

中国 炼油技术

侯祥麟 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书由国内一些炼油专家撰写而成,系统总结了四十年来我国炼油技术的进展和成果,是完整反映我国炼油水平和特色的精粹。它的特点是针对中国原油的加工,详细阐述了原油的分析评价,各种加工工艺技术,石油产品的生产和质量评定,炼油催化剂,油品添加剂,油品储运,炼油厂节能和污染防治等整套炼油技术。

本书内容翔实,实用性强,对交流技术成果,促进炼油生产和开发新技术都有积极作用,是广大炼油工作者提高业务素质和技术水平的必备读物,也是开展继续工程教育的参考书。本书的主要读者对象是炼油工业的广大科技工作者,包括教育、科研、设计、基建、生产等方面的专业人员以及大专院校的高年级学生。

《中国炼油技术》编辑委员会

主 编 侯祥麟
副主编 龙显烈 侯芙生 梁国培
编 委 (按姓氏笔画排列)
王经涛 王渤洋 卢成楸 朱吉人
朱康福 朱惟雄 华荔年 李宗维
李 道 杨正宇 何俊英 沙展世
张汝存 陈俊武 陆婉珍 林 风
罗家弼 金国干 荣镇中 施国泉
夏汝钧 顾 群 徐元达 徐承恩
高 士 韩长宁 谢济谋

《中国炼油技术》编辑部

主 任 华荔年
副主任 李秀珍 王志远
成 员 李成林 张 溥 杨怡生 邹仲荣

《中国炼油技术》主要撰稿人

(按姓氏笔画排列)

王君钰	王育森	王经涛	王渤洋	龙显烈
朱吉人	朱康福	朱惟雄	严可居	李宗维
李道	李昆	杨正宇	张友石	张寿增
张景河	张澄清	张德勤	陈俊武	陆婉珍
余志英	沙展世	罗家弼	金国干	范耀华
胡菽兰	荣镇中	施国泉	顾群	夏汝钧
徐元达	徐承恩	曹汉昌	黄宇梁	黄宗灏
阎鸿炳	韩长宁	谢济谋	谢继玄	颜志光

责任编辑:李成林

装帧设计:酆效渔

封面摄影:王震涛

前 言

石油产品是国民经济和国防建设必不可少的物资,因此,石油资源成为大国争夺的对象,国际石油产品市场被跨国石油集团所垄断。解放前,我国被认为是“贫油国”,石油产品基本依靠进口。中华人民共和国成立后,在政府的重视和关怀下,经过石油队伍的艰苦奋斗,终于发现和开发了大庆等油田。40年间,原油年产量从120 kt增长到137 Mt,炼油工业也有相应的发展,使石油产品从60年代中期起就基本自给。

我国的石油工业从原油勘探开发生产、加工到油品的分配消费基本立足于国内。具有这样能力的国家世界上是不多的。由于我国的原油性质和油品的消费结构与其他国家不尽相同,因之我国炼油技术发展的重点和炼油生产装置的构成具有自己的特点。

我国炼油技术的重要发展阶段是在60年代。当时大庆油田已经开发,原油产量迅速增长,但炼油技术比较落后,石油产品在品种、质量和收率上都不能满足需要。由于国际的封锁,只能依靠自己的力量来发展所需的技术。国家的困难激发了石油职工的爱国主义精神,有关科技人员在领导干部和工人群众的密切结合下,发扬高度的革命精神和严谨的科学态度,汲取国际上的先进经验,冲破外国的技术封锁,经过几年的艰苦奋斗,通过研究、发展、设计、施工,终于建成了包括流化催化裂化、铂重整等在内的一些先进炼油技术的第一套工业装置,顺利投入生产并随之逐步推广。同时还研制和生产出一些具有特殊性能的合成润滑材料。这样,使我国的炼油技术水平提高了一个层次,使石油产品满足了国内的需要。与此同时还培养出一支能独立自主地开发炼油新技术,从科研、设计到生产建设的队伍,为此后炼油工业的发展奠定了基础。

“文革”期间,我国的工业遭受了很大的破坏,但我们发展的这些炼油技术仍在石油工业中继续推广应用,并在此后随着世界上技术的发展而有所革新和改造。如流化催化裂化发展了稀土沸石催化剂和提升管、常压渣油进料等技术,铂重整发展为双金属和多金属催化重整。

