

HUAGONG YUANLI SHIYAN

化工原理实验

● 周立清 邓淑华 陈兰英 编



华南理工大学出版社

化工原理实验

周立清 邓淑华 陈兰英 编

华南理工大学出版社

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

化工原理实验/周立清, 邓淑华, 陈兰英编. —广州: 华南理工大学出版社, 2010. 8

ISBN 978 - 7 - 5623 - 3092 - 9

I. ①化… II. ①周… ②邓… ③陈… III. ①化工原理—实验—高等学校—教材 IV. ①TQ02 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 135246 号

总发行: 华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020 - 87113487 87110964 87111048(传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn

<http://www.scutpress.com.cn>

责任编辑: 欧建岸

印刷者: 惠州市海天印刷有限公司

开本: 787mm × 960mm 1/16 印张: 9.25 字数: 182 千

版次: 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 2000 册

定价: 20.00 元

版权所有 盗版必究

前 言

化工原理是研究化工生产过程中各单元操作的工程学科。它紧密联系实际，是石油、化工、轻工等专业学生必修的一门专业基础课程。其教学目的是使学生学会用自然科学的原理考察、解释和处理工程实际问题。实验是教学中的一个重要的实践环节。通过实验，学生不但巩固了所学过的理论知识，而且还能在实验中增长不少新的知识，受到系统的、严格的工程实验训练，因而提高了动手能力和分析、解决问题的能力。迄今为止，面对生动而复杂的化工生产过程中的各种现象，还不能只靠几个假定和定理，或者是演绎推导的方法就能得到应用的理论。因此，不论是工程的可行性研究、新技术的开发和应用，或是工程设计的依据，往往都有赖于以实验为基础的经验或半经验公式，或者直接取用实验放大的数据。这就是为什么要求学生必须掌握实验技能的原因，教师和学生都要把这一点作为衡量教学质量的一个重要方面。

本书内容共分五章，着重介绍了实验原理、实验装置和实验方法，简要介绍了数据的处理及常用仪表的测量方法和计算机在化工中的应用。

目 录

绪 论	(1)
一、化工原理实验的重要性	(1)
二、化工原理实验的特点	(2)
三、化工原理实验教学的基本要求	(3)
四、做好实验的基本要求	(4)
五、怎样编写实验报告	(5)
六、关于综合型、设计型实验	(6)
第一章 实验基础知识	(7)
第一节 实验误差分析及数据处理	(7)
一、有效数字的概念	(7)
二、实验数据的处理	(8)
第二节 实验设计	(10)
一、实验设计	(10)
二、实验数据整理方法	(11)
第三节 流程设计	(11)
一、流程设计的内容	(12)
二、化工实验流程设计步骤	(12)
三、实验流程图的基本要求	(12)
第二章 实验内容	(14)
实验一 流体流动阻力系数测定	(14)
一、实验目的	(14)
二、实验任务	(14)
三、基本原理	(14)
四、实验装置与流程	(16)
五、实验步骤及注意事项	(18)
六、实验记录表和数据结果表	(19)
七、实验报告	(20)
八、思考题	(20)
实验二 离心泵特性曲线测定	(21)
一、实验目的	(21)
二、实验任务	(21)

三、基本原理	(21)
四、实验装置与流程	(23)
五、实验步骤及注意事项	(24)
六、实验记录与结果表	(25)
七、实验报告	(26)
八、思考题	(26)
实验三 离心泵计算机数据采集与过程控制	(27)
一、实验目的	(27)
二、实验任务	(27)
三、基本原理	(27)
四、实验装置	(28)
五、实验步骤及注意事项	(28)
六、实验报告	(30)
七、思考题	(30)
实验四 恒压过滤常数测定	(31)
一、实验目的	(31)
二、实验内容	(31)
三、基本原理	(31)
四、实验装置与流程	(33)
五、实验步骤及注意事项	(34)
六、实验记录与结果表	(35)
七、实验报告	(36)
八、思考题	(37)
实验五 对流传热系数测定	(38)
一、实验目的	(38)
二、实验任务	(38)
三、基本原理	(38)
四、实验装置与流程	(41)
五、实验步骤与注意事项	(42)
六、实验记录与结果表	(43)
七、实验报告	(44)
八、思考题	(44)
实验六 筛板精馏塔理论板层数及塔效率的测定	(45)
一、实验目的	(45)
二、实验内容	(45)

