

中凯信息导报

CATHAYCHEM INFORMATION GUIDE

2008-09-01

石油化工

▲ 2007 年世界部分国家炼油能力(万吨/年)① 截至 2008 年 1 月 1 日

国家地区	炼厂数/座	常压蒸馏	焦化	热加工	催化裂化	催化重整	加氢裂化	加氢处理	润滑油
美国	131	87236	13356	187	28628	15467	8085	64427	1056
中国②	52	31230	858	0	2940	671	260	2073	95
俄罗斯	40	27142	467	2104	1654	3207	285	10204	439
日本	31	23254	514	0	4616	3119	873	21261	216
韩国	6	12883	105	0	935	1014	600	5020	97
意大利	17	11680	248	2465	1563	1232	1466	5683	147
印度	17	11278	933	512	1517	179	273	1084	44
沙特阿拉伯	7	10400	0	760	518	831	669	2319	0
加拿大	18	9847	270	719	2501	1625	1140	6528	61
法国	13	9659	0	794	1943	1244	313	6066	190
巴西	13	9541	634	54	2526	105	0	1337	106
英国	11	9288	355	588	2213	1456	180	5941	127
墨西哥	6	7700	501	0	1903	1201	93	4352	88
伊朗	9	7255	0	1599	175	708	683	861	104
新加坡	3	6720	0	1173	400	572	509	3189	228
中国台湾省	4	6450	281	0	1090	495	0	2439	28

资料来源：美国《油气杂志》，2007 年 12 月 24 日

① 由桶/日折合为吨/年的换算系数：常压蒸馏 50、焦化和热加工 55、催化重整 43、加氢裂化 50、加氢处理 47、润滑剂 53。

② 根据国家统计局资料，2006 年底中国常压蒸馏能力已达 3.72 亿吨/年。

(摘自，当代石油化工，2008，16(2)：45~46)

▲ 中国石化整合东北地区上游企业

2008 年 1 月 9 日，中国石化决定将东北分公司（石油局）、勘探北方公司与华东分公司吉林项目部整合为新的东北分公司（石油局），对东北地区油气勘探开发实施一体化管理。

▲ 总投资超百亿元的中国石油大连 LNG 项目获国家发改委核准

该项目 1 期规模 300 万吨/年，年供气 42 亿立方米；2 期扩至 600 万吨/年，预计 2012 年投产。中国石油与卡塔尔石油公司已就该项目长期供应 LNG 达成协议。

▲ 大庆石化分公司分子筛加氢脱硫催化剂获国家发明专利

该公司化工研究中心研制开发了一种含分子筛的加氢脱硫催化剂，日前获国家发明专利。实验室研究结果表明，它可用于处理劣质催化裂化柴油、焦化柴油，产品含硫质量分数小于 $10 \mu\text{g/g}$ ，远远低于国 III、国 IV 标准对清洁柴油硫含量的要求。该催化剂以传统的氧化铝为载体，具有高强度、热稳定性好、孔径分布适宜等优点，并首次引入一类酸性适宜的钛/硅分子筛，提高了复合载体比表面积，增加了金属负载量，同时使孔径分布更集中，并且酸性可调。

▲ 抚顺石油化工研究院汽油选择加氢催化剂获专利奖

该发明是一种用于催化裂化汽油等劣质原料生产高质量清洁汽油的催化剂及工艺方法。工业应用结果表明，该催化剂具有良好的选择性和稳定性，克服了传统技术存在的脱硫、降烯烃和产品辛烷值损失大之间的矛盾等。该发明为扭转我国催化裂化汽油产品质量不能满足市场需求和环保要求的状态提供了技术支持，并可生产出符合未来清洁燃料标准的石油产品。

(以上分别摘自，炼油技术与工程，2008，38(3): 31, 39)

▲ 原油电脱盐装置有了除油技术

随着原油的重质化、劣质化、特别是乳化问题，严重影响着炼油厂电脱盐 - 蒸馏装置的平稳运行，电脱盐的切水带油问题已成为炼油企业面临的重大难题。中石油长岭分公司和中国石油大学（华东）机电学院合作，共同完成了这一难题。他们自主开发了具有轴向导叶式入口结构、多柱堆组合结构和双曲面溢流管结构的新型旋律单管，建立了除油型旋流管的压力降、压力降比的计算模型和计算公式。实际应用结果良好。(摘自，炼油技术与工程，2008，38(7): 6)

