

炼油装置技术手册丛书

炼油催化剂 生产装置 技术手册

谈文芳 主编

中国石化出版社

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

炼油装置技术手册丛书

炼油催化剂生产装置 技术手册

谈文芳 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书共分五章, 主要内容包括绪论、炼油催化剂、裂化催化剂、加氢催化剂、重整催化剂生产装置及工艺。本书基本反映了国内炼油催化剂生产技术、生产工艺和生产装置的最新进展。

本书的宗旨是使读者了解炼油催化剂的基础知识, 熟悉炼油催化剂生产的基本原理, 掌握炼油催化剂生产的单元操作及各单元中所需重要设备的原理、使用及维护方法, 为炼油催化剂的研究、开发, 尤其是工业化生产提供指导。

本书可作为炼油催化剂研究、开发及生产技术人员和操作人员的工具书, 也可以作为炼油工程、工业催化、精细化工、石油化工及煤化工等相关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

炼油催化剂生产装置技术手册 / 谈文芳主编
—北京: 中国石化出版社, 2016. 11
(炼油装置技术手册丛书)
ISBN 978-7-5114-4298-7

I. ①炼… II. ①谈… III. ①炼油催化剂-生产设备-技术手册 IV. ①TE624. 9-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 237834 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: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010)84271850

读者服务部电话: (010)84289974

<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 24.5 印张 614 千字

2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷

定价: 160.00 元

《炼油装置技术手册丛书》

编 委 会

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主 任 | 刘根元 | | | |
| 委 员 | 凌逸群 | 俞仁明 | 王 强 | 罗 强 |
| | 常振勇 | 王治卿 | 张 涌 | 赵日峰 |
| | 余夕志 | 江正洪 | 宋云昌 | 谈文芳 |
| | 周志明 | 王子康 | | |

《炼油催化剂生产装置技术手册》

编 委 会

编委会主任 谈文芳

编委会副主任 刘志坚 张 凯 曹光伟

余胜阳 史建公

委员(按姓氏笔画排序)

史建公 刘志坚 张 凯 杨 凌

余胜阳 周 岩 罗卫东 胡学武

聂 萍 殷喜平 曹光伟 臧卫东

主 编 谈文芳

副 主 编 刘志坚

序 言

中国石化催化剂有限公司(以下简称催化剂公司)是中国石化实行专业化重组的产物,重组以来的事实证明,催化剂公司不仅把“小颗粒”做成了大事业,而且把小产品做成了大市场;不仅给中国石化增加了一张靓丽的名片,而且使中国又增加了一类与国际同行论伯仲、比高低、共经纬的高端化学品;不仅丰富了中国石化技术的核心竞争力,而且为中国的石化技术培养了一批专业高端人才。

有人说,一流的企业出标准,二流的企业出技术,三流的企业出产品,中国石化催化剂有限公司作为中国最大并具有重要国际影响力的催化剂专业公司,生产的催化剂几乎涵盖了石油炼制和石油化工的各个领域。几年来,既出标准,又出技术;既出产品,又出人才;既有快速增长的企业硬实力,又有以创新为核心的企业软实力,是名副其实的高新技术企业。

近两年来,中国石化催化剂有限公司已经出版了多部译著,又承担了《石油炼制与石油化工催化剂》和《炼油催化剂生产装置技术手册》两本专著的编写任务,他们依靠来自生产一线的技术人员,见缝插针,完成了具有鲜明特色的催化剂领域的专著,实属难能可贵。

作为石化战线的一名老兵,我有幸在第一时间阅读了以上两部专著,倍感耳目一新。相信随着这些著作的出版,催化剂公司在立足企业自身、加快人才培养、加快企业发展的道路上会不断取得新的成绩。

以上感想,不成系统,权当与催化剂人共勉,是为序。

刘根元

2015年11月

前 言

催化剂又叫触媒，在现代化工尤其是石油炼制和石油化工中占有极其重要的地位，现在几乎80%以上的化学品的生产都离不开催化剂。

20世纪催化剂的发展史，几乎就是围绕石油炼制和石油化工展开的，可以说没有催化剂，就没有现代化学工业；没有催化剂，就没有现代石油炼制工业；没有催化剂，也没有蓬勃兴起的现代煤化工和页岩气深加工。展望未来，真正的清洁能源时代——日光作用下水解制氢时代的到来，离不开催化剂；大豆根瘤菌催化下的人工固氮的成功，离不开催化剂；以CO₂为原料的人造粮食时代的到来，也离不开催化剂；治理三废、改善环境离不开催化剂；实现原子经济反应，从源头根除污染，离不开催化剂。总之，催化剂与人们的衣食住行密切相关，一个新催化剂的诞生，小则提高劳动生产率，大则可能改变人类的生存方式。催化剂产业，是阳光产业，是造福人类的产业，是只有更好、没有最好的产业。

