

1. 设计依据与基础资料

1.1 设计依据

《冷库设计规范》 GB50072—2001

1.2 设计的基础资料

1) 原始数据

(1) 冷库库温按 0℃ 进行设计 (温度要求自控), 相对湿度 90% 计算 (湿度不要求自控)。变工况库温不小于 0℃, 楼层之间温度差不大于 5℃。

(2) 每天按 8 小时计, 新鲜水果进库量 40 吨。夏季进库水果以苹果, 梨为主, 苹果占 70%, 梨占 30% (春季为杏, 桃子, 冬季为桔子)。

(3) 水果包装方式: 包装以木箱, 纸箱为主。其中木箱占 30% (木箱自重 4Kg, 货重 25 Kg), 纸箱占 70% (纸箱自重 2 Kg, 货重 40 Kg)。

(4) 最大班工作人数, 30 人 (平均每层 10 人)。

(5) 要求冷库门设置风幕。

(6) 库内货物运输: 各层库房用电动叉车进行运输, 叉车功率为 $N=5.5KW$

(7) 冷却时间按 24 小时冷却到 0℃ 计算。

(8) 照明, 通风换气按水果冷库常规进行设计选取。

2) . 建筑资料, 见冷库总体布置及主库和机房的有关建筑图。

3) . 气象资料: 采用广州市室外气象资料。

广州: 23°08' N, 113°19' E。海拔: 6.6 米。大气压力: 冬季 1019.5 hbar, 夏季 1004.5 hbar

年平均温度: 21.8℃ 室外计算干球温度: 冬季空调 5℃, 夏季空调 30.1℃。夏季空气调节室外湿球温度: 27.7℃。最热月平均温度: 28.4℃

冬季日照率: 40%。

2 . 方案设计

2.1 估算耗冷量

1) 冷藏库公称容积 V_1

按照《冷库设计规范》3.0.1条,

$$V_1 = S \times H \quad [1]$$

其中: S ——冷藏间或冰库的净面积(不扣除柱, 门斗和制冷设备所占的面积) m^2 ;

H ——房间净高, m 。

$$V_{1101} = (25.092 / 2 - 0.25 - 0.28) \times 19.592 \times (4.2 - 0.4755) = 876.8 \quad m^3$$

$$V_{1102} = (25.092 / 2 + 0.25) \times 19.592 \times (4.2 - 0.4755) = 933.7 \quad m^3$$

$$V_{1201} = 15.952 \times 25.092 \times (4.2 - 0.4755) = 1831 \quad m^3$$

$$V_{1301} = 25.092 \times 19.592 \times (4.2 - 0.5365) = 1801 \quad m^3$$

$$\sum V_1 = 876.8 + 933.7 + 1831 + 1801 = 5442.5 m^3$$

2) 冷藏间贮藏吨位(或冷库计算吨位) G

$$G = \sum V_1 \rho_s \eta / 1000 t$$

式中: G ——冷库计算吨位, t ;

V_1 ——冷藏间或冰库的公称容积, m^3 ;

η ——冷藏间或冰库的体积利用系数;

查《冷库设计规范》中表 3.0.3, $\sum V_1 = 5442.5 m^3$ $\eta = 0.55$

ρ_s ——食品计算密度, Kg/m^3 ;

查《冷库设计规范》表 3.0.5 得到水果或者蔬菜的 $\rho_s = 230 Kg/m^3$

说明: 冷藏间公称容积应该按库温进行加和, 即库温, 食品相同或者相近的冷藏间的公称体积加在一块, 进行计算。

$$G_{101} = 876.8 \times 230 \times 0.55 / 1000 = 111 \quad t$$

$$G_{102}=933.7 \times 230 \times 0.55/1000=118 \text{ t}$$

$$G_{201}=1831 \times 230 \times 0.55/1000=232 \text{ t}$$

$$G_{301}=1801 \times 230 \times 0.55/1000=227 \text{ t}$$

$$\sum G_i = 111+118+232+227 = 688 \text{ t}$$

3) 标准工况下耗冷量的估算

根据对现场冷库的调查，求得标准工况下耗冷量指标 q_0 。

现场冷库调查结果

冷库名称	库温 (°C)	日进货量 (吨)	库存吨 位(吨)	压缩机标准制冷 量(万 Kcal/h)	耗冷量指标 q_0 (Kcal/h*T)
曹阳菜库	0	150	2500	36.8	147.2
龙华果库	0—2	1000	10000	115.5	116
驷马果库	0—2	700	6000	60	100
上桥果库	0—2	1000	10000	122	122

综合考虑，水果库的冷指标 q_0 可以在 100—150Kcal/h*T 之间选择。考虑到广州地区的地理位置及气候的影响，取耗冷量指标 $q_0=120\text{Kcal/h}$ 。从而，可以计算出冷库的耗冷量 Q 。

$$Q = q_0 \times G \quad \text{Kcal/h} \quad [1]$$

式中， q_0 ——水果或者蔬菜的耗冷量指标，Kcal/h*T；

G ——库的库存吨位，吨。

$$Q_{101} = 111 \times 120 = 13320 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{102} = 118 \times 120 = 14160 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{201} = 232 \times 120 = 27840 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{301} = 227 \times 120 = 27240 \text{ Kcal/h}$$

$$Q = \sum Q_i = 688 \times 120 = 82560 \text{ Kcal/h} = 96.32\text{KW}$$

4) 各房间汇总表

各房间汇总表

冷间编号	公称容积 (m ³)	贮藏吨位 (T)	标况下耗冷量 (Kcal/h)
101	876.8	111	13320
102	933.7	118	14160
201	1831	232	27840
301	1801	227	27240
合计	5442.5	688	82530

2.2 冷库制冷系统的选择

1) 由于冷藏库制冷系统制冷量较大,从经济上来考虑,并结合国内大中型冷库的设计经验,应该以氨 NH₃ 做为工质。同时, NH₃ 还有其他一些优点如:不破坏臭氧层,单位容积制冷量大等。而且 NH₃ 的价格低廉,容易取得。并且,按照《冷库设计规范》的规定,大中型冷库应该采用氨做制冷剂。

因此,本冷库采用 NH₃ 为制冷剂。

2) 制冷压缩级数的选择

(1) 确定设计工况

按照《采暖通风与空气调节设计规范》6.2.1 条,冷凝温度 t_k 为:

$$t_k = (t_{s1} + t_{s2}) / 2 + (5 \sim 7) \quad ^\circ\text{C} \quad [1]$$

其中, $t_{s1} = t_s + \Delta t_s$

Δt_s ——安全值,机械通风冷却塔 $\Delta t_s = 3 \sim 4 \quad ^\circ\text{C}$ 。

t_s ——湿球温度。

查《采暖通风与空气调节设计规范》广州市的 $t_s = 27.7 \quad ^\circ\text{C}$ 。

$$t_{s2} = t_{s1} + \Delta t \quad ^\circ\text{C} \quad [1]$$

Δt ——所选冷凝器形式的进出口水温差。对于立式冷凝器， $\Delta t=1.5\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

$$t_{s1}=27.7+3.3=31\text{ }^{\circ}\text{C} \quad t_{s2}=31+2=33\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_k=(31+33)/2+6=38\text{ }^{\circ}\text{C}$$

冷间的冷却设备的蒸发温度 t_0 为：

$$t_0=t-\Delta t\text{ }^{\circ}\text{C} \quad [1]$$

式中： t ——库房温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

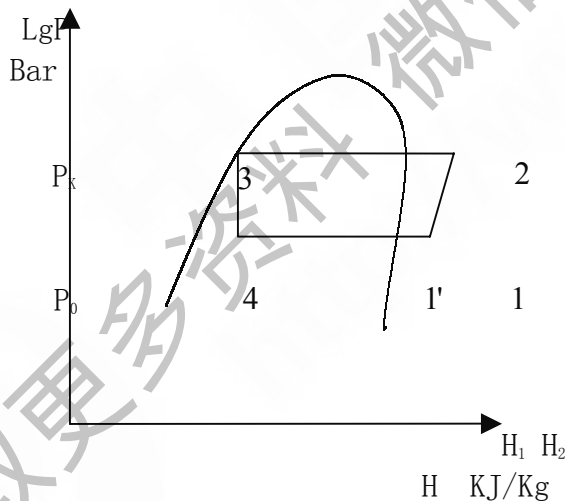
Δt ——冷间冷却设备计算温差，冷风机 $\Delta t=7\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

$$t_0=t\Delta-\Delta t=0-8=-8\text{ }^{\circ}\text{C}$$

经查《空气调节用制冷技术》中氨的 $\text{LgP}-h$ 图，得到

t_0 对应蒸发压力 $P_0=14.989\text{ Bar}$

t_k 对应冷凝压力 $P_k=3.2147\text{ Bar}$



主要参数：

$$P_0=14.989\text{ Bar}$$

$$H_2=2010\text{ KJ/Kg}$$

$$P_k=3.2147\text{ Bar}$$

$$t_0=-8\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_k=38\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H_1=1780\text{ KJ/Kg}$$

$$Q_v=630\text{ Kcal/m}^3$$

制冷循环的 $\text{LgP}-h$ 图

在制冷循环系统中，工质的压缩比 $P_k/P_0=14.989/3.2147=4.66\leq 8$ ，根据《冷库设计规范》，可以采用单级蒸汽压缩式制冷循环。因此，高温库采用单级压缩即可以满足要求。

(2) 高温冷库的各种库温相同，其制冷系统一般采用并联式系统，以便

某些设备可以互为备用。

3) 制冷主机及辅助设备的选择

(1) 方案一

①压缩机的选择

目前，国内冷库制冷系统，主机形式有：活塞式压缩机和螺杆式压缩机。

根据《冷库设计规范》6.3.2条，《采暖通风与空气调节设计规范》6.1.2条，规定：

- a. 根据各冷间蒸发温度机械负荷的计算值，分别选择压缩机。台数不宜过多，一般不设备用机；较大制冷装置压缩机不少于2台，多台压缩机易大小搭配。
- b. 当 $P_k/P_0 \leq 8$ 时，应该选择单级压缩机（活塞式压缩机，螺杆式压缩机均可）。
- c. 压缩机系列不宜超过2种，若仅有2台，易选同一系列。
- d. 压缩机所需的功率，应该进行校核计算。

计算选择压缩机的台数及确定型号：

选择确定单台压缩机的型号，查出标准工况制冷量 Q_0' 。

台数 n 为：
$$n = \sum Q / Q_0' \geq 2$$

然后，列出制冷压缩机参数表并校核其功率。

选择2台4AV10型活塞式制冷压缩机。

大连冷冻机股份有限公司：冰山集团生产；

标准工况制冷量：54 KW； 标准工况下轴功率：16 KW； 重量：553 Kg；

工质：氨 NH_3 ； 形式：V； 汽缸直径：100 mm； 活塞行程：70 mm.；

汽缸数：4个； 主轴转速：960 r/min； 活塞行程容积：126.6 m^3

能量调节范围：0, 1/2, 1; 进气管径：50 mm; 排气管径：50 mm;
 曲轴箱装油量：12 Kg; 冷却水耗水量：500 Kg/h; L1915×B845;
 校核其所配电动机的功率：

$$p = (1.10 \sim 1.15) \frac{\eta_v v_h}{v_1} \frac{h_2 - h_1}{\eta_i \eta_d \eta_m}$$

式中， η_v —活塞压缩机的容积效率；

$$\eta_v = 0.94 - 0.085 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right]$$

p_1 — t_0 对应蒸发压力 $P_1=14.989$ Bar;

p_2 — t_k 对应冷凝压力 $P_k=3.2147$ Bar;

m —多变指数。对于氨， $m=1.28$;

η_d —传动效率，直联为 1.0;

1. 1.10~1.15 —余量附加值;

2. η_i —指示效率取 0.85;

η_m —摩擦功率。取 0.9。

代入数据，得到 $\eta_v = 74.2\%$

$$p = 25.6 \text{ KW} \leq 30 \text{ KW}$$

因此，所配电动机功率可以满足要求，功率校核完毕。

② 冷凝器的选择

a. 确定冷凝器的形式

一般冷库，均采用水冷式的冷凝器，干旱地区，水源缺乏，也可以用蒸发式冷凝器。一般大中型冷库很少用风冷式，只有小型冷库才用风冷。冷凝器有：

立式冷凝器，水进出口温差 1.5~3℃。卧式冷凝器，水进出口温差 4~6℃。

b. 确定冷凝器的冷却面积 F_k

由广州地区的气候条件及冷库设计经验来看，使用立式壳管冷凝器。

在设计工况下，压缩机的制冷量 $\Sigma Q'$ 为：

$$\Sigma Q' = K_i \Sigma Q$$

式中： $\Sigma Q'$ ——压缩机设计状况下的制冷量； KW

ΣQ ——压缩机标准状况下的制冷量； KW

K_i ——换算系数；

查《冷藏库制冷设计手册》P₁₉₇, 表 4—10 得到, $K_i=1.27$.

$$\Sigma Q' = K_i \Sigma Q = K_i \Sigma Q = 1.27 \times 54 \times 2 = 137 \text{ KW}$$

单级压缩机的冷凝负荷： $Q_k = \psi \Sigma Q'$ [3]

式中： ψ —— 压缩机负荷系数

查《制冷工程设计手册》P₂₈₀, 图 3—15(b) 得到, $\psi=1.2$ 。

$$Q_k = \psi \Sigma Q' = 1.2 \times 137 = 165 \text{ KW}$$

冷凝器的冷凝面积 F_k 为：

$$F_k = Q_k / q_k \text{ m}^2 \quad [3]$$

式中： q_k ——冷凝器单位面积的热负荷， Kcal/m².h。

查《冷库制冷设计手册》P₂₆₀, 表 4—11, 对于立式冷凝器得到,
 $q_k=3500 \sim 4000$ Kcal/m².h。

$$F_k = Q_k / q_k = 165 \times 3600 / 4.2 \times 3750 = 37.5 \text{ m}^2$$

由 F_k 选择冷凝器的型号与生产厂家。

选择 2 台 LN—30 型立式壳管式冷凝器。

大连冷冻机股份有限公司：冰山集团生产。

型号：LN—30 型； 冷凝面积： 29 m²； 容器类别：E_M—2；

壳体直径：450 mm； 接管公称尺寸：d65(进气) d32(出液)；

安全阀：d₂=15 mm；平衡管 d₃=25 mm；底座尺寸：526×526 mm×mm；

重量：1135 kg.

附件规格及数量：

放空气角阀 Dg10, 一个;安全阀 18.5 kgf / cm² Dg15, 一个; 安全阀前角阀 Dg15, 一个; 放油, 混合气角阀 Dg15, 两个; 出氨液截止阀 Dg32, 一个; 螺栓 M16×60, 四组; 进氨气 Dg65, 截止阀一个; 安全阀接管 Φ 18×2×50, 一个; 地脚螺栓 M 24×50, 四组。

③ 冷风机的选择

由于水果, 蔬菜库, 有包装的冷冻食品的冷库, 要求库温均匀。因此, 《冷库设计规范》6.2.6条规定, 冷却物冷藏间应该采用空气冷却器。

根据冷库采用空气冷却器的经验数据, 对于高温库, 有

冷风机传热面积: 冷藏间净面积 = 1: 1

所以, 求得各冷藏间所需的冷风机传热面积, 列表如下:

各房间冷风机传热面积列表

冷间编号	冷藏间净面积 (m ²)	冷风机传热面积 (m ²)
101	235.4	235.4
102	250.7	250.7
201	491.6	491.6
301	491.6	491.6

由冷风机的传热面积, 查《冷库制冷设计手册》P₃₁₃, 表 4-34, 可以得到冷风机的型号及性能。目前, 国内生产的干式空气冷却器 (即冷风机) 中, KLL 型用于冷却物冷藏间, KLD 型是用于冻结物的。选择时应该注意。选择完冷风机以后, 列表如下:

各房间冷风机选择列表

冷间编号	冷风机型号	冷却面积 (m ²)	台数	性能指标
101	LDLc — 280	280	1	名义制冷量: 55.97 KW; 轴流风机型号: FT35Lno4.5-3 型 2 台/台; 风量单台 12000, 合计 24000m ³ /h; 风压 550Pa; 电机 YT100-2, 3KW。冲霜水量: 8T/h; 供液 φ 57, 回气 φ 57, 出口 D452 备注: 单路供液。中奥合资烟台埃克米制冷设
102	LDLc — 280	280	1	
201	LDLc — 280	280	2	
301	LDLc — 280	280	2	

④ 其他辅助设备的选择

a. 高压贮液器

按照《冷库设计规范》6.3.12 条的规定, 高压贮液器体积按

$$V_z = \frac{\varphi}{\beta} v \sum q_m m^3$$

式中: Ψ —— 高压贮液器的氨充满度, 应该取 70%;

v —— 冷凝温度下氨饱和液体比容, m³/Kg;

$\sum q_m$ —— 制冷装置里, 每小时氨液总循环量, Kg;

Ψ 值应该按照《冷库设计规范》的规定, 冷藏库公称体积为 2001~10000m³ 时, $\Psi=1$; 若冷库有部分蒸发器因为生产淡季或者检修而需要抽空时, 体积系数可以酌情取大。

$\sum q_m$ 的求法可以按照制冷系统内质量流量求法来计算。

对于工质氨, $\Delta t_{sh}=5$ °C, 立式壳管式冷凝器 $\Delta t_{rc}=0$ °C ; 参考前边的

Lgp—h 图, $P_k/P_0 \leq 8$ 的单级压缩, 将数据代入公式, 得到

$$V_z = \frac{\varphi}{\beta} \sum q_v = \frac{1}{0.7} \times \frac{137 \times 10^3 \times 3600}{630 \times 10^3 \times 4.2} = 1.12 m^3$$

选择高压贮液器: 型号 ZA — 1.5B; 容积: 1.632 m³; 容器类别: E_m — 2;

桶体尺寸: L3000 × D800; 接管公称尺寸: d₁40 d₂32 d₃20 mm;

主要尺寸：H1260, L3733 mm； 底座尺寸：640×560 mm×mm； 重量：915 kg
附件规格及数量：

放空气角阀 Dg10, 一个； 安全阀 18.5 kgf / cm² Dg15, 一个； 安全阀前角阀 Dg15, 一个； 放油角阀 Dg15, 一个； 出氨液截止阀 Dg32, 一个； 螺栓 M16×60, 四组； 进氨气 Dg65, 截止阀一个； 直通式压力表阀 Dg4, 一个； 1.5 级压力表 0~2.5Mpa, 一个； 液位计； L-1000, 一个； 安全阀接管 $\Phi 25 \times 2.5$, 一个； 地脚螺栓 M20×300, 四组。

b. 氨油分离器的选择

按照《冷库设计规范》P₄₃, 6.3.9 条的规定, 氨油分离器的直径应该按下式计算：

$$d_y = \sqrt{\frac{4\lambda v}{3600\pi\omega_y}} = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda v}{\omega_y}}$$

式中： d_y ——氨油分离器的直径 (m)；

λ ——氨压缩机的输气系数；

v ——氨压缩机的理论输气量 (m³/h)；

ω_y ——氨油分离器气体速度, 填料式氨油分离器易采用 0.3~0.5m/s；

代入数据得到：

$$d_y = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda v}{\omega_y}} = 0.288m$$

选择 2 台 YF — 65T 型号的氨油分离器。

容积：0.061m³； 容器类别：S_M—2； 壳体尺寸：H₀662, D₀325； 接管 d_1 65, d_2 65；

主要尺寸：H1130； 支座：A200, B140； 重量：107Kg。

附件规格数量:

角阀 Dg15 一个; 地脚螺栓:M16×300, 4 组。

c. 集油器

当标准工况下的制冷量小于 250~350 KW 时, 采用 D150mm 的集油器。选择 2 台, 一台为高压集油器, 一台为低压集油器。型号 JY — 150 型集油器。壳体尺寸: H₀409, D₀159; 主要尺寸: H647 ; 支座: A150, B106; 重量: 30Kg.

附件规格数量:

角阀 Dg15 三个; 1.5 级压力表 0~0.25Mpa, 一个; 压力表角阀 Dg4 一个; 液面计, L — 300, 一个; 地脚螺栓 M16×300, 4 组。

d. 空气分离器 (不凝气体分离器)

当标准工况下的制冷量小于 100 万 KW 时, 采用小号空气分离器 (不凝气体分离器)。

选择 1 台型号 KF — 32 空气分离器 (不凝气体分离器)。公称直径: 32mm; 换热面积: 0.45m²; 接管: d₁32, d₂32; 支座: H₂240, H365; 主要尺寸: L₁593, D108 ; 支座: H₂240, B140 ; 重量: 50Kg.

