涡轮增压技术

第三章

离心式压气机的原理与设计(1)

离心式压气机的原理与设计(1)

- 概述
- □ 压气机的热力学过程
- □ 空气在进口段中的流动
- □ 空气在叶轮内的流动
- □ 空气在叶轮中流动时的损失

概述---压气机的作用与要求

- 压气机的作用是预先压缩进入气缸的空气，以提高进入气缸的气体密度。
- 增压器要求压气机的尺寸小，尺寸小才能保证便于安装；重量轻，重量轻可以减少发动机总重，转子重量轻还可以提高增压器的响应速度，改善发动机的加速性；效率高，压气机效率高可以改善发动机的燃油耗；特性的可工作范围广，这是车用增压器对压气机最为重要的要求之一，因为车用发动机的工况变化频繁，且变化范围大，只有压气机的可工作范围广，才能保证增压器和发动机的良好匹配。

概述---压气机的构造(1)

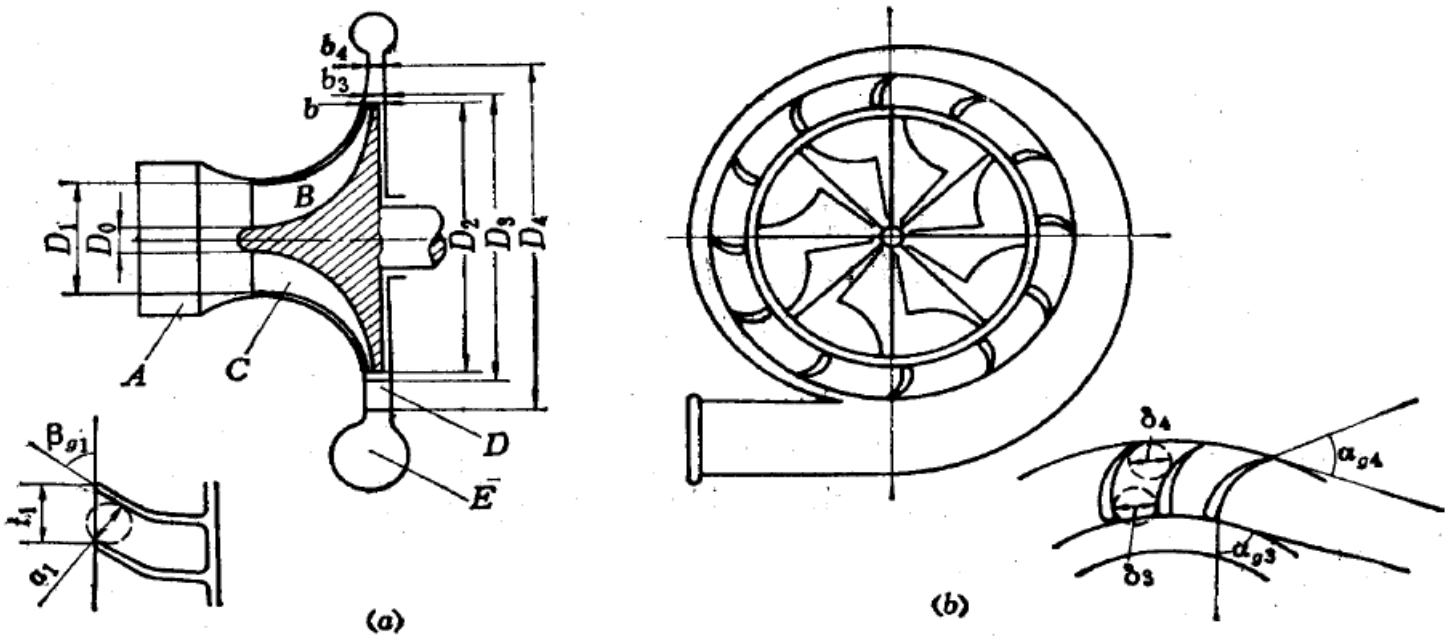


图3-1　离心式压气机简图

- 压气机级由进口、工作叶轮、扩压器、集气器（涡壳）四部分组成。

概述---压气机的构造(2)



