

高 等 学 校 教 材

HUAGONG YUANLI SHIYAN JISHU

化工原理实验技术

● 吕维忠 刘 波 罗仲宽 于厚春 编著



化学工业出版社

高等学校教材

化工原理实验技术

吕维忠 刘 波 罗仲宽 于厚春 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是以融合了最新化工实验技术、化工参数测试技术、自动控制技术、数据采集及计算机处理技术的现代化化工原理实验装置为基础,编写而成的化工原理实验技术指导书。本书强调实验过程中培养学生的实验设计、工程意识,进而培养学生的创新能力和工程能力。全书共分6章,包括实验误差的估算与分析、实验数据处理、化工原理实验、化工原理数据处理软件的使用、图形可视化及数据分析软件 Origin。

本书可作为高等院校化工及相关专业的化工原理实验课的实验教材或者教学参考书,也可供石油、化工、轻工、医药等部门从事科研、生产的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工原理实验技术/吕维忠,刘波,罗仲宽,于厚春
编著. —北京:化学工业出版社,2007.7
高等学校教材
ISBN 978-7-5025-9635-4

I. 化… II. ①吕…②刘…③罗…④于… III. 化
工原理-实验-高等学校-教材 IV. TQ02-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 107460 号

责任编辑: 窦 臻 常 青
责任校对: 宋 夏

装帧设计: 韩 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 装: 化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 11½ 字数 254 千字 2007 年 10 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: 19.00 元

版权所有 违者必究

前 言

化工原理实验是化工类专业及其他相关专业学生的一门专业基础课，也是一门主干课。化工原理实验课程对于化工类高等技术人才的培养具有举足轻重的地位。对于化学工程、化学工艺、应用化学、食品科学与工程、环境科学与工程等化工类专业，化工原理实验是必修专业基础课。

当前我国经济处于快速发展时期，企业工艺装备的进步日新月异。高校作为培养新生代技术人才的基地，传统的化工原理实验设备已经远远不能满足当前的需求，越来越多的化工类专业及其他相关专业老师开始呼吁化工原理实验设备应当体现时代技术发展的特征；与此同时，教育部对本科教学水平非常重视，近几年国内很多高校以教育部本科评估为动力，对现有的化工原理实验设备进行了更新换代，借此让学生接触最新的化工实验技术、化工参数测试技术、自动控制技术、数据采集及计算机处理技术。本书正是基于更新换代后的新生代化工原理实验装置而编写的，以适应现代化化工原理实验装置的教学要求。

本书摆脱了传统实验指导书的模式，设计的内容比较广泛：首先以应用为目的，介绍实验误差的估算与分析、实验数据处理等实验相关必备技术；其次以现代化化工原理实验装置为基础，编排了以培养学生实践能力为目的的化工原理实验；最后介绍了化工原理数据处理软件的使用技术、图形可视化及数据处理软件 Origin 的应用技术。

本书编写过程中注意培养学生的工程意识、注重培养学生的工程能力；力求概念清晰，层次分明，阐述简洁，便于自学，让学生学会自我开拓、获取知识和技能的本领；强调化工原理的共性问题，拓宽基础，有一定的通用性；书中尽量采用基础性、适应面广、实用性高的实例。

在本书的编写及出版过程中，得到了徐晨教授、王家衡副教授的大力支持与帮助；浙江大学杨辉教授、华南理工大学的涂伟萍教授审阅了全书并提出了很多宝贵意见，在此表示衷心的感谢！本书得到“深圳大学教材建设专项基金”资助，在此一并表示感谢！

