



武汉麦克维尔人员培训

McQuay Refrigeration Theory

基本制冷理论



制冷

- **定义：**用人工的方法将某一物体或空间的热量带走，使该物体或空间的温度低于周围环境的温度。
- **分类：**
 - 普冷：-150℃以上。
 - 低温：-150℃以下。
- **常见制冷方法：**
 - 液体汽化制冷：包括蒸汽压缩式和吸附式制冷
 - 气体膨胀制冷
 - 涡流管制冷
 - 热电制冷

制冷剂

- 制冷剂：制冷机中的工作介质，在制冷机中循环流动，通过自身热力状态的变化实现同外界的能量交换，达到制冷的目的。

● 制冷剂	标准沸点 (°C)
R-11	23.82
R-12	-29.79
R-22	- 40.76
R-500	- 33.5
R-123	27.87
R-134a	- 26.16



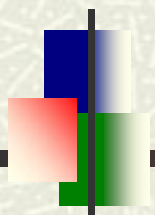
术语释义

- **显热** 是能够被感测到的热量。它能导致物质的温度发生变化，但不改变其状态。
- **潜热** 是指吸收或放出热量时只改变物质的状态，而不改变其温度。
- **熔化潜热** 是指物质从固态变为液态或由液态变为固态时吸收或放出的热量。
- **汽化潜热** 是指物质从液态变为气态时所需的热量。
- **液态潜热** 是指物质从气态变为液态放出的热量。



基本概念

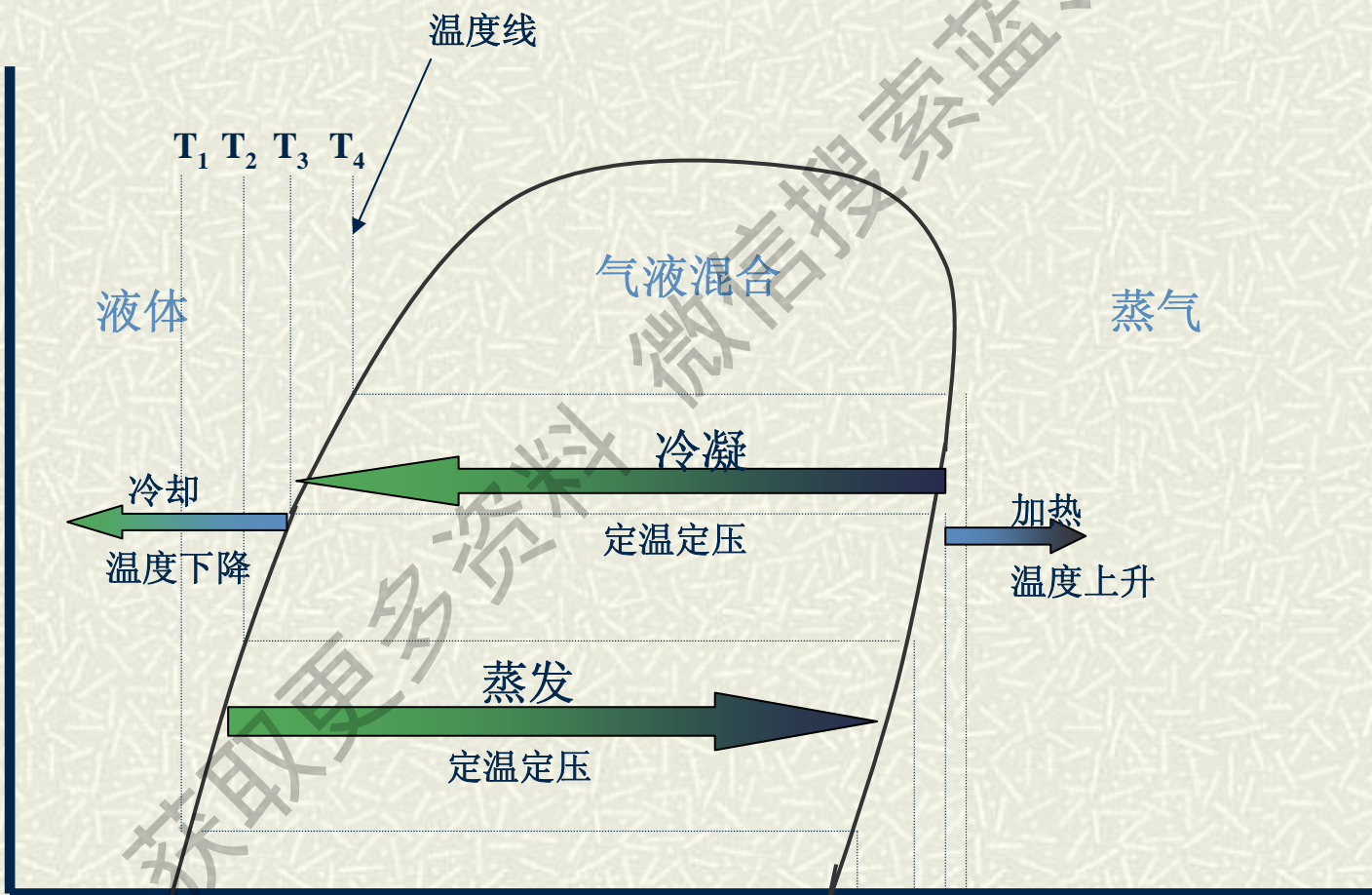
- **饱和蒸气：气态和液态共存。**
- **过冷：冷凝后的制冷剂温度低于冷凝温度。液态制冷剂中无蒸气时才会出现过冷。**
- **过热：蒸气的温度超过沸点。过热时制冷剂完全为气态。**
- **压力温度对应表：饱和制冷剂的温度和压力之间存在一一对应关系。**



