

443

渔业机械仪器

4
专辑

国外鱼货冻结技术

1982

YUYE JIXIE YIQI

5981
1062

渔 业 机 械 仪 器

国外鱼货冻结技术

(专 辑)

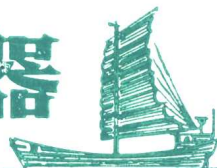
4

《渔业机械仪器》编辑部

1982

为你提供可靠的

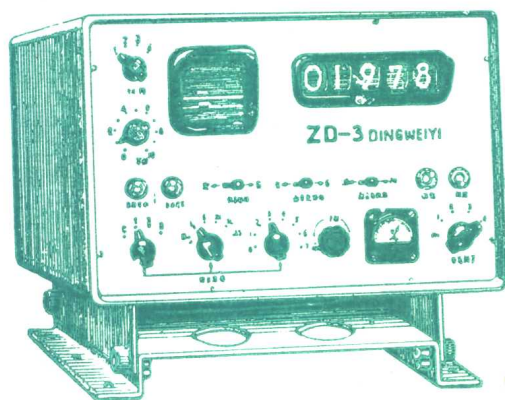
捕捞导航仪器



ZD-3定位仪

用途: 本仪器适用于各种渔轮、客货轮以及其他船舶在各种气候条件下,在我国沿海各海区以及使用双曲线导航系统A/C的国际航道上进行定位。

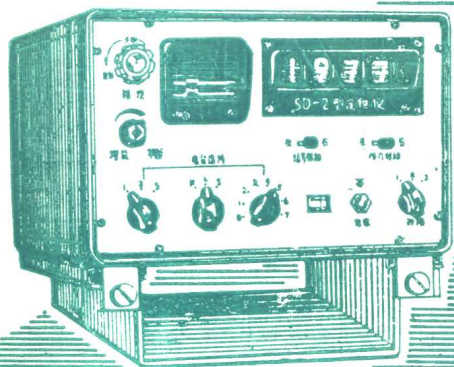
特点: 本仪器具有A、C两个通道以及具有自动跟踪,自动增益,数字管自动显示时差,清晰直观,自动跟踪速度快,可连续跟踪定位,自动增益控制范围大,性能稳定可靠,使用方便,精度为 $\pm 1\mu s$,时差测量范围:A.0000~9999 μs ; C.10000~97000 μs ,环境温度 $-10^{\circ}\sim+45^{\circ}C$,电源电压为交流110/220伏。



SD-2定位仪

本仪器是为适合机帆渔船设计的双曲线脉冲时差系统船用无线电导航设备,也可使用在其他各种船舶以及使用芬兰A的国际航道航行船只,均可随时测定船位。

该仪器采用全晶体管化数字显示式先进电路,具有体积小,重量轻,耗电省,使用方便等优点。电源用高频逆变器,直接使用+20伏至+30伏直流电,可连续使用,并不受机帆渔船主机正负接壳的影响。



欢迎选购定货

代客办理托运

产品实行三包

国家水产总局渔业机械仪器研究所实验工厂

地址:上海赤峰路63号

电话:456260转接

电报:5577

前 言

《鱼货冻结技术》专辑是由联合国粮农组织发行的一本技术性读物，它扼要地介绍了鱼货冻结概念、冻结装置及其工作条件、冻结时间、冻结后鱼品处理、冷藏与冷藏方面的知识以及海上冻结和冷冻设备的技术要求。它适合于中等专业文化程度的广大读者阅读。有关公司、设计部门以及水产单位的干部、技术人员可以作为冷库设计、方案制定等方面的参考。如能恰当运用，将对我国鱼类保鲜、提高鱼货质量均有一定的作用。

本专辑的内容由陈德隆、周志云、周国敏、沈月新、何维隽等同志担任翻译，陈修白教授、孙瑞璋工程师及徐淑芳同志进行校对，斯颂声、王能贻同志进行汇总定稿，吴爱丽、方幼敏、顾锦鸿同志参加了工作。

本刊在编辑过程中，对原文作了一些删节。由于时间仓促，限于水平，不足之处，尚请读者批评指正。

《渔业机械仪器》编辑部

一九八二年四月

目 录

一、鱼货的冻结	1	(2) 排管式冷藏库	33
1. 冻结鱼货的目的	1	(3) 翅片管式冷藏库	33
2. 鱼货是怎样变质的	1	(4) 有冷风机组的冷藏库	34
3. 冻结过程中发生了什么变化	1	5. 影响贮藏条件的因素	35
4. 什么是速冻	3	6. 鱼品的搬运和贮藏	37
5. 复冻	4	7. 冷藏库制冷负荷的计算	39
6. 冻结前的鱼货处理	4	8. 冷藏库的容量	40
7. 冻鱼制品	4	9. 订购冷藏库	41
二、冻结装置	5	六、鱼在冻结和冷藏期间的重量损失	41
1. 冻结装置的种类	6	1. 冻结装置中的重量损失	41
(1) 吹风式冻结装置	6	2. 冷藏期间的重量损失	42
(2) 流化或半流化式冻结装置	14	七、冻结和冷藏的财务问题	43
(3) 平板冻结装置	15	1. 冻结成本	43
(4) 转鼓式冻结装置	18	2. 冻结成本核算	44
(5) 用盐水冷却的连续式冻结装置	19	3. 冷冻成本	46
(6) 液氮冻结装置	19	4. 冷藏成本核算	46
(7) 液态制冷剂冻结装置	19	八、海上冻结	47
(8) 二氧化碳冻结装置	20	1. 为什么要在海上冻结鱼品	47
(9) 浸渍式冻结装置	21	2. 冷冻船的类型	48
(10) 其它类型的冻结装置	21	3. 海上冷冻鱼品质量究竟如何?	48
2. 冻结装置的工作温度	22	4. 海上冻结设备	48
3. 冻结所需的场地	23	5. 鱼的冻前处理	49
4. 冻结所需的劳力	23	6. 冻鱼的搬运	51
5. 冻结装置的制冷负荷计算	23	7. 冷冻船上的冷藏	51
6. 订购冻结装置	24	8. 冻结渔船的卸货	52
三、冻结时间	26	九、冻鱼的运输	53
1. 影响冻结时间的可变因素	26	十、冷冻设备的技术要求	54
2. 冻结时间的计算	27	1. 压缩机	54
3. 冻结时间举例	28	2. 冷凝器	55
四、冻结后鱼品的处理	29	3. 对制冷设备总的论述	55
1. 包冰衣	29	4. 功率要求	55
2. 包装	30	十一、冷冻厂工作人员	56
3. 入库	30	十二、鱼温的测定	57
五、冷藏库	31	1. 原料鱼的温度测定	57
1. 推荐的冷藏温度	31	2. 冻结期间鱼温的测定	57
2. 限制冷藏期限的因素	32	3. 冻鱼温度的测定	58
3. 冷藏库操作条件	32	4. 鱼温测定规则概要	59
4. 冷藏库的类型	33	十三、有关数据	59
(1) 气套式冷藏库	33	十四、换算因素	61

