

SHIYOUHUAGONG ZHIYEJINENG PEIXUN JIAOCAI

石油化工职业技能培训教材



延迟焦化装置操作工

中国石油化工集团公司人事部 编
中国石油天然气集团公司人事服务中心

中国石化出版社

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

石油化工职业技能培训教材

延迟焦化装置操作工

中国石油化工集团公司人事部 编
中国石油天然气集团公司人事服务中心

中国石化出版社

内 容 提 要

《延迟焦化装置操作工》为《石油化工职业技能培训教材》系列之一,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》中对该工种初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别的专业理论知识和操作技能的要求。主要包括:延迟焦化装置的发展概况、工艺原理、工艺操作、设备使用与维护、生产异常和事故的判断与处理、与延迟焦化生产操作相关的设备、仪表、基本计算以及安全环保基本知识等。

本书是延迟焦化装置操作人员进行职业技能培训的必备教材,也是专业技术人员指导延迟焦化装置生产操作必备的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

延迟焦化装置操作工/中国石油化工集团公司人事部,
中国石油天然气公司人事服务中心编. —北京:中国石化
出版社,2008
石油化工职业技能培训教材
ISBN 978-7-80229-503-2

I. 延… II. ①中…②中… III. 石油炼制-延迟焦化-
装置-操作-技术培训-教材 IV. TE624.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 017908 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

读者服务部电话:(010)84289974

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

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

787×1092 毫米 16 开本 15 印张 363 千字
2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷
定价:32.00 元

《石油化工职业技能培训教材》

开发工作领导小组

组 长：周 原

副组长：王天普

成 员：（按姓氏笔画顺序）

于洪涛	王子康	王玉霖	王妙云	王者顺	王 彪
付 建	向守源	孙伟君	何敏君	余小余	冷胜军
吴 耘	张 凯	张继田	李 刚	杨继钢	邹建华
陆伟群	周赢冠	苟连杰	赵日峰	唐成建	钱衡格
蒋 凡					

编审专家组

（按姓氏笔画顺序）

王 强	史瑞生	孙宝慈	李兆斌	李志英	岑奇顺
杨 徐	郑世桂	姜殿虹	唐 杰	黎宗坚	

编审委员会

主 任：王者顺

副主任：向守源 周志明

成 员：（按姓氏笔画顺序）

王力健	王凤维	叶方军	任 伟	刘文玉	刘忠华
刘保书	刘瑞善	朱长根	朱家成	江毅平	许 坚
余立辉	吴 云	张云燕	张月娥	张全胜	肖铁岩
陆正伟	罗锡庆	倪春志	贾铁成	高 原	崔 昶
曹宗祥	职丽枫	黄义贤	彭干明	谢 东	谢学民
韩 伟	雷建忠	谭忠阁	潘 慧	穆晓秋	

前言

为了进一步加强石油化工行业技能人才队伍建设,满足职业技能培训和鉴定的需要,中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心联合组织编写了《石油化工职业技能培训教材》。本套教材的编写依照劳动和社会保障部制定的石油化工生产人员《国家职业标准》及中国石油化工集团公司人事部编制的《石油化工职业技能培训考核大纲》,坚持以职业活动为导向,以职业技能为核心,以“实用、管用、够用”为编写原则,结合石油化工行业生产实际,以适应技术进步、技术创新、新工艺、新设备、新材料、新方法等要求,突出实用性、先进性、通用性,力求为石油化工行业生产人员职业技能培训提供一套高质量的教材。

根据国家职业分类和石油化工行业各工种的特点,本套教材采用共性知识集中编写、各工种特有知识单独分册编写的模式。全套教材共分为三个层次,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》各职业(工种)对初级、中级、高级、技师和高级技师各级别的要求。

第一层次《石油化工通用知识》为石油化工行业通用基础知识,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各职业(工种)共性知识的要求。主要内容包括:职业道德,相关法律法规知识,安全生产与环境保护,生产管理,质量管理,生产记录、公文和技术文件,制图与识图,计算机基础,职业培训与职业技能鉴定等方面的基本知识。

