

# 冷藏库制冷工艺设计

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

# 第一章 概述

食品冷藏链的组成

我国食品冷藏链概况

食品冷藏库

冷藏运输

冷藏柜和冰箱

获取更多资料  
微信：18811271127  
微博：18811271127  
领星球

# 食品冷藏链的组成

食品冷藏链(Cold Chain)是指易腐食品在生产、贮藏、运输、销售、直至消费前的各个环节中始终处于规定的低温环境下,以保证食品质量,减少食品损耗的一项系统工程。

## 田食品冷藏链的分类

1. 按食品从加工到消费所经过的时间顺序分类

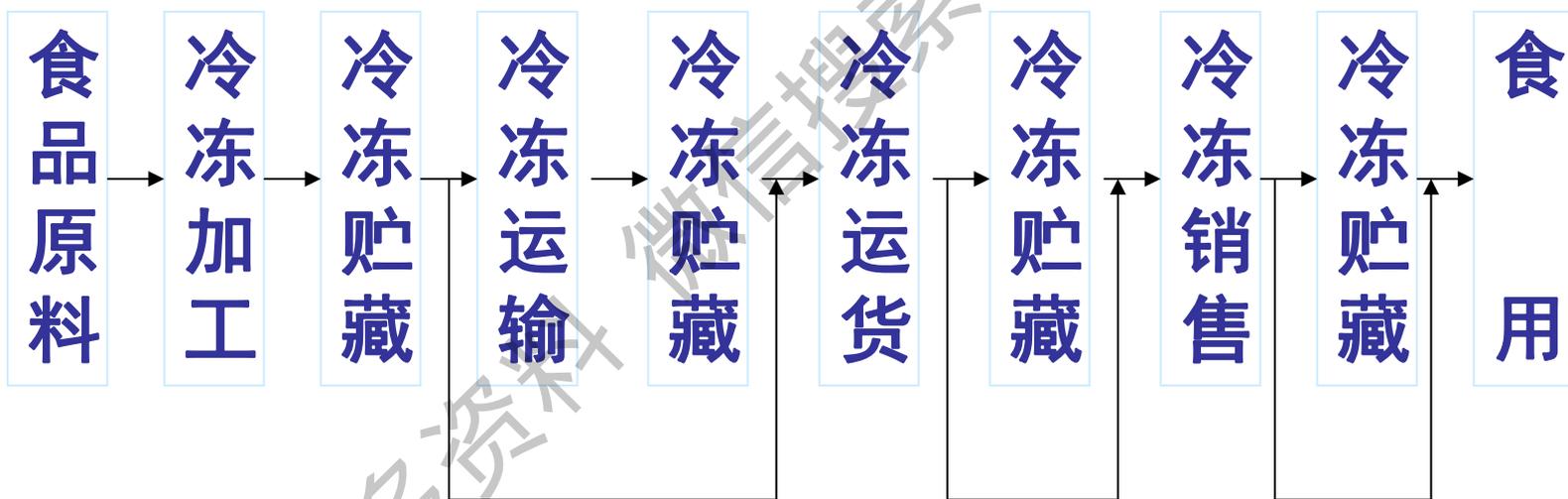
冷冻加工、冷冻贮藏、冷藏运输和冷冻销售四个方面构成。

2. 按冷藏链中各环节的装置分类

可分为固定的装置和流动的装置。

## 田食品冷藏链的结构

# 食品冷藏链的结构



获取更多资料

# 我国食品冷藏链概况

❄️ 食品的冷冻加工

❄️ 冷冻冷藏运输

❄️ 销售环节

# 食品冷藏库

- 概述
- 冷藏库的组成与布置
- 冷藏库的隔热与防潮
- 冷藏库容量的计算
- 冷藏库冷负荷的计算
- 冷负荷的估算方法
- 冷藏库库房的制冷工艺设计
- 装配式冷藏库

# 概 述

## ■ 冷藏库的类型

○ 按冷藏库容量分类

○ 按冷藏库设计温度分类：

高温  $> -2^{\circ}\text{C}$ ； 低温  $< -15^{\circ}\text{C}$

○ 按使用性质分类

(1) 生产性冷藏库

(2) 分配性冷藏库

(3) 零售性冷藏库

# 冷藏库的组成与布置

## 冷藏库的组成

冷藏库是一建筑群，主要由主体建筑和辅助建筑两大部分组成。按照构成建筑物的用途不同，主要分为冷加工间及冷藏间、生产辅助用房、生活辅助用房和生产附属用房四大部分。

# 冷加工间及冷藏间

- 冷却间
- 冻结间
- 冷却物冷藏间
- 冻结物冷藏间
- 冰库

附：冷间的使用温度和相对湿度

# 冷藏库的布置

## ✚ 冷藏库库房的平面布置

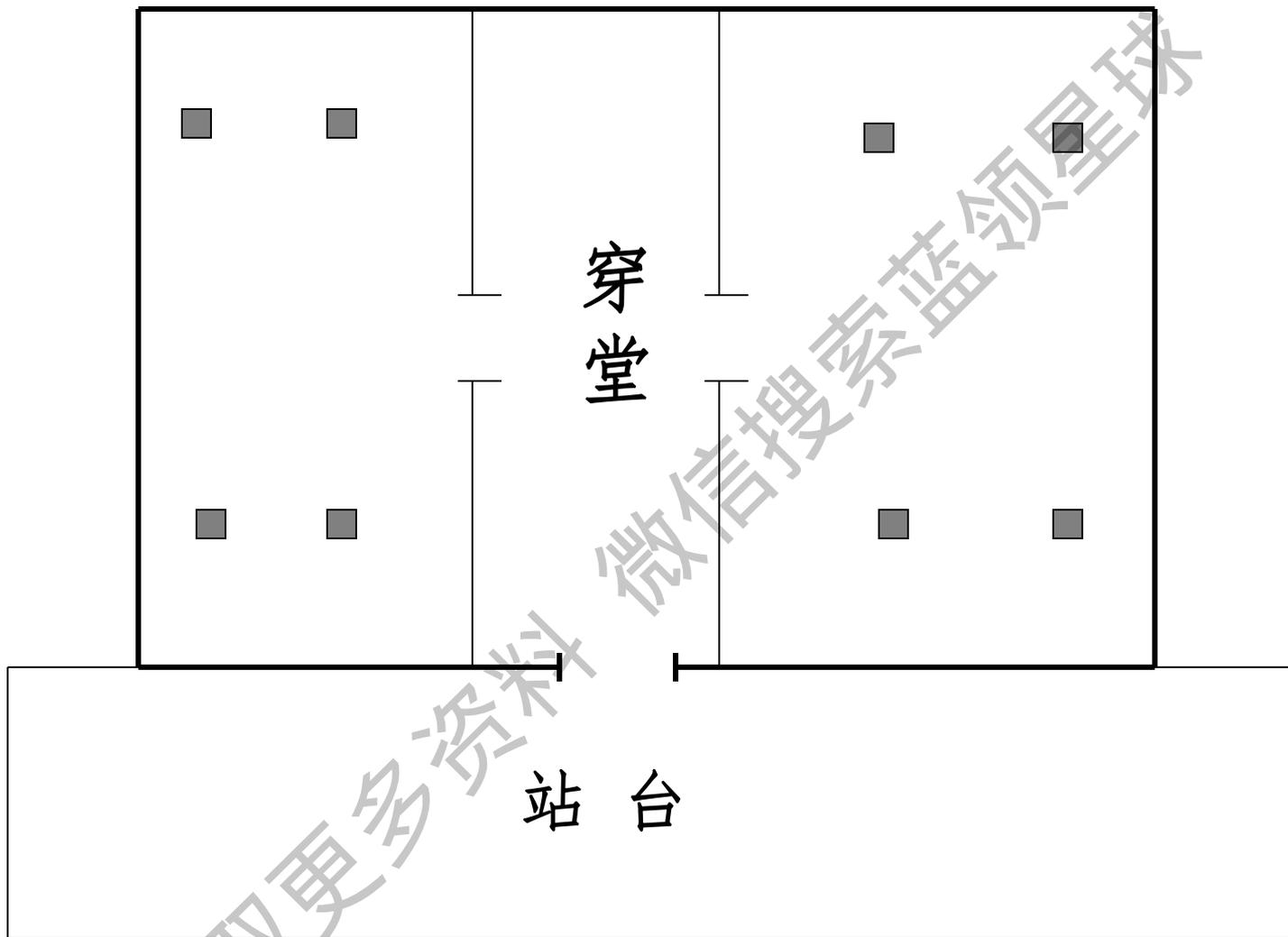
- 低温冷藏间和冻结间
- 冻结物冷藏间和冷却物冷藏间

## ✚ 冷藏库的垂直布置

- 单层冷藏库和多层冷藏库
- 小型冷藏库一般采用单层建筑，大、中型冷藏库则采用多层建筑。多层冷藏库的层数一般为4~6层

## ✚ 冷藏库的层高

单层冷藏库的净高一般为4.8~5m；多层冷藏库的冷藏间层高应 $\geq 4.8\text{m}$ 。



平面布置示意图

# 冷藏库的绝热和防潮

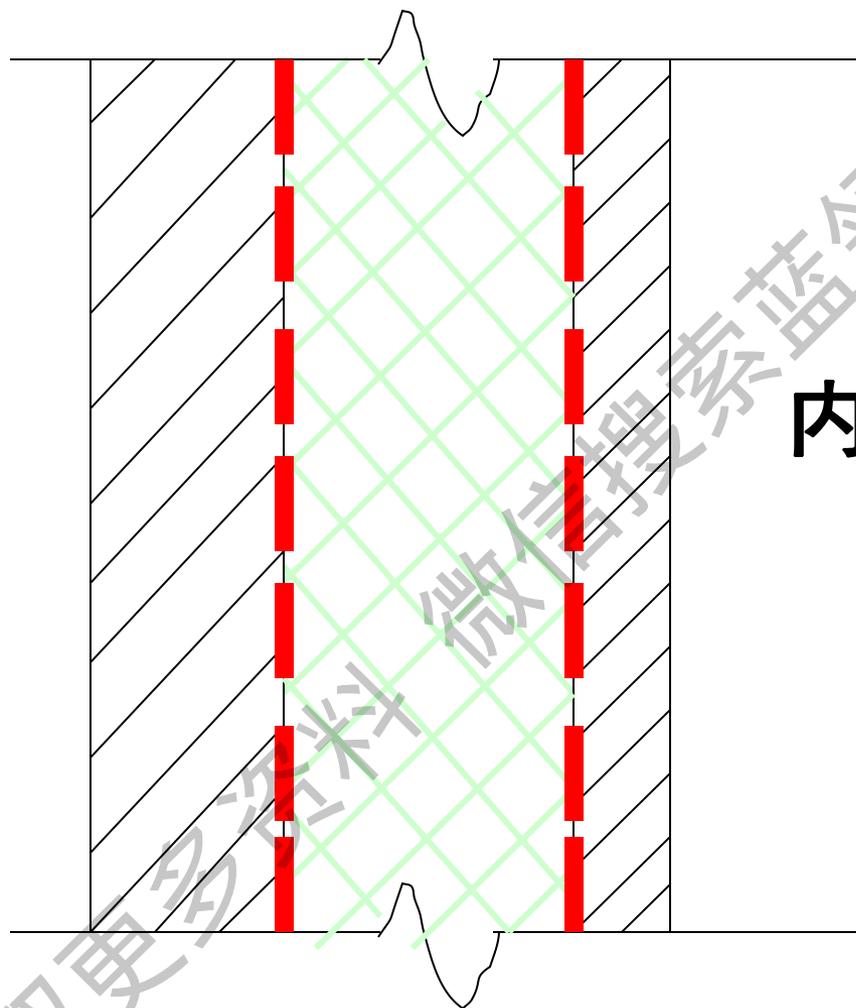
## ■ 冷库隔热防潮的意义

为了减少外界热量侵入冷藏库，保证库内温度均衡，减少冷量损失，冷藏库外围的建筑物必须敷设一定厚度的隔热材料。

## ■ 隔热防潮的方法

1. 合理布置围护结构的各层材料。
2. 合理布置隔汽层 (Vapor Barrier)。
3. 要保持隔汽层的完整性，处理好接头。
4. 做好相应的防水处理。

外



内

冷库一般维护结构的做法

# 常用的绝热材料与防潮材料

- 通常对低温绝热材料有以下要求：导热系数小；吸湿性和含湿量少；比重小，且含有均匀的微小气泡；不易腐烂变质；耐火性、耐冻性好；无臭、无毒；在一定的温度范围内具有良好的热稳定性；价格低廉，资源丰富。
- 常见低温隔热材料的物性

# 冷藏库容量计算

## □ 冷藏库生产能力

- 决定冷间容量的因素
- 冷却间、冻结间生产能力计算

(1) 设有吊轨的冷却间和冻结间

$$G = L \cdot g_L \cdot n$$

(2) 设有搁架的冷却间、冻结间

$$G = F \cdot g \cdot n$$

## • 冷藏库的贮藏吨位

$$G = \frac{\sum V_i \cdot \rho \cdot \eta}{1000} = \frac{V \cdot \rho \cdot \eta}{1000}$$

式中：G'——冷库贮藏吨位（t）

V——冷藏间、贮冰间的公称容积（t）

$\rho$ ——食品的计算密度（kg/m<sup>3</sup>）

$\eta$ ——冷藏间、贮冰间的容积利用系数

## 冷藏间、冻藏间容积利用系数

容积 /m <sup>3</sup>	容积利用系数 $\eta$
500 ~ 1000	0.40
1001 ~ 2000	0.50
2001 ~ 10000	0.55
10001 ~ 15000	0.60
> 15000	0.62

## 储冰间容积利用系数

储冰间净高/m	容积利用系数 $\eta$
$\leq 4.2$	0.40
4.21 ~ 5.00	0.50
5.01 ~ 6.00	0.60
> 6.00	0.65

# 冷藏库冷负荷计算

根据热量进入冷间的不同途径，可将耗冷量分为四个部分：通过围护结构散失的冷量；食品冷加工或冷藏的耗冷量；库房内通风、换气耗冷量；操作耗冷量，包括库内照明用电、电动机、操作设备（叉式堆垛机等），操作工人等所散发的热量以及开门损失。

# 1. 围护结构传热量 (The Wall Gain Load)

- 通过围护结构的传热量包括两部分：通过墙壁、楼板、屋顶及地坪的热量；太阳辐射引起的热量。因此

$$Q_1 = Q_q + Q_y$$

(1) 墙壁、楼板及屋顶的传热量

$$Q_q = A \cdot K (T_w - T_n) \cdot n$$

(2) 太阳辐射引起的耗冷量

$$Q_y = k \cdot F \cdot \Delta T_y$$

## 2. 货物热量 (The Product Load)

- $$Q_2 = \frac{G(h_1 - h_2)}{nz} + \frac{g(T_1 - T_2)C}{nz} + \frac{G(q_1 + q_2)}{2n}$$

获取更多资料

微信搜索蓝领星球

### 3. 库房内通风换气的热量 (Air Change Load)

$$Q_3 = V \cdot a \cdot \rho_a (h_w - h_n) / m + V_r \cdot n \cdot \rho_a (h_w - h_n)$$

获取更多资料

## 4. 操作热量

- $Q_4 = Q_{4a} + Q_{4b} + Q_{4c} + Q_{4d}$

(1) 照明热量  $Q_{4a} = q_a \cdot F$

(2) 电动机运转热量

- 电动机安装在库房内时

$$Q_{4b} = N$$

- 电动机设置在库房外面的高温、低温穿堂时

$$Q_{4b} = N \cdot \eta$$

## 4. 操作热量

### (3) 库门开启热量

$$Q_{4c} = q_m \cdot F$$

### (4) 操作人员热量

$$Q_{4d} = q_r \cdot n$$

# 第二章 冷库制冷系统方案设计

## 1. 制冷方案设计的意义和内容

方案设计是根据设计任务书上的要求提出的初步设想。所以确定制冷方案阶段是一个关键环节，如果确定的方案欠佳，不仅会给冷库建设造成不应有的经济损失，还会给冷库投产后的运行操作等留下难以克服的后患。在确定方案时，要通过分析对比，权衡利弊，选择出最佳设计方案。

- 制冷方案设计的内容主要包括：制冷剂的选择、压缩级数的确定、蒸发温度回路的划分、系统的供液方式和冷却方式以及蒸发器的冲霜方式等。

获取更多资料

微信搜索

## 2. 制冷工艺方案设计的基本原则

- 1) 要满足食品冷加工要求，降低食品的干耗，保证食品的质量。
- 2) 应尽量采用先进的制冷方法和制冷系统。
- 3) 既要考虑冷库的建设造价，又要考虑冷库运行管理费用，同时还要考虑技术经济发展的趋势。
- 4) 要充分利用制冷系统的各种能源，降低能耗，减少制冷成本。

# 制冷工艺设计的一般流程

## 1. 基础资料和设计依据

基础资料主要包括：项目的地理位置、使用功能以及当地的气候条件、能源价格、用户发展规划等。

设计依据主要是指：

- 1) 甲方提供的设计任务书。充分了解甲方委托设计的要求与任务。
- 2) 地质勘测部门提供的相关地质、水文资料与地质报告。
- 3) 制冷工艺设计应遵照执行的规范、规定和标准。

## 2.冷库库体的建筑设计

## 3.冷库冷库的耗冷量计算

## 4.制冷系统的设计

### 1) 制冷系统的选定

考虑到制冷系统所能达到的温度范围、制冷量的大小、当地能源供应条件、环境保护要求、对振动强度的要求、对噪声高低的要求以及制冷机的适用范围，方可选出合适的制冷系统。

2) 选择压缩机、冷凝器、膨胀阀、冷却设备以及各种辅件。

## 5. 制冷站站房的布置

## 6. 制冷管道的设计与敷设

载冷剂管道系统应当遵守的几项原则：

- 1) 必须使制冷系统的所有管道，做到工艺系统流程合理，操作、维修、管理方便，运行安全可靠，确保生产顺利进行。
- 2) 设备与设备、管道与设备、管道与管道之间，必须保持合理的位置关系。

- 3) 必须保证供给蒸发器适量的制冷剂，并且能够顺利地制冷系统内往复循环。
- 4) 管道的尺寸合理，不允许有过大的压力降产生，以防止系统的效率和制冷能力不必要的降低。
- 5) 根据制冷系统的不同特点和不同管段，必须设计有一定的坡度和坡向。
- 6) 输送液体的管段，除特殊要求外，不允许设计成倒“U”字形管段，以免形成气囊，阻碍流体的流通。

- 7) 输送气体的管段，除特殊要求外，不允许设计成倒“U”字形管段，一免形成液囊，阻碍流体的流通。
- 8) 必须防止润滑油积集在制冷系统的其它无关部位。
- 9) 制冷系统开始工作后，如遇有部分停机或全部停机时，必须防止液体进入压缩机。
- 10) 必须按照制冷系统所用的制冷剂的特点，选用管材、阀门和仪表等。

制冷系统的管道敷设分为3种方式：架空敷设、地沟敷设和埋地敷设（又称直埋敷设）

# 冷藏库库房的制冷工艺设计

## 一、冷却间

冷却间的温度一般采用 $0^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为90%

## 二、冻结间

冻结间温度采用 $-23\sim-30^{\circ}\text{C}$ ，空气流速采用 $2\sim 4\text{m/s}$

根据冻结方式的不同，冻结间可以分为以下几种不同的形式。

1. 空气自然对流冻结间
2. 强制空气循环冻结间
  - (1)纵向吹风冻结间
  - (2)横向吹风冻结间
  - (3)吊顶式冷风机冻结间
3. 搁架式冻结间

# 第三章 制冷技术基本原理

## □ 制冷的基本方法

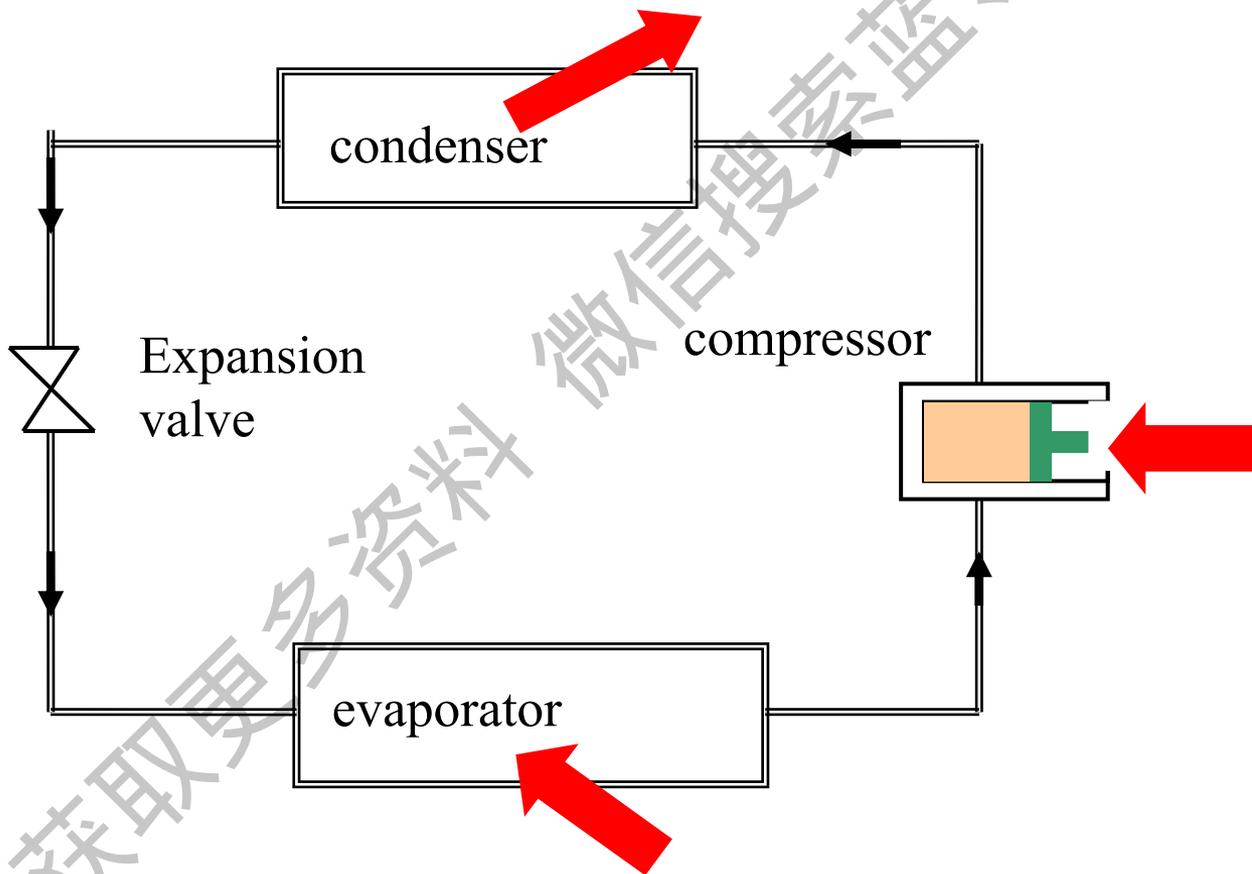
### 1 使制冷工质降温的方法：

绝热节流；绝热膨胀；半导体的热电效应；  
涡流管；绝热去磁； $\text{He}^3$ 稀释等

### 2 “吸热”的方式：以“潜热”或“显热”方式

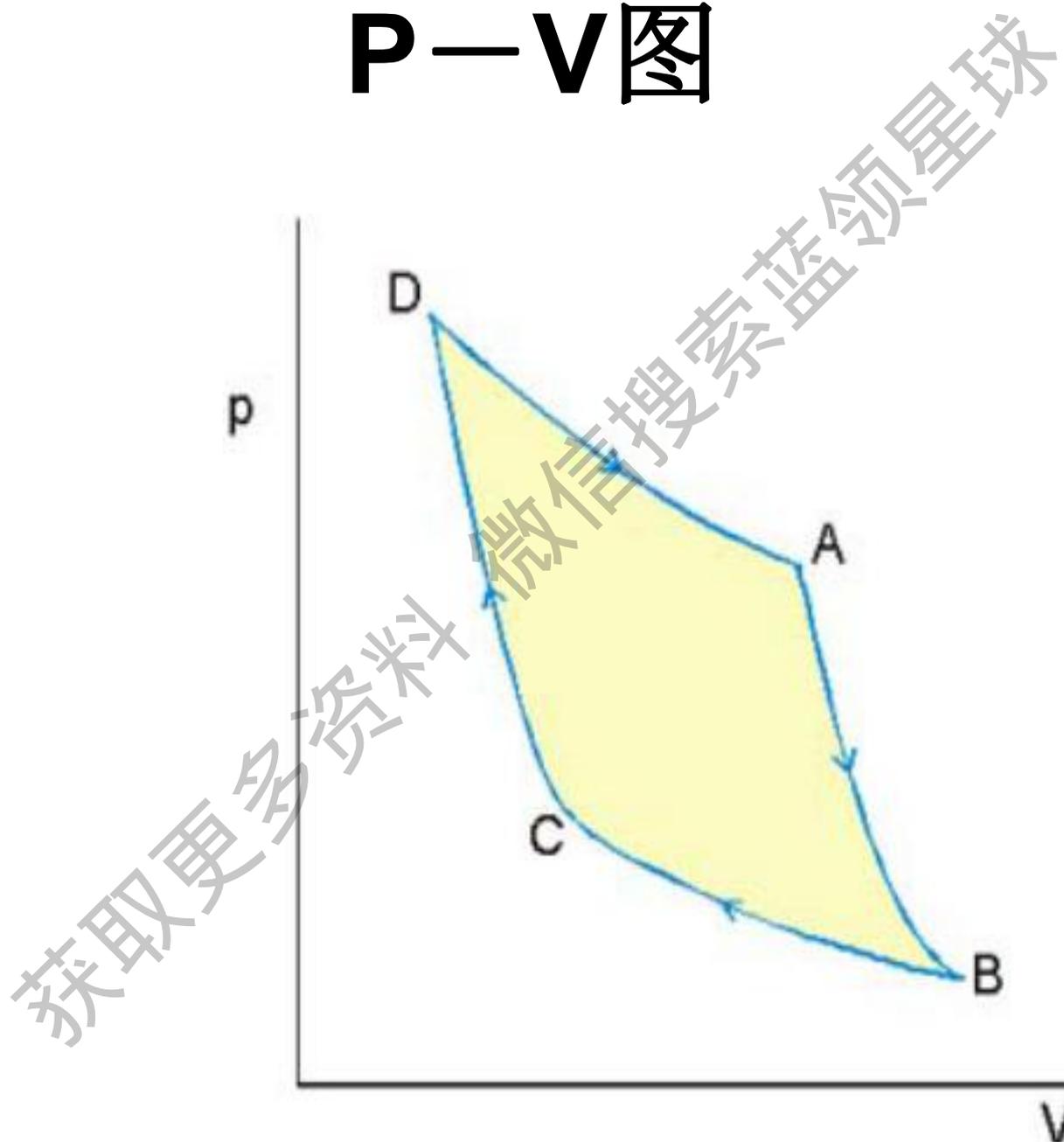
## □ 制冷的基本循环-----蒸汽压缩式

# 蒸汽压缩式制冷循环

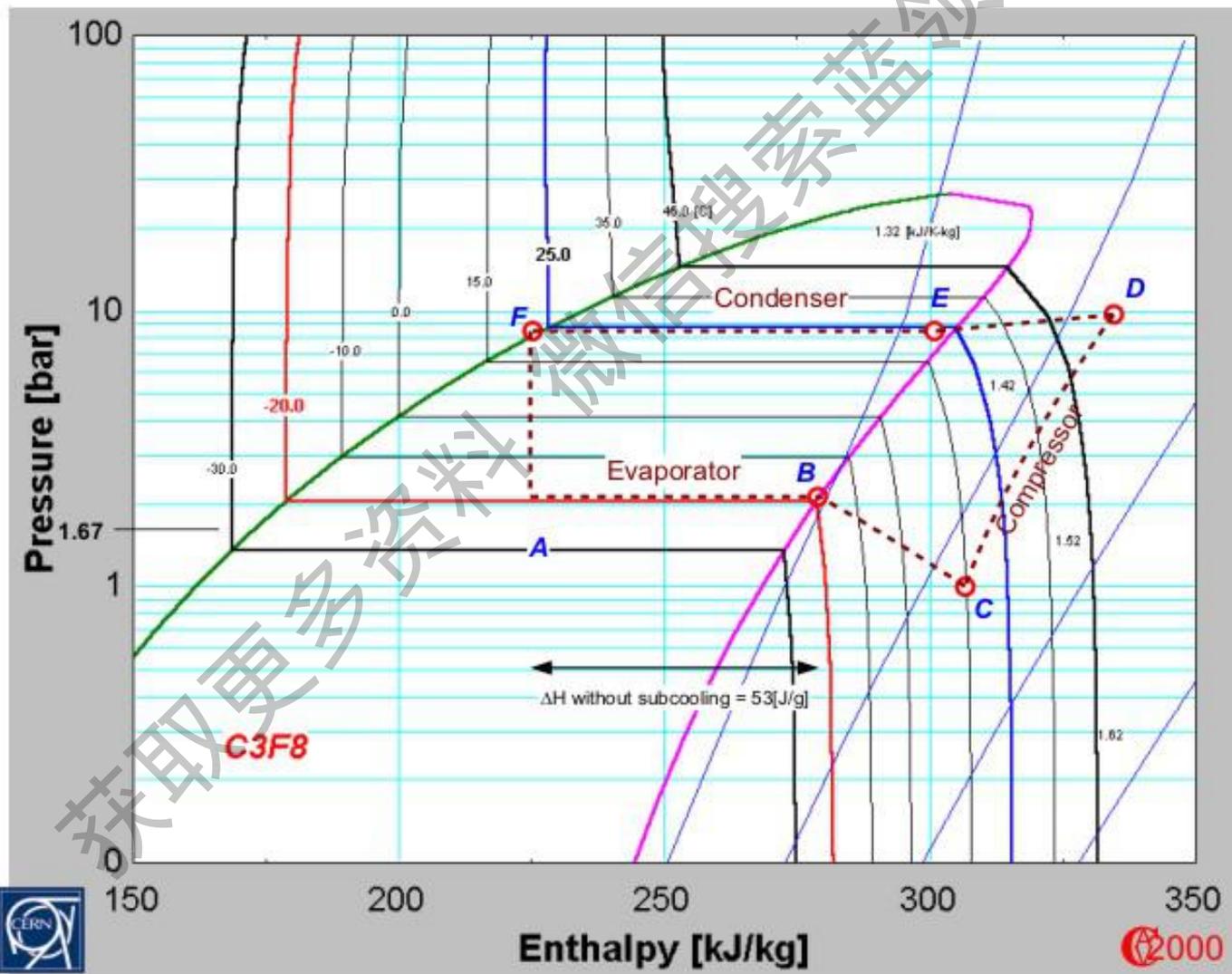


# P—V图

- 逆卡诺循环



# InP-h图



# 3-2 制冷工质的命名法

## 一、饱和碳氢化合物及其衍生物

$R(a-1)(b+1)d$

## 二、非饱和碳氢化合物及其衍生物

用4位数字，最左边的数字是1，其余同饱和碳氢化合物。

## 三、环状化合物

**RCXXX**      $RC(a-1)(b+1)d$

## 四、无机化合物

**R7XX**     右边两位是该化合物的分子量

# 制冷工质的命名法

## 五、共沸混合物

如R500表示R12/R152a(73.8wt%,  
26.2wt%)

