

高等教育“十三五”规划教材



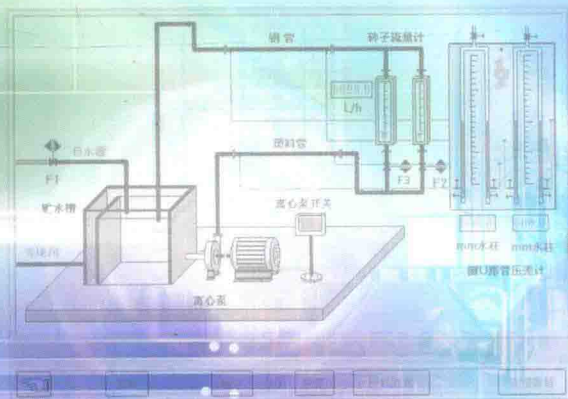
化工原理实验

第二版

刘和秀 主编

Huagong Yuanli Shiyān

Huagong Yuanli Shiyān



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

”规划教材

化工原理实验

(第二版)

主 编 刘和秀

副主编 黄念东 胡忠于

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书为化工原理实验教材,内容包括:绪论、实验数据处理、实验数据的误差分析、化工原理计算机仿真实验、化工原理实验及演示实验(流体机械能守恒与转化实验、流线演示实验、雷诺实验、流体流动阻力的测定实验、离心泵特性曲线的测定实验、非均相物系分离实验、恒压过滤参数的测定实验、传热膜系数测定实验、总传热系数的测定实验、板式精馏塔的操作与效率的测定实验、填料精馏传质实验、吸收与填料塔吸收水力学实验、振动筛板萃取实验、空气循环干燥实验)。该书可作为化学工程与工艺、化学、应用化学、制药工程、环境工程、生物化工、材料化学等专业的实验教材,亦可作为相关专业工程技术人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化工原理实验/刘和秀主编. —2版. —徐州:中国矿业大学出版社, 2018.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 4037 - 8

I. ①化… II. ①刘… III. ①化工原理—实验 IV. ①TQ02—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 155096 号

书 名 化工原理实验
主 编 刘和秀
责任编辑 周 红
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 9.25 字数 231 千字
版次印次 2018 年 8 月第 2 版 2018 年 8 月第 1 次印刷
定 价 26.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

化工原理是研究化工生产过程中各种单元操作的工程学科,是从理论到实践的桥梁。它利用自然科学的原理来考察、研究化工单元操作中的实际问题,研究强化过程的方法,寻找开发新技术的途径。化工原理课程要求理论联系实际,其发展离不开实验研究与数学模型分析。化工原理实验的任务是通过对化工原理常用实验技术方法和主要实验仪器设备的实验操作训练,使学生进一步理解和掌握化工原理的基本概念、基础知识、基本理论和方法,掌握化工原理主要实验仪器设备的调试和使用方法,掌握化工原理常用实验技术方法的基本原理和操作技术,掌握实验数据获取与处理、实验结果分析与讨论、实验报告编写的方法和手段,使学生在思维方法和创新能力方面都得到培养和提高,为今后的工作打下坚实的基础。

为此,根据化工原理及实验课程教学大纲的规定,考虑到学科的最新发展和课程教学的资源化需求,本书在保持原总体结构和特色风格的前提下,对部分内容进行了删减、调整、更新和充实。主要修订内容包括:

- (1) 对化工原理实验的教学要求进行了更新和细化;
- (2) 新增了化工原理仿真实验;
- (3) 对各章节进行了重新布局。

本教材结合了实验室现有条件,在湖南科技大学化学化工学院化工系全体教师多年教学讲义的基础上编写而成,书中还借鉴了国内各兄弟院校同类教材的经验,为免繁冗,参考文献中未一一列出,在此一并表示感谢。

