

陕西省示范性高职院校建设
——石油化工生产技术专业实训教材

化工单元操作技术 项目化实训

徐仿海 朱玉高 孙忠娟 主编

HUAGONG DANYUAN CAOZUO JISHU
XIANGMUHUA SHIXUN



化学工业出版社

陕西省示范性高职院校建设

——石油化工生产技术专业实训教材

化工单元操作技术 项目化实训

徐仿海 朱玉高 孙忠娟 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材根据高等职业教育的特点和要求,采用情境化方式,遵循“项目导向”、“任务驱动”原则而编写。主要内容有化工原理实验仿真、化工单元设备操作仿真和化工单元操作设备实操等多种综合技能训练形式。本教材是高职化工技术类专业学生学习化工单元操作技术课程的重要组成部分,也是学生巩固化工单元操作技术理论、培养职业素质、提升化工职业技能的主要途径。本教材分三大情境,共计32个项目、78个工作任务,包括原理实验、工艺流程认识、化工单元设备操作运行、化工单元设备故障处理等仿真和生产实训项目、任务。

本教材可供高职高专院校开设化工单元操作技术课程的化工技术类专业师生使用,也可作为相关专业的实训教材和供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工单元操作技术项目化实训/徐仿海,朱玉高,孙忠娟主编. —北京:化学工业出版社,2014.10

ISBN 978-7-122-22000-4

I. ①化… II. ①徐…②朱…③孙… III. ①化工单元操作-高等教育-教材 IV. ①T02

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第228315号

责任编辑:旷英姿

文字编辑:颜克俭

责任校对:边涛

装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张16 字数403千字 2015年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:36.00元

版权所有 违者必究

前言

化工单元操作技术是化工类专业的一门专业核心课程，在整个化工专业群课程体系中占据重要位置，化工生产岗位上运用频率最高、范围最广的能力和知识大多数集中在化工单元操作技术课程中，而作为技术技能型人才，熟练的动手操作能力至关重要。化工单元操作实训是化工单元操作技术课程的重要组成部分，是培养学生工程观念和实际动手操作能力、提高学生综合素质的重要途径。

《化工单元操作技术项目化实训》是化工单元操作技术课程的实训教材，采用情境化方式进行编写，坚持“项目导向”、“任务驱动”原则，实训形式包括化工原理实验仿真、化工单元仿真和化工单元实操等多种综合技能训练形式。全书包括化工原理实验仿真、化工单元仿真实训和化工单元实操实训三大情境，共计 32 个项目、78 个工作任务，包括原理验证、工艺流程认识、化工单元设备操作运行、化工单元设备故障处理等仿真和生产实训等项目、任务。

本书全面介绍了各种化工单元操作的实训过程，通过实训强化学生的创新意识，通过化工生产仿真操作和实操实训提升学生的专业技术技能。在本书的组织编写过程中，较多吸收实际生产操作经验，注重单元操作的基本技能、故障的处理方法等内容，强化实训过程中学生分析问题和解决问题的能力，力求在体系和内容上有新意，同时也为从事化工生产操作的工程技术人员提供参考资料。

本书在编写过程中，得到化学工业出版社的大力支持，也得到了北京东方仿真控制技术有限公司、延长石油集团永坪炼油厂、陕西双翼石化有限公司、陕煤集团神木天元化工有限公司等校企合作单位的支持，并提出了许多宝贵的意见。对此，编者一并表示衷心的感谢！由于水平有限，书中一定存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2014 年 9 月

目 录

情境一 化工原理实验仿真 / 1

项目一 流体流动过程综合实验仿真	1
任务一 离心泵性能测定实验仿真实训	1
任务二 流体阻力测定实验仿真实训	4
任务三 流量计性能测定实验仿真实训	8
项目二 离心泵串并联实验仿真	12
项目三 气-气传热实验仿真	19
项目四 (冷水-热水) 液液传热实验仿真	26
项目五 干燥速率曲线测定实验仿真	32
项目六 恒压过滤实验仿真	38
项目七 正交试验法在过滤研究实验中的应用实验仿真	42
项目八 填料吸收塔($\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$) 实验仿真	45
项目九 填料吸收塔(氨-水) 实验仿真	54
项目十 精馏塔实验仿真	61

