

化工
工艺系统

计算机
辅助设计

汪寿建, 林红英 编著

化学工业出版社

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工厂工艺系统计算机辅助设计/汪寿建, 林红英编著.
北京: 化学工业出版社, 1998.9
ISBN 7-5025-2267-0

I. 化… II. ①汪… ②林… III. 化工过程-计算机辅助
设计 IV. TQ021.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 15477 号

化工厂工艺系统计算机辅助设计

汪寿建 林红英 编著

责任编辑: 周伟斌

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 11½ 字数 318 千字

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—3000

ISBN 7-5025-2267-0/TQ·1065

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

化工工艺系统是化工厂设计中的一个重要组成部分，随着现代科学技术的高速发展，以及在设计领域中引进先进设计程序的普遍采用，工艺系统设计已在各类化工、医药、电力等具有流体过程的行业中得到广泛的应用。为了适应这些大型装置的发展，实现过程的优化设计，研究和应用计算机辅助设计化工工艺系统过程是十分必要的。

由于现代化工装置日趋大型化，为了实现生产过程高度自动化、连续化，最优状态下运行的目标，务必对化工工艺系统进行数学的稳态和动态模拟的描述，并采用计算机对系统进行变量的控制。随着计算机的出现和发展，这种愿望人们已经能够实现。由于计算机速度、存贮的提高，费用的降低为设计提供了处理手段。将化工工艺系统设计和计算机辅助设计有机融洽在一起便成了时代的需要。本书主要是对《化工厂工艺系统设计指南》一书提出的工艺系统设计的各种设计和计算方法阐述计算机是如何应用的，建立了不少工艺系统数学模型和程序，运用这些程序能进行设计。为方便初涉此领域的读者，本书在第二章和第三章简要地介绍和引用了计算机的基本知识和 FOXBASE+ 关系数据库系统。

本书在编写过程中得到中国五环化学工程公司（原化工部第四设计院）总工程师，教授级高级工程师慕国蔚同志的指导和审阅，并提出了宝贵的意见。此外还得到其他有关同志的帮助和支持，在此一并致谢。

作者

1997年9月武汉

目 录

| | |
|---|----|
| 第一章 工艺系统计算机辅助设计概论 | 1 |
| 1.1 概述 | 1 |
| 1.2 工艺系统计算单元分类及应用 | 2 |
| 1.2.1 计算单元分类 | 2 |
| 1.2.2 计算单元应用 | 5 |
| 1.3 工艺系统数学模型的建立和规则 | 8 |
| 1.4 模型设计中常用的计算方法 | 10 |
| 1.4.1 迭代法 | 10 |
| 1.4.2 部分迭代法 | 12 |
| 1.5 人工智能和专家系统 | 13 |
| 第二章 计算机基础知识 | 15 |
| 2.1 概述 | 15 |
| 2.2 DOS 操作系统 | 17 |
| 2.2.1 概述 | 17 |
| 2.2.2 DOS 的启动 | 18 |
| 2.2.2.1 冷启动 | 18 |
| 2.2.2.2 热启动 | 19 |
| 2.2.3 DOS 常用命令 | 19 |
| 2.2.3.1 命令规定 | 19 |
| 2.2.3.2 内部命令 | 20 |
| 2.2.3.3 外部命令 | 23 |
| 2.2.3.4 树型目录命令 | 25 |
| 2.2.3.5 批处理命令 | 26 |
| 第三章 FOXBASE⁺关系数据库系统 | 28 |
| 3.1 概述 | 28 |
| 3.1.1 数据库简介 | 28 |
| 3.1.2 FOXBASE ⁺ 的运行环境 | 29 |

