

石油石化节能技术丛书

炼油装置节能技术与实例分析

丛书编委会主任 章建华

分册主编 陈尧焕

LIANYOU ZHUANGZHI JIENENG JISHU
YU SHILI FENXI

中国石化出版社

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

石油石化节能技术丛书

炼油装置节能技术 与实例分析

丛书编委会主任 章建华
分册主编 陈尧焕

中国石化出版社

内 容 提 要

本书对石油炼制过程的节能技术进行了较为全面的介绍与分析；分章节介绍了常减压、催化裂化、延迟焦化、催化重整、加氢、润滑油生产、炼油设备与公用工程等装置的能耗构成及用能分析，并提供了大量的节能案例。

本书所有案例均在工业生产中得到成功应用，可供炼油生产的管理人员、技术人员、操作人员使用，对专业节能管理人员也有一定的参考价值。本书亦可作为炼油企业员工节能知识的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

炼油装置节能技术与实例分析/陈尧焕主编. —北京:
中国石化出版社, 2011. 11 (2012. 8 重印)
(石油石化节能技术丛书)
ISBN 978 - 7 - 5114 - 1277 - 5

I. ①炼… II. ①陈… III. ①石油炼制 - 化工设备 -
节能 IV. ①TE96

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 226973 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

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 13.5 印张 333 千字

2011 年 12 月第 1 版 2012 年 8 月第 2 次印刷

定价: 40.00 元

《石油石化节能技术丛书》

编委会

主任：章建华
委员：张海潮 杨元一 俞仁明 雷典武
李阳 凌逸群 吴海君 冷泰民
袁政文 王子康 李希宏 常振勇

《炼油装置节能技术与实例分析》

编委会

主编：陈尧焕
副主编：宫超 钟英竹 朱亚东
编写人员：（按姓氏笔画顺序）
于秋海 冯蕾 朱亚东 江茂修 刘维
刘鸿洲 刘迎春 朱永进 任文龙 任艳红
李立岩 李桂霞 陈小标 张伟清 杨芝珍
杨火战 杨梅芳 范淑兰 宫超 胡慧芳
姚孝胜 钟英竹 梁玉生 曹文磊 顾承瑜
黄丽敏 谢小华 程薇 穆海涛

序

党的十七大报告提出：“坚持节约能源和保护环境的基本国策，关系人民群众切身利益和中华民族的生存发展，要把建设资源节约型、环境友好型社会放在工业化、现代化发展战略的突出位置，并落实到每个单位、每个家庭。”温总理在十届全国人大五次会议上作的《政府工作报告》中也郑重提出：“‘十一五’规划提出这两个约束性指标是一件十分严肃的事情，不能改变，必须坚定不移地去实现。”节约能源资源已成为关系我国经济可持续发展、造福子孙后代的一件大事，是当前我国经济社会发展的一项紧迫任务，是调整经济结构、转变增长方式的突破口和重要抓手，是贯彻科学发展观和构建和谐社会的重要举措。

石油石化行业作为我国国民经济的基础和支柱产业，必须以对国家和人民高度负责、对子孙后代高度负责的精神，把节约能源资源工作放在更加突出的战略位置，按照“高标准、严要求、广覆盖、硬约束”的原则，扎实推进企业节能降耗工作，努力打造资源节约型、环境友好型企业，为实现全面建设小康社会的奋斗目标奠定基础。

贯彻落实党的十七大精神和科学发展观，做好节能工作，关键是要建设一支扎实践行科学发展观、适应新形势、研究新问题、探索新方法和了解国家能源政策、掌握节能管理知识、精通节能技术的队伍。因此，中国石化组织编写《石油石化节能技术丛书》，以普及节能技术知识、提高石油石化企业职工素质、进而提高石油石化企业管理水平和经济效益为目标，以油田、炼化、销售企业以及公用工程系统的生产、管理、技术开发人员及大专院校师生为读者对象。《石油石化节能技术丛书》的出版，将为行业内人员提供一套比较完整、贴近实际、通俗实用的石油石化工业节能技术的参考书。

