

# 中国石化推进车用燃油低硫化的实践与展望

中国石化集团公司

曹湘洪

(2005年7月14日)

女士们、先生们上午好，

今天我们汇聚一起，共商车用燃料低硫化，保护大气环境，非常有意义。愿我们通过交流，加强合作，保护我们共同生存的地球。

中国石化是中国最大的石油炼制商。近年来，我们加强科技开发，实施技术改造，推进以低硫化为主要目标车用燃料质量升级，取得了明显的进展。

一、车用燃料质量升级最主要的是推进车用燃油低硫化  
汽车制造业快速发展推动了经济增长，为人们的社会活动提供了便利，也带来了较为严重的大气污染。汽车尾气对大气污染的分担率快速增加，尤其是在中心城市，提高汽柴油质量成为大家普遍关注的问题，车用燃油标准日趋严格。从严格规范机动车的尾气排放法规到提高燃油品质，经历了比较长的时间，已经形成了较为完整的体系。目前世界上机

动车排放法规主要形成了欧、美、日为主的三大体系，各有特点。虽然美国、欧洲、日本燃油标准中的具体指标不尽相同，但是由于三效催化转化器是控制汽车污染排放的主要措施，可以减少 95% 以上的汽车污染物排放量，对于严重影响三效催化转化器性能的车用燃油硫含量进行严格控制，是各国和地区的共同趋势。中国目前燃油标准中硫含量控制指标距国外发达国家有较大差距，降低燃油硫含量是中国石化现在和将来的一段时期努力的目标。

## 二、加工原油高硫化、重质化趋势明显增加了推进车用燃油低硫化的困难

中国石油消费增长较快，14 年来，消费年均增加 1530 万吨，增速为 8.0%；原油加工量年均增加 1180 万吨，增速为 7.0%；成品油消费量年均增加 772 万吨，增速为 8.7%。中国石化 2004 年加工 1.4 亿吨，进口原油 9300 万吨，进口依存度大，占原油加工量的 66%。

2003 年全球原油总产量为 36.97 亿吨，其中高含硫油（硫含量大于 1.5%）占 53.8%，含硫油（硫含量在 0.5% 和 1.5% 之间）占 10.5%，低硫油（硫含量小于 0.5%）占 35.7%。全球生产的原油一半以上是高硫原油，接近 2/3 是含硫、高硫油，富余产能最集中的中东地区也主要以高硫、含硫原油为主。2003 年全球原油贸易量 22.6 亿吨，占全球总产量的 61%。全球原油贸易资源的硫含量结构为：低硫占 32.4%，含硫占 16.9%，高硫 50.5%。

中国国内原油资源短缺、进口依存度不断提高，而世界可供应的原油资源将日趋劣质化，含硫高硫重质原油供应

量增加，低硫轻质原油供应不足。表 1 是欧佩克剩余产能质量情况。

表 1 欧佩克剩余产能质量情况 百万桶/日

	2004 年产能	2004 年产量	剩余产能	API	含硫量%
阿尔及利亚	1.35	1.21	0.14	45	0.1
印度尼西亚	0.98	0.97	0.01	35	0.1
伊朗	3.90	3.93		31	1.7
科威特	2.55	2.29	0.26	31	2.5
利比亚	1.70	1.55	0.15	39	0.3
尼日利亚	2.40	2.34	0.06	34	0.2
卡塔尔	0.87	0.77	0.10	36	1.6
沙特阿拉伯	10.75	9.05	1.70	30	2.5
阿联酋	2.60	2.35	0.25	38	1.0
委内瑞拉	2.65	2.62	0.03	20	2.4

由上表看出，主要产油国可以增加供应的原油大部分是中、重含硫原油（API 在 32 以下，含硫 2%）。

同时，由于高硫、含硫原油与低硫原油的价格差距加大，加工高硫原油毛利增高。表 2 列出了 2002 年、2003 年和 2004 年高硫迪拜原油与低硫布伦特原油、低硫米纳斯原油的差价。

表 2 高低硫原油价格差（美元/桶）

年度	迪拜-布伦特	迪拜-米纳斯
2002	-1.18	-1.64
2003	-2.16	-3.2
2004	-4.21	-4.05

以上表明，中国石化从原油资源及加工利润等因素考虑，今后加工的原油中高硫重质原油比例将不断增加，这使我们降低车用燃油硫含量的困难进一步增加。

### 三、加强降低车用燃油含硫量的技术开发

油品质量与汽车排放法规紧密相关，美、欧、日等都投入了大量人力物力研究油品质量与排放的相关性，从本国实际情况出发，充分考虑本国原油资源、道路状况、炼油装置结构、汽车发动机状况等因素，制定质量标准，严格尾气排放，保护和促进了本国的炼油企业和汽车工业的发展。中国的炼油工艺是根据本国市场对油品的需求和原油特点等历史因素逐渐形成的，与国外有一定的差异。照搬国外的燃油规范和炼油装置结构，会明显加大炼油的投资，也不利于我国炼油工业和汽车工业的自主发展。实现油品质量升级，推进低硫化是我们炼油技术开发的重要任务。经过努力中国石化已开发了一系列的降低汽柴油硫含量的技术。