本书参考了一些文献资料，在此也向文献资料的作者表示诚挚的谢意。

鉴于作者学识有限，经验不足，书中难免有不妥之处，衷心希望读者给予指教，帮助本书日臻完善。

吕维忠
2007 年 8 月于 荔园

目 录

第一章 绪论	1
第一节 化工原理实验课程的目的和任务	3
第二节 化工原理实验与工程实验方法	4
一、因果分析法	5
二、数学模型法	6
三、直接的实验方法	9
第三节 化工原理实验课程的内容及教学要求	9
一、实验前的预习	9
二、实验操作训练	10
三、实验后书写实验报告	10
第二章 实验误差的估算与分析	13
第一节 实验数据的误差	15
一、实验数据的测量	15
二、实验数据的真值和平均值	15
三、误差的定义及分类	17
第二节 实验数据的有效数字和记数法	18
一、有效数字	18
二、数字舍入规则	18
三、直接测量值的有效数字	19
四、非直接测量值的有效数字	19
第三节 随机误差的正态分布	20
一、误差的正态分布	20
二、随机误差的基本特性	21
第四节 系统误差的消除	21
一、消除或减小系统误差的方法	21
二、系统误差消除程度的判别准则	22
第五节 粗大误差的判别与剔除	23
一、粗大误差的判别准则	23
二、判别粗大误差注意事项	28
第六节 直接测量值的误差估算	28
一、一次测量值的误差估算	28
二、多次测量值的误差估算	30

第七节 间接测量值的误差估算	30
一、误差传递的一般公式	30
二、误差传递公式的应用	31
三、误差分析的应用举例	33
附 本章符号表	37
第三章 实验数据处理	39
第一节 列表法	41
一、实验数据表的分类	41
二、拟定实验数据表应注意的事项	42
第二节 图示法	42
一、坐标纸的选择	42
二、坐标分度的确定	44
三、其它必须注意的事项	45
第三节 经验公式的选择	45
一、经验公式的选择	45
二、常见函数的典型图形及线性化方法	47
第四节 图解法求经验公式中的常数	49
一、幂函数的线性图解	49
二、指数或对数函数的线性图解	50
第五节 实验数据的回归分析法	51
一、变量类型	51
二、回归分析法的含义和内容	51
三、线性回归分析法	52
四、非线性回归	58
第四章 化工原理实验部分	63
实验一 流体流型实验	65
一、实验目的	65
二、基本原理	65
三、实验装置及流程	65
四、实验操作	66
五、实验数据记录表	66
六、思考题	66
实验二 机械能转化实验	67
一、实验目的	67
二、基本原理	67
三、实验装置及流程	68
四、实验操作	69

五、数据分析	70
六、实验数据记录表	70
七、思考题	70
实验三 流体流动阻力测定实验	72
一、实验目的	72
二、基本原理	72
三、实验装置及流程	74
四、实验步骤	75
五、实验数据处理	75
六、实验报告	76
七、思考题	76
实验四 离心泵特性曲线测定	77
一、实验目的	77
二、基本原理	77
三、实验装置及流程	78
四、实验步骤及注意事项	78
五、实验数据处理	79
六、实验报告	80
七、思考题	80
实验五 恒压过滤常数测定	81
一、实验目的	81
二、基本原理	81
三、实验装置及流程	82
四、实验步骤	83
五、实验数据处理	84
六、实验报告	86
七、思考题	86
实验六 空气-蒸汽给热系数测定	87
一、实验目的	87
二、基本原理	87
三、实验装置及流程	90
四、实验步骤与注意事项	91
五、实验数据处理	92
六、实验报告	93
七、思考题	93
实验七 填料塔吸收传质系数的测定	94
一、实验目的	94
二、基本原理	94
三、实验装置	95

四、实验步骤及注意事项	96
五、实验报告	96
六、思考题	97
实验八 筛板塔精馏过程实验	98
一、实验目的	98
二、基本原理	98
三、实验装置及流程	101
四、实验步骤及注意事项	101
五、实验报告	103
六、思考题	103
实验九 填料塔精馏过程实验	104
一、实验目的	104
二、基本原理	104
三、实验装置及流程	107
四、实验步骤及注意事项	107
五、实验报告	109
六、思考题	109
实验十 洞道干燥实验——干燥特性曲线的测定	110
一、实验目的	110
二、基本原理	110
三、实验装置	112
四、实验步骤及注意事项	113
五、实验报告	114
六、思考题	114
实验十一 流化床干燥实验	115
一、实验目的	115
二、基本原理	115
三、实验装置	117
四、实验步骤及注意事项	118
五、实验报告	119
六、思考题	119
实验十二 板式塔流体力学实验	120
一、实验目的	120
二、实验原理	120
三、演示操作	122
四、思考题	123
第五章 化工原理数据处理软件使用	125
第一节 学生使用	127

