

第八章 制冷机房与管道的设计

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

第一节 制冷机房的设计步骤

进行制冷机房工艺设计时，一般要按下列步骤进行：

一、收集设计原始资料

（一）冷负荷资料

- 1、由采暖通风专业提供；
- 2、以生产工艺负荷资料为依据计算出冷负荷资料。

（二）工厂发展规划资料

- 1、在某些工程建设中，常有工厂近期和远期发展规划；
- 2、设计机房时应当了解工厂近期和远期发展规划，考虑制冷机房的扩建问题。

（三）水质资料

水质资料系指确定使用的冷却水水源的水质资料，其主要指标有：水中含铁量、水的碳酸盐硬度和酸碱度（PH值）等。

第一节 制冷机房的设计步骤

（四）气象资料

气象资料系指制冷机房建设地区的最高和最低温度、采暖计算温度、大气相对湿度、土壤冻结深度、全年主导风向及当地大气压力等。

（五）地质资料

地质资料系指制冷机房建设地区的大孔性土壤等级、土壤酸碱度、土壤耐压能力、地下水位、地震烈度等。

（六）设备资料

1) 制冷压缩机或机组的主要性能、技术规格、参数、外形图、安装图等。

2) 制冷辅助设备的性能、规格、外形图、安装图等。

（七）主要材料资料

主要材料系指当地使用的绝热材料、管材等。

第一节 制冷机房的设计步骤

二、确定制冷机房的设计容量

制冷机房的容量是以生产工艺所提供的任务书为依据，并需按照机房的服务对象和制冷系统的状况，计算出最大的冷负荷。由于制冷系统的具体情况不同以及地区上的差异，需按设备和管道布置情况等因素计算出冷损失，或者依据经验适当地考虑冷负荷的附加系数，从而得出该制冷机房的设计容量。

三、制冷机房的布置

制冷机房的布置，一是指根据生产工艺的要求和制冷站服务对象分布状况，确定制冷机房在工厂区的位置；二是指制冷机房的房间组成及各房间内制冷设备的布置。

四、制冷剂管道的设计

制冷剂管道的设计是制冷系统设计成功与否的关键，其设计的主要内容是管道系统的布置与管径的确定。

五、各有关专业的图纸设计

制冷机房的设计需土木建筑专业、采暖通风专业、电气专业、给排水专业共同协作，完成相应内容的设计。

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

一、制冷设备的选择计算

制冷设备的选择计算可按下列步骤进行：

1、确定制冷系统的制冷量

制冷系统的制冷量应包括：用户需要的制冷量及制冷系统和供冷系统的冷损失。冷损失的大小可由设备和管道等的具体情况计算得出，一般可按附加系数确定：直接冷却系统附加系数为5%~7%；间接冷却系统为7%~15%。

2、确定制冷系统的冷凝温度和蒸发温度。

3、根据制冷量和制冷工况，选择制冷压缩机和电动机，制冷压缩机的型号、台数选配的是否合理，将直接影响整个制冷系统的设备费用和运行费用。

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

制冷压缩机的选型原则:

- 1) 根据制冷量选配压缩机，一般不应设备用机。
- 2) 如需选用2台或2台以上的制冷压缩机时，应尽可能选择同一系列的压缩机。
- 3) 制冷量大小不同的压缩机互相搭配，以保证高、低峰负荷时既能满足需要，又经济合理。
- 4) 不同制冷系统的压缩机应考虑到各系统之间相互替代的可能性。
- 5) 选用氨压缩机，当冷凝压力 P_K 与蒸发压力 P_0 之比大于8时，应采用双级压缩；当 $P_K/P_0 \leq 8$ 时，采用单级压缩。对于氟利昂制冷系统，当 $P_K/P_0 > 10$ 时，应采用双级压缩； $P_K/P_0 \leq 10$ 时，采用单级压缩。
- 4、选择冷凝器并确定冷却水量。
- 5、选择蒸发器并确定载冷剂循环量。
- 6、选择其他辅助设备。

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

[例8-1] 空调用户要求供给7℃的冷冻水，回水平均温度为11℃，需要的总冷量为768KW。可利用河水作冷却水源，水温最高为32℃。试选择有关制冷设备。

[解] 采用氨为制冷剂，利用河水作冷却水源，选用立式壳管冷凝器，直流供水。

1、确定制冷工况

蒸发温度 t_0 ：比要求供给的冷冻水温度 t_2 低5℃

$$t_0 = t_2 - 5 = 7 - 5 = 2 \quad ^\circ\text{C}$$

冷凝温度 t_K ：比冷却水出口温度高5℃，取立式壳管冷凝器冷却水进出口温差为3℃，则

$$t_K = 32 + 3 + 5 = 40 \quad ^\circ\text{C}$$

2、选择制冷压缩机

采用间接制冷系统，取附加系数为10%，制冷系统的制冷量为

$$\phi_0 = 1.1 \times \phi_0' = 1.1 \times 768 = 844.8 \text{KW}$$

根据制冷量选择制冷压缩机的方法有下列三种：

1) 按理论公式确定制冷压缩机的理论输气量

根据 $t_0=2^\circ\text{C}$ ， $t_K=40^\circ\text{C}$ ，从氨的Lgp-h图上查得有关数据见图8-1。

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

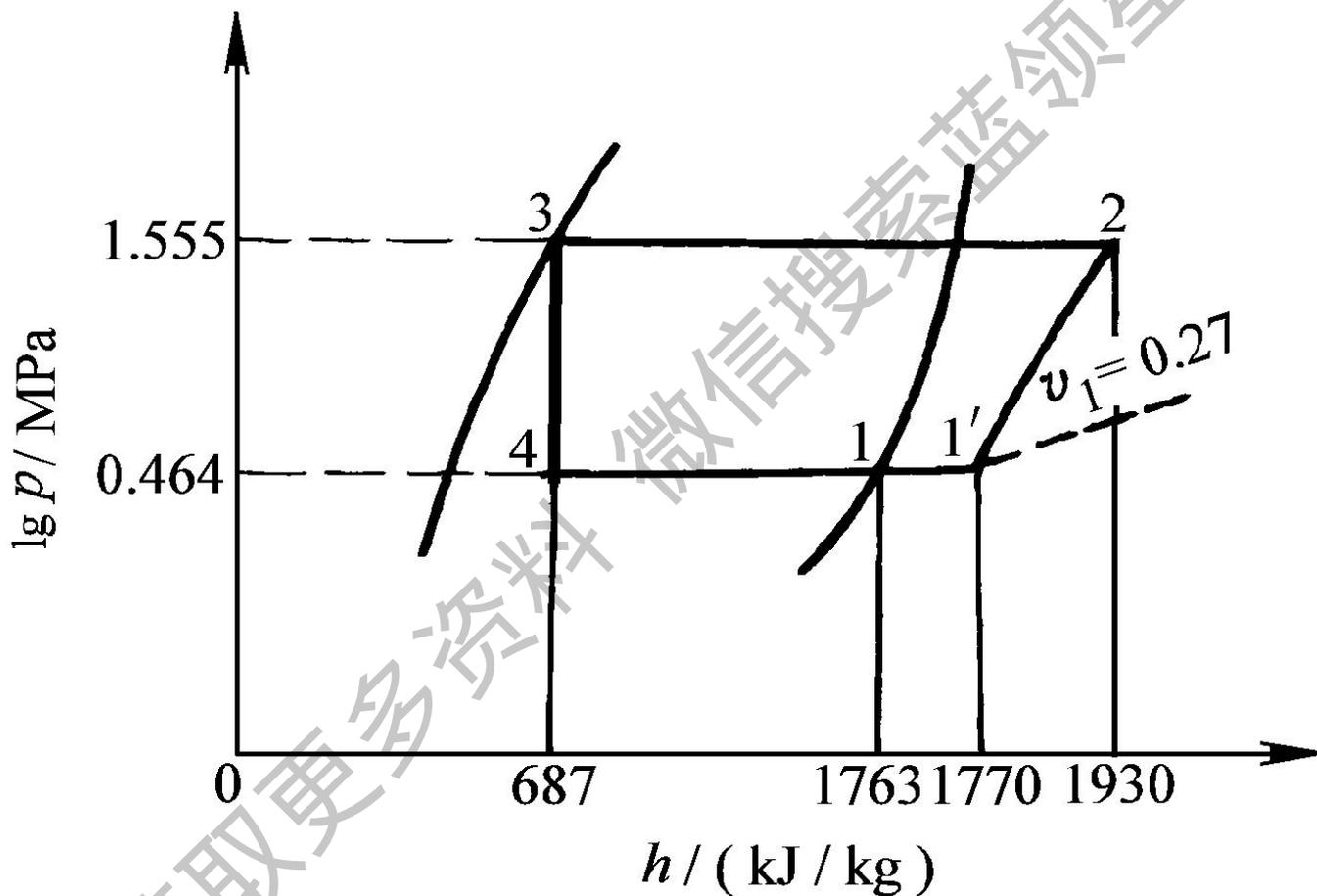


图8-1 氨的1gP-h图

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

$$q_v = \frac{h_1 - h_4}{v_{1'}} = \frac{1763 - 687}{0.27} = 3985 \text{ kJ/m}^3$$

$$t_0 = 2^\circ\text{C}, P_0 = 0.464 \text{ MPa}$$

$$t_k = 40^\circ\text{C}, P_k = 1.555 \text{ MPa}$$

$$\eta_v = 0.94 - 0.085 \left(\frac{P_k}{P_0} \right) - 1$$

$$= 0.94 - 0.085 \left(\frac{1.555}{0.464} \right) - 1$$

$$= 0.81$$

$$V_h = \frac{\phi_0}{\eta_v q_v} = \frac{844.8}{0.81 \times 3985} = 0.262 \text{ m}^3/\text{S} = 943 \text{ m}^3/\text{h}$$

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

从有关样本查得：6W-12.5型压缩机的理论输气量 $V_{h1}=0.118\text{m}^3/\text{S}=425\text{m}^3/\text{h}$ ；

8S-12.5型压缩机的理论输气量 $V_{h2}=0.157\text{m}^3/\text{S}=566\text{m}^3/\text{h}$ ，

所以确定选择6W-12.5和8S-12.5型制冷压缩机各1台，其理论输气量：

$$V_h=V_{h1}+V_{h2}=0.118+0.157=0.275\text{m}^3/\text{S}=990\text{m}^3/\text{h}。$$

