

化工原理实验



SOUTHERN YANGZE UNIVERSITY

化学与材料工程学院

2002

目 录

实验守则	1
第一章 实验基础	2
第二章 必做实验	7
实验一 直管流动阻力与流量计流量系数的测定	7
实验二 离心泵特性曲线的测定	10
实验三 板框压滤机过滤常数的测定	13
实验四(A) 强制对流下空气传热膜系数的测定	17
实验四(B) 换热器操作和传热系数的测定	21
实验五 直管流动阻力与流量计流量系数的测定	25
实验六 填料吸收塔吸收系数的测定	28
实验七 干燥速率曲线的测定	32
第三章 选做实验 实验一 蒸发器传热系数的测定	36
第三章 选做实验 实验二 液液萃取	39
第三章 选做实验 实验三 浸取（固液萃取）	43
第四章 演示实验	46
实验一 雷诺实验	46
实验二 柏努利方程	48
实验三 电除尘	50
实验四 旋风分离器	52
实验五 热边界层	54
实验六 筛板塔	56
附 录 EXCEL 软件使用方法简介	58

实 验 守 则

一、实验

1、实验前认真准备，仔细阅读实验讲义和课本有关章节，了解实验目的、原理设备构造、应记录的数据，实验方法和注意点，没有充分准备前。不要动手，以免发生危险及损坏设备仪器。

指导老师在实验开始前提问，发现没有经过充分准备的学生，老师可停止其参加当天实验。

2、爱护国家财产，注意节约水电、蒸汽、化学药品等物品。细心操作各种设备和仪器，实验完毕后将设备和仪器整理复原，并将场地打扫干净。不要动手摆弄与该次实验无关的设备仪器。

3、实验内严禁吸烟。

4、不迟到早退。不准穿拖鞋和背心进入实验室。不高声说笑。不做与该次实验无关的事情。实验完毕，要经过指导老师许可后，方能离开实验室。

5、衣服书包等杂物要放在指定地点，不得搁在设备仪器上。

6、损坏公物，酌情赔偿。

二、报告

1、实验报告要包括原始数据的记录及计算结果，每次报告于一周后交给教师。

2、实验报告一律写在报告纸上。

三、一般注意事项

1、电动机转动前要注意有否衣服或身体四肢被联轴节卷进可能。

2、电动机如声音不正常或发烫，及实验中发现其它异常情况时，应停车检查。

3、注意勿被蒸汽烫伤。

4、不准随便碰摸电气设备和墙上电源开关，注意人身安全。

5、使用微机，必须遵守电脑房规则。

第一章 实验基础

一. 化工原理实验目的

化工原理是以单元操作为主要内容的课程,是一门技术基础课,同时也是一门实践性很强的课程。而化工原理实验是教学内容的重要组成部分,也是学生巩固理论知识,汲取新知识的重要途径,应当看到现代科学技术的发展离不开实验工作,而化学工程领域所处理的现象有些是很复杂的,常不能用简单的理论方程表示,而以实验的方法来解决。化工原理教学实验目的是:

(一)通过实验加深对理论知识的理解,验证学过的理论与原理。

(二)了解实验设备和仪器原理,掌握实验方法,提高基本操作能力和分析问题以及解决问题的能力,培养学生掌握科学研究的初步方法。

(三)通过实验数据的分析处理与写报告,培养学生对实验结果从理论上进行分析说明和文字表达能力。

(四)培养学生实事求是,尊重科学,严肃认真对待实验的工作作风,同时养成文明礼貌遵守纪律,爱护国家财产(设备,仪器,药品等)和热爱劳动的品德。

二. 化工原理实验要求

一般科学实验的全过程可以分成以下互相衔接的步骤:1. 明确实验任务;2. 提出实验方案(包括确定实验装置,选取测试手段,提出实验方法);3. 准备进行实验(校正仪表读数,确定人员分工,确定各次测定参数的控制范围,列好所需记录用的数据表格,检查实验设备);4. 进行实验,做好观测和记录;5. 汇总数据,分析结果,提出实验报告。

实验的几个步骤都是为了一个目的,即提出一个有某种实用意义或参考意义的实验报告,要在实验报告中把实验的任务,实验测试结果,用图、公式、文字简单明确表达出来,要使阅读者一目了然,还必须:1. 数据是可靠的,为此实验方案要认真考虑,认真做实验,认真记录数据。2. 实验记录要有校核,要清楚说明实验的时间、条件和同组做实验的人员。对实验过程中各个步骤提出如下的说明和要求:

(一)准备实验

1. 阅读实验讲义,弄清实验的目的与要求。

2. 根据本次实验的具体任务,研究实验的做法及理论根据,分析应该采集哪些数据,并估计实验数据的变化规律。

3. 到实验室观看设备流程,主要设备构造,仪表种类,安装位置,检查是否合适,了解它们的转动和使用方法。

4. 根据实验任务及现场设备情况和条件确定应测量的数据。

5. 拟定实验方案,决定先做什么,后做什么,操作条件如何? 如何调整? 实验中希望数据点如何分配,何处实验数据应得最准,何处误差可大些?