中国石油化工股份有限公司高级副总裁

前 言

党和政府高度重视节能工作。早在“十一五”时期党中央、国务院就已明确将节能列为基本国策之一，并实现了单位国内生产总值能源消耗降低约20%的目标。进入“十二五”之后，节能重要性更加突出。2011年温家宝总理在《政府工作报告》中强调“十二五”时期节能仍然是政府的主要工作之一，明确提出单位国内生产总值能耗和二氧化碳排放分别降低16%和17%的目标。节能已经成为关系人民群众切身利益和中华民族生存发展的重要因素。

中国石化的炼油企业长期重视节能工作，通过精细化管理，强化节能体系，推广节能新工艺、新设备、新技术，使炼油企业能源利用水平有了大幅提升。经过多年的持续努力，炼油企业的总体能源利用水平已经接近国际先进水平，其中部分炼油企业的能源利用水平已经进入国际领先行列，为建设“资源节约型、环境友好型”社会做出了一定的贡献。

为进一步提升炼油企业能源利用水平、推广节能新技术应用，挖掘节能潜力，我们编写了这本《炼油装置节能技术与实例分析》。本书对炼油企业的全厂节能、各装置(包括常减压装置、催化裂化装置、延迟焦化装置、催化重整装置、加氢装置、润滑油装置)的节能、炼油设备的节能以及公用工程等方面进行了论述，介绍了主要炼油装置的工艺流程、装置能耗构成与分析，对节能新技术、实用技术案例进行了重点介绍，所有案例均在炼油企业中得到成功应用。本书第一章由钟英竹、朱亚东编写；第二章由宫超、刘维、于秋海、姚孝胜、钟英竹、刘迎春编写；第三章由杨芝珍、李立岩、范淑兰、黄丽敏编写；第四章由朱亚东、宫超、刘鸿洲、程薇编写；第五章由顾承瑜、冯蕾编写；第六章由任文龙、张伟清、任艳红编写；第七章由穆海涛、梁玉生、江茂修、杨梅芳编写；第八章由曹文磊、朱永进、黄丽敏、冯蕾编写；第九章由于秋海、陈小标、任艳红编写；第十章由于秋海、谢小华、杨火战、李桂霞、范淑兰编写。参加审核的专家有李和杰、郭文豪、吴雷、李出和、李志英、胡志海、许友好、李鹏、周建华、郑文刚、刘建辉等。在此向参加编写、审核的技术人员致以诚挚的谢意。本书在编写过程中得到中国石油化工集团公司各企业及多位专家、领导的大力支持。在此对参加编写、审稿的专家及技术人员致以诚挚的谢意；也向各位支持和关心本书编写工作的有关领导和同志们表示感谢。

由于编者水平有限，错误和不妥之处在所难免，欢迎广大读者提出批评和指正，以便今后改进。

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 炼油企业的全厂节能	(5)
第一节 炼油企业节能概况	(5)
第二节 主要节能技术措施	(6)
第三节 能量联合技术	(13)
第四节 低温热回收技术	(15)
第五节 炼油企业全厂节能案例	(19)
第三章 常减压蒸馏装置节能技术	(26)
第一节 工艺流程简述	(26)
第二节 基准能耗计算及分析	(31)
第三节 能耗构成分析与节能措施	(40)
第四节 节能技术与实例分析	(47)
第四章 催化裂化装置节能技术	(53)
第一节 工艺流程简述	(53)
第二节 基准能耗计算及分析	(60)
第三节 能耗构成分析与节能措施	(67)
第四节 节能技术与实例分析	(72)
第五章 延迟焦化装置节能技术	(80)
第一节 工艺流程简述	(80)
第二节 基准能耗计算及分析	(84)
第三节 能耗构成分析与节能措施	(88)
第四节 节能技术与实例分析	(97)
第六章 催化重整装置节能技术	(104)
第一节 工艺流程简述	(104)
第二节 能耗构成分析与节能措施	(107)
第三节 节能技术与实例分析	(113)
第七章 加氢装置节能技术	(119)
第一节 工艺流程简述	(119)
第二节 能耗构成分析	(125)
第三节 节能技术与实例分析	(129)
第八章 润滑油装置节能技术	(140)
第一节 工艺流程简述	(140)
第二节 节能技术与实例分析	(152)