各台制冷压缩机的制冷量为：

$$\Phi_{01}=\eta_v V_{h1} q_v=0.81 \times 0.118 \times 3985=380.9\text{KW}$$

$$\Phi_{02}=\eta_v V_{h2} q_v=0.81 \times 0.157 \times 3985=506.8\text{KW}$$

2台压缩机的制冷量为：

$$\Phi_0=\Phi_{01}+\Phi_{02}=380.9+506.8=887.7\text{KW}，\quad \text{可以满足要求。}$$

2) 由冷量换算公式确定

从有关样本查得：

6W-12.5型制冷压缩机的标准制冷量 $\Phi_{01}=183.7\text{KW}$

8S-12.5型制冷压缩机的标准制冷量 $\Phi_{02}=244.2\text{KW}$

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

在 $t_0=2^{\circ}\text{C}$ ， $t_k=40^{\circ}\text{C}$ 时，从换算系数表查得冷量换算系数 $K_i=2.04$ ，各台制冷机换算后的其制冷量分别为：

$$\Phi_{ob1}=K_i \Phi_{01}=2.04 \times 183.7=374.7\text{KW}$$

$$\Phi_{ob2}=K_i \Phi_{02}=2.04 \times 244.2=498.2\text{KW}$$

2台压缩机的制冷量为：

$$\Phi_0=\Phi_{ob1}+\Phi_{ob2}=374.7+498.2=872.7\text{KW}$$

可以满足要求。

3) 除了按上述方法选择外，还可以根据制造厂提供的制冷压缩机特性曲线直接查得其制冷量，确定选择的压缩机型号和台数。

3、确定制冷压缩机配用的电动机功率

1) 理论功率 P_{th}

以8S-12.5型制冷压缩机为例，其理论功率为：

$$P_{th}=M_R W_{th}=\frac{506.8}{1763-687} \times (1930-1770)=75.36\text{KW}$$

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

2) 指示功率 P_i

$$\frac{P_k}{P_o} = \frac{1.555}{0.464} = 3.4, \text{ 从有关图查得, } \eta_i = 0.85$$

$$P_i = \frac{P_{th}}{\eta_i} = \frac{75.36}{0.85} = 88.65 \text{KW}$$

3) 轴功率 P_e

从图查得, $\eta_m = 0.85$

$$P_e = \frac{P_i}{\eta_m} = \frac{88.65}{0.85} = 104.3 \text{KW}$$

4) 电动机功率 P

$$P = 1.1P_e = 1.1 \times 104.3 \text{KW} = 114.7 \text{KW}$$

8S-12.5型制冷压缩机按空调工况配用电动机功率为115KW, 可以选用。6W-12.5型制冷压缩机配用的电动机功率为95KW。

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

4、冷凝器选择和冷却水量计算

选用立式壳管冷凝器，冷却水进水温度为32℃，出水温度为35℃。

1) 冷凝器的热负荷

当 $t_0=2^\circ\text{C}$ ， $t_K=40^\circ\text{C}$ 时，查图得， $\phi=1.17$

$$\Phi_K = \phi \phi_0 = 1.17 \times 844.8 = 988.4 \text{KW}$$

2) 冷凝器传热面积

$$\text{传热温差 } \Delta t = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\ln \frac{t_K - t_{w1}}{t_K - t_{w2}}} = \frac{35 - 32}{\ln \frac{40 - 32}{40 - 35}} = 6.4^\circ\text{C}$$

查表取 $K=700\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 。

$$A = \frac{\Phi_K}{K \Delta t} = \frac{988.4 \times 10^3}{700 \times 6.4} = 221 \text{m}^2$$

选用LN-125型立式壳管冷凝器2台，每台传热面积为125m²。

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

3) 冷却水量

$$M = \frac{\Phi_K}{1000C_p (t_{w2} - t_{w1})} \times 3600 = \frac{988.4}{1000 \times 4.186 \times (35 - 32)} \times 3600 = 283.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

5、蒸发器选择和冷冻水量计算

1) 蒸发器的传热面积

选用螺旋管式蒸发器

查表取螺旋管式蒸发器的传热系数 $K=500\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ，蒸发器传热面积为

$$A_0 = \frac{\Phi_0}{K\Delta t} = \frac{844.8 \times 10^3}{500 \times 6.8} = 248 \text{ m}^2$$

选用SR-145型螺旋管式蒸发器2台，每台传热面积为145m²。

2) 冷冻水量

$$M_1 = \frac{\Phi_0}{1000C_p (t_1 - t_2)} \times 3600 = \frac{844.8}{1000 \times 4.186 \times (11 - 7)} \times 3600 = 182 \text{ m}^3/\text{h}$$

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

6、选择其他辅助设备

1) 选择贮液器

$$V = \frac{\frac{1}{3} M_R v + 3600 \times \frac{1}{3} \times \frac{506.8 + 380.9}{1763 - 687} \times 0.0017 \times 3600}{\beta} = \frac{\quad}{0.8}$$

$$= 2.1 \text{ m}^3$$

选用ZA-2型贮氨器1台，容积为1.92m³

2) 选择氨油分离器

$$D = \sqrt{\frac{4V_h \eta_v}{\pi W}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.275 \times 0.81}{3.14 \times 0.8}} = 0.60 \text{ M}$$

选用YF=80B型氨油分离器2台。

制冷设备汇总表见表8-1

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

表8-1 制冷设备汇总表

设备名称	型号	规格	数量	单位	备注
制冷压缩机	6W-12.5	A=125m ²	1	台	6W-12.5压缩机配用电 动机功率P=95KW
立式冷凝器	8S-12.5	A ₀ =145m ²	1	台	
螺旋管式蒸发器	LN-125	V=1.92m ³	2	台	8S-12.5压缩机配用电 动机功率P=115KW
贮液器	SR-145	D=325mm	2	台	
氨油分离器	ZA-2	D=325mm	1	台	
集油器	YF-80B	D=121mm	2	台	
紧急泄氨器	JY-325		1	台	
	XA-32		1	台	

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

二、制冷机房的布置

设置制冷装置的建筑称为制冷机房或冷冻站。制冷机房设计时可遵循如下的原则

1、制冷机房位置应尽可能靠近冷负荷中心，力求缩短输送管道。吸收式和蒸气喷射制冷机房还应尽可能靠近热源。

氟利昂制冷机，可布置在民用建筑、生产厂房和辅助建筑物内，也可布置在地下室。

氨制冷机不得布置在民用建筑和工业企业辅助建筑物内，也不允许布置在地下室内。通常应布置在单独的建筑物或隔开的房间内。

溴化锂吸收式制冷机宜布置在建筑物内及地下室。条件许可时，亦可露天布置，但制冷装置的电气设备和控制仪表，应布置在室内。

2、大中型制冷机房内的主机宜与辅助设备及水泵等分间布置。制冷机房宜与空调机房分开设置。

3、大中型制冷机房内应设置值班室、控制室、维修间和卫生间。有条件时，应设置通讯装置。

4、在建筑设计中，应根据需要预留大型设备的进出安装和维修用的孔洞，并应配备必要的起吊设施。

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

5、氨制冷机房应设置两个互相尽量远离的对外出口，其中至少有一个出口直接对外，大门应设计成由室内向外开。

氨制冷机房的电源开关，应布置在外门附近。发生事故时，应有立即切断电源的可能性，但事故电源不得切断。

氨制冷机房应设置每小时不小于3次的机械通风系统和每小时不小于7次的事故排风设施，配用的电机必须采用防爆型。并应设置必要的消防和安全器材（如灭火器和防毒面具等）。

6、制冷机房设备布置的间距见表8-2

表8-2 设备布置的间距

项 目	间距/m
主要通道和操作通道宽度	≥1.5
制冷机突出部分与配电盘之间	≥1.5
制冷机突出部分相互间的距离	≥1.0
制冷机与墙面之间距离	≥0.8
非主要通道	≥0.8
溴化锂吸收式制冷机侧面突出部分之间	≥1.5
溴化锂吸收式制冷机的一侧与墙面	≥1.2

第二节 制冷设备的选择和制冷机房的布置

7、布置卧式壳管式冷凝器、蒸发器、冷水机组和溴化锂吸收式制冷机时，必须考虑在其一端预留清洗和更换管簇的必要距离。

8、机房内应考虑留出必要的检修用地，当利用通道作为检修用地时，应根据设备的种类和规格而适当加宽。

9、制冷机房的高度应按表8-3选用，设备顶部与梁底的间距不应小于1.2m

表8-3 制冷机房的净空高度

项 目	机房净空/m
氟利昂制冷机	≥3.6
氨制冷机	≥4.8
溴化锂吸收式制冷机设备顶部距梁底	≥1.2

第三节 制冷剂管道的设计

一、制冷剂管道的布置原则

(一) 基本原则

- 1、保证各个蒸发器得到充分的供液；
- 2、避免过大的压力损失；
- 3、防止液态制冷剂进入制冷压缩机；
- 4、防止制冷压缩机曲轴箱内缺少润滑油；
- 5、应能保持气密、清洁和干燥；
- 6、应考虑操作和检修方便，并适当注意整齐。

