

“十二五”国家重点图书出版规划项目

石油炼制工程师手册 (第II卷)

炼油装置工艺与工程

刘家明 王玉翠 蒋荣兴◎主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

“十二五”国家重点图书

石油炼制工程师手册(第Ⅱ卷)

炼油装置工艺与工程

刘家明 王玉翠 蒋荣兴 主编

副主编 徐承恩

编委

陈开雄 戴文松 符林定 胡德铭
中国版本图书馆(CIP)数据核字(2010)第30830号

陈开雄 戴文松 符林定 胡德铭
中国版本图书馆(CIP)数据核字(2010)第30830号

陈开雄 戴文松 符林定 胡德铭
中国版本图书馆(CIP)数据核字(2010)第30830号

陈开雄 戴文松 符林定 胡德铭
中国版本图书馆(CIP)数据核字(2010)第30830号

陈开雄 戴文松 符林定 胡德铭
中国版本图书馆(CIP)数据核字(2010)第30830号

陈开雄 戴文松 符林定 胡德铭
中国版本图书馆(CIP)数据核字(2010)第30830号

陈开雄 戴文松 符林定 胡德铭
中国版本图书馆(CIP)数据核字(2010)第30830号

陈开雄 戴文松 符林定 胡德铭
中国版本图书馆(CIP)数据核字(2010)第30830号

中国石化出版社

内 容 提 要

《炼油装置工艺与工程》为《石油炼制工程师手册》的第Ⅱ卷。本书系统地总结了炼油厂各工艺过程技术的发展、科研成果、设计经验和工业实践。内容包括：原油蒸馏工艺、流化催化裂化工艺、焦化和减黏裂化工艺、重油加氢处理工艺、氢气回收与制氢工艺、催化重整工艺、芳烃生产工艺、炼油厂气体加工工艺、润滑油基础油生产工艺、石蜡生产工艺和硫回收工艺。同时，本书还对与各工艺过程有关的静(动)设备、加热炉、装置平面布置及工艺管道、仪表及自动控制和投资估算与财务评价也进行了阐述。

本书具有科学性、系统性、新颖性、理论性和实用性。突出理论与实践相结合、工艺与工程相结合、技术与经济相结合和国内与国外相结合的特点。

本书读者对象为石油和石油化工厂广大科技工作者，包括：科研、设计、生产、管理和基本建设方面的专业人员，也适用于大专院校的师生。

图书在版编目(CIP)数据

炼油装置工艺与工程 / 刘家明主编. —北京: 中国石化出版社, 2017. 1
(石油炼制工程师手册)
ISBN 978-7-5114-4339-7

I. ①炼… II. ①刘… III. ①石油炼制-化工设备-手册 IV. ①TE96-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 308390 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区吉市口路 9 号
邮编: 100020 电话: (010) 59964500
发行部电话: (010) 59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京富泰印刷有限责任公司印刷
全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 91.5 印张 4 彩页 2302 千字
2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷
定价: 480.00 元



20万吨 / 年硫黄回收装置

140万吨 / 年制氢装置



福建联合石化 170万吨 / 年溶剂脱沥青装置



福建炼化 210万吨 / 年加氢裂化装置



海南炼化 60 万吨 / 年对二甲苯装置



海南炼化 310 万吨 / 年渣油加氢处理装置



茂名石化 30 万吨 / 年聚丙烯装置



青岛炼化 300 万吨 / 年延迟焦化装置



全厂中央控制室 (包括调度、计划管理)