进入80年代,随着改革、开放的深入,国际交流的发展,根据需要,我国从国外引进了多种先进的炼油工艺和装备,加速了我国炼油技术水平的进一步提高。如今,在一些主要生产工艺方面,我国炼油技术已处于世界之林。在自力更生为主,争取外援为辅的方针指导下,预期今后还将有不断的进展。

如上所述,我国炼油技术是依据我国原油特性和产品消费结构,主要依靠自己的力量发展起来的,是具有中国色彩的。因此,对我国炼油工业所拥有的和使用的技术进行系统的、全面的论述并给以出版很有必要。这可使从事炼油工作和有关的专业人员对我国的炼油技术有比较深入、比较全面的了解,对他们的工作会有所裨益。过去虽已出版了一些有关炼油技术的专著,但尚缺少一部全面的系统的著作,为此集中了一些专家撰写此书以弥补这个空白。

中国炼油技术

为求比较全面,本书包括从原油的分析评价、炼油厂各种加工工艺技术、石油产品的生产和质量评定,到油品储运以及炼油厂污染的防治等方面的内容。为求比较深入而又较易理解,各种工艺技术的叙述以工艺流程为主,辅以必要的有关机理、主要的机械、设备,并列入主要技术经济指标的数据以表示其水平。本书的主要对象是炼油工业的广大科技工作者,包括教育、科研、设计、基建、生产等方面的专业人员以及大专院校的高年级学生。对于炼油行业以外的科技人员和炼油技术感兴趣的有关人员也力求有参考作用。

本书由编委会确定了宗旨和内容,制订了提纲,拟定了要求,然后聘请专家负责各章的撰写。初稿经编委会审查提出意见后进行修改。修改稿经部分编委通读,与撰稿人交换意见后再次修改,最后经编委会通过定稿。因此,本书是集体创作,参加撰稿者和审稿者都付出了大量的劳动,希望这些劳动的结晶能对读者有所裨益。然而,本书涉及的面很宽,限于作者的水平,内容难免有不足和错误之处,希望读者对此提出批评指正,以便再版时加以改正。

中国石油学会名誉理事长 侯祥麟

1991年2月18日

目 录

前 言

第一章 概论	(1)
第二章 中国原油评价	(6)
第一节 原油评价内容及方法.....	(6)
第二节 原油性质	(12)
第三节 原油实沸点蒸馏收率及馏分性质	(20)
第四节 直馏产品的性质	(22)
第五节 各馏分及渣油的组成	(38)
第六节 我国原油的特点及对炼油工艺的影响	(46)
第三章 原油蒸馏	(48)
第一节 原油脱盐脱水	(48)
第二节 原油蒸馏工艺过程	(52)
第三节 原油蒸馏的分馏塔	(59)
第四节 原油蒸馏的冷换设备	(67)
第五节 原油蒸馏的加热炉	(70)
第六节 原油蒸馏的过程控制	(76)
第七节 防腐蚀	(78)
第八节 产品精制	(82)
第四章 热裂化、减粘裂化和延迟焦化	(87)
第一节 热转化机理	(87)
第二节 热裂化	(90)
第三节 减粘裂化	(93)
第四节 延迟焦化	(96)
第五章 催化裂化	(109)
第一节 反应机理和操作参数.....	(109)
第二节 馏分油催化裂化工业装置.....	(119)
第三节 渣油催化裂化工业装置.....	(125)
第四节 催化剂再生和烟气轮机动力回收.....	(136)
第六章 催化重整	(152)
第一节 原料油预处理.....	(152)
第二节 催化重整.....	(158)
第三节 重整催化剂的失活控制与再生.....	(176)
第四节 芳烃的抽提与精馏.....	(183)
第七章 炼厂气加工	(195)