## 六、非共沸混合物

如R400为R12/R114

## 七、其他有机混合物

如丁烷为R60

## 氨

### 一、氨的热力学性质

沸点： $-33.4^{\circ}\text{C}$       凝固点： $-77.7^{\circ}\text{C}$

临界温度和压力： $133^{\circ}\text{C}$ ， $11417\text{kPa}$

特点：单位体积制冷量大，热导率大，粘度小，流动阻力小。

### 二、氨的化学性质：

- 能以任意比例与水相溶解
- 在润滑油中的溶解度很小

### 三、毒性、易爆性

- 具有强烈的刺激性气味
- 达到一定浓度时，将损伤人的眼睛、呼吸器官
- 在空气中氨的含量达到11-14%时，即可燃

# 表4-5 饱和状态下氨的主要 热物理性质

温度 /°C	压力 MPa	液体密度 kg/m <sup>3</sup>	蒸气比容 m <sup>3</sup> /kg	焓		熵		比热容		粘度		导热系数	
				KJ /kg		KJ / (kg · k)		KJ / (kg · K)		(Pa · s)		mW / (m · K)	
				液体	蒸气	液体	蒸气	液体	蒸气	液体	蒸气	液体	蒸气
-77.66a	0.00604	733.9	15.732	-147.36	1342.85	-0.4930	7.1329	—	1.988	505.8	6.86	—	12.83
-70.00	0.01089	725.3	9.0520	-111.74	1357.04	-0.3143	6.9179	—	2.008	460.4	7.06	—	13.65
-60.00	0.02185	713.9	4.7166	-67.67	1375.00	-0.1025	6.6669	—	2.047	391.8	7.33	—	14.68
-50.00	0.04081	702.0	2.6300	-24.17	1392.17	0.0968	6.444	—	2.102	333.1	7.61	—	15.72
-40.00	0.07168	689.9	1.5536	19.60	1408.41	0.2885	6.2455	4.396	2.175	287.0	7.90	601.4	16.79
-33.33b	0.10133	681.6	1.1241	49.08	1418.67	0.4129	6.1240	4.430	2.235	261.9	8.10	587.8	17.48
0.00	0.42941	638.6	0.28929	200.00	1461.81	1.0000	5.6196	4.617	2.660	175.8	9.09	520.2	21.84
70.00	3.3133	526.2	0.03785	545.41	1483.94	2.1067	4.8416	5.441	4.716	85.7	11.50	371.0	36.86
85.00	4.6099	494.5	0.02605	628.97	1467.38	2.3377	4.6785	5.955	5.794	73.7	12.26	335.6	42.31
100.00	6.2553	456.9	0.01783	720.44	1436.53	2.5783	4.4973	6.959	7.739	62.7	13.31	296.8	50.11
132.22	11.333	235.0	0.00426	1105.47	1105.47	3.5006	3.5006	—	—	—	—	—	—

表4-4 一些常用制冷工质的物理参数

代号	名称	分子式	分子量	正常沸点 / °C	冰点 / °C	临界温 度 / °C	临界压力 /KPa
R718	水	H <sub>2</sub> O	18.02	100.0	0	374.2	22103
R610	乙醚	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74.12	34.6	-116.3	194.0	3603
R11	三氯氟甲烷	CCL <sub>3</sub> F	137.38	23.82	-111	198.0	4406
R21	二氯氟甲烷	CHCL <sub>2</sub> F	102.93	-8.9	-135	178.5	5168
R600	丁烷	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.13	-0.5	-138.5	152.0	3794
R764	二氧化硫	SO <sub>2</sub>	64.07	-10.0	-75.5	157.5	7875
R152a	二氟乙烷	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	66.05	-25.0	-117	113.5	4492
R134a	四氟乙烷	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	102.03	-26.16	-96.6	101.1	4067
R717	氨	NH <sub>3</sub>	17.03	-33.3	-77.7	133.0	11417
R22	氯二氟甲烷	CHCLF <sub>2</sub>	86.48	-40.76	-160	96.0	4974
R290	丙烷	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44.10	-42.07	-187.7	96.8	4254
R744*	二氧化碳	CO <sub>2</sub>	44.01	-78.4*	-56.6*	31.1	7372
R13	氯三氟甲烷	CCLF <sub>3</sub>	104.47	-81.4	-181	28.8	3865
R50	甲烷	CH <sub>4</sub>	16.04	-161.5	-182.2	-82.5	4638
R728	氮	N <sub>2</sub>	28.013	-195.8	-210	-146.9	3396

# 制冷工质的发展与CFCs的替代

## 一、制冷工质的发展

乙醚（1850）

二氧化碳（1886）

氨（1870）

二氧化硫（1874）

1930,  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  (Freon12, F12)

氟、氯、氢类制冷工质的分类：

1) CFC<sub>s</sub>: Chlorofluorocarbons

2) HCFC<sub>s</sub>: HydroChlorofluorocarbons

3) HFC<sub>s</sub>: Hydrofluorocarbons

## 二、评价物质对环境影响的二个重要指标：

1 臭氧层消耗的潜能值 (ODP Ozone Depletion Potential)

2 全球变暖的潜能值 (GWP Global Warming Potential)

表 一些制冷工质的ODP和GWP值

制冷工质	ODP	GWP
R11	1.0	1.0
R12	1.0	2.8 ~ 3.4
R13	0.45	6.0
R113	0.8 ~ 0.9	1.2 ~ 2.0
R114	0.6 ~ 0.8	3.4 ~ 4.5
R115	0.3 ~ 0.5	5.0 - 9.0
R500	0.74 - 0.87	3.38 ~ 4.87
R502	0.17 ~ 0.29	2.66 ~ 4.78
R22	0.055	0.36
R123	0.02	0.02
R124	0.022	0.1
R124b	0.065	0.42
R152a	0	0.03

# 载冷剂的性质

常用载冷剂：水、盐水、溶液和有机物溶液

一、盐水的性质

二、有机载冷剂的物理性质

获取更多资料

新信搜星球

# 第四章 食品的冻结

普朗克公式 ( Plank Equation ) :

假设 : 1 ) 冻前温度均匀 , 且等于其初始冻结温度

2 ) 冻结过程中初始冻结温度不变 ;

3 ) 导热系数冻结前后不变 ;

4 ) 只计算水的相变潜热量 , 忽略冻结前后放出的显热量 ;

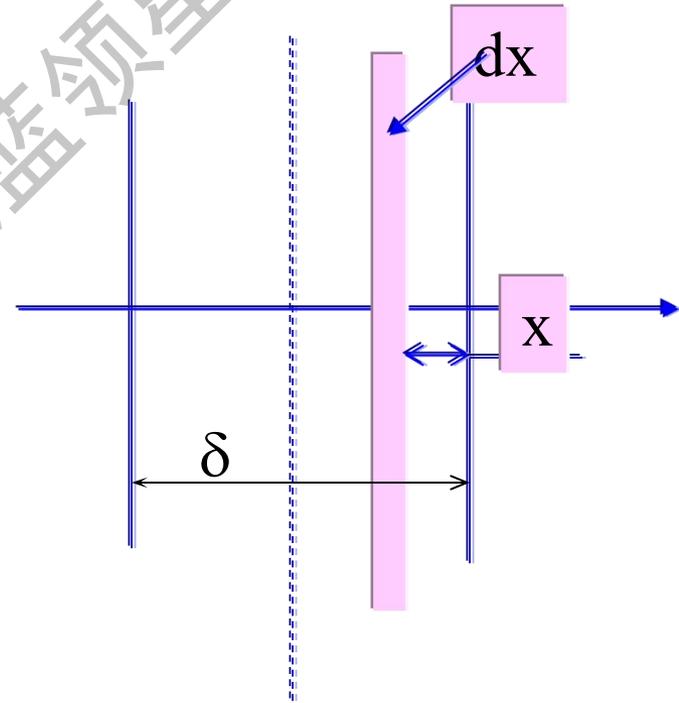
5 ) 冷却介质与食品表面的对流传热系数不变

# 食品的冻结时间

经过 $t$ 后，每侧冻结层厚度为 $x$ ，在 $dt$ 内推进 $dx$ ，则

$$dQ = h\rho A dx$$

$dQ$ 先通过 $x$ 厚的冻结层，再在表面以对流换热方式传给冷却介质：



$$dQ = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{1}{\alpha A} + \frac{x}{\lambda A}} dt$$

解得：

$$t = \frac{h\rho}{2(T_i - T_\infty)} \left( \frac{\delta}{\alpha} + \frac{\delta^2}{4\lambda} \right)$$

# 食品的冻结时间

对直径为**D**的长圆柱和球状食品：

$$t = \frac{h\rho}{4(T_i - T_\infty)} \left( \frac{D}{\alpha} + \frac{D^2}{4\lambda} \right)$$

$$t = \frac{h\rho}{6(T_i - T_\infty)} \left( \frac{D}{\alpha} + \frac{D^2}{4\lambda} \right)$$

通式

$$t = \frac{h\rho}{(T_i - T_\infty)} \left( \frac{PL}{\alpha} + \frac{RL^2}{\lambda} \right)$$

# 食品的冻结时间

P、R为形状系数

❖ **大平板**： $P=1/2, R=1/8$ ；

❖ **长圆柱**： $P=1/4, R=1/16$ ；

❖ **球**： $P=1/6, R=1/24$

对方形或长方形食品，设 $a>b>c$ ，定义 $L=c$ ， $\beta_1=b/c$ ， $\beta_2=a/c$ ，

根据 $\beta_1, \beta_2$ 值，由图或表查P,R

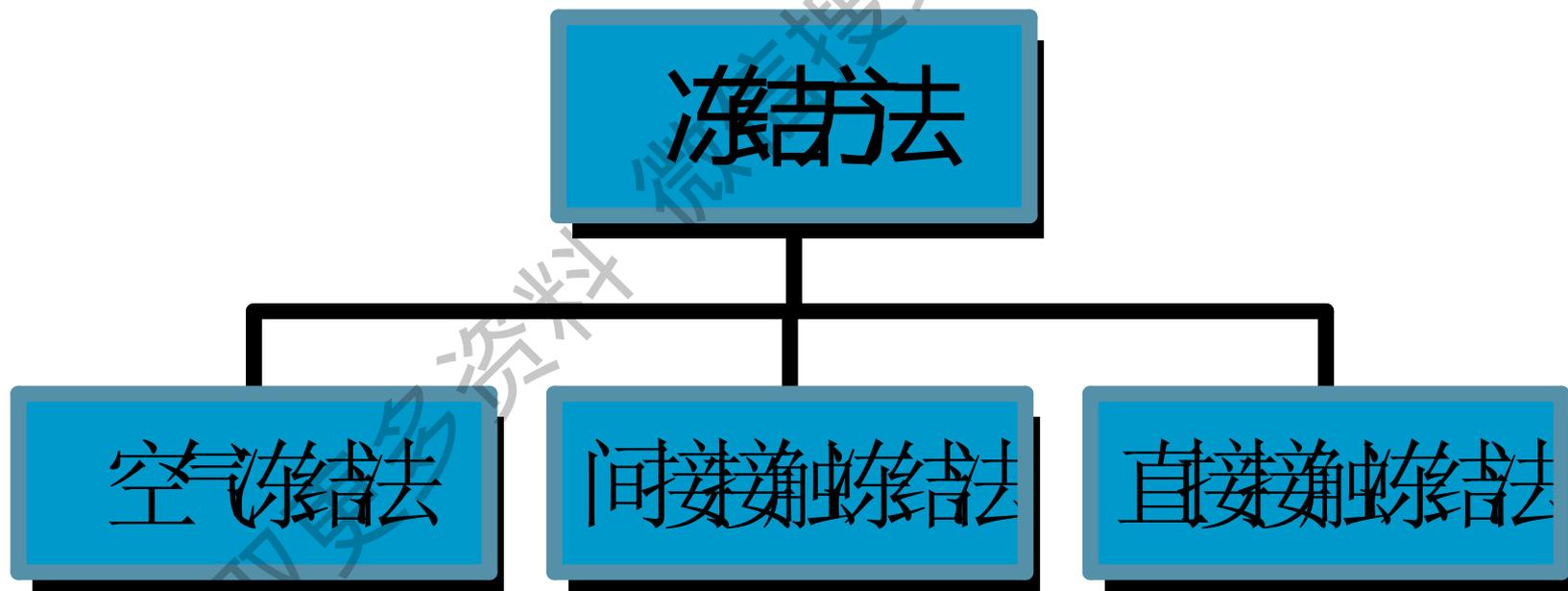
# 食品的冻结时间

- 若带有包装材料，则：

$$t = \frac{h\rho}{(T_i - T_\infty)} \left[ \frac{RL^2}{\lambda} + PL \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} \right) \right]$$

获取更多资料

# 4-3 食品冻结



# 空气冻结法

在冻结过程中，冷空气以自然对流或强制对流的方式与食品换热。由于空气的导热性差，与食品间的换热系数小，故所需的冻结时间较长。但是，空气资源丰富，无任何毒副作用，其热力性质早已为人们熟知，所以，用空气作介质进行冻结仍是目前应用最广泛的一种冻结方法。

空气冻结法

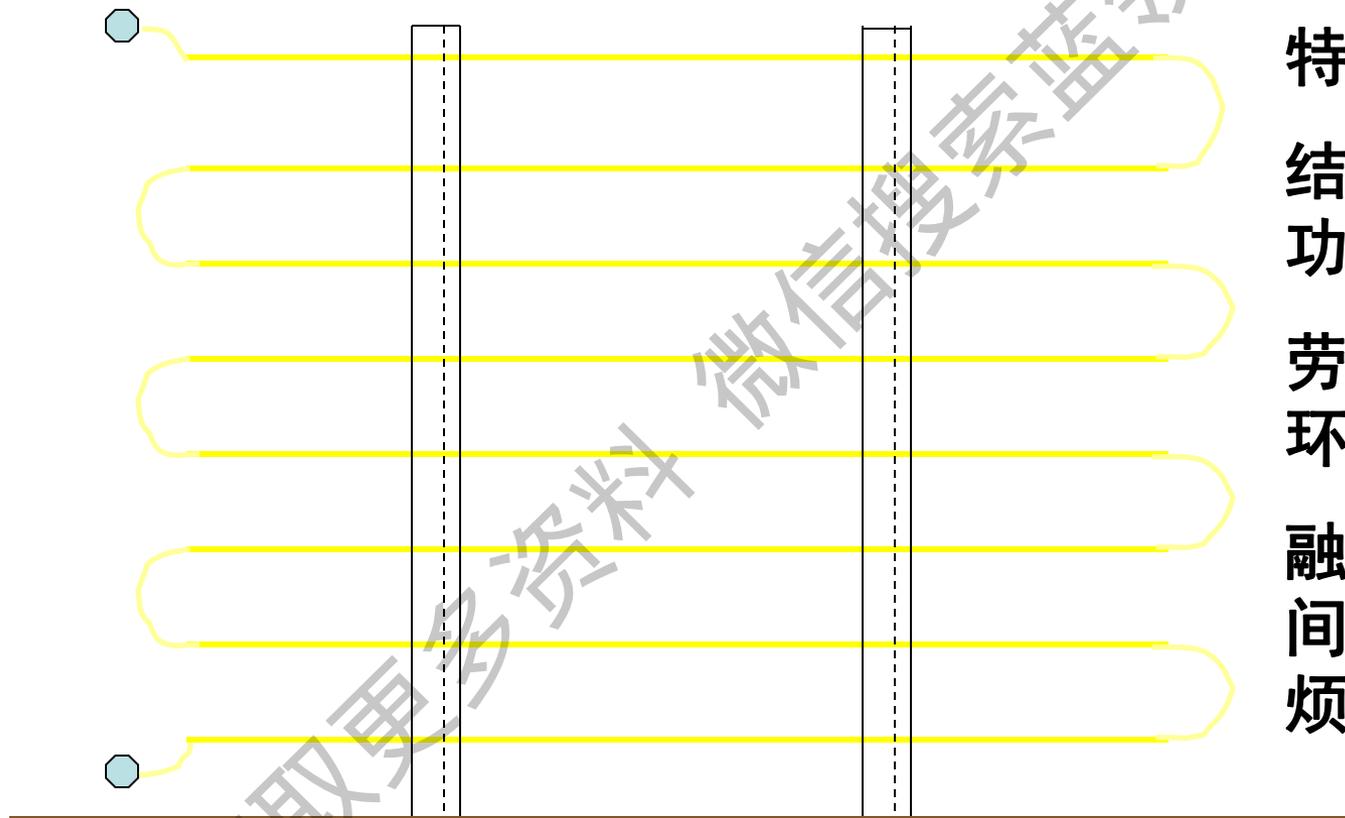
```
graph TD; A[空气冻结法] --- B[静止空气冻结法]; A --- C[半送风式空气冻结法]; A --- D[送风式空气冻结法];
```

静止空气冻  
结法

半送风式空  
气冻结法

送风式空气  
冻结法

# 静止空气冻结—搁架排管



**特点：**

**结构简单，  
功耗小**

**劳动强度大，  
环境差**

**融霜处理时  
间长，且麻  
烦**

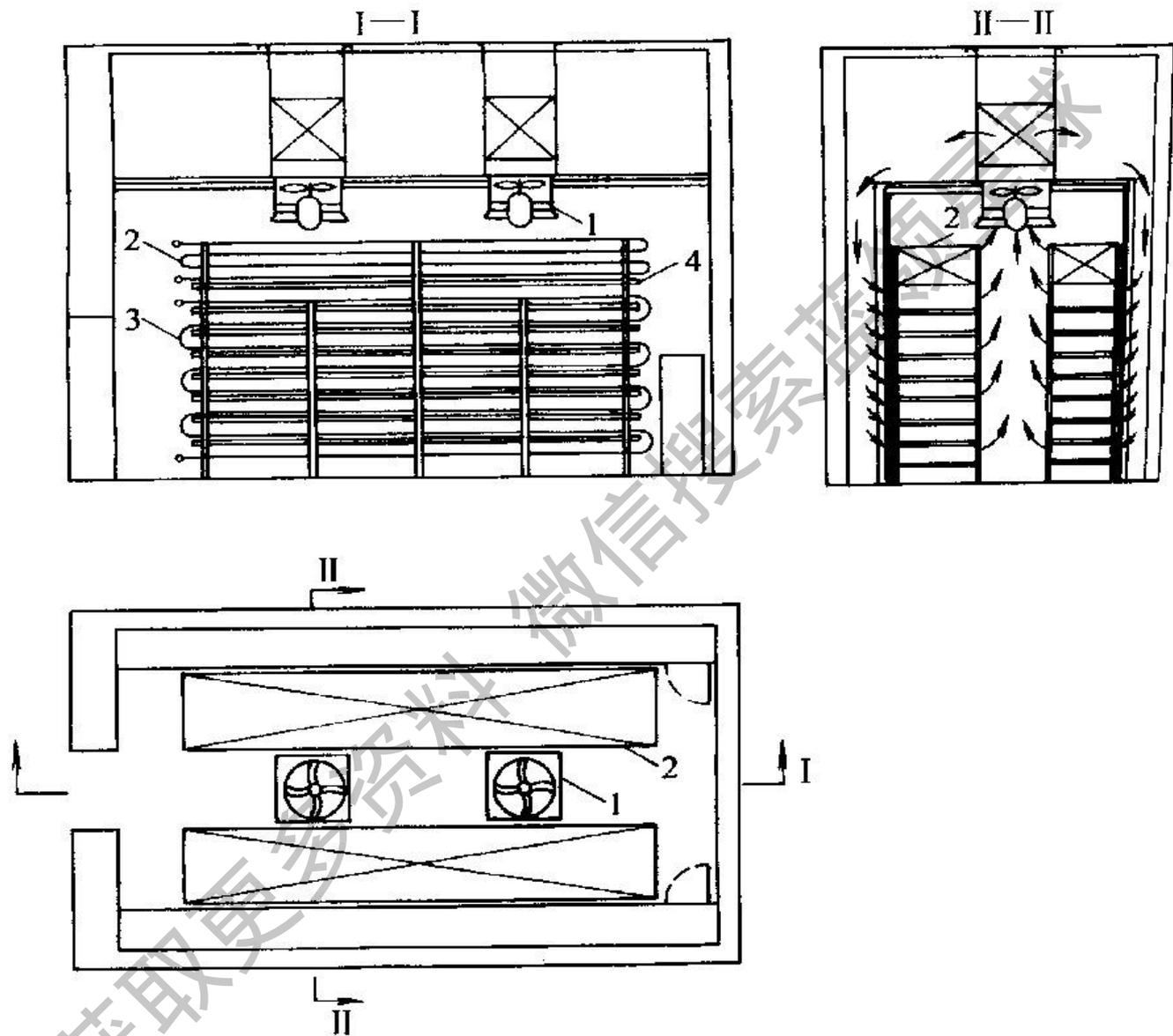
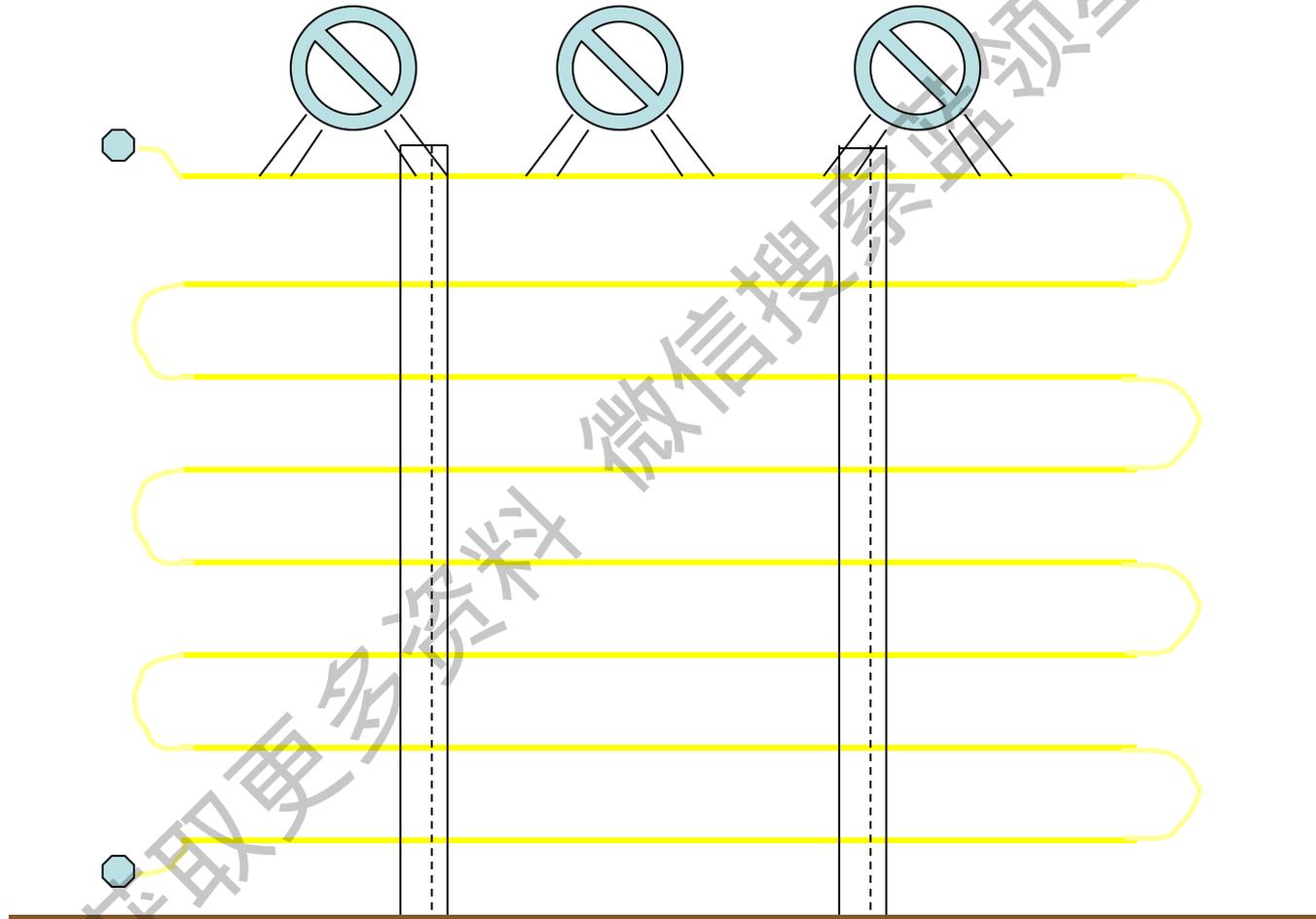


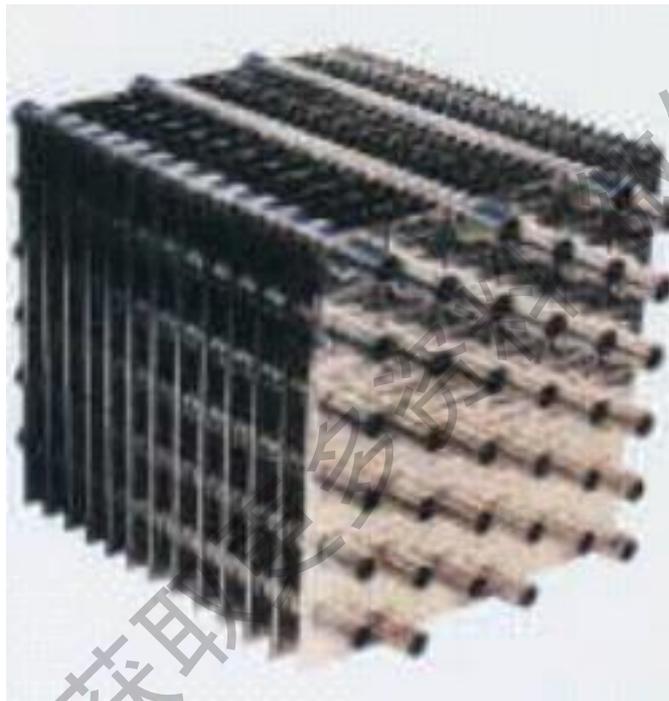
图 10-6 吹风式搁架排管冻结间示意图

1—轴流通风机 2—顶管 3—搁架式排管 4—出风口

# 半送风式冻结装置



# 冷藏库送风式冻结装置



# 送风式 冻结装置

隧道式

螺旋式

流态化

送带式  
隧道式  
连续冻结

吊篮式  
连续冻结

斜槽式

一段带式

往复振动

两段带式

# 隧道式冻结装置

隧道式冻结装置共同的特点是：冷空气在隧道中循环，食品通过隧道时被冻结。根据食品通过隧道的方式，可分为传送带式、吊篮式、推盘式冻结隧道等几种。

- 传送带式冻结隧道

(Conveyor Freezing Tunnel)

- 吊篮式连续冻结隧道

(continuous hanger Freezing Tunnel)

- 推盘式连续冻结隧道

(continuous pushing-tray Freezing Tunnel)

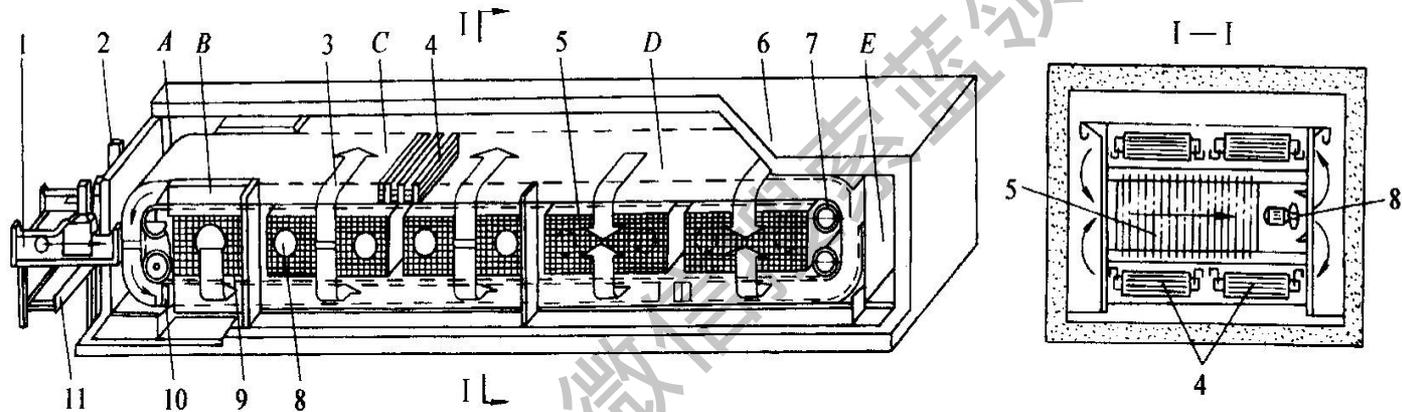


图 9-4 LBH31.5 型带式冻结隧道(前东德生产)

- 1—装卸设备 2—除霜装置 3—空气流动方向 4—冻结盘 5—板片式蒸发器  
 6—隔热外壳 7—转向装置 8—轴流风机 9—光管蒸发器  
 10—液压传动机构 11—冻结块输送带  
 A—驱动室 B—水分分离室 C、D—冻结间 E—旁路