(二)组织实验

化工原理实验一般是几人合作的,实验时必须做好组织工作,既有分工,又有合作,既能保证实验质量,又得到全面训练。每个实验小组要有一个组长,组长负责实验方案的执行和

指挥,实验方案应在组内讨论,使得全组知晓,每个组员各有专责,(包括操作,读取数据和观察现象等),而且在适当时间进行轮换。

(三)实验中测取数据,做好记录

1. 实验前必须拟好记录表格(即使简单的实验,也应列出完整的记录表格),不随便拿纸就记录,以保证数据完整,条理清楚。

2. 凡是影响实验结果,以及数据处理过程中所必用的数据都必需测取。它包括大气压条件,设备有关尺寸,物料性质,以及操作数据等。

3. 凡可以根据某一数据导出或从手册中要查出的就不必直接测定,例如水的粘度,密度等物理性质,只要测出水温后即可查出。

4. 实验时一定要在操作条件稳定后才开始读数据,改变条件后,要等待稳定才能读取数据,有的实验甚至要很长时间才能稳定,而仪表通常又有滞后现象的特性,否则引不稳定的数据做报告结论是不可靠的。

5. 同一条件下至少要读取二次数据,而且当二次读数相接近时才记录,每个数据要写单位。

6. 数据记录须真实地反映仪表的精确度,一般记录至仪表上最小分度以下一位数,而记录数据中末位都是估计数字。例如温度计的最小分度为 1°C ,如果当时显示读数为 24.6°C ,就不能记为 25°C ,如果刚好是 25°C ,则应记为 25.0°C 不能记为 25°C ,这里是一个精确度问题,如记录 25°C ,它表示当时温度是 24°C 也可能是 26°C ,或者说它的误差是 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,而 25.0°C 则表示温度是介于 $24.9\sim 25.1^{\circ}\text{C}$ 之间,它的误差是 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$,当然也不能记为 24.58°C ,因为超出了所用温度计的精确度。

7. 实验中如发生不正常情况,数据有明显误差时,应在备注中加以注明。

(四)编写报告

实验报告必须写得简单明白,数据完整,文字清楚,结论正确,有讨论,有分析,得出公式或图表要指明实验条件。报告格式应包括下列几项:

1. 报告题目
2. 与报告人及共同实验人员
3. 实验的理论依据
4. 实验设备说明(包括流程图及主要设备,仪器的度量及规格)。
5. 实验数据(包括实验原始记录与处理结果有关的二次数据)。
6. 数据整理及计算示例,其中引用的数据要注明来源,简化公式要写出导出过程,要列出一次数据的计算过程,作为计算示例。
7. 实验结果,要根据实验任务,注明实验条件,明确提出本次实验的结论,作图方法,经验关联式,或列表。
8. 分析讨论,要对实验结果作出估计,分析误差大小及原因,实验中发现问题的讨论,对实验方法、实验设备有何改进建议也可写入。
9. 实验报告要求各自独立完成,在规定时间内交指导教师批阅。

三. 实验数据计算与处理

记录下来的原始实验数据通常要进行计算、处理才能获得应有的结果。还要选用合适的方式表示这些结果,如规格化列表,作图或选用合适的方程式等。在此,将有关实验数据计

算、作图和求方程式常数的方法作简要介绍。

一. 数据计算

1. 在数据计算过程中,应写出一组数据的完整计算过程,以便于检查在计算方法和数字计算上是否有错误。计算完一组数据,就应该判断结果是否合理,例如管内流体作湍流流动时, λ 在 0.02~0.03 左右,假如说计算结果是 0.35 或其它离奇的数值,那肯定错了,如果是计算错误要及时纠正过来,就可避免一错到底。

2. 由于实验数据较多,为了节省时间并避免错误,最好将计算中始终不变的数,合并为常数,然后再逐一计算。

例如,管内流体雷诺数的计算,

$$Re = \frac{d\rho u}{\mu}$$

在用同一温度下的同一物料,在同一管路中进行实验时,管径 d 、流体密度 ρ 和粘度 μ 均为恒定数值,可合并为一常数 $A = d\rho/\mu$,故有:

$$Re = Au$$

这样先确定 A 值后,就可避免重复计算,每改变一个流速 u ,就可以简便地算出相应的 Re 值。

又如,圆形直管中摩擦系数的计算,由直管摩擦阻力计算式得:

$$\lambda = \frac{d}{L} \cdot \frac{2\Delta p}{\rho u^2} = B' \frac{\Delta p}{u^2}$$