第一节	炼厂气的产率与组成	(196)
第二节	炼厂气精制	(198)
第三节	气体分馏	(203)
第四节	烷基化	(206)
第五节	甲基叔丁基醚生产工艺	(217)
第六节	催化叠合	(225)
第七节	苯烃化生产异丙苯	(229)
第八章	加氢精制、加氢裂化和制氢	(232)
第一节	加氢精制	(232)
第二节	加氢裂化	(249)
第三节	临氢降凝	(272)
第四节	加氢催化剂的预硫化与再生	(279)
第五节	主要加氢设备	(286)
第六节	轻烃蒸汽转化制氢及炼油厂低浓度氢回收	(294)
第九章	润滑油生产工艺	(308)
第一节	渣油丙烷脱沥青	(308)
第二节	润滑油溶剂精制	(318)
第三节	润滑油溶剂脱蜡	(332)
第四节	润滑油白土与加氢补充精制	(346)
第十章	石油蜡	(354)
第一节	脱蜡脱油工艺	(354)
第二节	石油蜡的精制	(362)
第三节	液蜡的生产	(370)
第四节	石蜡成型技术	(383)
第十一章	石油沥青	(385)
第一节	石油沥青的化学组成	(385)
第二节	我国石油沥青资源	(388)
第三节	石油沥青生产工艺技术	(390)
第四节	石油沥青的储运	(406)
第十二章	润滑脂	(409)
第一节	润滑脂的分类	(410)
第二节	润滑脂组分与性能	(411)
第三节	润滑脂生产工艺	(418)
第十三章	合成润滑油	(431)
第一节	酯类油	(432)
第二节	聚烷撑醚	(439)
第三节	硅油和硅酸酯	(444)
第四节	含氟润滑油	(449)
第五节	磷酸酯	(455)

第六节	聚 α -烯烃油	(460)
第七节	合成润滑油用添加剂	(465)
第十四章	石油炼制催化剂	(472)
第一节	催化裂化催化剂	(472)
第二节	催化重整催化剂	(488)
第三节	加氢精制催化剂	(497)
第四节	加氢裂化催化剂	(505)
第五节	其他催化剂	(515)
第十五章	润滑油和燃料添加剂	(521)
第一节	清净与分散添加剂	(521)
第二节	抗氧剂	(535)
第三节	降凝添加剂	(539)
第四节	粘度指数改进添加剂	(543)
第五节	载荷添加剂	(545)
第六节	防锈、抗腐蚀、抗泡添加剂	(549)
第七节	发动机燃料添加剂	(552)
第十六章	油品调合	(558)
第一节	调合工艺	(558)
第二节	车用汽油的调合	(562)
第三节	柴油的调合	(568)
第四节	润滑油的调合	(572)
第五节	船用燃料油的调合	(580)
第十七章	石油产品	(585)
第一节	发动机燃料	(586)
第二节	润滑油	(597)
第三节	石油蜡	(618)
第四节	石油沥青	(625)
第五节	石油焦	(632)
第十八章	油品储运	(636)
第一节	油品储存	(636)
第二节	油品装卸	(645)
第三节	油品管道运输	(648)
第十九章	炼油厂的节能	(655)
第一节	节能技术进展概况	(655)
第二节	用能分析与评价	(656)
第三节	主要节能技术措施	(664)
第二十章	炼油厂污染的防治	(671)
第一节	废水处理	(671)
第二节	污水处理场废渣处理	(692)

第三节	酸碱废液的处理.....	(697)
第四节	硫磺回收及其尾气处理.....	(699)
第五节	噪声防治.....	(703)
编后记	(709)
参考文献	(710)

第一章 概 论

中国现代化的炼油工业,是在中华人民共和国成立以后才开始建立的。在此之前,只有几个很小的炼油厂,工艺技术落后、设备简陋,原油加工量和石油产品品种很少,大部分石油产品依靠进口。新中国成立后,石油资源的开发得到了重视,在原油产量逐步增长的情况下,对原有炼油厂进行了改建和扩建、并从苏联引进技术和设备,于1958年在兰州建成了第一座现代化的炼油厂。

1960年大庆油田的开发,为炼油工业的发展奠定了物质基础。以后又陆续发现了许多新油田,原油产量迅速增长,一批新炼油厂相继建立,1963年实现了石油产品的基本自给,结束了我国石油产品依靠进口的历史。此后,随着原油产量的不断增长,我国炼油工业也相应得到持续发展,到1989年全国有大、中型炼油厂30余座,原油总加工能力达到130 Mt^①。同时开发和采用了多种先进的炼油工艺和设备,对炼油厂广泛进行了技术改造,目前我国已经形成了具有一定规模和技术水平的现代化炼油工业体系。

