

编 号: 0122

内 部

科学技术成果报告

液氮快速冻结装置

科学技术文献出版社

科学技术成果报告

液氮快速冻结装置

(内部发行)

编辑者: 中国科学技术情报研究所

出版者: 科学技术文献出版社

印刷者: 中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 0.75印张 17千字

统一书号: 17176·170 定价: 0.15元

1979年4月出版 印数: 6500册

目 录

一、前言	(1)
二、原理及构造	(1)
三、技术数据及性能	(3)
四、液氮冷冻的特点	(3)
五、尚待进一步研究改进的有关问题	(9)

液氮快速冻结装置

商 业 部 设 计 院
北京市二商局机械厂
北京市食品公司西郊冷冻厂
北京市食品研究所

一、前 言

这是我国第一台液氮快速冻结装置。经有关单位鉴定,认为该装置在低温下各运动部件基本可靠,箱体隔热性能良好,冻结质量高,速度快,品种多,达到了设计要求。

该装置是根据食品冷冻工艺所需的预冷、冻结、均温三个过程进行设计。采用大气压力下沸腾温度为 -196°C 的液态氮为制冷工质,并根据不同品种、规格食品的冷冻工艺需要,实现连续快速冻结。最大冻结能力约为600公斤/小时,冻结时间可在4—120分钟范围内任意调节,总的电力消耗7.8千瓦。

二、原 理 及 构 造

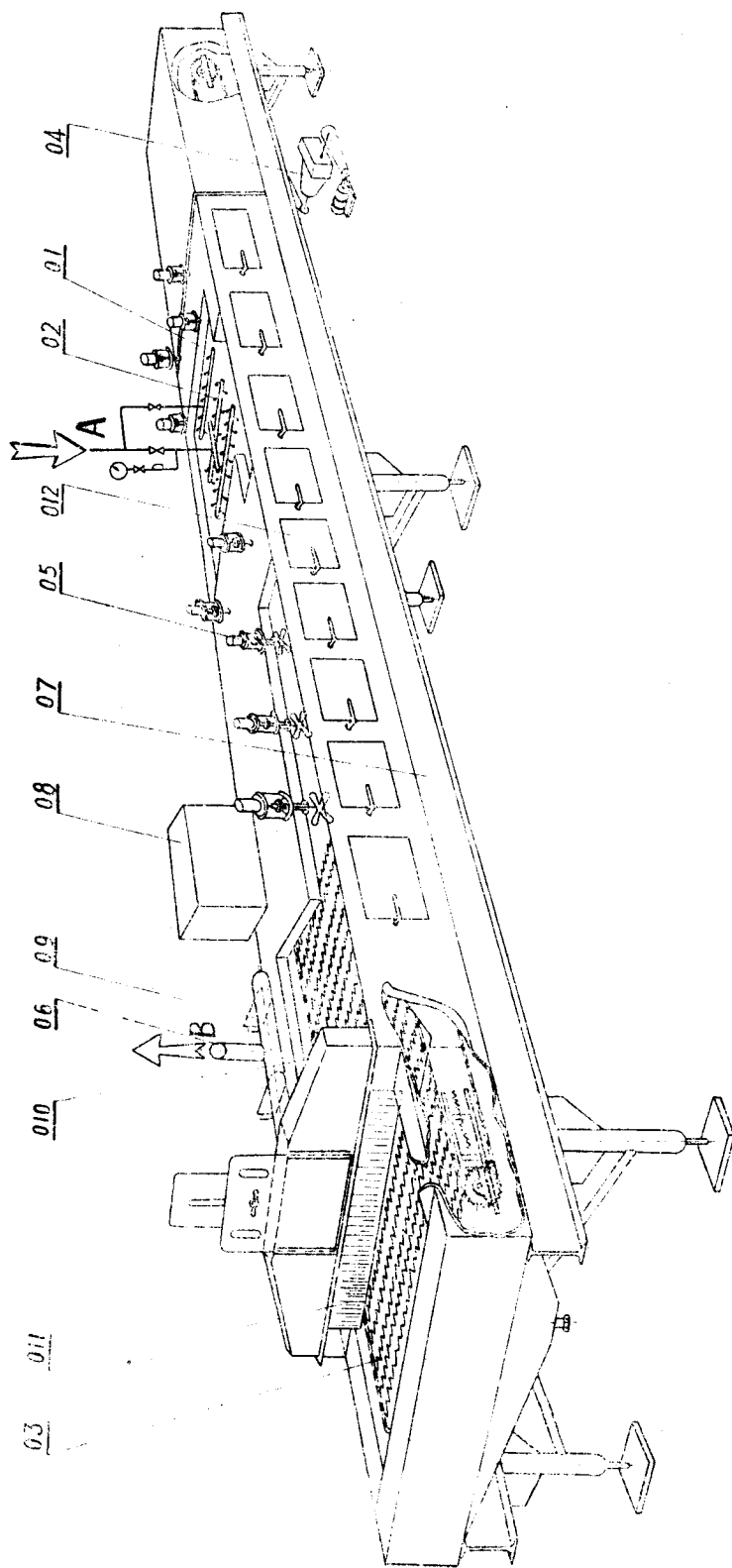
本冻结装置根据食品冷冻工艺所需的预冷、冻结、均温三个过程进行设计,由隔热隧道式箱体(01)、喷淋系统(02)、网格传送带(03)、可调减速器(04)、搅拌风机(05)、排气风机(06)、机架(07)、电器控制箱(08)等部件组成(图1)。采用大气压力下沸腾温度为 -196°C 的液态氮(以下简称液氮)为制冷工质,自贮罐内按预定的压力输送至喷嘴,在箱体内稳定地喷淋呈雾状,与置于网格传送带上的被冷冻食品直接接触,进行强烈的热交换,实现连续冷冻。

