

制冷系统的基础知识 及常规设计参数

制冷技术研究院
李欣

获取更多资料

微信订阅号 领星球

提 纲

- 空调器的功能
- 制冷循环的基础知识
- 制冷系统的组成
- 常规的设计匹配参数
- 制冷循环的变化
- 常见制冷系统系统故障分析

空调器功能

- 降 温

在空调器设计与制造中，一般允许将温度控制在16-32℃之间。

- 升 温

热泵型与电热型空调器都有升温功能。热泵型空调器的升温能力随室外环境温度下降逐步变小，若温度在-10℃时几乎不能满足供热要求。

- **除 湿**

空调器在制冷过程中伴有除湿作用。人们感觉舒适的环境相对湿度应在40-60%左右，当相对湿度过大如在90%以上，即使温度在舒适范围内，人的感觉仍然不佳。

- **增加空气负离子浓度**

空气中带电微粒浓度大小，会影响人体舒适感。空调上安装负离子发生器可增加空气负离子浓度，使环境更舒适，同时对降低血压、抑制哮喘等方面有一定医疗效果。

• 净化空气

空气中含有一定量有害气体如 NH_3 、 SO_2 等，以及各种汗臭、体臭和浴厕臭等臭气。空调器净化方法有：换新风、过滤、利用活性炭或光触媒吸附和吸收等。

- A. **换新风**：利用风机系统将室内污浊空气往室外排，使室内形成一定程度负压，新鲜空气从四周门缝、窗缝进入室内，改善室内空气质量。
- B. **光触媒**：在光的照射下可以再生，将吸附（收）的氨气、尼古丁、醋酸、硫化氢等有害物质释放掉，可重新使用。