特点:投资费用较低,通用性强;自动化程度较高

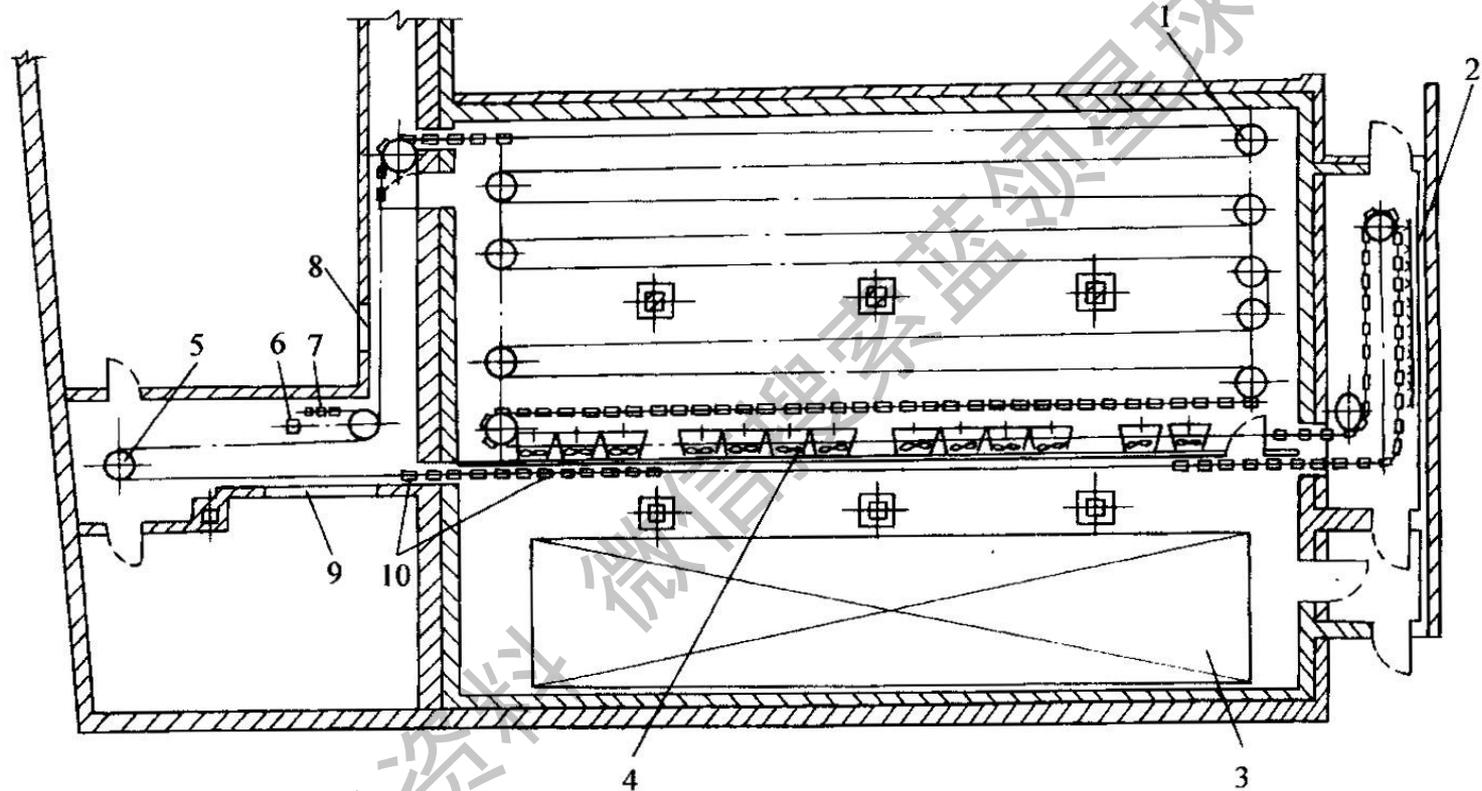


图 9-5 吊篮式连续冻结装置

- 1—横向轮 2—乙醇喷淋系统 3—蒸发器 4—轴流风机 5—张紧轮  
6—驱动电机 7—减速装置 8—卸料口 9—进料口 10—链盘

- **吊篮式连续冻结隧道的特点是：机械化程度高，减轻了劳动强度，提高了生产效率；冻结速度快、冻品各部位降温均匀，色泽好，质量高。**
- **这种装置的主要缺点是结构不紧凑、占地面积较大，风机耗能高，经济指标差。**
- **吊篮式连续冻结隧道目前主要用于冻结家禽等食品。**

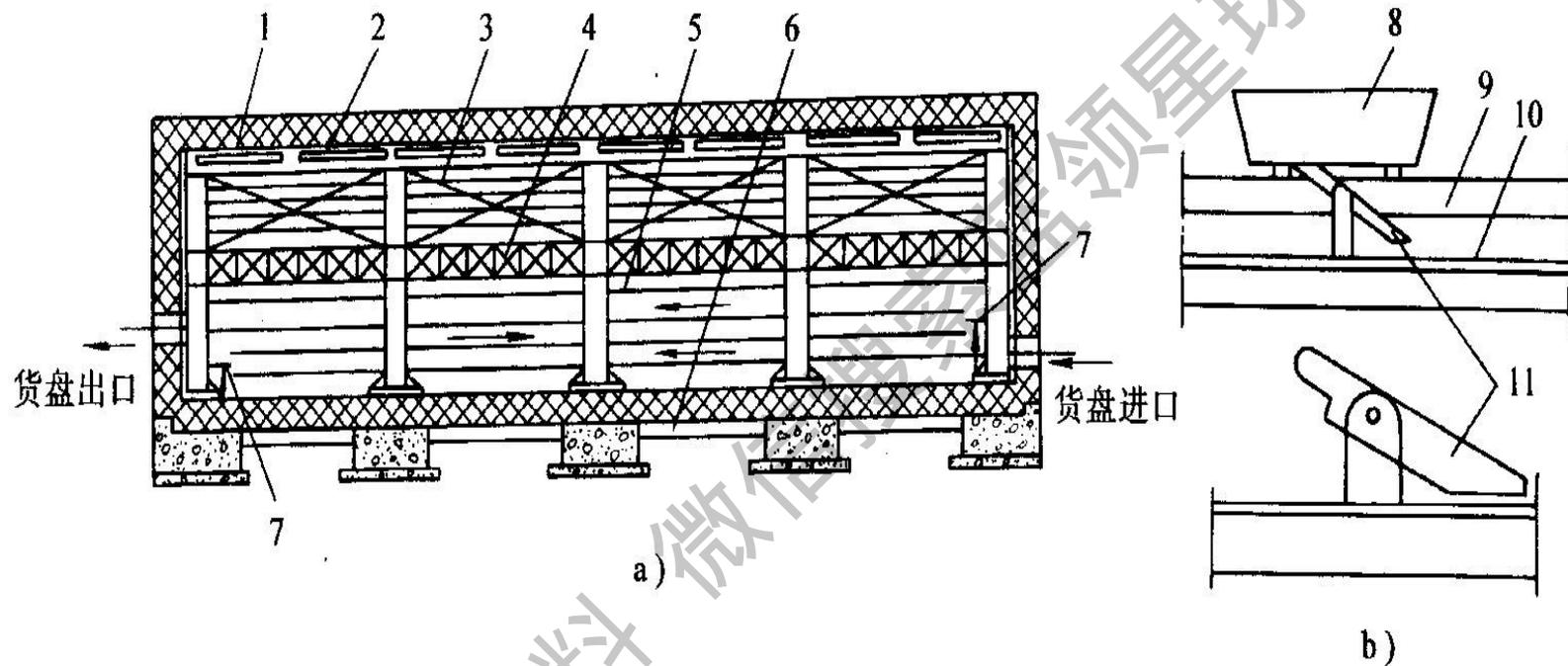


图 9-6 推盘式连续冻结隧道示意图

- 1—绝热层 2—冲霜淋水管 3—翅片蒸发排管 4—鼓风机  
 5—集水箱 6—水泥空心板 7—货盘提升装置  
 8—货盘 9—滑轨 10—推动轨 11—推头

这种装置的主要由隔热隧道室、冷风机、液压传动机构、货盘推进和提升设备构成。

推盘式连续冻结隧道主要用于冻结果蔬、虾、肉类副食品和小包装食品等。

这种装置的特点是：连续生产，冻结速度较快；构造简单、造价低；设备紧凑，隧道空间利用较充分。

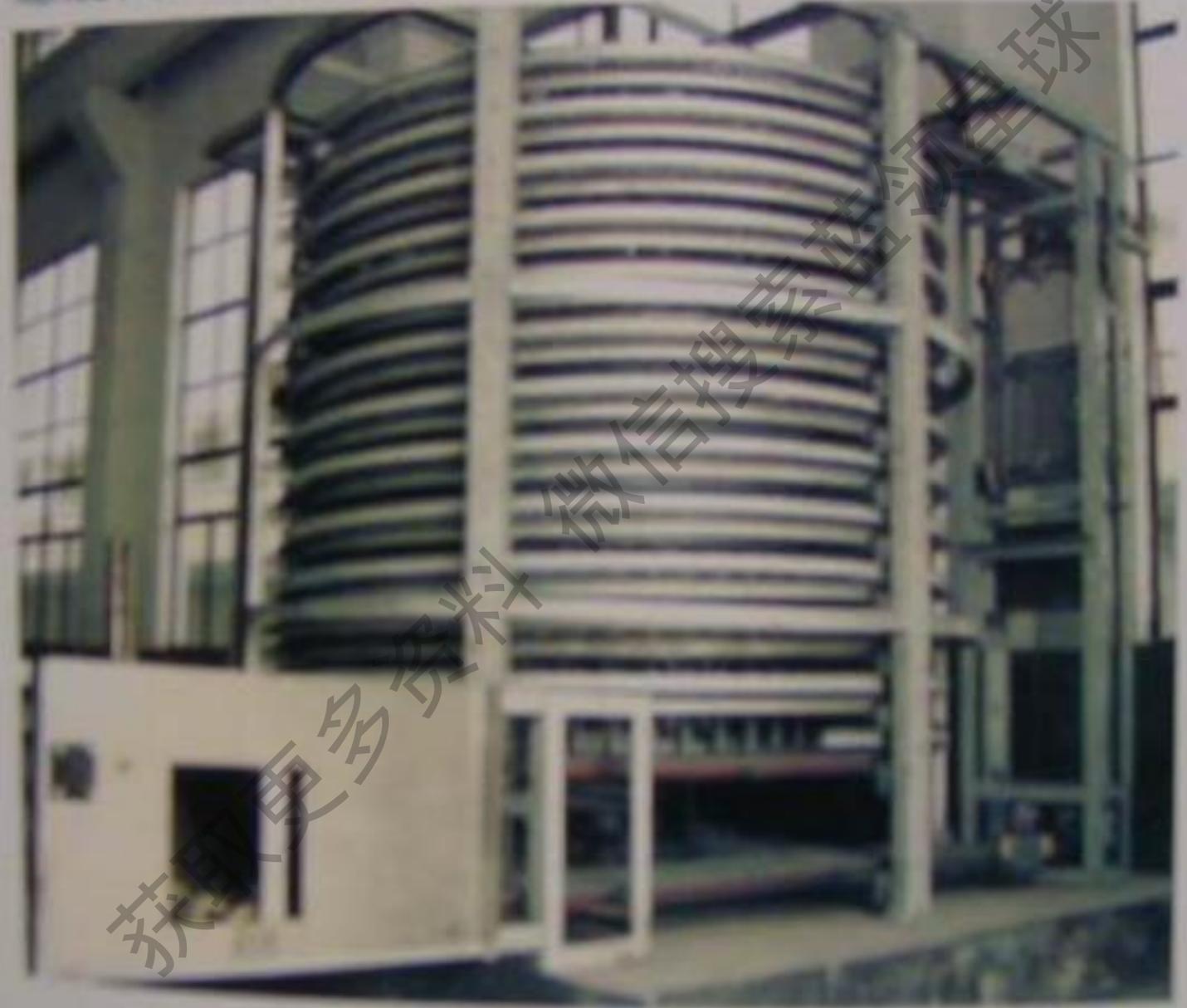
# 螺旋式冻结装置

为了克服传送带式隧道冻结装置占地面积大的缺点，可将传送带做成多层，由此出现了螺旋式冻结装置。

这种装置由转筒、蒸发器、风机、传送带及一些附属设备等组成。

螺旋式冻结装置也有多种型式，近几年来，人们对传送带的结构、吹风方式等进行了许多改进，**1994年**，美国约克公司改进吹风方式，并取得专利，如图所示。

螺旋式速冻机主体



获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

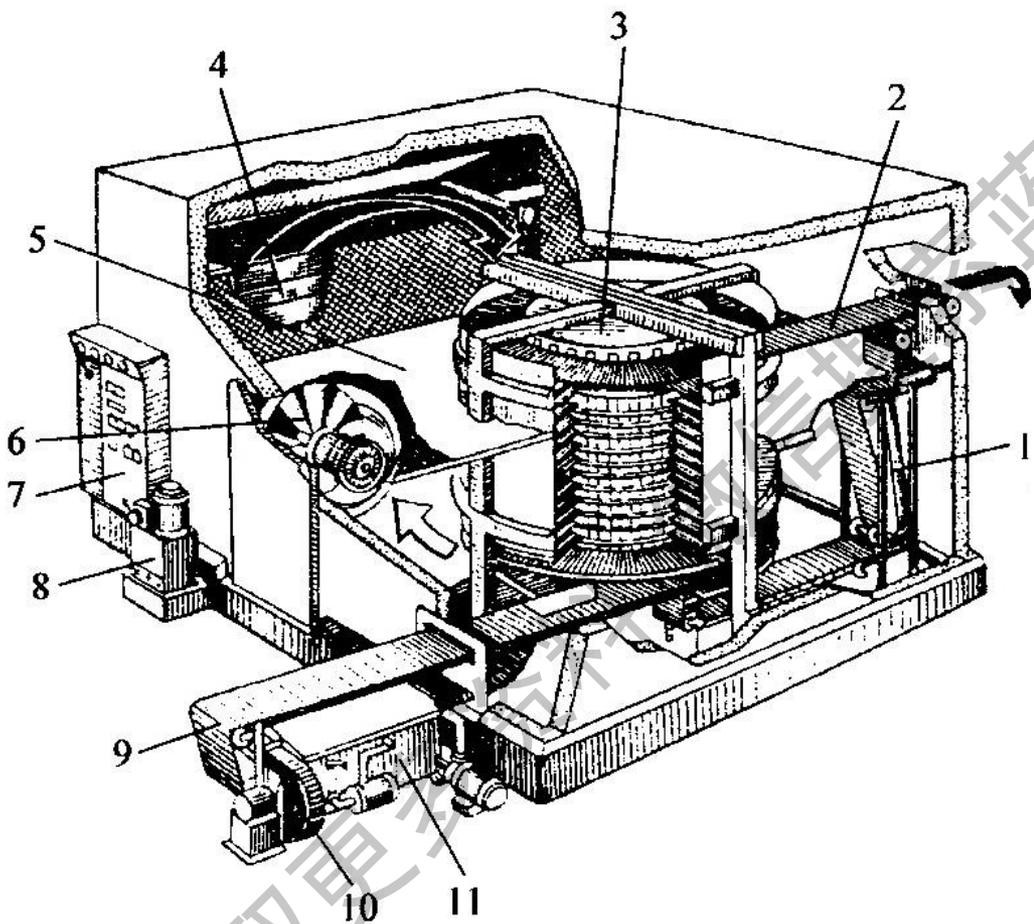


图 螺旋式冻结装置

- 1—平带张紧装置
- 2—出口
- 3—转筒
- 4—翅片蒸发器
- 5—分隔气流通道的顶板
- 6—风扇
- 7—控制板
- 8—液压装置
- 9—进料口
- 10—干燥传送带的风扇
- 11—传送带清洗系

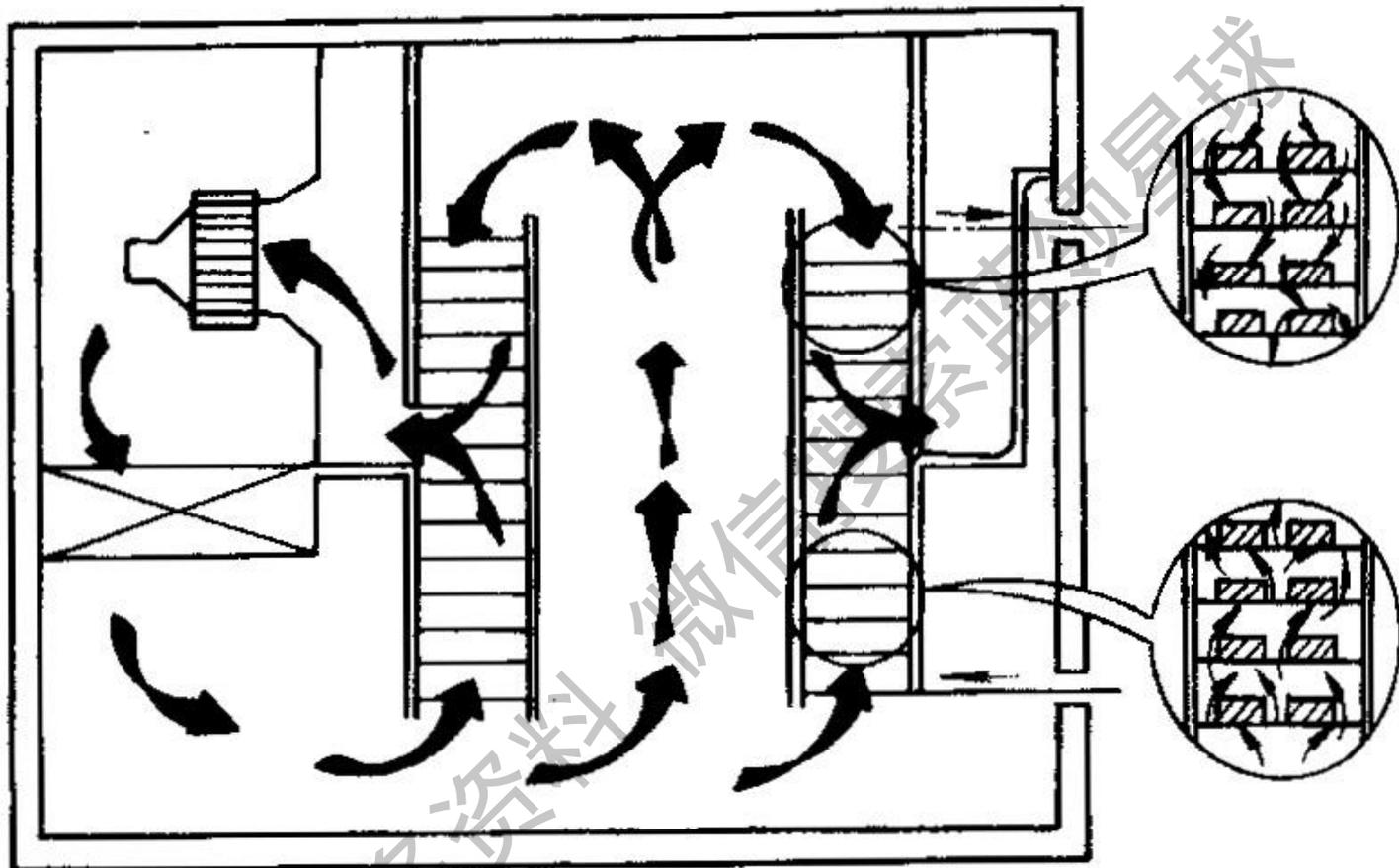


图 9-8 气流分布示意图

(York Food System 1995)

# 流态化冻结装置

1. 流态化基本原理及流化床的工作参数
2. 流态化冻结装置的结构形式

获取更多资料 请访问 蓝领星球

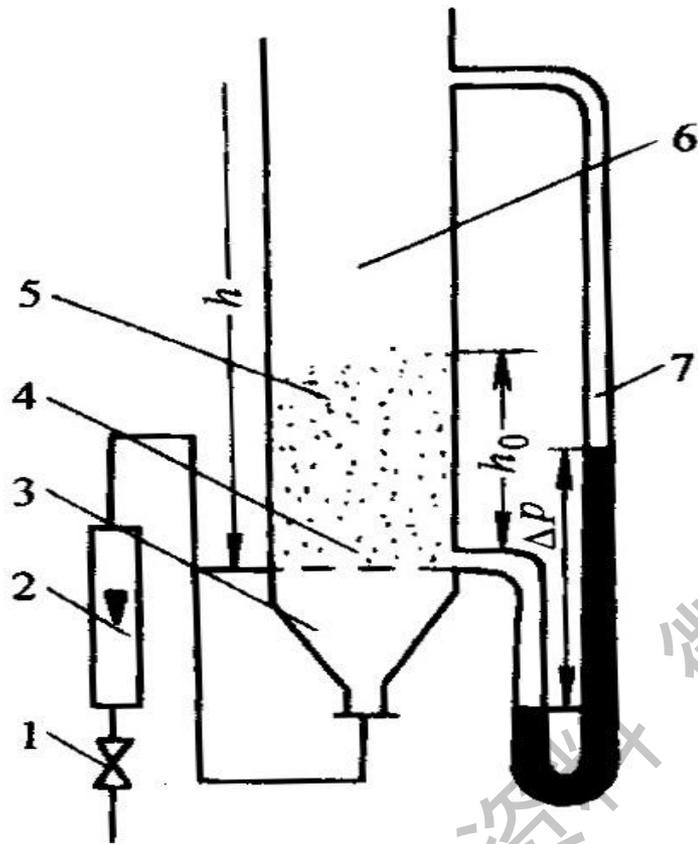


图 9-9 流态化实验装置

1—调节阀 2—转子流量计

3—下锥体 4—布风板

5—颗粒床层 6—筒体

7—压差计

床层阻力是指气体流过床层的压力降 $\Delta p$ 。当气体通过布风板向上吹时，随着气流速度的增大，床层将发生如图9-10所示的变化，相应的气流速度与 $\Delta p$ 的关系如图9-11所示。

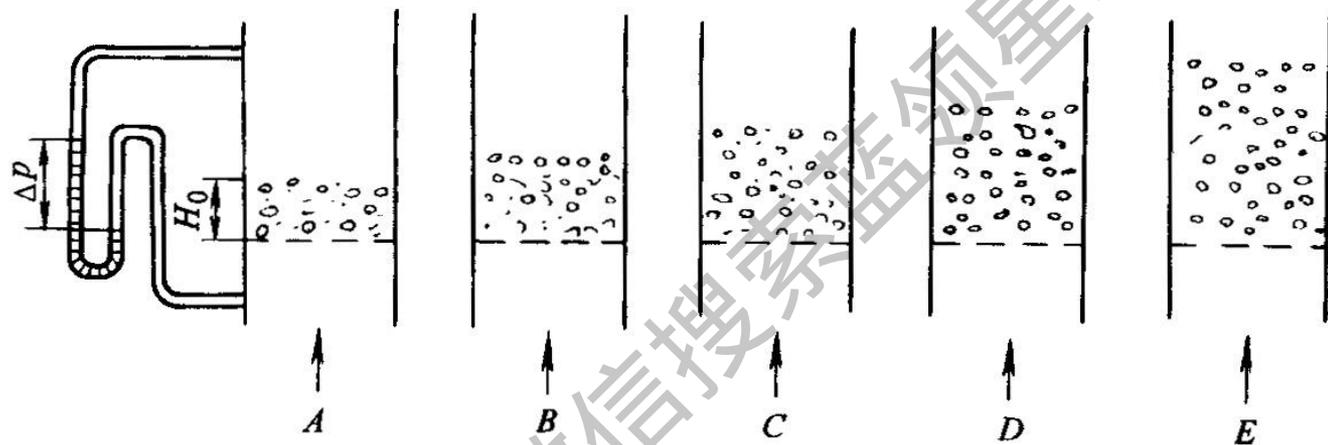


图 9-10 流化床结构与气流速度的关系

A—固定床 B—松动层 C—流态化开始

D—流态化展开 E—输送床

(1) 固定床阶段: A

(2) 流态化阶段: B-D

(3) 输送阶段: E

## 临界流化速度 and 操作速度

- 根据A●G●费根的研究，果蔬食品流化床的临界速度 $V_k$ 与食品颗粒的质量呈抛物线关系，即

$$V_k = 1.25 + 1.95 \log g_p$$

而正常的操作速度为：

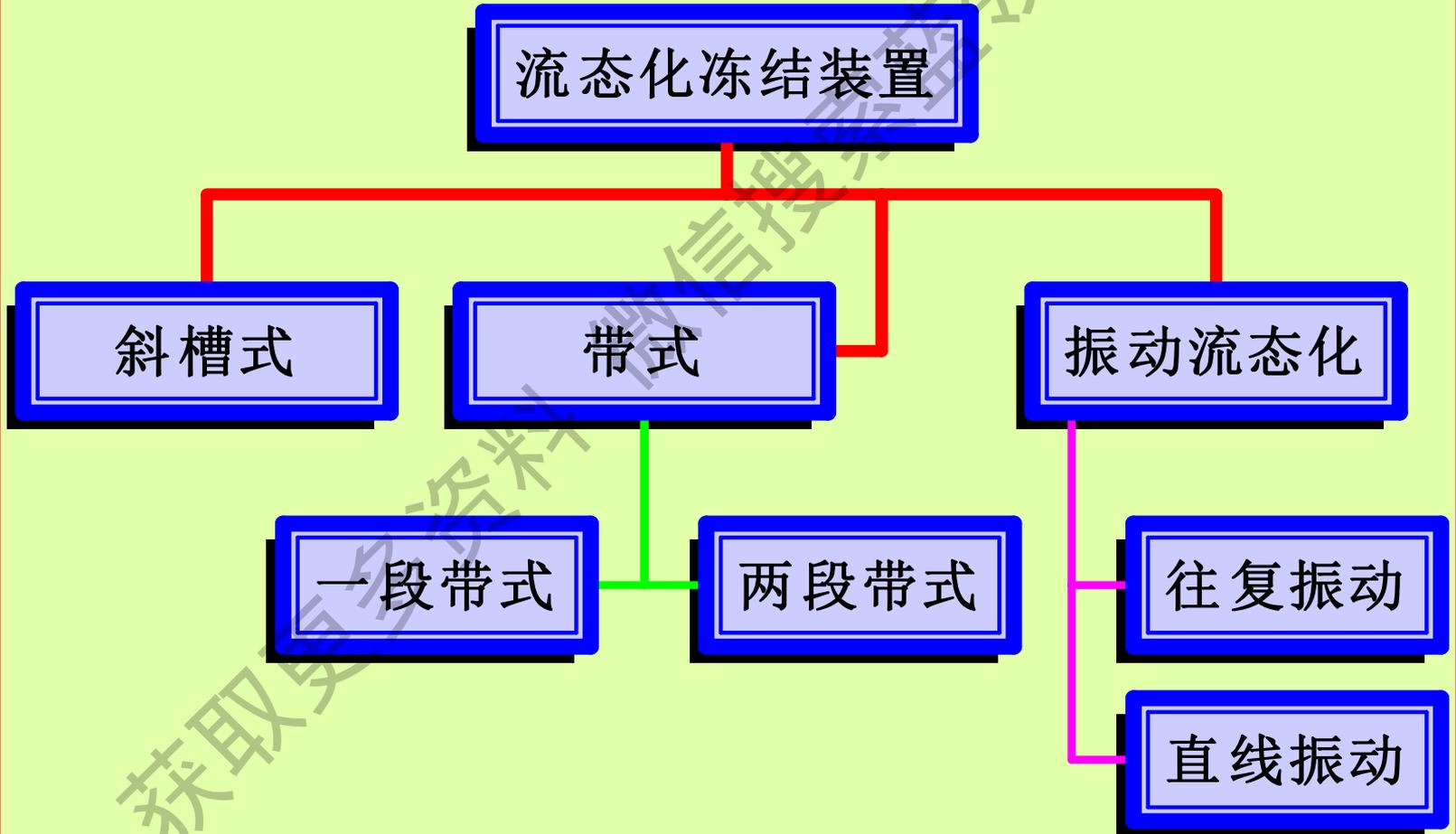
$$V_k = 2.25 + 1.95 \log g_p$$

式中  $g_p$  为冻品单体的质量，单位为g/个。

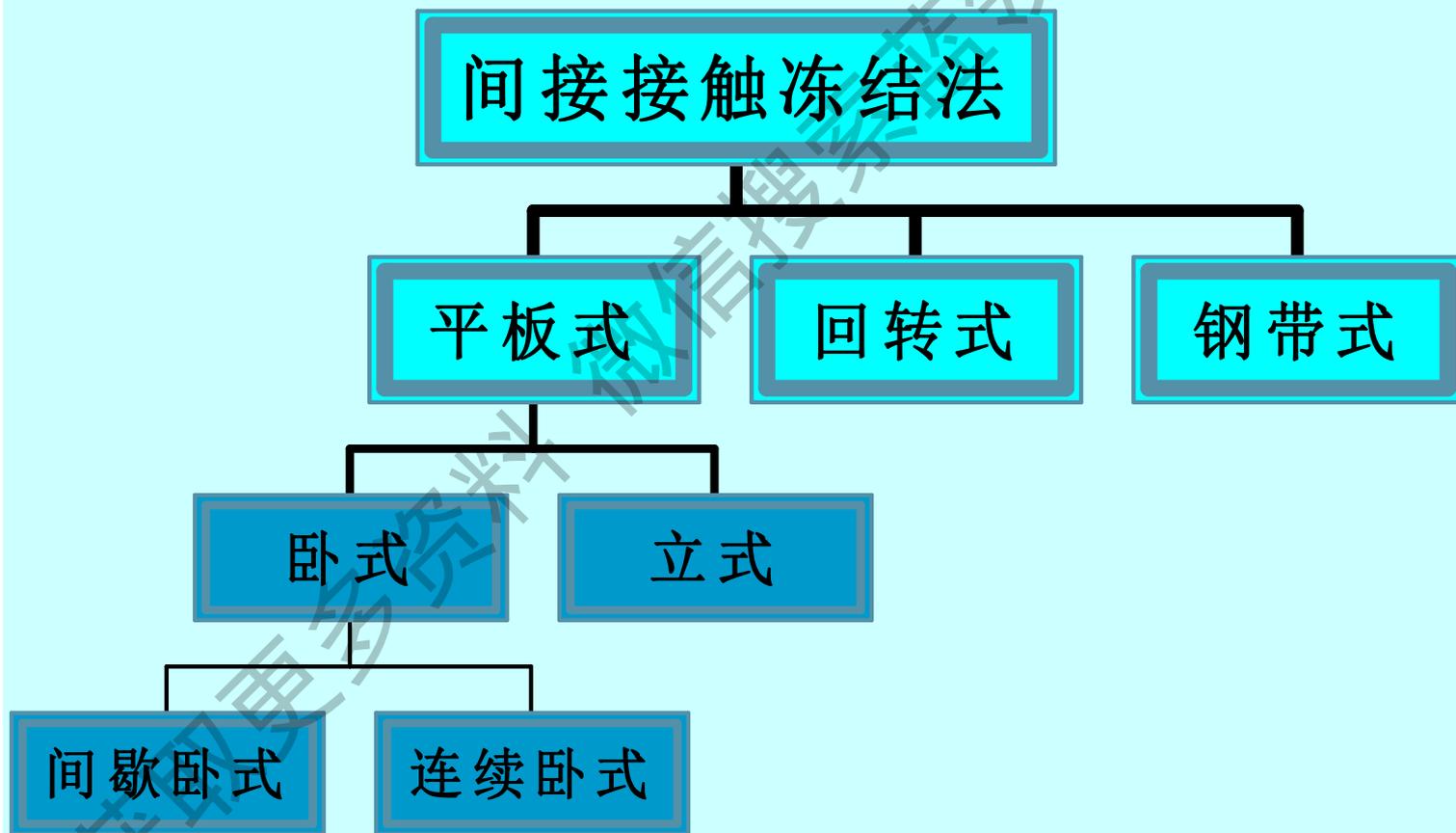
不同食品颗粒的单体质量不同，由操作速度的计算式知，它们应在不同的风速下进行冻结。因此，要求风机应带有变速装置，以适应不同产品的要求；其次，在冻结过程的不同阶段，应采用不同的风速。