随着新能源的发展，化石能源作为一次能源所占比例虽然不断下降，但在可预见的将来，化石能源仍然当仁不让地占据能源消费的第一把交椅。

石油炼制工业诞生以来，为了不断提高资源利用率，石油炼制工业从常压、减压的物理加工过程为主，发展到以催化裂化、催化加氢、催化重整等化学加工过程为主的历史，就是石油炼制催化剂发展的历史，石油炼制催化剂作为石油炼制工业的核心技术，在现代石油炼制工业中具有不可替代的作用。

中国石化催化剂有限公司虽然起步较晚，但发展势头迅猛，作为中国最大的石油炼制及石油化工催化剂生产商、供应商和服务商，已经成为全球催化剂市场上备受关注的的新生力量和成长最快的高新技术企业。中国石化催化剂有限公司除了承担起做大、做强、做优中国催化剂产业的责任以外，还应承担与之地位相适应的催化剂科学和技术的宣传工作、普及工作和提高工作。

在《炼油装置技术系列丛书》编委会的领导下，在中国石化出版社的大力支持下，中国石化催化剂有限公司(当时为中国石化催化剂分公司)欣然承担了《石油炼制催化剂生产装置技术手册》一书的编写工作，最初的目的在于为催化剂有限公司的员工提供一部适合的自我培训教材，不断提高中国石化催化剂有限公司员工的专业技术水平。

事实求是地讲，要在与催化剂相关的专著不断问世的信息时代，编写一部具有特色、自成体系的技术手册，既不轻松，也不简单。为此，确定了本书编委会，召开了《炼油催化剂生产装置技术手册》编写启动会，成立《炼油催化剂生产装置技术手册》编写班子；确定了本书编写需贯彻的政策性、准确性、保密

性、通用性、先进性、规范性“六性”方针，确定了本书《大纲》、各章负责人及编写人员；确定了本书的主要内容由催化剂制备设备基础知识、催化裂化催化剂制备设备、加氢催化剂制备设备和重整催化剂设备及拟薄水铝石和特种催化材料制备三部分构成；明确本书的适用对象为石油炼制和石油化工专业技术人员。2012年8月21日召开了本书初稿审稿会，对初稿进行了充分讨论，提出了详细的修改意见。

本书以催化裂化、加氢及重整工艺为背景，以相应催化剂生产的设备为主线，充分反映该领域催化剂制备先进技术和先进设备，与目前已经出版的相关专著相比，具有以下明显特色。

(1) 具有工具性。工具性是手册的最显著特点，本手册不同于以条目解释为内容的工具书，而是围绕石油炼制催化剂的生产，重点讨论催化剂制备过程中所用的设备、设备选择的原则及设备的使用、设备故障及其处理方法，不仅对催化剂研究者、生产者和使用者具有很强的指导意义，而且对催化剂基础研究和应用基础研究的人员提高催化剂工业化意识也具有很大帮助，是催化剂从业人员的良师益友，对催化剂的开发和工业放大也具有参考价值。

(2) 具有实用性。本手册的基础性表现为没有通过复杂的数学公式或理论推导去选择设备，而是将前人的研究成果以通俗的语言直接告诉使用者。

(3) 具有先进性。本手册从整体上反映了当前石油炼制催化剂的发展现状，又在一定程度上反映了各催化剂制备工艺、制备设备的最新成果。如催化剂的级配技术、催化剂的浸渍设备及技术、焙烧设备及技术及装填设备及技术，都是其他专著中没有讨论过的内容。

本书由谈文芳教授担任主编，史建公和谈文芳担任统稿人。第1章由史建公和谈文芳编写；第2章和第3章由殷喜平组织编写，其中，第2章第1节由王生吉和鞠永亮执笔，第2节和第3节由戴泳执笔；第3章由叶金应和尹哲执笔；第4章由曹光伟组织编写，由胡学武、朱华元和任靖执笔；第5章由许浩洋和罗卫东编写。需要指出的是，从大纲的确定、书稿的编写、修改到定稿，从布局谋篇的大局到标点、文字等细节，本书主编均给予了充分而具体的指导，付出了巨大劳动，倾注了大量心血，这也是本书得以顺利完成的关键。

