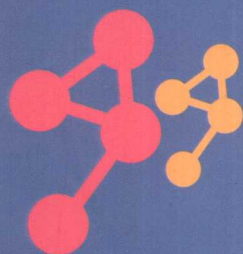


HUAXUE ZONGHE SHEJI SHIYAN (XUBIAN)

化学综合设计 实验

续编

吴燕红 武海波 王文蜀 编著



中央民族大学出版社
China Minzu University Press

HUAXUE ZONGHE SHEJI SHIYAN (XUBIAN)

化学综合设计 实验 续编

吴燕红 武海波 王文蜀 编著



中央民族大学出版社
China Minzu University Press

图书在版编目(CIP)数据

化学综合设计实验(续编)/吴燕红,武海波,王文蜀编著.

—北京:中央民族大学出版社,2018.3

ISBN 978-7-5660-1438-2

I. ①化… II. ①吴… ②武… ③王… III. ①化学实验—
高等学校—教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 243516 号

化学综合设计实验(续编)

编著者 吴燕红 武海波 王文蜀

责任编辑 李苏幸

封面设计 舒刚卫

出版者 中央民族大学出版社

北京市海淀区中关村南大街 27 号 邮编:100081

电话:68472815(发行部) 传真:68933757(发行部)

68932218(总编室) 68932447(办公室)

发行者 全国各地新华书店

印刷厂 北京盛华达印刷有限公司

开本 787×1092(毫米) 1/16 印张:13

字数 210 千字

版次 2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5660-1438-2

定价 56.00 元

版权所有 翻印必究

目 录

第一篇 绪 论	(1)
一、化工原理实验的教学目的	(1)
二、化工原理实验的教学内容	(2)
三、化工原理实验的基本要求	(2)
四、化工原理实验课程的研究方法	(9)
五、实验数据处理	(15)
六、化工原理实验注意事项	(35)
七、正交试验设计方法	(38)
第二篇 化工原理实验	(50)
实验一 离心泵性能曲线测定	(50)
一、实验目的与要求	(50)
二、实验原理	(50)
三、实验流程与设备参数	(51)
四、实验操作	(52)
五、实验数据记录与处理	(54)
实验二 流体阻力实验	(55)
一、实验目的与要求	(55)
二、实验原理	(55)
三、实验流程与设备参数	(57)
四、实验操作	(57)
五、实验数据记录与处理	(60)
实验三 流体综合实验	(61)
一、实验目的与要求	(61)

二、实验原理	(61)
三、实验流程与设备参数	(63)
四、实验操作	(66)
五、注意事项	(67)
六、实验数据记录与处理	(68)
实验四 传热实验 (计算机模拟)	(76)
一、实验目的与要求	(76)
二、实验原理	(76)
三、实验流程与设备参数	(78)
四、实验操作	(79)
五、实验数据记录与处理	(81)
实验五 传热实验 (实物操作)	(82)
一、实验目的与要求	(82)
二、实验原理	(82)
三、实验流程与设备参数	(83)
四、实验操作	(86)
五、实验数据记录与处理	(88)
六、注意事项	(89)
七、数据计算过程示例	(89)
实验六 精馏实验 (计算机模拟)	(92)
一、实验目的与要求	(92)
二、实验原理	(92)
三、实验流程及设备参数	(93)
四、实验操作	(95)
五、实验数据记录与处理	(99)
实验七 精馏实验 (实物操作)	(99)
一、实验目的与要求	(99)
二、实验原理	(100)
三、实验设备及主要参数	(100)
四、实验操作	(104)
五、实验数据记录与处理	(106)

实验八 干燥实验 (计算机模拟)	(109)
一、实验目的与要求	(109)
二、实验原理	(109)
三、实验流程与设备参数	(113)
四、实验操作	(114)
五、实验数据记录与处理	(116)
实验九 干燥实验 (实物操作)	(117)
一、实验目的与要求	(117)
二、实验原理	(117)
三、实验流程与设备参数	(119)
四、实验操作	(121)
五、实验数据记录与处理	(123)
附仪表参数	(127)
第三篇 精细化工实验	(129)
实验十 聚醋酸乙烯乳胶涂料的配制	(129)
一、实验目的与要求	(129)
二、实验原理	(129)
三、仪器和药品	(130)
四、实验内容	(131)
五、注意事项	(132)
六、思考题	(133)
实验十一 聚丙烯酸酯乳胶涂料的配制	(135)
一、实验目的与要求	(135)
二、实验原理	(136)
三、主要仪器和药品	(139)
四、实验内容	(139)
五、注意事项	(141)
六、思考题	(141)
实验十二 化学卷发液的配制及测定	(142)
一、实验目的与要求	(142)
二、实验原理	(142)