附件规格数量:

角阀 Dg15, Dg10 各一个, 进放空气; 截止阀 Dg10, Dg25 各一个, 供应液氨, 排除氨气。

e. 紧急泄氨器

型号较少, 任选择一种: XA — 100 型。进氨: 38×3.5, 进水: 38×3.5, 108×4, H1280.

f. 氨泵

从我们的调研材料可知, 由于氨泵强制制冷剂循环可以提高传热, 降低 (减少) 冷却时间。简化操作。便于集中控制。因此, 目前冷库多采用

氨泵强制制冷剂循环。按照《冷库设计规范》P43 页 6.3.18 条的规定，氨泵流量负荷波动较大的冷却设备应该采用蒸发量的 5 ~ 6 倍或者 7 ~ 8 倍。

$$V_{\text{泵}} = n \sum Q' V_z / r m^3 / h^{[1]}$$

式中： $V_{\text{泵}}$ —— 氨泵的体积流量 (m^3 / h)；

n —— 氨泵的循环倍率，取 5 ~ 6；

V_z —— t_0 下氨液的比容（饱和状态），(m^3 / Kg)；

r —— t_0 下氨液的比潜热，(KCal/Kg)；

氨泵目前型号较少，国内生产的有齿轮氨泵，叶轮氨泵和屏蔽氨泵 3 种。

方案设计里，可以暂时按照流量选择。施工图设计里，再按照扬程校核。氨泵应该选择一台备用，特别是屏蔽氨泵。更应该如此。

本次的毕业设计的底层，库房的冷风机将低于低压循环贮液器。因此因此只能采用下进上出的形式。从排油，冲霜的角度来考虑，底层可以用一个氨泵回路，二，三层可以用一个氨泵回路。

查《冷藏库设计手册》， $n = 5$ ， $V_z = 1.54 \times 10^{-3} m^3 / Kg$ ， $r = 308.34$ KCal/Kg；

$$\sum Q' = 137 \times 3600 / 4.2 Kcal / h$$

代入数据求得，

$$V_{\text{泵}} = 5 \times 137 \times 3600 / 4.2 \times 1.54 \times 10^{-3} / 308.34 = 2.9 m^3 / h.$$

选择 2 台 AB—3 型氨泵：流量： $3 m^3 / h$ ； 压力： $1.5 Kg / cm^2$ ； 转速： 1410 r. p. m

电动机功率： 1.1KW； 进出液口直径： 40mm； L680×B385。

g. 低压循环贮液器

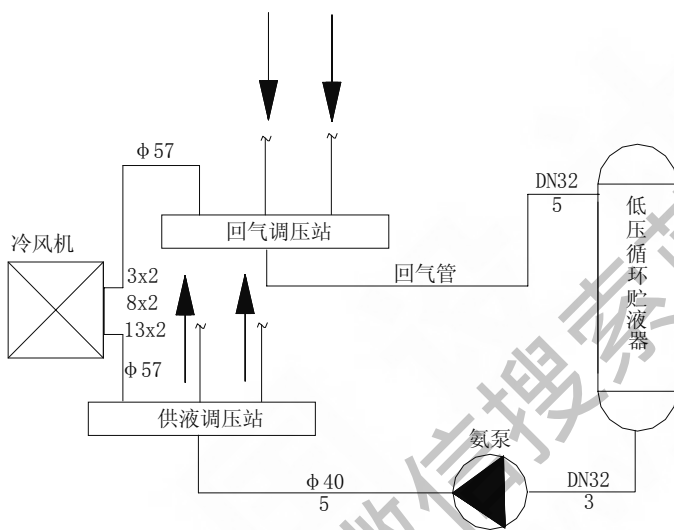
方案设计里，低压循环贮液器的容积可以按照《冷库制冷技术》商业

部冷库加工企业管理局编), P213 页的经验公式进行选择计算。

$$V = (0.4V_1 + 0.6V_2 + V_3) / 0.7 \quad \text{m}^3 \quad [1]$$

式中: V —— 低压循环贮液器的体积 (m^3);

V_1 —— 冷却设备即冷风机的内容积, 由产品介绍得到, (m^3);



V_2 —— 吸入管路容积, (m^3); V_3 —— 供液管路容积, (m^3).

V_2, V_3 可以按照初步的管路布置来进行计算。管径按照设备的接管直径来选择。回气调压站到 低压循环贮液器的管径, 可以按照制冷量查《冷藏库设计》P₃₅₇ 页图 11-1-17 确定。调压站的集管尺寸可以参考《建筑设备安装图册》三分册 P₉₂₋₉₄。

0.7 —— 低压循环贮液器内贮液的容许量。

冷却设备总面积: $280 \times 6 = 1680 \text{ m}^2$;

冷却管总长度: $L = F_{\text{总}} / f = 1680 / 0.71 = 2366.2 \text{ m}$;

$$V_1 = \pi / 4 \times 0.022 \times 2366.2 = 0.7434 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \pi / 4 \times 0.0322 \times$$

$$5 = 0.004 \text{ m}^3;$$

$$V_3 = \pi / 4 \times (0.0322 \times 3 + 0.042 \times 5 + 0.052 \times 48) = 0.0103 \text{ m}^3 \quad \text{代入数}$$

据:

$$V = (0.4 \times 0.7434 + 0.6 \times 0.004 + 0.103) / 0.7 = 0.5754 \quad \text{m}^3.$$

选择 1 台 DXZ — 1.5 型低压循环贮液器.

容积: 1.5m^3 ; 容器类别: $C_M - 2$; 壳体尺寸: H3702, $D_0 800$;

接管 $d_0 23$, $d_1 d_2 125$, $d_3 80$; 重量: 710Kg.

附件规格数量:

安全阀 1.23Mpa, Dg20 一个; 螺栓 M12×25, 8 组; 截止阀 Dg25, 一个;

1.5 级压力表, $0 \sim 1.6\text{Mpa}$, 一个; 压力表角阀 Dg4, 一个; 截止阀 Dg20, 一个.

h. 冷却塔

$$\text{冷却水循环量: } M_k = \Psi_k / C_p (t_{w2} - t_{w1}) \quad \text{m}^3/\text{h}.$$

式中: M_k —— 冷却水流量, m^3/h ; Ψ_k —— 冷凝器热负荷,

KW;

C_p —— 水的比热, $\text{KJ}/\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}$; $t_{w2} - t_{w1}$ —— 进出口水温

度差, $^\circ\text{C}$;

$$M_k = 165 \times 103 \times 3600 / 4200 \times 2 = 70.7 \quad \text{m}^3/\text{h}. \quad W = 2w_0 \quad w_0 \text{ —— 压缩机}$$

耗水量

$$W = 2 \times 500 = 1 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

$$M = w + M_k = 71.7 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

选择 2 台 HTL — 50 型的冷却塔.

冷却水量: $50 \text{m}^3/\text{h}$; 外形尺寸: L2800×B1450×H2250; 风机风

量: 3.3 万 m^3/h ; 直径: 1000 mm; 功率: 1.1KW, 直联传动; 进

水 Dg80, 补水 Dg20, 溢水 Dg50, 排污 Dg50; 噪音 $\leq 51\text{dB(A)}$; 重

量: 660 Kg; 运行重量: 1600 Kg.

i. 冷却水泵

根据冷却水流量，选择 3 台 65—200(I)B 型管道离心泵。

流量：40 m³/h； 扬程：38 m； 效率 63%； 转速：2900 r. p. m；
轴功率：6.57KW； 容许气蚀余量：3 m； 主要尺寸：L450, B410, H745,
D185.

j. 事故通风机

按照《冷库设计规范》的规定，事故通风机的流量应该按照 8 次换气取流量，仅仅设在机房。机房的体积为 990 m³，事故通风机的流量 $Q = 8V = 8 \times 990 = 7920$ m³/h。

选择 2 台 B30K₄—11—5 防爆型事故通风机。

直径：500 mm； 当量面积：0.196 m²； 周速：36.8 m/s； 主轴转速：
1410 r. p. m； 叶片角度：15°； 流量：4150 m³/h； 全压：11.6
Pa； 效率：67%； 轴功率：0.197 KW； 容许功率：0.23KW；
电动机：JL31 型； 功率：0.6 KW。

k. 冲霜水泵

6 台冷风机冲霜水量有 48 T/h。考虑到冲霜可以单独进行，所以选择 1 台 50—160(I) 水泵作为冲霜水泵。

流量：25m³/h； 扬程：32 m； 效率：59%； 转速：2900 r. p. m. 轴
功率：3.69 KW； 电动机功率：4 KW； 容许气蚀余量：2.5 m； 主要尺
寸：L380×D165×B310×H565。

4). 关于固定资产投资的估算

进行设计项目的技术经济分析时，一般都是采用指标法进行方案设计的技术经济比较。我们这里按照《外商投资企业务实》P₃₄₈的比例法进行。我们的计算步骤如下：（该方法适用于新建项目）。

a. 以现行的设备价格（不包含运输费，保修费）为 x ，其计算列表如下：

设备名称	设备型号	单价 (元)	数量(台)	成本(元)	备注
活塞压缩机	4AV10	18000	2	36000	
冷凝器	LN—30	10150	2	20300	
冷风机	LDLc280	20500	6	123000	
贮氨器	ZA—1.5	4400	1	4400	
油分离器	YF—65	2650	2	5300	
集油器	JY—150	680	2	1360	
分空器	KF—32	650	1	650	
泄氨器	X—100	500	1	500	
氨泵	AB—3	750	2	1500	
低压罐	DXZ—1.5	12100	1	12100	
冷却塔	HLT—50	10000	2	20000	
冷水泵	65— 200(I)B	800	3	2400	
通风机	B30K4-11-5	1100	2	2200	
冲霜泵	50— 160(I)	600	1	600	
调压站	—————	1000	3	3000	
氨过滤器	—————	1000	3	3000	
冷库门	—————	3600	4	14400	
空气幕	—————	1600	4	6400	
氨泵控制箱	—————	2500	1	2500	
液位控制箱	—————	1050	1	1050	
电控制柜	—————	1400	2	2800	
合计(元)	255660				

b. 设备购置，安装费 $y=ax$ $a=1.12^{\sim}1.25$

$$y=1.2 \times 25.556 = 30.68 \text{ 万元}$$

c. 工艺管路投资 $T=dy$ $d=0.2^{\sim}0.4$

$$T=0.35 \times 30.68 = 10.7377 \text{ 万元}$$

d. 外部管线投资 $b=0^{\sim}0.05$

$$R=0.02 \times 30.68 = 0.61 \text{ 万元}$$

e. 仪表, 控制系统投资 $A=cy \quad c=0.12^{\sim}0.2$

$$A=30.68 \times 0.10 = 3.1 \text{ 万元}$$

f. 附属设施投资 u , 按照实际记入.

$$U=1500 \times 2 + 1200 \times 4 + 800 \times 10 = 1.16 \text{ 万元}$$

g. 实物部分投资

$$V=y+T+R+A+u=45.1 \text{ 万元}$$

h. 施工费 $W=gV \quad g=0.3^{\sim}0.5$

$$W=45.1 \times 0.5 = 22.6 \text{ 万元}$$

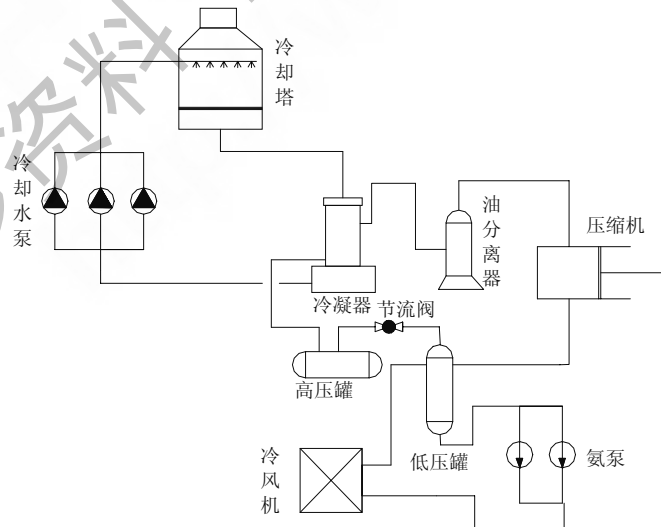
i. 规模因素费 $k=iV \quad i=0.05^{\sim}0.15$

$$k=0.1 \times 45.1 = 4.51 \text{ 万元}$$

j. 总的固定资产投资 (除土建) $L=V+W+k$

$$L=72.2 \text{ 万元}$$

方案一系统原理图



方案一系统特点: 活塞式制冷压缩机, 立式冷凝器, 氨泵供液循环系统, 负荷可以调节, 冷却速度快, 运行调节灵活, 投资少, 管理经验成熟.

(2) 方案二:

①. 冷库制冷系统的选择

压缩工质: 氨 (NH_3). 压缩级数为单级. 制冷系统为并联式.

②. 由估算的耗冷量, 来选择:

a. 压缩机: 2 台 LG10A 型开启式螺杆制冷压缩机.

转子直径: 150mm; 转子; 长度: 150 mm; 阳转子转速: 2960 r.p.m.

理论排量: 133 m³/h; 标准状况下的制冷量: 64.9 KW; 轴功率:

21.6 KW;

噪音 ≤ 80 dB(A); 振动 ≤ 10 μm ; 进气管径: DN50 mm; 排气管径:

DN45 mm;

武汉新世界制冷工业有限公司

查其性能曲线得到在设计工况下的制冷量为 81 KW.

注意: 该机不可以进行能量调节, 在设计工况下运行的制冷量比整个冷藏库的耗冷量大得多, 故可以不进行校核计算.

b. 冷凝器的选择

i) 选择卧式壳管式冷凝器

ii) 冷凝面积的确定

$$t_{s1} = t_s + \Delta t_s = 27.7 + 3.3 = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{s2} = t_{s1} + \Delta t = 31 + 5 = 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_k = (t_{s1} + t_{s2}) / 2 + 5.5 = 39 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_0 = t - \Delta t = 0 - 8 = -8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q' = 2 \times Q_0' = 2 \times 81 = 162 \text{ KW}$$

$$Q_k = Q' = 1.2 \times 162 = 194 \text{ KW}$$

冷凝器面积: $F_k = Q_k / q_k = 194 \times 103 / 4500 = 43 \text{ m}^2$

选择 2 台 DWZ 一 25 型的卧式壳管式冷凝器.

换热面积：25M²； 容器类别：H₂-2； 外型尺寸：L3523, D₁3000 mm；
接管 d₁50 , d₂32, d₃15, d₄d₅65, A1500, B450； 重量：1425 Kg.

附件规格及数量：

截止阀 Dg50 一个，进氨气； 截止阀 Dg32 一个，出氨液； 角阀 Dg10
一个，放空气； 安全阀 Dg15 一个； 角阀 Dg15 一个， 安全阀前用；
安全阀接管，18x2； 1.5 级压力表 0 ~2.5Mpa；

c. 冷风机的选择形式，数量不变。

③. 其他辅助设备的选择

a. 高压贮液器

按照《冷库设计规范》6.3.12 条的规定，高压贮液器体积按

$$V_{\text{泵}} = n \sum Q' V_z / \rho m^3 / h^{[1]}$$

式中： Ψ —— 高压贮液器的氨充满度，应该取 70%；

ρ —— 冷凝温度下氨饱和液体比容， m³/Kg；

$\sum q_m$ —— 制冷装置里，每小时氨液总循环量， Kg；

Ψ 值应该按照《冷库设计规范》的规定，冷藏库公称体积为
2001~10000m³ 时， $\Psi=1$ ；若冷库有部分蒸发器因为生产淡季或者检修而需
要抽空时，体积系数可以酌情取大。

$\sum q_m$ 的求法可以按照制冷系统内质量流量求法来计算。

对于工质氨， $\Delta t_{\text{sh}}=5$ °C，立式壳管式冷凝器 $\Delta t_{\text{rc}}=0$ °C；参考前边的
Lgp—h 图， $P_k/P_0 \leq 8$ 的单级压缩，将数据代入公式，得到

$$V_z = \frac{\varphi}{\beta} \sum q_v = \frac{1}{0.7} \times \frac{162 \times 10^3 \times 3600}{630 \times 10^3 \times 4.2} = 1.33 \text{m}^3$$

选择高压贮液器： 型号 ZA—1.5 型，其尺寸性能见方案一。

b. 油分离器，集油器，分空器，泄氨器的选择也不改变。

c. 氨液分离器

按照《冷库设计规范》的规定，氨液分离器的直径有关按照下式计算：

$$D = 0.0266\sqrt{GVm}$$

- c. 式中： D ——氨液分离器的直径，m；
 G ——系统的质量流量，Kg/h；
 V ——液体的比容，m³/Kg。

代入数据： $D = 0.0266\sqrt{GV} = 0.72m$

选择 AF — 200 型的氨液分离器。

- d. 冷却水量

$$M_k = \psi_k / C_p (t_{w1} - t_{w2}) = 194 / 4.2 \times 3 \times 3600 = 55.5 \text{ t/h.}$$

其他设备如冷却水泵，冷却塔，轴流风机等的选择也不变。

- 4) 关于固定资产投资的估算

- a. 以现行的设备价格（不包含运输费，保修费）为 X，其计算列表如下：

设备名称	设备型号	单价 (元)	数量(台)	成本(元)	备注
螺杆压缩机	LG10A	36000	2	72000	
冷凝器	DWZ — 2.5	10650	2	21300	
冷风机	LDLc280	20500	6	123000	
贮氨器	ZA — 1.5	4400	1	4400	
油分离器	YF — 65	2650	2	5300	
集油器	JY — 150	680	2	1360	
空气分离器	KF — 32	350	1	650	
泄氨器	X — 100	500	1	500	
氨液分离器	AF — 200	12100	1	12100	
冷却塔	HLT — 50	10000	2	20000	
冷水泵	65 — 200(I)B	800	3	2400	
通风机	B30K4-11-5	1100	2	2200	
冲霜泵	50 —	600	1	600	

	160 (I)				
调压站	-----	1000	3	3000	
氨过滤器	-----	1000	3	3000	
冷库门	-----	3600	4	14400	
空气幕	-----	1600	4	6400	
液位控制箱	-----	1050	1	1050	
电控制柜	-----	1400	2	2800	
合计 (元)		288660			

b. 设备购置, 安装费 $y=ax$ $a=1.12^{\sim}1.25$

$$y=1.2 \times 28.87=34.64 \text{ 万元}$$

c. 工艺管路投资 $T=dy$ $d=0.2^{\sim}0.4$

$$T=0.35 \times 34.64=12.12 \text{ 万元}$$

d. 外部管线投资 $R=by$ $b=0^{\sim}0.05$

$$R=0.02 \times 34.64=0.7 \text{ 万元}$$

e. 仪表, 控制系统投资 $A=cy$ $c=0.12^{\sim}0.2$

$$A=34.64 \times 0.10=3.464 \text{ 万元}$$

f. 附属设施投资 u , 按照实际记入.

$$U=1500 \times 2+1200=0.36 \text{ 万元}$$

g. 实物部分投资

$$V=y+T+R+A+u=0.36+12.12+0.7+34.64+3.464=51 \text{ 万元}$$

h. 施工费 $W=gV$ $g=0.3^{\sim}0.5$

$$W=51 \times 0.5=25.5 \text{ 万元}$$

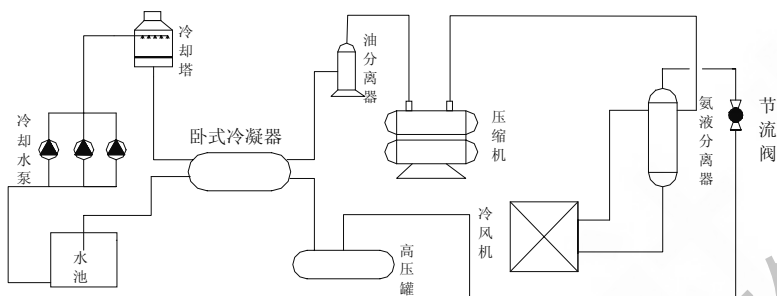
i. 规模因素费 $k=iV$ $i=0.05^{\sim}0.15$

$$k=0.1 \times 51=5.1 \text{ 万元}$$

j. 总的固定资产投资 (除土建) $L=V+W+k$

$$L=51+25.5+5.1=81.5 \text{ 万元}$$

方案二系统原理图



方案二系统特点：螺杆式制冷压缩机，卧式冷凝器，重力供液循环系统，负荷不可以调节，管理布置简单，运行可靠，系统稳定性好。

(3) 方案三：

①库制冷系统的选择

压缩工质：氨 (NH_3)。压缩级数为单级。制冷系统为并联式。

②主要设备的选择

a. 压缩机：2 台 LG10A 型开启式螺杆制冷压缩机。尺寸性能规格见方案 2。

b. i). 选择立式壳管式冷凝器

ii). $P_k=194 \text{ KW}$ (见方案 2 的确定)。

$$F_k = \psi_k / q_k = 194 / (4.2 \times 3750 \times 3600) = 44.34 \text{ m}^2$$

选择 2 台 LN-30 型的立式壳管式冷凝器。尺寸见方案一。

c. 冷风机的选择形式，数量不变。具体数据见方案一。

③其他辅助设备的选择

a) 贮氨器

$$V_z = \frac{\varphi}{\beta} \sum q_v = \frac{1}{0.7} \times \frac{162 \times 10^3 \times 3600}{630 \times 10^3 \times 4.2} = 1.33 m^3$$

选择一台 Z A — 1.5 型的贮氨器，详见方案 1。

b) 氨油分离器，低压循环桶，集油器，空气分离器（不凝气体分离器），紧急泄氨器，冷却塔，冷水泵，冲霜水泵，轴流风机，氨泵等设备的选择见方案 1。

4) ' ' 关于固定资产投资的估算

1. 以现行的设备价格（不包含运输费，保修费）为 x，其计算列表如下：

设备名称	设备型号	单价 (元)	数量(台)	成本(元)	备注
螺杆压缩机	LG10A	36000	2	72000	
冷凝器	L N — 30	10150	2	20300	
冷风机	LDLc280	20500	6	123000	
贮氨器	ZA — 1.5	4400	1	4400	
油分离器	YF — 65	2650	2	5300	
集油器	JY — 150	680	2	1360	
分空器	KF — 32	350	1	650	
泄氨器	X — 100	500	1	500	
氨泵	AB — 3	750	2	1500	
低压罐	DXZ — 1.5	12100	1	12100	
冷却塔	HLT — 50	10000	2	20000	
冷水泵	65 — 200(I)B	800	3	2400	
通风机	B30K4-11-5	1100	2	2200	
冲霜泵	50 — 160(I)	600	1	600	
调压站	—————	1000	3	3000	
氨过滤器	—————	1000	3	3000	
冷库门	—————	3600	4	14400	
空气幕	—————	1600	4	6400	
氨泵控制	—————	2500	1	2500	