- 用流态化冻结装置冻结食品时，由于高速冷气流的包围，强化了食品冷却、冻结的过程，有效传热面积较正常冻结状态大3.5~12倍，换热强度比其他冻结装置的提高了30~40倍，从而大大缩短了冻结时间。这种冻结方法已被食品冷加工行业广泛采用。
- 流态化冻结装置的型式虽然多种多样，但在设计和操作时，应主要考虑以下几个方面：冻品与布风板、冻品与冻品之间不粘连结块；气流分布均匀，保证料层充分流化；风道阻力小，能耗低。另外，对风机的选择、冷风温度的确定、蒸发器的设计等也应以节能高效，操作方便为前提。

# 流态化冻结装置



# 间接接触冻结法



# 间接接触冻结法

间接冻结法指的是把食品放在由制冷剂(或载冷剂)冷却的板、盘、带或其他冷壁上,与冷壁直接接触,但与制冷剂(或载冷剂)间接接触。对于固态食品,可将食品加工为具有平坦表面的形状,使冷壁与食品的一个或二个平面接触;对于液态食品,则用泵送方法使食品通过冷壁热交换器,冻成半融状态。

## 平板式冻结装置的特点

- 对厚度小于50mm的食品来说，冻结快、干耗小，冻品质量高；
- 在相同的冻结温度下，它的蒸发温度可比吹风式冻结装置提高5~8℃，而且不用配置风机，电耗比吹风式减少30~50%；
- 可在常温下工作，改善了劳动条件；
- 占地少，节约了土建费用，建设周期也短。
- 平板式冻结装置的缺点：厚度超过90mm以上的食品不能使用；未实现自动化装卸的装置仍需较大的劳动强度。

# 平板冻结装置应注意的问题

使用平板冻结装置时，应注意使食品或货盘都必须与平板接触良好，并控制好二者之间的接触压力。压力越大，平板与食品的接触越好，传热系数越大。平板与食品之间若接触不良，会产生很大的接触热阻，冻结速度大为降低。

# 直接接触冻结法

载冷剂接触冻结

低温液体

液氮

液态二氧化碳

R12

# 直接接触冻结法

## 对冻结剂的要求

直接接触冻结法由于要求食品与冻结剂直接接触，所以对冻结剂有一定的限制，特别是与未包装的食品接触时尤其如此。这些限制包括要求无毒、纯净、无异味和异样气体、无外来色泽或漂白剂、不易燃、不易爆等。另外，冻结剂与食品接触后，不应改变食品原有的成分和性质。

## 二、载冷剂接触冻结

载冷剂经制冷系统降温后与食品接触，使食品降温冻结。常用的载冷剂有盐水、糖溶液和丙三醇等。

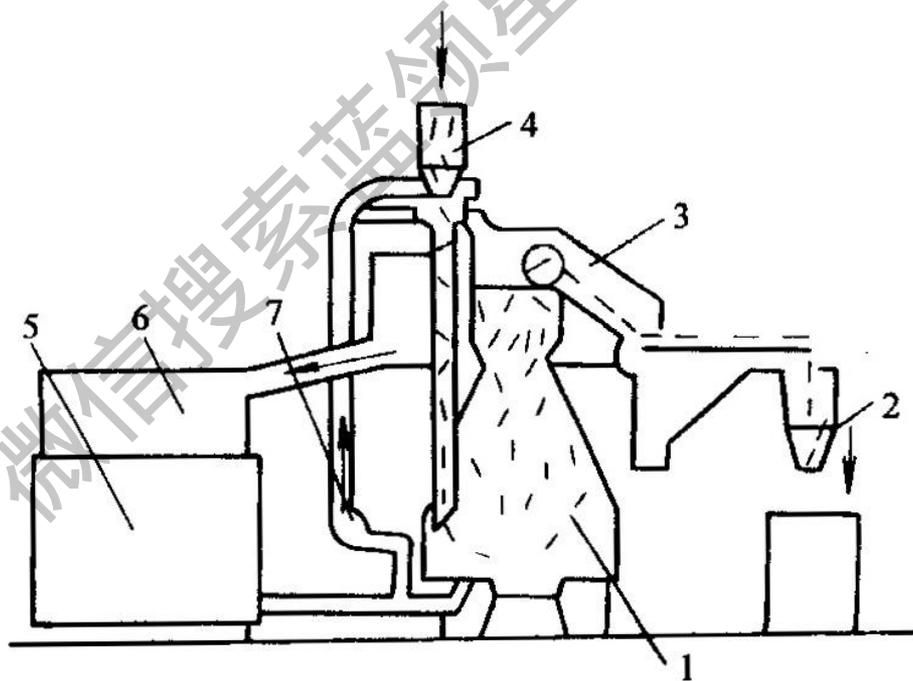


图 9-22 盐水连续浸渍冻结装置示意图  
1—冻结器 2—出料口 3—滑道 4—进料口  
5—盐水冷却器 6—除磷器 7—盐水泵

## 低温液体冻结装置

### ❖ 液氮冻结装置(Liquid Nitrogen Freezer)

液氮冻结装置大致有浸渍式、喷淋式和冷气循环式三种。

#### ■ 液氮喷淋冻结装置

(Liquid Nitrogen Spraying Freezer)

#### ■ 液氮浸渍冻结装置

(Liquid Nitrogen Immersion Freezer)

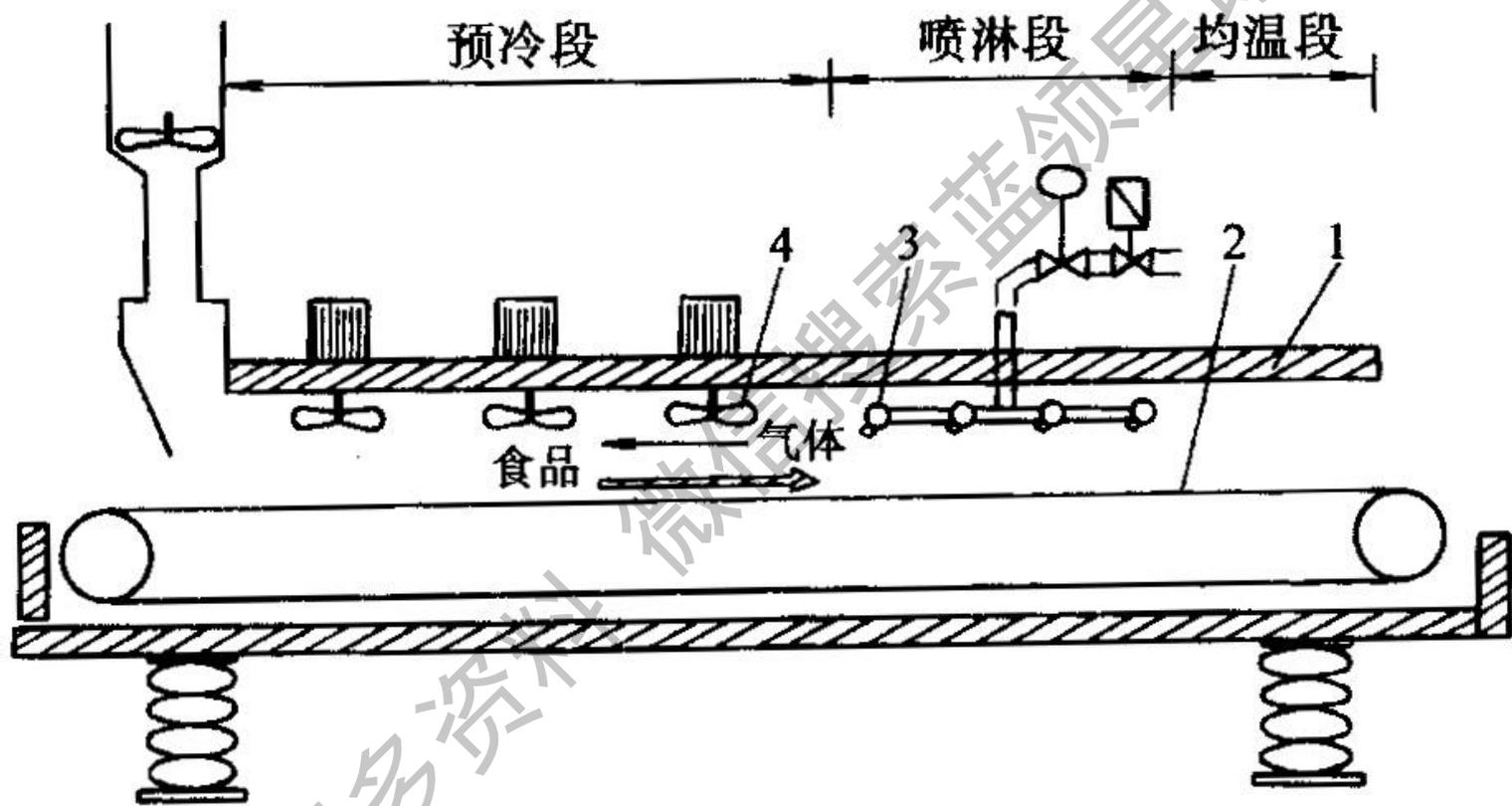


图 9-23 液氮喷淋冻结装置示意图

1—壳体    2—传送带    3—喷嘴    4—风扇

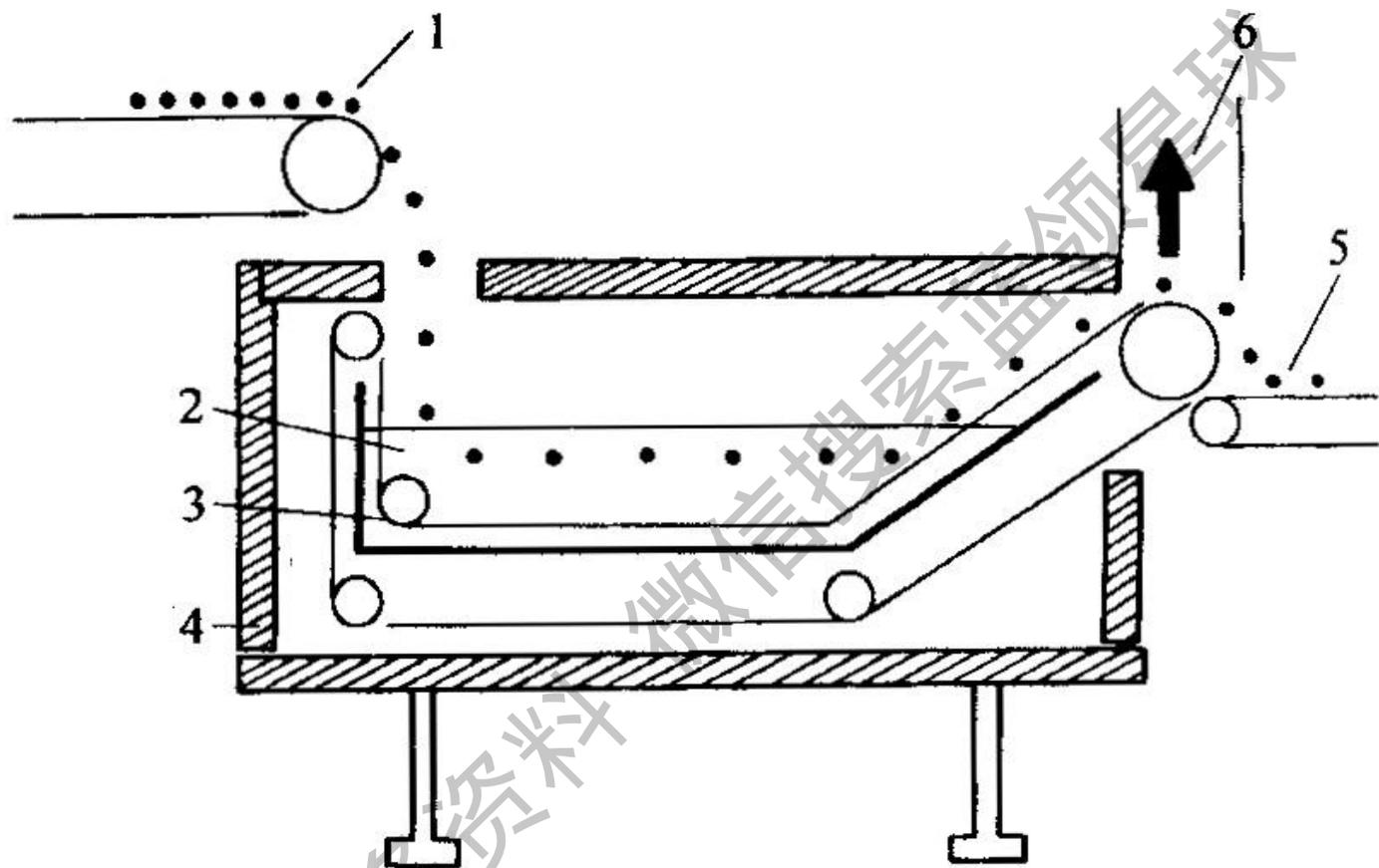


图 9-25 液氮浸渍冰结装置示意图

1—进料口 2—液氮 3—传送带

4—隔热箱体 5—出料口 6—氮气出口

# 第五章 库房冷却设备的设计

库房是指对食品进行冷加工和贮藏的房间，主要包括冷却间、冻结间、冷藏间、贮冰间和包装间等组成，库房设计的重点是冷却设备的配置和气流组织问题。

获取更多资料

## 5.1 库房冷却设备的类型

### 5.1.1 冷却管组的类型和结构

- 1.按制冷剂划分：氨、氟利昂和盐水冷却管组
- 2.按安装位置划分：墙管、顶管、搁架式排管与冷风机用排管。
- 3.按管组的结构形式划分：立管式、横管式、蛇形盘管式、管架式、内部循环式和层流式冷却管组

## 5.1.2 冷风机的类型和结构

冷风机在冷库中用也叫空气冷却器

它多是由轴流式风机与冷却排管等组成的一台成套设备。冷风机依靠风机强制冷库房内的空气流经箱体内的冷却排管进行热交换，使空气冷却，从而达到降低库温的目的。冷风机按冷却空气所采用的方式可分为干式冷风机、湿式和干湿混合式三种。其中，制冷剂或载冷剂在排管内流动，通过管壁冷却管外空气的称为干式冷风机；以喷淋的载冷剂液体直接和空气进行热交换的，称为湿式冷风机；混合式冷风机除冷却排管外，还有载冷剂的喷淋装置。



## 一、吊顶冷风机蒸发器结构

- 1、吊顶冷风机蒸发器有低温型（带融霜加热器）和高温型（自然融霜）两种，吊顶风机是用来强制热交换的，一般它是用控制系统控制，保证冷库内降至一定温度吊顶冷风机开始运行，同时它又控制吊顶冷风机在融霜过程中，风机制冷机组停止运行。
- 2、融霜加热器是加热去除吊顶风机蒸发器上结的霜，从而提高热交换的效率，它是由融霜时间控制和温度控制，吊顶风机组件包括风机安装板、螺栓、下水加热丝等。

- 干式冷风机分类：冷库常用的干式冷风机按其安装的位置又可分为吊顶式和落地式两种类型。它们都由空气冷却排管，通风机及除霜装置组成，且冷风机内的冷却排管都是套片式的。大型干式冷风机常为落地式。

1、落地式冷风机：落地式冷风机主要由上、中、下三部分组成。冷库用的落地式冷风机有三种：**KLD**型——用于冻结物冷藏间；**KLL**型——用于冷却物冷藏间；**KLJ**型——用于冻结间。

2、吊顶式冷风机：吊顶式冷风机装在库房平顶之下，不占用库房面积。根据吊顶式冷风机的送风形式，可分为单面送风和双面送风；根据它的翅片形式，有绕片式和套片式。

干式冷风机分类：冷库常用的干式冷风机按其安装的位置又可分为吊顶式和落地式两种类型。它们都由空气冷却排管，通风机及除霜装置组成，且冷风机内的冷却排管都是套片式的。大型干式冷风机常为落地式。

1、落地式冷风机：落地式冷风机主要由上、中、下三部分组成。冷库用的落地式冷风机有三种：**KLD**型——用于冻结物冷藏间；**KLL**型——用于冷却物冷藏间；**KLJ**型——用于冻结间。

2、吊顶式冷风机：吊顶式冷风机装在库房平顶之下，不占用库房面积。根据吊顶式冷风机的送风形式，可分为单面送风和双面送风；根据它的翅片形式，有绕片式和套片式。的

## 5.2 库房冷却设备的选型和布置设计

### 5.2.1 冷却间

#### 1. 冷却间的类别及特点

冷却间是食品进行冷却加工或冷藏前预先冷却的库房。

常见的冷却食品的方法有冷风冷却、冷水冷却、碎冰冷却、真空冷却等

## (1) 肉类冷却间

肉类冷却一般采用空气作为介质。冷却的速度取决于肉体的厚度和热传导性能，胴体越厚的部位冷却越慢，一般以后腿最厚部位中心温度为准。胴体在入库前，应先把冷却间的温度降到-3—-2℃，进肉后经14~24小时的冷却，待肉的温度达到0℃时，使冷却间的温度保持在0~1℃。在空气温度为0℃左右的自然循环条件下所需的冷却时间为：猪、牛胴体及副产品24小时，羊胴体18小时，家禽12小时。冷却间的湿度一般保持在90%~95%之间。

## (2) 鲜蛋冷却间

鲜蛋温度未冷却前为室外温度，要求在进冷藏间前应预先冷却，而且必须是缓慢的，经过24h后鲜蛋温度降至2~4℃，为此设计室内温度为±0℃，相对湿度为88%~90%，空气流速为1~2m/s，应控制制冷温度不能降低至蛋内容物的冻点以下，防止鲜蛋冻结。

获取更多资料

### (3) 果蔬与鲜蛋冷却（冷藏）间

鲜蛋要求的贮藏温度为 $0\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度在 $80\%\sim 85\%$ ；  
苹果要求的贮藏温度为 $0^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度在 $85\%\sim 90\%$ ；香蕉  
要求的贮藏温度为 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度在 $85\%$ 。

设计这类库房时应注意以下几点：

- 1) 冷却设备应具有灵活调节库内温度、湿度的能力；
- 2) 保证库内不同位置上的货堆各部分的风速、温度和湿度的均匀。一般最大温差于 $0.5^{\circ}\text{C}$ ，湿度差 $\leq 4\%$ ；
- 3) 可以调节空气成分，做到既能满足最低限度的呼吸要求，又能延长贮存期限，至少要有补充新鲜空气的设施。

## 2. 冷却间冷却设备的选型和布置设计

冷却间喷风口的设计要求：冷风机的喷风口以圆形为宜，圆形喷嘴的出口流速一般采用**20~25m/s**。喷口直径一般为**200~300mm**。喷嘴的长度与喷口直径之比取决于库房的长度，当库房的长 $<12\text{m}$ 时，取**3:2**；库房的长度为**12~15m**时，取**4:3**；库房的长度为**15~20m**时，取**1:1**

获取更多资料

## 5.2.2 冻结间冷却设备的选型和布置设计

### 1. 空气自然循环冻结间

这种冻结间温度为 $-18^{\circ}\text{C}$ ，冻结时间在48h以上，除在一些小型冷库内偶尔见到外，目前很少采用

### 2. 搁架式排管冻结间

搁架式排管冻结间的优点是设备结构简单，易于操作，又不必经常维修；缺点是管架的液柱作用较大，不能连续生产，进出货搬动劳动强度大，无吹风的搁架式排管冻结间内食品与空气间的换热效果差。

### 3. 强制空气循环冻结间

## 5.2.3 冷却物冷藏间

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

# 第六章 制冷管道设计

获取更多资料

微信搜索蓝领星球

# 一、制冷系统管道组成

1. 制冷剂管道：氨或氟利昂
2. 润滑油管道：制冷剂及润滑油 
3. 冷却水管道：水
4. 载冷剂管道：水或盐水

获取更多资料

微信搜索 领星球

## 二、制冷剂管道设计

由于制冷剂性质不同分为两大类

氨制冷系统管道  
氟利昂制冷系统管道

不同之处

管材选择

设计图表

安装布置

# 三、制冷剂管道管材选择

## 氨管道

1. 管材：无缝钢管
2. 管道连接：管与管焊接，管与管件法兰连接
3. 密封材料：普通橡胶

## 氟利昂管道

1. 管材：
  - $Dg < 25\text{mm}$  时选用紫铜管
  - $Dg \geq 25\text{mm}$  时选用无缝钢管
2. 管道连接：焊接、法兰连接、螺纹连接
3. 密封材料：特殊橡胶（如丁腈橡胶）



# 四、制冷剂管道参数计算

## 1. 管径计算:

(1) 公式法: 
$$D_n = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{M_R \cdot v}{\omega}}$$

氨管制冷剂流速推荐值  
氟管制冷剂流速推荐值

(2) 图表法:

氨制冷管道线算图

氟利昂制冷管道线算图

(3) 规格化管道:

## 2. 管道阻力计算:

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta Z = (L + L_d) \frac{\lambda}{dn} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

管件当量长度

# 五、制冷剂管道布置原则

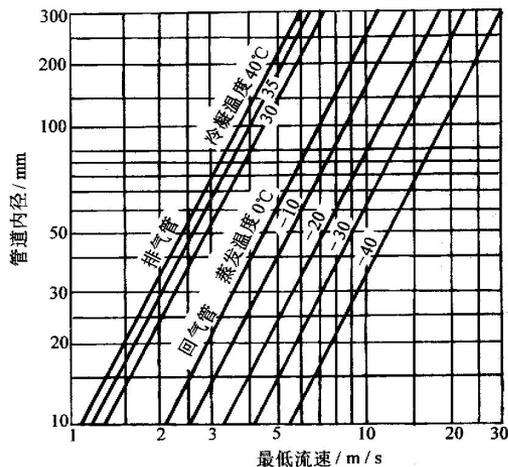
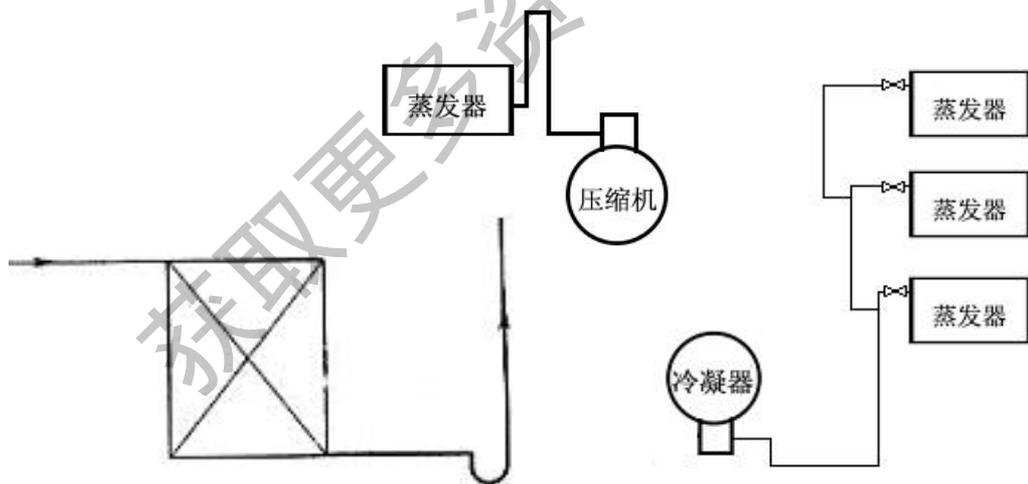
- 1.简单整齐、流向通畅、压力损失小、操作和检修方便。
- 2.供液管布置保证各蒸发器充分供液。
- 3.吸气管布置防止压缩机液击。
- 4.水平管道注意坡度、坡向的设计。
- 5.氟利昂系统应保证回油良好。
- 6.管道上仪表应安装在便于观察的地方。

## 氨管布置注意事项

- (1) **坡向和坡度**：系统水平管道布置应保证一定的坡向和坡度
- (2) **管架**：采用管架固定管道保证其挠度要求
- (3) **伸缩弯**：低压管道直线段超过100m  
高压管道直线段超过50m } 采用伸缩弯补偿变形
- (4) **液囊和气囊**：液体管避免“气囊”，气体管避免“液囊”
- (5) **冷桥**：管道穿过建筑物或使用支架时防止冷桥发生
- (6) **密封**：管道连接保证严密性

# 氟利昂管布置注意事项

- (1) 坡向和坡度：水平管坡向基本同制冷剂流动的方向
- (2) 防止压缩机液击处理：压缩机吸、排气管设倒U形上升立管
- (3) 回油问题：
  - a. 吸气管坡向压缩机
  - b. 设置油弯
  - c. 最低带油速度
  - d. 蒸发器冷却排管采用上进下出
- (4) 不同高度蒸发器连接布置：防止闪发蒸气聚集一个蒸发器中



R22 上升吸气管道与排气管道的回油最低流速

# 六、管道的保温

- 1、需保温的管道：  
低温制冷剂管道  
热氨融霜管道  
与低温设备连接的放油管+排液管

需保温的设备：氨液分离器，低压循环桶，排液桶

- 2、要求：  
保温材料包在管道设备外侧  
保温层外需设防潮层（注意密封）  
预防冷桥：管道穿墙+楼板时，保温防潮层不能中断  
管道支架处应垫浸泡沥青的木块

- 3、材料：  
保温材料：玻璃棉、软木、硅酸铝、聚苯乙烯、聚氨酯等  
防潮材料：沥青油毡、塑料薄膜、铝箔等

4、保温层厚度：
$$2\delta = \frac{2\lambda}{\alpha_w} \left( \frac{t_{\text{空}} - t_{\text{剂}}}{t_{\text{空}} - (t_{\text{露}} + 1)} - 1 \right) \leq D_1 \ln \frac{D_1}{D_2}$$

# 第七章 制冷机房的设计

7.1 机房设计的一般要求

7.2 压缩机的布置

7.3 辅助设备的布置



库房



机房

获取更多资料 微信搜索

## 7.1 机房设计的一般要求

### 7.1.1 机房建筑的要求

#### 1. 土建方面的要求

- (1) 在冷库的总平面布置中，应将机房布置在制冷负荷中心附近，靠近冷负荷最大的冷间，但不宜紧靠库区的主要交通干道，不宜放置在西边。
- (2) 机房在库内宜布置在夏季主导风向的下风向，但在生产区内一般应布置在锅炉房、煤场等散发尘埃场所的上风向。
- (3) 机房还应设在冷却塔的上风向，并留出一定的距离。机房四邻也不宜靠近人员密集的场所。
- (4) 另外除非特殊需要，一般不宜将机房布置在地下建筑内（人防和军用冷库不在此限）
- (5) 从建筑形式来说，机房以单层建筑居多。

## 2.暖通方面的要求

- (1) 机房内要求有采暖和通风设施;
- (2) 在采暖地区的机房在冬季应该采暖, 其室内采暖计算温度为 $15^{\circ}\text{C}$  (至少不低于 $12^{\circ}\text{C}$ );
- (3) 为了防止机器设备冻坏, 冬季停止运行时, 室内温度不低于 $5^{\circ}\text{C}$ ;
- (4) 采暖方式采用散热器;
- (5) 为避免漏氨时遇火爆炸, 机房内严禁用电炉、火炉等明火。

### 3.机房的供电和照明的要求

- (1) 冷库应按二级负荷供电，在负荷较小或地区供电条件困难时可采用一级回路专用线供电。对公称体积在**2500m<sup>3</sup>**以下的冷库，可按**3级**负荷供电；
- (2) 配电间应靠近机房；
- (3) 氨压缩机房宜安装氨气浓度自动检测装置；
- (4) 在机组控制台上设置事故紧急停机按钮；
- (5) 机房照明必须充足。

## 7.1.2 机房布置的要求

机房通常分成机器间和设备间两部分。机房内的制冷设备的布置必须符合制冷原理，流向应通畅，管道连接应当短而直，以确保生产操作安全和安装检修的方便，并且还要注意管道设备布置的美观。机房布置还应尽可能地紧凑，充分利用空间，以节约建筑面积。

获取更多资料

## 7.2 压缩机的布置

### 7.2.1 制冷压缩机的布置及相关要求

- (1) 单列式
- (2) 双列式
- (3) 对列式



获取更多资料 微信报 蓝球

## 7.2.2 机器间有关设备的布置要点

### 1. 总调节站的布置

总调节站在机器间内的位置，应能使各操作地点都能看到它上面的信号装置。总调节站是主要通道，并应留有足够的操作空间。靠墙布置的总调节站的横主管中心线与墙面的间距不应小于0.8m，以便安装和检修。总调节站阀门布置要合理，支管间距180~220mm。为便于操作，经常操作的阀门中心离地标高以1.2~1.5m为宜。



## 2. 中间冷却器的布置

中间冷却器应布置在与之连接的高压级和低压级制冷压缩机的近处，以缩短连接管路。冷却器的工作温度较低，应外包隔热层。

中间冷却器必须装设液面控制器，液面高度以淹没整个蛇形管为准。



### 3.油分离器的布置

凡不带自动回油装置、无水套的油分离器，且压缩机总制冷量大于 $83.72\text{kJ/h}$ 的宜设在室外，否则可随压缩机安装；系统中若采用卧式冷凝器或组合式冷凝器则不受此限。氨油分离器尽可能离压缩机远一些。专供库房冷却设备融霜用的油分离器宜设在机器间或设备间内，并应采用石棉、玻璃纤维、矿棉毡等耐高温材料做隔热层，切不可使用软木或泡沫塑料。



## 4. 冷凝器的布置

立式冷凝器安装在室外，位于离机房出入口较近的地方；

卧式冷凝器通常布置在设备间，布置时应当考虑在它的一端留有清洗和更换管子的空间。

淋式冷凝器多布置在室外较宽广的地方或机房的屋顶上，它的方位应使其排管垂直于该地区夏季主导风向。在风大的地区，冷凝器四周应做百叶挡水板。

蒸发式冷凝器多布置在机房的屋顶上，周围通风良好。



## 7.3 辅助设备的布置

### 7.3.1 设备间布置的一般要求

- 1) 须经常操作的通道不小于0.8m;
- 2) 不经常操作的或不通行的通道不小于0.3m;
- 3) 各容器与墙、柱的边缘距离不小于0.2m，  
设备隔热层的外壁与墙面、柱边的距离不小于0.4m.