情境二 化工单元仿真实训 / 66

项目一 离心泵单元仿真实训	66
任务一 熟悉工艺流程	66
任务二 掌握离心泵单元操作规程	68
项目二 压缩机单元仿真实训	73
任务一 认识工艺流程	73
任务二 掌握压缩机单元操作规程	74
任务三 事故处理	77
任务四 读识 DCS 图和现场图	78
项目三 CO_2 压缩机单元仿真实训	80
任务一 熟悉装置	80

任务二	掌握主要设备列表	82
任务三	熟悉正常操作工艺指标	83
任务四	掌握工艺报警及联锁系统	84
任务五	掌握操作规程	85
任务六	事故处理	88
任务七	读识 DCS 图和现场图	89
项目四	真空系统单元仿真实训	93
任务一	认识工艺流程	93
任务二	熟悉设备一览表	95
任务三	掌握过程控制	97
任务四	掌握操作规程	97
任务五	事故处理	99
项目五	换热器单元仿真实训	101
任务一	熟悉工艺流程	101
任务二	掌握操作规程	102
任务三	事故处理	104
任务四	读识 DCS 图和现场图	105
项目六	管式加热炉单元仿真实训	107
任务一	认识工艺流程	107
任务二	掌握操作规程	108
任务三	事故处理	112
任务四	读识 DCS 图和现场图	112
项目七	精馏塔单元仿真实训	115
任务一	认识工艺流程	115
任务二	掌握操作规程	116
任务三	事故处理	118
任务四	读识 DCS 图和现场图	120
项目八	吸收-解吸单元仿真实训	122
任务一	认识工艺流程	122
任务二	掌握操作规程	123
任务三	事故处理	128
任务四	读识 DCS 图和现场图	130
项目九	萃取塔单元仿真实训	133
任务一	学习工作原理	133
任务二	认识工艺流程	134
任务三	熟悉主要设备	135
任务四	掌握调节阀、显示仪表及现场阀	135

任务五 掌握操作规程.....	136
项目十 锅炉单元	139
任务一 认识工艺流程.....	139
任务二 掌握操作规程.....	141
任务三 事故处理.....	146
任务四 读识 DCS 图和现场图	148
项目十一 液位控制系统单元仿真实训	151
任务一 认识工艺流程.....	151
任务二 掌握操作规程.....	153
任务三 事故处理.....	155
任务四 读识 DCS 图和现场图	156
项目十二 固定床反应器单元仿真实训	158
任务一 认识工艺流程.....	158
任务二 掌握操作规程.....	159
任务三 事故处理.....	162
任务四 读识 DCS 图和现场图	162
项目十三 流化床反应器单元仿真实训	165
任务一 认识工艺流程.....	165
任务二 掌握操作规程.....	166
任务三 事故处理.....	169
任务四 读识 DCS 图和现场图	170
项目十四 间歇反应釜单元仿真实训	172
任务一 认识工艺流程.....	172
任务二 掌握操作规程.....	173
任务三 事故处理.....	176
任务四 读识 DCS 图和现场图	176
项目十五 罐区仿真实训	178
任务一 认识工艺流程.....	178
任务二 掌握操作规程.....	180
任务三 事故处理.....	181
任务四 读识 DCS 图和现场图	183

情境三 化工单元实操实训 / 187

项目一 化工管路拆装实训.....	187
项目二 流体力学综合实训	190

任务一	离心泵特性曲线测定实训·····	191
任务二	流体流动阻力测定实训·····	194
项目三	空气-水蒸气传热系数测定实训·····	199
项目四	流化床干燥实训·····	206
项目五	常减压蒸馏实训·····	211
项目六	填料塔吸收传质系数测定实训·····	217
项目七	YB2000D 化工仪表实训·····	221
任务一	1 号水泵出口 (涡轮) 流量调节实验·····	221
任务二	热水泵出口 (电磁) 流量调节实验·····	224
任务三	冷水泵出口 (孔板) 流量调节实验·····	227
任务四	反应釜内胆温度调节实验·····	230
任务五	反应釜夹套串级温度调节实验·····	233
任务六	温度分程调节实验·····	235
任务七	热水槽温度调节实验·····	238
任务八	冷水槽液位调节实验·····	239
任务九	热水槽液位调节实验·····	241
任务十	冷水 (孔板) 和热水 (电磁) 流量环比值调节实验·····	243