箱					
液位控制箱	-----	1050	1	1050	
电控制柜	-----	1400	2	2800	
合计 (元)		291660			

2. 设备购置, 安装费 $y=ax$ $a=1.12^{\sim}1.25$

$$y=1.2 \times 29.2=35 \text{ 万元}$$

3. 工艺管路投资 $T=dy$ $d=0.2^{\sim}0.4$

$$T=0.35 \times 35=12.25 \text{ 万元}$$

4. 外部管线投资 $R=by$ $b=0^{\sim}0.05$

$$R=0.02 \times 35.5=0.7 \text{ 万元}$$

5. 仪表, 控制系统投资 $A=cy$ $c=0.12^{\sim}0.2$

$$A=35.5 \times 0.10=3.5 \text{ 万元}$$

6. 附属设施投资 u , 按照实际记入.

$$U=1500 \times 2+1200 \times 4+800 \times 10=1.16 \text{ 万元}$$

7. 实物部分投资

$$V=y+T+R+A+u=35+12.25+0.7+3.5+1.16=51.5 \text{ 万元}$$

8. 施工费 $W=gV$ $g=0.3^{\sim}0.5$

$$W=51.5 \times 0.5=25.75 \text{ 万元}$$

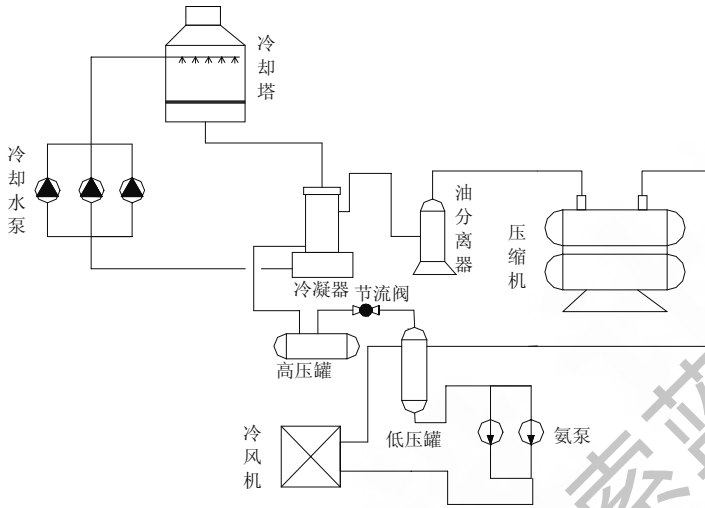
9. 规模因素费 $k=iV$ $I=0.05^{\sim}0.15$

$$k=0.1 \times 51.5=5.15 \text{ 万元}$$

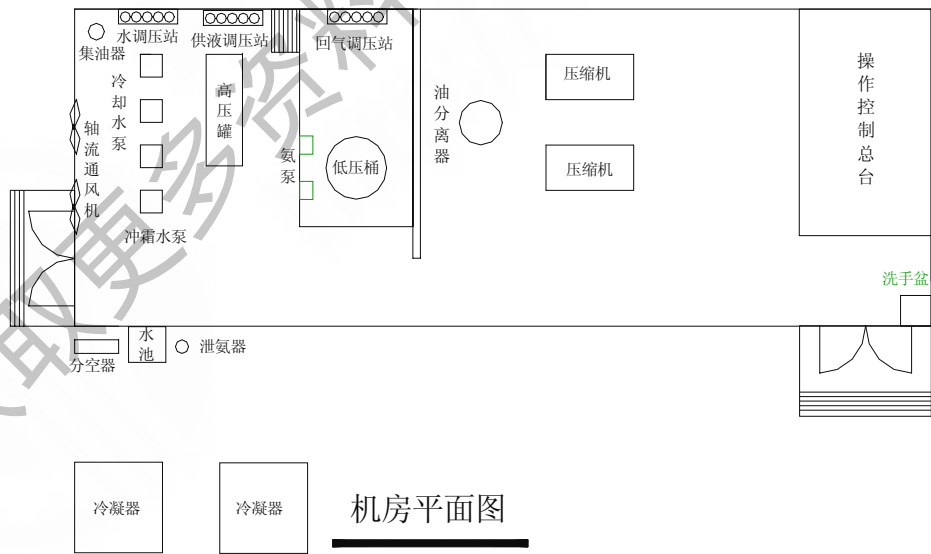
10. 总的固定资产投入 (除土建) $L=V+W+k$

$$L=51.5+25.75+5.15=82.3 \text{ 万元}$$

方案三系统原理图



方案三系统特点：螺杆式制冷压缩机，立式冷凝器，氨泵强制供液循环系统，负荷不可以调节，管理方便，运行可靠，系统稳定性好。经济性能好，降温快，投资较大。



方案设计

1 设计依据与基础资料

1.1 设计依据:

1. 《冷库设计规范》GB50072-2001
2. 《采暖通风与空调设计规范》GBJ19-87（2001年版）
3. 《冷库建筑施工图》

1.2 基础资料

1.2.1 原始数据:

1. 冷库库温按一层 0℃；二层-23℃；三层 0℃进行设计（温度要求自控），相对湿度按 90%计算（湿度不要求自控）。一层、三层变工况库温不小于 0℃。
2. 一、三层冷库贮鲜蛋，二层冷库贮藏冰淇淋（重度这 535 公斤/立方米）。每天按 8 小时计各层冷库进货量按各层冷库冷藏吨位的 5%计算。冰淇淋入库温度为-15℃。
3. 鲜蛋、冰淇淋均用纸箱包装。
4. 最大班工作人数：30 人（平均每层 10 人）。
5. 要求冷库门设置风幕。
6. 库内货物运输：各层库房用电并叉车进行运输，叉车功率 $N=5.5KW$ 。
7. 冷却时间按 24 小时冷却到库温计算。
8. 照明、通风换气按冷库常规进行设计选取。

1.2.2 建筑资料:

见冷库总体布置及主库和机房的有关建筑图，以及围护结构的组成、构造等说明。

1.2.3 气象资料:

（采用重庆市室外气象资料）

夏季室外空气调节日平均温度：32℃；

夏季室外通风日平均温度：32℃；

夏季室外平均每年不保证 50 小时的湿球温度：26.7℃；

室外最热月平均相对湿度：74%；

夏季室外通风计算相对湿度：57%；

夏季室外风速：1.6 m/s

2 初步方案设计

2.1 估算耗冷量

2.1.1 冷藏间的公称容积：V₁ [m³]

按“冷库设计规范”[1]第 3.0.1 条：冷藏间或冰库的公称容积按冷藏间或冰库的净面积（不扣除柱、门斗和制冷设备所占的面积）乘以房间净高确定。

即：V₁ = S_净 · h_净

其中：S_净----- 冷藏库的净面积 [m²]；

h_净----- 房间净高 [m]

表 1 冷库的公称容积

房间编号	净面积 S _净 (m ²)	净高 h _净 (m)	公称容积 (m ³)
101	240.05	3.73	895.387
102	254.597	3.73	949.647
201	485.722	3.73	1811.743
301	494.646	3.8	1879.655

2.1.2 冷藏间贮藏吨位：G [t] （根据资料[1]第 3.0.2 条）

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

其中：G ----- 冷藏间贮藏吨位（或冷库计算吨位）， t ；

V₁ ----- 冷藏间或冰库的公称容积， m³ ；

η ----- 冷藏间或冰库的体积利用系数；

ρ_s ----- 食品的计算密度， kg/ m³ ；（见资料[1] 表 3.0.5）

鲜蛋：260 kg/ m³ ; 冰淇淋：535 kg/ m³

注：η 值可由资料[1] 表 3.0.3 : 冷藏库的 η 不应小于下表的规定值

表 2 冷藏库的 η 值

公称体积 [m ³]	500 -1000	1001-2000	2001-10000	10001-15000	> 15000
体积利用系数 η	0.40	0.5	0.55	0.60	0.62

注：1. 对于仅储存冻结食品的或冷却食品的冷库，表内公称体积为全部冷藏间公称体积之和；对于同时储存冻结食品和冷却食品的冷库，表内公称体积分别为冻结食品冷藏间或冷却食品冷藏间各自的公称体积之和。
2. 蔬菜冷库的体积利用系数应按表中数值乘以 0.8 的修正系数确定。

表 3 冷库的计算吨位

房间编号	公称容积 V1 [m ³]	食品的计算密度 ρ _s [kg/ m ³]	冷库体积利用系数 η	冷库贮藏吨位 G [t]
101	895.387	260	0.55	128.04
102	949.647	260	0.55	135.799
201	1811.743	535	0.50	484.641
301	1879.655	260	0.55	268.791

注：对于存贮鲜蛋的高温库（101，102，301），总的公称体积为：

$$895.387 + 949.647 + 1879.655 = 3724.689 \text{ m}^3$$

所以由上表可知：101，102，301 库的 η=0.55

2.1.3 耗冷量估算：

2.1.3.1 冷指标 q₀ [kcal/ht]：

据市场调研：重庆上桥冷库贮存水果 10000t，配有 4 台 4AV-12.5 型和 2 台 6AW-12.5 型压缩机，标况下总制冷量为 720000 kcal/h。冷指标为：q₀ = 720000/10000 = 72 kcal/ht。

根据资料“冷库制冷设计手册”[2]P₂₀₂表 3-35：250t 以下的冻结物冷藏间，当库温为 -20℃时，单位制冷机械负荷为 q₀=70 W/h。则对库温为 -23℃的，冷指标 q₀ = 70×1.15% = 80.5 w/t（按库温每降低 1℃，冷指标增加 3%计算）。

因此,对于贮藏鲜蛋的高温库,本设计取冷指标 $q_0 = 100 \text{ kcal/ht} = 116.67 \text{ w/t}$ (标准工况下);

对于贮藏冰淇淋的低温库,由于日进货量大,货物进库温度高,所以本设计取冷指标 $q_0 = 99.17 \text{ w/t}$ (设计工况下)。

2.1.3.2 耗冷量 Q 的估算:

$$Q_{\text{标}} = q_{\text{标}} \cdot G \qquad Q_{\text{设}} = q_{\text{设}} \cdot G$$

即: 高温库 $q_{\text{标}} = 100 \text{ kcal/ht}$; 低温库 $q_{\text{设}} = 85 \text{ kcal/ht}$

表 4 冷库耗冷量

房间编号	公称容积 (m^3)	贮藏吨位 (t)	标准工况或设计工况下的冷量 (kcal/h)	
101	895.387	128.04	12804 (标)	
102	949.647	135.799	13579.9 (标)	
201	1811.743	484.641	41194.485 (设)	
301	1879.655	268.791	26879.1 (标)	
合 计	5536.432	1017.271	高温库	53263 (标), 77763.98 (设)
			低温库	124454.64 (标), 41194.485 (设)

附: 标准工况与设计工况的换算关系及过程

$$Q_{\text{设}} = Q_{\text{标}} \cdot A$$

其中: A ----- 产冷量换算系数; (见资料[4] P197 表 4-10C)

要求 A 值就得先确定制冷工况, 以下就计算蒸发温度 t_0 及冷凝温度 t_k 确定: (t_0 、 t_k 计算公式及取值范围的确定见资料[2] 6.2.1 条及“课程设计任务书” [10])

湿球温度: $t_s = 26.7^\circ\text{C}$

冷凝器进水温度: $t_{s1} = t_s + \Delta t_s$

Δt_s ----- 安全值。选择机械通风冷却塔, 则 $\Delta t_s = 3\sim 4^\circ\text{C}$; 本设计取 3°C 。

则: $t_{s1} = 26.3 + 3 = 29.7^\circ\text{C}$

冷凝器出水温度: $t_{s2} = t_{s1} + \Delta t$

Δt ----- 冷凝器的进出水温差。选立式壳管式冷凝器, 则 $\Delta t = 2\sim 3^\circ\text{C}$; 本设

计取 3℃。

$$\text{则: } t_{s2} = 29.7 + 3 = 32.7^\circ\text{C}$$

$$\text{冷凝温度 } t_k = \frac{t_{s1} + t_{s2}}{2} + (5 \sim 7)^\circ\text{C} = \frac{29.7 + 32.7}{2} + 6 = 37.2^\circ\text{C}$$

$$\text{蒸发温度 } t_0 = t - \Delta t$$

t ---- 库温。高温库：t = 0℃；低温库：t = -23℃；

Δt ---- 冷间冷却设备计算温差。（根据资料[1]）

高温库：采用冷风机， $\Delta t = 7 \sim 10^\circ\text{C}$ ，本设计取 8℃；

低温库：采用冷风机， $\Delta t = 7 \sim 10^\circ\text{C}$ ，本设计取 10℃；

因此：高温库，蒸发温度为： $t_0 = 0 - 8 = -8^\circ\text{C}$ ；

低温库，蒸发温度为： $t_0 = -23 - 10 = -33^\circ\text{C}$ 。

所以，由资料[4] P197 表 4-10C 可知：

当 $t_0 = -33^\circ\text{C}$ ， $t_k = 37.2^\circ\text{C}$ 时， $A=0.331$ ；

当 $t_0 = -8^\circ\text{C}$ ， $t_k = 37.2^\circ\text{C}$ 时， $A=1.460$

3 冷库制冷系统选择

3.1 工质选择：

由于冷藏库制冷系统制冷量较大，从经济的角度考虑，国内大中型冷库都采用 NH_3 为工质，同时 NH_3 还具有其它一些优点，如不破坏臭氧层，单位容积制冷量大等。而且， NH_3 的价格低，容易取得，因此广泛采用。本设计中也采用氨为制冷剂。

3.2 制冷系统型式选择：

根据管路与设备连接的方式，制冷系统一般可分为单元式、并联式和混合式三种型式。由于本设计采用的制冷工质为氨，且规模较小，故采用混联式的系统较好，而且这种系统各设备可以互相倒换使用，系统简单，便于管理，运行调节和检修均灵活方便。

3.3 制冷压缩机级数选择:

在制冷循环中,工质压缩比,即 $P_k/P_o \leq 8$,可采用单级压缩式制冷循环,因此,高温库采用单级压缩即可。但对于冷食品,如冰淇淋,库温为 -23°C ,蒸发温度较低, $P_k/P_o > 8$,采用活塞式压缩机,则要双级压缩式,若采用螺杆式仍可以是单级压缩式。

3.4 方案选择:

经由以上的简要分析,现确定了以下三个方案以供分析、比较和选择。

方案一:两台螺杆式压缩机的氨泵供液系统,每台压缩机带一个蒸发温度系统;或一个压缩机带两个蒸发温度系统。

方案二:两台活塞式单机双级压缩机氨泵供液系统,一台压缩机带两个蒸发温度系统;或一台带低蒸发温度,另一台用低压级带高蒸发温度系统。

方案三:两台螺杆式压缩机重力供液系统,每台压缩机带一个蒸发温度系统;或一台压缩机带两个蒸发温度系统。

3.4.1 制冷主机及辅助设备的选择

3.4.1.1 方案一

3.4.1.1.1 压缩机的选择:

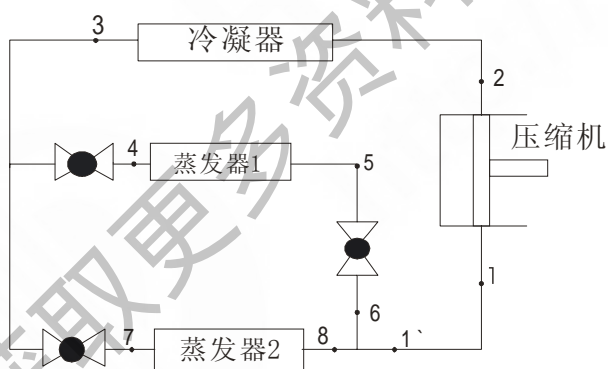


图1 螺杆机带两个 t_o 的流程图

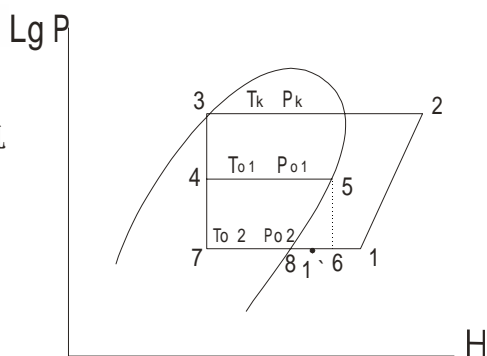


图2 螺杆机带两个 t_o 的压焓图

已知: $t_{o1} = -8^{\circ}\text{C}$, $t_{o2} = -33^{\circ}\text{C}$, $t_k = 37.2^{\circ}\text{C}$

可得: $P_{o1} = 3.154\text{bar}$, $P_{o2} = 1.031\text{bar}$, $P_k = 14.301\text{bar}$

5点: $h_5 = 1752.11\text{ KJ/kg}$; 8点: $h_6 = 1718.46\text{ KJ/kg}$; 3点: $h_3 = 672.18\text{ KJ/kg}$

高温库冷量 $Q_{o1} = 77763.98\text{ kcal/h} = 90.72\text{ kw}$

低温库冷量 $Q_{o2} = 41194.485\text{ kcal/h} = 48.06\text{ kw}$

由上图得: $q_{o1} = h_5 - h_4 = 1752.11 - 672.18 = 1079.93\text{ KJ/kg}$

$q_{o2} = h_8 - h_7 = 1718.46 - 672.18 = 1046.28\text{ KJ/kg}$

则: 高温库制冷剂质量流量; $M_{R1} = Q_{o1}/q_{o1} = 90.72/1079.93 = 0.084\text{ kg/s}$

低温库制冷剂质量流量 $M_{R2} = Q_{o2}/q_{o2} = 48.06/1046.28 = 0.046\text{ kg/s}$

列热平衡方程式: $M_{R1} \cdot h_6 + M_{R2} \cdot h_8 = (M_{R1} + M_{R2}) \cdot h_1$

得: $h_1 = \frac{0.084 \times 1752.11 + 0.046 \times 1718.46}{0.084 + 0.046} = 1740.20\text{ KJ/kg}$

$t_{1'} = -17^{\circ}\text{C}$

$t_1 = t_{1'} + \Delta t_{sh} = -17 + 7 = -10^{\circ}\text{C}$ (Δt_{sh} ---- 有害过度, 7°C)

则: $v_1 = 1.201\text{ m}^3/\text{kg}$; $h_1 = 1749.72\text{ KJ/kg}$

实际排气量:

$V_R = (M_{R1} + M_{R2}) \cdot v_1 = (0.084 + 0.046) \times 1.201 = 0.1561\text{ m}^3/\text{s}$

由样本“大连冷冻机股份有限公司. 设计选型手册. 螺杆制冷压缩机组”中选择:

一台 JZKA12.5 型、一台 JZKA16 型单级螺杆制冷压缩机。

主要性能参数:

制冷量 (kw): $t_o = -33^{\circ}\text{C}$, $t_k = 37.2^{\circ}\text{C}$ $\Phi = 50\text{ kw} / \Phi = 95.3\text{ kw}$

$t_o = -8^{\circ}\text{C}$, $t_k = 37.2^{\circ}\text{C}$ $\Phi = 155\text{ kw} / \Phi = 234.6\text{ kw}$

标准工况下 $\Phi = 137.2\text{ kw} / \Phi = 288.4\text{ kw}$

轴功率 (kw): 41 / 81.8 (标况); 电动机功率 (kw): 55 / 100 (标况)

耗油量 (g/h): 80 / 120; 理论排气量 (m³/h): 263 / 552

压缩机油冷却器耗水量 (m³/h): 7 / 13

外形尺寸 (mm): 2550×936×1930 / 3050×946×2245

因此, 压缩机的实际排气量

$$V_{R'} = \frac{Q'}{h_8 - h_7} v_1 = \frac{95.3 + 50}{1718.46 - 672.18} \times 1.201 = 0.167 \text{ m}^3 / \text{s}$$

可见, $V_{R'} > V_R$, 所以可以用一台螺杆机带两个蒸发温度。

负荷大时, 两台压缩机同时启动, JZKA16 型用于高温库, JZKA12.5 型用于低温库; 负荷减小时, 只启动 JZKA16 型压缩机同时用于高低温库; 负荷较小时, 只启动 JZKA12.5 型压缩机同时用于高低温库。这样可以达到节能的目的。

3.4.1.1.2 冷凝器的选择

1. 选择立式壳管式冷凝器

原因: 这种冷凝器占地面积小, 可以安装在室外, 可以在系统运行中清洗水管, 对冷却水水质的要求较宽, 适用于水量充足, 水质较差, 水温较高的地方。而卧式冷凝器必须停止运行才能清洗水管, 对水质要求较高, 适用于水质较好, 水温较低, 水量充足的地区。因此, 本设计选用立式壳管式冷凝器。

2. 冷凝器的热负荷: Q_k (kw)

$$\begin{aligned} Q_k &= \frac{\sum Q'}{h_8 - h_7} (h_2 - h_3) \\ &= \frac{95.3 + 50}{1718.46 - 672.18} \times (2196.37 - 672.18) \\ &= 207.36 \text{ kw} \end{aligned}$$

3. 冷凝器单位面积热负荷: q_F (kw/m²)

由资料[4] P₂₃₂表 4-14 “冷凝器、再冷却器及中间冷却器蛇形盘管单位面积热负荷 q_F 值”得: $q_F = 3000 \sim 3500 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$

本设计中取 $q_F = 3200 \text{ kcal/m}^2 \text{ h} = 3.733 \text{ kw/m}^2$

冷凝器的传热面积: F_k (m^2)

$$F_k = Q_k / q_F = 207.36 / 3.733 = 55.55 \text{ m}^2$$

$$F_k' = (1+10\%) \cdot F_k = 1.1 \times 55.55 = 61.105 \text{ m}^2$$

(10% ---- 安全裕量)

