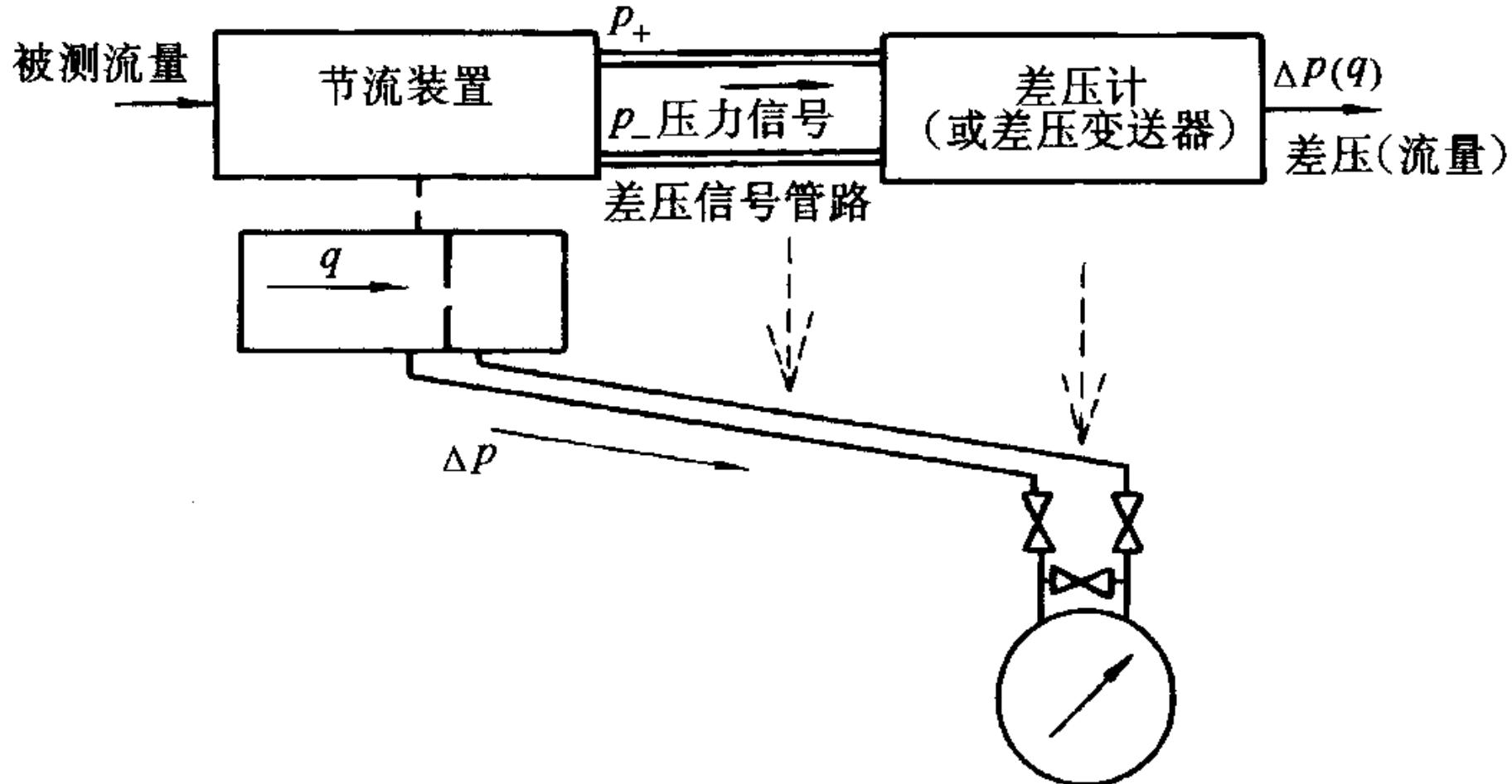


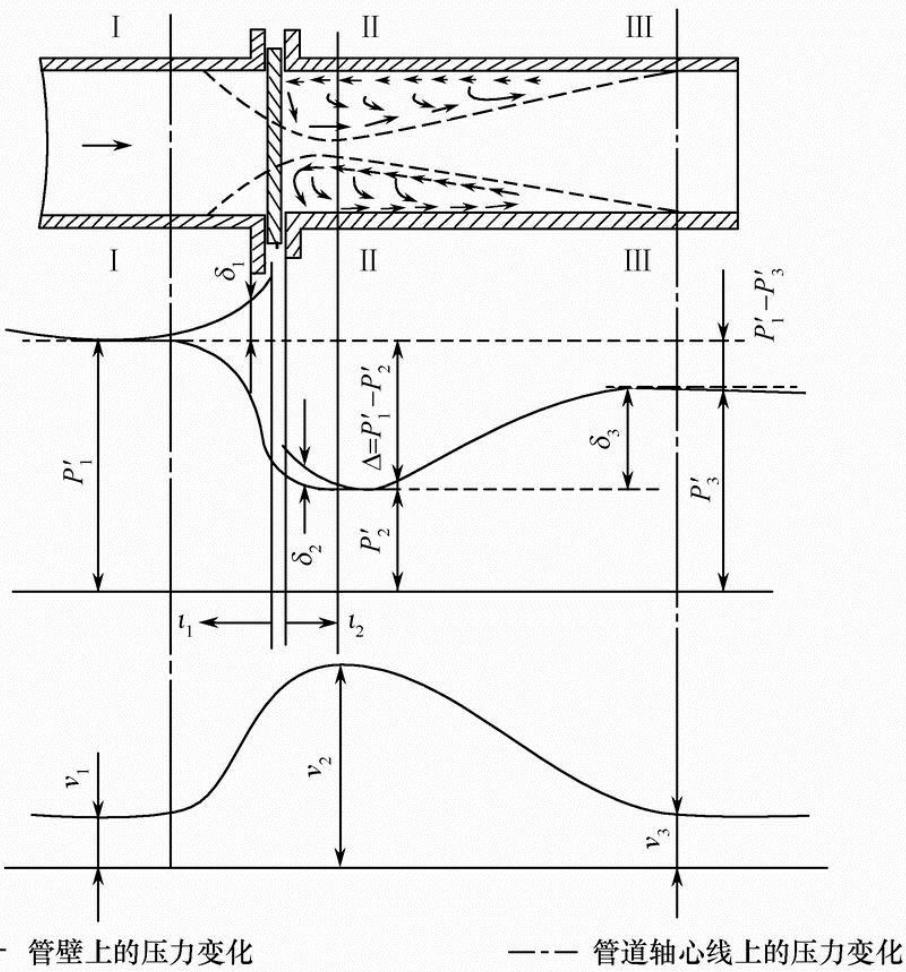
# 第七章 节流变压降流量计

## 7.1 概述

流体经过阻力件后有差压一流体流量



## 7.2 流量公式



流体流经节流件时压力和流速变化情况

截面1：流体未受节流件影响， $A_1$ ， $p_1$ ， $v_1$ ， $\rho_1$

截面2：经节流件后流束收缩的**最小截面**， $A_2$ ， $p_2$ ， $v_2$ ， $\rho_2$