#### 1 催化原料预处理技术

##### 1.1 蜡油加氢处理技术

催化进料的蜡油加氢处理可改善其质量，从而显著降低催化汽柴油产品硫含量，降低催化烟气  $SO_x$  和  $NO_x$  排放，同时可改进催化裂化产品分布。

中国石化采用自主开发的蜡油加氢预处理技术建成或改造了多套工业装置，其中最大的规模为 180 万吨/年。硫含量约 14000PPM 的原料，经加氢处理后精制蜡油硫含量小于

400 ppm (脱硫率为 97%), 是优质的催化原料, 可直接生产硫含量达到欧 排放标准的优质汽油。

目前中国石化约有 600 万吨/年蜡油加氢预处理加工能力。

### 1. 2 渣油加氢处理技术

对催化裂化加工的渣油进行加氢处理可大大改善渣油性质, 同时可降低催化裂化生产的汽柴油产品的硫含量。

中国石化采用自主开发的固定床减压渣油加氢成套技术, 建成了 200 万吨/年固定床减压渣油加氢处理装置。对于硫含量 3.2w%、Ni +V 含量 70  $\mu$ g/g 的减压渣油, 经加氢处理后, 硫含量可降低到 0.32w% (脱硫率为 90%)、脱金属 (Ni +V) 率为 74%。

中国石化开发的固定床常压渣油加氢处理催化剂和上流式渣油加氢保护剂, 也在工业装置上进行了应用, 催化剂活性和稳定性均达到了同类国外催化剂水平。

### 2 催化裂化汽油加氢脱硫技术

中国石化开发了系列催化汽油加氢脱硫技术, 根据催化剂特点和产品特点可分为催化汽油选择性加氢脱硫技术、催化汽油异构化脱硫降烯烃技术 (RIDOS)、催化汽油加氢芳构化脱硫降烯烃技术 (OTA)。

催化汽油选择性加氢脱硫技术, 可使催化汽油硫含量由 215 ~ 520PPM 降低到 62 ~ 85PPM, RON 损失 0.5 ~ 1.2 单位, 汽油平均液收大于 100%。

催化汽油加氢脱硫异构降烯烃技术 (RIDOS), 对高硫、高烯烃催化裂化汽油具有较高的脱硫、降烯烃以及辛烷值保持能力。工业应用结果表明, 当原料烯烃含量从 48.6v% 下降

到 27.7v%，硫含量从 190PPM 下降到 50PPM 时，抗爆指数损失为 0.5 个单位，汽油收率 96.7w%。

全馏分催化汽油芳构化脱硫降烯烃技术（OTA），以全馏分催化汽油为原料，实现催化汽油加氢脱硫、降烯烃及异构化、芳构化反应。加工处理硫含量 500~800PPM、烯烃含量 35~45v%的全馏分 FCC 汽油，可使硫含量小于 200PPM、烯烃含量不大于 18.0v%、苯脱除率 50%、抗爆指数损失不大于 1.3 个单位。正在进行工业试验。

### 3 柴油加氢精制技术

柴油进行加氢精制是最常用的降低柴油硫含量的措施。

中国石化开发的 FH 系列及 RN 系列柴油加氢精制催化剂已经工业化。采用 FH-DS 催化剂，在高分压力 6.5MPa、体积空速  $1.7\text{h}^{-1}$  等条件下，加工硫含量 2.38%催化柴油与焦化柴油混合原料，可以生产硫含量小于  $300\mu\text{g/g}$  的清洁柴油（脱硫率 98.7%）；适当降低空速后，可以生产硫含量  $5\mu\text{g/g}$  左右的超低硫柴油。该催化剂已经应经在工业装置上应用。RS-1000 催化剂，在高分压力 7.1MPa、体积空速  $1.8\text{h}^{-1}$  等条件下，加工硫含量 0.75%催化柴油、直柴和焦化柴油混合原料，可以生产硫含量小于  $46\mu\text{g/g}$  的清洁柴油（脱硫率 99.4%）；该催化剂已经在 9 个炼油厂工业应用。

### 4 蜡油加氢裂化技术

蜡油加氢裂化产品质量好、加工损失少、可灵活调整产品结构。中国石化结合原料及产品要求开发了系列加氢裂化工艺及配套催化剂。

#### 4.1 中压加氢裂化工艺（RMC）

已在三套工业装置上应用。工业应用结果表明，以直馏

蜡油为原料，在一定操作条件下，产品重石脑油收率 20.7%（芳潜 55）柴油收率 41.8%（符合欧 排放）尾油收率 30%（BMCI 值小于 12）。

#### 4.2 高压加氢裂化多产中间馏分油 FC-26 裂化催化剂

在 100 万吨/年加氢裂化装置上应用结果表明，处理伊朗 VG0，采用一段串联全循环加氢裂化工艺，煤油和柴油馏分收率为 68.41m%，柴油馏分硫含量小于 10 $\mu$ g/g。