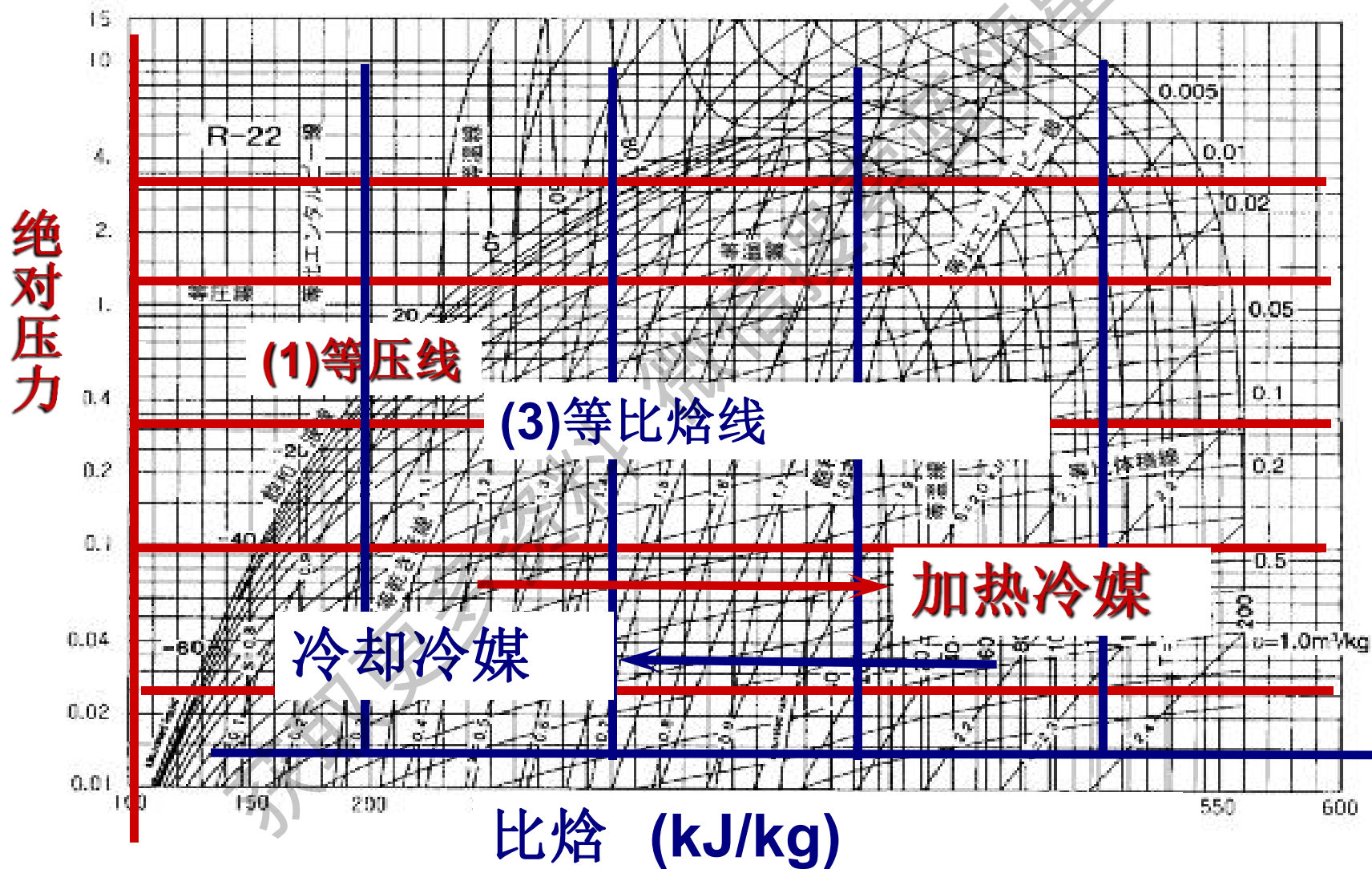
制冷循环的基础知识

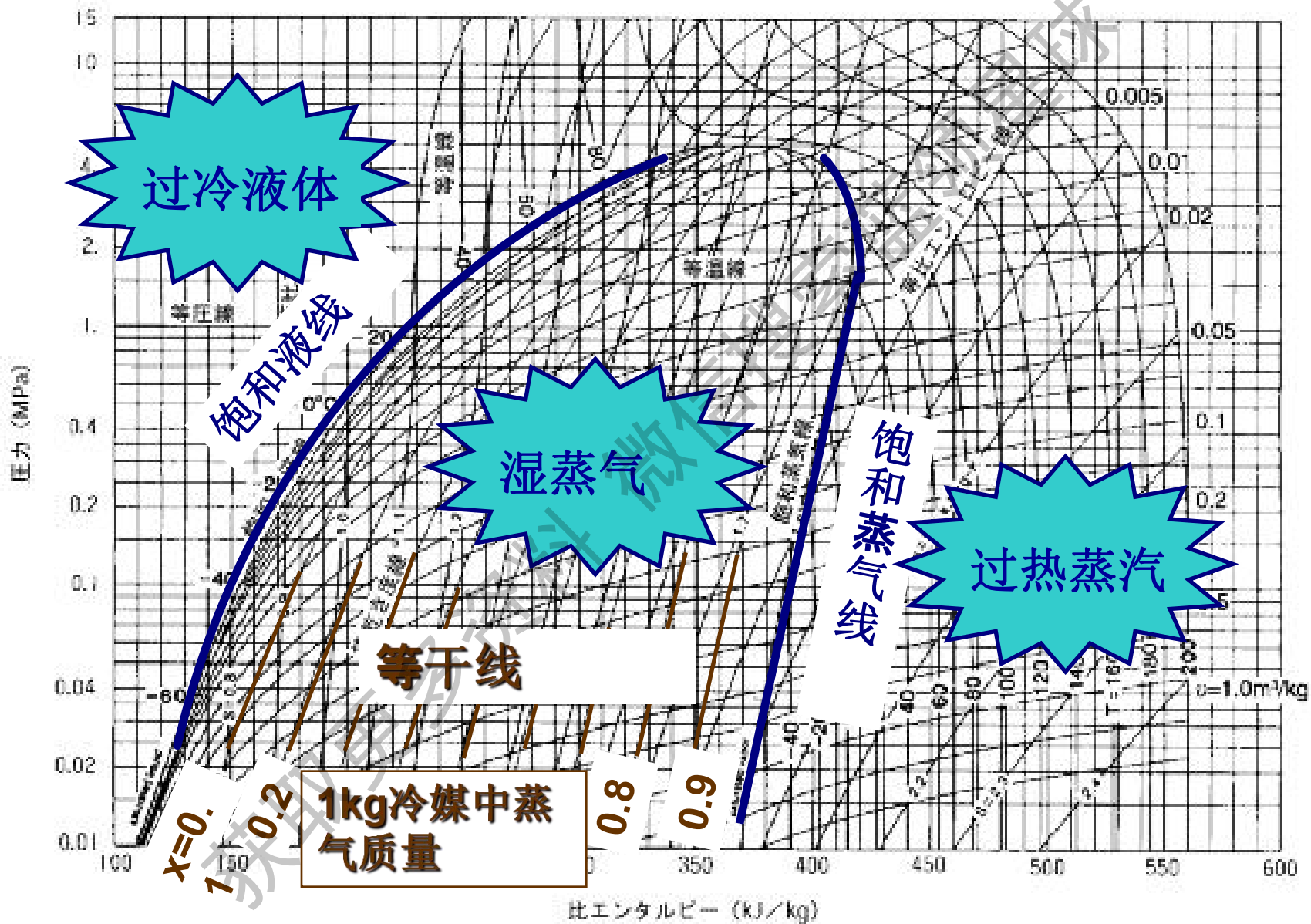
在制冷方法上，现在应用最多的是蒸气压缩式制冷法，即利用液体的汽化热进行制冷的办法。在蒸发器内冷媒从被冷却物吸收热量，变成蒸气，从而产生了冷却效果。蒸发形成的蒸气被压缩机入，压缩成为高温高压的过热蒸气，然后流进冷凝器。在冷凝器中被空气或冷却水冷却，冷凝液化，然后通过节流装置节流，压力降低，然后再次进入蒸发器蒸发，冷却被冷却物。

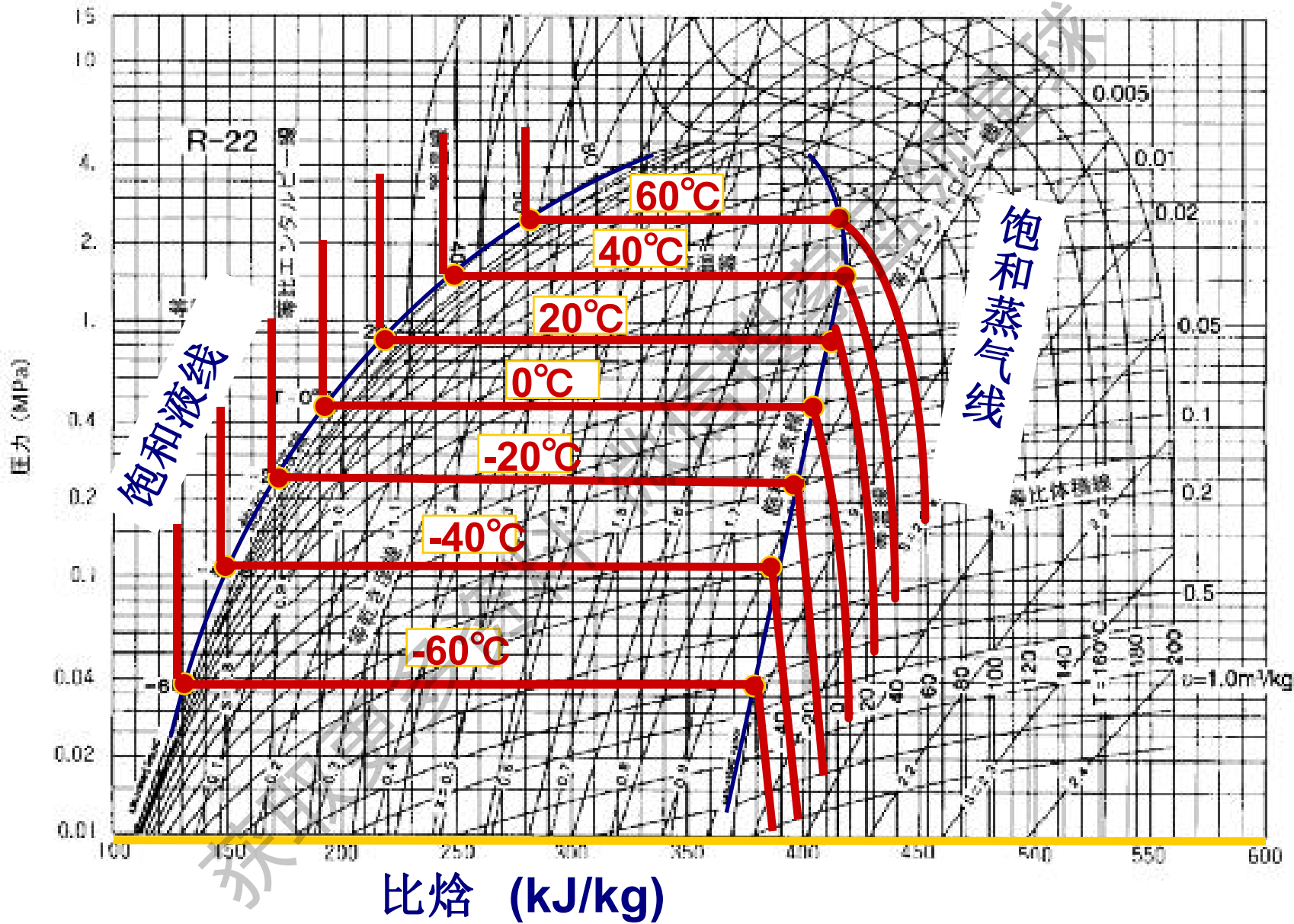
压-焓图 (lgP-h)