第九章 炼油设备节能技术	(160)
第一节 机泵变频技术与应用	(160)
第二节 液力透平技术与应用	(168)
第三节 加热炉节能技术	(169)
第四节 保温节能技术	(174)
第五节 换热设备节能技术	(175)
第六节 其他节能措施	(181)
第十章 公用工程节能技术	(183)
第一节 公用工程系统节能技术分析	(184)
第二节 公用工程系统节能案例	(190)
参考文献	(204)

第一章 绪 论

一、炼油工业节能的意义

石油是国民经济的“血液”，石油炼制工业在国民经济中具有重要的地位。汽油、柴油、润滑油、燃料油、液化气、丙烯、沥青等石油炼制产品为国民经济的发展提供了不可或缺的重要原料。改革开放以来，我国的石油炼制工业得到了快速发展，2010年我国的石油加工能力接近500Mt，为经济快速增长提供了坚实的能源基础。但我国石油资源并不丰富，自1993年后我国已由石油净出口国转变为石油净进口国，此后石油对外依存度逐年增加，2010年石油对外依存度已经接近55%，对国家的能源安全造成一定的影响。为保障国民经济的健康发展，一方面需要大力开发新的油气资源，开发新型能源；另一方面也需要大力推广节能技术。按我国原油加工能力500Mt/a计算，炼制过程中原油综合加工能耗每降低41.8MJ/t(41.8MJ=1kgEO)，节约的能源数量折算成原油，相当于每年节约原油500kt，因而炼油工业开展节能工作具有重要的意义，向节能要资源是符合中国国情的一项重要措施。

针对中国石油资源紧缺的突出问题，“十二五”期间，国家提出继续推动节能工作，实现单位国内生产总值能耗降低16%的目标，节能的重要性被提到了一个崭新的高度。

炼油企业既是能源生产企业，同时也是能量消耗的大户，炼油能耗一般情况下占原油加工量的5%~8%。“节能降耗”是炼油企业提高经济效益的重要措施，也是炼油企业全面提升综合管理水平和竞争力的重要措施，更是减少碳排放、实现可持续发展的必由之路。

我国石化工业历来重视节能工作，认真履行节能降耗的国策，各炼油企业的能源利用率已步入亚太地区先进行列。向节能要资源，以技术进步为依托，更加深入地开展节能工作，不仅是落实科学发展观的要求，也是未来炼油企业的重要社会责任。

二、炼油企业节能现状

经过几十年的发展，我国炼油工业已具备一定的规模和实力，不仅能够满足对各类燃料油品的需求，还承担着化工轻油的生产任务，对保障国民经济健康持续发展发挥了巨大作用。我国炼油企业节能工作起步较早，在20世纪70~80年代曾取得了较大的进展，炼油能耗从1978年的4412.9MJ/t，降低到1988年的2901.5MJ/t，十年间炼油能耗降低了34.3%。进入90年代后，由于原料性质变差、产品质量升级以及环保要求提高，炼油能耗出现一定程度的反弹。进入21世纪，炼油企业的节能意识进一步增强，大批新型节能技术不断推广应用，节能工作逐渐深入，炼油企业的节能水平跃上了新台阶。2000年我国炼油企业能耗约为3500MJ/t，2010年炼油能耗大幅下降至2600MJ/t，在世界上处于先进水平。

1. 规模化提升节能水平

炼油企业的能源利用水平与生产规模密切相关，规模越大能源利用水平就越相对较高。2010年中国石化下属炼油企业的平均原油加工规模达到7.30Mt/a。通过长期的坚持与努力，

我国炼油工业已经逐步实现了炼油装置的大型化、规模化，用能水平得到不断提高。

2. 优化炼油资源配置

原油资源配置对炼油企业的加工能耗影响较大，通过优化原油资源配置可以有效降低炼油企业的能耗。

近年来炼油企业充分利用各种优化原油配置的软件(如 Petro-SIM 全厂模拟软件、PIMS 等)，开展了原油资源配置工作，取得了较好的节能效果。炼油企业根据装置结构的特点，科学合理地配置原油资源；优化加工流程与加工方案，以最低的能源消耗产出最多的高附加值产品。同时还根据所用能源的不同品质，通过逐级利用，取得节能效果。尤其在氢资源综合利用、蒸汽梯级利用、低温热逐级利用等方面取得了明显的成效，有效降低了炼油企业的能耗。

