

高等学校教学参考书

特殊凿井习题集

崔广心 主编

煤炭工业出版社

高等学校教学参考书

特殊凿井习题集

崔广心 主编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书按1981年煤炭工业出版社出版的高等学校教学用书《特殊凿井》(中国矿业学院主编)的顺序,将特殊凿井主要方法中有关理论计算和设计计算内容具体化,编写成例题和习题,以利于《特殊凿井》课程的教学。

本书为煤矿高等院校矿井建设专业的主要教学参考书,也可供矿井建设、地下工程等专业科研、设计人员及施工技术人员参考。

责任编辑:莫国震

高等学校教学参考书

特殊凿井习题集

崔广心 主编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 $5^{3/4}$
字数131千字 印数1—5,120
1985年4月第1版 1985年4月第1次印刷
书号15035·2717 定价1.15元

前 言

《特殊凿井习题集》（以下简称《习题集》）是为配合特殊凿井的教学而编写的。它的顺序、内容和范围以煤炭工业出版社出版的高等学校教学用书《特殊凿井》为依据。鉴于矿井建设专业已开设了《工程量测技术》课，故《特殊凿井》一书第六章量测技术方面的例题和习题均未列入本《习题集》；有的学校仍在《特殊凿井》课中讲授井壁计算，故习题集中包括了这些内容。

本书也可供建井工程技术人员参考。

《习题集》（讨论稿）在1981年9月编印后，曾在中国矿业学院、阜新矿业学院、焦作矿业学院试用。1982年8月12个单位18人在阜新矿业学院开会对《习题集》进行了讨论，提出许多宝贵的意见和建议，编者在此基础上进行了修改。对以上单位和同志们的支持，编者在此表示感谢。

本书由崔广心主编。第一章由张维廉、崔广心合编；第二章，第三章，第四章由崔广心编写；第五章由巴肇伦编写。

由于我们的水平所限，谬误之处在所难免，敬希读者批评指正。

编 者

1983年3月

目 录

第一章 冻结法	1
第一节 制冷和制冷设备	1
第二节 冻结温度场	14
第三节 冻结壁和井壁	22
第四节 冻结方案和冻结法设计	31
第二章 注浆法	33
第三章 混凝土帷幕法	42
第四章 钻井法	46
第一节 钻井设备	46
第二节 钻井井壁计算	57
第三节 钻井施工和设计	64
第五章 沉井法	70
附表1 液态氮的物理性质	83
附表2 氯化钙水溶液的物理参数	83
附表3 氯化钙水溶液的比重	84
附表4 水的物理参数	84
附表5 混凝土的设计强度	85
附表6 钢筋混凝土构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率	85
附表7 混凝土的弹性模数 E	85
附表8 A_0 、 γ_0 系数表	85
附表9 用400号水泥拌制混凝土的相对强度	86
附表10 每立方米混凝土用水量参考表	86

第一章 冻结法

第一节 制冷和制冷设备

例 I-1 已知一氨压缩制冷系统，蒸发压力为1.41公斤/厘米²，冷凝压力为 10.23 公斤/厘米²，试绘出一级压缩理论循环的*i*-lg*P*图，并计算各制冷参数。

解：已知 $P_0 = 1.41$ 公斤/厘米²，查表可得：蒸发温度 $t_0 = -27^\circ\text{C}$ ， $i_1 = 393$ 千卡/公斤，1点的比容 $v_1 = 0.84$ 米³/公斤；已知 $P_k = 10.23$ 公斤/厘米²，查表得：冷凝温度 $t_k = 25^\circ\text{C}$ ， $i_2 = 460$ 千卡/公斤。查图得2点之焓值 $i_2 = 460$ 千卡/公斤。根据以上参数绘出一级压缩理论循环的*i*-lg*P*图（图1-1）。

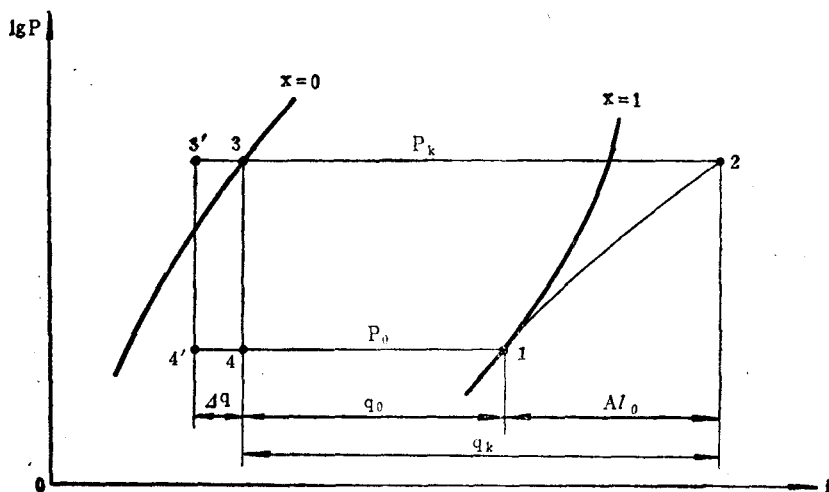


图 1-1 *i*-lg*P*图

(一) 1 公斤氨的制冷量 q_0

$$q_0 = i_1 - i_4 = 393 - 128.09 = 264.9 \text{ 千卡/公斤}$$

(二) 1 米³氨的容积制冷量 q_v

$$q_v = \frac{q_0}{v_1} = \frac{i_1 - i_4}{v_1} = \frac{264.9}{0.84} = 315.4 \text{ 千卡/米}^3$$

