

中国石化抚顺石油化工研究院

建院五十周年(1953-2003)

环境友好的炼油化工技术

——抚顺石油化工研究院五十年院庆论文集

中國石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境友好的炼油化工技术——抚顺石油化工研究院五十年
院庆论文集/韩崇仁主编.
—北京:中国石化出版社,2003
ISBN 7-80164-386-0

I.环… II.韩… III.石油炼制-无污染技术-
文集 IV.TE62-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 042432 号

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

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 42.25 印张 1058 千字

2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

定价:118.00 元

当今世界，人类正在经历着一场全球性的科学技术革命，科学技术迅猛发展，科学技术向现实生产力转化，科技成果产业化的速度日益加快，为整个经济发展不断注入新的动力。科技进步和创新的巨大驱动力，促进了生产力发展质的飞跃，带动着世界范围内经济结构特别是产业结构的重大调整和优化升级。科技创新能力成为经济实力、综合国力竞争的的决定性因素，成为国际竞争的制高点。科技实力和创新能力的越来越决定着一个国家在国际上的地位，也是事关我们企业生存与发展的根本所在。

以资源、资本、技术、市场国际化为主要特征的全球经济一体化的大格局给我们带来了机遇，也提出了挑战。中国石化要建成具有国际竞争力的世界级一体化能源化工公司，就必须进一步依靠科技进步，不断增强科技创新能力，在技术进步上实现“创新—领先—跨越”的科技战略。科技开发的宗旨应该为拓展市场、扩大资源、降本增效、提高国际竞争力提供技术支撑，把科技成果尽快转化为现实的生产力是科技工作者的重要任务。

抚顺石油化工研究院作为中国石化的直属科研单位，在科研开发工作中认真贯彻中国石化科技发展战略和技术创新、技术进步、技术改造、产业升级“四位一体”的指导方针及有所为有所不为的原则。坚持科技工作的市场导向和应用导向，贴近市场、贴近生产、贴近企业，紧紧围绕炼化企业的优化资源配置，提高产品质量，调整产品结构，大力降本压费，提高效益等需求，组织科技开发工作，加强技术创新，大力开发新技术新产品，积极培育发展核心技术和专有技术，取得了一批具有国际先进水平的科技成果。在临氢催化、环保治理、石油沥青及石蜡加工、生物化工和精细化工等专业领域形成了自己的特色。据不完全统计，该院共获国家和省(部)级以上科技成果 238 项；申请国内外专利 680 多项。为中国石化工业的发展提供了强有力的技术支撑。

在努力做好科研开发工作的同时，该院还认真抓好科技成果转化和推广工作，坚持走出去和请进来相结合的原则，经常通过召开技术交流会、“技术发展恳谈会”、组织科技专家深入企业调研和“诊断”分析等办法，为石化企业提供了大量技术服务和咨询，成绩不菲，在激烈市场竞争中赢得了赞誉和欢迎。科研成果转化率达到 80% 以上。

抚顺石油化工研究院为庆祝建院 50 周年，组织科技专家在全面总结取得的科研成果的基础上，编写和出版了这本论文集，并以此为平台很好地展示了近十年来各专业领域发展和所取得的科研成果。该文集中的综述性文章，较全面地反映了国内外在该研究领域的技术进展，从战略的高度为今后的科技发展指出了方向；其他论文则重点突出了创新、转化和效益，反映实用技术开发与应用；文集中还收编了一些基础性研究论文和催化材料等方面的文章，体现了该院对基础性探索研究工作的重视，进一步显示出后备开发工作的实力。