第二层次为专业基础知识,分为《炼油基础知识》和《化工化纤基础知识》两册。其中《炼油基础知识》涵盖燃料油生产工、润滑油(脂)生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识,《化工化纤基础知识》涵盖脂肪烃生产工、烃类衍生物生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识。

第三层次为各工种专业理论知识和操作技能,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各工种操作技能和相关知识的要求,包括工艺原理、工艺操作、设备使用与维护、事故判断与处理等内容。

《延迟焦化装置操作工》为第三层次教材,在编写时采用传统教材模式,不

分级别，在编写顺序上遵循由浅到深、先基础理论知识后技能操作的编写原则，在章节安排上打破了常规操作法按操作顺序编写的惯例，先以延迟焦化装置的发展概况、工艺过程及焦化产品等基本理论及概念为铺垫，着重介绍了工艺操作知识、设备使用与维护知识以及焦化装置中生产异常和事故处理要点，最后介绍了设备、仪表、生产操作、基本计算以及安全环保等焦化操作人员需要了解和掌握的基本知识，使得技能人员通过从理论到技能的学习后，达到掌握并自觉把所学知识应用到操作中去的目的。

《延迟焦化装置操作工》教材由镇海炼化负责组织编写，主编杨云峰(镇海炼化)，参加编写的人员有蒋宇华、邓新军、康华、江亚伦、王超、杨春亮(镇海炼化)；本教材已经中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心组织的职业技能培训教材审定委员会审定通过，主审郑世桂，参加审定的人员有赵广虎、于克非、李长江、邓锴以及徐成裕、余水龙、瞿滨、郑伟达、陈国标、傅刚强、王世东、张志勇、胡建凯等，审定工作得到了沧州石化、石家庄炼化、长岭石化、荆门石化等单位的大力支持；中国石化出版社对教材的编写和出版工作给予了通力协作和配合，在此一并表示感谢。

由于石油化工职业技能培训教材涵盖的职业(工种)较多，同工种不同企业的生产装置之间也存在着差别，编写难度较大，加之编写时间紧迫，不足之处在所难免，敬请各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

目 录

第一章 概 述

1.1 延迟焦化技术的发展	(1)
1.1.1 延迟焦化在炼油工业中的地位	(1)
1.1.2 焦化技术的发展过程	(2)
1.1.3 延迟焦化技术的发展	(3)
1.2 典型延迟焦化装置简介	(5)
1.2.1 延迟焦化装置的传统流程	(5)
1.2.2 延迟焦化装置的改进型流程	(5)
1.2.3 延迟焦化装置的可灵活调节循环比工艺流程	(6)

第二章 工艺过程

2.1 工艺过程	(8)
2.2 化学反应过程	(8)
2.2.1 烷烃的热转化	(9)
2.2.2 异构烷烃的热转化	(9)
2.2.3 环烷烃的热转化	(9)
2.2.4 芳烃的热转化	(9)
2.2.5 沥青质的热裂化	(9)
2.2.6 非烃分子的热裂化	(10)
2.2.7 焦炭的生成机理	(10)
2.3 反应机理	(10)
2.3.1 裂化加热阶段	(10)
2.3.2 缩合加热阶段	(12)
2.3.3 过热加热阶段	(13)
2.4 单元操作原理	(13)
2.4.1 分馏系统	(13)
2.4.2 吸收稳定系统	(13)
2.4.3 脱硫系统	(14)
2.5 影响焦化过程的主要因素	(15)
2.5.1 原料性质	(15)
2.5.2 工艺操作条件	(18)
2.6 工艺流程简介	(19)
2.6.1 反应分馏单元	(19)
2.6.2 吸收稳定单元	(20)

2.6.3 干气、液态烃脱硫单元	(20)
2.6.4 冷切焦系统	(21)

第三章 产品分布和质量

3.1 产品分布	(24)
3.2 针状焦的生产	(25)
3.2.1 针状焦的生成机理	(26)
3.2.2 针状焦的原料	(26)
3.2.3 针状焦的生产工艺	(27)
3.2.4 针状焦的性质	(27)
3.2.5 针状焦的质量指标	(28)