鱼 货 冻 结 技 术

一、鱼 货 的 冻 结

1. 冻结鱼货的目的

鱼货冻结的目的是降低鱼体温度,使腐败过程减慢。因而,当鱼品在冷藏之后进行解冻时,与新鲜鱼几乎没有多大区别。

当用别的方法,如用冰冷却来保藏鲜鱼,不适应所要求的贮藏期限时,就需要进行冻结和冷藏。用冷却法保藏鲜鱼,一般只能保藏几天或一周,最多二周;而把鱼很好地冻结和冷藏,则可保藏几个月甚至一年或更长时间。

用冻结方法保藏鲜鱼有许多用途。若渔场远离卸鱼港口,且渔捞航次又持续许多天,则在海上进行冻结,就可保持渔获物的优质状态;若消费市场远离渔港,为了保藏鱼货,在贮藏、运输和销售过程中必须进行再冻结。

在鱼货供过于求或供不应求期间,也要考虑冻结。在货源充足时进行冻结并低温贮藏,可使鱼货的销售能与需求相适应。从而,既可调节供应,使鱼货上市量较为均匀,鱼品质量得到保证,价格也比较稳定。这对渔民、加工者、消费者都是有利的。

把在短暂的渔汛期捕获的鱼货进行很好地冻结和冷藏,由于它们能长期贮藏,所以市场上能整年买到新鲜的鱼货。

许多鱼品的加工过程中涉及到巨额投资和需要大量劳动力。将鱼冻结并按定量而不是依据无法预测的供应情况而加工,将可更好地利用这些资源。

如果要将鱼货出口,通常要采用冻结和冷藏。冻鱼出口对于发展中国家来说是重要的,因为象冻虾这类昂贵的食品,其出口的外汇收入要比国内消费更有价值。

因此,冻结具有很多明显的优点。在发展中国家,由于渔业的发展只是现在才出现

冻结的需要。冻结和冷藏为这种有价值的蛋白质食品销售到广大的市场提供了条件。

2. 鱼货是怎样变质的

鱼货变质主要有两个原因,即自溶和细菌作用的结果。活鱼中存在的酶,鱼死后仍起作用,促使鱼肉自溶而分解。采取降低鱼体温度的办法使死鱼中酶的活动减弱。

细菌寄生在活鱼的内脏、鱼体表面和鳃中。鱼活着时,大部分细菌是无害的,甚至可能是有益的。但鱼死后,细菌数量开始增加,并侵入肌肉,以肌肉为养分。细菌把鱼肉中复杂的化学物质分解成大量较简单的、难闻的如氨类化合物。这样的腐败过程一直延续到鱼肉腐烂并不能食用为止。当鱼体温度下降时,细菌的活动也就减慢。

除了上述两种腐败方式之外,多脂鱼类因鱼肉所含的脂肪(类脂化合物)氧化也会变质,结果产生酸败、丧失风味。如果降低鱼体温度,酸败过程也就减慢。

因此,降低死鱼的温度,就能延迟腐败,如果保持足够的低温,几乎能停止腐败。

单是冻结处理,不是一种保藏方法,而仅仅是为了在适当的低温下冷藏鱼所作的准备措施。为了生产优质的鱼品,必须实行快速冻结。为此,需要特别设计一种冻结装置。所以,冻结是一个独立的过程,它有别于低温贮藏。

3. 冻结过程中发生了什么变化

鱼体通常含有60~80%的水分,其含水量取决于鱼的品种。在冻结过程中,这些水份大部分转变成冰。

冻结需要去除热量,去除热量的鱼,以

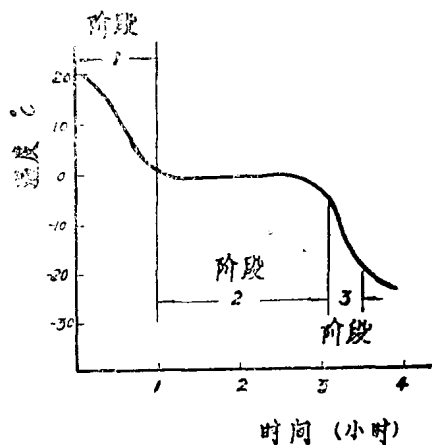


图1 冻结期间鱼体温度—时间变化图

图1所示的方式降温。在冷却的第一阶段，鱼体温度相当快地降至刚好低于 0°C ，即水的冰点。在第二阶段，为了把大部分水变成冰，需要去除更多的热量，温度变化极微，这一阶段称作“热滞留”(Thermal arrest)期。当 $3/4$ 左右的水份转化成冰时，温度又开始下降。第三阶段，剩余的水大部分冻结成冰，而去除的热量比较少。

当鱼体中水份冻结成纯的冰结晶时，剩下未冻结水份中所含的盐分和其它化合物的浓度就增加，这样就降低了未冻结水份的冰

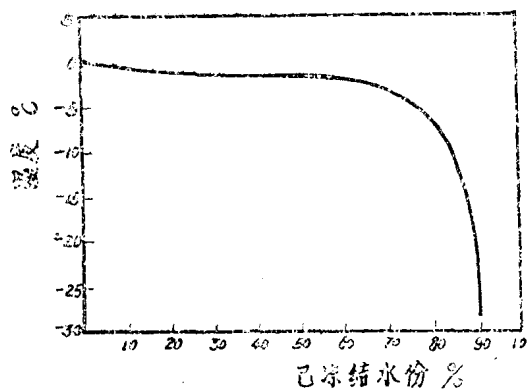


图2 鱼体肌肉的冻结，在不同温度下已冻结水份的百分数

点。结果是与纯水不一样，在固定的 0°C 不能完全变成冰，而需要继续下降至某一温度范围时，才能完全变成冰。在不同温度下鱼体肌肉组织中冻结成冰的水份比例如图2所示。图中表明：当鱼体温度降到 -5°C 时，约有 $2/3$ 的水份冻结成冰。该图还表明：甚至在 -30°C 的低温下，鱼体肌肉中有一部分水份仍处于未冻结状态。

有关冻鱼的文献中论及鱼在冻结过程中发生了什么变化时，其说法不一，甚至往往自相矛盾。特别是当论述到慢冻与速冻之间的区别时，尤其如此。这种明显的混乱情况，其主要原因之一是冻结过程的知识是在近几年才进展到足以解释冻结速度之间的差异，这就导致现在仍在流传的许多文献已经过时了。

早期持有一种观点，认为鱼货突然冷却会撕破肌肉组织，所以快速冻结是不能令人满意的。还有一种意见认为由于水在冻结时会膨胀，有理由认为细胞壁在压力下会被胀破。这两种理论有些道理，但是不能充分解释慢冻与速冻之间的区别。

