

第五节 气体输送机械

1. 工业应用

① 气体输送

压力不高，但量大，动力消耗大

② 产生高压气体

终到设备压力高

③ 生产真空

上游设备负压操作



2. 气体输送机械的特点

①动力消耗大

②设备体积庞大

③特殊性

——气体的可压缩性

多级离心压缩机



隧道通风机





3. 气体输送机械的分类

◆ 按工作原理分类：

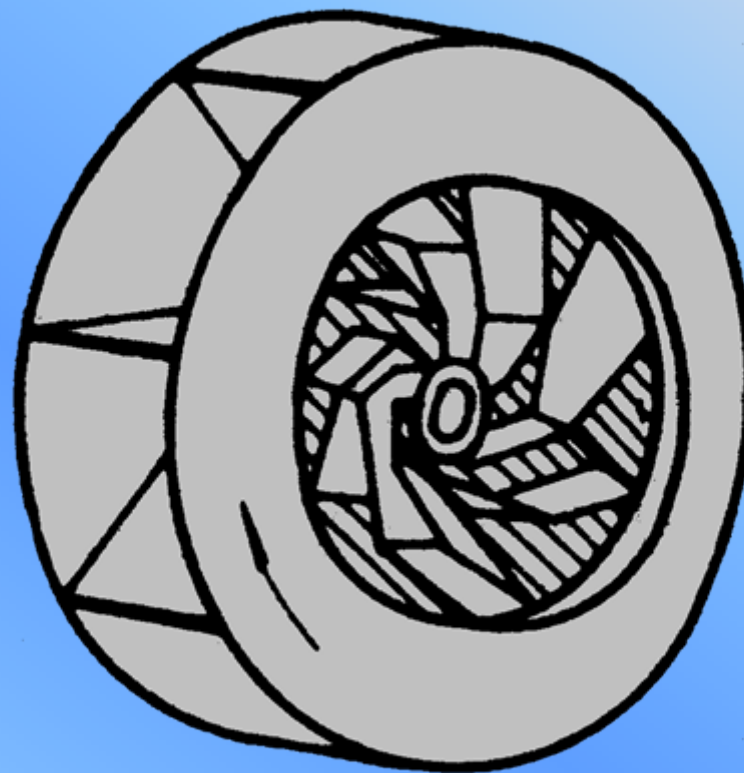
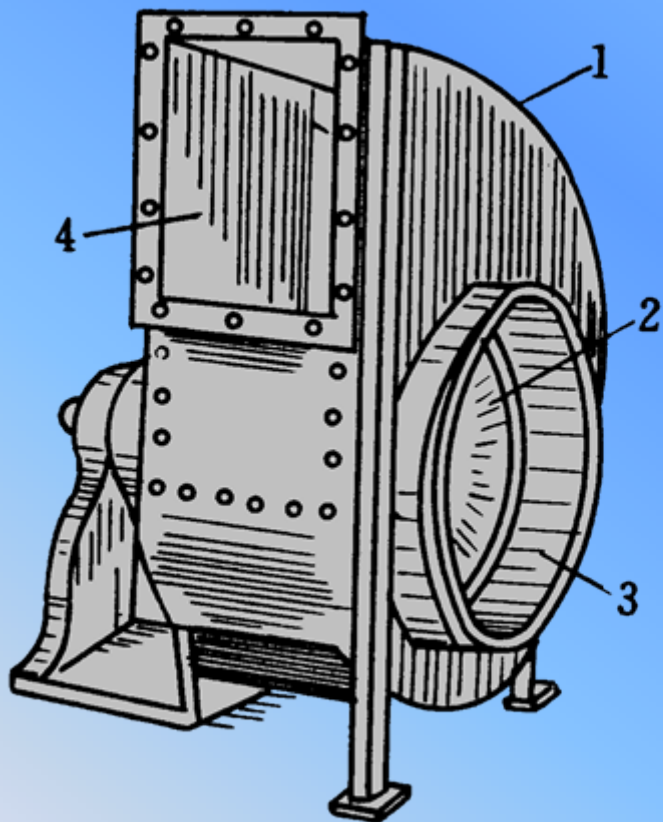
离心式、旋转式、往复式、喷射式等