该文集内容丰富，具有较高的学术水平和实用价值，它的出版将为从事石油化工生产、科研、设计和教学人员提供了一本重要的参考读物。

最后，我衷心地希望抚顺石油化工研究院能够在今后的研发工作中，认真贯彻落实党的十六大精神，继续按照中国石化“改革、调整、创新、发展”的方针，认真落实“突出重点、强化优势，有所为、有所不为”的基本原则，积极组织科研力量，认真分析和研究国内外石化工业技术发展趋势和我国经济发展对石化产品的市场需求，紧紧围绕中国石化的核心业务，找准科技发展的方向和重点，制定好本院今后的科技进步发展战略及规划；不断深化内部改革，完善科技创新的法制和机制，优化科技资源的配置；充分调动和发挥全院科技人员的聪明才智，百折不挠、奋力攻关，不断开发具有自主知识产权的创新技术，为把抚顺石油化工研究院建设成具有一流设备、一流人才、一流管理、一流成果、专业特色明显、具有国际竞争力的一流研究院而努力奋斗，为提高中国石化的国际竞争力作出更大的贡献。

中国石油化工股份有限公司 高级副总裁
中国工程院院士



在进入新世纪的激动和喜悦还挂在脸上之时，我们迎来了抚顺石油化工研究院成立五十周年纪念日。1953年5月，以油页岩及页岩油加工为研究对象的东北石油管理局抚顺研究所开始了创业历程。五十年来几经更名，现在的抚顺石油化工研究院已发展成为拥有固定资产5亿元、专业研究人员500多人、每年专利申请和取得成果在国内科研院所中名列前茅、主专业临氢催化领域已在国际上占有重要一席的中国石化直属研究院。

在艰苦创业的50年代，中国的液体能源只能以页岩油为主，抚研院的创业者们开展了页岩干馏和轻质油回收、页岩油加工和精制、加氢催化剂等方面的研究工作，并取得了一批成果。60年代初，伴随大庆油田的开发，我国科研工作向天然石油炼制技术开发转移，在继承50年代人造油临氢催化加工技术的基础上，重点进行天然石油馏分临氢催化技术的研究。80年代抚研院进入中国石油化工总公司以来，我们不仅为石化工业的振兴崛起提供了重要技术支撑，同时自己也获得了飞速的发展。

为了总结50年来特别是近10年来我院在各主要研究领域的科研成就，清楚地认识自己的优势和专长，也为更加明确今后的研究方向，我们组织各领域的专家和有关研究人员编写了这本论文集。文章作者有该研究领域的知名专家，也有新参加研究工作不久的青年科技工作者。文集收入的有反映我院主要领域研究进展的综论文章，也有催化材料基础研究的学术论文。这不仅反映出我们的研究队伍人才辈出，后继有人，更反映出我们的工作不仅在各应用研究领域取得了大量成果，而且在基础研究方面也取得了长足的进展。有关临氢催化和石油工业环保等重点研究领域的论文不仅代表了我院在该领域的技

术进展,而且也基本代表了我国在这些领域的主要研究成果。

加氢裂化成套技术和系列催化剂是我院的优势研究领域,研究与开发工作始于20世纪50年代,本文集中安排了较多的篇幅介绍这方面的进展。随着中国经济市场化程度的不断提高,中国的炼油技术和催化剂市场早已成为世界市场的一部分,世界顶级的炼油技术和炼油催化剂供应商已经进入中国市场。近年来国内炼厂加氢裂化催化剂的每一次换剂都引来世界诸多大公司的竞相投标,有时为了打入中国市场甚至竞相压价。在激烈的国际竞争中,采用我院加氢裂化技术和加氢裂化催化剂的工业装置总能力已超过1700万t,加上在建的装置,总能力已近3000万t。这不仅说明我们在该领域已具有与国际同行进行论伯仲、比高低的实力,而且使我国的加氢裂化总能力即使不算在建的装置也已稳居全球第二位。我们先后开发了高压加氢裂化、中压加氢裂化、缓和加氢裂化、中压加氢改质、加氢尾油异构脱蜡、柴油临氢降凝、柴油加氢降凝、柴油加氢/改质/降凝等工艺技术,国内市场占有率达90%以上。如今,我们不仅能提供针对各种原料、各种工艺过程和不同产品要求的加氢裂化催化剂,而且基本上可以做到按用户的个性化要求开发和提供各种加氢裂化催化剂及相应的工艺技术服务。