这里 B' 是常数, Δp 和 u 是变数。若水平直管两测压截面的压降 Δp 用 U 形水银压差计测量,则有:

$$\Delta p = \frac{Rg(\rho_0 - \rho)}{10^3} = B''R$$

B'' 为常数, R 为 U 形压差计两臂高差 (mmHg), 将 Δp 代入上式得:

$$\lambda = B'B'' \frac{R}{u^2} = B \frac{R}{u^2}$$

式中 B 为常数,

$$B = \frac{d}{L} \cdot \frac{2g(\rho_0 - \rho)}{\rho \times 10^3}$$

由此可见, λ 计算也很方便。

3. 在计算中应注意有效数字,在工程计算中计算的最后结果,有效数字一般为三位,在运算过程中可多保留一或两位不定数字。

二. 实验数据标绘

实验数据计算后,通常需要将结果标绘在坐标图纸上,以便观察变量之间的关系,用图形表示实验数据的优点是:直观明显,使用方便,并能直接显示出数据的变化规律像直线、曲线、转折点等以及实验点的分布情况。另外还可以利用图形微分、积分,也可以根据图线的形状选用方程予以表示。在作图形标绘时应注意。

1. 坐标纸选择

常用的坐标纸,除普通直角坐标纸外,还有半对数和双对数坐标纸。使用时要根据实验数据间关系的特点,选用合适的坐标纸。

例如符合 $y=b+mx$ 关系的数据,选用普通坐标纸,标绘后可以得一直线。若符合 $y=ax^b$ 关系的数据,在普通坐标纸上标绘是曲线,如果选用双对数坐标纸标绘,就可获得一条直线。

2. 座标取用

习惯上自变量作横轴,因变量作纵轴。使用时,应根据实验数据值大小选用合适的比例,确定轴线每格代表的数值,并应注明代表物理量的符号和单位。

普通坐标纸的原点并不一定从零开始,可根据数据范围确定。对于对数坐标轴,轴线上格子是按 $1, 2, \dots, 10$ 取对数后的数值画出的,但标记用真数值。因此,座标原点从 1 开始,轴线每格代表的数值不能随便确定。但使用时可以按 10 的整数同时扩大或缩小。这是对数座标与普通座标不同之处,使用时须加注意。

3. 实验数据标绘和画图线

实验数据点可以用多种形状的符号表示,如圆点 $\cdot$ 、圆圈 $\bigcirc$ 、方块 $\square$ 、三角 $\triangle$ 等,在一张图上如标有不同组的实验结果,应使用不同的符号表示,以便区别并应在图上注明。标出实验点后,用曲线板、直尺或三角板画出尽可能接近诸实验点(并非须通过各点)的曲线或直线,曲线应当光滑均匀。作图应认真仔细,不要徒手勾画,最好用透明三角板或曲线板,以便全面观察实验点的分布情况,作出合理图线。

三. 最小二乘法与实验数据处理

在收集和整理实验数据时会发现,由于实验中不可避免地存在着误差,故实验点常常带有一定分散性。如果在坐标纸上通过一些分散的点画出一条线,往往带有一定的随意性,有时不能合理地代表实验结果,最小二乘法提供了一个较好的数学方法,通过实验点画出一条误差最小的直线。它是处理实验数据的一种常用的也是重要的方法。下面介绍最小二乘法的应用。

1. 一元线性回归(求直线方程的常数)

若函数 Y 和自变量间为线性关系,那么函数关系就是:

$$Y = aX + b$$

可以用最小二乘法求方程中的常数 a 和 b ,称为线性回归。所得的直线称为回归直线。线性回归有二个基本假定:

(1)不考虑自变量的误差,或自变量为给定值,不带有实验误差,而因变量各值均带有一定实验误差,且均为偶然误差。

(2)回归直线与实验点偏差的平方和为最小。

由假定(2),有目标函数:

$$Q = \sum (y_i - ax_i - b)^2$$

应用拉格朗日极值定理,最终得到:

$$a = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

其中, $\bar{x}, \bar{y}$ 分别为自变量和因变量诸实验点的算术均值。为衡量函数关系与直线相接近的程度,首先计算相关系数 r 。

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

若 $r = \pm 1$, 为完全相关, 所有实验点均落在回归直线上。

$|r|$ 越接近于 1, 实验值越靠近直线, 亦即 y 与 x 间的关系越接近线性关系。

若 $r = 0$, 则 y 与 x 间不存在线性关系。

2. 曲线方程的线性化

若 y 与 x 间为非线性关系, 则不能直接用线性回归法。而应首先将曲线线性化, 再用线性回归。下面举出几个线性化的例子:

(1) 方程	$y = ae^{bx}$
取对数	$\ln y = \ln a + bx$
令	$Y = \ln y, \quad X = x$ 即得直线方程。

(2) 方程	$y = ax^b \quad (a > 0)$
取对数	$\ln y = \ln a + b \ln x$
令	$Y = \ln y, \quad X = \ln x$ 得直线方程。

(3) 方程	$y = a + b \ln x$
令	$Y = y, \quad X = \ln x$ 得直线方程。

(4) 方程	$y = ae^{\frac{1}{x}}$
令	$Y = \ln y, \quad X = \frac{1}{x}$ 得直线方程。

(5) 方程	$y = ax^2 + bx + c$
--------	---------------------

在曲线上取一点 (x_0, y_0) 设 $Y = \frac{y - y_0}{x - x_0}, X = x$

解得 $Y = (b + ax_0) + aX$ 为线性方程。

上述方法较为简单, 但不难看出, 点 (x_0, y_0) 的选取会影响回归结果。数学上有较严格的拟合法, 适用于计算机计算, 此处不再详述。

第二章 必做实验

实验一 管路流动阻力与流量计流量系数的测定

一. 实验目的

1. 掌握测定流量计流量系数, 管路流动摩擦系数和阻力系数的一般实验方法。
2. 测定流体流过直管时的摩擦阻力, 求摩擦系数 λ , 标绘 $\lambda-Re$ 曲线。
3. 测定流体流过管件时的局部阻力, 求出阻力系数 ζ 。
4. 测定流量计的流量系数。

二. 实验原理

流体在管路中流动时, 由于粘性力和涡流的存在, 产生流动阻力。因此, 不可避免地要消耗一定的机械能。流动阻力可分为直管阻力和局部阻力二种。

1. 直管阻力的测定

由柏努利方程式, 流体在水平等截面直管内作稳定流动时的能量损失可用下式计算:

$$h_f = \frac{\Delta p}{\rho} = \lambda \frac{L}{d} \frac{u^2}{2}$$

式中的摩擦系数 λ 是 Re 数和管壁粗糙度的函数, 而

$$Re = \frac{du\rho}{\mu}$$

流速 u 则由流量计算:

$$u = \frac{V_s}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

压降 Δp 可由两端与测压孔连接的压差计测出, 流量 V 由涡轮流量计或转子流量计测得, 密度 ρ 和粘度 μ 根据液体温度查取。

实验在管壁粗糙度、管长、管径一定的情况下, 以水作物系, 由调节阀速控制水的流量。测定不同流速下的压降, 分别计算 Re 数和 λ 值, 作出 $\lambda-Re$ 的曲线图。

流体通过管件时的压降损失, 也可根据柏努利方程下式计算:

$$h'_f = \frac{\Delta p_f}{\rho} = \zeta \frac{u^2}{2}$$

已知 $\Delta p_f, u, \rho$ 即可算出 ζ 值。

球阀与闸阀的局部阻力系数, 可用上述方法测定。注意: 在测得的压降中, 除了局部损失外, 还包括二测点间的沿程阻力, 当二测点间的距离很短时, 沿程阻力可忽略不计。

3. 流量计

流量系数的测定:

孔板流量计或文氏流量计的流量系数用下式计算:

$$C_o (\text{或 } C_v) = \frac{V_s}{A_o \sqrt{2h'_f}} = \frac{V_s}{A_o \sqrt{\frac{2gR(\rho_o - \rho)}{\rho}}}$$

式中 V_s ——流量值 [m^3/s];