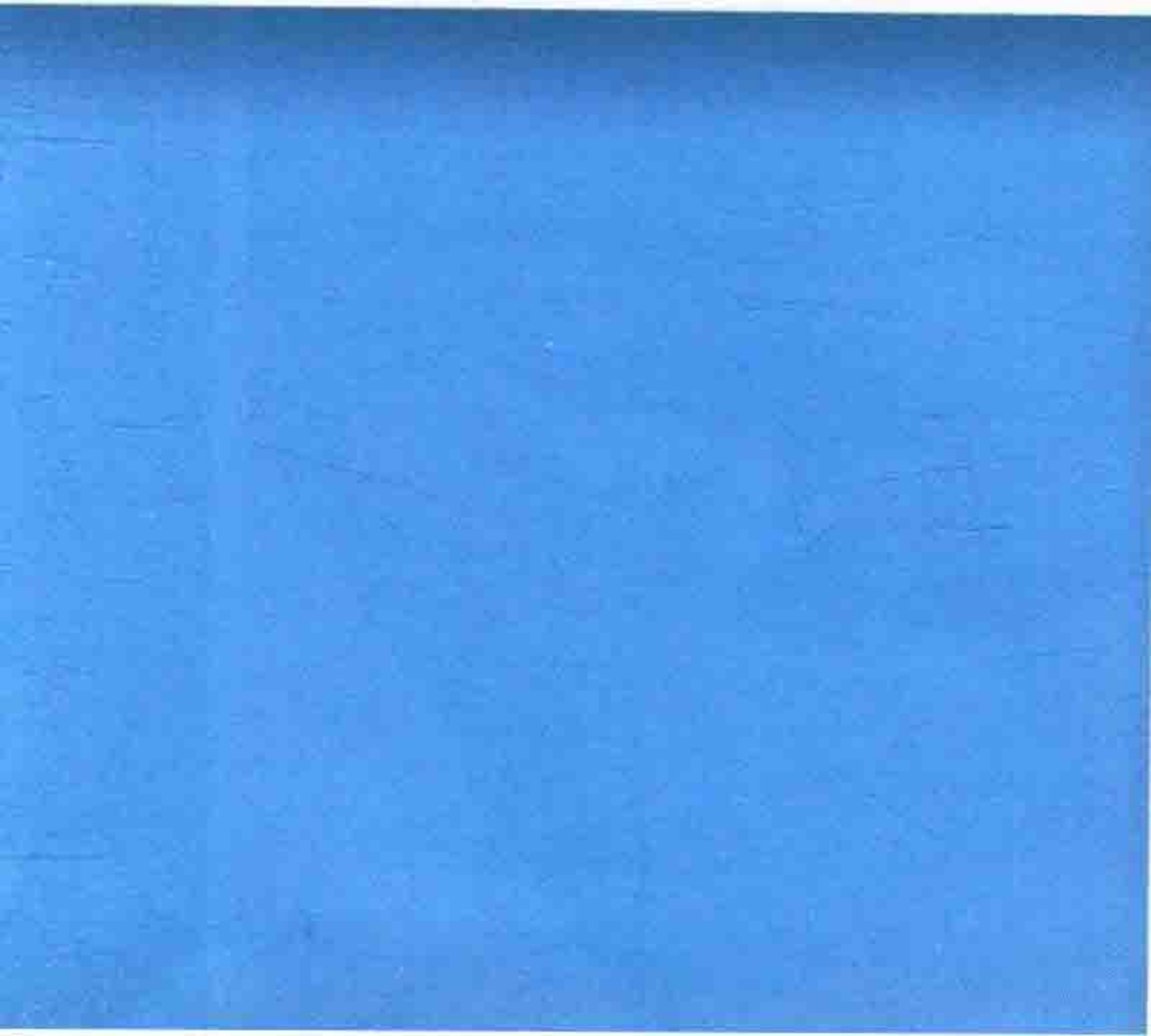


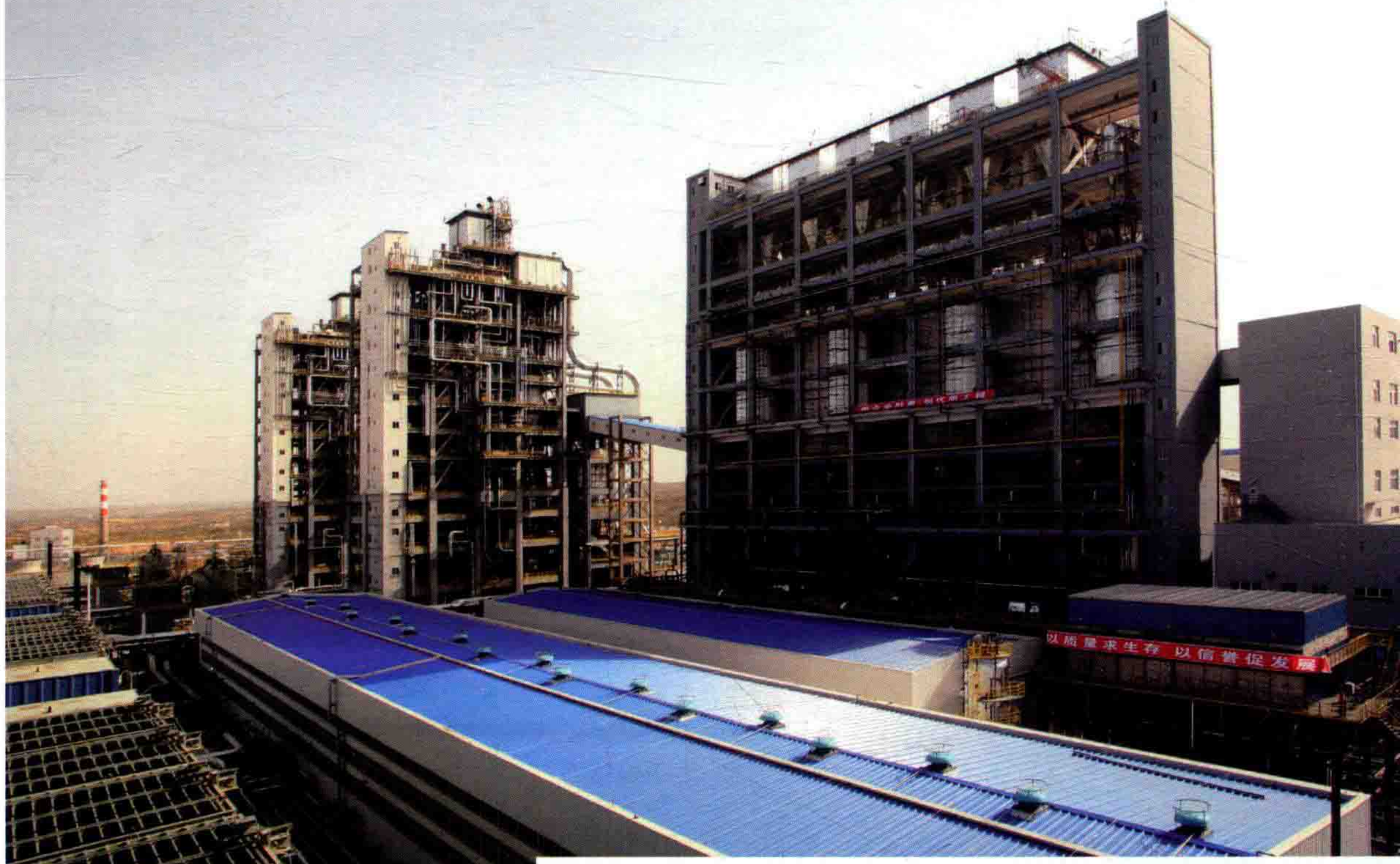
泉州石化 60 万吨 / 年 C_5-C_6 异构化装置

泉州石化 340 万吨 / 年催化裂化装置



泉州石化 1200 万吨 / 年常减压装置





神华百万吨级煤直接液化制油装置

延长集团延安石化厂 180 万吨 / 年 S Zorb 装置



液化天然气 (LNG) 接收站



《石油炼制工程师手册》
《炼油装置工艺与工程》编委会

主 任 王子康

副 主 任 李国清 孙丽丽 王玉翠

主 编 刘家明 王玉翠 蒋荣兴

副 主 编 范传宏

顾 问 徐承恩

编 委 (以下按汉语拼音 a-z 顺序排列):

