

# 冷库设计及实例

2015

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

# 冷库分类

2

- 规模分：
  - 大型冷库  $> 20000\text{m}^3$
  - 中型冷库  $5000\sim 20000\text{m}^3$
  - 小型冷库  $< 5000\text{m}^3$
- 库温分：
  - 冷却库（高温库）  $0^\circ\text{C}$ 左右
  - 冻结库（低温冷库）  $-20\sim -30^\circ\text{C}$
  - 冷藏库
    - 果蔬  $4\sim 2^\circ\text{C}$
    - 鱼、肉  $-18\sim -25^\circ\text{C}$
- 结构形式分：土建库、装配式冷库、覆土式冷库、气调式冷库。
- 按使用性质分：生产型冷库、分配型冷库-调节淡旺季、零售型冷库、中转型冷库、综合型冷库



# 制冷技术

3

## 1. 单级蒸汽压缩式制冷

制冷剂在一次循环中只经过一次压缩。最低蒸发温度可达 $-30\sim-40^{\circ}\text{C}$ 。

制冷剂在封闭的制冷系统中，以流体状态循环，通过相变，连续不断地从蒸发器中吸取热量和在冷凝器中放出热量，从而实现制冷。

蒸发器—热交换装置-液态制冷剂气化吸热，被冷却对象降温；

制冷压缩机—抽吸蒸发器中的制冷剂蒸汽；将低温低压制冷剂蒸汽压缩至高温高压，以便能用常温的空气或水作冷却介质进行冷凝。

冷凝器—也是热交换设备。将高温高压蒸汽，冷凝为高压常温。

节流装置—冷凝器冷凝得到的高压常温制冷剂不能直接送入低温低压的蒸发器，利用饱和压力与饱和温度对应远离，降低压力，从而降低制冷剂液体温度。

## 2. 单级制冷局限

为满足生产工艺，需要得到较低的蒸发温度



# 制冷技术-制冷工作过程

4

蒸发器内制冷剂在一定的蒸发温度下气化，从被冷却对象中吸取热量 $Q_0$ ，实现制冷。气化后的低温低压的制冷剂蒸汽被压缩机及时抽出，并压缩至冷凝压力，送入冷凝器，压缩过程中，压缩机消耗功率 $P_0$ 。高温高压制冷剂蒸汽在冷凝器内把热量 $Q_k$ 传递给环境冷却介质，首先被冷却，然后被冷凝为高压常温的制冷剂液体。该液体通过节流降压装置，降压降温为湿蒸气进入蒸发器，准备再次吸热汽化，从而完成一个单级蒸汽压缩式制冷循环。

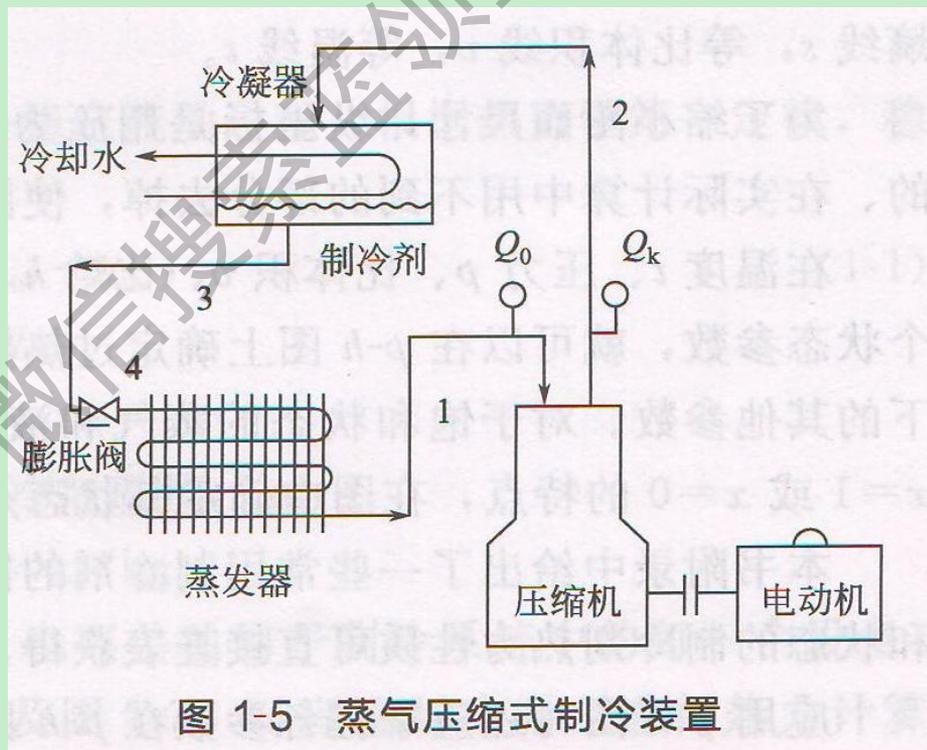


图 1-5 蒸汽压缩式制冷装置

# 制冷技术-热力学第一公式

5

理论制冷循环包括性能指标：

- 单位制冷量 $q_0$
- 单位理论功 $w_0$
- 单位冷凝器负荷 $q_k$

热力学第一定律公式：

$$Q + P = q_m (h_{\text{out}} - h_{\text{in}})$$

- $Q$ -单位时间内外界加给系统的热量，kW
- $P$ -单位时间内外界加给系统的功率，kW
- $q_m$ -质量流量，单位时间内循环的制冷剂质量， $\text{kg/s}$
- $h_{\text{out}}$ 、 $h_{\text{in}}$ -1kg制冷剂在系统出、进口处的比焓， $\text{kJ/kg}$

获取资料

微信搜索蓝领星



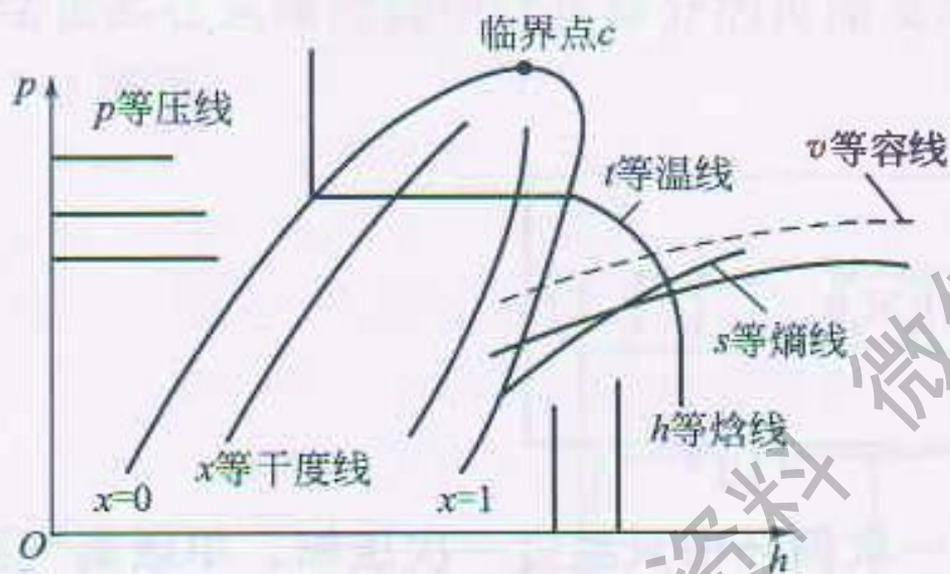


图 1-6 压-焓图 ( $p-h$ 图)

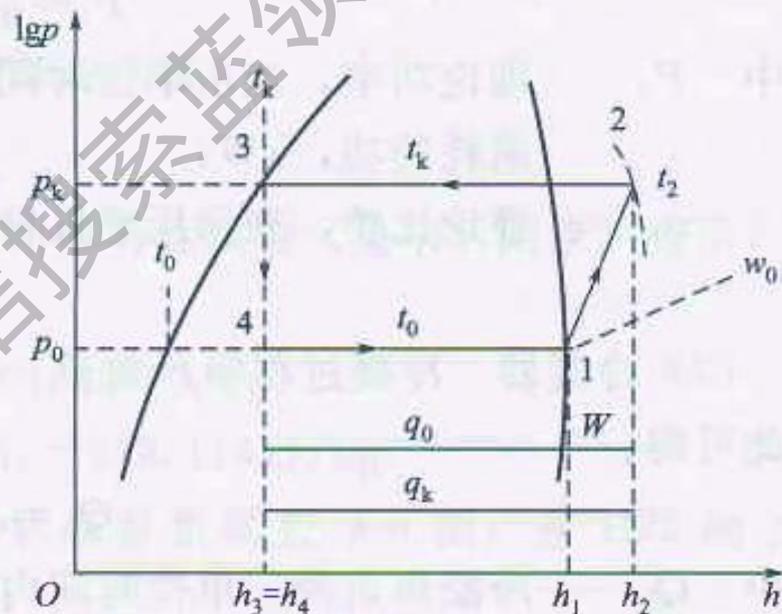


图 1-7 理论制冷循环在  $\lg p-h$  图上的表示

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

# 制冷技术-单级蒸汽压缩的局限

7

蒸发温度由 $t_0$ 降至 $t'$ 时:

1. 压缩机排气温度由2增至2'. 过高的排气温度会使润滑油碳化, 而且会降低黏度, 这些因素均可能影响压缩机的寿命和正常运行。
2. 压力比增大。压缩机的排气压力与吸气压力之比, 成为压缩机的压力比 ( $p_k/p_0$ )。当蒸发温度下降时, 压力比增大。压力比是压缩机的重要运行参数, 当压力比增大时, 压缩机的容积效率下降, 实际吸入气量减少 (即制冷剂的循环质量减少), 制冷量下降。
3. 节流损失增加。制冷剂单位质量压缩功增大, 进入蒸发器的制冷剂蒸汽, 干度增加, 意味着进入蒸发器中的制冷量和制冷系数均相应下降。

因此, 当蒸发温度低于 $-30^{\circ}\text{C}$ 时, 采用双级制冷循环能使上述不利影响得到改善。

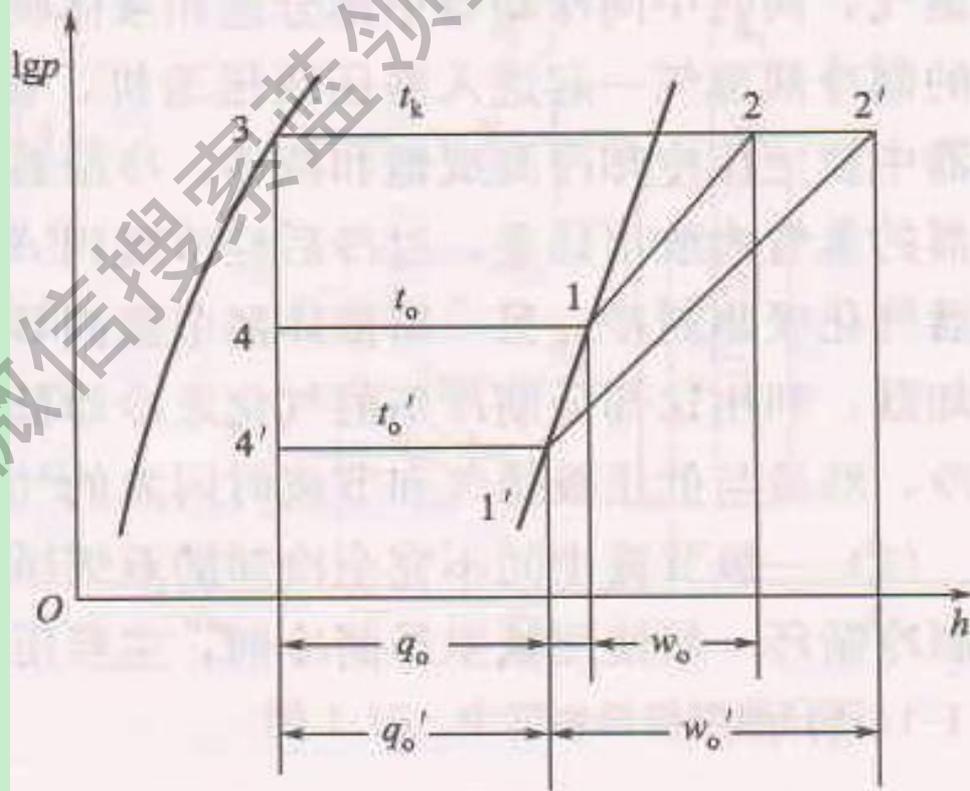


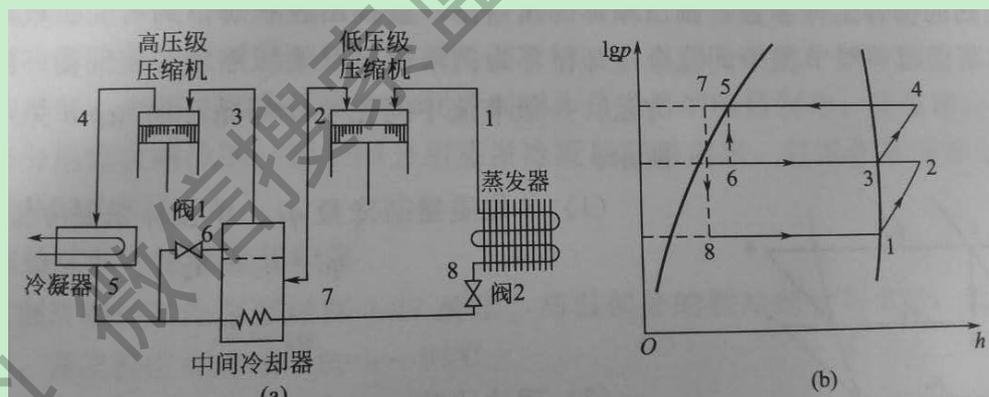
图 1-12 蒸发温度变化对制冷循环的影响

# 制冷技术-二级蒸汽压缩制冷循环

8

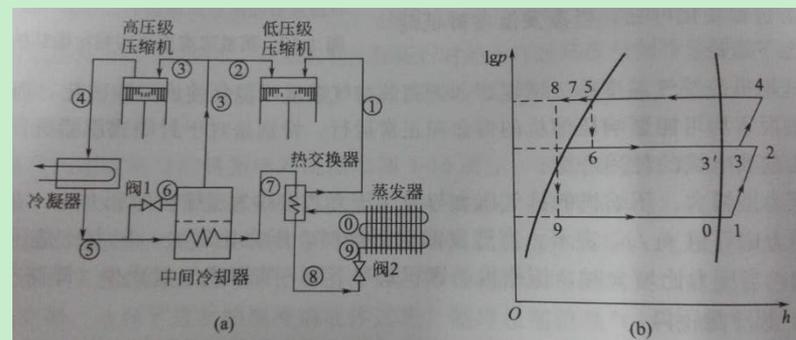
- 一级节流中间完全冷却的双级压缩制冷循环

氨制冷。蒸发器出来低温低压制冷剂蒸汽再低压级压缩机中由蒸发压力 $p_0$ 压缩至中间压力 $p_m$ ，低压级压缩机排出的过热蒸汽再中间冷却器中与中间压力下的该制冷剂饱和液体混合，被冷却成中间压力 $p_m$



- 一级节流中间不完全冷却的双级压缩制冷循环

氟利昂制冷。中压力压缩机的排气不是直接进入中间冷却器中冷却，而是与中间冷却器出来的中温制冷剂蒸汽在管道中相互混合被冷却，然后进入高压级压缩机压缩



# 制冷技术-复叠式压缩式制冷

9

- 由两个（或三个）部分组成：一部分为高温部分；另一部分为低温部分。每个部分都是完整的单级或双级压缩系统。高温部分系统中制冷剂的蒸发用于冷凝低温部分的排气；低温部分系统中的制冷剂用作蒸发器的吸热制冷。高温部分用中温制冷剂，低温部分用低温制冷剂。两个部分用蒸发冷凝器联系起来，它即作高温部分的蒸发器，又作低温部分的冷凝器。
- 高温部分常用R22，低温部分目前多用CO<sub>2</sub>，蒸发温度可达-90℃~-80℃。