(二) 氟利昂管道的布置原则

1、吸气管

1) 压缩机的吸气管应有不小于0.01的坡度，坡向压缩机，如图8-2a所示。

2) 当蒸发器高于制冷压缩机时，为了防止停机时液态制冷剂从蒸发器流入压缩机，蒸发器回气管应先向上弯曲至蒸发器的最高点，再向下通至压缩机，如图8-2b所示。

第三节 制冷剂管道的设计

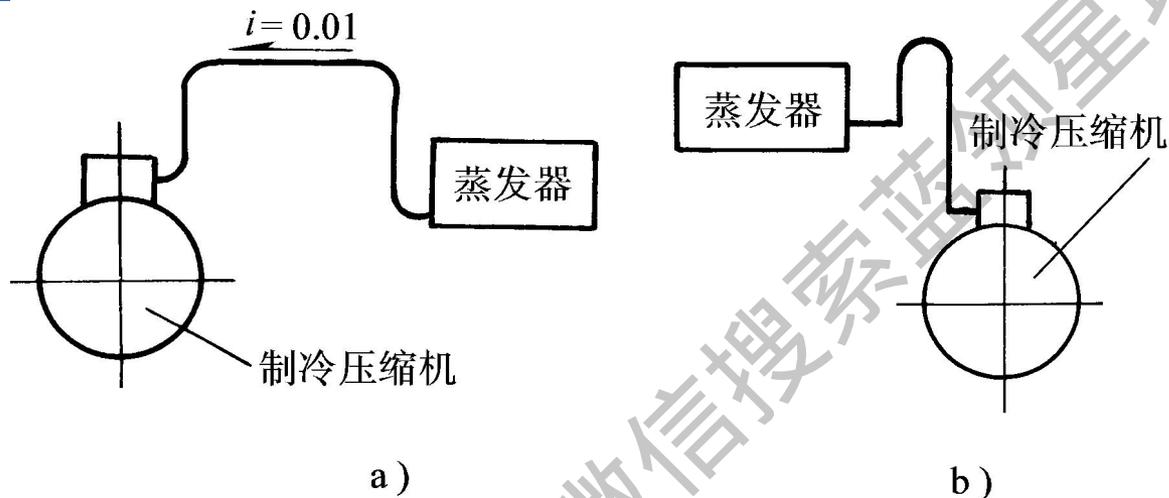


图8-2 氟利昂压缩机的

3) 氟利昂压缩机并联运转时，必须在曲轴箱上装有均压管和油平衡管；并联的氟利昂压缩机为了防止润滑油进入未工作的压缩机吸入口，见图8-3。

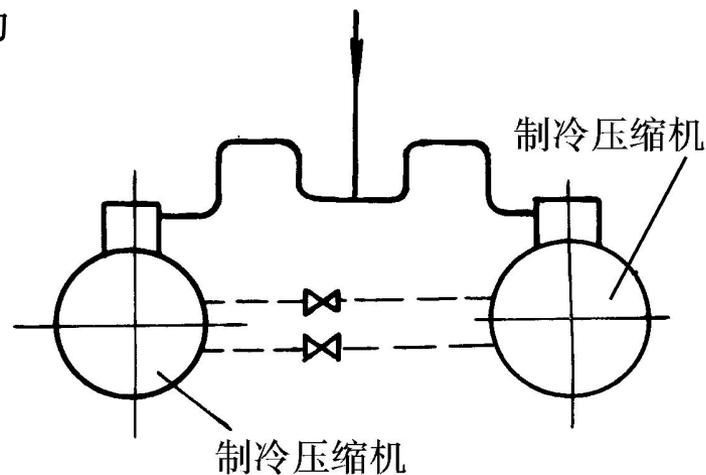


图8-3 并联压缩机的配管

第三节 制冷剂管道的设计

4) 上升吸气立管的氟利昂气体必须具有一定的流速，才能把润滑油带回压缩机内。R12和R22上升吸气立管需要的带油最低流速可从图8-4查得。

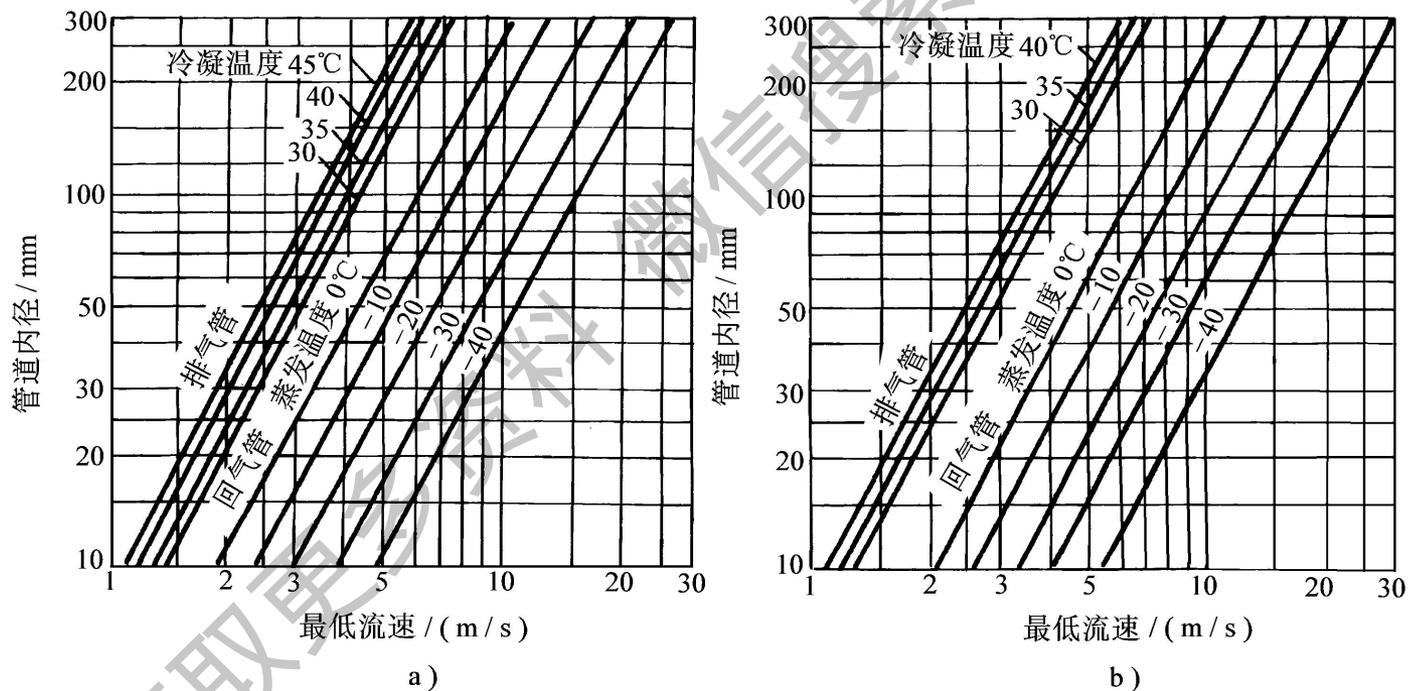


图8-4 氟利昂上升立管的最低带油速度

第三节 制冷剂管道的设计

5) 在变负荷工作的系统中, 为了保证低负荷时也能回油, 可用两根上升立管, 两管之间用一个集油弯头连接, 制作时两根管子均应从上部与水平管相接, 如图8-5所示。