3. 实施炼油化工一体化节能

节能不局限于炼油企业内部，通过与周边化工企业开展一体化优化，实现氢气、轻烃、油气资源的共享，可以取得更好的节能效果。近年来部分炼油企业通过利用化肥、化工装置的氢气资源优化了炼油企业氢气资源，大幅度降低了制氢装置的能耗；也有部分炼油企业根据“宜油则油、宜烯则烯，宜芳则芳”的原则，在炼油企业与化工企业间优化石脑油、芳烃、蜡油资源、实现了炼油与化工的整体节能。此外，还有一些炼油企业通过与周边社会企业合作，加大水、电、汽、风、氮等公用工程的互供力度，合理配置公用工程，实现炼油化工一体化节能。

4. 实施热联合与直供料

炼油企业内各装置之间的物料热联合是一个有效的节能措施。近年来，炼油企业通过实施上下游装置之间的热联合与直供料措施，取得了明显的节能成效。在部分较为领先的炼油企业中，装置间物料直供率可达到 80%~90%。

5. 回收低温余热

炼油生产装置存在大量的低温余热，回收利用低温余热是炼油企业节能的重要措施。炼油企业通过利用低温热，替代气体分馏装置重沸器使用的蒸汽，或替代原油罐区维温及管线伴热用的蒸汽，取得了突出的节能效果。此外，低温余热还可以用于低温热制冷、低温热发电、民用采暖等方面，可以有效降低能耗。

6. 应用节能新技术、新设备

目前炼油企业正在大力推广各种新型、实用节能技术：如装置间热联合、换热网络夹点优化、氢气资源优化、烟气低温热媒水回收、高低压变频技术、催化裂化烟气轮机、液力耦合、低温余热发电等。这些节能技术在各炼油企业都得到了成功的应用，为炼油装置节能做出了突出的贡献。

三、新形势下炼油企业节能工作

1. 优化改造与建设

“十二五”期间中国经济仍将持续快速发展，国民经济对石油及其产品的需求也相应快速增长。今后数年，石化工业仍将面临产能快速发展与节能指标进步的双重压力。在这种情况下，导致思想认识中存在误区，有一种“先抢时间建设装置，投产后再细化抓节能改造”的想法。事实上，新建或扩建装置，正是提高炼油装置能量利用水平，降低炼油能耗的极好机遇，不能将改造与节能两件事割裂开来，对立起来。

对单位能耗较高、节能潜力较大的老装置，在改造之前，要开展深入的节能调研，制订全厂能量综合优化的整体节能规划。在整体节能规划中，要考虑各种节能方案，包括装置强化节能管理、优化操作、物料热联合、低温余热利用、蒸汽动力系统优化、能源结构调整。在此基础上，统筹考虑，制定出具体的改造方案，逐步实施。在改造中要注意充分利用新技术、新设备，通过节能技术的进步弥补原有装置的缺陷，提高炼油装置的能源利用效率。

在新建炼油装置的过程中更要重视节能工作，将节能与建设统一起来。在设计环节就要重视节能工作，要开展各生产装置的能量集成优化，从全局的角度对所有热阱与热源、氢阱与氢源开展整体匹配，同时提出长周期、高能效等运行指标的要求，在设计之初就实现企业的整体节能优化。

2. 深化节能管理，实现科学合理用能

由于节能工作涉及炼油企业的生产运行、技术管理、项目扩能改造、全局规划等方方面面，因此节能管理的范围同样需要涵盖方方面面，从设计、建设、经营管理、生产运行到企业的各个部门。节能管理是一个全局性、系统性的工作，需要炼油企业的主要领导直接负责，并协调各个职能部门配合运行。

在当前的节能形势下，炼油企业在节能组织管理方面必须开展创新，要进一步深化、细化节能管理。炼油企业应成立专职节能管理机构，由企业下属职能部门的主要负责人员组成有决策权的节能小组，把节能作为生产经营中的一件大事来抓。

在节能管理中，要建立科学合理的激励机制。结合炼油工业的先进水平，建立经过科学测算的节能指标体系，并有相应的激励机制。炼油企业要把节能指标作为重要的生产运行指标纳入年度考核体系，把年度节能指标层层分解，落实到每一个炼油装置、每一个炼油岗位、每一个生产人员；要让节能考核与领导干部业绩考核相挂钩，对完不成年度节能指标的企业与个人实行“一票否决”，以确保节能管理的力度。对能源构成也要分解，细化到电力、燃料气、燃料油、蒸汽等每一个能源品种上。