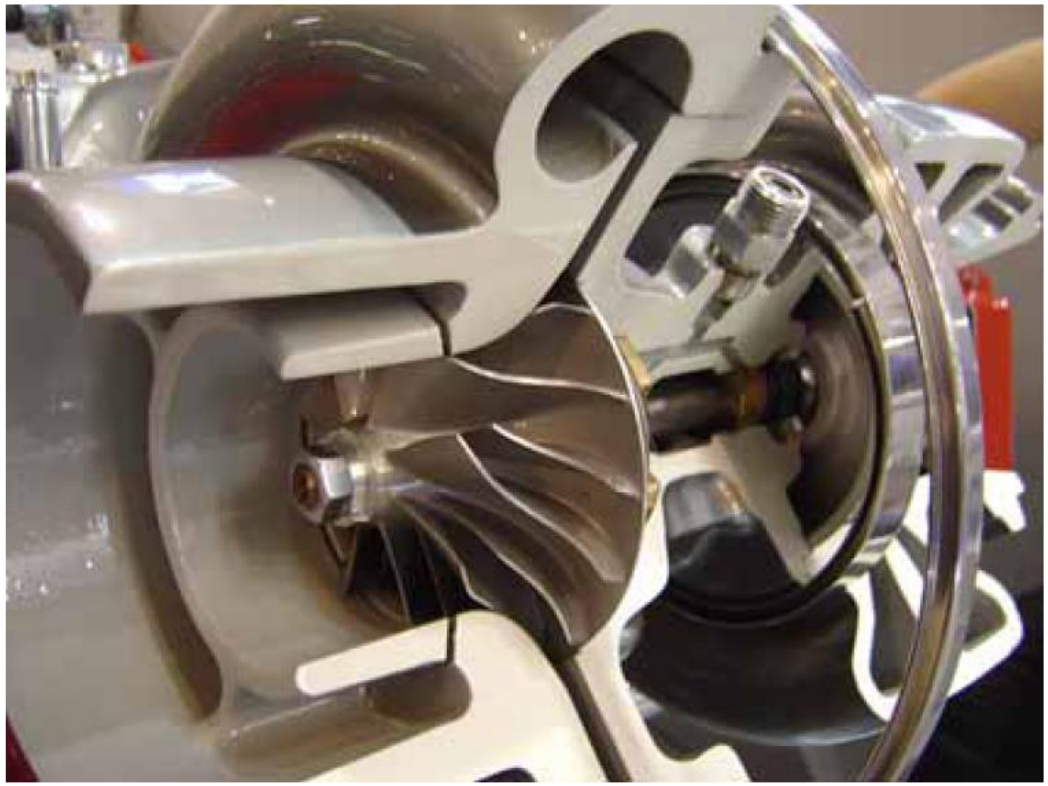
- 压气机进口段总是设计成圆柱形或者圆锥收缩段。

概述---压气机的构造(3)