陈开辈 戴文松 范传宏 胡德铭

胡 宏 黄绍明 霍宏伟 李出和

李 浩 李志强 罗家弼 马庚宇

孟 兵 孟庆海 孙 毅 童以豪

王存智 王宗景 吴 雷 杨 栋

杨启业 叶向东 于鸿培 余齐杰

袁毅夫 袁忠勋 张德姜 张建荣

张秀军 张迎恺 赵广明 赵文忠

赵 怡 朱昌莹 朱敬镐 庄 剑

祖 超

编 辑 部

主 任 赵 怡

成 员 韩 勇 胡德铭 应江宁 孙其华

《石油炼制工程师手册》

第Ⅱ卷《炼油装置工艺与工程》

撰稿人和审稿人

章节	题目	撰稿人	审稿人
第一章	概论	胡德铭、王玉翠	朱昌莹、徐承恩
第二章	原油蒸馏工艺	陈开辈	祖超、袁毅夫
第三章	流化催化裂化工艺		
第一节	催化裂化的技术发展	王韶华	张必强、侯凯锋、吴雷
第二节	原料与产品	王韶华	
第三节	催化剂和助剂	王韶华	
第四节	反应再生系统操作变量	徐永根	
第五节	流态化基本原理	范声	
第六节	反应系统工程	徐永根	
第七节	再生系统工程	徐永根	
第八节	关键设备与材料	王韶华	
第九节	分馏及吸收稳定系统	王韶华	
第十节	装置节能降耗	王韶华	
第十一节	烟气处理技术	王韶华	
第十二节	工业应用案例	王韶华	
第四章	焦化及减黏裂化工艺	胡刚	王玉翠、李出和
第五章	溶剂脱沥青工艺	李蕾	王玉翠、李出和
第六章	油品精制工艺		
第一节	汽油馏分精制	吴德飞	李浩、朱昌莹
第二节	煤油馏分加氢精制	蹇江海	李浩、张强、范传宏、朱昌莹
第三节	柴油馏分加氢精制	蹇江海	张强、李浩、范传宏、朱昌莹
第四节	减压蜡油馏分加氢处理	蹇江海	李浩、范传宏、朱昌莹
第七章	重油加氢处理工艺		
第一节	加氢裂化	蹇江海、范传宏	刘凯祥、朱昌莹
第二节	渣油加氢处理	蹇江海、范传宏	李浩、刘凯祥、朱昌莹
第八章	氢气回收与制氢工艺	王青川	王明耀、侯凯锋、王玉翠、戴文松
第九章	催化重整工艺	姜晓花	刘永芳、袁忠勋、罗家弼
第十章	C ₅ /C ₆ 烷烃异构化工艺	张方方	刘永芳、袁忠勋、罗家弼
第十一章	芳烃生产工艺		

续表

章节	题目	撰稿人	审稿人
第一节	装置构成	刘永芳	袁忠勋、罗家弼
第二节	芳烃抽提	易建彬	
第三节	二甲苯精制与分馏	刘永芳	
第四节	吸附分离	刘永芳	
第五节	二甲苯异构化	刘永芳	
第六节	歧化和烷基转移	刘永芳	
第七节	芳烃联合装置低温热回收技术	刘永芳	
第八节	主要设备	刘永芳	
第九节	技术展望	刘永芳	
第十二章	炼油厂气体加工工艺		
第一节	炼油厂气体精制	燕为民	王明耀、朱学军、潘丽莉
第二节	干气中 C ₂ 组分的提浓与回收	张竹梅、王明耀	侯凯锋、王玉翠、黄绍明
第三节	气体分馏及丙烯生产	张立新	侯凯锋、潘丽莉、黄绍明
第四节	烷基化	张立新	王明耀、潘丽莉、王玉翠
第五节	催化叠合	张立新	黄绍明、潘丽莉、王玉翠
第六节	催化裂化干气制乙苯	王明耀	侯凯锋、潘丽莉、王玉翠
第七节	MTBE	王传真	黄绍明、潘丽莉、王玉翠
第八节	聚丙烯生产	胡晓石	王明耀、苏洪
第十三章	润滑油基础油生产工艺		
第一节	润滑油溶剂精制	尹文	王玉翠、朱昌莹
第二节	润滑油溶剂脱蜡	尹文	王玉翠、朱昌莹
第三节	润滑油白土补充精制	尹文	王玉翠、朱昌莹
第四节	润滑油加氢工艺	徐松	范传宏、朱昌莹
第十四章	石油蜡生产工艺		
第一节	石油蜡的生产工艺	尹文	王玉翠、朱昌莹
第二节	石油蜡的精制	尹文、朱昌莹	范传宏、王玉翠
第三节	石油蜡的成型	尹文	王玉翠、朱昌莹
第四节	液蜡生产	吴小平	王玉翠、朱昌莹
第十五章	硫回收工艺	张晓华	燕为民、潘丽莉、黄绍明
第十六章	仪表及自动控制		
第一节	概述	陈争荣	黄绍明、孟兵、陈争荣
第二节	炼油装置的自动控制	孙文林	
第三节	炼油装置的先进控制	张平	
第四节	炼油装置控制系统设置	陈争荣	
第五节	炼油装置中的仪表测量保障措施	陈争荣	
第六节	炼油工程常用仪表计算	孙吉人	
第十七章	设备设计	张迎恺、赖周平	张迎恺、童以豪

