

“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III卷)

石油炼制工艺基础数据与图表

刘家明 朱敬镐 陈开辈 蒋荣兴 王玉翠◎主编



中國石化出版社

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

“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Ⅲ卷)

石油炼制工艺基础数据与图表

刘家明 朱敬镐 陈开辈 蒋荣兴 王玉翠 主编

常州大学图书馆
藏书章

编辑部
主任
成员

中国石化出版社

内 容 提 要

《石油炼制工艺基础数据与图表》全书共分十三章,内容涵盖烃类、石油馏分和常用物质的物性数据,它们的特性性质、热力学性质、相平衡和传递性质等的数据、图表、计算公式和推算或估算方法。

本书可供从事炼化工艺技术研发和工程设计人员阅读和参考,也可供从事炼化生产、管理和教学相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油炼制工艺基础数据与图表/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 978-7-5114-3471-5

I. ①石… II. ①刘… III. ①石油炼制-生产工艺-手册 IV. ①TE624-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 034249 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

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 82 印张 4 彩页 2048 千字

2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 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)



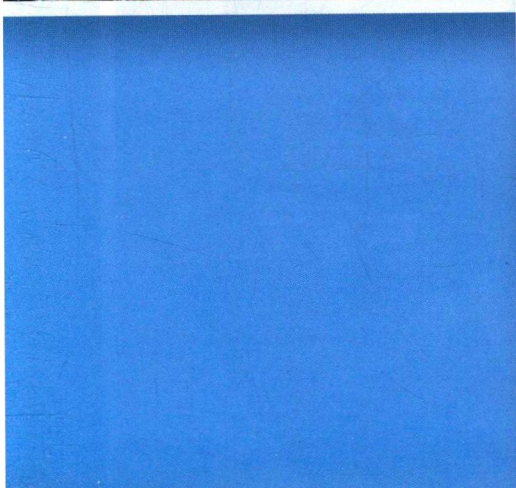


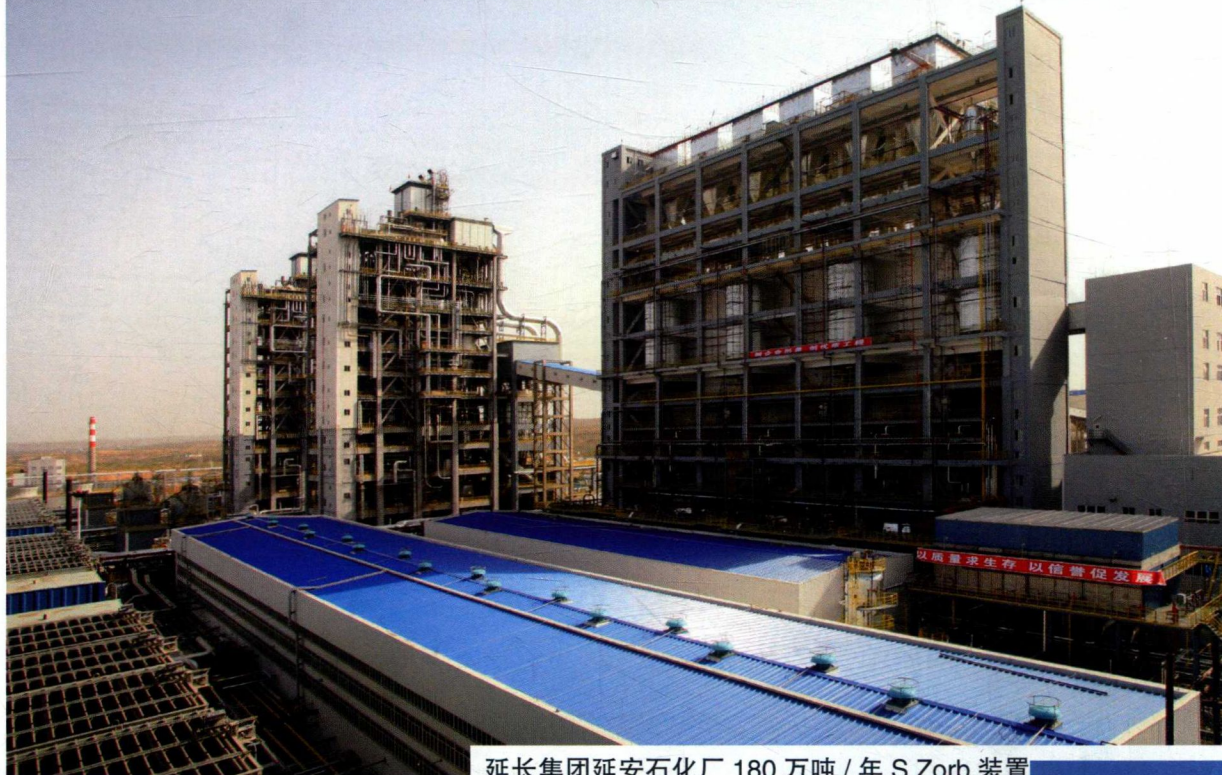
泉州石化 60 万吨 / 年 C_5-C_6 异构化装置

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



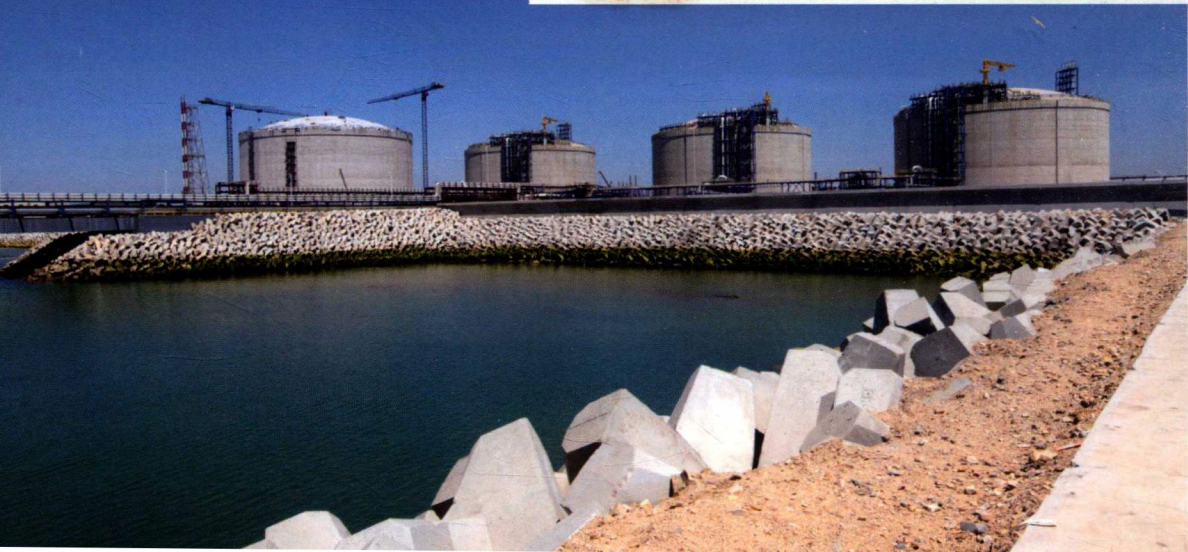


延长集团延安石化厂 180 万吨 / 年 S Zorb 装置

神华百万吨级煤直接液化制油装置



液化天然气 (LNG) 接收站



《石油炼制工程师手册》
《石油炼制工艺基础数据与图表》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 朱敬镐 陈开辈 蒋荣兴

王玉翠

顾 问 徐承恩

编 委 (以下按汉语拼音 a-z 顺序排列):

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 丘 平 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 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Ⅲ卷《石油炼制工艺基础数据与图表》

撰稿人和审稿人

章节	题目	撰稿人	审稿人
第一章	烃类和常用物质的物理性质	朱敬镐	童以豪
第二章	烃类和石油馏分的物性数据	池琳	严醇
第三章	临界性质	王亚彪	黄绍明
第四章	蒸气压	陈开辈	蒋荣兴
第五章	密度	陈开辈	童以豪
第六章	热性质	彭颖	朱敬镐
第七章	气液相平衡常数	彭勃	朱敬镐
第八章	溶解度	李晋楼	陈开辈
第九章	黏度	陈开辈	罗家弼
第十章	导热系数	彭勃	王玉翠
第十一章	表面张力和界面张力	池琳	严醇
第十二章	扩散系数	王亚彪	陈开辈
第十三章	吸附平衡	李晋楼	罗家弼
附录		朱敬镐	黄绍明