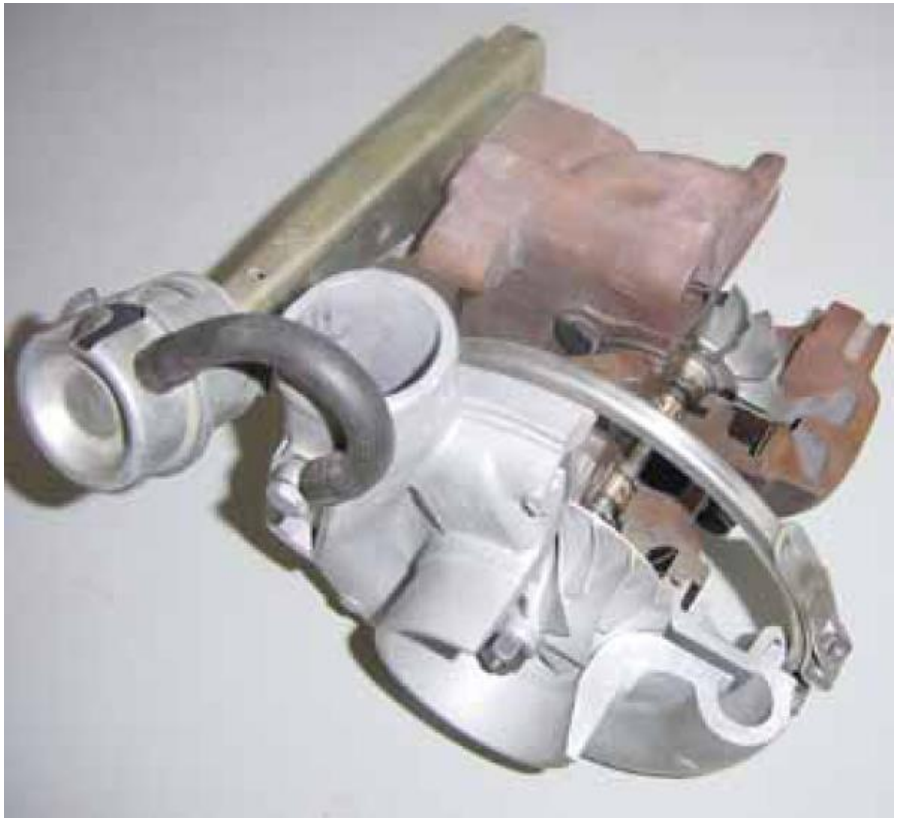
- 进口段的作用是引导气流更好地进入工作叶轮，以减少进口处的流动损失和扰流强度。

概述---压气机的构造(4)



- 有的压气机进口还带有回流装置以扩大流量范围。
- 左图为HOLSET增压器。

概述---压气机的构造(5)