为了加快冷冻速度,紧固在箱体上方的搅拌风机将箱体内气体进行搅拌,强化热交换。排气风机的抽风使气流与食品移动方向成逆向流动,促使冷量充分利用,并对食品在冻结前进行预冷。可调减速器可在其调速范围内,任意调节网格传送带的速度,以适应不同品种和不同体积的食品所需不同冻结时间的要求(当然也可调整贮罐内压力来改变液氮的喷淋量,满足不同食品的冷冻工艺要求)。

为了盛接喷淋后残存的液氮和便于清洗箱体及传送带,在箱体内网格传送带下方备有长形浅槽。装置的出入处配有数层聚酰亚胺涤纶薄膜,以阻止冷气外流。

排气风机的风道上备有插板,可以调节被排冷气与普通空气的混合比例,以保证排气风机不致温度过低而结冰,影响风机的正常工作。

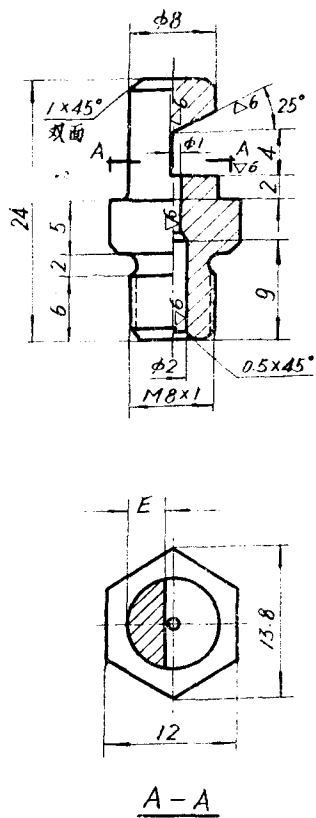
为了减少温度应力引起的挠曲变形,整个隧道式箱体由十节箱段串联而成,节间用硅胶密封条和粘接剂加以密封。箱体内外箱皮用不锈钢板制成,其间填充15厘米厚,导热系数为



图一1 液氮快速冻结装置

- | | | | |
|------|-----------|------|----------|
| 01—— | 隔热隧道不锈钢箱体 | 09—— | 插板式风门 |
| 02—— | 喷淋系统 | 10—— | 排风罩 |
| 03—— | 不锈钢网格传送带 | 11—— | 幕帘 |
| 04—— | 可调减速器 | 12—— | 隔热门 |
| A—— | 液氮进口管道 | | |
| | | 05—— | 搅拌风机 |
| | | 06—— | 排气风机 |
| | | 07—— | 机架 |
| | | 08—— | 电器控制箱 |
| | | B—— | 废氮气体排出管道 |

