



# 流体力学实验报告

学院：	xxxxx 学院
专业班级：	xxxxxxxxxxxxxxxxx 班
学生姓名：	xxx
学号：	xxxxxxxxxxx
授课教师：	xxx

# 局部阻力实验报告

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X by xxxxx 班 xxx xxxxxxxxxxxx

2024 年 12 月 31 日

## 目录

<b>1</b>	<b>局部阻力实验</b>	<b>2</b>
1.1	实验目的 . . . . .	2
1.2	实验装置 . . . . .	2
1.3	实验原理 . . . . .	2
1.4	实验步骤 . . . . .	3
1.5	实验数据记录及处理 . . . . .	3
1.6	实验分析与讨论 . . . . .	6

# 1 局部阻力实验

## 1.1 实验目的

1. 掌握三点法、四点法测量局部阻力系数的技能。
2. 通过对圆管突扩、突缩局部阻力的测定，验证突扩局部阻力和突缩局部阻力系数的经验公式。
3. 加深对局部阻力的认识。

## 1.2 实验装置

实验管道由小 → 大 → 小三种已经管径的管道组成，共设有六个测压孔，测孔 1-3 和 3-6 分别用以测量突扩和突缩的局部阻力系数。其中测孔 1 位于突扩界面处，用以测量小管出口端压强值。

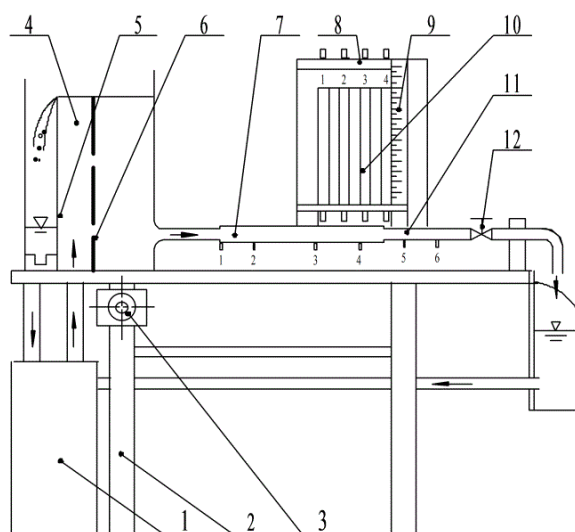


图 1: 局部阻力实验装置图

1. 自循环供水器；2. 实验台；3. 可控硅无级调速器；4. 恒压水箱；5. 溢流板；
6. 稳水孔板；7. 突然扩大实验管段；8. 测压管；9. 滑动测量尺；10. 测压管；
11. 突然收缩实验管段；12. 实验流量调节阀。

## 1.3 实验原理

根据推导条件，扣除沿程水头损失可得：

1. 突然扩大采用三点法计算，下式中  $h_{f1-2}$  由  $h_{f2-3}$  按流长比例换算得出。

$$h_{je} = \left[ \left( Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) + \frac{av_1^2}{2g} \right] - \left[ \left( Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) + \frac{av_2^2}{2g} + h_{f1-2} \right] \quad (1)$$

$$\zeta_e = \frac{h_{je}}{\frac{av_1^2}{2g}} \quad (2)$$

理论：

$$\zeta'_e = \left( 1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \quad (3)$$

$$h'_{je} = \zeta'_e \frac{av_1^2}{2g} \quad (4)$$

2. 突然缩小采用四点法计算，下式中 B 点为突缩点， $h_{f4-B}$  由  $h_{f3-4}$  换算得出， $h_{fB-5}$  由  $h_{f5-6}$  换算得出。

$$h_{js} = \left[ \left( Z_4 + \frac{p_4}{\gamma} \right) + \frac{av_4^2}{2g} - h_{f4-B} \right] - \left[ \left( Z_5 + \frac{p_5}{\gamma} \right) + \frac{av_5^2}{2g} + h_{fB-5} \right] \quad (5)$$

$$\zeta_s = \frac{h_{js}}{\frac{av_5^2}{2g}} \quad (6)$$

理论：

$$\zeta'_s = 0.5 \left( 1 - \frac{A_5}{A_3} \right) \quad (7)$$

$$h'_{js} = \zeta'_s \frac{av_5^2}{2g} \quad (8)$$

## 1.4 实验步骤

1. 测记实验的有关常数。
2. 打开电子调速器开关，使恒压水箱充水，排除实验管道中的滞留气体。待水箱溢流后，检查泄水阀全关时，各测压管液面是否齐平，若不平，则需排气调平。
3. 打开泄水阀至最大开度，待流量稳定后，测记测压管读数，同时用体积法测记流量。
4. 改变泄水阀开度 3、4 次，分别测记测压管读数及流量。
5. 实验完成后关闭泄水阀，检查测压管液面是否齐平；否则，需重做。

## 1.5 实验数据记录及处理

1. 记录、计算有关常数：

- 实验装置台号：No: 7
- $d_1 = D_1 = 10 \text{ cm}$ ,  $d_2 = d_3 = d_4 = D_2 = 20 \text{ cm}$
- $d_5 = d_6 = D_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$
- $L_{1-2} = 12 \text{ cm}$ ,  $L_{2-3} = 24 \text{ cm}$ ,  $L_{3-4} = 12 \text{ cm}$
- $L_{4-B} = 6.2 \text{ cm}$ ,  $L_{B-5} = 6 \text{ cm}$ ,  $L_{5-6} = 6 \text{ cm}$
- $\zeta'_e = \left( 1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 = 0.5625$