6) 多组蒸发器的回气支管接至同一吸气总管时, 应根据蒸发器与制冷压缩机的相对位置采取不同的方法处理, 见图8-6。

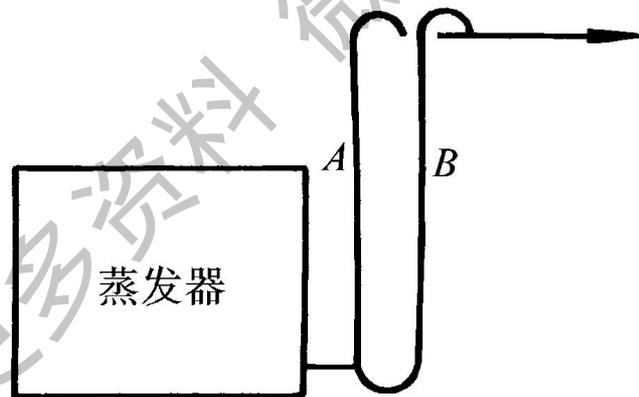


图8-5 双上升吸气管

第三节 制冷剂管道的设计

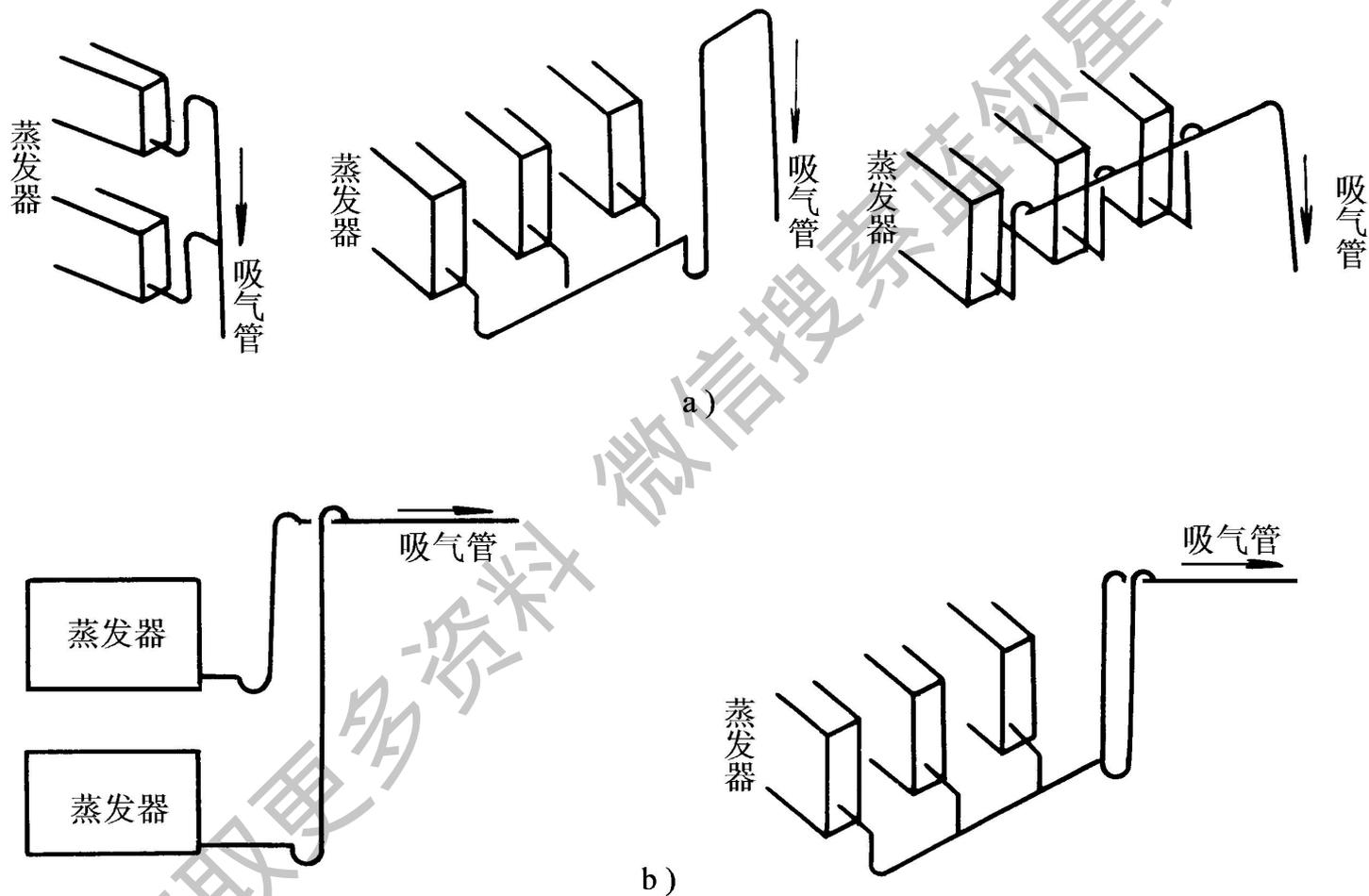


图8-6 回气管道连接示意图

第三节 制冷剂管道的设计

2、排气管

1) 为了防止润滑油或可能冷凝下来的液体流回压缩机，制冷压缩机的排气管应有 $0.01\sim 0.02$ 的坡度，坡向油分离器或冷凝器。

2) 在不用油分离器时，如果压缩机低于冷凝器，排气管道应设计成一个U型弯管，如图8-7所示，以防止冷凝的液体制冷剂和润滑油返流回制冷压缩机。

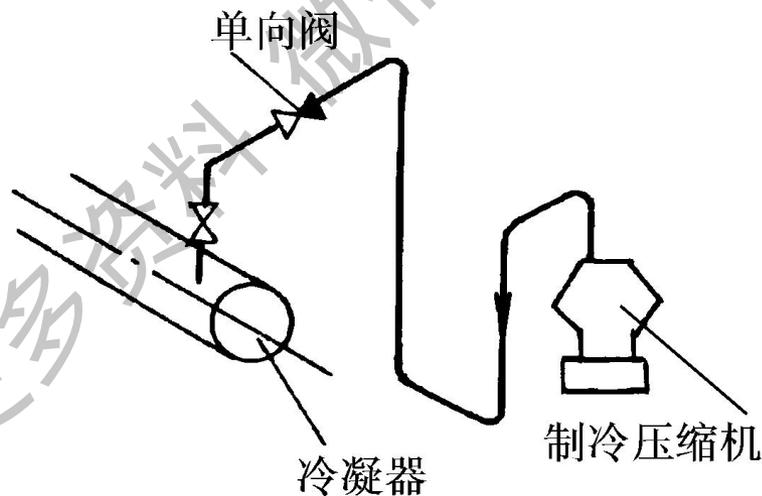


图8-7 排气管连接示意图

第三节 制冷剂管道的设计

3、冷凝器至贮液器的管道

1) 冷凝器至储液器之间的液管，其连接方法有两种见图8-8和图8-9所示；

2) 直通式贮液器的接管管径大小就按满负荷运行时液体流速不大于 0.5m/s 来选择；

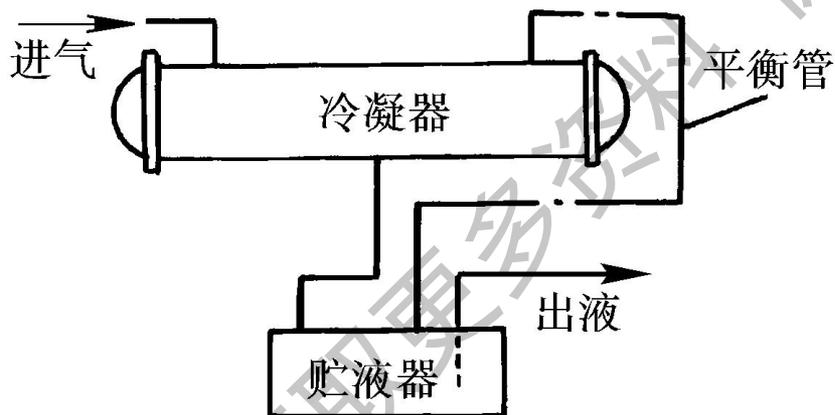


图8-8 直通式贮液器的连接

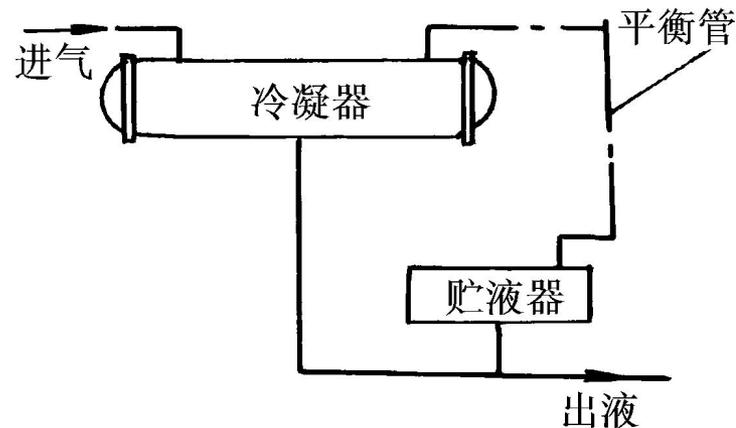


图8-9 波动式贮液器的连接

第三节 制冷剂管道的设计

- 3) 贮液器的进液阀最好采用角阀（角阀阻力较小）；
- 4) 贮液器应低于冷凝器，角阀中心与冷凝器出液口的距离应不少于200mm；
- 5) 采用直通式贮液器时，从冷凝器出来的过冷液体进入贮液器后将失去过冷度。
- 6) 波动式贮液器的顶部有一平衡管与冷凝器顶部连通，液体制冷剂从贮液器底部进出，以调节和稳定制冷剂循环量；
- 7) 从冷凝器出来的液体制冷剂，可以直接通过液管到达膨胀阀；
- 8) 冷凝器与波动式储液器的高差应大于300mm，最大负荷时液体制冷剂在管道中的流速及冷凝器液体出口至贮液器液面的必要高差H值见表8-4。

表8-4 管道内的液体流速和高差H值

管内液体流速 /m/s	冷凝器至贮液 器间接管形式	H/mm	管内液体流速 m/s	冷凝器至贮液 器间接管形式	H/mm
0.5	球阀或角阀	350	0.8	角阀	400
0.5—0.8	无阀	350	0.8	球阀	700

第三节 制冷剂管道的设计

4、冷凝器或贮液器至蒸发器之间的管道

1) 为了避免在液管中产生闪发气体，应将来自贮液器的供液管与压缩机的吸气管贴在一起，并应用隔热材料保温；

2) 蒸发器位于冷凝器或贮液器下面时，如液管上不装设电磁阀，则液体管道应设有倒U形液封，其高度应不小于2m，如图8-10所示。

3) 多台不同高度的蒸发器位于冷凝器或贮液器上面时，为了避免可能形成的闪发气体都进入最高的一个蒸发器，应按图8-11所示方法接管。

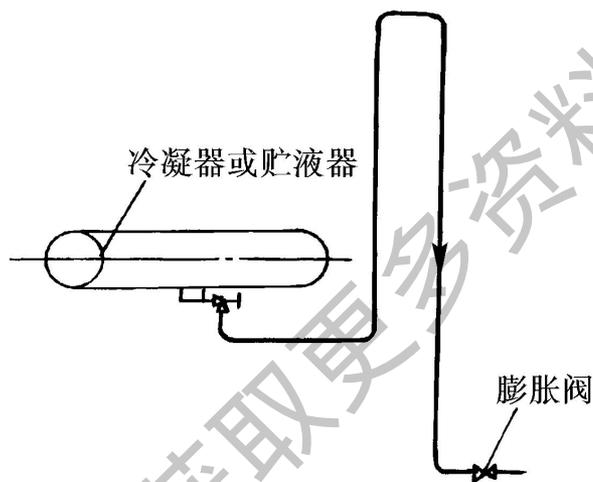


图8-10 液管连接示意图

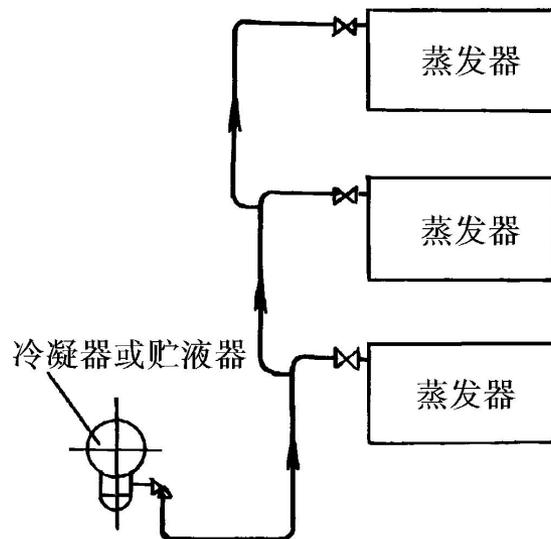


图8-11 不同高度蒸发器的供液管连接示意图

第三节 制冷剂管道的设计

4) 直接蒸发式空气冷却器的空气流动方向应使热空气与蒸发器出口排管接触,如图8-12所示。

5) 用热力膨胀阀供液的氟利昂冷却排管,一般采用上进下出形式以保证回油。串联排管要保持最后一组排管供液方式为上进下出。

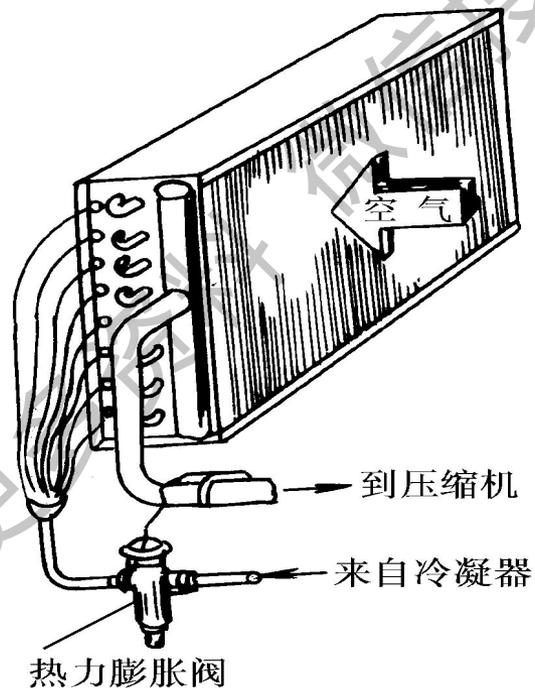


图8-12 直接蒸发式空气冷却器的接管示意图

第三节 制冷剂管道的设计

（三）氨管道的布置原则

氨在润滑油中几乎是不溶解的，由于润滑油的密度大于氨的密度，进入制冷系统的润滑油就会积存在制冷设备的底部，因此，在氨制冷系统中，应设置氨油分离器，并在可能集油的设备底部装设放油阀，制冷系统中应设有放油装置。

1、吸气管

为了防止氨液滴进入制冷压缩机，氨压缩机的吸气管应有不小于0.005的坡度，坡向蒸发器。

2、排气管

1) 为了防止润滑油和冷凝氨液流向制冷压缩机，压缩机的排气管道应有0.003~0.005的坡度，坡向氨油分离器。

2) 并联制冷压缩机的排气管上宜装设止回阀，以防止一台压缩机工作时，在停止运行的压缩机出口处积存较多的冷凝氨液和润滑油，重新启动时产生液击事故。

第三节 制冷剂管道的设计

3、冷凝器与贮液器的连接管

- 1) 冷凝器至贮液器的液体管道应有 $0.001\sim 0.005$ 的坡度，坡向贮液器。
- 2) 贮液器与冷凝器出液口之间的高差应保证液体靠重力流入贮液器。
- 3) 多台冷凝器并联时，应设有压力平衡管。为了检修方便，平衡管上应装有截止阀，如图8-13所示。

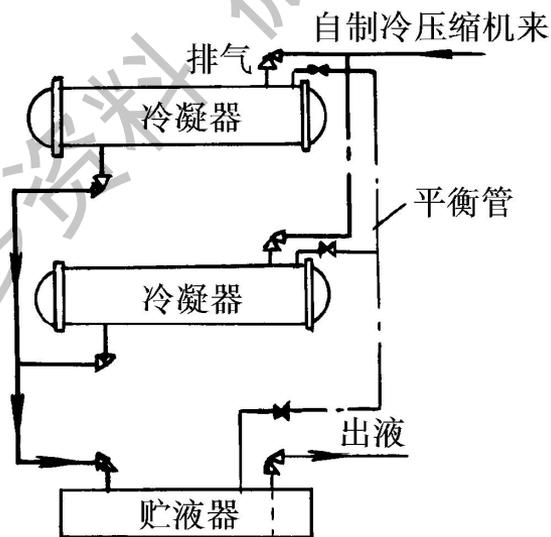


图8-13 并联冷凝器的接管示意图

第三节 制冷剂管道的设计

4、贮液器与蒸发器的连接管

- 1) 贮液器至蒸发器的液体管道可直接经手动膨胀阀接至蒸发器；
- 2) 节流机构采用浮球阀时，其接管应保证氨液能通过过滤器、浮球阀进入蒸发器；
- 3) 在检修浮球阀或清洗过滤器时，氨液由旁通管经手动膨胀阀降压后进入蒸发器。

5、放油管及安全阀的接管

- 1) 所有可能积存润滑油的制冷设备底部都应有放油接头和放油阀，并接至集油器。
- 2) 冷凝器、贮液器等设备上应装设安全阀和压力表。如在安全阀接管上装设截止阀时，必须装在安全阀之前，呈开启状态并加以铅封。

第三节 制冷剂管道的设计

二、管材及管件

(一) 管材

不同的制冷剂应采用不同材质的管道，各种制冷剂使用的管材及其连接方式见表8-5。

表8-5 管 材

介质名称	管 材	连 接 方 式	备 注
R717	当工作温度 $>-50^{\circ}\text{C}$,使用A10、A20优质碳素钢的无缝钢管,当工作温度 $\leq-50^{\circ}\text{C}$,使用经过热处理的无缝钢管或低合金钢管(如09Mn)	除设备、附件连接处采用法兰连接外,一律采用焊接连接。	管壁内不得镀锌
R11 R12 R22	紫铜管或无缝钢管 当 $\text{DN}<25\text{mm}$ 选用紫铜管 当 $\text{DN}\geq 25\text{mm}$ 选用无缝钢管	钢管与钢管采用焊接 钢管与铜管采用银焊 铜管与铜管采用银焊	管壁内不宜镀锌 法兰处不得用天然橡胶,也不得涂矿物油
冷却水 盐 水 润滑油	一般采用焊接钢管 采用镀锌焊接钢管 与制冷剂管相同	焊接、法兰、螺纹均可 焊接、法兰、螺纹均可 与制冷剂管相同	与制冷剂管相同