0.02千卡/米时℃的聚氨脂泡沫塑料隔热材料。为便于安装、维修及清洗，每节箱体侧面配有小门，并用硅胶密封条加以密封。



图—2 液氮喷嘴
技术要求

- 1、 $\phi_1 \phi_2$ 应求同心，偏差小于0.05，孔径误差实测；
- 2、M8×1 为二级精度螺纹；
- 3、“E” 尺寸视 ϕ_1 定铰至 ϕ_1 圆边；

类 别 孔 径	I _A	I _B	I _C	I _D	I _E
ϕ_1	1	1.2	1.4	1.6	2
ϕ_2	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0

与普通冷冻相比，具有速度快、质量好、干耗小、冻结品种多等优点，现分述如下：

1. 冻结速度快

在大气压力下，液氮的沸点为 -196°C ，比氨 (-33°C) 、氟里昂 $(-30\sim-40^{\circ}\text{C})$ 的沸点要低得多，当液氮在食品上喷淋时，以 200°C 以上的温差进行强烈的热交换，所以食品的冻结速度极快，每分钟能降温 $7\sim15^{\circ}\text{C}$ （普通冷冻每分钟降温 0.5°C ），约为普通冷冻的15~30倍。

*注：是指F—12、F—22等氟里昂

此外，在整个隧道式箱体内部和排风通道处配有铂电阻测温元件，可以根据需要的温度及时调整操作。

由 $\phi 3$ 毫米不锈钢丝编织的网格，用二条平行的环行不锈钢链条联接，组成网格传送带。并可利用食品入口端的螺旋张紧器对链条的松紧进行调整，防止传送带链条因温度变化发生卡住和冷脆等故障。

