

石油化工 设计手册

第四卷



工艺和系统设计

王子宗 主编

修订版

SHIYOU HUAGONG
SHEJISHOUCHE



化学工业出版社

石油化工 设计手册

第四卷 >> 工艺和系统设计

王子宗 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《石油化工设计手册》(修订版)共分四卷出版。第四卷“工艺和系统设计”内容有设计基础、工艺设计及计算、基础工程设计、系统设计、自动控制、工艺安全、计算机辅助设计、贮罐工艺设计等相关知识与数据,并列举相应的实际应用实例。本书以指导设计人员正确运用、选取为原则。

本书适合从事石油化工、食品、轻工等行业技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工设计手册. 第四卷, 工艺和系统设计/王子宗主编.

—修订版. —北京: 化学工业出版社, 2015. 5

ISBN 978-7-122-23168-0

I. ①石… II. ①王… III. ①石油化工-工艺装备-设计-技术手册②石油化工-系统设计-技术手册 IV. ①TE65-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 039126 号

责任编辑: 王湘民 谢丰毅

文字编辑: 孙凤英 王湘民

责任校对: 陶燕华

装帧设计: 王晓宇

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: 北京永鑫印刷有限公司

装订: 三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张64 $\frac{3}{4}$ 字数1671千字 2015年10月北京第2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: 298.00 元

版权所有 违者必究

《石油化工设计手册》(修订版)编委会

主任委员 袁晴棠 中国石油化工集团公司科学技术委员会常务副主任, 中国工程院院士

副主任委员 王松汉 中国石化工程建设公司原副总工程师、教授级高级工程师, 第一版主编

委员 (以姓氏笔画为序)

王子宗 中国石油化工集团公司副总工程师、教授级高级工程师

王静康 天津大学教授, 中国工程院院士

孙国刚 石油大学教授

吕德伟 浙江大学教授

汪文川 北京化工大学教授

张旭之 中国石油化工集团公司原发展战略研究小组组长、教授级高级工程师

张霁明 中国石化工程建设有限公司副总工程师、高级工程师

肖雪军 中石化炼化工程(集团)股份有限公司副总工程师兼技术部主任、教授级高级工程师

罗北辰 北京化工大学教授

周国庆 化学工业出版社副总编辑、编审

施力田 北京化工大学教授

赵勇 中国石化工程建设有限公司质量安全标准部副主任、教授级高级工程师

赵广明 中国石化工程建设有限公司工厂系统室主任、教授级高级工程师

费维扬 清华大学教授, 中国科学院院士

袁天聪 中国石化工程建设有限公司高级工程师

徐承恩 中国石化工程建设有限公司, 中国工程院院士, 设计大师

麻德贤 北京化工大学教授

蒋维钧 清华大学教授

谢丰毅 化学工业出版社原副总编辑、编审

《石油化工设计手册》(修订版)编写人员

- 主 编** 王子宗 中国石油化工集团公司副总工程师、教授级高级工程师
全国勘察设计注册工程师化工专业管理委员会委员
注册化工工程师、注册咨询工程师
- 副主编** 肖雪军 中石化炼化工程(集团)股份有限公司副总工程师兼技术部主任、教授级高级工程师
全国注册化工工程师执业资格考试专家组副组长
注册化工工程师
- 袁天聪 中国石化工程建设有限公司高级工程师
注册化工工程师

第四卷人员

- | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 第一章 | 肖雪军 | 袁天聪 | 王延宗 | 王松汉 | 王英军 | |
| 第二章 | 肖雪军 | 袁天聪 | 李 莉 | 赵广明 | | |
| 第三章 | 肖雪军 | 华 贵 | 尹清华 | 陈清林 | 袁天聪 | |
| | 李围潮 | 李 莉 | 张会军 | 王松汉 | 张建华 | |
| 第四章 | 肖雪军 | 袁天聪 | 王松汉 | 叶赛芬 | 赵白云 | |
| | 盛在行 | 张瑞琪 | 王若青 | | | |
| 第五章 | 袁天聪 | 杨守诚 | 王延宗 | 黄新平 | 腾克利 | 雷正香 |
| 第六章 | 黄步余 | 范宗海 | 沈世昭 | 孙淮清 | 林祖汉 | 张孝华 |
| | 王大正 | 方承惠 | 魏宗云 | 沈加明 | 徐用懋 | 徐博文 |
| 第七章 | 王延宗 | 胡 晨 | | | | |
| 第八章 | 赵世春 | 张晓红 | 张瑞琪 | | | |
| 第九章 | 邱文炳 | 雷正香 | 斯新中 | 逢金娥 | 冯喜才 | |
| | 何跃华 | 张云鳩 | | | | |