在截面2处流速最大，静压  
力最低。

截面3：静压力 $p_3$ ，不等于原  
先的静压力 $p_1$ ，产生永久的  
压力损失 $\delta_p$

设流体为不可压缩的理想流体，由根据伯努利方程和流体的连续性方程可得

流体的质量流量可简写为：

$$q_m = \alpha A_0 \sqrt{2\rho\Delta p}$$

流体的体积流量可简写为：

$$q_v = \alpha A_0 \sqrt{2\Delta p / \rho}$$

对于可压缩性流体，引入可膨胀性系数 $\varepsilon$ ，并规定使用节流件前的密度 $\rho_1$ ，则有

$$q_m = \alpha \varepsilon A_0 \sqrt{2\rho_1 \Delta p}$$

$$q_v = \alpha \varepsilon A_0 \sqrt{2\Delta p / \rho_1}$$

## 7.3 流量方程的讨论

### 1、流量系数 $\alpha$ （或流出系数C）

流量系数受多个因素影响，目前使用的流量系数完全是由实验得到的实验数据。

节流件形式

开口直径

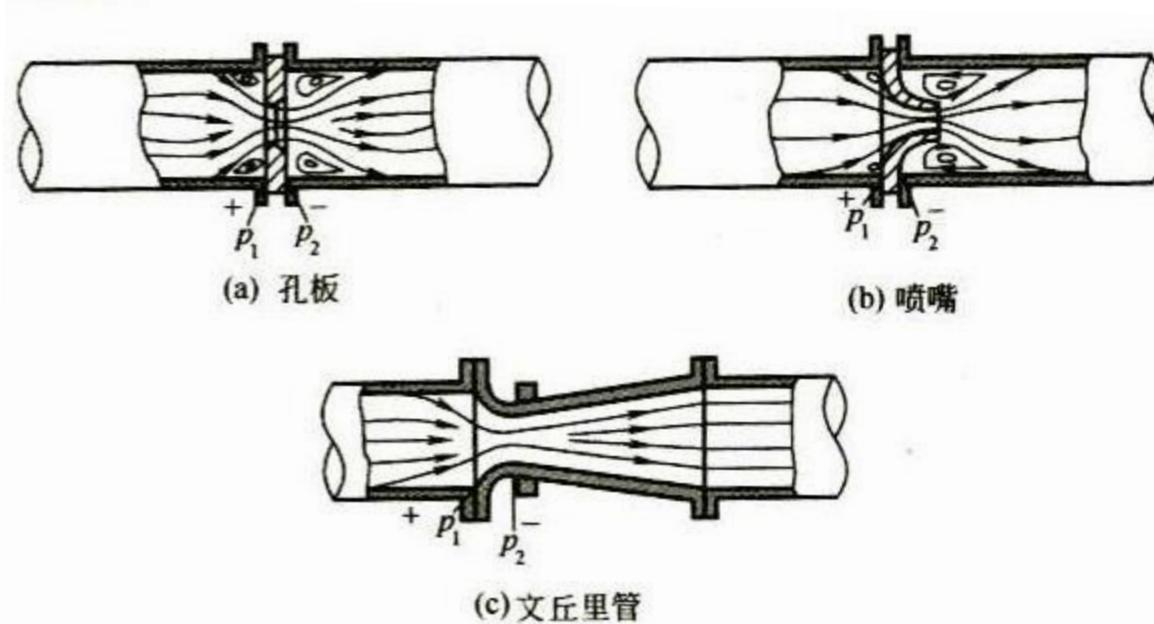