▲ 关注重质原油的炼制技术

- 世界原油价格举高不下，而且一些最大油田的优质石油产量在减少。
- 据世界最大的油田服务商 Schlumberger 公司分析，世界石油储藏量的 40% 为重质或超重质原油，另有 30% 从油砂和沥青生产，油砂和沥青甚至更难炼制。在沙特储油重量约有 1/3 为重油。
- 世界重质原油和油砂沉积物储量为 5.4×10^{12} 桶，其中加拿大约占储量的一半。

▲ 大庆化工研究中心聚酰亚胺纳滤膜的制备方法获国家发明专利

长期以来，润滑油脱蜡大都采用溶剂法。脱蜡后的溶剂要通过蒸馏从润滑油和溶剂的混

合物中分离出来以循环使用。由于溶剂要频繁进行冷冻 - 加热 - 汽化 - 冷凝 - 冷冻等循环过程，将造成能量大量消耗，成为该法推广应用的瓶颈。该中心的科研人员通过膜分离方法，开辟了一条高效、低能耗的分离方法。首先制备出可溶性的聚酰亚胺，再将其制成铸膜液，用相转化法成膜，再经溶剂交换和热处理得到所需的纳滤膜。在一定操作条件下，该膜对润滑油具有较高的截留率，而对溶剂有较高的渗透通量。研究表明，在 -18℃ 至室温、操作压力 3MPa 下，聚酰亚胺膜对润滑油的截留率大于 90%，酮苯混合溶剂的通量大于 12L/m².h，可满足工业应用要求。（摘自，石油炼制与化工，2008，39（6）：10）

▲ 我国台湾地区部分有机化工原料供需情况（2006 年）

产品名称	产量, kt	进口量, kt	出口量, kt
乙 烯	2, 888. 4	404. 6	10. 2
丙 烯	2, 104. 8	167. 3	29. 7
丁 二 烯	394. 5	169. 4	22. 3
苯	1, 180. 3	459. 7	4. 9
甲 苯	30. 1	224. 6	8. 9
二 甲 苯	1, 717. 2	2, 264. 5	245. 7
氯 乙 烯	1, 609. 3	79. 2	308. 2
精对苯二甲酸	4, 400. 3		1, 985. 9
甲 醇		692. 5	3. 3

摘自，石油炼制与化工，2007，38（9）：56

▲ 中国石油将建千万吨级炼油基地

中国石油天然气股份有限公司于 2008 年 5 月表示，到 2010 年中国石油将建成 6 个千万吨级炼油基地，年炼油能力超过 160 Mt/a，占全国总能力的 40%，计划到 2020 年，建成 18 个千万吨级炼油基地，炼油能力达到 300 Mt/a，占全国的 45%，其中，含硫原料加工能力 150 Mt/a。目前，已建成的有大连石化分公司，在建和将建的有广西钦州、辽宁葫芦岛和云南打造千吨级炼油项目。

▲ 我国天然气供需趋势

从 1990 年开始，我国天然气储量进入快速增长阶段。“十五”期间，我国累计探明储量 2.6 万亿立方米，比“九五”期间增加 1.4 万亿立方米，增长 117%。目前，我国天然气储量大于 1 万亿立方米的地区有 9 个。预计，在 2020 年以前，我国天然气将保持 1% 的年探明率。

未来 10 年，我国天然气消费将以发电和城市燃气为主，并集中在京津冀鲁晋、东南沿海、

东北和长江三角洲等地区的大中城市。我国天然气产量已从 2000 年的 272 亿立方米增加到 2006 年的 586 亿立方米，年增长 14%。我国天然气消费量仅为世界天然气消费量的 1.7%。预计到 2010 年将达到 1100~1200 亿立方米；2015 年达 1500~1600 亿立方米；2020 年将达到 2100 亿立方米以上，国内天然气产量可能达到 1200~1600 亿立方米，缺口为 1000~1200 亿立方米。

▲ 膜法天然气脱水信息集锦

● 常用方法有：

胺吸收法（常用的吸收剂，如 EDA、MDEA）、物理吸收法（如 Selexol）和甘醇（如三甘醇）脱水法等。

● 国内外开发膜法天然气脱水的厂商和研究单位有：

美国 Air Products 公司的 Permea 公司，早在 1999 年就实现了膜法天然气脱水的工业应用。操作压力 4~8MPa，并以 2%~5% 流量的原料气为返吹气，天然气脱水率可达 95%，完全可以达到管输干燥天然气的标准。