一、登录与注册	127
二、实验原始数据处理	129
三、实验结果显示与保存	132
第二节 教师(管理员)使用	133
一、登录	133
二、实验数据查询与管理	135
三、系统管理	135
第六章 图形可视化和数据分析软件 Origin	139
第一节 Origin 基础知识	142
一、工作环境	142
二、基本操作	144
第二节 简单二维图	145
一、输入数据	145
二、绘制简单二维图	145
三、设置列属性	148
四、数据浏览	148
五、定制图形	148
第三节 数据管理	151
一、导入数据文件	151
二、变换数列	152
三、数据排序	153
四、频率记数	155
五、规格化数据	156
六、选择数据范围作图	156
七、屏蔽曲线中的数据点	156
八、曲线拟合	156
第四节 绘制多层图形	157
一、打开项目文件	157
二、Origin 的多层图形模板	158
三、在工作表中指定多个 X 列	160
四、创建多层图形	161
五、存为模板	163
第五节 非线性拟合	163
一、使用菜单命令拟合	163
二、使用拟合工具拟合	164
三、非线性最小平方拟合 NLSF	165
第六节 数据分析	166
一、简单数学运算	167

第一章

绪

论

- 第一节 化工原理实验课程的目的和任务
- 第二节 化工原理实验与工程实验方法
- 第三节 化工原理实验课程的内容及教学要求



第一节

化工原理实验课程的目的和任务

化工原理主要是研究化工单元操作的基本原理、典型设备的结构原理、操作性能和设计计算的学科,是化学、化工、环境、轻工等专业的重要技术基础课。由于化工原理的自身特点,在其自身发展过程中,形成了以实验方法和数学模型为主的研究方法。实验方法系直接通过各种实验或在因次分析方法指导下进行实验,直接测定并将各变量之间的关系,以图表或经验公式的形式表示出来。数学模型方法,首先是对复杂的实际问题在深刻理解了其内部规律的基础上,提出一个比较接近实际问题的物理模型,建立描述这个物理模型的数学方程,然后确定方程的初始条件,并求解方程。虽然随着计算机技术的发展,人们求解数学方程的能力得到很大提高,但由于化工过程的复杂性,建立物理模型及数学方程的难度仍然很大,使其应用受到了限制。另外,数学模型法也是离不开实验的,只有通过实验,了解了其内部规律,才能提出不失真的模型,而且最后也还是要依靠实验来检验其模型的等效性并确定模型参数,所以,化工原理是建立在实验基础上的学科,化工原理的发展离不开实验技术的发展。

化工原理课程向同学们展示了一系列化工生产过程中特有的现象、规律以及化工设备。长期以来,化工原理实验常以验证课堂理论为主,在教学安排上,常常作为化工原理课程的一部分,但近些年来,随着石油化工、生物化工、环境化工等学科的高速发展,对化工过程与设备的研究,提出了更高的要求,研究新型高效率、低能耗的化工设备也更为迫切,为了适应这种形式的需要,国内外高等化工教育界,纷纷出现了大量加强实验教学的趋势,许多高校,已单独设立化工原理实验课,以培养有创造性的新型科技人才。化工原理实验课程的目的和任务如下。