取压方式

流体流动状态

管道条件

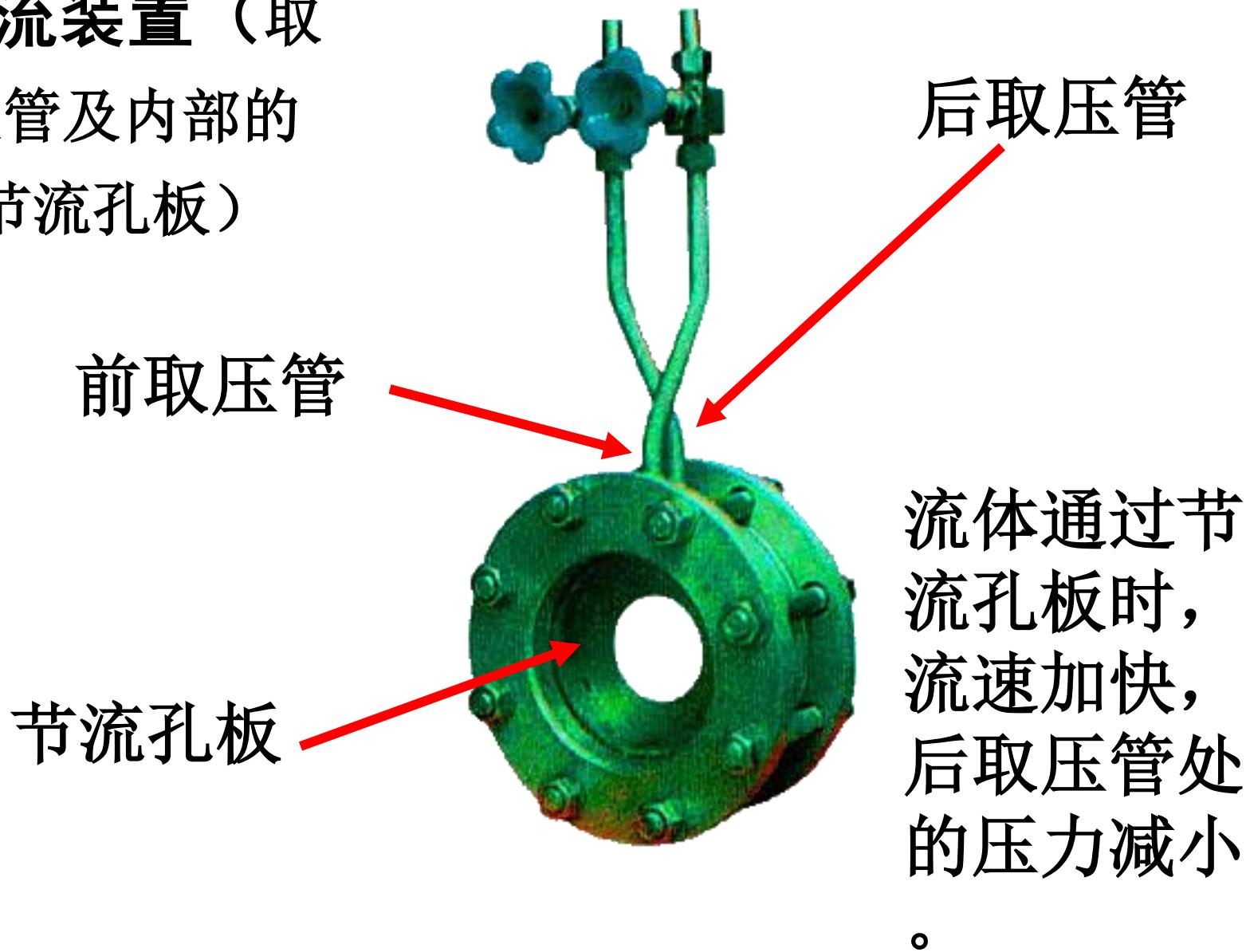
## ①节流件形式：

标准节流件：标准孔板、标准喷嘴和标准文丘里管。

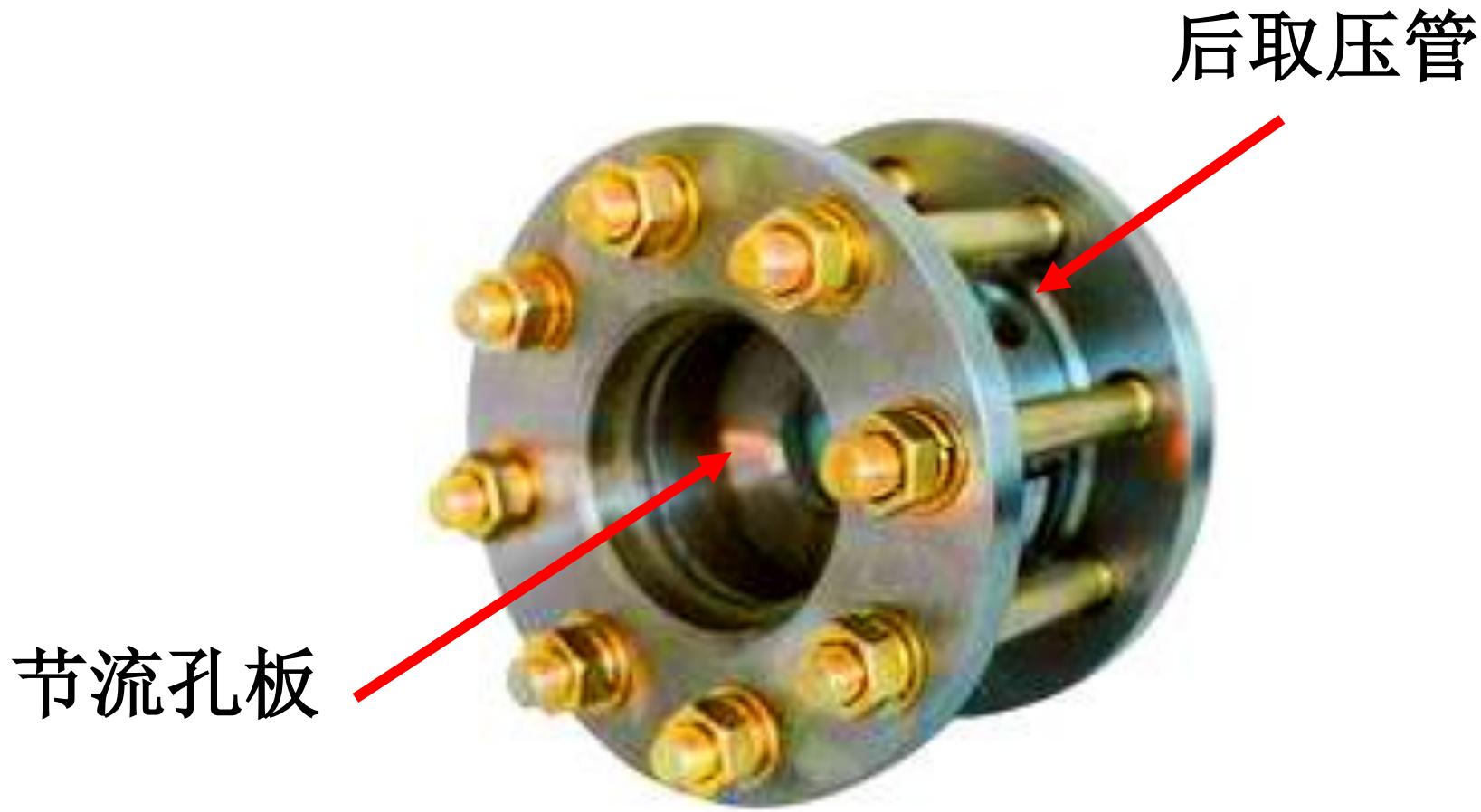


非标准节流件：双重孔板、偏心孔板等。主要用于特殊介质或特殊工况条件的流量测量。使用时必须用实验方法单独标定。

# 节流装置（取压管及内部的节流孔板）



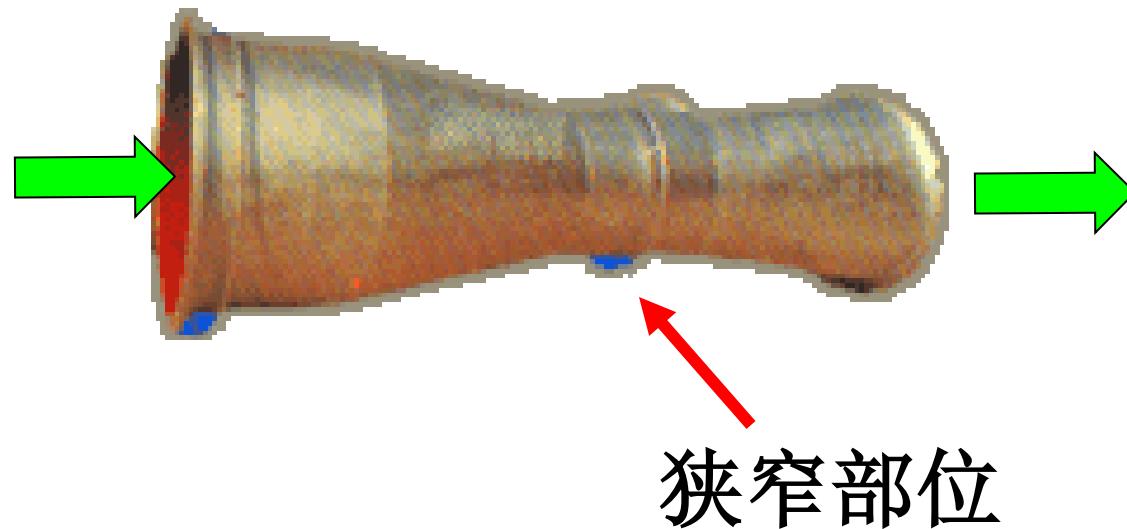