美国 Separex 公司，开发的醋酸纤维素螺旋卷式膜组件，已用于海上平台天然气脱水。操作压力 7.8MPa，温度 38℃，H₂O/CH₄ 分离因子为 500，脱水后天然气露点为 -48℃。当水蒸汽含量小于 10⁻⁴ 时，脱水率达 98%。

美国 Grace 公司，开发的卷式膜组件，已用于加拿大等地天然气脱水和酸性气体的现场试验，效果良好。

挪威 Air Products 公司，已开发出适用于海上平台天然气脱水装置。

中国科学院大连化物所于 1994 年，用聚砜中空纤维膜在长庆气田进行了膜法天然气脱水的工业先导试验。输气压力 4.6MPa，净化气水露点达到 -8℃~-13℃，甲烷回收率不低于 98%。

大庆天然气公司设计研究所于 1990 年，用醋酸纤维素中空纤维膜脱除天然气中水蒸汽和硫化氢，可使硫化氢含量下降 47%，水露点下降 17℃。

● 膜法天然气脱水面临的挑战

烃损失 该法的烃损失率为 5%~6%。应降为 2%~3%。使用吹扫气法或二级膜分离法可分别使烃的损失减少到 1%~2% 或 1% 以下。

膜的塑化和溶胀性 膜材料在吸附了 H₂O 等杂质后，聚合物链被渗透分子分开，自由体积增大，聚合物链节的运动性增大，使渗透物在膜中的扩散性能和渗透性能都增加。有时，还会使 CH₄ 的渗透系数也增加。

浓差极化 只有当渗透侧压力（ P ）× 渗透侧水蒸气浓度（ N ）小于进料侧压力（进

$P) \times$ 进料侧水蒸汽浓度 (进 N), 即 $(\text{渗 } P) \times (\text{渗 } N) < (\text{进 } P) \times (\text{进 } N)$ 时, 脱水过程才能进行, 这样渗透侧水蒸汽的提浓倍数将受到压力比 $(\text{进 } P) / (\text{渗 } P)$ 的限制。另外, 由于天然气脱水的水蒸气是微量的, 渗透速度快, 很容易在渗透侧富集, 形成浓差极化, 有可能导致传质分离过程恶化。

一次性投资大 膜分离系统的造价较高。另外, 在现有工业条件下, 很难一次满足管输天然气的标准。

综上所述, 膜法与其它方法联合的集成技术将是今后天然气净化的发展方向。

(参见, 过虑与分离, 2007, 17 (4): 37 ~ 41 等)

▲ 全球催化剂市场前景看好

据美国宾夕法尼亚州 Spring House 的催化剂集团最新发布的报告显示, 今后 5 年石化生产用催化剂增长最快, 年均达 7.2%, 2013 年的市场份额将达 43.4 亿美元; 用于聚合生产的催化剂, 年增速达 43 亿美元; 用于流化催化裂化 (FCC) 催化剂和加氢精制 (HPC) 催化剂在内的炼油催化剂需求将以年均 5.7% 的速度增长, 到 2013 年的市场份额将达到 58.5 亿美元。

当前, 支撑炼油和化工生产用催化剂市场走强的重要因素是: ① 化工生产商和炼油商正在购买更多的催化剂, 以提高生产力, 补偿能源和石油基原材料成本上涨带来的负面影响。② 炼油商采用原料的重质化, 如重质原油和沥青砂, 这些原料的加工需要更多的催化裂化 (FCC) 和加氢精制 (HPC) 催化剂。③ 原油价格居高不下, 使一些原本并不经济可行的替代燃料颇具竞争力, 这将进一步刺激合成气制燃料催化剂需求的增长。

总之, 随着能源成本的大幅攀升, 炼油、石化和聚合物生产商正在为减少能源消费、提高产品产率和增加产品的选择性, 不断加大催化剂的使用力度和范围; 同时催化剂生产商正在加大投资力度进行扩能和开发新产品。

全球著名的催化剂生产商 Albemarle、巴斯夫、Grace Davison、哈尔德托普索公司、Johnson Matthey、德国南方化学公司和 UOP 等公司在 2007 年都取得了很好的业绩, 并将继续保持这种强劲增长势头。(摘自, 石油炼制与化工, 2008, 39 (7): 46)

