



高职高专“十三五”规划教材

化工单元操作实训

HUAGONG DANYUAN CAOZUO SHIXUN

郭 健	主 编
李徐东	副主编
刘振河	主 审



化学工业出版社

高职高专“十三五”规划教材

化工单元操作实训

郭 健 主 编

李徐东 副主编

刘振河 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书根据高职教育的特点和要求,突出对学生应用能力、实践技能和综合素质的培养,全书分九个部分,分别是概述、流体流动综合实训、管路拆装实训、换热实训、精馏实训、填料吸收实训、恒压过滤参数的测定实训、干燥速率曲线测定实训和化工总控工培训与竞赛装置实训。

本书可供高职高专学校化工类专业使用,也可作为其他相关专业的实训教材以及有关技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

化工单元操作实训/郭健主编. —北京:化学工业出版社, 2016.2
高职高专“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-26004-8

I. ①化… II. ①郭… III. ①化工单元操作-高等职业教育-教材 IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 004666 号

责任编辑:张双进

文字编辑:向东

责任校对:宋 玮

装帧设计:王晓宇

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 装:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张6 字数139千字 2016年4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:20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

化工单元操作是化工类专业最重要的一门职业基础课,它既有完整的理论性,又有很强的实践性,是一门应用性学科。化工单元操作所面对的是真实复杂的生产过程问题,这些问题仅仅依靠单纯的数学描述来揭示过程的内在规律是十分困难的,因而需要经过实验加以修正,经过实训将其完善化。所以,实验实训在化工单元操作这门课中占有重要的地位,实践教学与理论教学相辅相成,共同构成化工单元操作课程体系。

根据高职教育的特点和要求,化工单元操作需不断深化课程内容、教学方法和教学手段的改革,突出对学生应用能力、实践技能和综合素质的培养,强化学生动手能力、应变能力和管理能力的训练。本教材从上述特点和要求出发,采用项目导向法组织教材内容,实训内容从单一型向综合型方面转变。本书是学生学习化工单元操作课程的重要补充,是学生巩固理论知识、获取工程技能、培养职业素质的重要途径。

本教材分九个部分来讲述,分别是概述、流体流动综合实训、管路拆装实训、换热实训、精馏实训、填料吸收实训、恒压过滤参数的测定实训、干燥速率曲线测定实训和化工总控工培训与竞赛装置实训。

本教材可供高职高专学校化工类专业使用,也可作为其他相关专业的实训教材以及有关技术人员的参考资料。

本教材由天津石油职业技术学院郭健主编、李徐东副主编,刘振河主审。冯智、刘凤花、李英波、肖文平等老师参加了部分章节的编写。

由于编者水平有限,时间仓促,不妥之处在所难免,恳请读者和各位同仁批评指正。

编 者

2015 年 12 月

项目一 概述

一、学生实训规程及实训室安全规则 1

二、实训要求 2

三、实训报告要求 2

四、实训成绩评定办法 2

项目二 流体流动综合实训

2-1 流体阻力测定实训 3

一、实训目的 3

二、知识要点 3

三、实训装置及设备主要参数 4

四、实训步骤 5

五、注意事项 6

思考与练习 6

2-2 离心泵性能测定实训 6

一、实训目的 6

二、知识要点 6

三、实训装置及设备主要参数 7

四、实训步骤 8

五、注意事项 8

思考与练习 8

2-3 流量计性能测定实训 9

一、实训目的 9

二、知识要点 9

三、实训装置及设备主要参数 9

四、实训步骤 9

五、注意事项 10

思考与练习 10

项目三 管路拆装实训

一、实训目的 11

二、知识要点 11

三、实训装置及设备主要参数 18

四、实训步骤 20

五、注意事项 21

思考与练习 21

项目四 换热实训

一、实训目的 22

二、知识要点	22
三、实训装置及工艺流程图	25
四、实训步骤	27
五、生产事故及处理预案	28
六、注意事项	29
思考与练习	30

项目五 精馏实训

一、实训目的	31
二、知识要点	31
三、实训装置、主要设备参数	39
四、生产控制技术	42
五、物耗、能耗指标	44
六、安全生产技术	45
七、实训操作步骤	47
八、注意事项	51
思考与练习	51