| | | |
|------------|------------------------------------|-----------|
| 3.1.3 | FOXBASE ⁺ 的主要技术指标 | 30 |
| 3.1.4 | 符号规定 | 30 |
| 3.1.5 | 操作规则 | 30 |
| 3.1.6 | FOXBASE ⁺ 文件 | 31 |
| 3.1.7 | FOXBASE ⁺ 的启动及退出 | 32 |
| 3.1.8 | 常量、变量及表达式 | 32 |
| 3.1.9 | 函数 | 34 |
| 3.1.10 | 全屏幕编辑控制键 | 35 |
| 3.2 | 数据库文件的建立、数据输入和输出常用命令 | 36 |
| 3.2.1 | 数据库文件名和数据结构的规定 | 36 |
| 3.2.2 | 数据库文件的建立及输入数据命令 | 37 |
| 3.2.3 | 数据库文件结构和数据的输出命令 | 39 |
| 3.3 | 数据库的操作常用命令 | 40 |
| 3.3.1 | 数据的指针操作和修改命令 | 40 |
| 3.3.2 | 数据库文件记录的删除和恢复命令 | 43 |
| 3.3.3 | 内存变量的操作命令 | 44 |
| 3.4 | 人机会话命令 | 46 |
| 3.5 | 命令文件的编写 | 48 |
| 3.5.1 | 命令文件的建立与执行 | 48 |
| 3.5.2 | 命令文件语句 | 49 |
| 3.6 | 参数设置命令 | 53 |
| 3.7 | FOXBASE ⁺ 一览表 | 53 |
| 3.7.1 | FOXBASE ⁺ 命令一览表 | 53 |
| 3.7.2 | FOXBASE ⁺ 函数一览表 | 64 |
| 3.7.3 | FOXBASE ⁺ 出错信息一览表 | 69 |
| 第四章 | 计算机辅助设计基础数据 | 88 |
| 4.1 | 流体密度计算模型 | 88 |
| 4.1.1 | 单相流可压缩流体密度 | 88 |
| 4.1.2 | 单相流可压缩流体混合密度 | 88 |
| 4.1.3 | 单相流可压缩高压流体密度 | 89 |
| 4.1.4 | 单相流可压缩高压流体混合密度 | 89 |
| 4.1.5 | 单相流混合液体密度 | 89 |
| 4.1.6 | 两相流密度 | 89 |

| | | |
|------------|---------------------------|------------|
| 4.2 | 流体粘度计算模型 | 90 |
| 4.2.1 | 单相流低压气体粘度 | 90 |
| 4.2.2 | 单相流低压气体混合粘度 | 93 |
| 4.2.3 | 单相流高压气体粘度 | 93 |
| 4.2.4 | 单相流高压混合气体粘度 | 95 |
| 4.2.5 | 单相流液体粘度 | 95 |
| 4.2.6 | 单相流高温液体粘度 | 96 |
| 4.2.7 | 单相流混合液体粘度 | 96 |
| 4.3 | 三参数压缩因子图解法查 Z | 97 |
| 4.4 | 计算机辅助设计基础数据计算程序 | 101 |
| 4.4.1 | 程序组成 | 101 |
| 4.4.2 | 程序清单 | 102 |
| 第五章 | 直管道摩擦系数计算模型 | 125 |
| 5.1 | 层流摩擦系数计算模型 | 125 |
| 5.2 | 临界流摩擦系数计算模型 | 126 |
| 5.3 | 湍流光滑管摩擦系数计算模型 | 126 |
| 5.4 | 湍流过渡区摩擦系数计算模型 | 126 |
| 5.5 | 湍流粗糙管摩擦系数计算模型 | 127 |
| 5.6 | 直管摩擦系数数据表和计算程序 | 127 |
| 5.6.1 | 直管摩擦系数数据表 | 127 |
| 5.6.2 | 直管摩擦系数计算程序 | 127 |
| 5.6.2.1 | 程序组成 | 127 |
| 5.6.2.2 | 程序清单 | 154 |
| 第六章 | 管道局部阻力系数计算模型 | 161 |
| 6.1 | 突扩管阻力系数 | 161 |
| 6.2 | 插入式突缩管阻力系数 | 161 |
| 6.3 | 未插入式突缩管阻力系数 | 162 |
| 6.4 | 渐扩管总阻力系数 | 162 |
| 6.5 | 渐缩管总阻力系数 | 163 |
| 6.6 | 合流三通阻力系数 | 163 |
| 6.6.1 | 合流支管 1 阻力系数 | 163 |
| 6.6.2 | 合流支管 2 阻力系数 | 164 |
| 6.7 | 分流三通阻力系数 | 164 |