第四卷审稿人员

肖雪军 袁天聪 胡 晨

前 言

《石油化工设计手册》第一版出版以来深受读者欢迎，对提高石化工程设计水平，产生了积极的影响。十年来，石化工程建设在装置大型化和清洁化上有了长足的进步，工程装备技术水平有了重要的进展，设计手段、方法和理念也得到了提高和提升。为适应这些变化，我们组织有关专家学者对手册进行了修编工作。

设计质量是衡量石油化工装置建设质量的一个重要因素。好的设计工具书、手册可以指导和规范设计工作，对推动石油化工技术进步和提高设计质量水平具有重要意义。

手册第一版出版后，我们收到一些读者的意见，他们坦诚地指出了书中的个别错误，也期待着在再版时能够得到修正，并进一步提高图书的内容质量。正是读者的热爱，激励着我们认真地进行再版的修编工作。

修订版的修订原则是：保持特点、充实风容，尊重原著、继承风格，在实用性、可靠性、权威性、先进性方面再下功夫，反映时代特点和要求；内容要简明扼要，一目了然，突出手册特点，提高手册的水平。手册的定位则以石油化工工艺设计人员所需的设计方法和设计资料为主要内容。

手册仍分四卷：第一卷——石油化工基础数据；第二卷——标准规范；第三卷——化工单元过程；第四卷——工艺和系统设计。

感谢参与本手册第一版编写工作的各位专家，他们有着一丝不苟、认真负责和谦虚谨慎、艰辛耕耘的精神，本次修订是在他们已获得成功的成果之上，进行再次开发。

本次手册的修订出版，得到了中国石化工程建设有限公司的全力支持。中国石化工程建设有限公司是世界知名的工程公司，近年来承担了大量的石化工厂、炼油厂、煤化工工厂的工程设计，有一大批国内知名的设计专家。参加修订工作的编者很多来自中国石化工程建设有限公司，他们经验丰富，手册内容也基本反映了编者的实践经验和与国际接轨的做法。此外，清华大学、天津大学、中国石油大学、北京化工大学、浙江大学、上海理工大学、大连理工大学、北京工商大学、河北工业大学、上海化工研究院、大连化学物理研究所、四川天一科技股份有限公司的相关专家教授在修订工作中也付出了辛勤劳动，在此一表表示感谢。

衷心希望这套手册能够成为工程设计人员实用的工具书，对提高石化工业的设计水平有所裨益。

由于编写经验不足，书中疏漏和不妥之处，敬请专家和读者不吝指正。

王子宗
2015年4月

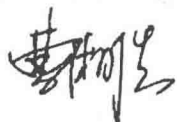
第一版序

《石油化工设计手册》就要正式出版了。《手册》全面收集了石油化工设计工作中所需要的具体技术资料、图表、数据、计算公式和方法，详细介绍了工程设计的步骤和工程设计中应该考虑的问题，列有大量参考文献名录，注出图表、数据、公式等的出处，读者希望对有关问题深入了解时，可以很方便的去查阅相关的文献资料。手册选用的材料准确，有科学根据，图表、数据、公式等均经过严格的核实，手册收集的资料一般都经过实践检验，对那些正在科研阶段或虽已经过鉴定，但未工业化的科研成果和资料均未编入，有些方向性的新技术编入时，也都注明其成熟程度。手册充分体现了实用性、可靠性、权威性、先进性相结合，尤其突出实用性，是一套非常适合从事石油化工和化工设计、施工、生产、科研工作的广大技术人员查阅使用的工具书，也可作为大中专院校的师生查阅使用。

为编纂这套《手册》，国内 100 多位有很高学术理论水平和丰富经验的专家学者做出了极大努力，他们克服各种困难，查阅大量资料，伏案整理写作，反复修改文稿，经过五个寒冬酷暑春去秋来，终成这套《手册》。可以说《手册》是他们五年心血的结晶，《手册》是他们学识和智慧的硕果。当你阅读《手册》时请一定记住他们的名字，这是对他们最好的感谢。在《手册》出版之际，我也要向为《手册》提供资料和其他方便条件的单位和同志们表示衷心的感谢。

我相信，这套《手册》一定会成为石油化工、化工行业广大工程技术人员十分喜爱的工具书。

中国工程院院士



2001年8月

第 1 版前言

石油化学工业是能源和原材料工业的重要组成部分，在国民经济中具有举足轻重的地位和作用。2000 年我国原油加工能力 2.737 亿吨/年，加工原油 2.106 亿吨，居世界第三位；乙烯生产能力 446.32 万吨/年，产量 470.00 万吨，列世界第七位。我国的石化工业已形成完整的工业体系，具有比较雄厚的实力。在石化工业发展的过程中，石化战线的设计工作者进行了大量的设计实践，积累了丰富的经验，提高了设计技术水平，亟需进行归纳整理，使其系统化、逻辑化、规范化，提供给广大设计工作者及有关工程技术人员应用。为此，化学工业出版社组织有关专家编写了《石油化工设计手册》。