参考文献 / 246

情境一

化工原理实验仿真

项目一

流体流动过程综合实验仿真

任务一 离心泵性能测定实验仿真实训

一、实验目的

- (1) 熟悉离心泵的操作方法。
- (2) 掌握离心泵特性曲线和管路特性曲线的测定方法、表示方法，加深对离心泵性能的了解。
- (3) 掌握离心泵特性管路特性曲线的测定方法、表示方法。

二、实验内容

- (1) 熟悉离心泵的结构与操作方法。
- (2) 测定某型号离心泵在一定转速下， H （扬程）、 N （轴功率）、 η （效率）与 Q （流量）之间的特性曲线。
- (3) 测定流量调节阀某一开度下管路特性曲线。

三、实验原理

1. 离心泵特性曲线

离心泵是最常见的液体输送设备。在一定的型号和转速下，离心泵的扬程 H 、轴功率 N 及效率 η 均随流量 Q 的改变而改变。通过实验测出 H - Q 、 N - Q 及 η - Q 关系，并用曲线表示，称为特性曲线。特性曲线是确定泵的适宜操作条件和选用泵的重要依据。泵特性曲线的具体测定方法如下。

- (1) H 的测定 在泵的吸入口和压出口之间列出柏努利方程：

$$Z_{\text{入}} + \frac{p_{\text{入}}}{\rho g} + \frac{u_{\text{入}}^2}{2g} + H = Z_{\text{出}} + \frac{p_{\text{出}}}{\rho g} + \frac{u_{\text{出}}^2}{2g} + H_{\text{f入-出}}$$

$$H = (Z_{\text{出}} - Z_{\text{入}}) + \frac{p_{\text{出}} - p_{\text{入}}}{\rho g} + \frac{u_{\text{出}}^2 - u_{\text{入}}^2}{2g} + H_{\text{f入-出}}$$

上式中 $H_{\text{f入-出}}$ 是泵的吸入口和压出口之间管路内的流体流动阻力（不包括泵体内部的流动阻力所引起的压头损失），当所选的两截面很接近泵体时，与柏努利方程中其他项比较，值很小，故可忽略。于是上式变为：

$$H = (Z_{\text{出}} - Z_{\text{入}}) + \frac{p_{\text{出}} - p_{\text{入}}}{\rho g} + \frac{u_{\text{出}}^2 - u_{\text{入}}^2}{2g}$$

将测得的 $(Z_{\text{出}} - Z_{\text{入}})$ 和 $p_{\text{出}} - p_{\text{入}}$ 的值以及计算所得的 $u_{\text{入}}$ 、 $u_{\text{出}}$ 代入上式即可求得 H 的值。

(2) N 的测定 功率表测得的功率为电动机的输入功率。由于泵由电动机直接带动，传动效率可视为 1.0，所以电动机的输出功率等于泵的轴功率，即：

泵的轴功率 N = 电动机的输出功率，kW

电动机的输出功率 = 电动机的输入功率 × 电动机的效率

泵的轴功率 = 功率表的读数 × 电动机效率，kW

(3) η 的测定

$$\eta = \frac{N_e}{N}$$

$$N_e = \frac{HQ\rho g}{1000} = \frac{HQ\rho}{102}$$

式中 η ——泵的效率；

N ——泵的轴功率，kW；

N_e ——泵的有效功率，kW；

H ——泵的压头，m；

Q ——泵的流量， m^3/s ；

ρ ——水的密度， kg/m^3 。

2. 管路特性曲线

当离心泵安装在特定的管路系统中工作时，实际的工作压头和流量不仅与离心泵本身的性能有关，还与管路特性有关，也就是说，在液体输送过程中，泵和管路两者是相互制约的。管路特性曲线是指流体流经管路系统的流量与所需压头之间的关系。若将泵的特性曲线与管路特性曲线绘在同一坐标图上，两曲线交点即为泵在该管路的工作点。因此，就像通过改变阀门开度来改变管路特性曲线，求出泵的特性曲线一样，可通过改变泵转速来改变泵的特性曲线，从而得出管路特性曲线。泵的压头 H 计算同上。