P-H 图

压力

P



液体

气液混合

蒸气

冷却

温度下降

冷凝

定温定压

加热

温度上升

蒸发

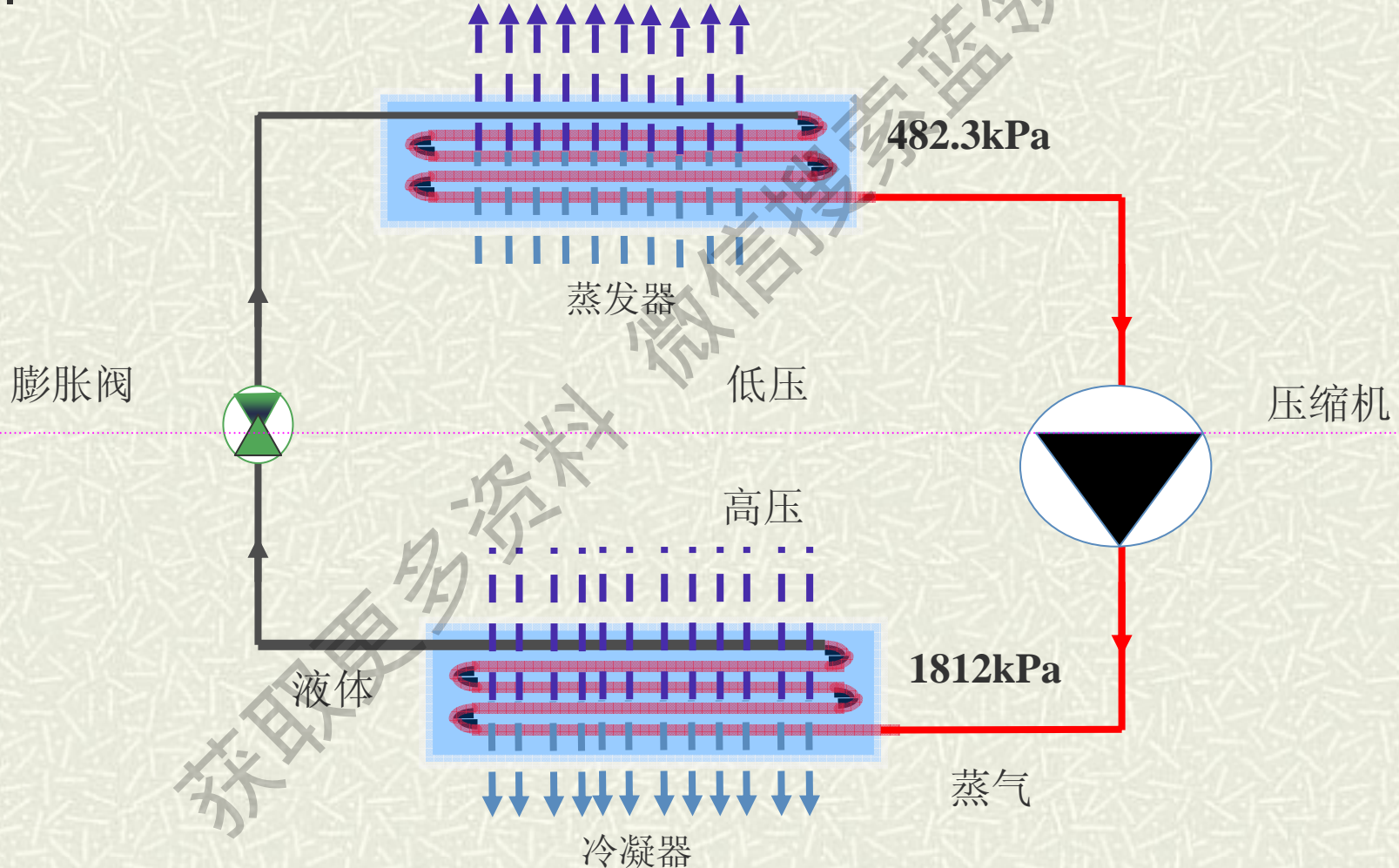
定温定压

温度线

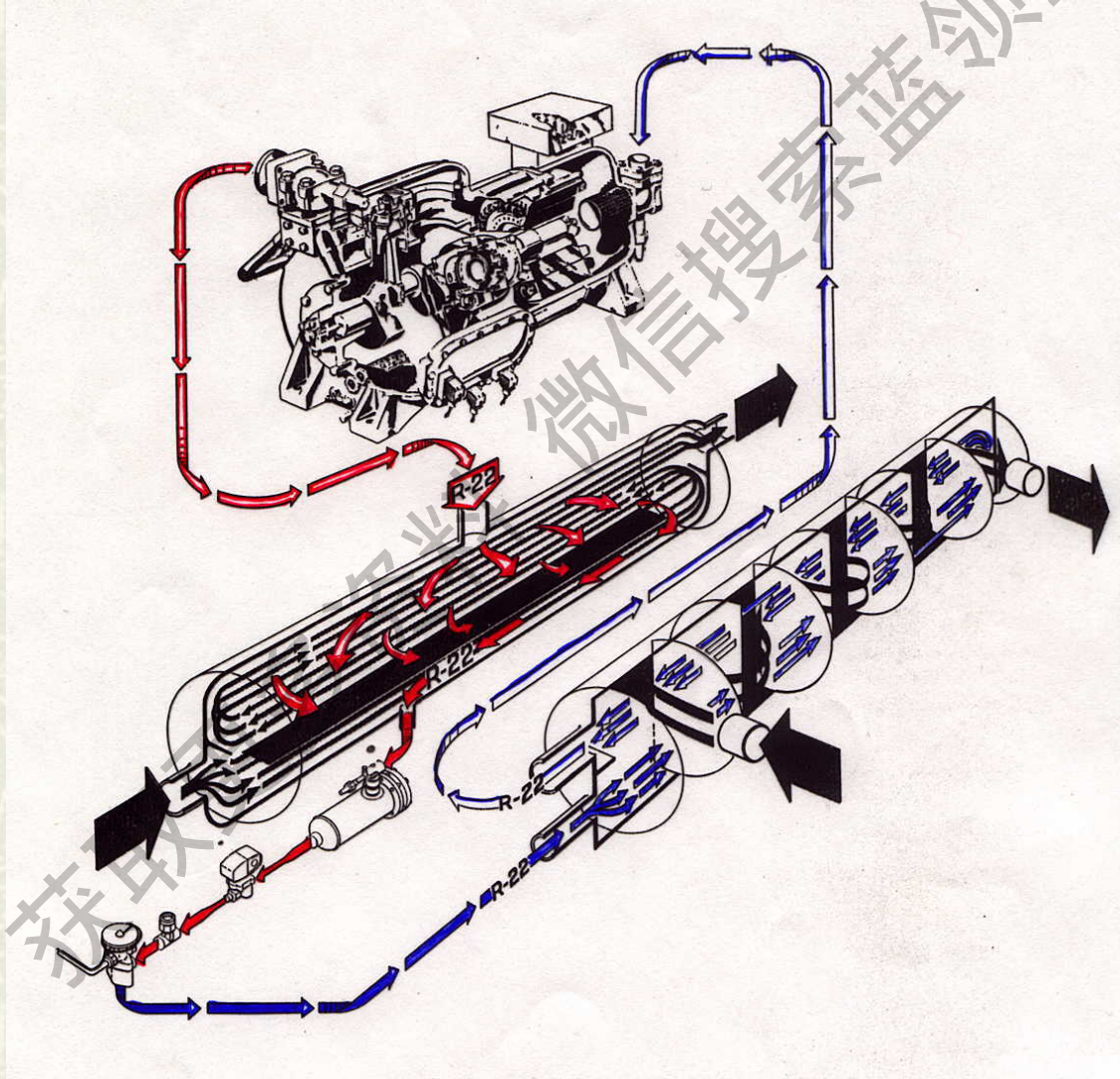
T_1 T_2 T_3 T_4

焓 H

蒸汽压缩式制冷循环



制冷循环





制冷设备

■ 蒸气压缩循环

■ 四个主要组成部分:

- 压缩机
- 冷凝器
- 节流（膨胀）装置
- 蒸发器



制冷设备

压缩机

- 提升压力
- 低压（低温）气体被吸入压缩机并被压缩成高压（高温）气体
- 活塞式、双 / 单螺杆、回转式
- 离心

冷凝器

- 从压缩机出来的高温制冷剂气体进入冷凝器，在一定压力下释放热量变成液体。
- 高温制冷剂在冷凝器中冷凝。



制冷设备

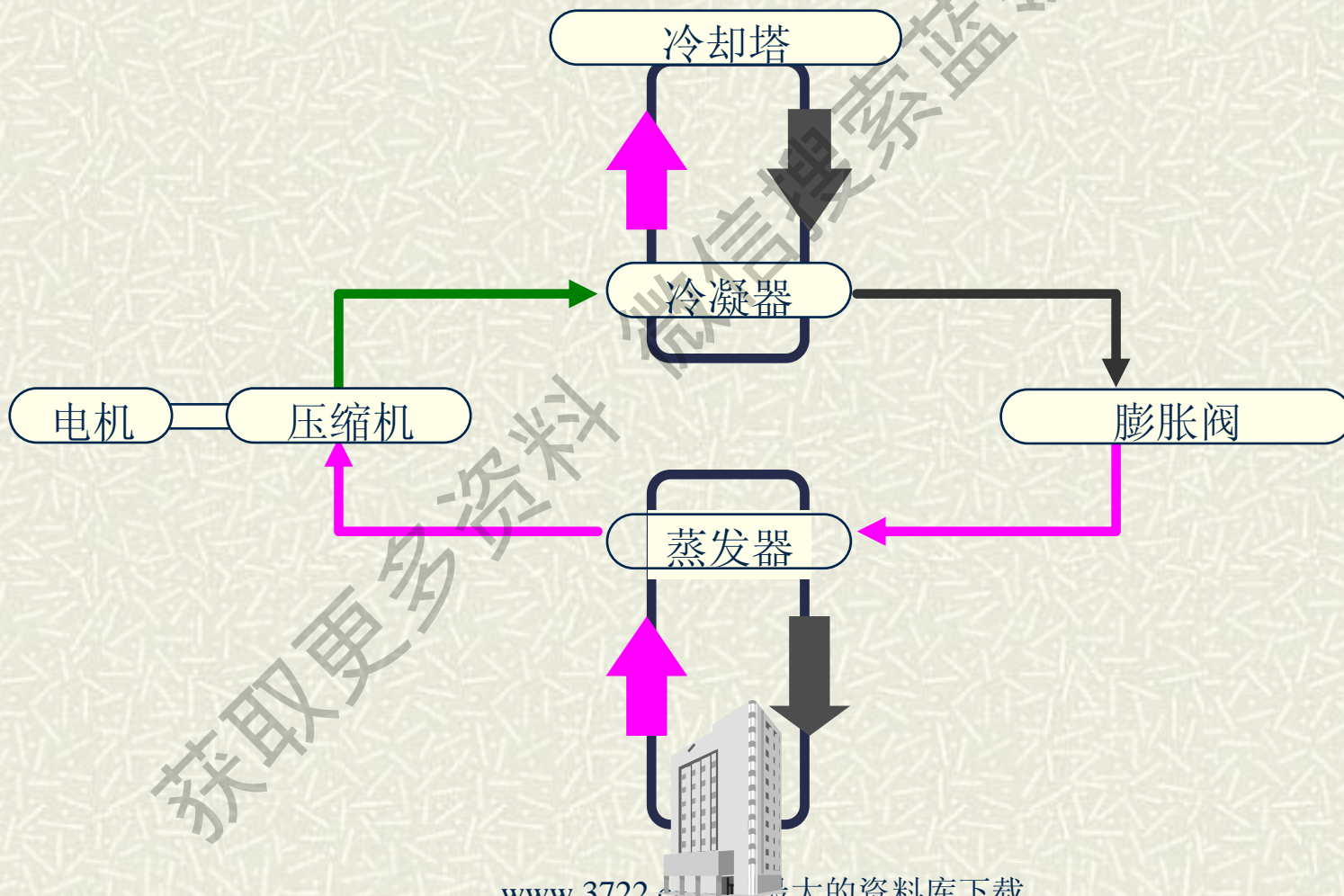
■ 节流装置 (膨胀阀) :