这套手册已列为“十五”国家重点图书。手册共分四卷，约 900 余万字。自 1997 年开始组织，先后有 100 余人参加编写，这些作者都是具有扎实的理论功底和丰富实践经验的专家、教授。他们在编写工作的前期，仔细研究了国内外石油化工设计工作的现状，明确了指导思想，制定了编写大纲，此后多次征求有关方面的意见，并反复进行补充修改。在编写过程中，始终坚持理论联系实际、实事求是、突出实用等原则，对标准、规范、图表、公式和数据资料进行精心筛选，慎重取材。形成文稿后，又对稿件进行多次审查，重点章节经反复讨论、推敲，最后交执笔专家修定。各位专家一丝不苟、认真负责和谦虚谨慎、艰辛耕耘的精神令人钦佩。相信这套手册的出版不仅为石化广大工程技术人员提供一套重要的工具书，而且会对我国石化工业的发展有所裨益。

由于在国内第一次出版石油化工专业的设计手册，经验不足，书中疏漏和不妥之处，敬请专家和读者不吝指正。

袁晴棠 张旭之

2001 年 10 月

目 录

第 1 章 概述

1.1 工艺专业在设计各阶段的任务	1	1.2.2 在设计各阶段的任务	3
1.1.1 设计前期工作阶段的任务	1	1.3 设计岗位的职责和任务	4
1.1.2 工艺设计阶段	1	1.3.1 设计岗位的职责及权限	4
1.1.3 基础工程设计阶段	2	1.3.2 设计岗位的任务	6
1.1.4 详细工程设计阶段	2	1.4 装置运行的组织和保障体系	10
1.1.5 试车及考核阶段的任务	3	1.4.1 生产的组织机构	10
1.2 工艺系统专业在设计各阶段的任务	3	1.4.2 生产过程的管理	11
1.2.1 概述	3		

第 2 章 设计基础

2.1 概述	14	2.10.2 副产品及化学品规格	27
2.2 工厂选址	14	2.11 公用工程条件	27
2.2.1 厂址选择	14	2.11.1 蒸汽系统	27
2.2.2 厂址选择的工作阶段	17	2.11.2 水系统	29
2.3 自然条件	18	2.11.3 供电及电信系统	30
2.3.1 一般现场数据	18	2.11.4 燃料系统	31
2.3.2 气象数据	20	2.11.5 供氧系统	32
2.4 装置能力	21	2.12 三废排放要求及处理原则	32
2.5 操作制度	21	2.12.1 废气	32
2.6 设计工况	21	2.12.2 废水	33
2.7 装置操作弹性	21	2.12.3 废液	33
2.8 设计规范和标准	22	2.12.4 废渣	33
2.8.1 第一种规范分类方法	22	2.13 界区条件	34
2.8.2 第二种规范分类方法	26	2.13.1 界区处的原料设计条件	34
2.9 原料规格	26	2.13.2 界区处的产品设计条件	34
2.9.1 原料组成	26	2.13.3 界区处的副产品及化学 品设计条件	34
2.9.2 原料规格	26	2.14 工艺设计基础	35
2.10 产品、副产品及化学品规格	27		
2.10.1 产品规格	27		

第 3 章 工艺设计及计算

3.1 工艺包设计	36	3.1.5 物料和热量衡算	45
3.1.1 概述	36	3.1.6 工艺设备数据表	50
3.1.2 工艺的主要内容	37	3.1.7 工艺设备表	50
3.1.3 工艺流程说明	42	3.1.8 原料、催化剂、化学品消耗量及消 耗定额和产品、副产品产量	50
3.1.4 工艺流程图 (PFD)	42		

3.1.9 原料、催化剂、化学品和产品、 副产品规格	63	3.3.3 反应流程的优化	78
3.1.10 公用物料消耗定额及消耗量	63	3.3.4 精馏流程的优化	79
3.1.11 公用物料规格	64	3.3.5 蒸发系统	80
3.1.12 分析化验要求	65	3.3.6 工艺设备的选择	80
3.1.13 生产装置界区条件表	65	3.3.7 设备材质的选择	86
3.1.14 三废排放及建议的处理措施	65	3.3.8 压力容器的设计分类及工艺设 备的特殊制造要求	86
3.1.15 安全分析	67	3.3.9 工艺流程控制方案的设计	87
3.1.16 建议的设备平面布置图	71	3.4 过程能量综合	94
3.1.17 工艺手册操作指南	73	3.4.1 概述	94
3.2 工艺包设计的工作程序	74	3.4.2 夹点分析法	96
3.2.1 工艺包设计阶段的主要工作程序 ..	74	3.4.3 焓分析方法	112
3.2.2 工艺专业完成设计条件的步骤	75	3.4.4 三环节能量综合策略方 法及应用	123
3.2.3 工艺包阶段工艺专业的条件关系 ..	76	3.4.5 全局能量综合优化	148
3.3 工艺设计的原则和方法	77	参考文献	155
3.3.1 工艺路线的选择	77		
3.3.2 工艺流程方案的优化	78		