第四章 工艺操作

4.1 正常操作	(29)
4.1.1 加热炉系统	(29)
4.1.2 焦炭塔系统	(32)
4.1.3 分馏系统的操作	(36)
4.1.4 吸收稳定系统的操作	(39)
4.1.5 脱硫系统的正常操作	(40)
4.1.6 冷切焦水系统的操作	(41)
4.2 产品的质量控制	(43)
4.2.1 焦化汽油(石脑油)的质量调节	(43)
4.2.2 柴油的质量调节	(43)
4.2.3 蜡油的质量调节	(43)
4.2.4 干气的质量调节	(44)
4.2.5 液态烃的质量要求与调节	(45)
4.2.6 焦化酸性气的质量调节	(45)
4.2.7 延迟石油焦的质量标准与控制	(46)
4.3 装置的开工	(47)
4.3.1 开工准备	(47)
4.3.2 开工检查内容	(47)
4.3.3 装置贯通吹扫	(49)
4.3.4 装置水冲洗	(50)
4.3.5 装置水联运	(51)
4.3.6 加热炉烘炉	(52)
4.3.7 气密试验及置换	(54)
4.3.8 柴油联运	(55)
4.3.9 单炉引油开工	(55)
4.3.10 吸收稳定开工	(57)
4.3.11 脱硫系统开工	(57)

4.3.12 并炉	(58)
4.4 装置的停工	(59)
4.4.1 停工前的准备与检查	(59)
4.4.2 单炉停工	(59)
4.4.3 装置全面停工	(59)
4.4.4 吸收稳定系统的停工	(60)
4.4.5 脱硫系统停工	(60)
4.4.6 加热炉清焦	(60)
4.4.7 停工吹扫的目的及注意事项	(63)
4.5 设备维护和操作	(63)
4.5.1 机泵的维护和操作	(63)
4.5.2 空冷的操作	(72)
4.5.3 换热器的操作	(72)
4.5.4 单流机械过滤器的操作	(72)
4.5.5 底盖机的操作	(72)

第五章 生产异常及事故处理

5.1 紧急停工	(74)
5.1.1 紧急停工的原则	(74)
5.1.2 紧急停工的处理方案	(74)
5.1.3 紧急停工的注意事项	(74)
5.2 工艺事故的处理	(75)
5.2.1 原料油系统	(75)
5.2.2 加热炉系统	(76)
5.2.3 焦炭塔系统	(79)
5.2.4 分馏系统	(82)
5.2.5 吸收稳定系统	(86)
5.2.6 脱硫系统	(88)
5.2.7 公用工程系统	(90)
5.3 设备故障及处理	(94)
5.3.1 离心泵	(94)
5.3.2 辐射泵	(96)
5.3.3 蒸汽往复泵	(98)
5.3.4 离心式压缩机	(100)
5.3.5 往复式压缩机	(102)
5.3.6 空冷器	(105)
5.4 除焦系统故障及处理	(106)
5.4.1 高压水泵	(106)
5.4.2 底盖机	(108)
5.4.3 除焦设备	(109)

5.4.4 行车设备	(110)
5.5 DCS 故障处理	(111)

第六章 设 备

6.1 加热炉	(112)
6.1.1 卧管单面辐射立式炉	(112)
6.1.2 多管程双面辐射水平管炉型	(112)
6.1.3 焦化加热炉的结构	(113)
6.1.4 加热炉检修的主要内容及检修后的验收标准	(115)
6.1.5 加热炉操作检查要点	(115)
6.2 焦炭塔	(117)
6.2.1 焦炭塔的结构特点	(117)
6.2.2 焦炭塔直径和高度确定	(117)
6.2.3 焦炭塔的材质	(118)
6.2.4 焦炭塔裙座	(118)
6.2.5 焦炭塔的鼓包变形	(119)
6.2.6 焦炭塔操作检查要点	(119)
6.3 焦化富气压缩机组	(120)
6.3.1 往复式压缩机组	(120)
6.3.2 离心式压缩机	(122)
6.3.3 汽轮机	(128)
6.3.4 蒸汽透平-离心压缩机机组的维护操作要点	(133)
6.4 机泵	(135)
6.4.1 辐射泵	(135)
6.4.2 高压水泵	(136)
6.5 通用设备	(137)
6.5.1 分馏塔	(137)
6.5.2 换热器	(137)
6.5.3 空冷器	(138)
6.6 专用设备	(139)
6.6.1 高温阀门	(139)
6.6.2 焦炭塔顶盖	(139)
6.6.3 四通阀	(141)
6.6.4 桥式起重机	(141)
6.6.5 除焦设备	(143)