设备间主要通道的宽度不小于1.5m。

在设备间布置容器时，应考虑窗户的开启方便和自然采光的条件。

## 7.3.2 设备间的布置形式

设备间一般分单层式和分层式布置。

单层式是全部设备都直接安装在地面的基础上，仅有较小的设备架在大设备之上。分层式往往是为了充分利用厂房高度或是为了操作上的需要或方便而采用，如立式循环桶与氨泵系统、卧式冷凝器与储氨器等

获取更多资料

## 7.3.3 设备间有关设备的布置要点

### 1. 贮液器的布置

贮液器一般布置在设备间，若设在室外，应有遮阳设施。贮液器应靠近冷凝器，其安装高度应与冷凝器配合，以保证液体自流进入，同时考虑不使油包碰地以及不影响放油操作。



SXAC系列卧式贮液器

制冷设备网 www.gdzu.com

## 2.排液桶的布置

排液桶一般布置在设备间靠近库房的一侧。如果设备间分为两层，排液桶设在底层。



## 3.氨液分离器的布置

氨液分离器布置在设备间内，其高度应使分离下来的氨液能自流到下方的低压贮液器或排液桶。

## 4. 低压循环桶和氨泵的布置

低压循环桶是氨泵供液系统专用设备，应按不同蒸发温度分别设置，多设在设备间。

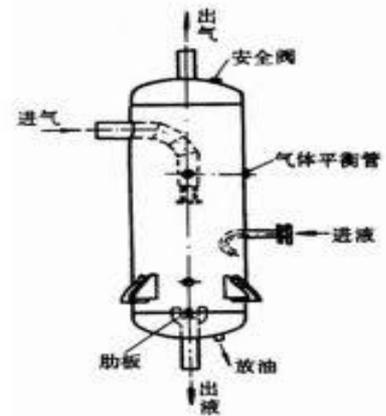


图11-14 氨液分离器

氨泵一般布置在低压循环桶的下面近处，基础稍高于地坪。

## 5. 集油器的布置

集油器可设在室内，也可设在室外，靠近油多、放油频繁的设备。

## 6. 空气分离器的布置

空气分离器应靠近冷凝器和贮液器布置。卧式空气分离器通常设在设备间的墙上，安装高度距地坪1.2m左右，进液端稍高。立式冷凝器必须包隔热层，它可支撑在贮液器或排液桶上，以节省占地面积。



# 第八章冷库制冷设备的选型计算

## • 冷却设备的选型计算

### 1. 冷却设备的选用原则

- 1) 所选用冷却设备的使用条件和计算条件应符合现行的制冷装置用冷却设备标准的要求
- 2) 冷却间、冻结间和冷却物冷藏间的冷却设备应采用冷却风机
- 3) 冻结物冷藏间的冷却设备可采用顶排管、墙排管和冷风机，一般当食品有良好的包装时，宜选用冷风机；无良好的包装时，可采用顶排管、墙排管。



冷却风机



排管



排管

- 4) 根据不同食品的冻结工艺要求选用合适的冻结设备，如冻结隧道、平板冻结器、螺旋冻结装置、流态化冻结装置及搁架式排管冻结装置等。
- 5) 包装间的冷却设备对室温高于-5度宜选用冷风机，室温低于-5度宜选用排管。
- 6) 冰库采用光滑顶排管。

获取更多资料

## 2.冷却设备冷却面积的计算

冷却面积的计算

$$A = \frac{Q_q}{k\Delta t}$$

式中K---冷却设备的传热系数

$\Delta t$ --- 库房空气温度与蒸汽温度之差

Q---冷却设备负荷

- 冷却设备蒸发温度确定

蒸发温度是根据工艺要求及节能等方面综合考虑而确定的，其取决于被冷却介质或被冷却环境所要求的温度。在氨直接冷却系统中，蒸发温度一般比冷间温度低10度左右；在氨间接冷却系统中，蒸发温度比载冷剂温度低5度。目前，一些要求较高或有特殊要求的冷库，例如高温库或气调库，为保证食品质量，减小干耗，趋向于减小温差，但这要以相应增大蒸发面积为代价。冷库蒸发器的设计温差可根据库房要求的相对湿度。

## • 冷凝器的选型计算

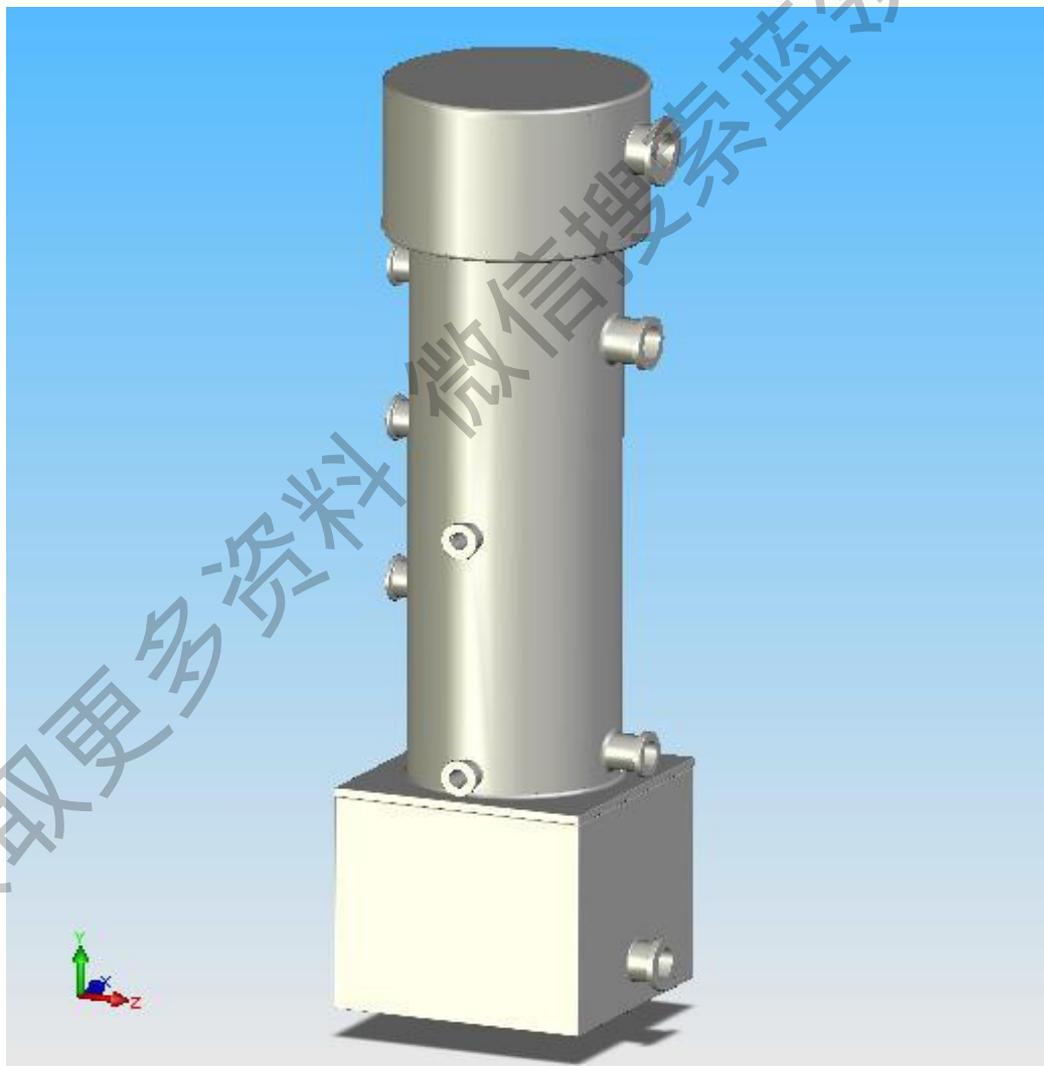
冷凝器的选型原则

冷凝器的选型取决于建厂地区的水温、水质、水量及气候条件，与机房的布置要求也有一定的关系，一般根据下列原则来选择：

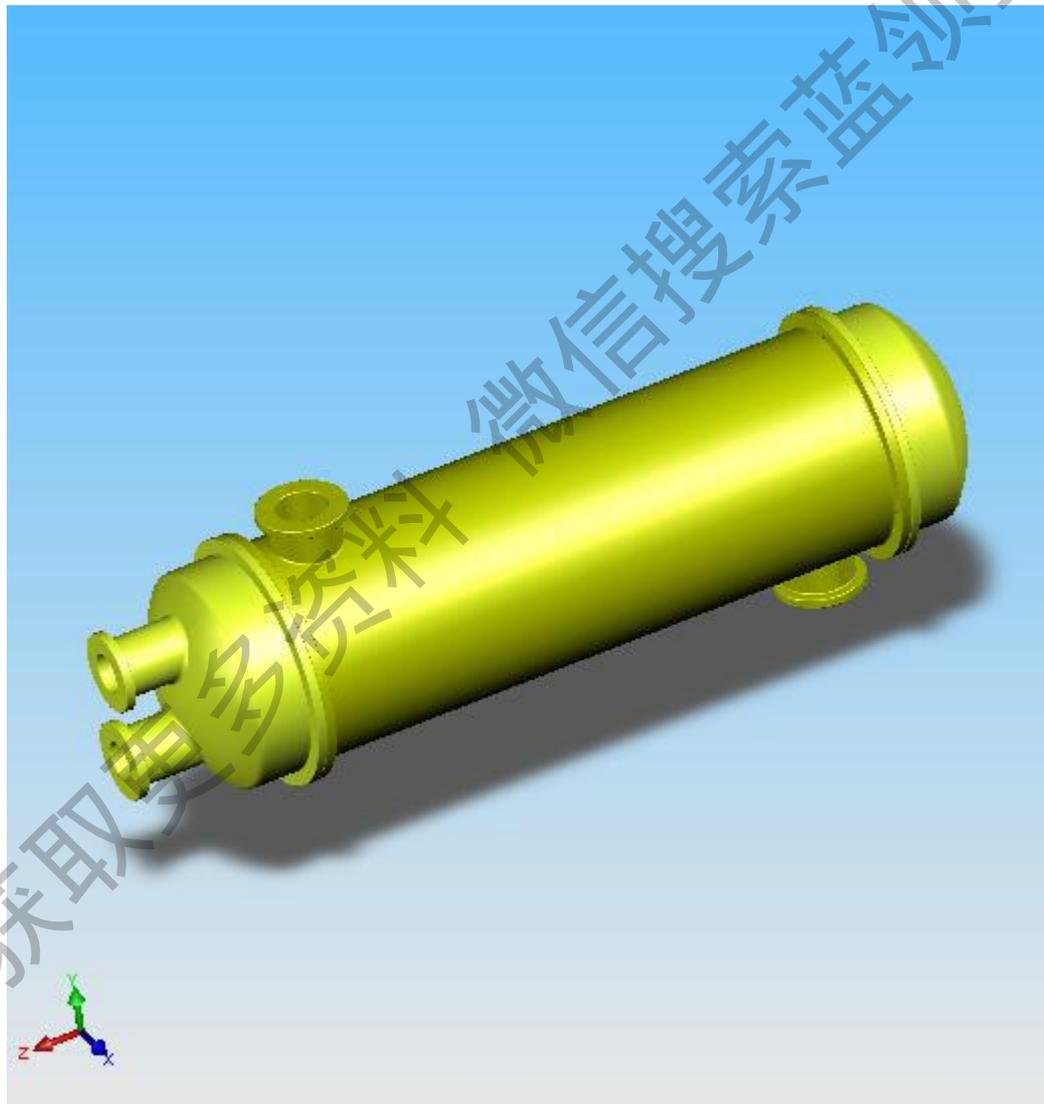
- 1) 立式冷凝器适用于水源丰富、但水质较差或水温较高的地区，一般布置在机房外面。
- 2) 卧式冷凝器和分组式冷凝器适用于水温较低、水质较好的地区，一般布置在机房设备间，广泛地应用于中小型氨和氟利昂系统中。
- 3) 淋浇式冷凝器适用于空气相对湿度较低、水源不足或水质条件较差的地区，一般布置在室外通风良好的地方。
- 4) 蒸发式冷凝器适用于空气相对湿度较低或缺水的地区，一般布置在室外通风良好的地方。

- 5) 空气冷却式冷凝器适用于水源比较紧张的地区和中小型氟利昂制冷系统。
- 6) 各种水冷式冷凝器都可采用冷却水循环冷却供水方式，当水源温度较高或冷凝器为一次用水时，不采用过冷却器。
- 7) 采用水冷式或蒸发式冷凝器，其冷凝温度应按现行国家标准GB50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》中规定的冷凝温度取值，但均不应超过40C。
- 8) 从设备费和维修费用看，蒸发式冷凝器最高。对大、中型制冷装置，蒸发式冷凝器同立式或卧式冷凝器与冷却塔的组合形式相比，建设初投资不相上下，但运行时蒸发式冷凝器节水节能。美国冷库制冷装置中主要使用蒸发式冷凝器。但对高温高湿地区来说，蒸发式冷凝器的使用效果不太理想。

# 1. 立式壳管式冷凝器



## 2. 卧式壳管式冷凝器



- 冷凝温度的确定

冷凝温度主要取决于冷凝器的形式、冷却方式和冷却介质的温度，以及制冷压缩机允许的排气温度和压力。

按规范规定，R22和R717为制冷剂时，一般冷凝温度不超过40C。，设计冷凝温度不宜超过39。C;R12为制冷剂时，冷凝温度允许高达50C，但一般应控制在45。C以下。

当冷凝器形式及冷却介质确定后，冷凝温度主要取决于冷却介质的温度。

对水冷式冷凝器，冷凝温度主要取决于冷却水的温度和水量;对空气冷却式冷凝器，其冷凝温度取决于空气的温度、相对湿度和空气在冷凝面上的流动情况。

获取更多资料

### (1)立式、卧式及淋浇式冷凝器冷凝温度的确定

这三种冷库冷凝器的冷却介质均为水在供水充足的前提下，其冷凝温度常以下式确定，即

$$t_L = t_1 + t_2/2 + \Delta t$$

式中  $t_L$ ——冷凝温度 (C)

$t_1$   $t_2$ ——冷凝器冷却水进、出口温度 (C。)，立式冷凝器的 $t_2 = t_1 + [1.5—3]$ ；卧式冷凝器的 $t_2 = t_1 + [4—6]$ ，淋浇式冷凝器的 $t_2 = t_1 + [2—3]$

(2)蒸发式冷凝器冷凝温度的确定 在蒸发式冷凝器中，蒸发管润湿表面的水分蒸发而引起的换热约占全部换热量的百分之80左右，因此水分蒸发的快慢直接与冷凝温度有关。在一定风速下，水分蒸发速度取决于室外空气的相对湿度，因此，以湿球温度为基准，考虑适当温差而确定。

热湿地区不宜采用蒸发式冷凝器。

(3)空气冷却式冷凝器冷凝温度的确定 冷库 空冷式(或称风冷式)冷凝器是以空气为冷却介质的冷凝器。制冷剂在冷却管内流动,而空气则在管外掠过,吸收管内制冷剂热量把它散发于周围大气中。为了加强空气侧的传热性能,通常都在管外加肋片(也称散热片):增加空气侧的传热面积。同时,采用通风机来加速空气流动,增加空气侧的传热效果。空式冷凝器的最大特点是不需要冷却水,因此特别适用于供水困难的地区。近年来中小型氟昂制冷系统采用空冷式冷凝器比较多。冷库空冷式冷凝器冷凝温度一般比夏季通风室外计算温度高 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$ 。

# 压缩机的选项计算

- 制冷压缩机选型的一般原则

1) 压缩机的制冷量应能满足冷库生产旺季高峰负荷的要求，所选机器制冷量应大于等于 $Q_j$ 一般不设备用机器。在选择压缩机时，按一年中最热季节的冷却水温度确定冷凝温度由冷兵磺凝温度和蒸发温度确定压缩机的运行工况。但是，冷库生产的高峰负荷并不一定恰好就在气哨温最高的季节，秋、冬、春三季冷却水温比较低(深井水除外)，冷凝温度也随之降低，压兵缩机的制冷量有所提高。因此，选择压缩机时应适当考虑到这方面的因素。

2) 单机容量和台数的确定。一般情况下， $Q_j$ 较大的冷库应选用大型压缩机，以免机器台数过多否则相反。压缩机用机总台数不宜少于2台。对于生活服务性小冷库，也可选用1台。



[www.hc360.com](http://www.hc360.com)

- 3) 为不同蒸发系统配备的压缩机，应适当考虑机组之间有互相备用的可能性，尽可能采用相同系列的压缩机，便于控制、管理及零配件互换。一个机器间所选压缩机的系列不宜超过两种，如仅有两台机器时应选用同一系列。
- 4) 系列压缩机带有能量调节装置，可以对单机制冷量作较大幅度的调节，但只适用于运行中负荷波动的调节，不宜用作季节性负荷变化的调节。季节性负荷变化的负荷调节宜配置与制冷能力相适应的机器，其制冷量宜大小搭配，才能取得较好的节能效果。
- 5) 氨制冷系统压力比 $p_L/p_z$ 等于8时用双级压缩；氟利昂制冷系统压力比 $p_L/p_z$ 等于10时采用双级压缩。
- 6) 制冷压缩机的工作条件不得超过制造厂家规定的压缩机使用条件。国产系列压缩机。选用压缩机时应按其制造厂家规定的技术条件采用技术标准。也可按国家标准《活塞式单级制冷压缩机》

## • 压缩机的选型计算

选型计算是根据制冷压缩机总负荷 $Q_j$ 为各蒸发系统选配制冷压缩机的具体计算方法单级活塞式压缩机的选型计算

如果设计工况与机器的标准工况基本相符时，可以不经换算，根据设计要求的机械负荷 $Q$ 直接从产品样本中选型和确定台数。但是，二者工况完全相符的情况是不多见的。若设计工况与机器的标准工况不同时，就需进行换算选型。换算选型的方法有两种，其中一种是以压缩机的理论输气量选型，另一种是以压缩机的标准工况制冷量选型。以压缩机的理论输气量选型，对于单级压缩制冷系统，其简单制冷装置流程。

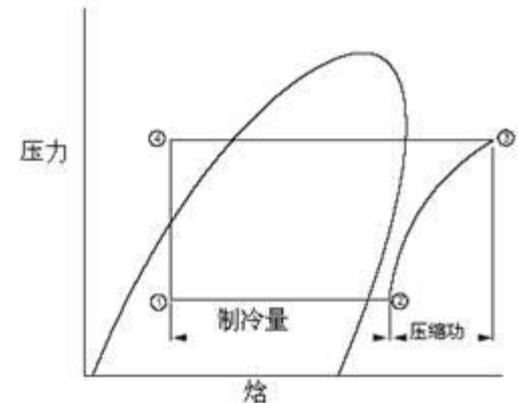
首先，作出制冷循环的压焓图，根据设计工况查出所需的各状态参数。

然后，求出设计工况条件下机器的单位容积制冷量 $q_v$ 以及输气系数值也可根据工况条件查得。

在压缩机实际工作过程中，气缸壁的温度总是高于吸入气体的温度，这样在吸气期间，冷的气体与热的气缸壁之间进行热交换，使吸入气体的温度升高，即气体的比体积也增高了。因此，每小时吸入的气体质量就会减少，所以引入温度系数 $\lambda$ 来表示。其计算方法大多是采用经验公式，对中小型空气压缩机而言，泄漏系数 $\lambda$ 表示活塞环、阀门等处不紧密造成的泄漏，一般取 $0.95 \sim 0.98$ 。

对中速立式制冷压缩机（ $n=720\text{r/min}$ ），余隙容积百分比 $C=4\% \sim 6\%$ 。

对氨制冷压缩机， $m=1.33$ ；对R12制冷压缩机， $m=1.13$ ；对照2制冷压缩机。



- (2)以压缩机的标准工况制冷量选型 压缩机的制冷量随着工况的变化而不同，在标准工况下的制冷量为标准制冷量 $Q_b$ 耗冷量计算所求得的压缩机总负荷 $Q_b$ ，是设计工况下所需要的制冷量，不是 $Q_j$ 因此，不用 $Q_b$ 直接选取压缩机，而应把 $Q_j$ 折算成标准工况下的制冷量 $Q_b$ 由于同一台压缩的理论输气量 $g_v$ 。是一定的，因此可得出设计制冷量和标准制冷量。
- (3)根据压缩机的性能曲线选型 压缩机制造厂对其制造的各种压缩机都要在实验台上对某种制冷剂和一定的工作条件，测出不同工况下的制冷量和轴功率，并据此作出压缩机的性能曲线。选型时，只要找到设计工况下不同型号的压缩机的制冷量，与计算出的机械负荷 $q$ 比较，再结合选机原则，即可方便地确定压缩机的型号、台数。
- (4)压缩机配电动机功率 $N$ 的选配 压缩机的轴功率是随工况而改变的，故所需电动机功率大小决定于使用工况。此外，制冷压缩在起动过程中要通过最大功率工况，因此，在确定电动机功率时还应考虑到这个因素。为了使所配电动机不仅能在使用工况下具有较高的效率，又能使压缩机通过最大功率工况，选配压缩机电动机时，应综合考虑压缩机的大1小、压缩机有无卸载装置、使用工况及运行要求等情况，合理地确定压缩轴功率。

我国生产的压缩机配用电动机功率，在旧标准中单级压缩机是按“标准工况”和 $n$ 最大 $l$ 功率工况“来选配的。这种匹配适应性较差，易造成电动机负荷偏低而浪费电能的现象。在新标准中，单级压缩机的电动机功率主要是按高温、中温、低温三种工况来匹配的，这 $W$ ，可以尽量选用与实际工况相接近的压缩机，大大减少了电动机功率与实际需要不相匹配的情况，从而提高了电动机的运行效率。

- 实际计算后，求得压缩机的功率后，就可以这样来校核电动机轴功率。
  - 1)电动机直接传动的轴功率即等于压缩机的轴功率，但选用电动机时应增加储备功率 $15\%$ 。
  - 2)带传动的电动机功率应再增加带摩擦损失 $3\%$ 。
  - 3)制冷压缩机起动转矩，有旁通轻载起动者，等于正常转矩的 $1.4\sim 1.6$ 倍。没有旁通电载起动者，则为 $1.8\sim 2.0$ 倍，但制冷压缩机实际所需转矩很难计算，配用电动机时应按制冷压缩机制造厂试验结果决定。在进行校核计算时，应按压缩机在实际工作时可能出现的最大功率对应的工况进行校核计算。对于经常在较低蒸发温度下工作的压缩机，又苟卸载等措施时，可按正常工作时的工况校核计算。

获取更多

# 冷库节流机构的选型计算

- 热力膨胀阀的选型

**热力膨胀阀**是氟利昂制冷系统中最常用的节流装置，它根据感温包在回气管道上感受到的过热度来调节阀的开启度，调节供液量，在一定范围内起到自动供液的作用。

热力膨胀阀适用于没有自由液面的蒸发器，它有内平衡式和外平衡式两种形式，平衡式阀的结构及安装较复杂，一般情况下使用**内平衡**式。但是，以R12为制冷剂，流过蒸发器引起的压力降相当于饱和温度降超过 $2t$ 时，或以R22为制冷剂，流过蒸发器引起的压力降相当于饱和温度降超过 $1t$ 时，采用**外平衡式热力膨胀阀**。

热力膨胀阀的型号较多，规格、型号不同的**热力膨胀阀**制冷量也不一样，选配时主要根据制冷量的大小、制冷剂的种类、节流前后的压力差、蒸发器管内制冷剂的流动阻力，设计中根据实际制冷量来选型。要注意的是，表中制冷量是额定能量，即往阀全开启状态下且阀前液体没有闪发气体条件下的制冷量。而在实际系统中，有时在热力膨胀阀前的液体管道中因阻力损失等出现闪发气体，致使通过热力膨胀阀的制冷剂流量小于应有流量，导致阀的能量降低。因此，可将设备负荷增加 $20\%—30\%$ 来选容量，也可根据阀前阻力损失的大小，对其额定能量修正后再选型。



热力膨胀阀

- 手动节流阀的选型

手动节流阀是用阀的开启度来调节进入蒸发器的制冷剂流量、压力和温度。选型时，一方面根据阀前后压力差、阀门等处制冷回路的制冷量 (稍大于对应阀后的实际制冷量)，确定阀门的通路，选择与之相对应的节流阀型号。另一方面，还可以大体上按制冷剂流量来选择节流阀的规格，一般可直接按设备上管接口的规格选用手动节流阀。



手动节流阀

# 第九章 制冰与冰的设计

冰可分为天然冰和机制冰。

机制冰是利用机械制冷所制造的冰块。

机制冰有盐水制冰和快速制冰两种制造方法。

机制冰按设备和冰的大小、形状可分为桶冰（盐水制冰）和碎冰（如管冰、片冰、雪冰、鳞冰等）两类

# 9.1 冻结过程分析与制冰冷负荷的计算

## 一. 冰的分类

- 一般地说，自然界的水在 $0^{\circ}\text{C}$ 时，就会结成冰的称之为**天然冰**
- 通常以人工制冷方法制成的冰，称为**人造冰或机制冰**

## 表 9-1 冰的分类

分类方式	冰的名称	冰的制取特点或型式
按用途分	工农业用冰	用普通自来水或纯净海水冻结成的冰
	食用冰	用经过消毒的食用水制成的冰
按冰的形状分	块冰	冻成的冰外形呈块（桶）状
	管冰	制成的冰外形呈管段形状，管段呈圆柱形中间透空
	片冰	制成的冰外形呈薄片状，厚度约为3mm小于5mm的冰为片冰
	板冰	厚度约为5~10mm的平板形或圆弧形冰
	冰晶冰	在冷盐水中结晶形成的冰
	颗粒冰	有圆形、方形、异形、雪花和鳞形等各种花色形状的冰
	冰霜（泥冰）	霜和细小冰的混合物

续上表

按冰的颜色分	白冰	水结成冰时，冰体中含有空气，使冰体不透明呈乳白色，如桶式块冰
	透明冰	在白冰的生产过程中，增加“吹气”和“抽芯水”工艺所制得的冰
	彩色冰	在食用生产过程中，增加食用色素所制得的冰
按冰中 有无添加剂分	无味冰	以符合卫生条件的水，不加任何处理而制得的冰
	咸味冰	含有一定盐分的冰
	调味冰	在食用冰中含有适量调味品的冰，一般用于冷饮
	防腐冰	在水中加入消毒剂、防腐剂制成的冰，一般用于冰鲜鱼货

表 9-2 制冰方式的分类

分类方式	冰的名称	冰的制取特点或型式
按获取方式分	天然冰	江、河、海水中的天然冰
	人造冰	各种人工制冷方式获得的冰
按制冷原理分	直接蒸发制冷	各类快速制冰方式
	间接蒸发制冷	桶式盐水制冰装置
按制冰速度分	快速制冰	片冰机、管冰机等
	慢速制冰	桶式盐水制冰装置
按使用对象分	工农业制冰	工农业生产过程用冰，如建筑施工、冶炼等用冰
	商业制冰	餐饮业和冷饮品商店使用
	家庭制冰	家庭小型制冰机
按出冰方式分	连续制冰	片冰机、结晶冰机等
	间歇制冰	板冰机、管冰机等

## 二. 冰的物理性质

- 冰是一种透明的六方晶系的晶体结构
- 纯净的水在正常的大气压下，到 $0^{\circ}\text{C}$ 就会结冰
- 如水中含有杂质，压力增加，水的结冰点都会下降
- 冰的熔点即为水的冰点
- 随着大气压升高，冰的熔点也升高
- 冰的融解热为 $331.6\sim 335.7\text{kJ/kg}$ ，通常取 $335\text{ kJ/kg}$

- 冰的比重与其温度、冰形成时的环境压力、冰中有否空气泡和水的纯度有关
- 水结成冰后，密度减少，体积增大
- 一般在实用上，冰的温度从 $0^{\circ}\text{C}$ 到 $-20^{\circ}\text{C}$ 时，其平均比热容取 $2.1\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ，而水的比热容为 $4.2\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ，仅为水的一半
- 冰的热导率与其温度有关，随着温度的降低而增加

## 9.2 盐水制冰

### 一. 盐水制冰

- **缺点：**虽然存在占地面积大，耗用金属材料多，辅助设备多，维修费用高等
- **优点：**制冰方法简单，制冰量稳定，冰块不易脆裂，整体性较好
- 在用冰量大的渔业生产、化工染料生产等场合中得到广泛地运用。装置见[图9-1](#)，盐水制冰制冷、供水原理如[图9-2](#)

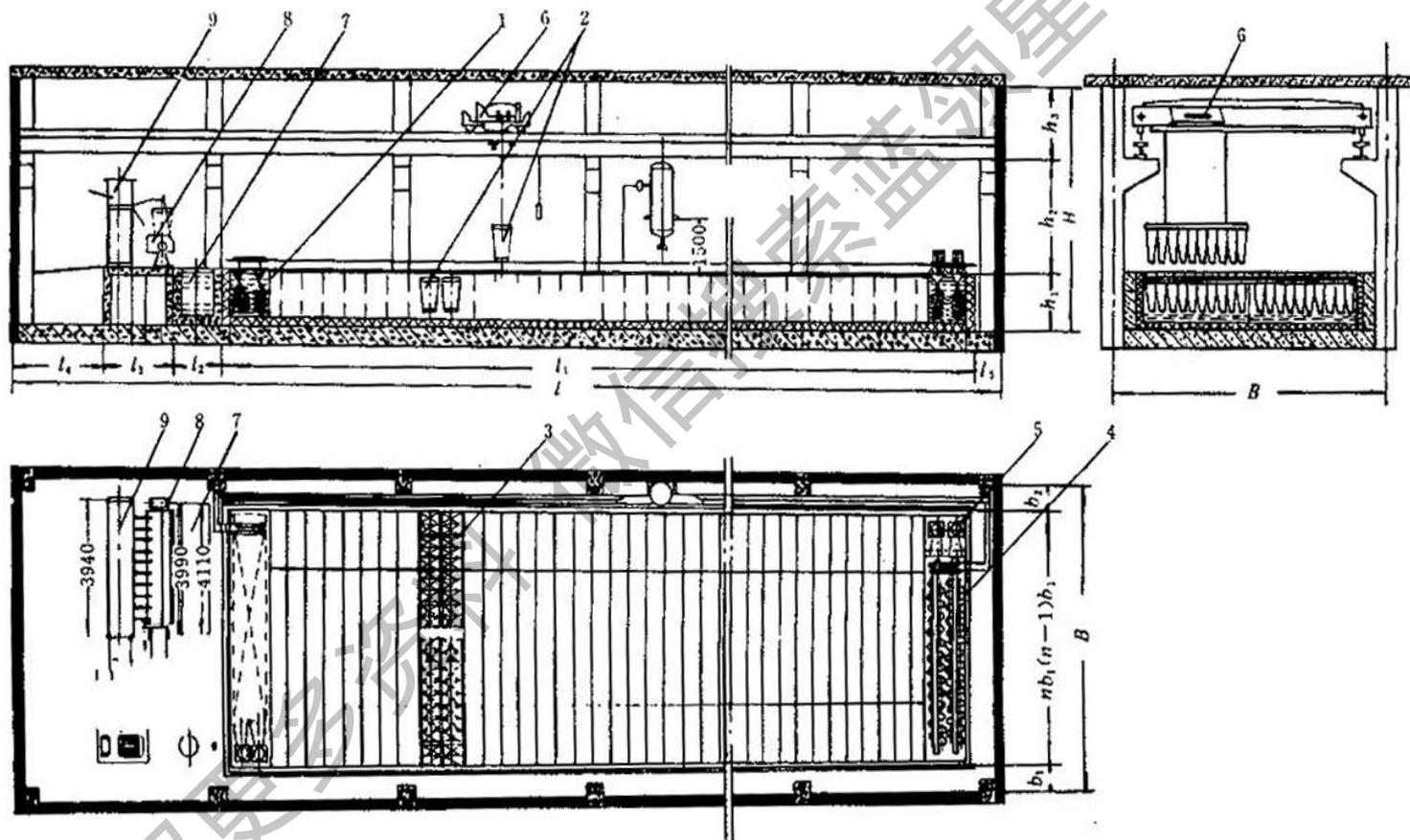
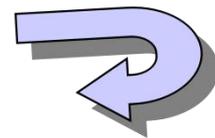