我国炼油厂主要炼制国产原油。目前我国最大的油田为大庆油田,原油产量约占全国的40%;其它较大的有胜利、辽河、华北、中原及克拉玛依等油田,它们的原油总产量约占全国的一半。胜利和中原原油含硫,特别是胜利油田的孤岛原油含硫较高,其它都属于低硫原油。我国主要油田原油的共同特点是密度较大,含蜡高,轻馏分含量较少,如表1-1所示。

表 1-1 我国主要油田原油性质

原 油	大 庆	胜 利	辽 河	华 北	中 原	克 拉 玛 依
属性	低硫、石蜡基	含硫、中间基	低硫、环烷-中间基	低硫、石蜡基	含硫、石蜡基	低硫、石蜡-中间基
密度(20°C),g/cm ³	0.8554	0.9005	0.9042	0.8837	0.8466	0.8538
200°C 馏出量,m%	11.5	7.6	9.4	6.1	19.4	15.4
v%	13.4	9.0	11.2	7.2	22.2	17.7
350°C 馏出量,m%	31.2	25.1	30.9	26.0	44.5	41.4
v%	34.0	28.0	34.3	28.9	48.0	44.6
>500°C 馏出量,m%	42.8	47.4	39.9	39.1	32.3	29.7
v%	40.1	44.0	36.2	35.6	29.0	27.1
蜡含量,m%	26.2	14.6	9.9	22.8	19.7	7.2
硫含量,m%	0.10	0.80	0.18	0.31	0.52	0.05

由于多数原油的轻油含量少,为满足国民经济发展,特别是公路运输、农业机械化、铁路内燃机化和船运、航空事业的发展对发动机燃料的需要,决定了我国炼油厂生产装置的构成中。

① 本书所有统计数字均未包括台湾省

重油深度加工装置占很大比重。到1989年年底止,催化裂化、延迟焦化等装置的总加工能力达到53.1 Mt/a,占原油一次加工能力的40.7%,见表1-2。

表 1-2 我国主要重油加工装置加工能力

装置名称	加工能力 Mt/a	占原油一次加工能力 %
催化裂化	35.29	27.1
热裂化	5.01	3.8
延迟焦化	7.08	5.4
减粘裂化	1.85	1.4
加氢裂化	3.87	3.0
合计	53.1	40.7

如表1-2所示,催化裂化已成为我国重油深度加工的主要手段。1989年催化裂化装置生产的汽油和柴油,分别占全国汽油和柴油总量的70%和31%。在其它几种重油加工装置中,由于对优质中馏分燃料的需要日益增加,加氢裂化近年来有较快发展的趋势。

我国产量最多的大庆原油是典型的石蜡基原油,其润滑油馏分具有良好的粘温性能,用常规的生产工艺即可获得高粘度指数的润滑油基础油,见表1-3。此外,我国也用中间基和环烷基原油生产各种润滑油。全国润滑油的总生产能力已超过2.0 Mt/a,除满足国内需要外,尚有一定数量的出口。

表 1-3 大庆原油润滑油基础油的粘温性能

油 品	150 SN	500 SN	650 SN	150 BS
凝点, °C	-12	-12	-14	-12
粘度(50°C), mm ² /s	19.77	60.04	77.86	261.9
(100°C), mm ² /s	6.09	10.91	13.36	33.56
粘度指数	101	96	97	104

我国各主要油田的原油都富含石蜡。为了充分利用这一资源,发展了从含蜡馏分中提取石蜡的脱蜡、脱油以及精制、成型等一套完整石蜡生产技术。我国石蜡产量1989年达到690 kt,是主要的出口石油产品之一。

我国大部分原油含硫低,为生产低硫石油焦提供了有利条件。

随着汽车制造业的发展,汽车发动机压缩比的提高,以及进口车辆的增多,要求提高汽油辛烷值。为此,一些生产高辛烷值汽油组分的工艺技术,如烷基化、醚化、烯烃叠合等,近年来受到重视并获得发展。

在发展天然原油加工的同时,为了满足国防、航空、航天以及电子等领域在各种高温、严寒、辐射、强化学介质等特殊条件下使用的需要,我国还有效地发展了具有各种特殊优良性能的合成油脂,包括酯类油、聚烷撑醚、聚硅氧烷、含氟油及磷酸酯等多类化合物。