四、实验装置与流程

(1) 该实验与流体阻力测定、流量计性能测定实验共用图 1-2 的实验装置流程图。

(2) 本实验的流程为：A→B(C→D)→E→F→G→I。

(3) 流量测量：用转子流量计或标准涡轮流量计测量。

(4) 泵的入口真空度和出口压力：用真空表和压力表来测量。

(5) 电动机输入功率：用功率表来测量。

五、实验方法

- (1) 按下电源的绿色按钮，通电预热数字显示仪表。
- (2) 通过导向阀设计该实验水的流程。
- (3) 关闭流量调节阀，用变频器在 50Hz 时启动离心泵，调节流量，当流量稳定时读取离心泵特性曲线所需数据，测取 10~12 组数据。
- (4) 管路特性曲线测定时，先将流量调节为一个较大值，固定不变，然后调节离心泵电机频率，改变电机转速，调节范围（50~20Hz），测取 10~12 组数据。
- (5) 实验结束后，关闭流量调节阀，继续其他实验或停泵，切断电源。

六、注意事项

- (1) 启动心泵之前，必须检查所有流量调节阀是否关闭。
- (2) 测取数据时，应在满量程内均匀分布数据点。

七、可变参数设置

1. 泵的型号选择

泵的型号见表 1-1。

表 1-1 泵的型号

BX 型单级悬臂离心清水泵					
泵的型号	流量 /(m ³ /h)	额定扬程 /m	最大转速 /(r/min)	最小转速 /(r/min)	轴功率 /kW
50BX20/31	20	30.8	1800	2900	2.60
80BX45/33	45	32.6	1800	2900	5.56
65BX25/32	25	32	1800	2900	3.25
80BX50/32	50	32	1800	2900	5.80

2. 泵的频率

泵的频率调节范围在 0~50Hz 之间；泵进口管路内径调节范围在 20~40mm；泵出口管路内径调节范围在 20~40mm。

3. 固定设备参数

两测压口间垂直距离为 30mm；水初始温度为 15℃。

八、实验步骤

1. 离心泵性能测定实验

- (1) 到参数设置一界面设置离心泵实验的边界参数：选泵型号，设置离心泵电机频率，设置泵进出口管路内径。点参数记录记录到实验报表中。注意：参数设置好后在本实验中不可更改。
- (2) 在实验装置图将离心泵的灌泵阀打开，再将放气阀打开，待放气动画消失后，关闭灌泵阀和放气阀。
- (3) 打开离心泵电源开关，打开主管路的球阀，待真空表和压力表读数稳定后，在离心泵实验数据界面记录数据。

(4) 稍微打开主管路的调节阀,待真空表和压力表读数稳定后,在离心泵实验数据界面记录数据。注意:不可将主管路调节阀完全打开,否则容易发生烧泵现象。

(5) 调节主管路调节阀的开度,重复步骤(4),总共记录10组数据。

(6) 在实验报表里的《离心泵性能测定数据》查看实验结果数据,可选中某行删除不合理数据,点击实验报告查看数据和离心泵扬程、功率和效率曲线。

2. 管路特性测定实验

(1) 离心泵性能测定实验结束后,将主管路调节阀开度控制在50%~100%之间。待真空表和压力表稳定后,到参数设置一界面,调节离心泵电机频率(调节范围0~50Hz)。