4. 选型:

由资料[5] P_{1031} : 选 3 台 LN-20 型立式壳管式冷凝器 (重冷)

主要性能参数:

冷却面积 (m^2): 20.8 m^2

尺寸 (mm): $D = 450$; $H = 5400$

3.4.1.1.3 冷风机的选择

1. 高、低温冷库均采用下进上出式冷风机:

原因:

1) 由于鲜蛋库, 有包装的冷冻食品冷藏库, 要求库温均匀, 因此, “冷库设计规范”第 6.2.6 条规定: 冷却物冷藏间应采用空气冷却器, 冻结物冷藏间宜采用空气冷却器。另外, 若采用排管, 在其设计布置上, 就要多加考虑如何才能便于清除排管上的霜, 如何保证安全生产, 排管型式怎样才能便于加工制作和安装, 如何简化布置才能便于施工配合。而采用冷风机, 则可以节省钢材, 便于安装, 简化操作管理, 易于实现自动化, 它的主要问题在于如何防止食品发生过大的干耗, 但本设计中, 冰淇淋、鲜蛋都是用箱子包装了的, 这可以有效地减少干耗。因此, 本设计中, 高、低温库均采用冷风机作为冷藏间的冷分配设备。

2) 下进上出供液方式对各冷却设备供液较均匀, 传热性能较好。故本设计中采用下进上出供液方式的冷风机。

2. 高温库冷风机的选择: (根据“冷库制冷技术”[9])

冷风机的传热面积 F : 冷藏间净面积 $S = 1:1$ (见《冷库制冷技术》)

101 库: $F = S = 240.05 \text{ m}^2$

选一台 LPLC-280 型落地顶平吹风式冷风机 （由样本“热浸锌式冷风机. 烟台冰轮集团有限公司”）

主要性能参数：

冷却面积 (m²): 280;

名义制冷量 (kw): 55.97

轴流风机: 2 台 FT35LN04.5-3 型;

电机: YT100L1-2 型 (功率 3kw)

冲霜水量: 8t/h;

供液、回气管: $\phi 57$;

尺寸 (mm): 2047 \times 1290 \times 2315

102 库: $F = S = 254.597 \text{ m}^2$

选型与 101 库相同

301 库: $F = S = 494.646 \text{ m}^2$

选一台 LPLC-220 型、一台 LPLC-280 型落地顶平吹风式冷风机 （在相同样本中）

主要性能参数：

冷却面积 (m²): 220 / 280 ;

冲霜水量 (t/h): 7 / 8

轴流风机: 2 台 FT35LN04.5-3 型 / 2 台 FT35LN04.5-3 型

电机: YT100L1-2 型 (功率 3kw) / YT100L1-2 型 (功率 3kw)

尺寸 (mm): 1697 \times 1290 \times 2315 / 2047 \times 1290 \times 2315

3. 低温库冷风机的选型: (201 库)

冷风机的传热面积 : 冷藏间净面积 = 1.5 : 1 （根据资料[9]）

$$S = 485.732 \text{ m}^2$$

$$F = 1.5 \cdot S = 485.72 \times 1.5 = 728.58 \text{ m}^2$$

因此, 选 2 台 LPDC-380 型落地顶平吹风式冷风机 （在相同样本中）

主要性能参数：

冷却面积 (m²): 380 ;

名义制冷量 (kw): 65.77

轴流风机：2 台 FT35LN08-B 型； 电机：YJ112M-4 型（功率 2.4kw）
 供液、回气管（mm）：φ57； 冲霜水量（t/h）：16.5
 尺寸（mm）：2817×1954×2315

3.4.1.1.4 其他辅助设备的选择

1. 高压贮液器：

资料[1]第 6.3.12 条：贮液器体积 $V_z = \frac{\varphi}{\beta} v \sum q_m$ [m³]

式中：φ ----- 贮液器的体积系数；由资料[1]第 6.3.13 条可知：φ=1

β ----- 贮液器的氨液充满度，取 70%；

v ----- 冷凝温度下氨饱和液体的比体积

由资料[2] P232“氨热力性质表”得：v = 1.7115 l/kg = 0.001712

m³/kg

$\sum q_m$ ----- 制冷装置中每小时氨液的总循环量

$$\sum q_m = M_{R1} + M_{R2} = 0.13 \text{ kg/s} = 489.6 \text{ kg/h}$$

得 $V_z = 0.001712 \times 489.6 / 0.7 = 1.20 \text{ m}^3$

因此，选 1 台 ZA-1.5 型高压贮液器（烟冷）（由资料[6] P536）

主要参数： 容积：1.48 m³； 尺寸：D = 700mm， L = 4190mm

2. 油氨分离器：（由资料[1]第 6.3.9 条）

油分离器直径： $d_y = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda \cdot v}{W_y}}$ [m]

式中 λ v ----- 实际排气量，由前面的计算可得：λ v = 0.167 m³/s

W_y ----- 油分离器内的气体流速 m/s；

本设计选用洗涤式油分离器，因为它比较适用于氨制冷系统，借气体经过氨液洗涤，降低气流速度和改变其方向以达到分离出氨气中夹带的润滑油。

所以，取 $W_y = 0.7 \text{ m/s}$

$$\text{则 } d_y = 0.0188 \times \sqrt{\frac{0.167 \times 3600}{0.7}} = 0.55 \text{ m}$$

由此，选 1 台 YF-600 型洗涤式油分离器（北冷）（见资料[6] P616）

尺寸：D = 600 mm ; H = 2310 mm

3. 集油器：（根据资料[10]）

“目前国内生产人集油器有三种规格，其直径为 150、200、300mm，当冷冻站标况下的制冷量不大于 250~350kw 时，采用直径 150mm ……”

所以，取 D = 150mm

由此，选 2 台 A 型 JY-150 型集油器（大冷）（高、低压分开设集油器）

尺寸：D = 159 mm; H = 625 mm

4. 空气分离器：（根据资料[10]）

“目前生产的空气分离器只有两种规格，当冷冻制冷量标准工况下小于 100 万 kcal/h 时，用小号空气分离器……”

由此，选 1 台 KF-32 型空气分离器（大冷）（见资料[6] P631）

冷却面积：0.45 m² ; 尺寸：D = 108 mm , L = 1550 mm

5. 紧急泄氨器：

选 1 台 XA-100 型紧急泄氨器（烟冷）（见资料[6] P637）

尺寸：D = 108 mm ; L = 1100 mm

6. 氨泵：

本设计中采用两个低压贮液罐，一个供高温库，一个供低温库，每个贮液罐配两个氨泵，其中一台备用。

$$\text{氨泵的流量} \quad V_{\text{泵}} = \frac{n \cdot \sum Q \cdot v_z}{\gamma} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

式中 n ---- 氨液循环倍数。由资料[1]第 6.3.18 条：对负荷有波动，蒸发器阻数较多，容易积油的蒸发器的下进上出供液系统，采用 5~6 倍。

取 $n = 5$ ；

v_z ---- 蒸发温度下氨饱和液体的比体积 m^3/kg ；

高温库： $t_0 = -8^\circ\text{C}$ ， $v_z = 0.00154 \text{ m}^3/\text{kg}$

低温库： $t_0 = -33^\circ\text{C}$ ， $v_z = 0.001467 \text{ m}^3/\text{kg}$

γ ---- t_0 下氨液的比潜热 kcal/kg ；

高温库： $\gamma = 1288.49 \text{ KJ}/\text{kg} = 306.78 \text{ kcal}/\text{kg}$

低温库： $\gamma = 1364.23 \text{ KJ}/\text{kg} = 324.82 \text{ kcal}/\text{kg}$

$\sum Q'$ ---- 氨泵所供同一蒸发温度的冷间负荷 kw ；

高温库：一层 44.94 kw； 三层 45.78kw

低温库：二层 48.06 kw

$$\text{则：高温库} \quad V_{\text{泵}} = \frac{5 \times (44.94 + 45.78) \times 0.00154}{1288.49} \times 3600 = 1.952 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\text{低温库} \quad V_{\text{泵}} = \frac{5 \times 48.06 \times 0.001467}{1364.23} \times 3600 = 0.93 \text{ m}^3 / \text{h}$$

因此，选 4 台 32P140A-212 型屏蔽泵（烟冷）（见资料[8] P741）

主要性能参数：

流量 (m^3/h): 2.8；

扬程 (mH_2O): 32

功率 (kw): 3；

尺寸 (mm): 680×295×385

7. 氨液过滤器：（高压贮液器→低压桶；低压桶→氨泵）

选 4 台 YG-40 型氨液过滤器(大冷)（见资料[6] P641）

8. 冷却塔：

冷凝器冷却用水量：（由资料[1] 第 8.1.4 条）

$$Q = \frac{3.6 \cdot \phi_1}{1000 \cdot C \cdot \Delta t} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

式中 ϕ_1 ----- 冷凝器的热负荷 W ；

C ----- 冷却水比热容， $C = 4.1868 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$ ；

Δt ----- 冷凝器冷却水进出水温度差，取 3°C ；

则
$$Q = \frac{3.6 \times 207.36 \times 1000}{1000 \times 4.1868 \times 3} = 59.43 \text{ m}^3/\text{h}$$

压缩机耗水量： $13 + 7 = 20 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q(\text{总}) = 59.43 + 20 = 79.43 \text{ m}^3/\text{h}$$

由此，选一台 LBC-M-20 型、一台 LBC-M-50 型冷却塔（见样本“良机逆流式冷却塔”）

主要性能参数：

标准水量 (m^3/h)：22 / 58 ；

尺寸 (mm)：D=1580 H=2205 / D=2175 H=2565

9. 冷却水泵：

$$Q = 79.43 \text{ m}^3/\text{h}$$

冷却水泵扬程估算：（根据资料[10]）

$$H = 1.1 \sim 1.2 (h_1 + H_2 + H_3 + \Sigma \Delta h)$$

式中 H —— 水泵扬程 [mH_2O]；

1.1~1.2 —— 安全裕量，取 1.2；

h_1 —— 冷凝器的阻力；（立式冷凝器没有阻力）

H_2 —— 水泵的中心到冷却塔配水管的水位差； $H_2 = 15\text{m}$

H_3 —— 冷却塔喷淋管所需自由水头；

$$\text{查样本：} H_3 = 2.1 + 2.5 = 4.6 \text{ m}$$

$\Sigma \Delta h$ —— 管路沿程与局部阻力之和，约 $60 \sim 80 \text{ mmH}_2\text{O}$ ；

$$\text{管子总长约 } 20\text{m}, \Sigma \Delta h = 60 \times 10^{-3} \times 20 = 1.8 \text{ mH}_2\text{O}$$

则 $H = 1.2 \times (0 + 15 + 4.6 + 1.8) = 25.68 \text{ mH}_2\text{O}$

选 2 台 80-200 (I) B 型离心泵 (见样本“管道离心泵. 东方泵业”)

主要性能参数:

流量 (m^3/h): 80 ;

扬程 (mH_2O): 38

功率 (kw): 15 ;

尺寸 (mm): $500 \times 440 \times 872$

10. 冷却水池:

按 6 分钟的冷却水循环流量计算。

则 $W = 6 \times 79.43 / 60 = 7.943 \text{ m}^3$

水池尺寸: $3500 \times 1500 \times 1500 \text{ mm}$

11. 冲霜水泵:

冲霜水量: 一层 $8+8=16 \text{ t}$; 二层 $2 \times 16.5=33 \text{ t}$; 三层 $7+8=15 \text{ t}$

总冲霜水量 $W' = 16+33+15 = 64 \text{ t}$

由此, 选 1 台 80-160 型离心泵 (见样本“管道离心泵. 东方泵业”)

主要性能参数:

流量 (m^3/h): 65 ;

扬程 (mH_2O): 27.5

功率 (kw): 7.5 ;

尺寸 (mm): $400 \times 331 \times 660$

12. 低压贮液罐:

A: 回气管

由资料[4] P357 图 11-1-17 “从蒸发器回到低压贮液桶两相流体管管径计算图”得:

管径为 $\Phi 57 \times 3.5$, $d = 50 \text{ mm}$; 长度约为: 至高温库 1250 mm; 至低温库 1350 mm

B: 低压桶出液管

管径按氨泵吸入管径。

取管径 $\Phi 32 \times 2.5$, $d = 27 \text{ mm}$; 长度 2500mm

C: 管径按氨泵出口管径: $\Phi 45 \times 2.5$, $d = 50 \text{ mm}$

长度约为 4200 mm

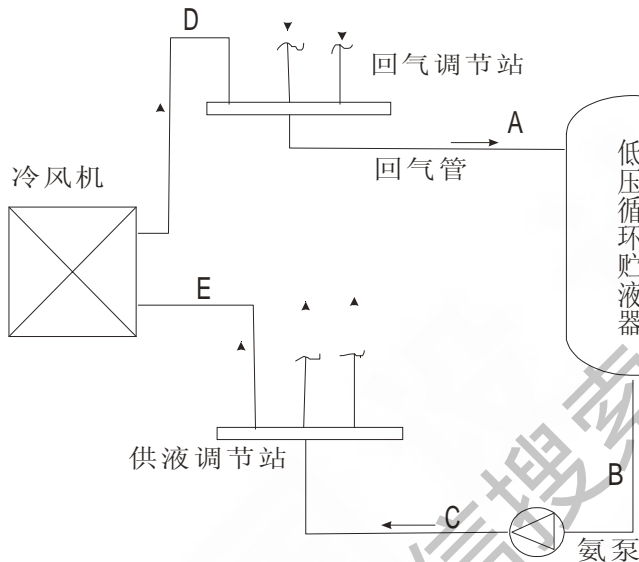


图 3 低压贮液器接管图

D: 冷风机回气管

按冷风机回气管管径 $\Phi 57 \times 3.5$, $d = 50 \text{ mm}$

长度: 101 库 8500mm; 102 库 7600mm; 301 库 16900mm / 16000mm (两台冷风机)

201 库 12700 mm / 11800 mm (两台冷风机)

E: 冷风机供液管

按冷风机供液管管径 $\Phi 57 \times 3.5$, $d = 50 \text{ mm}$

长度: 101 库 7600mm; 102 库 8500mm; 301 库 16000mm / 16900mm (两台冷风机)

201 库 11800 mm / 12700 mm (两台冷风机)

计算：按《冷库制冷技术》推荐的经验公式

$$V = \frac{0.4V_1 + 0.6V_2 + V_3}{0.7} \quad [\text{m}^3]$$

式中 V_1 ---- 冷却设备的容积 m^3 ;

V_2 ---- 吸入管路的容积 m^3 ;

V_3 ---- 供液管路的容积 m^3

V_1 : 由资料[7] P229 表 8-2-1 “氨冷风机空气冷却器用绕片式翅片管规格表”

得:

对光滑管 $\Phi 25 \times 2.0$, 翅片管内容积为 0.50 l/m^2

$V_1 = \text{冷却面积} \times \text{翅片管内容积}$

高温库 $V_1 = (280+280+760) \times 0.5/1000 = 0.66 \text{ m}^3$

低温库 $V_1 = 500 \times 0.5/1000 = 0.25 \text{ m}^3$

V_2 : 高温库 管路总长 $L = 50.25 \text{ m}$

$$V_2 = \pi d^2 L / 4 = 3.14 \times 0.05^2 \times 50.25 = 0.10 \text{ m}^3$$

低温库 管路总长 $L = 25.85 \text{ m}$

$$V_2 = \pi d^2 L / 4 = 3.14 \times 0.05^2 \times 25.85 = 0.05 \text{ m}^3$$

V_3 : $V_3 = \Sigma \pi d^2 L / 4$ (供液管路管径不完全相同, 故分别计算出容积后再求和)

高温库 $L_B = 2.5\text{m}; \quad L_C = 4.2\text{m}; \quad L_E = 8.5+7.6+16.9+16 = 49\text{m}$

$$V_3 = 3.14 \times 0.27^2 \times 2.5 + 3.14 \times 0.04^2 \times 4.2 + 3.14 \times 0.05^2 \times 49 \\ = 0.103 \text{ m}^3$$

低温库 $L_B = 2.5\text{m}; \quad L_C = 4.2 \text{ m}; \quad L_E = 12.7+11.8 = 24.5 \text{ m}$

$$V_3 = 3.14 \times 0.27^2 \times 2.5 + 3.14 \times 0.04^2 \times 4.2 + 3.14 \times 0.05^2 \times 24.5 \\ = 0.055 \text{ m}^3$$

所以, 高温库

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{0.4V_1 + 0.6V_2 + V_3}{0.7} \\
 &= \frac{0.4 \times 0.066 + 0.6 \times 0.10 + 0.103}{0.7} \\
 &= 0.61 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

由此，选 1 台 DXZ-1.5 型立式低压循环贮液罐（烟冷）（见资料[6] P558）

主要参数： 容积 1.54 m³； 尺寸 D=800 mm , H=3205 mm

低温库

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{0.4V_1 + 0.6V_2 + V_3}{0.7} \\
 &= \frac{0.4 \times 0.25 + 0.6 \times 0.05 + 0.055}{0.7} \\
 &= 0.26 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

选型与高温库相同，即一台 DXA-1.5 型立式低压循环贮液罐。

13. 空气幕（根据“冷藏库设计. 河北水产学校编” [11]P₃₅₉）

102#、201#、301#的库门需设置冷风幕

冷库净门宽为 1.8 m，因此取 SSY-200 型空气幕

主要性能参数：

喷口长度：200 cm； 空气幕总长：2656 mm

门洞净宽：1800 mm； 电动机功率：0.37×2 kw

3.4.1.1.5 机房通风

由资料[1] 第 9.0.2 条：氨压缩机房应设事故排风装置，换气次数不应小于 8 次/小时，排风机应选用防爆型。

压缩机房净体积为：V = 3.9×5×(4.3+2.7)×6 = 819 m³

换气次数 N = 8 次/小时

事故通风量 L = V·N = 819×8 = 6552 m³/h = 1.82 m³/s

由此，选 2 台 B30K₄-11-04 型防爆轴流风机（见资料[5] P₃₁₄）

主要性能参数:

机号: N0.4 ;

流量 (m³/h): 3340

全压 (mmH₂O): 8.9 ;

电机: JCL-22 型 (功率 0.25kw)

尺寸 (mm): 430×250×460

3.4.1.2 方案二

3.4.1.2.1 压缩机的选择

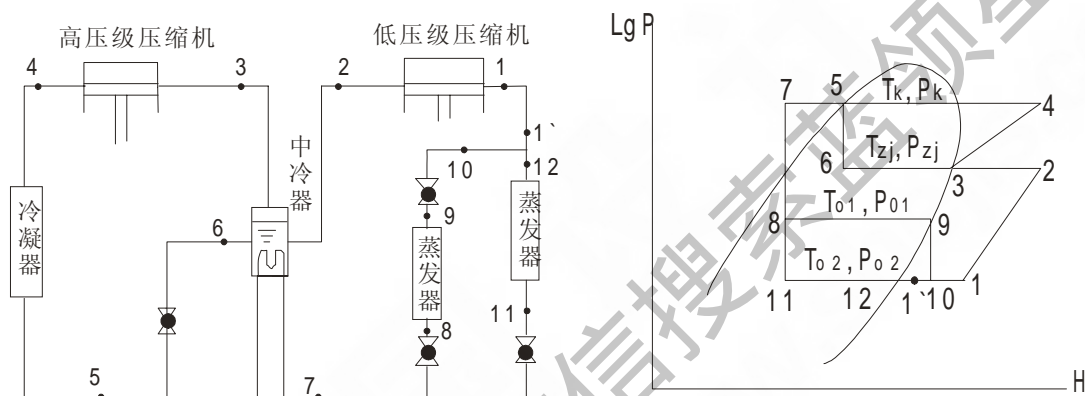


图 4 双级活压机带两个 to 的流程图 图 5 双级活压机带两个 to 的压焓图

已知: $t_{o1} = -8^{\circ}\text{C}$, $t_{o2} = -33^{\circ}\text{C}$, $t_k = 37.2^{\circ}\text{C}$

可得: $P_{o1} = 3.154\text{bar}$, $P_{o2} = 1.031\text{bar}$, $P_k = 14.301\text{bar}$

9 点: $h_9 = 1752.11 \text{ KJ/kg}$; 12 点: $h_{12} = 1718.46 \text{ KJ/kg}$; 5 点: $h_5 = 672.18 \text{ KJ/kg}$

由资料[2] P248“高压气缸和低压气缸理论排气时之比—— ξ 值与制冷剂的性质和蒸发温度有关。对氨来说,宜在下列范围内选用:

$$t_z = -25 \sim -35^{\circ}\text{C} \quad \xi = 1/2 \sim 1/3$$

$$t_z = -25 \sim -50^{\circ}\text{C} \quad \xi = 7/3$$

$$t_z < -50^{\circ}\text{C} \quad \xi 1/4$$

“单机双级压缩机，目前只有两种容积比，即 $\xi = 1/2$ 和 $1/3$ 。”

由此，选取 $\xi = 1/2$

由资料[2] P252 图 4-5 “中间温度与蒸发温度、冷凝温度、高低压气缸容积比的关系”得：

已知 $t_{o2} = -33^{\circ}\text{C}$ ， $t_k = 37.2^{\circ}\text{C}$ ， $\xi = 1/2$

则 中间冷却温度 $t_{zj} = -2^{\circ}\text{C}$ 即 $t_6 = -2^{\circ}\text{C}$ ， $h_6 = 672.18 \text{ KJ/kg}$

由资料[2] P230“中间冷却器蛇形管出液温度比中间冷却温度高 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 。”

因此，取 $t_7 - t_6 = 6^{\circ}\text{C}$ ， 即 $t_7 = 4^{\circ}\text{C}$ ， $h_7 = 518.33 \text{ KJ/kg}$