| | | |
|------------|---------------------------|------------|
| 6.7.1 | 分流支管 1 阻力系数 | 164 |
| 6.7.2 | 分流支管 2 阻力系数 | 164 |
| 6.8 | 圆截面缓弯管阻力系数 | 165 |
| 6.9 | 矩形截面弯管阻力系数 | 165 |
| 6.10 | 管道局部阻力系数数据表和计算程序 | 166 |
| 6.10.1 | 管道局部阻力系数数据表 | 166 |
| 6.10.2 | 管道局部阻力系数计算程序 | 166 |
| 6.10.2.1 | 程序组成 | 166 |
| 6.10.2.2 | 程序清单 | 166 |
| 第七章 | 单相流管道压力降计算模型 | 218 |
| 7.1 | 层流不可压缩流体管阻计算 | 218 |
| 7.1.1 | 单位管阻 | 218 |
| 7.1.2 | 管系压力降 | 218 |
| 7.2 | 湍流不可压缩流体光滑管阻计算 | 219 |
| 7.2.1 | 光滑管单位管阻 | 219 |
| 7.2.2 | 光滑管压力降 | 219 |
| 7.3 | 湍流可压缩流体光滑管阻计算 | 220 |
| 7.3.1 | 绝热过程光滑管单位管阻 | 220 |
| 7.3.2 | 等温过程光滑管单位管阻 | 220 |
| 7.4 | 湍流不可压缩粗糙管阻计算 | 221 |
| 7.4.1 | 粗糙管阻 | 221 |
| 7.4.2 | 粗糙管系压力降 | 221 |
| 7.5 | 湍流可压缩粗糙管阻计算 | 222 |
| 7.5.1 | 绝热过程单位管阻 | 222 |
| 7.5.2 | 等温过程单位管阻 | 222 |
| 7.6 | 湍流过渡区管阻计算 | 222 |
| 7.6.1 | 不可压缩单位管阻 | 223 |
| 7.6.2 | 可压缩绝热过程单位管阻 | 223 |
| 7.6.3 | 可压缩等温过程单位管阻 | 223 |
| 7.7 | 魏玛斯气体管线压力降 | 224 |
| 7.8 | 潘汉德气体管线压力降 | 225 |
| 7.9 | 哈雷斯气体管线压力降 | 226 |
| 7.10 | 威廉斯水管线压力降 | 226 |

| | |
|--|------------|
| 7.11 单相流管道压力降计算程序 | 227 |
| 7.11.1 程序组成 | 227 |
| 7.11.2 程序清单 | 228 |
| 第八章 两相流管道压力降计算模型 | 256 |
| 8.1 通用法计算两相流管道压力降 | 256 |
| 8.1.1 气液相均为层流时 φ^2 的计算 | 256 |
| 8.1.2 气液相均为湍流时 φ^2 的计算 | 257 |
| 8.1.3 气液相均为湍流粗糙管 φ^2 的计算 | 258 |
| 8.1.4 气湍液层(气层液湍) φ^2 的计算 | 258 |
| 8.2 定型法计算两相流管道压力降 | 259 |
| 8.2.1 流型判断 | 259 |
| 8.2.2 定型法计算压力降通式及流型修正系数 | 261 |
| 8.3 两相流管道压力降计算程序 | 263 |
| 8.3.1 程序组成 | 263 |
| 8.3.2 程序清单 | 264 |
| 第九章 调节阀尺寸计算模型 | 286 |
| 9.1 流量系数计算 | 286 |
| 9.2 液体流量系数 | 286 |
| 9.3 气体流量系数 | 289 |
| 9.4 蒸汽流量系数 | 290 |
| 9.5 液体与蒸汽流量系数 | 291 |
| 9.6 调节阀可调比 | 291 |
| 9.6.1 理想可调比 | 291 |
| 9.6.2 实际可调比 | 291 |
| 9.7 调节阀开度 | 291 |
| 9.8 调节阀尺寸计算程序 | 292 |
| 9.8.1 程序组成 | 292 |
| 9.8.2 程序清单 | 292 |
| 第十章 流量计、限流孔板和安全阀尺寸计算模型 | 305 |
| 10.1 流量计尺寸计算模型 | 305 |
| 10.1.1 液体用流量实用方程 | 305 |
| 10.1.2 气体用流量实用方程 | 305 |
| 10.1.3 参数计算 | 305 |

| | | |
|-------------|--------------------|------------|
| 10.1.4 | 永久性压力损失 | 307 |
| 10.2 | 限流孔板尺寸计算模型 | 307 |
| 10.2.1 | 液体用计算式 | 307 |
| 10.2.2 | 气体用计算式 | 307 |
| 10.3 | 安全阀尺寸计算模型 | 309 |
| 10.3.1 | 气体释放量 | 309 |
| 10.3.2 | 水蒸气释放量 | 309 |
| 10.3.3 | 液体释放量 | 309 |
| 10.4 | 流量计、限流孔板和安全阀尺寸计算程序 | 312 |
| 10.4.1 | 程序组成 | 312 |
| 10.4.2 | 程序清单 | 313 |
| 第十一章 | 计算实例 | 337 |
| 附录 | 工艺系统计算程序一览表 | 349 |
| | 参考文献 | 352 |