计量和统计是节能管理的基础。应当建立定期、快速的能量核查体系，对主要设备、主要装置的能量使用情况实时监控；要准确、完整、及时地获得各种有关能源统计数据，为开展节能管理奠定基础。要开展能源技术分析工作，发现节能潜力，提出技术上和管理上的改进措施，不断降低能源消耗。

深化节能管理，不应仅仅着眼于单装置或者局部的节能，更主要是以全流程、全系统节能为目标。对于用能是否合理的评判方法有多种，当前也迫切需要统一合理用能的标准，同时解决好降低能耗考核指标与增加经济效益的辩证关系。特别要避免做“数字游戏”，转移到损失指标等消极做法。要以全流程用能合理为目标开展能量测试工作，寻找节能的途径，逐步实现合理用能。

3. 推动节能技术创新

科技是第一生产力，节能技术的进步将大大推动炼油节能工作的进展。

目前，一大批新技术、实用技术正在炼油企业中推广应用，取得了较好的节能业绩。在工艺方面有新型的催化反应技术、液相加氢反应技术，这些工艺技术不仅具有工艺技术优势，而且能源消耗也较低。在全厂优化方面，有装置间直(热)送料、装置之间的热量联合、胺液高浓度再生、氢气资源优化、轻烃资源优化等技术。在设备方面有高效烟气轮机、液体透平、新型高效变压器、高效电动机等设备节能技术。此外还有低温发电、溴化锂低温热制冷等能量回收技术。

除了上述正在推广的技术之外，近年来在石油化工前沿领域出现了一些新型的节能技术。这些技术包括化学反应技术、化工分离技术及能源回收技术，这对炼油节能工作将带来深远的影响。

膜分离技术是现代分离科学的一项前沿技术，它具有高效、节能、操作简便等特点，近20年来得到较快的发展，该技术的应用使得气相或液相油品分离的能耗大幅度降低。目前，已出现采用膜分离的润滑油回收工业装置，其能耗仅有其他工艺技术的20%。

抽提蒸馏技术是利用溶剂抽提和蒸馏实现两种沸点相近的油品有效分离的技术，在催化重整汽油抽提芳烃的工艺过程中得到工业化应用，与常规的液-液抽提技术相比，采用抽提蒸馏技术的装置能耗减少20%。

低温发电技术是利用低沸点有机工质(氟利昂、正戊烷等)，通过朗肯循环技术(或卡里纳循环技术)产生动力，推动发电机组运行的发电技术。该技术可以利用温度低于100℃的低温热源产生电力，实现低温热的回收。该技术在地热发电领域有较成熟的工业应用，未来在炼油领域中也将有广阔的发展前景。炼油企业中存在着大量低温热，由于缺乏热阱难以回收利用，通过低温发电技术可以将其转化为电力，从而大幅度降低炼油能耗。

第二章 炼油企业的全厂节能

节能在石油炼制工业中具有突出的重要意义，石油炼制工业的特点也对炼油节能产生着一定的影响。石油炼制过程是连续、多装置、多层次的加工过程，各种生产过程和设备在能量的转换与传输、利用、回收过程中都是相互联系、相互制约的。这种情况使得石油炼制生产中，每一个环节、每一个设备都具有节能潜力，即节能贯穿于生产的每一个环节。节能工作涉及生产管理的每一个部门、每一个环节、每一套装置、每一台设备、每一个人员；节能不仅涉及技术层面，还涉及生产操作与企业管理，因此在炼油工业中，节能是一项“全面、全员、全过程”的工作。

第一节 炼油企业节能概况

中国炼油工业自诞生起就注重提高能源和资源使用效率。20世纪60年代起，陆续建设了一批常减压蒸馏、催化裂化等装置高度关联的联合装置，有效地降低了能耗。20世纪70年代后，炼油节能工作有了全面进步，建立了完善的节能体系，进入有组织的全面节能管理阶段。近年来，炼油企业把加强能源管理、装置节能改造和节能技术推广紧密结合起来，以强化节能管理、推进节能技术为手段，促使炼油节能工作不断进步。具体有如下一些做法：