三、主要仪器和药品	(145)
四、实验内容	(145)
五、注意事项	(147)
六、思考题	(147)
实验十三 山尖子中具有杀虫活性物质的发现及动态分析	(147)
一、实验目的与要求	(147)
二、实验原理	(148)
三、实验试剂、材料和仪器	(151)
四、实验操作	(151)
五、实验注意事项	(155)
六、思考题	(156)
实验十四 植物总黄酮的提取分离	(156)
一、实验目的与要求	(156)
二、实验原理	(156)
三、实验仪器和材料	(157)
四、实验操作	(158)
五、实验注意事项	(159)
六、思考题	(160)
第四篇 附 录	(161)
附录一 化工设备常用管子、管件、阀门及其说明	(161)
附录二 化工实验常用测量仪器	(166)
附录三 相关系数检验表	(179)
附录四 F 分布数值表	(180)
附录五 常用正交表	(185)
参考文献	(195)

第一篇 绪 论

一、化工原理实验的教学目的

化工原理是化学、制药、环境、生物工程等专业学生必修的一门专业基础课程。它主要研究生产过程中各种单元操作的规律，并利用这些规律解决实际生产中的过程问题，是一门实践性很强的专业基础课程。化工原理实验与化工原理理论课教学以及课程设计等内容构成一个有机的整体，是学习、掌握和运用化工原理必不可少的重要环节。

化工原理实验属于工程实验范畴，与一般化学实验相比，主要区别在于其工程特点及实验规模。由于工程实验是一项技术工作，它本身就是一门重要的技术学科，有自己的特点和体系。为了切实加强实验教学环节，我们将实验课单独设课。

通过化工原理实验教学不仅使学生巩固了对化工原理的理解，更重要的是对学生进行了系统和严格的工程实验训练，培养学生对实验现象敏锐的观察能力、运用各种实验手段正确获取实验数据的能力、归纳实验现象和分析实验数据的能力、由实验数据和实验现象得出结论并提出自己见解的能力，增强学生的创新意识，使学生具备分析与解决工程实际问题的能力。

通过化工原理实验教学，我们力求达到以下教学目的：

1. 巩固和深化理论知识

在学习化工原理课程的基础上，进一步理解一些比较典型的已被或将被广泛应用的化工过程与设备的原理和操作，巩固和深化化工原理的理论知识。

2. 提供一个理论联系实际的机会

用所学的化工原理等理论知识去解决实验中遇到的各种实际问题，同

时学习在化工领域内如何通过实验获得新的知识和信息。

3. 培养学生从事科学实验的能力

- (1) 为了完成某一研究课程,设计实验方案的能力。
- (2) 进行实验,观察和分析实验现象以及解决实验问题的能力。
- (3) 正确选择和使用测量仪表的能力。
- (4) 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。
- (5) 运用文字表达技术报告的能力等。

学生只有通过一定数量的实验训练,才能掌握各种实验技能,为将来从事科学研究和解决工程实际问题打好坚实的基础。

4. 培养科学的思维方法、严谨的科学态度和良好的科学作风

通过误差分析及数据整理,使学生严肃对待参数测量、取样等各个环节,注意观察实验中的各种现象,运用所学的理论分析实验装置结构、操作等对测量结果的影响,严格遵守操作规程,集中精力进行观察、记录和思考。掌握数据处理方法,分析和归纳实验数据,实事求是地得出实验结论,通过与理论比较,提出自己的见解,分析误差的性质和影响程度,从而培养学生严肃认真的学习态度和实事求是的研究态度。

总之,化工原理实验教学的目的是着重于对实践能力和解决实际问题能力的培养,这种能力的培养是课堂教学所无法替代的。

二、化工原理实验的教学内容

根据化工原理实验的特点及教学条件,实验课程分为三个方面的内容:

1. 实验理论教学

主要讲述化工原理实验教学的目的、要求和方法;化工原理实验的特点;化工原理实验的研究方法;实验数据的处理方法;与化工原理实验有关的计算机数据采集与控制的基本知识等。

2. 计算机仿真实验

包括仿真运行、数据处理和实验测评三部分。

3. 典型单元操作实验

在相应的实验教学设备上进行操作,观察现象,获取数据。

三、化工原理实验的基本要求

化工原理实验课程是由若干教学环节组成的,即实验理论课、撰写预

习报告、实验前提问、实验操作、撰写实验研究报告和实验考核。实验理论课主要阐明实验基本原理、流程设计、测试技术及仪表的选择和使用方法,典型化工设备的操作,实验操作要点和数据处理注意事项等内容。实验前提问是为了检查学生对实验内容的准备程度。实验操作是整个实验教学中最重要的环节,要求学生在该过程中能正确操作,认真观察实验现象,准确记录实验数据。实验研究报告应独立完成,并按照标准的科研报告形式撰写。

由于化工原理实验是用工程装置进行实验,学生第一次接触常感到陌生而无从下手。同时是几个人一组完成一个实验操作,如果在操作中互相配合不好,将直接影响实验结果。实验课不是单纯进行实验“操作”,化工原理实验课的全过程应该包括:实验前的准备(实验预习)、进行实验操作、记录和处理实验数据及撰写实验报告4个主要环节。

1. 实验前预习

要完成好每个实验,就必须认真做好实验课前预习工作。化工实验的装置流程较为复杂,课前预习尤为重要。具体要求如下:

(1) 认真阅读实验教材,复习课程教材以及参考书的有关内容,清楚地掌握实验项目的要求,实验所依据的原理,实验步骤及所需测量的参数。熟悉实验所用测量仪表的使用方法,掌握其操作和安全注意事项。初步拟定实验方案,决定先做什么,后做什么,操作条件如何?设备的启动程序怎样?如何调整?实验中数据点如何分配?何处实验数据应密集些,何处可间距大些?应试图对每个实验提出问题,带着问题预习。

(2) 到实验室现场对照具体实验装置熟悉设备装置的结构和流程、仪表种类及安装位置,了解使用方法,对某些精密测试仪器必须仔细阅读该仪器的使用说明,掌握其操作规程和安全注意事项。明确测试点和控制点的位置,确定操作程序、所测参数单位及所测数据点如何分布等。

(3) 利用CAI计算机辅助教学手段,让学生进行计算机仿真练习。通过计算机仿真练习,熟悉各个实验装置的组成、性能、实验操作步骤和注意事项,思考并回答有关问题,强化对基础理论和实验过程的理解,以增强实验效果。

(4) 学生在预习和仿真练习的基础上写出实验预习报告。预习报告的内容应包括实验目的、原理、流程、操作步骤和实验操作要点及注意事

项,设计实验数据的布点,准备好实验基本参数和原始数据记录表格,并标明各参数的单位。

(5) 特别要考虑一下设备的哪些部分或操作中哪个步骤会产生危险,如何防护,以保证实验过程中的人身和设备安全。不预习者不准做实验。

(6) 化工原理实验一般都是几个人合作的,因此实验前必须预先组织好实验小组,实验方案应在实验小组讨论,并预先做好分工,注意协同合作,这样既能保证实验质量,又能获得全面训练。

2. 实验操作

一般以3—4人为一小组合作进行实验,实验前必须做好组织工作,做到既分工又合作,每个组员要各负其责,并且要在适当的时候进行工作轮换,这样既能保证质量,又能获得全面的训练。

3. 实验数据的测定、记录和处理

(1) 确定要测定哪些数据

凡是与实验结果有关或是整理数据时必需的参数都应一一测定。原始数据记录表的设计应在实验前完成。原始数据应包括工作介质性质、操作条件、设备几何尺寸及大气条件等。并不是所有数据都要直接测定,凡是可以根据某一参数推导出或根据某一参数由手册查出的数据,就不必直接测定。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,因此不必直接测定水的黏度、密度,而应该改测水的温度。