三、基本原理	(45)
四、实验装置与流程	(47)
五、实验步骤与注意事项	(47)
六、实验记录与结果表	(50)
七、思考题	(50)
实验七 综合性实验——填料塔吸收与解吸总传质系数测定及在线分析	(51)
一、实验目的	(51)
二、实验内容	(51)
三、基本原理	(51)
四、实验装置与流程	(53)
五、实验步骤与注意事项	(55)
二氧化碳液相浓度的分析方法——气敏电极分析法	(57)
六、实验记录与结果表	(59)
七、实验报告	(60)
八、思考题	(60)
实验八 计算机控制与在线数据采集综合性实验——干燥曲线与速率曲线的测定	(61)
一、实验目的	(61)
二、实验内容	(61)
三、基本原理	(61)
四、实验装置与流程	(62)
五、实验步骤与注意事项	(64)
六、实验记录与结果表	(66)
七、实验报告	(67)
八、思考题	(68)
实验九 综合设计型工程实验——酒精分离工艺过程操作与控制优化	(69)
一、实验目的	(69)
二、实验内容	(69)
三、生产指标	(69)
四、经济指标	(69)
五、现场设备条件	(70)
六、实验前要求：通过查找资料提交实验设计方案	(70)
七、实验报告要求	(70)
八、实验过程中应注意的问题	(71)
九、思考题	(71)

第三章 演示实验	(72)
实验一 雷诺实验	(72)
一、实验目的	(72)
二、实验任务	(72)
三、实验装置	(72)
四、操作步骤	(72)
五、思考题	(73)
实验二 柏努利方程实验	(74)
一、实验目的	(74)
二、实验任务	(74)
三、实验装置	(74)
四、操作步骤	(75)
五、思考题	(75)
实验三 自循环流体流动实验	(76)
一、实验目的	(76)
二、基本原理	(76)
三、实验装置	(76)
四、实验步骤及注意事项	(77)
五、实验演示内容及指导	(77)
六、注意问题	(82)
实验四 浮阀塔流体力学性能实验	(83)
一、实验目的	(83)
二、实验任务	(83)
三、实验装置	(83)
四、操作步骤	(83)
五、思考题	(83)
第四章 仿真实验	(85)
一、仿真软件的组成	(85)
二、仿真软件操作	(85)
三、仿真实验项目的安排	(86)
四、仿真实验的要求	(86)
实验一 离心泵仿真实验	(88)
一、常规操作和操作代码	(88)
二、仿真实验步骤	(88)
三、实验数据处理操作	(89)

四、实验知识测评	(90)
五、实验测试题	(91)
实验二 管道阻力仿真实验	(93)
一、常规操作和操作代码	(93)
二、仿真实验步骤	(93)
三、实验数据处理操作	(94)
四、实验知识测评	(95)
五、实验测试题	(95)
实验三 传热仿真实验	(98)
一、常规操作和操作代码	(98)
二、仿真实验步骤	(98)
三、实验数据处理操作	(99)
四、实验知识测评操作	(100)
五、实验测试题	(100)
实验四 精馏仿真实验	(103)
一、常规操作和操作代码	(103)
二、仿真实验步骤	(103)
三、实验数据处理操作	(104)
四、实验知识测评操作	(105)
五、实验测试题	(105)
实验五 吸收仿真实验	(108)
一、常规操作和操作代码	(108)
二、仿真实验步骤	(108)
三、实验数据处理操作	(109)
四、实验知识测评操作	(110)
五、实验测试题	(110)
实验六 干燥仿真实验	(113)
一、常规操作和操作代码	(113)
二、仿真实验步骤	(113)
三、实验数据处理操作	(114)
四、实验知识测评操作	(115)
五、实验测试题	(116)
第五章 实验数据处理软件	(118)
一、概述	(118)
二、数据处理软件的使用	(118)

