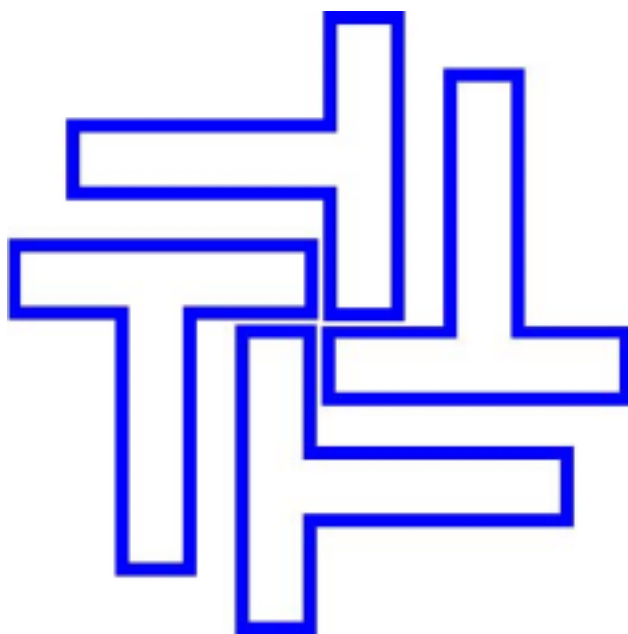


# 国际燃料油贸易基础



广州市华泰兴石油化工有限公司

信 息 部

2005 年 5 月

**石油专业基本知识篇..... 5****一、原油概述..... 5**

西得克萨斯中质原油 (WTI) .....	6
布伦特原油 (BRENT) .....	7
阿拉伯轻质原油 (ARABIAN LIGHT) .....	7
迪拜原油 (费佳原油) .....	8
杜里原油 (Duri) .....	8
埃及原油 (毕鲁姆原油 Belayim) .....	9
委内瑞拉奥里油.....	9

**二、石油炼制..... 11****三、石油产品..... 17**

汽油 (Gasoline、Petrol、Spirit) .....	18
柴油 (Diesel Fuels、Gasoil) .....	22
煤油 (KEROSINE (KEROSENE)) .....	21
航空燃料 (AVIATION FUEL) .....	21
石脑油 (NAPHTHA) .....	21
燃料油 (Fuel Oil) .....	28
润滑油 (Lubricating Oils 或 Lube Oils) .....	24
润滑脂 (LUBRICATING GREASES、Lubricant Greases、Greases) .....	27
石油蜡 (PETROLEUM WAX) .....	31
煤油 (KEROSINE 或 KEROSENE) .....	错误！未定义书签。
沥青 (ASPHALT/ BITUMEN) .....	31

**四、油品指标..... 33**

粘度 (VISCOSITY) .....	34
密度 (DENSITY) .....	35
闪点 (FLASH POINT) .....	35
倾点 (POUR POINT) .....	35
残碳 (CARBON RESIDUE) .....	36
灰份 (ASH) .....	36
硫含量 (SULFUR CONTENT) .....	37
水份及沉积物 (WATER AND SEDIMENT) .....	37
水含量 (WATER CONTENT) .....	38
沉积物 (SEDIMENT) .....	38
钒含量 (VANADIUM CONTENT) .....	38
蜡含量 (WAX CONTENT) .....	38
钠含量 (SODIUM CONTENT) .....	39



含盐量 ( SALT CONTENT ) .....	39
金属杂质 ( METALLIC CONTAMINANTS ) .....	39
凝点/凝固点 ( FREEZING POINT ) .....	39
烟点 ( 或无烟火焰高度 ) ( SMOKE POINT ) .....	39
云点 ( CLOUD POINT ) .....	40
<b>附：各类组织.....</b>	<b>41</b>
石油输出国组织 ( Organization of Petroleum Exporting Countries(OPEC) ) ..	41
经济合作和发展组织 ( ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT ( OECD ) ) .....	42
阿拉伯石油输出国组织 ( ORGANIZATION OF ARAB PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES ( OAPEC ) ) .....	43
<b>附：石油行业常用单位换算表.....</b>	<b>43</b>
<b>国际燃料油贸易知识篇.....</b>	<b>46</b>
引言： .....	46
<b>国际石油市场简介</b> .....	<b>47</b>
●西北欧市场.....	47
●地中海市场.....	47
●加勒比海市场 .....	48
●新加坡市场.....	48
●美国市场 .....	48
●纽约商品交易所 ( NYMEX ) .....	49
●伦敦国际石油交易所 ( IPE ) .....	49
●新加坡纸货市场.....	50
<b>国际国内燃料油市场简介</b> .....	<b>51</b>
●国际燃料油市场概况 .....	51
●燃料油的产地 .....	51
●国内燃料油产量.....	52
●国内燃料油用户.....	53
●国内燃料油市场.....	54
●国内燃料油贸易商 .....	55
●我国燃料油市场的特点.....	56
●进口燃料油的计价方式.....	56
●进口燃料油成本的计算.....	56
<b>燃料油进口贸易简介</b> .....	<b>56</b>
●洽商和签订购货合同 .....	56
●燃料油船的租用.....	56



