

卓越 工程师教育培养计划系列教材
ZHUOYUE GONGCHENGSHI
JIAOYU PEIYANG JIHUA XILIE JIAOCAI

化工原理课程设计

张文林 李春利 ◎ 主编

HUAGONG YUANLI
KECHENG SHEJI

非
外
借



化学工业出版社

化工原理课程设计

张文林 李春利 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《化工原理课程设计》从培养学生工程设计能力、初步建立“工程+效益”观念出发,针对高等院校化工原理课程设计需要编写。本书注重理论对工程设计的指导作用,强调在设计过程中采用现代化的设计手段和方法,力求达到过程参数和设备参数的优化,培养学生的工程观点和分析解决工程实际问题的能力。

《化工原理课程设计》包括五部分内容,即课程设计基础、换热器设计、塔设备(板式塔、填料塔)设计、化工过程模拟与计算软件以及附录。对化工设计的一般原则、要求、内容和步骤等,分别在各具体单元操作与设备设计或选型过程中进行了介绍。对于单元过程设计,除讨论流程方案的确定原则、设备选型、工艺尺寸的设计原理和程序外,还介绍了一些成熟的设计软件及辅助设备的计算与选型。所介绍的单元过程都有设计示例,并附有几种设计任务,可供不同专业课程设计时选用。

《化工原理课程设计》可作为高等院校化工、制药、材料、生物、食品、安全、环境、能源等相关专业的课程设计教材,也可供有关部门从事科研、设计及生产管理的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工原理课程设计/张文林,李春利主编. —北京:
化学工业出版社, 2018. 6
卓越工程师教育培养计划系列教材
ISBN 978-7-122-31982-1

I. ①化… II. ①张…②李… III. ①化工原理—课
程设计—高等学校—教材 IV. ①TQ02-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 077797 号

责任编辑:徐雅妮
责任校对:王素芹

文字编辑:丁建华 马泽林
装帧设计:关 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 刷:北京京华铭诚工贸有限公司

装 订:三河市瞰发装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 323 千字 2018 年 9 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: 35.00 元

版权所有 违者必究

前言

根据《华盛顿协议》对工程教育专业认证的要求，化工类专业的学生应该是服务于国民经济建设和化工行业发展，能够在化学工业及其相关过程工业领域从事生产管理、工程设计、技术开发和科学研究等工作的高素质工程技术人员。

《化工原理课程设计》与卓越工程师教育培养计划系列教材《化工原理》(李春利主编)相配套，旨在通过课程的优化整合，提高学习者和设计者的工程实践能力和创新能力。

本书在编写过程中吸收了编者多年来教学改革的经验 and 工程实践的成果，力求在内容和体系上有新意。与传统的化工原理课程设计教材相比，本书更注重理论对于工程设计的指导作用，强调在设计过程中采用现代化的设计手段和方法，达到过程参数和设备参数的优化，基本建立“工程+效益”观念。

在选材上，我们本着“加强基础、增强专业适用性、培养创新能力”的主导思想，以适应各专业的需要；在处理方法上，注重理论与实践的密切结合，设计示例多具有工业生产或科研实践的背景，有利于培养学生的工程观点及分析解决工程实际问题的能力，增强创新意识。全书包括了化工类生产中最常用的换热器、板式塔、填料塔的设计，以及常用化工过程模拟软件的基本功能介绍。对单元过程设计，除讨论流程方案的确定原则、设备选型、工艺尺寸的设计原理和程序外，还介绍了一些成熟的设计软件及辅助设备的计算与选型。所介绍的单元过程都有设计示例，并附有几种设计任务书，可供不同专业选用。

本书可作为高等院校化工、制药、材料、生物、食品、安全、环境、能源等相关专业的教材，也可供有关部门从事科研、设计及生产管理的工程技术人员参考。

本书由张文林、李春利主编，王洪海、方静、王志英、齐俊杰、苏伟怡、李浩、胡雨奇等老师对本书的编写工作提出了很多建设性的意见和建议，孙腾飞、霍宇、李功伟、和佳明、赵勇琪、王雨昕等研究生参加了部分图表的处理和文字校对工作。本书的编写得到了河北工业大学相关领导和老师的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2018年6月

目录

第1章 课程设计基础 / 1

1.1 化工原理课程设计概述	1
1.1.1 化工原理课程设计的目的	1
1.1.2 化工原理课程设计的基本内容	2
1.1.3 化工原理课程设计的基本步骤	3
1.2 化工设计计算基础	5
1.2.1 物料衡算	5
1.2.2 热量衡算	6
1.2.3 常用物性数据的查取和估算	6
1.3 化工生产工艺流程设计	7
1.3.1 工艺流程图中常见的图形符号	8
1.3.2 工艺流程设计方法	13
1.3.3 工艺流程设计的基本原则	16
1.3.4 工艺流程设计的主要参考资料	20
1.4 主体设备设计选型及条件图	21
1.4.1 化工单元设备设计方法与步骤	21
1.4.2 主体设备设计及其条件图	22