图 9-1 盐水间接冷却制冰装置

- 1—制冰池 2—冰桶 3—冰桶架 4—蒸发器 5—搅拌器  
6—吊冰行车 7—融冰槽 8—倒冰架 9—加冰器



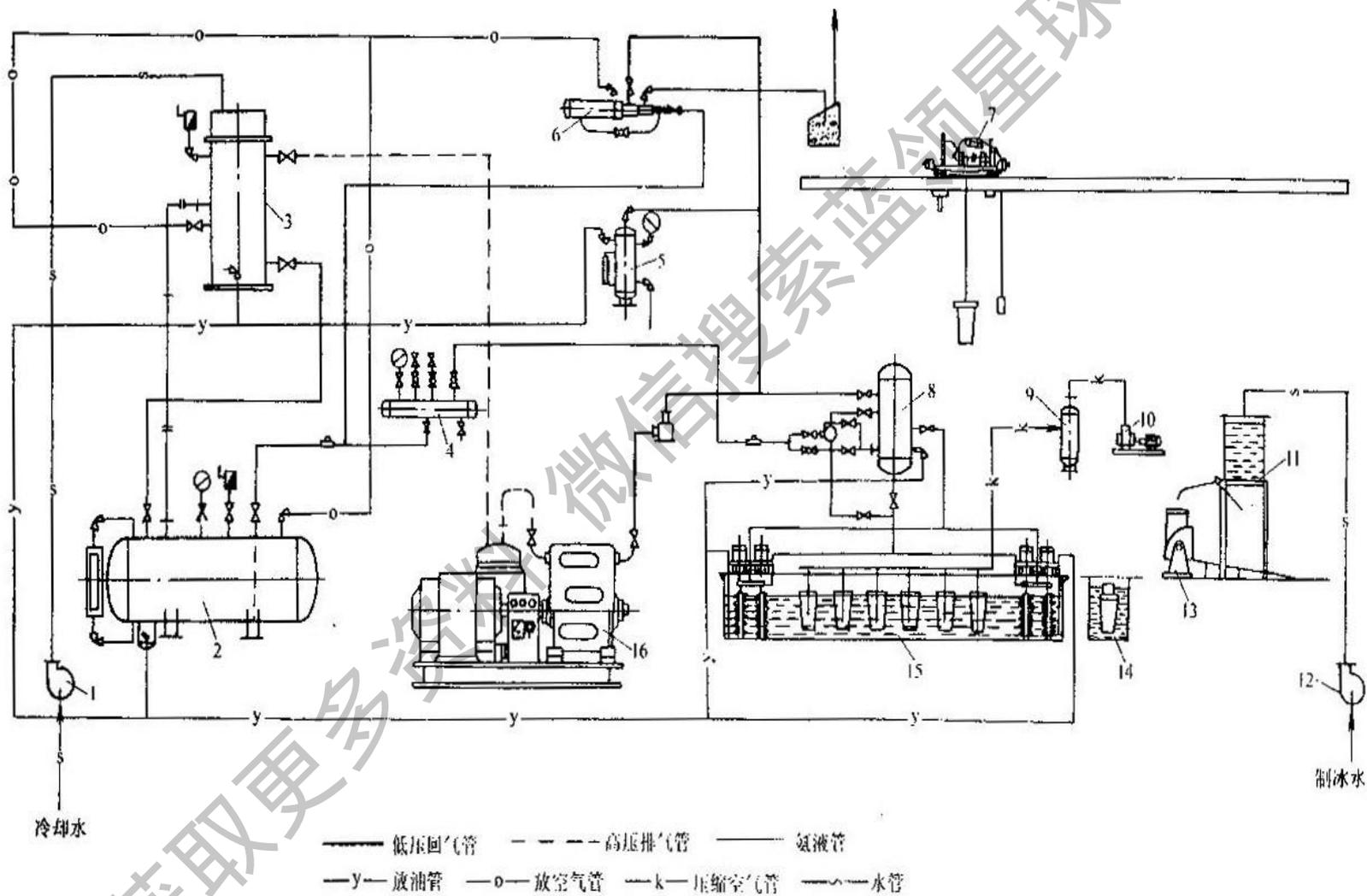
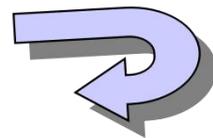


图 9-2 盐水制冰制冷、供水原理图



- 氯化钠与氯化钙

盐水制冰设备所采用的盐水，一般为氯化钠或氯化钙溶液

氯化钠与氯化钙的密度，见[表9—7](#)

[盐水的密度与波美度换算](#)

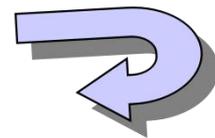
[盐水的温度](#)

[适用场合](#)

表 9-7 氯化钠与氯化钙的密度

课本 P290

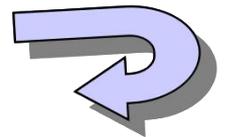
获取更多资料 微信搜索 蓝领星球



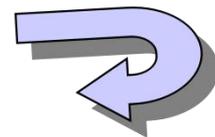
## 盐水的密度与波美度换算

$$\rho_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{144.1}{(144.3 - x)}$$

式中： $\rho_{20^{\circ}\text{C}}$ ——20°C时盐水的密度，g/cm<sup>3</sup>；  
 $x$ ——盐水的波美度。

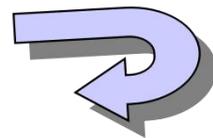


- 盐的浓度取决于要求的盐水工作温度，其凝固点一般应比制冷剂的蒸发温度低 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$
- 氯化钠 ( $\text{NaCl}$ ) 仅运用于 $-16^{\circ}\text{C}$ 以上的蒸发温度
- 氯化钙 ( $\text{CaCl}_2$ ) 则可在 $-50^{\circ}\text{C}$ 以上的蒸发温度时采用（盐水的浓度与温度的关系见第二章）



- **氯化钠溶液**多用于冰池、食品冻结装置，如鱼类或肉类副产品的冻结装置
- **氯化钙溶液**的共晶温度比氯化钠溶液低的多，但不能与食品接触。

获取更多资料 微信专家引领星球



## 二. 盐水中防腐措施

盐水对冰池中的金属材料的腐蚀一般很强烈，加防腐剂和防腐是一种实用、简单的方法。

- 加防腐剂防腐的原理：

冰池中加防腐剂是增加盐水浓度和pH值，使之控制盐水对金属腐蚀峰值，减少对金属的腐蚀；

加了防腐剂的另一个作用是与金属直接发生反应，使金属表层生成一层保护膜，减少盐水对金属的腐蚀。

- 盐水对金属有不同程度的腐蚀性，为减少盐水对金属腐蚀，盐水的pH值宜控制在7~9之间，**略带碱性**为好；波美度为**18~24度**

**偏酸**：盐水吸收空气中的CO<sub>2</sub>后，变为酸性

**偏碱** (pH>9)：往往是氨渗进盐水

吸收空气中的水分，盐水浓度会降低，这会使盐水的凝固点升高、蓄冷量减少，还会加剧盐水对金属的腐蚀作用

- 重铬酸钠 ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) 添加法

目前盐水常用的防腐剂是重铬酸钠和氢氧化钠的混合物，质量比为100:27

氯化钙盐水在15°C时应保持密度为 $1.19 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，即波美度23度。每立方米应加1.6kg重铬酸钠，如盐水仍呈中性，则需按重铬酸质量的27%加添氢氧化钠；

氯化钠盐水在15°C时应保持密度为 $1.17 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 左右，即波美度21度。每立方米应加3.2kg重铬酸钠和5.4kg氢氧化钠；

盐水应保持弱碱性，以pH=8.5为最佳，酚酞试剂呈玫瑰色为宜。

## • 制冰池盐水检查及调整办法

规定食盐水的浓度标准最高不高于波美度21.1度；最低不低于波美度19度

盐水温度标准：盐水温度不能低于-14.2℃

盐水酸碱度标准：盐水应经常维持在弱碱性即pH值为7.5~8.5之间

盐水加防腐剂“红矾纳”（重铬酸钠）

检查及调整时间：盐水的浓度，酸碱度，每月至少检查调整一次

## 检查调整方法：

**密度**用比重计测定，加盐注意清洁，加入冰池中，必须过滤，以免杂物、泥砂混入盐水

**酸碱度**用酸碱试纸测定，如酸碱度（pH值）低于7.5时（7以下为酸性）应加“烧碱”（氢氧化钠）

加“红矾钠” **每年一次**，一般在冰池大修后

### 三. 盐水制冰热负荷计算

#### 1. 冻冰耗冷量

冰桶内的水降至 $0^{\circ}\text{C}$ 放出显热，然后结成 $0^{\circ}\text{C}$ 的冰，又放出潜热， $0^{\circ}\text{C}$ 的冰降至终温还有显热放出，所以冻冰耗冷量 (KW) 为：

$$Q_1 = \frac{1000G}{24 \times 3600} [4.187(t_s - 0) + 334.96 + 2.1(0 - t_b)]$$

## 2.冰桶耗冷量(KW)

$$Q_2 = \frac{1000GW(t_0 - t_b) \times 0.4187}{24 \times 3600g}$$

## 3.盐水搅拌器运转耗冷量(KW)

$$Q_3 = P_z$$

## 4.制冰池传热耗冷量 (KW)

$$Q_4 = \sum KA(t - t_y)$$

## 5. 融冰耗冷量 (KW)

$$Q_5 = 900 A_b \frac{\delta}{\rho} Q_1$$

汇总可得

$$\sum Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \times 1.15$$

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 四 制冰设备的选择计算

### 1.制冰池的制冰生产能力

$$G = 24gn_b / 1000t_j$$

式中 **G**---制冰池每天的制冰生产能力 (t)

**g**---每桶冰的质量 (kg)

**nb**---冰桶的数量

**t<sub>j</sub>**---结冰的时间 (h)

**24**---一天换成小时的时间数值

## 2. 结冰时间

$$t_j = 0.01 \times c l_b^2 / (-t_y)$$

式中 **C**---系数，与制冰池的设计、盐水流速、冰块顶部与盐水水面高度差有关，取**0.53~0.6**

**l<sub>b</sub>**---冰块顶端横断面短边的长度 (mm)

**t<sub>y</sub>**---制冰池内盐水的表面温度

### 3. 冰桶的数量

$$n_b = G(t + t') \times 1000 / 24g = 41.5G(t + t') / g$$

式中  $n_b$ ---冰桶的数量

$G$ ---制冰池每天的制冰生产能力 (t)

$t$ ---水在冰桶中冻结的时间 (h)

$t'$ ---提冰、脱冰、加水、入池等操作所需时间 (一般取0.1~0.15h)

$g$ ---每一桶冰的质量 (kg)

## 4. 盐水搅拌器的流量

$$q = w_y A$$

式中  $q$ ---盐水搅拌器流量

$w_y$ ---盐水流速，一般蒸发器管间不小于0.7m/s，冰桶之间可取0.5m/s

$A$ ---蒸发器部分或冰桶之间盐水流经的净断面积

获取更多资料 蓝领星球

## 9.3 快速制冰

### 一. 桶式快速制冰机

#### 1. 国产AJB-15/24桶式快速制冰机

- 产冰能力15t/d，其产冰速度约每110分钟循环出冰一次，24小时内出冰13次，共15吨
- 冰块尺寸：上部断面172×268mm，下部断面198×288mm，长1180mm，内有11孔，重50千克/块
- 生产条件：氨蒸发温度-15~-16℃；给水温度+25℃；予冷后水温+6~+10℃；制冷量8.7~10.5kW；冰块温度-11℃

## 2. 制冰原理

原料水加进合上底盖的冰桶之后，制冷剂由氨泵送入冰桶夹层和冰桶中心指状套管蒸发器，蒸发制冷；冰即沿桶壁和指状蒸发器逐渐形成，最后全部结成一体；然后以热制冷剂脱冰。见[图9-3](#)

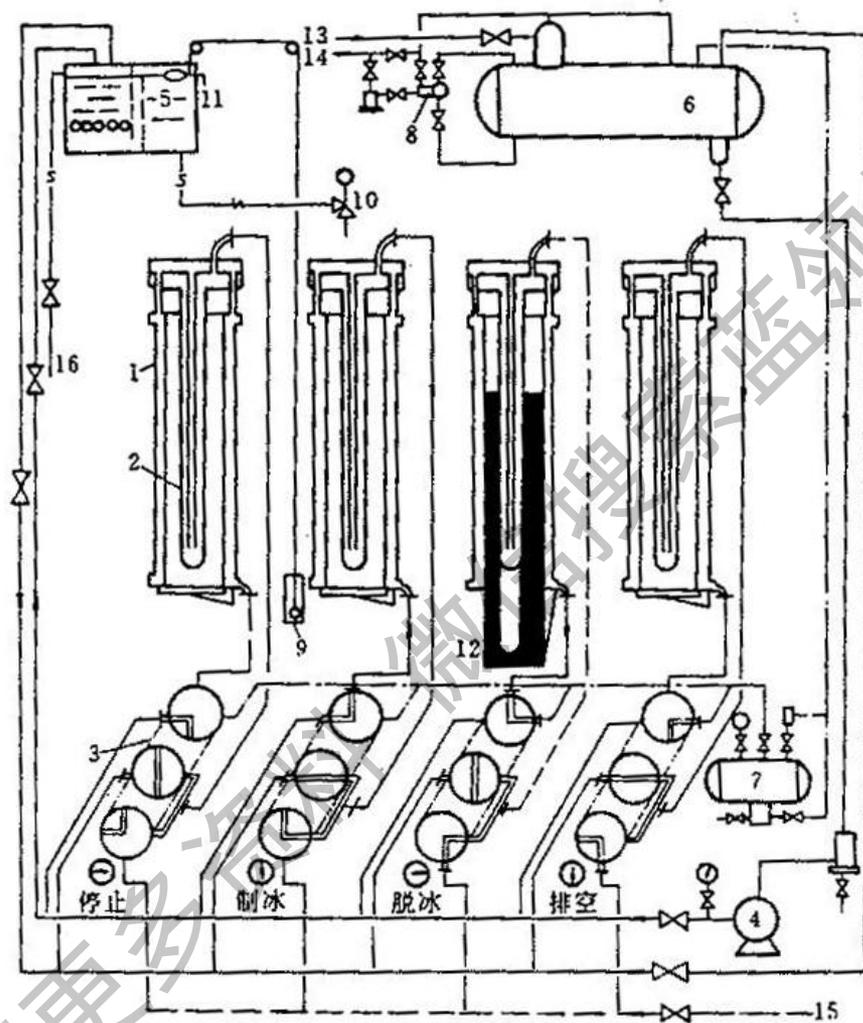
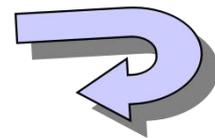


图 9-3 AJB-15/24桶式快速制冰机原理图

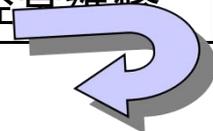


### 3. 优缺点：

- **优点：**结冰速度快（每个生产周期约**2.5小时**），冰温较低（约**-10~-11℃**），耗钢材少、占地面积省
- **缺点：**但冰块内许多细小气泡，冰块比重较小，质地较脆，容易融化，在贮存、堆放、搬运时的损耗和使用效果，都不如盐水间接冷却制造的冰块
- 桶式快速制冰与盐水制冰的比较（见[表9-14](#)）

表 9-14 15吨桶式快速制冰机和15吨盐水制冰的技术经济比较

比较项目	日产15吨桶式快速制冰机设备	日产15吨盐水制冰设备
设备质量	约9吨	约15吨
占地面积	23米 <sup>2</sup>	70米 <sup>2</sup>
土建费用	较便宜	投资较大
起重设备	不需要	3吨单梁式行车（吊冰机）
腐蚀性	无	严重
耗盐量	无	大
冻结周期	不大于1.8小时	16~24小时
起动时间	不大于2.5小时	1.5天
冰块产量调节	20~100%	调节困难
冰块质量	较脆、易碎、易断、易融化	冰块温度-1.5℃、坚固、融化较慢
操作	操作频繁	操作简单
设备维修	托冰车、翻板等项经常维修	由于腐蚀，冰池/冰桶经常维修



## 二. 管冰机和壳冰机

### 1. 管冰机

- **制冰原理：**冰在直立壳管式蒸发器管子（直径为50毫米）内形成水沿管子的内表面以薄层状流动，并逐渐冻结成冰管
- **优点：**管冰机结构紧凑、占地面积小、生产成本低、制冷效率高、节能效果好、安装周期短、操作方便

## 2. 壳冰机

- 壳冰机也是一种**间歇式制冰装置**，工作原理类似于管冰机，只是没有切冰机
- 制的冰为**弧形的壳状冰**
- 壳冰机的主体是一个**双层的**不锈钢立式蒸发管，制冰器由多个**双层圆锥管**组成

### 三. 片冰机

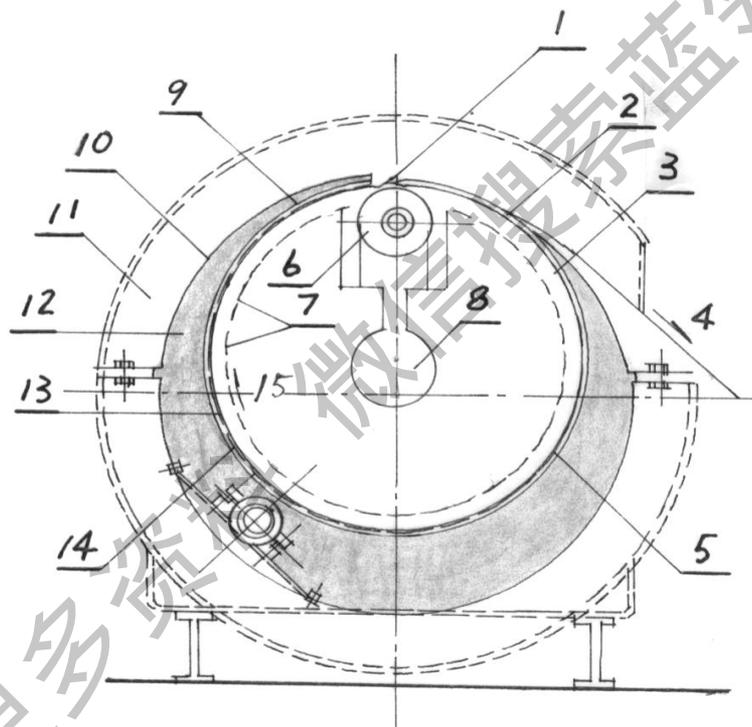
#### 片冰的优点:

- 过冷度大
- 干燥松散
- 冰鲜冷却速度快

#### 片冰的缺点:

- 密度小
- 装载体积大
- 在大气和隔热性能差的舱室中融化速度快

# 1. 卧式片冰机

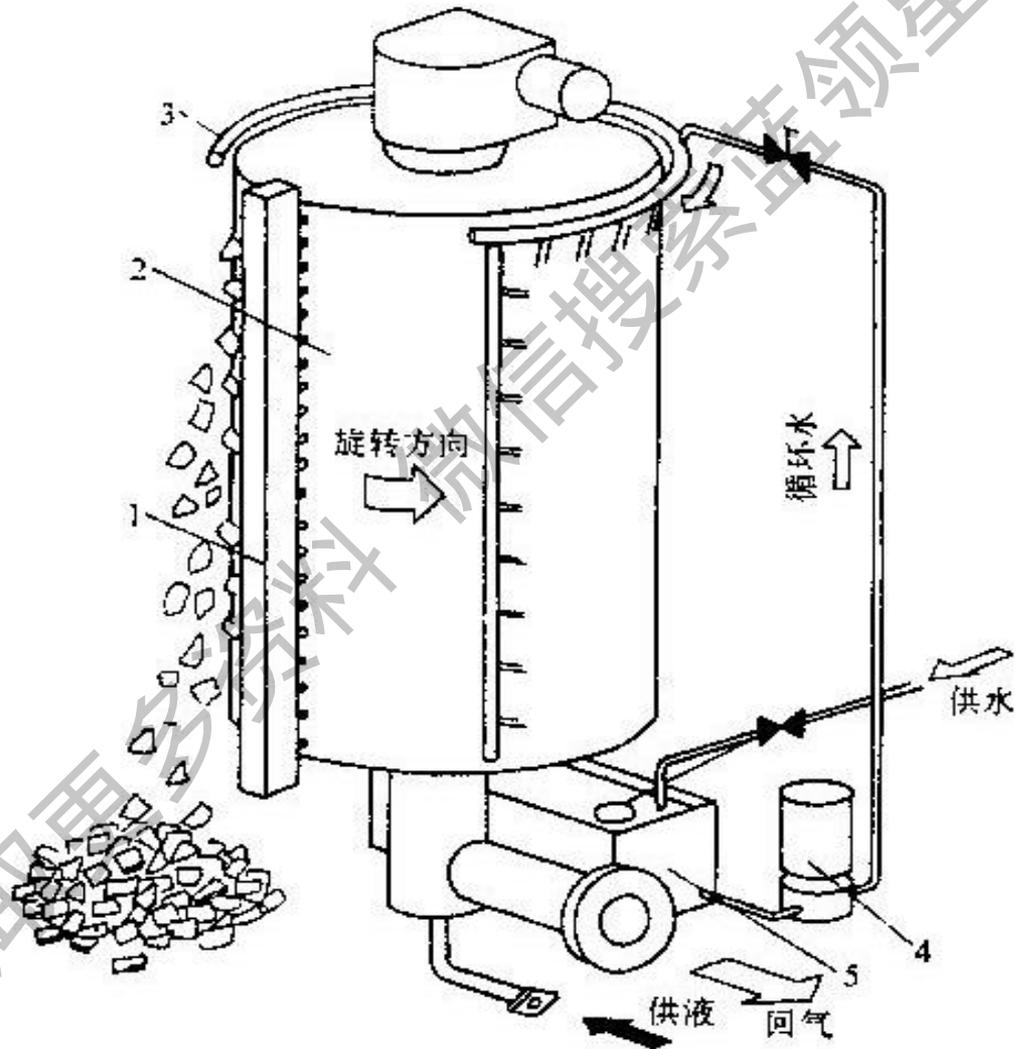


**Ps:** 现在片冰机的园桶采用不锈钢来制造，循环的冷盐水改用制冷剂直接冷却，使园桶外的原料水结冰



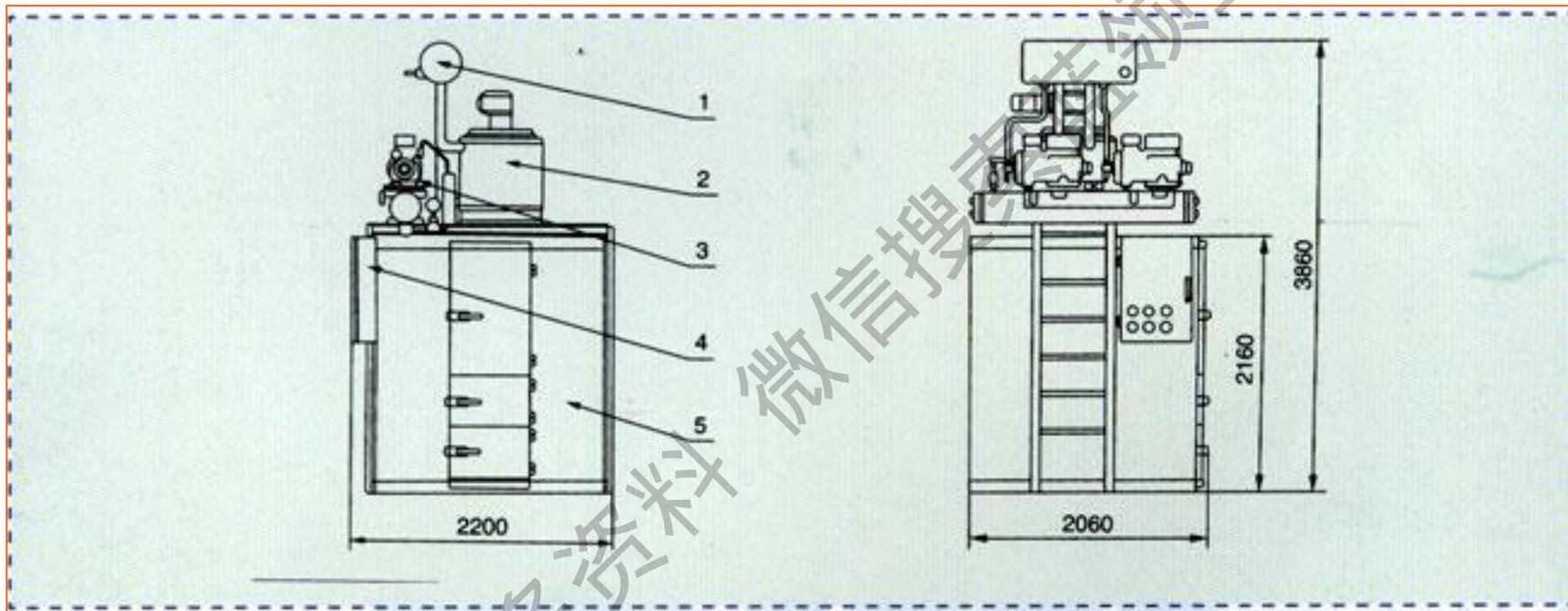
## 1. 卧式片冰机

## 2. 立式片冰机





## 2. 立式片冰机



LBF立式片冰机

1. 气液分离器
2. 制冰筒
3. 压缩机组
4. 电控箱
5. 冰库

## 四. 板冰机

- **板冰**：是在设有制冷剂循环通路的冷却平板表面淋水冻结而成厚**15mm**左右的平板状冰层，板上冰层以热制冷剂或电加热的盐水融冰，并靠重力使冰下落时，被轧成碎冰（进口的板冰机自带碎冰装置），形成不规则（大约**40×40mm**）碎冰块，故称为板冰。

- 板冰机是一种**快速制冰装置**，其优点相近于片冰机  
板冰机多为陆用，也可为船用
- 板冰机的结构型式有**平板两面淋水**和**倾斜平板单面淋水**两种
- 板冰机一般**体积较大**
- 板冰呈透明状态，**冰坚硬密实**，厚度大于片冰，过冷度更大

## 五. 冰晶冰制冰机

- **与其他制冰机的区别**：其制冰器为一个卧式壳管式蒸发器，海水在蒸发器冻结形成细小的冰晶，一定直径的冰晶被滤出后，可用水泵输送。
- **优点**：不需淡水，十分便于渔船应用

## 总结：

- **大规模**的陆上制冰生产，以盐水间接冷却制冰法为主
- 管冰、微粒冰等制冰法为**中等规模**为宜
- 在**船上**运用则以片冰、板冰为主
- 上述这些快速制冰装置，除了机电一体化外的制冰机外，往往还配套贮冰系统，如[图9-10](#)为快速制冰系统应用示意图

## 9.4 冰的贮存及其冰库的设计与布置

- 冰库是用于贮存冰的冷间，又称贮冰间

### 9.4.1 冰库容量的确定

冰库容量根据冰的生产和使用情况确定，短期贮存一般可取3~7天制冰量，长期贮存一般可取15~30天制冰量。板冰、片冰、管冰是直接蒸发冷却制冰，可随时制冰随时使用，不宜长期贮存。

## 9.4.2 冰库容量的计算

冰库容量的计算方法与第三章中的冷藏库容量计算是一致的。

获取更多资料 微信搜索蓝球星球

## 9.4.3 冰库的设计要求

### (1) 库温

冰库的温度与冰的种类和原料水有关。贮存盐水制冰所制的淡水冰块，库温为 $-4\sim-6^{\circ}\text{C}$ ；贮存快速制冰的淡水冰块，库温为 $-8^{\circ}\text{C}$ ；贮存淡水片冰，库温为 $-12^{\circ}\text{C}$ 以下；贮存海水片冰，库温为 $-20^{\circ}\text{C}$ 左右。

## (2) 冷却设备

冰库一般采用光滑顶排管作冷却设备，不宜采用墙排管，以免冰垛倒塌以及装卸时冰块碰撞而危及墙排管。需增设墙排管时，应将其布置在冰垛以上的高度，也不宜采用不便于除霜的翅片管。

获取更多资料

### (3) 建筑要求

冰库的墙壁要设护壁。常用35mm×10mm的竹片钉在75mm×50mm的木龙骨架上形成栅状护板，高度以堆冰高度为准。

### (4) 堆冰高度

人工堆装，以不超过2.0~2.4m为宜；地面机械提升，不超过4.4m；吊车提升，不超过6.0m；碎冰，不宜超过3.0m。

### (5) 冰库的地面标高

冰库与制冰间同层相邻布置时，进冰洞应与制冰间的滑冰台直接相通，冰库地面标高应低于滑冰台，进出冰共用一个洞口时，冰库地面标高与进冰洞口最低点取平。采用机械设备进出冰时，标高不受限制。

## (6) 冰库的建筑净高

参考库内堆冰高度确定。冰堆上表面距顶排管应有1.2m的空间，以便操作。层高较高的冰库，可上下设置库门，当库内冰块堆至一定高度时，从上面门出入。

获取更多资料

微信

全球

#### 9.4.4 制冰间、冰库平面布置

制冰间应靠近机器设备间，以便于操作调节及缩短制冷管线。减少能量损失，还要考虑到贮冰、出冰操作方便。

制冰间应具有良好的通风与采光，以利于操作和排除室内过大的湿气。在一个制冰间内，如果设置几个制冰池时，应尽量沿水池的纵向排列，这样可以使两个冰池共用一套行车、脱冰、加冰等辅助设备。但当水池的长度已经很长时，这样布置就不合理了，应采用横向并排排列的形式。设计时应根据具体情况来定。

- 冰库接近制冰间，附设有碎冰机台及滑冰道等结构建筑物，冰库一般与冷藏库合在一栋建筑物内，也有与制冰间及碎冰机平台组成一个建筑单位的。冰库一般设在站台旁，便于出冰。

获取更多资料

微信搜一搜

## 9.5 制冰及贮冰负荷的估算

- 有时先利用经验数据来估算制冰及贮冰负荷，最后用计算公式进行核算。
- 估算盐水制冰时，1t冰的制冷机负荷配为6.4~7.0kw，有时加大配至8.2kw；估算快速制冰时，1t冰的制冷机负荷配有冰时，1t冰的制冷机负荷配有8.2~9.3kw.