# 节流装置外形



# 节流装置的另一种形式——文丘里管或文丘里喷嘴

文丘里喷嘴的压力损失较小。

流体入口



## ②取压方式：

取压点位置不同，所得差压也不同，影响流量系数

a. 角接取压法  $\alpha = f(Re, \beta)$  或  $C = f(Re, \beta)$

b. 法兰取压法

c. D-D/2取压法

### ③雷诺数 $Re$ : 反映流体的流动速度。

对于给定的节流件和直径比 $\beta$ 值，  
 $Re > Re_K$ 时，流量系数 $\alpha$ 趋向定值；



测量下限

理论上测量无上限，但差压计有量程限制；

另外节流件产生的压力降占压力降总比例不宜过大。

### ④直径比 $\beta$ : 只要直径比 $\beta$ 一定，则 $\alpha=f(Re)$

要根据被测物体的最小流量以及允许的压力损失合理选择 $\beta$ 值。

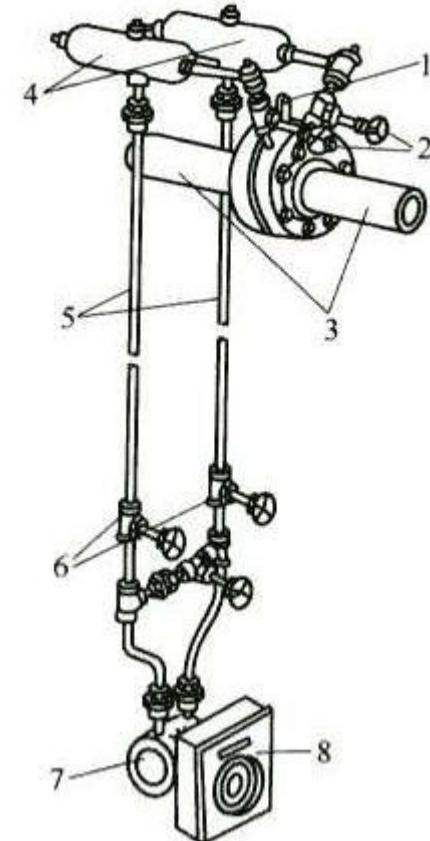
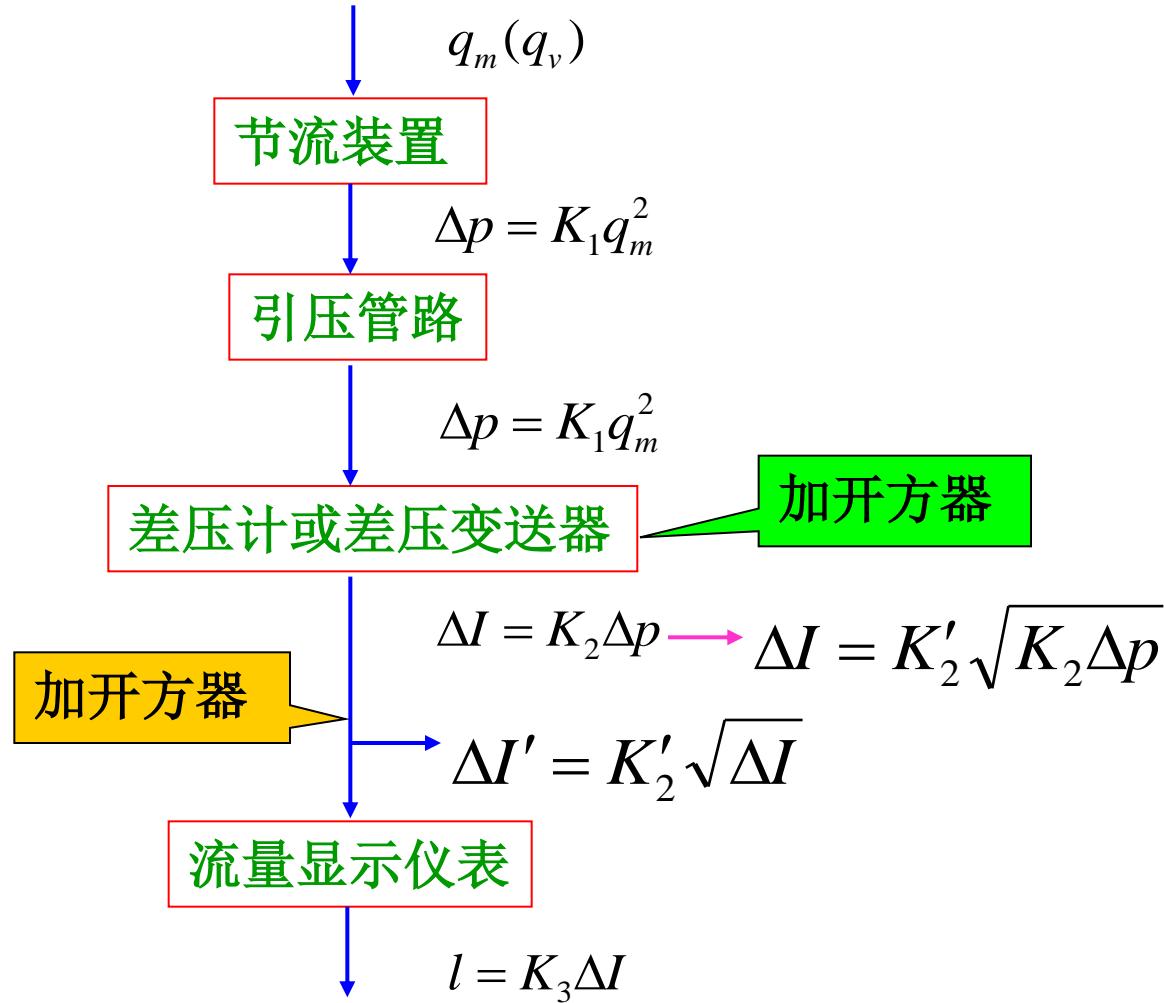
### ⑤管壁粗糙度: K是管道内壁绝对平均粗糙度。