(2) 回到实验装置界面和仪表面板界面查看,等待压力和流量稳定后,到管路特性实验数据界面记录数据。

(3) 回到参数设置一调节离心泵电机频率,重复步骤(2),共记录10组数据。

(4) 在实验报表里的《管路特性曲线数据页》中查看实验结果数据,可选中某行删除不合理数据,点击实验报告查看数据和管路特性曲线。

(5) 关闭主管路球阀,主管路调节阀,关闭离心泵电源开关。

任务二 流体阻力测定实验仿真实训

一、实验目的

(1) 学习直管摩擦阻力 Δp_f 、直管摩擦系数 λ 的测定方法。

(2) 掌握直管摩擦阻力系数 λ 与雷诺数 Re 和相对粗糙度之间的关系及其他变化规律。

(3) 掌握局部阻力的测量方法。

(4) 学习压力差的几种测量方法和技巧。

(5) 掌握坐标系的选用方法和对数坐标系的使用方法。

二、实验内容

(1) 测定实验管路内流体流动的阻力和直管摩擦系数 λ 。

(2) 测定实验管路内流体流动的直管摩擦系数 λ 与雷诺数 Re 和相对粗糙度之间的关系曲线。

(3) 在本实验压差测量范围内,测量阀门的局部阻力系数。

三、实验原理

1. 直管摩擦系数 λ 与雷诺数 Re 的测定

流体在管道内流动时,由于流体的黏性作用和涡流的影响会产生阻力,流体在直管内流动阻力的大小与管长、管径、流体流速和管道摩擦系数有关,它们之间存在如下关系:

$$h_f = \frac{\Delta p_f}{\rho} = \lambda \frac{l}{d} \times \frac{u^2}{2} \quad (1-1)$$

$$\lambda = \frac{2d}{\rho l} \times \frac{\Delta p_f}{u^2} \quad (1-2)$$

$$Re = \frac{du\rho}{\mu} \quad (1-3)$$

式中 d ——管径, m;

Δp_f ——直管阻力引起的压强降, Pa;

l ——管长, m;

u ——流速, m/s;

ρ ——流体的密度, kg/m³;

μ ——流体的黏度, N·s/m²。

直管摩擦系数 λ 与雷诺数 Re 之间有一定的关系, 这个关系一般用曲线来表示。在实验装置中, 直管段管长 l 和管径 d 都已固定。若水温一定, 则水的密度 ρ 和黏度 μ 也是定值。所以本实验实质上是测定直管段流体阻力引起的压强降 Δp_f 与流速 u (流量 V) 之间的关系。

根据实验数据和式 (1-2) 可计算出不同流速下的直管摩擦系数 λ , 用式 (1-3) 计算对应的 Re , 从而整理出直管摩擦系数和雷诺数的关系, 绘出 λ 与 Re 的关系曲线。

2. 局部阻力系数 ξ 的测定

$$h'_f = \frac{\Delta p'_f}{\rho} = \xi \frac{u^2}{2} \quad (1-4)$$

$$\xi = \left(\frac{2}{\rho} \right) \times \frac{\Delta p'_f}{u^2} \quad (1-5)$$

式中 ξ ——局部阻力系数, 无量纲;

$\Delta p'_f$ ——局部阻力引起的压力降 (图 1-1), Pa;

h'_f ——局部阻力引起的能量损失, J/kg。

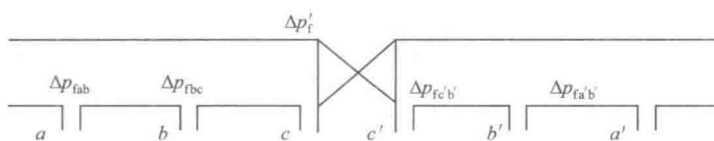


图 1-1 局部阻力引起的压力降

局部阻力引起的压力降 $\Delta p'_f$ 可用下面的方法测量: 在一条各处直径相等的直管段上, 安装待测局部阻力的阀门, 在其上、下游开两对测压口 $a-a'$ 和 $b-b'$, 如图 1-1, 使

$$ab = bc; a'b' = b'c'$$

则:

$$\Delta p_{fab} = \Delta p_{fbc}; \Delta p_{fa'b'} = \Delta p_{fb'c'}$$

在 $a-a'$ 之间列柏努利方程式:

$$p_a - p_{a'} = 2\Delta p_{fab} + 2\Delta p_{fa'b'} + \Delta p'_f \quad (1-6)$$

在 $b-b'$ 之间列柏努利方程式:

$$\begin{aligned} p_b - p_{b'} &= 2\Delta p_{fbc} + 2\Delta p_{fb'c'} + \Delta p'_f \\ &= \Delta p_{fab} + \Delta p_{fa'b'} + \Delta p'_f \end{aligned} \quad (1-7)$$