第 4 章 基础工程设计

4.1 概述	157	4.8.1 管道表填写内容	205
4.2 工艺管道及仪表流程图 (PID)	159	4.8.2 管道表填写说明	205
4.2.1 基本内容	159	4.8.3 管道表的出版与修订	206
4.2.2 工艺管道及仪表流程图 (PID) 的设计过程	162	4.9 生产装置界区条件表	206
4.2.3 PID 设计所需资料	166	4.10 平面布置图	208
4.2.4 PID 的图面布置和制图要求	166	4.10.1 装置布置设计的一般要求	209
4.2.5 典型设备的 PID 设计	170	4.10.2 管廊和主要设备的布置	211
4.2.6 PID 校核提纲	194	4.11 工艺设备表	219
4.3 公用系统管道及仪表流程图 (UID) ..	196	4.11.1 容器类设备	219
4.3.1 基本内容	196	4.11.2 换热器类设备	219
4.3.2 图例	196	4.11.3 工业炉类设备	220
4.4 工艺流程说明	198	4.11.4 泵类设备	220
4.5 原料、产品、副产品、燃料、催化剂、化学 品及公用物料的技术规格	198	4.11.5 压缩机、风机类设备	220
4.5.1 设计需知	198	4.11.6 机械类设备	220
4.5.2 基本内容	198	4.11.7 其他类设备	220
4.6 原料、催化剂、化学品、公用物料消耗定 额及消耗量和产品、副产品产量表	201	4.12 工艺设备数据表	284
4.6.1 设计需知	201	4.13 劳动安全卫生	284
4.7 管道标志	203	4.13.1 建设依据和设计依据	284
4.7.1 需要编号的管道范围	203	4.13.2 工程概述	284
4.7.2 管道标注方法	203	4.13.3 生产过程中职业危险、 危害因素分析	284
4.7.3 管道号的编制	203	4.13.4 设计采用的主要安全卫 生防范措施	284
4.8 管道表	205	4.13.5 预期效果与评价	285
		4.13.6 劳动安全卫生预评价结论	285

4.13.7 专用投资概算	285	4.15.1 工艺系统在各个设计阶段 的条件关系	286
4.13.8 存在问题与建议	285	4.15.2 工艺系统和仪表专业之间 的条件关系	290
4.13.9 附图	285		
4.14 人员编制	285		
4.15 工艺系统及其他专业的条件关系	285		

第 5 章 系统设计

5.1 概述	294	5.5.11 故障原因分析及处置	441
5.2 设计压力的确定	294	5.6 疏水器的计算和选型	442
5.2.1 术语	294	5.6.1 疏水器的设置	442
5.2.2 系统分析	295	5.6.2 疏水器的种类及主要技术性能	444
5.2.3 设备设计压力的确定原则	296	5.6.3 疏水器的选择	449
5.2.4 管道设计压力的确定原则	296	5.6.4 疏水器系统设计	454
5.3 设计温度的确定	298	5.7 爆破片的设计和选用	458
5.3.1 设备设计温度的确定	298	5.7.1 概述	458
5.3.2 管道设计温度的确定	298	5.7.2 有关爆破片的名词、术语	459
5.4 管道水力学的设计	299	5.7.3 爆破片设置及选用	461
5.4.1 管道水力学设计步骤	299	5.7.4 爆破片的泄流量和泄放面积的 计算及爆破压力	461
5.4.2 初选管径的计算	300	5.7.5 爆破片的选用	468
5.4.3 摩擦压力降的计算	303	5.7.6 爆破片与安全阀的组合使用	470
5.4.4 管网压力降的计算	318	5.7.7 爆破片的安装与维护	471
5.4.5 单相流（不可压缩流体）的管 道压力降计算	319	5.8 阻火器计算	476
5.4.6 单相流（可压缩流体）的管 道压力降计算	335	5.8.1 概述	476
5.4.7 气-液两相流（非闪蒸型）的管 道压力降计算	346	5.8.2 分类	476
5.4.8 气-液两相流（闪蒸型）的管 道压力降计算	361	5.8.3 阻火器的设置	476
5.4.9 气-固两相流的管道压力降计算	368	5.8.4 阻火器的设计	477
5.4.10 真空系统的管道压力降计算	385	5.8.5 阻火器压力降的计算	479
5.4.11 浆液流的管道压力降计算	396	5.9 蒸汽喷射泵的设计	486
5.4.12 计算机软件的应用	407	5.9.1 蒸汽喷射泵的原理和计算	486
5.5 安全阀的选择与应用	407	5.9.2 安装与操作	494
5.5.1 概述	407	5.9.3 喷射泵计算实例	496
5.5.2 设置安全阀的场合	408	5.10 呼吸阀的选用	502
5.5.3 安全阀的结构形式及分类	409	5.10.1 呼吸阀的用途和结构	502
5.5.4 安全阀的选择	411	5.10.2 呼吸阀的计算	506
5.5.5 安全阀的定压、积聚压力 和背压的确定	416	5.10.3 呼吸阀的选用及安装	508
5.5.6 安全阀需要排放量的计算	419	5.10.4 呼吸阀的参数表	509
5.5.7 安全阀泄放能力的计算	424	5.11 隔热及伴热设计	519
5.5.9 安全阀的安装	434	5.11.1 隔热设计	520
5.5.10 安全阀的泄漏试验	440	5.11.2 伴热的选用	520
		5.11.3 蒸汽伴热保温计算	521
		5.11.4 电伴热保温计算	529
		5.12 管道混合器的计算与选型	531
		5.12.1 应用范围	531

