

流体流型及临界雷诺数的测定



实验目的与要求

- ★ 观察流体在管内流动的两种不同流型；
- ★ 测定临界雷诺数；
- ★ 掌握转子流量计的校正。



实验原理

- ★ 实际流体在流过固体壁面时，由于流体对壁面有附着力，将在壁面上粘附一层静止的流体，这层流体的分子仅因扩散作用而运动。同时，实际流体分子间有吸引力；壁面上静止的流体层对其临近的流体层起约束作用，阻碍该层流体的流动，但离开壁面越远，则约束作用越小。因此，流体在流动时在靠近壁面范围内是流体层与层之间的相对运动。要使流体产生上述的相对运动，需要克服流体流动时的内摩擦力，也即需要克服一定的阻力。



实验原理

- ★ 此外，当流体流动激烈而呈紊乱状态时，流体间产生大量漩涡和扰动，也消耗流动的能量，消耗的能量转化为热能而提高了流体的热力学能（内能）。
- ★ 流体流动的阻力与流体的性质（如粘度等）、流体流动形态、导管的长度、管径、壁面情况以及流动时的变动状态（如缩小、扩张等）有关。



实验原理

- ★ 粘度——是流体内部摩擦力的表现，是流体的重要物性参数之一。流体的粘度越大，流体的流动性越小。
- ★ 相邻的两层流体之间，层间的接触面积为A，层间距离为 δ ，为使层间产生相对运动时必须加上相应的剪切力F。实验证明，所应加予的力F与层间接触面积A和相对速度 u 成正比，而与层间距离成反比，这一关系称为牛顿粘性定律，这类流体称为牛顿型流体。
- ★
$$F = \mu A \frac{u}{\delta} \quad \tau = F/A = \mu \frac{u}{\delta}$$
- ★ μ —比例系数，即流体的粘度。各种流体有其本身的粘度，其值随外界条件而改变，单位为Pa·s；
- ★ τ —剪应力，单位Pa。



实验原理

- ★ 流体的粘度主要通过实验测定，大多数纯物质的粘度可以从手册和有关资料中查得。在这些资料中，粘度的单位常用泊（p）或厘泊（cp）表示。国际单位制中，粘度的单位是Pa.s（基本单位是Kg.m⁻¹.s⁻¹），是指相距为1m，接触面积为1m²的流体产生相对运动为1m.s⁻¹所需的力（N）。它与泊的换算关系为 1p=0.1Pa.s



实验原理

- ★ 液体的粘度受压强的影响很小，但随温度的升高而显著降低。气体的粘度则随温度升高而增大，也随压力提高而有所增大。
- ★ 服从牛顿粘性定律的流体称为牛顿型流体。不遵循牛顿粘性定律的称为非牛顿型流体，也称为非线性粘性流体。如钻探泥浆、纸浆、牙膏、生物类流体、油漆等。在此我们以牛顿型流体为主要学习内容。



实验原理

- ★ 流体充满导管作定态流动时有两种流动形态：滞流和湍流。
- ★ 滞流也称为层流，其特征是：当流体在圆管中作滞流流动时，流体的质点作一层滑过一层的位移，层与层之间没有明显的干扰。各层间分子只因扩散而移动。流体的流速沿断面按抛物线分布；紧靠管壁的流体流速等于零，管中央的流速最大，管中流体的平均流速为最大流速的 $1/2$ 。



实验原理

- ★ 湍流也称紊流，其特征是：流体在流动时，流体的质点有剧烈的骚扰涡动，一层滑过一层的粘性流动情况基本消失，只是靠近管壁处还保留滞留的形态。湍流时，靠近管壁一定距离的流体流速逐步增大，接近管中央相当大范围内的流体流速接近于最大流速；管内流体的平均流速为管中央最大流速的0.8左右。



实验原理

- ★ 那么流体的流动到底是滞流还是湍流呢？雷诺做过一个实验找出了两者的界限，这就是雷诺实验。通过实验证明，流体的流动形态不仅与流体当时的平均流速 ω 有关，而且还与其他因素有关，如：流体的粘度 μ 、密度 ρ 和管径 d 。通过测试，可将这四个物理量归纳为一个无因次的复合数群，此类数群称为特征数： $Re=d\omega\rho/\mu$



实验原理

- ★ 此特征数称为雷诺数，以 Re 表示，由此数群可判别流体的流动形态。当 $Re < 2000$ 时，流体在平滑管内的流动形态属于明显的滞流； Re 数大于4000时，流动形态属于明显的湍流； $2000 < Re < 4000$ 的范围内，流动形态是从滞流转变为湍流的过渡状态，与管壁的粗糙程度有关。管壁粗糙促进流体扰动，使流体形态易于从滞流过渡成湍流。