续表

章节	题目	撰稿人	审稿人
第十八章	加热炉		
第一节	加热炉在炼油装置中的作用与重要地位	孙毅	尹朝曦、童以豪
第二节	加热炉的传热计算和水力学计算	冯永生	尹朝曦、孙毅、童以豪
第三节	加热炉钢结构	王海涛、厉亚宁	尹朝曦、孙毅、童以豪
第四节	炉管壁厚计算	孙毅	尹朝曦、童以豪
第五节	应力分析在高温管板上的应用	王志民	尹朝曦、孙毅、童以豪
第六节	炉管材质选择	孙毅	尹朝曦、童以豪
第七节	加热炉炉内高温烟气流场分析	周桂娟	尹朝曦、孙毅、童以豪
第八节	燃烧器	刘长爱	尹朝曦、孙毅、童以豪
第九节	炉衬材料	刘长爱	尹朝曦、孙毅、童以豪
第十节	余热回收系统	刘长爱	尹朝曦、孙毅、童以豪
第十一节	加热炉节能的新技术	刘长爱	尹朝曦、孙毅、童以豪
第十二节	加热炉操作参数的选取、管理和控制	孙毅	尹朝曦、童以豪
第十三节	加热炉的检验和维护	孙毅	尹朝曦、童以豪
第十四节	加热炉燃烧器火焰监测	蔡建光	尹朝曦、孙毅、童以豪
第十五节	加热炉的脱硝	张伟乾	刘长爱、孙毅、童以豪
第十九章	动设备	郑学鹏、白岩、王自球	王存智、童以豪
第二十章	装置平面布置	张德姜	丘平
第二十一章	工艺管道		
第一节	管道布置	张德姜	丘平
第二节	管道器材的设计与选用	柯松林	张德姜
第三节	管道的外防腐、绝热与伴热	柯松林	张德姜
第四节	管道应力分析	唐永进	张德姜
第二十二章	投资估算与财务评价	赵文忠	王彤

序

中国炼油工业是国民经济的基础工业之一，担负着为社会提供燃动能源的重任，具有其他能源工业难以替代的作用，对国家能源安全、社会经济发展和建设节约型社会有重要影响。

我国炼油工业经过 60 多年的发展，已形成较为完整的工业体系，基本满足国民经济发展的需要。经过近年来的高速发展，2011 年我国原油加工能力已经达到 5.7 亿吨/年，居世界第二位；乙烯生产能力仅次于美国，达到 1531 万吨/年，乙烯原料主要由炼油厂提供。我国已经能够依靠自主技术设计和建设具有先进水平的千万吨级炼油厂和百万吨级乙烯装置。

在我国炼油工业的发展中，工程设计发挥了极为重要的作用。设计单位与科研院所、生产企业联合攻关，积极开展工程技术开发，充分发挥“桥梁”作用，努力将科研成果转化为现实生产力，推动了我国炼油技术快速发展并达到较高水平。