参加本教材编写的老师有湖南科技大学刘和秀、黄念东、胡忠于、罗娟、李友凤、曾坚贤和周智华等,由于编者学识所限,书中不妥之处,恳请读者指正。

编者

2018年6月

目 录

第一章 绪论.....	1
第二章 实验数据处理.....	5
第三章 实验数据的误差分析.....	7
第四章 化工原理计算机仿真实验.....	9
实验一 流体阻力仿真实验	11
实验二 离心泵特性仿真实验	13
实验三 流量计校核仿真实验	15
实验四 过滤常数仿真实验	17
实验五 传热系数仿真实验	19
实验六 吸收系数仿真实验	21
实验七 塔板效率仿真实验	23
实验八 精馏塔操作仿真实验	25
实验九 萃取系数仿真实验	27
实验十 干燥曲线仿真实验	29
第五章 化工原理实验	30
实验一 伯努利方程实验	30
实验二 流线演示实验	34
实验三 流体流动型态及临界雷诺数的测定	36
实验四 流体流动阻力的测定实验	39
实验五 离心泵特性曲线的测定实验	44
实验六 非均相物系分离实验	48
实验七 恒压过滤参数的测定实验	50

实验八	传热膜系数测定实验	53
实验九	总传热系数的测定实验	57
实验十	板式精馏塔的操作与效率的测定实验	60
实验十一	填料精馏传质实验	64
实验十二	吸收与填料塔吸收水力学实验	67
实验十三	振动筛板萃取实验	73
实验十四	空气循环干燥实验	76
参考文献		79

第一章 绪 论

化工原理是化学工程与工艺、化学、应用化学、制药工程、环境工程、生物化工、材料化学等专业的重要专业基础技术课程,也是一门实践性很强的课程。它的许多理论与技术都直接为化学工业生产和科学研究所应用。它的历史悠久,已形成了完整的教学内容与教学体系。化工原理中所涉及的理论和计算方法是与实验研究紧密联系的。可以说,化工原理课是建立在实验基础上的学科,化工原理实验在这门课程中占有很重要的地位,是同学们巩固理论知识、获取新知识的重要途径。

长期以来,化工原理实验常以验证课堂理论为主,教学安排上也仅作为化工原理课程的一部分。近几十年来,化学工程、石油化工、材料化学、生物工程的飞速发展,要求研制新材料、寻找新能源、开发高科技产品,对化工过程与设备的研究提出了更高的要求,新型高效率低能耗的化工设备的研究也更为迫切。不少高等院校为了适应新形势的要求,加强了学生实践环节的教育,以培养有创造性和独立工作能力的科技人才。

一、化工原理实验的教学目的

化工原理实验课是化工类专业教学计划中的一门必修课,其教学目的是:

1. 巩固和深化理论知识

化工原理课程中所讲授的理论,学生对它们的理解往往是肤浅的,对于各种影响因素的认识还不很深刻。当学生做了化工原理实验后,对于基本原理的理解,公式中各种参数的来源及使用范围会有更深入的认识。

2. 培养学生从事实验研究的能力

理工科高等院校的毕业生,必须具有一定的实验研究能力。实验研究能力主要包括:为了完成一定的研究课题,具有设计实验方案的能力;进行实验,观察和分析实验现象的能力;正确选择和使用测量仪表的能力;利用实验的原始数据进行数据处理以获得实验结果的能力;运用文字正确表达技术报告的能力。这些能力是进行科学研究的基础,学生只有通过一定数量的基础实验与综合实验练习,经过反复训练才能掌握各种实验能力,通过实验课打下一定的基础,将来参加实际工作就可独立地设计新实验和从事科研与开发。

3. 培养实事求是、尊重科学、严肃认真的学习态度

实验研究是实践创新性很强的工作,对从事实验者的要求很高。化工原理实验要求学生具有一丝不苟的工作作风和严肃认真的工作态度,从实验操作、现象观察到数据处理等各个环节都不能丝毫马虎。如果粗心大意,敷衍了事,轻则实验数据不好,得不出什么结论,重则会造成设备故障甚至人身事故。

总之,实验教学对于学生的培养是不容忽视的,对学生动手和解决问题能力的锻炼是书本无法代替的。化工原理实验教学对于化工专业的学生来说仅仅是工程实践教学的开

始,在高年级的专业实验和毕业论文阶段还要继续提高。

二、化工原理实验的教学要求

化工原理实验对于学生来说是第一次接触到用工程装置进行实验,学生往往感到陌生,无从下手,有的学生又因为是几个同学一组而有依赖心理。为了切实收到教学效果,要求每个学生必须做到以下几点:

1. 准备实验

(1) 阅读实验指导书,弄清本实验的目的与要求。

(2) 根据本次实验的具体任务,研究实验的做法及其理论根据,分析应该测取哪些数据,并估计实验数据的变化规律。

(3) 到现场观看设备流程、主要设备的构造、仪表种类和安装位置,审查这种设备是否合适,了解它们的启动和使用方法(但不要擅自启动,以免损坏仪表设备或发生其他事故)。

(4) 根据实验任务及现场设备情况或实验室可能提供的其他条件,最后确定应该测取的数据。

(5) 拟定实验方案,决定先做什么,后做什么,弄清操作条件。设备的启动程序以及如何调整。

2. 组织实验

本课程的实验一般都是几个人合作完成,因此实验时必须做好组织工作,既有分工,又有合作,才既能保证实验质量,又能获得全面训练。每个实验小组要有一个组长,组长负责实验方案的执行、联络和指挥。实验方案应该在组内讨论,每个组员都应各有专责(包括操作、读取数据及观察现象等),而且要在适当时间进行轮换。

3. 测取实验数据

(1) 凡是影响实验结果或在数据整理过程中所必需的数据都要测取和记录,包括大气条件、环境温度、设备有关尺寸、物料性质、所用试剂及纯度、操作数据等。

(2) 并不是所有数据都要直接测取,凡可以根据某一数据导出或从手册中查出的其他数据,不必直接测定。例如水的黏度、密度等物理性质,一般只要测出水温后即可查出。

4. 读取数据、做好记录

(1) 事先必须拟好记录表格(只负责记某一项数据的,也要列出完整的记录表格),在表格中应记下各项物理量的名称、表示符号和单位。每个学生都应有一个实验记录本,不应随便拿一张纸就记录,要保证数据完整、条理清楚,避免张冠李戴的错误。

(2) 实验时一定要在现象稳定后才开始读数据,条件改变后,要稍等一会儿才能读取数据,这是因为稳定需要一定时间(有的实验甚至要很长时间才能达到稳定),而仪表通常又存在滞后现象。不要条件一改变就测数据,此时记录的数据,结论是不可靠的。

(3) 同一条件下至少要读取两次数据,而且只有当两次读数相接近时才能改变操作条件,以便在另一条件下进行观测。

(4) 每个数据记录后,应该立即复核,以免发生读错或写错数字等现象。

(5) 数据记录必须真实地反映仪表的精确度,一般要记录至仪表上最小分度以下一位数。例如温度计的最小分度为 1°C ,如果当时温度读数为 24.6°C ,这时就不能记为 25°C ,如果刚好是 25°C 整,则应记为 25.0°C ,而不能记为 25°C ,因为存在一个读数精确度的问

题。一般记录数据中末位都是估计数字,如果记录为 25°C ,它表示当时温度可能是 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 则表示当时温度是介乎 $24.9\sim 25.1^{\circ}\text{C}$ 之间,它的误差是 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$;但是,用上述温度计时也不能记为 24.58°C ,因为它超出了所用温度计的精确度。

(6) 记录数据要以当时的实际读数为准,例如规定的水温为 50.0°C ,而读数时实际水温为 50.5°C ,就应该记 50.5°C 。如果数据稳定不变,也应照常记录,不得空下不记;如果漏记了数据,应该留出相应空格。

(7) 实验中如果出现不正常情况,以及数据有明显误差时,应在备注栏中加以注明。

5. 实验过程注意事项

学生在做实验时除了读取数据外,还应做好下列工作:

(1) 进行操作者,必须密切注意仪表指示值的变动,随时调节,务必使整个操作过程都在规定条件下进行,尽量减小实验操作条件和规定操作条件之间的差距。操作人员不要擅离岗位。

(2) 读取数据后,应立即和前次数据相比较,也要和其他有关数据相对照,分析相互关系是否合理。如果发现不合理的情况,应立即同小组成员查找原因,明确是自己知识错误,还是测定的数据有问题,以便及时发现问题,解决问题。