(1) 强化节能管理。通过精细化的指标管理，层层分解节能指标，落实到每一个装置、每一个操作人员。通过管理，将节能压力贯穿于生产的各个环节，切实落实到每一个执行者。

(2) 积极开发和应用节能新技术。通过推广节能新技术及实用技术，使生产环节中的各种节能潜力得到挖掘和利用，不断提高炼油装置的能源利用水平。

(3) 科学分析生产过程的能源利用水平。通过能量平衡测试等措施，合理评价生产过程用能，分析节能潜力，制定节能措施；在对全厂开展整体节能优化的基础上，科学制定整体节能规划，指导炼油企业不断深化节能改造。

“十一五”以来，针对新建装置和改造项目较多的情况，中国石化开展了设计阶段的节能优化工作；对新装置、新炼油企业提出了节能要求，明确提出采用的节能技术，明确了能耗指标；在工艺装置扩能改造中，注重挖掘节能潜力，尤其是挖掘系统节能潜力。虽然随着炼油企业加工规模和产量的不断增加，总体能耗也越来越大；同时受成品油质量升级制约，炼油企业内部加工深度也不断提高，造成生产企业的炼油能耗增量较大。但是通过加强内部管理、优化生产、开展能耗达标管理以及推广节能技术等措施，炼油企业节能工作仍然取得了较大的成效，能耗逐年减少。2000年至2010年中国石化、中国石油两大集团公司的炼油能耗变化情况见表2-1。

表 2-1 2000~2010 年中国石化和中国石油两大集团公司炼油能耗变化情况

年 份	综合能耗/(kgEO/t)		单因能耗/[kgEO/(t·因数)]	
	中国石化	中国石油	中国石化	中国石油
2000	79.34	91.07	14.10	13.99
2001	78.25	86.44	13.10	12.25
2002	78.32	88.03	12.97	13.20
2003	76.06	83.25	12.64	12.54
2004	73.68	78.70	12.20	11.95
2005	68.59	79.73	10.97	11.89
2006	66.90	77.84	10.66	11.79
2007	65.95	74.62	10.10	11.14
2008	63.93	72.05	9.81	10.62
2009	61.34	67.65	9.26	10.02
2010	58.25	65.05	8.82	9.69

①1kgEO = 41.8MJ。

炼油行业节能技术的不断发展，使企业节约了大量的能源。中国石化股份有限公司在“十一五”期间，炼油综合能耗降低 433MJ/t，相当于累计节约原油 5.08Mt。

第二节 主要节能技术措施

炼油企业的主要节能技术措施可以归纳为 12 类，列于表 2-2。

表 2-2 炼油节能技术措施汇总

类 别	节能技术措施
整体节能优化	(1) 全厂能量使用的统筹协调、优化 (2) 全流程工艺优化与能量系统优化的配合 (3) 工艺装置、辅助装置、公用工程系统的协同优化
改进工艺过程	(1) 改进工艺流程 (2) 采用新型节能工艺、新生产工艺 (3) 采用新催化剂、溶剂、助剂
装置间能量联合	(1) 热量的联合 (2) 物料的直接供应
优化操作条件	工艺操作条件(温度、压力、流量、过气化率、回炼比、回流比、浓度、催化剂活性等)的优化
提高能量转换、 输送设备效率	(1) 加热炉 (2) 机泵、压缩机、透平 (3) 变压器

类别	节能技术措施
蒸汽动力系统优化	(1) 提高转换效率, 降低供汽能耗 (2) 改善用汽状况, 减少蒸汽消耗 (3) 分级供汽, 充分利用蒸汽能级 (4) 合理使用伴热蒸汽 (5) 提高蒸汽凝结水回收效率
加强能量回收	(1) 工艺过程热量的回收 (2) 工艺压力能的回收 (3) 工艺过程中物料携带的化学能的回收
回收利用低温热	(1) 低温热量的直接利用 (2) 升级利用(利用热泵提高温位或回收热量产生动力)
减少能量损失	(1) 设备及管线保温 (2) 减少油品损失 (3) 减少蒸汽管网、电网、水网、各类风网的损失 (4) 减少氢气管网的氢气损失 (5) 减少烟气中烃、CO 等可燃组分的损失
优化氢气资源利用	(1) 优化产氢资源, 减少制氢能量消耗 (2) 改进加氢类装置的操作, 减少氢气消耗 (3) 根据氢气纯度等级的不同, 协调使用各类氢气资源
优化燃料资源	(1) 减少燃料中的惰性组分 (2) 合理使用燃料, 优化资源利用
强化节能生产管理	(1) 装置照明管理, 使用节能灯具 (2) 优化装置操作, 使装置处于“安稳长满优”状态 (3) 明确节能指标, 层层分解落实