第七章 自动控制及联锁

7.1 常规控制器及其参数整定	(148)
7.1.1 比例控制器	(148)
7.1.2 比例积分控制器	(148)

7.1.3	比例积分微分控制器	(149)
7.1.4	PID 参数的整定	(149)
7.2	装置的常用控制	(149)
7.2.1	原料罐的液位控制	(150)
7.2.2	加热炉的温度控制	(150)
7.2.3	分馏塔系统的控制	(152)
7.2.4	离心式富气压缩机的控制	(153)
7.2.5	吸收稳定系统的控制	(154)
7.2.6	脱硫系统的控制	(156)
7.2.7	焦高的测量	(156)
7.3	焦化装置的高级控制和优化控制	(157)
7.3.1	DCS 控制系统	(157)
7.3.2	先进控制系统	(158)
7.4	装置的自动保护系统	(164)
7.4.1	加热炉联锁控制	(164)
7.4.2	辐射泵联锁	(165)
7.4.3	离心式压缩机联锁	(166)
7.4.4	往复式压缩机联锁	(166)
7.4.5	高压水泵联锁	(166)
7.4.6	除焦程序控制系统联锁	(166)
7.5	安全检测仪表	(168)
7.5.1	概述	(168)
7.5.2	可燃性气体检测原理	(168)
7.5.3	毒性气体检测原理	(168)
7.6	分析仪表	(169)

第八章 腐蚀与防护

8.1	腐蚀的类型	(171)
8.1.1	腐蚀的定义	(171)
8.1.2	腐蚀的分类	(171)
8.1.3	焦化装置常见的腐蚀类型	(171)
8.2	设备的腐蚀与危害	(175)
8.2.1	加热炉的腐蚀	(176)
8.2.2	分馏塔的腐蚀	(177)
8.2.3	脱硫系统的腐蚀	(179)
8.2.4	焦炭塔的腐蚀	(179)
8.2.5	磨损腐蚀	(179)
8.2.6	腐蚀危害	(179)
8.3	腐蚀防护措施	(180)
8.3.1	高温氧化腐蚀防护措施	(180)

8.3.2	高温硫腐蚀防护措施	(180)
8.3.3	高温烟气硫酸露点腐蚀防护措施	(180)
8.3.4	脱硫系统 RNH_2 (乙醇胺) - CO_2 - H_2S - H_2O 的腐蚀防护措施	(180)
8.3.5	焦炭塔的防护措施	(181)
8.4	设备选材	(182)
8.5	防腐监测	(184)
8.5.1	常用腐蚀监测技术	(184)
8.5.2	其他新型腐蚀监测技术	(186)

第九章 化工原材料

9.1	消泡剂	(187)
9.1.1	消泡剂的作用	(187)
9.1.2	消泡剂的性质及组成	(187)
9.2	脱硫剂	(188)
9.2.1	脱硫剂的作用	(188)
9.2.2	脱硫剂的性质及组成	(189)
9.3	焦化液态烃精脱硫剂	(190)
9.3.1	焦化液态烃精脱硫剂的组成及作用	(190)
9.3.2	焦化液态烃精脱硫剂的性能及使用条件	(190)
9.4	缓蚀剂	(190)
9.4.1	缓蚀剂的作用	(190)
9.4.2	腐蚀机理	(191)