在一段时期内，广泛流传着这样一种观点，认为慢冻会生成大的冰结晶，从而损坏细胞壁，导致鱼货解冻时大量汁液流失。而速冻所生成的冰结晶较小，对细胞壁几乎无损伤，因此，解冻时几乎没有汁液流失。冰结晶大小的差别或许解释了慢冻与速冻的一些区别，但事实表明，这种说法仍然没有作出完满的解释。鱼的细胞壁有相当大的弹性，能承受大的冰结晶的压力而不会过分破损。而且，鱼体肌肉中的大部分水是以凝胶体的形式与蛋白质相结合的，即使上述情况确实发生，流失的汁液也是很少的。

然而，慢冻之所以产生劣质鱼品，现在看来主要是由于蛋白质的变性所致。

冻结的结果，蛋白质的一些组成发生了变化，由于冻结过的蛋白质不同于其“自然”

状态,所以称之为“变性”,因此有“蛋白质变性”这一术语。蛋白质变性取决于温度,随着温度的下降,蛋白质变性的速度亦随之减慢。蛋白质变性也取决于存在的酶和其他化合物的浓度。因此,当水结成纯的冰结晶时,未冻结的蛋白质中化合物的浓度较高,变性速度亦加快。当温度下降时,这两个决定变性速度的因素是相互消长的。现已证实,蛋白质变性的最大温度在 -1 至 -2°C 范围内。

慢冻意味着通过这一最大作用温度范围的时间较长。现在认为,这个因素可解释慢冻鱼与速冻鱼在质量上的主要差别。

4. 什么是速冻

目前还没有一致公认的速冻定义。

即使是一组受过训练的检验人员,也未必能鉴别出冻结1小时与冻结8小时的两种鱼之间的差别,但一旦冻结时间超过12小时,那么区别就会明显了。冻结时间达24小时甚至更长,如某些设计和操作很差的冻结装置,所得的产品质量肯定很差。过长的冻结时间例如把鱼堆放在冷库中进行冻结,则鱼堆中间部分的鱼尚未充分降温前,由于细菌作用而腐败。

因为温度刚好低于 0°C 是蛋白质变性腐败的临界范围,所以英国在早期曾推荐速冻的定义为:所有的鱼体温度应该在2小时内从 0°C 降至 -5°C ,然后再进一步降温,使冻结完毕时的鱼体平均温度相当于所推荐的贮藏温度 -30°C 。就英国一般的冻结情况而言,规定要求达到 -30°C 的贮藏温度,是以鱼品最暖的部位冻结终温应为 -20°C 来表示的。当达到 -20°C 时,鱼品最冷部分的温度将达到或接近制冷温度,其平均温度将接近 -30°C 。这是经仔细推敲的速冻定义,这个定义也许比保证优质产品所必需的还要严格。

这一比较广泛使用的速冻定义,对冻结

时间甚至冻结速度都不作规定,而仅仅指出鱼应该快速冻结,并在冻结装置内降至指定的贮藏温度。

应该将鱼降至规定的贮藏温度,这一建议是重要的,在所有完善的速冻操作规程中,应该包括这一规定。对冻结的这两项基本要求,即鱼应该快速冻结和鱼体温度降至贮藏温度的过程是一致的,因为能快速冻结鱼的冻结装置,多半也能在足够低的温度下运转,以保证达到所推荐的鱼品贮藏温度。

某些冻结规程和建议规定用单位时间内的冻结深度来表示冻结速度。然而,接近鱼体表面的冻结速度总是较快的,因为该处与冷却介质直接接触,而鱼体中心的冻结速度则较慢。因此,冻结速度仅仅是平均速度,并不表示实际冻结的情况。平均冻结速度在 $2\sim 1000$ 毫米/小时之间变动,为了给读者一些有关冻结速度在实际工作中体现什么的概念,变动范围可划分成表1所示各档。

表1 冻结速度

2 毫米/时	在吹风间中整批慢速冻结
5~30 毫米/时	在隧道式空气吹风冻结装置或平板冻结器中速冻
50~100 毫米/时	小型制品的快速冻结
100~1000 毫米/时	在液氮和液态二氧化碳中超速冻结

关于上述对鱼进行速冻的基本要求,有一例外需要特别提及:供作生吃的冷冻金枪鱼,如日本的“刺身”(生鱼片)似乎需要把鱼体温度降到比其他鱼品更低的温度。为此,日本的金枪鱼船用 -50 至 -60°C 的冻结装置进行冻结。金枪鱼是一种体型大的鱼类,把整条金枪鱼浸在温度为 $-12\sim -15^{\circ}\text{C}$ 氯化钠盐水中,需要用三天时间才能冻结好。现在空气吹风冻结正逐渐代替盐水冻结,用很低温度 -50 至 -60°C 的冻结装置进行冻结,约需24小时或不到24小时,因此产生了下述情况,即需要采取特别预防措施,以避免

渔船中金属结构的低温脆裂。

上述用空气吹风冻结金枪鱼的要求是一种特殊的情况，不适用于一般的速冻。同时应该记住，在某些国家中，当地对特殊鱼品的冻结要求，会产生一些其他问题。

5. 复冻

复冻系指冻结鱼品经解冻或部分解冻后再行冻结。用事前已经整批冻结并贮藏的鱼货来生产某些冻结鱼品，常常需要复冻。应该记住的是，即使采用速冻，鱼品质量也有所变化。复冻的结果，鱼品质量将更进一步下降。因此，只有原来就很新鲜的鱼才能用于复冻，这样仍能保持优质的标准。例如捕获后立即在海上速冻的鱼才适于复冻。

6. 冻结前的鱼货处理

冻结与冷藏是保藏鱼货的一种有效方法，但必须强调的是，这种方法并不能提高鱼品质量，最终的质量取决于冻结时鱼货的质量以及冻结、冷藏、销售期间的其它因素。

一个很重要的条件，必须将鱼始终保持在 0℃ 左右的冷却状态，因此推荐用冰或其它的冷却方法。

联合国粮农组织文件“渔业用冰”（粮农组织渔业报告，1957 年第 59 号，第一次修订版）详细介绍了用冰或用冷海水冷却鱼货的方法。

除了保持鱼品冷却状态之外，为防止细菌污染和腐败，在理鱼和加工时也必须制订严格的卫生标准。

1976 年由营养法规委员会出版的建议性的“国际鲜鱼处理操作规程”和他的姊妹篇“冻鱼操作规程”在质量控制方面可供指导。

关于海上冻结前处理鱼的建议见第 8 章。

有些国家流行采用化学品处理新鲜鱼，以保持鱼体的色泽，保持甚至增加鱼体的汁液。用化学品处理食品，通常受到国家或地

方上的限制，故本文对化学品的应用不宜作一般的评论。

7. 冻鱼制品

各种鱼的加工过程、方式和包装方法的多样化，对制备多种冻鱼制品提供了方便。冻鱼制品可以分为两大类，即直接供消费者食用的和需要进一步加工的制品。

直接消费的冻鱼制品。单体速冻制品（IQF）是将鱼制品做成单独的小包装，如鱼片和虾，冻好后可直接食用而不需要经过解冻再进一步地分割或烹调。

随着供应伙食的企业和家用低温冻结柜的数量日增，对于单体快速冻结制品的需求就多起来了。采用单体快速冻结，就有可能整批购进冻结品而从冷藏库中仅挑选即时需用的数量。

其他制品，如小包装或盒装的鱼块和鱼段，也可直接供给消费者食用而不需要进行再加工。消费者可以从零售商那里买到仍然处于冻结状态的制品，在冻结状态下烹调或解冻后立即食用。如果消费者买来后立即食用的，就不需要再低温贮藏了。