第三节 制冷剂管道的设计

(二) 管件及附件

制冷剂管道上用的管件及附件的安装要求见表8-6

表8-6 管件及附件

名 称	安 装 要 求
弯 头	冷弯时，曲率半径不应小于4倍的管外径
三 通	宜采用顺流三通。Y形羊角弯头，也可采用斜三通
阀 门	各种阀门应符合制冷剂的专用产品。氟里昂制冷系统中用的膨胀阀应垂直放置，不得倾斜，更不得颠倒安装
温 度 计	要有金属保护套，在管道上安装时，其水银（或酒精）球应处在管道中心线上，套筒的感温端应迎着流体运动的方向
压 力 表	高压容器及管道应安装0~2.5MPa压力表，中、低压容器及管道应安装0~1.6MPa
感 温 包	安装在离制冷机吸气管道1.5m以外的平直管道上

第三节 制冷剂管道的设计

三、管道水力计算

(一) 制冷剂管道管径的确定

1、氟利昂管道管径确定

1) 吸气管道直径

根据制冷能力、蒸发温度、管材种类和当量长度查图8-14确定管径。对于上升的吸气竖管应考虑必要的带油速度，以满足回油的需要。R22最低的流速见图8-15

第三节 制冷剂管道的设计

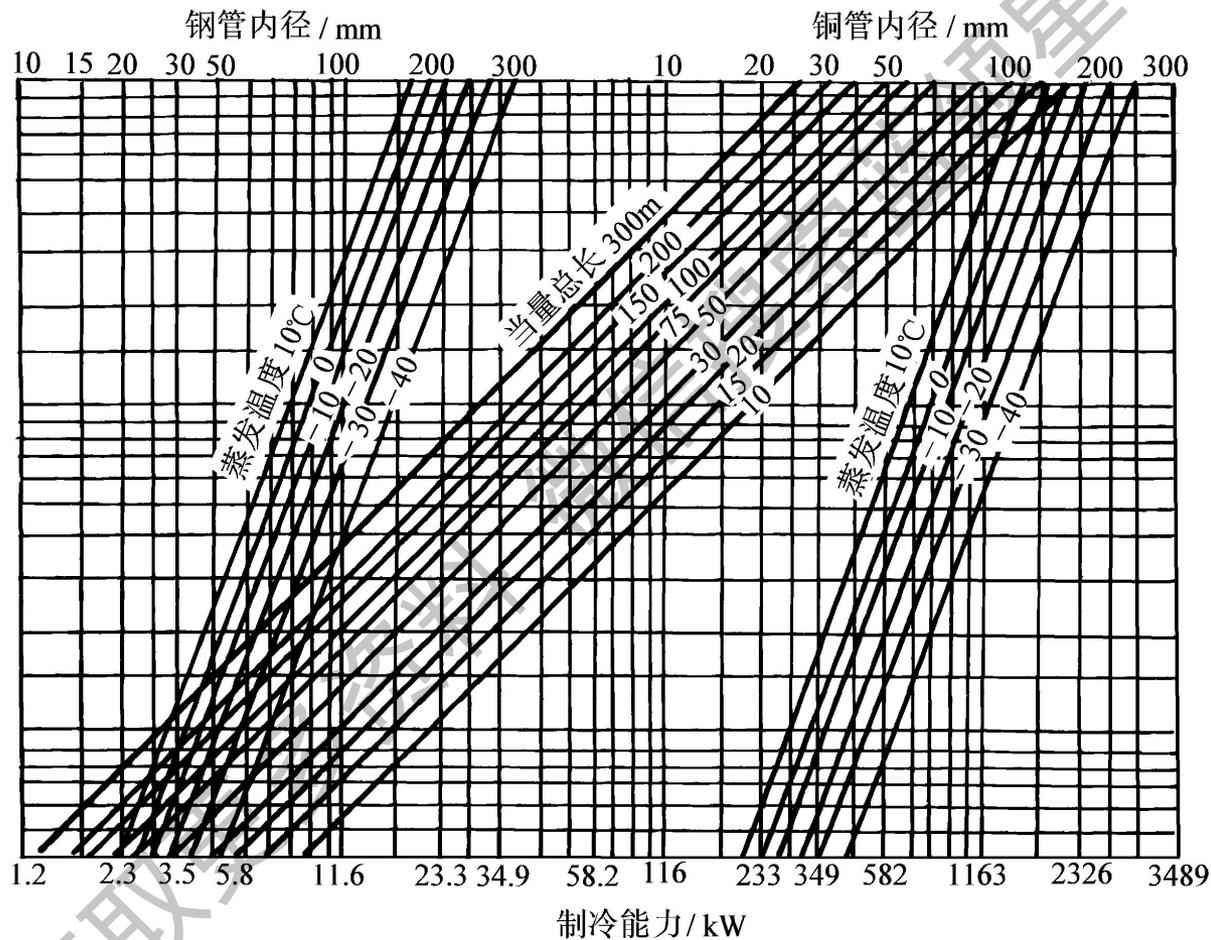


图8-14 R-22吸气管道的容量

第三节 制冷剂管道的设计

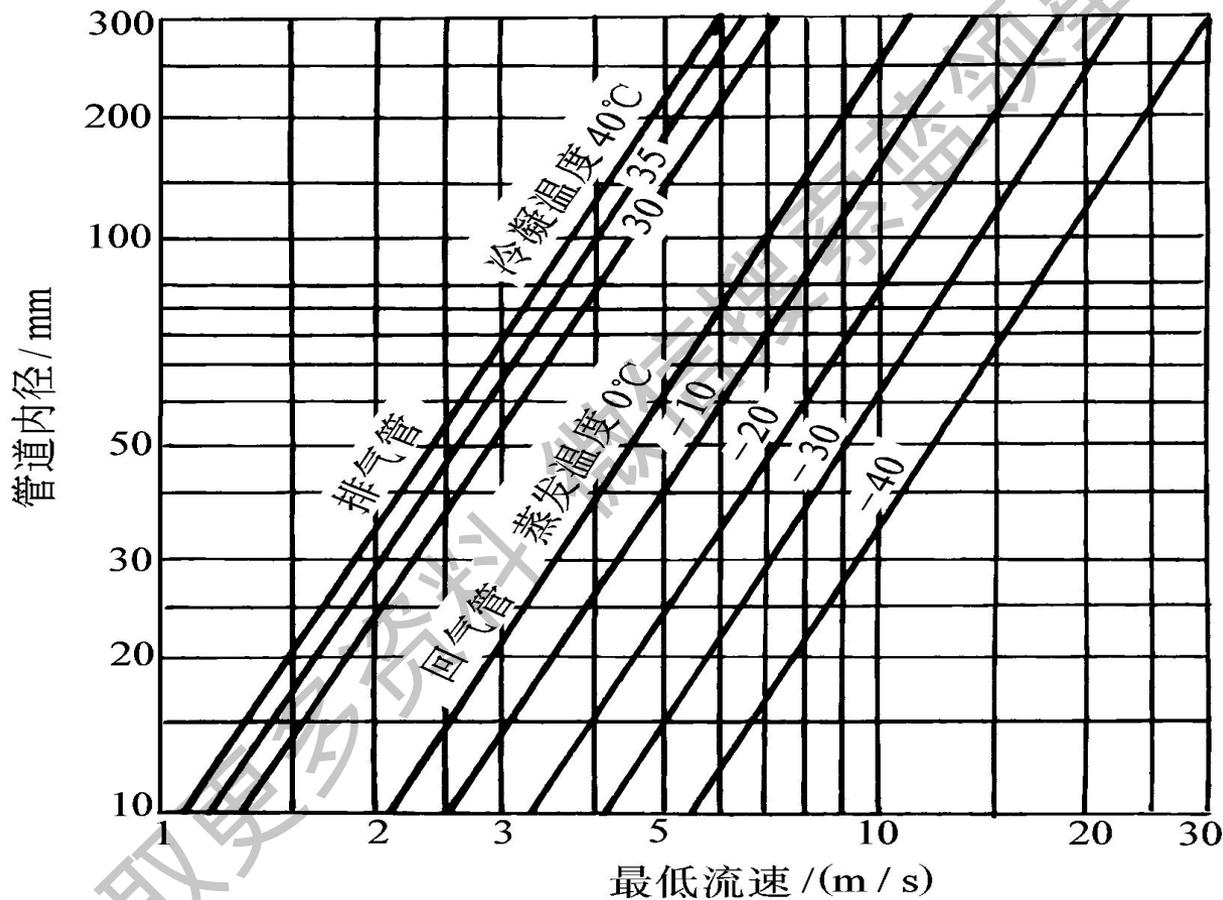


图8-15 R-22上升吸气管道与排气管道的回油最低流速

第三节 制冷剂管道的设计

为了设计时的方便，将根据最低流速计算出最小流量，又据最小流量计算出上升吸气竖管的最小制冷负荷，可按最小冷负荷确定管径的大小。R22上升吸气管最小冷负荷与管径的关系见图8-16。

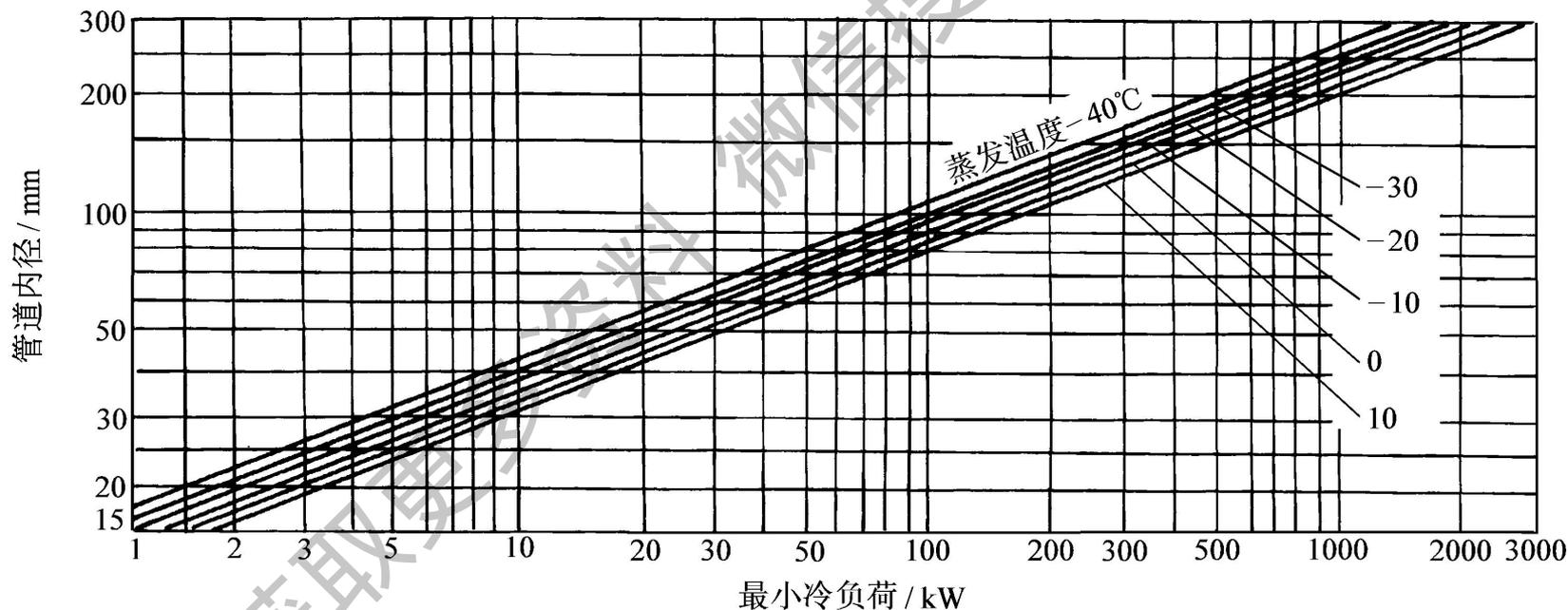


图8-16 R-22上升吸气竖管最小冷负荷

第三节 制冷剂管道的设计

2) 排气管道直径

排气管道中的压力降将直接影响到制冷压缩机的需用功率，通常把排气管道中的压力降控制在相当于饱和冷凝温度差 $0.5\sim 1.0^{\circ}\text{C}$ 。图8-17给出了R22排气管道的容量，在冷凝温度为 $35\sim 45^{\circ}\text{C}$ 之间可以近似地通用。