能源工程

据北京青年报 3 月 23 日电, 国家发改委副主任、新任国家能源局局长张国宝说, 中国能源结构以煤炭为主体, 清洁优质能源的比重偏低。如果仍沿袭粗放发展的老路子, 以牺牲资源和环境为代价, 通过增加煤炭产量保证能源供给, 将受到资源、环境和运输等多方面的制约, 难以为继。

中国要加大能源结构优化调整力度，应优先选择加快发展核电。目前，中国已投产核电装机容量约 900 万千瓦，占电力总装机的 1.3%，比例很低。而世界各国核电站总发电量的比例平均为 16%，法国、日本、美国等国的比例更高，参照借鉴国际上的成功经验，中国核电发展潜力很大。近几年，中国加快了核电发展步伐，组建了国家核电技术公司，推动了三代核电技术装备引进和国产化工作，发展态势很好。我们计划调整核电中长期发展规划，力争 2020 年核电占电力总装机比例达到 5% 以上。

其次是要大力发展风电和再生能源。2007 年，中国风电装机累计已达到 605 万千瓦，在建的 420 万千瓦，目前风电装机规模居世界第五位。下一步要加快百万千瓦风电厂的建设，带动风电设备研发制造产业的发展。尽快形成每年 1000 万千瓦的自主装备能力，打造“风电三峡工程”。张国宝估计，按此发展速度，今年风力发电装机可以达到 1000 万千瓦，2010 年有望达到 2000 万千瓦，在本届政府任期内，将中国建设成世界最大的风力发电国家。第三是积极开发水电，力争 2020 年水电装机规模达到 3 亿千瓦左右。

▲ 关于我国能源形势信息集锦

- **节能减排** 专家认为，决定能源使用者行为的关键因素是能源产品的价格。目前，资源价格形成机制不完善是节能减排工作进展相对缓慢的原因之一，采取税收、价格等市场手段是完成“十一五”节能目标的关键。（摘自，半月谈，2007/24）
- **能源消费增长过快** 从表 1 和表 2 中数据可见，2001~2006 年间，我国能源消费增长率扩大了近 3 倍，从 2001 年的 3.4% 增长到 2006 年的 9.3%；这期间的能源消费总量增加了 71% 以上。

表 1 全国能源消费和国民经济增长比较

项 目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	年均增长，%
能源消费总量/万吨标准煤	143,199	151,797	174,990	203,227	224,682	245,669	10.12
增长率，%	3.4	6.0	15.3	16.1	10.6	9.3	
国内生产总值/亿元	109,655	120,333	135,823	159,878	183,868	209,427	9.77
增长率，%	8.3	9.1	10.0	10.1	10.4	10.7	

表 2 近年来我国一次能源消费构成★

项 目	2001 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
能源消费总量/万吨标准煤	143,199	174,990	203,227	224,682	245,669
能源消费构成, %					
煤 炭	66.70	68.40	68.0	68.70	69.30
石 油	22.90	22.20	22.30	21.20	20.80
天 然 气	2.60	2.60	2.60	2.80	2.80
水 电	7.90	7.90	7.10	7.30	7.10

★ 一次能源消费量统计中尚未包括核电和其它可再生能源等

● **我国能源消费将长期以煤为主** 2006 年,我国生产原煤 23.8 亿吨,占世界总产量的 38%,居世界第一;生产石油 1.84 亿吨,占世界总产量的 5.1%,居世界第五;生产天然气 585.5 亿吨,占世界总产量的 2.07%,居世界第十一,发电量 28,344 亿千瓦时,约占世界总量的 16%,居世界第二。我国能源消费以煤炭为主的这种局面将长期存在。不过,煤炭消费带来的环保问题不容忽视(参见表 3)。

表 3 几种石化燃料燃烧污染物排放比较

污 染 物	天 然 气	石 油	煤 炭
灰 分	1	14	148
二氧化硫	1	400	700
二氧化氮	1	5	10
一氧化碳	1	16	20
二氧化碳	3	4	3.5 吨/吨煤