#### 4.3 单段两剂全循环加氢裂化工艺技术（FDC）及配套催化剂

以沙中 VG0 为原料，采用全循环加氢裂化工艺，中间馏分油收率为 81.56m%，其中煤油馏分收率为 36.69m%，可达到 3# 喷气燃料标准；柴油馏分收率为 44.87m%，可达到欧排放柴油标准。已在 150 万吨/年装置上进行工业应用。

### 四、积极实施以加工含硫、高硫原油和降低硫含量为目的的油品质量升级技术改造

“十五”期间，中国石化完成了一批炼油厂的技术改造，从 2000 年到 2005 年，炼油综合能力从 1.26 亿吨提高到 1.61 亿吨，其中高硫原油加工能力从 2550 万吨/年（占 20%）提高到 4250 万吨/年（占 26%）；油品质量提高，汽油全面达到欧 II 排放标准（可向北京提供满足欧洲 III 类质量标准的车用汽柴油），柴油达到新国家标准要求，为加工劣质原油和提高燃油质量，中国石化投入大量资金对装置进行了技术改造，仅在针对 GB17930-1999 汽油标准和 GB252-2000 柴油标准而进行的第一轮汽柴油质量升级过程中，中国石化资金投入约 80 亿元。其中增加蜡油加氢处理能力 400 万吨/

年；渣油加氢处理能力 2 6 6 万吨/年；蜡油加氢裂化能力 1 5 0 0 万吨/年；汽煤柴油加氢精制能力 2500 万吨/年；催化汽油加氢脱硫能力增加 1 2 9 万吨/年。

采取以上措施后，中国石化汽油产品含硫量从 1998 年标准要求的 0.15% 降至 2004 年的平均含硫量 0.045%。柴油产品含硫量从 1998 年的合格品标准的 1.0% 降至 2004 年的平均含硫量 0.13%。

## 五、继续推进车用燃油低硫化

### 1、世界各国对车用燃油已开始实施更加严格的控硫标准

欧洲 2005 年已实施欧 排放标准，要求汽油硫含量小于 50PPM, 车用柴油硫含量小于 50PPM ;2010 年将实施欧 排放，主要要求将车用汽柴油硫含量降到 10PPM 以下。

美国目前汽油硫含量标准为不大于 60PPM，车用柴油为不大于 500PPM；2006 年车用柴油硫含量将降至不大于 1 5 PPM。

日本目前汽油硫含量为不大于 100PPM ,车用柴油不大于 500PPM, 2005 年车用柴油硫含量降至不大于 5 0 PPM。

我国也将对车用燃油实施越来越严格的控硫标准，2 0 0 5 年 7 月 1 日全国开始执行欧洲 排放标准，这要求汽油硫含量不大于 5 0 0 PPM。按照国家环保局要求，2007/2010 年全国开始实施国家第三/四阶段排放标准（等效采用欧 / 排放标准）。北京于 2 0 0 5 年 7 月提前实施欧洲 排放标准，要求汽油硫含量不大于 1 5 0 PPM, 柴油硫含量不大于 3 5 0 PPM。



## 2、中国石化继续推进车用燃料低硫化

面对未来，中国石化将开发更高水平的降低车用汽柴油硫含量的技术，充分依靠科技创新，采用新技术实施技术改造，实现车用燃料低成本质量升级。

汽油方面，要进一步提高催化原料预处理催化剂的活性和活性稳定性，增强对原料适应性，延长装置运转周期；催化汽油加氢后处理技术开发要提高催化剂选择性加氢脱硫活性，提高装置液收，减少辛烷值损失。同时要将催化原料预处理、催化装置汽油脱硫降烯烃技术及催化汽油后处理等工艺进行合理组合以达到最经济地提高汽油质量的目的。

柴油方面，要重视柴油加氢深度脱硫催化剂工艺工程技术开发，进一步提高催化剂活性，降低装置投资及运行成本，为实现低成本质量升级提供技术支撑。

到 2010 年中国石化在满足国内油品市场需求，增加原油加工能力得同时，为适应加工原油的高硫化、劣质化，保证产品得低硫化。计划，再新增蜡油加氢处理能力 1900 万吨/年、渣油加氢处理能力 300 万吨/年、加氢裂化能力 2500 万吨/年、汽柴油加氢精制能力 4900 万吨/年。

近几年来，中国石化为提高燃油质量实现低硫化，不断加大技术开发及炼油改造投入，车用燃油硫含量已大大降低，但仍距世界发达国家有较大差距。继续降低燃油硫含量，为市场提供清洁的汽柴油产品是中国石化面临的一项长期的工作。“我们将持续努力，力争在较短的时间内，达到发达国家水平。