## 2、流体密度ρ

$$q'_m = q_m \sqrt{\frac{\rho'}{\rho}}$$

$$q'_v = q_v \sqrt{\frac{\rho}{\rho'}}$$

## 7.4 节流式流量计



节流式流量计的组成

未加开方器:  $l = K_3 K_2 K_1 q_m^2 \rightarrow$  非线性

加开方器:  $l = K_3 K'_2 \sqrt{K_2 K_1} q_m \rightarrow$  线性

**【例】**有一台节流式流量计，满量程为 $10\text{kg/s}$ ，当流量为满刻度的65%和30%时，试求流量值在标尺上的相应位置（距标尺起始点），设标尺总长度为 $100\text{mm}$ .

**解：**如果流量计不带开方器，则标尺长度与流量的关系为： 
$$l = Kq_m^2$$

由题意可得， $q_m=10\text{kg/s}$ 时， $l=100\text{mm}$ ，则 $K=1\text{mm/kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ；

当 $q_m=10 \times 65\% \text{ kg/s}=6.5\text{kg}$ 时， $l_{65\%}=42.55\text{mm}$ ；

当 $q_m=10 \times 30\% \text{ kg/s}=3.0\text{kg}$ 时， $l_{30\%}=9.0\text{mm}$ ；

如果流量计带开方器，则标尺长度与流量的关系为 
$$l = K'q_m$$
：  
：

当 $q_m=10 \times 65\% \text{ kg/s}=6.5\text{kg}$ 时， $l_{65\%}=65.0\text{mm}$ ；

当 $q_m=10 \times 30\% \text{ kg/s}=3.0\text{kg}$ 时， $l_{30\%}=30.0\text{mm}$ ；

**【例】**有一节流式流量计，用于测量水蒸气流量，设计时的水蒸气密度为  $\rho=8.93\text{kg/m}^3$ ，但实际使用时被测介质的压力下降，使实际密度减小为  $8.12\text{kg/m}^3$ 。试求当流量计读数为  $8.5\text{kg/s}$  时，实际流量为多少？由于密度变化使流量指示值产生的相对误差为多少？

**解：**当密度变化时，实际流量为：

$$q'_m = q_m \sqrt{\frac{\rho'}{\rho}} = 8.5 \sqrt{\frac{8.12}{8.93}} = 8.105\text{kg/s}$$

相对误差为：

$$\delta = \frac{q'_m - q_m}{q'_m} \times 100\% = \frac{8.5 - 8.105}{8.105} \times 100\% = 4.9\%$$

当密度改变时，流量的指示值和实际值有较大误差；  
实际密度与设计值相差越大，则测量误差也越大。

## 节流式流量计的特点：

- 结构简单，便于制造、工作可靠、使用寿命长、适应性强
- 几乎能测量各种工况下的介质流量
- 压力损失大，刻度非线性，测量范围较窄（量程比3:1）
- 不能测量小口径（50mm以下）和大口径（1000mm以上）流量

## 节流式流量计复习总结

- ◆ 掌握节流式流量检测的工作原理；
- ◆ 掌握标准节流件的组成、种类、取压方式；
- ◆ 掌握节流式流量计的组成
- ◆ 掌握流量系数
- ◆ 掌握流量公式，能进行流量计算