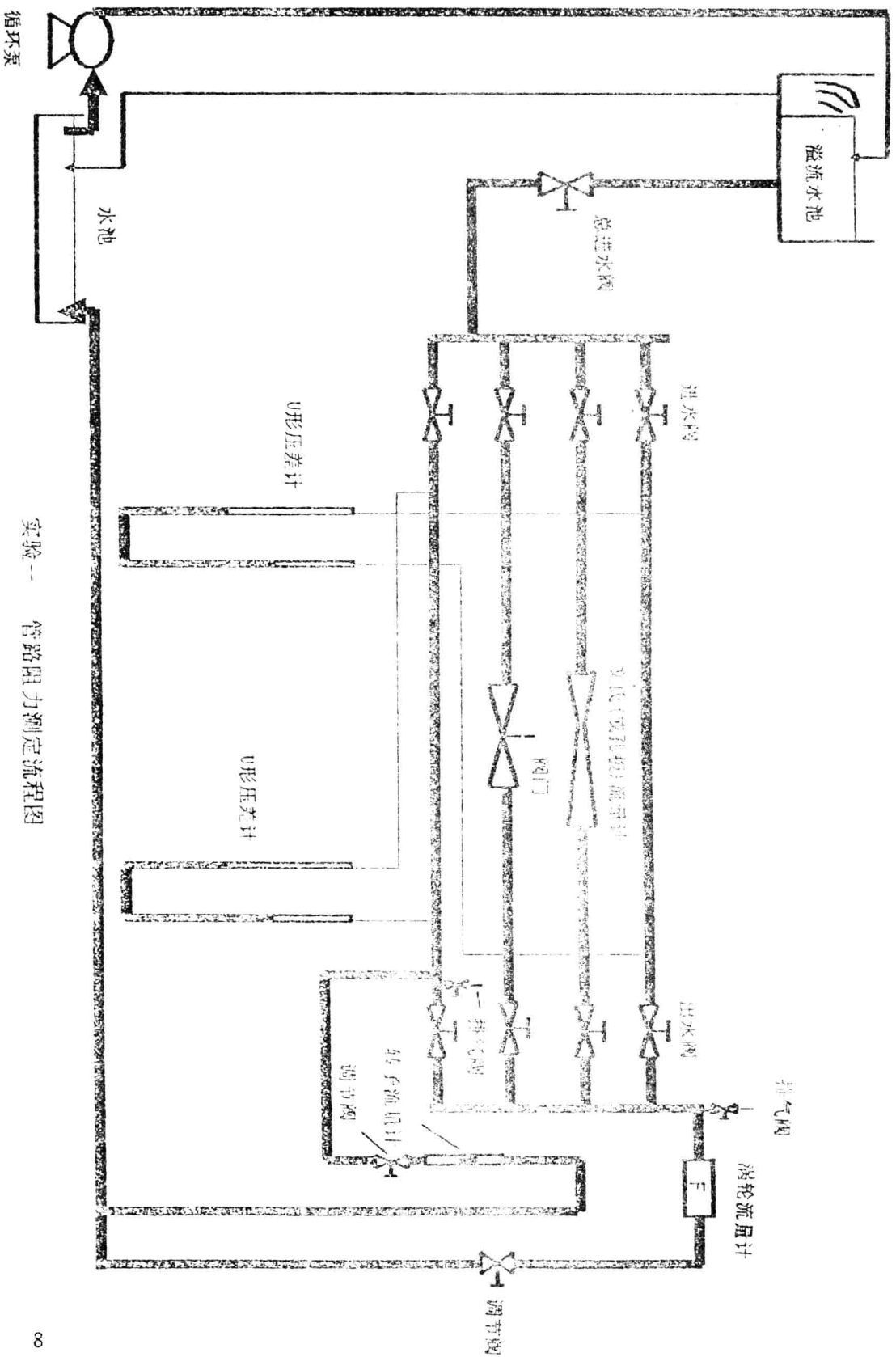
A_o ——孔板小孔或文氏管喉管截面积 [m^2];

R ——U 形压力计读数 [m];

ρ_o ——指示液密度 [kg/m^3];

ρ ——被测液体的密度 [kg/m^3].

三. 实验装置



实验一 管路阻力测定流程图

本装置由平行的四根水平管路组成,其中二根用于测直管阻力,一根测阀门局部阻力,另一根测孔板流量计文氏流量计的流量系数。二根直管中,一根用于测湍流区的阻力,另一根测层流区的阻力。除测层流下直管阻力的细管外,其余三根管内的流量用涡轮流量计测定。层流直管阻力测定时的流量则用转子流量计测定,整套装置如图所示。

四. 实验方法

1. 熟悉实验设备,测试仪表及水循环系统。
2. 检查实验设备,各部分是否都处在正常工作状态。
3. 按规定启动水泵,待高位槽溢流后向实验系统供水。
4. 对设备所做实验的输水管进行排气。
5. 开启测压点旋塞,调节U形压力计的零位,接通流量积算仪电源,进入工作状态。
6. 调节阀,调节流量,对所做的实验项目逐一进行测试。
7. 试验结束,截断供水,断开流量积算仪电源,关闭所有管道阀门及测压管旋塞。

注意事项:

1. 在测试过程中,每次只能测一根管,其余管子两端的阀门必须关闭。
2. 高位槽必须保持溢流,以确保水位恒定。
3. 用排水阀调节管路中流量。每次改变流量后,必须待流动稳定后,才能记录数据。
4. 为保证所测管路中充满水,应注意对管路排气。
5. 注意U形压差计上各旋塞的作用,在测量前应使U形压差计左右两肢指示液面在同一水平面上,同时注意对压差计接管排气。
6. 测定层流阻力时,要特别注意U形压差计的指示液,在排气时指示液很容易被水带走。此项操作,应在指导教师指导下进行。
7. 测定层流阻力时,对转子流量计的读数要求准确,所以一定要等流量的读数稳定后,才能读取数据,然后根据标定曲线查取流量值。