项目六 填料吸收实训

一、实训目的	52
二、知识要点	52
三、实训装置	54
四、实训步骤	55
五、注意事项	56
思考与练习	56

项目七 恒压过滤参数的测定实训

一、实训目的	57
二、知识要点	57
三、实训装置及主要设备参数	58
四、实训步骤	58
五、注意事项	59
思考与练习	59

项目八 干燥速率曲线测定实训

一、实训目的	60
二、知识要点	60
三、实训装置及主要设备参数	61
四、实训步骤	62

五、注意事项	63
思考与练习	63

项目九 化工总控工培训与竞赛装置实训

一、实训目的	64
二、知识要点	64
三、实训装置及工艺参数	64
四、实训步骤	72
五、安全生产技术	76
思考与练习	77

附录一 乙醇-水体系相关数据

一、乙醇-水体系平衡数据	78
二、乙醇-水体系组成与温度关系	78

附录二 变频器的使用

附录三 仪表的使用

附录四 化工总控工培训与竞赛装置

一、仪表说明	83
二、阀门编号对照表	84
三、精馏操作实训操作报表	84

参考文献

项目一

概述

一、学生实训规程及实训室安全规则

(一) 学生实训规程

(1) 学生实训课前须做好充分预习，明确实训目的、内容及方法、步骤；备齐必要的文具，穿好工作服、戴好安全帽准备上课。

(2) 学生须认真听取教师讲解实训程序要求、仪器设备的使用方法、实训操作规程等有关注意事项，并按指定工位检查仪器、设备、工具、材料等，经教师允许后进行装置操作。

(3) 实训中，学生要注意听取教师的现场指导，严格遵守操作规程，并做好实验记录及仪器设备的使用记录。爱护实训设备，节约水、电、试剂、药品和器材等，实验物品要轻拿轻放，注意安全，严防触电、失火及其他工伤、设备事故的发生。

(4) 学生发生人身、设备事故要保留事故现场，应及时报告教师，作好事故分析，填写事故报告单。凡不听从教师指导，违反操作规程造成人身事故者，原则上由自己负责；造成仪器、设备损坏或实验物品丢失者，照价赔偿，情节严重者给予纪律处分。

(5) 学生不得动用与本实训无关的仪器、设备；未经教师允许，不得将室内仪器、设备、工具、材料等带出室外。

(6) 实验后，学生应按教师要求，独立完成实验报告。按规定做好整理、复原工作，关好电源、水源、气源；擦拭仪器设备，将实训物品放回原处，仪器、设备、工具等恢复到实训前状态，最后将实训室清扫干净，使用完的清洁用具按规定放置整齐，经教师检查合格后方可离开。

(7) 实训室要保持清洁、肃静。严禁在实训室吸烟、吃东西、乱丢杂物、乱写、乱画等，不准从高处乱扔杂物，不得倚靠在实训装置上，违者视情节轻重进行处理。

(二) 实训室安全规则

(1) 学生必须认真学习并遵守实训中心规则及本操作规程。

(2) 实训室内禁止使用明火，确因需要使用明火，需向指导教师报告并得到许可，如遇火警，应立即采取必要的消防措施组织灭火，同时马上报警并向校保卫科报告。

(3) 严禁在实训室内打闹嬉戏。

(4) 实训过程中所用小型测量仪器，要轻拿轻放。

- (5) 实训时应穿工服、戴安全帽,禁止穿拖鞋、凉鞋进行操作。
- (6) 实训前必须了解各电源开关的位置。
- (7) 实训过程中如发生停电等事故,必须切断电闸,以防操作人员离开现场后,因突然供电而导致电器设备在无人监视下运行。
- (8) 运行设备前必须向指导老师报告。
- (9) 在加热的情况下,不要触摸高温塔体、换热器及相应管线。
- (10) 进行操作时不要用脚踩踏设备的任何一个部位。