在许多发展中国家，生产直接消费的鱼品目前也许尚不合适。这类鱼品需要有广泛的冷藏、运输网，这种俗称为“冷链”的设施目前尚未发展完善，因而难于付诸实用。

需进一步加工的冻鱼制品。生产这类制品有两个目的：

（1）鱼货可成批冻结，经贮藏后，解冻时可以如同刚捕获的未经冻结的鱼一样供作多种用途。

（2）大的冻鱼块，冷藏后不经解冻也可进一步加工成便于零售的包装品。

冻成大块的鱼制品可以不加工，如在接触式冻结器中把整条鱼冻结成的冻鱼块。冻鱼块每块可重达 50 公斤，一般是在冻结后进行包冰或用纸包裹，然后冷藏到需要加工前

为止。

在某些情况下，把鱼冻成大块，冷藏和最后解冻都是在同一个地方进行的。当渔汛期短，且由于加工需要而把鱼贮藏一个较长时期的经营方式是普遍的。大块冻结的鱼货也可在冻结状态下销售，这样就可以使鱼货销售到广大的国内市场，还可供应出口。这样销售时，就需要增加低温运输和更广泛的“冷链”设施。

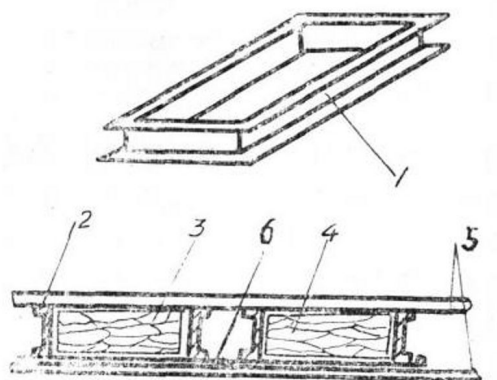


图3 在卧式平板冻结器加工冻鱼片块的包装与排列方式

- 1——金属框架 2——金属框架 3——包装物
4——鱼片 5——冻结器平板 6——金属盘

鱼也可以在冻结前进行去皮、去骨加工，做成鱼段，冻成鱼块，然后用以作“份头菜”（Portion），这里值得一提的一种特殊加工方法是生产鱼片冻块。鱼片冻块是一种形状规则的冻鱼肉块，它是把鱼片放在纸盒内，并用金属柜围挡，然后放入卧式平板冻结器内进行冻结（见图3），要特别小心地保证鱼块中没有空隙，因此需要熟练工人和专门技术。冻结后，冻成大块鱼片可以整批地冷藏。过些时候再把鱼块切割成不同形状的较小块段，作“份头菜”之用。

这些鱼条块可以包装起来直接出售，或者在条块表面裹以用面粉调制成的糊状物和面包粉，然后再放回冻结装置中，冻硬后再包装与冷藏。

冻鱼品的型式，以及某一个国家生产的冻鱼品型式，主要取决于“冷链”的发展程度和消费者的需求。在大多数发展中国家中，批量冻结开始发展起来了。这将使渔业适应季节性的变化，使鱼货能广泛地销售。随着渔业的发展和“冷链”的建成，以后还会出现别的冷冻鱼品。

二、冻结装置

目前，有许多不同种类的冻结装置可用于冻鱼，但冻结装置的用户往往不能肯定到底哪一种类型最适应他们的需要。

在选择一种冻结装置时，应首先考虑三方面因素：经济方面、装置的作用方面以及装置的适用性。

经济方面应考虑设备的投资和营运费用，以及因鱼品损坏与干耗可能遭到的损失，对昂贵的冻结装置，只有当证明其能获取特殊利益时才去购买它；若是得不偿失的，就不予考虑。

对冻结装置的作用方面，要考虑所需的冻结装置是为连续运转的还是按批量运转

的，并且也要考虑这些冻结装置是否确实能冻结产品，例如卧式平板冻结机就不适宜冻结体型大的整条金枪鱼。

在适用性方面，要考虑装置是否可以在工厂的所在地运行。譬如，液氮冻结装置，能适用于冻结各种产品，因此，即使成本很高，也是可行的。然而，如果工厂的所在地不能保证液氮的供应，那么就不应该选用液氮冻结装置。

基于上述理由，在最后决定采用哪种冻结方式之前，会把若干冻结装置排除在外，但是冻结装置的用户仍有很多选择的余地。最终选择哪一种冻结方式，将由具体条件决定。

为了指导读者选择和使用冻结装置，对目前可采用的各种冻鱼装置分别介绍如下。

1. 冻结装置的种类

冻鱼的基本方法有三种：

(i) 将一股连续不断的冷空气吹过鱼体——吹风式冻结装置。

(ii) 鱼体与冷却的表面直接接触——接触式或平板冻结装置。

(iii) 在冷却的液体中浸渍或用冷却的液体喷淋——浸渍或喷淋冻结装置。

吹风式冻结装置。吹风式冻结装置的一个突出优点是它能冻结各种形状不规则的鱼品。每当有大量形状和大小不同的鱼品需要进行冻结时，最好选择吹风式冻结装置。然而，正因为这种装置具有广泛的适应性，购买者常常很难精确地说明他所买的冻结装置是希望冻结什么东西用的。并且一旦设备安装好之后，很容易在不恰当和效力低的情况下使用。

在介绍各类吹风冻结装置之前，有必要对吹风式冻结装置的设计和操作方面的某些基本原理加以论述。

吹风式冻结装置的设计。商业制冷上用得最普遍的一种方法是利用空气把正在冻结产品的热量由制冷装置带走。如单靠空气自然对流，则传热速度太慢，所以采用风机进行强制对流。为了使鱼品在适当的时间内冻结好，气流速度应相当高。而且，为了使整个冻结装置中的冻结速度均匀，要求气流流过每一条鱼或每一件包装品的速度基本相同。

从图 4 的分析表明：空气流速很低时，冻结时间则长。如以冻鱼片为例，在冷库里于相对静止的空气中冻结，其冻结时间为设计良好的吹风式冻结装置中的四倍。图 4 还表明，风速高，即风机的功率大时，虽继续增加风速，但冻结时间的变化甚微。已经发现每秒 5 米的设计风速，在放慢冻结速度和