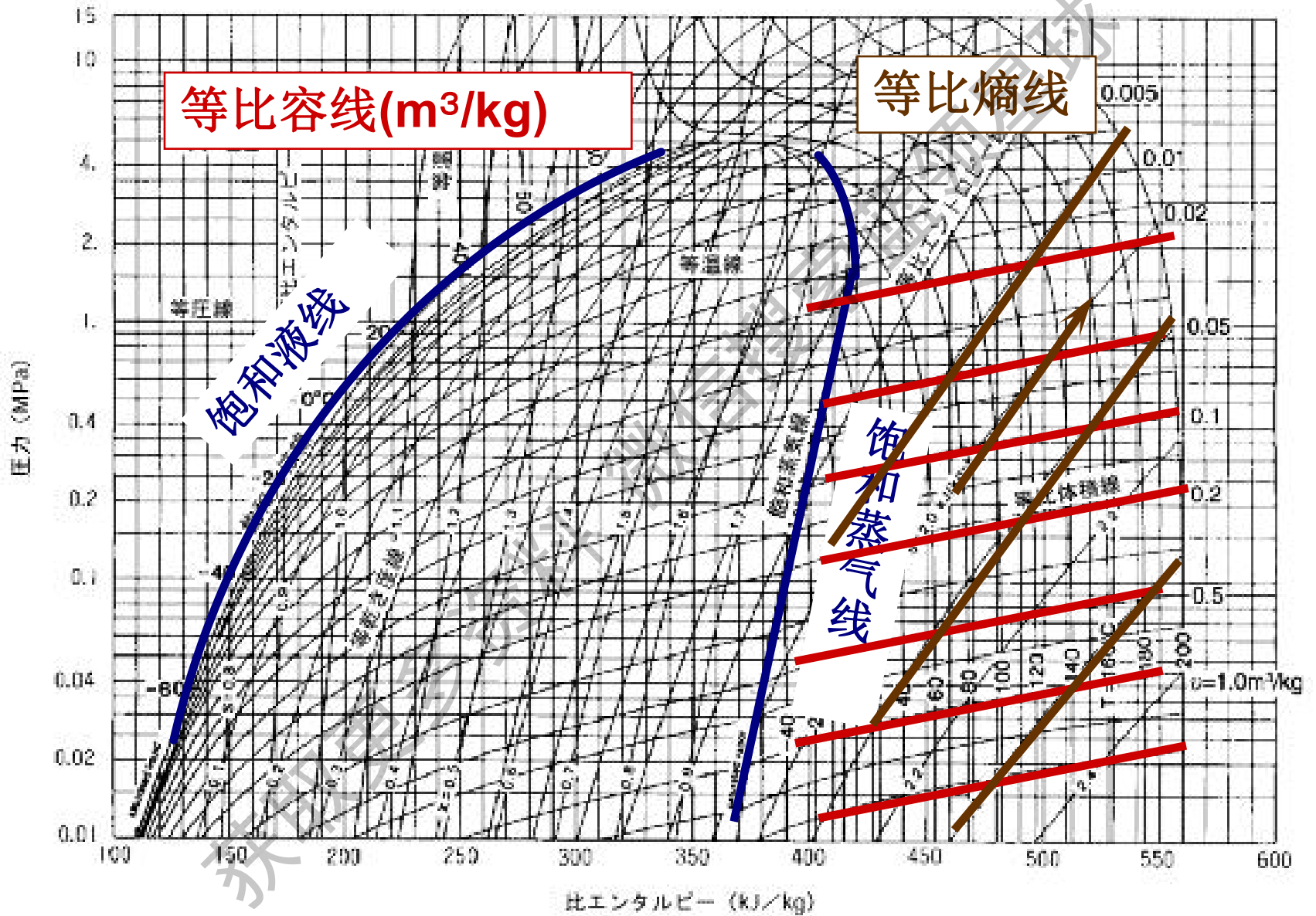
压焓图 (lgp-h图) 表示了冷媒的热力学性质 (压力、温度、热量等)。利用p-h图进行热计算, 可以制冷系统的制冷能力, 冷凝热量等。另外, 通过读取压焓图可以了解制冷装置的运行状态。lgp-h图, 纵座标表示压力, 横座标表示比焓, 由以下一些参数组成: 等压线、等温线、等比焓线、等比熵线、饱和温度线、饱和蒸气线、饱和液线、等干度线, 等比容线。

压-焓图 (lgP-h)









制冷系统的组成

公司的主要产品空调器和抽湿机基本结构都是由**制冷（制热）系统**，空气循环系统、电气控制系统、壳体以及保温隔音棉辅助部件等几大部件组成。

制冷（制热）系统

结构：

完成制冷循环的四个关键部件：**压缩机、冷凝器、毛细管、蒸发器**，是每种空调器所共有的。具体由压缩机、消音器、电磁四通阀、冷凝器、过滤器、毛细管、阀门、管接头和接管螺母、分流器、汽液分离器、管路等组成。

制冷系统的组成

1. 压缩机

一般分为旋转式，往复式和涡旋式压缩机，都是利用内部机构容积的改变来实现制冷剂气体的压缩过程。而旋转式压缩机具有无吸气阀，吸气管直通压缩室，向上排气等一系列特点，所以具有气流阻力小，机械损失少，吸气过热低等优点，所以在空调器上得到广泛应用。

制冷系统的组成

2. 热交换器

蒸发器和冷凝器统称为热交换器，在空调器中是用来使制冷剂与空气进行热交换的装置。热交换器是将肋片串在紫铜管上胀紧而成，通过增加换热面积来增加换热量。若肋片碰扁或氧化、脏时，将增大风阻减小换热面积，所以生产中应注意控制肋片清洁平整。肋片材料为铝箔，其形状有平片、波纹片和冲缝片，空调器用的换热器中最常用的是冲缝片。

近年采用亲水膜涂层的铝箔作翅片，使空气中水分在换热器中冷凝成水分成膜状流下，不会形成“水桥”，从而加大循环风量；并有较好的抗腐蚀性能。换热器铜管也采用内螺纹管加大内表面面积，强化传热效果。