二、实训要求

- (1) 实训操作需几个人合作进行,实训前应对上课班级人员进行分组,确保各小组成员沟通顺利、合作愉快。
- (2) 实训过程中,每个小组成员在具体操作过程中有通知、通告其他人注意安全的义务。
- (3) 实训过程中,每个小组成员在具体操作过程中有保护他人及设备安全的责任。
- (4) 实训过程中,每个小组成员应将手机等贵重的个人物品妥善保存。
- (5) 实训过程中,认真听取指导教师安排、指导;仔细阅读指导书,如有疑问与指导教师沟通后方可进行操作。
- (6) 按要求认真完成指导书后的实训报告,在每个项目完成后让指导教师评价并签字,得到指导教师允许后方可离开实训室。所有实训过程完成后一起上交实训报告。

三、实训报告要求

实训结束后,学生应独立撰写实训报告,实训报告的内容包括:实验目的、原理、流程和操作步骤,数据整理(包括一个计算示例)和结论,有时还要加上问题讨论等。实验报告大致内容如下。

- (1) 实训目的和原理。
 - (2) 实训装置和流程。
 - (3) 实训原始数据及数据处理、图表、计算举例。计算举例是把由记录的数据如何整理成计算结果用一个测试点的数据作例子,把所需的计算公式、物性常数和运算方法全部列出,以便检查运算过程是否正确(即以一组数据的处理过程为例)。
 - (4) 实训结论及讨论。
- 实验报告必须书写工整,图形绘制必须用直尺或曲线板。实训报告是考核实验成绩的主要方面,应认真对待。

四、实训成绩评定办法

实训成绩由实训指导老师根据学生平时表现、实训报告、技能考核三个方面按优、良、中、及格、不及格五级记分制评定。其中平时表现(出勤情况、安全生产、文明生产)占30%,实训报告占30%,技能考核占40%。

项目二

流体流动综合实训

2-1 流体阻力测定实训

一、实训目的

- (1) 学会直管摩擦阻力 Δp_f 、直管摩擦系数 λ 的测定方法。
- (2) 掌握直管摩擦系数 λ 与雷诺数 Re 和相对粗糙度之间的关系及其变化规律。
- (3) 学会局部阻力的测量方法。
- (4) 学会压强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。
- (6) 熟练操作流体阻力测定实训装置。

二、知识要点

1. 直管摩擦系数 λ 与雷诺数 Re 的测定

流体在直管内流动时流体质点间存在相互牵制作用而产生内摩擦。由于内摩擦作用的结果，导致流体在流动时为抵御质点间的相互牵制作用而损耗能量，从而产生直管阻力。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：

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

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

$$Re = \frac{du\rho}{\mu} \quad (2-3)$$

式中 d ——管径，m；

Δp_f ——直管阻力引起的压力降，Pa；

l ——管长，m；

u ——流速，m/s；

ρ ——流体的密度，kg/m³；

μ ——流体的黏度, $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 。

直管摩擦系数 λ 与雷诺数 Re 之间存在一定关系, 这个关系一般用曲线来表示。在实训装置中, 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。所以本实训实质上是测定直管段流体阻力引起的压力降 Δp_f 与流速 u (流量 q_V) 之间的关系。

根据测量数据和式 (2-2) 可计算出不同流速下的直管摩擦系数 λ , 用式 (2-3) 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 ζ 的测定

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

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

式中 ζ ——局部阻力系数, 无量纲;

$\Delta p'_f$ ——局部阻力引起的压力降, Pa ;

h'_f ——局部阻力引起的能量损失, J/kg 。

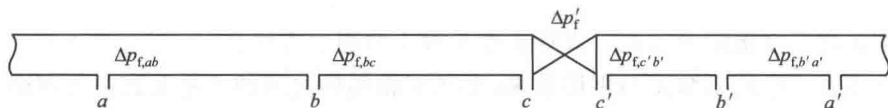


图 2-1 局部阻力测量取压口布置图

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 $b-b'$, 见图 2-1, 使 $ab=bc$; $a'b'=b'c'$, 则 $\Delta p_{f,ab}=\Delta p_{f,bc}$; $\Delta p_{f,a'b'}=\Delta p_{f,b'c'}$ 。