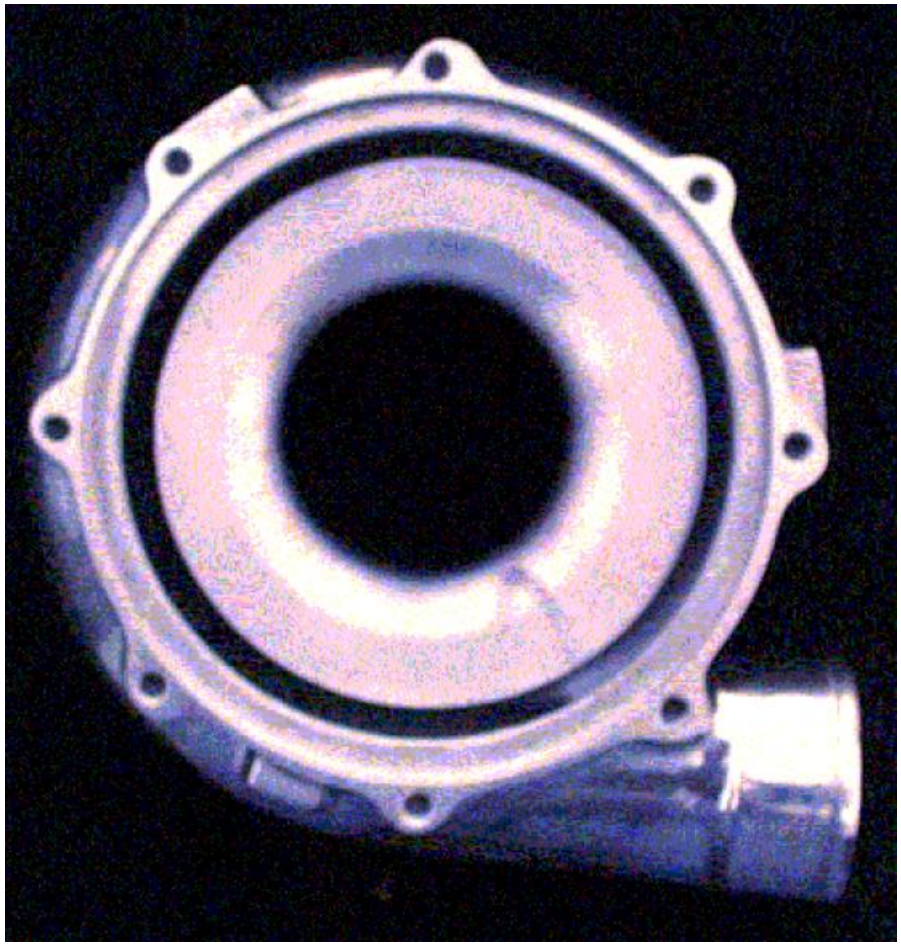


- 工作叶轮由轮盘及其上的叶片组成。用螺母将其紧固在涡轮轴上。气流沿着轮盘、外壳和叶片组成的通道流动。并在这一过程中，将从旋转叶轮吸收的机械功转变为压力(势能)及速度(动能)。工作叶轮是压气机最主要的零件，它的好坏对级的特性起了决定性的影响。对它的要求主要是，效率要高；强度要好，因为只有叶轮强度好，压气机才能达到较高的压缩压力。

概述---压气机的构造(6)

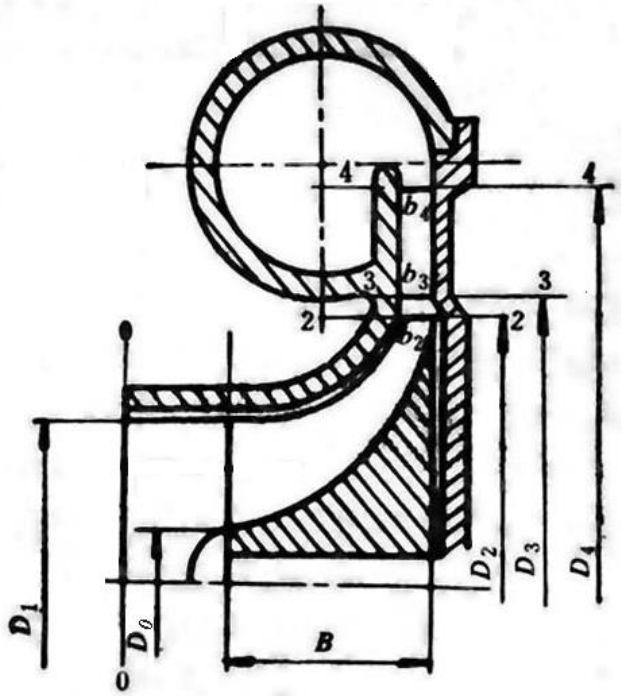
- 扩压器，空气从工作轮出来后，具有很高的气流速度，也即具有很大的动能。这部分动能约占叶轮加功量的25%–50%。因此，为有效地利用这一部分的能量，必须把这部分的动能转变为压力能，以达到提高空气压力的目的。为此，在叶轮后装有扩压器，把气流的动能转变成压力能。
- 扩压器一般可分为无叶扩压器和叶片扩压器两种，对车用涡轮增压器来说，一般使用无叶扩压器。无叶扩压器由两片光滑的圆盘壁构成，盘壁之间可以互相平行，也可成一定锥角。