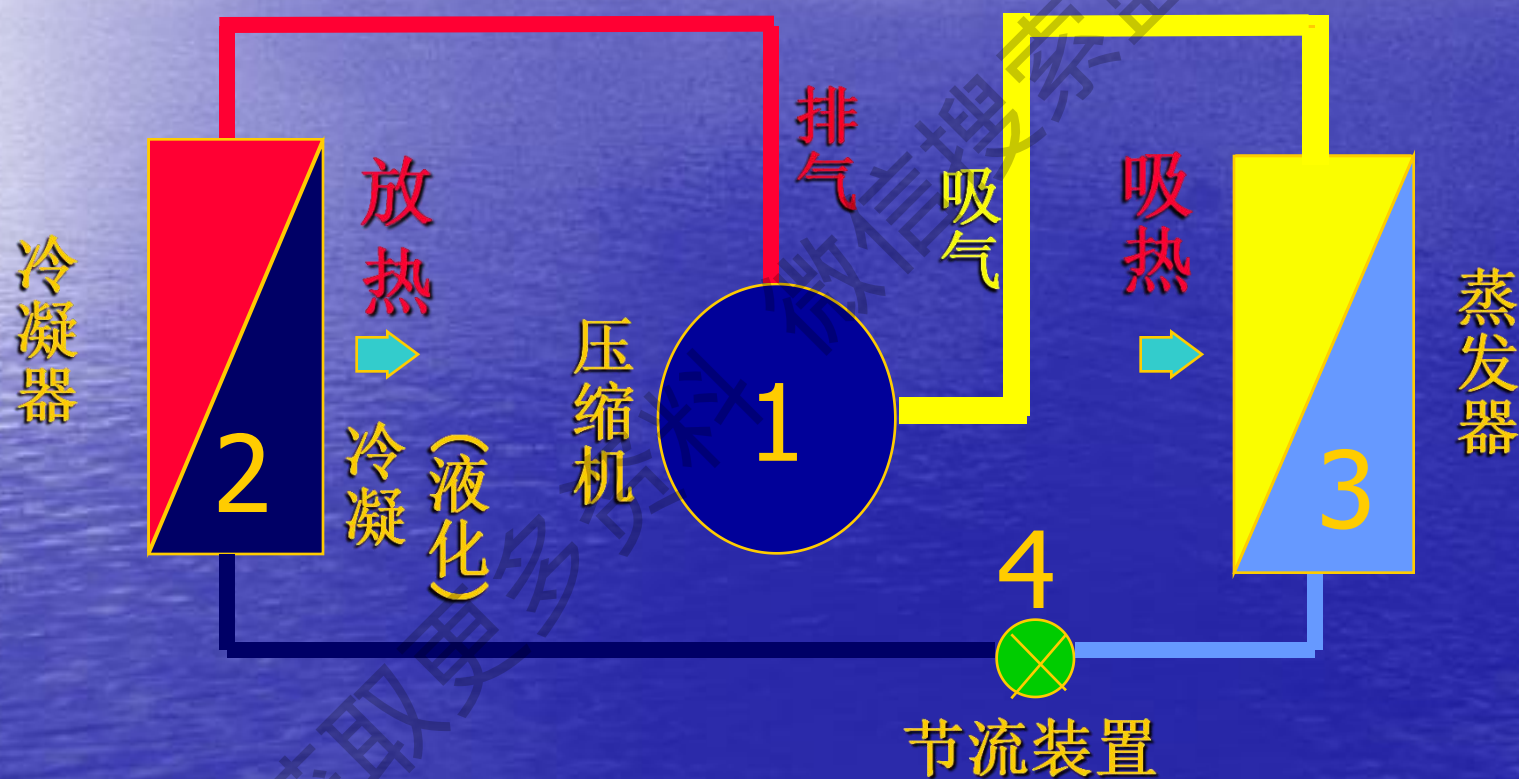
制冷系统的组成

3. 节流装置（毛细管）

节流装置的作用是降低液体制冷剂的压力和温度，调节进入蒸发器制冷剂流量。在空调器中通常采用电磁阀和毛细管，而以毛细管使用最为广泛。

毛细管是一根内径0.5-2.0mm，长度0.5-2m的紫铜管。在特定的工况下，毛细管与制冷系统匹配，使制冷装置的工作状态达到最佳。当压缩机停机后，系统内高、低压力能通过毛细管迅速达到平衡，有利于压缩机的再次启动。毛细管对制冷系统工况变化适应性差，不能使各种工作状态都处于最佳。当环境温度、制冷剂充入量或室内外机配置等改变时，空调的运行效果不能很好保证。另外毛细管内径小易被脏物或水分堵塞，因此使用毛细管的制冷系统必须保证内部清洁、干燥、不能被氧化，并在毛细管前使用过滤器。

制冷系统简图



制冷系统的组成

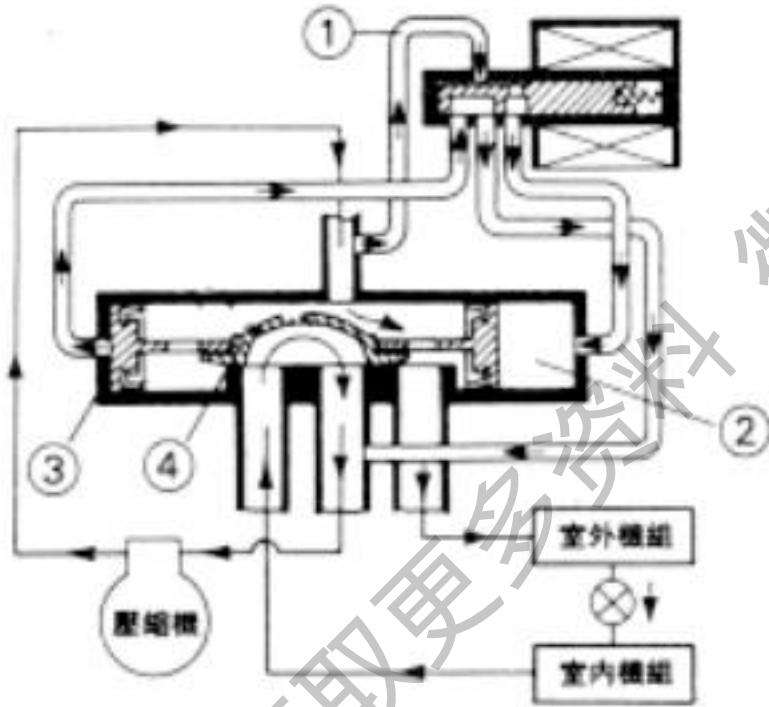
- 四通阀

电磁式四通阀是热泵型空调系统的重要器件，它采用四通先导阀控制主阀，具有换向可靠的特点，它能瞬时换向并可在最小压差下动作，使经过四通阀的压降和泄漏减到最小。

四通阀由三部分组成：先导阀、主阀和电磁线圈。这种四通阀动作的显著特点就是通过启动先导阀，控制四通阀的换向。

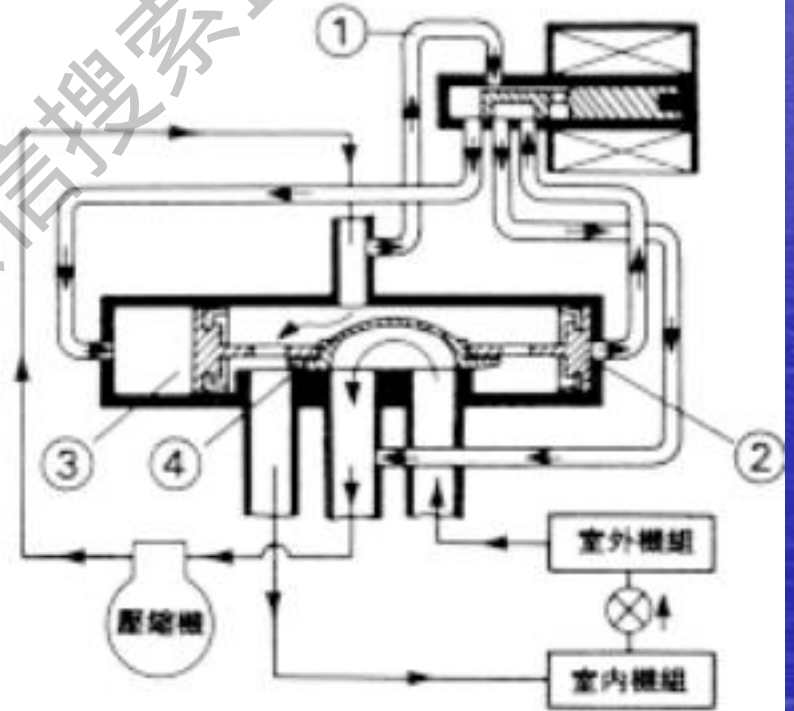
四通阀结构图

斷電狀態



圖(I) 制冷循環

通電狀態



圖(II) 制熱循環

四通阀结构图

1. 当电磁线圈处于断电状态，如图(1)先导阀左移，高压流体进入毛细管①再流入活塞腔②，另一方面，活塞腔③流体排出，活塞及滑阀④左移。形成制冷循环。
2. 当电磁线圈处于通电状态，如图(2)先导阀右移，高压流体进入活塞腔③，另一方面，活塞腔②流体排出，活塞及滑阀④右移。形成制热循环。

[热泵型空调器的工作过程.exe](#)

制冷循环和p-h图

冷媒通过反复的蒸发、压缩、冷凝、膨胀，将蒸发器吸收的热量通过冷凝器排到大气或冷却水中，从而将热量由低温部传到高温部。将这种冷媒流动一周称为制冷循环。

制冷循环通常不是一成不变的，随蒸发温度和冷凝温度的不同而产生较大变化。下图将制冷循环冷媒状态变化与压-焓图联系起来：

制冷循环和p-h图

- 压缩过程

压缩机压缩冷媒蒸气时,蒸气压力增大,同时温度升高。假如压缩过程中不对外散热,冷媒蒸气具有的能量比压缩前多增加了压缩功。把这种压缩称为绝热压缩。在理想的制冷循环中压缩是当作绝热压缩处理的。在压-焓图上沿等熵线变化。

制冷循环和p-h图

- 冷凝过程

压缩过程中成高温高压状态的冷媒气流进冷凝器，在此被空气或水冷却，放出冷凝热，变成液体。冷凝器所放出的热量包括冷媒在蒸发器内吸收的蒸发热和压缩机的压缩功。即冷凝热 F_k (KW) 等于制冷量（蒸发器内吸收的热量） F_0 (KW) 加上压缩机所需动力 P (KW)