喷淋系统由喷淋集管和交叉布置的喷嘴组成。

液氮喷嘴见图—2，液氮快速冻结装置外形见图—3A。

三、技术数据及性能

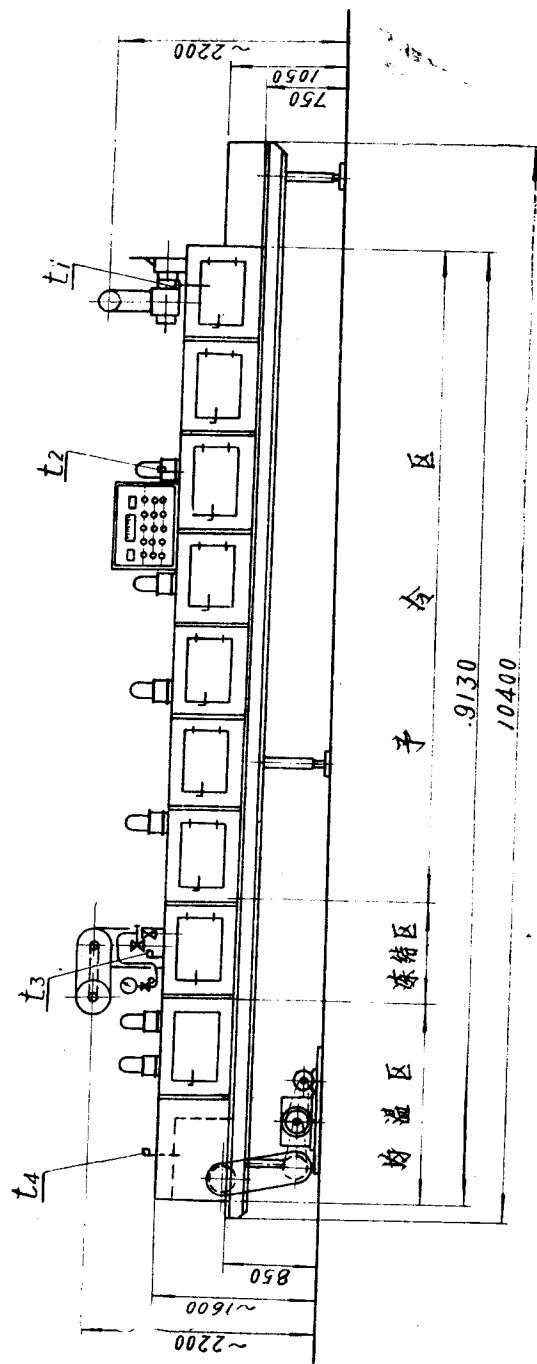
1. 技术数据（见6页表）

2. 箱体降温特性

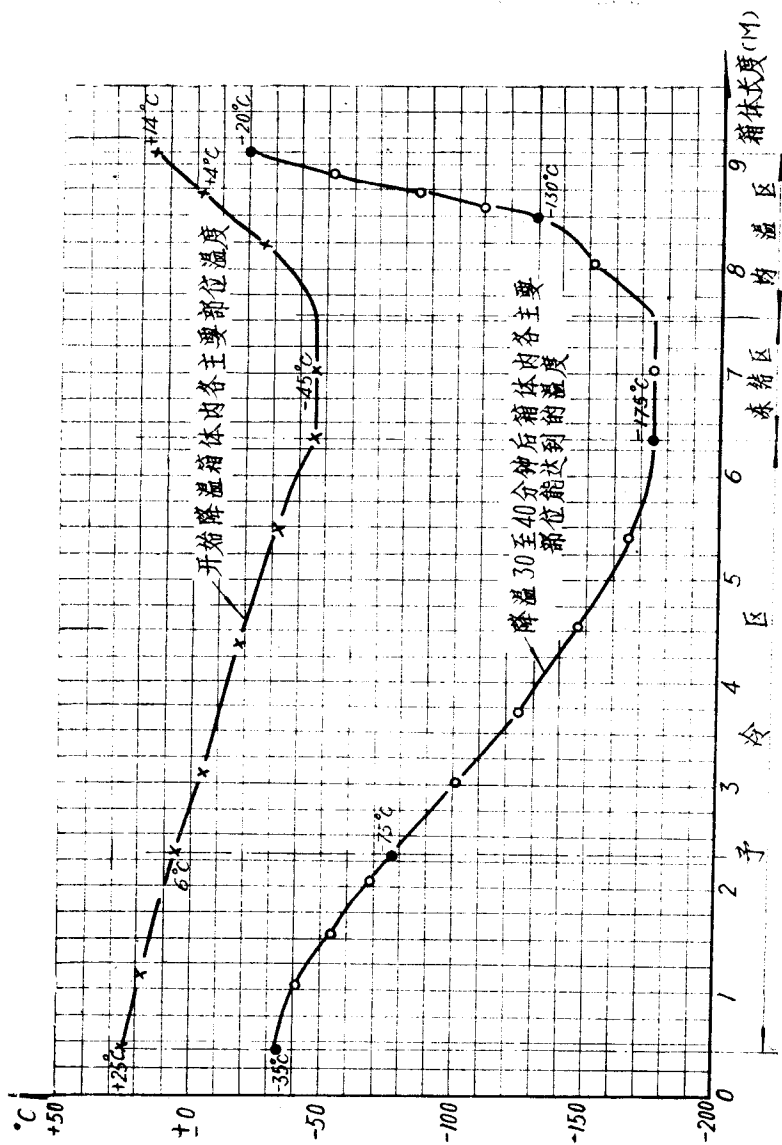
整个箱体划分为预冷区、冻结区、均温区。从图—3可见箱体各主要部位的降温情况。

四、液氮冷冻的特点

用液氮作为冷媒冻结食品，



图—3 A液氮快速冻结装置外形示意



图—3 B箱体降温特性

序号	项	目	单	位	数	值	备	注
1	冻结能力		公斤/小时		600			
2	装置尺寸	长 宽 高 食品入口高度 箱体长 箱体有效利用高度	米 米 米 米 米 米		10.40 1.56 1.60 1.05 9.13 0.25			
3	食品通过隧道式箱体时间		分		4~120		(空转3—160)	
4	网格传送带速度		米/分		2.28~0.076		(空转3.04~0.057)	
5	可调减速器	减速比 调速比 电机功率			1:100 1:6 3			
6	搅拌风机	数 量 电机功率	台 瓦		9 370			
7	排风机	风 量 风 压 电机功率	米 ³ /时 公斤/米 ² 千瓦		1980 80 1.5			
8	铂电阻温度计	数 量 测温范围	只 ℃		5 -200—+50℃			
9	喷 嘴	直 径 数 量	毫米 只		1.2 24			
10	电力总消耗		千瓦		7.83			