附 录	(128)
常用数据	(128)
一、常用二元物系的气液平衡组成	(128)
二、乙醇溶液的物理常数	(129)
三、酒精计示值与体积的换算	(131)
四、乙醇溶液的物理常数	(136)
参考文献	(137)

绪 论

化工原理实验是化工原理课程中十分重要的实践教学环节。其目的是加深学生理解化工单元操作的基本原理，熟悉和掌握各单元操作设备的工作原理、特性以及使用方法，熟悉和掌握常见的化工仪表的工作原理和使用方法，在实验中培养学生分析和解决化工过程中工程问题的能力，加强动手能力训练，培养和提高实验技能。

一、化工原理实验的重要性

化工原理实验课程属于工程实验范畴，其与前置实验课程不同的是，它具有工程的特点，每个单元操作实验相当于化工生产中的一个基本过程，通过它能建立起一定的工程概念。同时，随着实验的进行，会遇到很多工程实际问题，对工科学生来说既可以在做实验的过程中更实际、更有效地学习和掌握更多工程实验方面的原理与测试手段，又可以理解复杂的真实设备与工艺过程同描述这一过程的数学模型之间的关系，还可以认识到对于一个看似复杂的过程，如何用最基本的原理来解释和描述。

1. 实验方法和技能训练

化工原理实验不仅能验证化工原理的基本理论，而且能加深对课堂教学内容的理解，更为重要的还在于对未来的科技工作者进行实验方法、实验技能的基本训练，培养学生独立组织和完成实验的能力，以及严肃认真的工作作风和实事求是的科学态度，为将来从事科学研究和解决工程实际问题打下基础。

2. 工程能力训练

首先，本课程的目的是培养学生在单元实验中，不仅了解单元操作和设备的组成、工艺流程，而且更主要的是通过实验现象和数据找出工程实际问题的主要实质，提出问题并找到解决问题的办法。为了在工程训练中培养学生必备的素质和工程观点，在教学中应经常提出一些相关的问题让学生去思考。

其次，深化实验目的，帮助学生养成思考的习惯，培养学生掌握实验技能以解决实际问题的能力。

3. 指导实际生产

化工原理单元操作与工业生产过程紧密相连，单元实验过程实际上是工业生产中某一生产工序的一个缩影。在实验中熟悉和掌握单元操作的原理、设备特性，并对实验中的现象和数据进行分析，可从中总结出一定的规律，把学到的理论和实践应用于生产实际中。

二、化工原理实验的特点

1. 工程实验

工程实验不同于基础课程实验，基础课程实验采用的方法是理论的、严密的，处理的对象通常是简单的、基本的甚至是理想的，而工程实验面对的是复杂的实际问题和工程问题。对象不同，实验研究方法也必然不相同。工程实验的困难在于变量多，涉及的物料千变万化，设备大小悬殊，困难可想而知。数学模型法和因次分析法是研究工程问题的两种基本方法，这两种方法可以使实验研究结果由小见大、由此及彼地应用于大设备的生产设计上。如，在因次分析法指导下实验，可不需要对过程深入理解，不需要采用真实物料、流体或实际的设备尺寸，只需要借助模拟物料（如空气、水等）在实验室规模的设备中，经一些预备性的实验或理性推断得出影响过程的因素，从而加以归纳和概括成经验方程。数学模型法是在对过程有充分认识的基础上，将过程作高度概括，得到简单而不失真的物理模型，然后给予数学描述。这种方法同样具备以小见大、由此及彼的功能。

2. 设备组成复杂

化工单元操作由许多单元过程和设备组成，每一个单元操作实际上是生产中的一部分，实验所涉及的因素（如变量多、设备特性、过程因素复杂等）也多。因此，在实验中应熟悉实验原理，了解设备的特性，运用所学理论指导并独立完成化工单元操作，从而完成指定的实验任务。

3. 团队实验

化工原理实验装置比较庞大，实验的测控点多，必须由几个人共同合作完成，实际上是团队实验。若一个人做实验，实验时可能顾此失彼。由此可见化工原理实验的特殊性。所以，实验时要做到既有分工，又有合作，既要保证实验质量，每一位成员又要尽可能获得全面训练，这就要求团队成员在实验过程中要有一定的组织能力、责任心和协作精神，才能有条不紊地完成实验任务。