炼油厂和炼油装置的工程设计，涉及众多学科和专业，是极为复杂的系统工程。设计单位组织广大设计人员创新设计理念、工程技术和设计方法，开展项目管理创新，大力开展基础工作，全面提升了设计水平和设计质量，取得了骄人的成绩，也积累了极其丰富的设计经验。

目前，我国炼油工业正面临石油资源不足、炼油厂大幅节能减排、油品质量快速升级、多产运输燃料与化工原料需求之间存在矛盾等系列挑战，为了提高炼油厂的国际竞争力，必须大力创新设计技术，进行规范化、程序化、标准化设计，使我国炼油厂、石油化工企业的生产运行符合“安全、高效、低碳”要求。

由长期从事石油化工工程设计与管理工作中国石化集团(股份)公司副总工程师、中石化炼化工程(集团)股份有限公司总经理刘家明主编的《石油炼制工程师手册》(共四卷)，是我国第一套全面、系统反映炼油厂及其工艺装置设计与工程、工艺设计基础数据和标准规范的手册，是一套炼油厂设计专著，内容丰富，涵盖面广，集中体现了我国炼油工程技术与工程设计的成果。该套手册具有很强的科学性、理论性、创新性、系统性和实用性。

炼油工业界一直期盼有一套炼油厂设计手册。这套手册的出版不仅是我国炼油设计界的大事，也是我国炼油工业发展的大事，值得庆贺。它对推动我国炼油技术的发展和进步，提升炼油厂的设计水平，增强炼油厂的竞争力，提高炼油工业人才的技术素质，必将起到十分积极的作用。

袁晴棠

前 言

根据中国石化集团公司的指示精神，受中国石化出版社委托编写的这套《石油炼制工程师手册》为四卷成套书。第Ⅰ卷《炼油厂设计与工程》，第Ⅱ卷《炼油装置工艺与工程》，第Ⅲ卷《石油炼制工艺基础数据与图表》，第Ⅳ卷《石油炼制常用设计标准与规范》。本册为第Ⅱ卷，即《炼油装置工艺与工程》。

炼油工业是国民经济的支柱产业之一，我国炼油工业依靠独立自主、自力更生，不断创新和发展，目前总体技术处于世界先进水平，并仍在蓬勃发展中。据统计，2011年我国的原油一次加工能力已达到5.5亿吨，居世界第二位。我国炼油企业和炼油厂的发展步伐明显加快，炼油厂的规模不断扩大，炼化一体化程度不断提高，炼油基地化发展迅速，在国际炼油业中的地位不断提升。截至2011年年底，我国加工规模在1000万吨/年以上的炼油厂有17家，新建和改扩建至千万吨级原油加工基地20座。炼油行业正坚定地走在装置大型化、炼化一体化、发展集约化的道路上。

我国炼油厂的设计经历了50余年的发展，迄今已积累了一套比较完整的技术和比较成熟的经验，尤其是近十年来，炼油业经过产业结构调整，自主创新，在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上，积极进行科技开发，形成了一批拥有自主知识产权的核心技术和专有技术并应用于设计、生产中，同时又充分考虑了原油劣质化、产品清洁化、资源利用最大化、能量消耗最小化的资源节约和环境友好的现代化炼油厂的设计和建设问题，促进了我国炼油工业的发展。一批新设计和改扩建的大型化的炼油厂和装置相继投产，如加氢型的海南炼油厂，加工重(劣)质原油的青岛炼油厂，炼化一体化的福建炼油厂和加工高酸原油的惠州炼油厂等。

本书第Ⅰ卷《炼油厂设计与工程》是在近年来新建和改扩建炼油厂的设计过程及与国外公司合作、提高炼油厂设计水平的经验总结基础上编写的。内容包括：国内外主要原油的性质及根据原油(特别是劣质原油)的特点优化全厂总工艺加工方案，优化产品质量，降低加工损失，保证环境友好，满足现代化炼油厂的要求；炼油厂厂址选择、公用工程设置、高度自动化和信息化管理；炼油厂建设的经济分析及其可行性研究等。内容起点高，涵盖面广，理论结合实际，比较全面地反映了国内外炼油厂设计的工艺与工程的最新成果。