渣油加氢是我院加氢技术领域的另一个强势专业,由我院作为技术和催化剂专利供应商建设的茂名200万t/a固定床渣油加氢装置已成功运行了三年多,由我院提供核心技术的“S-RHT渣油加氢成套技术的开发”项目获得了2002年度国家科技进步一等奖。文集中不仅收录了全面介绍该技术的文章,还有一批反映我院在固定床渣油加氢工艺和新一代渣油加氢催化剂方面的研究论文。我们先后成功开发出FZC-10系列、FZC-10Q系列、FZC-10U系列和FZC-100系列渣油加氢处理保护剂22个牌号产品;FZC-20系列、FZC-200系列加氢脱金属催化剂13个牌号产品;FZC-30系列、FZC-300系列渣油加氢处理脱硫催化剂10个牌号产品;FZC-40系列渣油加氢处理脱氮催化剂2个牌号产品。这些系列催化剂已分别成功应用在有关企业的84t/a年VRDS装置、200万t/a S-RHT渣油加氢处理装置、200万t/a ARDS装置和120万t/a UFR/VRDS装置。国内的几套渣油加氢工业装置均采用了我院的技术和催化剂,有的装置在不同系列采用不同的催化剂。这些平行系列反应系统的工业实践表明,我院开发的系列渣油加氢催化剂性能在整体上达到或超过了国外同类催化剂水平。除了传统的固定床渣油加氢技术外,我院还在采用分散型催化剂的悬浮床渣油加氢领

域取得了重大研究进展,收录的论文中也反映了这方面的内容。

包括汽、柴油在内的各种馏分油加氢精制是我院的传统研究领域。从70年代我院在国内推出第一个现代汽、柴油加氢精制工业催化剂以来,我国的汽、柴油加氢技术得到了大范围的推广和应用。目前,采用我院新一代加氢精制催化剂的单套装置加工能力已达300万t/a。除汽、柴油加氢精制以外,我们还开发出了一段加氢处理、OCT-M催化汽油选择性加氢脱硫、MCI劣质柴油加氢改质、FDAS两段法加氢处理生产清洁柴油等工艺技术以及与之配套的21个商品牌号的用于各种馏分油和石油蜡类、适用于不同目的产品的系列加氢精制催化剂,这些催化剂先后在全国48个企业的130多套工业装置上应用。这些催化剂及其应用情况在本文集中也有较大篇幅的反映。

在精细化工技术方面,我们利用临氢领域的优势和研制催化剂的经验,先后开发成功了橡胶防老剂4010NA、4020和FNPPD的生产新工艺,丙酮合成甲基异丁基酮新技术,苯胺连续合成二苯胺技术等。近年来,又开发成功了丁烯水合脱氢制甲乙酮成套技术,并成功地实现了工业化。在生物化学工程技术领域,我们在开发成功生物发酵法制取长链二元酸和用长链二元酸合成麝香-T及服装用热熔胶等技术之后,又开展了石油馏分油生物法深度脱硫及生物发酵法制取1,3-丙二醇的研究。这些成果有的在入选论文中已有介绍,但由于篇幅所限,不能将我们在精细化工研究领域的重要成果全部收到文集中。

除了临氢催化技术以外,另一个重要的专业研究领域是石油化工行业的环境保护和治理。50年来,我们开发了多种炼油、化工和油田企业产生的废水、废气、废渣的治理技术。文集中收录的有关废碱液处理技术、含硫污水汽提技术、有机废气治理技术、炼厂含油污泥处理技术等论文部分反映了我们在环境治理和污染控制方面所做的工作。另外,我院在环境监测、环境评价等领域的工作也在国内尤其在石油化工行业内占有较重要地位。这方面的文章收的不多,但也反映了我们在该领域的研究进展。