各种石油加工催化剂和油品添加剂已基本立足于国内。

随着炼油工业的发展,我国已拥有一支强大的、具有丰富经验的炼油生产和科研、设计队伍。随着机械工业的发展,各种炼油装备已基本立足于国内。

在炼油工艺技术的发展上,新中国成立初期,我国炼油厂只有原油蒸馏、馏分油热裂化、釜式焦化、柴油冷榨脱蜡、润滑油离心脱蜡和油品酸碱精制等几种较简单的生产工艺技术。50年代,经过恢复和引进吸收,增加了移动床催化裂化、苯烃化、丙烷脱沥青、润滑油糠醛精制和酚精制、酮苯溶剂脱蜡和白土处理等工艺技术,在炼油生产技术上前进了一大步,特别在润滑油方面,开始有了现代化的完整的配套技术和生产装置,但在发动机燃料的加工技术方面,距世界水平尚有不小差距。热裂化汽油仍在车用汽油中占主要地位。

60年代初开始,通过我国自己的研究与设计,先后建成了延迟焦化、流化催化裂化、催化重整、硫酸法烷基化、尿素脱蜡、加氢精制及加氢裂化等装置,掌握了当时世界上一些主要的炼油工艺技术,并在以后年代中得到充实、发展与提高。与此同时,还进行了炼油催化剂和油品添加剂的研究与生产,为炼油新工艺和石油新产品的开发创造了条件。

1978年以后,在国家实行改革开放的政策下,为了进一步完善和提高我国的炼油生产技术,经济有效地为国家提供更多更好的石油产品,又陆续开发和引进了重油催化裂化、连续再生式催化重整、氢氟酸法烷基化、高压及中压加氢裂化、醚化等工艺技术,使我国炼油工艺技术达到或接近了当代世界先进水平。

我国几种主要炼油工艺技术的发展过程及其现状分述如下:

1. 原油蒸馏

原油蒸馏是石油加工中最古老最基本的工艺过程,但它一直有所发展。特别是在70年代世界发生能源危机以后,由于它是炼油厂中消耗能量最大的装置,因此,我国各炼油厂都对其进行了以降低能耗、改善分馏效率为中心的技术改造,采用了优化换热流程,提高加热炉效率,改进分馏塔板,推广干式减压蒸馏,低温余热利用等主要措施,以及采用各种新型、高效、低耗设备,使原油蒸馏装置的平均能耗大幅度下降,达到或接近了当代世界先进水平。同时进一步改善了油品分割情况,提高了轻油拔出率和产品质量。

2. 热加工

直至60年代中期,热裂化一直是我国炼油厂中生产轻质油品的主要手段,并在技术上有发展,如采用裂化炉管注水或注汽,改善进料质量等措施,使装置开工周期长达1年以上,轻油收率亦有所提高。但由于热裂化汽油和柴油的质量差,安定性不好,因此,以馏分油为原料的热裂化工艺,从70年代开始在我国已停止发展,原有的多数装置亦已进行改造或停止生产。

焦化,特别是延迟焦化,是我国在60年代重点发展的热加工工艺,具有先进的水力除焦技术。由于我国原油多数含硫量低,可生产低硫优质石油焦,并可为催化裂化和加氢裂化提供原料,因而延迟焦化在我国具有一定的生命力和发展前途,仍有新的生产装置在建设。特别是近年来研究成功了针状焦的生产工艺,为其发展展示了新的前途。

为了减少工业和船用燃料油的轻油掺和量,直接生产合格的燃料油,重油减粘裂化工艺近年来在我国受到重视。低温长停留时间减粘裂化工艺的研究成功,提高了减粘效果和延长了开工周期,几套工业装置已建成投产。

3. 流化催化裂化

流化催化裂化是我国最主要的二次加工工艺,也是我国技术经验积累比较丰富的工艺过

程。早在 50 年代,我国就开始了流化催化裂化工艺和催化剂的研究开发工作。1965 年建成了第一套加工能力为 600 kt/a 的流化催化裂化装置。随后又陆续建设了多套装置,最大加工能力 1.2 Mt/a。70 年代初,由于发展了沸石裂化催化剂,我国催化裂化向提升管反应器方向发展,并先后建成了并列式和同轴式两种类型的装置多套,最大装置加工能力为 2.0 Mt/a。在加工原料上,也从馏分油发展到掺炼减压渣油和全常压渣油。近年来,又在渣油脱金属、原料雾化、油剂快速分离、催化剂高效再生、再生器取热、烟气能量回收以及新型高效旋风分离器等技术和设备方面,取得了多项成就,使我国催化裂化技术上升到一个新的水平。