第2章 换热器设计 / 26

2.1 列管式换热器设计	26
2.1.1 设计方案的确定	27
2.1.2 列管式换热器的工艺结构设计	33
2.1.3 列管式换热器的设计计算	40
2.1.4 列管式换热器设计示例	48
2.2 板式换热器设计	54
2.2.1 板式换热器的基本结构	55
2.2.2 板式换热器设计的一般原则	59
2.2.3 板式换热器的设计计算	60
2.2.4 板式换热器设计示例	63
2.3 换热器设计任务书	66
本章符号说明	67

第3章 塔设备设计 / 68

3.1 概述	68
--------------	----

3.1.1	塔设备的类型	68
3.1.2	板式塔与填料塔的比较及选型	68
3.2	板式塔设计	70
3.2.1	设计方案的确定	71
3.2.2	塔板的类型与选择	72
3.2.3	板式塔工艺设计计算	77
3.2.4	板式塔的塔板工艺尺寸设计计算	81
3.2.5	塔板的流体力学验算	90
3.2.6	板式塔的负荷性能图	96
3.2.7	塔板效率	97
3.2.8	板式塔的结构与附属设备	100
3.2.9	精馏过程的节能	104
3.2.10	筛板精馏塔设计示例	105
3.3	填料塔设计	117
3.3.1	设计方案的确定	118
3.3.2	填料的类型与选择	120
3.3.3	填料塔工艺设计计算	127
3.3.4	填料层压降的计算	136
3.3.5	填料塔内件的类型与设计	137
3.3.6	填料吸收塔设计示例	140
3.3.7	填料精馏塔设计示例	145
3.4	塔设备设计任务书	148
	本章符号说明	150

第4章 化工过程模拟与计算软件 / 153

4.1	化工过程模拟软件 Aspen Plus	154
4.1.1	特点	154
4.1.2	主要功能	157
4.1.3	接口选项	158
4.1.4	目标实现	159
4.1.5	使用说明	159
4.1.6	物性方法选择	159
4.1.7	功能	162
4.1.8	叙词表	163
4.2	化工过程模拟软件 PRO/II	165
4.2.1	简介	165
4.2.2	主要功能及特征	165
4.2.3	功能模块划分	166
4.3	化工过程模拟软件 ChemCAD	167
4.3.1	主要功能和特色	167
4.3.2	应用范围	167

4.3.3 模块划分	168
4.3.4 使用方法	168
4.3.5 功能扩展	169
4.4 工艺流程模拟软件 HYSYS	169
4.4.1 主要应用领域	170
4.4.2 国内外应用情况	170
4.4.3 主要功能	170
4.4.4 热力学方法	171
4.4.5 附加模块功能	172
4.5 换热器设计计算软件 HTRI	173
4.6 过程设备强度计算软件 SW6	174
4.7 流体力学分析软件 FLUENT	175
4.8 各专业通用软件列表	179

附录 / 182

附录 1 课程设计封面示例	182
附录 2 工艺流程图示例	183
附录 3 主体设备条件图示例	188
附录 4 塔板结构参数系列化标准	191
附录 5 常用散装填料的特性参数	193
附录 6 常用规整填料的特性参数	195

参考文献 / 197

第1章

课程设计基础

根据《华盛顿协议》对工程教育专业认证的要求,化工类专业的学生应该是服务于国民经济建设和化工行业发展,能够在化学工业及其相关过程工业领域从事生产管理、工程设计、技术开发和科学研究等工作的高素质工程技术人才。工程教育应该实现以学生为中心,以成果为导向的教学设计和教学实施的目标,保证学生取得特定的学习成果;建立“评价-反馈-改进”闭环系统,形成教育质量持续改进机制。

因此,化工类毕业生应达到如下知识、能力和素质要求。

① 具有在化工及相关领域独立进行工程实践和科学研究的专业知识及能力,能够在社会大背景下解决复杂化学工程问题。

② 具备良好的人文素质、职业道德和团队精神,能够通过自主学习适应职业发展要求,在化工及相关领域具有较强的职场竞争力。

③ 能够在化工、制药、材料、生物、食品、安全、环境、能源等相关领域成功地开展与化学工程与工艺专业相关的工作。

工程设计是工程建设的灵魂,对工程建设起着主导和决定性作用,又是将科研成果转化为现实生产力的桥梁和纽带。工业科研成果只有通过工程设计,才能转化为现实生产力,工程设计决定着工业现代化的水平。设计是一项政策性很强的工作,它涉及政治、经济、技术、环保、法规等诸多方面,而且还会涉及多专业、多学科的交叉、综合和相互协调,是集体性的劳动。先进的设计思想、科学的设计方法和优秀的设计作品是工程设计人员应坚持的设计方向和追求的目标。