第十章 生产技术管理

10.1	生产运行分析常用工艺计算	(192)
10.1.1	加工能力、加工负荷和加工损失的分析	(192)
10.1.2	焦高计算	(192)
10.1.3	循环比的计算	(193)
10.1.4	产品收率及质量预测	(193)
10.1.5	生焦率的计算	(194)
10.1.6	对收率的校正	(195)
10.1.7	加热炉的计算	(195)
10.1.8	焦炭塔空塔线速计算	(198)
10.1.9	产品质量分析及馏出口合格率计算	(198)
10.1.10	换热的计算	(199)
10.1.11	气体的压缩功及其计算	(200)
10.2	生产过程的用能分析	(202)
10.2.1	能量平衡分析	(202)
10.2.2	合理用能基本原则	(203)
10.2.3	延迟焦化装置能耗构成	(204)

10.2.4	工艺条件对能耗的影响	(204)
10.2.5	延迟焦化装置与其他装置的热联合	(205)
10.3	班组经济核算	(205)
10.3.1	班组物料核算	(205)
10.3.2	班组消耗统计	(206)
10.4	装置标定	(206)
10.4.1	标定方案的编写	(206)
10.4.2	标定数据的采集	(207)
10.4.3	标定报告的编写	(207)

第十一章 安全与环保

11.1	装置的安全卫生	(208)
11.1.1	职业安全卫生标准	(208)
11.1.2	延迟焦化过程的危险性分析	(208)
11.1.3	事故的防范	(211)
11.2	装置的环境保护	(213)
11.2.1	污染物的排放状况	(213)
11.2.2	污染源及治理	(214)
11.2.3	冷焦水的处理	(214)
11.2.4	炼油厂浮渣的处理	(215)
11.2.5	稳定脱硫停工时的除臭处理	(217)
11.3	装置安全环保规定	(218)
11.3.1	进入受限空间作业规定	(218)
11.3.2	焦化单元安全、环保、健康注意事项	(218)
11.3.3	稳定脱硫单元安全、环保、健康注意事项	(219)
11.3.4	除焦岗位安全、环保、健康注意事项	(219)
11.3.5	行车岗位安全、环保注意事项	(219)
11.3.6	空气呼吸器的使用方法	(220)
11.3.7	装置停工检修安全注意事项	(220)
11.3.8	装置的停工环保注意事项	(221)
11.3.9	装置开停工盲板的管理	(222)
11.3.10	事故类别	(222)
参考文献		(223)

第一章 概 述

1.1 延迟焦化技术的发展

1.1.1 延迟焦化在炼油工业中的地位

炼油工业主要是从原油中提炼出各种发动机燃料、润滑油、化工原料等石油产品，以满足其他工业和人们日常生活的需要。随着原油价格的不断攀升及原油资源的重质化、劣质化，加工高硫、高酸、高金属劣质原油已成为石油化工的一种必然趋势，因而重质油深度加工已成为国内外各炼油厂需要迫切解决的问题。在炼油厂加工工艺中，延迟焦化是将重油轻质化的主要加工过程，它可以将重油经热加工转化为气体、轻质、中质馏分油及焦炭。它具有装置投资低、原料选择范围广等特点，除加工减压渣油外，还可以加工高沥青质的稠油和油砂。延迟焦化装置生产灵活性较强，各炼油厂可通过调整原料和工况来改变产品收率。例如，可采用多产汽油、柴油，少产蜡油的高装置轻油收率方案；也可采用多产蜡油等重质馏分油少产焦炭的高装置液体收率方案等。延迟焦化的产品经加氢脱硫后，可成为炼油厂较好的产品组分，其中，焦化汽油经过加氢后可以成为较好的乙烯裂解原料；焦化柴油经加氢后具有较高的十六烷值，是很好的柴油资源；焦化蜡油经加氢后是很好的催化裂化原料；焦化干气或富气经脱硫后是制氢的好原料；焦化液化气经脱硫后可直接出厂；石油焦可与 CFB 锅炉联动发电，有的还可制成针状焦满足其他工业的特殊需要。因此，延迟焦化装置自 1930 年在美国怀亭炼油厂投入工业化生产来，发展很快；我国也于 1963 年在抚顺石油二厂首次实现延迟焦化工艺的工业化，被誉为我国石油炼制工业的“五朵金花”之一。延迟焦化工艺以其独特的工艺特点和作用，成为炼油工业加工渣油的重要工艺之一。