- $\zeta'_s = 0.5 \left( 1 - \frac{A_5}{A_3} \right) = -0.625$

计算过程：

1. 计算  $\zeta'_e$ ：

$$\zeta'_e = \left( 1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2$$

其中,  $A_1$  和  $A_2$  是根据  $d_1 = 10\text{ cm}$  和  $d_2 = 20\text{ cm}$  计算的面积, 使用圆形截面积公式  $A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$ 。

$$A_1 = \pi \left(\frac{d_1}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{10}{2}\right)^2 = 25\pi\text{ cm}^2$$

$$A_2 = \pi \left(\frac{d_2}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{20}{2}\right)^2 = 100\pi\text{ cm}^2$$

代入计算  $\zeta'_e$ :

$$\zeta'_e = \left(1 - \frac{25\pi}{100\pi}\right)^2 = \left(1 - \frac{1}{4}\right)^2 = \left(\frac{3}{4}\right)^2 = \frac{9}{16}$$

因此,

$$\zeta'_e = \frac{9}{16} \approx 0.5625$$

2. 计算  $\zeta'_s$ :

$$\zeta'_s = 0.5 \left(1 - \frac{A_5}{A_3}\right)$$

假设  $d_5 = d_6 = D_3 = 30\text{ cm}$ , 我们可以计算  $A_5$  和  $A_3$ 。

$$A_5 = \pi \left(\frac{d_5}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{30}{2}\right)^2 = 225\pi\text{ cm}^2$$

假设  $A_3 = A_2 = 100\pi\text{ cm}^2$ , 代入公式:

$$\zeta'_s = 0.5 \left(1 - \frac{225\pi}{100\pi}\right) = 0.5 (1 - 2.25) = 0.5 \times (-1.25) = -0.625$$

因此,

$$\zeta'_s = -0.625$$

2. 整理记录、计算表

3. 将实测值与理论值比较

次序	体积			测压管读数 cm					
	体积	时间	流量 $\text{cm}^3/\text{s}$	1	2	3	4	5	6
1	3640	4.55	800	91.5	100.5	98.6	98.4	64.5	60.7
2	3372.6	4.38	770	87	95.5	94.6	94.4	62.4	58.6
3	3088.5	4.35	710	81.7	59.5	88.7	88.4	59.5	56.4

## 1.6 实验分析与讨论

1. 结合实验结果，分析比较突扩与突缩在相应条件下的局部损失大小关系：

(a) 不同  $Re$  的突扩  $\zeta_e$  是否相同？

- 在不同的雷诺数 ( $Re$ ) 下，突扩的局部损失系数  $\zeta_e$  通常不是相同的。随着雷诺数的变化，流体的流动状态（如层流或湍流）会发生变化，从而影响局部损失的大小。在高雷诺数下，流动通常为湍流，损失较大；而在低雷诺数下，流动为层流，损失相对较小。

(b) 在管径比变化相同的条件下，其突扩  $\zeta_e$  是否一定大于突缩  $\zeta_s$ ？

- 在管径比变化相同的条件下，突扩的局部损失系数  $\zeta_e$  一般大于突缩的  $\zeta_s$ 。这是因为突扩处的流动通常会发生急剧变化，导致较大的湍流损失，而突缩处的流动变化较为平缓，因此突扩的局部损失通常更大。

2. 结合流动仪演示的水力现象，分析局部阻力损失机理为何？产生突扩与突缩局部阻力损失的主要部位在哪里？怎样减小局部阻力损失？

(a) 局部阻力损失机理：

- 局部阻力损失是指流体在流动过程中，因流道发生几何形状或流动方向的变化（如弯头、阀门、突扩、突缩等）而引起的额外能量损失。这些变化引起了流体速度和压力的突变，形成涡流或湍流，进而导致能量损失。

(b) 产生突扩与突缩局部阻力损失的主要部位：

- 突扩与突缩的局部阻力损失主要发生在流体流动发生突变的部位。对于突扩，局部损失主要发生在管道从小直径到大直径的扩展部分；而对于突缩，损失主要发生在管道从大直径到小直径的收缩部分。
- 在这些部位，流体流动的速度变化很大，特别是从大流道转向小流道时，或从小流道转向大流道时，流体流速急剧变化，导致了能量的显著损失。

(c) 怎样减小局部阻力损失：

- 采用平缓过渡的管道连接方式，避免急剧的流道变化，减少流速突变。
- 优化管道的几何设计，例如采用较大半径的弯头、缓慢的扩口和缩口设计，减少流体在这些区域的湍流和涡流。
- 使用平滑的管道内壁，减少摩擦损失。
- 在流体流动方向变化较大的位置安装流动整流器，以减少湍流和局部阻力。

3. 现备一段长度及联接方式与调节阀 (图 1) 相同，内径与实验管道相同的直管段，如何用两点法测量阀门的局部阻力系数？

(a) 两点法测量阀门的局部阻力系数：

- 使用两点法测量阀门的局部阻力系数，需要通过压力差和流量的关系来计算。步骤如下：
- 首先，确保实验管道中安装了与调节阀相同的直管段，并确保流体流量和流速保持恒定。
- 在阀门的前后两点分别安装压力传感器，记录阀门前后的压力差  $\Delta P$ 。

- 测量通过管道的流量  $Q$ ，可以使用流量计或根据流速和管道截面积计算。
- 根据流量和压力差，使用以下公式计算局部阻力系数：

$$\zeta = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho v^2}$$

其中， $\Delta P$  为阀门前后的压力差， $\rho$  为流体密度， $v$  为流速。流速  $v$  可通过流量  $Q$  和管道截面积  $A$  计算得出：

$$v = \frac{Q}{A}$$

最终，利用测得的压力差和流量计算出阀门的局部阻力系数  $\zeta$ 。