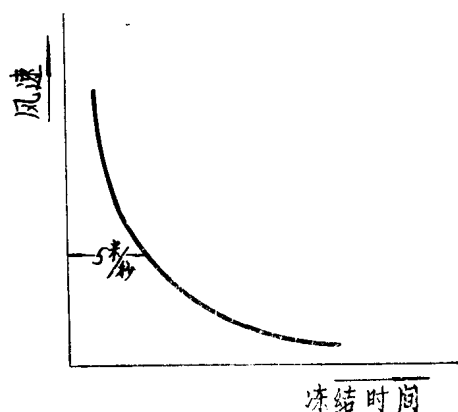


图 4 吹风冻结中冻结时间随风速而变化
5 米/秒为吹风冻结装置的最佳速度

采用代价高的风机之间要很好权衡。对大多数吹风冻结装置来说，建议采用 5 米/秒的风速。在连续吹风式冻结装置中，空气流速超过上述建议值，经济上是合算的。连续冻结装置本身的售价高，占地面积大。如果空气流速增加，而冻结时间缩短，对于一定的制冷能力来说，冻结装置可较小。冻结装置费用的节省，说明使用更高的空气流速是合理的。因此，对于连续式冻结装置，采用高达 10~15 米/秒的空气流速，经济上是合算的。

正在冻结的鱼品表面的空气流量是不能测定的。实际上，由于空气和鱼品表面之间的摩擦力，靠近鱼品表面的空气通常是停滞的，停滞的空气形成一个交界层，起阻止热传导的作用，其厚度取决于空气的流速、湍流的程度以及其他因素。因此，吹风式冻结装置中的空气流速，仅是正在冻结的鱼品与鱼品或包装品与包装品之间间隙的平均速度。如何计算空气平均速度，其简单例子示于图 5：

$$\begin{aligned} \text{隧道的断面积为} & 1.1 \times 1.0 = 1.1 \text{ 米}^2 \\ \text{鱼品和鱼车断面积 (阴影面积)} & 4.7 \text{ 米}^2 \\ \text{空气流量 (根据风机的转速} & 2.0 \text{ 米}^3/\text{秒} \\ \text{或在隧道开口部位测定) 为} & \\ \text{空气平均速度为} & \frac{2.0}{1.1 - 0.7} = 5 \text{ 米/秒} \end{aligned}$$

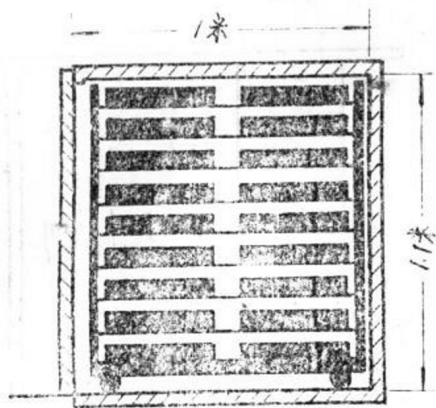


图5 吹风式冻结装置中空气平均速度的计算

在设计冻结装置时，必须考虑空气流速的另一个方面是空气流过鱼品时允许的温升。如果空气的温升太大，则放在上风向和下风向的鱼，其冻结时间就有差别。冻结时间之差可用第三章中所示的方法算出。如果冻结装置中的空气温升太小，则冻结装置的设计可能很差，要使用比实际需要更大功率的风机，以维持所建议的空气速度。换言之，循环的空气量过大。图6系设计得好的与差的冻结装置的例子，也说明了上述论点。

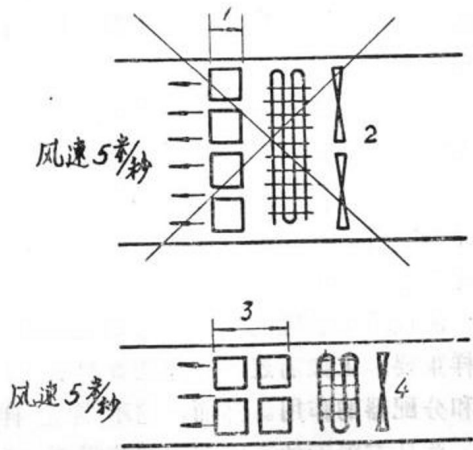


图6 不同装载方式对吹风式冻结装置风机要求的影响

- 1——温升1℃ 2——风机热负荷11000千卡/时
3——温升2℃ 4——风机热负荷7300千卡/时

甚至在设计得很好的吹风冻结装置中，风机的负荷量可占所需制冷量的25~30%；而设计得差的装置中，风机的负荷量甚至超过鱼品的负荷量。关于许可的空气温升，没

有确认的可推荐的数值。但是，空气的平均温升1℃~3℃是适当的，可以作为指南。该温升取决于热负荷，因此，在冻结装置开始运转时比结束时的温升高。所以，平均温升可以根据从鱼品中摄取的总热量和在冻结期间循环的空气重量计算出来。下面是作为说明的计算例子：

冻结鱼品的重量	100 公斤
摄取的热量	$90 \times 100 = 9000$ 千卡
冻结时间	2 小时
循环风量	150 米 ³ /分
空气密度	1.45 公斤/米 ³
冻结期间循环空气的重量	

$$150 \times 60 \times 2 \times 1.45 = 26100 \text{ 公斤}$$

$$\text{空气的比热} = 0.24$$

$$\text{平均空气温升} = \frac{9000}{26100 \times 0.24} = 1.44^\circ\text{C}$$

吹风式冻结装置的许多缺点都是由于对鱼品的空气流动量不足或不均匀所造成的。

必须使空气直接均匀地吹过鱼品，而不是仅仅吹入冻结装置空隙内，最好设法使空气吹至需要的部位。空气一般总是取阻力最

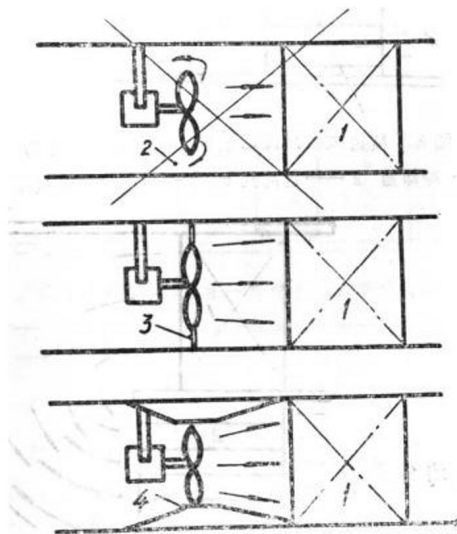


图7 隧道式吹风冻结装置的风机安装方式：不正确的与良好的

- 1——冷却器 2——再循环空气 3——有圆形孔板
4——与风机直径相适应的锥形风道

小的途径。吹风式冻结装置的许多缺点都是由于阻力小的通道引起的。它促使空气转变其可利用的作用——即从鱼品表面移走热量。

如果吹风式冻结装置的风机按图7所示正确地安装，则其工作效率就高。风机与座板之间的余隙应该只有几毫米。

如让自由选择，设计者应该把风机安装在冷却装置前面。冷却装置对空气流动造成相当大的阻力，这有助于使气流均一。离开轴流风机的空气也会形成涡流，冷却装置的翅片起到了整直气流的作用。