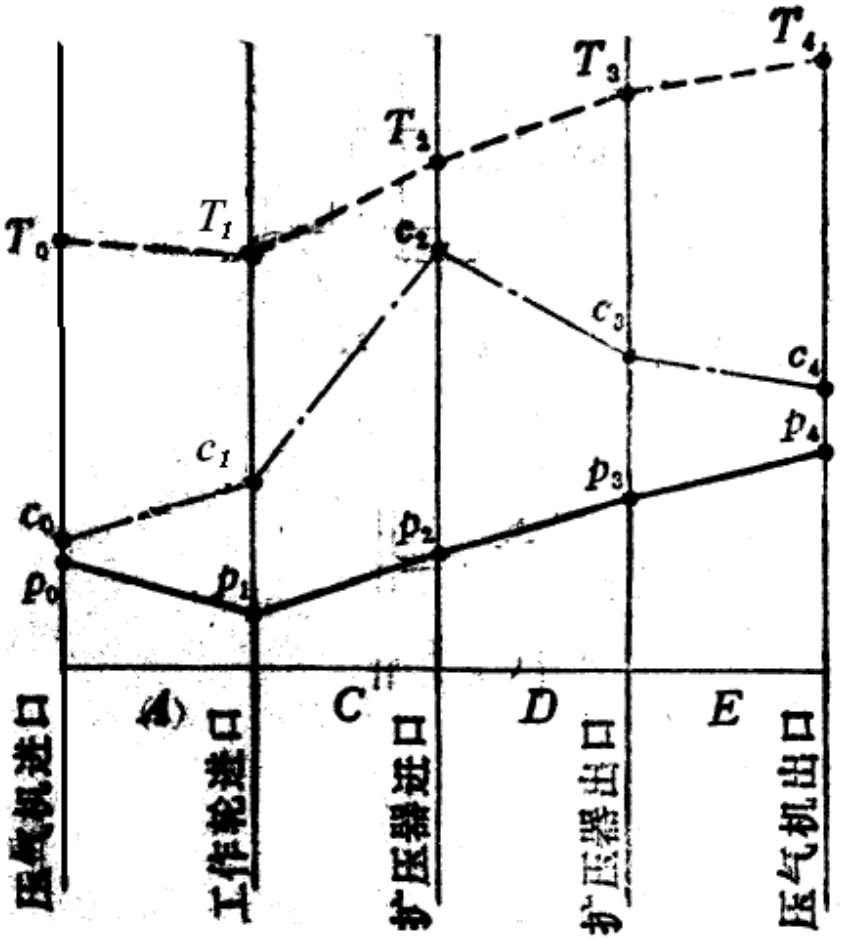
概述---压气机的构造(7)



- 压气机涡壳的背面。涡壳的主要作用是收集从扩压器出来的空气，并将空气送到燃烧室或其它设备中去。

概述---压气机内的气体流动过程





- A 进口段
- C 工作叶轮内气体参数
- D 扩压器内的气体参数
- E 集气器(压气机涡壳)段
- 分析各个阶段气流参数的变化。

概述---压气机的主要性能参数

- 压比 π_c：$\pi_c = p_4/p_1$ 即为压气机出口压力和进口压力之比。如果进出口压力均写成总压，则两者之比称为总压压比，写成

$$\pi_c^* = p_4^*/p_1^*$$

一般可将压气机出口压力p_4记成p_c。

- 质量流量M_c：单位时间内通过压气机的气体质量。流量越大，要求压气机的工作轮直径越大。
- 绝热效率 η_{cad}：每单位质量的空气在压缩到一定压比时，所需的绝热功与实际压缩功之比。记为：$\eta_{cad} = W_{ad}/W$。

概述---级的概念

- 压气机的“级”：指的是由进口段、工作叶轮、扩压器、及集气器这几部分组成的一个压缩空气的完整过程，并称之为一级压气机。如果多级串联起来工作，则称为多级压气机。

压气机的热力学过程

---压气机的绝热压缩功

- 在理想绝热压缩过程中，压气机内的气体流动没有流动阻力（$W_r=0$），　也没有和外界介质热交换($Q_{out}=0$)，因此，每千克空气压缩到预定的压气机出口压力时，所消耗的功由工程热力学知识可知，其可写成式3-1。

$$W_{ad}=\frac{k}{k-1}RT_1(\pi_c^{\frac{k-1}{k}}-1)=\frac{k}{k-1}R(T_{4ad}-T_1) \qquad (3-1)$$

压气机的热力学过程

---绝热压缩功的滞止形式

- 上式也可根据理想压缩过程写成滞止参数的表达式，如式3-2所示。如果，压气机的进出口气流速度很接近，即c_1约等于c_4，此时的绝热压缩功就可写成式3-1。这是经常用的表达式。虽然它与式3-2的差别在于仅忽略了占比例很小的动能差值，但在实际的试验与测量中却很方便，其静压也较易测得准确。

$$W_{ad}^{*}=\frac{k}{k-1}RT_1^{*}\left[\left(\frac{p_4^{*}}{p_1^{*}}\right)^{\frac{k-1}{k}}-1\right]=C_p(T_{4ad}^{*}-T_1^{*})=C_p(T_{4ad}-T_1)+\frac{c_4^2-c_1^2}{2} \quad (3-2)$$