3) 高压液体管直径

高压液体管道系指从贮液器到热力膨胀阀进口的液体管道，不包括从冷凝器到贮液器的液体管道。通常将其压力降控制在相当于饱和温度差的 $0.5\sim 1.0^{\circ}\text{C}$ 。R22液体管道的容量见下页图8-17。

第三节 制冷剂管道的设计

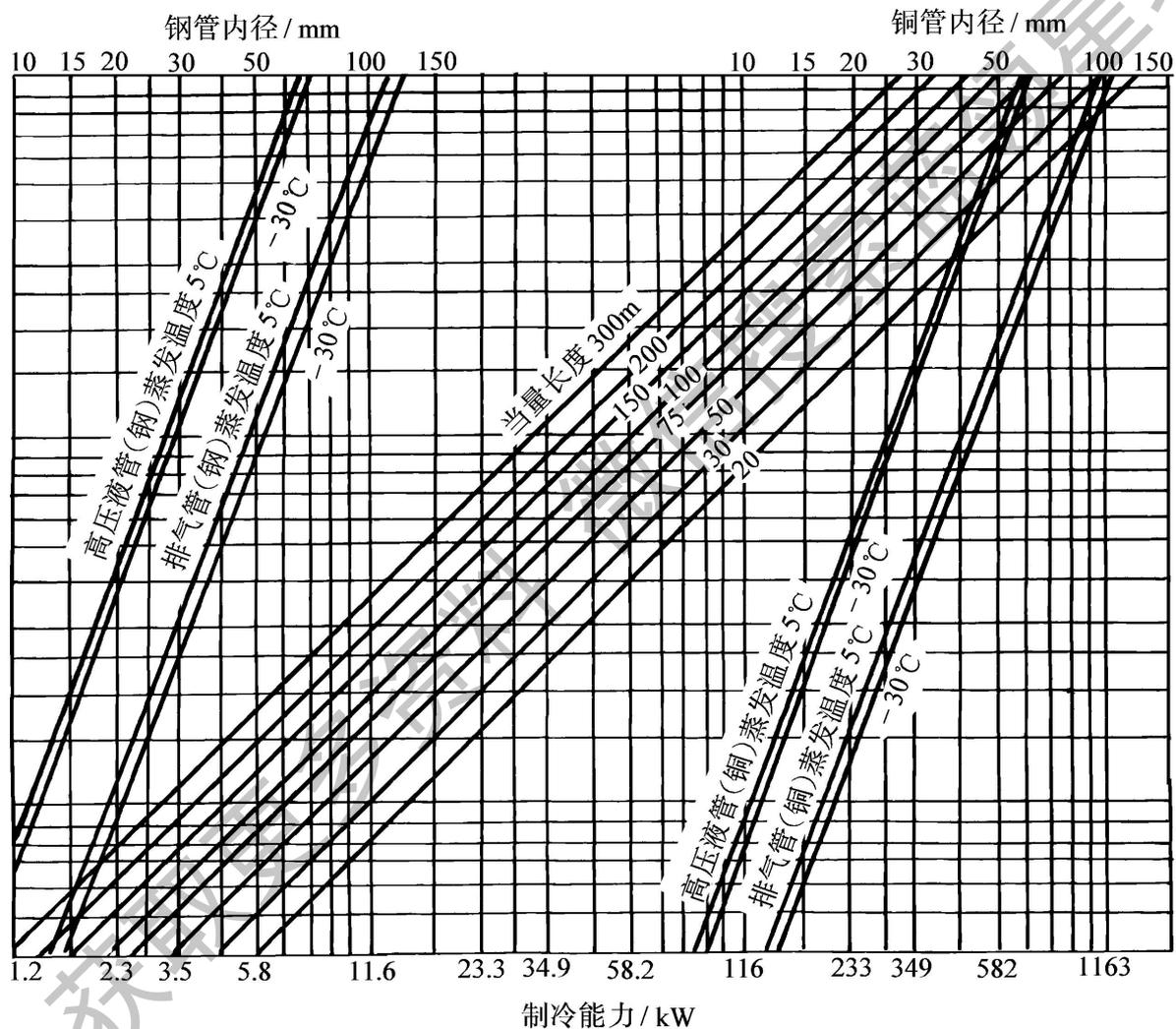


图8-17 R22排气管道与高压液体管道的容量

第三节 制冷剂管道的设计

4) 冷凝器至贮液器管道直径

从冷凝器到贮液器间的管道,当液体流速为 0.5m/s 、温度为 40°C 、蒸发温度为 -20°C 时,其管道的容量见图8-18。当冷凝器和贮液器的顶端设计有足够的气相平衡管时,则图8-18中的管道容量可以提高50%。

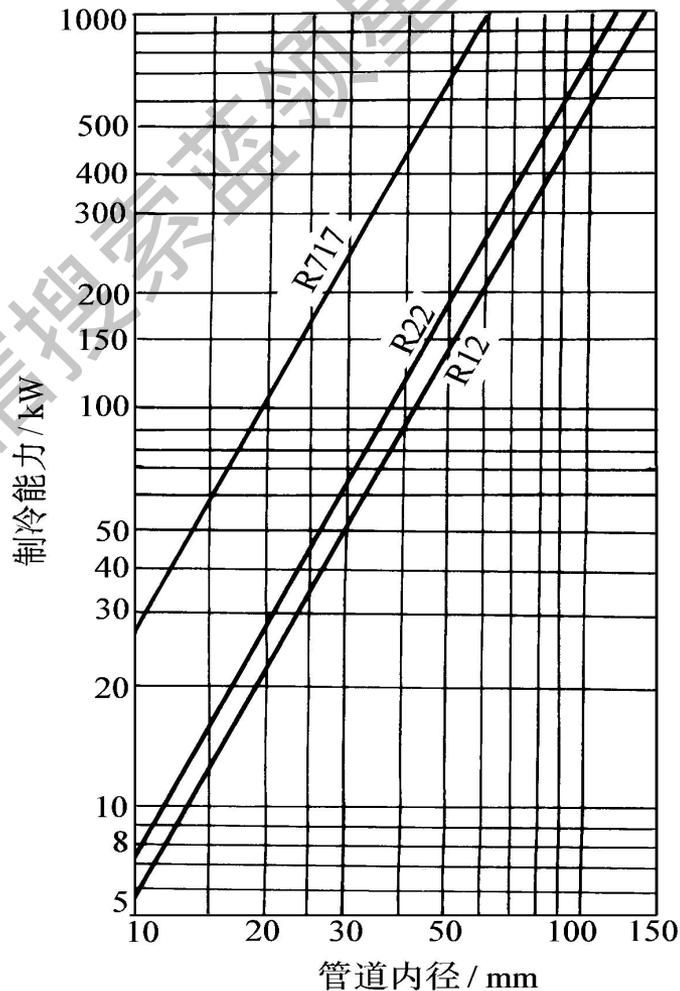


图8-18 冷凝管泄液管道的能力

第三节 制冷剂管道的设计

各个不同蒸发温度下R22的0.5~1.0℃压力降见表8-7。

表8-7 不同 t_0 下R22压降值

饱和 温度/°C	R22	
	0.5°C压力降 /KPa	1.0°C压力降 /KPa
40	20.00	40.00
10	10.90	21.80
5	9.10	18.20
0	8.60	17.20
-5	7.30	14.70
-10	6.60	13.20
-20	4.80	9.60

第三节 制冷剂管道的设计

2、氨管道管径确定

氨制冷系统管道中的压力降控制在相当于饱和冷凝温度差 0.5°C 。各饱和温度下氨 0.5°C 压力降见表8-8。按此压力降作出的氨管道计算图见图8-19。

表8-8 0.5°C 压力降

饱和温度/ $^{\circ}\text{C}$	40	10	5	0	-5	-10	-20
压力降值/ KPa	22.3	11.1	9.1	8.1	7.1	6.1	4.1