◆ 按出口压力(终压)和压缩比大小分类

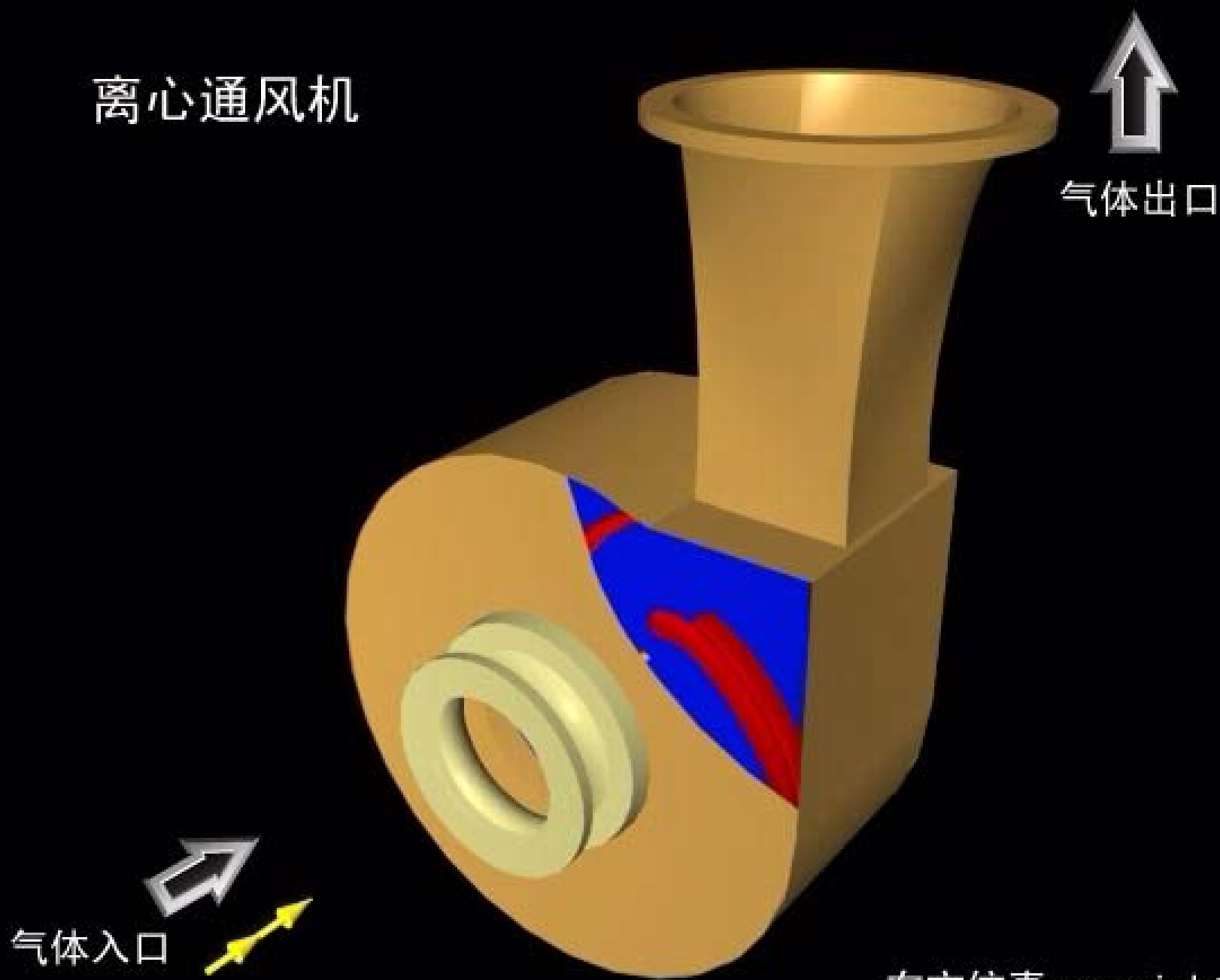
- ①通风机：终压 $\leq 15\text{kPa}$ ，压缩比1至1.15；
- ②鼓风机：终压15~300kPa，压缩比小于4；
- ③压缩机：终压 $\geq 300\text{kPa}$ 以上，压缩比大于4；
- ④真空泵：造成负压，压缩比由真空度决定。