制冰池中的蒸发面积，1t冰配3m<sup>2</sup>；冰库的蒸发面积，一般用冰库净面积来选配，1m<sup>3</sup>的冰库建筑面积配有0.6~0.7m<sup>2</sup>的蒸发面积。

耗电量与气温有关，一般夏季制取1t冰耗电量为75kw.h,冬季为50kw.h

# 9.6 人工滑冰场设计简介

## 9.6.1 冰场对其它专业的要求

### 1. 对建筑专业的要求

屋顶和墙体具有良好的保温隔热措施，其表面不产生结露现象。本设计屋顶采用球形网架结构，屋顶采用**100mm**聚苯乙烯双面彩色夹心板，墙体采用**350mm**厚加气混凝土块。混凝土柱内喷**20mm**厚聚氨脂保温。

为了减少冰场向地下土壤传递冷量，防止土壤冻结，要解决好地板的防冻问题。

冰面上部空间**6m**高度以内不设任何设施，否则会因冰面冷辐射结露凝水。

冰场四周围栏顶部标高，距冰面尺寸为**1220mm**，冻冰地面无坡度。

### 2. 对空调专业的要求

冰场内空气温度小于**22℃**，相对湿度小于**60%**。

冰场内任何出风口不可直射冰面，空调出风口风速应小于**2m/S**，否则冰面易融化。为了防止屋顶结露，可采用低温干燥的空气对冰场进行空气调节，或者将室外空气加热到**30℃**，送入冰场上空，在屋顶内上部形成一个热空气层。为了节省投资本设计采用了第二种方法，在屋顶下设一台吊顶式新风机组，配置均匀送风道，喷风口送风。在过渡季节，由供热站提供**60~50℃**热水，送至新风机组。在夏季直接将室外大于**32℃**的室外热空气通过新风机组，从送风口水平射出，在屋顶内上部形成一个热空气层，从而避免屋顶结露。

### 3.对给排水专业的要求

冰场场地范围内禁设给排水管道，给水管道可设在与冰场相近的常温房间内，使用时用软管接至冰场。

在冰场一侧的两端头设融冰排水地漏，融冰低温水排至冷却水池，清扫的冰屑也送往水池，使冷却水温度降低，以利节能。

冷却水采用循环供水方式，冷却塔选用低噪声玻璃钢冷却塔。

## 4.对电气自控专业的要求

制冷压缩机设高低压安全保护、油压保护、冷却水断水保护，制冷系统设氨泵自控回路，冰面温度远程监测。

获取更多资料 微信搜索 北极星

## 9.6.2 制冷系统的设计

### 滑冰场冷负荷确定

$$Q_R = C(Q_F + Q_C + Q_{SR} + Q_{HL})$$

式中 $Q_R$ ---滑冰场所需制冷量 (kw)

$C$ ---制冷系统冷量损失系数 $C=1.15$

$Q_F$ ---水冷却与结冰所需制冷量 (kw)

$Q_C$ ---混凝土冷却所需制冷量 (kw)

$Q_{SR}$ ---载冷剂冷却所需制冷量 (kw)

$Q_{HL}$ ---冰场和泵的热负荷 (kw)

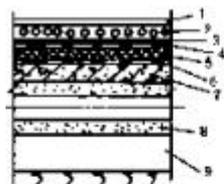


图1 永久性地板  
构造图

从上至下:

- 1 冰层
- 2 防冻混凝土  
内设冷排管
- 3 防水砂浆
- 4 防水层
- 5 聚氨酯保温层
- 6 隔汽层
- 7 钢筋混凝土
- 8 干砂内设 $\phi 250$   
混凝土管
- 9 3:7灰土层



图2 填充砂地板  
构造图

从上至下:

- 1 冰层
- 2 10砂内设冷排管
- 3 防水素混凝土层
- 4 防水层
- 5 聚氨酯保温层
- 6 隔汽层
- 7 钢筋混凝土层
- 8 干砂内设 $\phi 250$   
混凝土管
- 9 3:7灰土层

获取更多资讯 微信搜索 蓝领星球

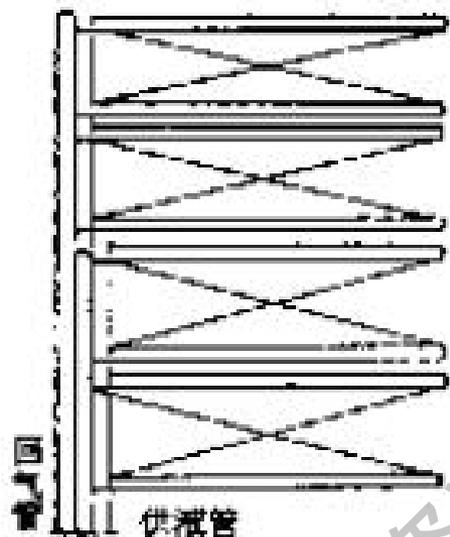


图3 冷却排管平面图

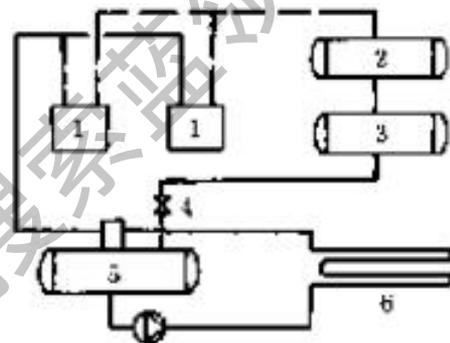


图4 制冷系统原理图

- 1 4AV - 12.5 压缩机
- 2 WNA - 80 卧式冷凝器
- 3 WCA - 950 贮氮器
- 4 节流阀
- 5 ZWB - 2.5 氨液循环泵组
- 6 场地冷排管

## 9.6.2 制冷系统的安装

### 1. 场地冷却排管的安装

管材采用普通无缝钢管，安装前应对管道逐根清污、除锈。排管制成后分组进行单体试压、排污。然后再整体试压、排污、抽真空、氨试漏。为了保证冰面的平整度，对冷却排管的安装精度要求 $\pm 2\text{mm}$ 。

### 2. 机房制冷系统的安装

设备布置紧凑，管道流程合理、美观。系统管道保证坡度，系统试压、排污、试真空、氨试漏按有关规范要求进行。管道、设备保温材料采用聚氨脂，外裹玻璃布。

# 第十章 冷库自动控制

## 10.1 库房温度和蒸发温度调节

### 1. 多点温度参数的库房温度调节

以往库房温度调节以位式调节为主，对蒸发温度往往不作调节，很难达到好的节能效果。

库房温度理想的控制方式是以库房的平均温度、冷风机的进风及其出风温度为输入参数，编制适当的控制程序，通过**PLC**进行调节。

### 2. 减少不同蒸发温度冷间的并联运行

由于同一系统的制冷压缩机只能在同一个蒸发温度下运行，所以不同蒸发温度的冷间如果并联运行，对于相对蒸发温度较高的冷间就处于不节能的

### 3.变蒸发温度调节

在某一运行状态下如果蒸发温度能以库房热负荷以及制冷系统制冷量为参数进行调节，则既能达到节能的目的还能使能量调节更为合理。一般而言，制冷系统蒸发器和制冷压缩机的配备基本都能满足最高负荷的需要。如果冷间热负荷减少而制冷量不能及时作出相应调节，则制冷系统的蒸发温度将会相应的降低，使压缩机的制冷量与热负荷达到一个新的平衡点。而蒸发温度的降低反过来却增加了蒸发器的制冷量，面对已减少的热负荷必然形成频繁启停的后果。蒸发温度每变化 $10^{\circ}\text{C}$ ，相应增减的电能约 $3\sim 5\%$ 。如果及时调高蒸发温度，使系统在另一个理想的平衡点上，则不但避免了浪费、做到了节能，还减少了制冷压缩机的频繁启动，是一举两得的节能措施。

## 4、变流量调节

以往氨制冷系统蒸发器的制冷剂流量基本没有变流量调节；氟利昂系统蒸发器的制冷剂流量，大多数只做到简单的比例调节。空气冷却器的空气流量大多数没有调节或者只有双速及风扇台数调节。这两种流量参数的调节都是与库房冷分配设备制冷量以及库房温度直接相关的调节，也是冷库节能自控应于重视的内容之一。

## 5、设定合适的控制精度和加设超限控制

不同的库房、不同的库存商品和不同的贮存期都有不同的库房温度及其控制精度要求。从节能的角度出发，只要不影响商品的品质，库房温度宜取高不取低、控制精度宜取低不取高，不必片面追求过低的库温和高精度控制。

对于多个冷间的库房温度控制，除了原有的库房温度设定值之外，宜加设库温超限控制值。这种双因素的库房温度调节能做到制冷系统需要投入运行时，不会因为个别库房温度的偏离而过早投入运行；还可以根据当时的实际情况不使冷间或制冷系统过早地停止运行，充分利用现有能量并避免设备或系统的频繁启停。

## 6、设置避高峰运行控制

电力紧缺是当前全国各地存在的普遍现象，用电峰谷的巨差更加重了电力紧缺，为此电费的峰谷差价在许多城市实行而且价差还在逐步拉大。在不影响商品质量的前提下，冷库设置避高峰运行，有利于电网削峰填谷，宏观上帮助全局节能；微观而言也有利于降低冷库的运行成本。

获取更多

## 10.2 冷间相对湿度调节

冷间相对湿度的调节与温度调节方法的相似之处不必重复叙述。一般冷间的相对湿度在**85~95%**之间，但也有一些冷间要求的相对湿度低于或高于该范围，例如有些气调库要求的相对湿度是**98%**、而有些农作物种质库的相对湿度要求是**40~45%**。在高相对湿度调节和低相对湿度调节时尤因注重节能措施。

## 1、高相对湿度调节

对于高相对湿度要求冷间的调节，首先要尽量降低制冷剂温度和库房温度之间的对数平均温差（可取**2K**），必要时还可采用载冷剂间接制冷系统；此外还可采用空气融霜并把融霜水还原给库房。

获取更多资料

## 2、低相对湿度调节

对于低相对湿度要求冷间的调节，主要也应做好两方面的控制。其一是在选用尽量少带热量进冷间的去湿方法和去湿机的基础上，控制好去湿程序，在达到相对湿度要求的同时减少冷间的热负荷。其二是避免气流组织控制时带入不必要的室外热湿负荷；曾经有一个低温低湿的农作物种子库，由室外侵入库内的热湿负荷约占原计算负荷的**35%**左右。

## 10.3 供液方式调节

### 1、直接膨胀供液

直接膨胀供液是大多数卤代烃（包括氟利昂）系统和个别氨系统采用的供液方法。这种供液方法以往基本采用热力膨胀阀供液，由于选型、调节以及产品本身的问题，无法实现节能的目的。电子膨胀阀的出现结合多点温度参数的库温调节，可以较好地实现节能运行，一般可节能**10%**。

## 2、重力供液

重力供液系统在老的氨制冷系统中应用很广泛，后来逐渐被氨泵供液系统取代。重力供液系统虽然操作麻烦但是不需要消耗电力输送，只要配以合适的自动控制，无疑是一种节能的运行。

获取更多资料

### 3、液泵供液

液泵再循环系统在氨制冷系统中应用十分广泛；上世纪七十年代上海外贸冷冻五厂万吨冷库是R22液泵再循环制冷系统，一些船用制冷系统也采用了R22液泵供液。液泵再循环系统虽然能提高蒸发器的传热系数从而提高制冷量但同时也消耗了电力，如果没有合理的配置和恰当的自控运行程序，很难做到节能运行。当前不少液泵再循环系统供液量过大但却不能保证每路通子的最小流量、扬程太高但却还很难保证多层冷库的均匀供液，流量基本无法根据制冷负荷的变化而变化，很难做到节能运行。对于液泵再循环系统，除了配置必需合理，还应加强自动控制运行程序的研究，例如分层供液和变流量控制等，只有这样才能达到节能的目的。

根据不同制冷对象采用不同供液方式，加强相应自控程序研究尤其是加强无电动力输送的直接膨胀和重力供液系统研究，也是寻求冷库节能的途径之一。

## 10.4 蒸发器双流量调节

在热气融霜的自动控制中有一种双回气电磁阀（或主阀）的做法，其作用是保证安全和减少蒸发器恢复制冷时的热负荷冲击。这种做法可以引申到蒸发器的制冷运行状态中并于以完善，达到合理运行和节能的目的。

根据蒸发器热负荷的变化情况，设置最小负荷供液、回气电磁阀和大负荷供液、回气电磁（主）阀，由此根据实际负荷的变化而作相应的调节。这种做法不但可使本冷间蒸发器做到节能运行，还能减小对本系统其他冷间和制冷系统的干扰，利于系统节能运行。

## 10.5 关于空气冷却器（冷风机）融霜控制

目前冷风机融霜基本采用半自动控制或者定时融霜控制，存在的问题是：融霜指令可能不及时或滞后，融霜过程带入热量过多。为了节能，冷风机的融霜应当做到全自动控制。首先要有合适可靠的霜层传感器或差压变送器（在某些情况下也可采用电流变送器），感知最佳的融霜时间；然后要有合理的融霜程序；还要有冷风机翅片感温器，防止过多加热。三管齐下肯定能做到冷风机融霜节能。

在一些装配式冷库中应用很广泛的电加热融霜冷风机，可以采用**PLC**控制，把固定的定时加热融霜改成按需融霜，亦即对每次实际融霜的情况通过记忆功能记忆并分析，从而确定最佳的融霜周期。按需融霜较定时融霜节能约**10%**。

## 10.6 冷库门控制

冷库门要随开即关，这是每个冷库管理都有的规定，但是没有有一个冷库能完全做到，除了个别野蛮操作之外也是有其实际客观原因的。解决的最好办法也是自动控制，最近研制的蜗杆电动门专设**PLC**控制，功能十分齐全，如果开门时间过长的话即自动关闭，开门损失的热负荷是很大的，其节能效果也是可观的。

冷库门的电加热丝功率选择有防结露和防冻结两种选择，不同使用温度的冷库门电加热丝的配置功率也不同。注意选配合适的加热功率可节能2%。

## 10.7 库房照明控制

库房照明按冷库制冷设计手册的规定是 $1.8\sim 5.8\text{W}/\text{m}^2$ ，但在实际工程中往往超过该数据，有的甚至在 $10\text{W}/\text{m}^2$ 左右。如果忘了关灯，不但浪费了照明电能，还增加了冷间和制冷系统的热负荷。增加一个简单的控制就可避免出现浪费：当冷库门关闭 $5\sim 15$ 分钟后，如果照明灯还亮着，即自动关闭照明。延时的时间应超过工人在内一次作业的最长时间，避免误关灯；万一有误关灯的情况，借助库房长明灯和冷库门安全设置，人员的操作安全还是有保障的。

## 10.8 关于冷凝器和冷凝温度调节

### 1. 冷凝温度的传感元件和调节对象

根据冷凝温度和冷凝压力的对应关系，通常以冷凝压力作为冷凝温度的调节参数。以往常用高压压力控制器作为传感器并发出控制仪号，调节效果一般。现在通常采用压力变送器作传感器并配PLC控制，简化了变送装置、提高了调节精度和增强了可靠性。调节的对象是冷凝器的运行状态和设备的投入量。以蒸发式冷凝器为例，可以调节的冷凝器运行状态有干运行、湿运行还有风机和水泵的变频运行；冷凝器的投入量也将根据负荷的变化而变化。冷凝温度每下降1K，其节能效果与蒸发温度每上升1K的节能效果同样可贵。

## 2、变冷凝温度调节

运用自控元件和**PLC**的功能，对冷凝压力实行浮动控制，可以避免冷凝压力偏高或偏低，在保证制冷系统运行正常的基础上达到节能运行的效果。以准集中式制冷系统为例，其机组和风冷式冷凝器，采用专用可变程序器控制，可以节能**10%**。

获取更多资料

## 10.9 关于制冷压缩机节能运行（主要是能量调节）

能量调节使压缩机的制冷量能随热负荷的变化而变化，是冷库节能自动控制的重要内容之一。不同的制冷压缩机或机组，实施节能运行和能量调节的侧重点也有所不同

获取更多资料

## 1、螺杆式制冷压缩机

设定压缩机运行制冷量时，避免其低能效比的运行范围；对运行工况变化范围较大的制冷系统，实行内容积比自动调节；对于带经济器运行的螺杆机，探讨实施经济器运行工况的自动调节。

获取更多资料

## 2、 活塞式压缩机

减少以某台压缩机工作的气缸数为能量调节单元的做法，避免活塞的无功运行，亦避免降低压缩机COP值的运行；采用变频技术，实现能量无级调节，在改善运行工况中节能。

获取更多资料

微信搜索：制冷技术星球

### 3、多台并联机运行的调节

尽量以压缩机的台数为能量调节单元；  
尽量使每台压缩机处于高能效比运行状态；  
设计不同大小压缩机头的组合，针对负荷  
变化需要而投入相应的能量组合。

获取更多资料

微信：13813800000  
星球

## 10.10 关于变频调节

变频技术用于压缩机能量调节是目前较为流行的方法之一。变频过低，会造成油压差降低和油量减少的缺点；变频过高，会增加油循环量和消耗量，还会使压缩机阀门故障增加。变频驱动还应注意其电机应按最大功率选择。

获取更多资料

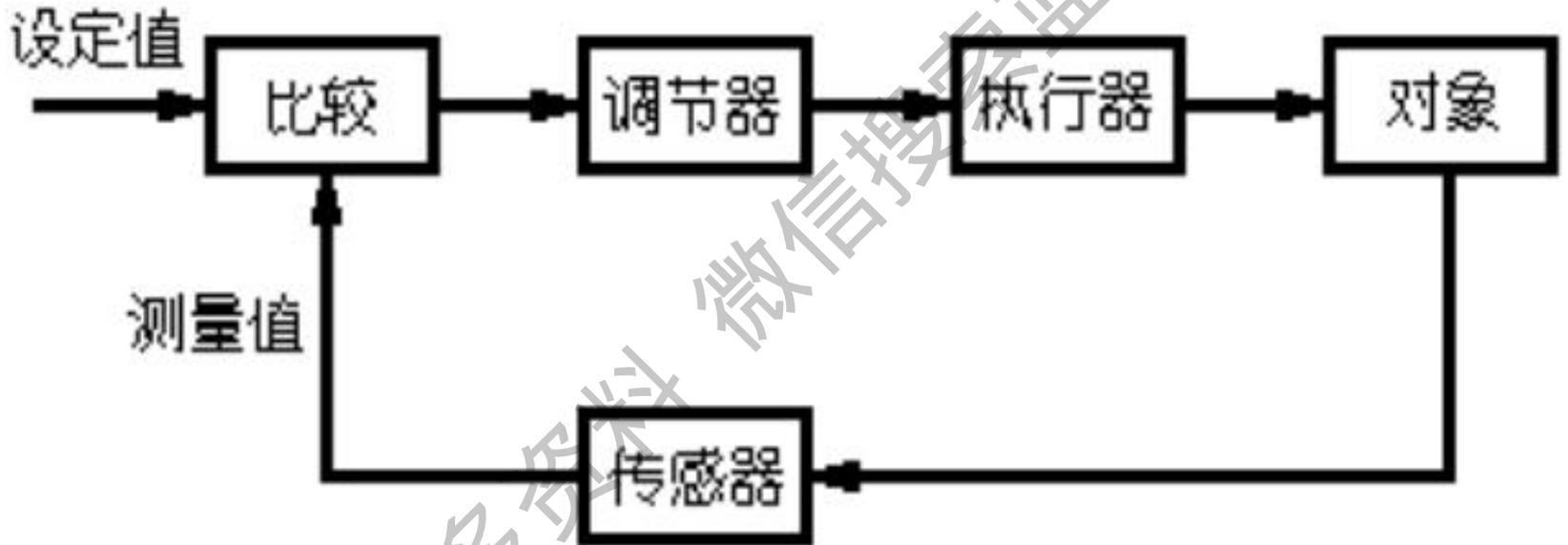
10.11 实时计算控制，确保系统最佳节能运行  
制冷系统的优化设计和自动控制的最佳运行是实现冷库节能十分重要的内容。

冷库实行节能运行的实时控制任务，可由数据采集、计算控制和监控系统来完成。数据采集计算控制系统的采集对象是制冷装置、制冷系统和工作环境的所有相关参数，类别有温度、压力、压差、液位、电流、运行状态和故障情况等内容。

# 10.12 制冷系统的自控装置

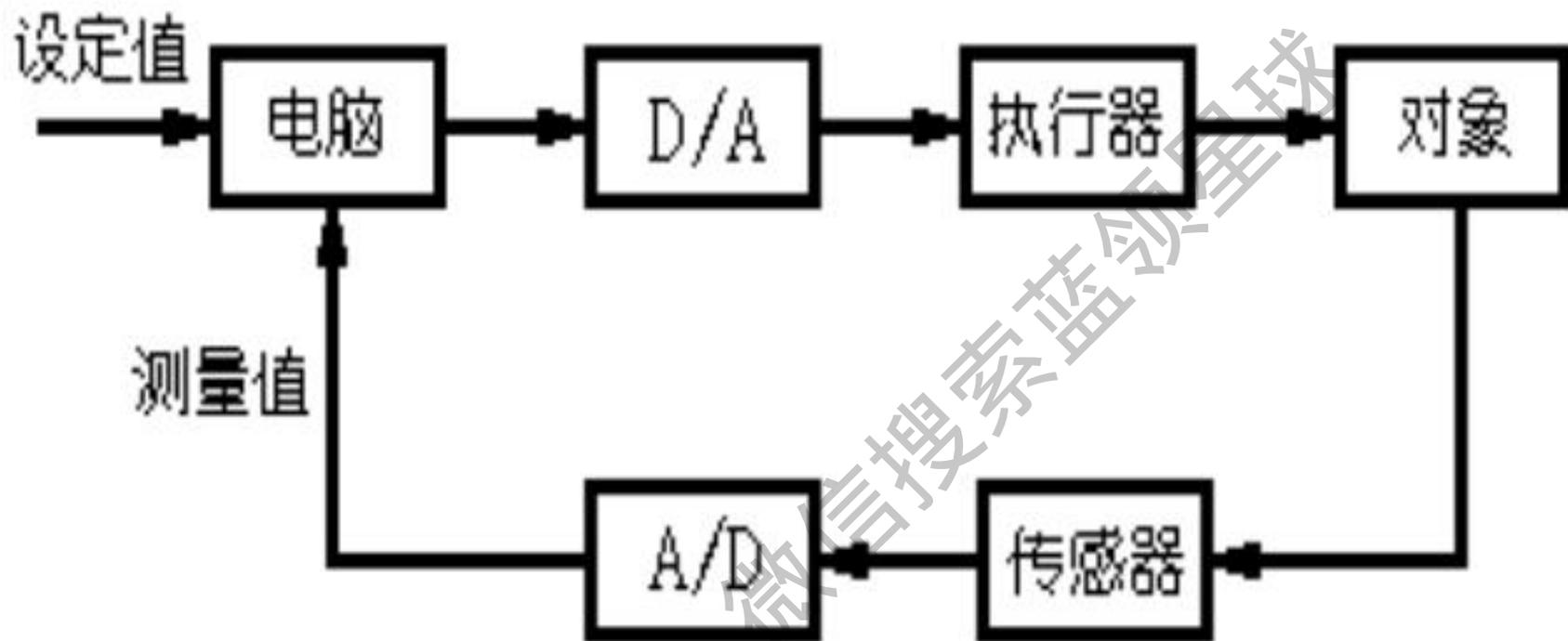
## 1. 自动控制的组成和原理

所有自动控制装置都由传感器（或变送器）、调节器（或控制器）、执行机构组成。其流程如下：



## 2. 电脑自动控制的组成和原理

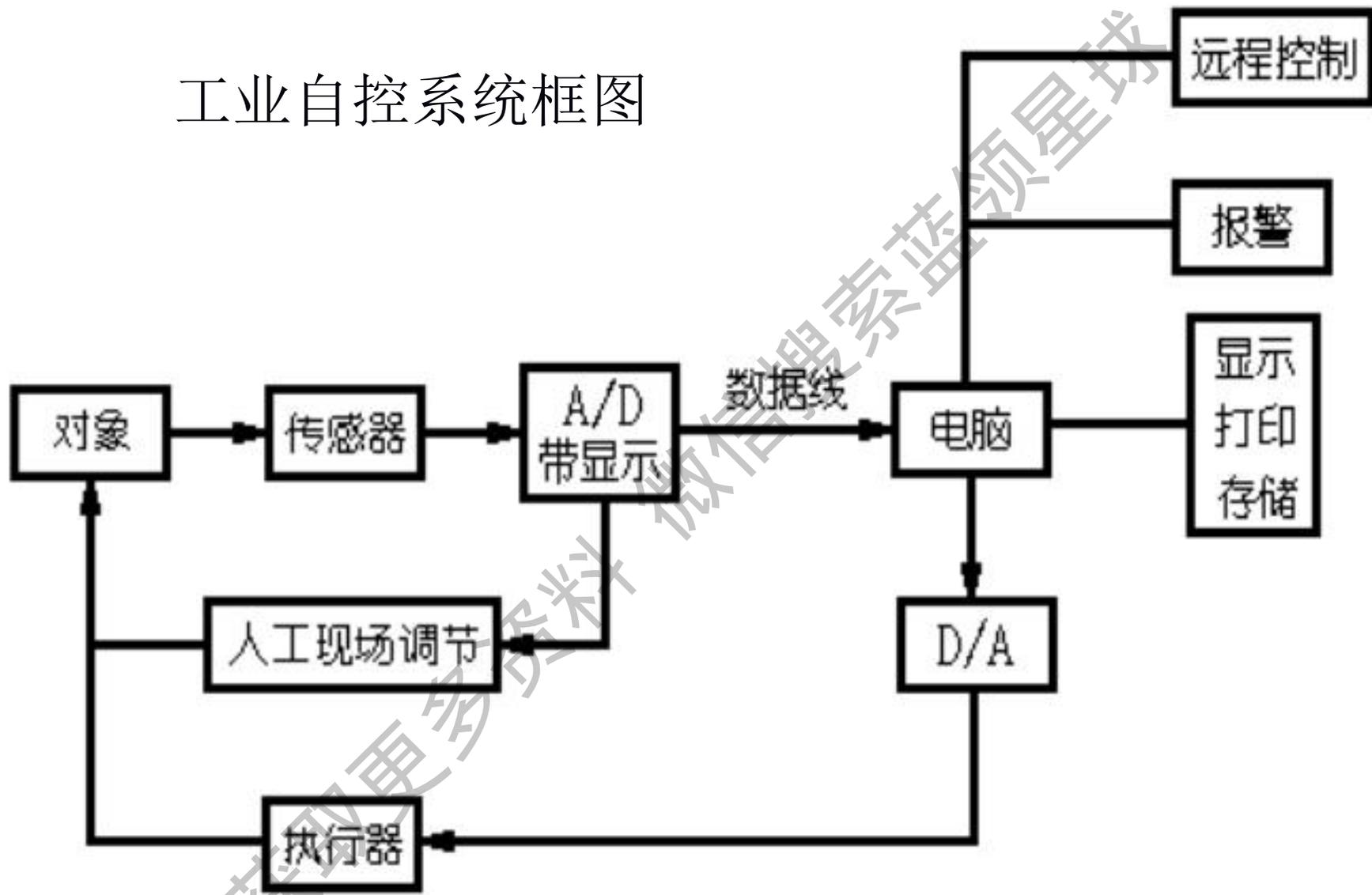
电脑在自动控制装置中的作用相当于上述的“比较→调节器”的作用。电脑能显示、贮存数据，但自控装置要增设“数/模转换器”。其自动控制流程如下：



数 / 模转换器，又称变送器，或A/D、D/A变送器。其作用是：把模拟量转变为电脑认识的数字信号，并传输给电脑；把电脑发出的控制指令（数字信号）转变为模拟量，并传输给执行机构。

工业控制要求可靠，同时还要求在中央和现场都能控制，因此工业控制系统一般如下：

# 工业自控系统框图



### 3. 自控元件的功能

冷库用的自控元件可分为六类：

类别	控制元件名称及型号	主要功能
流通控制类	电磁阀、恒压阀、主阀、组合式主阀、水电磁阀、止回阀、自动旁通阀、氨热力膨胀阀等。	通过控制管道中制冷剂的通断，控制压力，调节流量。
压力控制类	YWK型压力控制器、CWK型压差控制器、YSG-01电感压力变送器等。	压力保护，压力调节，压力变送。
温度控制类	压力式温度控制器（WTQK、WTZK型）、TDW-12型温度调节器等。	现场控制库温。
液位控制类	UQK-40、UQK-41~43型浮球液位控制器等。	控制容器中制冷剂的液位。
时间控制类	TDS-04、TDS-05型融霜时间程序控制器	自动融霜控制。
能量调节类	TDF-01、TDF-02型分级步进调节器。	按冷库负荷变化，对压缩机的产冷量进行定点延时分级调节。