3 点： $t_3 = -2^{\circ}\text{C}$ ， $h_3 = 1758.94 \text{ KJ/kg}$

高温库制冷剂质量流量 $M_{R1} = Q_{o1}/(h_9 - h_8) = 90.72/(1752.11-518.33) = 0.0735 \text{ kg/s}$

低温库制冷剂质量流量 $M_{R2} = Q_{o2}/(h_{12} - h_{11}) = 48.06/(1718.46-518.33) = 0.04 \text{ kg/s}$

列热平衡方程式： $M_{R1} \cdot h_{10} + M_{R2} \cdot h_{12} = (M_{R1} + M_{R2}) \cdot h_1$

得 $h_1' = 1740.25 \text{ KJ/kg}$ ， $t_1' = -17^{\circ}\text{C}$

因为有 7°C 的有害过热，则 $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$ ， $h_1 = 1749.72 \text{ KJ/kg}$ ， $v_1 = 1.201 \text{ m}^3/\text{kg}$

实际排气量 $VR = (M_{R1} + M_{R2}) \cdot v_1 = (0.0735 + 0.04) \times 1.201 = 0.1363 \text{ m}^3/\text{s}$

则，选 2 台 6ASJ12.5 型单机双级活塞式压缩机（见样本“大冷. 设计选型手册. 活塞式制冷压缩机”）

主要性能参数：

制冷量 (kw)：69.75 冷却水耗水量 (m^3/h)：1.5

轴功率 (kw)：33.15 (标况下) 电机功率 (kw)：57

理论排气量 (m^3/s)：106 (高压气缸，2 个)， 318 (低压气缸，4 个)

尺寸 (mm)：2426×990×1335

则 压缩机实际排气量：

$$V_{R'} = \frac{Q'}{h_{12} - h_{11}} v_1 = \frac{2 \times 69.75}{1718.46 - 518.33} \times 1.201 = 0.140 \text{ m}^3 / \text{s}$$

可见, $VR' > VR$, 所以可以用一台活塞机带两个蒸发温度。

3.4.1.2.2 冷凝器的选择

1. 选择立式壳管式冷凝器

2. 冷凝器的热负荷: Q_k (kw)

由资料[4] P219 图 4-8 “氨双级压缩机冷凝器移热量”得:

$$q_1 = 241.5 \text{ kcal} / \text{m}^3$$

$$Q_k = V_{dp} \cdot q_1 = 2 \times 318 \times 241.5 = 153594 \text{ kcal/h} = 179.2 \text{ kw}$$

式中 q_1 ---- 双级压缩机单位容积冷凝负荷 kcal / m^3 ;

V_{dp} ---- 低压级理论排气量 m^3/h

3. 冷凝器单位面积热负荷: q_F (kw/m^2)

由资料[4] P232 表 4-14 “冷凝器、再冷却器及中间冷却器蛇形盘管单位面积热负荷 q_F 值”得: $q_F = 3000 \sim 3500 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h}$

本设计中取 $q_F = 3200 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h} = 3.733 \text{ kw}/\text{m}^2$

冷凝器的传热面积: F_k (m^2)

$$F_k = Q_k / q_F = 179.2 / 3.733 = 48.00 \text{ m}^2$$

$$F_k' = (1+10\%) \cdot F_k = 1.1 \times 48.00 = 52.8 \text{ m}^2$$

(10% ---- 安全裕量)

4. 选型:

由资料[5] P1029: 选 2 台 LN-30 型立式壳管式冷凝器 (烟冷)

主要性能参数:

冷却面积 (m^2): 29 m^2

尺寸 (mm): $D = 450$; $H = 5180$

3.4.1.2.3 冷风机的选择:

与方案<一>完全相同。

3.4.1.2.4 其它辅助设备的选择

1. 高压贮液器:

资料[1]第 6.3.12 条: 贮液器体积 $V_z = \frac{\phi}{\beta} v \sum q_m$ $[\text{m}^3]$

式中: ϕ ----- 贮液器的体积系数; 由资料[1]第 6.3.13 条可知: $\phi=1$

β ----- 贮液器的氨液充满度, 取 70% ;

v ----- 冷凝温度下氨饱和液体的比体积

由资料[2] P232“氨热力性质表”得: $v = 1.7115 \text{ l/kg} = 0.001712$

m^3/kg

$\sum q_m$ ----- 制冷装置中每小时氨液的总循环量

$$\sum q_m = M_{R1} + M_{R2} = 0.114 \text{ kg/s} = 411.00 \text{ kg/h}$$

得 $V_z = 0.001712 \times 411.0 / 0.7 = 1.01 \text{ m}^3$

因此, 选 1 台 ZA-1.0 型高压贮液器 (烟冷) (由资料[6] P536)

主要参数: 容积: 1.03 m^3 ; 尺寸: $D = 700\text{mm}$, $L = 2990\text{mm}$

2. 油氨分离器: (由资料[1]第 6.3.9 条)

油分离器直径: $d_y = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda \cdot V}{W_y}}$ $[\text{m}]$

式中 λ ----- 氨压缩机高压级的输气系数, 由资料[5] P215 图 4-13 得:

$\lambda = 0.74$

V ----- 氨压缩机高压级的理论排气量, $V = 106 \text{ m}^3/\text{h}$

W_y ----- 油分离器内的气体流速 m/s

本设计选用洗涤式油分离器, 所以, 取 $W_y = 0.7 \text{ m/s}$

$$\text{则 } d_y = 0.0188 \times \sqrt{\frac{2 \times 106 \times 0.74}{0.7}} = 0.281 \text{ m}$$

由此，选 1 台 A 型 YF-40 型洗涤式油分离器（烟冷）（见资料[6] P613）

尺寸：D = 273 mm ; H = 1350 mm

3. 冷却塔：

冷凝器冷却用水量：（由资料[1] 第 8.1.4 条）

$$Q = \frac{3.6 \cdot \phi_1}{1000 \cdot C \cdot \Delta t} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

式中 ϕ_1 ----- 冷凝器的热负荷 W ；

C ----- 冷却水比热容，C = 4.1868 KJ/kg $^{\circ}$ C ；

Δt ----- 冷凝器冷却水进出水温度差，取 3 $^{\circ}$ C ；

$$\text{则 } Q = \frac{3.6 \times 179.2 \times 1000}{1000 \times 4.1868 \times 3} = 51.36 \text{ m}^3/\text{h}$$

压缩机耗水量：1.5 \times 2 = 3 m 3 /h

$$Q(\text{总}) = 51.36 + 3 = 54.36 \text{ m}^3/\text{h}$$

由此，选一台 LBC-M-20 型、一台 LBC-M-30 型冷却塔（见样本“良机逆流式冷却塔”）

主要性能参数：

标准水量 (m 3 /h)：22 / 35 ；

尺寸 (mm)：D=1580 H=2205 / D=2000 H=2410

4. 冷却水泵：

$$Q = 54.36 \text{ m}^3/\text{h}$$

冷却水泵扬程估算：（根据资料[10]）

$$H = 1.1 \sim 1.2 (h_1 + H_2 + H_3 + \sum \Delta h)$$

式中 H —— 水泵扬程 [mH $_2$ O]；

1.1~1.2 —— 安全裕量，取 1.2；

h_1 —— 冷凝器的阻力；（立式冷凝器没有阻力）

H_2 —— 水泵的中心到冷却塔配水管的水位差； $H_2 = 15\text{m}$

H_3 —— 冷却塔喷淋管所需自由水头；

查样本： $H_3 = 2.1 + 2.5 = 4.6 \text{ m}$

$\Sigma \Delta h$ —— 管路沿程与局部阻力之和，约 60~80 mmH_2O ；

管子总长约 20m， $\Sigma \Delta h = 60 \times 10^{-3} \times 20 = 1.8 \text{ mH}_2\text{O}$

则 $H = 1.2 \times (0 + 15 + 4.6 + 1.8) = 25.68 \text{ mH}_2\text{O}$

选 2 台 80-160A 型离心泵 （见样本“管道离心泵. 东方泵业”）

主要性能参数：

流量 (m^3/h): 56 ；

扬程 (mH_2O): 29

功率 (kW): 15 ；

尺寸 (mm): 500×440×872

5. 冷却水池：

按 6 分钟的冷却水循环流量计算。

则 $W = 6 \times 54.86 / 60 = 5.486 \text{ m}^3$

水池尺寸：2500×1500×1500 mm

6. 中间冷却器：

根据资料[1]第 6.3.6 条、第 6.3.7 条、第 6.3.8 条

中冷器的直径：

$$d_z = \sqrt{\frac{4 \cdot \lambda \cdot V}{3600 \cdot \pi \cdot W_z}} = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda \cdot V}{W_z}} \quad [\text{m}]$$

式中 λ ---- 氨压缩机高压级的输气系数，由资料[5] P215 图 4-13 得： $\lambda = 0.74$

V ---- 氨压缩机高压级的理论排气量， $V = 106 \text{ m}^3/\text{h}$

WZ---- 中冷器内的气体流速 m/s, 不应大于 0.5 m/s。

取 WZ = 0.4 m/s

$$\text{则 } d_z = 0.0188 \times \sqrt{\frac{2 \times 106 \times 0.74}{0.4}} = 0.372 \text{ m}$$

中冷器蛇形管冷却面积:

$$A_z = \frac{\Phi_z}{K_z \cdot \Delta \theta_z} \quad [\text{m}^2]$$

式中 Φ_z ---- 中冷器蛇形管的热流量 W;

KZ ---- 中冷器蛇形管的传热系数, 宜采用 465~580 W/(m²·°C)

取 KZ = 520 W/(m²·°C)

$\Delta \theta_z$ ---- 中冷器蛇形管的对数平均温差 °C

中冷器蛇形管内的单位热负荷: $q_z = h_5 - h_7 = 672.18 - 518.33 = 153.85 \text{ kJ/kg}$

中冷器蛇形管内的质量流量: $MR_z = MR_1 + MR_2 = 0.0735 + 0.04 = 0.1135 \text{ kg/s}$

则 $\Phi_z = q_z \cdot MR_z = 153.85 \times 0.1135 = 17.46 \text{ kw}$

$$\Delta \theta_z = \frac{\theta_1 - \theta_c}{2.31 \cdot \lg \frac{\theta_1 - \theta_z}{\theta_c - \theta_z}} = \frac{37.2 - 2}{2.31 \cdot \lg \frac{37.2 + 2}{2 + 2}} = 15.4^\circ \text{C}$$

式中 θ_1 ---- 冷凝温度 37.2°C

θ_z ---- 中冷温度 -2°C

θ_c ---- 中冷器蛇形管的出液温度, 比中冷温度高 3~5°C, $\theta_c = -2 + 4 = 2^\circ \text{C}$

则 $A_z = 17.46 \times 1000 / (520 \times 15.4) = 2.18 \text{ m}^2$

由此 选一台 XQA-2.5 型中间冷却器 (见资料[6] P581)

主要参数: 面积 2.5 m²; 尺寸 D = 516mm, H = 1900mm

7. 注: 其它辅助设备(集油器、空气分离器、紧急泄氨器、低压循环贮液器、氨泵、氨液过滤器、冲霜水泵)的计算选择与方案<一>完全一样, 在此就不过

多的叙述。

3.4.1.3 方案<三>中各设备的选择

方案<三>与方案<一>相比，少了低压循环贮液器和氨泵（包括它们之间的氨液过滤器），在冷库各层多了氨液分离器。每层的氨液分离器都安装在它上面一层的川堂内，第三层的布置在楼上的机修房内。因此，在这个方案中，只对氨液分离器进行选择计算，其它设备的选择依据方案<一>。

氨液分离器（由资料[2] P272）

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot q_m \cdot v}{3600 \cdot \omega \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_m \cdot v}{3600 \times 0.5 \times 3.14}} = 0.0266 \sqrt{q_m \cdot v} \quad [\text{m}]$$

式中 d ---- 氨液分离器直径 m ；

q_m ---- 通过氨液分离器的氨液量 kg/h ；

v ---- 蒸发压力下氨饱和蒸气的比容 m^3/kg ；

w ---- 氨液分离器内气体流速，一般采用 0.5m/s

每层设一个氨液分离器，便于调节：

第一层：冷间的冷量 $Q_{\text{标}} = 12804 + 13579.9 = 26382.9 \text{ kcal/h}$

$$Q_{\text{设}} = 38520.49 \text{ kcal/h} = 44.94 \text{ KJ/s}$$

$$\text{则 } q_m = Q_{\text{设}}/q_0 = 44.94/1079.93 = 0.042 \text{ kg/s} = 151.2 \text{ kg/h}$$

$$t_0 = -8^\circ\text{C}, \quad v = 0.38712 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{将数值代入公式得 } d = 0.204 \text{ m}$$

由此，选一台 AF-50 型氨液分离器（洛冷）（见资料[6] P590）

$$\text{尺寸： } D = 325\text{mm} \quad H = 1405\text{mm}$$

第二层：冷间的冷量 $Q_{\text{设}} = 48.06 \text{ KJ/s}$

$$\text{则 } q_m = Q_{\text{设}}/q_0 = MR = 0.046 \text{ kg/s} = 165.6 \text{ kg/h}$$

$$t_0 = -33^\circ\text{C}, \quad v = 1.10553 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{将数值代入公式得 } d = 0.360 \text{ m}$$

由此，选一台 AF-100 型氨液分离器（见资料[6] P590）

尺寸：D =400mm H =1615mm

第三层：冷间的冷量 $Q_{\text{设}} = 90.72 - 44.94 = 45.78 \text{ KJ/s}$

则 $q_m = Q_{\text{设}}/q_o = 45.78/1079.93 = 0.0424 \text{ kg/s} = 152.64 \text{ kg/h}$

$t_o = -8^{\circ}\text{C}$, $v = 0.38712 \text{ m}^3/\text{kg}$

将数值代入公式得 $d = 0.2045 \text{ m}$

由此，选一台 AF-50 型氨液分离器（洛冷）（见资料[6] P590）

尺寸：D =325mm H =1405mm

3.4.2 固定资产投资的估算

3.4.2.1 分别将三个方案的冷库库房及制冷机房的技术参数、设备及运行费用列表

（见下页）

表 5 方案一 冷库库房技术参数及冷却设备明细表

库号	101	102	201	301
库型	高温库	高温库	低温库	高温库
贮藏物类别	鲜蛋	鲜蛋	冰淇淋	鲜蛋
库容量 (m ³)	895.387	949.647	1811.743	1879.655
吨位 (t)	128.04	135.799	484.641	268.791
冷指标 (w/t)	116.67 (标)	116.67 (标)	99.17 (设)	116.67 (标)
冷负荷 (kw)	14.94 (标)	15.84 (标)	48.06 (设)	31.36 (标)
冷却设备型号	LPLC-280	LPLC-280	LPDC-380	LPLC-220、 LPLC-280
数量 (台)	1	1	2	2
功率小计 (kw)	6	6	4.8	12
设备金额 (元)	19000	19000	52000	35500
占地面积 (m ²)	13.2	13.2	14.7	25.4

空气幕型号	—	SSY-200	SSY-200	SSY-200
价格（元）	—	1400	1400	1400
功率（kw）	—	0.74	0.74	0.74

3.4.2.2 固定资产投资的估算：（按《外商投资企业实务》P₃₄₈的“比例法”）

现行设备的价格 x

方案一 $x = 399.180$ 元

方案二 $x = 299.680$ 元

方案三 $x = 371.780$ 元

购置安装费 $y = a \cdot x$

式中 a —— 系数，按有无技术转让定

有技术转让： $a = 1.25 \sim 1.40$

无技术转让： $a = 1.12 \sim 1.25$ （选用），取 $a = 1.2$

工艺管路费 $T = d \cdot y$

式中 d —— 系数，按投资项目所用管路类型定

固体企业： $d = 0 \sim 0.1$

固体、流体企业： $d = 0.1 \sim 0.2$

流体企业： $d = 0.2 \sim 0.4$ （选用，取 $d = 0.3$ ）

外部管线费 $R = b \cdot y$

式中 b —— 系数，按管线长短定

短距离： $b = 0 \sim 0.05$ （选用，取 $b = 0.03$ ）

中距离： $b = 0.05 \sim 0.15$

长距离： $0.15 \sim 0.25$

仪表控制系统费 $A = c \cdot y$

式中 c ---- 系数，按有无自控等定

无自控： $c = 0 \sim 0.05$

有部分自控： $c = 0.05 \sim 0.12$ （选用，取 $c = 0.08$ ）

广泛自控： $c = 0.12 \sim 0.2$

附属设施费 U （按实际计入）

方案一 $U = 22.454$ 元

方案二 $U = 18.029$ 元

方案三 $U = 19.454$ 元

实物部分小计 V

$V = y + T + R + A + U$

施工费 $W = g \cdot V$

式中 g ---- 系数。简单的 $g = 0.2 \sim 0.3$ ；

复杂的 $g = 0.3 \sim 0.5$ （选用，取 $g = 0.4$ ）

规模因素费 $K = f \cdot V$

式中 f ---- 系数

对大型项目： $f = 0 \sim 0.05$

对中小型项目： $f = 0.05 \sim 0.15$ （选用，取 $f = 0.1$ ）

总计（除土建外的） L

$L = V + W + K$

列表（见下页）

3.5 方案比较与确定

1. 经济方面：方案一中所选螺杆式压缩机的价格要高于方案二中选用的活塞式压缩机，所以在初投资方面，方案一要高些。表上显示出方案一的年运行费要比方案二的高出近十万元，主要是因为我们的计算按螺杆机的在额定功率运行的情况下进行的，然而在实际运行过程中，不可能总是在额定功率下运行，由

于螺杆机可以实现无级能量调节，就可根据不同时期负荷的变化情况来决定其运行工况。因此在实际运行中，方案一的年运行费会比表上所列的小得多。方案三与方案一所用设备基本相似，它们的年运行费相差不多。

2. 技术方面：

方案一的特点：制冷装置效率高，螺杆机可实现无级能量调节，安全性高，管理方便，易于实现自动化，便于集中管理。融霜装置以及融霜操作比较简单方便，融霜效率也高。

方案二的特点：在高压级压缩机和低压级压缩机之间用了一个中间冷却器，因而可以使高压液态制冷剂过冷，减少节流损失，提高系统的制冷效能。但是系统较为复杂，能量调节不方便。假若低压级的负荷很稳定，或者中间负荷很稳定时，势必相互影响。

方案三的特点：节省机房占地面积，系统比较简单，但是不便于集中管理，当氨液分离器的液位自动控制装置故障时，难以随时根据系统负荷变化而稳定氨液分离器的正常液位。系统的融霜、排液、放油等也比较麻烦。

根据以上的分析比较，本设计最终决定采用方案一。

毕业设计计算说明书

1. 设计题目

某市冷食品冷藏库

2. 设计依据和基础资料

2. 1 设计依据

- (1) 《冷库设计规范》(GB50072-2001)
- (2) 《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ19-87 2001版)
- (3) 《冷库建筑施工图》

2. 2 设计基础资料

2. 2. 1 原始数据

1) 冷库库温按一层 0℃；二层-23℃；三层 0℃进行设计（温度要求自控），相对湿度按 90%计算（湿度不要求自控）。一层、三层变工况库温不小于 0℃。

2) 一、三层冷库贮鲜蛋，二层冷库贮藏冰淇淋（重度为 535 公斤/立方米）。每天按 8 小时计各层冷库进货量按各层冷库冷藏吨位的 5%计算。冰淇淋入库温度为-15℃。

3) 鲜蛋、冰淇淋均用纸箱包装。

4) 最大班工作人数，30 人（平均每层 10 人）。

5) 要求冷库门设置风幕。

6) 库内货物运输。各层库房用电瓶叉车进行运输，叉车功率 $N=5.5KW$ 。

7) 冷却时间按 24 小时冷却到库温计算。

8) 照明、通风换气按冷库常规进行设计选取。

2. 2. 2 建筑资料

见冷库总体布置及主库和机房的有关建筑图，以及围护结构的组成、构造等说明。

2. 2. 3 气象资料

采用成都市室外气象资料

夏季通风室外计算温度：29℃ 夏季空调日平均温度：28℃

夏季室外平均每年不保证 50 小时湿球温度：26.7℃

最热月月平均相对湿度：85% 夏季通风室外计算相对湿度：

69%

3. 设计内容

3. 1 方案设计

3. 1. 1 估算耗冷量

1) 冷藏间公称容积 V_1

按参考资料[1] 3.0.1 条

$$V_1 = S_{\text{净}} \cdot h_{\text{净}}$$

其中： $S_{\text{净}}$ ——冷藏间或冰库的净面积（不扣除柱、门斗和制冷设备所占的面积） m^2 ；

$h_{\text{净}}$ ——房间的净高 m ；

用 Excel 计算 V_1 ：

各冷藏间公称容积

冷间编号	$S_{\text{京}} (\text{m}^2)$	净高 m	公称容积 m^3
101	240.05	3.73	895.39
102	254.60	3.73	949.66
201	485.72	3.73	1811.74
301	494.65	3.80	1879.67

2) 冷藏间贮藏吨位 (或冷库计算吨位) G:

按参考资料[1] 3.0.2 条:

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

其中: G——冷库计算吨位 t ;

V_1 ——冷藏间或冰库的公称体积 m^3 ;

η ——冷藏间或冰库的体积利用系数 ; (按参考资料[1] 表 3.0.3)

ρ_s ——食品的计算密度 kg/m^3 ; (按参考资料[1] 表 3.0.5)

本设计冷库一、三层贮鲜蛋, 库温为 $0^{\circ}C$; 二层贮藏冰淇淋, 库温为 $-23^{\circ}C$ 。在计算冷库计算吨位时, 冷藏间的公称体积应按库温、贮藏食品相同或相近分别进行相加。