一、通风机



离心通风机



1. 离心式通风机的结构特点

(1) 叶轮直径较大——适应大风量

(2) 叶片数较多

(3) 叶片有平直、前弯、后弯
不求高效率时——前弯

(4) 机壳内逐渐扩大的通道及出口截面常为为矩形



动画演示





2. 性能参数和特性曲线

(1) 风量：按入口状态计的单位时间内的排气体积
 $\text{m}^3/\text{s}, \text{m}^3/\text{h}$

(2) 全风压：单位体积气体通过风机时获得的能量
 $\text{J}/\text{m}^3, \text{Pa}$

风机进、出口之间列B.E.

$$p_T = \rho g(z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) + \frac{\rho(u_2^2 - u_1^2)}{2} + \rho \sum h_f$$

忽略 $(z_2 - z_1)\rho g$ $u_1 = 0$ 忽略能量损失





$$p_T = (p_2 - p_1) + \frac{\rho u_2^2}{2} = p_s + p_k$$

说明:

- ① 气体获能=进出口静压差(静风压)+动能差(动风压)
- ② 出口速度很高, 且压缩比小, 动风压占比例很高

$$p_T' = p_T \left(\frac{\rho'}{\rho} \right) = p_T \left(\frac{1.2}{\rho'} \right)$$