抚研院还是中国石化行业石油蜡类产品的唯一研究单位,也是国家石油蜡类产品质量监督检验中心的挂靠单位。40多年来,我们先后开发出用于电子、农业、机械、日化、炸药、军工等领域的100多个品种的特种蜡。近几年,又开发出汽车防护蜡、乳化炸药蜡、橡胶防护蜡、热熔胶等大宗产品。我们在石油沥青的生产工艺和沥青产品性质研究方面也做了大量的研究工作,并取得了许多成果。所有这些在文集中也都有所体现。

抚研院已取得科技成果 300 多项，其中获省(部)级以上成果 238 余项；申请中国专利 680 多件，国外专利 50 多件。所有这些成果不能都展现在这本论文集中，但通过入选的论文可以看到我们研究院今天的轮廓，即：今天的抚顺石油化工研究院已经成为拥有先进科研手段、素质较高的科技队伍、具有较强科技实力的石油化工科技开发基地。

借五十周年院庆和这本论文集出版之际，我们真诚希望广交海内外朋友，与国内外石化企业开展各种形式的合作。这种合作不仅包括抚研院技术在各企业的推广应用，更包括为石化企业提供周到体贴的个性化服务。不但包括结合企业实际问题的技术合作开发，也包括各种形式的联合办院，联合办研究中心。我们的目标是推动炼化企业的技术进步和经济效益的提高。在为炼化企业服务并推动我们的客户技术进步和效益提高的同时，体现我们的价值。

中国石化抚顺石油化工研究院院长

方向晨

《环境友好的炼油化工技术》编委会

主 编：韩崇仁

副主编：胡永康

编 委：(按音序排列)

程国香 方向晨 关明华 胡伟龙 蒋立敬

李衍滨 林大泉 刘纪端 刘培基 刘振华

刘忠信 廖士纲 罗锡辉 彭全铸 朴荣民

孙万付 王延河 尹恩杰

《环境友好的炼油化工技术》编辑部

主 任：蒋立敬 李秉枢

成 员：(按音序排列)

侯玉铎 计玉祥 曲 涛 王有凤

一、综述

加氢精制技术的新进展	方向晨等(3)
我国加氢裂化技术的发展与思考	胡永康等(11)
渣油加氢处理成套技术的开发与应用	韩崇仁等(24)
炼油工业和资源与环境保护	林大泉等(38)
特种石油蜡产品开发的现状与展望	时伯军等(47)
石油沥青产品的开发与应用	程国香等(53)

二、加氢精制及加氢处理技术

FCC 汽油选择性加氢脱硫/降烯烃技术(OCT-M)	赵乐平等(63)
采用非贵金属催化剂生产低硫低芳烃柴油的工艺技术	刘继华等(70)
柴油加氢脱芳技术的研究	刘全杰等(82)
焦化全馏分油加氢精制工业应用技术	李 扬等(88)
重质馏分油预加氢精制催化剂的开发及应用	王继锋等(94)
劣质蜡油加氢生产优质催化裂化原料	吴宜冬等(107)
焦化蜡油加氢处理催化剂性能研究	曹光伟等(118)
原料油性质及工艺条件对加氢催化剂积炭的影响	孙万付等(125)

三、加氢裂化及加氢改质技术

加氢裂化工艺新技术的开发	曾榕辉等(137)
中压加氢裂化(改质)技术的开发及工业应用	曾 榕 辉(146)
轻油型加氢裂化催化剂	蒋广安等(155)
灵活型加氢裂化催化剂的开发及应用	王凤来等(161)
最大量生产中间馏分油型的加氢裂化催化剂	陈 松等(168)
单段加氢裂化催化剂的开发及应用	樊宏飞等(176)
加氢裂化尾油蒸汽裂解性能的研究	于 丹等(186)
生产优质低凝柴油的加氢降凝组合工艺技术的开发	孟祥兰等(195)
提高柴油十六烷值的 MCI 技术开发及应用	方向晨等(203)
生产清洁柴油的加氢/改质工艺组合	廖士纲等(212)
润滑油加氢异构脱蜡技术	刘 平等(222)