高温库 $\sum V_1 = 895.39 + 949.66 + 1879.67 = 3724.72 m^3$

低温库 $\sum V_1 = 1811.74 m^3$

查参考资料[1] 表 3.0.3

高温库 $\eta = 0.55$ 低温库 $\eta = 0.5$

查参考资料[1] 表 3.0.5

冰淇淋 $\rho_s = 535 kg/m^3$ 鲜蛋 $\rho_s = 260 kg/m^3$

利用 Excel 计算 G:

冷库计算吨位

	冷间编号	$V_1 (m^3)$	$\rho_s (kg/m^3)$	η	G (t)
高温库	101	895.39	260	0.55	128.04
	102	949.66	260	0.55	135.80
	301	1879.67	260	0.55	268.79
	合计	3724.72			532.63
低温库	201	1811.74	535	0.5	484.64

3) 耗冷量估算

根据对各地高低温冷库的调查结果:

确定高温库标准工况下冷指标: $q_0=100\text{kcal/h} \cdot \text{T}=0.1163 \text{ kw/ t}$

上海江浦冷冻厂库温为 -20°C , 设计工况下冷指标为 $79 \text{ kcal/h} \cdot \text{t}$ 。

根据库温下降 1°C , 冷指标上升 3%, 确定低温库 (库温 -23°C) 设计工况下冷指标:

$$q_0=79 \times (1+9\%) =86.11\text{kcal/h} \cdot \text{t}$$

由此低温库 (库温 -23°C) 设计工况下冷指标取 $q_0=87\text{kcal/h} \cdot \text{t}$
 $=0.1012 \text{ kw/ t}$

根据 $Q= q_0 \cdot G$

其中: Q ——冷库需冷量 kw ;

G ——冷藏间吨位 t ;

q_0 ——冷指标 kw/ t ;

利用 Excel 计算 G :

冷库需冷量

	冷间编号	G(t)	q_0 (kw/ t)	$Q_{\text{标况}}$ (kw)
高温库	101	128.04	0.1163	14.89
	102	135.8	0.1163	15.79
	301	268.79	0.1163	31.26
	合计	532.63		61.94
	冷间编号	G(t)	q_0 (kw/ t)	$Q_{\text{设计}}$ (kw)
低温库	201	484.64	0.1012	49

3.1.2 冷库制冷系统选择

1) 由于冷藏库制冷系统制冷量较大, 从经济的角度考虑, 国内大中型冷库都采用 NH_3 作工质, 同时 NH_3 还具有其它优点, 如单位容积制冷能力较大, 蒸发压力、冷凝压力适中, 吸水性强, 不溶于润滑油, 对黑色金属无腐蚀作用, 不破坏臭氧层, 价廉, 极易购得, 因此广为冷库采用,

本设计也采用 NH_3 作工质。

2) 制冷压缩机级数选择

对于高温库，制冷循环工质压缩比即 $P_k/P_0 \leq 8$ ，可采用单级压缩式制冷循环，可选择单级活塞式压缩机或螺杆式压缩机。

对于低温库，库温为 -23°C ，因此蒸发温度较低， $P_k/P_0 > 8$ ，采用双级活塞式压缩机或螺杆式压缩机。

对于既有低温库又有高温库的冷藏库，可采用螺杆式压缩机或双级活塞式压缩机带两个蒸发温度；或者用单级活塞式压缩机带高温库，用螺杆式或双级活塞式压缩机带低温库。

3) 冷库的各个库房温度不同，制冷系统采用混联式，某些设备能互为备用。

3. 1. 3 制冷主机及辅助设备的选择

方案一：采用螺杆式压缩机带两个蒸发温度的氨泵循环系统

1) 压缩机的选择

查参考资料[2] 成都市室外湿球温度 $t_s = 26.7^\circ\text{C}$

冷凝器冷却水进水温度 $t_{s1} = t_s + \Delta t_s$ 参考资料[3]

对于机械通风冷却塔 $\Delta t_s = 4^\circ\text{C}$ 参考资料[3]

$t_{s1} = 26.7 + 4 = 30.7^\circ\text{C}$

冷凝器冷却水出水温度 $t_{s2} = t_{s1} + \Delta t$ 参考资料[3]

对立式冷凝器 $\Delta t = 3^\circ\text{C}$ 参考资料[3]

$t_{s2} = 30.7 + 3 = 33.7^\circ\text{C}$

冷凝温度 $t_k = \frac{t_{s1} + t_{s2}}{2} + (5 \sim 7)^\circ\text{C}$ 参考资料[4]

$t_k = \frac{t_{s1} + t_{s2}}{2} + 6 = \frac{30.7 + 33.7}{2} + 6 = 38.2^\circ\text{C}$

根据参考资料[1] 6.2.6 条

高温库冷却设备选用冷风机，低温库冷却设备选用排管

蒸发温度 $t_0 = t - \Delta t$ 参考资料[2]

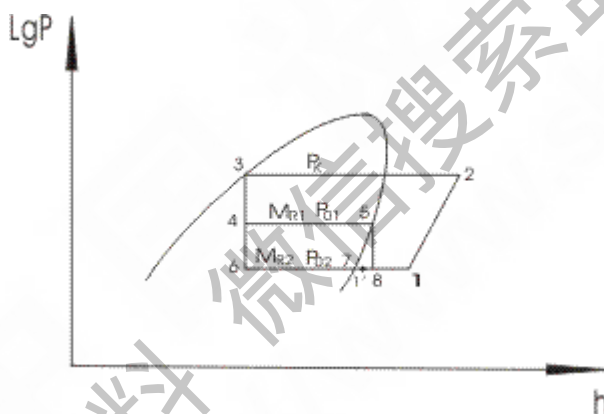
其中：t——冷藏库库温 °C；

Δt ——冷间冷却设备计算温差，根据参考资料[1] 6.2.11 条，

冷风机 $\Delta t = 7 \sim 10^\circ\text{C}$ ，排管 $\Delta t < 10^\circ\text{C}$ ；

高温库： $t_0 = 0 - 8 = -8^\circ\text{C}$

低温库： $t_0 = -23 - 7 = -30^\circ\text{C}$



查参考资料[2] 表 4-4

$h_5 = 1752.11 \text{ kJ/kg}$

$h_3 = 676.95 \text{ kJ/kg}$

$h_7 = 1722.89 \text{ kJ/kg}$

$$M_{R1} = \frac{Q_{01\text{设}}}{h_5 - h_4}$$

氨单级压缩机制冷量设计工况与标准工况换算系数 $A = 1.264$

参考资料[5]表 4-10C

$$Q_{01\text{设}} = 1.264 \times 61.94 = 78.3 \text{ kw}$$

$$M_{R1} = \frac{78.3}{1752.11 - 676.95} = 0.073 \text{ kg/s}$$

$$M_{R2} = \frac{Q_{02\text{设}}}{h_7 - h_6} = \frac{49}{1722.89 - 676.95} = 0.047 \text{ kg/s}$$

根据热平衡： $M_{R1} \cdot h_5 + M_{R2} \cdot h_7 = (M_{R1} + M_{R2})h_1'$

$$0.073 \times 1752.11 + 0.047 \times 1722.89 = (0.073 + 0.047) h_1'$$

$$h_1' = 1740.83 \text{ kJ/kg}$$

查 lgP-h 图 $t_{1'} = -18^\circ\text{C}$

考虑 5°C 过热 $t_1 = -18 + 5 = -13^\circ\text{C}$

查 lgP-h 图 $v_1 = 1.04 \text{ m}^3/\text{kg}$ $h_2 = 2195 \text{ kJ/kg}$

$$\begin{aligned} \text{所需实际排气量 } V_R &= (M_{R1} + M_{R2}) \cdot v_1 \\ &= (0.073 + 0.047) \times 1.04 = 0.1248 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

选择大连冷冻机厂：

一台 JZKA16 设计工况制冷量 95.3kw, 理论排气量 $553 \text{ m}^3/\text{h}$

一台 JZKA12.5C 设计工况制冷量 50kw, 理论排气量 $263 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\begin{aligned} \text{压缩机实际排气量 } V_{R'} &= \frac{95.3 + 50}{h_7 - h_6} \cdot v_1 \\ &= \frac{145.3}{1722.89 - 676.95} \cdot 1.04 = 0.144 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$V_{R'} > V_R \quad \text{压缩机选择合适}$$

冷库负荷大时，同时启动两台压缩机共同用于高低温库，JZKA12.5C 型压缩机用于低温库，JZKA16 型压缩机用于高温库；负荷减小时，只启动 JZKA16 型压缩机用于高低温库；负荷较小时，只启动 JZKA12.5C 型压缩机用于高低温库。

2) 冷凝器、冷风机选择

(1) 确定冷凝器形式

立式冷凝器占地面积小，一般设在室外的冷却水池之上，清洗方便，对于水质要求不高，但水源水量应充足，循环量较大，适用于水源充足、水质较差的地区，考虑成都市的实际情况，用立式冷凝器比较合适，因此选择立式冷凝器。

(2) 选择冷凝器

$$Q_K = \frac{\sum Q'}{q_0} \cdot (h_2 - h_3) = \frac{\sum Q'}{h_7 - h_6} \cdot (h_2 - h_3) \quad \text{参考资料[5]}$$

其中： $\sum Q'$ ——压缩机在设计工况下的制冷量 kw；

Q_K ——冷凝器热负荷 kw；

查压缩机样本性能曲线得 $\sum Q' = 95.3 + 50 = 145.3 \text{ kw}$

$$Q_K = \frac{145.3}{1722.89 - 676.95} \cdot (2195 - 676.95) = 210.88 \text{ kw}$$

$$A = \frac{Q_K}{q_K} \quad \text{参考资料[5]}$$

其中：A——冷凝器传热面积 m^2 ；

q_K ——冷凝器单位面积热负荷 kw/m^2

$q_K = 3300 \text{ w}/\text{m}^2 = 3.3 \text{ kw}/\text{m}^2$ 参考资料[2]表 4-11

$$A = \frac{210.88}{3.3} = 64 \text{ m}^2$$

考虑 10% 的富裕量 $A' = (1+10\%) \times A = 70.4 \text{ m}^2$

选择大连冷冻机厂 立式冷凝器 LN-35 型 2 台

参数：蒸发面积 34.8 m^2 直径 500 mm

(3) 选择蒸发器

高温库：由调查资料所得

冷风机传热面积/冷藏间净面积=1: 1

低温库: 由参考资料[2]

冷却排管传热面积/冷藏间净面积=1: 0.5

传热面积汇总表

冷间编号	冷藏间净面积 (m ²)	冷风机排管传热面积 (m ²)
101	240.05	240.05
102	254.6	254.6
201	485.72	242.86
301	494.65	494.65

选择大连冷冻机厂 冷风机

冷风机选择汇总表

冷间编号	冷风机型号	冷却面积 (m ² /台)	台数	风量 (m ³ /h)	配用电动机
101	LPLC-280	280	1	24000	2台 YT100L ₁ -2 3kw/台
102	LPLC-280	280	1	24000	2台 YT100L ₁ -2 3kw/台
301	LPLC-280	280	2	48000	4台 YT100L ₁ -2 3kw/台

(注: 选择时考虑了一定的富裕量)

排管: 根据参考资料[2]表 4-27

光滑 U 型直式顶排管 长度 A=16m 总根数 34 冷却面积 65.62 m²

选择四组 总传热面积 65.62×4=262.48 m²(考虑了一定富裕量)

3) 其它辅助设备的选择

(1) 高压贮液器

此设备用来贮存来自冷凝器的高压液态制冷工质, 并保证供应调节有关设备的液态制冷工质的循环量, 还能起液封作用, 防止高压系统气态制冷工质串到低压系统中去。

$$V_Z = \frac{\varphi}{\beta} v \Sigma q_m$$

参考资料

[1]6.3.12 条

其中： φ ——贮液器体积系数；

β ——贮液器的氨液充满度，取 70%；

v ——冷凝温度下氨饱和液体的比体积 m^3/kg ；

Σq_m ——制冷装置中每小时氨液总循环量 kg ；

$$\Sigma q_m = \frac{95.3 + 50}{h_7 - h_6} \times 3600 = \frac{145.3}{1722.89 - 6676.95} \times 3600 = 500.1 \text{ kg}$$

查参考资料[2] 表 4-4

冷凝温度 $t_k = 38.2 \text{ }^\circ\text{C}$ 下 $v = 1.7162 \text{ L/kg}$ $\varphi = 1$

参考资料[1] 6.3.13 条

$$V_Z = \frac{\varphi}{\beta} v \Sigma q_m = \frac{1}{0.7} \times 1.7162 \times 10^{-3} \times 500.1 = 1.226 \text{ m}^3$$

选择大连冷冻机厂 一台 ZA-1.5B

参数：容积 1.632 m^3 L=3000mm D=800mm

(2) 油氨分离器

由于制冷压缩机排出高压过热蒸气中挟带一定数量的润滑油，如不能将之分离出去，将影响制冷系统中热交换器传热效率，故设一油氨分离器，以便将高压过热蒸气中润滑油分离出去。

$$d_y = \sqrt{\frac{4\lambda V}{3600\pi W_y}} = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda V}{W_y}} \quad \text{参考资料[1]6.3.9 条}$$

其中： λ ——氨压缩机输气系数（双级压缩时采用高压级输气系数）；

V ——氨压缩机理论输气量（双级压缩时采用高压级理

论输气量) m^3/h ;

W_y ——油分离器内气体速度, 填料式采用 $0.3\sim 0.5\text{m/s}$, 其它型式油分离器宜采用不大于 0.8 m/s ;

λV ——压缩机实际排气量 m^3/h ;

$$\lambda V = 0.144 \times 3600 = 518.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

选择洗涤式油分离器 $W_y = 0.7\text{ m/s}$

$$d_y = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda V}{W_y}} = 0.0188 \sqrt{\frac{518.4}{0.7}} = 0.51\text{m}$$

选大连冷冻机厂 一台 YF-100 型

参数: $H=1420\text{mm}$ $D=500\text{mm}$

(3) 集油器

由于油分离器不能把润滑油全部分离出去, 总有一小部分润滑油进入制冷系统设备中, 而由这些设备直接对外界放油很不安全, 且易于使氨逸到周围环境中去, 造成污染, 故设集油器以便收集设备中的润滑油, 然后再由集油器在低压下放油。

系统中高压、低压容器不宜共用一个集油器, 以免由于阀门关闭不严或操作失误引起“串压”。因此选择两台集油器, 分别用于高压和低压容器。

按参考资料[3]

标准工况下制冷量小于 $250\sim 350\text{kW}$ 时采用直径 150mm 的集油器

选择大连冷冻机厂 两台 JY-150 型 参考资料[6]

参数: $D=159\text{ mm}$ $H=625\text{ mm}$

(4) 空气分离器

制冷系统中, 由于在充灌制冷工质前系统有残留空气, 添油及充入制冷工质时有空气侵入, 检修压缩机时腔内残留空气, 蒸发压力低于大

气压力时有空气由不严密处渗入等原因，制冷系统中会混有空气和其它不凝性气体，这些气体一般集中在冷凝器中，妨碍冷凝器传热，使压缩机排气压力升高，排气温度升高，压缩机耗功增加，故设空气分离器，将空气及不凝性气体分离出去。

按参考资料[3]

标准工况下制冷量小于 100 万大卡每小时，选小号空气分离器。

选择大连冷冻机厂 一台 KF-32 型卧式四管式

参数： L=1593mm

(5) 紧急泄氨器

为了防止制冷设备在遇有意外事故和不可抗拒的灾害时引起爆炸，把制冷系统中贮存大量的氨液容器用管路与紧急泄氨器连接，当情况紧急时，通过紧急泄氨器将氨液放出，溶于水中排至经有关部门批准的贮罐或水池。

按参考资料[3]

选择重庆冷冻机厂 一台 XA-100 型 参考资料[6]

参数： D=108mm L=1100mm

(6) 氨泵

氨泵强制制冷循环能提高传热、降低（减少）冷却时间，简化操作，便于集中控制。

根据参考资料[1]6.3.18 条

$$V_{\text{泵}} = \frac{n \cdot \sum Q' v_z}{r}$$

其中： $V_{\text{泵}}$ ——氨泵体积流量 m^3/h ；

n ——氨液循环倍数。对负荷有波动、蒸发器组数较多、容易集油的蒸发器的下进上出供液系统，采用 5~6 倍；

v_z —— t_0 下氨液比体积（饱和状态） m^3/kg ；

r —— t_0 下氨液比潜热 kJ/kg ；

低温库：

$t_0 = -30^\circ\text{C}$ 下 $r = 1358.14 \text{ kJ}/\text{kg}$ $v_z = 1.4755 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$

参考资料[2]表 4-4

$$V_{\text{泵}} = \frac{6 \times 49 \times 1.4755 \times 10^{-3}}{1358.14} \times 3600 = 1.15 \text{ m}^3/\text{h}$$

高温库：

$t_0 = -8^\circ\text{C}$ 下 $r = 1288.49 \text{ kJ}/\text{kg}$ $v_z = 1.5398 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$

参考资料[2]表 4-4

$$V_{\text{泵}} = \frac{6 \times 78.3 \times 1.5398 \times 10^{-3}}{1288.49} \times 3600 = 2 \text{ m}^3/\text{h}$$

按参考资料[7]

由于氨泵产品型号有限，只能选择最小的氨泵

选择 32P₁40A-212 两台 用于高温库，其中一台备用

选择 32P₁40A-212 两台 用于低温库，其中一台备用

参数：流量 $2.8 \text{ m}^3/\text{h}$ 转速 2800 r. p. m 电动机功率 3 kw

扬程 32 m 进液管直径 $\phi 57 \times 3$ 出液管直径 $\phi 38 \times 2.5$

(7) 校核压缩机电动机功率

$$P_Z = V_P \cdot \lambda \cdot (h_2 - h_1) / 3600 \cdot \eta \cdot v_1 \quad \text{参考资料[2]式 4-12}$$

其中： P_Z ——螺杆式压缩机轴功率 kw ；

V_P ——螺杆式压缩机理论排气量 m^3/h ；

λ ——螺杆式压缩机输气系数；

η ——螺杆式压缩机总效率，根据参考资料[8]确定；

v_1 ——压缩机吸气比容 m^3/kg ；

$V_p \cdot \lambda$ ——螺杆式压缩机实际排气量 m^3/h ；

$$P_z = \frac{0.144 \times 3600 \times (2195 - 1760)}{3600 \times 1.04 \times 75\%} = 80.3 \text{ kw}$$

压缩机电动机所需功率： $P = 1.15P_z / \eta_d$ 参考资料[4]

其中： η_d ——传动效率，直联时为1；

$$P = 1.15P_z / \eta_d = 1.15 \times 80.3 / 1 = 92.3 \text{ kw}$$

压缩机所配电动机功率为：

JZKA12.5C 型 55 kw

JZKA16 型 55 kw

$P = 92.3 \text{ kw} < 55 + 55 = 110 \text{ kw}$ 因此压缩机所配电动机满足要求

(8) 冷却塔

$$\text{冷凝器冷却水量 } Q = \frac{3.6 \cdot \phi_1}{1000 \cdot c \cdot \Delta t} \quad \text{参考资料[1]8.1.4 条}$$

其中： ϕ_1 ——冷凝器热负荷 w；

c ——冷却水比容 $c = 4.1868 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$ ；

Δt ——冷凝器冷却水进出水温差 $^\circ\text{C}$ ；

$$Q = \frac{3.6 \times 210.88 \times 10^3}{1000 \times 4.1868 \times 3} = 60.44 \text{ m}^3/\text{h}$$

查压缩机样本，油冷却器耗水量：

JZKA12.5C 型 12 m^3/h

JZKA16 型 15 m^3/h

总冷却水量 $W = 60.44 + 12 + 15 = 87.44 \text{ m}^3/\text{h}$

选择良机逆流式冷却塔

两台 LBC-M-3-50

参数：水量 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ $H=2565\text{mm}$ $D=2565\text{mm}$ 扬程 2.5m

负荷大时启动两台冷却塔，负荷小时启动一台冷却塔，而且，在选择冷却塔时考虑了一定的富裕量，以便使用几年后冷却塔仍然能满足需要。

(9) 冷却水泵

按总的冷却水量 $W=87.44 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程按初步估算

选择惠工牌单级单吸清水离心泵

ISG-65-200(I)A 三台 其中一台备用

参数：流量 $44 \text{ m}^3/\text{h}$ 扬程 44m 效率 64% 转数 2900r/min

使用时，一台冷却水泵对应一台冷却塔，当两台冷却塔工作时，启动两台水泵；一台冷却水泵工作时，启动一台水泵。

(10) 冲霜水泵

对于冷风机，采用冷却水池中的水和热氨冲霜相结合。

根据冷风机样本上的参数

LPLC-280 型冷风机 冲霜水量 $8\text{t}/\text{h}$

考虑到三个高温库房可同时冲霜，也可以每个库房逐个冲霜，因此

按最大冲霜水量： $4 \times 8 = 32 \text{ t}/\text{h}$

扬程按初步估算计

选择惠工牌单级单吸清水离心泵

ISG-40-160(I) 两台

参数：流量 $16.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 扬程 29.8m 转数 2900r/min

不考虑备用，每个库房同时冲霜时，启动两台水泵，当每个库房单独冲霜时，只启动一台水泵；当一台故障时，可在冲霜间隙时间及时修理，如果这时必须冲霜时，可用另一台水泵对每个库房单独冲霜。

(11) 冷却水池

冷却水池按六分钟冷却水量计算

参考资料[3]