第Ⅱ卷《炼油装置工艺与工程》结合近年来炼油装置工艺与工程技术的发展

及其工业应用的最新成果，详细阐述了各种炼油装置加工工艺技术，包括最新工业应用案例、工艺与工程技术改进、国内外新工艺技术介绍以及产品清洁化与节能措施、新设备选型及设计、装置平面布置和管线布局等。对于从事或想了解目前乃至今后很长一段时间我国炼油厂装置设计的科研、技术、工程设计、生产操作和管理等相关人员，具有较高的参考价值，是广大炼油专业工作者不可多得的颇具实用价值的专业著作。

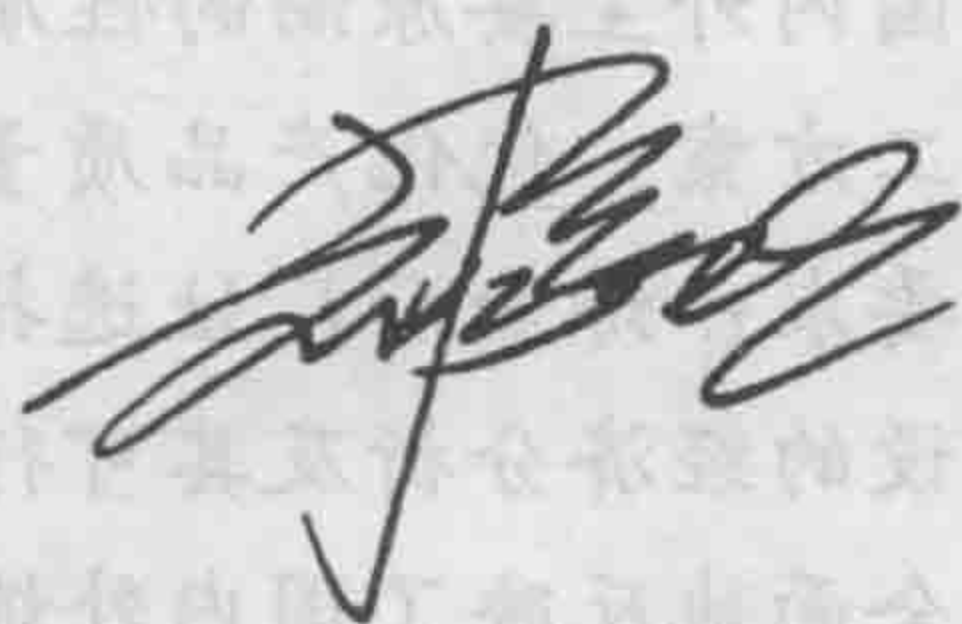
第Ⅲ卷《石油炼制工艺基础数据和图表》是《石油化工工艺计算图表》(1985)的修订版。内容包括纯烃及常用物质的基础性质、烃类和石油馏分的物性数据、临界性质、蒸气压、密度、热性质、气液相平衡常数、溶解度、黏度、导热系数、表面张力和界面张力、扩散系数、吸附平衡等。基本涵盖了烃类和石油馏分工艺计算常用的基础数据与图表。在尽可能收集最新资料的基础上，对原版内容进行了较大的更新和增减。本卷手册以手工计算公式和图表作为主要编制对象，可作为读者的工具书。

第Ⅳ卷《石油炼制常用设计标准与规范》着重阐述了中国标准体系(包括强制标准和推荐标准)，国内外标准代号，标准使用原则，并列出了在炼油厂工程建设中各专业常用的现行国家标准、行业标准和国外标准目录。为满足工程设计要求，还入选了有关的国家法律、行政法规和规范性文件，以及现行国家标准和石化标准。近年来许多国标、行标进行了修订更新，在选编时，力求反映石油化工发展的目标和行业的最新标准。

本书编著工作由一批长期工作在炼油厂设计一线的技术骨干和专家共同完成，他们具有较高的理论水平和丰富的实践经验，因而本书内容贴近设计和生产实际，不仅具有新颖性，而且具有实用价值。