加氢过程模拟软件在工业装置建设及扩能改造中的应用	赵 威等(227)
--------------------------------	-----------

四、渣油加氢处理技术

渣油加氢处理系列催化剂的开发和应用	赵愉生等(235)
新型渣油加氢脱氮催化剂的开发	苏晓波等(240)
新一代渣油固定床加氢脱硫催化剂的研究	王 刚等(244)
渣油固定床加氢处理工艺的研究	胡 长 禄(253)
上流式反应器渣油加氢保护剂及工艺的研究	李文儒等(264)
减压渣油掺炼焦化蜡油的工艺研究	韩 照 明(270)
重、渣油悬浮床加氢裂化催化剂的研制与开发	董志学等(275)
渣油悬浮床加氢工艺研究	王 军等(280)
常压渣油加氢处理过程族组成变化的研究	凌凤香等(286)

五、催化重整技术

催化重整技术的研究	徐远国等(293)
低压固定床催化重整新工艺的开发	徐远国等(315)
重整催化剂工业应用技术	关 冠 军(319)
催化重整生成油选择性加氢催化剂(HDO-18)的研制及工业应用	张丽娟等(335)

六、催化新材料

催化新材料研究进展	凌凤香等(345)
高耐氮 NTY 沸石物化性质及催化性能的研究	尹 泽 群(361)
载体、金属-载体相互作用与多相催化剂的制备研究	罗 锡 辉(367)
催化重整催化剂 γ - Al_2O_3 载体的研究	徐远国等(382)
分子模拟技术在我院催化材料研究中的应用	兰 权等(386)

七、环境保护及治理

石油化工有机废气的催化燃烧处理技术开发	刘忠生等(395)
炼油厂含硫污水汽提技术分析	齐慧敏等(404)
活性炭纤维处理炼油达标废水的研究	郭宏山等(414)
复合型絮凝剂在污水处理中的应用	赵景霞等(421)
PTA(精对苯二甲酸)生产废水的生物处理	刘念曾等(427)
湿式空气氧化法处理石化废碱液及反应器工艺原理	韩 建 华(435)
炼油厂含油污泥现状及处理对策	赵景霞等(446)
利用氧化还原电位(ORP)控制 SBR 工艺的硝化和脱氮	许 谦等(452)
石油化工厂址环境评估方法的研究	李凌波等(458)
石油石化工业建设项目环评技术特点及拓展应用	籍 伟等(467)
强化膜法程序控制生物反应器(SBR)处理油田采油废水	许 谦等(472)

八、石蜡、沥青等石油产品

石蜡加氢精制技术的开发及应用	王 家 寰(479)
高熔点石油蜡类产品加氢精制技术研究	张 忠 清(491)
工业炸药用蜡系列产品的开发	王德军等(499)
加氢裂化尾油制取优质润滑油基础油和食品用石蜡的研究	全 辉等(510)
润滑油基础油加氢制取白油的研究	袁 平 飞(514)
新标准高等级道路沥青生产技术的开发与应用	程国香等(521)
聚合物改性沥青生产技术的开发与应用	程 国 香(529)
水工沥青的开发与应用	郭 皎 河(537)

九、精细化工及生物化工

甲乙酮成套技术的开发及应用	吕志辉等(545)
丙酮一步法合成甲基异丁基酮的工艺研究	艾抚宾等(553)
合成二苯胺新型催化剂的研制及工业应用	宋丽芝等(563)
DNW 型耐温离子交换树脂催化剂制备与应用	霍稳周等(571)
丙烯水合制异丙醇技术开发	马 皓等(580)
长链二元酸生产菌的研究	李淑兰等(588)
生物发酵生产十三碳二元酸的研究	刘树臣等(593)
麝香-T 合成技术的研究	王崇晖等(599)
微生物脱硫菌种筛选及脱硫特性研究	佟明友等(604)
细胞内 pH 对产二元酸热带假丝酵母代谢活性的调控	刘树臣等(610)