压气机的热力学过程

---理想绝热压缩功的p-v图和T-s图

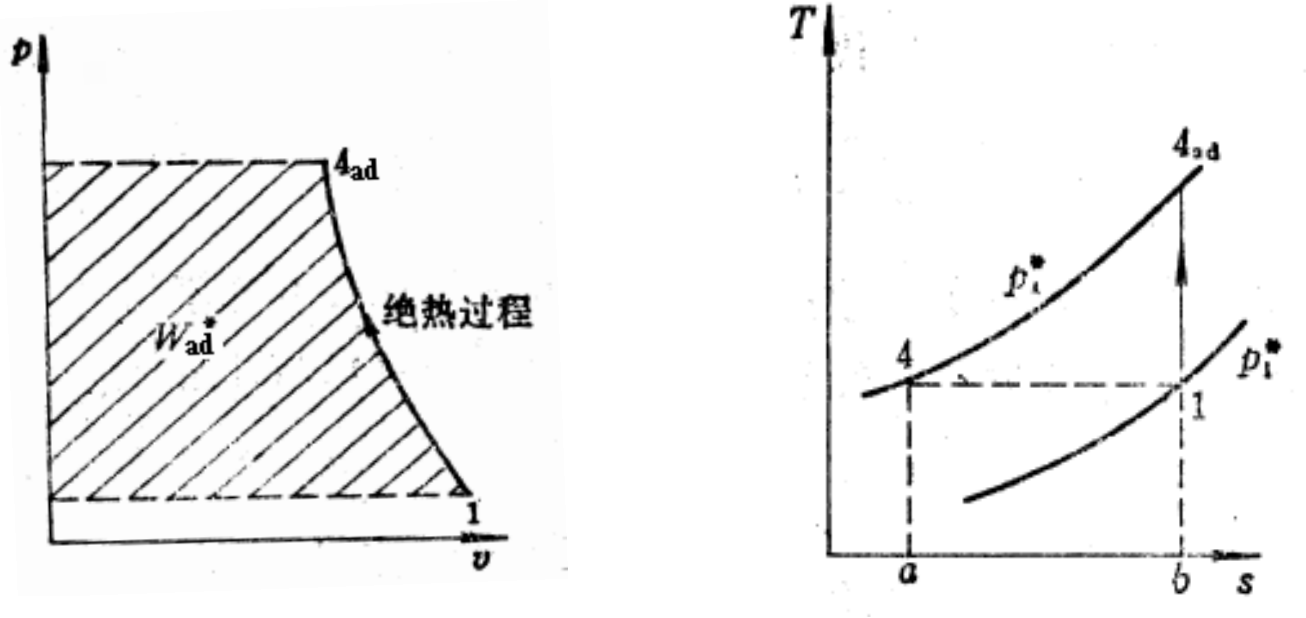


图3-3 气体理想绝热压缩过程的*p*-*v*图和*T*-*s*图

压气机的热力学过程

---实际多变过程的p-v图和T-s图

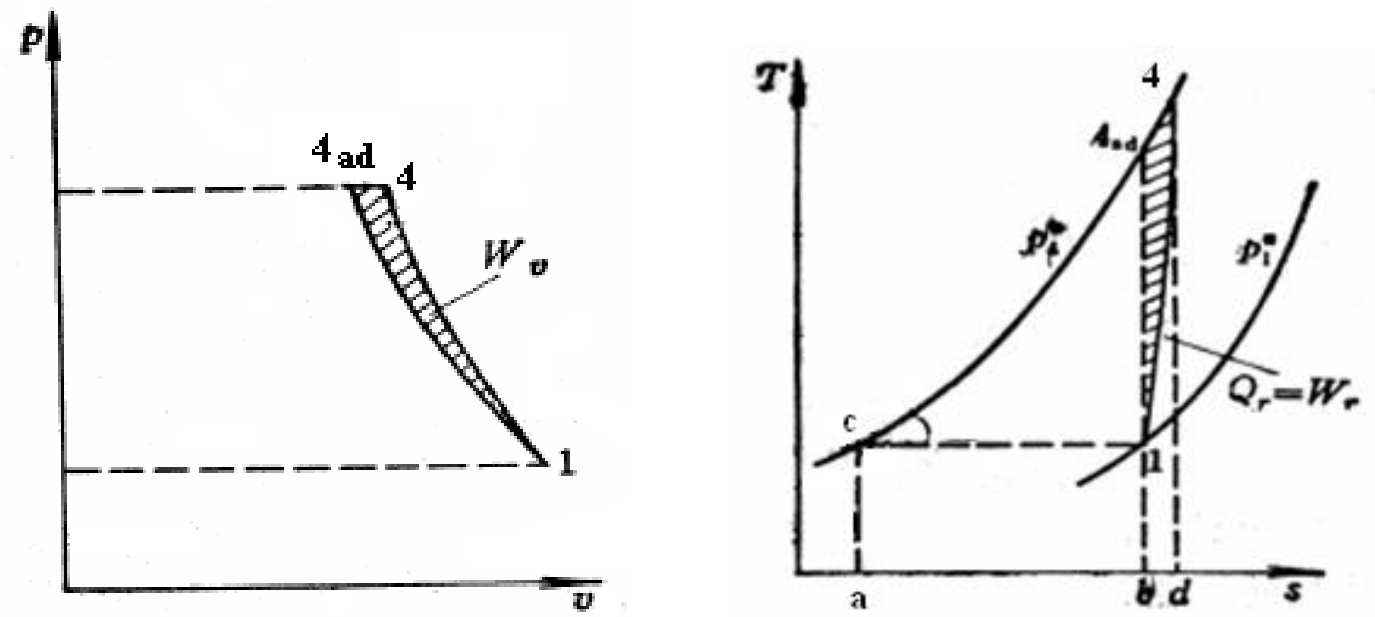


图3-4 气体多变压缩过程右的p-v图和T-s图

- 从p-v图上可以看出，多变压缩功比理想绝热压缩功多一块面积W_v，从T-S图上可以看到和流动阻力功所对应的发热量W_r。

压气机的热力学过程

---实际压缩功的计算公式

$$W^* = C_p(T_4^* - T_1^*) = \frac{k}{k-1} R T_1^* \left[\left(\pi_c^*\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \qquad (3\text{-}3)$$

- 由工程热力学知识知道多变过程过程的实际压缩功如上式所示。

压气机的热力学过程

---多变过程的技术功

$$W_n^* = \frac{n}{n-1} RT_1^* \left[\left(\pi_c^* \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \qquad (3\text{-}4)$$

- 多变过程的技术功，由图3-4积分得到，$-\int v\mathrm{d}p$

压气机的热力学过程

---多变指数的推导

- $W^{*}=W_{ad}{}^{*}+W_{v}+W_{r}=W_{n}{}^{*}+W_{r}$
- $W_{n}{}^{*}=W_{ad}{}^{*}+W_{v}$
- 由上式可以推出实际过程的平均多变指数。

$$\frac{n}{n-1}=\frac{k}{k-1}-\frac{W_{r}}{R\left(T_{4}^{*}-T_{1}^{*}\right)} \qquad (3-6)$$

空气在进口段中的流动

---进口的形式(1)