- 液体经过节流装置使压力下降。
- 孔板、热力膨胀阀、电子膨胀阀、毛细管等

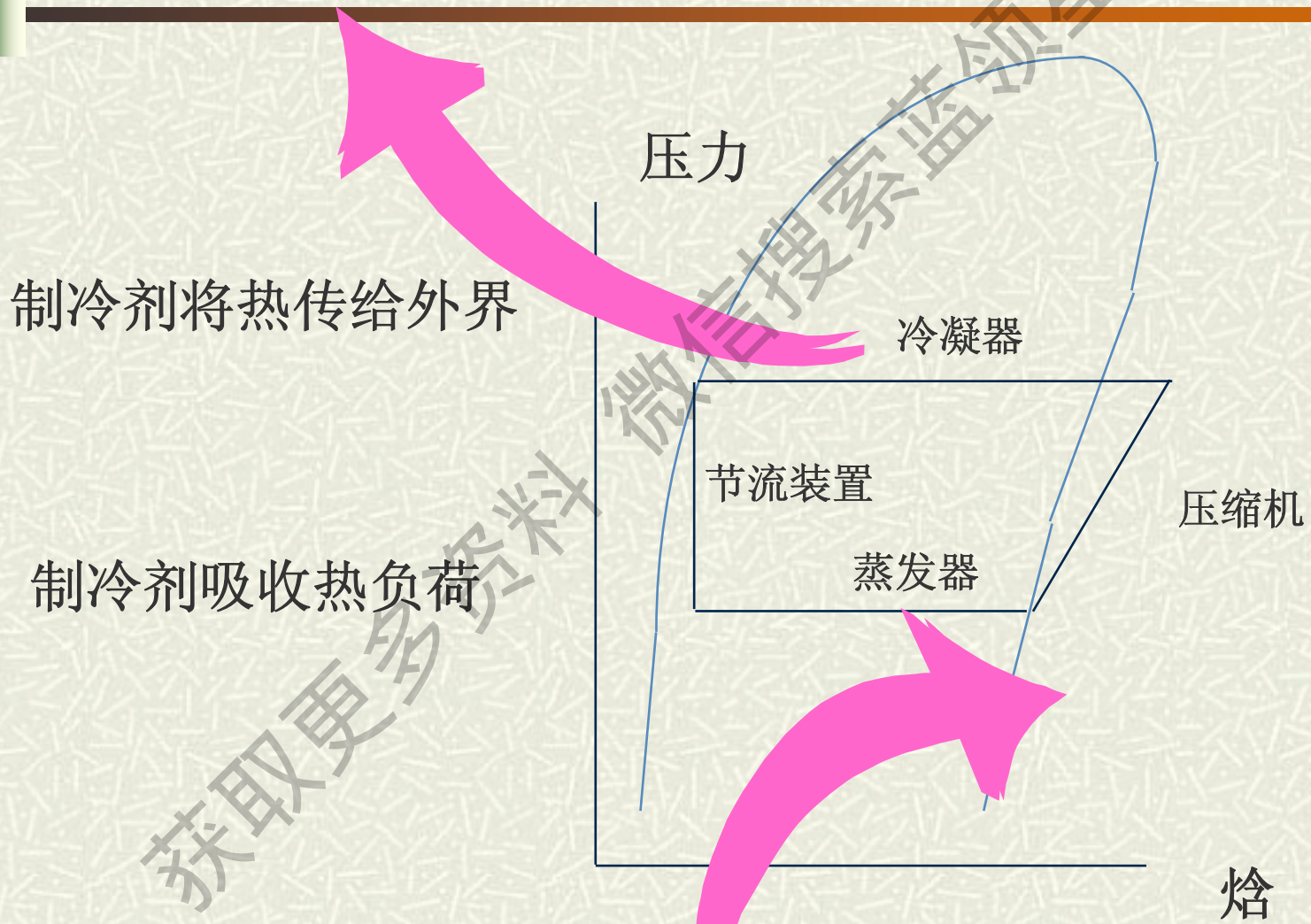
■ 蒸发器

- 液体制冷剂进入蒸发器蒸发为气体。
- 制冷剂在蒸发器中吸收热量。

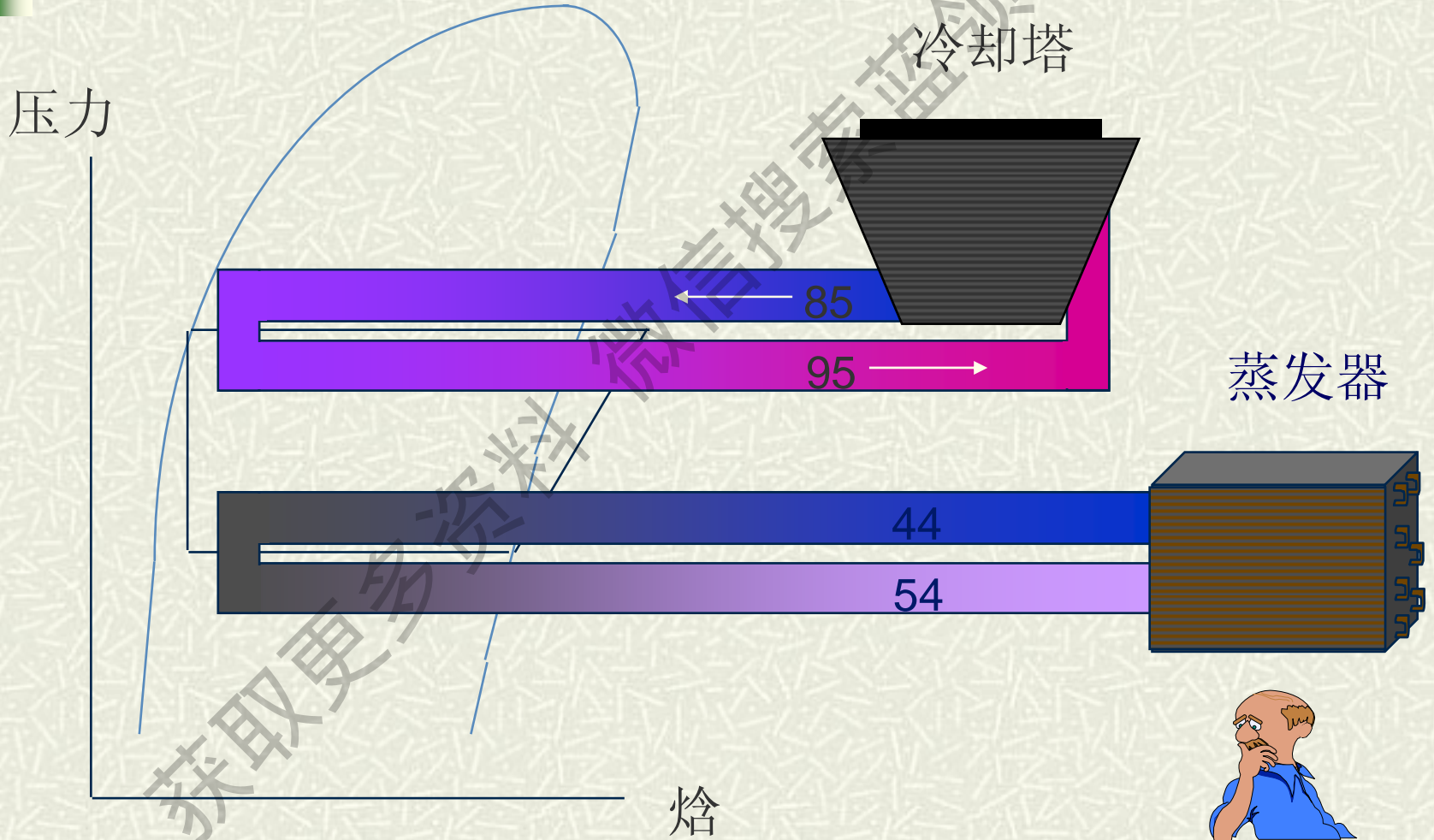
制冷循环



压焓图



压焓图



制冷循环

压力

P

P_1

P_2

①

②

③

④

冷凝热量

冷凝

膨胀

蒸发

吸收热量

压缩

$h_1 = h_2$

h_3

h_4

焓 - H

制冷效率 = $h_3 - h_1$

输入功率 = $h_4 - h_3$