第一章 工艺系统计算机 辅助设计概论

1.1 概 述

工艺系统计算机辅助设计是随着工艺系统专业的发展而发展的。计算机作为辅助设计的工具，其发展前景十分可观，已引起化工设计工程师的广泛关注和研究。

工艺系统计算机辅助设计，是以工艺系统专业所研究的对象——化工物料在其流动过程中所遵循的运动规律为依据，流体力学理论为基础，运用计算机建立工艺系统计算单元模型来解决工程设计。

为了使工艺系统从设计到生产过程能够处于最佳状态，在单元计算设计方案中要进行多方案设计的比较，取其中最优方案，要进行大量信息处理，取其中最合适的参数，只有这样才能使工艺系统设计保持其技术合理性、经济性、先进性；才能发挥装置最佳经济效益。而要完成这些过程的信息处理，运用传统的人工计算方法，即使辅之一般的计算器工具要完成繁琐的、大量的计算工作是非常困难的，而唯有计算机辅助设计能够承担此重任。因而，开发计算机辅助工艺系统设计的方法、程序，以及在开发过程中涉及的各种技术性问题就自然产生了。

众所周知，工艺系统设计是化工工程基础设计和工程详细设计中必不可少的一个中间环节，在工艺和管道设计中起承前启后的作用。随现代科学技术和化工装置经济规模的高速发展，以及在设计领域中引进先进设计程序的消化吸收，工艺系统设计已在化工、石油化工、煤化工、精细化工、医药、电力、城市给排水等具有流动过程的行业中得到广泛的应用。为了适应这些大型化工装置的发展，显然工艺系统专业将起着十分重要的作用。

随着化工装置日趋大型化,为了使生产过程实现高度自动化、连续化、最优状态下生产运行的目标,研究化工工艺系统目标函数的稳态和动态描述以及数学模拟是一门新课题,模拟中运用计算机完成整个变量控制过程是完全可能的。由于计算机的运行速度、存贮、费用均能适应这种过程,并为这种过程提供了强有力的工具和¹信息处理手段,因而人们的这种愿望已可实现。

综上所述,将化工工艺系统设计和计算机辅助设计有机地结合在一起就构成了《化工厂工艺系统计算机辅助设计》。本书在阐述计算机基本原理、硬件、软件、操作系统、程序语言编制的基础上,侧重论述计算机辅助设计在工艺系统中的应用,建立工艺系统计算基础数据库,工艺系统计算单元模拟,计算单元运算程序,并以这些成果进行一定的工艺系统实例计算。对工程基础设计和详细设计有一定的参考价值。

1.2 工艺系统计算单元分类及应用

1.2.1 计算单元分类

一部工程设计文件是由许多专业设计文件组成,工艺系统设计文件是其中的一个重要组成部分。我们研究的仅是工艺系统计算文件。由前所述,工艺系统是为化工工艺和管道起承前启后的作用,涉及范围广泛,可以看作一个大系统。为了研究方便,我们按工艺系统设计属性,将大系统分解为若干个子系统或者称工艺系统计算单元,每个计算单元均是一个独立的子系统,将若干个子系统或者计算单元组合起来就是一个完整的工艺系统。

由于每个独立的子系统均有自己的特性,针对每个特点不同的子系统或者计算单元,根据其属性按其设计输入和输出建立它们的数学模型,这些数学模型依据流体运动规律、流体力学原理以及大量科学实验数据进行筛选和编制程序,然后由计算机辅助设计完成。

工艺系统计算单元可以大致分为三类:

- (1) 基础物性数据计算单元;
- (2) 管性数据计算单元;
- (3) 管路元件计算单元。

图 1-1 直观地给出三类计算单元的关系。

由图 1-1 可知，物性数据单元和管性数据计算单元是管路元件计算单元的基础，只有在基础计算单元完成后，才能进行管路元件计算单元工作。管路元件计算单元在设计输出之前有两个优化回路，即返回到管路元件计算单元之前和管性数据计算单元之前。这是为保证管路元件单元设计输出能够满足工程优化设计所必须的循环回路。符合要求的能够输出，反之则不能输出。