●开信用证（付款方式） .....	56
●准备报关进口单证 .....	56
●进口报关、报验 .....	56
●进口联检 .....	56
●货物的查验和计量 .....	56
●卸货 .....	56
●结算 .....	56
<b>套期保值</b> .....	<b>56</b>
●油品套期保值的概念及作用 .....	56
●企业参与套期保值必要性 .....	56
●套期保值应遵循的基本原则 .....	56
●国内贸易商在新加坡纸货市场上可能采取的操作 .....	56
●国内燃料油贸易商和用户套期保值操作 .....	56
<b>国内燃料油的储运</b> .....	<b>56</b>
●燃料油的仓储 .....	56
●燃料油的运输 .....	56
<b>国内燃料油的销售</b> .....	<b>56</b>
●倒挂 .....	56
<b>附：国际燃料油采购合同样本</b> .....	<b>56</b>
<b>附：自动进口许可证申请表</b> .....	<b>56</b>
<b>附：自动进口许可证</b> .....	<b>56</b>
<b>附：提单样本</b> .....	<b>56</b>
<b>附：货物保险单样本</b> .....	<b>56</b>
<b>附：货物报关单样本</b> .....	<b>56</b>
<b>附：驳船计量证书样本</b> .....	<b>56</b>
<b>附：量检证书样本</b> .....	<b>56</b>
<b>附：质检证书样本</b> .....	<b>56</b>
<b>附：国际贸易常用术语</b> .....	<b>56</b>
<b>CIF ( COST、INSURANCE&amp;FREIGHT )：成本、保险费加运费 ( .....指定目的港 )</b> .....	<b>56</b>
<b>CFR ( Cost &amp; Freight )：成本加运费 ( .....指定目的港 )</b> .....	<b>56</b>
<b>FOB ( Free On Board )：船上交货 ( .....指定装运港 )</b> .....	<b>56</b>
<b>广州市华泰兴石油化工有限公司简介</b> .....	<b>56</b>



## 石油专业基本知识篇

石油这个单词 (Petroleum) 由拉丁文中的石头和油 (petra 和 oleum) 衍生而来。

关于石油来源的说法,先后提出了许多假说,归纳起来有两大学派,即无机生成学派和有机生成学派。

无机生成学派认为:石油是由无机物变成的。著名的碳化学学说是其学派的代表,认为地球核内的重金属碳化物和从地表渗透下来的水发生作用而产生了烃类。

有机生成学派认为:石油是由有机物变成的。该学派认为石油是由古代海洋或湖泊中死去的水生植物和动物与泥沙混合起来一层一层地沉积地下,经过挤压,几百万年后形成的,在此过程中,泥沙逐渐形成沉积岩,而有机物则形成岩石结构中的石油。

有机生成说能比较圆满地解释目前所发现油田的规律性,因而相信有机生成说的人占多数。但对生油原始物质的看法不同,出现动物生成说,植物生成说及动植物混合生成说;因石油生成环境不同,又出现海相生油和陆相生油的争论。现在可以认为生成石油的原始物质既有动物,也有植物,而以低等微生物为主;生成油的环境既可以是海相,也可以是陆相。陆地上的动植物死了,经过沉积,陆相变动的复盖在缺氧环境下随地质条件的变化,通过细菌、压力、温度、催化剂和放射元素等作用,发生复杂的物理化学变化,逐渐变成了石油。