5.12.2	静态混合器的类型	532	5.17.4	设置隔声罩	587
5.12.3	静态混合器的技术参数及压力降计算	534	5.17.5	消声器选用实例	592
5.12.4	主要静态混合器参数表	537	5.18	人身防护系统的设计	593
5.12.5	静态混合器的安装	538	5.18.1	应用范围	593
5.12.6	选型步骤及例题	539	5.18.2	安装位置	593
5.13	气封和液封的设计	545	5.18.3	设计要求	593
5.13.1	气封的作用	545	5.18.4	性能数据和产品图示	594
5.13.2	气封的设计	545	5.19	装置内辅助系统的设计	599
5.13.3	液封的类型	547	5.19.1	辅助系统的设计	599
5.13.4	液封的设计	548	5.19.2	蒸汽及冷凝水系统	600
5.14	管道过滤器和检流器的设计	550	5.19.3	冷冻盐水系统	601
5.14.1	管道过滤器的分类	551	5.19.4	循环水系统	601
5.14.2	管道过滤器订货须知	552	5.19.5	仪表空气系统	601
5.14.3	管道过滤器的安装	554	5.19.6	氮气、装置空气系统	601
5.14.4	检流器的类型	554	5.19.7	燃料气系统	601
5.14.5	检流器的设置	554	5.19.8	公用物料站的设计	602
5.14.6	检流器的安装	555	5.20	取样系统的设计	603
5.15	管道限流孔板和盲板的设计	563	5.20.1	系统的分类	603
5.15.1	限流孔板的应用	563	5.20.2	各类取样系统的设计	604
5.15.2	限流孔板选型	563	5.20.3	取样器的使用注意事项	605
5.15.3	限流孔板计算方法和实例	564	5.21	阀门选用设计	608
5.15.4	限流孔板设计附图和附表	567	5.21.1	阀门的选用	609
5.15.5	盲板的设置	568	5.21.2	阀门和阀门组的设置	610
5.16	贮罐的选型	571	5.22	气液分离器的计算与选用	618
5.16.1	贮罐的分类及其用途	571	5.22.1	气液分离器	618
5.16.2	名词解释	575	5.22.2	液液分离器	623
5.16.3	贮罐选型的原则与步骤	577	5.23	火炬系统	627
5.16.4	贮罐容积的计算方法	577	5.23.1	概述	627
5.16.5	贮罐内件的设置原则	578	5.23.2	火炬气排放管网的设计	631
5.16.6	常压罐的管口	578	5.23.3	火炬装置的工艺和系统设计及总图布置	636
5.16.7	带压罐的管口	579	5.23.4	火炬的燃烧特性	640
5.17	噪声控制的设计	583	5.23.5	火炬装置主要设备的设计	642
5.17.1	噪声控制标准	583	5.23.6	火炬气回收	650
5.17.2	噪声控制设计原则	584	5.23.7	火炬系统的本质安全	652
5.17.3	设计内容	584			

第6章 自动控制

6.1	工业自动化仪表	655	6.1.6	过程分析仪表	674
6.1.1	概述	655	6.1.7	控制室仪表	677
6.1.2	流量测量仪表	656	6.1.8	控制阀	679
6.1.3	压力测量仪表	665	6.1.9	变送器	697
6.1.4	物位测量仪表	667	6.2	自动控制系统的设计	702
6.1.5	温度测量仪表	670	6.2.1	简单控制系统	702