- 车辆用增压器的进口型式一般为圆锥形或圆柱形，图3-6(a)。极少部分的进口采用预扭叶片，以扩大压气机的流量范围。

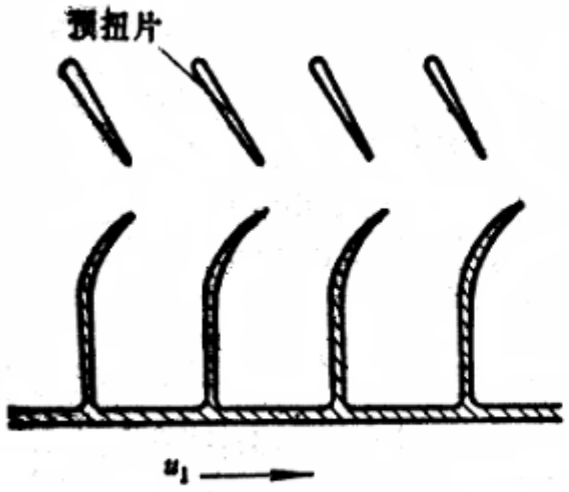


图3-5　压气机叶轮前的预扭片

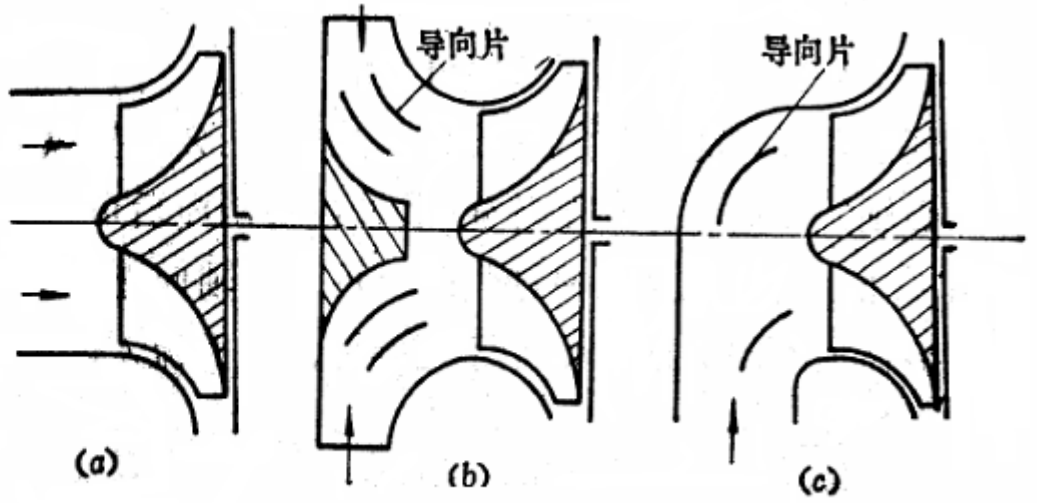
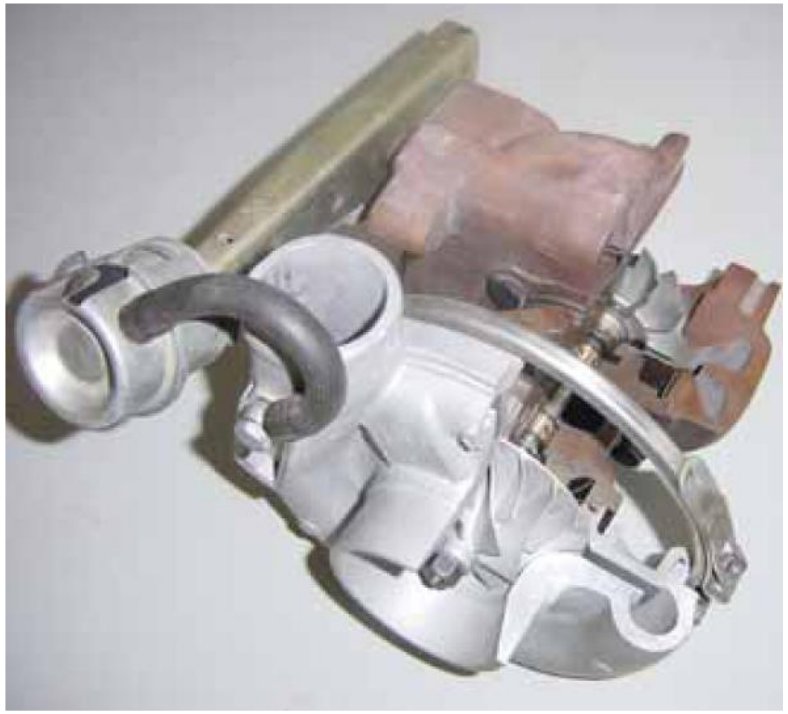


图3-6　压气机进口段型式

空气在进口段中的流动

---进口的形式(2)





以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/587056111100006142