我国流化催化裂化技术的发展,是与裂化催化剂的发展分不开的。在大量研究工作的基础上,60 年代中期生产出无定形硅铝微球催化剂,质量达到国外同类剂的水平。70 年代初开始发展沸石裂化催化剂。30 年来,随着催化裂化工艺技术的发展,先后生产出各种全合成、半合成和全白土型稀土 Y 型沸石和超稳沸石催化剂,形成了品种系列,性能达到国际上同类产品的先进水平。适应了各种工艺条件、不同原料和不同加工目的生产装置的需要。此外,还发展了 CO 助燃剂、金属钝化剂及辛烷值助剂等。

4. 催化重整

1965 年,我国在自己研究的基础上,建成了第一套单铂催化剂重整工业装置。以后又陆续发展了双金属及多金属催化重整。我国多数催化重整装置均用于生产芳烃。目前使用的芳烃抽提溶剂多数为三乙二醇醚,也有用环丁砜和二甲基亚砜的。

多年来,我国在重整催化剂、工艺和设备方面都做了大量工作。催化剂先后开发了单金属、双金属及多金属等品种,载体则从 $\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$ 发展为热稳定性好的 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$,形成了产品系列,可满足各种半再生式和连续再生式生产装置的需要。在工艺和设备方面,根据我国重整原料油的特点,开发了吸附法和加氢法预脱砷技术;采用了重整两段混氢和径向反应器、热壁反应器、多流路加热炉以及立式纯逆流换热器等。我国原来的催化重整装置均为半再生式,近年建设了两种不同型式的连续再生式装置。

5. 加氢精制和加氢裂化

50 年代初我国就进行了加氢精制催化剂的研究,并将其应用于页岩油柴油的精制。随着催化重整装置提供的廉价氢的增多,加氢精制工艺在我国炼油厂获得日益广泛的应用。目前应用较多的是各种原料油如催化重整、加氢裂化等的进料油的预精制;热裂化和焦化的汽油和柴油、催化裂化柴油、润滑油和石蜡等的脱硫、脱氮、烯烃饱和及改善色度。重油加氢脱金属的工艺及其催化剂也已开发成功。

我国在 50 年代初也进行了加氢裂化工艺及催化剂的研究,建成了页岩油的加氢裂化装置。1966 年,又在自己研究的基础上,建成了第一套天然原油馏分油加氢裂化装置,但该工艺以后未有较大发展。直至近年,由于对优质中间馏分燃料的需求增加,又受到重视。近年来,除引进了高压加氢裂化装置外,还自己研究发展了中压加氢裂化技术,建成了生产装置。

为了配合加氢工艺对氢的需要,我国还研究发展了烃类蒸汽转化制氢工艺及其催化剂。各炼油厂广泛采用的轻烃制氢技术,达到了国外先进水平。

6. 润滑油生产工艺技术

润滑油是我国重点发展的一大类石油产品。从 50 年代末期开始,就采用了丙烷脱沥青、溶剂精制、溶剂脱蜡等现代生产工艺技术。使用的精制溶剂主要有糠醛、酚和 N-甲基吡咯烷酮;使用的脱蜡溶剂主要为甲基乙基酮-甲苯。在工艺和设备上,广泛采用了转盘塔抽提、新型填

料、溶剂临界和超临界回收、多效蒸发、脱蜡溶剂多点稀释、滤液循环以及脱蜡-脱油联合生产工艺。

7. 其它生产工艺技术

除上述各项工艺技术外,30多年来,我国炼油厂还先后开发和发展的若干项炼油工艺技术。重要的有:对胜利等含硫原油加工中的设备防腐、产品精制,硫磺回收技术;增产柴油的临氢降凝和非临氢降凝技术;润滑油临氢降凝技术;生产液蜡和低凝燃料的分子筛脱蜡技术;尿素脱蜡技术;生产石蜡的喷雾脱油技术;生产沥青的塔式氧化技术;油品精制中的催化氧化和分子筛脱硫醇技术等。