一、整体节能优化

整体节能优化是炼油企业开展节能工作的重要环节, 它应用系统工程的方法处理节能工作的局部与全局的关系, 研究和促使全企业综合用能的整体合理化。其关键在于着眼全局、统筹安排。部分节能方案从局部看是合理的, 但从全厂范围来分析并非合理, 反之亦然。例如气体分馏装置采用热泵可以节能, 但从全局分析, 气体分馏装置是理想的低温热阱, 可以回收催化裂化、延迟焦化等装置的低温热, 节能效果更好; 又如延迟焦化等装置的蜡油所含的多余热量, 在本装置内发生蒸汽可以实现节能, 但如果直接将蜡油送下游装置做热进料, 可以节约更多的能量。

此外, 在对装置的反复改造中, 需要统筹考虑各项节能措施的相互影响。例如, 对催化裂化装置原料油加热炉进行节能改造, 可提高加热炉效率; 但如果其他节能改造项目(例如常减压蒸馏装置蜡油热出料改造)投用后, 催化裂化原料加热炉将彻底取消, 势必造成投资浪费。所以, 整体节能优化是非常重要的, 也是中国石化股份有限公司在多年节能工作中的一条重要经验。整体节能优化的主要内容如下:

(1) 按照过程系统用能原理从系统全局高度来考虑, 着眼于三个能量环节中各项节能措

施的优化及其相互制约关系。一般而言，应首先考虑工艺节能改进、降低工艺总用能，然后进行换热网络优化，考虑加热炉改造等能量转换环节的节能措施。

(2) 在全厂范围内，对氢气等资源进行优化匹配。首先应根据油品质量需求，优化各种加氢装置的工艺操作，使氢气消耗处于合理状态；然后根据全厂氢气的供应量、氢气纯度，进行全厂范围内的氢气资源的匹配优化，减少氢气的管网损失；最后，对制氢装置的原料及负荷进行优化调整，降低全厂制氢的能耗。

(3) 在全厂或更大范围内进行能量系统优化。首先考虑各个装置及储运系统的工艺改进，降低总用能；其次，在大系统范围内安排能量回收的优化匹配时，先考虑工艺装置之间的热进料和热出料，通过热联合节约燃料或压力等级较高的蒸汽；然后考虑大系统内的低温热利用，即充分利用气体分馏、原油维温、油品加热、工艺及仪表伴热、锅炉给水预热、建筑采暖等各种低温热阱，节约低压蒸汽；最后，再开展蒸汽动力系统的优化。

二、改进工艺过程

改进工艺过程是炼油生产装置节能的重要手段，包括三大类内容：(1)改进工艺流程，采用节能新技术、新工艺、新型催化剂、溶剂、助剂等，其节能作用的本质在于减少工艺过程对能量的总需求量，不仅可以减少各种能源的供入，而且还可以避免转换和回收环节的效率降低。(2)对于现有企业来说，在装置构成及规模都已确定的情况下，通过合理安排生产流程可以起到节能作用。(3)减少利用环节的过程可用能损耗，也就是提高待回收能的品质，使其能被更多地回收利用。

多年来，各类炼油装置通过改进工艺过程来节能的措施很多，均取得了明显的节能效果。部分应用措施见表 2-3。

表 2-3 改进工艺过程的节能措施

措施分类	典型节能技术措施
改进工艺和流程	(1) 采用联合装置进行交叉换热，取消中间冷却器，推广热进料 (2) 原油常压蒸馏采用预闪蒸流程，降低常压炉热负荷 (3) 采用优化回流取热分配，增加高温位取热比例，提高热回收效率 (4) 采用分段混氢流程，提高重整转化率和液体收率，降低能耗
采用新工艺、新技术	(1) 采用干式蒸馏工艺，降低常减压蒸馏装置能耗 (2) 在溶剂回收过程中采用多效蒸发工艺及临界溶剂回收工艺，实现节能 (3) 催化裂化装置采用新型喷嘴，提升管采用高效快分技术和快速终止反应技术
采用新型催化剂、助剂、溶剂	(1) 催化裂化装置采用高转化率催化剂 (2) 催化重整采用多金属催化剂 (3) 芳烃抽提采用新溶剂 (4) 润滑油精制工艺采用高效溶剂