经过全体编写人员的不懈努力，本书最终成稿。期间虽几经讨论，有些内容甚至数易其稿，但疏漏或谬误之处仍在所难免，敬希读者不吝指教。

中国石化出版社为本书的编写和出版提供了支持和指导，在此表示感谢。

本书在编写过程中，引用了大量参考文献，谨向各有关方面致以衷心的感谢。

目 录

| | |
|-------------------------------|---------|
| 第1章 绪论 | (1) |
| 第1节 炼油工业持续增长 | (1) |
| 第2节 过滤设备 | (5) |
| 第3节 载体及催化剂成型设备 | (13) |
| 第4节 固体催化剂干燥设备 | (17) |
| 第5节 浸渍设备 | (21) |
| 第6节 焙烧设备 | (28) |
| 第7节 催化剂的级配技术 | (42) |
| 第8节 固体催化剂的装填 | (56) |
| 第2章 炼油催化剂 | (71) |
| 第1节 Y型分子筛 | (71) |
| 第2节 纳米 β 分子筛制备及表征 | (123) |
| 第3节 ZSM-5分子筛 | (132) |
| 第3章 裂化催化剂 | (140) |
| 第1节 生产原理及工艺流程 | (140) |
| 第2节 主要生产设备 | (146) |
| 第3节 影响生产的主要因素 | (199) |
| 第4节 原料种类及质量要求 | (215) |
| 第5节 催化剂表征及性能评价 | (218) |
| 第6节 催化剂选择原则 | (229) |
| 第7节 裂化催化剂生产过程的安全措施 | (234) |
| 第8节 生产过程的故障处理 | (238) |
| 第4章 加氢催化剂 | (242) |
| 第1节 生产原理及工艺 | (242) |
| 第2节 影响催化剂生产过程的主要因素 | (249) |
| 第3节 主要生产设备及选型 | (269) |
| 第4节 原料种类及质量要求 | (293) |
| 第5节 产品种类、质量指标及性能特点 | (299) |
| 第6节 催化剂表征及性能评价 | (313) |
| 第7节 生产过程的安全措施 | (316) |
| 第8节 生产过程的环境保护措施 | (320) |

| | | |
|------------|----------------|--------------|
| 第9节 | 生产过程的故障处理 | (322) |
| 第5章 | 重整催化剂 | (342) |
| 第1节 | 生产原理及工艺 | (342) |
| 第2节 | 影响生产的主要因素 | (346) |
| 第3节 | 原料种类及质量要求 | (355) |
| 第4节 | 产品种类、质量指标及性能特点 | (356) |
| 第5节 | 主要生产设备特性及选型 | (369) |
| 第6节 | 生产过程的安全措施 | (373) |
| 第7节 | 生产过程的故障处理 | (376) |

第 1 章 绪 论

目前, 炼油工艺主要包括蒸馏、催化裂化、催化加氢处理、催化加氢裂化、催化重整、异构化、烷基化和热加工过程。其中仅有蒸馏和热加工过程不需要催化剂。炼油厂配置哪些炼油工艺, 一取决于加工原油的质量, 二取决于下游产品的类型, 三取决于对产品质量的要求。新的催化剂及其制备技术的发展, 促进炼油工艺不断改进; 反过来, 环境保护及 20 世纪中期为了支持战争等活动, 需要增加油品的产量, 提高油品质量, 也成为大多数技术研究开发工作的推动力。国际能源署 (IEA) 预计, 未来 5 年全球石油需求年增 1.3%; 到 2019 年日需求量将达到 9910×10^4 桶 ($1 \text{ 桶} = 0.159 \text{ m}^3$)。IEA 报告同时指出, 由于更便宜替代燃料的出现以及环境保护的要求, 全球石油需求增长在 2019 年以后将减速。

第 1 节 炼油工业持续增长

2014 年世界炼油能力继续缓慢增长。2014 年世界新增炼油能力约为 $6125 \times 10^4 \text{ t/a}$, 新增能力主要来自亚太地区。其中, 中国一批炼油厂因扩建和新建新增炼油能力约 $3950 \times 10^4 \text{ t/a}$; 印度石油公司在印度东北海岸帕拉迪布港新建的产能为 $1500 \times 10^4 \text{ t/a}$ 的炼油厂投产; 巴西国家石油公司新建的阿布雷乌-利马 (Abreue Lima) 炼油厂一期项目投运, 新增一次加工能力 $575 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。而澳大利亚和欧美地区关闭了一些小炼油厂, 使炼油能力减少约 $2120 \times 10^4 \text{ t/a}$, 包括加德士公司将其在澳大利亚悉尼产能为 $675 \times 10^4 \text{ t/a}$ 的克内尔 (Kurnell) 炼油厂转作燃料进口终端, 墨菲石油公司下属的 Murco 石油公司将其在英国南威尔士的产能为 $675 \times 10^4 \text{ t/a}$ 的炼油厂转作存储销售终端等。增减相抵, 2014 年世界净增炼油能力约为 $4000 \times 10^4 \text{ t/a}$, 总能力达到 $46.28 \times 10^8 \text{ t/a}$ (见图 1-1)。