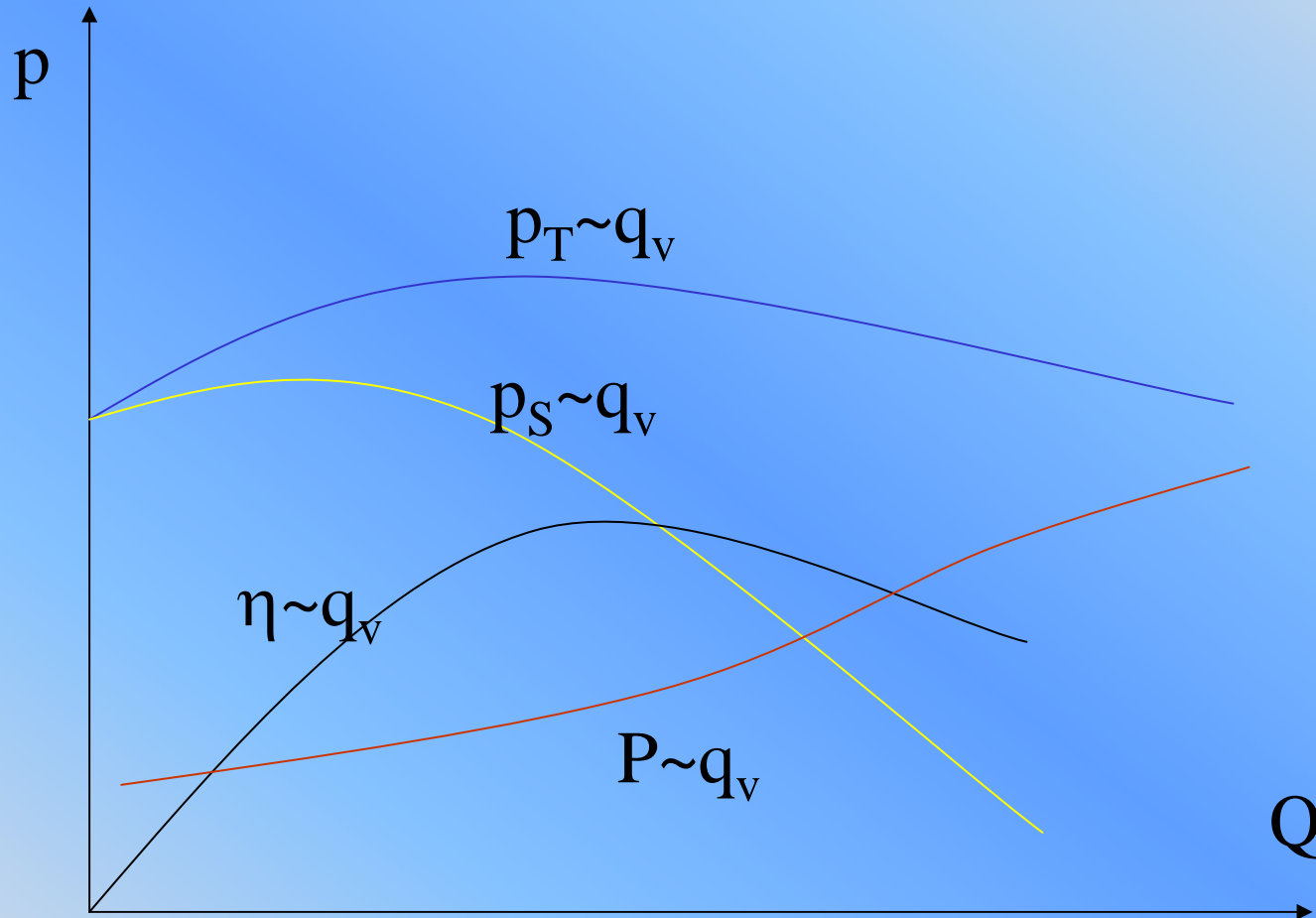
(3) 轴功率和效率

$$P = \frac{q_v \cdot p_T}{\eta \cdot 1000} \quad \eta = \frac{q_v \cdot p_T}{P \cdot 1000}$$





1atm、20°C用空气测定→ $p_{T0} \sim q_v$, $p_{s0} \sim q_v$, $P \sim q_v$, $\eta \sim q_v$



离心通风机特性曲线





3. 离心式通风机的选型

- (1) 根据气体种类和风压范围，确定风机的类型
- (2) 确定流量和压头

生产任务 $\rightarrow q_v$

$$p_T' = p_T \left(\frac{\rho'}{\rho} \right) = p_T \left(\frac{1.2}{\rho'} \right)$$