各部分计算单元还可细分以下几类。

(1) 基础物性数据计算单元可以分解为：

- a. 流体密度计算；
- b. 流体粘度计算；
- c. 压缩因子计算；
- d. 流体其他物性数据计算。

(2) 管性数据计算单元可以分解为：

- a. 流相判断计算；
- b. 流态判断计算；
- c. 层流区摩擦系数计算单元；
- d. 光滑区摩擦系数计算单元；
- e. 湍流区摩擦系数计算单元。

(3) 管路元件计算单元可以分解为：

- a. 单相流管道尺寸计算单元；
- b. 两相流管道尺寸计算单元；
- c. 管道水力计算单元；
- d. 泵 NPSH 计算单元；

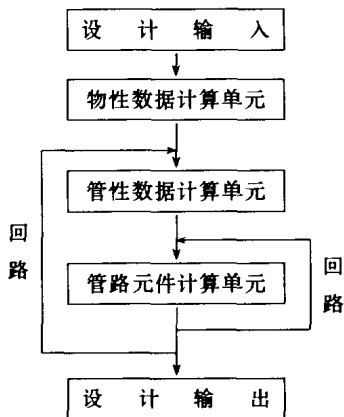


图 1-1 工艺系统计算程序示意图

- e. 安全阀计算单元;
- f. 限流孔板计算单元;
- g. 调节阀计算单元。

图 1-2 给出了工艺系统计算单元细分流程图。

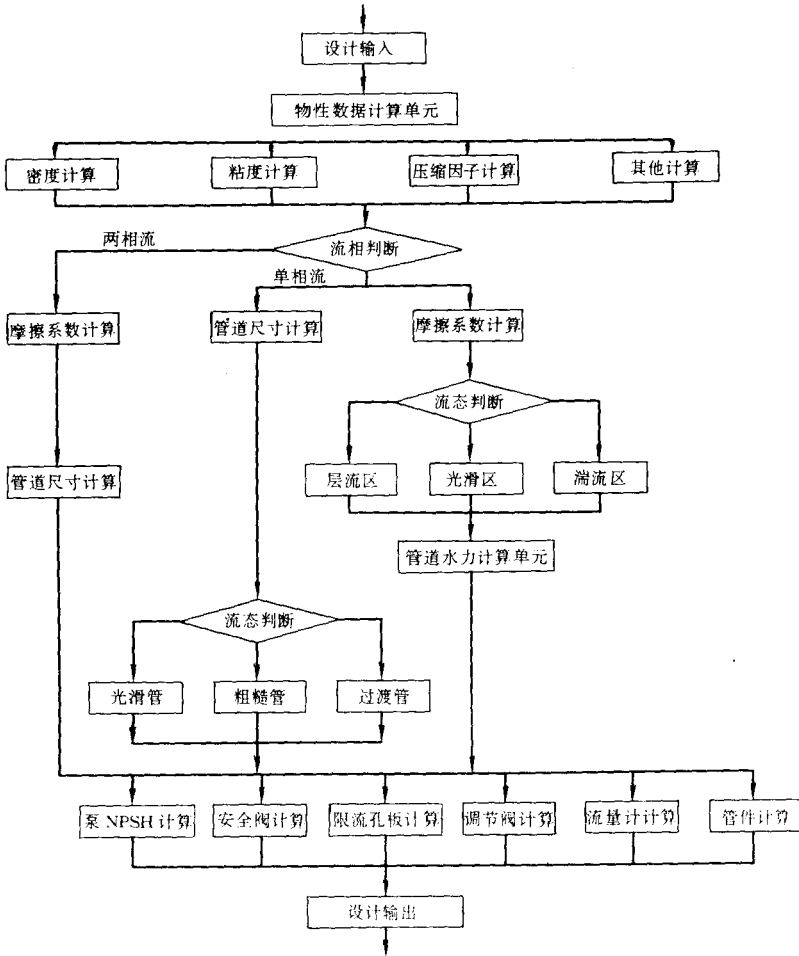


图 1-2 工艺系统计算单元细分流程图

1.2.2 计算单元应用

由图 1-2 工艺系统计算单元细分流程图可知，工艺系统可以分解为若干个独立的计算单元或者子系统。这是为了研究的方便和计算机辅助设计的需要。每个计算单元都得到广泛的应用。为了说明这个问题，以两相流摩擦系数计算单元为例，阐述计算机辅助设计的必要性。