在 $a-a'$ 之间列伯努利方程式:

$$p_a - p_{a'} = 2\Delta p_{f,ab} + 2\Delta p_{f,a'b'} + \Delta p'_f \quad (2-6)$$

在 $b-b'$ 之间列伯努利方程式:

$$\begin{aligned} p_b - p_{b'} &= \Delta p_{f,bc} + \Delta p_{f,b'c'} + \Delta p'_f \\ &= \Delta p_{f,ab} + \Delta p_{f,a'b'} + \Delta p'_f \end{aligned} \quad (2-7)$$

联立式 (2-6) 和式 (2-7), 则:

$$\Delta p'_f = 2(p_b - p_{b'}) - (p_a - p_{a'}) \quad (2-8)$$

为了实训方便, 称 $(p_b - p_{b'})$ 为近点压差, 称 $(p_a - p_{a'})$ 为远点压差。用差压传感器来测量。

三、实训装置及设备主要参数

- (1) 本实训装置如图 2-2 所示。
- (2) 流量测量: 由转子流量计测量。
- (3) 直管段压力降的测量: 差压变送器或倒置 U 形管直接测取压差值。
- (4) 设备主要参数见表 2-1。

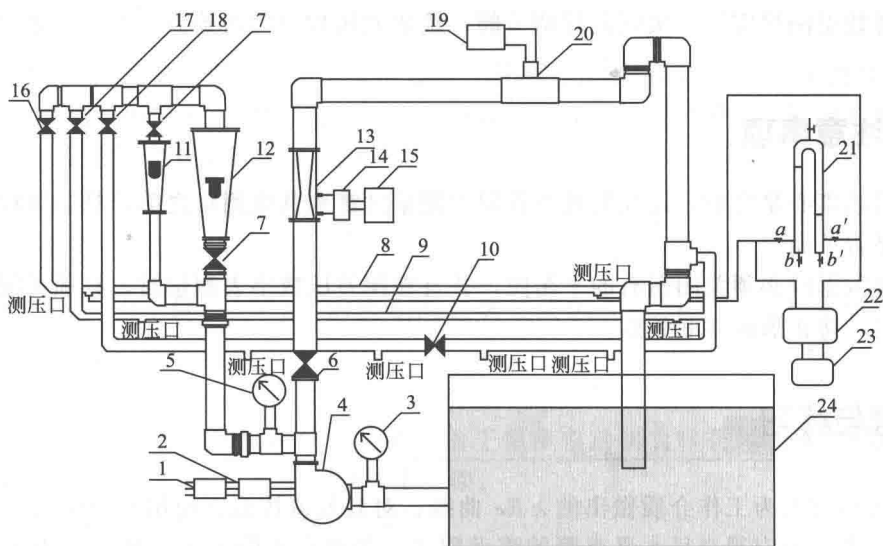


图 2-2 流体流动综合实训装置流程图

- 1—变频器；2—功率表；3—真空表；4—不锈钢水泵；5—压力表；6,7—流量调节阀；8—光滑管；9—粗糙管；
 10—被测局部阻力阀门；11,12—转子流量计；13—被测文丘里流量计；14—压力变送器；15—数显表；
 16~18—流向导通阀；19—频率表；20—涡轮流量计；21—倒置 U 形管；
 22—差压变送器；23—数字电压表；24—水箱

表 2-1 流体阻力测定设备主要参数

名 称	规格	名 称	规格
光滑管直径/m	0.00792	粗糙管取压口间距/mm	1691
光滑管取压口间距/mm	1701	闸阀内径/mm	15
粗糙管直径/mm	0.00992	截止阀内径/mm	15.0