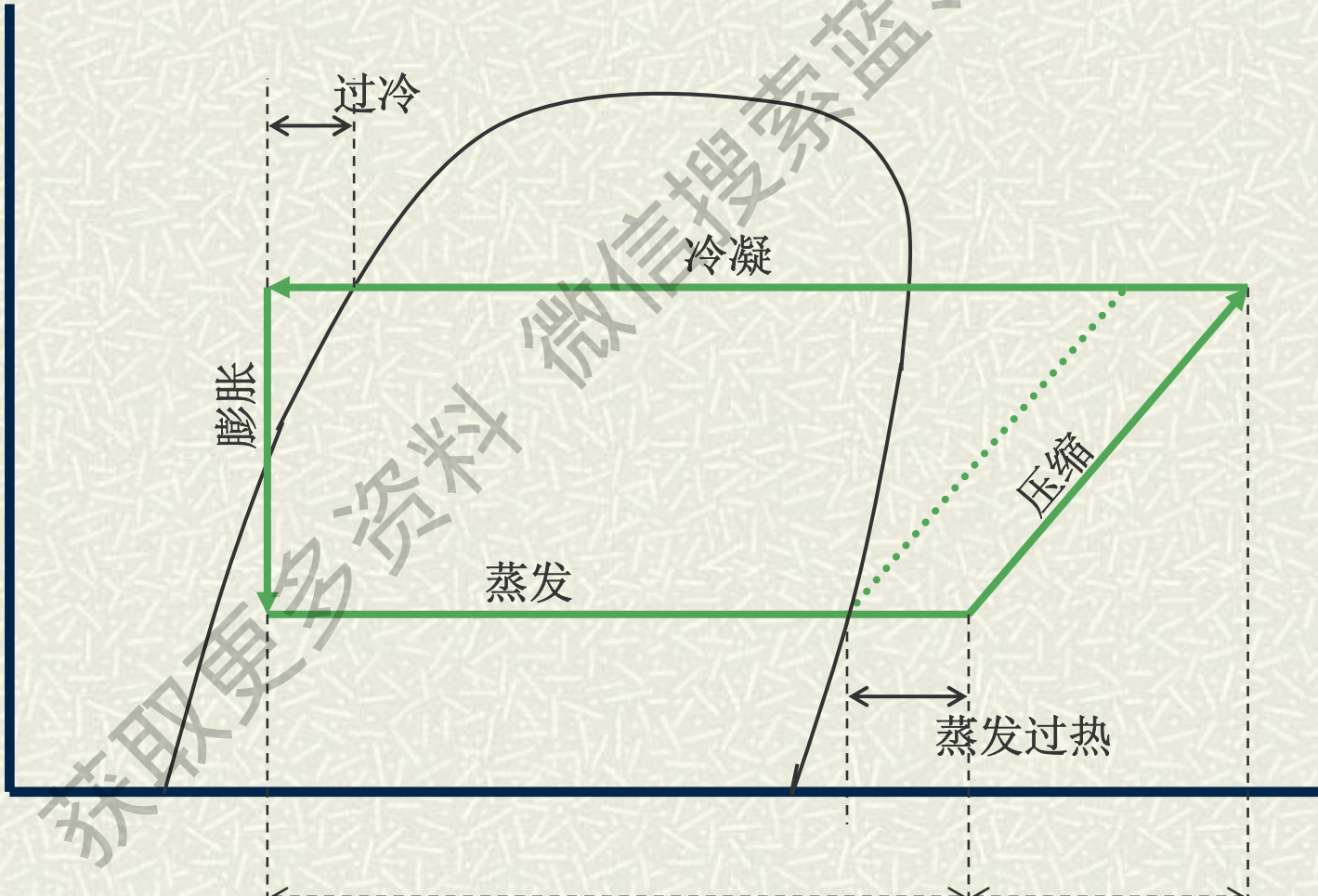
冷凝热量 = $h_4 - h_1$

www.37322.cn 中国最大的资料库下载
RE = 制冷效率 输入功率

制冷循环

压力

P



蒸发

冷凝

膨胀

压缩

过冷

蒸发过热

www.3722.cn 中国最大的资料库下载

RE = 制冷效率

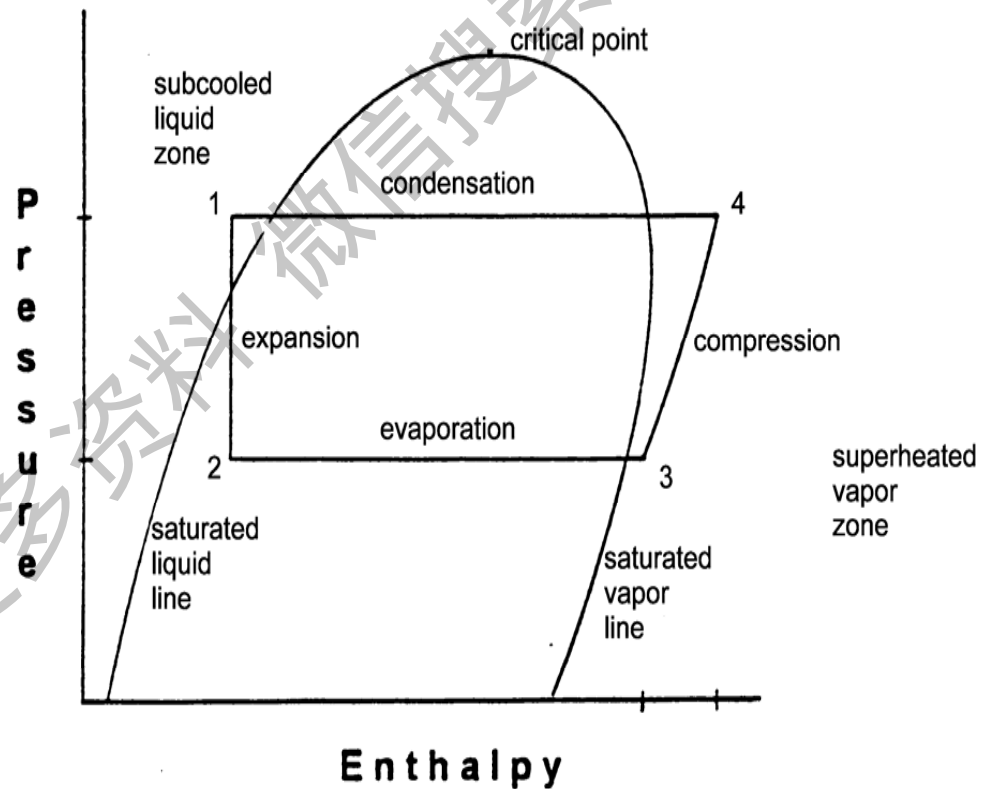
输入功率

理想制冷循环

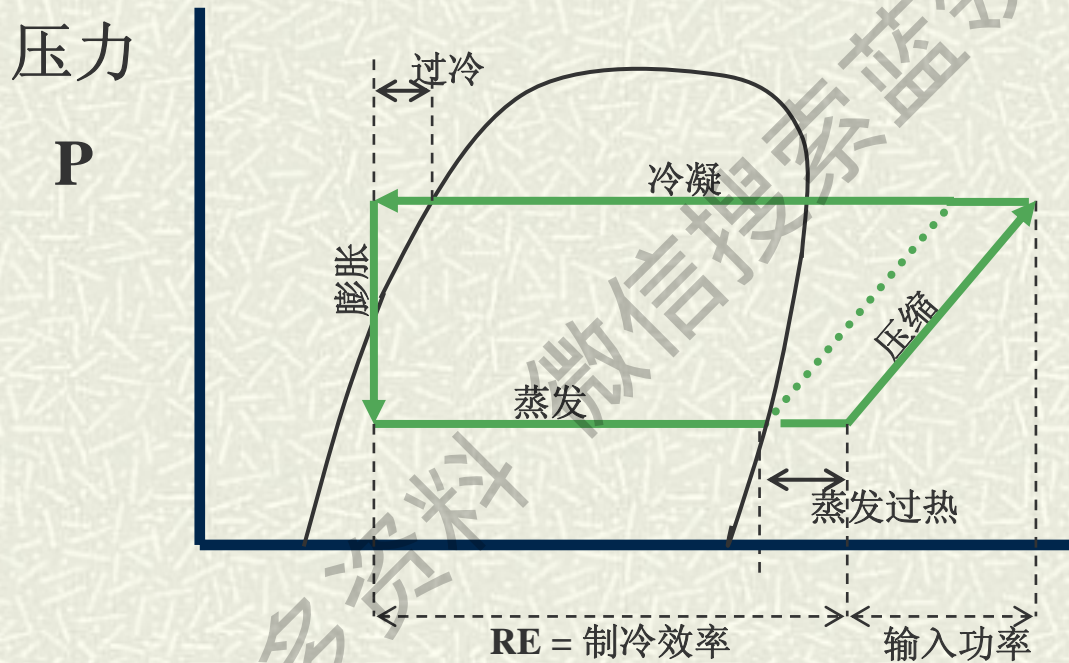
基本过程

- 压缩
- 冷凝放热
- 液体过冷
- 膨胀
- 蒸发制冷量
- 吸气过热

Pressure - Enthalpy Diagram for Basic Vapor Compression Cycle



制冷循环



$$\text{效率} = \frac{\text{输出}}{\text{输入}} = \frac{\text{制冷量}}{\text{输入功率}} \longrightarrow \text{效率} > 1$$

$$\text{制冷系数 (COP)} = \frac{\text{制冷量}}{\text{输入功率}} = 3.9 \dots 5.5$$



机组上常见部件:

1. 热力膨胀阀

根据压缩机吸气过热度自动调节阀的开度,防止压缩机带液.