## 10.13 库房回路

### 1. 冻结物冷藏间库温自控回路

库温控制方法：用温控器控制供液阀

热氨融霜控制：手动融霜

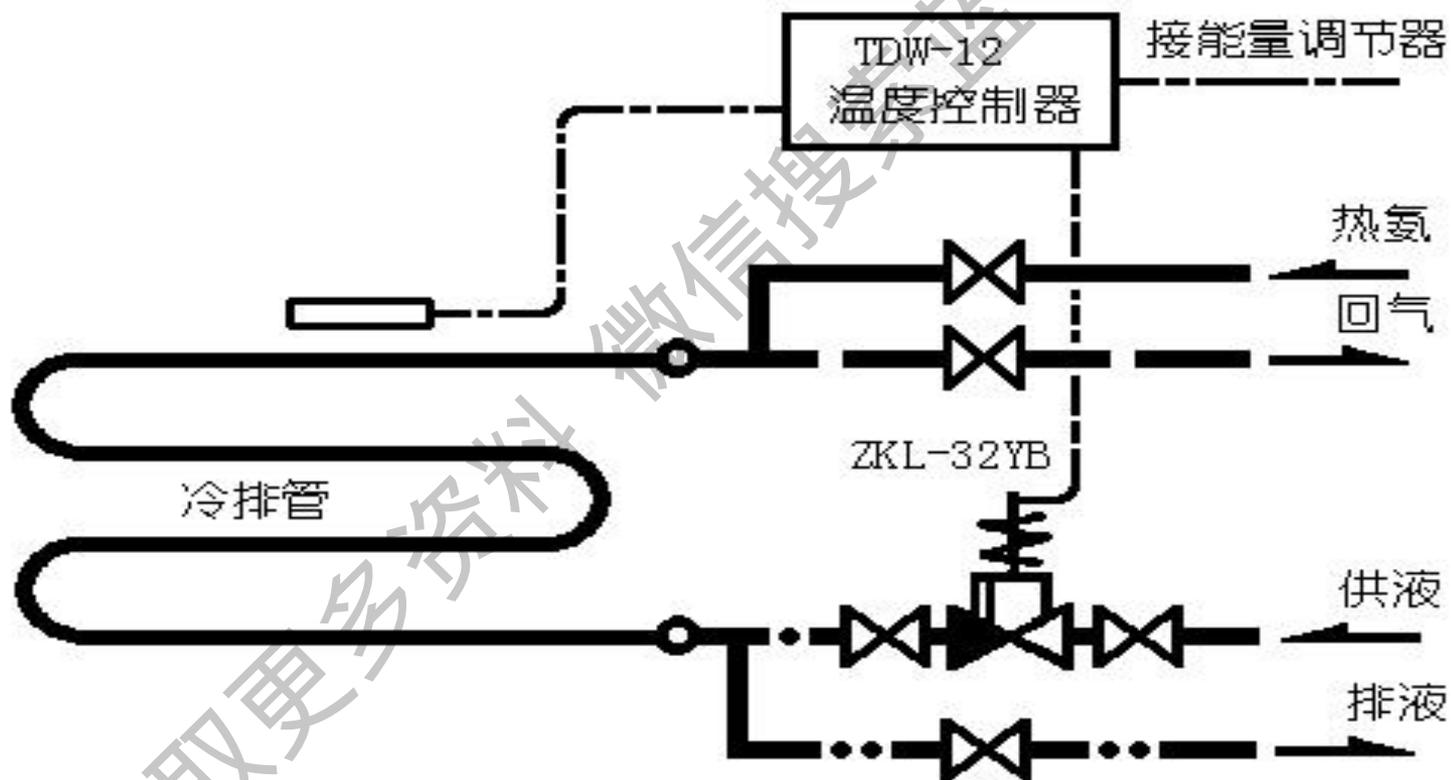


图 7 - 9 - 19 冻结物冷藏间库温自控回路

## 2. 冻结间库温及融霜程序自控

库温控制方法：用时间和温度控制器控制供液阀和风机

热氨融霜控制：用融霜程控器控制热氨阀、排液阀和水阀

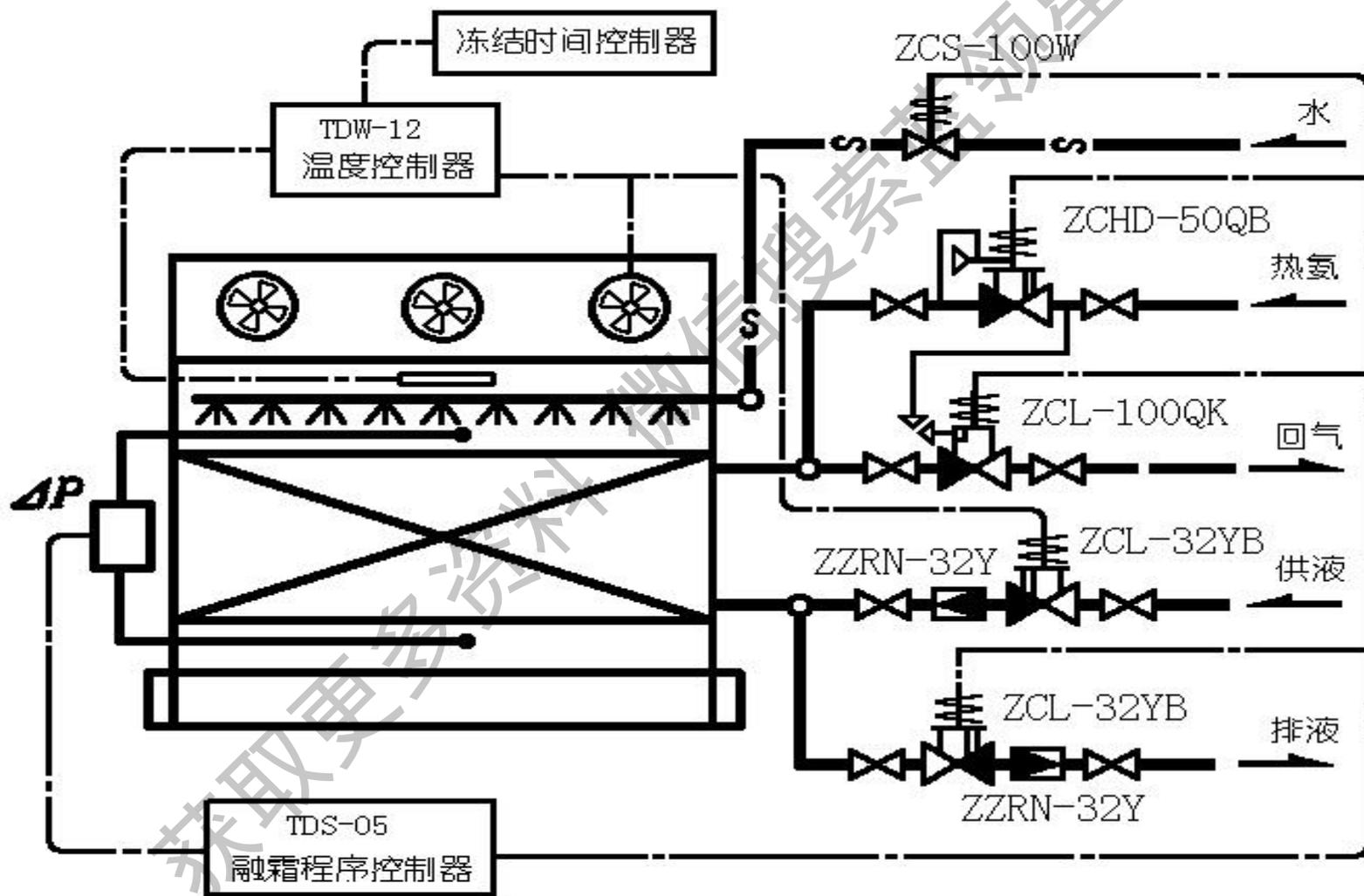


图 7-9-20 冻结间自控装置

### 3. 冷却物冷藏间库温及融霜自控

库温控制方法：用时间及温控器控制供液阀和风机

湿度控制方法：控制回气压力，稳定蒸发温度

热氨融霜控制：用融霜程控器控制热氨阀、排液阀和水阀

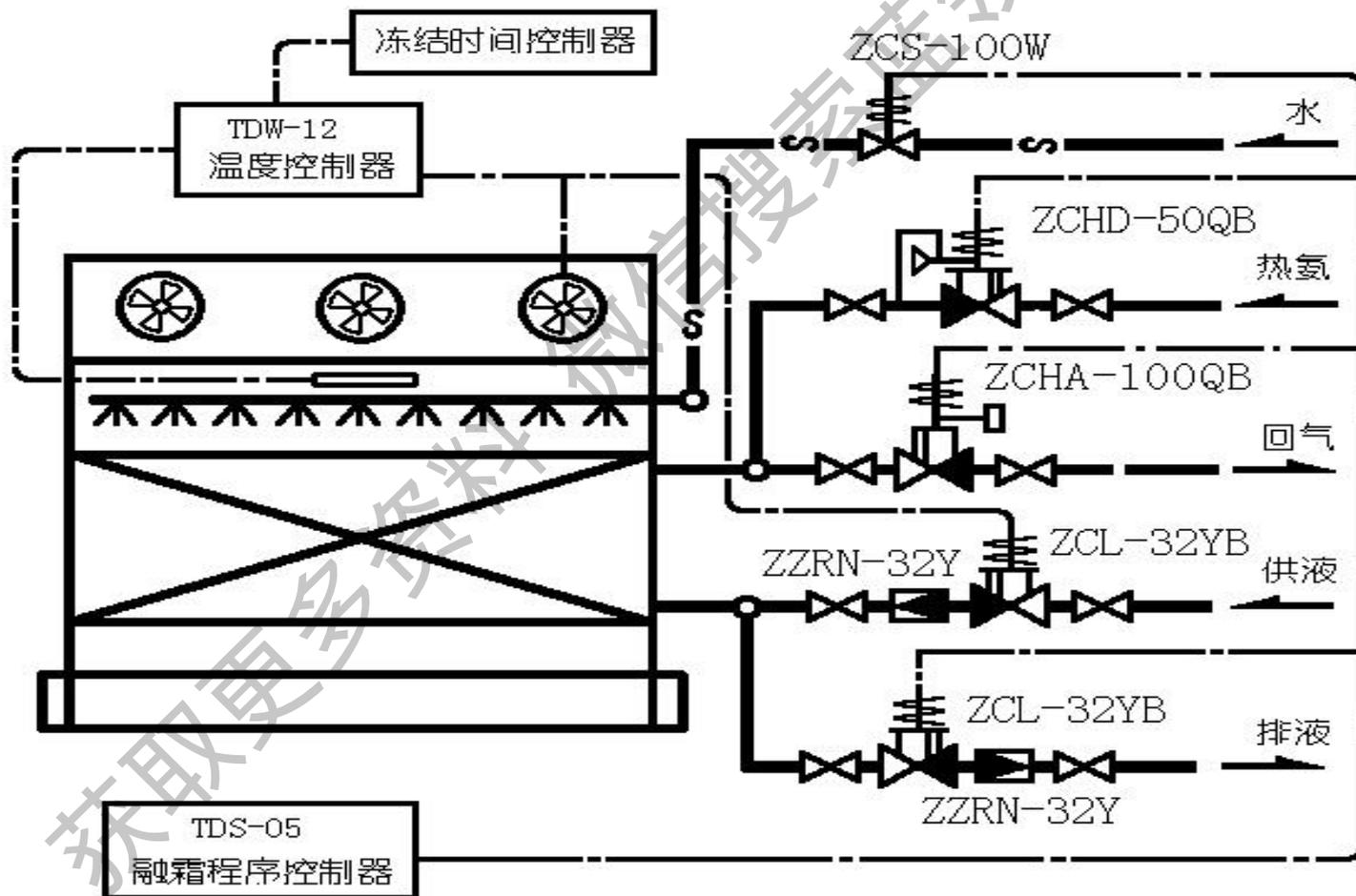


图 7-9-21 冷却物冷藏间自控装置(一)

## 10.14 氨泵回路

氨泵应设下安全保护装置：氨泵应设断液自动停泵装置；排液管上应设止逆阀、压力表；排液总管上应设旁通泄压阀。

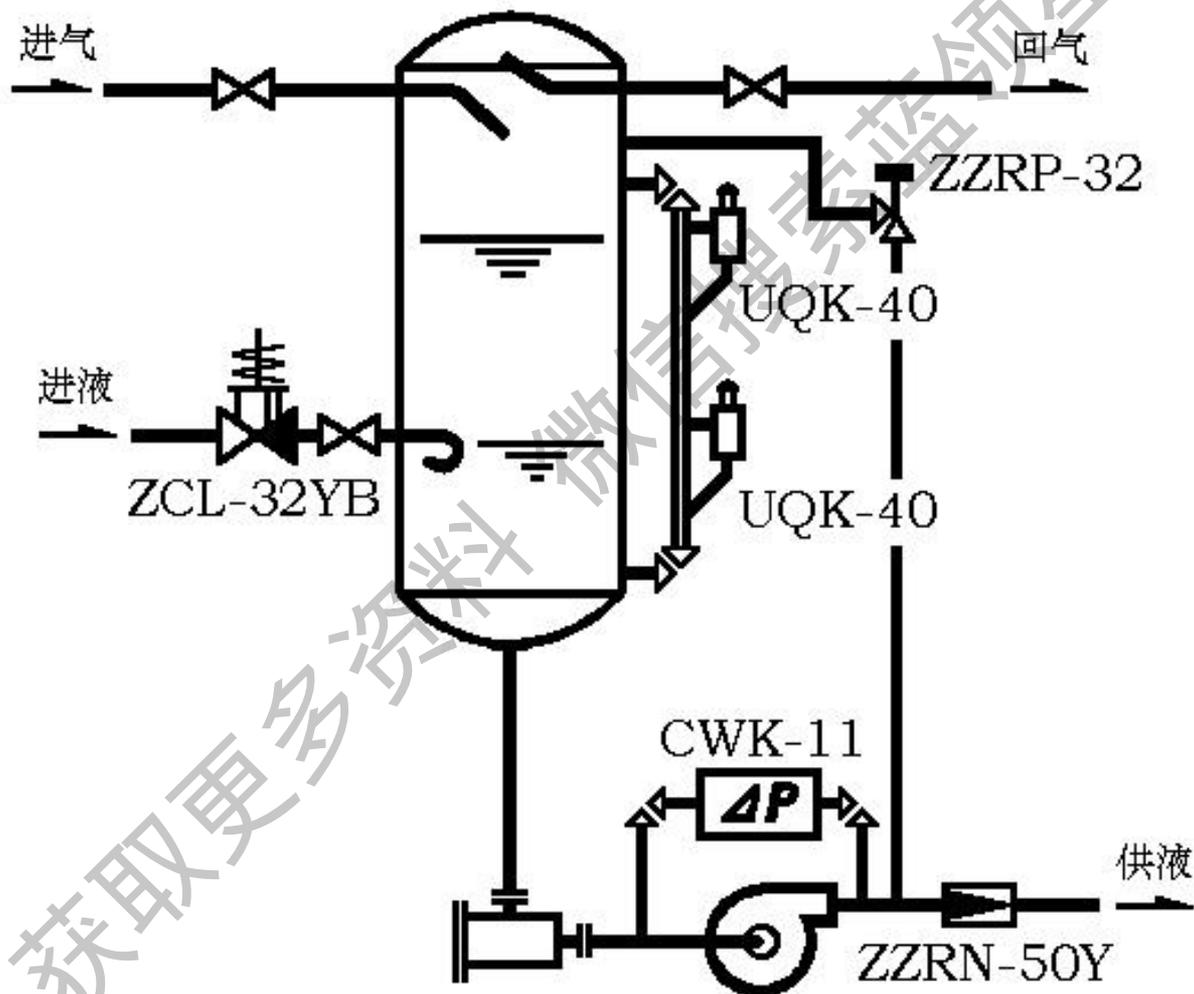


图 7-9-23 氨泵回路自控装置

# 补充点内容

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

# 供液方式

在直接冷却系统中，供液方式分为直接膨胀供液、重力供液和氨泵供液三种。

(1) 直接膨胀供液系统 它是借冷凝压力与蒸发压力差经节流阀，直接向冷分配装置供液。其特点是系统简单；但因无分离装置，节流后的制冷剂是两相流，影响传热效能。

(2) 重力供液系统 它是借低压氨液本身的重力进行供液。氨液在蒸发器被汽化后，再进入氨液分离器、将其中液滴分离出去，重新进入压缩机。

为满足供液所需的静液柱，氨液分离器液面需高于冷分配设备最高点0.5—2m。

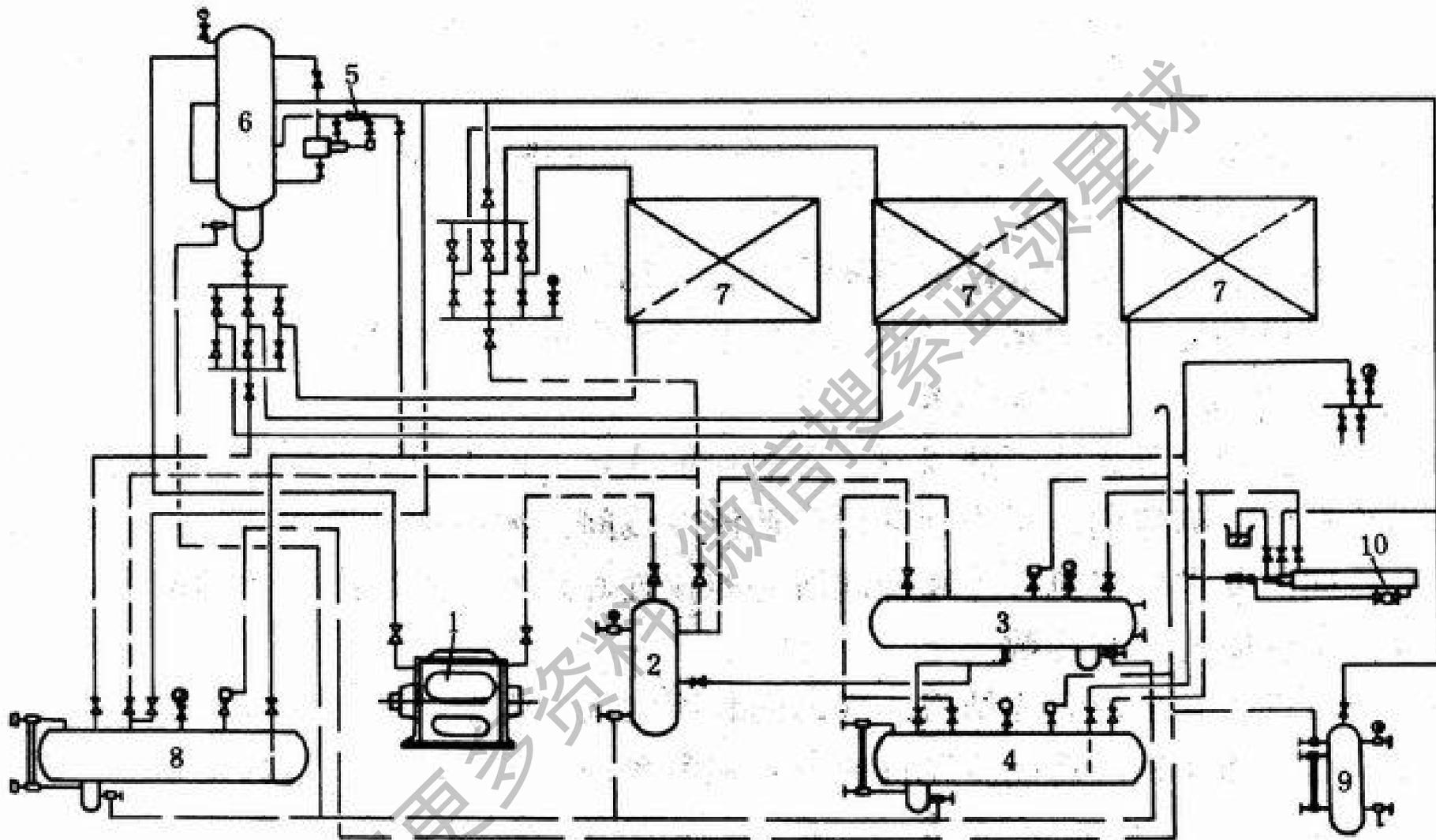


图11-24 单级压缩重力供液氨制冷系统

1. 压缩机 2. 氨油分离器 3. 卧式冷凝器 4. 高压贮液桶 5. 调节阀 6. 氨液分离器 7. 蒸发器(排管) 8. 排液桶 9. 集油器 10. 空气分离器

### ①重力供液制冷系统的优点:

第一，利用氨液分离器将节流生成的闪发气体分离出来，有利于提高冷分配设备的传热效能。

第二，同一蒸发温度的冷分配设备可使用一个膨胀阀和氨液分离器，节省膨胀阀。第三，供液中有氨液分离器的缓冲作用，因而容易实现正常工况的操作调节。

### ②缺点:

第一，氨液在较小压差下流动，放热系数小，蒸发器的换热强度较低。

第二，用一个氨液分离器向多个同层库房供液时，因冷却设备阻力较大，制冷剂有再汽化的可能。如供液路长短不一，供液不均。

第三，在热负荷变化较大或供液距离较长时，还需在机房内设氨液分离器。

目前我国不少中小型冷藏库仍采用这种供液方式

### (3) 氨泵供液方式

这种供液系统是利用氨泵向蒸发器输送低温（低压）氨液。其组成与工作过程与重力式供液方式基本相同。

高压氨液经节流进入低压循环器，在器内将闪发气体和液体分离，其液体被氨泵吸入后送入蒸发器，蒸发器中产生的蒸汽和未蒸发的氨液一起回到低压循环贮液器再次被分离。这种氨泵供液的优点是：

①依靠氨泵的机械作用输液，进液压力较高，即使管路配液不均，仍保证结霜均匀。

②氨液在蒸发排管内被迫流动，且循环量大，传热效果好，不易积油，不产生过热，蒸发温度稳定，不易击缸。

③操作简单，便于集中控制实现系统的自动化。

其缺点是设备费用动力消耗较高，大中型冷藏库采用这种供液方式。

# 融霜(冲霜)

除霜分为人工扫霜、热氨融霜、水融霜、热氨-水融霜等四种。

## 一、热氨融霜

### 1.热氨融霜原理及操作

### 2.热氨气

融霜的热氨量不能大于压缩机排气量的1/3。融霜热氨压力不小于0.6MPa, 不大于0.9 MPa。

一般设计中都为融霜热氨单独设一个油分离器。

## 二、水融霜

### 1.水融霜原理

### 2.融霜用水

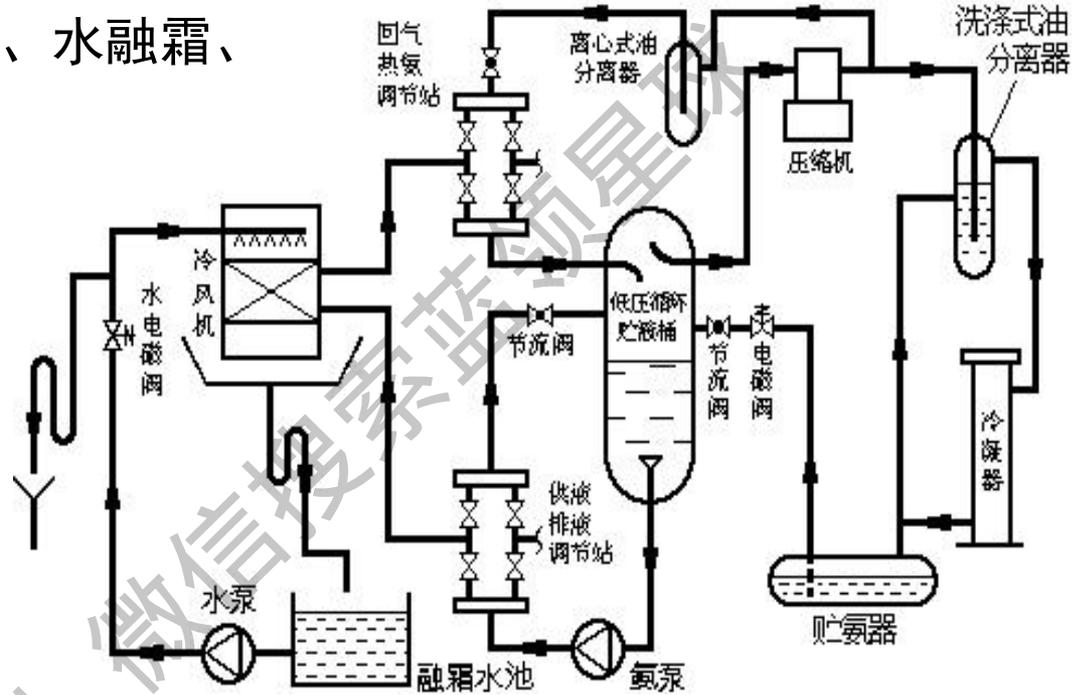
融霜用水的温度以25℃左右为合适, 融霜用水的温度也不应低于10℃, 融霜配水装置前的自由水头不应小于5mH<sub>2</sub>O。

### 3.融霜给水系统

冷风机冲霜水量按产品样本规定。冲霜淋水延续时间按每次15~20min计算。

### 4.排水管

排水管管径一般不小于DN100, 排水坡度不小于5%。另外还要注意以下几点:



- (1)排水管出口应设水封井。
- (2)当排水管通过冷藏间时，应包绝热层和防潮层。
- (3)排水管的进水口宜加网罩。
- (4)排水管与冷风机承水盘的接口必须保证严密不漏。
- (5)吊顶式冷风机的承水盘比较浅，容易产生排水不畅而漫水。

### 三、热氨—水融霜

将上述两种融霜方法结合使用，先用热氨使冰霜融离换热器，再用水将冰渣冲掉，停水后，热氨还能烘干换热器表面的残留水份，避免余水在换热器表面结冰，影响传热。

获取更多资料 微信搜 技点星球

# 第11章 制冷装置安装、调试及试运行

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 第二节 制冷装置系统的调试过程

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 一. 制冷系统的排污

1. 制冷系统的设备管道在运行前都必须进行排污，以清除安装过程中残留在系统内的焊渣，铁屑，沙粒等污物。防止污物损伤制冷机的部件和系统中的阀门，避免系统管道阻塞。

2. 氨制冷系统排污时，可用空压机或氨制冷机提供压缩空气，压缩空气的压力一般不超过0.6兆帕。排污口应设置在管道的最低处，排污工作可分组，分段分层进行。

3. 排污一般不少于3次，直到排出气体不带水蒸气，油污和铁锈等杂物。

4.为了有效的利用压缩气体的爆发力和高速气流，可在排污口上装个阀门，待系统内压力升高时快速打开阀门，使气体迅速排出，带出污物。

5.实践中也可用木塞堵住排污口，当系统有一定压力时，将木塞拔掉，使空气迅速排出，这种方法很好。但存在一定危险，操作时务必小心，注意安全。

获取更多资料

6.氟利昂系统的排污也在系统安装完后进行，使用0.6兆帕的氮气进行分段吹污。排污的方法和检验和氨系统相同，氟利昂系统排污和试压时不能使用压缩空气，压缩空气中含有水蒸气，若残留在氟利昂系统内，将引起氟利昂系统的冰堵或冰塞现象。

7. 在排污过程中，如发现管路法兰阀门有明显泄漏，应及时补救。系统排污结束后，应将系统所有阀门的阀芯和过滤器拆卸清洗。

## 二 制冷系统试压和检漏

- 系统排污后应进行气密试验。

试压前，除机器本身的阀门关闭外，所有手动阀门均应开启，以保证试压时管路的畅通。电磁阀和止回阀的阀芯组体应取出并编号保存，试压后重新安装。

氨系统试压时可使用压缩空气，并分高低压进行，从制冷机排出口经冷凝器到液体分配站，为高压部分，试压压力采用1.8兆帕。从分配站经蒸发器到制冷机吸入口为低压部分，试压用1.2兆帕。

试压时间24小时，与制冷机组试压方法一样，开始6小时内，允许系统压力有0.03兆帕的压力降；在后18小时不再下降为合格。

空气试压时，使用空气压缩机进行，也可用氨制冷机代替，代替时必须遵守以下规定：

(1) 在制冷机吸入口设置过滤装置，防止灰尘和异物吸入。

(2) 氨制冷机吸排气压差不超过1.4兆帕，严禁用堵塞安全阀的办法提高压力。

(3) 制冷机运转间歇进行，逐渐加压，每次升压不超过0.5兆帕。运行时油压应正常。制冷机排气温度不超过120摄氏度。

(4) 试压完毕后，制冷机必须清洗检查，并更换冷冻油。

### 第三节 制冷系统的试运行

- 制冷系统经试压、检漏和充注制冷剂后，设备和管道的保温和防腐工程也已完成，这时可进行制冷系统的试运行。
- 若是冷库的制冷系统，试运行时土建工程也应全部竣工并以充分干燥，混凝土结构应达到充分的强度，这样才能进行冷库的降温。

获取更多资料

微信：15113737088 领星球

## 一、冷库的降温要求

- 随着制冷系统试运转的进行，冷库开始降温。
- 冷库的库房的温度必须缓慢的逐步下降，使库房的土建工程中所含的游离水分在降温过程中逐步挥发出来，避免建筑物因水分冻结而遭受破坏，减少冷库的隐患。
- 冷库各楼层、个房间的降温应同时进行，使主体结构的温度应力及干缩率保持均衡，避免建筑物出现裂缝。
- 冷库的降温过程分为三个阶段进行，即水分冻结前、水分冻结及水分冻结后。
- （1）水分冻结前（库温在 $4^{\circ}\text{C}$ 以上）每天降温不超过 $3^{\circ}\text{C}$ ，当库温降至 $4^{\circ}\text{C}$ 时，应暂停降温，保持库温5~7天，以利游离水分被冷却设备析出。

(2) 水分冻结（库温在 $4\sim -4^{\circ}\text{C}$ 之间），每天降温不超过 $2^{\circ}\text{C}$ ，其中库温在 $0\sim -4^{\circ}\text{C}$ 时每天降温为 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 水分冻结后（库温在 $-4^{\circ}\text{C}$ 一下）每天降温不超过 $2^{\circ}\text{C}$ 。

在整个降温过程中冷库门应关紧，各蒸发排管应结霜良好。

观察并记录库房的自然升温情况及隔热效果，当库温降到设计值后应停机封库24小时以上。

降温时如遇降温困难，温度达不到设定值时，应分析原因。

降温困难的原因很多，如设计不当、机器选择不当、管道或节流阀选择不当等；

也可能是设备管道安装不当，如接管错误、位置不对、局部阻塞等；

也可能是操作问题、阀门调节不好、蒸发器供液不足等。

获取更多资料

应根据实际情况具体分析，适当处理。

降温后若出现温度回升过快，应检查冷库的保温情况，如库门是否关闭、管道冷桥处理如何，隔热层施工质量是否良好等，也应根据实际情况进行适当处理和补救。

## 二、制冷系统的试运行

- 制冷系统试运转前应做好准备工作，安装、操作及安全方面的技术人员必须到场，各种工具及防护用品应备齐，测温和测压仪表要准备好，供电设施应安全可靠，水系统的准备要完成，制冷系统的最后一次检漏要合格。
- 这时可以进行制冷系统的试运行。
- 进行制冷系统的试运行时，必须按照试车规程检查和调整各部位阀门的开关情况，由技术人员按照操作规程进行操作。

获取更多资料

在试运转中，应注意观察系统的以下运行情况：

1. 制冷压缩机的吸、排气压力和温度，油压差及油温，电动机的温升及电流等都应符合规定值。
  2. 观察蒸发器的结霜情况，若发现结霜不好则应分析原因，并进行排除。若无法解决则应会同设计、安装单位采取相应措施。
  3. 观察贮液器的液位控制器，液位控制器应根据液位变化和电磁阀实现联动，保持液位的稳定。
  4. 洗涤式油分离器的底部不应烫手。若底部烫手，则要判断是底部存油还是进液管位置不当，并采取相应措施。
- 检查冷却塔的布水是否均匀，水量和风量是否符合要求。

6.观察膨胀阀及阀后的管路是否正常结霜，膨胀阀处是否有制冷剂液体的流动声。若不正常应检查制冷剂液体过滤器是否堵塞，氟利昂制冷系统应区别是冰堵还是脏堵，然后进行适当处理。

7.观察在制冷系统正常运行时，高压贮液器的液位是否达到要求，应根据实际运行情况，决定是否添加制冷剂。

调试工作要认真仔细，注意观察。制冷系统试运行时的所有参数和指标都应达到规定要求。

调试过程要有专人记录试运行情况，记录下所有的程序和数据，以便存档备查。

获取更多资料