现将本装置对多次不同食品的冻结试验测定结果列表于下:

序号	品 种	规 格	冻结前初温 (℃)	箱体冻结区温度 (℃)	进出箱体 时 间 (分)	中心部位终温 (℃)
1	分割兔	厚4~5厘米	+16	-120	24	-55
2	牛羊猪肉	厚5~6厘米	+17	-120	24	-40
3	肥猪肉	厚5~6厘米	+18	-120	24	-20
4	未开膛母鸡	2~2.5公斤	+20	-120~-130	30~35	-20
5	未开膛公鸡	1~1.5公斤	+20	-120~-130	25	-20
6	开膛整体兔	厚6~7厘米	+21	-110~-120	20	-47
7	未开膛填鸭	2.5~3公斤	+18	-150~-160 -140~-150 -120~-130	40 50~60 80	-17* -18 -34

注: *为冻结物出箱后在箱外4分钟后中心部位的温度。

从以上试验可看出：上述各品种食品在本冻结装置中，仅需24~60分钟左右时间即可冻好，而在普通冷库冻结间一般约需12~20小时左右。目前国内用氨、氟为工质的快速冻结装置最快也需12小时左右才可将食品中心部位降温至 -20°C 。新鲜不开膛填鸭用普通冷冻进行冻结需48小时左右，而用液氮冷冻仅需50~60分钟。据反映，用液氮冷冻后再加工成烤鸭，质量与新鲜烤制的没有多大差别。

2. 可保持新鲜食品的质量

衡量冷冻食品质量好坏的重要标志是看其在解冻后能否保持食品冻结前原有的新鲜状态及色、香、味。

冷冻食品与新鲜食品之不同点在于冷冻食品中的水分在冻结过程中结成冰晶体。在冰晶形成过程中，食品内部机理变化越小，则被冷冻食品解冻后就越能接近新鲜食品的质量。动植物食品的组织是由细胞构成的，细胞间隙处主要是自由水，细胞内则为胶体结合水。在冷冻过程中，细胞间隙中的水分首先开始冻结，形成冰晶体。这时，由于细胞内外汁液的浓度差以及细胞间隙中冰和细胞内水分表面蒸汽压差的关系，水即由细胞内部向外渗透，冻结速度越慢，细胞内水分渗透作用越强，细胞间隙中水分结成的冰晶体就越大。大的冰晶体对细胞膜有刺伤作用，故破坏作用也就越大。这样的食品在解冻后汁液流失就较多，因而不能恢复原有的新鲜状态。这就是普通冷冻食品不能保持新鲜食品原有质量的原因。而液氮冷冻的食品，由于温差大，热交换强烈，降温速度快、细胞内和细胞间隙中的水分就能同时结成较均匀的细小冰晶体（见图—4A）。这种小的冰晶体对细胞几乎没有破坏作用，在食品解冻后，不会发生汁液的大量流失，因而能保持原有的新鲜状态。