中国石化出版社出版发行

地址：(100029) 北京朝阳区惠新东街10号

E-mail: csp@china-petroleum.com

北京科信印刷有限公司印刷

(北京文惠园) 中国石化出版社

187×1092 毫米 16开本 2017年3月第1版

2017年3月第1次印刷

责任编辑

李立红

封面设计

夏 赫

编 审
主 审
员 员

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的中国石化集团(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。

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Ⅲ卷，即《石油炼制工艺基础数据与图表》。

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。我国的原油一次加工能力已居世界第二位，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。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，自主创新和在引进、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。

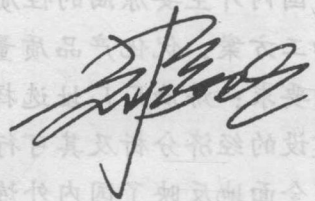
第Ⅲ卷《石油炼制工艺基础数据与图表》是《石油化工工艺计算图表》(1985)的修订版。内容包括纯烃及常用物质的基础性质、烃类和石油馏分的物性数据、临界性质、蒸气压、密度、热性质、气液相平衡常数、溶解度、黏度、导热系数、表面张力和界面张力、扩散系数、吸附平衡等。基本涵盖了烃类和石油馏分工艺计算常用的基础数据与图表。在尽可能收集最新资料的基础上，对原版内容进行了较大的更新和增减。本卷手册以手工计算公式和图表作为主要编制对象，可作为读者的工具书。

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。



编写说明

本卷是《石油化工工艺计算图表》(1985年)的修订版。原书是在继承归国学者和设计人员多年积累的技术资料基础上,参考当时国内外的文献资料编制而成,成为石油炼制和石油化工设计人员,以及相关人员的工具书之一,曾得到广泛使用,为我国石油工业的发展发挥了有益的作用。

如今,过程设计计算已由手工计算演变为广泛地使用计算机软件完成。但是,在设计过程中仍然不时需要使用图表或计算公式,以寻获或验证某些基础数据,而且,不少石油炼制过程设计中使用的性质计算程序是基于这些图表或公式编制而成的,技术人员需要了解其来源和适用范围。另一方面,随着测试技术和估算方法的显著进步,图表和计算方法本身也发生着变化。这些变化包括能够实施估算的性质关联式越来越多,使用数值方法将图表数据拟合成关联式越来越普遍,同时,性质计算方法也更加趋于系统化,往往覆盖到所有应用的物系、温度和压力范围。这些变化,使得对于原书的修订工作具有非常现实的意义。

这次修订工作是在前人积累的资料基础上,参阅相关资料,从图表和计算公式两个方面进行更新和补充,尽量保持原有图表的直观性,增加计算公式的广泛通用性。在收入各种计算公式的同时,本卷共编入457张图表,其中新收入170张,改国际单位制新制作的原图73张,和复用原图216张。本卷较原书主要的更新和补充如下:

(1) 第一章扩展了烃类和常用物质的数量和性质,以及炼油工业上常用冷热公用工程的种类。常见的物质总数达到将近700个,其中烃类491个,最大碳数由 C_{10} 扩展至 C_{30} 。性质项由19项扩展至36项。并且基本上保持了数据在热力学上的一致性。

(2) 第二章烃类和石油馏分的物性由原有传统的平均沸点、相对分子质量、特性因数和偏心因子扩展到广泛的石油特性的估算。石油馏分蒸馏曲线的转换方法得到更新,引入了目前常用的D2887模拟蒸馏曲线换算方法。

(3) 现代炼油工艺经常需要处理临界区域的工艺过程,因此在第三章第一节中从理论上详细介绍混合物在临界区域的复杂表现和总体介绍本章真临界性质和假临界性质的计算方法。其它节中增添基团贡献法估算纯烃三项临界性质的方法,完善已知组分和/或石油馏分临界性质的图表和计算方法,并提供200多个物质的临界性质作为第一章的补充。