化工原理课程设计是一门重要的实践课程,是学生学习化工原理课程后独立进行的一次工程设计,是综合运用化工原理课程和有关先修课程所学知识,完成以化工单元操作为主的一次设计实践。通过课程设计,对参与设计的人员进行设计技能的基本训练,培养设计者综合运用所学知识解决实际问题的能力,也可为学生进行毕业设计和毕业后从事相关设计工作打下良好基础。在设计过程中不仅要考虑理论上的可行性,还要考虑生产上的安全性和经济合理性等问题。因此,化工原理课程设计重在培养学生的技术经济观、过程优化观、生产实际观和工程全局观,是提高学生实际工作能力的重要教学环节。

1.1 化工原理课程设计概述

1.1.1 化工原理课程设计的目的

化工原理课程设计是化工原理课程教学中综合性和实践性较强的教学环节,是理论联系

实际的桥梁,是使学生体察工程实际问题复杂性、学习化工设计基本知识的初次尝试。课程设计不同于平时的作业,在设计中需要学生自己做出决策,即自己确定方案、选择流程、查取资料、进行过程和设备计算,并要对自己的选择做出论证和核算,经过反复的分析比较,择优选定最理想的方案和最合理的设计。通过课程设计,学生能够了解工程设计的基本内容,掌握化工设计的程序和方法,提高分析和解决工程实际问题的能力。同时,通过课程设计,学生还可以树立正确的设计理念,培养实事求是、严肃认真、高度负责的工作作风。所以,课程设计是增强工程观念、培养提高学生独立工作能力的有益实践。

化工原理课程设计的基本目的包括如下。

- ① 使学生掌握化工设计的基本步骤与方法。
- ② 结合设计课题,培养学生获取有关技术资料及物性参数的能力。
- ③ 通过查阅技术资料,选用设计计算公式,搜集数据,分析工艺参数与结构尺寸间的相互影响,增强学生分析问题和解决问题的能力。
- ④ 对学生进行化学工程设计的基本训练,使学生了解一般化学工程设计的基本内容 with 要求。
- ⑤ 通过编写设计说明书,使学生提高文字表达能力,掌握撰写技术文件的方法。
- ⑥ 了解一般化工制图的基本要求,使学生提高绘图基本技能。

通过课程设计,学生能够提高如下几个方面的能力。

- ① 查阅文献资料、搜集有关数据、正确选用公式。当缺乏必要数据时,需要通过实验测定或到生产现场进行实际查定。通常设计任务书给出后,许多数据需要设计者去查找收集,有些物性参数要查阅专业文献或进行估算,计算公式需要设计者根据设计任务内容和要求合理选用。这就要求设计者运用各方面的知识,详细全面地考察后才能确定相关数据。
 - ② 正确选择设计参数。在兼顾技术上的先进性、可行性,经济上的合理性的前提下,综合分析设计任务要求,确定化工工艺流程,进行设备选型,并提出保证过程正常、安全运行所需的检测和计量参数,同时还要考虑增加改善劳动条件、操作检修方便和环境保护的有效措施。
 - ③ 准确、迅速地进行过程计算及主要设备的工艺设计计算。过程计算及工艺设计计算一般是反复试算的过程,计算工作量很大,需要同时强调“正确”和“迅速”。
 - ④ 掌握化工设计的基本程序和方法,学会用精练的语言、简洁的文字、清晰的图表来表达自己的设计思想和计算结果。
- 对于课程设计,不仅要求计算过程正确,结果基本合理,还应从工程的角度综合考虑各种影响因素,从总体上得到最优方案。

1.1.2 化工原理课程设计的基本内容

化工原理课程设计应以化工单元操作的典型设备为对象,尽量从科研项目和生产实际中选题。课程设计一般包括如下内容。

- ① 设计方案的确定 根据设计任务书所提供的条件和要求,通过对现有生产的现场调查或对现有资料的分析对比,选定适宜的流程方案和设备类型,初步确定工艺流程。对给定或选定的工艺流程、主要设备的型式进行简要的论述。
- ② 工艺过程设计 包括工艺参数的选定、物料衡算、热量衡算、单元操作的工艺计算,绘制相应的工艺流程图,标出物流量、能流量和主要测量点等。
- ③ 设备设计与主体设备工艺条件图 主要设备的工艺设计计算、工艺尺寸计算及结构

