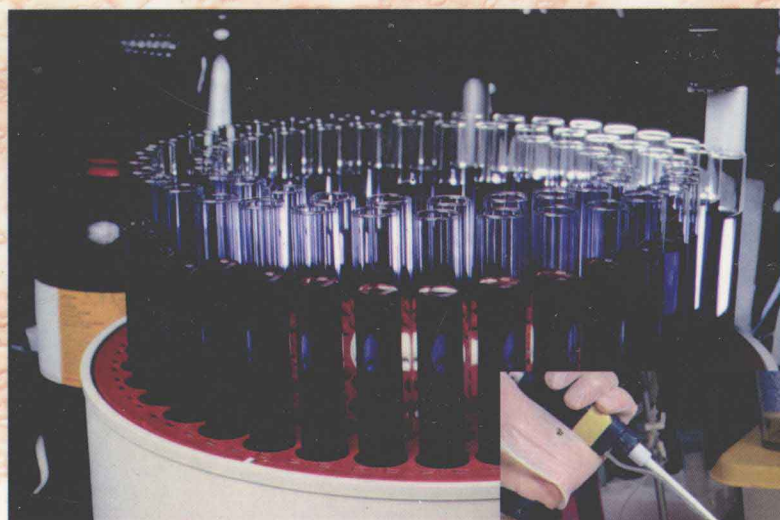


催化裂化新工艺

与 设备检修维护技术手册

CUIHU ALIEHUAXINGONGYIYUSHEBEIJIANXIUWEIHUJISHUSHOUCE

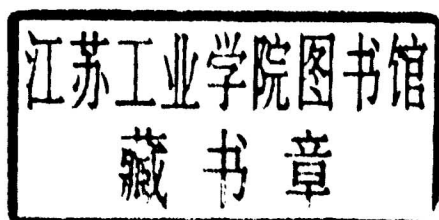
主编 / 陈光朝



吉林电子出版社

催化裂化新工艺与设备 检修维护技术手册

陈光朝 主编



吉林电子出版社

催化裂化新工艺与设备检修维护技术手册

主 编:陈光朝

出版发行:吉林电子出版社

出版时间:2004 年 10 月

类 别:1CD + 配套手册四卷

版 号:ISBN 7 - 900359 - 31 - 9/Z·30

定 价:998.00 元

编 委 会

主 编：陈光朝

编 委：谢天宇 杜 蕾 邹建国 刘艳芬
武建强 张洵朴 刘森斌 赵茂坤
熊 伟 曹志刚 刘 军 杜海霞
刘 程 刘建东 朱玉梅 曹燕刚
徐 静 季 冰 龚 然 展丽丽
窦慧娟 王美英 孟 亮 刘国安

前 言

近 10 年来,世界交通运输燃料需求增长较快,而炉用重质燃料油需求明显减少。据美国剑桥能源研究协会(CERA)报道,全世界汽油消费量由 1992 年的 17.37 百万桶/日(约 7.47 亿吨/年)增加到 2002 年的 19.89 百万桶/日(约 8.55 亿吨/年),增长 14.51%;煤油消费量由 4.90 百万桶/日(约 2.20 亿吨/年)增加到 6.03 百万桶/年(约 2.71 亿吨/年),增长 23.6%;中间馏分油消费量由 16.93 百万桶/日(约 7.96 亿吨/年)增加到 20.67 百万桶/日(约 9.71 亿吨/年),增长 22.09%;重质燃料油消费量由 12.24 百万桶/日(约 6.49 亿吨/年)减少到 10.06 百万桶/日(约 5.33 亿吨/年),减少 17.81%。这种趋势在 21 世纪将继续下去。因此,作为炼油工业的重要二次加工工艺之一——催化裂化近 10 年来都获得了迅速发展,无论是加工能力、装置规模、还是工艺技术水平、产品质量都有了显著进步。这期间,世界原油加工能力由 36.59 亿吨/年增加到 40.94 亿吨/年,增长 11.89%;而催化裂化装置能力由 5.46 亿吨/年增加到 7.10 亿吨/年,增长 30%,远远高于原油加工能力的增长速度。与此同时,出现了 600 万吨/年蜡油催化裂化、425 万吨/年重油催化裂化等一大批大型和超大型装置,重油催化裂化工艺技术获得了迅速发展。2002 年底,世界重油催化裂化能力已达到 1.70 亿吨/年,约占催化裂化装置总能力的 24%。与之相配套的技术,如焦炭选择性高且重油裂化性能好的催化剂、高效雾化进料喷嘴、提升管出口油气快速分离设备、再生器取热技术、沉降器蒸汽汽提技术、烟气能量回收技术等不断创新,迅速推广,大大促进了催化裂化工艺的发展和技术经济水平的提高。