(2) 实验数据的分割

一般来说,实验时要测的数据尽管有许多个,但常常选择其中一个数据作为自变量来控制,而把其他受其影响或控制的随之而变的数据作为因变量,如离心泵特性曲线就把流量选择为自变量,而把其他同流量有关的扬程、轴功率、效率等作为因变量。实验结果又往往要把这些所测的数据标绘在各种坐标系上,为了使所测数据在坐标上得到分布均匀的曲线,这里就涉及实验数据均匀分割的问题。化工原理实验最常用的有两种坐标:直角坐标和双对数坐标,坐标不同所采用的分割方法也不同。其分割值 x 与实验预定的测定次数 n 以及最大、最小的控制量 $x_{\max}$ 、 $x_{\min}$ 之间的关系如下:

①对于直角坐标系

$$x_i = x_{\min} \quad \Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n - 1} \quad x_{i+1} = x_i + \Delta x$$

②对于双对数坐标系

$$x_i = x_{\min} \quad \lg \Delta x = \frac{\lg x_{\max} - \lg x_{\min}}{n - 1}$$

$$\therefore \Delta x = \left(\frac{x_{\max}}{x_{\min}} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad x_{i+1} = x_i \cdot \Delta x$$

(3) 读数与记录

①待设备各部分运转正常，操作稳定后才能读取数据，如何判断是否已达稳定？一般是经两次测定其读数应相同或十分相近。当变更操作条件后各项参数达到稳定需要一定的时间，因此也要待其稳定后方可读数，否则易造成实验结果无规律甚至反常。

②同一操作条件下，不同数据最好是数人同时读取，若操作者同时兼读几个数据时，应尽可能动作敏捷。

③每次读数都应与其他有关数据及前一点数据对照，看看相互关系是否合理？如不合理应查找原因，是现象反常还是读错了数据？并要在记录上注明。

④所记录的数据应是直接读取的原始数值，不要经过运算后记录，例如秒表读数 1 分 23 秒，应记为 1'23"，不要记为 83"。

⑤读取数据必须充分利用仪表的精度，读至仪表最小分度以下一位数，这个数应为估计值。如水银温度计最小分度为 0.1℃，若水银柱恰好指 22.4℃时，应记为 22.40℃。注意过多取估计值的位数是毫无意义的。

碰到有些参数在读数过程中波动较大，首先要设法减少其波动。其波动不能完全消除的情况下，可取波动的最高点与最低点两个数据，然后取平均值，在波动不太大时可取一次波动的高低点之间的中间值作为估计值。

⑥不要凭主观臆测修改记录数据，也不要随意舍弃数据，对可疑数据，除有明显原因，如读错、误记等情况使数据不正常可以舍弃之外，一般应在数据处理时检查处理。

⑦记录完毕要仔细检查一遍，有无漏记或记错之处，特别要注意仪表

上的计量单位。实验完毕,须将原始数据记录表格交给指导教师检查并签字,认为准确无误后方可结束实验。

(4) 数据的整理与处理

①原始记录只可进行整理,绝不可以随便修改。经判断确实为过失误差造成的不正确数据须注明后可以剔除不计入结果。

②采用列表法整理数据清晰明了,便于比较。一张正式实验报告一般要有四种表格:原始数据记录表、中间运算表、综合结果表和结果误差分析表。中间运算表之后应附有计算示例,说明各项之间的关系。