(4) 在完善烃类蒸汽压图表的基础上,第四章增加297个烃类蒸汽压实验

数据关联式。收入对应状态法和 Maxwell 和 Bonnell 法预测烃类蒸汽压图表和方程,原油、汽油和成品油蒸汽压计算公式,以及若干非烃类物质的蒸汽压关联式。

(5) 在第五章的液体密度中,增加若干烃类饱和液体密度实验数据图表,收入目前更为流行的 Costald 液体密度计算方程,此外给出一些常用物质的液体密度关联式。收入了通用的气体密度对应状态方程。它与液体密度计算路线图构成全范围物质的密度解决方案。

(6) 第六章热性质中最重要的不同在于焓和熵基准的改变。焓的基准由原来的纯物质饱和液体在 -129°C 下为 0, 改变为纯物质理想气体在绝对温度零度 (0K) 下为 0; 熵的基准由原来的纯物质理想气体在 0K 和 6894.76Pa (1psi) 下的焓为 4186.8J/(kg·K), 改变为纯物质理想气体在 0K 和 101325Pa 下的焓为 0。因此原有纯物质的焓和熵的图表基本上已全部更新。

收入了基团贡献法估算纯物质理想气体在 25°C 下的生成热、焓和比热容,增加 40 个物质的理想气体热性质的关联式,使焓的计算范围得到全面扩充。

增加定容比热容的普遍化计算方法,以便于确定过程设计中必须的绝热指数的计算。收入 231 个纯物质定压比热容的温度关联式。

收入纯物质汽化热与对比温度的关联式和提供 180 个物质的关联系数。另外列出另一个常用物质汽化热与对比温度的关联式和提供 231 个物质的关联系数。同时收入 2 张重质烃的汽化热图表。

(7) 第七章气液平衡常数的收敛压法中详细说明除氢气之外的非烃气体与烃体系的图解计算方法。状态方程法中收入纯烃逸度计算的对应状态方程算图和计算式,介绍使用 SRK-KD 状态方程计算烃-烃体系和烃-非烃体系的方法和有关参数。

(8) 在第八章溶解度中主要增添了若干关联式或计算公式,其中包括纯烃和固体多环芳烃在水中的溶解度、水分别在纯烃及其混合物中的溶解度、水在油品中的溶解度、气体烃类和非烃气体在水中的亨利系数、烃类在含盐水中的溶解度、氨和硫化氢在水中的平衡浓度和 pH 值、以及在常温常压的平衡状况下天然气中含水量的计算。

(9) 黏度计算中最重要的不同在于提出烃类黏度计算路线图,就是说,黏度计算解决方案能通过各种图表和计算公式来处理烃类(实际上包括油品及其他物质)在所有工况下的黏度计算,尽管可能还不是那么理想和完美。具体地说,在第九章中增加了不同黏度转换的计算公式、收入低压液体黏度计算式和 300 个物质实验值关联的公式系数、低压纯烃液体黏度的基团贡献法估算式、三个低压液体石油馏分黏度的关联式、低压石油馏分调和物黏度的计算公式和高压液体烃类及其混和物和石油馏分黏度计算公式。更新了溶有气体的液体烃类黏度计算公式。在气体黏度方面,更新了低压气体黏度计算式,收入了 302 个物质实验值关联的公式系数,以及低压石油馏分气体黏度关联式和高压气体黏度

计算公式。

(10) 在第十章导热系数中,更新和深化纯烃液体、液体烃类混合物和石油馏分的导热系数计算公式,更新纯烃气体和烃类气体混合物的计算公式。收入石油馏分气体导热系数的关联式。更新高压气体导热系数关联式。收入十种非烃气体导热系数图。总体上完成在全部工况下烃类导热系数计算的解决方案。

(11) 第十一章表面张力中收入烃—水界面张力的两个计算方法,更新石油馏分表面张力算图,并分别增加一个石油馏分和一个非烃物质的表面张力关联式。

(12) 在第十二章扩散系数中收入由分子回转半径计算非极性稀溶液二元扩散系数的方法,该式还应用于溶解气体在液体中扩散系数的计算。采用更实用的低压气体烃—烃体系二元扩散系数改进式,来替代原有的气体扩散理论模型原型公式,并增加低压空气—烃体系二元扩散系数公式。