获取更多资料





# 制冷技术-复叠式压缩式制冷

11

## 特点

- 启动时，高温部分先启动。当高温部分的蒸发温度降到足以保证低温部分的冷凝压力不超过1.57MPa，才可以启动低温部分。（如果想使高、低温级同时启动，则膨胀容器不仅与吸气管相连，还要与排气管相连，并在连接管上加装一个压力**控制阀**。一旦低温级压缩机的排气压力过高时，压力控制阀便自动打开，使部分气体排入到膨胀容器中，压力降低。这种启动方式常被小型复叠式制冷机组所采用，高、低温级的压缩机用同一台电动机带动。）
- 复叠式输气系数和效率都有所提高，且系统内保持正压，运行稳定性好。缺点是冷凝蒸发器、膨胀容器等设备及多元制冷剂使系统复杂性提高。同时，由于蒸发冷凝器有传热温差存在，当传热温差过大时，会使复叠式制冷机消耗的功比多级压缩单一制冷剂的系统要大



# 制冷工艺-食品变质因素

12

- 食品变质的主要原因

1、微生物：微生物分泌各种酶类物质，使食品中的高分子物质分解为低分子物质（转变为维持其生长和繁殖所需的营养），从而降低食品的质量，使其发生编制和腐烂。微生物的作用，是食品变质的主要原因。0℃（低温）左右即可阻止微生物繁殖。嗜冷微生物，如霉菌或酵母菌，-8℃仍能看到孢子出芽。

2、酶：食物本身含有酶。酶在适宜条件下，会促使食物中的蛋白质、脂肪和碳水化合物等营养成分分解。肉类，蛋白酶作用下，蛋白质发生水解而自溶，导致质量下降。果蔬，氧化酶催化，促进了呼吸作用，发黄、枯萎；呼吸作用加强，温度升高，加速食品腐烂。霉菌、酵母、细菌等微生物也是其分泌的酶引起食品破坏。

酶30~35℃活性最强。低温时活性小，每升高10℃，可使反应速率增加2~3倍。

非酶引起变质：油脂氧化、维生素C氧化、天然色素氧化等



# 制冷工艺-食品冷加工机理

13

- 植物性食品：活体，对外界微生物侵入有抵抗能力；要进行呼吸；不能再从母株上获取水分和营养。--对策，维持活体状态，减弱呼吸作用。方法，低温，接近冰点，但又不使植物冻死的温度。同时调节空气中的成分。
- 动物性食品：细胞死亡，无法抵抗微生物作用。--对策，冻结点以下低温保存。

获取更多资料



# 制冷工艺-食品冷加工中的变化

14

- 冷却（冷藏）过程：冷却，降温到指定温度，不低于冻结点，针对植物性食品；动物性食品，冷却过程抑制微生物活动。促使肉成熟-柔软、芳香、易消化，但只能短期储藏。
  - 1、水分蒸发--导致失去新鲜饱满外观，干耗、收缩、硬化肉色变化等-对策：控制湿度、温度、风速，表面积大小、表面形状、脂肪含量等；
  - 2、生理成熟—果蔬体内成分、颜色、硬度变化；畜肉缓慢成熟-肉质软化，但过了就肉质品质下降。
  - 3、低温病害—
  - 4、串味（移臭）--食品之间；冷藏库自有臭味，移给食品；
  - 5、其他—脂质裂化、淀粉老化、寒冷收缩、微生物增殖等



# 制冷工艺-食品冷加工中的变化

15

- 冻结过程中的变化：降温到冰点以下，微生物无法进行生命活动，生物化学反应速度减慢，达到食品能在低温下长期储藏的目的。

1、体积膨胀—膨胀约8.7%。冻结从外向内，内部冻结膨胀时，受外部阻碍，外层破裂。肉类：冻结速度过快的液氮冻结，产生龟裂，内脏酶类挤出、红细胞崩裂、脂肪向表层移动等，血球膜的破坏，血红蛋白流出，加速了变色。

2、干耗—设计不好的装置，5%~7%，设计优良的装置，0.5%~1%。但冻结费用通常只有食品价值的1%~2%，因此干耗的影响巨大。因素：相对湿度、风速和食品表面积等。对策：控制温度、风速，采用不透气外包装再冻结。

3、生物和微生物的变化—生物（寄生虫、昆虫等），冻结会死亡。猪囊虫-18℃死亡；大马哈鱼中的列头条虫幼虫-15℃下5天死亡。冻结对肉类所带寄生虫有杀灭作用。

微生物包含，细菌、霉菌、酵母三种。细菌对人体危害最大，冻结可以杀灭。

4、其他—比热容、热导率等。



# 制冷工艺-食品冷加工中的变化

16

## • 食品冻藏过程

1、干耗-冰结晶升华。冻结食品表面的温度、室内空气温度和空气冷却器蒸发管表面温度三者之间的温差，形成蒸汽压差。食品表面冰结晶升华到空气，上升，蒸发管表面水蒸汽结霜。冷却减湿的空气下沉，周而复始。

围护隔热不好时，加剧干耗。表层冰晶升华->深部冰晶升华，导致食品脱水，细微空穴大大增加食品与空气的接触面积。脂肪氧化酸败，表面褐变，外观损坏，味道及质地营养价值变差—成为“冻结烧”。

2、冰结晶的长大。 $-18^{\circ}\text{C}$ 时，食品中90%以上的水冻结。冰晶不稳、大小不一。温度变化，微细冰晶减少、消失，大冰晶逐渐生长。

这会导致细胞受到机械损伤，蛋白质发生变性，解冻汁液流失量增加，食品口感、风味变差，营养价值下降。

3、化学变化。蛋白质变性、脂类水解和氧化、色泽的变化等



# 制冷工艺-食品冷加工中的变化

17

- 食品升温和解冻过程

1、食品升温过程：空气露点温度高过食品表面温度，会凝结成水珠，受潮（出汗），为微生物生长创造了有利条件。增加了食品被微生物污染的可能，品质变坏。因此，冷却物出库时，必须经过升温-逐渐将食品温度提高到接近周围空气的温度。（不是终极出库，就需要全程无断链，防止升温 and 温度波动过大）

2、食品解冻。冻结的逆过程，希望获得最大程度的可逆性。完全恢复到冻结前的状态是不可能的-冰晶对纤维细胞的损伤，导致保水能力减弱，蛋白质物理性质变化，汁液流失。微生物和酶活动能力趋于活化，食品的芳香成分挥发及加速食品的腐败。

适当的解冻方法-解冻时间尽可能短，解冻终温尽可能低，解冻品表面和中心部分的温差尽可能小，汁液流失尽可能小，并有较好的卫生条件。



# 制冷工艺-冷库制冷工艺设计原则

18

- 1) 满足食品冷加工要求，降低食品的干耗，保证食品质量；
- 2) 采用先进的制冷方法和制冷系统。制冷简化，便于施工和操作，又要完善，使其调整灵活、便于检修、运行安全可靠。避免制冷剂泄露、压缩机湿冲程和失油。
- 避免制冷管道系统和设备过大的压力损失，保证各个蒸发器得到合理、充分的供液。
- 尽可能系统自动化，采用合理的工艺流程，减轻工人的劳动强度，避免或减少低温环境下的操作时间；
- 3) 冷库建设造价，运行管理费用兼筹。又要考虑技术经济发展趋势。制冷装置运转的经济指标是：机器、设备的投资，年度工作时数、机器设备折旧年限，电力消耗及食品干好率等指标。
- 4) 充分利用制冷系统的各种能源，降低能耗，减少制冷成本。



# 1.5冷库布置-布置要求

19

- 1. 符合制冷工艺的要求和产品出、入库方便，特别是冷却间、冻结间布置一定要服从生产流程，尽量给生产操作流水作业创造方便条件。异味、残次品，可考虑设置专门库房分开布置。
- 2. 当有冷却物冷藏间和冻结物冷藏间时，要明确划分冷热区，即高温库区与低温库区；常温穿堂、中温穿堂与低温穿堂，方便制冷系统管道布置，减少耗冷量和隔热工程量，且能避免热货进库出现起雾。
- 3. 尽量扩大使用面积，简化结构；
- 4. 分发间、穿堂、电梯等布置，门大小、位置、数量和月台的连接，满足食品进出库需要和便利。
- 5. 考虑民族习惯，清真要求



# 1.5.3冷库布置-竖向设计

20

- 合适的人工堆垛高度为3~3.5m，最高可达4m。堆垛机自身长4m，前后各需要3m。堆垛机距离地面一般要在700mm以上。
- 货运电梯载货量一般为3T，根据每小时最大货物吞吐量，决定电梯数量。
- 运送效率：快速电梯（30m/min）为10~20T/h；慢速电梯（18m/min）7.5T/h
- 【名词】
- 托盘位- SKU=Stock Keeping Unit（库存量单位）
- 零担运输--Less-than-Truck-Load
- 零担是相对于整车(Full-Truck-Load)而言。在实际的市场操作中，对于零担和整车的划分，基本上是以能否装满一车做为区别。



# Chpt 2 冷库隔热与防潮

21

- 隔热设计是冷库的**生命**。冷库围护结构保温层的传热量占冷库总热负荷的20%~35%，所以，减少围护结构的热负荷可以达到节能的目的。--降低围护结构单位热流量，一、选择热导率小的保温材料；二、增加保温层的厚度。
- 聚氨酯泡沫
- 聚苯乙烯泡沫（EPS）
- 挤塑聚苯乙烯泡沫（XPS）

聚氨酯泡沫塑料更适合于做冷库的墙、顶保温热材料，保温性能及耐久性优于其他材料；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料做冷库地面保温较理想，保温性和抗压性能更优。

获取更新资料 微信搜公众号 领星球



# 围护结构特性系数

22

- 热扩散系数

$$\alpha = \frac{\lambda}{c\rho} \quad (m^2/S)$$

$\alpha$ -热扩散系数,  $m^2/S$

$\lambda$ -材料的热导率,  $(W/m \cdot ^\circ C)$

$c$ -材料的比热容,  $J/(kg \cdot ^\circ C)$

$\rho$ -材料密度,  $kg/m^3$

热扩散系数是不稳定传热时材料热工特性指标。 $\alpha$ 值越大,表明材料的温度变化速度越快,热稳定性越差。故,围护结构的构造材料宜选用 $\lambda$ 和 $\alpha$ 都小的材料。

- **【网络释义】**：热导率, 又称“[导热系数](#)”。是物质导热能力的量度。符号为 $\lambda$ 或 $K$ 。
- 英文：coefficient of thermal conductivity--是指当温度垂直向下梯度为 $1^\circ C/m$ 时, 单位时间内通过单位水平截面积所传递的热量。
- 其具体定义为：在物体内部垂直于导热方向取两个相距1米, 面积为1平方米的平行平面, 若两个平面的温度相差1K, 则在1秒内从一个平面传导至另一个平面的热量就规定为该物质的热导率, 其单位为  $(W/m \cdot K)$ 。]



# 围护结构特性系数

23

- 蓄热系数

在建筑物中，许多热现象都带有一定的周期波动性。当围护结构一侧受到周期波动热作用时，表面所接收或放出的热量将按同一周期波动，随之引起围护结构外表面温度，以致内部和表面温度的波动，其被动的程度随着向围护结构内部的深入而逐渐减弱。围护结构表层温度波动的剧烈程度以及温度波在围护结构内部的衰减程度，与构造材料的蓄热系数 $S$ 有关。当采用24小时为一个波动周期时，材料的蓄热系数为

$$S_{24} = 0.51\sqrt{\lambda c \rho} = 0.51\frac{\lambda}{\sqrt{\alpha}}$$

获取更多资料 蓝领星球



# 围护结构特性系数

24

- 热惰性

热惰性是指围护结构对外界温度被动作用的抵抗能力，在同样的室外波动热作用下，围护结构热惰性越大，其内表面温度的波动越小。围护结构的热惰性是材料的热阻 $R$ 与蓄热系数 $S$ 的乘积，用 $D$ 来表示。它是无量纲的。

单层

$$D=RS$$

多层

$$D=\sum R_i S_i$$

$D \geq 6$

重型结构—土建库

$6 > D \geq 4$

中型结构

$D < 4$

轻型结构 -- 装配式冷库为轻型

获取资料 微信: 18838128128 蓝领星球



# 围护结构特性系数

25

## •围护结构传热量

$$\bullet \Phi = \frac{F (t_w - t_n)}{\frac{1}{\alpha_w} + \sum \frac{d}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}} = \frac{F (t_w - t_n)}{R_w + \sum R_i + R_n} = \frac{F \Delta t}{R_0} = k F \Delta t$$

$\Phi$ -围护结构传热量，W

$F$ -围护结构传热面积， $m^2$

$\alpha_w$ -围护结构外侧传热系数， $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$\lambda_i$ -各层建筑材料的热导率， $W/(m \cdot ^\circ C)$

$\Delta t$ -围护结构外侧与内侧计算温度差， $^\circ C$

$R_0$ -总热阻， $m^2 \cdot ^\circ C/W$

•其中， $q = \frac{\Delta t}{R_0} = k \Delta t$  ( $W/m^2$ )      --围护结构热流量



# 围护结构特性系数

26

$$q = \frac{\Delta t}{R_0} = k \Delta t$$

$q$  - 围护结构热流量,  $W/m^2$

$k$  - 围护结构传热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$  内外温差 $1^\circ C$ ,  $1m^2$ 范围1小时内通过的热量。

- 围护结构K值是冷库建筑的重要技术经济指标之一。确定K值应根据围护结构隔热层费用和制冷设备费用以及库内外温差等因素进行综合分析, 选择一个最经济合理的K值。
- 精确计算这个K值工作很复杂、费时。简便方法就是规定出单位表面积热流量控制指标来确定K值。
- 过去国外一般 $q (=k\Delta t)$ 定在 $11.6W/m^2$ 左右, 如今, 为了节能, 取值趋小。(值越小, 保温隔热性能越好, 造价越高)。室内外温差越大, 相应的传热系数越小, 室内外温差每差7摄氏度, K值可递增或递减 $0.058W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 。拟合出公式:
- $K=0.638-0.00816 \Delta t$



# 围护结构特性系数

27

由 $K=1/R_0$ ， $K$ 已知，总热阻 $R_0$ 便已知。总热阻为围护结构各层的热阻与围护结构内外侧面传热热阻的总和。

$$R_0 = R_w + \sum R_i + R_n$$

隔热层热阻为，总热阻（查表确定）减去除隔热层以外的其他各层的热阻：

$$R' = R_0 - \left( \frac{1}{\alpha_w} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n} \right)$$

获取更多资料 微信搜索 星球



# 围护结构特性系数

28

- 隔热层厚度：

$$d' = R' \lambda' b$$

$\lambda'$ --正常条件下测定的热导率， $W/(m \cdot ^\circ C)$

$b$ —热导率的修正系数，查表（聚氨酯1.4，聚苯板、挤塑板1.3；岩棉1.8；软木1.2加气混凝土1.3）

- 围护结构最小热阻

为防止围护结构外表面结露，总热阻大于或等于最小热阻 $R_{\min}$

$$R_{\min} = \frac{b (t_w - t_n)}{t_w - t_1} R_w$$

$t_1$ —高温侧空气露点温度（查表）

$R_w$ --围护结构高温侧表面的放热热阻（查表）， $m^2 \cdot ^\circ C/W$



# 冷库防潮设计

29

- 空气相对湿度

空气是由干空气与水蒸汽的混合物。大气压力是干空气分压力和水蒸汽分压力（ $p$ ）之和。

$$\Phi = \frac{p}{E} \times 100\%$$

$E$ -水蒸汽饱和压力；

- 空气中水蒸汽分压力随气温升高而增大，因此冷库围护两侧存在水蒸汽分压力差。此时，水蒸汽将从高压侧向低压侧渗透。对冷库而言，是水蒸汽想冷库内渗透。当水蒸汽通过围护结构，遇到结构内部温度达到或低于露点的某个冷区时，水蒸汽就在该处凝结或结冰。