③运算中尽可能利用常数归纳法,以避免重复计算,减少计算错误。

例如,流体阻力实验,计算 Re 和 λ 值。

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

其中, d 、 ρ 、 μ 在水温不变或变化很小时可视为常数,合并为

$$A = \frac{d\rho}{\mu}$$

故有

$$Re = Au$$

A 值确定,改变 u 值可算出 Re 值。

又如,管内摩擦阻力系数 λ 的计算

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

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

式中,常数 $B' = \frac{d}{l} \frac{2}{\rho}$ 。

实验中流体压强降 Δp 用 U 形管压差计读数 R 测定,则

$$\Delta p = gR (\rho_0 - \rho) = B''R$$

式中,常数 $B'' = g (\rho_0 - \rho)$, 则 Δp 代入上式整理为

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

式中,常数 $B = \frac{d}{l} \frac{2g (\rho_0 - \rho)}{\rho}$

计算 λ 时,仅需要变量 Re 和 u 。

④实验结果及结论用列表法、图示法或回归分析法来说明都可以,但均需标明实验条件。

4. 实验报告的撰写

实验完成后,应对测取的数据、观察到的实验现象和发现的问题进行分析解决,得出实验结论,检验是否达到实验的目的。所有这些工作,应以实验报告的形式进行综合整理。

实验报告是对实验工作的全面总结,实验报告是一份技术文件,是对实验结果进行评估的文字材料。因此要求学生各自独立完成这项工作。化工原理实验具有显著的工程性,属于工程技术科学的范畴,它研究的对象是复杂的实际问题和工程问题。撰写实验报告要本着实事求是的态度,不随便记录任何一个数据,更不能以任何理由为借口随意更改测得的数据,任何编造、修改和歪曲实际观测情况的行为,都是错误的。尊重所测数据,寻找误差原因,才是从事科学实验的正确态度。

实验报告虽是以实验数据的准确性和可靠性为基础的,但将实验结果整理成一份好的报告,也是需要经过训练的一种实际工作能力,这方面能力的培养,能够为今后写好研究报告和科学论文打下基础。

一份好的实验报告,必须写得简单、明白,数据完整,交代清楚,结论明确,有讨论,有分析,得出的公式或图线有确定的使用条件。

报告的格式虽不必强求一致,但撰写应符合规范,一般应包括下列各项:

(1) 实验报告的封面

实验名称或标题,报告人姓名、班级及同组实验人姓名,实验地点,指导教师,实验日期。

(2) 实验目的和内容

简明扼要地说明为什么要进行本实验,实验要解决什么问题。

(3) 实验的理论依据(实验原理)

简要说明实验所依据的基本原理,包括实验涉及的主要概念,实验依据的重要定律、公式及据此推算的重要结果。要求准确、充分。

(4) 实验装置流程示意图

简单地画出实验装置流程示意图和测试点、控制点的具体位置及主要设备、仪表的名称。标出设备、仪器仪表及调节阀等标号,在流程图的下

方写出图名及与标号相对应的设备、仪器等名称。

(5) 实验操作步骤和注意事项

根据实际操作程序划分为几个步骤,并在前面加上序数词,以使条理更为清晰。对于操作过程的说明应简单、明了。

对于容易引起设备或仪器仪表损坏、容易发生危险以及一些对实验结果影响比较大的操作,应在注意事项中注明,以引起注意。

(6) 原始数据记录

报告中的实验数据除原始记录外,应包括经过加工后用于计算的全部数据。如记录实验过程中从测量仪表所读取的数值。读数方法要正确,记录数据要准确,要根据仪表的精度决定实验数据的有效数字的位数。实验数据不经重复实验,不得修改,更不得伪造数据。此记录表应作为附录放在报告后面。

(7) 数据处理及计算过程举例

数据处理是实验报告的重点内容之一。以某一组原始数据为例,把各项计算过程列出,以说明数据整理表中的结果是如何得到的。引用的数据要注明来源,简化公式要写出导出过程,要列出用某次实验数据计算的全过程,作为计算示例。按要求将实验原始数据经过整理、计算、加工成表格或图的形式。表格要易于显示数据的变化规律及各参数的相关性;有时为了更直观地表达变量之间的相互关系而采用作图法,即用相对应的各组数据确定出若干坐标点,然后依点画出相关曲线,图要能直观地表达变量间的相互关系。图应用坐标纸绘制或用计算机绘图软件制作。

(8) 实验结果的分析与讨论

实验结果的分析与讨论是作者理论水平的具体体现,也是对实验方法和结果进行的综合分析研究,是工程实验报告的重要内容之一,主要内容包括:

①根据实验结果得出哪些有价值的结论;从理论上对实验所得结果进行分析和解释,说明其必然性。

②对实验中的异常现象进行分析讨论,说明影响实验的主要因素。

③分析误差的大小和原因,指出提高实验结果的途径。

④将实验结果与前人和他人的结果对比,说明结果的异同,并解释这种异同。

⑤本实验结果在生产实践中的价值和意义,推广和应用效果的预测等。

⑥由实验结果提出进一步的研究方向或对实验方法及装置提出改进建议等。

(9) 实验结论

实验结论是根据实验结果所作出的最后判断,得出的结论要从实际出发,有理论依据。

四、化工原理实验课程的研究方法

工程实验不同于基础课程的实验,后者采用的方法是理论的、严密的,研究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验问题和工程问题,对象不同,实验研究方法必然不同。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。化学工程学科,如同其他工程学科一样,除了生产经验总结以外,实验研究是学科建立和发展的重要基础。多年来,化工原理在发展过程中形成的研究方法有直接实验法、因次分析法和数学模型法三种。