我国原油大多为低硫石蜡基或石蜡中间基,硫含量较低,裂化性能较好,其减压馏分油和重油比较适合催化裂化工艺。我国科研、设计和制造单位经过几十年的实践,已拥有完整配套的先进技术,投资较省,建设速度较快,操作

费用较低,因此,我国炼油企业几乎全部选用催化裂化工艺作为原油深度加工的手段,全国 182 个炼油厂几乎每个厂都有催化裂化装置,有的炼油厂还拥有 2~3 套催化裂化装置。催化裂化已成为我国蜡油和重油转化最主要的生产装置。2002 年底,我国催化裂化装置加工能力已达到 1.028 亿吨/年,较 1992 年增长了 109.88%,翻了一番还多,同期原油一次加工能力增长 80.64%。目前,我国催化裂化加工能力仅次于美国,居世界第二位,其占原油一次加工能力的比例已达 35.51%,居世界第一位。特别是重油催化裂化,是世界发展比例最高的国家。目前石油、石化两大集团公司仅有几套装置为蜡油催化裂化,其余绝大部分催化裂化都是加工重油或掺炼重油的装置。

随着我国加入 WTO,中国石油石化企业更加重视技术创新。要了解他人技术,加以借鉴,也要及时把自己的技术推介出去,夺取市场。面对挑战的形势,纷繁的技术,各级经营管理决策人员,技术人员需要及时、迅速、全面了解国外的最新实用技术和我国有自主知识产权的实用技术,以利赶超。本书全面系统地反映了石油化工企业催化裂化新技术和设备检修维护等内容。共分为六篇,即催化裂化原理、催化裂化流态化技术、加氢裂化工艺与工程、加热炉检修、压缩机检修、换热器的检修。本书由国内一批长期从事石油化工各领域技术研究的专家和技术人员撰写而成,内容新颖全面,体现出了占主导地位的传统技术的不断改进和创新,涉及领域广泛,其学术性与实用性对石油化工行业的工作者来说是不可多得的必备读物。

本书在编辑过程中,得到北京化工研究总院、石油化工科学研究院、石油大学、北京化工大学、北京石油化工学院的通力合作,对此一并致谢。

催化裂化新工艺与设备 检修维护技术手册

(第一卷)

陈光朝 主编

吉林电子出版社

目 录

第一篇 催化裂化原理

第一章 催化裂化	(3)
第一节 反应机理和操作参数	(3)
一、烃类的催化裂化反应	(3)
二、操作参数对催化裂化反应的影响	(11)
第二节 裂化反应和产品分离	(16)
一、概述	(16)
二、原料油	(17)
三、催化剂	(18)
四、产品	(19)
五、装置类型和反应条件	(22)
六、提升管反应器	(29)
七、分馏、吸收稳定和产品精制	(35)
第三节 催化剂再生和烟气轮机动力回收	(38)
一、催化剂再生技术的发展	(38)
二、烧焦反应工程	(40)
三、催化剂再生方式	(42)
四、再生器主要附属设施	(51)
五、烟气轮机动力回收技术	(57)
第四节 催化裂化生产低碳烯烃技术	(60)

一、催化裂化生产低碳烯烃的反应机理	(60)
二、操作参数对生产低碳烯烃的影响	(61)
三、工艺过程	(63)
第二章 催化重整	(70)
第一节 原料油预处理	(70)
一、原料油的性质	(71)
二、预脱砷	(72)
三、预加氢反应和操作参数	(73)
四、典型工艺流程和主要操作数据	(74)
五、原料油预处理的技术进展	(75)
第二节 催化重整	(78)
一、催化重整化学反应和操作参数	(78)
二、典型工艺流程和主要操作数据	(89)
三、开工技术	(96)
四、反应系统中水 - 氯平衡的控制	(97)
五、降低临氢系统压降与两段混氢	(99)
六、后加氢工艺	(102)
第三节 重整催化剂的失活控制与再生	(102)
一、催化剂的失活控制	(102)
二、催化剂的再生	(104)
三、催化剂连续再生工艺	(110)
第四节 芳烃的抽提与精馏	(112)
一、抽提溶剂	(113)
二、甘醇类溶剂抽提	(114)
三、环丁砜抽提	(120)
四、芳烃精馏	(122)
第五节 芳烃的吸附分离与转化	(124)