当空气在冻结装置中改变流向时，难以保持空气的均匀分布。因此，吹经鱼品的空气流量也会发生变化（图8）。可以使用叶片、挡板和强制通风室等方法来解决这个问题。在图9中，使用设计合适、间隔恰当的

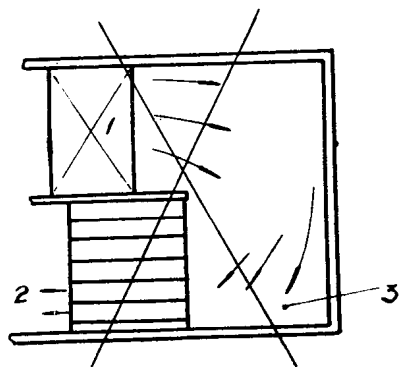


图8 隧道式吹风冻结装置中空气分布不均匀
1——冷却器 2——鱼品托架 3——气流只流过架底

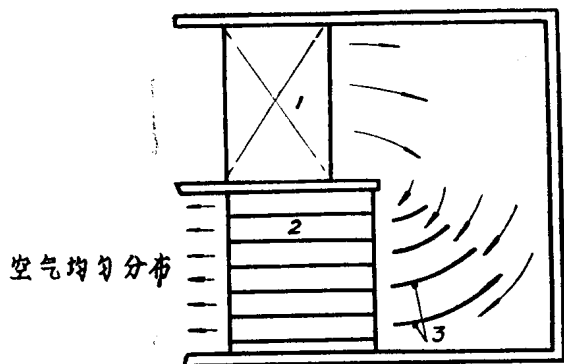


图9 隧道式吹风冻结装置中利用导向叶片使空气均匀分布
1——冷却器 2——鱼品托架 3——导向片

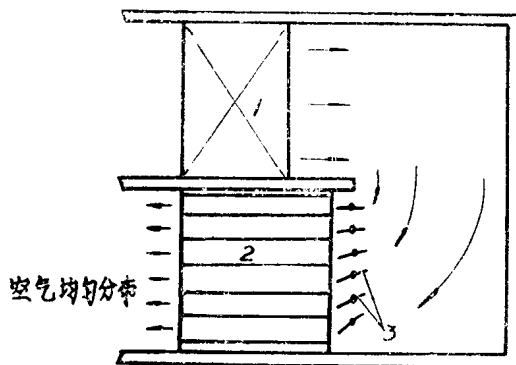


图10 在隧道式吹风冻结装置中利用可调节的导风板使空气均匀分布

1——冷却器 2——鱼品托架 3——可调节的导向板

变曲叶片使空气正确地分布；还可以用导风板使空气重新分布。导风板要有间隔的，致使通过断面的加压阻力造成均匀的气流（图10）。很难预示空气重新分布所需的确实型式。为弥补这个缺点，常常将导风板做成可调节的。这个方法增加整个装置的总阻力，因而，风机的功率较高，并增加了成本。但此法很简单，而且容许现场调整，因此，很值得重视。

调整空气流动的第三种方法是设一个强制通风室（图11），这样将减少空气高速流动的影响，而产生更为均匀的气流。如果鱼品对空气循环造成较大的阻力，那么这个系统可以工作得很好。

流过冷却装置的气流与流过鱼品的气流同样重要。正如前述，冷却装置起空气整直器和分配器的作用。然而，它不管怎样有效，总是有限度的。因此，往往需要一个以上的风机来保证流过冷却器表面的空气能均匀分布。

几乎所有的吹风式冻结装置都是用翅片管冷却装置。翅片大大增加了热交换的面积，翅片越密，表面积就越大，冷却装置就越小。冻结期间鱼体损失的水份以及渗入冷却器的空气中的水分最终成霜沉积在冷却装置的表

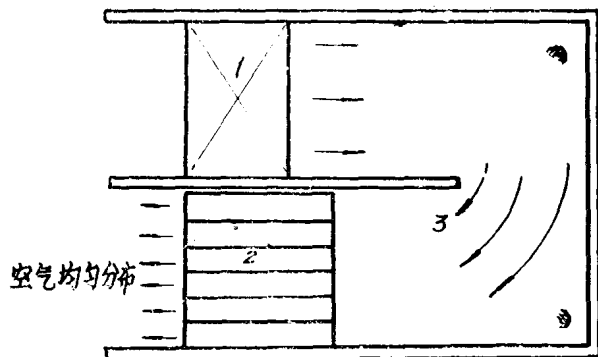


图11 在隧道式吹风冻结装置中利用强制通风室使空气均匀分布

- 1 —— 冷却器 2 —— 鱼品托架
3 —— 大型强制通风间使空气流动均匀

面上。如果翅片之间的间隙积满霜，则会减少有效的冷却表面积，冻结装置的温度就会升高，对流过冷却器的气流也产生较大阻力，空气流动的阻力也会较大，空气的流速可能降低。

从鱼体中失去的大部分水份是在冻结初期失去的，这就意味着冷却器的某些部位结霜的程度比其它部位严重。在运转前必须进行冲霜，这将有效地缩短运转周期。在冷却器上的霜多数是在冷却器前面的上风盘管上，因此，前部面积较大的冷却器就可以在冲霜前运转较长的时间。在可能很快积霜的地方，应该加大翅片的间隙。

设计良好的冻结装置，至少运转8小时后才冲霜；但设计差的冻结装置，每隔2小时就要冲霜一次。

吹风式冻结装置的类型。间歇或连续式吹风冻结装置都有多种不同的设计。下面对常用的多种类型吹风冻结装置分别作详细介绍，并将它们对各种鱼的适用性和加工方法及装置的局限性加以评述。

可以把鱼放在手推车或吊车上，也可以把鱼放在连续移动的皮带或传送带上，使之通过冻结装置。

使用手推车或吊车时，车子在冻结装置的一端装入，沿着冻结装置逐渐前进，随之装入另外的车子。冻结装置中一旦装满了鱼车，在装新车子之前，应把冻结装置出口处的一辆鱼车推走。这种间歇—连续式冻结操作，必须始终使最冷的空气流过最冷的车。否则，在装新车子时，冻好的鱼就会再次受热。因此在图12中，在冻结区内手推车的移动方向与空气的流动方向相反。这种冻结装置的一个缺点是：当冻结装置放满车子时，整排的车子必须一次移开，这样操作，在很低的温度下特别感到困难，

