻速度的快慢，可将解冻分为超快速、快速及缓慢解冻等三类。上述三者之间并没有严格的界限，一般把在静止的低温空气或低温的水（不超过 5°C ）中的解冻称做缓慢解冻，把吹热风解冻、流水解冻及电阻解冻等称为快速解冻，而把利用微波能进行的解冻称为超快速解冻
- 解冻时间就是完成某个预定的解冻过程所需要的时间。由于被解冻食品表面的导热系数小于冻结食品表面的导热系数，因此，在相同的温度区间内进行解冻所需时间比冻结时间更长

二、解冻方法

- 空气解冻法
- 水解冻法
- 电解冻法
- 微波解冻法。优点：a. 解冻质量好。b. 微波具有非热杀菌能力
- 真空水蒸气凝结解冻（vacuum-steam thawing）是英国 Torry 研究所发明的一种解冻方法，它的优点是：①食品表面不受高温介质影响，而且解冻时间短，比空气解冻法提高效率 2~3 倍；②由于氧气浓度极低，解冻中减少或避免了食品的氧化变质，解冻后产品品质提高；③因湿度很高，食品解冻后汁液流失少。它的缺点是，解冻食品外观不佳，且成本高

第四节 食品的冷链流通

一、国内外食品冷链发展状况

- 完整独立的食品冷链体系尚未形成
- 食品冷链的市场化程度很低，第三方介入很少
- 食品冷链的硬件设施陈旧落后
- 食品冷链缺乏上下游的整体规划和整合
- 未建立一套行之有效的管理体制

二、食品冷链的组成

- 冷冻加工。冷冻加工包括各种原料的预冷却、各种冷冻食品的加工与食品的速冻等。主要涉及冷却与冻结装置，主要由生产厂商完成，冷冻条件容易控制，生产线一旦安装投入生产也相对较稳定
- 冷冻贮藏。冷冻贮藏包括食品原料的冷藏和冻藏，也包括果蔬的气调贮藏。主要涉及各类冷藏库，此外还涉及冷藏柜、冻结柜及家用冰箱等
- 冷冻运输。冷冻运输包括食品的中、长途运输及短途送货等。主要涉及铁路冷藏车、冷藏汽车、冷藏船、冷藏集装箱等低温运输工具
- 冷冻销售。冷冻销售包括冷冻食品的批发及零售等，由生产厂家、批发商和零售商共同完成。早期，冷冻食品的销售主要由零售商的零售车和零售商店承担。近年来，城市中超市的大量涌现，已使其成为冷冻食品的主要销售渠道。超市中的冷藏陈列柜也兼有冷藏和销售的功能，是食品冷链的主要组成部分之一

三、食品冷链设备

（一）固定冷链设备

- 冷藏库，简称冷库，它是用制冷的办法对易腐食品进行加工和贮藏，以保持食品食用价值的建筑物。食品冷藏库是冷藏链的一个重要环节，冷藏库对食品的加工和贮藏、调节市场供应、改善人民生活水平等都发挥着重要的作用
- 陈列柜。冷藏陈列是超级市场、零售商店等销售环节的冷冻设备，也是冷冻食品与消费者直接接触被选择消费的主要环节，目前已成为食品冷链中的重要环节
- 家用冰箱。在冷藏链中，家用冰箱是最小的冷藏单位，也是冷藏链的终端。随着经济的发展，人民生活水平已得到很大提高，家用冰箱已大量进入普通家庭，对冷链的建设起了很好的促进作用

（二）冷藏运输设备要求

- 有食品预冷和适宜的贮藏温度
- 要有冷源，具有一定的制冷能力
- 良好的隔热性能
- 温度检测和控制设备

- 车厢的卫生和安全

（三）冷藏汽车

- 机械制冷冷藏汽车
- 液氮制冷冷藏汽车
- 干冰制冷冷藏车
- 蓄冷板冷藏汽车
- 组合式冷藏车

（四）铁路冷藏车

- 用冰制冷的铁路冷藏车
- 用干冰制冷的铁路冷藏车
- 机械制冷铁路冷藏车
- 蓄冷板制冷铁路冷藏车。1979 年，我国铁道部设立了“冷冻板制冷技术在铁路冷藏车上应用的研究”课题，在菲亚特汽车上进行了初步试验后，1981 年 8 月用 B6148 车改装成第一辆冷冻板铁路冷藏车，冷冻板即现在讲的蓄冷板。蓄冷板制冷铁路冷藏车的结构和布置原理与蓄冷板制冷冷藏汽车的大致相同。蓄冷板制冷铁路冷藏车最大的优点在于设备费用少，并且可以利用夜间廉价的电力为蓄冷板蓄冷，降低运输费用，多适用于短距离运输

（五）冷藏船

- 渔业冷藏船服务于渔业生产，用于接收捕获的鱼货，进行冻结和运送到港口冷库。这种船分拖网渔船和渔业运输船两种，其中，拖网渔船适合于捕捞、加工和运输鱼类它配备冷却、冻结装置，船上可进行冷冻前的预处理加工，也可进行鱼类的冻结加工及贮藏；而渔业运输船，从捕捞船上收购鱼类进行冻结加工和运输，或者只专门运输冷加工好的水产品和其他易腐食品
- 运输冷藏船包括集装箱船，主要用于运输易腐食品和货物。它的隔热保温要求很严格，温度波动不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。冷藏船按发动机型式可分为内燃机船和蒸汽机船，目前趋向于采用内燃机作为驱动动力，其排水量海船从 2 000t 到 20 000t，而内河船从 400t 到 1 000t

（六）冷藏集装箱

- 保温集装箱
- 外置式保温集装箱
- 内藏式冷藏集装箱
- 液氮或干冰冷藏集装箱。这种集装箱利用液氮或干冰制冷，以维持箱体内的低温