- (3) 根据流量和压头查找合适型号





二、鼓风机

工厂常用的鼓风机有离心式和旋转式两种

1. 罗茨鼓风机

工作原理~齿轮泵

动画演示

正位移型：风量 $\propto n$ ，与出口压强无关

风量：2~500m³/min，出口表压可达80kPa

气体温度 $\leq 85^{\circ}\text{C}$ ，否则转子会因受热膨胀而卡住

2. 离心式鼓风机

结构特点：外形~离心泵 蜗壳形通道常为圆形

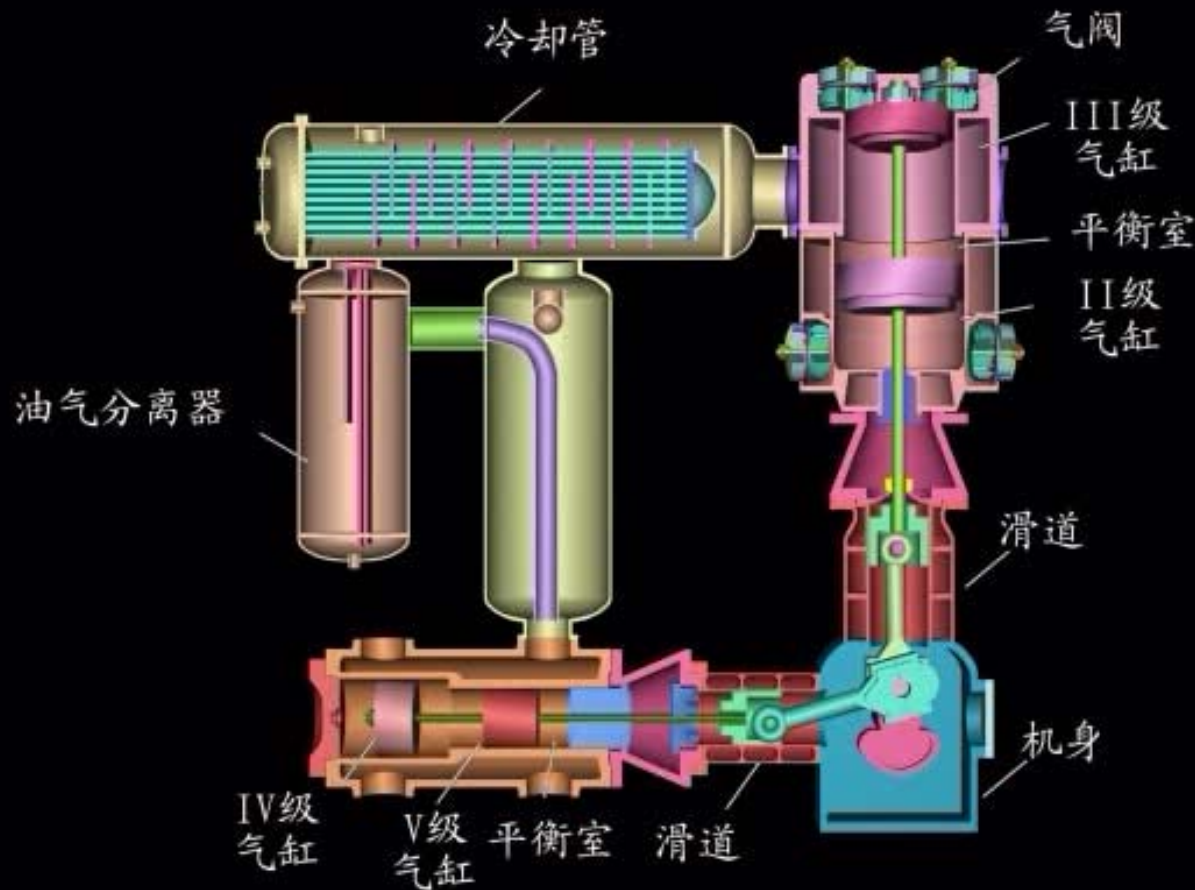
外壳直径与厚度之比较大，叶片数目较多，叶轮外周都装有导轮，转速较高。

单级出口表压多在30kPa以内；多级可达0.3MPa

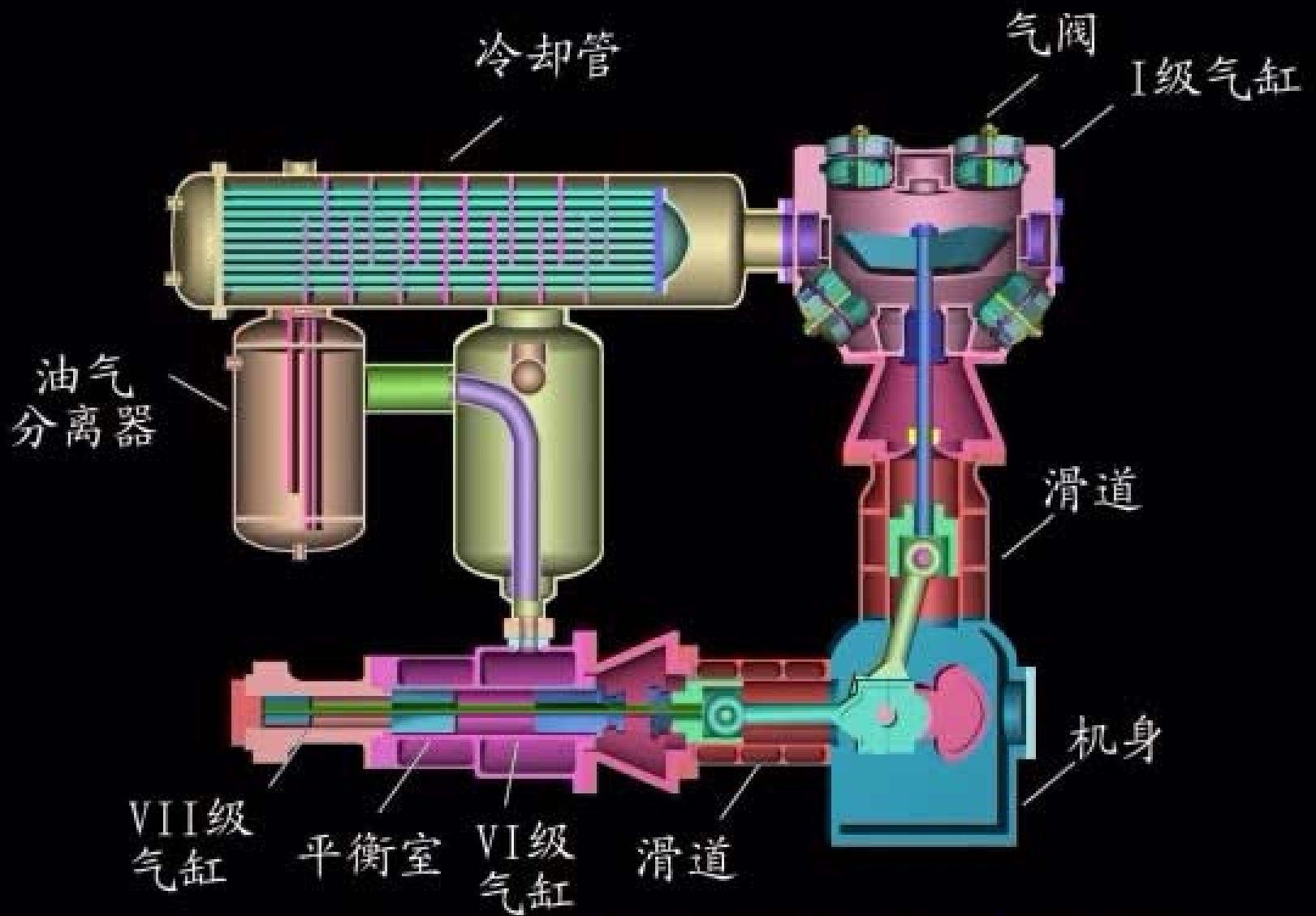


三、压缩机

1. 往复式压缩机



L3. 3-17/320氮氢气压缩机(低压侧)



L3.3-17/320氮氢气压缩机(高压侧)



(1) 工作原理

①开始时刻，活塞位于最右端，点1 P_1, V_1 ,

②压缩阶段 向左运动 S关D关

直至2点，D被顶开之前 P_2, V_2 , 点2

③排气阶段 继续向左 D开排气 P_2 不变

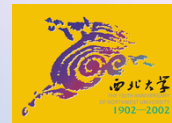
直至最左端， $V=0$ 点3

④吸气阶段 向右运动 $P=P_1$ $0 \rightarrow V_1$ 点1

(2) 压缩类型

等温压缩；绝热压缩；多变压缩





(3) 压缩功

多变压缩，每一循环(J)