三、化工原理实验教学的基本要求

1. 学会和掌握处理工程问题的方法

化工原理实验始终贯穿于处理工程问题的实验研究这一主线，在实验中要求学会观察现象、分析问题和处理工程实际问题。所以正确掌握并灵活应用实验方法，对培养学生的工程实践能力和过程开发能力是很有帮助的。

2. 熟悉数据的基本测试和仪表的选型和使用

实验中的数据包括物性参数（密度、粘度、比热容等）、操作参数（温度、流量、压力、浓度等）、设备结构参数（管长、管径等）、设备性能参数（阻力系数、传热系数、传质系数、功率、效率等）数据。在这些参数中，物性数据可从文献或手册中查取，操作参数则必须通过实验过程用相应仪表测取。因此，学生必须熟悉化工常用测取技术和仪表的使用方法。

3. 熟悉与掌握化工典型单元设备的操作

化工原理实验中各单元装置的基本结构和操作原理，是与化工生产过程中的装置相同的。因此，实验中出现的问题和处理问题的方法，也可以应用于实际的化工生产中，因此学生应重视实验设备的操作。通过实际操作了解有关影响过程参数和装置的特性，并能根据实验现象调整操作参数，根据实验结果预测某些参数的变化对设备性能的影响。

4. 掌握实验规则和流程设计的方法

正确地规划实验方案对实验的顺利进行并取得成功是很重要的。通过学习实验理论和实验规划设计，从而正确地制订详细可行的实验方案，才能正确设计实验流程，确定测试点和控制点。

5. 熟悉与掌握实验数据的处理方法

化工原理各单元实验的结果不能从实验测取的数据中直接得出，必须通过数据处理才能得出。因此，在实验时要认真观察和分析实验现象，以严肃的科学态度做好原始数据的记录，要熟悉、掌握实验数据的处理方法，要学会用有关的理论知识分析和解释现象，同时根据实验结果总结其特点和规律。

6. 熟悉和掌握流程设计

实验流程图是单元实验装置的综合表现，熟悉和掌握流程设计是完成实验的关

键。只有熟悉和掌握流程，才能熟悉整个实验设备和测控点，以及正确完成实验的操作过程。

四、做好实验的基本要求

学生必须经历预习——仿真实验——写出预习报告——实验操作——数据处理——实验报告这些学习步骤。

1. 实验前的准备

实验开始前首先要考虑如下问题：为完成实验所提出的任务采用什么样的装置，选用什么物系，流程应怎样安排，读取哪些数据，应该如何布点等。如果实验装置已经确定，实验开始前要弄清装置的原理和构造，看清流程，了解启动和使用方法（注意：未经指导教师许可，不要擅自开动！），还要考虑实验要如何布点，如何读取实验数据，并设计好记录数据的表格，预测可能出现的故障及其解决的办法。

2. 计算机模拟仿真

为了提高学生素质能力，提高实验教学质量，化工原理实验采用仿真实验和实验操作相结合的教学方法。

仿真实验是让学生在计算机上做模拟实验，通过模拟实验，熟悉实验装置的组成、性能、实验操作步骤和注意事项，思考并回答有关问题，从而强化学生对基础理论的理解。仿真实验要求学生正确使用设备，仔细观察现象，了解实验过程的细节（如实验操作步骤、实验点的布置）和实验结果，为进行实验操作奠定一定的基础。

3. 实验时读取数据应注意的问题

(1) 凡是影响实验结果或者数据整理过程中所必需的数据都必须测取。如大气条件、设备有关尺寸、物料性质及操作数据等。

(2) 凡可以根据某一数据导出或从手册中查取的其他数据，就不必直接测定。例如：水的粘度、密度等物理性质，一般只要测出水温即可查出，不必直接测定。

(3) 实验时一定要在现象稳定后才开始读取数据。条件改变后，要稍等一会，待达到稳定后方可读数。

(4) 同一条件下，至少要读取两次数据（研究不稳定过程除外）。在两次数据相近时，方可改变操作条件。每个数据在记录后都必须复核，以防读错或记错。

(5) 根据仪表的精确度正确地读取有效数字。必须记录仪表显示的数据，而不是通过换算或演算以后的数据。读取的数据必须真实地反映客观实际，即使已经发现是不合理的数据，也要如实地记录下来，待讨论实验结果时进行分析讨论。