# 冷库防潮设计

30

• 防潮材料主要有：

1、沥青、油毡；地坪防潮60号石油沥青，外墙及屋面选择10~30号石油沥青。油毡选择359~500g的石油沥青油毡；

2、塑料薄膜防潮隔汽材料：聚乙烯（PE）、聚氯乙烯（PVC）。聚乙烯薄膜性能取决于树脂密度、熔体流动速率和成型方法。冷库用必须具有高的拉伸强度、抗撕裂强度、冲击强度和优良的气密性。聚乙烯（PE）薄膜一般食用聚氯乙烯黏合剂黏合。聚氯乙烯（PVC）薄膜是一种光泽、透明度、防异味穿透气密性优良的防潮隔汽材料，通常用0.2mm厚度。（PVC有毒）

获取更多资料  
微信搜索  
蓝领星球



# 冷库防潮设计--防潮层计算

31

- 蒸汽渗透量计算

$$G = \frac{1}{H_0} (p_{sw} - p_{sn})$$

G—水蒸汽渗透量, g/(m<sup>2</sup>.h)

H<sub>0</sub>=∑ H<sub>i</sub>--围护结构的总蒸汽渗透阻 (m<sup>2</sup>.h.Pa/g)

p<sub>sw</sub>、 p<sub>sn</sub>—高、低温侧空气水蒸汽分压力, Pa

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球



# 冷库防潮设计--防潮层计算

32

- 围护结构表面积内部水蒸汽分压力计算

$$p_{sx} = p_{sw} - \frac{p_{sw} - p_{sn}}{H_0} (H_w + \sum_{x-1} H)$$

计算出围护结构各层表面分压力之后，再根据 $\Phi = \frac{p}{E} \times 100\%$ 计算各层表面相对湿度。若湿度大于或等于100，说明内部会出现凝结现象。反之则不会。

- 隔汽层设置标准
- 冷库围护结构隔热层高温侧各层材料（隔热层以外）的蒸汽渗透阻之和

$$H_w \geq H_{min} = 1.6 (p_{sw} - p_{sn})$$

- 注意：凡符合上式，且隔汽层布置在隔热结构的高温侧，即使围护结构内部出现凝结区，也属于符合要求！



# 冷库防潮设计--防潮层设置

33

•围护厚度薄了，加大制冷量能弥补。防潮层设计、施工不良，无法弥补，且，外界空气中的水蒸汽会源源不断侵入，产生**后果**：

- 1、隔热材料的霉烂和崩解；
- 2、建筑材料的锈蚀和腐朽；
- 3、冷间和蒸发器表面结霜增多，增加融霜次数，影响库温稳定和储藏商品的质量；
- 4、冷间温度上升加快，增加电耗和制冷成本；
- 5、最终，围护结构的破坏，甚至整个冷库建筑报废。

## •设置原则：

- 1、南方地区，冷库应在外墙高温侧布置；
- 2、冷热面可能发生变化时，两侧均设置；
- 3、低温侧比较潮湿的地方，两侧都要设置；
- 4、地坪隔热层的上下、四周均应设置防潮层。并且外墙的隔汽层应与地坪的上下隔汽层搭接。
- 5、内隔墙隔热层底部应设置防潮层。



# 土建库维护结构—地坪

34

- 危害：当 $0^{\circ}\text{C}$ 等温线越过隔热层侵入地基后，会引起土壤中水分冻结。
- 措施：
  - 1) 地下室设高温库防冻-大中型、地下水位较低区域；
  - 2) 地坪架空
  - 3) 通风防冻—自然通风或机械通风；管径 $150\sim 300\text{mm}$ ，管中距 $800\sim 1000\text{mm}$ ，管长不宜超过 $30\text{m}$ ， $3\text{‰}\sim 5\text{‰}$ 排水坡度，进出风口应高于室外地坪，管口封以铅丝网。
  - 4) 热油管防冻-进油温度 $14^{\circ}\text{C}$ ，回油温度 $5^{\circ}\text{C}$ （油温高于 $10^{\circ}\text{C}$ ，不需加热可继续循环），油温过高，易使钢管锈蚀。
  - 5) 电加热-耗电量。仅用于局部或小型冷库。



# Chp3-冷库制冷系统的设计

35

- 蒸汽压缩式制冷系统，由制冷压缩机、冷凝器、节流阀、蒸发器及分离、存储、安全防护作用的辅助设备组成，并通过管道将制冷机器和设备及相关元件相互连接起来，组成一个封闭的制冷回路，即制冷系统。
- 广义：制冷系统包括制冷剂循环系统、冷却水系统和润滑油系统，间接冷却的场合和包括载冷剂循环系统（氨、二氧化碳复叠制冷，即是）

获取更多资料



# Chp3-冷库制冷系统的设计-制冷剂选择

36

- 1、氨-R717,
  - 优点：正常蒸发温度低，冷凝压力和蒸发压力适中，单位容积制冷量大，热导率和汽化热大，节流损失小，能溶解于谁，泄漏时易被发现，价格低廉适合于陆地上各类冷库制冷装置使用。首选。
  - 缺点：有毒性，有刺激性气味，在有水分存在情况下，对铜及铜合金（磷青铜除外）有腐蚀，与空气混合达到一定的比例后，有燃烧和爆炸的危险，在高温下会分解。因此，氨制冷装置要保证密封性好。
- 2、氟利昂-R\*\*
  - 优点：无毒、无味，在制冷技术的温度范围内不燃、不爆，热稳定好。分子量，凝固温度低，对金属的湿润性好。
  - 缺点：臭氧破坏作用。CFCs，2010年全面禁止；HCFCs，2030年全面禁止。替代品稳定有待检验。价格昂贵。



# Chp3-冷库制冷系统的设计-压缩级数和制冷机组型式

37

## • 1、确定压缩级数

压缩级数根据冷凝压力和蒸发压力的比值确定。氨活塞式，比值 $\leq 8$ ；氟利昂制冷 $\leq 10$ 是，采用单级压缩。

双级压缩，氨系统采用中间完全冷却方式；氟利昂，中间不完全冷却方式。

## • 2、确定制冷机组型式 将制冷系统中的部分设备或全部设备组装成一个整体。结构紧凑，使用灵活，管理方便，占地面积小，安装简便。

➤ 压缩机组：由压缩机、电动机、控制台等组成，根据压缩机类型分为活塞式、螺杆式、离心式压缩机组。

**活塞式压缩机**：零件多、易损件多，管理维修比较麻烦；

**螺杆式压缩机**：容积回转式，运动没有往复惯性力，无进、排气阀，容积效率高，能量可以无级调节，使用温度范围大。广泛应用。

**离心式压缩机**：重量轻，结构紧凑可实现自动控制，无油压缩。精度高，难维护，单机制冷量大。使用制冷量在630~1160kW的大型制冷系统，用于空调。

➤ 压缩-冷凝机组 由压缩机、油分离器、冷凝器等组成。适用于小型冷库制冷系统



# Chp3-冷库制冷系统的设计-冷凝器选择

38

- 1、水冷式 冷却水可一次使用，可循环。循环水是，必须配有冷却塔。
  - 立式壳管式冷凝器 室外，利用冷凝器的循环水池作为基础。安装位置较高，有利于氨液顺利流回高压储液器。冷却水所需压头低，水泵耗能少。传热管是直管，清洗水垢比较方便，水质要求不高。冷却水温升小（ $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ ），因而冷却水循环量大。适于水源充足，水质差地区大中型氨制冷系统；
  - 卧式壳管式 室内。与储液器叠起来。用水量小。空间占用小。运行可靠。泄露不易被发现，对水质要求高。水源丰富，水质好地区，操作狭窄场所（如船舶）
- 2、空气冷却式  
冷凝压力和温度收到环境温度影响大。用于水源匮乏地区，中小型氟利昂制冷系统。
- 3、水和空气联合冷却式  
主要利用冷却水的汽化潜热来吸收制冷剂的热量，因而冷却效果好，用水量远少于水冷却时冷凝器，适用于缺水、干燥地区。蒸发式冷凝器应用最广。



# Chp3-冷库制冷系统的设计-供液方式

39

- 制冷剂液体经节流后，供给各蒸发器的方式，直接膨胀、重力和液泵供液三种方式。
- 1、直接膨胀 利用冷凝压力和蒸发压力之间的压力差，将液态制冷剂经节流阀膨胀后，直接供给给蒸发器。--适用单一节流、单一蒸发回路，负荷稳定的小型氟利昂制冷系统
  - 系统简单，操作方便，工程费用低，可靠性差；
  - 多冷间，使用情况不均衡是，不易调节控制，会导致供液不均；
  - 缺少气液分离器，回气中夹带的液滴得不到分离，压缩机易出现液击现象；
  - 节流后由闪发气体，占用蒸发器内部空间，降低蒸发器的传热系数。
- 2、液泵供液 多用于氨制冷系统。
- 制冷剂进出冷却设备的流向不同，分为：
  - **下进上出--供液均匀可靠，适用性强，应用最为广泛，普遍采用；**
  - 上进下出--适用对温度控制灵敏的错层冷库，以高温库为主。



# Chp3-冷库制冷系统的设计-供液方式

40

- **上进下出**—氨泵将制冷剂送至冷却排管最高层，或未蒸发的液体自上而下回流至低压循环罐。
  - 1) 冷却设备中充氨量少，静液柱小，蒸发温度与冷却设备介质之间的传热温差可相应提高；
  - 2) 氨泵停止工作后，冷却设备内的存液和积液可自行排出，有利于融霜和利用自控元件实现库温自动控制。冷却设备排空存液后，库温随即停止下降，有利于将温度控制在一个规定的限度内；
  - 3) 多组冷却设备，有供液不易均匀的弊病，且冷却排管内表面润湿性差，对传热系数有影响；
  - 4) 所有冷却设备必须安装在低压循环罐之上，且所需低压循环罐的容积必须能够容纳所有回液。设备费用大。
- **下进上出**—氨泵将制冷剂从冷却排管底层送入，并在管组内强迫流动，回气与余液由管组顶部经回气总管返回低压循环罐。
  - 1) 冷却设备供液均匀，传热效果好；
  - 2) 冷却设备与低压循环罐间的安装位置不受限制；
  - 3) 冷却设备内存氨量多、静压大、对蒸发温度有影响，积油不易排出；
  - 4) 停止供液后，冷却设备内存氨，机器不停，可继续降温，低温库相对有利，高温库有冻坏存储品的危险。



# Chp3-冷库制冷系统的设计-供液方式

41

- 3、重力供液
- 蒸发器与节流阀之间增设气液分离器，使其中的液面高于冷却设备的工作液面，借助液柱的静压力克服流动阻力，使液态制冷剂流入冷却设备。
- 气液分离，节流后的无效蒸汽分离，有利于提高**冷却设备**的传热系数；
- 进入液体调解站的不是气液混合，对并联排管的均匀供液有利；
- 避免液击；
- 为保证液柱高度，土建造价增加；
- 液体自然流动流速小，随制冷剂进入蒸发器的润滑油容易积存，降低蒸发器的传热系数。

--适用500吨以下中小冷库，盐水制冰系统

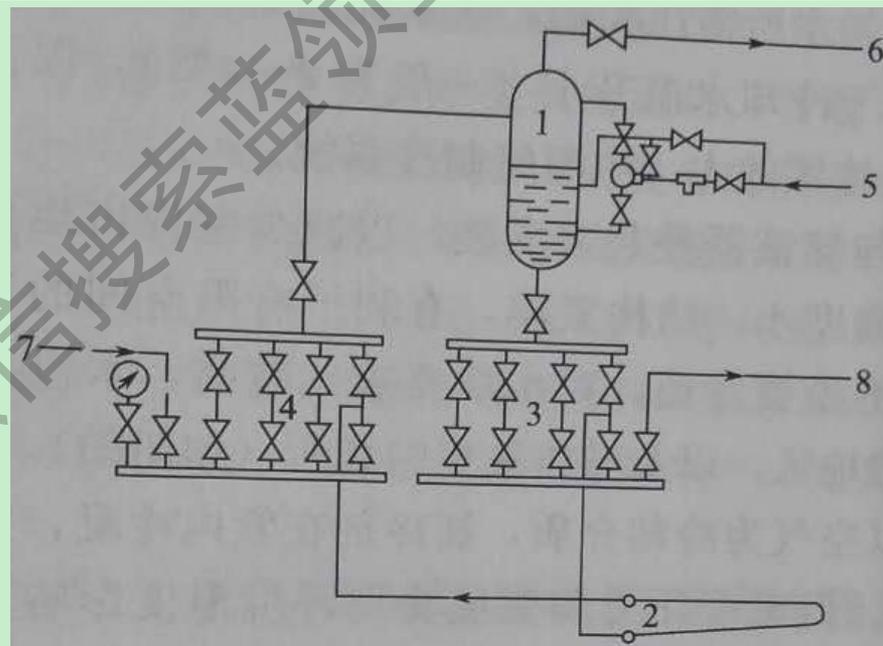


图 3-2 重力供液示意

- 1—气液分离器；2—蒸发器；3—液体调节站；  
4—气体调节站；5—供液管；6—回气管；  
7—热氨管；8—排液管

# Chp3-冷库制冷系统的设计-蒸发回路确定

42

- 制冷剂循环时所经历的路径叫做回路。某种蒸发温度的制冷剂所对应的回路，叫做蒸发回路。蒸发回路，以蒸发温度来划分。
- 当两个蒸发回路的蒸发温度之差不大于 $5^{\circ}\text{C}$ ，且负荷波动不大时，可合并成一个蒸发回路，为防止串气，必须在蒸发压力高的回气管上设气体降压阀，在蒸发压力低的回气管上设单向阀。
- 食品冷库的蒸发回路通常划分：1) 冻结回路： $-33^{\circ}\text{C}$ 或更低；2) 冻藏回路： $-33\sim-28^{\circ}\text{C}$ ；3) 制冷和冷却回路： $-15^{\circ}\text{C}$ ；4) 冷藏回路， $-12\sim-8^{\circ}\text{C}$

获取更多资料



# Chp3-冷库制冷系统的设计-冷却方式确定

43

## • 直接冷却

制冷剂直接在蒸发器内吸收被冷却物体或冷间内热量而蒸发。根据空气流动形式，分为自然对流冷却和强迫对流冷却两种。

**特点：**传热温差只有一次，能量损失小，系统简单、操作方便，初投资和运行费用均较低，因而应用广泛；注意防制冷剂泄露，做好安全防护措施。

## • 间接冷却

冷间的空气不直接与制冷剂进行热交换，而是与冷却设备中的载冷剂进行热交换。带有热量的载冷剂再与制冷剂进行热交换。

**特点：**被冷却对象不与制冷剂直接接触，安全卫生、无污染、可蓄冷、实现冷量的远距离运输等优点； $\Delta t$ 存在二次传热温差，增加了能量损失、热交换效率低。在不宜直接使用制冷剂的地方使用较多-盐水制冰，空调系统。

目前，氨-二氧化碳复叠制冷，就是该方式。



# Chp3-冷库制冷系统的设计-确定融霜

44

- 霜直接影响冷却设备传热，传热系数下降，冷风机的肋片管，结霜后，传热阻力增大，而且空气的流动阻力也增加，严重时会导致风无法送出。
- 融霜方式：
  - 1) 热气融霜 压缩机排出的过热蒸汽经油分离器后，送入蒸发器中，将蒸发器暂时当成“冷凝器”，利用热氨冷凝时所放出的热量，将蒸发器表面的霜层融化。热气融霜时间较长，对库温有一定影响，但除霜较为彻底，且融霜排液可冲刷蒸发器内的积油和污物，是冷库的主要融霜方式，应用时常辅以其他融霜方式。