因为手推车的车轮需要特殊的轴承和润滑剂，而且也难以保持手推车上不结霜或冰。为了克服这些困难，把吊车挂在架空的轨道上，但是设备较笨重，且仍然不易操作。

为了避免在冻结装置内移动手推车，可将间歇—连续式冻结装置设计成横向吹风布置，这样，如图13所示，可以从冻结装置的一侧装卸鱼货。

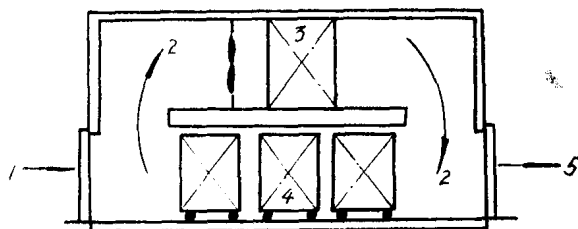


图12 空气逆流循环的批量—连续吹风气式冻结装置

- 1 —— 产品由此进 2 —— 气流 3 —— 冷却器
4 —— 手推车 5 —— 产品由此出

同样，在这种冻结装置中，一旦装满了鱼货，在增加一辆新车子之前，需把已装入的车子取出一辆。记载冻结装置装货顺序的一个简单办法，是在每个进口的上面装备手拨动的定时盘，指示手推车或吊车卸出的时间。横向吹风方式使冷却器具有很大的前置面，结霜也会均匀些。

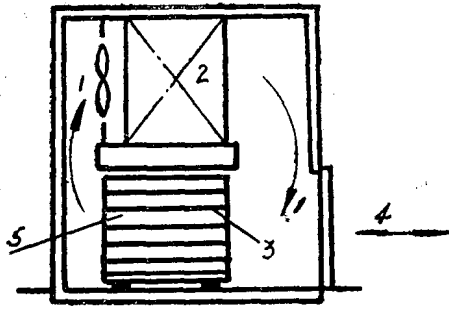


图13 横吹式批量—连续吹风冻结装置

- 1——气流 2——冷却器
3——鱼品托架 4——鱼品由此进出
5——小车通过各个单独的门并排装入

采用皮带或传送带输送鱼品的连续式吹风冻结装置只适用于可以快速冻结的鱼品（图14），而不适宜于冻结时间超过30分钟鱼品。对冻结时间有所限制的原因是，如果冻结时间长，则冻结装置的长度太长，并显得笨重。冻结装置的大小取决于冻结时间、冻结量（公斤/时）以及鱼品在皮带上的装载密度。

下面举例说明其计算方法：

要求冻结量 2000 公斤/时

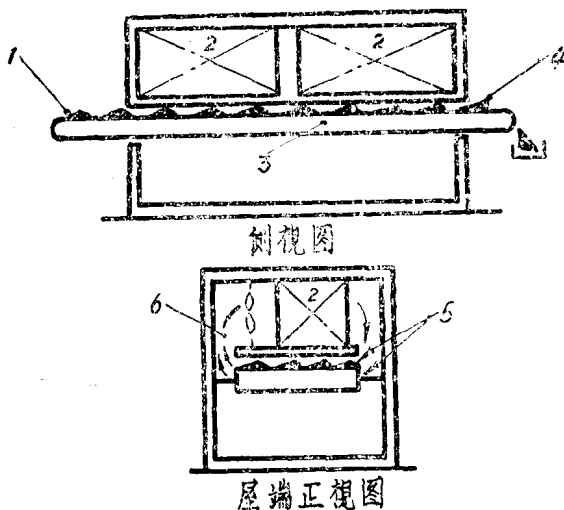


图14 用横向吹风、传送带传送的连续吹风式冻结装置（也有顺向吹风的冻结装置）

- 1——装入的鱼品 2——冷却器 3——输送带
4——冻鱼 5——输送带上下气流 6——气流

冻结时间 20 分钟

传送带上的负荷 $200 \times \frac{20}{60} = 66.6$ 公斤

传送带装载密度 3 公斤/米²

传送带宽度 1 米

传送带的单位长度负荷 $\frac{3}{1} = 3$ 公斤/米

传送带长度 $\frac{66.6}{3} = 22.2$ 米

在冻结场所以外，要有装卸鱼品的空地。上述冻结装置约长25米。

如果采用双层或三层传送带（图15），或者传送带以螺旋式安装（图16），那么，连续传送带式冻结装置所需的就可减少。

与网状传送带直接接触的鱼，当部分冻结时，不容易传送到另一条传送带上。因此，如果在冻结装置的设计中不增加某种构件，则双层或三层传送带的冻结装置只适用于某些鱼品，如涂有面粉等调制的面糊和面包屑的鱼段。以后介绍的半流化式冻结装置是专为这种冻结方法设计的。

螺旋状带式冻结装置有各种不同的设计，广泛用于单体快速冻结鱼品。然而，在其使用中遇到了一些困难。冻结前过多的水滴从鱼品滴到传送带上，结果在链环之间结成冰，当传送带绕着螺旋线弯曲时，相当大的应变增加到链环上去。再者，由于传送带的弯曲，带上冻鱼也会起皱纹。

通常，连续传送带冻结装置的本身，也有其特殊问题。传送带应是挠性的，容易清洗，抗腐蚀，使用时可与食品直接接触，既不过分干扰冻结时间，又不有害地影响产品质量，所以主要采用不锈钢（网）状带或链带。但它们也有某些缺点，除了设备费用昂贵外，不锈钢网（状）带和链带会影响鱼品的外形。如果将鱼品直接放在传送带上，则外形带皱纹或锯齿状的冻品是不受人欢迎的，而且在冻结后从网目张开的输送带上取走鱼品

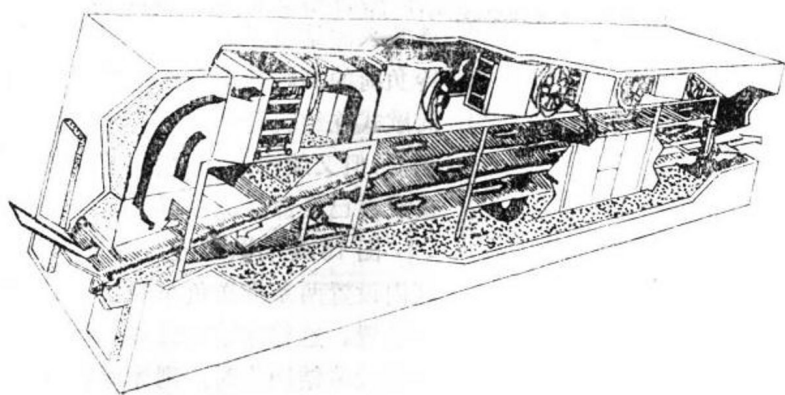


图15 三层传送带的吹风冻结装置

也较困难，还会由于轻微的物理损伤而损失一些重量。带皮的鱼片通常很容易取下，而去皮鱼片和鱼段往往粘在传送带上，可能造成过多的重量损失。

有些连续冻结装置使用联锁链形式的塑料传送带。这种传送带，由于其网目张开，冻结时间仅增加10%左右。如果塑料传送带仅用在冻结装置的开头部分，则使鱼表面冻硬后传送到不锈钢传送带上。这样，冻结装置内就有两条传送带运转。塑料传送带上有相当大的网目，不适于冻结小型鱼品，并且鱼品表面有不受欢迎的锯齿形。对于连续带式冻结装置，尽管为它配备理想的输送带方面会经常出现一些小困难，但很多带式冻结装置已成功地用于冻结各种鱼品。