(三) 压缩 1 公斤氨的理论功

$$Al_0 = i_2 - i_1 = 460 - 393 = 67 \text{ 千卡/公斤}$$

(四) 冷凝 1 公斤氨放出的热量 q_k

$$q_k = q_0 + Al_0 = i_2 - i_4 = 460 - 128.1 = 331.9 \text{ 千卡/公斤}$$

(五) 制冷系数 ε_0

$$\varepsilon_0 = \frac{q_0}{Al_0} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} = \frac{264.9}{67} = 3.95$$

例 I-2 按例 I-1 的条件, 若蒸发压力仍为 1.41 公斤/厘米², 冷凝压力为 10.23 公斤/厘米², 当其过冷温度 $\Delta t_g = 5^\circ\text{C}$ 时, 问各制冷参数将发生什么变化?

解: 图 1-1 中, 3' 点之温度 $t_{3'} = t_3 - \Delta t_g$

$t_{3'} = 25^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$, 查表得 $i_{3'} = 120$ 千卡/公斤, 其制冷参数如下:

(一) 1 公斤氨制冷量 q_0

$$q_0 = i_1 - i_{3'} = i_1 - i_3 = 393 - 120 = 273 \text{ 千卡/公斤}$$

其单位制冷量提高 $273 - 264.9 = 8.1$ 千卡/公斤。

(二) 1 米³氨容积制冷量 q_v

$$q_v = (i_1 - i_{3'})/v_1 = \frac{273}{0.84} = 325 \text{ 千卡/米}^3$$

其单位容积制冷量提高 $325 - 315.4 = 9.6$ 千卡/米³。

(三) 压缩 1 公斤氨的理论功 Al_0

$$Al_0 = i_2 - i_1 = 67 \text{ 千卡/公斤}$$

压缩 1 公斤氨的理论功不变。

(四) 冷凝 1 公斤氨放出的热量 q_k

$$q_k = i_2 - i_{3'} = 460 - 120 = 340 \text{ 千卡/公斤}$$

冷凝 1 公斤氨放出的热量增加 $340 - 331.9 = 8.1$ 千卡/公斤。

(五) 制冷系数 ε_0

$$\varepsilon_0 = \frac{q_0}{Al_0} = \frac{i_1 - i_{3'}}{i_2 - i_1} = \frac{273}{67} = 4.07$$

制冷系数提高 $4.07 - 3.95 = 0.12$ 。

答: 在其它条件不变的情况下, 过冷能提高单位制冷量和提高制冷系数。因此应尽量降低冷却水水温使液氨过冷。

例 I-3 按例 I-1 的条件, 若蒸发压力仍为 1.41 公斤/厘米², 冷凝压力为 10.23 公斤/厘米², 无过冷, 其过热温度 $\Delta t_g = 5^\circ\text{C}$, 问各制冷参数又将发生什么变化?

解: 一般可将过热现象视为等压过程, 其 i - $\lg P$ 图如图 1-2 所示。

1' 点的过热温度 $t_{1'} = -27^\circ\text{C} + \Delta t_g = -27^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C} = -22^\circ\text{C}$ 。查氨的热焓图得: $i_{1'} = 397$ 千卡/公斤, $v_{1'} = 0.85$ 米³/公斤, $i_2' = 465$ 千卡/公斤。过热循环时各制冷参数为:

(一) 1 公斤氨的制冷量 q_0

$$q_0 = i_1 - i_4 = 393 - 128.1 = 264.9 \text{ 千卡/公斤}$$

1 公斤氨的制冷量不变。

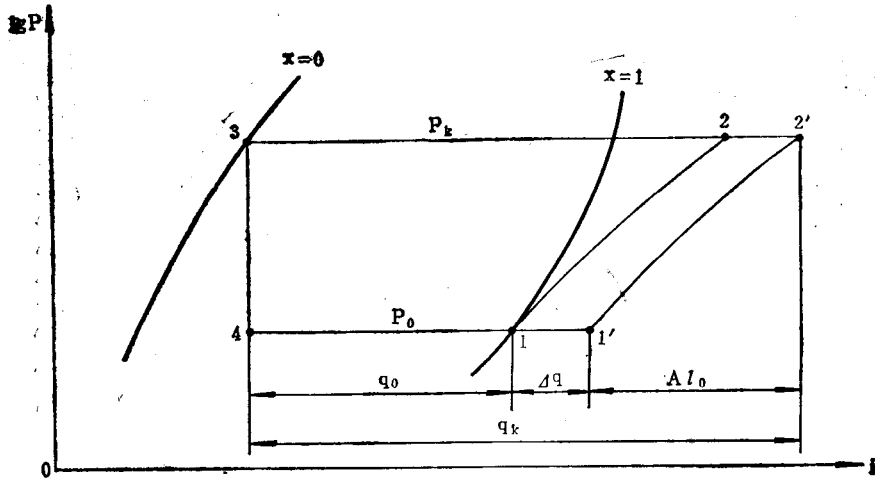
(二) 1 米³容积的制冷量 q_v

$$q_v = \frac{q_0}{v_{1'}} = \frac{264.9}{0.85} = 311.6 \text{ 千卡/米}^3$$

1 米³容积制冷量降低 $315.4 - 311.6 = 3.8$ 千卡/米³。

(三) 压缩 1 公斤氨的理论功 Al_0

$$Al_0 = i_2' - i_{1'} = 465 - 397 = 68 \text{ 千卡/公斤}$$

图 1-2 过热循环的*i-lgP*图

压缩 1 公斤氨所消耗的理论功增大 $68 - 67 = 1$ 千卡/公斤。

(四) 冷凝 1 公斤氨放出的热量 q_k

$$q_k = i_2' - i_3 = 465 - 128.1 = 336.9 \text{ 千卡/公斤}$$

冷凝 1 公斤氨放出的热量增加 $336.9 - 331.9 = 5$ 千卡/公斤。

(五) 制冷系数 ε_0

$$\varepsilon_0 = \frac{q_0}{A l_0} = \frac{i_1 - i_4}{i_2' - i_1} = \frac{264.9}{68} = 3.9$$

制冷系数降低 $3.95 - 3.9 = 0.05$ 。

答：过热循环制冷消耗的功增加，制冷系数降低。因此应尽量作好绝热措施。

题1-1 某井筒采用冻结法施工，使用一级氨压缩制冷系统。盐水温度要求 -25°C ，冷却水温度为 $+18^\circ\text{C}$ ，制冷系统无过冷和过热现象，试绘出其理论循环的 *i-lgP* 图，并计算各制冷参数。

题1-2 在例 I-1 的条件下，若过冷温度 $\Delta t_g = 7^\circ\text{C}$ ，试求算制冷系数比未过冷时提高的百分数？

题1-3 在题1-1的条件下，若管路绝热不好，产生有害过热，过热温度 $\Delta t_g = 8^\circ\text{C}$ ，试问制冷系数比未过热时降低的百分数？比过冷 $\Delta t_g = 7^\circ\text{C}$ 时降低的百分数？

题1-4 在题1-1的条件下，若过冷温度 $\Delta t_g = 6^\circ\text{C}$ ，过热温度 $\Delta t_g = 7^\circ\text{C}$ 同时存在，试绘出制冷理论循环的 *i-lgP* 图，并计算其制冷参数。

例 I-4 在一级氨压缩制冷中，冷却水温度为 $+20^\circ\text{C}$ ，要求盐水温度为 -22°C ，用 8AS-17 型氨压缩机，在无过冷和过热现象时，试计算一台压缩机的实际制冷能力和电动机功率。

解：该循环工作状态为：冷凝温度 $t_k = 20^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C} = +25^\circ\text{C}$ ，蒸发温度 $t_0 = -22^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C} = -25^\circ\text{C}$ 。查“氨的热力性能表”得：冷凝压力 $P_k = 10.25$ 公斤/厘米²，蒸发压力 $P_0 = 1.55$ 公斤/厘米²。

查《特殊凿井》表1-4 得：8AS-17 之特性为，气缸数 8 个，气缸直径 170 毫米，活塞

行程140毫米, 额定转数720转/分, 理论容积 $V'_N = 1100 \text{米}^3/\text{时}$ 。

(一) 计算1公斤氨的制冷能力 q_0

按工作状态作 i - $\lg P$ 图(图1-3)。

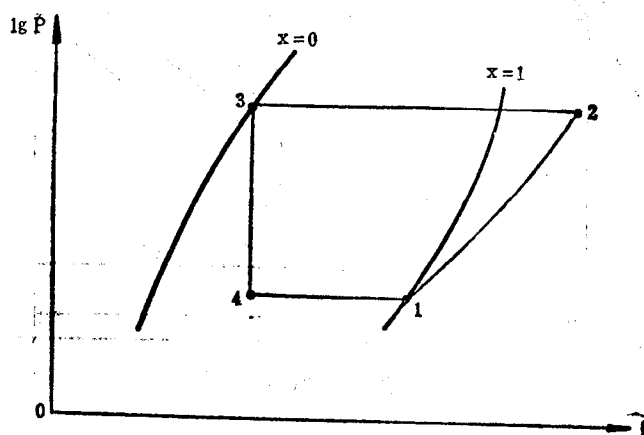


图 1-3 例 I-4 之 i - $\lg P$ 图

查表得: $i_1 = 393.72$ 千卡/公斤; $i_2 = 460$ 千卡/公斤; $i_3 = i_4 = 128.09$ 千卡/公斤; 比容 $v_1 = 0.7712 \text{米}^3/\text{公斤}$ 。