设计时注意：

- 过热蒸汽不能直接从压缩机排气口出，应从油分离器后的排气管接。
- 融霜前，必须将蒸发器内剩余的制冷剂液体排除，切断蒸发器的制冷循环，进入融霜循环。
- 系统需设置用于融霜和制冷转换的分调节站。



# Chp3-冷库制冷系统的设计-确定融霜

45

- 2) **水融霜** 通过淋水装置向蒸发器表面淋水，使霜层被水流带来的热量融化。融霜水和霜层融化水从排水管排走。融霜水温度以 $25^{\circ}\text{C}$ 左右为宜，过高产生“雾气”，可能使冷库围护结构内表面上产生凝结水；过低则需要更多水量，或延长淋水时间。冬季或寒冷地区，可采用冷凝器排出的冷却水作为融霜用水。
- 这种融霜方式效率高，库温波动小，操作简单，容易实现自动控制。已经被广泛采用。一般用于上进下出供液的冷风机融霜。
- 3) **人工扫霜** 简单易行，对库温影响小，避免了融霜滴水影响冷藏品质问题。但，劳动强度大，除霜不彻底，一般与热气融霜方式相结合，用于冻结物冷藏间排管的除霜。
- 4) **电热融霜** 系统简单，操作方便，易于实现自动化，但耗电量大。因此只用于小型冷冻机组。
- 排管，人工结合热气法。冷风机，水冲或热气法。结霜较多需频繁除霜的，热气结合水融霜。冷却间温度高于 $0^{\circ}\text{C}$ 的蒸发器，可考虑停止降温，让霜层慢慢融化。



# Chp3-冷库制冷系统设计-制冷系统安全保护

46

- 压力属于中低压范畴，但有些制冷剂（如氨）具有毒性、易燃易爆，一旦泄露和其他事故，污染食品、危及人身和设备安全。
- 安全防护措施：
  - 1) 压力安全保护 在制冷设备上设置安全阀或压力继电器或压差继电器以及自动报警等压力保护安全设备。一旦超压出现，安全设备自动动作，把系统内的气体排至大气一部分，或自动停机。
    - A) 氨压缩机高压侧、冷凝器、储氨器、排液桶、低压循环桶、低压储氨器、中间冷却器上，均配置安全阀。阀要压力适中，且排气能力足够；
    - B) 压力继电器，实现高压、中压、低压保护。在压缩机公安压侧，除设置安全阀外，还应增设压力继电器，当排气压力超过压力继电器、安全阀的开启设定值时，他们依次动作，起到高压双重保护作用。低压保护是当制冷剂泄露、供液不足、吸气压力过低时，低压继电器动作，压缩机作故障停机。中压保护是指在双级压缩机中低压级排气压力超过继电器调定压力时，中压继电器动作，切断电源，压缩机作事故停机。



# Chp3-冷库制冷系统设计-制冷系统安全保护

47

## 1) 压力安全保护保护

➤ C) 压差继电器保护油压，在压缩机运行时，确保一定的油压。当油压低于某一定值时，压差继电器动作，压缩机必须停机。

压力继电器、压差继电器用于断水事故保护。当冷却水断水时，继电器动作，并发出断水警报信号，同时作事故停机。

➤ D) 储液器和冷凝器上设置熔塞，当外部发生火灾或异常高温时，熔塞熔化，塞口打开，系统泄压，防止设备出现爆炸事故。

2) 液位安全保护 为防止气液分离器、中间冷却器等设备中液位过高带来的安全问题，或液位过低造成的运行故障，必须对这些设备中的液位进行自动控制。浮球液位控制器是冷库制冷设备常用的液位自控装置，他可以自动检测液位，并根据监测结果指令电磁主阀开或关，以控制设备内液位高低。

3) 温度安全保护 压缩机的排气温度、润滑油温度、冷却水的进出口温度、电动机温度等，都是检查制冷系统安全运行重要参数，必须在设备上靠近热源的地方设置温度计，便于日常管理监视。



# Chp3-冷库制冷系统设计-制冷系统安全保护

48

## 4) 其他安全保护

A) 在氨制冷系统中应设置紧急泄氨器，在发生意外事故（如火灾等）时，将整个系统中的氨液溶于水后，泄入下水道，防止制冷设备爆炸及氨液外逸，以保护设备和人身安全。

B) 在压缩机排气管道和氨泵出液管上应安装止回阀，防止制冷剂倒流。例如，安装在螺杆压缩机上的止回阀，当压缩机突然停车时，可防止冷凝器内的制冷剂回流到压缩机中，使螺杆机组内不会呈现高压状态。

C) 在制冷系统中应设置紧急停车装置。

获取更新资料，微信扫码关注订阅号



# Chp3.2-冷库冷负荷计算

49

- 库房的冷负荷计算，实际上是库房消耗的冷量，计算冷负荷的目的是根据它的数值选配制冷压缩机、辅助设备和冷却设备。制冷装置运行的制冷量只有同冷负荷相平衡时，冷库库房才能达到并维持稳定的温度和相对湿度。
- 计算冷负荷，必须有以下资料：
  - 1、建库地区的气象、水文资料；
  - 2、库房的坐落（朝向）平、剖面图；
  - 3、各冷间要求的温度和湿度，对于冷却间和冷冻间，还需要进货量数据。

获取更多资料  
微信搜索：领学星球



# Chp3.2-冷库冷负荷计算

50

- 设计参数

- 1、室外计算温度 $t_w$

- 原则：考虑最不利环境条件；
- 冷库是从室外向室内传热的房间，室外计算温度应考虑炎热季节的环境条件。
- 设计计算时，室外计算温度 $t_w$ 为“**夏季空气调节日平均温度**”，各主要城市数据可直接从《采暖通风与空气调节设计规范》中查得。
- 在计算开门热流量和冷间通风换气热流量时，对室外计算温度的确定应采用**夏季通风室外计算温度 $t_w'$** 。（比 $t_w$ 大概高5~6℃）
- 对于直接与室外大气相邻的冷间，室外温度按照上述方法选取。若对两个冷间之间或冷间与其他建筑物之间进行传热计算时，则应以临室计算温度来替代室外计算温度。



# Chp3.2-冷库冷负荷计算

- **室外相对湿度 $\phi_w$** 
  - 室外空气计算相对湿度是为了计算冷间通风换气热流量和开门热流量时需要确定的参数。
  - 计算库房围护结构最小总热阻时的室外相对湿度，可按《采暖通风与空气调节设计规范》中规定的最热月月平均相对湿度选用。
  - 计算开门热流量和冷间通风换气热流量时，应采用夏季通风室外相对湿度，由附表查取。
- 室内温度和相对湿度
- 室内温度和室内相对湿度，即冷间的设计温度和相对湿度，是由食品冷加工条件、被储存食品的特质、储存期限及技术经济分析等综合经济指标确定。

表 3-2 冷间的设计温度和相对湿度

序号	冷间名称	温度/℃	相对湿度/%
1	冷却间	0~4	—
2	冻结间	-23~-18 -30~-23	—
3	冷却物冷藏间	0	85~90
		-2~0	80~85
		-1~1	90~95
		0~2	85~90

序号	冷间名称	温度/℃	相对湿度/%	适用食品范围
3	冷却物冷藏间	0~2	85~90	苹果、鸭梨等
		-1~1	90~95	大白菜、蒜薹、葱头、菠菜、香菜、胡萝卜、甘蓝、芹菜、莴苣等
		2~4	85~90	土豆、橘子、荔枝等
		7~13	85~95	柿子椒、菜豆、黄瓜、番茄、菠萝、橘子等
		11~16	85~90	香蕉等
4	冻结物冷藏间	-20~-15	85~90	冻肉、禽、副产品、冰蛋、冻蔬菜、冰棒等
		-25~-18	90~95	冻鱼、虾、冷冻饮品等
5	冰库	-6~-4	—	盐水制冰的冰块

注：冷却物冷藏间设计温度宜取 0℃，储藏过程中应按照食品的产地、品种、成熟度和降温时间等调节其温度与相对湿度。



# Chp3.2-冷库冷负荷计算

52

- 冷库生产能力和库容量计算
- 冷库生产能力计算

## 1、设有吊轨的冷却间和冻结间

每日冷加工能力

$$G_d = \frac{lg}{1000} \times \frac{24}{\tau}$$

$G_d$ -每日加工能力, T

$l$  -冷间内吊轨的有效总长度, m

$g$  -吊轨单位长度净载货量, kg/m

$\tau$  -冷间货物冷加工时间, h

表 3-3 吊轨单位长度净载货量

货物名称	输送方式	吊轨单位长度净载货量/(kg/m)
猪胴体	人工推送	200~265
	机械传送	170~210
牛胴体	人工推送(1/2 胴体)	195~400
	人工推送(1/4 胴体)	130~265
羊胴体	人工推送	170~240

注:水产品可按照加工企业的习惯装载方式确定。



# Chp3.2-冷库冷负荷计算

53

- 冷库生产能力和库容量计算
- 冷库生产能力计算

## 2、设有搁架式冻结设备的冻结间

每日冷加工能力

$$G_g = \frac{N G_g'}{1000} \times \frac{24}{\tau}$$

$G_g$  - 搁架式冻结间每日加工能力, T

$N$  - 搁架式冻结设备设计摆放冷冻食品容器的件数

$G_g'$  - 每件食品的净质量, kg

$\tau$  - 货物冷加工时间, h



# Chp3.2-冷库冷负荷计算

54

- 冷库生产能力和库容量计算
- 库容量计算

冷库的库容量，按冷藏间或冰库的室内净面积（不扣除柱、门斗和制冷设备所占的面积）乘以房间净高确定。

冷库计算吨位

$$G = \frac{\sum V_1 \rho_s \eta}{1000}$$

G - 冷库的计算吨位，T

$V_1$  - 冷藏间的公称容积， $m^3$

$\rho_s$  - 食品的计算密度， $kg/m^3$

$\eta$  - 冷藏间的容积利用系数

注：该算式为直接码冻算式，会取消。目前多为货架式，托盘位。



# Chp3.2-冷库热负荷计算

55

- 流入冷库的热量有五种：
  - 1、因室内外温差，通过围护结构流入冷间的热量，围护结构热流量 $Q_1$
  - 2、货物（包括包装材料和运载工具）在库内降温及有呼吸作用的货物在库内冷却和存储时释放的热量，货物热流量 $Q_2$
  - 3、存储有呼吸作用的货物，冷间需要通风换气，有操作人员长时间停留的冷间需要送入新鲜空气，这两者，通风换气热流量 $Q_3$
  - 4、电动机或其他用电设备，带入库房的热量，电动机运转热流量 $Q_4$
  - 5、照明、开门和操作人员传入冷间的热量，操作热流量 $Q_5$

获取更多资料，请访问：<http://www.bilibili.com/video/BV18t4y1j734>



# Chp3.2-冷库热负荷计算

56

- 围护结构热流量 $Q_1$

$$Q_1 = K_w \cdot A_w \cdot \alpha \cdot (t_w - t_n)$$

$$K_w = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}}$$

- $A_w$ --围护结构传热面积， $m^2$ ，长度-外墙，外到外，或内墙的中到中；内墙，内到内；高度-地坪保温层底到顶保温层顶。不扣除门斗，及门面积。
- $\alpha$ —温度修正系数，外墙1.3，屋面1.6，地面有通风等加热设备0.6，地面隔热层下为通风架空层0.7，无通风加热地面0.2，两侧均为冷间1.0。
- ( 100mX50mX20冷库， $Q_1$ 大约为80kW左右 )



# Chp3.2-冷库热负荷计算

57

- 货物热流量 $Q_2$
- 食品热流量 $Q_{2a}$ 、包装材料和运输工具热流量 $Q_{2b}$ 、货物冷却时的呼吸热流量 $Q_{2c}$ 、货物冷藏时的呼吸热流量 $Q_{2d}$ ，组成货物热流量

$$Q_2 = \frac{1}{3.6} \times \left[ \frac{G'(h_1 - h_2)}{\tau} + G' B_b \frac{c_b(t_1 - t_2)}{\tau} \right] + \frac{G'(q_1 + q_2)}{2} + (G_n - G')q_2$$

- $G'$ -冷间的每日进货量，kg
- $h_1$ -货物进冷间初始温度比焓（单位质量的物质所含的全部热能， $H=U+pV$ ）
- $h_2$ -货物在冷间终止降温时比焓（kJ/kg）
- $\tau$ -货物冷却时间，h；冷藏间取24h，冷却间、冻结间去设计冷加工时间
- $B_b$ -货物包装材料或运输工具重量系数，查表
- $c_b$ -包装材料或运输工具的比热容，kJ/(kg·°C)，查表
- $t_1$ -包装材料或运输工具进入冷间时的温度，°C
- $t_2$ -包装材料或运输工具在冷间终止降温时的温度，去该冷间的设计温度



# Chp3.2-冷库热负荷计算

58

- 货物热流量 $Q_2$
- 食品热流量 $Q_{2a}$ 、包装材料和运输工具热流量 $Q_{2b}$ 、货物冷却时的呼吸热流量 $Q_{2c}$ 、货物冷藏时的呼吸热流量 $Q_{2d}$ ，组成货物热流量

$$Q_2 = \frac{1}{3.6} \times \left[ \frac{G'(h_1 - h_2)}{\tau} + G' B_b \frac{c_b(t_1 - t_2)}{\tau} \right] + \frac{G'(q_1 + q_2)}{2} + (G_n - G')q_2$$

- $q_1$ -货物冷却初始温度时单位质量呼吸热流量，W/kg，查表
- $q_2$ -货物冷却终止温度时单位质量呼吸热流量，W/kg，查表
- $G_n$ -冷却物冷藏间的冷藏质量，kg
- 仅鲜水果、蔬菜冷藏间计算后两项。冻结过程如加水，应把水的热量加上。

获取更多资料



# Chp3.2-冷库热负荷计算

59

- 通风换气热流量 $Q_3$
- 冷间换气热流量 $Q_{3a}$ 、操作人员需要的新鲜空气热流量 $Q_{3b}$

$$Q_3 = \frac{1}{3.6} \times \left[ \frac{(h_w - h_n)nV_n\rho_n}{24} + 30n_r\rho_n(h_w - h_n) \right]$$

- $h_w$ --冷间外空气比焓, kJ/kg
- $h_n$ --冷间内空气比焓, kJ/kg
- $n$  --每日换气次数, 可采用2~3次
- $V_n$ -冷间内净体积,  $m^3$
- $\rho_n$ --冷间内空气密度,  $kg/m^3$
- $n_r$ --操作人员数量, 人
- 注: 只适用于存储有呼吸的食品冷间; 有操作人员长期停留的冷间, 如加工间、包装间等, 应计算操作人员需要新鲜空气热量, 其余冷间不计。室外计算温度取夏季通风室外计算温度, 相对湿度取夏季通风室外计算相对湿度。



# Chp3.2-冷库热负荷计算

60

- 电动机在冷间内运转热流量 $Q_4$
  - $Q_4=1000\sum P_d \cdot \xi \cdot b$
  - $Q_4$ --电动机运转热流量，W
  - $P_d$ --电动机额定功率，kW
  - $\xi$  --热转化系数，电动机在冷间内，取1；在冷间外，取0.75
  - $b$  -电动机运转时间系数，冷风机配用的电动机，取1；冷间内其他设备配用的电动机可按实际情况取值，每周也操作8h，则， $b=8/24$ 。
  - 注：由于计算时，电机尚未选型，故应参照估算；定型后，再计算。
- 
- 操作热流量 $Q_5$
  - 明显错误，已经不能够契合当下！

获取更多资料  
搜索蓝领星球



# Chp3.2-冷库热负荷计算

61

- 操作热流量 $Q_5$

$$\begin{aligned}\Phi_5 &= \Phi_{5a} + \Phi_{5b} + \Phi_{5c} \\ &= \Phi_d A_d + \frac{1}{3.6} \times \frac{n'_k n_k V_n (h_w - h_n) M \rho_n}{24} + \frac{3}{24} n_r \Phi_r\end{aligned}$$

- $\Phi_d$  -每平方米地板面积照明热流量，单位为 $W/m^2$ ；包装间，4.7；其他，2.3。
- $A_d$  -冷间地面面积，单位为 $m^2$ ；
- $n'_k$  - 门樘数。
- $n_k$  - 每日开门换气次数；
- $M$  -空气幕效率修正系数，取0.5，不设空气幕时取1；
- 3/24 - 每日操作时间系数，按每日操作3小时计；
- $n_r$  - 操作人员数量；
- $\Phi_r$  - 每个操作人员产生的热流量，单位为 $W$ ；
- $h_w$ 、 $h_n$ 、 $V_n$ 、 $\rho_n$  -与 $Q_3$ 中相同。



# Chp3.2-冷却设备负荷和机械负荷的计算

62

- 冷间各项热流量算出之后，即可进行库房热流量汇总计算，以确定系统的冷却设备负荷和机械负荷。
- 冷却设备负荷是指，为维持冷间在某一温度，需从该冷间移走的热流量值。
- 机械负荷，是指为维持制冷系统正常运转，制冷压缩机所带走的热流量值。
- 冷却设备负荷是以冷间为单位进行汇总；机械负荷是以蒸发温度为单位进行汇总。前者是选择蒸发器的依据，后者是选择压缩机的依据。
- 冷间冷却设备负荷 $Q_s$
- $Q_s = Q_1 + pQ_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$   
p-冷冻间、冻结间和货物不经过冷却直接进入冷藏间的货物，系数取1.3；其他冷间1.0。

获取更多资料



# Chp3.2-冷却设备负荷和机械负荷的计算

- 冷间机械负荷 $Q_j$

$$Q_j = ( n_1 \sum Q_1 + n_2 \sum Q_2 + n_3 \sum Q_3 + n_4 \sum Q_4 + n_5 \sum Q_5 ) R$$

$R$ -制冷装置和管道等冷损耗补偿系数，直接冷却系统宜取1.07，间接冷却系统宜取1.12.