同时考虑冲霜水量的需要

$$(87.44+32) \times 6/60=12\text{m}^3$$

水池尺寸 3000×2000×2500

按上述方法考虑的冷却水池的存水量较大，但从安全角度，可减少停水对冷库运行的不利影响。

(12) 低压循环贮液器

低压循环贮液器装在氨泵供液制冷系统中，其功能是保证充分向氨泵供应低压氨液，同时也起了氨液分离器的作用，使向压缩机吸气腔流去的是气态制冷工作。

$$V = \frac{0.4V_1 + 0.6V_2 + V_3}{0.7}$$

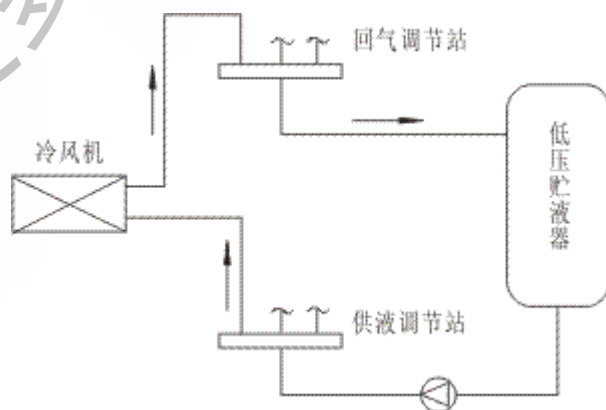
参考资料[9]

其中：V——低压循环贮液器的体积 m^3 ；

V_1 ——冷却设备内容积 m^3 ；

V_2 ——吸入管路容积 m^3 ；

V_3 ——供液管路容积 m^3 ；



高温库:

采用冷风机, 其内容积 V_1 : 参考资料[10]表 8-2-1

传热管为 $\phi 25 \times 2$ 片距 $u=12.5\text{mm}$ 内容为 $0.5\text{L}/\text{m}^2$

冷风机传热面积为 280 m^2

$$V_1=280 \times 4 \times 0.5 \times 10^{-3}=0.56\text{ m}^3$$

查冷风机样本: 冷风机供液、回气管管径为 $\phi 57 \times 3.5$

低压循环贮液器回气管管径为 $\phi 57 \times 3.5$ 参考资料[10]图

11-1-17

回气调节站管径为 $\phi 104 \times 4$ $L=620\text{mm}$ 参考资料[11]

供液调节站管径为 $\phi 76 \times 3$ $L=620\text{mm}$ 参考资料[11]

吸入管路容积 V_2 :

冷风机至回气调节站管道长度初步估计为 39m , 回气调节站至低压循环贮液器管道长度初步估计为 5m 。

$$\begin{aligned} V_2 &= 39 \times \pi \times \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 + 0.62 \times \pi \times \left(\frac{100 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 + 5 \times \pi \times \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \\ &= 0.077 + 0.0049 + 0.0098 = 0.092\text{ m}^3 \end{aligned}$$

供液管路容积 V_3 :

供液调节站至冷风机管道长度初步估计为 39m , 低压循环贮液器至供液调节站管道长度初步估计为 8m 。

$$\begin{aligned} V_3 &= 39 \times \pi \times \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 + 0.62 \times \pi \times \left(\frac{70 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 + 8 \times \pi \times \left(\frac{100 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \\ &= 0.077 + 0.0024 + 0.0628 = 0.1422\text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V = \frac{0.4 \times 0.56 + 0.6 \times 0.092 + 0.1422}{0.7} = 0.6\text{ m}^3$$

低温库:

顶排管总长度: $16 \times 2 \times 20 \times 4 = 2560 \text{ m}$

顶排管管径为 $\phi 38 \times 2.5$ 参考资料[2]

顶排管截面积 $F = \pi \times (33 \times 10^{-3})^2 / 4 = 0.855 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$$V_1 = 2560 \times 0.855 \times 10^{-3} = 2.189 \text{ m}^3$$

顶排管液体集管管径 $\phi 57 \times 3.5$, 气体集管管径 $\phi 76 \times 3.5$

参考资料[2]

低压循环贮液器回气管管径 $\phi 76 \times 3.5$ 参考资料[10]表

11-1-17

由低压循环贮液器样本确定低压循环贮液器出液管管径为 $\phi 108 \times 4$
吸入管路容积 V_2 :

排管至回气调节阀管道长度初步估计为 23m, 回气调节阀至低压循环贮液器管道长度初步估计为 5m。

$$V_2 = 23 \times \pi \times \left(\frac{70 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 + 5 \times \pi \times \left(\frac{70 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 = 0.108 \text{ m}^3$$

供液管路容积 V_3 :

供液调节阀至排管管道长度初步估计为 23m, 低压循环贮液器至供液调节阀管道长度初步估计为 8m。

$$V_3 = 23 \times \pi \times \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 + 8 \times \pi \times \left(\frac{100 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 = 0.1078 \text{ m}^3$$

$$V = \frac{0.4 \times 2.189 + 0.6 \times 0.108 + 0.1078}{0.7} = 1.5 \text{ m}^3$$

选择大连龙头冷冻机厂 两台 DXZ-1.5 型

参数: 容积 1500 升 H=3702mm D=800mm

(13) 空气幕

冷库门净宽为 1800 mm

选择三台 SSY-200 型空气幕（每个外门安装一台）

参数：空气幕总长 2656 mm 门洞净宽 1800 mm

电动机功率 $0.37 \times 2\text{kw}$ 转速 2800 转/分

(14) 机房事故风机

取制冷机房换气次数为 8 次/h 参考资料[1]9.0.2 条

机房净体积为：

$$\begin{aligned} V &= (19.87 - 0.27) \times (4.3 + 2.7 - 0.12 - 0.205) \times (7.2 - 0.6) \\ &= 19.5 \times 6.675 \times 6.6 = 859.1\text{m}^3 \end{aligned}$$

风量 $L = 859.1 \times 8 = 6872.8 \text{ m}^3/\text{h}$

选择两台 B30K₄-11-3.5 型轴流风机 参考资料[13]

参数：流量 $3720 \text{ m}^3/\text{h}$ 全压 $22.5\text{mmH}_2\text{O}$ 电动机功率 0.4kw

(15) 氨液过滤器

按接管管径选择

初步选择大连冷冻机厂 三台 YG-32 型

参数： $D_N = 32\text{mm}$

(16) 氨气过滤器

按接管管径选择

初步选择大连冷冻机厂 一台 QG-150 型

参数： $d = 150\text{mm}$

(17) 冷库门

按门的实际尺寸设计

门宽 $L = 1800 \text{ mm}$

门高 $H = 2400 \text{ mm}$

方案一设备列表

名称	型号	台数	尺寸
压缩机	JZKA16	1	3050×946×2245
	JZKA12.5C	1	2550×936×1930
蒸发器	LPLC-280	4	2047×1290×2315
	U型顶排管	4	长16m 宽2.24 m
冷凝器	LN-35	2	D=500 H=5180
高压贮液器	ZA-1.5B	1	D=800 L=3733
油氨分离器	YF-150	1	D=500 H=2024
集油器	JY-150	2	D=159 H=625
空气分离器	KF-32	1	D=108 L=1593
紧急泄氨器	XA-100	1	D=108 L=1100
氨泵	32P _L 40A-212	4	
冷却塔	LBC-M-3-50	2	D=2175 H=2565
水泵	ISG-65-200 (I) A	3	B=410 L=450
冲霜水泵	ISG-40-160 (I)	2	B=302 L=320
氨液过滤器	YG-32	3	D _N =32
氨气过滤器	QG-150	1	d=150
冷却水池		1	3000×2000×2500
低压贮液器	DXZ-1.5	2	D=800 H=3702
冷库门		4	L=1800 H=2400
空气幕	SSY-200	3	L=2656
供液调节站		1	D=76 L=620
回气调节站		1	D=104 L=620
轴流风机	B30K ₄ -11-35	2	
水处理仪		1	

方案一冷库制冷系统设备明细表

名称	型号	制冷量	功率	耗水量	设备单价	数量	附属设施	制冷量小计	功率小计	耗水量小计	设备费	附属设施费
压缩机	JZKA16	288.4	100		10000	1		288.4	100		10000	
	JZKA12.5C	137.2	55		6000	1		137.2	55		6000	
蒸发器	LPLC-280		6		1950	4			24		78000	
	U型顶排管				1040/100米	2176米					22630	
冷凝器	LN-35				1180	2	水池台架				23600	17400
高压贮液器	ZA-1.5B				9300	1					9300	
油氨分离器	YF-100				3350	1					3350	
集油器	JY-150				680	2					1360	
空气分离器	KF-32				650	1					650	
紧急泄氨器	XA-100				500	1					500	
氨泵	32PL40A-212		3		3500	4			12		14000	
冷却塔	LBC-M-3-50		1.47	1.31	1000	2	台架		2.94	2.62	20000	5400
水泵	ISG-65-200(I)A		11		2000	3			33		6000	
冲霜水泵	ISG-40-160(I)		3		2000	2			6		4000	
氨液过滤器	YG-32				1600	3					4800	
氨气过滤器	QG-150				1600	1					1600	
低压贮液	DXZ-1.5				6700	2	台架				13400	5400

器											
冷库门				2600	4					10400	
空气幕	SSY-200		0.74	900	3			2.2 2		2700	
供液调节站				1000	1					1000	
回气调节站				1000	1					1000	
轴流风机	B30K ₁ -11-35		0.4	1000	2			0.8		2000	
水处理仪				1500	1					1500	

固定资产估算：

设备费总计： $x=381790$ 元

附属设备费总计：

立式冷凝器、低压循环贮液器、冷却塔需要附属设备。

对于冷却水池：按 800 元/ m^3 计算

对于水泥台架：按 1500 元/罐 计算

对于钢结构架：按 1200 元/罐 计算

$u=28200$ 元

设备购置安装费： $y=ax$

其中：无技术转让 $a=1.12\sim 1.25$

$y=1.2\times 381790=458148$ 元

工艺管路投资： $T=dy$

其中：流体介质 $d=0.2\sim 0.4$

$T=0.3\times 458148=137444.4$ 元

外部管线投资： $R=by$

其中：短距离管线 $b=0\sim 0.05$

$R=0.05\times 458148=22907.4$ 元

仪表控制系统投资： $A=cy$

其中：有部分自控 $c=0.05\sim 0.12$

$A=0.1\times 458148=45814.8$ 元

实物部分资金小计：

$$V=y+T+R+A+u=692514.6 \text{ 元}$$

施工费用： $W=gV$ 其中：较复杂施工 $g=0.3\sim 0.4$

$$W=0.4\times 692514.6=277005.8 \text{ 元}$$

规模因素费： $K=iV$ 其中：中小规模 $i=0.05\sim 0.15$

$$K=0.1\times 692514.6=69251.46 \text{ 元}$$

总固定资产投资（除土建）：

$$L=V+W+K=1038771.9 \text{ 元}$$

制冷系统设备运行费用：

$$\text{年耗电量：} 235.96\times 365\times 12=1033504.8 \text{ kw}\cdot\text{h}$$

（注：每天按工作 12 小时计算）

年耗水量：

按总循环水量的 3%计算补水量

$$87.44\times 3\%\times 365\times 12=11489.62\text{m}^3$$

年制冷剂耗量：

根据调查重庆市上桥冷库每年充氨 2.2 吨，冷量为 122 万 kcal/h

制冷剂耗量指标为： $2.2/122=0.018$ 吨 h /年万 kcal

设计中压缩机标准冷量为： $137.2+288.4=425.6\text{kw}=36.6$ 万 kcal/h

制冷剂耗量为： $36.6\times 0.018=0.66$ 吨/年

年润滑油耗量：

根据调查重庆市上桥冷库每年充润滑油 1.2 吨

润滑油耗量指标为： $1.2/122=0.01$ 吨 h /年万 kcal

润滑油耗量为： $36.6\times 0.01=0.37$ 吨/年

年电费：

$$1033504.8\times 0.4=413401.92 \text{ 元} \text{（注：根据调查重庆市电费，按}$$

0.4元/度计算)

年水费:

$$11489.62 \times 3.27 = 37571.06 \text{ 元}$$

(注: 根据调查重庆市水费, 按 3.24 元/吨计算)

年制冷剂费:

$$0.66 \times 4800 = 3168 \text{ 元}$$

(注: 根据调查重庆市制冷剂价格, 按 4800 元/吨计算)

年润滑油费:

$$0.37 \times 4700 = 1739 \text{ 元}$$

(注: 根据调查重庆市润滑油价格, 按 4700 元/吨计算)

年备件贮备和维修费:

压缩机、水泵、氨泵、冷却塔按其设备折旧费的 25% 计算, 其设备按 15 年折旧; 其它设备按其设备折旧费的 15% 计算, 其设备按 20 年折旧。

压缩机、水泵、氨泵、冷却塔的设备费为 204000 元

其备件贮备和维修费为: $204000 / 15 \times 25\% = 3400$ 元

其它设备设备费为: $381790 - 204000 = 177790$ 元

其备件贮备和维修费为: $177790 / 20 \times 15\% = 1333.4$ 元

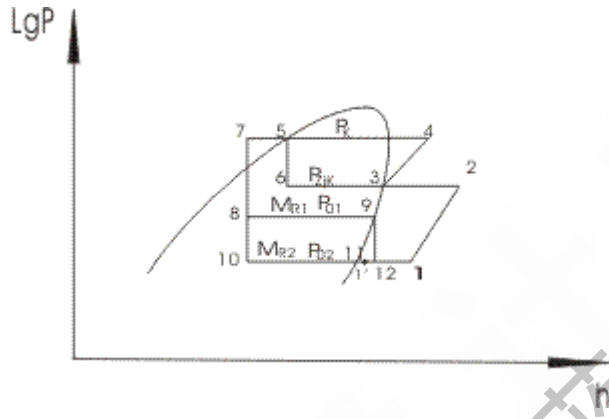
年设备运行费: $413401.92 + 37571.06 + 3168 + 1739 = 455879.98$ 元

年运行费总计:

$$413401.92 + 37571.06 + 3168 + 1739 + 3400 + 1333.4 = 460613.38 \text{ 元}$$

方案二：采用双级活塞式压缩机带两个蒸发温度的氨泵循环系统

1) 压缩机的选择



高低压理论排气量比值 $\xi = 0.33$

查参考资料[2] 图 4-5

$t_{zj} = 2^\circ\text{C}$

查参考资料[2] 表 4-4

$h_5 = 676.95 \text{ kJ/kg}$

$h_9 = 1752.11 \text{ kJ/kg}$

$h_{11} = 1722.89 \text{ kJ/kg}$

$t_7 = t_{zj} + 5 = 7^\circ\text{C}$

$h_7 = 532.07 \text{ kJ/kg}$

$h_3 = 1763.19 \text{ kJ/kg}$

$$M_{R1} = \frac{Q_{01\text{设}}}{h_9 - h_8}$$

$$M_{R1} = \frac{78.3}{1752.11 - 532.07} = 0.064 \text{ kg/s}$$

$$M_{R2} = \frac{Q_{02\text{设}}}{h_{11} - h_{10}} = \frac{49}{1752.11 - 532.07} = 0.041 \text{ kg/s}$$

根据热平衡： $M_{R1} \cdot h_9 + M_{R2} \cdot h_{11} = (M_{R1} + M_{R2}) h_1$

$$0.064 \times 1752.11 + 0.041 \times 1722.89 = (0.064 + 0.041) h_1$$

$$h_1' = 1740.75 \text{ kJ/kg}$$

查 lgP-h 图 $t_1' = -18^\circ\text{C}$

考虑 5°C 过热 $t_1 = -18 + 5 = -13^\circ\text{C}$

查 lgP-h 图 $v_1 = 1.04 \text{ m}^3/\text{kg}$ $h_2 = 1960 \text{ kJ/kg}$

$$\begin{aligned} \text{所需实际排气量 } V_R &= (M_{R1} + M_{R2}) \cdot v_1 \\ &= (0.064 + 0.041) \times 1.04 = 0.1092 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

选择大连冷冻机厂 三台 8ASJ10

参数：设计工况制冷量 46kw 标准工况下制冷量 37.2 kw

活塞行程容积：高压 $63.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 低压 $190 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\begin{aligned} \text{压缩机实际排气量 } V_{R'} &= \frac{46 \times 3}{h_{11} - h_{10}} \cdot v_1 \\ &= \frac{138}{1722.89 - 532.07} \cdot 1.04 = 0.12 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$V_{R'} > V_R \quad \text{压缩机选择合适}$$

选择冷库负荷的变化，改变开启压缩机的台数，达到节省运行费用的目的；活塞式压缩机故障率比较高，选择三台压缩机可以减少压缩机出故障对冷库的影响，当一台压缩机出故障，仍有两台压缩机工作。

2) 冷凝器、蒸发器的选择

(1) 选择冷凝器

$$Q_K = q_l \cdot V_{dp} \quad \text{参考资料[2]图 4-9}$$

其中： Q_K ——冷凝器负荷 kJ/h

q_l ——单位排气量冷凝负荷 kJ/m³；

V_{dp} ——压缩机低压理论排气量 m³/h；

$$q_l = 1255 \text{ kJ/m}^3$$

参考资料[2]图 4-9

$$Q_k = 1255 \times 190 \times 3 = 715350 \text{ kJ/h} = 198.72 \text{ kw}$$

$$A = \frac{Q_k}{q_k}$$

其中： q_k ——冷凝器单位面积热负荷 w/m^2

$$q_k = 3300 \text{ w/m}^2$$

参考资料[2]表 4-11

$$A = \frac{198.72 \times 10^3}{3300} = 60.2 \text{ m}^2$$

考虑 10% 的富裕量 $A' = (1+10\%) \times A = 1.1 \times 60.2 = 66 \text{ m}^2$

选择大连冷冻机厂 两台 LN-35 型

参数：蒸发面积 34.8 m^2 直径 500mm

(2) 选择蒸发器

选择计算同方案一

3) 其它辅助设备的选择

(1) 高压贮液器

$$G = G_d (y+1)$$

参考资料[2]

其中： G ——氨液循环量 kg/h ;

G_d ——低压级压缩机氨液循环量 kg/h ;

$$G_d = V_{dp} \lambda_d v_1$$

参考资料[2]

其中： λ_d ——低压级压缩机吸气系数

V_{dp} ——低压级压缩机理论排气量 m^3/h

$$\lambda_d = 0.78$$

参考资料[2]表 4-8

$$G = G_d (y+1) = V_{dp} \lambda_d v_1 \left(\frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_5} \right)$$

$$= 190 \times 3 \times 0.78 \times 1.04 \times \left(\frac{1960 - 532.07}{1763.19 - 676.95} \right) = 607.83 \text{ kg/h}$$

$$V_z = \frac{\phi}{\beta} v \Sigma q_m = \frac{1}{0.7} \times 1.7162 \times 10^{-3} \times 607.83 \times 1 = 1.49 \text{ m}^3$$

选择大连冷冻机厂 一台 ZA-1.5B 型

参数：容积 1.632 m³ 尺寸 3000×800

(2) 油氨分离器

$$d_y = \sqrt{\frac{4\lambda V}{3600\pi W_y}} = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda V}{W_y}}$$

$$\lambda = 0.76$$

参考资料[5]表 4-3

$$W_y = 0.6 \text{ m/s}$$

$$d_y = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda V}{W_y}} = 0.0188 \sqrt{\frac{0.76 \times 63.3 \times 3}{0.6}} = 0.3 \text{ m}$$

选择大连冷冻机厂 一台 YF-65 型

参数：H=1100 m D=325 m

(3) 中间冷却器

$$d_z = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda V}{W_z}}$$

参考资料[1]6.3.6 条

其中：d_z——中间冷却器直径 m；

λ——氨压缩机高压级输气系数；

V——氨压缩机高压级理论输气量 m³/h；

W_z——中间冷却器内气体速度，不应大于 0.5m/s；

$$W_z = 0.4 \text{ m/s}$$

$$d_y = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda V}{W_y}} = 0.0188 \sqrt{\frac{0.76 \times 63.3 \times 3}{0.4}} = 0.36 \text{ m}$$

$$A_z = \frac{\phi_z}{K_z \Delta\theta_z} \quad \text{参考资料[1]6.3.7 条}$$

其中： A_z ——中间冷却器蛇形管冷却面积 m^2 ；

ϕ_z ——中间冷却器蛇形管热流量 w ；

K_z ——中间冷却器蛇形管传热系数 $465 \sim 580 \text{w/m}^2\text{°C}$ ；

$\Delta\theta_z$ ——中间冷却器蛇形管对数平均温度差 °C ；

$$\phi_z = M(h_5 - h_7)$$

其中： M ——通过蛇形管的制冷剂流量 kg/s ；

$$M = \frac{46 \times 3}{h_{11} - h_{10}} = \frac{138}{1722.89 - 532.07} = 0.116 \text{ kg/s}$$

$$\phi_z = M(h_5 - h_7) = 0.116 \times (676.95 - 532.07) = 16.8 \text{ kw} = 16800 \text{ w}$$

$$\Delta\theta_z = \frac{\theta_l - \theta_c}{2.31 \lg \frac{\theta_l - \theta_z}{\theta_c - \theta_z}} \quad \text{参考资料[1]6.3.8}$$

条

其中： θ_l ——冷凝温度 °C ；

θ_z ——中间冷却温度 °C ；

θ_c ——中间冷却器蛇形管出液温度 °C ；

$$\Delta\theta_z = \frac{38.2 - 7}{2.31 \lg \frac{38.2 - 2}{7 - 2}} = 15.78 \text{ °C}$$

$$K_z = 580 \text{ w/m}^2\text{°C}$$

$$A_z = \frac{\phi_z}{K_z \Delta\theta_z} = \frac{16800}{580 \times 15.78} = 1.83 \text{ m}^2$$

考虑 10%的富裕量： $A_z = (1+10\%) \times 1.83 = 2 \text{ m}^2$

选择 一台 XQA-2.0 型 参考资料[6]