(3) 实验过程中还应注意观察过程现象,特别是发现某些不正常现象时更应抓紧时机,研究产生不正常现象的原因。

6. 整理实验数据

(1) 同一条件下,如有几次比较稳定但稍有波动的数据,应先取其平均值,然后加以整理。不必先逐个整理后取平均值,以节省时间。

(2) 数据整理时应根据有效数字的运算规则,舍弃一些没有意义的数字。一个数据的精确度是由测量仪表本身的精确度所决定的,它绝不会因为计算时位数增加而提高。但是,任意减少位数却是不允许的,因为它降低了应有的精确度。

(3) 数据整理时,如果过程比较复杂,实验数据又多,一般采用列表整理法为宜,同时应将同一项目一次整理。这种整理方法不仅过程简单明了,而且节省时间。

(4) 要求以一次数据为例,把各项计算过程列出,以便检查。

7. 编写实验报告

一份好的实验报告,必须写得简单明白、一目了然,这就要求数据完整,交代清楚,结论明确,有讨论,有分析,得出的公式或线图有明确的使用条件。报告的格式虽然不必强求一致,但一般应包括下列各项:

(1) 报告的题目(要简明确切)。

(2) 写报告人及同组人姓名。

(3) 实验目的和任务。

(4) 实验原理。

(5) 实验设备说明(包括流程示意图和主要设备、仪表的类型及规格)。

(6) 实验数据记录(包括原始数据记录表格和整理后的数据记录表格)。

(7) 数据整理及计算示例,引用其中一组数据(要注明来源),要列出这组数据的计算过程,作为计算示例。

(8) 实验结果要根据实验任务明确提出本次实验的结论,用图示法、经验公式或列表法均可,但都要注明实验条件。

(9) 分析讨论。要对实验结果作出估计,分析误差大小及原因,对实验中发现的问题应进行讨论,对实验方法、实验设备有何改进建议也可写入此栏。

(10) 回答思考题。

实验报告文句力求简明,书写清楚,图表整齐、清楚,插图附在适当的位置,并装订成册。实验报告中应写出姓名、班级、学号、实验时间、指导老师姓名及同组人。应在规定的时间内交给指导老师批阅。实验报告是考核成绩的主要方面,需认真对待。

三、化工原理实验纪律

(1) 准时进入实验室,不得迟到或早退,不得无故缺课。

(2) 遵守纪律,不准喧哗,禁止从事与实验无关的活动。

(3) 对仪器设备在没弄清使用方法前,不得动用。与本实验无关的设备,不得乱摸乱动。

(4) 爱护实验设备,节约水、电、气及实验药品。打开与关闭阀门时,不要用力过大,以免损坏仪器和影响实验进行。实验仪器设备若有损坏应立即报告老师并填写破损报告单,由指导老师审核上报处理。

(5) 保持实验室及设备的整洁。衣服书包等应放在指定地点,不得挂在设备上。

(6) 注意安全及防火。开启电机前,应观察电机及运转部件附近是否有人在工作。合上电闸时,应慎防触电并注意电机运转时有无异常声。注意精馏塔附近不得使用明火。

第二章 实验数据处理

化工原理实验测量多数是间接测量,实验数据处理的一般程序是:首先将直接测量结果按前后顺序列出表格,然后计算中间结果、间接测量结果及其误差;然后将这些结果列成表格;最后按实验要求将结果用图形表示出来,或者用经验公式表示。

一、数据计算

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:管内流体作湍流时, λ 在 $0.02\sim 0.03$,假如计算结果是 0.35 或其他离奇的数值,那肯定是错了。如果是计算错误可以及时改正过来,以免一错到底。

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

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,在运算过程中可保留一或两位不定数字。

二、实验数据标绘

实验数据经计算后,通常需要将结果标绘在坐标纸上,或者得出实验数据的拟合方程式,并判定拟合方程式的有效性。

1. 实验数据的图示(解)法

表示实验中各变量关系最通常的办法是将离散的实验数据标于坐标纸上,然后连成光滑曲线或直线,直观而清晰地表达出各变量的相互关系,分析极值点、转折点、变化率及其他特性,便于比较。还可以根据曲线得出相应的方程式,某些精确的图形还可用于不知数学表达式的情况下进行图解积分和微分。