设计、流体力学验算等。绘制主体设备的工艺条件图,图面应包括设备的主要工艺尺寸、技术特性表和接管表以及组成设备的各部件名称等。

④ 典型辅助设备的计算和选型 包括典型辅助设备的主要工艺尺寸计算和设备型号规格的选定。

⑤ 带控制点的工艺流程简图 以单线图的形式绘制,标出主体设备和辅助设备的物料流向、物料量、能流量和主要化工参数测量点,以及必要的自动控制体系的表达。

⑥ 设计说明书的编写 设计说明书的内容应包括封面(见附录1)、设计任务书、目录(标题与页码)、摘要或简介、项目概述及所选用的设计方案简介(附工艺流程示意图)、设计条件及主要物性参数表、工艺计算(包括物料衡算、热量衡算)与主体设备设计计算、工艺流程图和主要设备的工艺条件图、辅助设备的计算和选型(包括机泵规格、换热器型式与换热面积等)、设备接管的计算与设计、计算结果汇总表和/或设计一览表(系统物料衡算表和设备操作条件及结构尺寸一览表)、附图(带控制点的工艺流程简图、主体设备设计条件图等)、对本设计的评述(主要介绍设计者对本设计的评价及进行设计后的学习体会)、参考文献、主要符号说明等。

1.1.3 化工原理课程设计的基本步骤

化工原理课程设计一般按照下述步骤进行。

(1) 课程设计的准备工作

首先要认真阅读、分析下达的课程设计任务书,领会工作要点,明确所要完成的主要任务。要确定为完成任务需要具备的基本条件以及开展设计工作的初步设想,然后开展具体准备工作:一是结合给定的设计任务进行生产实际的调研;二是查询、收集技术资料。设计中所需的资料一般有以下内容。

① 有关生产过程的资料,如生产方法、工艺流程、生产操作条件、控制指标和安全规程等。

② 设计过程所涉及物料的物性参数。

③ 设计中所涉及工艺设计计算的数学模型与计算方法。

④ 与设备设计相关的国内外现状和发展趋势,有关新技术和专利等文献状况以及涉及的计算方法等。

⑤ 设备设计的规范与实际参考图等。

(2) 确定操作条件和流程方案

① 确定设备的操作条件,如温度、压力、流量等。

② 确定设备结构型式,结合课程设计的情况选择合理可靠的设备型式。

③ 确定能量的综合利用或合理应用、安全和环保措施等。

④ 确定单元操作和设备的简易工艺流程图。

(3) 主体设备的工艺设计计算

选择适宜的数学模型和计算方法,按照任务书的要求和给定条件,结合现有资料进行工艺设计计算。

① 主体设备的物料和能量衡算。

② 设备特征尺寸的计算,如塔设备的塔高和塔径、换热器的换热面积等,需要根据有关设备的标准(或规范),以及不同设备的流体力学、传质传热动力学计算公式进行计算。

③ 流体力学验算,如流动阻力与操作范围验算等。

(4) 主体设备结构设计

在确定设备型式及主要尺寸的基础上,根据相关设备常用结构,参考相关资料和规范,详细设计设备各零部件的结构尺寸。

(5) 绘制带控制点的工艺流程简图和主体设备工艺条件简图

课程设计要求绘制“带控制点的工艺流程简图”,以单线图的形式进行绘制,需要标注主体设备和辅助设备的物料流向、物流量、能流量和主要化工参数测量点等。

通常化工设计人员根据工艺要求,通过工艺条件来确定设备的结构型式、工艺尺寸,然后提出附有工艺条件图的设备设计条件表。设备设计人员据此对设备进行机械设计,然后绘制设备装配图。

课程设计要求绘制“主体设备工艺条件简图”,图面上应包括设备的主要工艺尺寸、技术特性表和接管表等。

此次课程设计的目的是锻炼学生提高图面布局和绘图能力,图纸一般要求手工绘制。

(6) 编写设计说明书

整个课程设计由论述、计算过程、图表等内容组成。论述应该条理清晰、观点明确,方案选择应有合理依据;计算公式应该选择得当、计算方法要正确、误差要小于设计要求,计算公式和所选用的物性参数等必须注明出处;图表应该能简要表达计算结果。此外,应该对课程设计的设计结果和可能存在的不足有合理的分析与解释,说明书中的所有公式必须注明编号,所有符号必须注明意义和单位。

(7) 课程设计的其他相关要求

① 课程设计要明显区别于课后作业或解题,设计计算时的依据和答案往往不是唯一的。在设计过程中选用经验数据时,务必注意从技术上的可行性和经济上的合理性等方面进行分析比较,力求获得合理的设计结果。

② 设计过程中指导教师原则上不负责审核数字运算的正确性。同学从设计一开始就必须以严肃认真、实事求是的态度对待设计工作,要训练和培养自己独立分析判断结果正确性、合理性的能力。