参数：蛇形管冷却面积 2 m^2 $D=400\text{mm}$ $H=1875 \text{ mm}$

(4) 集油器

选择计算同方案一

(5) 空气分离器

选择计算同方案一

(6) 紧急泄氨器

选择计算同方案一

(7) 氨泵

选择计算同方案一

(8) 校核压缩机电动机功率

低压级单位容积电动机功率： $n_d = 6.86 \times 10^{-2} \text{kw/m}^3$

高压级单位容积电动机功率： $n_g = 6.4 \times 10^{-2} \text{kw/m}^3$

参考资料[5]图 4-9、图 4-10

低压级电动机功率： $N_d = V_{dp} n_d = 190 \times 3 \times 6.86 \times 10^{-2} = 39.1 \text{kw}$

高压级电动机功率： $N_g = V_{dp} n_g = 190 \times 3 \times 6.4 \times 10^{-2} = 36.48 \text{kw}$

参考资料[5]式 4-28、式 4-29

查压缩机样本：配用电动机 Y225M-6/30 效率 88.5%

电动机输入功率： $30 \times 88.5\% = 26.55 \text{kw}$

$26.55 \times 3 = 79.65 \text{kw} > 39.1 + 36.48 = 75.58 \text{kw}$

压缩机配用电动机合格

(9) 冷却塔

$$\text{冷凝器冷却水量 } Q = \frac{3.6 \cdot \phi_1}{1000 \cdot c \cdot \Delta t}$$

$$Q = \frac{3.6 \times 198.72 \times 10^3}{1000 \times 4.1868 \times 3} = 57 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{气缸套冷却水量 } W = \frac{860 \cdot P_e \cdot \varepsilon}{1000 \cdot \Delta t}$$

参考资料[3]

其中： ε ——冷却水带走热量占 P_e 百分数 $\varepsilon = 0.13 \sim 0.18$;

Δt ——冷却水经缸套时温升 $\Delta t = 5 \sim 10^\circ\text{C}$;

P_e ——压缩机轴功率 kw;

ε 取 0.15 Δt 取 8°C

查压缩机参数：8ASJ10 压缩机设计工况下轴功率为 24 kw

$$W = \frac{860 \cdot P_e \cdot \varepsilon}{1000 \cdot \Delta t} = \frac{860 \times 24 \times 3 \times 0.15}{1000 \times 8} = 1.161 \text{ m}^3/\text{h}$$

总冷却水量 $W = 57 + 1.161 = 58.161 \text{ m}^3/\text{h}$

选择良机逆流式冷却塔

两台 LBC-M-3-30

参数：水量 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ $H=2410\text{mm}$ $D=2000\text{mm}$ 扬程 2.3m

负荷大时启动两台冷却塔，负荷小时启动一台冷却塔。

(10) 冷却水泵

按总的冷却水量 $W = 58.161 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程按初步估算

选择惠工牌单级单吸清水离心泵

ISG-50-200(I) 三台 其中一台备用

参数：流量 $32.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 扬程 45.5m 效率 60% 转数 2900r/min

使用时，一台冷却水泵对应一台冷却塔，当两台冷却塔工作时，启动两台水泵；一台冷却水泵工作时，启动一台水泵。

(11) 冲霜水泵

选择计算同方案一

(12) 冷却水池

冷却水池按六分钟冷却水量计算

同时考虑冲霜水量的需要

$$(58.161+32) \times 6/60=9\text{m}^3$$

水池尺寸 2500×2000×2000

按上述方法考虑的冷却水池的存水量较大，但从安全角度，可减少
停水对冷库运行的不利影响。

(13) 低压循环贮液器

选择计算同方案一

(14) 空气幕

选择计算同方案一

(15) 机房事故风机

选择计算同方案一

(16) 氨液过滤器

按接管管径选择

初步选择大连冷冻机厂 三台 YG-32 型

参数：D_s=32mm

(17) 氨气过滤器

按接管管径选择

初步选择大连冷冻机厂 一台 QG-125 型

参数：d=125mm

(18) 冷库门

选择计算同方案一

方案二设备列表

名称	型号	台数	尺寸
压缩机	8ASJ10	3	2663×1025×1978
蒸发器	LPLC-280	4	2047×1290×2315
	U型顶排管	4	长 16m 宽 2.24 m
冷凝器	LN-35	2	D=500 H=5180
高压贮液器	ZA-1.5B	1	D=800 L=3733
油氨分离器	YF-65	1	D=325 H=1551
中间冷却器	XQA-2.0	1	D=400 H=1875
集油器	JY-150	2	D=159 H=625
空气分离器	KF-32	1	D=108 L=1593
紧急泄氨器	XA-100	1	D=108 L=1100
氨泵	32P ₁ 40A-212	4	
冷却塔	LBC-M-3-30	2	D=2000 H=2410
水泵	ISG-50-200 (I)	3	B=335 L=400
冲霜水泵	ISG-40-160 (I)	2	B=302 L=320
氨液过滤器	YG-32	3	D _N =32
氨气过滤器	QG-125	1	d=125
冷却水池		1	2500×2000×2000
低压贮液器	DXZ-1.5	2	D=800 H=3702
冷库门		4	L=1800 H=2400
空气幕	SSY-200	3	L=2656
供液调节站		1	D=76 L=620
回气调节站		1	D=104 L=620
轴流风机	B30K ₄ -11-35	2	
水处理仪		1	

方案二冷库制冷系统设备明细表

名称	型号	制冷量	功率	耗水量	设备单价	数量	附属设施	制冷量小计	功率小计	耗水量小计	设备费	附属设施费
压缩机	8ASJ10	37.2	30		38000	3		111.6	90		114000	
冷凝器	LN-35				11800	2	水池台架				23600	13400
蒸发器	LPLC-280		6		19500	4			24		78000	
	U型顶排管				1040/ 100米	2176 米					22630	
高压贮液器	ZA-1.5B				9300	1					9300	
油氨分离器	YF-65				2650	1					2650	
集油器	JY-150				680	2					1360	
空气分离器	KF-32				650	1					650	
中间冷却器	XQA-2.0				5700	1					5700	
紧急泄氨器	XA-100				500	1					500	
氨泵	32PL40A-212		3		3500	4			12		14000	
冷却塔	LBC-M-3-30		1.1	0.872	7000	2	台架		2.2	1.744	14000	5400
水泵	ISG-50-200(I)		7.5		2000	3			22.5		6000	
冲霜水泵	ISG-40-160(I)		3		2000	2			6		4000	
氨液过滤器	YG-32				1600	3					4800	
氨气过滤器	QG-125				1500	1					1500	

低压贮液器	DXZ-1.5			6700	2	台架			13400	5400
冷库门				2600	4				10400	
空气幕	SSY-200	0.74		900	3		2.22		2700	
供液调节站				1000	1				1000	
回气调节站				1000	1				1000	
轴流风机	B30K ₁ -11-35	0.4		1000	2		0.8		2000	
水处理仪				1500	1				1500	

固定资产估算：

设备费总计： $x=334690$ 元

附属设备费总计：

立式冷凝器、低压循环贮液器、冷却塔需要附属设备。

对于冷却水池：按 800 元/ m^3 计算对于水泥台架：按 1500 元/罐 计算

对于钢结构架：按 1200 元/罐 计算

$u=24200$ 元

设备购置安装费： $y=ax$

其中：无技术转让 $a=1.12\sim 1.25$

$y=1.2 \times 334690=401628$ 元

工艺管路投资： $T=dy$

其中：流体介质 $d=0.2\sim 0.4$

$T=0.3 \times 401628=120488.4$ 元

外部管线投资： $R=by$

其中：短距离管线 $b=0\sim 0.05$

$R=0.05 \times 401628=20081.4$ 元

仪表控制系统投资： $A=cy$

其中：有部分自控 $c=0.05\sim 0.12$

$A=0.1 \times 401628=40162.8$ 元

实物部分资金小计：

$$V=y+T+R+A+u=606560.6 \text{ 元}$$

施工费用： $W=gV$ 其中：较复杂施工 $g=0.3\sim 0.4$

$$W=0.4 \times 606560.6=242624.2 \text{ 元}$$

规模因素费： $K=iV$ 其中：中小规模 $i=0.05\sim 0.15$

$$K=0.1 \times 606560.6=60656.06 \text{ 元}$$

总固定资产投资（除土建）：

$$L=V+W+K=909840.9 \text{ 元}$$

制冷系统设备运行费用：

$$\text{年耗电量：} 159.72 \times 365 \times 12=699573.6 \text{ kw}\cdot\text{h}$$

（注：每天按工作 12 小时计算）

年耗水量：

按总循环水量的 3% 计算补水量

$$58.161 \times 3\% \times 365 \times 12=7642.36\text{m}^3$$

年制冷剂耗量：

根据调查重庆市上桥冷库每年充氨 2.2 吨，冷量为 122 万 kcal/h

制冷剂耗量指标为： $2.2/122=0.018 \text{ 吨 h / 年万 kcal}$

设计中压缩机标准冷量为： $37.2 \times 3=111.6\text{kw}=9.6 \text{ 万 kcal/h}$

制冷剂耗量为： $9.6 \times 0.018=0.173 \text{ 吨/年}$

年润滑油耗量：

根据调查重庆市上桥冷库每年充润滑油 1.2 吨

润滑油耗量指标为： $1.2/122=0.01 \text{ 吨 h / 年万 kcal}$

润滑油耗量为： $9.6 \times 0.01=0.096 \text{ 吨/年}$

年电费：

$$699573.6 \times 0.4=279829.44 \text{ 元} \text{（注：根据调查重庆市电费，按}$$

0.4元/度计算)

年水费:

$7642.36 \times 3.27 = 24990.52$ 元(注:根据调查重庆市水费,按3.24元/吨计算)

年制冷剂费:

$0.173 \times 4800 = 830.4$ 元(注:根据调查重庆市制冷剂价格,按4800元/吨计算)

年润滑油费:

$0.096 \times 4700 = 451.2$ 元(注:根据调查重庆市润滑油价格,按4700元/吨计算)

年备件贮备和维修费:

压缩机、水泵、氨泵、冷却塔按其设备折旧费的25%计算,其设备按15年折旧;其它设备按其设备折旧费的15%计算,其设备按20年折旧。

压缩机、水泵、氨泵、冷却塔的设备费为152000元

其备件贮备和维修费为: $152000 / 15 \times 25\% = 2533.3$ 元

其它设备设备费为: $334690 - 152000 = 182690$ 元

其备件贮备和维修费为: $182690 / 20 \times 15\% = 1370.18$ 元

年设备运行费: $279829.44 + 24990.52 + 830.4 + 451.2 = 306101.56$ 元

年运行费总计:

$279829.44 + 24990.52 + 830.4 + 451.2 + 2533.3 + 1370.18 = 310005.04$ 元

方案三: 采用螺杆式压缩机带两个蒸发温度的氨液重力循环系统

此方案与方案一相比:减少了氨泵,用氨液分离器代替低压循环贮液器。

其它设备的选择计算与方案一相同。

1) 氨液分离器选择

$$D = \sqrt{\frac{4Gv}{3600\pi w}} \quad \text{参考资料[9]}$$

其中：D——氨液分离器直径 m；

G——冷却设备供液量 kg/h；

v ——蒸发温度下氨饱和气体的比体积 m³/kg；

w——氨气流速，取 0.5m/s；

每层楼设一个氨液分离器，以便调节，分别放置于上一层的川堂内，第三层库房的氨液分离器放置于楼顶附属建筑内。

一层：

根据前面计算得 G=0.036 kg/s=129.6 kg/h

t₀=-8℃下 v=0.38712 m³/kg 参考资料[2]表 4-4

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 129.6 \times 0.38712}{3600 \times \pi \times 0.5}} = 0.188 \text{ m}$$

选择大连龙头冷冻机厂 一台 AF-50 型

参数：D=325mm H=980mm

二层：

根据前面计算得 G=0.047 kg/s=169.2 kg/h

t₀=-30℃下 v=0.96244 m³/kg 参考资料[2]表 4-4

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 169.2 \times 0.96244}{3600 \times \pi \times 0.5}} = 0.34 \text{ m}$$

选择大连龙头冷冻机厂 一台 AF-80 型

参数：D=400mm H=980mm

三层：

根据前面计算得 G=0.037 kg/s=133.2 kg/h

$t_0 = -8^\circ\text{C}$ $v = 0.38712 \text{ m}^3/\text{kg}$

参考资料[2]表 4-4

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 133.2 \times 0.38712}{3600 \times \pi \times 0.5}} = 0.19 \text{ m}$$

选择大连龙头冷冻机厂 一台 AF-50 型

参数: D=325mm H=980mm

方案三设备列表

名称	型号	台数	尺寸
压缩机	JZKA16	1	3050×946×2245
	JZKA12.5C	1	2550×936×1930
蒸发器	LPLC-280	4	2047×1290×2315
	U型顶排管	4	长 16m 宽 2.24 m
冷凝器	LN-35	2	D=500 H=5180
高压贮液器	ZA-1.5B	1	D=800 L=3733
油氨分离器	YF-150	1	D=500 H=2024
集油器	JY-150	2	D=159 H=625
空气分离器	KF-32	1	D=108 L=1593
紧急泄氨器	XA-100	1	D=108 L=1100
冷却塔	LBC-M-3-50	2	D=2175 H=2565
水泵	ISG-65-200 (I) A	3	B=410 L=450
冲霜水泵	ISG-40-160 (I)	2	B=302 L=320
氨液过滤器	YG-32	3	$D_N=32$
氨气过滤器	QG-150	1	d=150
冷却水池		1	3000×2000×2500
冷库门		4	L=1800 H=2400
空气幕	SSY-200	3	L=2656
供液调节站		1	D=76 L=620
回气调节站		1	D=104 L=620
轴流风机	B30K ₄ -11-35	2	
水处理仪		1	
氨液分离器	AF-50	2	D=325 H=980
	AF-80	1	D=400 H=980

方案三冷库制冷系统设备明细表

名称	型号	制冷量	功率	耗水量	设备单价	数量	附属设施	制冷量小计	功率小计	耗水量小计	设备费	附属设施费
压缩机	JZKA16	288.4	100		100000	1		288.4	100		100000	
	JZKA12.5C	137.2	55		60000	1		137.2	55		60000	
蒸发器	LPLC-280		6		19500	4			24		78000	
	U型顶排管				1040/100米	2176	米				22630	
冷凝器	LN-35				11800	2	水池台架				23600	17400
高压贮液器	ZA-1.5B				9300	1					9300	
油氨分离器	YF-100				3350	1					3350	
集油器	JY-150				680	2					1360	
空气分离器	KF-32				650	1					650	
紧急泄氨器	XA-100				500	1					500	
冷却塔	LBC-M-3-50		1.47	1.31	10000	2	台架		2.94	2.62	20000	5400
水泵	ISG-65-200(I)A		11		2000	3			33		6000	
冲霜水泵	ISG-40-160(I)		3		2000	2			6		4000	
氨液过滤器	YG-32				1600	3					4800	
氨气过滤器	QG-150				1600	1					1600	
冷库门					2600	4					10400	
空气幕	SSY-200		0.74		900	3			2.22		2700	
供液调节					1000	1					1000	

站											
回气调节站				1000	1					1000	
轴流风机	B30K ₄ -11-35		0.4	1000	2			0.8		2000	
水处理仪				1500	1					1500	
氨液分离器	AF-50			1600	2					3200	
	AF-80			2250	1					2250	

固定资产估算：

设备费总计： $x=359840$ 元

附属设备费总计：

立式冷凝器、低压循环贮液器、冷却塔需要附属设备。

对于冷却水池：按 800 元/m^3 计算

对于水泥台架：按 1500 元/罐 计算

对于钢结构架：按 1200 元/罐 计算

$u=22800$ 元

设备购置安装费： $y=ax$

其中：无技术转让

$a=1.12 \sim 1.25$

$y=1.2 \times 359840=431808$ 元

工艺管路投资： $T=dy$

其中：流体介质 $d=0.2 \sim 0.4$

$T=0.3 \times 431808=129542.4$ 元

外部管线投资： $R=by$

其中：短距离管线 $b=0 \sim 0.05$

$R=0.05 \times 431808=21590.4$ 元

仪表控制系统投资： $A=cy$

其中：有部分自控

$c=0.05 \sim 0.12$

$A=0.1 \times 431808=43180.8$ 元

实物部分资金小计：

$$V=y+T+R+A+u=648921.6 \text{ 元}$$

施工费用： $W=gV$ 其中：较复杂施工 $g=0.3\sim 0.4$

$$W=0.4\times 648921.6=259568.64 \text{ 元}$$

规模因素费： $K=iV$ 其中：中小规模 $i=0.05\sim 0.15$

$$K=0.1\times 648921.6=64892.16 \text{ 元}$$

总固定资产投资（除土建）：

$$L=V+W+K=973382.4 \text{ 元}$$

制冷系统设备运行费用：

$$\text{年耗电量：} 223.96\times 365\times 12=980944.8 \text{ kw}\cdot\text{h}$$

（注：每天按工作 12 小时计算）

年耗水量：

按总循环水量的 3% 计算补水

$$87.44\times 3\%\times 365\times 12=11489.62\text{m}^3$$

年制冷剂耗量：

计算同方案一

年润滑油耗量：

计算同方案一

年电费：

$$980944.8\times 0.4=392377.92 \text{ 元（注：根据调查重庆市电费，按 } 0.4 \text{ 元/度计算）}$$

年水费：

$$11489.62\times 3.27=37571.06 \text{ 元（注：根据调查重庆市水费，按 } 3.24 \text{ 元/吨计算）}$$

年制冷剂费：

计算同方案一

年润滑油费：

计算同方案一

年备件贮备和维修费：

压缩机、水泵、氨泵、冷却塔按其设备折旧费的 25%计算，其设备按 15 年折旧；其它设备按其设备折旧费的 15%计算，其设备按 20 年折旧。

压缩机、水泵、氨泵、冷却塔的设备费为 190000 元

其备件贮备和维修费为： $190000/15 \times 25\% = 3166.7$ 元

其它设备设备费为： $359840 - 190000 = 169840$ 元

其备件贮备和维修费为： $169840/20 \times 15\% = 1273.8$ 元

年设备运行费： $392377.92 + 37571.06 + 3168 + 1739 = 434855.98$ 元

年运行费总计：

$392377.92 + 37571.06 + 3168 + 1739 + 3166.7 + 1273.8 = 439296.48$ 元

方案比较：

各方案冷库（除土建）固定资产投入比较表

方案序号	方案一	方案二	方案三
设备费/元	381790	334690	359840
设备购置安装费/元	458148	401628	431808
工艺管路投资/元	137444.4	120488.4	129542.4
外部管线投资/元	22907.4	20081.4	21590.4
仪表控制/元	45814.8	40162.8	43180.8
附属设备费/元	28200	24200	22800
实物部分小计/元	692514.6	606560.6	648921.6
施工费用/元	277005.84	242624.24	259568.64
规模因素费/元	69251.46	60656.06	64892.16
总固定资产（除土建）/元	1038771.9	909840.9	973382.4

各方案冷库运行费用比较表

方案序号	方案一	方案二	方案三
年耗电量/kw. h	1033504. 8	699573. 6	980944. 8
年耗水量/m ³	11489. 62	7642. 36	11489. 62
年制冷剂耗量/kg	0. 66	0. 173	0. 66
年润滑油耗量/kg	0. 37	0. 096	0. 37
年电费/元	413401. 92	279829. 44	392377. 92
年水费/元	37571. 06	24990. 52	37571. 06
年制冷剂费/元	3168	830. 4	3168
年润滑油费/元	1739	451. 2	1739
年备件贮备、修理费/元	4733. 4	3903. 48	4440. 5
年设备运行费/元	455879. 98	306101. 56	434855. 98
年运行费总计/元	460613. 38	310005. 04	439296. 48

各方案经济技术比较表

方案序号	方案一	方案二	方案三
方案构成的主要特点	<p>螺杆式压缩机结构简单，体积小，易损部件少，振动小，容积效率高，对湿压缩不敏感，实现无级能量调节，故障少，维修费少，氨泵循环提高传热，降低了冷却时间，简化了操作，便于集中控制。</p> <p>初投资较大，运行费较高。</p>	<p>初投资较小，运行费较小，氨泵循环提高传热，降低了冷却时间，便于集中控制。</p> <p>活塞式压缩机运动部件较多，结构复杂，故障多，维修费较多，运行管理较复杂，不能实现无级调节，只能实现有级调节。</p>	<p>具有螺杆式压缩机系统的优点。</p> <p>采用重力循环，占地面积大，要修建附属建筑，而且降低了传热能力，增加了冷却时间，操作复杂，不易于集中控制。</p>
总固定资产(除土建)/元	1038771. 9	909840. 9	973382. 4
年运行费总计/元	460613. 38	310005. 04	439296. 48

在固定资产投入方面：由于螺杆式压缩机单价比活塞式压缩机高一些，因此方案一的初投资比方案二高一些；而方案三与方案一相比，减

少了氨泵和低压循环贮液器，因此方案三的初投资比方案一低一些；但三种方案的初投资相差不大，早 100000 元以内。

运行费用方面：由于螺杆式压缩机耗电量、耗油量和耗水量较大，因此运行费用较高，但在计算运行费用时，计算耗电量时方案一是按压缩机最大电功率计算，但在实际运行时，由于选择的压缩机较大，在无级调节能量的情况下，实际耗电量与计算耗电量相比就小一些。而且在实际运行时，由于螺杆式压缩机的特点，它的维修费用远远低于活塞式压缩机，运行管理费用也比较低，而计算运行费用时是从经济学角度考虑，没有体现二者的差距，因此实际运行时，方案一与方案二的运行费用相差不会太大。

综合分析以上各个方面的情况，最后决定采用方案一。