1 公斤氨循环一次的制冷能力 $q_0 = i_1 - i_4$

$$q_0 = 393.72 - 128.09 = 265.63 \text{ 千卡/公斤}$$

(二) 一台8AS-17型压缩机的制冷能力

压缩机每小时压缩氨量 G' 。

$$G' = \frac{V'_N}{v_1} = \frac{1100}{0.7712} = 1426.4 \text{ 公斤/时}$$

由于气缸有余隙, 实际压缩氨量为 G_a 。

$$G_a = G' \varepsilon$$

$$\varepsilon = \left[1 - c \left(\frac{P_k}{P_0} - 1 \right) \right] \frac{T_0}{T_k}$$

式中 c ——余隙体积所占百分数, 取 $c = 0.02$;

T_0 ——蒸发时的绝对温度, $T_0 = 273^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 248 \text{ K}$;

T_k ——冷凝时的绝对温度, $T_k = 273^\circ\text{C} + 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$ 。

$$\varepsilon = \left[1 - 0.02 \left(\frac{10.23}{1.55} - 1 \right) \right] \frac{273 - 25}{273 + 25} = 0.74$$

$$G_a = 1426.4 \times 0.74 = 1054 \text{ 公斤/时}$$

得一台8AS-17型氨压缩机的实际制冷能力 q_s 。

$$q_s = G_a (i_1 - i_4)$$

$$= 1054 (393.72 - 128.09) = 28 \times 10^4 \text{ 千卡/时}$$

(三) 计算电动机功率

一台氨压缩机的电动机功率为 N

$$N = \frac{K(N_i + N_f)}{\eta_p}$$

式中 K ——系数, 取 $K = 1.2$;

η_p ——传动效率, 8AS-17是直接传动, 其 $\eta_p = 1$;

N_f ——摩擦功;

N_i ——有效功;

$$N_i = \frac{G_a(i_2 - i_1)}{860\eta_i}$$

$i_2 - i_1$ ——压缩 1 公斤氨电动机所作的理论功;

860——热功当量;

η_i ——效率系数, 按下式求得:

$$\eta_i = \frac{T_0}{T_k} + bt_0$$

8AS-17型属立式压缩机, $b = 0.001$

$$\eta_i = \frac{273 - 25}{273 + 25} + 0.001(-25) = 0.807$$

$$N_i = \frac{1054(460 - 393.72)}{860 \times 0.807} = 100.7 \text{ 千瓦}$$

$$N_f = \frac{P_f V'_N}{3600 \times 102}$$

式中 P_f ——由于摩擦所造成的压力损失, 一般测得为 $0.5 \sim 0.7$ 公斤/厘米², 今取 $P_f = 0.6$ 公斤/厘米² = 6000 公斤/米²。

代入上式, 得

$$N_f = \frac{6000 V'_N}{3600 \times 102} = 0.016 V'_N = 0.016 \times 1100 = 17.6 \text{ 千瓦}$$

得电动机总功率 N 为:

$$N = \frac{1.2(100.7 + 17.6)}{1} = 142 \text{ 千瓦} < 180 \text{ 千瓦}$$

故合格。

例 I-5 试按例 I-4 的条件选择辅助设备。

解: 主要的辅助设备有: 冷凝器、蒸发器、油氨分离器、贮氨器。

(一) 选择冷凝器

所需冷却面积 F

$$F = \frac{G_a(i_2 - i_3)}{q_1}$$

式中 q_1 ——冷凝器的冷却能力, 选立式自上向下冷却的冷凝器。取 $q_1 = 3000$ 千卡/米²·时。

$$F = \frac{1054(460 - 128.09)}{3000} = 116.6 \text{米}^2$$

查《井巷工程施工手册》第十六篇冻结法施工（以下简称《施工手册》），选大连冷冻机厂产LN-125型冷凝器。其冷凝面积 $125 \text{米}^2 > 116.6 \text{米}^2$ 。

（二）选择蒸发器

选用螺旋管式蒸发器，其蒸发面积 F 为：

$$F = \frac{G_a(i_1 - i_4)}{q_2}$$

对于螺旋管式蒸发器，取 $q_2 = 2500$ 千卡/米²·时

$$F = \frac{1054(393.72 - 128.09)}{2500} = 112 \text{米}^2$$

查《施工手册》选大连冷冻机厂产LZ-120型蒸发器。其蒸发面积为 $120 \text{米}^2 > 112 \text{米}^2$ 。

（三）选择油氨分离器

计算油氨分离器直径 D

$$D = \sqrt{\frac{4V}{3600\pi \cdot c}}$$

式中 c ——流速，取 $c = 0.8$ 米/秒。

压力为 10.23 公斤/厘米² 时的比容 $v = 0.1283$ 米³/公斤。

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1054 \times 0.1283}{\pi 3600 \times 0.8}} = 0.25 \text{米}$$