6.2.2 复杂控制系统	704	6.4 原油蒸馏过程建模与在线优化控制	749
6.3 先进过程控制	725	6.4.1 原油蒸馏过程工艺简述	749
6.3.1 概述	725	6.4.2 严格在线过程模型	750
6.3.2 先进过程控制及预测控制 的基本原理	728	6.4.3 过程稳态优化模型	752
6.3.3 主要先进控制工具软件包	730	6.4.4 原油常压塔侧线产品质量 多变量智能控制	756
6.3.4 先进过程控制应用举例——聚丙 烯先进过程控制	736	6.4.5 原油常压塔质量估计中的 软测量仪表	759

第7章 工艺安全

7.1 概述	763	Risk Assessment)	776
7.1.1 术语与定义	763	7.4 安全设计依据及基本原则	777
7.1.2 设计单位的主要安全职责	763	7.4.1 安全设计依据	777
7.1.3 安全设计基本程序	764	7.4.2 国家法律法规体系	777
7.2 工艺物料危险性分析	764	7.4.3 国家标准规范及强制性条文	777
7.2.1 危险化学品数据	764	7.4.4 国家标准规范实施要点	778
7.2.2 火灾危险性分析	765	7.4.5 安全设计基本原则	779
7.2.3 爆炸危险区划分	766	7.5 工艺过程风险控制措施	779
7.2.4 职业性接触毒物分级 及接触限值	766	7.5.1 安全对策措施与风险控制	779
7.3 工艺过程风险评估	768	7.5.2 安全对策措施特性及选用原则	780
7.3.1 主要的危险化工工艺	768	7.5.3 安全设施定义与分类	780
7.3.2 过程危险源分析	768	7.5.4 工艺本质安全设计	780
7.3.3 传统的危险源分析方法	770	7.5.5 安全仪表系统与可燃有毒气体 检测系统设计	781
7.3.4 各设计阶段过程危险源分析	772	7.5.6 安全泄放装置及系统	783
7.3.5 工艺过程危险分析 (PHA, Process Hazard Analysis)	773	7.5.7 紧急切断阀 (EBV)	784
7.3.6 危险与可操作性研究 (HAZOP, HazardAnd Operability Study) ...	774	7.5.8 设备和管道材料的选用	785
7.3.7 量化风险评估 (QRA, Quantitative		7.5.9 应急措施设计	786
		7.5.10 抗爆建筑物设计	786

第8章 计算机辅助设计

8.1 概述	788	8.3.8 功能扩展	816
8.2 流程模拟	789	8.3.9 稳态模拟示例	825
8.2.1 流程模拟软件发展历史	790	8.4 动态流程模拟	832
8.2.2 主要流程模拟软件介绍	792	8.4.1 动态流程模拟的类型	834
8.3 稳态流程模拟	794	8.4.2 在 Aspen Plus 中清理不适 用的模块	834
8.3.1 稳态流程模拟系统的构成	794	8.4.3 在 Aspen Plus 中完善稳 态流程模拟	834
8.3.2 物性数据库和物性计算	794	8.4.4 在 Aspen Plus 中估算塔器尺寸	834
8.3.3 参数回归	807	8.4.5 在 Aspen Plus 中输入动态 模拟所需参数	835
8.3.4 单元操作模块	808	8.4.6 在 Aspen Plus 中运行	
8.3.5 切割物流和收敛方法	810		
8.3.6 流程选项	812		
8.3.7 模型分析	814		

压力检查器	835
8.4.7 在 Aspen Plus 中导出动态 流程模拟文件	835
8.4.8 Aspen Plus Dynamics 中的流程	836

8.4.9 运行动态流程模拟	837
8.4.10 控制方案的完善	837
8.4.11 控制器参数的整定	839

第 9 章 贮罐工艺设计

9.1 贮罐分类	841
9.1.1 概述	841
9.1.2 分类	841
9.2 常用各种贮罐设计原则及计算	842
9.2.1 球罐	842
9.2.2 小型贮罐	847
9.2.3 低温贮罐	849
9.2.4 固定顶贮罐	858
9.2.5 外浮顶贮罐	879
9.2.6 内浮顶贮罐	890
9.2.7 湿式气柜	893
9.2.8 干式气柜	904
9.2.9 粮仓	908
9.3 石油化工贮罐工艺设计及计算	916
9.3.1 石油化工产品贮存工艺方法	916
9.3.2 容量计算和基本尺寸的选择	921
9.3.3 设计压力和设计温度的确定	923
9.3.4 惰性气体量的计算	926
9.3.5 贮罐液体蒸发损失	928
9.3.6 贮罐的加热与冷却	937