制冷循环和p-h图

- 节流过程（膨胀过程）

膨胀过程就是在上述冷凝过程中被液化的高压冷媒输送到蒸发器之前的行程。在这一行程中需要降低冷媒压力。这个过程称为调压膨胀。膨胀阀、毛细管起这种作用。膨胀阀的膨胀过程是不可逆变化，冷媒不做任何功，也没有热量进出，所以也被称为绝热膨胀（几乎是等焓的）。此时压力、容积、温度变化较大。

制冷循环和p-h图

- 蒸发过程

蒸发器通过低温冷媒蒸发而起到冷却作用。因此，从膨胀阀输送过来的冷媒量、从外部进入蒸发器的热量及压缩机吸入量三者取得平衡后，即进入稳定运行状态。如果由外部吸收的热量较少，这时冷媒的蒸发量减少，压缩机的吸气压力下降。压力一变低，则吸入的冷媒蒸气比容变大，进入压缩机的冷媒质量减少。所以，制冷负荷（必要的冷冻能力）一变小，低压压力自动下降，压缩机能力（必需的压缩动力）也相应减少，于是在新的状态下重新取得平衡。

压力(Mpa)

高压常温过冷液

过冷度 约
5~7°C

冷凝器

放热

制冷剂

P_c

膨胀阀

降压

膨胀过程

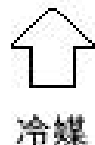
冷凝过程

(蒸发行程)

蒸发过程

压缩过程

等熵线



冷媒

高压高温气体

P_e

低压低温液

蒸发器

吸热

低压低温气体

过热度约5~7°C

压缩机

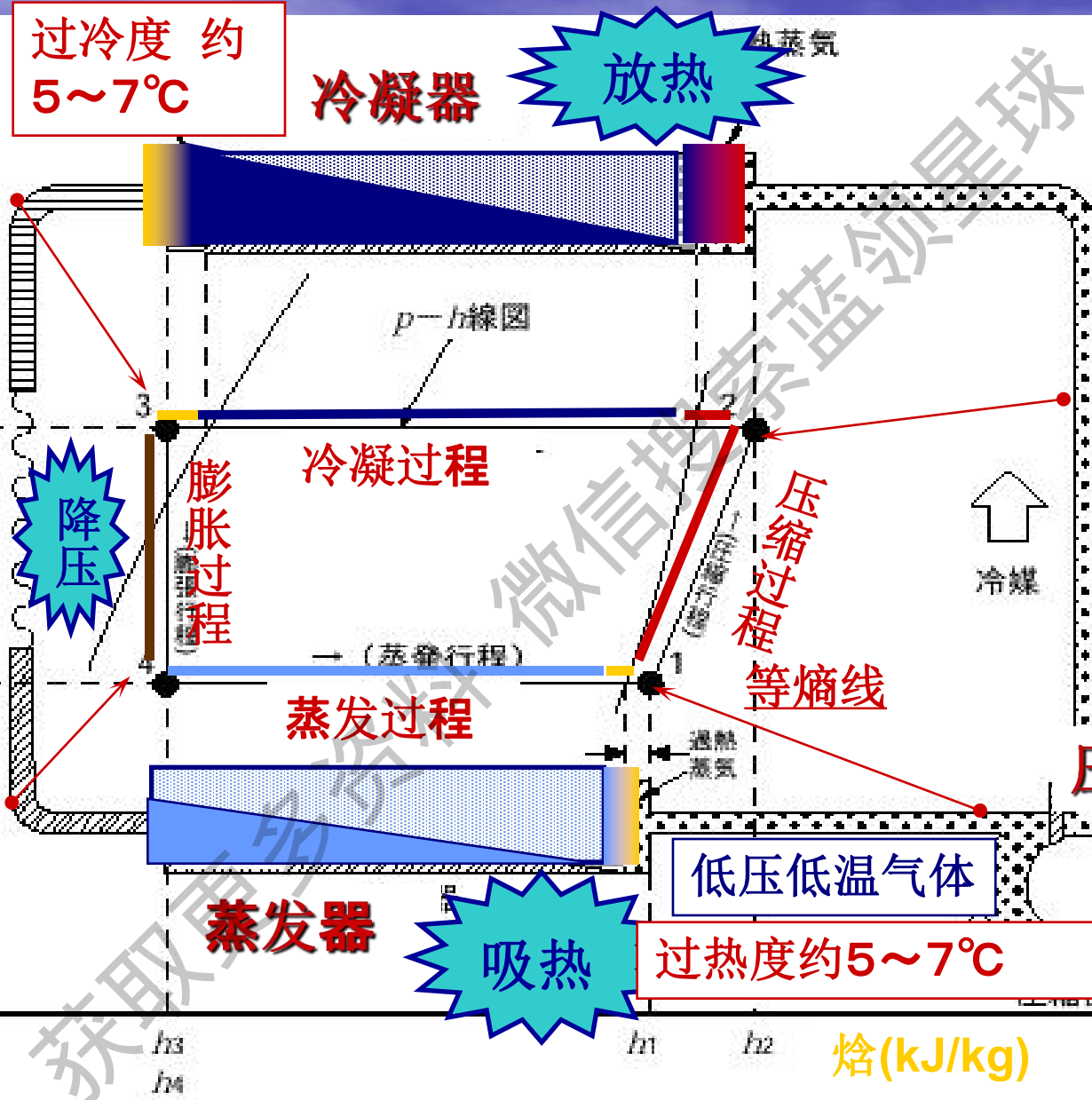
h_3
 h_4

h_1

h_2

焓(kJ/kg)

1)



常规的设计匹配参数

制冷（制热）量是空调器最基本的性能指标，是空调器具有使用值的基本依据，在系统性能匹配有着重要的意义。其它参数的设定都是围绕着提高制冷（制热）量进行的。

制冷工况

- GB标准条件

室内:干球温度:27°C,湿球温度:19°C

室外:干球温度:35°C,湿球温度:24°C

- 排气温度

参考值:82°C~90°C

对策:高于参考值,毛细管减短,加冷媒;

低于参考值,毛细管加长,放冷媒

制冷工况

- 冷凝温度

参考值： $43^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$

冷凝器出口温度比中部温度低 $-5^{\circ}\text{C}\sim -10^{\circ}\text{C}$ 左右为目标值,但是因室外温度是 35°C ,冷凝器出口温度最低为 $37^{\circ}\text{C}\sim 38^{\circ}\text{C}$ 。(若接近 35°C ,则冷凝器无法进行热交换)

对策:

高于目标值,毛细管减短,室外风量增加,冷凝器加大

低于目标值,毛细管加长,追加冷媒

制冷工况

- 蒸发温度

参考值： $6^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，一般整体式、柜式和吸顶式等偏低，挂壁式偏高

蒸发器中部温度与出口温度温差为 $1^{\circ}\text{C}\sim 6^{\circ}\text{C}$ ，温差过大蒸发器没有有效使用,能力降低。

对策：温差过大，毛细管减短，追加冷媒；

温差过小，毛细管加长，减少冷媒，室内风量增加，蒸发器加大；

制冷工况

- 吸汽温度:

参考值: $6\sim 15^{\circ}\text{C}$

对策: 高于目标值, 毛细管减短, 加冷媒;
低于目标值, 毛细管加长, 放冷媒。

- 排气压力:

参考值: $1.6\sim 2.1\text{Mpa}$, 整体式偏高, 高能效比机
偏低

- 吸汽压力:

参考值: $0.45\sim 0.6\text{Mpa}$, 高能效比机偏高

制热工况

- GB标准条件

室内:干球温度: 7°C ,湿球温度: 6°C

室外:干球温度: 20°C ,湿球温度: 15°C

- 排气温度

参考值: $85^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$

对策:高于参考值,毛细管减短,加冷媒;

低于参考值,毛细管加长,放冷媒

制热工况

- 冷凝温度（室内机）

参考值：中间温度是 $45^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ，冷凝器出口温度比中间温度低 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 左右

对策：高于目标值，毛细管减短，室内风量增加，冷凝器加大

低于目标值，毛细管加长，室内风量减小，冷凝器减小，追加冷媒

制热工况

- 吸气温度-蒸发器出口温度

参考值： $0^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$

吸气温度过高，会引起排气温度上升；

反之，吸气温度低于蒸发器出口温度，则说明液态冷媒没有在蒸发器中充分蒸发，能力下降；

对策：高于目标值，毛细管减短，加冷媒；

低于目标值，毛细管加长，放冷媒。

制冷循环的变化

影响空调系统性能的因素有：

- 冷凝温度（高压）
- 蒸发温度（低压）
- 过冷度
- 吸气温度
- 热交换和压力损失

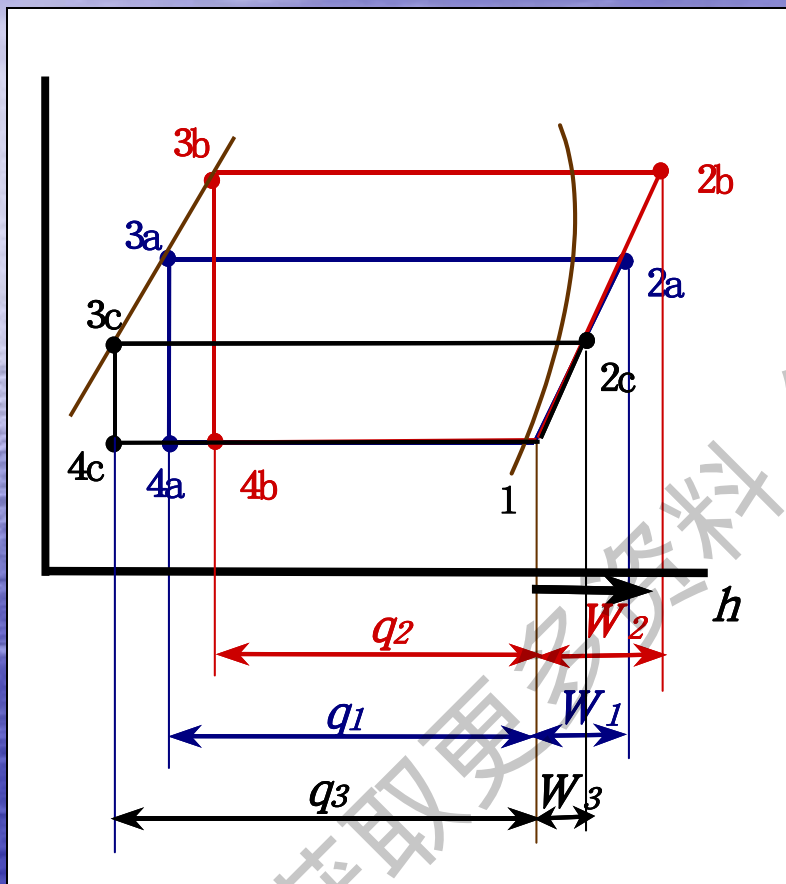
冷凝温度（高压）变化

冷凝器放热性能好,在环境温度一定的情况下同环境温度的温差较少,就会在冷凝温度较低(高压较低)的状态下取得平衡。

决定放热量多少的主要因素有:

- 室外温度（水冷时指水温）
- 冷凝器冷凝能力（传热面积、风量及其他）

冷凝温度（高压）变化



a. 表示在标准冷凝温度下的制冷循环

能效比为 $\varepsilon_1 = q_1 / W_1$

b. 表示冷凝温度较高的制冷循环

能效比为 $\varepsilon_2 = q_2 / W_2$

c. 表示冷凝温度较低的制冷循环

能效比为 $\varepsilon_3 = q_3 / W_3$

$$\varepsilon_3 > \varepsilon_1 > \varepsilon_2$$

高压升高的原因

环境

温度高

辐射

室外风机

电机故障

风量少

高压升高

面积少

积有脏物

迎风面(正面)

风速低

分液管路数不足

流速慢

由于过度灌注

有效冷凝器面积少

冷凝器热效率

冷媒灌注

微信搜索 蓝领星球
获取更多资料

高压压力控制

- 防止异常高压

采用高压压力开关作为安全保护装置。

- 防止高压下降

在冬季时高压过低，压缩比会变小，膨胀阀等调节装置有时会出现开度调节不良。

相应措施

1. 调整冷凝器风扇速度（开或关）、自动调节速度；
2. 设置冷凝压力调节阀；

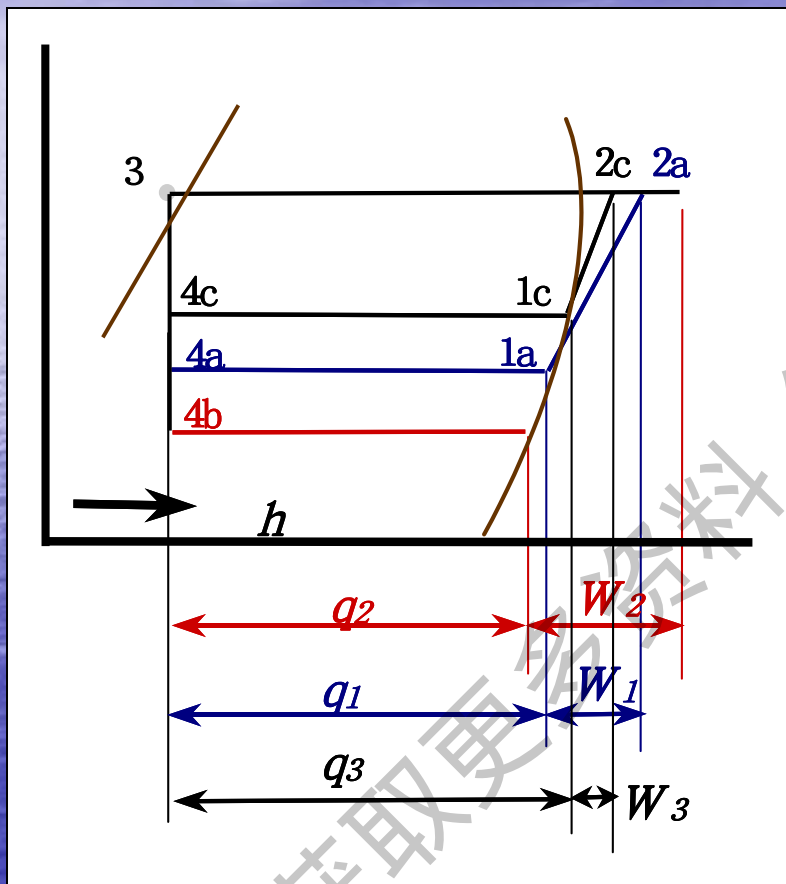
蒸发温度（低压）变化

蒸发器性能好,在环境温度一定的情况下同环境温度的温差较少,就可在蒸发温度较高(低压较高)的状态下取得平衡。

决定吸热量的主要因素有:

- 室内温度（吸入空气温度）
- 蒸发器冷却能力（传热面积、风量及其他）

冷凝温度（低压）变化



a. 表示标准蒸发温度的制冷循环

能效比为 $\epsilon_1 = q_1 / W_1$

b. 表示蒸发温度较低的制冷循环

能效比为 $\epsilon_2 = q_2 / W_2$

c. 表示蒸发温度较高的制冷循环

能效比为 $\epsilon_3 = q_3 / W_3$

$$\epsilon_3 > \epsilon_1 > \epsilon_2$$

冷凝温度（低压）变化

冷凝温度一定，蒸发温度下降对循环的影响：

- 能效比下降
- 压缩机吸气比容增大
- 冷媒流量减少，制冷能力下降
- 热交换器翅片表面温度低，结霜，冷却能力进一步下降

但是，在超过压缩机使用范围的蒸发温度下运行，会使压缩机增加过大负荷，成为超负荷运转。这常常会引起压缩机故障。这点应引起注意。

低压下降的主要原因

环境

温度低

室内风机

风量少

电机故障

低压下降

流速慢

过热度大

积有脏物

结霜

冷媒泄漏

膨胀阀调节不良

分液管路数不足

面积少

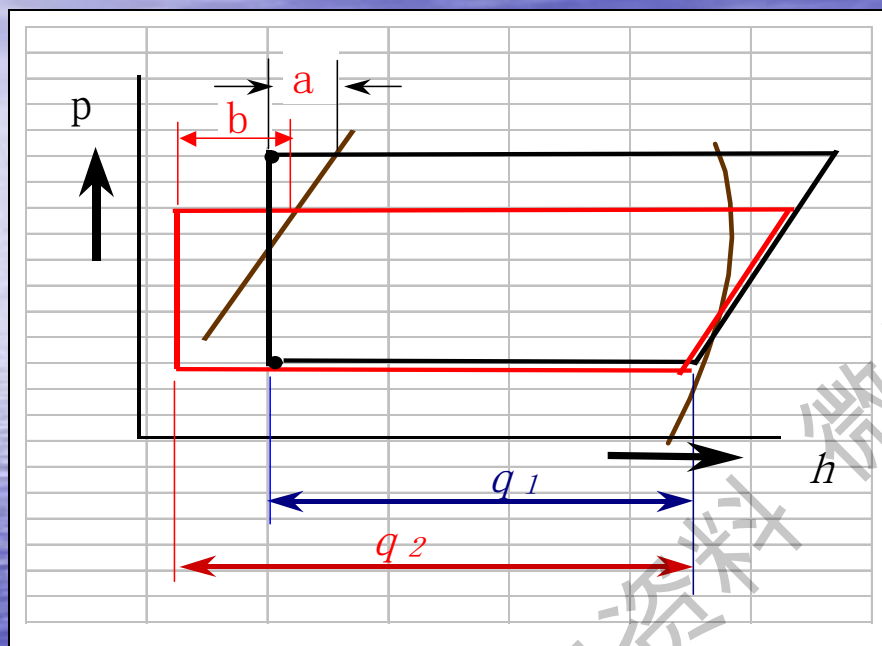
迎风面(正面)
风速低

冷媒灌注量不足

蒸发器热效率

调节装置调整能力不良

过冷度影响



过冷度的影响

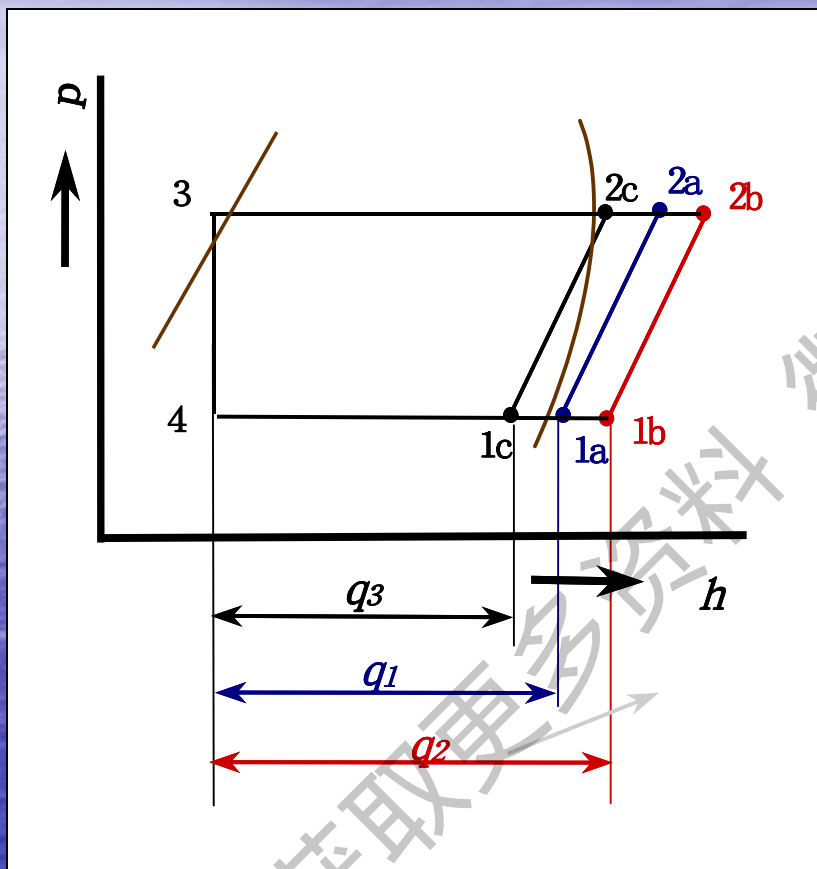
过冷度受灌注于系统内的
冷媒量多少控制着

a. 表示标准蒸发温度的制冷循环，过冷度为 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$

冷凝器出管由于吸热，使冷媒得不到过冷却，在进入膨胀阀等调节装置前成为湿蒸发，产生瞬间泡沫，使运行状态不稳定，冷却能力得不到发挥。

b. 冷却冷凝器出口冷媒液过冷度大，制冷效果增大，能效比提高。

吸气温度的影响



- 为稳定和有效地利用蒸发器的传热面积，将吸气温度提高到比饱和蒸气温度稍稍过热的状态
- 吸气温度处于过热状态温度时，压缩机排气温度升高，是造成压缩机寿命缩减的主要原因
- 吸气处于湿气状态，冷媒流入压缩机形成液体压缩，是造成阀等损坏的主要原因

吸气温度的影响

为了使系统达到合适的吸气温度，必须要正确选定冷媒灌注量、膨胀阀等调节装置的容量。

出现湿蒸发的主要原因有：

- 膨胀阀选型过大，液体过度流动
- 蒸发器翅片表面着霜，蒸发器换热能力下降，冷媒在蒸发器内还未完全蒸发就被吸入压缩机

热交换和压力损失的影响

1. 吸气管道

吸入管道中的热交换和压损直接影响到压缩机的吸入状态。吸气压损使得吸气比容增大、压缩机的压缩比增大、单位容积制冷量减少，压缩机输气系数降低、比功增大、制冷系数下降。

2. 排气管道

压缩机的排气温度一般均高于环境温度，向环境空气传热能减少冷凝器热负荷。管道中的压力降增加了压缩机的排气压力及比功，使得输气系数降低、制冷系数下降。

热交换和压力损失的影响

3. 冷凝器

假定出冷凝器时制冷剂的压力不变，为了克服冷凝器中的流动阻力，必须提高进冷凝器时制冷剂的压力，必然导致压缩机排气压力升高，压缩比增大，压缩机耗电增大，制冷系数下降。在冷凝器内因冷媒液化，压力损失较小。