联立式 (1-6) 和式 (1-7), 则:

$$\Delta p'_f = 2(p_b - p_{b'}) - (p_a - p_{a'})$$

为了实验方便, 称 $(p_b - p_{b'})$ 为近点压差, 称 $(p_a - p_{a'})$ 为远点压差。用压差传感器来测量。

四、实验装置与流程

本实验真实装置如图 1-2 所示。

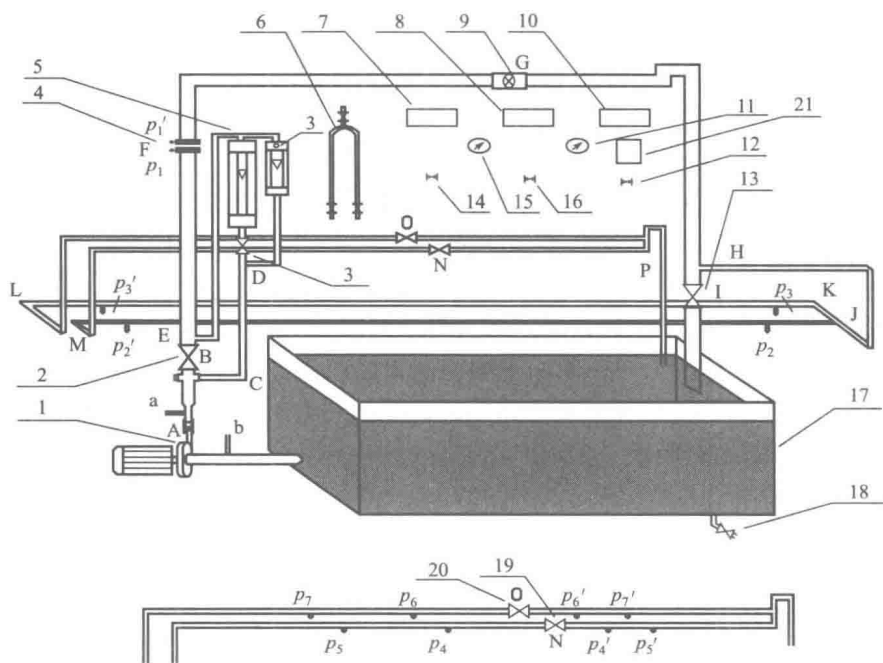


图 1-2 实验装置

1—离心泵; 2—大流量调节阀; 3—小流量调节阀; 4—被标定流量计; 5—转子流量计; 6—倒 U 管;
7, 8, 10—数显仪表; 9—涡轮流量计; 11—真空表; 12—流量计平衡阀; 13—回流阀; 14—光滑管平
衡阀; 15—压力表; 16—粗糙管平衡阀; 17—水箱; 18—排水阀; 19—闸阀; 20—截止阀; 21—变频器;
a—出口压力取压点; b—吸入压力取压点; $p_1-p'_1$ —流量计压差; $p_2-p'_2$ —光滑管压差; $p_3-p'_3$ —粗糙管压
差; $p_4-p'_4$ —闸阀近点压差; $p_5-p'_5$ —闸阀远点压差; $p_6-p'_6$ —截止阀近点压差; $p_7-p'_7$ —截止阀远点压差;
J-M—光滑管; K-L—粗糙管

光滑管阻力系数流程: A-B-(C-D)-E-F-G-H-I-M-N-P.