众所周知，在流体力学中涉及到的计算两相流摩擦系统过程中需首先解决的问题是：两相流中液相所占的份额为多少？只有液相份额计算出来后才能往下计算两相流摩擦系统。而计算两相流份额的公式较多，其中胡玛克公式 (Hughmark) 较为常用，尤其适用于水平管道。

胡玛克方程如下：

$$R_L = 1 - \frac{k'}{1 + \left(\frac{\rho_v}{\rho_L}\right) \left(\frac{1-x}{x}\right)} = 1 - k'(1 - C_L) \quad (1-1)$$

式中 R_L —— 液相份额；

k' —— 班阔夫因数 (Bankoff)；

ρ_v —— 两相流气相密度；

ρ_L —— 两相流液相密度；

x —— 气相质量流量分数；

C_L —— 液相进料体积分数。

上式给出了胡玛克方程式计算液相份额的方程，它适用于非拟均相两相流，这是因为在拟均相状态时方程中 $k' = 1$ ，由式 (1-1) 可知， $R_L = C_L$ ，即液相份额等于液相进料体积分数，因而用胡玛克方程来讨论拟均相无意义。所以我们讨论的是非拟均相状态时的两相流。

班阔夫因数 k' 可由下面一组方程联立式求解。

当 $z < 10$ 时，用式 (1-2) 计算 k'

$$k' = -0.16367 + 0.31037z - 0.03525z^2 + 0.001366z^3 \quad (1-2)$$

当 $z > 10$ 时，用式 (1-3) 计算 k'

$$k' = 0.75545 + 0.003585z - 0.1436 \times 10^{-4} z^2 \quad (1-3)$$

式 (1-2) 和式 (1-3) 中 z 按式 (1-4) 求解。

$$z = \frac{C_L}{[R_L(\mu_L - \mu_v) + \mu_v]^{0.1667}} \quad (1-4)$$

其中 C_1 按式 (1-5) 计算得:

$$C_1 = \frac{0.75 u_M^{0.5} G_T^{0.1667} d^{0.0417}}{u_{Sl}^{0.25}} \quad (1-5)$$

式中 G_T ——两相流总质量流速;

μ_L ——两相流液相粘度;

μ_V ——两相流气相粘度;

u_M ——气、液相表观流速之和;

u_{Sl} ——液相表观流速;

d ——管道尺寸。

由式 (1-2) ~ 式 (1-5) 联立求解, 可以得到液相份额, 由此可知, k' 是 z 的函数, z 又是 R_L 液相份额的函数。即:

$$\left. \begin{aligned} R_L &= F(k') \\ k' &= \varphi(z) \\ z &= \psi(R_L) \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

或者
$$R_L = F\{\varphi[\psi(R_L)]\} \quad (1-7)$$

式 (1-6) 或式 (1-7) 是液相份额的一般函数表达式, 这是一个隐函数, 计算较复杂, 用手算十分费时, 尤其是用试差法多次循环计算, 其中还有条件判断。

如果采用计算机辅助设计时, 这个联立方程就变得十分简单, 而且能够满足工程精度的要求。下面我们稍加变化, 给出计算机辅助计算的程序流程图。

令
$$F = R_L - 1 + k'(1 - C_1) = 0 \quad (1-8)$$

$$(R_L)_i = (R_L)_{i-1} - \frac{F}{\left(\frac{\partial F}{\partial R_L}\right)_{i-1}} \quad (1-9)$$

式中 $(R_L)_{i-1}$ ——第 $i-1$ 次迭代计算的液相份额;

$(R_L)_i$ ——第 i 次迭代计算的液相份额。

当 $|(R_L)_{i-1} - (R_L)_i| < \epsilon$ 为止, ϵ 是工程允许误差精度, 当满足上式时, 方程得到解。

下面给出计算机求解方程 (1-9) 的实施步骤:

对式(1-8)取导:

$$\frac{\partial F}{\partial R_L} = 1 + (1 - C_L) \left(\frac{\partial k'}{\partial z} \right) \left(\frac{\partial z}{\partial R_L} \right) \quad (1-10)$$