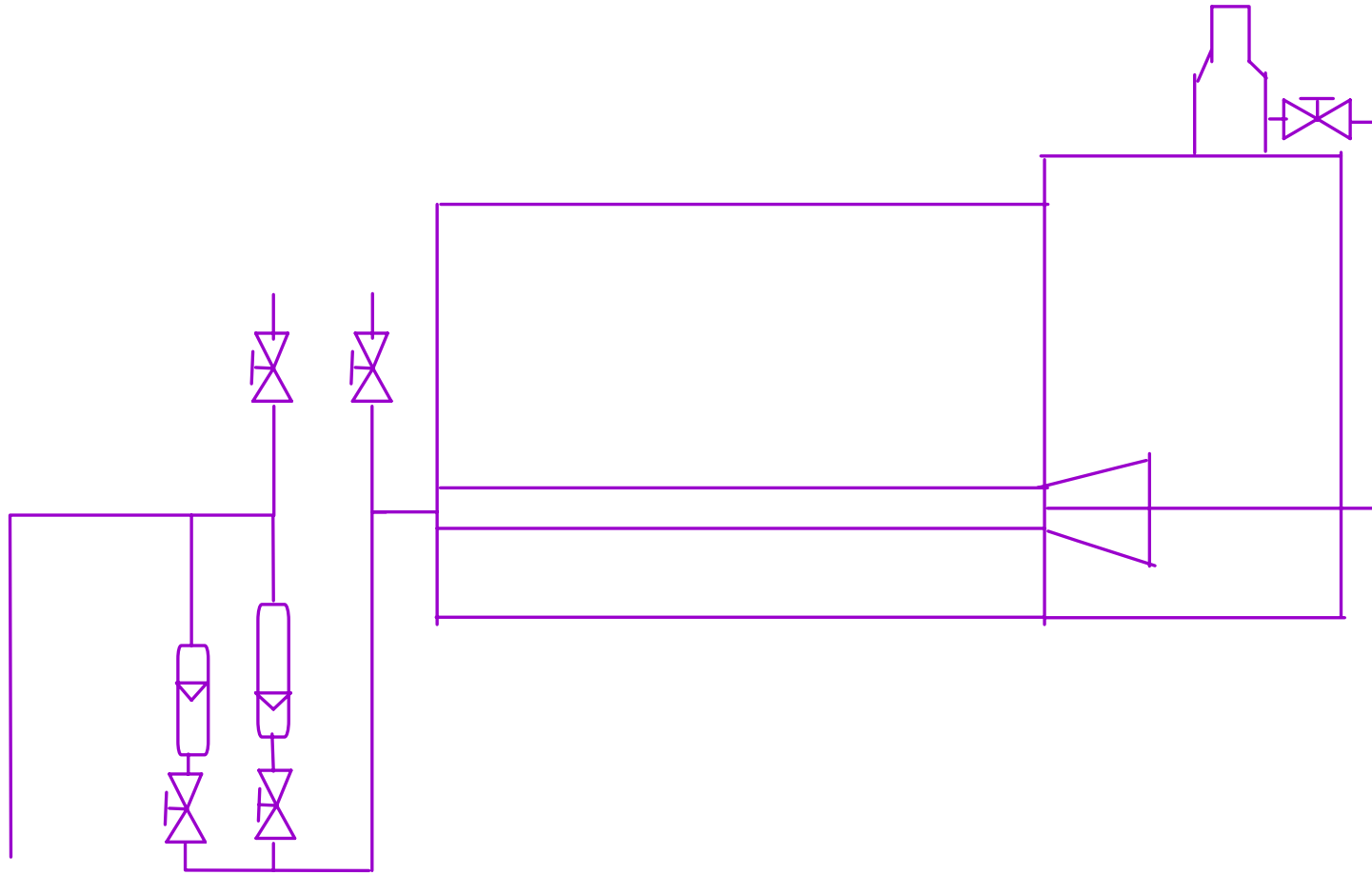


实验原理

- ★ 对于一定温度的流体，在特定的圆管内流动时，即 d ， ρ ， μ 已确定，则 Re 仅与 ω 有关，本实验就是改变水在管内的流动速度，得到不同的 Re 值，结合所观察到的流型，找到临界 Re 。对于水，临界 $Re = 2300$ 。
- ★ 如何找出流型
- ★ 1、滞流：直线；
- ★ 2、湍流：抖动的直线或看不到线。



设备与装置



实验步骤

- ★ 1、加水（补水），排气
- ★ 2、控制稳压溢流水槽的溢流量，保持恒位
- ★ 3、测量水温
- ★ 4、打开阀门，调节针形阀的注入红色水流速度
- ★ 5、调节流量至能观察到一条平直的红色细流为止（从中心到中心）
- ★ 6、增大调节阀的开度，直至实验导管内直线流动的红色细流开始发生波动，记下水的流量，计算临界，以供求算 Re
- ★ 7、如此反复进行至少三次，以便取得较为准确的实验数据
- ★ 8、校正流量
- ★ 9、数据处理
 - ★ a) 以8所得到的四组数据做工作曲线（坐标纸上画）
 - ★ b) 找出实际流量 $q_{实}$ ，计算 Re