(1) 坐标纸的选择

化工专业常用的坐标有直角坐标、对数坐标和半对数坐标。

直线关系: $y=a+bx$,选用普通坐标纸;

幂函数关系: $y=ax^b$,则 $\lg y=\lg a+b\lg x$,在对数坐标纸上为一直线,选用对数坐标纸;

指数函数关系: $y=a^{bx}$,选用半对数坐标纸,因 $\lg y$ 与 x 呈直线关系。

此外,某变量最大值与最小值数量级相差很大时,或自变量 x 从零开始逐渐增加的初始阶段, x 少量增加会引起因变量极大变化,均可用对数坐标。

(2) 坐标的分度

坐标分度指每条坐标轴所代表的物理量大小,即选择适当的坐标比例尺。

为了得到良好的图形,在量 x 和 y 的误差 Δx 、 Δy 已知的情况下,比例尺的取法应使实验“点”的边长为 $2\Delta x$ 、 $2\Delta y$,而且使 $2\Delta x=2\Delta y=1\sim 2\text{ mm}$,若 $2\Delta y=2\text{ mm}$,则 y 轴的比例尺 M_y 应为:

$$M_y = \frac{2\text{ mm}}{2\Delta y} = \frac{1}{\Delta y}$$

如已知温度误差 $\Delta T=0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$,则:

$$M_y = \frac{1}{0.05} = 20\text{ mm}/^{\circ}\text{C}$$

那么 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度的坐标为 20 mm 长,若感觉太大,可取 $2\Delta x=2\Delta y=1\text{ mm}$,此时 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度的坐标为 10 mm 长。

2. 图解法求经验公式

把实验数据归纳为经验公式,即一定的函数关系式,可以清楚地表示各变量之间的关系,而且便于用计算机处理。

(1) 直线化方法

如何由实验数据 (y_i, x_i) 得出一定的经验方程式? 通常将实验数据标绘在普通坐标纸上,得一曲线或直线,如果是一直线,则根据初等数学可知:

$$y = a + bx$$

如果不是一直线,也就是说, y 与 x 不是线性关系,则可将实验曲线和典型的函数曲线相对照,选择与实验曲线相似的典型曲线函数形式,然后用直线化方法,对所选函数与实验数据的符合程度加以检验。

(2) 三元函数图解

化工中常见的准数方程式如 $Nu = aRe^b Pr^c$, 就是一个三元函数方程式。在这种情况下,可先令其中一个变量为常数,然后根据上述处理双变量函数的方法,在每一个变量常数下作图,便得到一组直线。

三、实验数据的回归分析法

化工实验中,由于存在实验误差与某种不确定因素的干扰,所得数据往往不能用一根光滑曲线或直线来表达,即实验点随机地分布在一直线或曲线附近,要找出这些实验数据中所包含的规律性即变量之间的定量关系式,而使之尽可能符合实际数据,可用回归分析这一数理统计的方法。

回归分析的数学方法是最小二乘法。它包括一元线性回归(直线拟合)、相关系数及回归显著性检验、多元线性回归、非线性回归等内容。一元与多元回归可编辑程序用计算机处理。请参考有关书籍。

第三章 实验数据的误差分析

由于实验方法和实验设备的不完善、环境的影响、人为观察因素、测量技术限制等,实验观察值和真值之间总是存在一定的差异,在数值上即表现为误差。对测量误差进行估计和分析,对评判实验结果和设计方案具有重要的意义,是应该熟练掌握的内容。

一、真值与平均值

任何一个被测量对象的物理量总具有一定的客观真实值——真值,但真值一般不能直接测出。实验科学给真值下了这样一个定义:无限多次的观察值的平均值,称为真值。由于实验观测的次数是有限的,因此有限次数观测值的平均值只能接近于真值,称为最佳值。实际工作中,一般取高一级的仪器的示值作为真值。