查《施工手册》，选大连冷冻机厂产 YF-40 型油氨分离器。其直径 $D = 0.273$ 米 > 0.25 米。

（四）选择贮氨器

贮氨器体积 V

$$V = \frac{0.3G_a v'}{0.8n} = \frac{0.3Kq_s A v'}{0.8 \times 1000n}$$

式中 A ——每制冷 1000 千卡/时需 3 公斤氨；

n ——贮氨器台数；

K ——充氨损失系数，取 $K = 1.1$ ；

v' ——比容， $v' = 1.6588$ 升/公斤 $= 0.0016588$ 米³/公斤。

$$V = \frac{0.3 \times 1.1 \times 28 \times 10^4 \times 3 \times 0.0016588}{0.8 \times 1000} = 0.58 \text{米}^3$$

查《施工手册》，选大连冷冻机厂产ZA-1型贮氨器，其容积为 $1 \text{米}^3 > 0.58 \text{米}^3$ 。

其它辅助设备：氨液分离器、集油器、阀门、管路、仪表等，本题计算从略。

题1-5 已知某冻结站制冷能力要求为 150×10^4 千卡/时，选用一级氨压缩制冷，要求盐水温度为 -20°C ，该地区冷却水温度为 $+16^\circ\text{C}$ ，试对该冻结站进行设计计算（包括选择辅助设备）。

题1-6 按题1-5的条件，分别计算冬季冷却水温降为 $+10^\circ\text{C}$ 时，和夏季冷却水温上升为 $+22^\circ\text{C}$ 时，该冻结站每台氨压缩机的制冷量和电动机功率。

题1-7 试按下表计算供给系数 ε , 用 $\frac{P_k}{P_0}$ 作横坐标, ε 作为纵坐标, 绘出 $\varepsilon = f\left(\frac{P_k}{P_0}\right)$

曲线图。并指出其变化规律。

例1-6 某矿立井使用冻结法施工, 要求冷冻站的制冷能力 $q_0 = 140 \times 10^4$ 千卡/时, 盐水温度为 -30°C , 冷却水温度为 $+25^\circ\text{C}$, 试对冷冻站进行设计计算。

解: 制冷系统工作参数为:

蒸发温度 $t_0 = -30^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = -35^\circ\text{C}$

冷凝温度 $t_k = 25^\circ\text{C} + 8^\circ\text{C} = +33^\circ\text{C}$

查表得:

蒸发压力 $P_0 = 0.95$ 公斤/厘米²

冷凝压力 $P_k = 12.99$ 公斤/厘米²

(一) 确定制冷系统

压缩比 $= \frac{P_k}{P_0} = \frac{12.99}{0.95} = 13.67 > 8$ 。因此需用二级压缩制冷系统制冷。

(二) 中间压力 P_z 的确定

二级压缩循环系统见图1-4。

ε	P_0	1	1.2	1.4	1.6	1.8	注
7	P_k	ε	ε	ε	ε	ε	取余 隙系数 $c = 0.02$
8		—	ε	ε	ε	ε	
9		—	ε	ε	ε	ε	
10		—	—	ε	ε	ε	
11		—	—	—	ε	ε	
12		—	—	—	—	ε	

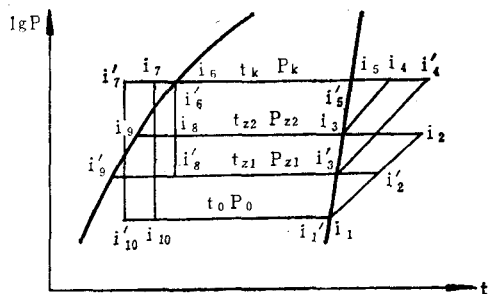
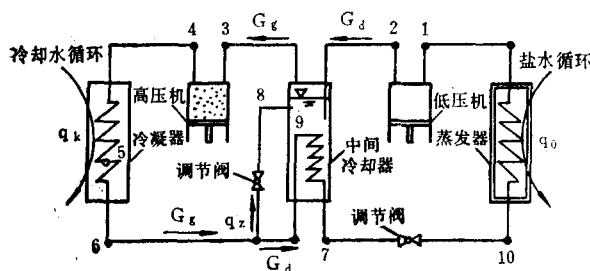


图 1-4 二级压缩循环系统示意图

估计的中间压力 P_z 为:

$$P_z = \sqrt{P_k \cdot P_0} = \sqrt{12.99 \times 0.95} = 3.51 \text{ 公斤/厘米}^2$$

已知 $P_z = f(\xi)$ 在 0°C 附近近似为直线。为求 $P_z = f(\xi)$ 曲线, 在 P_z 值上下各假设一个中间压力 $P_{z1} = 5.07$ 公斤/厘米²; $P_{z2} = 3.48$ 公斤/厘米²。查出各点的焓值列于下页表。

一般施工现场多需在已有氨压缩机的情况下进行高低压机台数的配比选择。今选高压机: 低压机 = 1:3 (即三打一)。高、低压机均选用 6AW-17 型氨压缩机。其特性为: 理论容积825米³/时, 额定转数720转/分。现对一个机组进行计算。