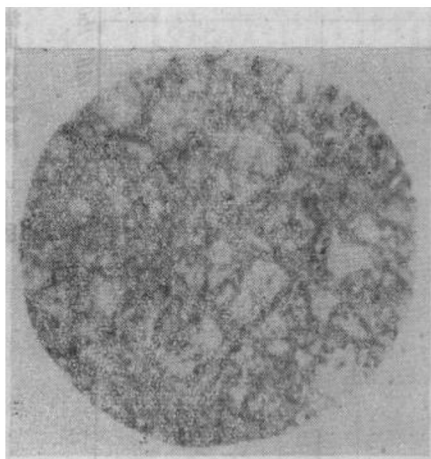


图4—A
液氮冷冻鸡冰晶切片

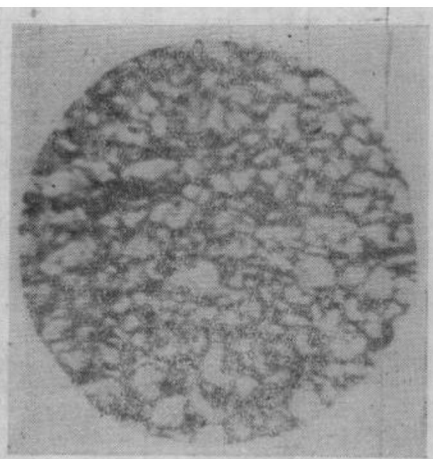
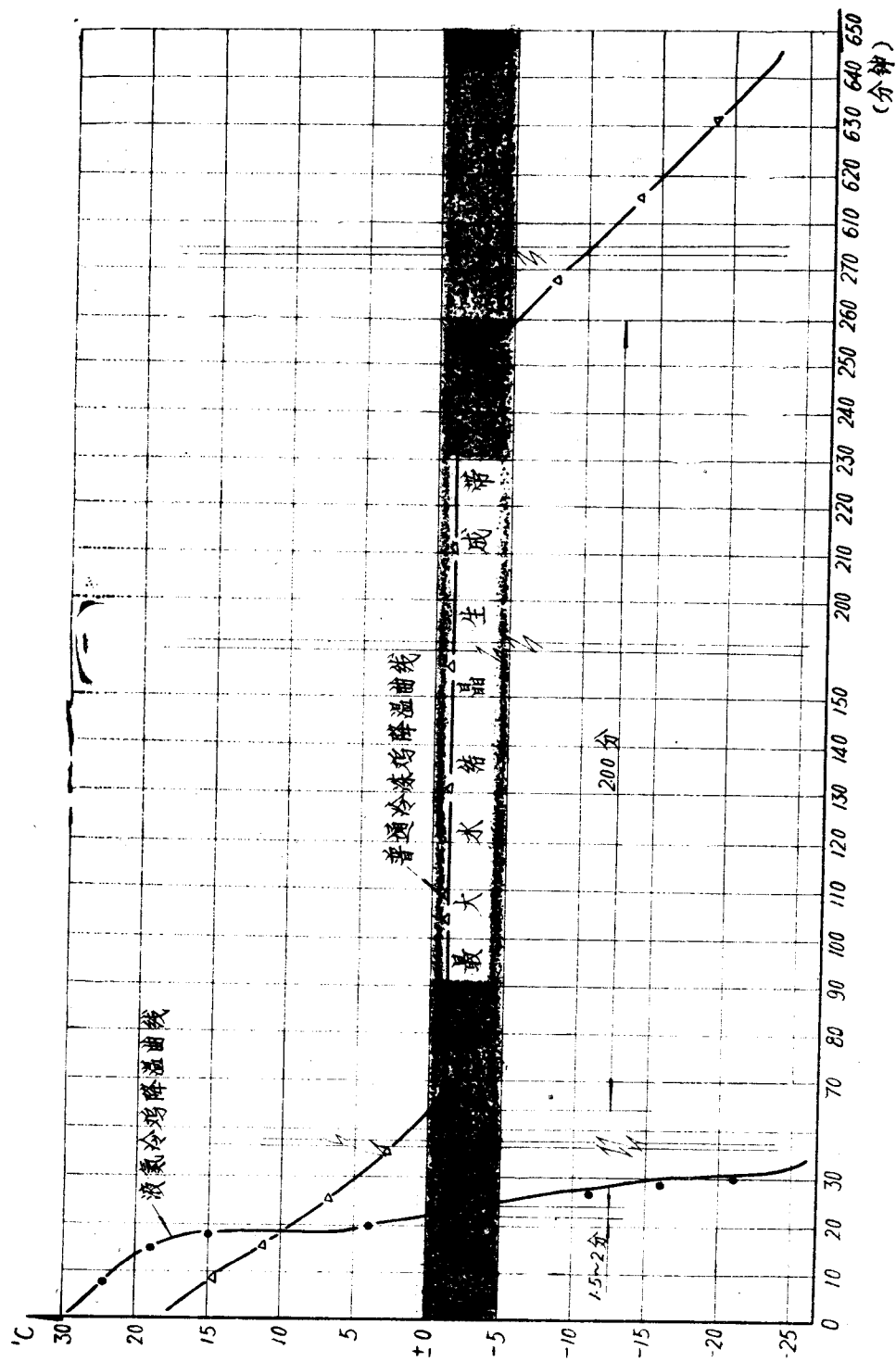