(13) 增加第十三章吸附平衡。该章收入物理吸附平衡的一些图表和计算方法,其中气体吸附包括纯物质的吸附,水的吸附,吸附热的数据和计算,吸附数据的关联方法以及气体混合物的吸附。液体吸附包括某些二元液体的吸附平衡和它们数据的关联。

(14) 更新和增加附录收入的内容。

本卷数据的计量单位按标准采用国际单位制。只是在利用原有图表资料时,保留了原有的单位制,同时加注了单位换算,并在附录中提供各种单位换算表。

徐承恩院士自始至终对本卷编制工作给予具体指导和热情鼓励,并亲自审阅,谨在此表示衷心感谢。

表 1-2-6	制冷剂编号及其化学式	(169)
表 1-2-7	制冷剂编号与分子式对照表	(172)
二、常用制冷剂	制冷剂编号及其化学式	(177)
表 1-2-8	制冷剂编号及其化学式	(179)
表 1-2-9	制冷剂编号及其化学式	(180)
表 1-2-10	常用制冷剂的 ODP 和 GWP 值	(180)
表 1-2-11	CFC 淘汰期限	(181)
表 1-2-12	HCFC 淘汰期限	(181)
表 1-2-13	熔盐的性质	(181)
表 1-2-14	YD 系列导热油技术要求(Q/SH 091.41-002-91)	(182)
表 1-2-15	SD 系列导热油质量指标(Q/YRH25-91)	(182)
表 1-2-16	32 号导热油质量指标(Q/SH 010.72-91)	(183)
表 1-2-17	油品的安全性质	(183)
参考文献		(184)
第二章 烃类和石油馏分的物性数据		(185)
第一节 烃类和石油馏分的特性性质		(185)
一、偏心因数		(185)

目 录

第一章 烃类及常用物质的物理性质	(1)
第一节 烃类的主要物理性质	(1)
一、烃类的主要物理性质	(1)
二、烃类的主要物理性质说明	(1)
表 1-1-1 烷烃的主要性质	(4)
表 1-1-2 环烷烃的主要性质	(26)
表 1-1-3 烯烃和二烯烃的主要性质	(50)
表 1-1-4 环烯烃和炔烃的主要性质	(76)
表 1-1-5 苯系衍生物的主要性质	(84)
表 1-1-6 稠环芳烃及其衍生物的主要性质	(106)
表 1-1-7 烃类组分化学式检索及中英文名对照表	(120)
第二节 常用物质的主要物理性质	(133)
一、常用气体和有机物的物理性质	(133)
表 1-2-1 常用气体的物理性质	(134)
表 1-2-2 含硫有机物的物理性质	(140)
表 1-2-3 含氧有机物的物理性质	(151)
表 1-2-4 含氮有机物的物理性质	(163)
表 1-2-5 卤素有机物的物理性质	(166)
表 1-2-6 有机溶剂和其他化合物的物理性质	(169)
表 1-2-7 化学组分化学式检索及中英文对照表	(172)
二、常用制冷剂和加热介质的性质	(177)
表 1-2-8 制冷剂编号及一般性质	(179)
表 1-2-9 制冷剂的分类	(180)
表 1-2-10 常用制冷剂的 ODP 和 GWP 值	(180)
表 1-2-11 CFC 淘汰期限	(181)
表 1-2-12 HCFC 淘汰期限	(181)
表 1-2-13 熔盐的性质	(181)
表 1-2-14 YD 系列导热油技术要求(Q/SH 001. 11. 002-91)	(182)
表 1-2-15 SD 系列导热油质量指标(Q/YJBH25-91)	(182)
表 1-2-16 32 号导热油质量指标(Q/SH 010. 72-91)	(183)
表 1-2-17 油品的安全性质	(183)
参考文献	(184)
第二章 烃类和石油馏分的物性数据	(185)
第一节 烃类和石油馏分的特性性质	(185)
一、偏心因数	(185)