$n_1$ -冷间围护结构热流量季节修正系数，根据冷库生产旺季出现的月份查表采用，全年无明显淡旺季区别，取1；

$n_2$ -冷间货物热流量折减系数；

冷间类别	容积 (m <sup>3</sup> )	取值	冷间类别	容积 (m <sup>3</sup> )	取值
冷却物冷藏间	≤1000	0.6	冻结物冷藏间	< 7000	0.5
	1001~3000	0.45		7001~20000	0.65
	> 3001	0.3		> 20001	0.8
冷加工间及其他	--	1			

$n_3$ -同期换气系数，取0.5~1；

$n_4$ -冷间内电动机同期运转系数，冷间数1，取1；2~4，取0.5；≥5间，取0.4。



# Chp3.2-制冷负荷估算

冷加工方式	冷间温度- ℃	肉类入库 温度-℃	出库温度- ℃	冷加工时 间-h	冷却设备 负荷-W/t	机械负荷 -W/t
冷却加工	-2	35	4	20	3000	2300
	-7/-2	35	4	11	5000	4000
	-10	35	12	8	6200	5000
	-10	35	10	3	13000	10000
冷冻加工	-23	4	-15	20	5300	4500
	-23	12	-15	12	8200	6900
	<b>-23</b>	35	-15	20	7600	5800
	-30	4	-15	11	9400	7500
	-30	-10	-18	16	6700	5400

冷冻加工时间不包括进出库搬运时间；-7/-2是指库温先为-7，表温降为0℃后，改用-2继续；红字-23，是不经过冷却，直接冷冻，蒸发温度需低于-33℃；本表已包含货物冷加工负荷系数P-1.3，及冷耗损补偿系数7%。

# Chp3.2-制冷负荷估算

65

冷加工方式	冷间温度 -°C	鱼体入库 温度-°C	出库温度- °C	冷加工时 间-h	冷却设备 负荷-W/t	机械负荷 -W/t
准备间	0	20	4	10	4700	3500
冻结间1	-25	4	-15	10	9300	7500
冻结间2	-25	20	-15	16	7000	5600

冷间名称	冷间温度 -°C	冷却设备负荷 -W/t	机械负荷 -W/t
一般冷却物冷藏间	±0、-2	88	70
250t以下冷库冻结物冷藏间	-15、-18	82	70
500~1000t冷库冻结物冷藏间	-18	53	47
1000~3000t单层库冻结物冷藏间	-18、-20	41~47	30~35
1500~3500t多层库冻结物冷藏间	-18	41	30~35
4500~9000t多层库冻结物冷藏间	-18	30~35	24

# Chp3.2-制冷负荷估算

制冰方式	机械负荷 (W/t)	冷加工食品	冷间名称	冷间温度℃	冷却设备负荷 (W/t)	机械负荷 (W/t)
盐水制冰	7000	肉禽水产品-冷藏间	50t以下	-15~-18	195	160
			50~100t		150	130
			100~200t		120	95
			200~300		82	70
桶式快速制冰	7800	水果蔬菜-冷藏间	100t以下	0~2	260	230
			100~300t		230	210
储冰间	25	鲜蛋冷藏间	100t以下	0~2	140	110
			100~300t		115	90

进货温度按照-15~-12℃计算，进货量按5%计算，如果进货温度为-5℃，需要适当增大表中数值。机械负荷已包括总管道等冷耗损失补偿系数7%。



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

67

## • 制冷压缩机选型原则

- 1、制冷量满足旺季高峰负荷要求，大于或等于机械负荷。按照一年中最热季节的冷却水温度（或气温）确定冷凝温度，由冷凝温度和蒸发温度确定压缩机的运行工况。由于旺季与夏季不一定重合，需要考虑季节修正系数。
- 2、较大容量冷库和较大冷加工能力的冻结间，压缩机台数不宜少于两台，总制冷量以满足生产要求为准，一般不考虑备用。小冷库，压缩机可选用单台。
- 3、选用相同系列压缩机，互相备用。
- 4、不同蒸发温度系统配备的压缩机，也应互相备用的可能。
- 5、压缩机季节性负荷或生产能力变化的负荷调节应另行配置与制冷能力相适应的机器，才能取得较好的节能效果。单机制冷量只适用于运行中负荷波动的调节。
- 6、采用双级压缩制冷循环。氨制冷系统的压力比 $p_k/p_0$ 大于8时。
- 7、制冷压缩机工作条件，不得超过制造厂家给定运行工况或国标规定的压缩机使用条件。

获取资料



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

68

- 基本参数确定

- 1、蒸发温度 $t_0$ 确定

蒸发温度是指制冷剂在蒸发器中汽化的温度。主要取决于被冷却对象的温度要求、制冷剂与被冷却对象之间的传热温差，而传热温差与所采用的蒸发器形式及冷却方式有关。

$$t_0 = t - \Delta t$$

$t$ -冷媒温度；

$\Delta t$ -传热温差

- 1) 空气为冷媒，传热温差取 $8\sim 12^\circ\text{C}$

- 2) 水或盐水为冷媒，传热温差一般取 $4\sim 8^\circ\text{C}$

为减小食品干耗，冷库趋向于小传热温差。国外，多取 $5\sim 7^\circ\text{C}$ （6.5摄氏度-谢晶教授）。

获取更资料

微信号: 15155151515



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

69

- 基本参数确定

## 2、冷凝温度 $t_k$ 确定

冷凝温度是指制冷剂在冷凝器中液化的温度。它取决于制冷剂系统所处地的当地气象、水文条件，制冷剂与环境冷却介质之间的传热温差以及冷凝器形式。

$$t_k = t + \Delta t$$

$t$ -冷却介质温度； $\Delta t$ -温差

1) **水冷式**： $t = (t_1 + t_2) / 2$ ； $t_1$ 、 $t_2$ 为冷却水进、出口温度。立式， $t_2 = t_1 + (1.5 \sim 3)$ 、[卧式][4~6]、{淋激式}{2~3}； $t > 30^\circ\text{C}$ 取下限； $t < 20^\circ\text{C}$ 取上限。

2) **风冷式**： $t$ -进口空气干球温度， $^\circ\text{C}$ ； $\Delta t$ -冷凝温度与冷却空气平均温度之差，取8~15 $^\circ\text{C}$ ；

3) **蒸发式冷凝器**： $t$ -进口空气湿球温度； $\Delta t$ -冷凝温度与夏季空气调节室外计算湿球温度之差，一般取5~10 $^\circ\text{C}$ 。

蒸发式冷凝器中，光滑管或翅片管湿润表面的水分蒸发引起的换热约占全部换热的80%，因此水分蒸发的快慢直接与冷凝温度有关。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（高湿地区不宜采用）。



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

70

## 3、吸气温度 $t_1'$

进入制冷压缩机的温度，它取决于回气的过热度，受影响因素如下：

- 1) 蒸发器到压缩机之间管道过程，过热。管道长度、蒸发温度；
- 2) 制冷供液方式有关。氨泵供液系统，从冷分配设备至低压循环回气管为气液两相流体，不会产生过热；只有低压循环桶至压缩机的吸入管上才产生过热。氨重力供液系统中，冷分配设备至气液分离器的回气管内可能会出现过热。
- 3) 直接膨胀供液对管道过热的要求。在氟里昂制冷系统中，大多数采用内平衡热力膨胀阀，膨胀阀靠回气过热度调节其流量。因此，要求回气管有适当的过热度，一般应有 $5^{\circ}\text{C}$ 以上的过热度。外平衡热力膨胀阀的要求过热度可小些。

a) 氨制冷系统，过热温度如下

蒸发温度 $t_0$	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-28	-30	-35	-40	-45
吸气温度 $t_1'$	10	1	-4	-7	-10	-13	-16	-18	-19	-22	-25	-28

a) 氟利昂，热力膨胀阀，蒸发器出口气体过热度 $3\sim 8^{\circ}\text{C}$ ；单级氟利昂，不大于 $15^{\circ}\text{C}$ ，但不能太低；回热器循环时，过热度可达到 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

71

## 4、排气温度 $t_2$

排气温度取决于制冷剂的蒸发压力\冷凝压力\吸入气体的干度\压缩机的性能和压缩机运行工况的变化.排气温度同压缩比(吸入压力与排出压力之比)成正比,同吸气温度过热度成正比。

通常，氨压缩机排气温度应低于 $150^{\circ}\text{C}$ ，正常运行时，一般在 $100\sim 130^{\circ}\text{C}$ 之间。设计时，可根据冷凝压力和过热度，通过压焓图近似确定。

## 5、过冷温度 $t_4'$

制冷剂液体在冷凝压力下冷却到低于冷凝温度的温度，过冷温度。

制冷剂液体在节流阀前经过过冷后，其单位质量制冷量有所增加。一般情况下，应比冷凝温度低 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，也即过冷度为 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

## 6、中间压力 $P_m$ 和中间温度 $t_m$

双级压缩制冷循环的中间压力 $P_m$ 和温度 $t_m$ ，对循环的制冷系数和压缩机的制冷量、消耗功率及结构有直接影响，因此，合理选择它们是双级压缩制冷循环的一个重要问题。



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

72

6、中间压力 $P_m$ 和中间温度 $t_m$

确定方法：

1) 比例中项计算法-有偏差，适用于初步估算

$$P_m = \sqrt{p_0 p_k}$$

$p_0$ -蒸发压力； $p_k$ -冷凝压力

2) 经验公式-拉赛提，最佳中间温度

$$t_m = 0.4t_k + 0.6t_0 + 3$$

$t_0$ -蒸发温度； $t_k$ -冷凝温度

适用于氨在-40~40°C的温度范围，对于R12（二氯二氟甲烷，氟里昂12）和R40（一氯甲烷）同样适用。

3) 经验查图

根据 $t_0$ -蒸发温度、 $t_k$ -冷凝温度及高压级和低压级理论输气量比 $\xi$ 来查表。



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

73

单级制冷压缩机选型计算

## 1、以压缩机理论输气量选型

1) 由机械负荷 $\phi_j \rightarrow$ 压缩机理论输气量 $V_p$

$$V_p = \frac{3.6\phi_j}{q_v\lambda}$$

$q_v$ -制冷剂单位容积制冷量,  $\text{kJ}/\text{m}^3$ ; 根据蒸发温度及冷凝温度可查表得到。

$\lambda$  -压缩机输气系数, (相当于折损量) 活塞式查表。螺杆式厂家提供, 一般在0.75~0.9之间。

2) 理论输气量 $V_p \rightarrow$ 从产品样本中选取压缩机型号和台数 (一般两台同型号)

## 2、以压缩机标准工况制冷量选型

由冷负荷计算所求得的 $\phi_j$ , 折算成标准工况下的制冷量。

$$\phi'_b = \frac{\phi_j}{A}$$

A-制冷量换算系数, 可查表。

3、根据压缩机性能曲线选型-厂家产品手册, 某种制冷剂和一定转速, 测出不同工况下的制冷量和轴功率。



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

74

双级制冷压缩机选型 (不明白)

配组双级压缩机选型，关键是确定双级压缩机在设计工况下运行时的中间温度 $t_m$ 。前面提到的中间温度是理想条件下求得的数值。应根据高低压级压缩机理论排气量之比，用图解法求出中间温度。然后再根据中间温度确定高、低

压级的理论输气量之比 $q_{vg}/q_{vd}$ ，由此，再据机械负荷选择高压级和低压级压缩机型号和台数。

1) 求出 $t_m = 0.4t_k + 0.6t_0 + 3$ ，假定两个 $t_{m1} = t_m - 5$ ， $t_{m2} = t_m + 5$ 。在压焓图上作出制冷循环过程线，如上图。并分别查出两个不同中间温度条件下相关的状态参数。

2) 分别求出高、低压级输气系数 $\lambda_g$ 、 $\lambda_d$ 。两个中间温度各自的输气系数。再根据单级压缩机输气系数的方法进行计算。（低压级的冷凝温度和高压级的蒸发温度为中间温度。）

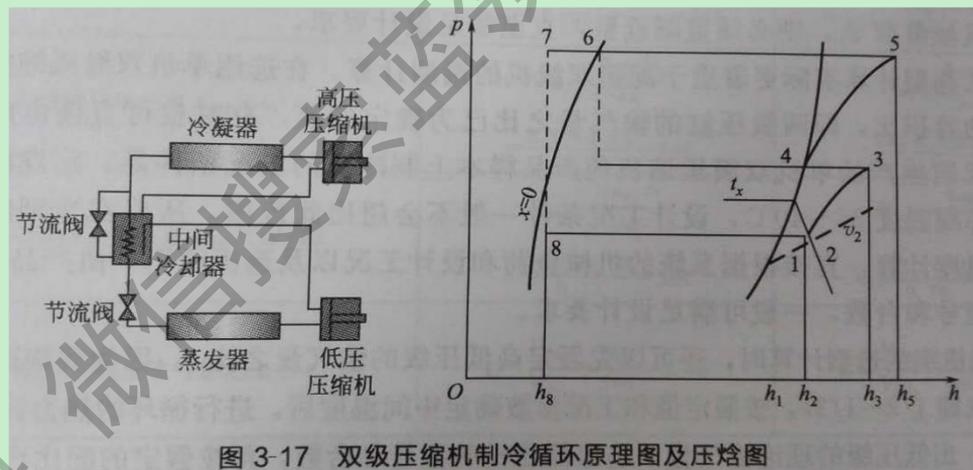


图 3-17 双级压缩机制冷循环原理图及压焓图

# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

75

3) 按照下表求解。

表 3-28 双级压缩机试算

序号	计算项目	假定的中间温度	
		$t_{m_1} = t_m' - 5^\circ\text{C}$	$t_{m_2} = t_m' + 5^\circ\text{C}$
1	低压级质量流量 $q_{md}$	$q_{md_1} = \left( \frac{\Phi_1}{h_1 - h_8} \right)_1$	$q_{md_2} = \left( \frac{\Phi_1}{h_1 - h_8} \right)_2$
2	高压级质量流量 $q_{mg}$	$q_{mg_1} = q_{md_1} \left( \frac{h_3 - h_7}{h_4 - h_6} \right)_1$	$q_{mg_2} = q_{md_2} \left( \frac{h_3 - h_7}{h_4 - h_6} \right)_2$
3	低压级理论输气量 $V_{pd}$	$V_{pd_1} = \frac{q_{md_1} v_2}{\lambda_{d1}}$	$V_{pd_2} = \frac{q_{md_2} v_2}{\lambda_{d2}}$
4	高压级理论输气量 $V_{pg}$	$V_{pg_1} = \frac{q_{mg_1} v_4}{\lambda_{g1}}$	$V_{pg_2} = \frac{q_{mg_2} v_4}{\lambda_{g2}}$
5	高低压级理论输气量之比 $\xi$	$\xi_1 = \frac{V_{pg_1}}{V_{pd_1}}$	$\xi_2 = \frac{V_{pg_2}}{V_{pd_2}}$

4) 中间温度为纵坐标，理论输气量之比为横坐标，作如右图。

5) 根据最佳中间温度  $t_m$ ，找到相应理论输气量之比。参照输气量分别选择高低压级压缩机。由实际选型，再重算中间温度。

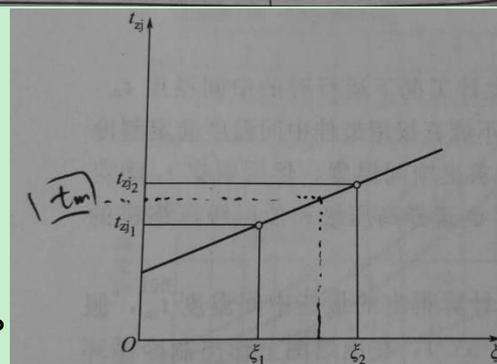


图 3-18 中间温度与高低压级理论输气量之比的关系图

.....

# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

76

- 冷凝器的选型

- 1、立式水冷却冷凝器

适用于水源丰富、水质较差、水温较高的地区。布置在机房外。（用水量大）

- 2、卧式水冷却冷凝器

适用于水量充足、水温较低、水质较好的地区。中小型氨和氟利昂系统中，室内

- 3、淋浇式冷凝器

空气湿球温度较低、水源不足或水质较差的地区，室外通风良好的地方

- 4、蒸发式冷凝器（节能，用水量小）**

空气相对湿度较低和缺水的地区。室外通风良好地方。

- 5、空气冷却式冷凝器

水源紧张，小型氟利昂制冷系统。氨制冷系统中一般不采用。



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

77

- 冷凝负荷计算

单级（双级）压缩制冷循环

$$\Phi_k = \frac{q_{mg}(h_3 - h_4)}{3.6}$$

$\Phi_k$ —冷凝器负荷，W；

$q_{mg}$ —（高压级压缩机）制冷剂质量流量，kg/h；

$h_3, h_4$ --制冷剂进、出冷凝器比焓，kJ/kg。

单级又有双级压缩的制冷循环，冷凝负荷为单、双级压缩回路冷凝负荷之和。

- 冷凝面积计算

$$A = \frac{\Phi_k}{K\Delta t_m} = \frac{\Phi_k}{q_F}$$

A—冷凝器面积，m<sup>2</sup>；

$\Phi_k$ —冷凝器负荷，W；

K—冷凝器的传热系数，W/(m<sup>2</sup>·°C)，见表；

$q_F$ --冷凝器单位面积热负荷，W/m<sup>2</sup>，见表；

$\Delta t_m$ -对数平均温差，°C。

$$\Delta t_m = \frac{t_{S2} - t_{S1}}{2.31 \lg \frac{t_k - t_{S1}}{t_k - t_{S2}}}$$

$t_{S1}$ 、 $t_{S2}$ 、 $t_k$ -冷却水的进水温度、出水温度和冷凝温度。



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

78

## 氨制冷剂

型式	传热系数 $K$ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	单位面积热负荷 $q_F$ ( $W/m^2$ )	应用条件
立式冷凝器	700~900	3500~4000	1.冷却水温升 $2\sim 3^\circ C$ ; 2.传热温差 $4\sim 6^\circ C$ ; 3.单位面积冷却水量 $1\sim 1.7m^3/(m^2 \cdot h)$ ; 4.传热采用光钢管
卧式	800~1100	4000~5000	1.冷却水温 $4\sim 6^\circ C$ ; 2.传热温差 $4\sim 6^\circ C$ ; 3.单位面积冷却水量 $0.5\sim 0.9m^3/(m^2 \cdot h)$ ; 4.传热用光钢管; 5.水流速 $0.8\sim 1.5m/s$
淋水式	600~750	3000~3500	1.进口湿球温度 $24^\circ C$ ; 2.补充水量为循环水量的 $10\%\sim 12\%$ ; 3.单位面积冷却水量 $0.8\sim 1.0m^3/(m^2 \cdot h)$ ; 4.光钢管
蒸发式	600~800	1800~2500	1.传热温差 $2\sim 3^\circ C$ ; 2.补充水量为循环水量的 $5\%\sim 10\%$ ; 3.单位面积冷却水量 $0.12\sim 0.16m^3/(m^2 \cdot h)$ ; 4.光钢管; 5.单位面积通风量 $300\sim 340m^3/(m^2 \cdot h)$

# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

79

- 冷却水量计算

$$q_v = \frac{3.6\Phi_k}{1000c\Delta t} = Aq_F$$

$\Phi_k$ —冷凝器负荷，W；

$q_F$ -冷凝器单位面积用水量， $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ；

$c$ -水的比热容， $c=4.187\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ；

$\Delta t$ -冷却水进出温差， $^\circ\text{C}$ 查表；

$A$ —冷凝器面积， $\text{m}^2$ 。

序号	型号	$q_F$ ( $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ )	$\Delta t$ ( $^\circ\text{C}$ )
1	立式冷凝器	1~1.7 (费水)	2~3
2	卧式冷凝器	0.5~0.9	4~6
3	淋激式冷凝器	0.8~1.0	--
4	蒸发式冷凝器	0.15~0.20 (节水、节能)	--



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

80

- 冷却设备选型计算

- 一、选型原则

- 1、冷却间、冻结间和冷却物冻藏间应采用冷却风机；
- 2、冻结物冷藏间，可选用顶排管、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；无良好包装时，可采用顶排管、墙排管。
- 3、根据不同食品的冻结工艺要求选用合适的冻结设备：隧道冻结装置、平板冻结装置、螺旋冻结装置、液化冻结装置及搁架式排管冻结装置等。
- 4、包装间的冷却设备，室温高于-5℃时宜选用冷风机，室温低于-5℃时宜选用排管。
- 5、冰库选用光滑顶排管。

- 二、冷却设备计算

- 1、冷却面积

$$A = \frac{\Phi_s}{K\Delta t}$$

A—外表面传热面积，m<sup>2</sup>；

$\Phi_s$ --冷却设备负荷，W；

K—传热系数，W/( m<sup>2</sup>.°C )

$\Delta t$ —库房温度与蒸发温度之差，°C，查表



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

81

## • 二、冷却设备计算

### 2、冷却排管选型

冷却排管一般由设计单位提供图纸，由施工单位现场加工或在工厂预制加工，其包括顶排管和墙排管两种型式。

#### 1) 冷却光滑排管传热系数计算

$$K = K' C_1 C_2 C_3$$

K—光滑排管设计条件下的传热系数， $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ；

K'—光滑排管标准条件下的传热系数， $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 查表；

$C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ —排管的构造换算系数（管子间距与管子外径之比）、管径换算系数和供液方式换算系数。

### 3、冷风机选型

落地式和吊顶式两种。翅片式蒸发器考核工况如下表：

冷凝温度	进风温度	进出风温差	迎面风速m/S	出口过冷度 $^\circ C$
50	35	10	2~3	$\geq 23$

氨冷风机传热系数：上述工况下，落地、吊顶式翅片管冷风机-合格 $K \geq 12$ ；一等品 $K \geq 14$ ；优等品 $K \geq 17$ 。



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

82

- 二、冷却设备计算
- 3、冷风机选型

翅片式氨冷风机传热系数K值

蒸发温度	最小流通界面上空气流速 (m/s)	K值
-40	3~5	11.6
-20	3~5	12.8
-15	3~5	14
≥0	3~5	17

氟吊顶式冷风机在考核工况下传热系数K值

制冷剂	冷藏间	冻藏间	冻结间
R12 (R134a)	≥22	≥20	≥16
R22、R502	≥25	≥22	≥18



# Chp3.3-制冷压缩机及设备选型计算

83

- 4、搁架排管选型

氨搁架式排管传热系数K值

空气状态	自然对流	风速1.5m/S	风速2.0m/S
传热系数K	17.5	21	23.3

### 三、辅助设施选型

获取更多资料 微信搜公众号 领星



## 3.4 机房设计

84

机房是冷库的心脏，是设置、操作及运行冷库制冷设备或空调制冷设备的场所。

• 一、一般要求（国外倾向于分散，而非集中）

1、机房宜为独立建筑，并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。

2、机房宜在夏季主导风向的下风向（考虑泄漏可能造成的危害）。但应在锅炉房、煤场等易发烟、灰尘大等场所的上风向；同时，机房还应在冷却塔的上风向，间距不小于25m。

3、机房四邻不宜靠近人员密集场所（如宿舍、幼儿园、食堂、俱乐部等），氨管道也不得通过上述房间，以免在发生重大事故时造成人身伤亡。

4、机房面积主要考虑机器、设备布置及操作所需确定，一般可按冷库生产性建筑面积的5%左右考虑。

5、机房的高度要求考虑到压缩机检修时起吊设备和抽出活塞连杆的方便等因素，并应兼顾通风采光的要求。大中型冷库机房（跨度 $\leq 13\text{m}$ ）净高可取6.5~7m，中小型机房（跨度 $< 9\text{m}$ ）净高可取5~5.5m。旧房改造或小型机组，也不应低于4m。务必有良好的自然通风条件和天然采光条件。



## 3.4 机房设计

85

机房是冷库的心脏，是设置、操作及运行冷库制冷设备或空调制冷设备的场所。

• 一、一般要求（国外倾向于分散，而非集中）

6、为保证操作人员安全和方便，机房内通道不宜超过12m；大机房要超过12m时，需设两个以上互不临近、直通向室外的出入口，门洞宽度不小于1.5m。其中一个门洞宽度应能保证进入最大的设备。

7、所有门窗均应设计成朝外开启，并应采用平开门，禁用侧拉门，以便出现紧急情况是人员避险逃脱。氨压缩机机房的门不许直接通向生产性车间。机房必须有良好的自然采光，其窗孔投光面积不小于地板面积的 $1/7 \sim 1/6$ ，在炎热季节里应采取遮阳措施，避免阳光经常直射。

8、为防止油浸，便于清洗，机房地面、墙裙和机器机座等表面一般应为先浇水磨石面层。油泵、液泵、低压集油器等设备基座四周，应设排水浅明沟。

9、根据建筑设计防火规范，氨压缩机机房属于乙类危险性生产建筑，应按二级耐火等级建筑物进行设计。



# 3.4 库房设计

- 库房，对食品进行冷加工和储藏的房间，主要由冷却间、冻结间、冷却物冷藏间、冻结物冷藏间等组成。库房设计的重点，是**冷却设备的布置**和**气流组织**问题。

## 一、冷却间设计

果蔬，要迅速冷却，又不能产生冻害；水产品一般有碎冰降温至 $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，无需冷却；

### 一)、肉类冷却间设计

#### 1、一般原则

**目的：迅速排除肉体表面的水分及内部的热量，降低肉体深层温度和酶的活性，延长肉的保鲜时间，有利于肉体水分保持，确保肉的安全卫生。**

- 1) 肉类冷却大多数采用空气冷却方式，空气吸收肉体热量再传至蒸发器。冷却设备采用冷风机，使空气在室内强制循环，以加速冷却过程；
- 2) 屠宰后，肉胴体温度一般为 $35\sim 37^{\circ}\text{C}$ ，为了抑制微生物活动，必须将其冷却，一般冷却间温度采用 $0\sim -2^{\circ}\text{C}$ ，肉在冷却间内能在20h左右时间内冷却至 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。



## 3.4 库房设计

87

### 一)、肉类冷却间设计

#### 冷却间内布置要求:

- a) 肉胴体之间要有3~5cm的间距, 不能贴紧, 以便使肉体收到良好的吹风, 散热快, 空气速度保持适当、均匀;
- b) 最大限度地利用冷却间的有效容积;
- c) 在肉的最厚部位, 大腿处附近要适当提高空气运动速度;
- d) 尽可能使每一片肉在同一时间内达到同一温度;
- e) 保证肉在冷却过程中的质量。冷却终了, 在大腿肌肉深处的温度如达到0~4°C, 既达到了冷却质量要求。

#### 两阶段冷却法: 丹麦和欧洲国家提出, 干耗减少40%~50%, 肉质好, 表现好

第一阶段: -10~-15°C冷却间, 空气速度1.5~3m/S, 经过2~4h后, 肉表面温度为-2°C左右, 内部温度18~25°C;