4. 实验过程中的各项工作

(1) 操作者必须密切注意仪表指示值的变动, 随时调节, 务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。操作人员不要擅自离开岗位。

(2) 读取数据以后, 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, 应该立即同小组同学研究原因, 确定是自己认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各种现象, 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。

(4) 由于化工原理实验是团队实验, 实验中要精心组织, 团结协作, 要有责任感和合作精神。

五、怎样编写实验报告

实验报告是实验工作的总结, 撰写报告是对学生综合能力的训练。因此, 学生应独立完成实验报告的编写工作。

实验报告要求文字简明, 说理充分, 条理清晰, 计算正确, 图表规范, 而且有分析讨论。报告应包括以下内容:

- (1) 实验题目;
- (2) 报告人及其合作者的姓名;
- (3) 实验任务;
- (4) 实验原理;
- (5) 实验流程设计;
- (6) 简要的实验操作步骤;
- (7) 原始记录数据;
- (8) 实验数据处理 (列出其中一组数据的计算示例), 对从资料查获的数据要注明来源;
- (9) 整理后将实验数据列成表格 (表格规范, 要求采用三线表);
- (10) 实验结果, 并用图线或用关系式标出;
- (11) 结果分析与讨论;
- (12) 实验总结等。

六、关于综合型、设计型实验

综合型、设计型实验属于“提高型”实验，旨在加强学生综合知识的应用、独立动手能力、分析和解决工程问题能力的培养而安排的实验。

综合型实验主要根据知识点的要求、仪器仪表的使用及实验的分析方法等过程，要求学生运用综合知识去完成实验。

设计型实验由学生设定实验流程和确定操作参数，在规定的时间内达到完成实验产量和质量的指标要求，最后尚需作初步的经济核算。

学生在全程实验课中必须完成至少一个综合型和设计型实验。在综合型实验和设计型实验的报告中必须有实验体会和收获部分内容。

第一章 实验基础知识

第一节 实验误差分析及数据处理

一、有效数字的概念

在测量和实验的数据处理中，应该用几位数字来表示测量和实验结果是一个很重要的问题。那种认为小数点后面的数字越多越准确，或者是运算结果保留的位数越多越准确的想法是错误的。测量值所取的位数，应正确反映所用的仪器和测量的方法可以达到的精度。

记录测量数值时，一般只应也只能保留一位估计数字。例如：微压计的读数为125.7mm H₂O，前三位数字125是准确知道的，0.7是估计读出的。为了能清楚地表示出数据的准确度和便于运算，可将读取的数据写成指数的形式。在第一位有效数字后加小数点，而其数值数量级则由10的幂次方来确定。比如刚才读的125.7mm H₂O，可记为 1.257×10^2 mm H₂O，它表示其有效安全数字为4位。这时即使有效安全数字末位为零，也要记取。例如：微压计读数恰为125.0mm H₂O，可记为 1.250×10^2 mm H₂O。

如果是非直接测量值，即必须通过中间运算才得到结果的数据，可按有效数字的运算规则进行处理。

(1) 加法运算：在各数中，以小数位数最少的数为准，其余各数均凑成比该数多一位。

$$\begin{aligned} \text{例 1} \quad & 60.4 + 2.02 + 0.222 + 0.0467 \\ & 60.4 + 2.02 + 0.22 + 0.05 = 62.69 \end{aligned}$$

(2) 减法运算：当相减的数差得较远时，有效数字的处理与加法相同；但如果相减的数非常接近，这样相减则可能失去若干有效数字，因此除了保留应该保留的有效数字外，应对记数方法或测量方法加以改进，使之不出现两个相接近的数相减的情况。

(3) 乘除法运算：在各数中，以有效数字位数最少的数为准，其余各数及积