1. 计算低压机供给系数 ε_d

$$\varepsilon_{d1} = \left[1 - 0.02 \left(\frac{5.07}{0.95} - 1 \right) \right] \frac{273 - 35}{273 + 4} = 0.085$$

	$t_{x1} = +4^{\circ}\text{C}$ $P_{x1} = 5.07 \text{ 公斤/厘米}^2$	$t_{x2} = -6^{\circ}\text{C}$ $P_{x2} = 3.48 \text{ 公斤/厘米}^2$
$i_1 = i_1'$ 千卡/公斤	390.03	390.03
i_2, i_2' 千卡/公斤	446	430
i_3, i_3' 千卡/公斤	402.55	399.75
i_4, i_4' 千卡/公斤	432	442
$i_5 = i_5'$ 千卡/公斤	407.78	
$i_6 = i_6'$ 千卡/公斤	137.32	
i_7, i_7' 千卡/公斤	110	98.9
$i_8 = i_8' = i_9$ 千卡/公斤	137.32	
i_{10}, i_{10}' 千卡/公斤	110	98.9
v_{x1}, v_{x2} 米 ³ /公斤	0.2520	0.3599
v_0 米 ³ /公斤	1.2151	1.2151

$$\epsilon_{d2} = \left[1 - 0.02 \left(\frac{3.48}{0.95} - 1 \right) \right] \frac{273 - 35}{273 - 6} = 0.844$$

2. 通过低压机的总氨量 G_d

$$G_{d1} = \frac{V_d \epsilon_{d1}}{v_0} = \frac{3 \times 825 \times 0.785}{1.2151} = 1599 \text{ 公斤}$$

$$G_{d2} = \frac{3 \times 825 \times 0.844}{1.2151} = 1719 \text{ 公斤}$$

3. 为冷却从一级压缩机（低压机）压出的氨并使中间冷却器的蛇形管中的氨过冷，所需蒸发的氨量 q_z

$$q_z = G_d \frac{(i_2 - i_3) + (i_8 - i_7)}{(i_3 - i_8)}$$

$$q_1 = 1599 \times \frac{(446 - 402.55) + (137.32 - 110)}{(402.55 - 137.32)} = 427 \text{ 公斤}$$

$$q_2 = 1719 \times \frac{(430 - 399.75) + (137.32 - 98.9)}{(399.75 - 137.32)} = 450 \text{ 公斤}$$

4. 通过高压机压缩的氨量 G_g

$$G_{g1} = 1599 + 427 = 2026 \text{ 公斤}$$

$$G_{g2} = 1719 + 450 = 2169 \text{ 公斤}$$

5. 高压机的供给系数 ϵ_g

$$\epsilon_{g1} = \left[1 - 0.02 \left(\frac{12.99}{5.07} - 1 \right) \right] \cdot \frac{273 + 4}{273 + 33} = 0.877$$

$$\epsilon_{g2} = \left[1 - 0.02 \left(\frac{12.99}{3.48} - 1 \right) \right] \frac{273 - 6}{273 + 33} = 0.825$$

6. 高压机所需体积 V_g

$$V_{g1} = \frac{G_{g1} v_{x2}}{\epsilon} = \frac{2026 \times 0.252}{0.877} = 582.2 \text{ 米}^3$$