图4—B
普通冷冻鸡冰晶切片

此外，食品在冻结过程中，其水分在 $0^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$ 时大部分都结成冰晶体，称之为最大冰结晶生成带。冻结速度越快，食品内冰晶体越细，通过最大冰结晶生成带时间越短，冻结质量越高。故在一般食品冻结工艺上除以切片图象表示冰晶大小来衡量质量高低外，亦可用冻结曲线中最大冰结晶生成带的大小来衡量质量的高低。下面列出液氮冷冻时鸡、鸭、兔的降温冷冻曲线及普通冷冻时食品的降温冷冻曲线，以供对照参考。



图—5 液氮冷冻与普通冷冻降温曲线比较

从以上切片图象 4A、4B 及降温冷冻曲线, 可明显地看出, 采用液氮冷冻, 食品的质量比普通冷冻似乎要好一些。从我们对新鲜的和普通冷库冷冻的以及对液氮冷冻的某些食品的多次感官和品尝鉴定, 认为肉类食品液氮冷冻比一般冷库冷冻的色泽、香味都好, 和新鲜食品差别不大。

3. 冻结品种多

液氮冷冻除了对肉、禽、蛋可以连续冻结外, 还可对经过加工、包装的小食品 (如: 包子、饺子、烧卖、春卷、冰淇淋等) 及目前普通冷冻很难冻好的蔬菜、浆果、带淀粉的食品 (如: 黄瓜、西红柿、柿子椒、青刀豆、蒜苗、鲜蘑菇、鲜荔枝等) 进行连续冻结。

4. 干损耗小

我们曾对鸡、鸭、兔, 在液氮冻结前后进行称重比较, 求得干耗值 (%) 如表:

品 种 \ 数 值 序 号	1	2	3	4	5
鸡	0.01	0.013	0.015	0.019	0.021
鸭	0.01	0.0104	0.0109	0.0121	0.021
兔	0.02	0.022	0.024	0.025	0.028

由上述测定可知, 液氮冷冻干损耗在 0.01~0.028% 之间, 而普通冷冻前后的干损耗约为 2~3%。可见, 液氮冷冻比普通冷冻干耗要小 70~300 倍。

5. 液氮喷淋食品进行冷冻时, 由于氮气是惰性气体, 因而可使食品在冷冻过程中, 不氧化, 油腻和变色。

6. 容易实现机械化、自动化流水作业, 改善工人低温操作条件, 减轻劳动强度。

五、尚待进一步研究改进的有关问题

1. 隔热材料导热性能问题

目前该装置采用的是比较先进的低导热系数的聚氨酯泡沫塑料, 导热系数为 0.02 大卡/米²时度, 泡沫层厚度为 15 厘米, 而日本同类材料的导热系数为 0.014 大卡/米²时度, 隔热层厚度为 7.5 厘米, 所以我们的箱体与日本同类箱体比较就显得笨重一些。为进一步提高技术性能指标, 改进现有材料以获得更小导热系数的材料是十分必要的。