2. 干燥过滤器

把水分和污物过滤掉以免堵塞膨胀阀和保护电机.

分子筛:去水.

活性铝:去水和酸.

3. 视液镜 / 湿度显示

1)显示制冷剂中的含水量,黄色显示有水.

2)避免闪发气体

4. 分流器

在蒸发盘管中将气体平均分配到每个环路。



机组上常见部件:

5. 排气止逆阀

装在排气管,停机时帮助压缩机快速停止转动和防止倒转.

6. 安全阀

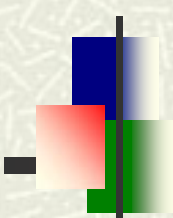
装在容器或管路上,防止压力过高.

7. 截止阀,蝶阀,球阀

起关断作用.

8. 调节阀

起调节阀的开度作用.



压力/温度

- 换热器中制冷剂的饱和压力和饱和温度，取决于热交换的换热效果。
 - 蒸发温度=冷冻水的出水温度-接近温度
 - 蒸发温度=冷却水的出水温度+接近温度一般情况下，接近温度取1-2℃
- 若换热效果变差，接近温度将上升。
- 停机状态，接近温度=0
可以用这种方法来判断制冷剂中是否有空气。
- 蒸发温度-----制冷量，制冷效率
冷凝温度-----压缩机功率，制冷效率



液体过冷

- 蒸发冷量增加
- 防止经过膨胀阀时出现闪发气体

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球



换热效果的影响因素

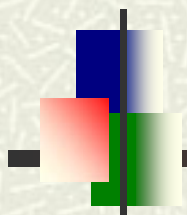
- 水侧：流速，流量，污垢，成分
- 氟侧：制冷剂流速，数量，油，空气
- 换热管的换热效果。



冷水机组基本知识

■ 常见单位

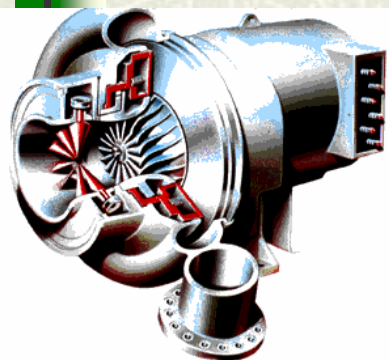
- 美国冷吨 ($1RT=3516W$)
- **HP**
- $^{\circ}C$
- **F**
- **psia psig psi (1bar=14.7 psi)**
- **Micro**



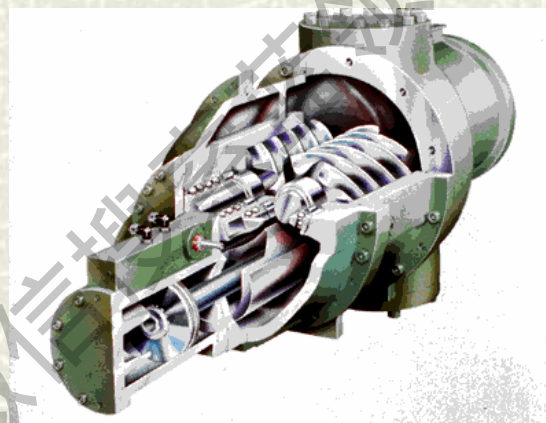
压缩机基础知识

获取更多资料 微信: 蓝领星球

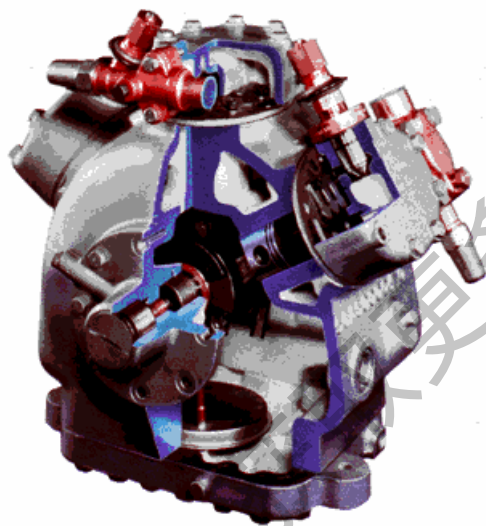
容积式压缩机(商业/工业应用)



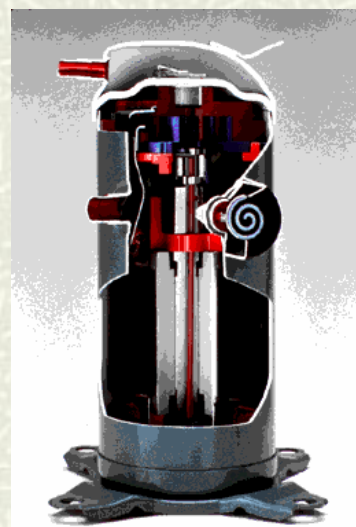
速度型
(离心式)



容积式
(螺杆)



容积式
(活塞式)



容积式
(涡旋式)



作用：

1. 压缩机

- 在系统中推动制冷剂
- 在冷凝器中提升压力/温度以便将热量传递出去

2. 抽气控制

- 在压缩机停机前，将液体制冷剂从蒸发器和吸气管中抽出，以确保压缩机重新启动时没有液体制冷剂进入压缩机。

3. 压力控制

- 冷凝压力过高时停止压缩机运行。



蒙特利尔协议

- 1974年，罗兰和莫利纳的理论指出臭氧在大气层中正在减少
- 1985年在南极证实了臭氧正在减少
- 1987年蒙特利尔协议签定
- 包括在发达国家终止一些特殊化学制品



逐渐停止

■ HCFC 时间表;

1996 生产能力 (1989年HCFC生产量加1989年CFC生产量的2.8%)