十、分析测试方法及表征

样品分析中程序升温技术的应用	张喜文等(619)
紫外吸收光谱研究胜利渣油沥青质、胶质的结构特性	齐邦峰等(627)
清洁汽油中含氧化合物含量测定方法(多维气相色谱法)的研究	王丽君等(631)
原油和重油中多种金属元素含量测定方法的研究	赵荣林等(637)
食品微晶蜡中残留苯及甲苯测定方法(顶空气相色谱法)的研究	齐邦峰等(644)
影响荧光指示剂吸附法准确测定汽油组成因素的研究	赵 彬等(648)
柴油馏份油中含硫化合物的 GC/AED 研究	王少军等(654)

综

述

加氢精制技术的新进展

方向晨 周 勇

摘 要 简要回顾了抚顺石油化工研究院加氢精制技术开发历程,重点介绍该院近十年来在重整原料预加氢、催化汽油加氢、煤油加氢、柴油加氢及催化原料预处理等工艺过程及所用催化剂开发方面取得的进展。

关键词 加氢精制 馏分油 催化剂 工艺 进展

1 前言

加氢精制/处理技术是现代炼油工业和石油化工领域改善油品质量的重要加工手段之一。一些发达国家的加氢精制和加氢处理能力已占原油蒸馏能力的 80% 以上。我国加氢精制技术的开发可追溯到 20 世纪 50 年代,受当时中国石油资源的限制,主要是以抚顺石油三厂为基地,发展以页岩油加氢为主的加氢技术。

60 年代,随着我国大庆油田的发现和开发,抚顺石油化工研究院(FRIPP)加氢精制技术的研究由页岩油、煤焦油加工转向以加工天然石油为主。配合铂重整工艺的发展,由抚顺石油化工研究院(FRIPP)和抚顺石油三厂合作,相继开发了 $\text{MoO}_3 - \text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (3641) 和 $\text{MoO}_3 - \text{NiO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (3665) 催化剂,并广泛地用于重整预加氢和后加氢过程。

70 年代,FRIPP 投入大量的人力、物力进行加氢精制催化剂和工艺技术的研究开发。特别值得一提的是在加氢精制催化剂载体开发方面所取得的成就。利用从 60 年代开始积累的含硅氧化铝载体制备技术经验,开发成功了适合于馏分油加氢精制催化剂的孔容大、表面积大、孔径特别集中(40~100)、酸性适中的含硅氧化铝小球载体。由于性能优异,这种载体一直沿用至今。这一阶段取得的进展为我国现代加氢精制技术的发展打下了坚实的基础。

80 年代至 90 年代初期,FRIPP 开发出用于各种油料的多种加氢精制催化剂及加氢工艺技术。先后开发成功了中压石油蜡加氢精制工艺及催化剂(481-2B)、481-3 高活性轻质馏分油加氢精制催化剂、FH-5 劣质二次加工油品加氢精制催化剂、3926 和 3936 重质馏分油加氢精制催化剂。这些催化剂及工艺技术均接近或达到了当时的国际先进水平,在国内得到了广泛的应用。FRIPP 加氢精制/处理催化剂工业应用概况见表 1。

本文介绍 FRIPP 馏分油加氢精制技术开发和应用的近期进展情况。

2 高空速重整原料预加氢技术

对于国产主要原油的石脑油,采用 481-3 催化剂,开展了高空速条件下的工艺研究,在氢压 1.5MPa、温度 260~300℃、空速 10~12h⁻¹、氢油体积比 100 条件下加氢精制,加氢生成油均符合双(多)金属重整催化剂对进料的要求。