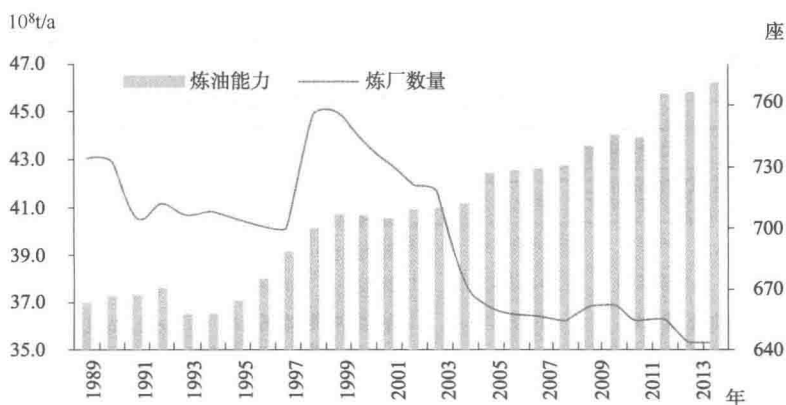


图 1-1 世界炼油能力变化

数据来源: 中国石油集团经济技术研究院

2014 年世界炼油厂总数达 643 家, 世界炼油厂平均规模略增, 由 2013 年的 $700 \times 10^4 \text{ t/a}$ 扩大至 $718 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。世界前 25 家炼油公司总炼油能力达到 $27.2 \times 10^8 \text{ t/a}$, 占世界总能力的

58.9%，炼油集中度进一步提升。雪佛龙公司因持部分股权的加德士公司炼油业务调整，排名下降，与康菲石油公司对调。台塑石化取代美国太阳石油公司进入世界前 25 家炼油公司（见表 1-1）。2014 年世界 2×10^4 t 级以上炼油厂数量仍为 22 座，排名基本不变（见表 1-2）。

表 1-1 2014 年世界前 25 家炼油公司排名

 10^4 t/a

| 2014 年 | 2013 年 | 公司名称 | 炼油能力 |
|--------|--------|------------------|-------|
| 1 | 1 | 埃克森美孚公司 | 27328 |
| 2 | 2 | 中国石油化工集团公司 | 26970 |
| 3 | 3 | 英荷壳牌集团公司 | 20923 |
| 4 | 4 | 中国石油天然气集团公司 | 19370 |
| 5 | 5 | BP 公司 | 14295 |
| 6 | 6 | 沙特阿美石油公司 | 14178 |
| 7 | 7 | 美国瓦莱罗能源公司 | 13848 |
| 8 | 8 | 委内瑞拉国家石油公司 | 13390 |
| 9 | 10 | 康菲石油公司 | 12616 |
| 10 | 9 | 雪佛龙公司 | 12318 |
| 11 | 11 | 道达尔公司 | 11522 |
| 12 | 12 | 巴西国家石油公司 | 9985 |
| 13 | 13 | 美国马拉松石油公司 | 8655 |
| 14 | 13 | 墨西哥国家石油公司 | 8515 |
| 15 | 14 | 伊朗国家石油公司 | 7255 |
| 16 | 15 | 新日本石油公司 | 7115 |
| 17 | 16 | 俄罗斯石油公司 | 6465 |
| 18 | 18 | 卢克石油公司 | 6085 |
| 19 | 19 | 韩国 SK 公司 | 5575 |
| 20 | 20 | 雷普索尔-YPF 公司 | 5525 |
| 21 | 21 | 科威特国家石油公司 | 5425 |
| 22 | 22 | 印度尼西亚国家石油公司 | 4941 |
| 23 | 23 | 意大利阿吉普石油公司 | 4520 |
| 24 | 24 | Flint Hills 资源公司 | 2912 |
| 25 | | 台塑石化公司 | 2700 |

资料来源：Oil & Gas Journal, 2014-12-01。

表 1-2 2014 年世界 2×10^4 t/a 以上炼油厂排名 10^4 t/a

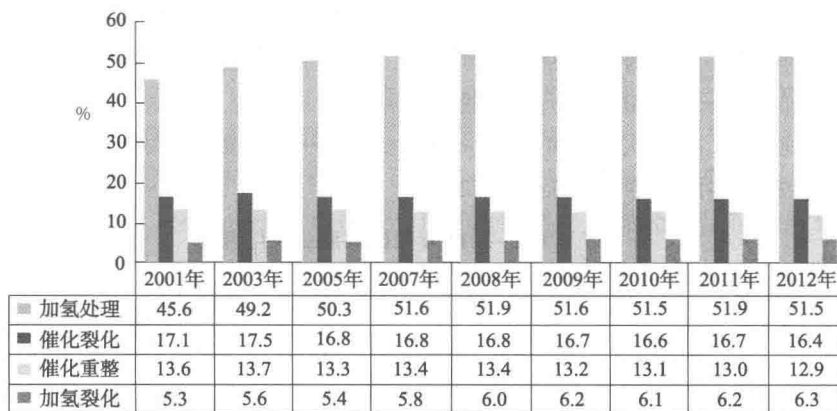
| 排名 | 公司名称 | 炼厂所在地点 | 炼油能力 |
|----|----------------|--------------------|------|
| 1 | 委内瑞拉帕拉瓜纳炼油中心 | 委内瑞拉胡迪瓦纳 | 4700 |
| 2 | 韩国 SK 创新公司 | 韩国蔚山 | 4200 |
| 3 | GS-加德士公司 | 韩国丽水 | 3925 |
| 4 | S-Oil 公司 | 韩国釜山 | 3345 |
| 5 | 印度信诚石油公司 | 印度贾姆纳加尔 | 3300 |
| 6 | 埃克森美孚炼制与供应公司 | 新加坡裕廊/亚逸查湾岛 | 2963 |
| 7 | 印度信诚石油公司 | 印度贾姆纳格尔 | 2900 |
| 8 | 埃克森美孚炼制与供应公司 | 美国得克萨斯州贝敦 | 2803 |
| 9 | 沙特国家石油公司(沙特阿美) | 沙特拉斯塔努拉角 | 2750 |
| 10 | 台塑石化股份有限公司 | 中国台湾麦寮 | 2700 |
| 11 | 美国马拉松石油公司 | 美国路易斯安那州 Garyville | 2610 |
| 12 | 埃克森美孚炼制与供应公司 | 美国路易斯安那州巴吞鲁日 | 2510 |
| 13 | 科威特国家石油公司 | 科威特艾哈迈迪港 | 2330 |