2. 低温硅胶密封条的低温密封性能尚待改进

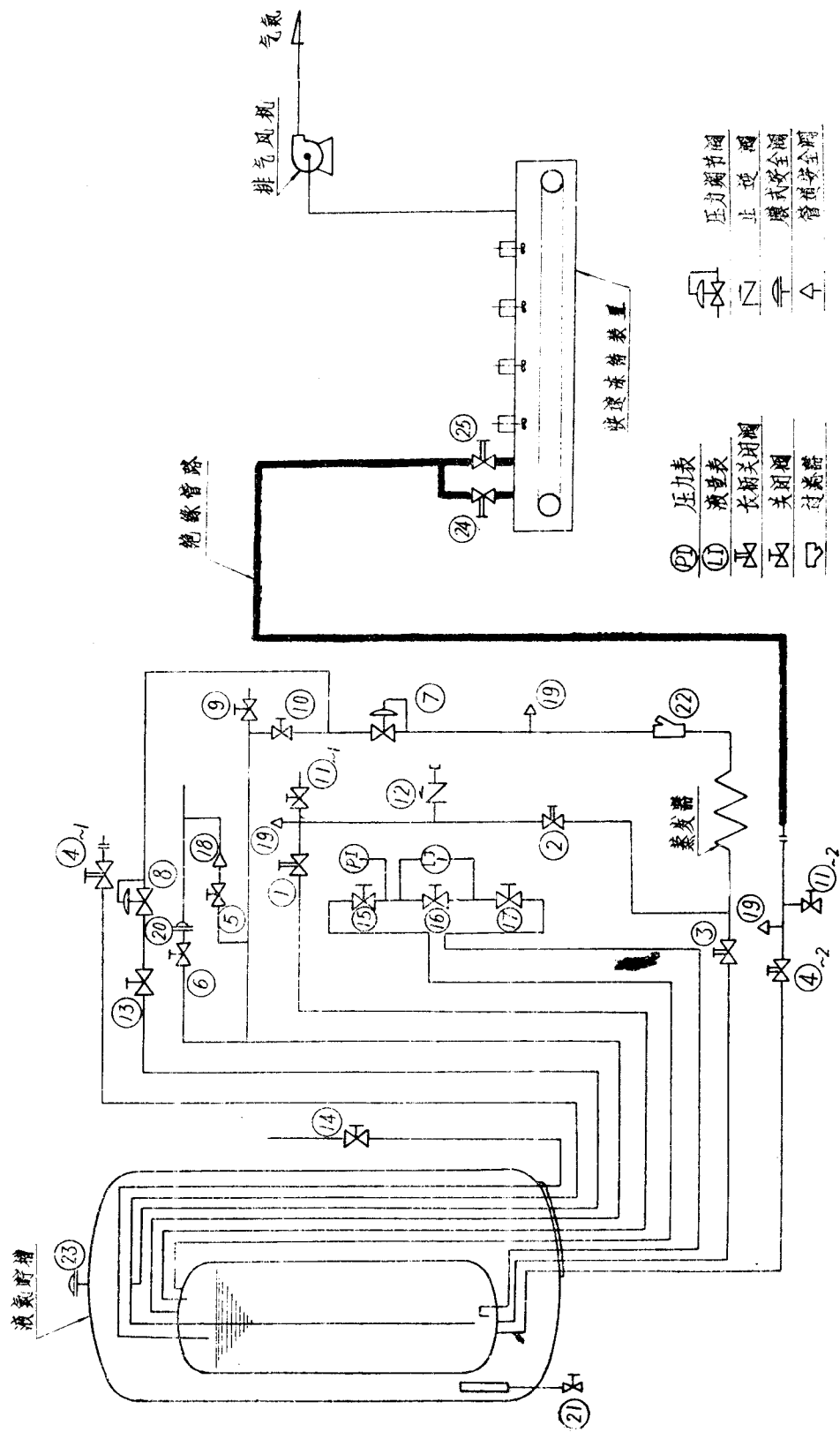
本装置隧道式箱体的门与箱体之间曾请有关单位试制低温密封材料, 试用中约在 -140~-160℃ 时, 密封条逐渐失去弹性而变硬, 有些地方跑冷, 建议进一步在这方面再做些试验研制工作。建议在箱体连接部分在硅橡胶密封条外包一层聚酰亚胺薄膜这将有助于提高密封条的抗冻性及弹性。

3. 搅拌风机以采用和内箱皮脱开的结构形式较好

这样的形式, 即使内箱皮受冷缩也不会对搅拌风机轴产生卡住轮轴等缺陷。

4. 为减少冷损耗, 箱体冷藏门可以减少一半, 即箱体两侧面交替设门即可。

5. 电器控制箱安放在箱体上, 位置太高操作不方便, 建议做成钢琴式落地电控箱。



图—6 液氮快速冻结装置工艺流程图