$$W = \frac{m}{m-1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right]$$

m——多变指数

W——1-2-3-4所围成的面积

相对大小：等温<多变<绝热





(4) 有余隙的压缩循环

余隙——排气结束活塞左侧留有一定空隙

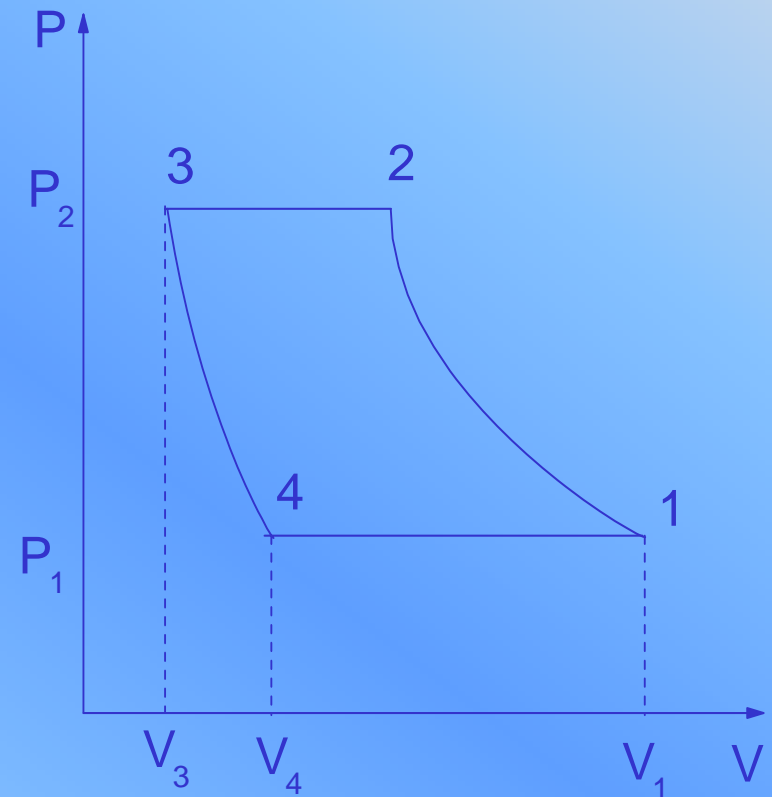
余隙膨胀阶段—— 3→4

余隙系数 = $\frac{\text{余隙体积}}{\text{活塞推进一次扫过体积}}$

$$\varepsilon = \frac{V_3}{V_1 - V_3}$$

余隙系数 = $\frac{\text{实际吸气体积}}{\text{活塞推进一次扫过体积}}$

$$\lambda_0 = \frac{V_1 - V_4}{V_1 - V_3}$$





$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{1/m} - 1 \right]$$

说明：余隙的存在使吸、排气量减小

且 $\varepsilon \uparrow$ ，则 $\lambda \downarrow$ ，吸、排气量 \downarrow

压缩比 \uparrow ，则 $\lambda \downarrow$ ，吸、排气量 \downarrow