2004 65%

2010 35%

2015 10%

2020 0.5% 不增加新的设备

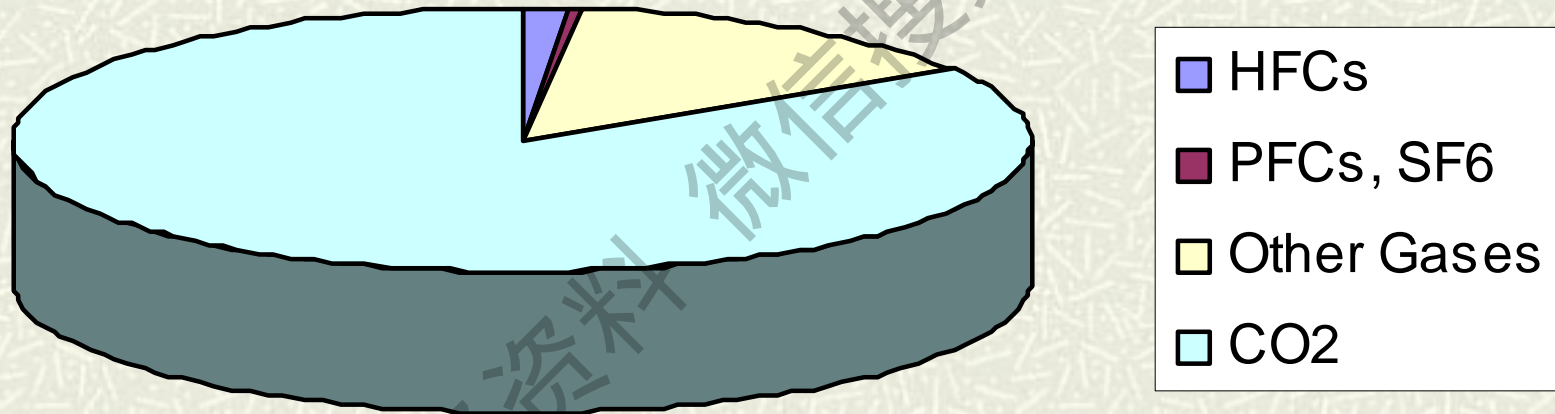
2030 0%



全球温室效应

- CO₂ 浓度将超过现在工业指标 30% (275ppm)
- CH₄ 增长一倍
- 全球平均温度将升高0.5-1华氏度。
- 海平面高度平均升高 4-10英寸

导致全球变暖气体, USA 1995





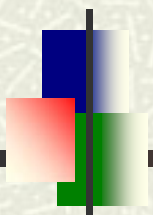
京都协议细节

- 各成员国负责其内部政策
- 总目标必须实现
- 6种气体包含 (CO₂, HFCs, CH₄, PFCs, SF₆, N₂O)
- 没有特别的气体禁止
- 承认“sinks”
- 允许限额贸易

制冷效率对照

理论循环 典型工况

工况	(°C)	(%)	(°F)	(°C)	(%)	(°F)
平均蒸发温度	6.7		44.0	5.0		41.0
过热度	0.0		0.0	1.0		1.8
平均冷凝温度	29.4		85.0	35.0		95.0
过冷度	0.0		0.0	5.0		9.0
等熵压缩效率		100			80	
电机效率		100			90	
控制及其他好用功率		0			0	
制冷剂	COP (kW/kW)	耗电指标 (KW/ton)		COP (kW/kW)	耗电指标 (KW/ton)	
R-11	11.52	0.31		6.60	0.53	
R-12	10.92	0.32		6.26	0.56	
R-22	10.85	0.32		6.19	0.57	
R-123	11.38	0.31		6.54	0.54	
R-134a	10.89	0.32		6.26	0.56	
R-410a	10.51	0.33		5.99	0.59	
R-290 (丙烷)	10.72	0.33		6.16	0.57	
R-717 (氨)	11.17	0.31		6.26	0.56	
R-744 (二氧化碳)	6.44	0.55		N/a	N/a	



制冷剂替代

原有制冷剂:

CFC-11

CFC-12

替代制冷剂:

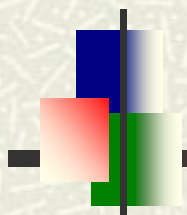
HCFC-123

HFC-134a



获取更多资料

微信搜索 全球



HCFC 替代

HCFC-123

被代替为:

???

HCFC-22

被代替为:

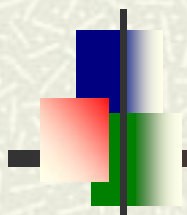
HFC-407C/

HFC-410A

非共沸/近共沸工质

获取更多资料





R-22替代工质对比

项 目	R-134a	R-407 C	R-410 A
组分		R32/R125/R134a	R32/R125
混合比例 %		23/25/52	50/50
全球变暖潜能	0.29	0.37	0.44
对比R22制冷量	65%	105%	140%
对比R22效率	100%	95-105%	95-105%

获取更多资料

微信搜一搜 蓝领星球



油路系统

油的作用：

- 1.压缩机运动部件的润滑.
- 2.密封,减少高低压之间的制冷剂泄漏.

要求:

- 1.油能够同制冷剂(液体)互溶.
 - 1)保证油能随制冷剂到达压缩机的每一个运动部件上.
 - 2)油不会沾在管子表面,影响换热器换热效果.
 - 3)在干式系统中,油氟混合能保证压缩机从系统中回油.
- 2.足够的粘度.
 - 1)油的粘度关系压缩机轴承的寿命,(开机前加热)
 - 2)油的粘度影响蒸发器的换热效果.



油路系统

3.油的存在影响制冷剂的迁移.

停机状态,制冷剂逐渐向制冷剂分压力低的位置迁移.

压缩机和油分停机需要加热.

4.POE油的吸水性.

1) POE油有很强的吸水性.

2) 油中的水用抽真空的方法不易抽出.

5.油气分离

1)油气分离需要一定的过度度.

2)分离方法:碰撞,转向,填料.