续表

| 排名 | 公司名称 | 炼厂所在地 | 炼油能力 |
|----|--------------|--------------|------|
| 14 | 壳牌东方石油有限公司 | 新加坡武吉岛 | 2310 |
| 15 | 中国石化镇海炼化分公司 | 中国宁波镇海 | 2300 |
| 16 | 美国马拉松石油公司 | 美国德州加尔维斯顿湾 | 2200 |
| 17 | 中国石油大连石化分公司 | 中国大连 | 2050 |
| 18 | 美国雪铁戈石油公司 | 美国路易斯安娜州查尔斯湖 | 2020 |
| 19 | 荷兰壳牌石油公司 | 荷兰佩尔尼斯 | 2020 |
| 20 | 沙特阿美石油公司 | 沙特阿拉伯拉比格 | 2000 |
| 21 | 沙特阿美-美孚 | 沙特阿拉伯延布 | 2000 |
| 22 | 沙特阿美-道达尔炼化公司 | 沙特阿拉伯朱拜勒 | 2000 |

注：数据来源：美国《油气杂志》2014年12月1日。

2012年世界加氢处理总能力达到2430Mt/a，同比增长0.3%，占世界总炼油能力的比例维持在51.5%左右；加氢裂化总能力达到 2.95×10^8 t，同比增长1.4%，占世界总炼油能力的份额小幅上升至6.3%；催化裂化能力略有下降，占世界总炼油能力的比例进一步减少到16.4%；催化重整能力基本保持不变（图1-2）。世界油品市场汽油严重过剩而柴油供应短缺的特点影响到二次加工装置能力的变化，2014年全球各地主要炼油装置能力见表1-3，未来5年世界各地炼油能力增减变化情况见表1-4。



数据来源：美国 PIRA 全球炼油数据库。

图 1-2 2001~2012 年世界原油二次加工能力占一次加工能力比例变化

表 1-3 2014 年全球各地区主要炼油装置能力

bbbl/d

| 地区 | 炼油厂数 | 原油蒸馏 | 减压蒸馏 | 催化裂化 | 催化重整 | 催化加氢裂化 | 催化加氢处理 | 焦炭 ¹⁾ |
|----|------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|------------------|
| 非洲 | 46 | 3279085 | 509504 | 210380 | 458426 | 61754 | 833626 | 1841 |
| 亚洲 | 163 | 25951252 | 4811854 | 3244991 | 2241144 | 1423340 | 9872780 | 20450 |
| 东欧 | 89 | 10611915 | 3947078 | 895190 | 1466795 | 395628 | 4308290 | 12950 |
| 中东 | 44 | 7377365 | 1863275 | 357550 | 678137 | 568071 | 2044063 | 3300 |
| 北美 | 146 | 21572250 | 9468127 | 6441134 | 4119776 | 2139528 | 16829531 | 140301 |
| 南美 | 64 | 5852079 | 2475560 | 1164737 | 296638 | 132400 | 1254562 | 16640 |
| 西欧 | 91 | 13314788 | 5264413 | 2024208 | 1957362 | 1222106 | 9360518 | 12664 |
| 合计 | 643 | 87958734 | 28339811 | 14338190 | 11218277 | 5942828 | 44503370 | 208146 |

1) 单位为 t/d。1 bbl=0.137t。

表 1-4 预计 2015~2019 年世界炼油能力增减变化情况

| 地区/国家 | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 5 年合计 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| OECD 美洲国家 | 28.9 | 39.5 | 5.0 | | 4.0 | 77.4 |
| OECD 欧洲国家 | | | | 21.4 | | 21.4 |
| OECD 亚太国家 | -10.2 | | | | | -10.2 |
| 前苏联 | 21.0 | 13.7 | | | | 34.7 |
| 中国 | 37.0 | 59.0 | 70.0 | 10.0 | | 176.0 |
| 亚洲其他地区 | -5.5 | 6.0 | 20.0 | 26.0 | 30.0 | 76.5 |
| 拉美 | 22.5 | 10.3 | 16.5 | 5.0 | | 54.3 |
| 中东 | 44.7 | 20.6 | 18.5 | 57.0 | 26.0 | 166.8 |
| 非洲 | 0.5 | 3.5 | 22.0 | | | 26.0 |
| 合计 | 138.9 | 152.6 | 152.0 | 119.4 | 60.0 | 622.9 |