第三节 制冷剂管道的设计

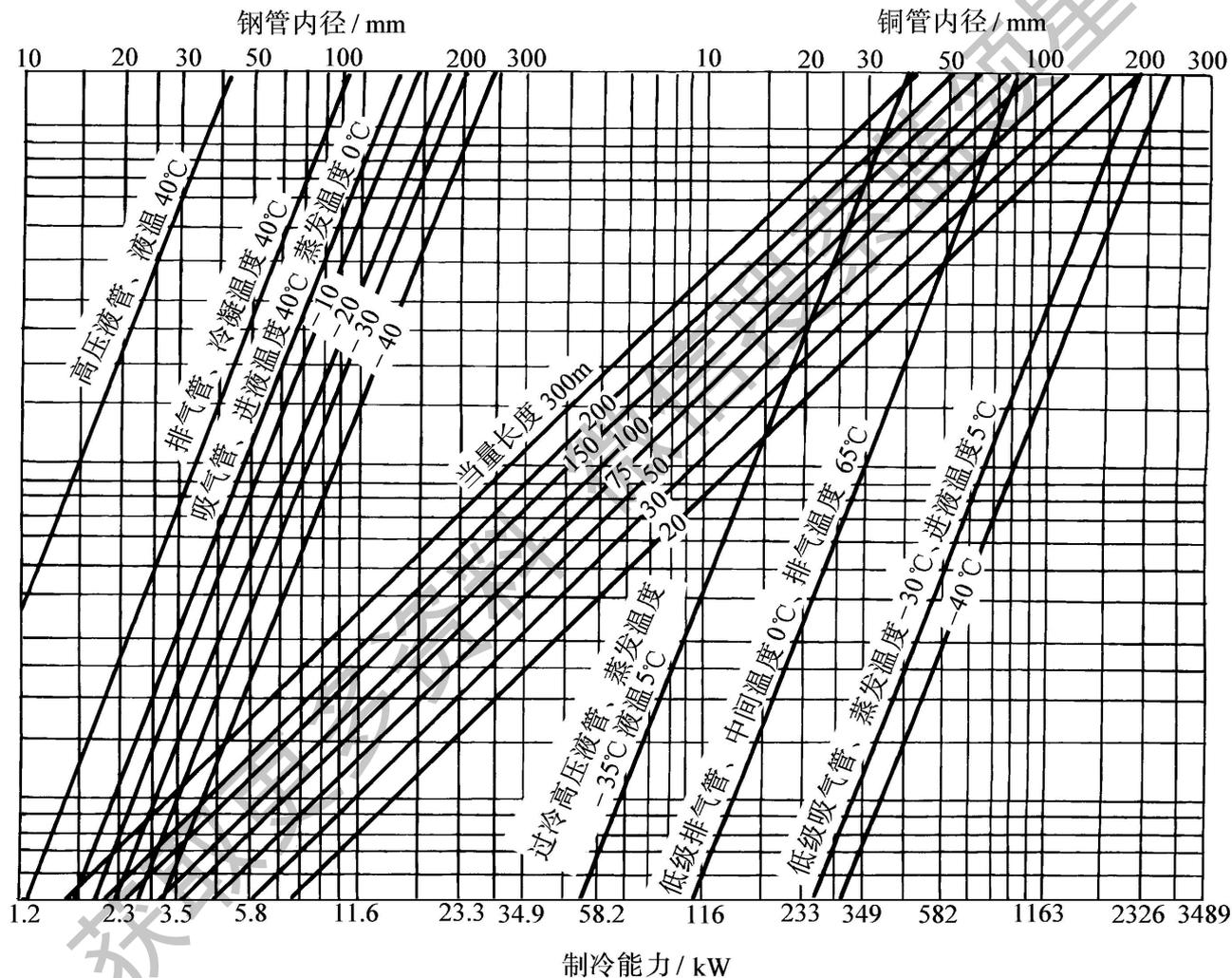


图8-19 R-717管道的能力

第三节 制冷剂管道的设计

(二) 管道的沿程压力损失计算

1、计算公式

1) 管道的沿程压力损失 ΔP_m

$$\Delta P_m = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho v^2}{2} \quad (8-1)$$

式中： λ ——沿程摩擦阻力系数；

L ——管道长度（m）；

d ——管道直径（m）；

ρ ——流体密度（ kg/m^3 ）；

v ——管道断面平均流速（ m/s ）。

摩擦阻力系数和雷诺数有关

$$\text{Re} = \frac{v d}{\nu} \quad (8-2)$$

第三节 制冷剂管道的设计

式中 ν ——流体的运动粘度, m^2/s 。

当 $\text{Re} < 2320$ 时:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (8-3)$$

当 $\text{Re} > 3000$ 时:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\text{Lg} \frac{K}{3.7d} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \quad (8-4)$$

式中 K ——管道的绝对粗糙度 (见表8-9)。

表8-9 管道的绝对粗糙度 K

管道种类	K 值/mm
新的无缝钢管或铜管	0~0.0015
新的钢管	0.05~0.10
新的铸铁管	0.26~0.30
新的镀锌钢管	0.15

第三节 制冷剂管道的设计

表8-10各种阀门和管道附件的当量直径 (L_d/dn)

阀门和管件的名称		当量直径/ L_d/dn	
阀门	球形阀 (全开)	340	
	角阀 (全开)	170	
	闸阀 (全开)	8	
	单向阀 (全开)	80	
丝扣弯头	90°	30	
	45°	14	
焊接弯头	由两段焊成45° 时	15	
	由两段焊成60° 时	30	
	由两段焊成90° 时	60	
	由三段焊成90° 时	20	
	由四段焊成90° 时	15	
变径管	管径扩大	$d / D=1/4$	30
		$d / D=1/2$	20
		$d / D=3/4$	17
	管径缩小	$d / D=1/4$	15
		$d / D=1/2$	11
		$d / D=3/4$	7

第三节 制冷剂管道的设计

2) 管道的局部压力损失 ΔP_j

$$\Delta P_j = \zeta \frac{\rho v^2}{2} = \lambda \frac{L_d}{d} \frac{\rho v^2}{2} \quad (8-5)$$

式中： ζ ——局部阻力系数；

L_d ——当量管长（m），可按表8-10确定。

3) 管道的总压力损失 ΔP

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_j = (L + L_d) \frac{\lambda}{d} \frac{\rho v^2}{2} \quad (8-6)$$

2、查图表计算方法

制冷剂管道的压力损失一般查图表确定，方法如下：

- 1) 查图确定制冷剂的循环量；
- 2) 确定管道内径、排气管的冷凝温度或吸气管的蒸发温度；
- 3) 查图确定每米当量管长的压力损失；
- 4) 计算各管段的总阻力损失；

查各种制冷剂的循环量及摩擦阻力的图见有关手册。

第四节 制冷机组

目前常用的制冷机组有压缩机-冷凝器机组，压缩式冷水和冷、热水机组，以及各种形式的空调和低温机组。所有机组的型号规格，性能参数均由制造厂提供，用户可以根据使用要求直接从样本中选择。

一、活塞式冷水机组

活塞式冷水机组由活塞式制冷压缩机、卧式壳管式（或风冷式）冷凝器、热力膨胀阀和干式蒸发器等组成，并配有自动（或手动）能量调节和自动安全保护装置。冷水机组常用的制冷剂为R22和R12。目前国产活塞式冷水机组大多采用70、100、125系列制冷压缩机组装。

第四节 制冷机组

图8-20为活塞式冷水机组的外形结构，整个制冷设备装在槽钢底架上。在安装时，用户只需在基础上固定底架，连接冷却水和冷冻水管以及电机电源即可进行调试。

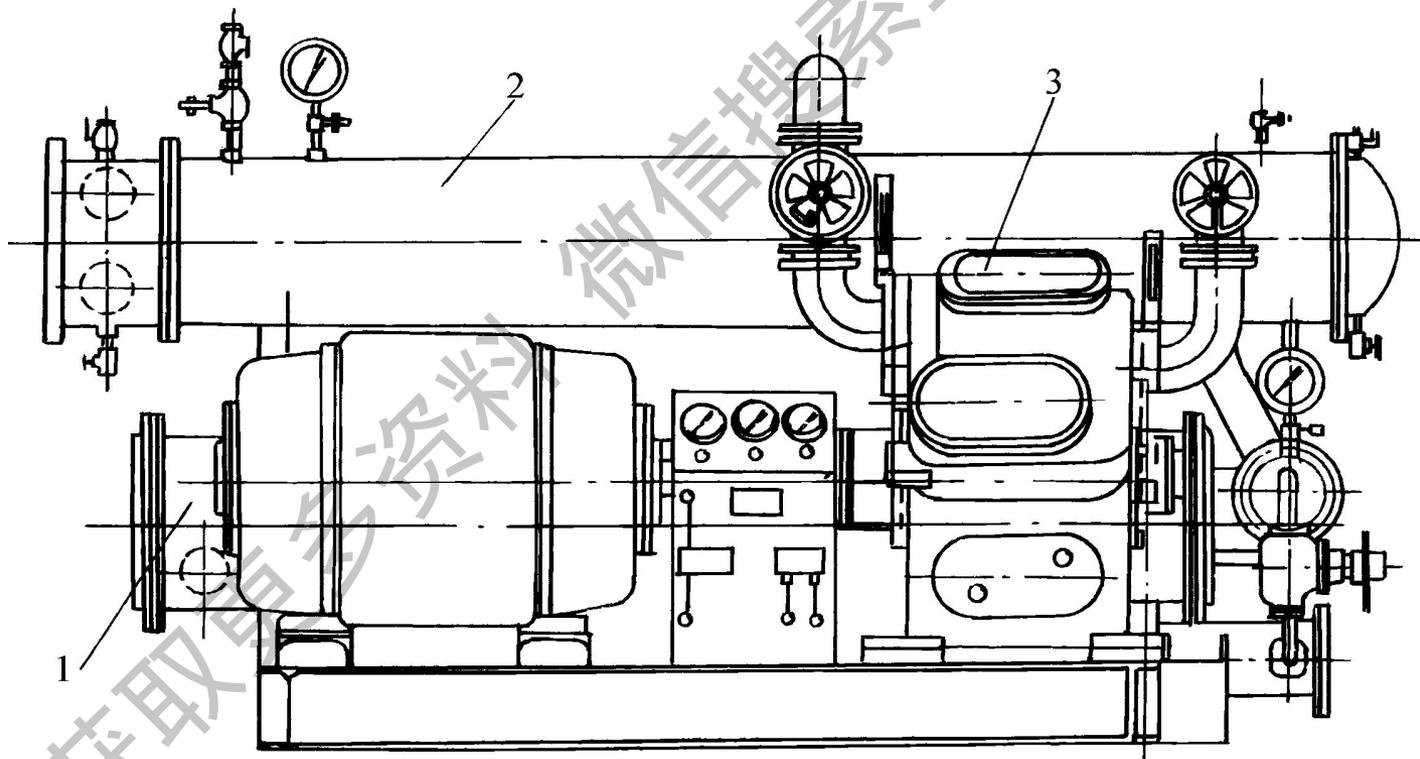


图8-20 活塞式冷水机组外形结构

第四节 制冷机组

近几年，国内外正在生产一种所谓“模块化冷水机组”（图8-21）。

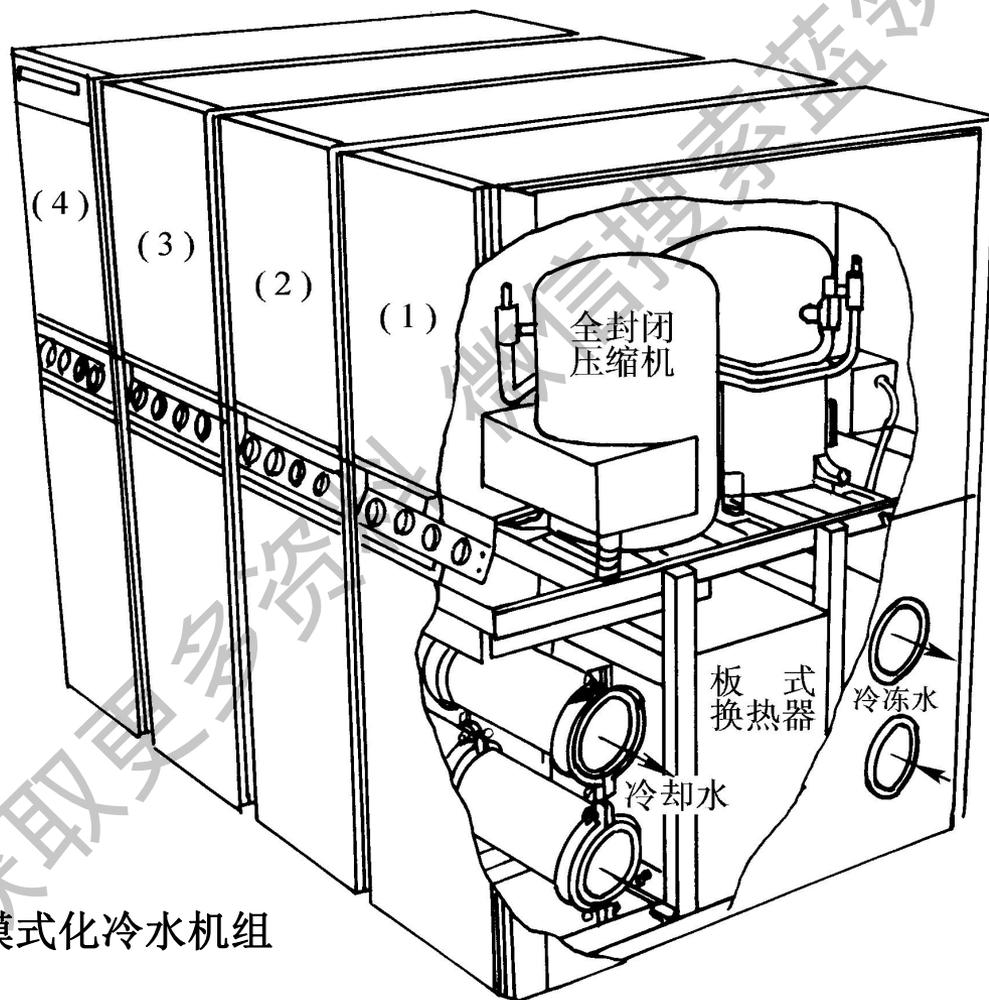


图8-21 模块化冷水机组

第四节 制冷机组

二、螺杆式冷水机组

螺杆式冷水机组是由螺杆式制冷压缩机、冷凝器、热力膨胀阀、蒸发器、油处理设备以及自控元件和仪表等组成的冷水机组（下页图8-22）。由于螺杆式制冷压缩机运行平稳，机组安装时甚至可以不装底脚螺栓，可以直接放置在具有足够强度的水平地面或楼板上。螺杆式冷水机组结构紧凑，运行平稳，冷量能进行无级调节，省能性好，易损件少，它的使用范围正日益扩大。