从生产工艺特点来看，延迟焦化是采用深度热裂化工艺使高温渣油转化为气体、汽油、柴油、蜡油和焦炭的过程。它与其他焦化方法的不同点在于渣油以高的流速快速经过加热炉的炉管，并使渣油加热到反应所需的温度(490 ~ 505℃)进入焦炭塔，在焦炭塔内渣油靠自身带入的热量进行裂解、缩合等反应。渣油虽然在炉管里已经达到反应所需的温度，但由于在炉管中流速快、停留时间短，裂解和缩合反应还来不及发生就离开了加热炉，从而把反应推迟到焦炭塔中，所以这种工艺被称为延迟焦化。目前，延迟焦化流程上普遍采用的是一台加热炉配两座焦炭塔，热渣油进入其中一个焦炭塔进行反应、生焦，焦炭塔内焦层达到一定高度后，再将热渣油切换到另一个焦炭塔进行生产，已完成生焦的焦炭塔经过冷却、除焦、预热等过程后，再次投入运行，这样双塔交替进料，保持装置的连续生产。

自 20 世纪 90 年代以来，焦化装置加工能力一直以较快的速度增长，见图 1-1 所示。

从世界范围来看，美国是世界上焦化能力最大的国家，延迟焦化是美国渣油加工最主要的手段之一。由于原油不断重质化，为了提高原油深加工的经济效益，充分利用石油资源，90 年代以来，美国新建、改扩建了大量的延迟焦化装置，延迟焦化加工能力由 1996 年的 9844.6 万吨/年增加到

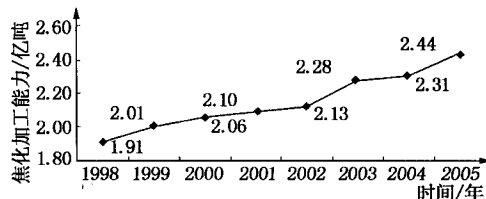


图 1-1 世界焦化装置加工能力增长情况

2006 年的 13047 万吨/年，10 年间净增了 3202.4 万吨，焦化能力已占到原油加工能力的 15.34%，新增加的焦化能力全部为延迟焦化装置。

我国从 20 世纪 60 年代开始建设延迟焦化装置，生产技术和装置建设能力都得到了较快的发展，成为世界上延迟焦化能力排名第二的国家。特别是 90 年代以来，延迟焦化更是得到了飞速的发展，在 1996~2005 年的 9 年间，延迟焦化能力净增了 2637 万吨。到 2005 年底，仅中国石化和中国石油两家延迟焦化的加工能力已达 4245 万吨/年，延迟焦化能力占我国原油加工能力的比例达到了 10% 以上。

我国近几年延迟焦化装置能力的增加，主要是通过对已有装置进行大型化改造和新建大型化装置来实现的(见表 1-1)。这些装置加工能力都在 100 万吨/年以上，有的单套加工能力已达 160 万吨/年，并且采用了一些当代较先进的技术，如双面辐射式加热炉、改进型水力除焦、大型化焦炭塔、低循环比工艺以及冷焦水密闭处理环境保护措施等。

表 1-1 我国焦化处理能力

序号	装置名称	能力/ (万吨/年)	主要特征		投产年份/年
			焦炭塔配置	加热炉形式	
1	中国石化上海石化公司	100	一炉两塔	双面辐射	2000
2	中国石化长岭分公司	120	一炉两塔	双面辐射	2001
3	中国石化高桥分公司	140	一炉两塔	双面辐射	2002
4	中国石油吉林石化公司	100	一炉两塔	双面辐射	2002
5	中国石化齐鲁分公司	140	一炉两塔	双面辐射	2004
6	中国石化茂名分公司	100	一炉两塔	双面辐射	2004
7	中国石化金陵分公司	160	一炉两塔	双面辐射	2004
8	中国石油辽河石化公司	100	一炉两塔	双面辐射	2004
9	中国石化扬子分公司	160	一炉两塔	双面辐射	2004
10	中国石化塔河分公司	120	两炉四塔	双面辐射	2004
11	中国石油克拉玛依石化分公司	120	一炉两塔	单面辐射	2004
12	中国石化镇海炼化分公司	100	一炉两塔	双面辐射	2005
13	中国石油大港石化分公司	100	一炉两塔	双面辐射	2005
14	中国石油兰州石化分公司	120	一炉两塔	双面辐射	2005