四、实训步骤

- 按下电源的绿色按钮，通电预热数字显示仪表，记录差压数字表第 1~4 路的初始值，关闭流量调节阀 6、7，按一下变频器的启动按钮，启动离心泵。
- 针对某一测试对象选择对应的流向导通阀，逆时针全开。
- 在进行光滑管阻力测定之前，应先检查导压系统内有无气泡存在。
 当流量为 0 时，打开 a 、 a' 两阀门，若空气-水倒置 U 形管内两液柱的高度差不为 0，则说明系统内有气泡存在，需赶净气泡方可测取数据。
 赶气泡的方法：将流量调至较大，排出导压管内的气泡，直至排净为止；关闭 a 、 a' 两阀门，打开 b 、 b' 两阀门，慢慢旋开倒置 U 形管上部的放空阀，使液柱降至零点上下时马上关闭，使管内形成气-水柱，此时管内液柱高度差应为零。
- 测取数据顺序可从大流量至小流量，反之也可，一般测约 15 组数据。在进行光滑管阻力测定时，建议流量读数在 40L/h 之内不少于 4 个点，以便得到滞流状态下的 $\lambda-Re$ 关

系。在能用倒置 U 形管测压差时, 尽量不用差压数字表测压差。

(5) 待数据测量完毕, 关闭流量调节阀, 核实差压数字表初始值, 继续其他实验或切断电源。

五、注意事项

(1) 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。

(2) 测数据时必须关闭所有的平衡阀, 并且在用差压数字表测量时, 必须关闭通倒置 U 形管的阀门, 防止形成并联管路。



思考与练习

1. 本实训用水为工作介质做出的 $\lambda-Re$ 曲线, 对其他流体能否使用? 为什么?
2. 本实训是测定等直径水平直管的流动阻力, 若将水平管改为流体自下而上流动的垂直管, 从测量两取压点间压差的倒置 U 形管读数 R 到 Δp_f 的计算过程和公式是否与水平管完全相同? 为什么?
3. 为什么采用差压变送器和倒置 U 形管并联起来测量直管段的压差? 何时用变送器? 何时用倒置 U 形管? 操作时要注意什么?

2-2 离心泵性能测定实训

一、实训目的

- (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。

二、知识要点

(一) 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_V 而改变。通常通过实验测出 $H-q_V$ 、 $N-q_V$ 及 $\eta-q_V$ 关系, 并用曲线表示之, 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伯努利方程

$$Z_{\text{入}} + \frac{p_{\text{入}}}{\rho g} + \frac{u_{\text{入}}^2}{2g} + H = Z_{\text{出}} + \frac{p_{\text{出}}}{\rho g} + \frac{u_{\text{出}}^2}{2g} + H_{f(\text{入-出})} \quad (2-9)$$

$$H = (Z_{\text{出}} - Z_{\text{入}}) + \frac{p_{\text{出}} - p_{\text{入}}}{\rho g} + \frac{u_{\text{出}}^2 - u_{\text{入}}^2}{2g} + H_{f(\text{入-出})} \quad (2-10)$$

式中, $H_{f(\text{入-出})}$ 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, 与伯努利方程中其他项比较, $H_{f(\text{入-出})}$ 值很小, 故可忽略。于是上式变为:

$$H = (Z_{\text{出}} - Z_{\text{入}}) + \frac{p_{\text{出}} - p_{\text{入}}}{\rho g} + \frac{u_{\text{出}}^2 - u_{\text{入}}^2}{2g} \quad (2-11)$$

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 $\times$ 电动机的效率;

泵的轴功率 = 功率表的读数 $\times$ 电动机效率, kW。

3. η 的测定

$$\eta = \frac{N_e}{N} \quad (2-12)$$

$$N_e = \frac{Hq_v\rho g}{1000} = \frac{Hq_v\rho}{102} \quad (2-13)$$

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_v —— 泵的流量, m^3/s ;

ρ —— 水的密度, kg/m^3 。

(二) 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。

在一定的管路上, 泵所提供的压头和流量必然与管路所需的压头和流量一致。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, 可通过改变泵的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。