随着生产工艺技术的发展,我国炼油工业在石油产品的数量、品种和质量上,以及在生产过程中的能量节约、污染防治、过程控制等方面,获得了全面的发展和提高。

在石油产品方面,总产量和其中的汽油、煤油、柴油、润滑油四类产品的产量,1989年都为新中国成立的1949年的1000多倍。产品品种也由10多种发展到800余种,其中包括高辛烷值车用汽油、各种航空汽油和喷气燃料、汽油机油、柴油机油、航空润滑油、汽轮机油、液压油、齿轮油、各种合成油、食品蜡、重交通道路沥青、针状焦及润滑脂等。此外,我国炼油厂还利用炼厂气中的烯烃生产聚丙烯和其他多种化工产品。在产品质量上,通过不断改进生产工艺,采用新的精制技术,发展和使用各种油品添加剂,完善测试仪器、台架,采用国际通用规格标准,以及建立质量管理体系,使各类石油产品的质量不断提高,达到国外同类产品的水平。

在节约能量方面,把加强能源管理和节能技术改造结合在一起,以节能技术的进步,促进节能工作深入发展。采用能量平衡、焓平衡分析和评价等方法,不断挖掘工厂节能潜力,进行全面综合优化,改进工艺过程,提高设备效率,合理利用蒸汽及低温热源,减少能量损失,应用计算机监控与管理等,使全国炼油厂平均加工每吨原油的综合能耗,由1979年的4231 MJ降低到1989年的2971 MJ,降低了30%。

在污染防治方面,各炼油厂对排放水都普遍采用了隔油、气浮和生化处理。部分炼油厂还采用了氧化塘、活性炭吸附等进一步处理措施。对含硫含氨废水采用单塔或双塔水蒸气汽提技术,从废水中回收 H_2S 及 NH_3 。对废水处理中产生的废渣进行焚烧处理。加工含硫原油的炼油厂都设有硫磺回收装置。此外,对生产中产生的各种有害尾气、粉尘及设备噪声也都采取了相应的防治措施。

在过程控制方面,各炼油装置的操作控制由气动单元组合仪表向电动单元组合仪表过渡。各种在线质量自动分析仪获得广泛应用。电子计算机已在多套常减压蒸馏、催化裂化等装置及一些加热炉、分馏塔等单元设备上直接进行生产控制,并在油品储运与调合以及生产与企业管理上得到应用。

综上所述,建国40年来,我国炼油工业和炼油技术的发展是巨大的,卓有成效的。从一个几乎全部依靠进口石油产品的国家,发展成为跻身于世界前列的炼油大国。掌握了当代世界先进的主要炼油工艺技术,并根据我国国情有所创造和发展。但是,随着国民经济、工农业、交通运输事业的发展,需要更多更好的石油产品;另一方面,我国近年内原油增长速度将不大,而重质原油的比例会逐步上升,含水、含盐和酸值增高,沿海炼油厂加工进口高硫原油会增多。这些都为我国炼油工业提出了新的课题,一些新的炼油工艺技术和对应措施,有待于开发和发展的。

第二章 中国原油评价

原油是一种极为复杂的混合物,其主要组成是烃类,还含有硫、氮、氧等化合物及少量金属有机化合物。不同油田生产的原油,因组成不同,往往具有不同的性质。即使同一油田,由于采油层位不同,原油性质也可能出现差异。我国目前已有十几个油区,每个油区又包括几个甚至几十个油田。其中大庆、胜利、辽河、华北、中原及新疆等油区产量较大,年产原油分别为500多万吨至5000多万吨。以大庆原油为代表,我国大部分原油属于低硫含蜡原油。但也有些油区的地质构造十分复杂,原油性质有较大差别。如胜利油区各油田的原油,大部分属于中间基,但也有少量属于石蜡基、环烷基,且含硫较多。辽河油区也有类似情况。

不同性质的原油,要采用不同的加工方法,以生产适当的产品,使原油得到合理利用。例如,低硫石蜡基原油的轻馏分油适合生产高质量的煤油、柴油,不需要深度精制;其重油适合生产高粘度指数润滑油。环烷基原油的凝点较低,适合生产低凝点的油品及道路沥青。因此,对新开采的原油,必须先要在实验室进行一系列的分析、试验,习惯上称为“原油评价”。本章将简要介绍原油评价的内容及方法,并着重叙述几个主要油区原油的评价结果。