1. 巩固和加深对化工单元操作的理解,培养和提高在实践中运用理论知识分析问题、解决问题的能力

化工原理课程中所讲授的内容,对多数学生来说,是比较生疏的,对内容的理解往往也比较肤浅,对各种过程的影响因素了解的还不够深刻。通过化工原理实验,可使学生直接观察到某些生动的现象,如雷诺实验中,可观察到流体流动的层流和湍流型态;通过实验可直接验证某些重要的理论和规律,如柏努利方程实验中可使学生直接验证能量守恒及各种能量之间的相互转化;通过实验可直接测取某些设备的性能,如离心泵实验中,可直接测得代表离心泵性能的特性曲线,并对泵的使用方法及特性曲线的实际应用有了深刻的认识。如果没有这些实验,虽然学生们也可以学习化工原理,但那只能迫使他们单纯地接受书本上的陈述及老师们的讲解,并只能依此来作为判断正误的标准,这样就会使学生们

失去大胆探索创新的要求和能力,只能盲目地接受前人的知识而难以有所创新和突破,正是通过实验,使学生们更贴近实际问题而提高分析和解决实际问题的能力。

2. 培养学生从事工程实验研究的能力及严谨认真的科学态度

化学化工类的毕业生都必须具备一定的实验研究能力,在基础化学的实验课中,学生们已受到了基础实验能力的训练,而化工原理实验及随后的专业课则明显不同于基础课的实验。它使学生第1次接触到工程装置,一般是几人一组,共同完成,且实验的灵活性及要求学生的主动性更大,同时,它也比较接近实际生产过程,所以在培养学生从事化工实验的能力方面具有承前启后的作用。化工实验能力的培养主要包括:为了完成一项研究课题或解决某个实际问题的设计实际方案的能力;适当选择和正确使用设备及测量仪表的能力;进行实验、观察和分析实验的能力;正确处理实验数据及运用文字表达实验报告的能力;这些能力的获得,只有通过一定数量的基础实验练习,经过反复训练才能达到,从而为将来参加实际工作后能独立从事科研和开发打下一定的基础。

有些实验,从准备实验、进行实验到整理数据写成实验报告,往往要花费很长的时间,可能有的学生认为从这些实验所收获的与其花费的时间不成比例,从而可能会产生草率从事、敷衍过去的做法,这种态度是有害的,轻则实验数据不好得不出什么结论,重则会造成设备损坏或人身事故,所以正是通过这些严密的步骤,使学生认识到一个科学实验的基本过程与基本要求,养成一种踏踏实实、一丝不苟的严肃态度。另外,由于化工过程和设备的复杂性,测定的实验数据可能和理论的数据有较大的差距,某些学生为了追求好的实验结果和成绩,可能会修改或编造实验数据,这种做法更是极其有害的,这样会使数据失去可靠性,失去了解决实际问题和发现新问题的机会,更为可怕的是这种态度会对以后学生本人的成长及社会造成难以估量的损害,所以,培养学生养成实事求是的科学态度,显得更为重要。

第二节

化工原理实验与工程实验方法

化工原理实验是学生学习过一些基础课实验后遇到的第1门属于工程范畴的课程。工程实验与基础实验有着明显的不同,后者所处理的对象通常比较简单,偏离理想体系不远,所采用的研究方法大都以严密的理论体系为基础;而前者所涉及的物料千变万化,设备大小悬殊,实验量和工作量也都很大,故其研究方法不能套用一般基础实验的方法,而要采用专门用于研究工程问题的因次分析方法和数学模型方法指导下的实验研究方法。采用这两种研究方法可以使实验研究结果由小到大,由此及彼地用到大设备生产及设计上。下面先考察一下流体流动阻力的研究方法。

圆管内流体流动阻力是管路设计中必须解决的典型工程实际问题。当圆管内流动属层流流动时,因为流体符合牛顿黏性定律,通过数学分析导出了用于计算直管中层流流动时阻力损失的伯努利方程。在实际化工生产中能通过数学分析就能直接解决问题的情况很少。当管内流动属于湍流时,情况就复杂得多,由于湍流时,其剪应力已不符合简单的牛顿黏性定律了,解决该问题就只好采用实验方法了。