石油与煤一样属于化石燃料,石油主要是碳氢化合物组成的复杂混合物。外观是一种流动和半流动的粘稠液体,颜色大部分是暗色的,从褐色以至深黑色。石油有特殊的气味。比重一般都小于 1,大约在 0.65~1.06 克/厘米<sup>3</sup> 之间。石油组成相当复杂,是由 C<sub>1</sub> 以上的碳氢化合物组成,含有分子量很小的气体烷烃 (CH<sub>4</sub>),更含有分子量为 1500~2000 或更大的烃类。石油主要由碳和氢两种元素组成,它们占元素总量的 96~99%,其中碳 (83%~87%)、氢 (11%~14%),其余为硫 (0.06%~0.8%)、氮 (0.02%~1.7%)、氧 (0.08%~1.82%) 及微量金属元素 (钾、钠、钙、铁、铜、镍、钒等)。含硫、氧、氮的化合物对石油产品有害,在石油加工中应尽量除去;其它一些非金属和金属元素,虽然含量极微,但对石油的加工过程和产品性能影响很大。

石油的性质因产地而异,粘度范围很宽,凝固点差别很大 (-30 ~60 ),沸点范围为常温到 500 以上,可溶于多种有机溶剂,不溶于水,但可与水形成乳状液。不同产地的石油中,各种烃类的结构和所占比例相差很大,但主要属于烷烃、环烷烃、芳香烃三类。通常以烷烃为主的石油称为石蜡基石油;以环烷烃、芳香烃为主的称环烷基石油;介于二者之间的称中间基石油。

石油可以说是一个广义的概念,可以将原油及其所有油类的终端产品统称为石油。在对石油进行总体介绍之前,我们首先对原油进行阐述。

### 一、原油概述

对于储藏在地下尚未开采石油,习惯上统称为原油。原油的成份、粘滞性 (粘度)、比重 (密度) 和颜色差别很大。原油的命名通常依据其出产的地区,如布伦特和西得克萨斯中质原油 (WTI)。世界上的石油产地主要集中在七个地区 - 俄罗斯和中国、中东、北美 (美国和加拿大)、拉丁美洲 (中南美)、非洲、西欧 (主要在北海)、远东和澳大利亚。(附:世界石油储量及地区分布图)



原油分类使用的是美国石油协会（American Petroleum Institute，API）的评级体系，这



一体系是基于比重而建立的。液体的比重是相对水而言的。在 API 体系中，水是 API10，阿拉伯轻油是 API34，这表明同样体积的阿拉伯轻油比水轻。

原油种类繁多，鉴于本书侧重于燃料油方面的知识，下面只对几种主要的原油做简单介绍。有两种重要的原油对期货合约具有非常重要的意义，虽然从生产角度而言，它们加在一起只占世界产量的 3%，下面介绍几种有代表性原油，尤其是我们经常听到的 WTI 和 BRENT 原油：

### 西得克萨斯中质原油（WTI）

WTI 是指达到一定标准的多种原油——它不是单种类型的原油。西得克萨斯中质原油是世界上最活跃的交易商品。在过去十年中，纽约商交所(NYMEX)的低硫轻质原油期货合约成为世界上原油交易最流通的市场，也是世界上对一种天然物品最大宗的期货合约交易。由于良好的交易流通性和价格透明度，其期货合约常常被国际上用来作为一种主要的定价基准。除了阿拉斯加库克河入口地区出产的石油以外，美国法律禁止 WTI 或其他美国原油出口。纽约商业交易所的脱硫轻原油期货合约（其正式称呼为 WTI）从价值和规模来讲是全世界最大的能源期货合约。

WTI 被用来作为其他北美原油定价的基准，后者是通过在 WTI 价格上进行一个差额增减得到的，正如布伦特在欧洲的使用那样。

合同的交货点是在俄克拉荷马州(OKLAHOMA)的库什(CUSHING)，它联接着美国的现货市场交易，同时通过输油管线可通向国际现货市场。通过提供几个等级的本国和国际间的外国原油交易，期货交易合约有计划地提供给现金市场各种不同的需要。低硫轻质原油是炼油业者的首选，因为它的高价值产品如汽油、柴油、民用燃料油和航空燃油等的收率高。西得克萨斯中质原油(WTI)是纽约商品交易所交易的低硫轻质原油的一种，是美国石油工业的基准原油。