本书在编写过程中得到了中国石化工程建设公司、中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院、中国石油化工集团公司经济技术研究院和中国石化出版社的大力支持。中国工程院袁晴棠院士为本书作序，中国工程院徐承恩院士对本书做了大量指导工作，谨在此表示感谢。

由于参与编写的专业面广，编写人员较多，在编制内容上会出现重复或遗漏，不妥之处请各位读者批评指正。



目 录

第一章 概 论	(1)
第一节 世界炼油工业的发展和特点	(1)
一、世界炼油工业在严峻形势下持续发展	(1)
二、世界炼油工业的格局	(2)
三、全球炼油工业趋向产业集约化、炼油厂/工艺装置大型化、炼油化工一体化	(3)
四、调整工艺装置结构,适应原油性质的重(劣)质化	(4)
第二节 国外炼油工艺过程的技术进步	(6)
一、原油蒸馏	(7)
二、催化裂化	(8)
三、催化重整	(10)
四、延迟焦化	(13)
五、加氢	(14)
六、制氢和氢回收	(18)
七、烷基化和异构化	(19)
第三节 我国几种主要炼油工艺技术的现状和发展	(20)
一、原油蒸馏技术	(21)
二、流化催化裂化技术	(21)
三、连续重整技术	(22)
四、加氢处理技术	(22)
五、加氢裂化技术	(23)
六、延迟焦化技术	(23)
七、润滑油基础油和润滑脂技术	(23)
第四节 清洁化生产和产品清洁化	(23)
一、车用汽柴油产品标准和油品质量升级	(23)
二、清洁汽柴油生产	(25)
三、液化石油气的综合利用	(27)
第五节 世界炼油工业发展趋势	(30)
一、石油仍将是炼油厂原料的主要来源	(30)
二、发展有效利用原油资源的炼油技术	(30)
三、发展炼油化工结合技术,搞好区域资源优化,提高产业集中度	(30)
四、继续发展替代能源,石油基燃料在交通运输领域中的主导地位	(31)
短期内不可替代	(31)
五、技术进步和关键技术突破仍是推动炼油业发展的根本动力	(31)
参考文献	(31)

第二章 原油蒸馏工艺	(36)
第一节 原油蒸馏装置现状及原油蒸馏工艺技术的国内外发展简述	(36)
一、国内原油蒸馏装置现状	(36)
二、原油蒸馏工艺技术的国内外发展简述	(39)
第二节 原油蒸馏工艺技术	(54)
一、原油预处理、脱盐脱水	(54)
二、常压、减压蒸馏工艺过程	(63)
三、抽真空系统工艺	(67)
第三节 轻烃回收	(74)
一、轻烃回收技术的现状和发展	(74)
二、轻烃回收工艺流程	(76)
三、影响轻烃回收工艺的因素分析	(76)
四、轻烃回收的主要设备	(76)
第四节 减压深拔	(78)
一、国内外减压深拔技术的现状	(78)
二、减压深拔技术	(78)
三、减压深拔加热炉设计	(78)
四、减压深拔减压塔设计	(79)
五、减压深拔减压转油线设计	(80)
第五节 原油蒸馏的腐蚀防护	(80)
一、原油蒸馏的腐蚀类型及腐蚀机理	(80)
二、工艺防腐	(83)
三、材料选择	(84)
四、腐蚀监测、检测技术	(85)
第六节 原油蒸馏的关键设备	(85)
一、常压塔	(85)
二、减压塔	(85)
三、加热炉	(87)
四、抽空器及冷凝冷却器	(89)
第七节 装置优化与节能技术	(93)
一、原油蒸馏能量分析与评价	(93)
二、换热网络优化	(94)
三、原油蒸馏节能技术	(96)
四、高效节能设备	(97)
五、节能实例	(99)
第八节 常减压技术拓展应用新工艺	(101)
一、劣质原油加工工艺	(101)
二、凝析油加工工艺	(103)
第九节 工业应用案例(大型化设计案例)	(106)