三、实训装置及设备主要参数

(1) 本实训与流体阻力测定、流量计性能测定实训共用图 2-2 所示的实训装置流程图。

- (2) 流量测量：用转子流量计或标准涡轮流量计测量。
- (3) 泵的入口真空度和出口压强：用真空表和压强表来测量。
- (4) 电动机输入功率：用功率表来测量。
- (5) 设备主要参数见表 2-2。

表 2-2 离心泵性能测定设备主要参数

名 称	规格	名 称	规格
两取压口垂直高度差/mm	159.0	功率/W	1100
离心泵入口管径/mm	33.4	电机效率/%	65
离心泵出口管径/mm	40.0	扬程/m	25
离心泵型号	BL-6	流量/(m ³ /h)	6
离心泵转速/(r/min)	2800	涡轮流量计仪表系数	78.263

四、实训步骤

- (1) 按下电源的绿色按钮，通电预热数字显示仪表。
- (2) 按下变频器的启动按钮，启动离心泵。用流量调节阀 6 调节流量，从流量为零至最大或流量从最大至零，测取 10~12 组数据（同时测量泵入口真空度、泵出口压强、流量计读数、功率表读数），并记录水温。
- (3) 进行管路特性曲线测定，先置流量调节阀 6 为某一状态（使系统流量为某一固定值）。
- (4) 调节离心泵电机频率，使管路特性改变，调节范围（50~20Hz），测取 10~12 组数据（同时测量泵入口真空度、泵出口压强、流量计读数），并记录水温。
- (5) 实训结束后，关闭流量调节阀，继续其他实验或停泵，切断电源。

五、注意事项

- (1) 实训之前应检查仪器仪表是否正常。
- (2) 实训之前检查水箱液位高度是否正常。
- (3) 启动离心泵之前，必须检查所有流量调节阀是否关闭。
- (4) 实训结束后切断电源，打扫实训室卫生。



思考与练习

1. 试分析实验数据，看一看，随着泵出口流量调节阀开度的增大，泵入口真空表读数是减少还是增加，泵出口压力表读数是减少还是增加，为什么？
2. 本实验中，为了得到较好的实验结果，实验流量范围下限应小到零，上限应尽量的大，为什么？
3. 离心泵的流量，为什么可以通过出口阀来调节？往复泵的流量是否也可采用同样的方法来调节，为什么？

2-3 流量计性能测定实训

一、实训目的

- (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、知识要点

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强差，它与流量的关系为：

$$q_V = CA_0 \sqrt{\frac{2(p_{\text{上}} - p_{\text{下}})}{\rho}} \quad (2-14)$$

式中 q_V ——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 ；

$p_{\text{上}} - p_{\text{下}}$ ——流量计上、下游两取压口之间的压强差， 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 q_V 。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 q_V 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。

三、实训装置及设备主要参数

- (1) 本实训与流体阻力测定、离心泵性能测定实训共用图 2-2 所示的实训装置流程图。
- (2) 主要以精度 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。
- (3) 压差测量：用流量计差压表读取。
- (4) 设备主要参数见表 2-3。

表 2-3 流量计性能测定设备主要参数

名 称	规格	名 称	规格
文丘里管喉径/mm	25.0	主管道直径/mm	40.0

四、实训步骤

- (1) 按下电源的绿色按钮，通电预热数字显示仪表，记录流量计差压数字表初始值。
- (2) 关闭流量调节阀 6，按下变频器启动按钮，启动离心泵。
- (3) 用调节阀 6 调节流量，从小流量至大流量或从大流量至小流量测取 10~15 组数据

(即同时测量压差和流量),并记录水温。

(4) 实验结束后,关闭流量调节阀,停泵,切断电源。

五、注意事项

(1) 实训之前应检查仪器仪表是否正常。

(2) 实训之前检查水箱液位高度是否正常。

(3) 启动离心泵之前,必须检查所有流量调节阀是否关闭。

(4) 测数据时必须关闭流量计平衡阀 3。

(5) 实训结束后切断电源,打扫实训室卫生。



思考与练习

1. 实训装置管路及导压管中如果积存有空气,为什么要排除?

2. 什么情况下的流量计需要标定?标定方法有几种?本实验是用哪一种?