第二阶段: 用一般冷却方法, 或放在冷却物冷藏间内, 即将肉体放在0~-2°C下冷却10~16h, 肉体内部温度达3~6°C, 即完成冷却。

冷却设备: 一种-连续输送吊轨的冷却间, 到一般冷间; 第二种, 同一冷间, 前后两阶段所用风速和温度不同。



# 3.4 库房设计

## 一)、肉类冷却间设计

### 2、冷却设备的布置 (1)

第一种，风管吹风，如图3-30.落地式冷风机，在其上装配风管。

第二种，吊顶冷风机、挡风板配风，在一端吸气，从另一端吹出，使空气沿着墙面和地面流动。如图3-31。

第三种，开孔挡风板配风，设置吊顶冷风机，冷风从孔口吹出。这种配风方式可以得到均匀风速。

后两种冷风机吊顶，不占用库房面积。

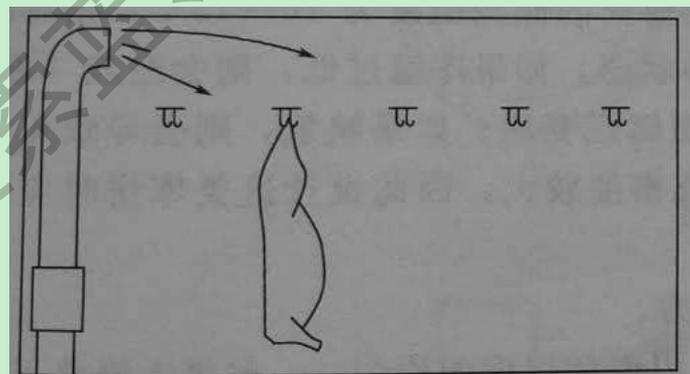


图 3-30 风管配风

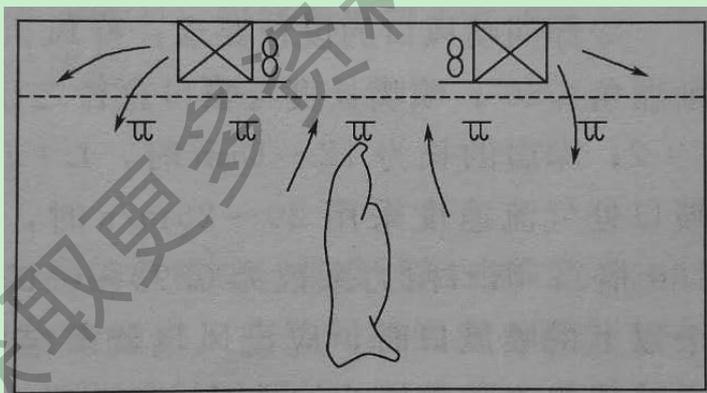


图 3-32 开孔挡风板配风

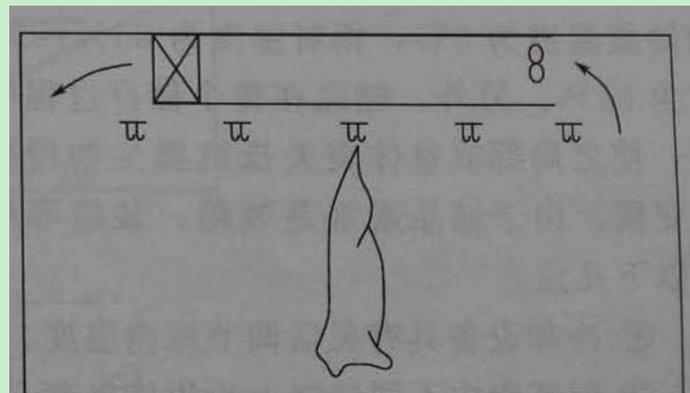


图 3-31 挡风板配风

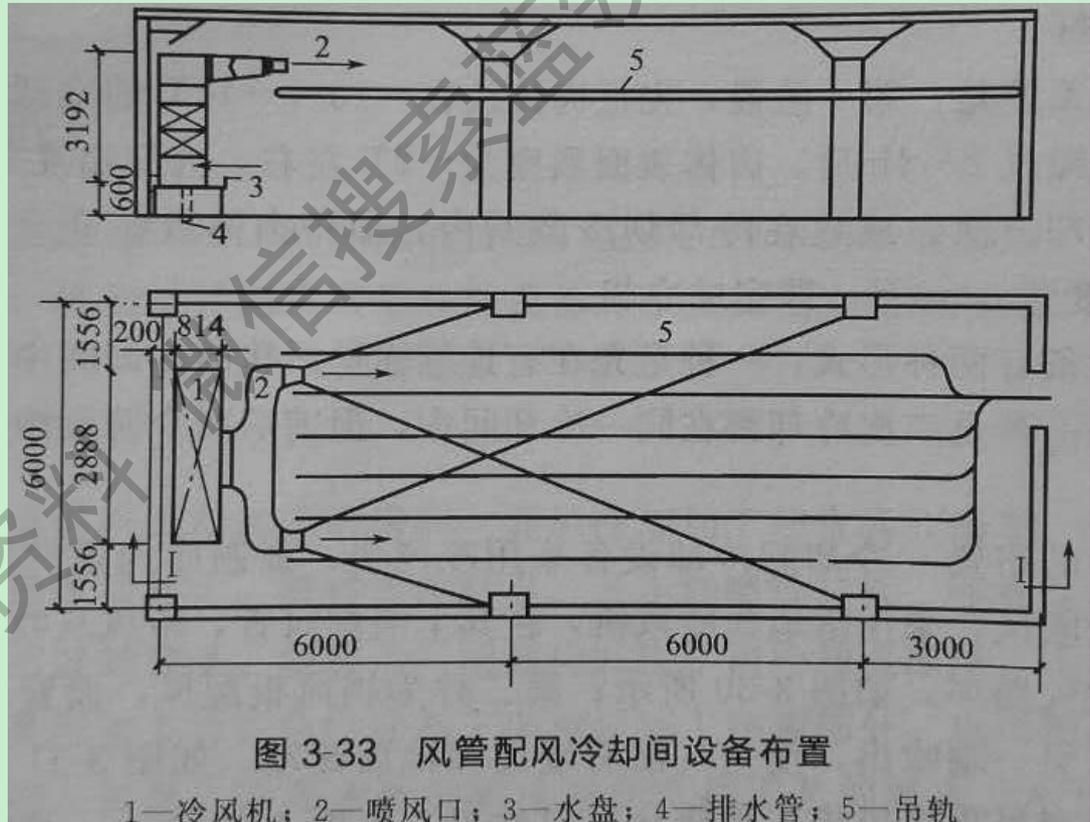
## 3.4 库房设计

89

### 2、肉类冷却设备的布置 (2)

如图，风管配风冷却间，冷风机设在库房一端长向，风在长向循环，射程不宜大于20m。常设计成长12~18m、宽6m、高4.5~5m，面积72~108m<sup>2</sup>，每间可容纳15~20t猪白条。

室内装设65X12mm扁钢制吊轨时，每米吊轨间距为70~85cm，采用自动传动吊钩的吊轨，其间距为95~100cm。其中水盘架空在地坪上，不可直接在地面上，以利于排水和检修；轨道不宜超过5条。



获取资料请访问 领星球

## 3.4 库房设计

90

### 3、肉类冷却间气流组织

冷却间内的空气循环次数一般为50~60次/h，风速为0.5~1.5m/s。有些资料认为维持库内风速0.75m/s较好。大风速会增加干耗。据测定，相投温度条件下，白条肉后腿间风速从1.9m/s增大到3m/s，会引起附加的重量损耗25%。

### 二)、果蔬和蛋类冷却间设计

#### 1、一般原则

- a) 冷却设备具有灵活调节库内温度、湿度的能力；
- b) 保证库内不同位置上的货堆各部分的风速、温度和湿度均匀。一般最大温差不大于0.5℃，湿度差≤4%；
- c) 可以调节空气成分；
- d) 果蔬的冷却条件视果蔬品种不同而异，一般要求在24h内将果蔬温度从室外温度降至4℃左右，设计室温一般在0℃，空气相对湿度保持在90%左右，空气流速采用0.5~1.5m/s。冷却间，一般采用交叉堆垛方法，以保证冷空气流通，加速果蔬的冷却。



# 3.4 库房设计

91

## 二)、果蔬和蛋类冷却间设计

### 3、气流组织

冷却间冷风机可按 $1.163\text{kW}$ 耗冷量，配 $0.6\sim 0.7\text{m}^3/\text{h}$ 风量。冷却间内的空气循环次数一般为 $50\sim 60$ 次/h，空气流速 $1\sim 2\text{m/s}$ 。加大风量能加快冷却速度，但干耗会相应增加，同时，由于翅片管间风速增加，相应地增加了空气阻力，也就增加了电耗。因此，过度地增加冷却间的风速是不经济的。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球



# 3.4 库房设计

## 二、冻结间设计

冻结间温度一般控制在 $-23^{\circ}\text{C}$ ，肉类冻结质量除本身在冻结前的新鲜度外，还与冻结时间的长短有很大关系。

### 一) 一般原则

- 1、冻结间装置应力求简单，使用方便。一般有吊轨式、搁架式等；
- 2、低温下要求冻结速度快

吊轨式，冷风机，风速 $1\sim 3\text{m/h}$ ，冷却后肉类经过 $10\text{h}$ ，肉内部温度降至 $-15^{\circ}\text{C}$  (**多是要-18 $^{\circ}\text{C}$** )；一次冻结的肉类， $16\sim 20\text{h}$ 。

采用箱装、盘装冷冻食品的冻结间，冷却设备采用搁架式排管（可设置鼓风机，加速冻结）。空气流速为 $1\sim 3\text{m/h}$ ，相对湿度控制在90%以上。

- 3、同一批食品整个表面上温度分布力求均匀。合理的气流组织设计，才能在保证食品质量的同时，缩短冻结时间。
- 4、宜采用机械传送和操作自动化。



## 3.4 库房设计

93

冻结间设备：强烈吹风式冷风机，搁架式排管。强烈吹风式冷风机，气流三种方式：纵向吹风、横向吹风和吊顶式吹风；搁架式排管，食品装盘或箱，直接冻结。劳动强度大，小库采用。

### 二) 强制吹风式冻结间

合理配风。货物冻结装置要可使冷风流通均匀：吊轨；装盘之间的空隙保证。

空气流速：最宜2~4m/s。相对自然对流，空气流速在1m/s是，冻结速度提高1倍；4m/s时，提高2倍；但10m/s，仅增加为2.5倍。

**冷风机距离墙面或柱边不少于400mm，与楼板之间距离不少于800mm。**

1、纵向吹风冻结 --落地式冷风机，吊轨上铺设挡风板：一种仅在端头留风口；一种，沿吊轨方向开长孔，宽30~50mm，靠近冷风机的60~70mm。冻结间长度不超过10m时，可不设导风板。

冻结间宽6m，库房面积与冷却面积1:10，冻结能力15~20t/24h。风量 $1\text{m}^3/\text{kcal}$ ，风压30~40mmH<sub>2</sub>O

投资少，但风速和温度不均匀，不宜用于冻结盘装食品。适用小的白条肉冷库。

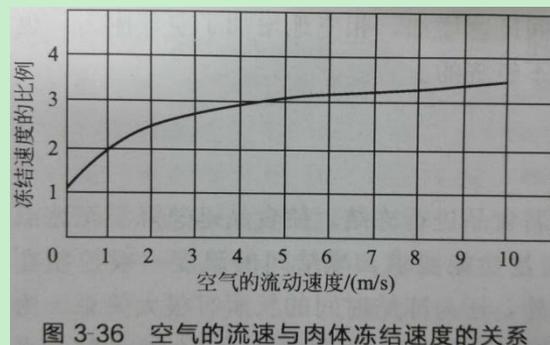


图 3-36 空气的流速与肉体冻结速度的关系

# 3.4 库房设计

## 二) 强制吹风式冻结间

### 2、横向吹风冻结

横向距离3~7m，长度不限。冷风机距墙面或柱边约400mm，两台冷风机之间应考虑留有安装供液管和回气管的余地。适用于冻猪、羊、牛。

冻结间吊轨上设置导风板，沿轨道方向开长孔。气流由孔向下吹，对准白条肉的后腿，温度较均匀。每平方米冷风机冷却面积约配100~120m<sup>3</sup>/h，要求风速0.8~1.5m/s。冻结量大时，机械传送，设卸肉和回钩装置。室温-23~-30℃，冻结时间为10~20h。

冻结速度快，库温均匀。但耗电量大，系统复杂，投资大，气流阻力大。

不做挡风板，吹到对面墙上回流。

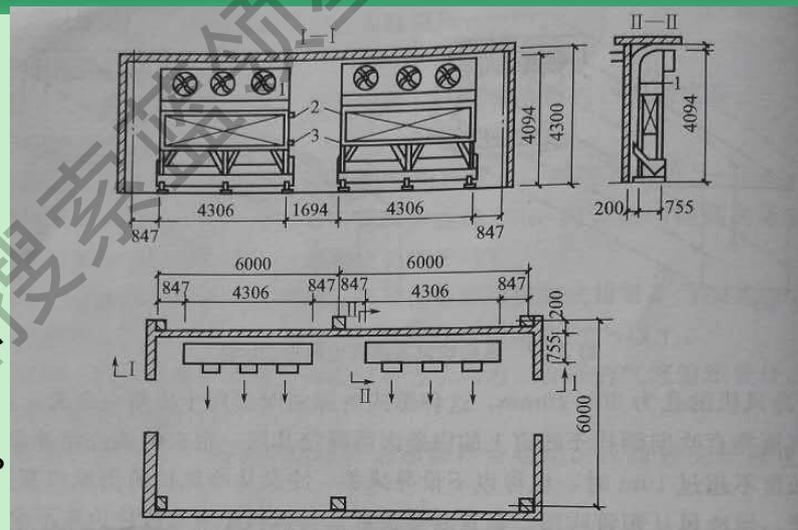


图 3-39 横向吹风冻结间设备布置

1—冷风机；2—回气管；3—供液管

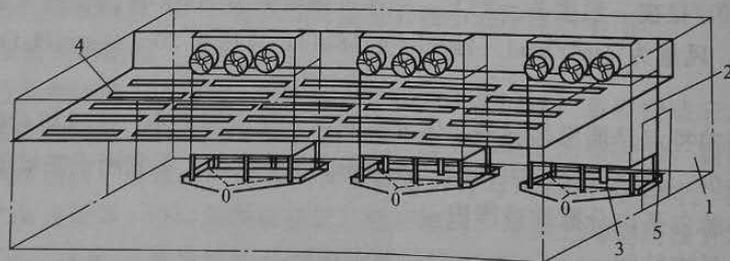


图 3-40 横向吹风冻结间出风形式示意

1—冻结间；2—冷风机；3—水盘；4—导风板；5—门

## 3.4 库房设计

95

### 3、吊顶式吹风冻结间

不占用建筑面积，风压小，气流分布均匀。

冷风对准盘间缝隙，让冷风从缝隙通过后，向冷风机吸风口流回。

根据送风形式，可分为压入式和吸入式。

压入式，风扇在蒸发器后，冷风经过蒸发器易造成配风不均匀，其局部阻力要比吸入式大5倍左右，故出口处的风压损失大。但压入式出风均匀，食品冻结时间一致。

冻结间室温-23~-30℃，适用于冻结水产品、家禽等块状食品，库温均匀，但使用冷风机台数较多，系统复杂，维修不方便，且冲霜时易漏水。

### 4、轨道吊笼冻结装置

用于冻结水产品、家禽类等盘装食品，一般采用鱼盘和轨道吊笼冻结装置。

#### 三) 搁架式排管冻结间

有空气自然循环和吹风式两种：搁架排管采用D38X2.25、D57X3.5的无缝钢管，也可采用D40X3的矩形无缝管。排管水平距离100~120mm，锤子距离220~400mm。最低一层排管离地坪不小于400mm。最顶层，不宜大于1.8~2m。排架宽度，单面操作800~1000mm，双面操作，1200~1500mm为宜。铺镀锌薄钢板，减少磨损。



# 3.4 库房设计

- 三、冷却物冷藏间设计
- 冷却物冷藏间，主要用作新鲜水果、蔬菜、鲜蛋等鲜活食品的储藏。由于种类繁多，库温要求不同，分库冷藏。

## 1、一般原则

食品是活体状态，低库温只能降低储品的分解强度，不会停止呼吸作用，缺氧则会导致死亡和变质。库温过低，又会造成冻害。库房一般是装箱、装筐等堆放，堆放密度大：

- 1) 冷却设备应具有灵活调节库房内温度、湿度的能力；
- 2) 保证库房内不同位置上的货堆各部分风速、温度和湿度均匀。温度不大于 $0.5^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\leq 4\%$
- 3) 可以调节空气成分，做到既能满足最低限度的呼吸要求，又能延长储藏期限，至少有补充新鲜空气的设施。



# 3.4 库房设计

## • 三、冷却物冷藏间设计

### 2、冷却设备布置

冷却物冷藏间应采用冷风机，并配置均匀送风道和喷嘴。干式翅片管冷风机。冷风机布置在库房门的一侧，便于操作与维修。均匀送风道一般布置在中央走道的正上方送风道离顶棚距离不小于50mm。这样，不至于滴水到货物上，且可利用中央过道作回风道。

风道采用矩形高度相等，宽度缩减，头尾宽度比2:1。风道截面 $0.5\sim 0.7\text{m}^2$ ，喷嘴只有 $0.005\text{m}^2$ 。风道25~30m，风速首端6~8m/s，末端1~2m/s。

专储水果、蔬菜等食品的冷却物冷藏间，储存期间，吸进氧气，放出二氧化碳。因此要定期通风换气。换气要求：

- 1) 每日不宜少于2次；每昼夜换气量按库房容量的3倍计算。
- 2) 面积大于 $150\text{m}^2$ 的，宜采用机械送风，进入冷间的新鲜空气应首先经过冷却（或加热）处理。可利用进风道，将新鲜空气引至冷风机下部，经盘管蒸发器冷却后，从均匀送风道喷射至库房内。
- 3) 废气应直接排至库外，出风口侧应设置便于操作的保温启闭装置。
- 4) 新鲜空气入口与废气排出口不宜同侧。同侧时，出气口应在下方，垂直2m，水平4m以上。
- 5) 冷间内的通风换气管道、通风管穿越围护结构出及外侧1.5~2m和穿堂内排气管均需保温。排气管坡向库外，进气管冷间内管段坡向冷风机，最低处应有放水措施。