二、绝对误差与相对误差

① 绝对误差:用测量值 x 减去真值 A ,所得余量 Δx 为绝对误差。记为:

$$\Delta x = x - A$$

② 相对误差:衡量某一测量值的准确度的高低,应该用相对误差 δ 来表示。记为:

$$\delta = (\Delta x / x) \times 100\%$$

三、误差的性质及分类

系统误差——指在同一实验条件下,多次测得同一测量值,误差保持恒定,或在条件改变时,按某一确定的规律变化的误差。产生系统误差的原因有:① 仪器设备的误差,如仪表未经校正或标准表本身存在偏差等;例如水银温度计的零位变动偏高了 0.2°C ,用这支温度计进行多次测量,每次都会偏高 0.2°C 。② 周围环境的改变,如外界温度、压力、风速等;③ 实验人员个人的习惯和偏好,如读数的偏高或偏低等引入的误差。系统误差可针对上述诸原因分别改进仪器和实验装置以及提高实验技巧予以清除。系统误差的大小反映了实验数据准确度的高低。

随机误差——指在相同条件下测量同一量时,误差的绝对值时大时小,其符号时正时负,没有确定规律的误差。这类误差产生原因是不易控制的偶然因素所致,因而无法控制和补偿。随机误差在做足够多次数的等精度测量时具有统计规律,所以,多次测量结果的算术平均值将更接近于真值。

过失误差——是一种显然与事实不符的误差。它主要是由于实验人员粗心读错数据,或操作失误等所致。过失误差的观测值在实验数据整理时必须剔除,实验时应避免这类误差的产生。

真值一般是不可测的。但在不存在系统误差的前提下,对某一物理量经过无限多次的

测量,它们的平均值就相当接近于这物理量的真值。由于实验中观测次数是有限的,故有限的观测值的平均值,只能近似于真值,故称这个平均值为最佳值。平均值计算方法的选择,取决于一组观测值的分布类型。在一般情况下,观测值的分布属于正态类型,即正态分布。因此,算术平均值作为最佳值使用最为普遍。

某测量点的误差通常由下面三种形式表示:

(1) 绝对误差 ν

某一观测值与平均值(即最佳值)的差称为绝对误差,通称误差。

$$\nu = X_i - \bar{X}$$

(2) 相对误差 η

为了比较不同被测量的测量精度,引入了相对误差。

$$\eta = \frac{X_i - \bar{X}}{\bar{X}} \times 100\%$$

(3) 算术平均误差 δ

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|$$

(4) 标准误差 σ

当测量次数有限时,常用下式表示:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

式中 n ——观测次数;

X_i ——第 i 次的测量值;

$\bar{X}$ —— n 次测量值的算术平均值。

标准误差的大小说明,在一定条件下等精度测量的数据中每个观测值对其算术平均值的分散程度。如果测的数值小,该测量列数据中相应小的误差占优势,任一单次观测值对其算术平均值的分散程度就小,测量的精度高;反之,精度就低。

显然,实测到数据的精确程度是由系统误差和随机误差的大小来决定的。系统误差愈小,测得数据的精确度愈高;且随机误差愈小,测得数据的精确度也愈高。所以要使实测数据的精确度提高就必须满足系统误差和随机误差均很小的条件。

第四章 化工原理计算机仿真实验

计算机仿真实验教学是当代非常重要的一种辅助教学手段,它形象生动且快速灵活,集知识掌握和能力培养于一体,是提高实验教学效果的一项十分有力的措施。

一、仿真实验的组成

本套软件系统包括 10 个单元仿真实验:

实验一 流体阻力仿真实验

实验二 离心泵特性仿真实验

实验三 流量计校核仿真实验

实验四 过滤常数仿真实验

实验五 传热系数仿真实验

实验六 吸收系数仿真实验

实验七 塔板效率仿真实验

实验八 精馏塔操作仿真实验

实验九 萃取系数仿真实验

实验十 干燥曲线仿真实验

二、仿真软件操作的一般规则

双击教学软件文件夹中的“化工原理仿真实验”图标进入高等学校化工原理实验 CAI 系统,界面如图 4-0-1 所示。

根据指导老师要求选择相应的内容进行操作。

1. 仿真运行操作

双击 CAI 系统界面上要做的仿真实验,屏幕显示流程图,并且在屏幕下部显示操作菜单,根据化工原理实验操作程序的要求,选择操作菜单提示的各项控制点依次进行操作。每项控制点选定后按 $\uparrow$ 或者 $\downarrow$ 键进行开、关或量的调节。每完成一项操作按回车键又回到主菜单。