通过考察湍流流动过程可知,影响流体流动阻力 h_f 的因素主要包括流体的密度 ρ 、黏度 μ 、流速 u 、管径 d 、管长 l 、管的粗糙度 ϵ 等因素。若按常规的网络法安排实验,每个因素取 10 个水平,则需 10^5 次实验,其工作量之大是难以完成的,然而更为重要的是,为改变 ρ 、 μ 要用多种流体,而改变 d 、 ϵ 要更换不同的实验装置,若为了改变 ρ 而固定 μ 几乎是难以实现的,由此可见,进行实验测定还需要有正确的实验方法指导才行,而因次分析法和数学模型法可以成功地指导实验,使研究实验结果由小见大,由此及彼地推广使用,下面分别进行阐述。

一、因次分析法

因次也称为量纲,是指物理量的种类,它不同于单位,单位则是比较同一物理量大小所采用的标准。同一因次可以有不同的单位,如长度的因次为 $[L]$,可以有米、厘米、毫米等单位。因次分析法的理论基础是因次一致性原理和 π 定理。

因次一致性原理:任何根据基本定律导出的物理方程式,其中各项的因次都是相同的。

π 定理:任何因次一致的物理方程,都可以表示为一组无因次数群的零函数,且无因次数群的个数 i 等于方程原方程变量数 n 减去其基本因次数 a 。

下面以研究湍流流动阻力为例,阐述因次分析法的应用步骤。

(1) 通过初步的实验及理论推断确定被研究过程的主要影响因素,这也是因次分析法的关键步骤。

湍流流动阻力的影响因素有 $h_f = \Psi(d, u, \rho, \mu, l, \epsilon)$

或写成 $f(h_f, d, u, \rho, \mu, l, \epsilon) = 0$

(2) 选择这几个变量所涉及的基本因次,用基本因次表示所有变量的基本因次,此处选择基本因次 $[L]$ 、 $[M]$ 、 $[T]$ 。

(3) 在 n 个变量中,选择 m 个相互独立的基本变量,这 m 个变量的因次,应包括 n 个变量中所有的基本因次,此处选择 d, u, ρ 则 $m=3$ 。

(4) 根据因次一致性原理和 π 定理,进行因次分析,确定各无因次数群的表达式,此处,经过因次分析(参见化工原理教材),得到各无因次数群

$$\pi_1 = \frac{h_f}{u^2}$$

$$\pi_2 = \frac{du\rho}{\mu}$$

$$\pi_3 = \frac{\epsilon}{d}$$

$$\pi_4 = \frac{l}{d}$$

其无因次数群的个数 $i = n - m = 7 - 3 = 4$

(5) 将所研究过程用 i 个无因系数群表示, 为了便于实验求取系数, 常将其写成幂函数的形式, 以方便取对数后求取系数和指数。

$$\begin{aligned}\frac{h_f}{u^2} &= \Psi\left(\frac{du\rho}{\mu}, \frac{\varepsilon}{d}, \frac{l}{d}\right) \\ &= K\Psi'\left(\frac{du\rho}{\mu}, \frac{\varepsilon}{d}\right)\left(\frac{l}{d}\right)\end{aligned}\quad (1-1)$$

(6) 通过实验求得函数表达式的具体形式

通过实验发现, $m = 1/2$, $p = 1$ 则式(1-1)变为

$$h_f = K\Psi'\left(\frac{du\rho}{\mu}, \frac{\varepsilon}{d}\right)\left(\frac{l}{d}\right)\frac{u^2}{2} \quad (1-2)$$

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{u^2}{2} \quad (1-3)$$

$$\text{其中} \quad \lambda = \Psi'\left(\frac{du\rho}{\mu}, \frac{\varepsilon}{d}\right) \quad (1-4)$$