数据来源：IEA，（中期石油市场报告），2014-06。

2001 年到 2011 年 10 年间，我国炼油工业发生了巨大变化，原油加工量成倍增长，成品油消费量也成倍增长，关键是成品油的品质要求也在迅速提高，见表 1-5。2012 年年底我国原油一次加工能力为 $5.75 \times 10^8 \text{t/a}$ ，较 2011 年增加 $3500 \times 10^4 \text{t/a}$ ，同比增加 6.5%。目前我国炼化生产规模仅次于美国，已经稳居全球第二。可见无论是从国内市场，还是从国外市场看，在可预见的将来，炼油工业仍将维持缓慢增长。炼油能力的增长和对成品油品质要求的提高，使得二次加工占一次加工的比重不断上升，一方面催生炼油催化剂市场的不断扩大，另一方面催生炼油催化剂的性能不断提高。

表 1-5 2001~2011 年我国炼油业变化情况

| 项 目 | 2001 年 | 2011 年 | 增长倍数 |
|----------------------------|---------|---------|-------|
| 总炼油能力/ (10^8t/a) | 2.81 | 5.4 | 0.92 |
| 原油加工量/ 10^8t | 2.11 | 4.48 | 1.12 |
| 汽煤柴油产量/ 10^8t | 1.24 | 2.67 | 1.15 |
| 汽煤柴油消费量/ 10^8t | 1.15 | 2.63 | 1.29 |
| 汽煤柴油进出口量/ 10^4t | 净出口/427 | 净进口/480 | |
| 油品标准 | 欧 I | 欧 III | |
| 千万吨级炼油厂项目/座 | 4 | 20 | 4 |
| 千万吨级炼油厂炼能占比/% | 17.3 | 46 | 1.66 |
| 外资权益产能/ 10^4t | 224 | 825 | 2.68 |
| 外资公司数/家 | 1 家 | 3 家 | |
| 中外合资或外商独资加油站数/座 | 约 50 | 2500 多 | 49 倍多 |

总之，世界炼油工业将在重组和调整中稳步发展，资源国及新兴市场新建和扩建炼油厂项目将继续推进，全球炼油能力还将持续增长，总体增速将会有所放慢；大型化、清洁化、炼化一体化、产业集群化仍将是未来炼油业发展的必然选择；各国将加大对炼油厂升级改造的力度，以满足日益严格的清洁燃料与节能减排环保要求。随着中东炼油工业的进一步发展

壮大和西欧炼油工业的进一步调整,两者炼油能力差距将逐渐缩小,世界炼油工业将形成亚太、北美、西欧和中东四分天下的新格局,世界炼油重心继续东移,西欧、日本等发达地区的炼油商将依据资源、市场及炼油厂实际情况有选择地调整和发展炼油业务。

炼油工业的发展和催化剂的生产涉及的单元操作很多,从下节开始,重点讨论催化剂制备中的各单元设备及其技术进展。

参 考 文 献

- 1 钟讯. 中国石化报[N], 第1版. 2014-6-23.
- 2 徐海丰. 世界炼油行业发展状况与趋势[J]. 国际石油经济. 2015, (2): 47~53.
- 3 徐海丰. 世界炼油行业发展状况与趋势[J]. 国际石油经济. 2013, (1/2): 102~110.
- 4 程薇. 2014年世界炼油能力统计[J]. 石油炼制与化工, 2015, 46(3): 70.
- 5 朱和. 我国炼油工业现状及未来发展思考[J]. 中国石油和化工经济分析. 2012, (11): 35~41.
- 6 夏丽洪, 郝鸿毅, 葛玉周. 2012年中国石油工业综述[J]. 国际石油经济. 2013, (4): 46~55.
- 7 本刊评论员. 6×10^8 t 炼能的分量[J]. 中国石油石化. 2013, (14). 1.