具体参数：

API 度	40.8
密度	0.8168g/cm <sup>3</sup> , 20
粘度	5.24mm <sup>2</sup> /s , 50
倾点	-28.950
硫含量	0.34%
氮含量	0.08%
酸值	0.10 mgKOH/g

### 布伦特原油 (BRENT)

布伦特原油是其他原油进行定价的基准，尤其是从北海、西非和地中海地区产出的原油。布伦特原油是布伦特和尼兰体系的混合物，后者通过管道运送，终端在休特兰岛上的萨伦乌。布伦特是一种较轻的脱硫原油，现在已经过了其产量高峰。

布伦特原油是一种低硫轻质的北海原油，它是原油市场的一种基准等级，同时被作为一种有别于纽约商交所低硫轻质原油期货交易合同的形式广泛地进行交易。布伦特原油每天生产大约 500,000 桶，大部分在西北欧炼制，但已大量向美国海湾地区和东海岸及地中海地区转移。

具体参数：

API 度	37.0
密度	0.8361g/cm <sup>3</sup> , 20
粘度	8.48mm <sup>2</sup> /s , 50
凝点	3
硫含量	0.46%
康氏残碳	2.34%
氮含量	0.11%
酸值	0.07 mgKOH/g
胶质	5.40%
沥青质	0.23%
蜡含量	3.49%
镍含量	2.12ppm

关于以上两个市场的交易情况，在后面第二篇的贸易部分中做较详细的介绍。下面对其一些较重要的原油进行简要介绍。

### 阿拉伯轻质原油 (ARABIAN LIGHT)

指沙特阿拉伯生产的 API 为 34 的阿拉伯轻质原油 (Arabian Light Crude Oil , API 34) 的简称。石油输出国组织 (OPEC) 将此原油作为其制定价格的基准原油。

具体参数：

API 度	33.0
密度	0.8565g/cm <sup>3</sup> , 20



粘度	6.9649mm <sup>2</sup> /s , 50
凝点	<-37
硫含量	2.07%
康氏残碳	4.65%
氮含量	0.11%
酸值	0.03 mgKOH/g
胶质	6.1%
沥青质	1.5%
蜡含量	4.5%
钒含量	18.12
镍含量	5.24 ppm

### 迪拜原油 ( 费佳原油,Dubai )

阿联酋迪拜原油是一种高硫重质原油，它的品质在三种基准原油中最差，中东产的原油通常是以其为计价基准。它也是品质差的高硫重质原油的标杆，它的价格走势通常反映高硫重质原油的价格走势，中东地区原油出口远东地区参照阿曼和迪拜原油的价格定价。

具体参数：

API 度	31.1
密度	0.8666g/cm <sup>3</sup> , 20
粘度	5.64mm <sup>2</sup> /s,50
凝点	-16
硫含量	1.66%
康氏残碳	3.86%
特性因数	11.8

### 杜里原油 ( Duri )

是亚洲一种典型的高含蜡量、低硫重质原油。

具体参数：

API 度	20.2
密度	0.9288g/cm <sup>3</sup> , 20
粘度	166.7mm <sup>2</sup> /s,50
凝点	22
硫含量	0.21%
康氏残碳	7.59%
氮含量	0.32%
酸值	1.06 mgKOH/g
钒含量	1.02ppm





镍含量	28.23ppm
特性因数	11.8

### 埃及原油（毕鲁姆原油 Belayim）

重质，高硫原油，含有较多金属杂质。

具体参数：

API 度	27.5
密度	0.8861g/cm <sup>3</sup> ,20
粘度	51.27mm <sup>2</sup> /s, 20
倾点	6
硫含量	2.2%
雷氏蒸汽压	336mmHg
康氏残碳	7.25%
钒含量	79.4ppm
镍含量	54.6ppm
蜡含量	8.0%

### 委内瑞拉奥里原油

产于委内瑞拉奥里油是比较特殊的一种原油，我国每年都有较大量的进口，这里做较详细的介绍。

#### 1、简介：

在委内瑞拉奥里若科河流域，是一片丰沃的大草原，在其下 500~1,100 米深处蕴藏着相当世界石油储量 50% 的重质沥青原油，由于其高粘度，虽然发现五十余年，仍无法开采利用，直到八十年代，委内瑞拉国家石油公司开发水包油乳化油技术，成功了生产奥里油，使世界能源市场又增加一种新的替代能源。