# 3.4 库房设计

- 三、冷却物冷藏间设计

### 3、气流组织

利用多喷口矩形均匀送风道，喷嘴风速 $10\sim 20\text{m/s}$ ，从均匀送风道喷口出来的气流多股平行，贴着楼板，沿货堆上部空间吹至墙面，然后折向货堆，换热后从货堆间的通道、检查道和中央走道回流至冷风机口。

采用这种气流方式，要求货堆与墙面间应有 $300\sim 400\text{mm}$ 间距，货堆底部必须放垫木，垫木长度方向应与气流方向一致；包装食品要错缝，货堆顶部与楼板底部之间的距离要不小于 $300\text{mm}$ ，主要走道的宽度也不应小于 $1200\text{mm}$ ，冷风机下部四周开口，以保证气流的正常循环。

获取更多资料 蓝领星球



## 3.4 库房设计

99

### • 四、冻结物冷藏间设计

#### 1、设计原则

冻结物冷藏间用于较长时间储存冻结食品的库房。对于冻结食品来说，冷藏温度越低，冻品质量保持约好，储藏期也就越长，但同时需要考虑经济。

1) 库温根据储藏食品的种类、储藏期和用户要求，不同而异，一般不高于 $-18^{\circ}\text{C}$ ，对于水产品，为了更好地控制冻品在冻藏期间的氧化褐变，推荐冻藏温度在 $-24^{\circ}\text{C}$ 以下。

2) 相对湿度最好维持在95%以上，以减少食品在储藏过程中的干耗。

3) 冻结物冷藏间的冷却设备宜选用冷风机，但当食品无良好的包装时，也可采用顶排管、墙排管。

4) 要求维持冷藏间温度稳定，温度的波动不超过 $1^{\circ}\text{C}$ 。温度波动过大，不仅会增加储藏食品的干耗，而且食品内的冰晶体在储藏过程中发生的冻融循环，将导致冰晶体的长大，造成细胞的机械损伤而引起解冻后液汁流失，以及加剧蛋白质变性等影响食品的最终质量。



# 3.4 库房设计

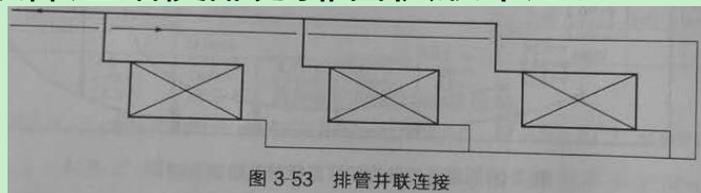
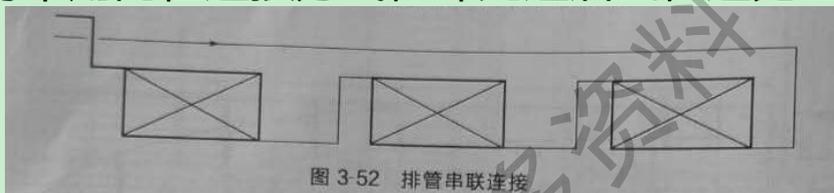
## 2、冷却设备布置

### 1) 冷却排管

顶排管和墙排管。墙排管可沿外墙内表面布置，也可以沿内墙布置，但注意固定牢靠。顶排管可以均布，制冷均匀，有效阻断屋面传来热量；集中设置，便于安装。

墙排管中心位置离库地面400mm，防止排管被运输工具和食品碰损。

布置多组墙排管时，注意供液管对各组排管的进液均匀度，避免液体短路现象。进液方法有连续式，即串联；有分组式，即并联。泵送，用串联；重力供液，用并联。同时采用同程连接方式，即先进后出，避免出现液体短路使部分排管供液不足。



--优点：制作简单，冻品干耗少，耗电少；

--缺点：但排管金属耗量大，制作周期长，在单层高位库内安装有困难，且库温不易均匀。

不同于冷风机，排管库房是利用空气的自然对流来达到库温的均匀。

# 3.4 库房设计

10  
1

## • 四、冻结物冷藏间设计

### 2、冷却设备布置

#### 2) 冷风机

--优点：节省钢材、安装简单、容易实现操作和管理的自动控制、库温比较均匀，没有排管融水污染食品等弊端。

--缺点：造价高、食品干耗，特别是无包装食品的长期储藏，含丰富不饱和脂肪酸的水产品，更能促进脂肪氧化而降低食品质量。

采用冷风机减少干耗和脂肪氧化的措施：

- (1) 冻品尽量包装后储藏；
- (2) 对无包装冻品应单件包裹冰衣，或整堆包裹冰衣，最好在冰水中加抗氧化剂；
- (3) 控制货堆间空气流速低于0.5m/s；
- (4) 增大冷风机蒸发面积，降低制冷剂蒸发温度与空气温度间的传热温差（2~8℃）（根据谢晶教授资料：国外约6.5℃）；调整冷风机的出风量，使进出冷风机的空气温差在2~4℃之间；



# 3.4 库房设计

10  
2

## • 四、冻结物冷藏间设计

### 3、气流组织

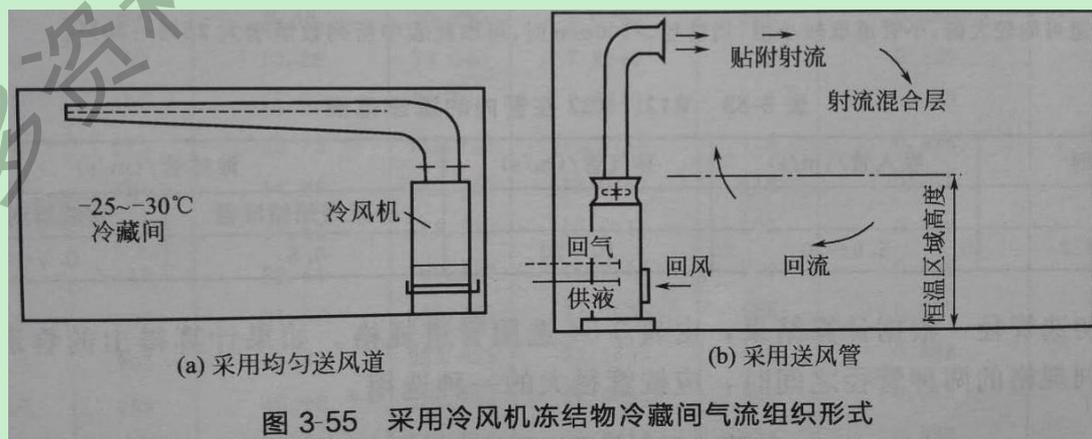
货堆间的气流应限制在 $0.5\text{m/s}$ 以下，冷风机出口结构除了保证货堆间流速外，还应满足送风均匀的要求。

常用出风口结构有两种形式：

一、使出风沿冷间平顶贴附射流，与库内空气混合后，经过货堆，返回冷风机下端回风口；

二、利用均匀风道送风（可参考高温库常用风道）。

风道造价高、安装麻烦。



## 3.5 管道隔热

10  
3

1、制冷系统中低温管道必须保温，以免造成过多的冷量耗损和回气过热。此外，如若不隔热，管子外表与周围空气接触后，会产生冷凝水，管内工质温度越低，冷凝水越多。低于零度会结霜，甚至结冰。

### 2、隔热组成

管道隔热由保温材料—硬质聚氨酯、聚苯乙烯、岩棉管、软木等保温材料，和辅助材料-防锈漆、铁丝（玻璃丝布、沥青胶）-固定材料、油毡（石油沥青、铁丝网、麻刀灰）-隔汽层，共同组成。

### 2、厚度确定

计算公式法

查表法。

获取更多资料



# 第四章 气调库

10  
4

## 一、原理

- 气调库：在冷藏保鲜的基础上，增加气体成分调节，通过对储藏环境中温度、湿度、二氧化碳、氧气浓度和乙烯浓度等条件的控制，抑制果蔬呼吸作用，延缓其新陈代谢过程。
- 通常，气调库比普通冷藏可延长储藏期2~3倍。
- 一座气调库，通常由库体结构、气调系统和制冷加湿系统三大部分组成。
- 空气中正常含氧量20.9%；二氧化碳0.03%；
- 调气降低含氧量至2~5%，二氧化碳提高至0~5%。
- 糖化反应：（葡萄糖） $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2722.38kJ$

机理：

- 1) 低氧含量能有效抑制呼吸作用，在一定程度上减少蒸发作用及微生物生长；
- 2) 适当高浓度的二氧化碳可以减缓呼吸作用，对呼吸跃变型果蔬有推迟呼吸跃变启动的效应，从而延缓果蔬的后熟和变质。
- 3) 乙烯是果蔬催熟剂，能激发呼吸强度上升，加快果蔬成熟过程的发展和完成，减少和控制乙烯浓度对推迟果蔬后熟十分有利。
- 4) 降低温度可以降低果蔬呼吸速率，并可抑制蒸发作用和微生物的生长。



# 第四章 气调库

10  
5

气调储存的优点:

- 1) 保鲜效果好 始终保持刚采摘时的优良品质
- 2) 保鲜期长, 货架期长 为冷藏的至少两倍
- 3) 储藏损失小 把好入库质量关前提下, 苹果、梨损失率不超过1%。
- 4) 无污染 纯物理方法保存, 不用化学或生物制剂处理, 安全卫生、可靠。

## 二、气体成分的调节方法

**1) 自然降氧法:** 密闭的储藏环境中, 利用果蔬本身呼吸作用的耗氧能力, 逐渐减少空气中的氧, 使其达到要求的含量 (0~5%) 范围, 然后加以调节, 并控制在需要的范围内。

--优点: 操作简便、成本低。

--弊端: 储藏初期果蔬呼吸强度高, 二氧化碳多, 需要消石灰等措施吸收或排除过高含量的二氧化碳, 消除对果蔬的生理毒害; 储藏环境温度高, 不注意消毒防腐, 难免引起微生物对果蔬的侵害。

**2) 人工法:** a) 催化剂燃烧法降氧、二氧化碳脱除装置和b) 制氮机直接对储藏室冲入氮气 (把含氧量高的空气排出去)。由于呼吸作用, 总体趋势是氧气降低, 所以过程中要冲入新鲜空气。防止果蔬呼吸作用完全停止, 导致果蔬死亡、腐烂。



# 第四章 气调库

10  
6

## 二、气体成分的调节方法

### 3) 混合法或半自然降氧法:

采用快速降氧法，含氧量从21%降到10%比较容易；从10%到5%是前半程耗能的<sup>10</sup>两倍。因此，可以用快速降氧法把含氧量迅速降低到10%左右，然后依靠果蔬自身的呼吸作用来消除氧气，直至降至规定的空气组成范围后，再根据气体成分的变化来进行调节。

## 三、气调方式

### 1、塑料薄膜帐气调

塑料薄膜对氧气和二氧化碳有不同的渗透性和对水透过率低<sup>10</sup>的特性，来抑制果蔬储藏过程中的呼吸作用和水蒸发作用。塑料薄膜一般选用0.12mm厚的无毒聚氯乙烯薄膜，或0.075~0.2mm厚的聚乙烯塑料薄膜。

### 2、硅窗气调

用一种厚而大的聚乙烯袋子，袋上烫接选择透气性极好的由硅橡胶织物膜做成的气窗（简称硅窗），有各种规格。选用合适的硅窗面积制作的塑料帐，其气体成分可自动恒定在氧气、二氧化碳含量3%~5%。利用硅窗气调可以在普通冷库中将果蔬进行气调储藏，无需特殊设备。管理也方便，使销售增加了灵活性。在特定储藏条件下，进行不同硅窗面积的试验筛选，以得到最佳的硅窗面积。



# 第四章 气调库

10  
7

## 三、气调方式

### 3、催化燃烧快速降氧气调

采用催化燃烧降氧机，以汽油、液化气等燃料，与库内抽出的高氧气体混合，进行催化燃烧。反应后无氧气体再返回气调库内，如此循环，直至得到要求含氧量。但该方法叠合果蔬呼吸作用，会使库内二氧化碳浓度过高。这时，配合采用二氧化碳脱除机降低二氧化碳含量，以免造成果蔬中毒。

### 4、充氮降氧调

从气调库内，用真空泵抽除富氧的空气，冲入氮气。如此循环。制氮方法：成品氮气；制氮机充氮。后者一般用于大型气调库。

### 5、减压气调

利用真空泵将库内一部分气体抽出，外界空气减压加湿后输入，循环，保持低压。低压保持低氧。但对库体气密性和强度要求高。（基本不用）



# 第四章 气调库

10  
8

## 四、气调冷库建筑特点

### 1、气密性

测试，正压法，避免气密层脱落。

1) 联合国粮农组织 (FAO) 1995年建议：30mmH<sub>2</sub>O (294Pa) ， 检验压降时间30min， ≥4mm合格， > 11mm良好， > 15mm优秀。

2) 中国，空库开始压力，20mmH<sub>2</sub>O (196Pa) ， 检验时间20min， 结束压力 ≥8mmH<sub>2</sub>O (78Pa) 为合格。

装配库实现气密性：夹芯板，连接型式采用“湿”法，即在夹芯板接缝处，现场压注发泡填充迷失，然后在库房内侧的接缝表面涂上密封胶，平整地铺设一层无纺布。

### 2、其他要求

**地坪：**防潮隔汽层保温层外，还要单独设置气密层。气密层之上设置保护层；

**库门：**门上安装压紧装置；设透明多功能活动窗，观察室内。

**气体平衡袋：**装在库顶，通过管道与库内相通。200Pa以内压差，平衡袋调节；

**压力安全装置：**压差大于200Pa时，通过压力安全装置-水封式安装装置调节。

**观察窗：** **技术走廊：**穿堂上方，管线阀门集中安装在技术走廊上方。

**包装挑选间：**



# 第五章 制冰与储冰

10  
9

• 分类:



• **一、制冰间设计**

1、盐水制冰:

日产量大, 冰质坚实, 运输损耗少及透明冰工艺的艺术用途, 占市场较大份额

1) 制冰池-6~8mm厚钢板支撑。下部架空并做隔热层;

2) 蒸发器-集中布置和分散布置等方式;

3) 冰桶及冰桶托架布置: 冰桶, 1.25~2mm钢板焊接。50、100、125kg三种规格

4) 搅拌器; 5) 融冰池; 6) 倒冰架; 7) 冰桶注水器; 8) 滑冰道; 9) 起重机;

10) 吹气装置: 制取透明冰的专用设备, 罗茨风机、空气罐及送气管道组成。吹出制冰水中溶入的空气。

盐水温度-12~-10°C为宜, 更低, 冰易爆裂, 能耗也大。蒸发温度低5°C。



# 第五章 制冰与储冰

11  
0

## • 2、快速制冰

- 1) 管冰机—圆形;
- 2) 板冰机—平板;
- 3) 片冰机—快速连续制取冰片的机械设备, 应用广泛;
- 4) 壳冰机—基本同管冰机, 但下部无切冰器。

## 二、储冰间设计

### 原则:

- 1、低温、湿滑, 不适合人工, 应尽可能选择机械作业;
- 2、内墙四周设置钢、木护栅, 保护墙体;
- 3、库温相对稳定。不同形状种类冰混放, 以融化点低的冰储存要求控制库温。

容量: 盐水制冰, 短期储存2~3天或一星期产冰量; 长期15~20天; 其他快速制冰, 随时使用, 不做长期储存。

微信订阅号 蓝领星球