③ 整个设计由论述、计算、绘图组成,只有计算,缺少论述或绘图的设计结果不合格。

④ 设计中,每位同学在完成规定任务的同时,还可以在哪些方面适当加深、提高。可多查阅一些资料,充实设计方案的论述;可适当增加辅助设备的设计计算内容;也可增加自行编程计算等内容。

⑤ 计算机的使用对提高设计效率 and 设计质量起到了良好的促进作用,尤其在方案选择与比较、参数选取、优化设计、图纸绘制等方面表现明显。课程设计中可以适当使用计算机进行计算、优化、绘图,学生可以自己编程、自己上机操作,在说明书中要附上计算框图、计算程序以及符号说明。但要防止同学间过度借鉴甚至抄袭。

通过化工原理课程设计,学生能够掌握专业基础知识,掌握化工过程分析方法,能够建立描述复杂化学工程问题的模型,通过模型的识别和求解,解决相应的化学工程问题;具有综合分析复杂化学工程问题的能力,能够针对相关问题获得有效结论;提出并设计针对复杂化学工程问题的解决方案,设计满足特定需求的系统、单元(部件)或工艺流程,进行化工单元设计和特定需求系统设计,并能够在设计环节中,考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素;具有在设计过程中追求创新的态度和意识;能够针对复杂工程问题,开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具,包括对复杂化学工程问题的预测与模拟,并能够理解其局限性;掌握复杂化学工程问题的工程实践对环境、社会可

持续发展影响的基本知识并能够对其进行分析和评价；具有良好的口头表达和文字表达能力，能够就复杂化学工程问题与业界同行及公众社会进行有效沟通和学术交流，包括设计文稿和撰写报告、陈述发言、清晰表达或回应指令等。

1.2 化工设计计算基础

化工设计是根据一个化学反应或过程设计出一个生产流（过）程，并研究流程的合理性、先进性、可靠性和经济可行性，再根据工艺流程以及条件选择合适的生产设备、管道及仪表等，进行合理的工厂布局设计以满足生产的需要，最终使工厂建成投产，这种设计的全过程称为“化工设计”。

化工设计的主要特点是过程设计和工程设计的有机结合；主要理论基础是化学工程；主要出发点是提高产品收率 and 经济效益，注重系统优化；特别注意的问题是安全操作和环境保护。化工设计往往把化工研究和开发的成果通过工程开发和项目设计衔接起来，所以它也是基本建设工作中购置器材、加工设备、组织施工的依据。

设计本身就是一种商品，拥有某项技术的专利商经常用基础设计的方式进行有偿转让。为有效地缩短建设周期，承包工程的工程公司（经常自己拥有主要的专利技术）除提供基础设计和详细设计外，普遍实行提供专利设备并在设计过程中订购建设用器材的制度，甚至可以代替用户，组织或委托施工任务，培训生产操作人员，直到投产正常后，再把工厂移交给投资者（称“交钥匙”方式）。

化工设计计算主要包括物料衡算、热量衡算、常用物性数据的查取与估算等内容。

1.2.1 物料衡算

物料衡算是化工设计计算中最基本、最重要的内容之一。在设计设备尺寸之前先要确定出所处理的物料量。整个化工过程或其中某一步骤中原料、产物、中间产物、副产物等物料之间的关系可以通过物料衡算确定。

(1) 物料衡算式

根据质量守恒定律可知，进入任何系统的物料质量应等于从该系统离开的物料质量与积存于该系统中的物料质量之和，即

$$\text{输入物料量} = \text{输出物料量} + \text{累积物料量} \quad (1-1)$$

若此过程为稳态过程，则上式可简化为

$$\text{输入物料量} = \text{输出物料量} \quad (1-2)$$

上述关系可在整个反应过程的范围内使用，也可在一个或几个设备的范围内使用。该式可针对全部物料，也可在没有化学反应发生时针对化合物的任一组分来使用。

(2) 物料衡算的步骤

① 画出简单过程流程图，并用箭头指明进出物流，把有关的已知量、未知量标注在图上。

② 如果有化学反应方程式需写出。

③ 用虚线框标明物料衡算范围。

④ 确定衡算对象并选择计算基准。

⑤ 建立物料衡算式求解。

详细内容可以参考相关著作或文献。

1.2.2 热量衡算

化工生产中所需的能量以热能为主,用于改变物料的温度与相态以及提供反应所需的热量等。若操作中有几种能量相互转化,则它们之间的关系可以通过能量衡算来确定;若只涉及热量,能量衡算便简化为热量衡算。

(1) 热量衡算式

根据能量守恒定律,热量衡算可写成

随物料进入系统的总热量=随物料离开系统的总热量+向系统环境散失的热量 (1-3)