由于 λ 与 $\frac{du\rho}{\mu}$, $\frac{\varepsilon}{d}$ 经验式比较复杂, 常将它们的关系绘成线图使用。

从阻力损失的表达式可看出, 只变更雷诺数 Re 和 $\frac{\varepsilon}{d}$ 就可掌握阻力损失的变化规律。实验时, 可以采用水为介质, 改变流速 u 就可改变 Re 数, 再更换几种不同的管子, 就可改变 $\frac{\varepsilon}{d}$, 从而求得 λ 与 Re 数和 $\frac{\varepsilon}{d}$ 的关系。显然, 这种方法所需的实验次数和对设备的要求都是容易做到的, 并且其结果能够推广使用。实验表明, 对光滑管及无严重腐蚀的工业管道采用上述方法计算阻力损失的误差, 都在 10% 之内, 这就说明用因次分析法解决流动阻力的问题, 是符合要求的。

二、数学模型法

数学模型法是解决工程问题的另一种实验规划方法, 它与因次分析法不同, 后者不要求对所研究过程的内在规律有深刻的认识, 所以也称其为黑箱模型法, 但数学模型法是在对所研究过程有深刻认识的基础上, 要求对过程作出高度的概括得到简单而不失真的物理模型, 然后给予数学上的描述, 再通过实验检验模型的有效性并确定模型参数。下面以过滤操作中流体通过颗粒床层的流动为例说明数学模型法的应用步骤。

流体通过颗粒床层的流动与普通管内流动相仿, 都属于固体边界层内部的流动问题, 就流动过程本身而言, 并没有什么特殊性, 但问题在于颗粒床层中颗粒大小不均匀, 表面粗糙, 使流体通道呈现出不规则的几何形状, 且为不均匀的纵横交错的网状通道, 从而不能直接套用处理直管流体力学的方法, 所以此处采用数学模型法。

1. 简化物理模型的建立

在固定床层内大量细小而密集的颗粒对流体的运动提供了很大的阻力, 这一阻力, 一方面可使流体沿床层截面的速度分布均匀, 另一方面也引起了很大的压强降, 而工程上主要对影响过滤操作速度的后者感兴趣。流体通过床层的流动非常缓慢, 呈爬流状态, 流动

阻力主要来自颗粒的表面摩擦, 因此其流动阻力主要与颗粒的总面积成正比, 而与通道的形状关系不大, 这样在保证单位体积内表面相等的前提下, 就可把图 1-1 所示的复杂的不均匀网状通道, 简化为一组平行排列的均匀细管, 使之可用数学方程加以描述, 这种经过简化而得到的等效流动过程就称为真实流动过程的物理模型。

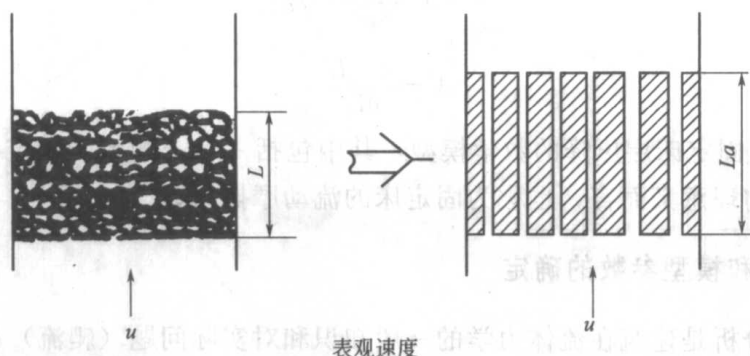


图 1-1 颗粒床层的简化模型

根据简化前提, 该模型应满足下列条件

(a) 细管的内表面积等于床层颗粒的全部表面积;

(b) 细管的全部流动空间等于颗粒床层的空隙容积。

由上述假定可求得这些虚拟细管的当量直径 d_m

$$d_m = \frac{4 \times \text{通道的截面积}}{\text{润湿周边}}$$

分子与分母同乘 L_m , 则得

$$d_m = \frac{4 \times \text{床层的流动空间}}{\text{细管的全部内表面}}$$

以 1m^2 床层体积为基准, 则床层的流动空间为 ϵ , 其颗粒表面也即床层的比表面 α_m ,

$$\text{则 } d_m = \frac{4 \times \epsilon}{\alpha_m} = \frac{4 \times \epsilon}{\alpha(1-\epsilon)} \quad (1-5)$$