五. 实验报告中数据处理要求

1. 列表计算直管摩擦阻力系数 λ ,用标纸标绘 $\lambda-Re$ 曲线。
2. 计算流过管件时的局部阻力系数 ξ 。
3. 列表计算文氏流量计或孔板流量系数。
4. 以上各组计算都要写计算示例。

六. 思考题

1. 进行实验时,为什么必须要使水塔保持溢流状态?
2. 在测量前为什么要将设备中的空气排尽?怎样才能迅速地排尽?
3. 在U形压差计上装设的“平衡阀”有何作用?在什么情况下它是开着的,又在什么情况下它应该是关闭的?
4. 改变流速测定相应的 λ, ξ 值,在本实验装置中,用哪个阀门调节最为合理,为什么?
5. 怎样才能使所测的实验点均匀地分布在图上?
6. 若将水平直管倾斜一定的角度,其直管阻力损失关系是否变化?

实验二 离心泵特性曲线的测定

一. 实验目的

1. 了解离心泵的构造和操作方法。
2. 测定离心泵在一定转速下的特性曲线。

二. 实验原理

在生产上,选用一台既满足生产任务,又经济合理的离心泵时,总是根据生产要求,被输送的流体性质和操作条件下的压头,流量参照泵的性能来选定的。离心泵性能可用特性曲线来表示。即,扬程和流量特性曲线($H \sim Q$ 曲线),功率消耗和流量特性曲线($N \sim Q$ 曲线),效率和流量特性曲线($\eta \sim Q$ 曲线)。这三条关系曲线只能由实验加以测定。

在离心泵进出口管装设真空表和压力表的二截面间列柏努利方程式(以单位重量液体为衡算基准)。

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + H = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + H_f$$

离心泵的特性曲线测定方法如下:

1. 流量: $Q(\text{m}^3/\text{s})$ 的测定。

用涡轮流量计与秒表测定。

2. 扬程: $H(\text{m})$ 的测定。

$$H = H_1 + H_2 + h_0 + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} [\text{m}]$$

式中: $H_1 = \frac{P_1}{\rho g} [\text{mH}_2\text{O}]$, $H_2 = \frac{P_2}{\rho g} + H'_2 [\text{mH}_2\text{O}]$

P_1 —— 泵入口真空表读数[Pa];

P_2 —— 泵出口压力表读数[Pa];

H'_2 —— 压力表至测压口距离[mH₂O];

h_0 —— 压力表与真空表测压孔之间的垂直距离[m];

u_1 —— 吸入管内水的流速[m/s];

u_2 —— 排出管内水的流速[m/s];

g —— 重力加速度 $9.81 [\text{m/s}^2]$ 。

3. 轴功率 N (即泵输入功率的测定)

$$N = N_{\text{电}} \times \eta_{\text{电机}} \times \eta_{\text{传动}} [\text{W}]$$

$N_{\text{电}}$ —— 电动机的输入功率[W];

$\eta_{\text{电机}}$ —— 电动机的效率(本设备取 90%);