一、二甲苯吸附分离	(125)
二、芳烃歧化和烷基转移	(127)
三、二甲苯异构化	(130)
四、高纯度间二甲苯生产技术	(133)
第三章 炼厂气加工	(135)
第一节 炼厂气的产率与组成	(136)
第二节 炼厂气精制	(138)
一、干气脱硫	(138)
二、液化气脱硫酸	(143)
第三节 气体分馏	(146)
第四节 烷基化	(149)
一、反应机理	(150)
二、对原料的要求	(151)
三、硫酸法烷基化	(152)
四、氢氟酸法烷基化	(158)
五、烷基化油性质	(162)
第五节 甲基叔丁基醚生产工艺	(163)
一、MTBE 合成反应	(164)
二、对原料的要求	(164)
三、工艺流程	(164)
四、反应器形式	(166)
五、催化剂性能	(167)
六、主要操作参数	(167)
七、操作条件及控制指标	(168)
八、产品性质	(169)
九、采用催化蒸馏技术的 MTBE 生产工艺	(169)
十、MTBE 的应用研究	(171)

第六节 催化叠合	(173)
一、非选择性叠合	(174)
二、选择性叠合	(177)
第七节 催化裂化干气中乙烯与苯烃化制乙苯	(180)
一、化学反应	(180)
二、对原料催化裂化干气的要求	(180)
三、催化剂	(181)
四、工艺流程	(182)
五、主要操作参数	(184)
六、典型操作条件	(184)
七、产品质量	(184)
第四章 石油炼制催化剂	(186)
第一节 催化裂化催化剂	(186)
一、裂化催化剂的组分	(187)
二、沸石的合成及改性	(193)
三、沸石裂化催化剂的制造	(199)
四、裂化催化剂的品种、牌号	(203)
第二节 催化重整催化剂	(206)
一、重整催化剂的特性及作用	(206)
二、重整催化剂的制备	(208)
三、铂铈和铂锡重整催化剂的开发和性能	(212)
第三节 加氢精制催化剂	(215)
一、加氢精制催化剂的作用	(215)
二、加氢精制催化剂的制备	(218)
三、润滑油加氢补充精制催化剂	(221)
四、加氢精制催化剂的品种、牌号	(222)
五、渣油加氢处理催化剂	(223)

第四节 加氢裂化催化剂	(225)
一、加氢裂化催化剂的作用	(226)
二、加氢裂化催化剂的制备	(228)
三、加氢裂化催化剂用沸石的改性	(231)
第五节 其他催化剂	(233)
一、烯烃叠合催化剂	(233)
二、柴油降凝催化剂	(234)
三、润滑油临氢降凝催化剂	(236)
四、C ₈ 芳烃临氢异构化催化剂	(237)

第二篇 催化裂化流态化技术

第一章 流态化基本原理	(241)
第一节 流态化颗粒分类	(242)
一、颗粒的分类	(242)
二、有关催化剂颗粒的一些概念	(245)
三、粒度测试工作现状	(249)
第二节 流化床的形成与流化相图	(250)
一、概述	(250)
二、流化相图	(253)
三、 u_{mf} 、 u_{mb} 、 u_t 、 u_c 、 u_{fp} 的确定	(255)
四、稀相输送的一般规律	(265)
第三节 FCC 催化剂床膨胀	(280)
一、前人对床膨胀所作的工作	(280)
二、洛阳石化设备研究所的试验	(283)
三、密相床高的确定	(288)
第四节 夹带、扬析和 TDH	(290)

一、颗粒在自由空域内的夹带	(290)
二、扬析	(304)
三、输送分离高度	(313)
第二章 气体分布器	(329)
第一节 气体分布器的作用与要求	(329)
第二节 分布器的结构形式	(330)
第三节 分布器临界压降与压降的计算	(335)
一、分布器临界压降计算式	(335)
二、分布器压降计算式	(337)
三、分布器稳定性判据	(338)
第四节 分布器的最小空塔速度和分布器过孔速度	(340)
第五节 分布器的射流及其关联式	(341)
一、多孔板的射流长度及射流平均直径	(341)
二、射流高度	(341)
三、射流平均直径的关联式	(346)
四、管式分布器的射流	(347)
五、侧孔式风帽与锥帽分布器的射流	(347)
第六节 分布器的原生气泡直径及气泡频率	(348)
一、原生气泡直径 D_0	(348)
二、原生气泡频率 f_c	(350)
第七节 气体出分布器的速度及其分布	(351)
一、气体出分布器的速度	(351)
二、分布器区的速度分布	(352)
第八节 孔间距、死区及其影响因素	(354)
一、板、帽分布器的孔间距	(354)
二、管式分布器死区	(355)
第九节 分布器作用区的传质模型	(356)