481-3 催化剂已先后在燕山石化、金陵石化、兰州炼化、高桥石化、辽化、洛阳石化的连续重整预加氢装置上应用。

FDS-4A 催化剂具有孔容适中、比表面积大、机械强度高、工业装填均匀,装卸方便等特点。采用 FDS-4A 催化剂可在高空速($8 \sim 10 \text{h}^{-1}$)、低氢油比(80)、较低氢分压($1.0 \sim 2.0 \text{MPa}$)的条件下处理含硫直馏石脑油(含硫 $400 \sim 2400 \mu\text{g/g}$),能得到符合双、多金属重整催化剂要求的重整进料。FDS-4A 催化剂的加氢脱硫活性明显优于国外的同类加氢脱硫专用催化剂,用于高硫石脑油加氢精制时,比国外参比剂反应温度低 $10 \sim 15^\circ\text{C}$ 。

FDS-4A 催化剂自 1996 年 5 月投入工业应用以来,相继在茂名石化公司炼油厂等企业的 18 套重整预加氢装置上应用,效果良好。其中金陵石化、安庆石化、天津石化、镇海炼化、大连石化等几套重整预加氢均在较高空速($6 \sim 8 \text{h}^{-1}$)下运行。

工业应用典型结果见表 2。

表 1 FRIPP 加氢精制/处理催化剂及工业应用概况

催化剂型号 (商品牌号)	组 分	用 途	首 次 应 用	
			时 间	厂 家
轻质馏分油类				
481	Mo - Ni/Al ₂ O ₃	汽油、煤油柴油加氢	1979.2	茂名石化公司
481-3	Mo - Ni - Co/Al ₂ O ₃	二次加工汽油加氢、煤油、柴油加氢、重整料预加氢	1986 1989.5	石油一厂 吉化炼油厂
FH-5(481-5)	W - Mo - Ni/Al ₂ O ₃	二次加工柴油加氢	1991	九江石化总厂
FH-5A	Mo - Ni/Al ₂ O ₃	二次加工柴油加氢	1999.10	茂名石化公司
FDS-4A	Mo - Co/Al ₂ O ₃ - SiO ₂	汽、煤油加氢	1996	茂名石化公司
FH-98	W - Mo - Ni/Al ₂ O ₃ - SiO ₂	二次加工汽油柴油加氢	1999.7	大庆石化总厂
FGH-11, -20	Mo - Co/Al ₂ O ₃	催化汽油选择性加氢	2003.3	
FH-DS	W - Mo - Ni - Co/Al ₂ O ₃	柴油深度加氢脱硫	2003.3	茂名石化公司
FDS-4	Mo - Co/Al ₂ O ₃	加氢脱硫	2000	茂名石化公司
重质馏分油类				
FDN-1(3926)	W - Mo - Ni/Al ₂ O ₃ - SiO ₂	焦化蜡油加氢	1993.10	齐鲁石化公司
FSN-1(3936)	Mo - Ni/Al ₂ O ₃	蜡油加氢	1995.3	茂名石化公司
3996	Mo - Ni/Al ₂ O ₃	蜡油加氢	1999	茂名石化公司
FF-16	Mo - Ni/Al ₂ O ₃	蜡油加氢	2002	辽阳石化公司
FCT-1(CH-20)	Mo - Ni/Al ₂ O ₃	焦化蜡油加氢	1997.2	长岭炼油厂
石油蜡类				
481-2B	Mo - Ni/Al ₂ O ₃	石蜡加氢、凡士林加氢	1983.10	燕山石化公司
FV-1	W - Ni/Al ₂ O ₃	石蜡加氢	1998.6	高桥石化公司

表 2 FDS-4A 催化剂工业应用结果(重整预加氢)