连续传送带冻结装置的结构，其空气的

循环方式可以做成错流式或串流式。在串流式的布置中，其气流方向必须使最冷的空气与最冷的鱼体相遇。在设计这种冻结装置时，在皮带的进口与出口处，必须使空气的渗漏率达到最低程度。

在连续冻结装置中，对不同的鱼品没

有重新调整容积或空间的余地。但传送带速度通常是可变的，以适应不同产品的冻结时间。因此，连续冻结装置的冻结能力随冻结的鱼品及冻结时间而变化很大。表2是冻结装置的冻结能力表，此表是由某种连续冻结装置的厂商提供的。它明显地表明，冻结能力根据被冻鱼品的种类而变化范围很大。

表2 连续冻结装置的冻结能力变化

鱼 品	鱼品厚度(毫米)	冻结能力(公斤/时)
半鳃鱼鱼片	10	100
鲜 鱼 片	18	85
整 虾	9	55
虾 肉	8	150

当使用连续吹风式冻结装置时，另一个要考虑的是冻结装置是否连续地使用。让一台连续冻结装置在不满载的情况下运转，则会增加每公斤被冻鱼品的冻结费用。

间歇式吹风冻结装置。这种冻结装置可用托盘、吊车或搁架等装载鱼品。冻结装置内装满鱼盘，冻结完毕后，将鱼盘出空，然后再装满进行下一批鱼货的冻结。它与连续式或间歇—连续式冻结装置比较，除了操作方式不同外，其制冷负荷的波动较大(图17)。

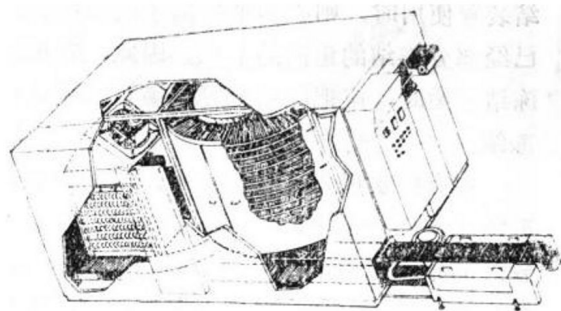


图16 传送带以螺旋形运转的连续吹风冻结装置

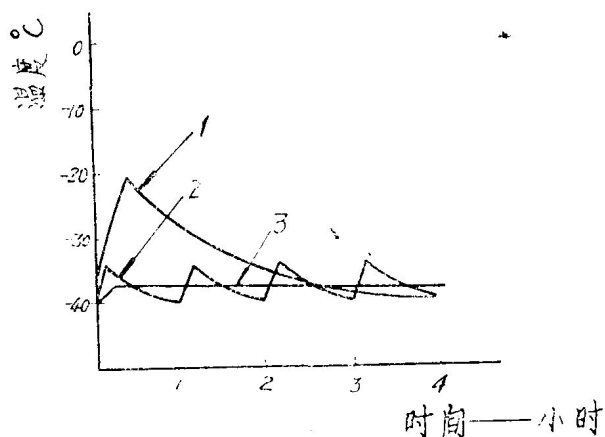


图17 不同类型吹风冻结装置的操作温度

- 1——间歇冻结装置——初温高
- 2——间歇—连续冻结装置温度峰值
- 3——连续冻结装置——负荷稳定

制冷负荷波动大，就要求制冷系统有特殊的控制装置，以适应负荷的变化。为此，可用容量控制或采用多套机组或者请熟练的技工对这种冻结装置进行人工控制，使之与波动的负荷协调。有些制冷系统能较好地适应制冷负荷的变化，另一些制冷系统则差一些。

在鱼类加工方面，一般很少能把所有的鱼同时装到间歇式冻结装置中进行冻结。因

此，若每辆鱼车或托盘装上鱼货后，就装入冻结装置内进行冻结，那么制冷负荷的高峰就会大大地降低，这样，间歇式冻结就与间歇—连续冻结操作相似；但又须注意，不能把体温较高的鱼放在已经部分冻结好的鱼品上风。

图18是间歇式隧道冻结装置，其内设置两条推送鱼车的轨道穿过整个装置。这种冻结装置如果采用间歇—连续冻结操作时，则体温较高的鱼货就要放在已经部分冻结的鱼品上风。因此，这种冻结装置只能一次把鱼货装满后，作为间歇冻结装置使用。另一种间歇冻结装置如图19所示。

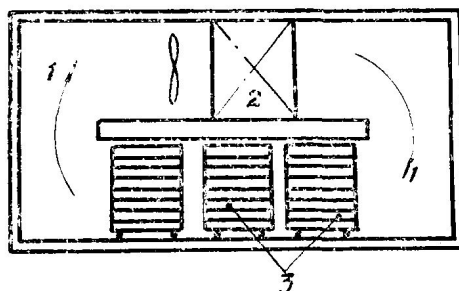


图19 侧面装鱼货的间歇式吹风冻结装置

- 1——气流
- 2——冷却器
- 3——从冻结装置侧面装货的鱼车

这种冻结装置，冻鱼车是从侧面推进去的。空气横向流过三个排成一线的冻结装置。如果把这种冻结装置作为间歇—连续冻结装置使用时，则必须把体温较高的鱼放在已经部分冻结的鱼品的上风。因此，在每次冻结开始时，应把冻结装置装满后才能进行冻结。

在有些吹风式冻结装置中，冷却盘管与冻结区在同一个平面上（图20）。这是一种较好的布置方式，因为冷却器可以起空气扩散器的作用，并使空气流过鱼货之前，空气一流出就马上均匀。

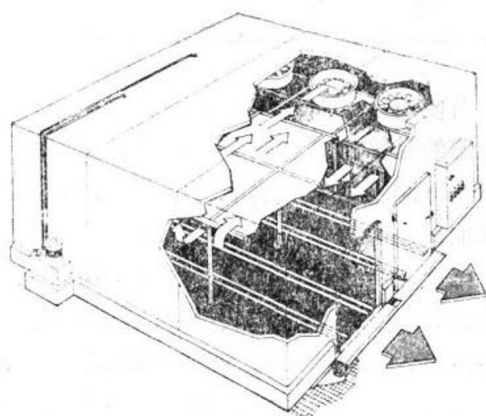


图18 工厂装配的吹风式冻结装置具有推两排小车的直通隧道