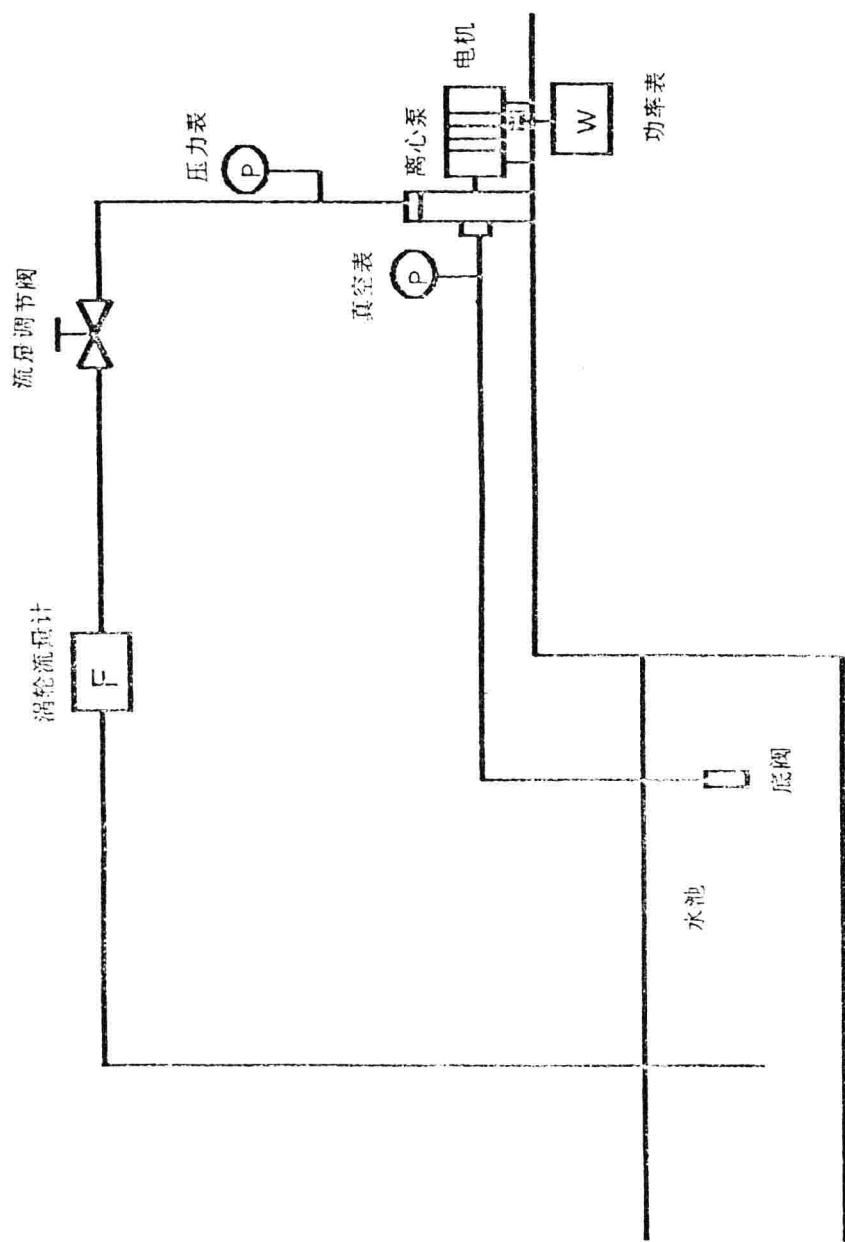
$\eta_{\text{传动}}$ —— 联轴节式其它装置的传动效率(本实验装置直接传动取 100%);

$$\eta = \frac{N_e}{N} \times 100\% = \frac{QH\rho}{102N} \times 100\%$$

N_e —— 泵的有效功率[W];

ρ —— 被输流体的密度[kg/m³].

三. 实验装置



实验二 离心泵特性曲线测定流程图

本实验采用普通型离心泵进行实验,其装置如图所示。离心泵用三相电机带动,将水从水池中吸入,然后由压出管排至水池。在吸入管进口处装由底阀以便在启动前灌水,在泵的吸入口和压出口处分别装有真空和压力表,以测量水的进出口处的压力。泵的出口管有涡轮流量计,用来测量水的流量,并装有阀门,以调节流量。另有三相功率表测量电动机的输入功率。

四. 实验方法

1. 熟悉实验设备的流程和掌握所用仪表的方法。
2. 启动泵前用手盘车,检查泵轴能否自由转动。
3. 关闭真空表和压力表下部的阀门和排水阀,打开灌水阀向离心泵和吸水管充水直到灌满水为止。
4. 水泵启动后,打开压力表及真空表的阀门,待运转正常,逐渐开大排水阀到全开为止。稳定后开始读取数据。每读完一组数据后即调节阀门开度,待稳定后再读数,注意在最大流量附近多取几组数据。

5. 停泵前,先关闭流量调节阀,然后按按钮停泵,并使系统,仪表均恢复原状。

五. 数据处理要求

1. 列表汇总原始数据和计算结果,写出计算示例。
2. 标绘泵的特性曲线,并指示该泵的适宜工作范围。

六. 思考题

1. 离心泵在启动前为什么要灌水? 如果已灌满了,但离心泵还是启动不起来,你认为可能是什么原因?
2. 为什么调节泵的出口阀门可调节流量? 这种方法有什么优缺点? 是否还有其它方法调节泵的流量?
3. 试从实验所得的数据分析,为什么离心泵启动时要关闭出口阀?
4. 正常工作的离心泵,在其进口管上设阀门是否合理,为什么?
5. 为什么在离心泵进口管安装底阀?从节能的观点看底阀的装设是否有利,你认为应如何改进?
6. 流量增加时,真空表及压力表的读数如何变化?

实验三 板框压滤机过滤常数的测定

一、实验目的

1. 掌握和了解板框压滤机的构造和操作方法;
2. 测定恒定压差下过滤方程中的过滤常数;
3. 测定洗涤速率与过滤最终速率的关系。

二、实验原理

恒压过滤的基本方程为:

$$(V + V_e)^2 = KA^2(\theta + \theta_e)$$

式中 θ —— 过滤时间[s];

V —— θ 时间的滤液体积[m³];

V_e —— 形成相当于滤布阻力的一层滤渣时, 所得的滤液体积[m³];

θ_e —— 得到滤液体积 V_e 所相应的过滤时间[s];

A —— 过滤面积[m²];