热量衡算中需要考虑的项目是进出设备的物料本身的焓与外界输入或向外界输出的热量,有化学反应时则还要包括反应所要吸收或放出的热量(反应热)。

(2) 热量衡算的基本方法与步骤

热量衡算有两种情况:一种是在设计时根据给定的进出物料量及已知温度求另一股物料的未知物料量或温度,常用于计算换热器的蒸汽量或冷却水用量;另一种是在原有装置基础上对某个设备利用实际测定的数据计算出另一些不能或很难直接测定的热量或能量,由此对设备做出能量分析。如根据各股物料进出口流量及温度找出该设备的热利用效率和热损失情况。

热量衡算也需要确定计算基准,画出流程图,列出热量衡算表等。此外由于焓值的大小与温度有关,因而热量衡算还要指明基准温度。物料的焓值一般以 0°C 为计算基准(可以不用指明),有时为方便计算以进料温度或环境温度为基准,有时计算温度或采用的数据资料的基准温度不是 0°C (例如反应热的基准温度为 25°C),此时需要注明。

1.2.3 常用物性数据的查取和估算

设计计算中的物性数据应尽可能使用实验测定值或从相关手册和文献中查取。有时手册上也会以图表的形式提供某些物性数据的推算结果。

(1) 常用的物性数据手册和文献

常用的物性数据可由化工原理或物理化学教材附录、《化学工程手册》(化学工业出版社,2002)、《化工工艺设计手册》(化学工业出版社,2009)、《石油化工设计手册》(化学工业出版社,2015)、《化工工艺算图手册》(化学工业出版社,2002)等工具书查取。从物性手册收集到的物性数据,常常是纯组分的数据,而设计中所遇到的物系一般为混合物,通常采用一些经验混合规则做近似处理,从而获得混合物的物性参数。常规物系的经验混合规则可参阅相关专著或文献(部分专著列于参考文献中)。

(2) 物性数据库

由于化工数据总量异常庞大,导致查阅工作费时费力,为此我国已于20世纪70年代中期开始建立化工物性数据库。例如,1978年完成了“化工物性数据库”,1990年后该数据库得到很大发展,得到众多设计院所、高校、科研单位的重视。

具有代表性的数据库是 ECSS 工程化学模拟系统数据库及物性推算包、天津市化工物性数据库、烃类实验物性数据库。

(3) Internet 上的化学化工资源

Internet 上的化学化工资源极其丰富,设计者可以通过相关的搜索引擎查找需要的数据资料。例如,可以通过查找相关的图书、在线订阅杂志文章、参加网上通信讨论组获得相关

信息等。其中 STN (国际科技信息网络) 系统是比较重要的网络信息资料系统。

STN 系统能够提供完全的科技信息领域的在线服务。由三个著名的科技信息中心组成: 德国卡尔斯鲁厄专业信息中心 FIZ-Karlsruhe、美国化学会的化学文摘社 CAS 和日本科学技术情报中心 JICST。目前 STN 系统中与化工有关的部分数据库是 APILIT2 (美国石油研究所 API 文献)、CBNB (化工行业数据库)、CEABA (化工行业和生物技术文摘)、CIN (全球化工行业大事件信息库)、CSCHEM (美国及全球化工产品目录)、CSCORP (美国及全球化工产品厂商目录)、CSNB (有害化学品的安全使用与健康数据库)、DRUGLAUNCH (新药物产品数据库) 和 VTB (化工及远程工程文献库) 等。用户可根据需要了解有关各数据库的内容介绍。

另外, ASPENTECH 公司是目前世界上最大的提供过程模拟技术的公司, 所提供的稳态模拟、动态模拟以及系统合成技术, 为过程的研究开发、过程设计与优化、过程的生产提供了一整套工程工具。该公司的网站上提供了丰富的内容、供用户练习使用的例子和虚拟图书馆。

Internet 最重要的特征之一是其动态性, 用户定期访问某些特定资源可了解其最新动态。由于 Internet 没有特定的组织对网上资源进行严格管理和审查, 用户可能获得错误的数
据或信息, 因此需要用户自行对获得的信息进行甄别或筛选。

1.3 化工生产工艺流程设计

一个化工厂, 除了工艺设计外, 还应有土建、设备基础、上下水 (给排水)、采暖、通风、电动机、灯光照明、电话、仪器仪表等的设计; 另外, 设计一个化工厂, 还要考虑到它应有一个合理的总平面布置, 从原料到产品的运输, 以及设计的经济性问题。因此化工厂是化工工艺技术和非工艺的各种专业技术的综合, 化工厂的设计工作是由工艺和非工艺的各个项目所组成的有机统一体, 它需要由工艺设计人员和非工艺设计人员共同完成。

化工厂的整套设计应包括以下各项内容:

- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| ① 化工工艺设计; | ⑤ 自动控制设计; |
| ② 总图运输设计; | ⑥ 机修、电修等辅助车间设计; |
| ③ 土建设计; | ⑦ 外管设计; |
| ④ 公用工程 (供电、供热、给排水、
采暖通风等) 设计; | ⑧ 工程概算与预算等。 |

其中, 化工工艺设计是化工工程设计的主体。包含两层含义: 一是任何化工工程的设计都是从工艺设计开始, 以工艺设计结束; 二是在整个工程设计过程中非工艺专业要服从工艺专业, 同时工艺专业又要考虑和尊重其他各专业的特点和合理要求, 在整个设计过程中进行协调。因此工艺设计是关系到整个工程设计优劣成败的关键环节。

进行化工工艺设计首先要编制设计方案。为此, 要对建设项目进行认真的调查研究, 全面了解建设项目的各个方面。最好对几个设计方案进行对比分析, 权衡利弊, 最后选用技术上先进、经济上合理、三废治理措施好的方案。

化工工艺设计应包括以下内容:

- | | |
|-----------------|---------------------|
| ① 原料路线和技术路线的选择； | ⑦ 化工管路设计； |
| ② 工艺流程设计； | ⑧ 非工艺设计项目的考虑，即由工艺 |
| ③ 物料衡算； | 设计人员提出非工艺设计项目的设计条件； |
| ④ 能量衡算； | ⑨ 编制设计文件，包括编制设计说明 |
| ⑤ 工艺设备的设计与选型； | 书、附图和附表。 |
| ⑥ 车间布置设计； | |

通常，化学加工过程是将一种或几种化工原料，经过一系列物理的和/或化学的单元操作，最终获得所需产品的过程。这些单元操作必须在相应的单元设备中进行。用管路系统将这些单元设备连接起来，把物料从一个单元设备输送到另一个单元设备。为了实现对物料的有效控制，需要在设备和管路系统的相应位置安装测量、显示和控制元件。这些设备、连接设备的管路以及相应的控制元件一起构成了化工工艺流程。

化工生产工艺流程设计是所有化工装置设计中最先着手的工作，由浅入深、由定性到定量逐步分阶段依次进行，而且贯穿于设计的整个过程。工艺流程设计的目的是在确定生产方法之后，以流程图的形式表示出由原料到成品的整个生产过程中物料被加工的顺序以及各股物料的流向，同时表示出生产中所采用的化学反应、化工单元操作及设备之间的联系，据此可进一步制定化工管道流程和计量-控制流程。它是化工过程技术经济评价的依据。

工艺流程设计各个设计阶段的设计成果都是用各种工艺流程图和表格表达出来。设计阶段不同图表的要求也不同，先后有方框流程图（Block Flowsheet）、工艺流程草（简）图（Simplified Flowsheet）、工艺物料流程图（Process Flowsheet）、带控制点的工艺流程图（Process and Control Flowsheet）和管道仪表流程图（Piping and Instrument Flowsheet）等类型。方框流程图是在工艺路线选定后对工艺流程进行概念设计时完成的一种流程图形式，不编入设计文件；工艺流程草（简）图是一种半图解式的工艺流程图，它实际是方框流程图的一种变体或深入，起到示意的作用，供化工计算时使用，也不计入设计文件；工艺物料流程图和带控制点的工艺流程图列入初步设计阶段的设计文件中；管道仪表流程图列入施工图设计阶段的设计文件中。

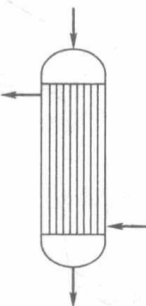
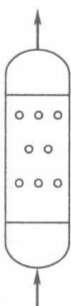
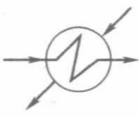
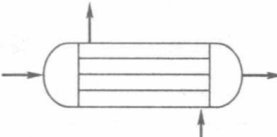
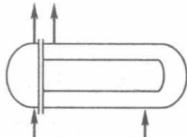
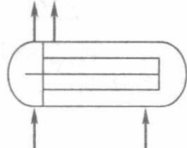
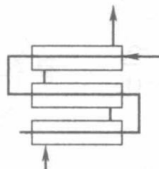
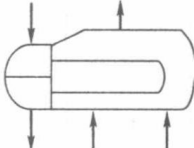
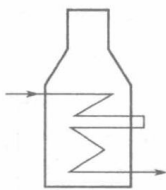
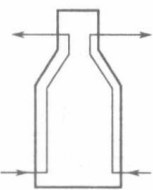
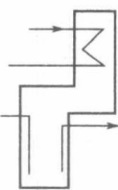
具体的设计过程是首先由工艺专业根据工艺包（业主的或设计院自有的）开始工艺设计，向各个专业提出初步条件，其他专业（比如管道、仪表、设备、结构、建筑、总图等）接受条件后开始自己专业的设计，在这个阶段，各个专业向工艺专业返回条件（各下游专业相互之间也会有条件往来），按照这种方式，各个专业不断地更新自己的设计，定期发出自己的条件。设计进行到一定阶段，采购就会介入设计，向不同的公司发出询价文件，公司返回报价，设计方进行技术澄清等。设计即将完成时，各相关专业提出材料表，向现场发出施工图。设计完成后，设计方会派出少量的设计人员进驻现场，协调各种设计变更，直到试车、开车成功。项目部分为质控安全部，设计部，采购部，费控部，设备部，施工部，开车部。这几个部门，按程序进行分工协作。

