



实验A - ECM2110 流体力学实验

实验日期: 2023年10月10日

阅读。道格拉斯流体力学6.13

1. 目标

本实验的目的是确定两个小孔的速度系数，通过测量在稳定流动条件下（水库水头不变）从水库侧面的孔口发出的射流轨迹。

2. 实验程序和测量

松开两个滚花螺母，卸下孔板，检查孔板直径；注意不要丢失O型密封圈。更换孔板，并将水库流入管连接到台式流量连接器上。定位溢流连接管，使其排入容积箱；确保该管不会干扰从孔口流出的喷射轨迹。

打开泵，逐渐打开工作台阀门。当水库中的水位上升到溢流管的顶部时，调整台阶阀，使水位高于溢流位2-3毫米。这将确保恒定的水头，并产生稳定的流量通过孔口。

2.1. 实验1

- 从喷射轨迹确定速度系数。

定位溢流管，使其具有较高的水头。注意水头的数值。通过使用安装在垂直背板上的针来获得射流轨迹，以跟踪射流的轮廓。依次松开每个针头的固定螺丝，移动针头，直到它的点正好在射流的上方：然后重新拧紧螺丝。在针和板之间的背板上贴上一张纸，用提供的夹子将其固定住，使其上边缘呈水平状态。在纸上标出每根针的顶部位置。注意从孔口平面（取为 $x=0$ ）到标记第一根针的位置的坐标点的水平距离。

这第一个坐标点应该足够接近孔口，以便将其视为 $y=0$ 的值。因此， y 位移是相对于这个位置测量的。估计每个测量量的可能实验误差。

对低水头的水库重复进行测试。

然后对第二个孔口重复上述程序。绘制 x 与 y 的关系图，确定图形的斜率。速度系数 C_v ，等于平均斜率/2。

2.2. 实验2

- 恒定水头下排泄系数的确定。

使用提供的量筒，通过定时采集测量流速，并记下水库水头值。通过调整溢流管的水位，对不同的水头重复这一程序。绘制流速 Q 与 \sqrt{h} 的关系图，并确定图形的斜率。排放系数 C_d ，然后可以计算出

$$C_d = \frac{\text{斜率}}{A_o \sqrt{2g}}$$

2.3. 技术数据

小孔的直径3毫米
大孔口直径6毫米
水库的表面积

$$A_R = 1.812 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

3. 理论

3.1. 实验1

根据伯努利方程的应用，在射流收缩腔（射流最窄直径）处的理想孔口流出速度为

$$v_i = \sqrt{2gh}$$

其中 h 为孔口上方流体的高度。实际速度为

$$v = C_v \sqrt{2gh}$$

C_v 是速度系数，考虑到粘度的影响，因此 $C_v < 1$ 。 C_v 可以通过以下参数从射流的轨迹中确定。

忽略空气阻力的影响，可以假设喷射速度的水平分量保持不变，因此在时间 t 内，水平距离的旅行。

$$X = vt$$

由于重力的作用，流体也获得了一个向下的垂直（Y方向）的速度分量。因此，在相同的时间 t 后，喷射流将有一个Y方向的位移

$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \frac{\sqrt{2y}}{g}$$

将（3）中的 t 代入（2），将（1）中的 v 代入（2），就可以得到结果。

$$C_v = \frac{X}{\sqrt{2y}h}$$

因此，对于稳定的流动条件，即恒定的 h ， C_v ，可以从射流的 x ， y 坐标确定。 x 与 $\sqrt{y}h$ 的曲线图将有一个斜率为 $2 C_v$ 。

3.2. 实验2

射流的实际流速由以下公式给出

$$Q_t = A_c v$$

其中， A_c 是收缩静脉的横截面积，由以下公式给出

$$A_c = C_c A_o$$

其中 A_o 是孔口面积， C_c 是收缩系数，因此 $C_c < 1$ 。因此

$$Q_t = C_c A_o C_v \sqrt{2gh}$$

乘积 $C_c C_v$ 被称为放电系数， C_d ，所以最后

$$Q_t = C_d A_o \sqrt{2gh}$$

如果假定 C_d 是常数，那么 Q_t 与 \sqrt{h} 的关系图将是线性的，斜率， $S = C_d A_o \sqrt{2g}$ 。

3.3. 血管收缩

孔口是一个开口，通常是圆形的，在水箱的侧面，流体通过这个孔口以喷射的形式排出，通常是进入大气。通过孔口的流速取决于孔口水平面以上的流体的水头。假设孔口很小，也就是说，水头在孔口上没有变化。

流经孔口的一个重要方面是，孔口本身的流线并不平行。在孔口的上游，水会从孔口周围的广阔区域流向孔口，因此流线会向孔口方向弯曲（见图1）。当射流从孔口涌出时，这种弯曲继续存在，其结果是，当射流充分发展且流线平行时，射流的实际直径要比它所涌出的孔口直径小得多。流线平行于射流的部分（即射流开始具有恒定横截面的地方）被称为“收缩脉”。

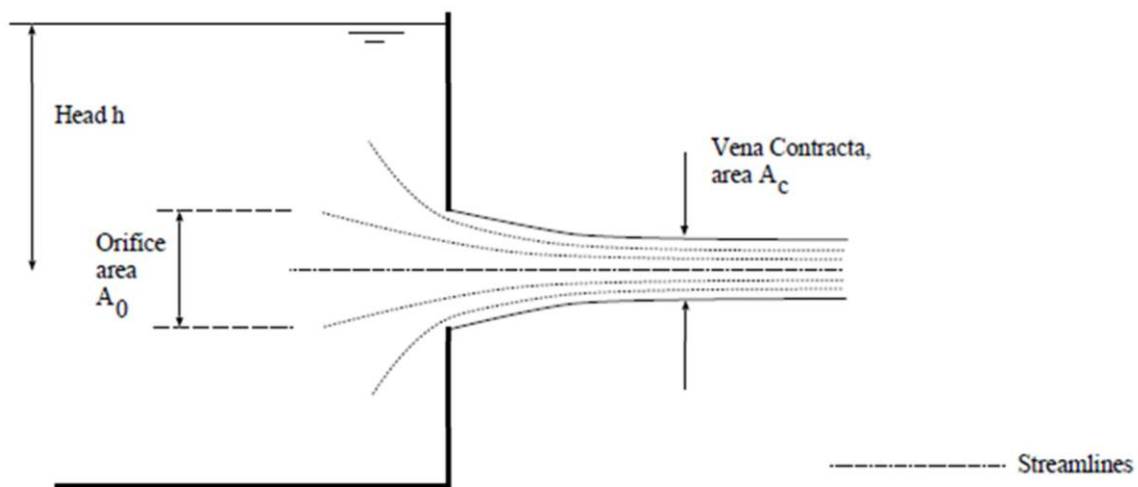


图1：从孔口喷出的射流，显示出流线和收缩脉。

4. 个人报告

每个学生必须提交一份实验报告（在前面附上所有BART表）。报告不得超过5页（1.5行，11号字体），必须包括：学生姓名、题目、理论、方法、结果、分析和结论。根据需要使用适当的图形、图表、表格、回归分析和误差分析。必要时使用参考文献。

参考文献不计入页数限制。