1. 提高装置的生产负荷率

炼油装置的能耗随生产负荷率变化，低负荷率生产时，总能耗增加较快，因此提高装置负荷率是全厂节能工作需要注意并解决的问题。对于有两套并行生产装置的情况，可开足其中一套低能耗生产装置，延长另一套生产装置的停工及检修时间，使装置在高负荷率下生

产，虽有开停工能耗，但无长期的低负荷运行能耗。

2. 选择合理加工路线

在炼油生产装置构成、原料和产品品种数量均已确定的情况下，选择不同的加工路线对加工费用和能耗有一定的影响，这是改进工艺过程的一个内容。在相同的产品效益情况下，优先选用加工路线短、能耗低的节能生产流程。

3. 减少不必要的二次加工能耗

部分炼油企业的重油催化裂化装置由于生焦率等因素的制约，只能炼制一定比例的减压渣油，尚需补充一定量的蜡油以改善进料性质，这样的流程就带来能量的浪费。因为在常减压蒸馏装置的减压系统中采用减压提高拔出率，将常压渣油分离为减压渣油和蜡油，消耗了能量。而在重油催化裂化装置中，加工两种进料且大多是蜡油和减压渣油的混合进料，就使减压部分白白耗费能量。鉴于此，对于拥有两套常减压蒸馏装置的炼油厂，可将向重油催化裂化提供原料的常减压蒸馏装置的减压部分停掉，避免先分馏继而混合，造成重复加工的能耗。对于只有一套常减压蒸馏装置的炼油厂，也可采用常压蒸馏塔抽出一部分常压渣油的方法加以解决。

常减压蒸馏装置和焦化装置的分离精度也很重要，尽量降低直馏蜡油和焦化蜡油中 350℃ 以下馏分的含量，避免将轻组分带入下游高能耗的催化裂化装置、蜡油加氢精制或者加氢裂化装置中，造成重复加工带来的能源浪费。

三、装置间能量联合

装置间能量联合是炼油厂能量回收利用的一项重要措施。它打破了装置的边界，不是在装置内部优化热量分配，而是以全厂为边界，开展大范围的冷、热物料的优化匹配，避免“高热低用”以及反复加热、冷却所带来的能耗，实现节约燃料、蒸汽、冷却水的目标。

能量联合主要有两种方式：热联合和直接供料。热联合是指将某一装置物流携带的热量直接供其他装置使用。典型的热联合案例是催化裂化装置顶循环热量供气分馏装置，催化裂化装置分馏塔的顶循环取热(90~150℃)用作气体分馏装置丙烷塔再沸器热源，这是一个较为优化的热联合匹配；两个装置基本开停工同步，温位适宜。直接供料是指上游装置的产品在出装置前不经过冷却，不进入中间罐区，而是直接进入下游装置，减少冷却、加热、中间储罐输送三个过程的能耗，具有较好的节能效果。典型的直接供料案例是常减压蒸馏装置蜡油，不经过出常减压蒸馏装置前的冷却，不进入蜡油罐区，而是直接进入下游催化裂化装置作热进料。

四、优化操作条件

优化操作条件是不需要投资、易于推广见效的节能措施。例如：

(1) 氧含量控制技术 催化裂化装置烟气氧含量过高，则主风机电耗增加，能耗增加。

(2) 回流比优化技术 在保证产品质量的前提下，通过优化实现分馏塔的回流比降低，可以取得明显的节能效果，例如某企业优化重整预分馏塔的回流比，从 4.7 降低到 1.2，实现节能 74%。

(3) 氢油比控制技术 催化重整、加氢精制等装置通过控制氢油比可以降低压缩机用能，例如某催化重整装置氢油比降低 13%，使装置能耗降低 3%。