K —— 过滤常数[m²/s]。

在一定条件下过滤某种物料的过滤方程的参数 K 、 V_e 、 θ_e 是通过实验测定的, 通常依据过滤方程和生产任务去计算需要的过滤面积。

1. 过滤常数的测定

为便于测定常数, 设 $q = V/A$, $q_e = V_e/A$

则过滤方程式为

$$(q + q_e)^2 = K(\theta + \theta_e)$$

q —— 过滤时间为 θ 时, 单位过滤面积所得滤液体积[m³/m²];

q_e —— 形成相当滤布阻力的一层滤渣(所需的过滤时间为 θ_e)时, 单位过滤面积所通过的滤液体积[m³/m²]。

将式(2)微分并整理得:

$$2(q + q_e)dq = Kd\theta \quad \frac{d\theta}{dq} = \frac{2}{K}q + \frac{2}{K}q_e$$

改写成差分形式:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta q} = \frac{2}{K}q + \frac{2}{K}q_e$$

实验在某恒定压差下, 取一系列的 $\Delta\theta$ 和 Δq 值, 在直角坐标系中, 用 $\Delta\theta/\Delta q$ 为纵坐标, 用 q 为横坐标作图, 可以得一直线, 其斜率为 $2/K$, 截距为 $2q_e/K$ 。由此即可求得 K 、 q_e 、 θ_e 。则通过下式计算。

$$\theta_e = q_e^2/K$$

2. 过滤最终速率与洗涤速率的关系, 过滤最终速率的确定较困难, 因为何时滤饼充满滤框, 无法准确观察到, 只能从滤液流量约略估计。洗涤一般应在与过滤相同的压差下操作。

三、实验装置

整个实验装置如图, 由调浆桶、贮浆罐、离心泵、压缩机、板框过滤机及量筒几个部分

组成,在调浆桶内配制一定浓度的 CaCO_3 悬浮液,用离心泵分别送入贮浆罐,用压缩空气继续搅拌,使 CaCO_3 不致于沉淀,同时利用压缩空气的压力将滤浆送入板框压滤机过滤,滤液流入量筒计量,并计时,继续搅拌的压缩空气从贮浆罐的排气阀排出。

洗涤水同样用压缩空气从洗水罐压送至板框压滤机进行洗涤,洗液也用量筒计量,并计时。

四、实验方法

1. 在调浆桶内配制 CaCO_3 悬浮液,搅拌均匀。同时将湿滤布放在滤框上,压紧压滤机。
2. 启动空压机,使其贮气罐内充灌 0.7MPa 的压缩空气。
3. 用离心泵将悬浮液输入贮浆罐,直至液位到达视镜处。
4. 开启压缩空气阀,使空气进入贮浆罐,并从罐内鼓泡排出,达到搅拌的效果。调节针形排气阀使罐内压强维持在所需的表压(0.1~0.15MPa)。
5. 开启压滤机进料阀,开始过滤,同时开始计时。过滤时须注意罐内压强,应使它维持不变。
6. 过滤结束后,将贮浆罐内剩余的悬浮液用压缩空气压入调浆桶。
7. 解除贮浆罐内表压后,开启自来水阀,放入自来水,洗净贮罐残留料液后再放入充足的洗水。
8. 开启压缩空气阀,洗净管道内残留液,调节压强至过滤时的数值,然后测定洗涤速率。
9. 测定结束后,解除贮浆罐内表压,将剩余的水放空,关闭空压机,排尽压缩空气,关闭所有阀门。
10. 松开压滤机,取出滤饼,洗净滤布,使系统恢复原状。

五、注意事项

1. 应先熟悉各种类型的阀门、管路、板框过滤机的走向,及与本实验有关的设备,在操作过程中,千万不要把阀门的作用搞错。
2. 滤板、滤框的安装和管路阀门的启闭必须正确,以免返工。
3. 滤布应先湿透,安装时,滤布孔要对准滤机孔道,表面要拉平,无绉纹,否则会漏水。
4. 过滤压差要维持恒定,过滤压差的选择,必须征得指导教师的同意。
5. 贮罐里的物料要让它翻腾起泡,以使 CaCO_3 不会沉淀。
6. 滤浆浓度不宜过浓或过稀,约在 3~5% (质量) 左右,如做不同压强下的实验,滤浆浓度要大致相同。

六、数据处理要求

1. 给出 $\frac{\Delta\theta}{\Delta q}$ — q 图。
2. 求出 K, q_e, θ_e 值。
3. 列出完整的过滤方程式。
4. 列出过滤终了速率与洗涤速率的比值。

七、思考题

1. 过滤开始时,为什么滤液是浑浊的?
2. 当操作压差增加一倍,其 K 值是否也增加一倍? 要得到同样体积的过滤液时,其过滤时间是否缩短一半?