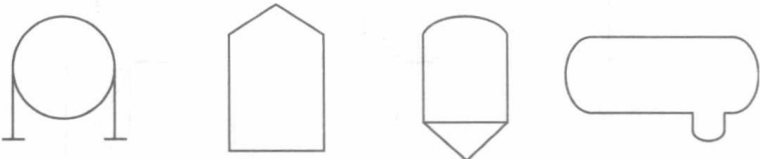
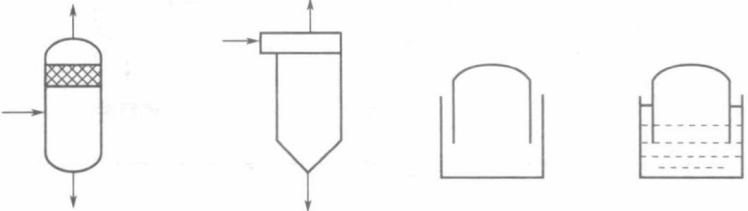
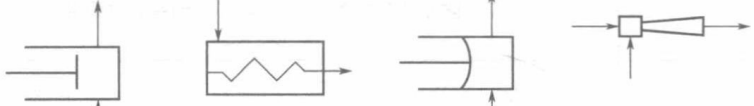
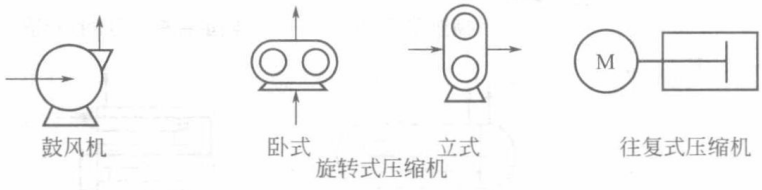
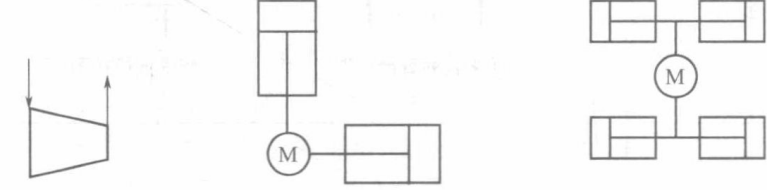
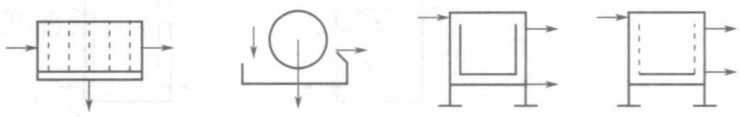
1.3.1 工艺流程图中常见的图形符号

1.3.1.1 常见设备图形符号

工艺流程图中，设备示意图用细实线画出设备外形和主要内部特征。目前，设备的图形符号已有统一规定，其图例如表 1-1 所示。

表 1-1 工艺流程图中设备、机器图例

类别	代号	图 例
塔	T	 板式塔  填料塔  喷洒塔
反应器	R	 固定床反应器  列管式反应器  流化床反应器
换热器	E	 换热器(简图)  固定管板式列管换热器  U形管式换热器  浮头式列管换热器  套管式换热器  釜式换热器
工业炉	F	 圆筒炉  圆筒炉  箱式炉

类别	代号	图 例
容器	V	 球罐 锥顶罐 圆顶锥底容器 卧式容器  丝网除沫分离器 旋风分离器 干式气柜 湿式气柜
泵	P	 离心泵 旋转泵、齿轮泵 水环式真空泵 漩涡泵  往复泵 螺杆泵 隔膜泵 喷射泵
压缩机、风机	C	 鼓风机 卧式 立式 往复式压缩机 旋转式压缩机  离心式压缩机 二段往复式压缩机(L形) 四段往复式压缩机
其他机械	M	 压滤机 转鼓式(转盘式)过滤器 无孔壳体离心机 有孔壳体离心机

注：摘录自《化工工艺设计施工图内容和深度统一规定》(HG/T 20519—2009)。