9.3.7 贮罐保温	948
9.3.8 钢贮罐基础的工艺要求	951
9.4 石油化工贮罐主要附件的 选择与计算	954
9.4.1 进料管和出料管的设计	954
9.4.2 集水罐的设计	961
9.4.3 防涡流挡板	961
9.4.4 呼吸装置	970
9.4.5 防护装置	983
9.4.6 贮罐内物料流动时的静 电及防止办法	990
9.4.7 贮罐消防的工艺要求	1004
9.5 贮罐及管道用钢材	1007
9.5.1 基本要求	1007
9.5.2 钢板	1007
9.5.3 钢管	1013
9.5.4 锻件	1015
9.5.5 螺柱和螺母	1015
参考文献	1019

第 1 章 概 述

本卷的内容主要是叙述石油化工设计中工艺和工艺系统两个专业在设计内容、设计程序,以及完成的设计文件常用的计算方法和基本的工程原理。

工艺专业的主要任务是完成工艺流程的模拟计算、工艺流程图 (Process flow diagram, 以 PFD 表示) 以及和工艺过程密切相关的公用物料流程图 (Utilities flow diagram, 以 UFD 表示) 的绘制,提出初步的设备平面布置图和主要的设备条件。工艺系统专业的主要任务是把工艺专业完成的工艺流程设计进一步完善,达到工程化的要求。首先要完成各个设备的结构尺寸的计算,完成工艺管道及仪表流程图 (Process pipes and instrument flow diagram, 以 PID 表示) 和公用物料管道及仪表流程图 (Utilities pipes and instrument diagram, 以 UID 表示) 的设计任务,给各有关专业提出设计条件。

1.1 工艺专业在设计各阶段的任务

1.1.1 设计前期工作阶段的任务

① 参加项目建议书、项目可行性研究报告的编制工作,承担有关工艺部分的研究,并编写相应文件。

② 参加项目报价书、投标书技术文件的编写,承担有关工艺部分的研究,并编写相应文件,参加有关投标书的技术内容介绍、合同谈判、编写有关合同附件。

③ 参加引进技术项目的询价书编写,对投标书研究讨论 (评标),合同谈判以及合同技术附件研究讨论。

④ 大中型石油化工厂或联合装置需要进行总体规划设计时,对有关项目提出可供总体规划参考的设计条件。

1.1.2 工艺设计阶段

在工艺设计阶段,工艺专业作为主导专业设计人员应配合专利所有者或研究部门完成以下各项工作。

① 确定设计基础。

- a. 所采用的工艺技术路线及其依据,装置的年设计生产能力、年操作小时数及装置操作弹性等。
- b. 原材料、辅助原料、催化剂、化学品的规格要求及界区条件。
- c. 产品、中间产品及副产品的规格 (产品牌号、规格、性能等) 要求。
- d. 产品方案及产品性能。
- e. 公用物料的各项规格要求及界区条件 (温度、压力等)。
- f. 提出原材料、辅助原材料、催化剂、化学品、工艺过程中公用物料的消费定额及副产品产出定额 (预期值)。
- g. 提出工艺过程排出物 (气体、液体、固体等) 的排放源、排放数量及其组成。
- h. 编写工艺安全生产和职业卫生两方面的设计内容。
- i. 提出工艺操作所需定员。

② 进行全流程的物料平衡及热量平衡计算。应进行必要的方案比较、选择,并考虑适当

的操作弹性（全流程的操作弹性，还有重要工段或重要设备的操作弹性）。

③ 绘制 PFD，图中应表示出工艺生产过程中的主要设备、主要工艺物流、重要控制方案、主要操作参数、换热设备的热负荷、特殊阀门等。

还应绘制与工艺过程关系密切的 UFD。

④ 编制物料平衡表，应表示主要工艺物流的有关数据，如流量、组成、温度、压力、平均相对分子质量及物料的重要物理性质（密度、黏度等）。

⑤ 编写工艺说明，按工艺流程顺序详细说明生产过程，应包括有关的化学反应及其机理、操作条件、主要设备的特点、重要的控制方案说明等内容。

⑥ 进行主要设备的工艺计算，包括反应器、容器、塔器的工艺计算，换热设备的热负荷计算等工作。

⑦ 在设备专业人员协助下，编制工艺设备表和反应器、搅拌器、容器的工艺设备数据表；编制机泵及其他特殊设备工艺数据汇总表。

⑧ 向仪表专业提供主要控制及联锁方案的初步要求，工艺介质的物性及操作参数，以便仪表专业开展设计工作。

⑨ 向电气专业提供工艺介质有关物性数据、操作参数等，以便电气专业编制危险区域划分图。此外，还需提供工艺对电气系统的要求，例如，对电机自启动的要求等。

⑩ 工艺专业人员负责绘制并向总图、配管、电气等专业提供建议的工艺设备布置图。

⑪ 向配管材料专业提供工艺管道使用条件表，提供工艺介质的特性（易燃、易爆、有毒、腐蚀、渗透、溶解性、黏滞性、浆液等）、操作参数（最高、最低温度，最高压力或真空度等）等条件，以便配管材料专业编制特殊管道材料等级表。