$$V_{g_2} = \frac{2169 \times 0.3599}{0.825} = 946.2 \text{ 米}^3$$

式中 v_z ——中间压力饱和蒸气的比容。

7. 高、低压机的容积比 ξ

$$\xi_1 = \frac{582.2}{3 \times 825} = 0.235$$

$$\xi_2 = \frac{946.2}{3 \times 825} = 0.382$$

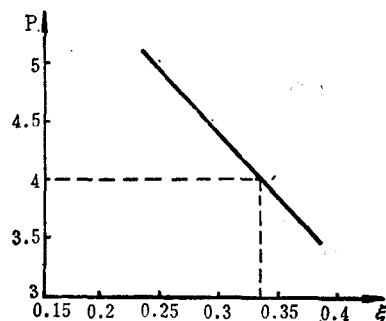


图 1-5 $P_z = f(\xi)$ 图

作 $P_z = f(\xi)$ 曲线 (图1-5), 从图中求出当 $\xi = \frac{1}{3}$

时, $P_z = 4$ 公斤/厘米²。查得 $t_z = -3^\circ\text{C}$ 。

(三) 一个二级压缩机组的实际制冷能力 q_s

实际工作参数: $P_k = 12.99$ 公斤/厘米², $t_k = +33^\circ\text{C}$

$P_0 = 0.95$ 公斤/厘米², $t_0 = -35^\circ\text{C}$

实际中间压力: $P_z = 4$ 公斤/厘米², $t_z = -3^\circ\text{C}$

作该循环的 i - $\lg P$ 图 (图1-6) 查出各点之焓值注于图1-6。

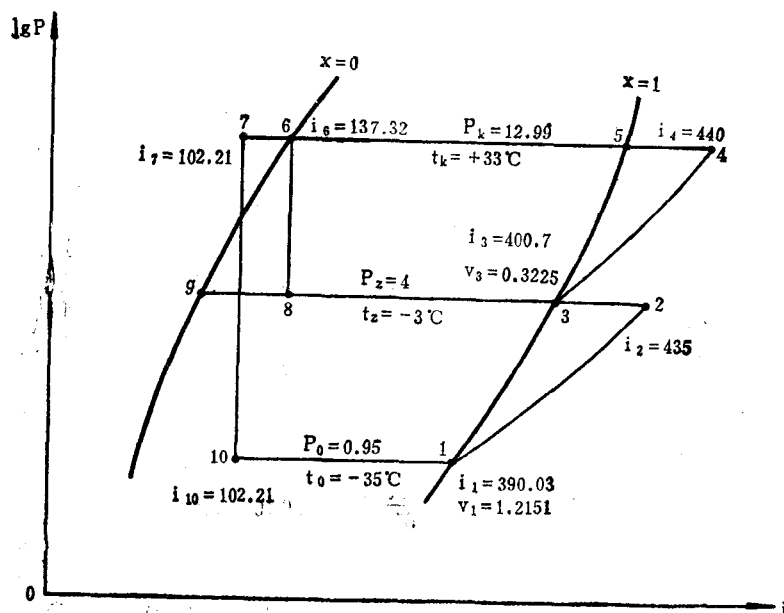


图 1-6 实际制冷的 i - $\lg P$ 图

1. 低压机的供给系数 e

$$e_d = \left[1 - 0.02 \left(\frac{4}{0.95} - 1 \right) \right] \frac{273 - 35}{273 - 8} = 0.825$$

2. 一个二级压缩机组的制冷能力 q_s

$$q_s = G_d (i_1 - i_{10})$$

$$q_s = \frac{3 \times 825 \times 0.825}{1.2151} (390.03 - 102.21) = 48.4 \times 10^4 \text{ 千卡/时}$$

(四) 冷冻站需要的二级压缩机组数 n

$$n = \frac{140 \times 10^4}{48.4 \times 10^4} = 2.89 \text{ 组} \approx 3 \text{ 组}$$

由于二级压缩机组可以用一个机组改变配比的方法进行单机保养。故可以不考虑备用机组数, 为保证供冷, 也可以考虑备用一个机组。本计算取 3 个机组。该冷冻站用 3 组“三打一”的二级氨压缩机组构成, 共有 $3 \times 4 = 12$ 台 6AW-17 型氨压缩机。其中 3 台为高压机, 9 台为低压机。

(五) 低压机电机功率 N 的计算

$$N = \frac{K(N_i + N_t)}{\eta_p}$$

式中 η_p ——传动系数, 因是直接传动 $\eta_p = 1$ 。

$$N_i = \frac{G_d(i_2 - i_1)}{860\eta_i}$$

$$\eta_i = \frac{T_0}{T_k} + bt_0$$

$$\eta_i = \frac{273 - 35}{273 - 3} + 0.001(-35) = 0.846$$

$$N_i = \frac{825 \times 0.825(435 - 390.03)}{1.2151 \times 860 \times 0.846} = 34.6 \text{ 千瓦}$$

$$N_t = 0.016 \times 825 = 13.2 \text{ 千瓦}$$

每台低压机功率 N

$$N = 1.2(34.6 + 13.2) = 57.4 \text{ 千瓦}$$

(六) 高压机电机功率

$$\text{功率 } N = \frac{K(N_i + N_t)}{\eta_p}$$

三台低压机压出的氨量 G_d

$$G_d = \frac{3 \times 825 \times 0.825}{1.2151} = 1600 \text{ 公斤}$$

中间冷却器中汽化的氨量 q_z

$$\begin{aligned} q_z &= 1600 \times \frac{(435 - 400.7) + (137.32 - 102.21)}{(400.7 - 137.32)} \\ &= 422 \text{ 公斤} \end{aligned}$$

通过高压机的氨量 G_g

$$G_g = G_d + q_z = 1600 + 422 = 2022 \text{ 公斤}$$

高压机的供给系数 e_g

$$e_g = \left[1 - 0.02 \left(\frac{12.99}{4} - 1 \right) \right] \frac{273 - 3}{273 + 33} = 0.843$$

所需高压机的容积 V_g'

$$V_g' = \frac{G_g v_z}{\varepsilon_g} = \frac{2022 \times 0.3225}{0.843} = 774 \text{米}^3$$

$$N_1 = \frac{2022(440 - 400.7)}{860 \times 0.88} = 105 \text{千瓦}$$

$$\eta_1 = \frac{273 - 3}{273 + 33} + 0.001(-3) = 0.88$$

$$N_f = 0.016 \times 825 = 13.2 \text{千瓦}$$

$$N = \frac{1.2(105 + 13.2)}{1} = 142 \text{千瓦} > 130 \text{千瓦}, \text{故需换配电动机。}$$