目前国产螺杆式冷水机组的制冷剂为R22，空调工况冷量范围在120~1200kW之间。

第四节 制冷机组

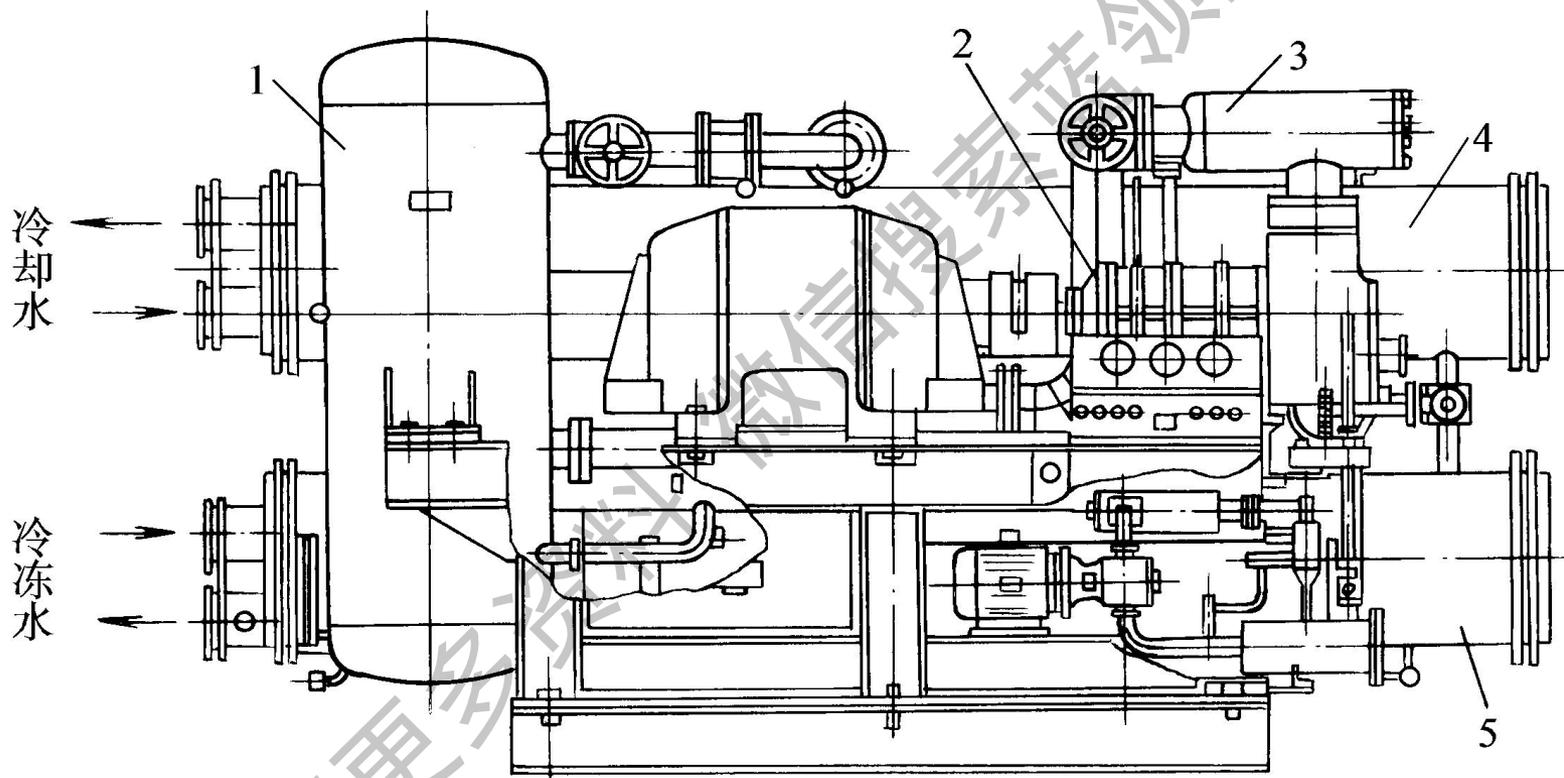


图8-22 螺杆式冷水机组

第四节 制冷机组

三、离心式冷水机组

离心式冷水机组是由离心式制冷压缩机、冷凝器、蒸发器、节流机构和调节机构以及各种控制仪表组成的整体机组。离心式冷水机组的空调工况制冷量通常在580kW以上，单机容量较大，目前世界上最大的离心式冷水机组制冷量可达35000kW。

空调用离心式冷水机组，由于压缩机运行时的压力比较小，若使用分子量较大的R11制冷剂，单级离心式压缩机即能满足运行要求。近几年，对于大容量离心式冷水机组，常用R12代替R11制冷剂，因为R12制冷剂的单位容积制冷量 q_v 远大于R11。但是，由于R12的分子量小于R11制冷剂，因此常用两级离心式压缩机。

第四节 制冷机组

图8-23为一台使用R11制冷剂的单级离心式冷水机组的流程，由图可知该机组除了装有各监控仪器外，主要有三部分组成：即制冷系统，润滑油系统和抽气回收系统。

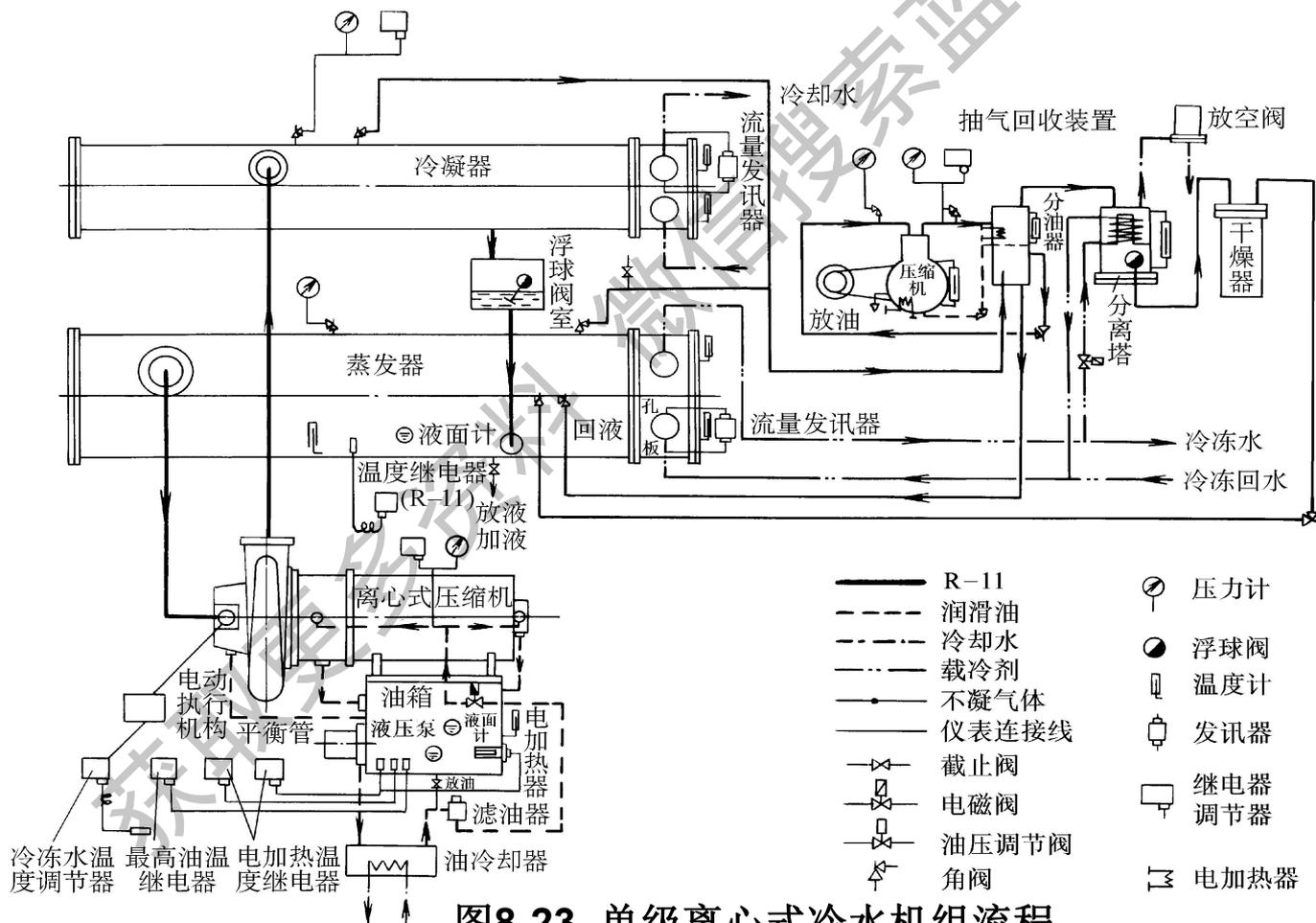


图8-23 单级离心式冷水机组流程

复习与思考题

- 8—1. 制冷压缩机的选型原则是什么？
- 8—2. 制冷机房内制冷设备布置的原则是什么？
- 8—3. 制冷剂管道阻力对制冷压缩机的吸、排气压力有什么影响？制冷系统吸、排气管的允许压力降是多少？
- 8—4. 氨制冷系统和氟利昂制冷系统的压缩机吸、排气管水平管段坡度有何不同，为什么？
- 8—5. 某厂空调系统所需冷量为744kW，要求供给8℃的冷冻水，冷却水温为27℃，试选择制冷压缩机。
- 8—6. 一台冷冻机运行时，其制冷量为17kW，所需的轴功率为7kW，机械效率 $\eta_m=0.85$ ，进入冷凝器的冷却水温度为27℃，冷却水量为3.6m³/h，求冷却水出冷凝器的温度是多少？