⑫ 向分析专业提出分析化验条件表。

⑬ 编写生产操作和安全规程要领（指南）。

⑭ 收集、整理与工艺有关的科研报告及专利文件。

1.1.3 基础工程设计阶段

根据工艺设计包联络会议或审核会议纪要对有关文件进行必要的调整或修改，作为基础工程设计依据。

① 配合工艺系统专业完成 PID 及 UID 的设计，以保证其符合工艺要求。特别需要注意装置安全操作、开停车及事故处理等措施。

② 对配管专业完成的设备布置图进行检查，应注意设备布置能否满足工艺操作方便、安全、物料走向合理和节省投资等要求。

③ 板式塔数据表、填料塔数据表和换热器数据表，由工艺专业向化学工程专业提出工艺条件，由化学工程专业为主导专业来完成编制任务。反应器数据表、容器数据表、搅拌器数据表，由工艺专业按工艺设备数据表编写规定，完成自己的工作内容，再由工艺系统专业为主导专业完成编制任务。其他工艺数据表按专业分工规定，由相关专业完成。

④ 确认工艺系统专业向分析专业提出的取样点条件。

⑤ 对制造厂提供的工艺设备初期资料和最终资料，进行工艺专业的确认。

1.1.4 详细工程设计阶段

① 工艺专业对供货厂商提供的关键设备、机泵等的最终图纸资料进行核查，以确保其满足工艺的要求。

② 检查 PID 及 UID、设备布置图及有特殊要求的配管图等详细工程设计图纸、文件等，

应满足开车、停车、正常操作、事故处理等各方面的要求。

③ 如有必要，与专利商或生产厂合作编制操作手册。

④ 参加装置模型的会审。

1.1.5 试车及考核阶段的任务

① 工艺设计人员应参加装置的试车及考核，并协助专利商或研究部门负责工艺方面的有关工作。

② 收集、整理现场操作参数及运行数据，了解试车、运行及考核中出现的问题，以便改进工艺技术和工艺设计。

1.2 工艺系统专业在设计各阶段的任务

1.2.1 概述

① 作为基础工程设计阶段主导专业，其首要职责是负责工艺系统设计，将化工工艺设计成果转变为工程设计成品，在仪表专业参与下，编制出各版 PID（包括工艺 PID 和 UID），作为配管专业进行配管研究和详细工程设计的主要依据。

② 通过对工艺流程系统的安全分析、经济分析及各项计算，在工艺流程中完成正确合理配置管道、阀门、管件、隔热、伴热、仪表以及安全泄放系统和气封系统的设计，以满足正常生产、开停车及事故情况下的安全要求。

③ 根据工艺物料的特性和工艺流程的特点，在整个生产过程中采取切实可行的安全和工业卫生防护措施，以符合国家颁发的对人身安全和环境保护的各项指标要求。

④ 为满足各专业开展工程设计及为它们提供订货资料而编制必要的设计条件和基础数据。

1.2.2 在设计各阶段的任务

(1) 设计前期工作阶段的任务

① 项目建议书和可行性研究报告编制工作中的工艺系统专业部分的工作。

② 报价书的编制工作。

(2) 工程设计阶段的任务

① 工程设计前期准备工作

a. 接受经批准的设计任务书或与业主签订的合同文件。

b. 取得完整的设计基础资料。

c. 接受工艺专业发表的全套工艺设计包资料。

d. 接受设计经理、工艺等专业提供的设计条件表及有关图纸资料。

e. 进行人工时估算及拟定工作进度表。

f. 编制专业设计统一规定及设计规定汇总表。

② 工艺包设计和基础工程设计阶段

a. 在工艺包设计阶段，设计工作以工艺专业为主，工艺系统专业可根据需要参加部分设计工作。

b. 编制并提出各有关专业设计条件。

c. 进行工艺流程系统分析。包括经济分析，安全分析，隔热、伴热系统分析。

d. 进行系统各项计算。包括管径计算及管道水力计算，安全阀、爆破片等项计算，气封系统计算。

e. 根据各项计算结果编制各类工艺设备数据表，编制安全阀规格书、爆破片规格书、呼