第2节 过滤设备

过滤操作是把悬浊的固体微粒用滤布、金属网、素瓷及多孔膜等多孔物质为滤材,从液体中分离出来的操作。过滤设备自古以来就被用于家庭饮水的净化处理,18世纪末,工业化过滤设备首先被用于甜菜糖的过滤脱水和下水污泥的处理。一百多年来,过滤设备有了很大的发展。过滤操作也已普遍应用于矿山、冶金、轻工、化工等许多部门,并成为化工生产中一个重要的单元操作。在许多催化剂(如分子筛催化剂、聚烯烃催化剂、氧化铝载体原料等)的制备过程中,都离不开过滤单元。

1 过滤及过滤机的分类

1.1 过滤的分类

按过滤机理,过滤可分为表面过滤和深层过滤。

所谓表面过滤,就是以滤布、滤网、烧结材料、粉体、膜等为过滤介质,悬浮体中的固体颗粒停留并堆积在过滤介质表面。过滤介质的孔隙尺寸未必要小于被截留颗粒的尺寸。在过滤操作开始阶段,可能会有少量小颗粒穿过介质而进入滤液之中,与此同时,在网孔处形成颗粒的架桥现象(见图1-3),此后逐步堆积成滤饼而形成真正有效的过滤介质。表面过滤适用于含固体量较大的场合。

所谓深层过滤,就是过滤介质由固体颗粒堆积成床层构造,或用短纤维多层绕制成管状滤芯,过滤介质的空隙形成许多曲折、细长的通道,被过滤的颗粒比介质内部的孔隙小得多。过滤作用发生于介质的全部空隙体内而不是介质的外表面(见图1-4),悬浮体中的细小颗粒由于热运动和流体的动力作用走向通道壁面,并借静电和表面力被截留。深层过滤适用于过滤含固量很少($<0.1\%$)的悬浮体,以除去其中的细小颗粒。经一段操作时间后,由于介质体内的通道部分被截留的颗粒所堵,流动阻力增加。欲维持相同的过滤速率,必须提高过滤压强。所以滤芯在一定操作周期后弃去或利用反冲力将被截留颗粒部分冲走,滤芯得以重新使用。

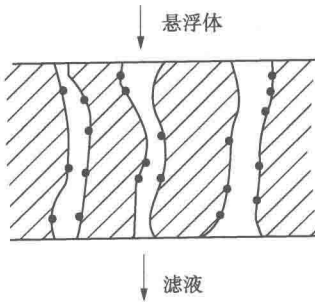


图 1-3 表面过滤中的架桥现象

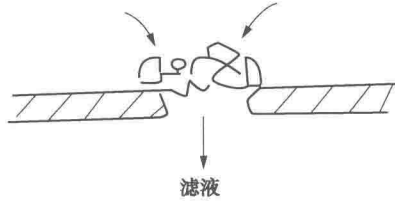


图 1-4 深层过滤

过滤机的种类很多,为了选择最合适的设备型式,不仅要通过对过滤介质的物理化学性质有详细的了解,而且必须充分了解适合的过滤设备的种类、构造及其优缺点。

1.2 过滤机的分类

根据过滤的目的及被处理浆料中固体物含量不同,过滤装置主要可分为两大类,即滤饼过滤机和澄清过滤机。两者的主要区别见表 1-6。

表 1-6 不同过滤机理过滤机的区别

| 过滤机分类 | 滤饼过滤机 | 澄清过滤机 |
|------------------|-----------------|----------|
| 过滤目的 | 为了得到固体或滤液,或两者均要 | 主要得到澄清滤液 |
| 被处理浆料中固体物的含量(体积) | 1%以上 | 0.1% |

按滤液通过过滤系统的作用力不同,过滤机又可分为重力过滤机、压力过滤机、真空过滤机和离心过滤机。它们各自的特点及区别见表 1-7。

表 1-7 不同作用力过滤机的区别

| 项 目 | 适用条件及特性 |
|---|---|
| 重力过滤机(过滤压力 2.94~49.03Pa) | 只用于易过滤的浆料。由于其构造简单,制造方便,价格便宜,适用于小规模生产的场合,尤其适用于处理腐蚀性浆料 |
| 压力过滤机(过滤压力 50.6625~506.625kPa,特殊情况下也有达 2026.5kPa) | 适用于比较难过滤的浆料,但要求滤饼的压缩性不能过大,由于滤饼的排出比较麻烦,故连续操作比较困难 |
| 真空过滤机(压力差在 101.325kPa 下) | 适用于比较容易过滤的浆料,一般指滤饼阻力 $\alpha < 3.4 \times 10^{11} \text{ m/kg}$ 的浆料(是指在真空度为 66.661kPa 以下进行过滤实验时,在 5min 内,于过滤介质上形成 4mm 厚滤饼的浆料) |
| 离心过滤机 | 适用于要求对滤饼进行洗涤,滤饼含水率低的情况,但不适用于具有压缩性的滤饼 |

根据所采用的过滤介质不同,过滤机又可分为带有松弛过滤介质的过滤机如砂滤机;以织物为介质的过滤机;用纸为过滤介质的过滤机和带有坚硬过滤层(如砖、瓦、瓷、膜)的过滤机。

此外有时在过滤前,需要预先在浆料中添加用以增强其过滤性能的第三种物质,这种物质称为过滤助剂,这种过滤操作称为过滤助剂过滤。过滤助剂有两种使用方法:一种是过滤前在浆料中预先添加及混合过滤助剂,然后再送入过滤机中过滤的物料助剂法;另一种是在