粗糙管阻力系数流程: A-B(C-D)-E-F-G-H-K-L-O-P。

流量测量由转子流量计和涡轮流量计。

直管段压力降的测量由压差变送器或倒置 U 形管直接测取压差值。

五、实验步骤

(1) 熟悉实验装置及流程, 关闭泵的出口阀, 启动离心泵。

(2) 打开管道上的出口阀门；再慢慢打开进口阀门，让水流经管道，以排出管道中的气体。

(3) 在进口阀全开的条件下, 调节出口阀, 流量由小到大或反之, 记录 8~10 组不同流量下的数据。先使用倒 U 形压差计, 超过量程时切换至 U 形压差计。注意流量的变更, 应使实验点在 $\lambda-Re$ 图上分布比较均匀。

(4) 数据取完后, 关闭进、出口阀, 停止实验。

六、注意事项

启动离心泵之前, 以及从光滑管阻力测量过渡到其他测量之前, 都必须检查所有流量调节阀是否关闭。

七、实验参数设置

1. 可变参数设置 (表 1-2)

表 1-2 可变参数设置

光滑管/粗糙管直管内径/m	流体物料种类	光滑管/粗糙管直管内径/m	流体物料种类
0.020	纯水	0.030	质量分数为 20% 的氯化钠水溶液
0.025	体积浓度为 50% 的乙二醇水溶液	0.040	

2. 固定设备参数

光滑管取压口间距: 1.7m。

粗糙管取压口间距: 1.7m。

闸阀内径: 0.025m。

截止阀内径: 0.025m。

八、实验步骤

1. 光滑管阻力测定实验及闸阀局部阻力实验

(1) 到参数设置二界面设置流体阻力实验的边界参数: 选择直管内径和选择流体物料种类。点参数记录记录到实验报表中。注意: 参数设置好后在本实验中不可更改。

(2) 在实验装置图中打开离心泵电源开关, 打开光滑管路中的闸阀。

(3) 调节小转子流量计的调节阀, 在仪表面板中观察光滑管压差数据稳定后, 到直管阻力数据界面中记录光滑管管路数据。

(4) 重复步骤 (3), 记录 4 组以上的数据。

(5) 当小转子流量计满开度后, 关闭小转子流量计调节阀, 调节大转子流量计调节阀开度, 在仪表面板中观察光滑管压差数据稳定后, 到直管阻力数据界面中记录光滑管管路数据。

(6) 重复步骤 (5), 记录 10 组左右的数据。

(7) 在实验报表里的《光滑管数据》查看实验结果数据, 可选中某行删除不合理数据, 点击实验报告查看数据和光滑管 $\lambda-Re$ 曲线。

(8) 光滑管阻力实验结束后, 将大转子流量计调节阀开大最大开度, 在仪表面板中观察闸阀远、近点压差数据稳定后, 到局部阻力数据界面中记录闸阀局部阻力数据一组。

(9) 到实验装置图中关闭闸阀和大转子流量计调节阀。

2. 粗糙管阻力测定实验及截止阀局部阻力实验

(1) 在实验装置图中打开粗糙管截止阀。

(2) 调节小转子流量计的调节阀, 在仪表面板中观察粗糙管压差数据稳定后, 到直管阻力数据界面中记录粗糙管管路数据。

(3) 重复步骤 (2), 记录 4 组以上的数据。

(4) 当小转子流量计满开度后, 关闭小转子流量计调节阀, 调节大转子流量计调节阀开度, 在仪表面板中观察粗糙管压差数据稳定后, 到直管阻力数据界面中记录粗糙管管路数据。

(5) 重复步骤 (4), 记录 4~6 组的数据。

(6) 当流量大于 $1\text{m}^3/\text{h}$ 时, 选择涡轮流量计测量。即关闭大小流量计调节阀, 打开主管路调节阀, 再测 4 组数据。

(7) 在实验报表里的《粗糙管数据》中查看实验结果数据, 可选中某行删除不合理数据, 点击实验报告查看数据和粗糙管 $\lambda-Re$ 曲线。

(8) 粗糙管阻力实验结束后, 关闭主管路调节阀, 将大转子流量计调节阀开到最大开度, 在仪表面板中观察截止阀远、近点压差数据稳定后, 到局部阻力数据界面中记录截止阀局部阻力数据一组。