注: 按单位热值计

● **对煤制油的思考** 目前,随着国际油价大幅上升和高位震荡,我国煤制油和煤化工成为人们关注的热点。预计到 2008 年神华集团第 1 条煤直接液化 100 万吨/年生产线、内蒙古伊泰集团煤制油以及潞安集团山西各一条 16 万吨/年煤炭间接液化制油项目将投产。届时将形成 132 万吨/年煤炭制油能力。外加各省市的项目,到 2020 年,全国将形成 5000 万吨/年煤炭制油能力。

不过有人担心,若全部投产,将消耗 2~2.5 亿吨煤,按每吨煤产生 3.5 吨二氧化碳,每年将增加 7~9 亿吨二氧化碳排放。到 2030 年,全球二氧化碳排放量将达到 420 亿吨,届时我国和印度将成为主要贡献者。另外,一个 100 万吨/年的煤制油项目,每年需消耗 500 万吨煤,1000 万吨水,最终将形成一个 10 万人左右的城镇,对水的需求也将是一个必须考虑的

重要问题。此外，从能源利用率看，煤发电为 55%、煤制甲醇为 32%~42%、煤直接液化为 47.6%、间接液化为 28.6%。

- 石油供应必须依靠国内和国外两种资源

- ▲ 南非沙索公司与神华集团签署煤制油协议

2008 年 6 月中旬双方签署煤制油协议，到 2016 年将联合从煤炭生产车用燃料。双方对在陕西和宁夏西北部建设两个煤炭制油项目进行可行性研究，预计于 2009 年底完成。两个项目的每一个生产能力都将为 8×10^4 桶/d，即为 3.4Mt/a 柴油、石脑油、LPG 和喷气燃料。另外，神华集团在内蒙古采用煤炭液化技术建设的煤制油装置，将使 3.5Mt/a 煤炭转化成 1.0Mt/a 石油产品，如车用柴油。（摘自，炼油技术与工程，2008，38（7）：6）

- ▲ M85 甲醇汽油技术研发成功

南京巨澜科技开发有限公司近日宣布，M85 甲醇汽油技术研发成功。试验结果表明，各项指标达到国家无铅汽油标准，可减排温室气体 32%，节能率高达 20%。目前，该公司已在江苏省和重庆市建立了两个甲醇汽油生产基地，一期工程落户南京化学工业园，8 月份建成投产，年产 100kt 高比例甲醇催化燃烧添加剂，可供配置高比例甲醇汽油 14.00Mt。

甲醇汽油按甲醇在汽油中的比例可分为低比例的 M5~15 和高比例的 M85~100。低比例甲醇汽油的优点是可在不改变原汽车发动机结构的情况下使用，但汽油的替换量有限。高比例的优点是汽油替换量大，但有可能要改变原发动机的结构。M85 甲醇催化燃烧添加剂的研发成功，有助于高比例甲醇汽油的推广应用。（摘编自，炼油技术与工程，2008，38（5）：12）

- ▲ 南非沙索公司 100% 合成燃料首次获商用航空国际认证

该公司是从煤炭和天然气制造合成燃料的世界领先生产商。2008 年采用其专有煤制油（CTL）工艺生产的 100% 合成喷气燃料首次获商用航空国际认证，成为该领域的世界第 1 家。该公司 CTL 合成喷气燃料已通过英国 DEF-STAN-91-91 标准，也将通过美国 ASTM D1655 标准。

环保工程

- ▲ 我国汽柴油质量升级步伐加快

我国定于 2009 年 12 月 31 日车用汽油质量达到国家 3 标准，少数大城市车用汽柴油要达到欧 IV 标准，尽管与发达国家相比有一定的差距，但是我国汽柴油质量升级步伐的确在加快，参见表 1~表 4。

表 1 欧洲汽油标准变化情况

项 目	1993 年	1998 年	2000 年	2005 年	2009 年
汽车排放标准	欧 I	欧 II	欧 III	欧 IV	欧 V
硫含量, %	≧0.1	≧0.05	≧0.015	≧0.005	≧0.001
苯含量, %	≧5	≧5	≧1	≧1	≧1
芳烃含量, %			≧42	≧35	≧35
烯烃含量, %			≧18	≧18	≧18
氧含量, %	2.5	2.5	2.7	2.7	2.7
铅含量 (毫克/升)	≧13	≧13	≧5	≧5	≧5