当需要记录数据时,点确定按钮自动将当前状态的数据记录下来并存入硬盘中,以便数据处理时调用。

2. 数据处理操作

实验结束后,点数据处理按钮,进入数据处理环境界面,点显示结果按钮可查看数据处理结果、曲线及其回归方程式。



图 4-0-1 化工原理实验 CAI 系统界面图

实验一 流体阻力仿真实验

本实验内容有两项：一是测定塑料管的摩擦系数与雷诺准数的关系；二是测定钢管的摩擦系数与雷诺准数的关系，参看仿真流程图 4-1-1。

一、常规操作

进入仿真软件目录下，点击流体阻力图标，屏幕出现实验流程图，如图 4-1-1 所示。

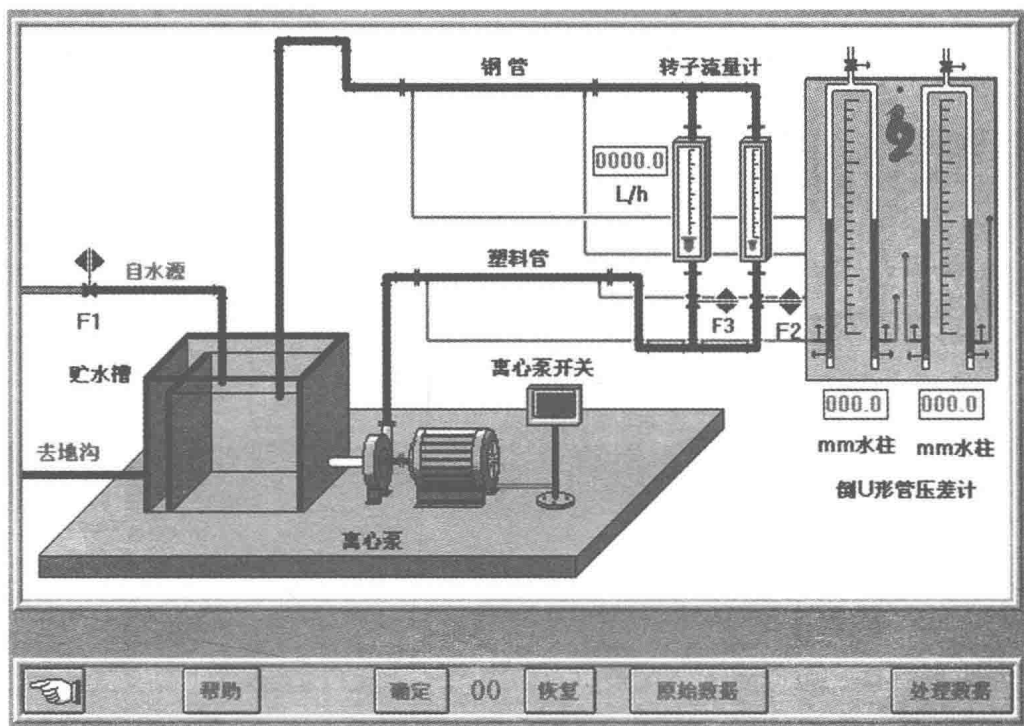


图 4-1-1 流体阻力仿真实验界面图

图形下方帮助菜单中有实验原理和实验方法等说明，按操作步骤进行操作。每完成一项操作按回车键可回到帮助菜单。

二、仿真实验步骤

- (1) 打开 F1 阀给贮水槽加水，水满后关闭 F1 阀，溢流的水排至地沟。
- (2) 按离心泵开关启动水泵，按钮由绿色变成红色。
- (3) 打开泵排水阀 F2 和 F3 至某一值。
- (4) 按确定键读取第一组数据(包括管路流量和两个压差计的读数)。