4. 冷凝器到节流装置之间的液体管道

热量通常由液体制冷剂传给周围空气，产生过冷效应，使制冷量增大。管路中的压力降会引起部分液体汽化，导致制冷量的降低。引起管路中压力降的主要因素，并不在于流体与管壁之间的摩擦，而是在于液体流动高度的变化。因此希望出冷凝器的制冷剂液体带有一定的过冷度，避免因位差而出现汽化现象。

热交换和压力损失的影响

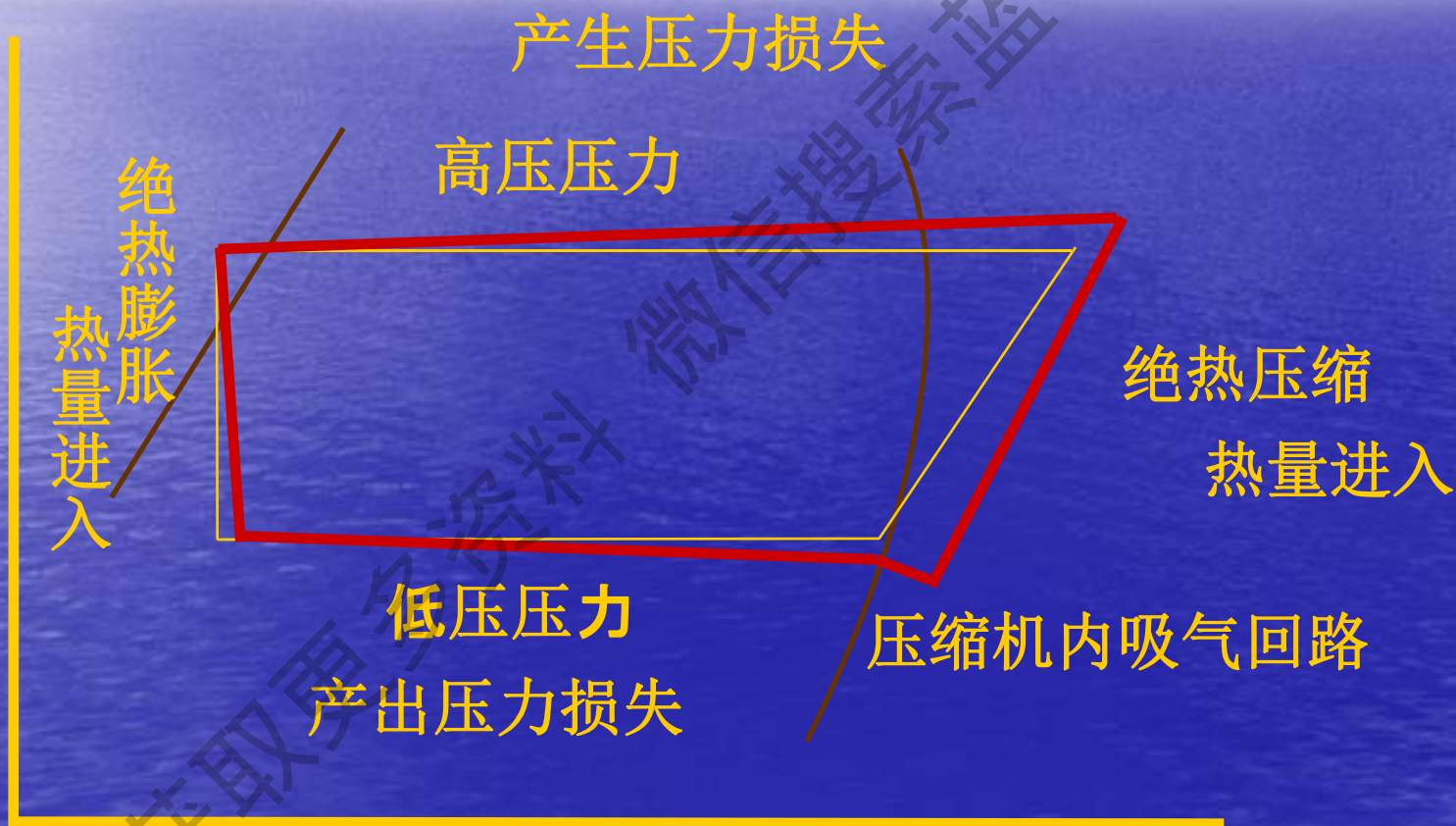
5. 节流装置到蒸发器之间的管道

热交换使制冷量减少。管道中的压损对性能没有影响。因为对于给定的蒸发温度，制冷剂进入蒸发器之前的压力，必须降到相应的蒸发压力。压力的降低无论是发生在节流机构本身，还是发生在管路中，没有区别。

6. 蒸发器

如果假定不改变制冷剂出蒸发器时的状态，为了克服蒸发器中的流动阻力，必须提高制冷剂进蒸发器时的压力(温度)，从而提高了蒸发过程中的平均蒸发温度，使传热温差减小，蒸发器换热减少；如果假定不改变蒸发过程中的平均温度，则出蒸发器时制冷剂的压力应稍有降低，吸气比容增大，压缩比增高，它们将导致制冷量减少，制冷系数下降。

热交换和压力损失的影响



常见制冷系统系统故障分析

- 系统的各部分压力及其变化情况

在标况下制冷，冷凝压力为 19Kg/cm^2 左右，蒸发压力为 5 Kg/cm^2 左右。在维修过程中现场的环境温度肯定会偏离标况，冷凝压力、蒸发压力随之变化，当室外机温度上升大于标况，冷凝压力将增大，反之降低。蒸发压力也会同向变化。在判定制冷剂是否符合标准时，一定要考虑当时的环境温度、冷凝和蒸发压力及运行电流情况，才能作出准确判定。

压缩机损坏

压缩机的损坏（即故障）常有烧坏电机线圈和卡缸两种情况：

1. 烧坏电机线圈：

检查可用万用表量度判断原因。

线圈的制做材料和制冷系统的清洁度都是引起线圈烧坏的原因。

处理方法：更换压缩机

压缩机损坏

2. 卡缸:

检查可用钳形表查电流及观察过载保护的通、断情况;

原因可能是: 材料精加工; 系统的清洁度; 电压偏低。

处理方法有: 增大启动电容或用木棍敲打压缩机, 使压缩机转子离开死点, 如前两种方法无效, 只有更换压缩机。

四通阀故障的判定

- 四通阀常见故障为：误动作，不动作，有异响。
- 没有发出冷热转换指令，四通阀却自动换向，这是四通阀的误动作。一般情况下，误动作都是由于四通阀内部漏气所造成。维修时需更换四通阀。
 - 发出冷热转换指令，四通阀却不换向，这是四通阀的不动作。一般情况下，先按线路图检查接线和四通阀线圈，若接线和线圈无问题，则是四通阀故障。维修时需更换四通阀。
 - 四通阀在工作时，发出“吱吱”的尖叫声。此时应检查电磁阀线圈，若更换线圈后，异响消失，则是线圈故障；否则，需更换四通阀。

毛细管故障

当毛细管出现故障时，会使空调器的制冷量不足或不制冷。毛细管常见故障：破裂、堵塞。

- 毛细管破裂一般是在弯曲过程中受损，这样在运输中由于碰撞、振动就会导致破裂，造成制冷剂泄漏。
- 毛细管的堵塞，可能是由于：
 - ①系统内部的杂质积聚形成的；
 - ②焊接操作火候掌握不当，焊料使其堵塞；
 - ③毛细管插入过滤器过深（触网），使其堵塞。

结 束

谢谢

2004.9.15

获取更多资源 微信搜索 全球领袖星球