第一节 原油评价内容及方法

常规的原油评价包括原油性质分析、原油实沸点蒸馏、馏分油及渣油的性质分析。原油的详细评价除上述内容外,还包括馏分油及渣油的烃族组成、 C_6 或 C_7 以前的单体烃组成、润滑油原料的评价等。根据我国大部分原油含蜡及含烷烃多的特点,原油评价中还包括单体正烷烃含量的测定。按照炼油厂在设计及生产方面所提出的不同要求,原油评价工作的内容及深度有所差别。

原油评价中,原油、馏分油及渣油的性质分析大部分采用与石油产品相同的标准试验方法,也有一部分分析项目尚未标准化。以下将介绍原油详细评价的内容,对一些非标准方法作简单说明。

一、原油性质分析

原油性质分析项目及方法见表2-1。其中密度是原油最重要的性质之一。一般来说,密度小的原油,即API度大的原油含轻馏分多。通常将API度小于20,即 20°C 时密度大于 $0.93\text{g}/\text{cm}^3$ 的原油称为重质原油。当密度相同时,石蜡基原油比中间基或环烷基原油含轻馏分少。原油的硫含量对炼油过程及产品质量有很大影响。国际贸易中有时以密度及硫含量作为原油计价的指标。

我国大部分原油属高含蜡原油,因此,把蜡含量列为原油的常规分析项目之一。蜡含量的测定尚无统一的标准方法,测得的结果随方法不同有较大差别。当测定蜡含量时,首先要除去原油中的沥青质、胶质,然后再在选择性溶剂中冷冻,使蜡析出定量。有两种脱去沥青质、胶质的方法:用蒸馏法蒸出小于 300°C 的馏分,再继续蒸馏直至结焦,取大于 300°C 馏分以溶剂冷

冻法测定蜡含量,称为“蒸馏法”(Hold 法);用硅胶或氧化铝作吸附剂除去胶质、沥青质,再在溶剂中冷冻测定蜡含量,称为“吸附法”。对于残渣油,两种方法测得的蜡含量有如下关系^②:

$$D. W. = 2 + 1.35 H. W.$$

式中 $D. W.$ —— 吸附法测得的蜡含量, $m\%$;

$H. W.$ —— 蒸馏法测得的蜡含量, $m\%$ 。

上式表明,吸附法测得的蜡含量比蒸馏法高。本章所列蜡含量数据均为吸附法测得的结果。

表 2-1 原油的性质分析

项 目	方 法	项 目	方 法
API 度	GB 1885-83	闪点	GB 267-77
密度 ^①	GB 2538-81	灰分	GB 2538-81
运动粘度	GB 2538-81	酸值	GB 7304-87
凝点	GB 2538-81	碳	} 见参考文献[1]
倾点	GB 3535-83	氢	
蜡含量	} 见参考文献[1]	硫含量	X 光荧光法
沥青质		氮含量	} 见参考文献[1]
胶质		镍含量	
残炭	钒含量		
水分	GB 2538-81	馏程	GB 2538-81
盐含量	GB 6532-86		

①对于凝点高的原油,常在 50°C 时测定密度,再换算成 20°C 时的液体密度。

沥青质和胶质含量的测定方法也尚未标准化。本章所述的沥青质,系指不溶于正庚烷而溶于苯的物质;胶质系指脱沥青质后的原油在液体色谱分离中,被硅胶或氧化铝所吸附的极性最强的非烃化合物。

二、原油的实验室蒸馏

(一)原油的半精馏试验

本试验适用于少量油样(300 mL)的蒸馏,采用汉柏(Hemple)蒸馏瓶,整套装置与美国矿务局原油常规分析⁽³⁾所用的相同。但在操作条件上根据中国原油含轻馏分少的特点而有所变动,200°C 后的馏分在较低残压下蒸馏。蒸馏在常压、1.33 kPa(10 mmHg)及小于 0.27 kPa(2 mmHg)三段压力下进行。馏分切割点见表 2-2。收集各馏分后,测定其密度、凝点。从半精馏试验可以得到接近于实沸点蒸馏的馏分收率,并按 250~275°C 及 395~425°C 两个馏分的 API 度(由密度换算)确定原油的属性类别。