过滤前,先用过滤助剂的悬浊浆料进行过滤,使之覆盖于过滤介质的过滤面,闭塞过滤介质的细孔,以增加过滤介质过滤性能的预助剂法。

近年来,陆续投入工业化应用的过滤机还有旋叶式连续过滤机、挤压带式过滤机、横向流动管式过滤器、变容积过滤设备及电场作用下的过滤设备等新型过滤机。

常见过滤机的分类及其相互关系见图 1-5。

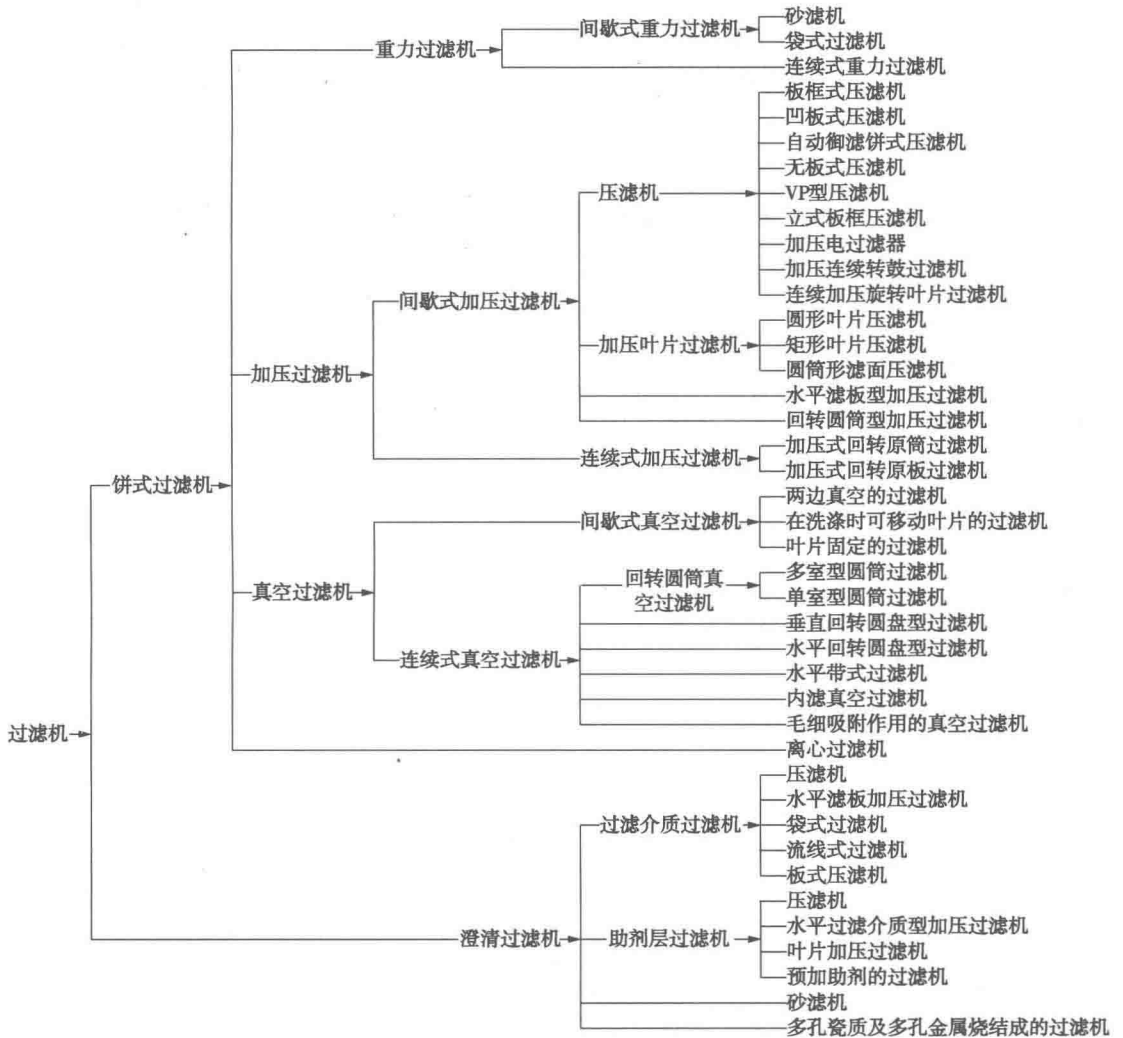


图 1-5 常见过滤机的分类及其相互关系图

2 过滤机的选择

从技术经济的角度考虑,影响过滤机选择的主要因素有过滤浆料的过滤特性(或滤饼的生成特性)、生产规模、操作条件、操作目标和过滤机的型式与结构材料等因素。

2.1 滤浆(悬浮液)的过滤特性

在选用过滤设备之前,首先要充分掌握待过滤滤浆的性质。过滤浆料可以按照其固体成分的沉降性、含量及滤饼生成的特性、孔隙率等分成五种类型,其分类见表 1-8。