(9) 到实验装置图中关闭截止阀和大转子流量计调节阀, 关闭离心泵电源开关。

任务三 流量计性能测定实验仿真实训

一、实验目的

- (1) 了解几种常用流量计的构造、工作原理和主要特点。
- (2) 掌握流量计的标定方法。
- (3) 了解节流式流量计流量系数 C 随雷诺数 Re 的变化规律, 流量系数 C 的确定方法。
- (4) 学习合理选择坐标系的方法。

二、实验内容

- (1) 了解孔板、1/4 圆喷嘴、文丘里及涡轮流量计的构造及工作原理。
- (2) 测定节流式流量计 (孔板或 1/4 圆喷嘴或文丘里) 的流量标定曲线。
- (3) 测定节流式流量计的雷诺数 Re 和流量系数 C 的关系。

三、实验原理

流体通过节流式流量计时在流量计上、下游两取压口之间产生压力差, 它与流量的关系为:

$$V_s = CA_0 \sqrt{\frac{2(p_{\perp} - p_{\text{F}})}{\rho}}$$

式中 V_s ——被测流体 (水) 的体积流量, m^3/s ;

C ——流量系数, 无量纲;

A_0 ——流量计节流孔截面积, m^2 ;

$p_{\perp} - p_{\text{F}}$ ——流量计上、下游两取压口之间的压力差, Pa ;

ρ ——被测流体 (水) 的密度, kg/m^3 。

用涡轮流量计和转子流量计作为标准流量计来测量流量 V_s 。每一个流量在压差计上都有一对应的读数, 将压差计读数 Δp 和流量 V_s 绘制成一条曲线, 即流量标定曲线。同时用上式整理数据可进一步得到 $C-Re$ 关系曲线。

四、实验装置与流程

该实验与流体阻力测定、离心泵性能测定实验图 1-2 装置流程图。

本实验共有 8 套装置,第 1~6 套流程为: A→B (C→D) →E→F→G→I。

流量测量:以精度 0.5 级的涡轮流量计作为标准流量计,测量被测流量计流量。

五、实验方法

- (1) 预热数字显示仪表,记录流量计差压数字表初始值。
- (2) 通过导向阀设计流量计标定的流程。
- (3) 关闭流量调节阀,用变频器启动按钮启动离心泵。
- (4) 调节流量,在满量程范围内测取 10~12 组流量计标定数据。
- (5) 实验结束后,关闭流量调节阀,停泵,切断电源。

六、注意事项

启动离心泵之前,必须检查所有流量调节阀是否关闭。

七、参数设置

1. 参数设置 (表 1-3)

表 1-3 参数设置

流量计种类的选择	孔口内径(β)的选择	流量计种类的选择	孔口内径(β)的选择
标准孔板流量计	0.025mm($\beta=0.625$)	标准孔口流量计	0.015mm($\beta=0.375$)
	0.020mm($\beta=0.50$)	标准喷嘴流量计	0.025mm($\beta=0.625$)
	0.015mm($\beta=0.375$)		0.020mm($\beta=0.50$)
标准孔口流量计	0.025mm($\beta=0.625$)		0.015mm($\beta=0.375$)
	0.020mm($\beta=0.50$)		

2. 设备参数

主管道直径 40mm (β =孔口内径/主管道直径)。

八、实验步骤

- (1) 到参数设置二界面设置流量计性能测定实验的边界参数:选流量计种类及流量计孔口内径。点参数记录记录到实验报表中。注意:参数设置好后在本实验中不可更改。
- (2) 打开离心泵电源开关,打开主管路的球阀,稍微打开主管路的调节阀,到仪表面板中观察涡轮流量计读数和被测流量计压差稳定后,到流量计数据界面中记录数据。
- (3) 调节主管路调节阀开度,重复步骤 (2),共记录 10 组数据。
- (4) 在试验报表里的《流量计校核数据》查看实验结果数据,可选中某行删除不合理数据,点击实验报告查看数据和流量计标定曲线和 C_0-Re 曲线。
- (5) 关闭主管路球阀,主管路调节阀,关闭离心泵电源开关。

九、思考题

- (1) 压力表上显示的压力,即为被测流体的 ()。