1.1.2 焦化技术的发展过程

发展焦化装置的最初目的是提高轻质油收率，但随着生产工艺的不断发展以及市场对优质石油焦需求的不断增长，生产优质石油焦也成为焦化过程的重要目的之一。这种情况一方面是由于焦化技术的不断改进，另一方面源自市场对石油焦的需求，尤其是对优质石油焦的需求。几十年来各国炼油工业中采用的焦化方法主要有釜式焦化、平炉焦化、延迟焦化、接触焦化、流化焦化和灵活焦化等方法。

釜式焦化是焦化反应在焦化釜中间歇进行的工艺。原料装入焦化釜后逐渐加温，当温度升到 300℃ 左右时开始有馏出物从釜中逸出，当温度升到 400℃ 左右时，馏出量最多，温度达到 400℃ 以上后馏出油的生成速度很快降低，这时生成焦炭的缩合反应非常激烈，温度升到 450~500℃ 时，馏出的是最重的馏分。为控制焦炭中挥发分的含量，在生成焦炭后还要经过煅烧和均热阶段，然后冷却到 200~250℃，采用人工或机械方法出焦。

平炉焦化和釜式焦化相似，是在耐火砖砌成的平炉中间歇地进行焦化反应。平炉焦化和

釜式焦化方法简单，容易建设，但由于技术落后、间歇生产、劳动条件差、耗钢材多以及占地面积大等诸多缺点已被淘汰。

接触焦化和流化焦化与催化裂化中的移动床和流化床裂化过程相似，它们利用焦粒作热载体在两器之间循环。接触焦化因设备结构复杂、投资及维修费用高、技术不成熟而没有得到进一步的发展。

灵活焦化作为一种能加工硫、氮、重金属含量高的重质油加工手段而在工业上获得应用，见图 1-2 所示。1976 年在日本川崎炼油厂建成了第一套 110 万吨/年的灵活焦化装置。但是灵活焦化工业化中尚有一个重要的问题未很好解决，即副产的大量空气煤气热值较低，炼油厂自身消耗不了，又没有合适的销路，因此，灵活焦化在工业上尚未被广泛采用。近年来有关专家对灵活焦化工艺进行了改进，增加了一个气化器，即除了可产生部分空气煤气外，焦炭的一部分还可在新增的气化器中与水蒸气反应产生热值较高的水煤气。

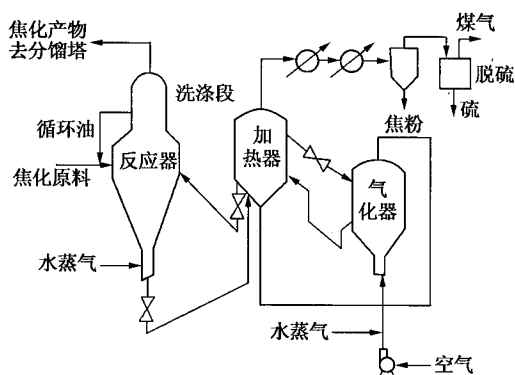


图 1-2 灵活焦化原理流程图

延迟焦化装置已占全世界的焦化装置总数的 85% 以上，是最主要的渣油加工手段之一。经过半个多世纪的发展，延迟焦化工艺在工艺技术、设备和生产操作等方面都有很大的发展。它不仅是重要的渣油转化过程和增产汽油、柴油的方法，而且也是生产优质石油焦的重要手段。现在，利用优质石油焦生产炭素材料也是较为热门的工艺。

1.1.3 延迟焦化技术的发展

世界上第一套延迟焦化工业装置于 1930 年投产，经过几十年来的快速发展，技术上日臻成熟，在装置大型化、降低投资、减少消耗、降低操作费用、提高经济效益等方面取得了明显进展。