按照此简化模型, 流体通过固定床层的降压相当于流体通过一组当量直径为 d_m , 长度为 L_e 细管的降压。

2. 数学模型

通过上述的物理模型简化, 已将流体通过具有复杂几何边界的床层流动问题转化为了通过均匀圆管的流动问题, 从而可按计算直管压降的方法进行数学描述

$$h_f = \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{\lambda \times L_m}{d_m} \cdot \frac{u^2}{2} \quad (1-6)$$

式中 u_1 为流体在细管内的流速, 可取为实际填充床中颗粒空隙间的流速, 它与空床流速 u 有如下关系

$$u_1 = \frac{u}{\epsilon} \quad (1-7)$$

将式(1-5)、式(1-7)代入式(1-6)中可得

$$\frac{\Delta P}{L} = \left(\frac{\lambda \times L_m}{9L} \right) \frac{(1-\epsilon)\alpha}{\epsilon^3} \rho u^2 \quad (1-8)$$

虽然细管长度 L_m 与床层高度不等，但却成正比关系，可将其比例系数并入阻力系数，于是

$$\frac{\Delta P}{L} = \lambda \frac{(1-\epsilon)\alpha}{\epsilon^3} \rho u^2 \quad (1-9)$$

其中

$$\lambda' = \frac{\lambda \times L}{\delta L}$$

式(1-8)即为固定床层压降的数学模型，其中包括一个未知数的待定参数 λ' ， λ' 称为模型参数，就其物理意义而言，也称为固定床的流动摩擦系数。

3. 模型检验和模型参数的确定

以上的理论分析是建筑在流体力学的一般知识和对实际问题（爬流）相结合的基础上的，也就是一般性和特殊性相结合的结果，这也正是解决多数复杂工程问题的共同基点，二者缺一不可。若忽视了流动的基本原理则找不到解决问题的基本方法，就会走向纯经验化的处理上去，反之，若抓不住爬流的基本特征，就不能进行合理的简化，从而走向教条式的处理上去。

上述流体通过床层的过程简化只是一种假定，还必须通过实验检验其有效性并确定模型参数。

康采尼对此进行了实验研究，发现在流速很低、雷诺数 $Re' < 2$ 的情况下，实验数据可较好地符合式(1-10)

$$\lambda' = K' / Re' \quad (1-10)$$

式中 K' 称为康采尼常数，其值为 5.0， Re' 称为床层雷诺数

$$Re' = \frac{d_m u_2 \rho}{\mu} = \frac{\rho u}{\alpha(1-\epsilon)\mu} \quad (1-11)$$

对于各种床层，康采尼常数的误差不超过 10%，说明上述的简化模型是实际过程的合理简化，于是在确定模型参数的 λ' 的同时，也对简化模型的合理性进行了检查。

对比因次分析方法和数学模型方法可知，前者决定成败的关键在于能否如数的列出影响过程的主要因素，并不要求研究者对过程的内在规律有深刻的理解，只要做若干析因实验，考察每个变量对实验结果的影响程度即可。在因次分析法指导下的实验研究，只能得到过程的外部联系，而对过程的内在规律则了解不深，如同黑箱，正是这一特点使因次分析法成为各种研究对象原则上皆适用的一般方法。而数学模型法成败的关键在于对复杂过程能否都得到一个足够简单，即可用数学方程表示而又不失真的物理模型。要做到这一点，必须对过程的内在规律特别是过程的特殊性有着深刻的理解。数学模型法也离不开实验，但其实验的目的与因次分析法有着很大的不同，后者的实验目的是为了寻找各无因次变量之间的函数关系，而前者是为了检验物理模型的合理性并测定模型参数，显然检验性的实验要比搜索性的实验要简易得多，从这方面看来，数学模型法也更具有科学性。但是探讨过程的内在规律要远比寻找外部联系困难，使数学模型法的应用受到一定的限制，所以应根据实际研究情况选择因次分析法或数学模型法，二者相辅相成，各