1. 直接实验法

这是一种解决工程实际问题的最基本的方法,对特定的工程问题直接进行实验测定,所得到的结果也较为可靠,但它往往只能用到条件相同的情况,具有较大的局限性。例如过滤某种物料,已知滤浆浓度,在某一恒压条件下,直接进行过滤实验,测定过滤时间和所得滤液量,根据过滤时间和所得滤液量两者之间的关系,可以做出该物料在某一压力下的过滤曲线。如果滤浆浓度改变或过滤压力改变,所得过滤曲线也将不同。

对一个多变量影响的工程问题,为研究过程的规律,往往采用网格法规划实验,即依次固定其他变量,改变某一变量测定目标值。比如影响流体阻力的主要因素有:管径 d 、管长 l 、平均流速 u 、流体密度 ρ 、流体黏度 μ 及管壁粗糙度 ε ,变量数为6。如果每个变量改变条件次数为10次,则需要做 1×10^6 次实验。可见,变量数是出现在幂上,若涉及变量众多,则所需实验次数将会剧增。因此实验需要在一定的理论指导下进行,以减少工作量,并使得到的结果具有一定的普遍性。

2. 因次分析法

因次分析法所依据的基本理论是因次一致性原则和白金汉(Bucking-

ham) 的 π 定理。因次一致性原则是: 凡是根据基本的物理规律导出的物理量方程, 其中各项的因次必然相同。白金汉的 π 定理是: 用因次分析所得到的独立的因次数群个数, 等于变量数与基本因次数之差。

因次分析法是将多变量函数整理为简单的无因次数群的函数, 然后通过实验归纳整理出算图或准数关系式, 从而大大减少实验工作量, 同时也容易将实验结果应用到工程计算和设计中。

因次分析法的因次与单位是不同的, 因次又称量纲, 是指物理量的种类, 而单位是比较同一种类物理量大小所采用的标准。比如, 力可以用牛顿、公斤、磅来表示, 但单位的种类同属质量类。

因次有两类: 一种是基本因次, 它们是彼此独立的, 不能相互导出; 另一类是导出因次, 由基本因次导出。例如, 在力学领域基本因次有三个, 为长度 $[L]$ 、时间 $[T]$ 、质量 $[M]$, 其他力学的物理量都可以由这三个因次导出, 并可以写成幂指数乘积的形式。

设某个物理量的导出因次为 $Q: [Q] = [M^a L^b T^c]$, 式中 a 、 b 、 c 为常数。如果基本因次的指数均为零, 这个物理量称为无因次数 (或无因次数群), 如反映流体流动状态的雷诺数就是无因次数群。

因次分析法的具体步骤是:

- (1) 找出影响过程的独立变量;
- (2) 确定独立变量所涉及的基本因次;
- (3) 构造因变量和自变量的函数式, 通常以指数方程的形式表示;
- (4) 用基本因次表示所有独立变量的因次, 得出各独立变量的因次式;
- (5) 依据物理方程的因次一致性原则和 π 定理得到准数方程;
- (6) 通过实验归纳总结准数方程的具体函数式。

以获得流体在管内流动的阻力和摩擦系数 λ 的关系式为例。根据摩擦阻力的性质和有关实验研究, 得知由于流体内部摩擦而出现的压强降 Δp 与 6 个因素有关, 写成函数关系式为:

$$\Delta p = f(d, l, u, \rho, \mu, \varepsilon) \quad (1-1)$$

这个隐函数的形式并不清楚, 但从数学上讲, 任何非周期性函数用幂函数的形式逼近是可取的, 所以化工上一般将其改为下列幂函数的形式:

$$\Delta p = K d^a l^b u^c \rho^d \mu^e \varepsilon^f \quad (1-2)$$