装 置 名 称	金陵石化公司 重整预加氢	安庆石化总厂 重整预加氢	镇 海 炼 化
标定时间	1997.9.19	1998.4.16	2001
主要操作条件			
反应器入口压力, MPa	1.50	2.29	2.39
反应器入口温度, $^\circ\text{C}$	290	290	300
混氢量, m^3/h	5683	6200	11240
进料量, t/h	18.5	25.5	113
氢油体积比	184	178	72
体积空速, h^{-1}	7.0(一反)	6.05	6.54

续表

装置名称	金陵石化公司 重整预加氢	安庆石化总厂 重整预加氢	镇海炼化
原料油性质			
馏程, °C	84 ~ 165	77 ~ 179	75 ~ 165
密度(20°C), g/cm ³	0.7236	0.7337	0.7247
硫, μg/g	186	225.4	348
精制油性质			
硫, μg/g	< 0.5	< 0.5	< 0.5
氮, μg/g	< 0.5	< 0.5	< 0.5

工艺研究及工业应用结果表明,我国的重整预加氢技术已达到国际先进水平。

3 催化裂化汽油加氢脱硫/降烯烃技术

FCC 汽油中硫和烯烃含量高,采用常规加氢技术脱硫降烯烃时,辛烷值损失大,氢耗高,必须开发专用技术。催化裂化汽油加氢技术的开发是目前和今后一段时期内汽油加氢精制技术的研究重点。

3.1 OCT-M FCC 汽油选择性加氢脱硫技术

针对我国 FCC 汽油的特点,FRIPP 已开发成功了 OCT-M FCC 汽油选择性加氢脱硫催化剂及工艺成套技术。

OCT-M FCC 汽油选择性加氢脱硫技术选择适宜的 FCC 汽油轻、重馏分切割点温度,对轻、重馏分分别进行脱硫处理。对于烯烃含量较高、硫含量较低(富含低分子硫醇硫)的 FCC 汽油轻馏分,采用碱洗抽提的方法进行脱硫处理。对于硫含量较高(且富含噻吩硫)的 FCC 汽油重馏分,采用专门开发的 FGH-20/FGH-11 催化剂体系,在较缓和的工艺条件下进行加氢处理。

OCT-M FCC 汽油选择性加氢脱硫典型的工艺条件是:反应温度 240 ~ 300°C、压力 1.6 ~ 3.2MPa、空速 2.0 ~ 5.0h⁻¹、氢油体积比 300 ~ 500。

采用 FRIPP 开发的 OCT-M FCC 汽油选择性加氢脱硫新工艺,可使 FCC 汽油的总脱硫率达到 85% ~ 90%,烯烃饱和率达到 15% ~ 25%,RON 损失小于 2 个单位,(R+M)/2(抗爆指数)损失小于 1.5 个单位,液收大于 98%。

3.2 OTA 全馏分催化汽油加氢脱硫降烯烃技术

OCT-M 技术是针对高硫含量的 FCC 汽油的选择性加氢脱硫技术,为了减少辛烷值的损失,采取了尽量减少烯烃饱和、选择性地脱硫的方法。因此,OCT-M 不能由高烯烃催化汽油直接生产符合标准的汽油产品。

经济合理地降低催化汽油烯烃含量是中国的炼油企业急需解决的难题。抚顺石油化工研究院开发的 OTA 全馏分催化汽油加氢脱硫降烯烃技术采用加氢脱硫/芳构化组合催化剂,在低压下处理全馏分催化汽油,可以大幅度降低汽油的烯烃含量,同时还具有流程简单、氢耗低、汽油收率高等特点。

采用 OTA 技术,在氢分压 1.6 ~ 4.5MPa、体积空速 1.0 ~ 2.0h⁻¹、体积氢油比 200 ~ 500、反应温度 350 ~ 430°C 条件下,可将催化汽油的烯烃含量由 45% ~ 55% 降至 20% 以下,硫含量由 500 ~ 800μg/g 降至 200μg/g 以下,该过程化学氢耗不大于 0.2%,汽油收率在 90%