我国自延迟焦化装置投产以来，也对该工艺做了许多改进，以适应不同的需求。主要的改进方向有：通过掺炼催化油浆、沙特及伊朗重油等高残炭、高沥青质渣油扩大原料的范围；通过降低操作压力和循环比提高液体产品收率；通过缩短生焦周期提高加工能力；优化焦化工艺与其他工艺的组合工艺；提高高硫石油焦的综合利用水平；提高焦化加热炉的效率、延长操作周期；提高装置及除焦自动化水平，实现安全平稳操作，减少环境污染等。

在优化包括延迟焦化工艺在内的组合工艺中，目前国内主要有：减压渣油先进行减粘裂化，减粘渣油再用作延迟焦化的原料油以提高液体产品收率，降低焦炭产率；焦化蜡油经过加氢处理后再用作催化裂化的原料，提高催化处理量，催化裂化油浆也可用作焦化掺和料。

在高硫石油焦的综合利用方面，近年来的主要发展是：焦炭造气联合发电技术和以石油焦为主要原料的循环流化床(CFB)锅炉及汽电联产技术。1999 年我国已建成、投产了两台 220t/h 以石油焦作为主要原料的 CFB 锅炉。

在装置生产能力方面，我国延迟焦化生产能力自 1993 年突破 1000 万吨以来，一直保持高速增长，1999 年突破 2000 万吨，2005 年达到 4245 万吨，6 年间处理量翻了 1 倍(以中国石化和中国石油延迟焦化装置为例，见表 1-2)。

表 1-2 我国延迟焦化能力增长情况

年份	原油加工能力	焦化加工能力		占原油一次加工能力比例/%	焦化能力年增长率/%
		万吨/年	套数		
1996	21252	1608	26	7.57	21.08
1997	22888	1828	27	7.99	13.68
1998	24455	1853	28	7.58	1.37
1999	26923	2063	29	7.66	11.33
2000	27713	2114	29	7.63	2.47
2001	28099	2164	29	7.70	2.36
2002	28951	2465	30	8.51	13.91
2003	30439	2765	31	9.08	12.17
2004	31846	3725	38	11.70	34.72
2005	32072	4245	40	12.63	13.98

在生产能力不断扩大的同时,装置规模也在不断扩大,我国延迟焦化装置平均规模已由1995年的60万吨/年提高到2005年的101.25万吨/年,提高了68.75%,中国石化集团公司的延迟焦化平均规模由1998年的65.0万吨/年,提高到了2005年的98.75万吨/年,提高了51.92%,见表1-3。

表 1-3 我国延迟焦化装置平均规模变化情况

年份	全国			中国石化		
	加工能力/(万吨/年)	套数	平均规模/(万吨/年)	加工能力/(万吨/年)	套数	平均规模/(万吨/年)
1996	1608	26	61.85	—	—	—
1997	1828	27	67.70	—	—	—
1998	1853	28	66.18	1040	16	65.0
1999	2063	29	71.14	1245	18	69.17
2000	2114	29	72.90	1385	19	72.89
2001	2164	29	74.62	1435	19	75.53
2002	2465	30	82.65	1695	20	84.75
2003	2765	31	89.19	1695	20	84.75
2004	3725	38	98.03	2245	24	93.54
2005	4245	40	106.25	2370	24	98.75

在生产水平方面,装置的平均负荷率和加热炉效率明显提高。中国石化集团公司装置平均负荷率1998年为86.07%,2005年已达到97.78%,有一半企业以上的延迟焦化装置负荷率已达到或超过100%。2006年中国石化集团公司焦化装置加热炉平均效率为89.32%,有一半以上的加热炉(15台)热效率超过了90%,装置综合能耗与1999年相比下降了14.01%。

目前,延迟焦化工艺技术发展的重点是提高装置处理能力、增加液体产品收率、降低焦炭产率以及优化产品结构等。近几年来,随着焦炭塔的大型化,缩短循环周期,可灵活调整循环比、超低循环比甚至零循环比和闪蒸区蜡油抽出等工艺的采用以及焦化污油回炼、大循环比处理劣质稠油、延长开工周期和冷焦水密闭处理等技术的开发与应用,使得延迟焦化工艺技术又有了新的发展。