# 制冷原理

## 制冷的方法

- 相变制冷
- 气体热膨胀制冷
  - 有外功输出的膨胀过程
    - 微分等熵效应 $\alpha_s = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_s = \frac{T}{c_p}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$
  - 绝热节气过程
  - 节流膨胀过程
    - 微分节流效应 $\alpha_h = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_h = \frac{T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p - v}{c_p}$
      - 制冷区：$\alpha_h > 0$
      - 制热区：$\alpha_h < 0$
- 空气蒸发制冷和溶液除湿蒸发制冷
  - 空气蒸发制冷
    - 直接蒸发制冷（DEC）
      - 冷却的空气和水直接接触，由于水的蒸发，空气和水的温度同降低，而空气的含湿量有所增加
    - 间接蒸发制冷（IEC）
      - 把直接蒸发制冷过程中增加了温度的水和空气，通过非接触式热交换器在却需要制冷的介质
  - 溶液除湿蒸发制冷（属于热驱动制冷）
    - 溶液倒循环（利用未饱和溶液降低空气湿度）
    - 空气蒸发制冷
- 气体涡流制冷（涡流管）
  - 现有的原理解释
    - 内旋气流的绝热膨胀过程（降温）和外旋气流的绝热压缩过程（升温），以及外旋气流层与管壁的摩擦改应导致了涡流管的能量分离。
    - 涡流管内的有序状动汗运的声流层能量分离的路因，由高压声流的声流层Punkine涡流成了强制涡，造成径向的温度分离。
    - 冷热流体从喷嘴喷出后发生了温度分离，冷热流体由于密度的不同在离心力的作用下，进一步分离
  - 应用
    - 电子器件点冷却
    - 天然气减压
    - 多温区制冷系统
    - 生物冷冻
    - 混合物的分离
    - 坦克驾驶室涡流管空调
    - 切削刀具的冷却
  - 马赫环：高压气体以超音速射流进入大气环境中后，气体会发生膨胀一步的膨胀（通过膨胀波实现），其压力和温度降低，速度增大，经过一定时间的膨胀后，气体压力小于大气压时，开始被周围空气阻（压缩内部产生压缩波），气体的压力和温度升高，速度减小，当无数的压缩波相遇，在压缩和膨胀区域的交界面使会形成面环的形状，称为马赫环。马赫环常见于火箭发动机或喷气发动机进喷气中。
- 喷射制冷
  - 喷射器工作原理
    - 主流体（高压流体）在喷嘴出口达到超音速，与次流体（低压流体尽速扩流体）入口形成压差，吸动引射流体进入吸入室，混合产生膨胀功能，质量交换，在扩压室动能转化为压力能
  - 特点
    - 提高流体压力而不直接消耗机械能
    - 结构简单，无运动部件，性能可靠，运行经济，维修方便
  - 引射系数
    - 引射流体质量/工作流体质量
  - 引射器非制冷用途的应用
    - 发电厂中的气体增燃器
    - 垂直短距飞机起飞着陆助推
    - 输送散粒状物料
    - 气体混合器
- 其他制冷方法
  - 磁制制冷
  - 半导体制冷
  - 热声制冷
  - 绝热去磁制冷
  - 核释制冷

## 蒸气制冷循环

- 单级机械压缩制冷循环
  - 实际循环的特点
    - 流动过程存在阻力
      - 吸入管道
      - 排出管道
      - 液体管道
      - 两相管道
      - 蒸发器
      - 冷凝器
    - 系统与环境间存在漏热
  - 循环性能数值计算
- 两级机械压缩制冷循环
  - 概述
    - 为了获取比较低的温度（-40~70℃），同时又能使压缩机的工作压力控制在一个合适的范围内
    - 蒸发温度低，超出极限使用条件
      - 压力比增大时压缩机的输气系数降低，输气量和效率下降
      - 压缩机排气温度过高，润滑油粘度下策
      - 制冷剂节流损失增加，单位制冷量下降，经济性下降
  - 组织形式
    - 节流级数
      - 一级节流
      - 二级节流
    - 液体和蒸气的中间冷却方式
      - 中间完全冷却
      - 中间不完全冷却
      - 无中间冷却
- 复叠式制冷循环
  - 高温系统用沸点较高的制冷剂，低温系统用沸点较低的制冷剂
  - 系统组成
    - 低温部分制冷剂通过蒸发器制取冷量
    - 高温部分制冷剂通过冷凝器向环境放热
    - 冷凝蒸发器：依靠高温系统制冷剂的蒸发，将低温系统制冷剂冷凝成液体
- 吸收式制冷循环
  - 蒸汽单效吸收制冷
    - 制冷回路、溶液回路、热源回路、冷却水回路、冷媒水回路
    - 热力系数0.5~0.8
  - 蒸汽双效吸收制冷
    - 热力系数1.1~1.4
    - 循环流程：串联流程（操作方便，调节稳定），并联流程（热力系数较高），串并联流程
  - 直燃吸收制冷
    - 通常采用双效吸收制冷
    - 热水回路
      - 将冷却水回路切换成热水回路
      - 热水与冷媒水采用同一回路
      - 专设热水回路
  - 多效溴化锂吸收制冷
  - 两级吸收制冷循环
    - 溶液在高低压发生器、高低压吸收器分别经历两次发生过程和吸收过程
    - 利用低品位热源，热力系数0.3~0.4
  - 扩散吸收制冷