第十节 分布器设计及计算实例	(357)
第十一节 现场实际使用的分布器有关数据	(368)
第三章 工业催化装置的测试	(372)
第一节 测试仪器及测试方法介绍	(373)
一、测试仪器	(373)
二、测试方法	(374)
第二节 测试的几套装置简介	(376)
一、吉林前郭炼油厂	(376)
二、吉林江南炼油厂催化裂化装置测试	(376)
三、兰州炼油厂(16单元)催化裂化装置测试	(378)
四、上海炼油厂新型催化裂化装置测试	(379)
第三节 测试结果	(383)
一、前郭炼油厂重油催化裂化测试结果	(383)
二、江南炼油厂催化装置测试结果	(404)
三、兰州炼油厂重油催化裂化装置测试结果	(416)
四、上炼 $100 \times 10^4 \text{t/a}$ 新型催化装置测试结果	(432)
第四节 烧焦罐平均密度关联式的推广	(436)
第四章 催化裂化部分经验数据经验公式	(439)
第一节 再生部分	(439)
一、再生器工艺核算	(439)
二、其他经验数据	(442)
第二节 反应部分	(443)
一、反应热平衡计算	(443)
二、经验数据(床层反应)	(444)
第三节 压力平衡计算实例	(444)
一、IV型两器压力平衡计算	(444)

二、高低并列式反应再生系统压力平衡计算实例	(445)
三、同轴式反应再生系统压力平衡计算	(447)
第四节 提升管反应器	(448)
一、提升管形式	(448)
二、选择提升管条件	(448)
三、提升管反应器的喷嘴	(448)
四、提升管出口设计	(449)
五、提升管计算公式	(449)
六、提升管经验数据	(450)
第五节 溢流管、待生斜管	(450)
一、内溢流管计算	(450)
二、外溢流管计算	(450)
三、待生斜管计算	(451)
四、经验数据	(451)
第六节 催化剂输送	(452)
一、密相输送	(452)
二、催化剂输送特性	(454)
三、稀相输送	(455)
第七节 旋风分离器	(457)
一、截面积计算	(457)
二、料腿直径计算	(458)
三、压力降	(458)
四、料腿长度	(459)
五、料位高度	(459)
六、旋风分离器效率	(460)
七、其他经验公式	(460)
第八节 分布板、分布管	(461)
一、分布板	(461)

二、分布管	(463)
第九节 限流孔板计算	(464)
第十节 催化剂的一般介绍	(465)
一、催化剂物理性能	(465)
二、催化剂筛分组成	(466)
三、催化剂化学组成	(466)
四、催化剂性质	(467)
五、催化剂中毒与金属污染	(467)
第十一节 洛阳石化工程公司实验厂高低并列式、同轴式设计参考数据	(468)
一、高低并列式反应再生系统(柴油-液化气方案)	(468)
二、同轴式反应再生系统(工艺计算结果汇总)	(470)
第十二节 现场标定估算方法	(471)
一、化学计算法	(471)
二、反应部分工艺参数计算	(475)
三、旋风分离器有关参数计算	(477)
四、其他有关参数计算	(477)
第五章 催化裂化催化剂在管线中的流动	(479)
第一节 不同类型的催化剂流动性能	(479)
一、物理性能	(480)
二、冷模试验	(481)
三、脱气快是大密度催化剂难以流化的另一原因	(482)
第二节 催化裂化气固两相流流型的划分	(484)
一、催化剂流动基本原理	(485)
二、流动型式的划分	(486)
三、立管流动模型	(488)
第三节 催化剂在立管中的实际流型	(490)

一、再生立管和斜管中催化剂的流型	(490)
二、待生立管和斜管中催化剂的流型	(492)
三、催化剂在快分头和旋风分离器中的流动	(494)
四、气固混合物在料腿中的流动	(501)
五、其他情况下催化剂流型	(502)
第四节 立管流动问题探讨	(507)
一、催化剂在立管中流动状态描述及分析	(507)
二、立管中催化剂向下流动状态的实验描述	(508)
三、立管中输送催化剂出现“架桥”的条件及疏通措施	(512)
四、立管中催化剂流动的松动问题	(515)
第五节 立管中催化剂流动的稳定性	(519)
一、泛滥不稳定性	(519)
二、Do 和 Jones 的判断法	(519)
三、Rangchari 和 Jackson 准则	(521)
四、工业立管流动的不稳定性	(521)
五、工业生产中以往的控制指标	(521)
第六节 工业立管流动问题剖析	(521)
一、工业立管流动问题	(521)
二、某厂重油催化开工时立管流动问题剖析	(524)

第三篇 加氢裂化工艺和工程

第一章 加氢裂化工艺过程	(531)
第一节 概 述	(531)
一、近代加氢裂化工艺过程的形成及发展	(531)
二、加氢裂化工艺过程的基本特征和过程原理	(532)
三、各种加氢裂化工艺过程的开发及工业应用	(536)