对式(1-4)取导:

$$\frac{\partial z}{\partial R_L} = \frac{(-0.1667)C_1(\mu_L - \mu_V)}{[R_L(\mu_L - \mu_V) + \mu_V]^{1.1667}} \quad (1-11)$$

对式(1-2)和式(1-3)取导:

当 $z < 10$ 时

$$\frac{\partial k'}{\partial z} = 0.31037 - 0.07050z + 0.00410z^2 \quad (1-12)$$

当 $z < 10$ 时

$$\frac{\partial k'}{\partial z} = 0.003585 - 0.2872 \times 10^{-4}z \quad (1-13)$$

将式(1-10)至式(1-13)代入式(1-9)中得:

当 $z > 10$ 时

$$(R_L)_i = (R_L)_{i-1} - \frac{(R_L)_{i-1} - 1 + k'(1 - C_L)}{1 + (1 - C_L) \left(\frac{\partial k'}{\partial z} \right) \left(\frac{\partial z}{\partial R_L} \right)} = (R_L)_{i-1} - \frac{(R_L)_{i-1} - 1 + k'(1 - C_L)}{1 + (1 - C_L)[0.31037 - 0.07050z + 0.00410z^2] \frac{(-0.1667)C_1(\mu_L - \mu_V)}{[(R_L)_{i-1}(\mu_L - \mu_V) + \mu_V]^{1.1667}}} \quad (1-14)$$

当 $z > 10$ 时

$$(R_L)_i = (R_L)_{i-1} - \frac{(R_L)_{i-1} - 1 + k'(1 - C_L)}{1 + (1 - C_L) \left(\frac{\partial k'}{\partial z} \right) \left(\frac{\partial z}{\partial R_L} \right)} = (R_L)_{i-1} - \frac{(R_L)_{i-1} - 1 + k'(1 - C_L)}{1 + (1 - C_L)[0.003585 - 0.2872 \times 10^{-4}z] \frac{(-0.1667)C_1(\mu_L - \mu_V)}{[(R_L)_{i-1}(\mu_L - \mu_V) + \mu_V]^{1.1667}}} \quad (1-15)$$

式(1-14)和式(1-15)就是经过数学处理后用计算机设计的数学模型。

长期以来, 计算器(尺)等曾经是工程师的主要计算工具, 对于一个复杂的数学模型, 比如上式, 要想得到一个精确的解, 通常需要较长的时间才能完成。人们为使工作量减少, 避免直接求解, 往往采

用近视的简化法代替复杂公式，由此带来了一定的误差。随着计算机的模拟计算和辅助设计，其计算方法发生了巨大的变化。很多复杂的问题就迎刃而解。

1.3 工艺系统数学模型的建立和规则

工艺系统数学模型的建立，是把与工艺系统计算单元中相关的数量关系整理成为能够反映该单元机理特点的数学方程式和相关的方程组。

如前所述，两相流液相份额的数学模型的建立，即它的一般函数式公式 (1-6) 或者公式 (1-7)

$$R_L = F(k'), k' = \varphi(z), z = \psi(R_L); \text{或 } R_L = F\{\varphi[\psi(R_L)]\}$$

建立这样一个一般函数表达式只是第一步，它本身不能够解决 R_L 的方程解。在此基础上通常要考虑主要因素，忽略次要因素，借助于理论和经验（实验数据）模拟方程。理论模型常常是通过研究物理和化学机理经过推导而得出的模型，它能够反映出工艺系统计算单元的本质。

而经验模型则是以生产实践为基础，分析生产操作数据，经过人工筛选、归纳模拟而定。它适用于一定的范围。

工艺系统中经常使用的模型多为经验模型。因而在使用中要特别注意范围。

例如上节所述胡克玛公式，首先是非拟均相流才能使用，因为在拟均相流中 $k' = 1$ ，故 $R_L = C_L$ ，使用该方程失去意义。其次在方程运算过程中，也有一定的条件限制，当 $z > 10$ 时，求 k' ， dk'/dz 必须用式 (1-3) 和式 (1-12)，当 $z < 10$ 时，上两式就不能用，而必须使用式 (1-4) 和式 (1-13)。

要建立一个系统或者一个计算单元（子系统）数学模型，在建立过程中还必须遵循一定的规则。

1. 单元模型设计输出明确

工艺系统单元计算模型建立应根据总的设计输出目标及其子系统中所处的位置确定。应该明确单元模型设计必须完成的子目标和专门