(七) 辅助设备的选择

1. 冷凝器: 每一个机组选配一台

$$\text{冷凝面积} \quad F = \frac{G_g(i_4 - i_g)}{q_1}$$

$$F = \frac{2022(440 - 137.32)}{3200} = 191.3 \text{米}^2$$

查《施工手册》, 选大连冷冻机厂产LN-200型立式冷凝器, 其冷凝面积 $F = 198 \text{米}^2 > 191.3 \text{米}^2$ 。每个机组一台, 冷冻站共3台。

2. 蒸发器: 每个机组配三台 (即每台低压机配一台) 螺旋管式蒸发器。所需蒸发面积 F 为:

$$F = \frac{q_s}{3q_2}$$

$$F = \frac{48.4 \times 10^4}{3 \times 2500} = 64.5 \text{米}^2$$

查《施工手册》, 选大连冷冻机厂产LZ-90型蒸发器, 其蒸发面积为 $90 \text{米}^2 > 64.5 \text{米}^2$ 。冷冻站共配 $3 \times 3 = 9$ 台。

3. 中间冷却器的选择: 每一机组配一台, 冷却器直径为 D

$$D = \sqrt{\frac{4V_g\varepsilon_g}{3600\pi c}} = \sqrt{\frac{4 \times 774 \times 0.843}{3600\pi \times 0.5}} = 0.68 \text{米}$$

查《施工手册》, 选大连冷冻机厂生产的ZL-5型中间冷却器, 其直径为 $0.8 \text{米} > 0.68 \text{米}$ 。冷冻站共选3台。

4. 油氨分离器、氨液分离器、集油器、阀门、管路等计算和型号选择 (从略)。

题1-8 在例I-6的条件下, 若采用6AW-17型氨压缩机, 按高压机: 低压机 = 1:2 (即二打一) 组配的二级压缩机组, 试对冷冻站进行设计计算。

题1-9 某立井井筒使用冻结法施工, 要求冷冻站的制冷能力 $q_s = 200 \times 10^4$ 千卡/时, 盐水温度为 -30°C , 当地冷却水温度为 $+18^\circ\text{C}$, 试对冷冻站进行设计计算。

题1-10 某冷冻站制冷能力为 100×10^4 千卡/时, 其冷凝温度为 18°C , 蒸发温度为 -27°C , 试分别按一级压缩制冷和二级压缩制冷系统, 对冷冻站进行设计计算, 并对主要指标进行比较。

例 I-7 某矿使用冻结法凿井, 冷冻站制冷能力 $Q_0 = 140 \times 10^4$ 千卡/时。盐水温度, 去路为 -34°C , 回路为 -30°C 。井筒冻结深度 $H = 152$ 米。主、副井各有 40 个冻结孔, 冻结管选用 $\phi 150 \times 10$ 毫米无缝钢管, 试设计计算其盐水循环系统。

解: 由于盐水温度低达 -34°C , 选比重 1.26 的 CaCl_2 盐水。

(一) 盐水总循环量 Q

$$Q = \frac{Q_0}{\gamma c \Delta t}$$

式中 γ ——盐水比重, $\gamma = 1260$ 公斤/米³;

c ——盐水比热, 查《施工手册》, 当 $\gamma = 1.26$ 时, $c = 0.651$ 千卡/公斤 $\cdot^\circ\text{C}$ 。

$$Q = \frac{140 \times 10^4}{1260 \times 0.651 \times (34 - 30)} = 427 \text{ 米}^3/\text{时}$$

(二) 盐水循环系统中主要管路的计算

1. 供液管直径 d

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{3600\pi n c}}$$

取流速 $c = 1.5$ 米/秒, 孔数 $n = 2 \times 40 = 80$ 孔,

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 427}{\pi 3600 \times 2 \times 40 \times 1.5}} = 0.043 \text{ 米} = 43 \text{ 毫米}$$

选用 $\phi 60 \times 6$ 毫米的聚乙烯塑料软管。

2. 盐水干管和配、集液圈的选择

由于流量较大, 盐水干管选用双排布置。取流速 $c = 2$ 米/秒, 则干管直径 d_s 为:

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \times 427}{\pi 3600 \times 2 \times 2}} = 0.194 \text{ 米}$$

选 $\phi 200 \times 8$ 毫米的无缝钢管。

单一井筒积极冻结时需使用冷冻站制冷量的 60%, 则配集液圈直径 d_p 为:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \times 427 \times 0.6}{\pi 3600 \times 2}} = 0.213 \text{ 米} = 213 \text{ 毫米}$$

选用 $\phi 250 \times 8$ 毫米的无缝钢管。

(三) 盐水泵的选择

选两台水泵运转, 一台备用 (共三台)。

1. 每台水泵流量为 $\frac{427}{2} = 213.5 \approx 215$ 米³/时。

2. 水泵扬程计算:

(1) 盐水干管和配集液圈

为计算方便, 将配、集液圈按干管计算。这样偏于安全, 其长度按 100 米计。

雷诺数

$$Re = \frac{cd\gamma}{\mu g}$$

式中 c ——流速, 米/秒;

d ——直径, 米;