> 热源的能量在高压发生器和低压发生器中得到了两次利用，充分利用高品位的能源；
> 与单效循环相比，双效循环较少了冷凝器的负荷

## 制冷循环

- 逆卡诺循环
- 洛伦兹循环
  - 逆向布雷顿循环
- 斯特林制冷循环
- 蒸汽压缩制冷循环
  - 单级
  - 双级
- 热泵循环
- 复叠式制冷循环
- 吸收制冷循环

## 制冷剂

- 卤代烃
  - 氯氟烃CFCs
  - 氯氢氟烃HCFCs
  - 氢氟烃HFCs
- 制冷剂的命名
  - 自然工质
    - 无机化合物
      - R-7(1)
    - 烷烃类
      - 饱和
        - R-(m-1)(n+1)0
      - 环状
        - R-C(m-1)(n+1)0
    - 不饱和烃类
      - R-1(m-1)(n+1)0
  - 合成工质
    - 饱和卤代烃
      - R-(m-1)(n+1)(F)B(Br)(I)1
    - 不饱和卤代烃
      - R-1(m-1)(n+1)(F)B(Br)(I)1
  - 非共沸混合制冷工质
    - R-4(.)
  - 共沸混合制冷工质
    - R-5(.)
  - 有机氧化物、酮酯族
    - R-6(.)
- 常见应用的制冷剂
  - R-22（二氟一氯甲烷）
    - A1，ODP=0.055，GWP=1810
    - 单位容积制冷量大，工作压力低，排气温度适中
  - R-410A（R-31/R125）
    - A1，ODP=0，GWP=2100
    - 工作压力适中，单位容积制冷量高
  - R-32（二氟甲烷）
    - A2，ODP=0，GWP=675
    - 工作压力高，单位容积制冷量高
  - R-134a（四氟乙烷）
    - A1，ODP=0，GWP=1430
    - 工作压力较低，排气温度低，单位容积制冷量低
  - R-290（丙烷）
    - ODP=0，GWP=3，环境友好
    - 可燃
  - R-1234yf（四氟丙烯）
    - ODP=0，GWP=4，环境友好
    - 汽车空调的制冷剂替代（替代R-134a）
  - 家用空调制冷剂替代：R-1234ze，R-454C，R-452B，R-449C

## 氨系统

- 氨性质
  - 熔点：-77.73℃，195.42K
  - 沸点：-33.34℃，239.81K
  - 溶解性：水最~1700
  - 氨的ODP和GWP均接近于0
- 优点
  - 氨在常温和普通低温范围内压力适中，单位容积制冷量大，粘度小，流动阻力小，传热性能好
- 应用
  - 蒸发温度在-65℃以上的大型或中型单级、双级往复活塞式及螺杆式制冷压缩机中，也有应用于大容量离心式压缩机中
  - R744/R717复叠系统
    - 氨为高温循环制冷剂，二氧化碳为低温循环制冷剂
    - 可应用于屠宰业、食品加工、冷冻冷藏、冰淇淋、冷冻干燥、制药业等领域

## 二氧化碳系统

- 二氧化碳性质
  - 三相点：-56.6℃，520kPa
  - 大气压下，不存在液态，升华温度-78.5℃
  - 二氧化碳的ODP=0，GWP=1
- 优点
  - 良好的安全性和化学稳定性，无毒不可燃
  - 单位容积制冷量相当高，运动粘度低
  - 优良的流动和传热特性，可显著减小压缩机与系统尺寸
  - 优良的传热特性，导热系数较大，换热效果好
  - 二氧化碳制冷循环的压力比常规工质低，压缩机的容积效率可维持在较高的水平
- 应用
  - 汽车空调、热泵、复叠式循环

## 吸附式制冷

- 常见吸附工质对

- 应用
  - 太阳能空调
  - 数据中心余热回收

Presented with xmind