表 2 欧洲车用柴油标准变化情况

项 目	1993 年	1998 年	2000 年	2005 年	2010 年
汽车排放标准	欧 I	欧 II	欧 III	欧 IV	欧 V
十六烷值	≧40	≧40	≧51	≧51	≧51
十六烷值指数	≧46	≧46	≧46	≧46	≧46
硫含量, %	≧0.2	≧0.05	≧0.035	≧0.005	≧0.001
多环芳烃含量, %			≧11	≧11	≧11
T 95℃	≧370	≧370	≧360	≧360	≧360
密度(千克/立方米)	820~860	820~860	820~845	820~845	820! 845

表 3 我国汽油标准变化情况

项 目	GB17930-1999 (2000 年实施)	GB17930-1999 (2003 年实施)	GB17930-2004 (2005 年实施)	GB17930-2006 (2009 年底实施)
硫含量/ppm	≧1000	≧800	≧500	≧150
烯烃含量, %	≧35	≧35	≧35	≧30
芳烃含量, %	≧40	≧40	≧40	≧40
苯含量, %	≧2.5	≧2.5	≧2.5	≧1
氧含量, %			≧2.7	≧2.7

表 4 我国柴油标准变化情况

项 目	国家标准 (轻柴油)GB252-2000 (2002 年实施)	国家推荐标准 (车用柴油 GB/T19147-2003 (2003 年 10 月))
硫含量/ppm	≯ 2000	≯ 500
十六烷值 0#	≧ 45	≧ 49
20℃密度 (千克/立方米)	实测	816 ~ 856
T 95℃		≯ 365
氧化安定性 (毫克/100 毫升)	≯ 2.5	≯ 2.5
润滑性 (60℃磨损伤直径)/毫米		≯ 460

▲ 汽油降苯技术加快开发

新配方汽油中苯的体积分数限制在 1%。美国环保局新规定, 到 2011 年 1 月 1 日, 所有汽油的苯体积分数将减少到平均 0.62%。为此, 美国和一些国家的炼油制造商正在寻求符合新规定的炼油方法, 简介如下:

目前, 从催化重整生产的重整生成油中, 苯约占汽油总组分中苯的 50% ~ 75%。按常规方法将石脑油进行分馏后送去重整装置并除掉苯的前驱物 (如 C6 烷烃、环己烷等), 预期该方法难以达到新规定的要求。

美国 GTC 技术公司开发的称作 BenZep 的新工艺, 可将重整生成油中苯的含量减少 99% 以上。该工艺适用于催化重整的下游, 可采用加氢与铂催化剂相结合的方法, 使苯转化为环己烷和其它可接受的化合物。

美国埃克森美孚研究与工程公司推出了重整生成油烷基化的 Benzout 工艺。该工艺将富含苯的物流与轻质烯烃 (如乙烯或丙烯) 反应, 使苯转化为高辛烷值烷基化油, 辛烷值可增加 2 ~ 5 个单位, 并可避免辛烷值损失。

德国 PolyAn 公司开发了预蒸发膜工艺, 可从脂肪族化合物中选择性地除掉苯 (或其它芳烃)。这类膜技术已与抽提蒸馏工艺集成在一起, 可获得纯苯。该公司将与 Borsig 膜技术公司合作, 放大该工艺。

此外, 法国 Axens 北美公司、美国 CDTech 公司和 UOP 公司也都在开发汽油降低苯技术。

(摘自, 炼油技术与工程, 2008, 38 (6): 52)

▲ 炼油企业节水减排的主要措施

- 机泵直流冷却水改循环水;
- 含硫污水汽提后回用 原油经一次或二次加工后, 产生大量含硫、含氮废水, 俗称酸性

水。酸性水中硫化物和氨浓度从高到低的顺序依次为：加氢裂化、加氢精制 > 焦化、催化裂化 > 常减压蒸馏。汽提法即将含硫污水经除油、汽提处理脱除 H₂S 和氨，汽提后的净化水可以达到水质排放标准，部分作为电脱盐注水，或回注上游装置等。目前采用的主要是双塔加压汽提工艺和单塔加压侧线抽出汽提工艺。

- **凝结水回收利用**
- **含油污水回用** 主要除去固体颗粒物、有机物、阴离子和阳离子、含氮、磷、硫化合物、细菌等。一般采用三段式或二级生化处理，即第 1 段为隔油，第 2 段为汽浮，第 3 段为二级生化处理，达标后排放。
- **含油污水综合利用**