(5) 多级压缩 —— 级间冷却

原因：压缩比大时，则 $\lambda \downarrow$ ，吸、排气量 \downarrow

气体温度过高

机械结构不合理





级数越多，越接近等温压缩，结构越复杂

常用2-6级，级压缩比3~5

各级压缩比相等，则总压缩功最小

(6) 往复式压缩机的流量调节

- ① 调节原动机转速
- ② 旁路调节
- ③ 改变气缸余隙体积

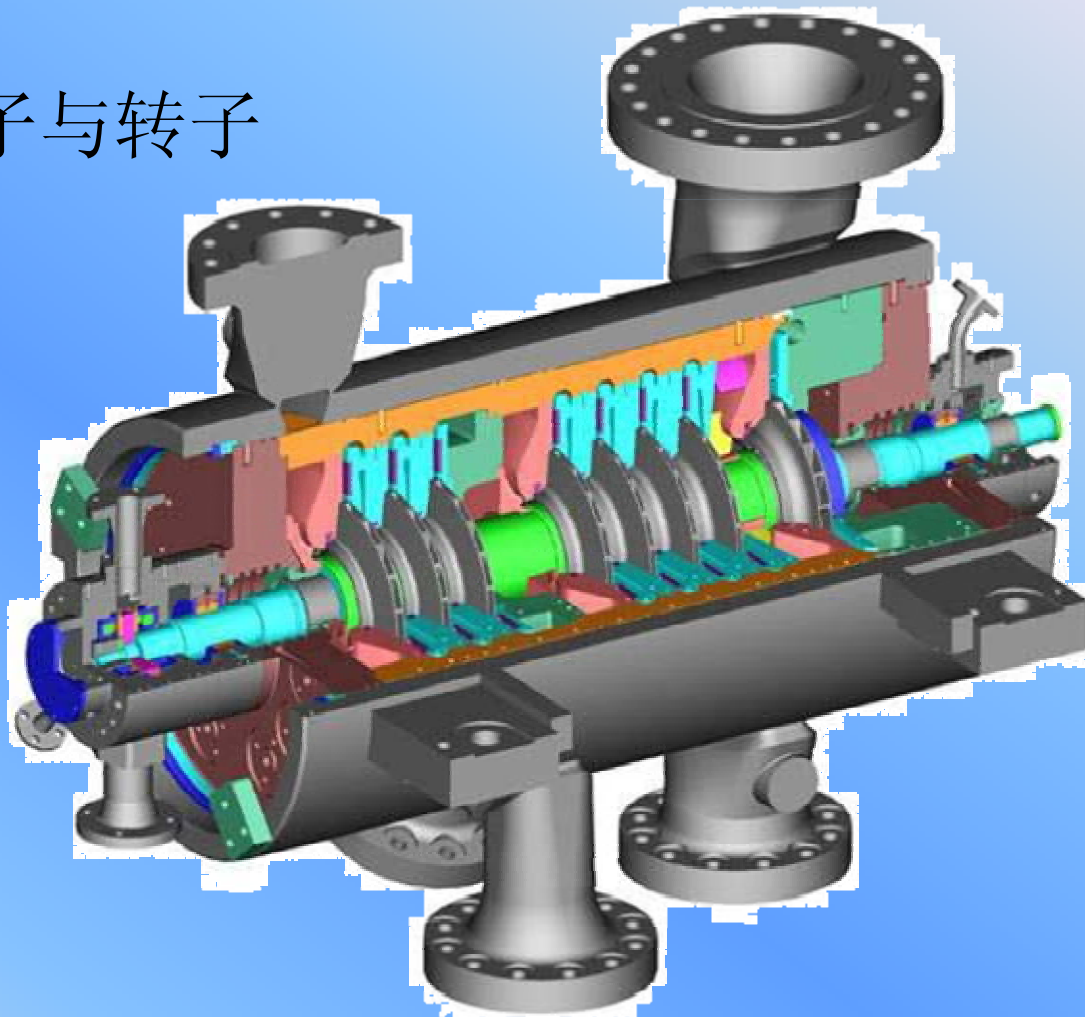


2. 离心式压缩机

(1) 结构——定子与转子

转子：主轴、多级
叶轮、轴套及平衡
元件

定子：气缸和隔板





(2) 工作原理

气体→叶轮中心离心力做功→高速到达外
围扩压器降速、增压→弯道，回流器→下一级
叶轮中心

增压多次，高压离开

(3) 特性曲线

——与离心通风机相似





(4) 特点——与往复压缩机相比

- ◆ 体积和重量都很小而流量很大；
- ◆ 供气均匀、运转平稳；
- ◆ 易损部件少、维护方便；
- ◆ 已有取代往复式压缩机的趋势。



四、真空泵

1. 真空泵的一般特点
2. 各种类型真空泵简介

往复式真空泵 [动画](#)

水环真空泵 [动画](#)

液环真空泵

旋片真空泵

喷射真空泵 [动画](#)