我国在 1996 年进口了 50 万吨奥里乳化油，用于电厂锅炉的试烧，随后我政府与委内瑞拉政府签订了在委国合资兴建年产 500 万吨奥里乳化油生产厂的协议。

奥里油生产已获得 ISO9001 认证，奥里油(ORIULSION)的品名也已进行了商标注册，奥里油在世界能源领域成功应用，与委内瑞拉石油公司严格的生产技术管理、成功的市场运作是分不开的，这一点值得国内同业者借鉴。

奥里乳化油是以产于南美委内瑞拉奥里诺科河(Orinoco)流域的一种环烷基超重质原油(国外称之为沥青)为原料，加乳化剂和水乳化而成。已探明储量约为 12000 亿桶(相当于世界石油储量的 50%)，其中按现在技术可开采加工的数量为 2670 亿桶。

五十年前，委内瑞拉就已发现了奥里诺科沥青，直到 1979 年，委内瑞拉国家石油公司(PDVSA)开始研究开采奥里诺科沥青，1988 年首次商业输出，目前已在英国、丹麦、立陶宛、意大利、日本、加拿大、美国、中国等国的发电厂使用，其中，英国是最早燃用奥里乳化油的国家之一，英国 Powergen 公司从 1987 年底就在 Ince 电厂进行先期试验，并先后在 3 个电厂经过近 3 年的试烧和设备改造，于 1991 年正式投入商业运行。我国在 1996 年进口了 50 万吨奥里乳化油，用于电厂锅炉的试烧，同年，中国石油天然气总公司与委内瑞拉方面就联合开发年生产能力为 500 万吨规模的油田签定了意向书。胜利石油管理局胜利发电厂对 670t



/h 的燃煤锅炉进行了技术改造,于 1997 年 5 月 15 日至 1997 年 6 月 24 日进行了奥里乳化油的试烧试验。

## 2、奥里乳化油的性质

奥里油(Orimulsion)是一种水包油非牛顿液体,密度与水接近。其中水为连续相,油为分散相,呈“水包油”状,油滴被表面活性剂包围形成亲水界面薄膜,沥青油颗粒一般在 10 $\mu$ m 左右,奥里油与燃料油(重油)特性如下表所示,其中,奥里油的实测值由石油大学和中科院工程热物理所提供,样品在胜利发电厂采集。

项 目	单 位	实测值	奥里乳化油(委内瑞拉)		燃料油
			典型值	范围	
高位发热量	(kJ/kg) $\times 10^{-3}$	30.13	29.90	29.00~31.00	42.10
低位发热量	(kJ/kg) $\times 10^{-3}$	27.87	27.60	27.00~29.00	40.10
颗粒直径	m $\times 10^6$	8.58	10.00	8.00~15.00	
灰分	%	0.22	0.20	0.12~0.20	0.10
含水量	%	28.6	29.3	27.0~30.0	0.2
密度(20	(kg/m <sup>3</sup> ) $\times 10^6$	1.009	1.010	0.990~1.020	0.995
凝点		- 1	3	2~4	
开口闪点		172	120	120~125	
碳	%	62.57	60.00	55.00~62.00	
氢	%	7.48	7.30	10.00~12.00	10.00
氮	%	0.00	0.50	0.40~0.55	0.40
硫	%	2.86	2.70	2.70~2.90	2.00~3.00
钠	(kg/kg) $\times 10^{-6}$	25.8	30.0	15.0~50.0	10.0~50.0
镁	(kg/kg) $\times 10^{-6}$	268	350	300~450	< 10
矾	(kg/kg) $\times 10^{-6}$	295	300	270~340	50~300
镍	(kg/kg) $\times 10^{-6}$	85.4	70.0		10.0~60.0

\*注:本篇数据摘转吴东垠等《奥里乳化油工业试验结果分析》燃烧科学与技术,2000 Vol.6 No.2 P.120 - 123

尽管奥里油的表现特征与其他液体燃料极为相似,由于是一种乳化液,在具体使用中,仍要根据具体情况,做出调整,在一定温度范围内,奥里油的粘性系数小于普通原油,但比原油难于着火,在 5 ~70 之外其稳定性急剧下降,直至破乳,即油水分层,形成沥青块而不易燃烧。诸如尽量不要使用高速离心泵,由于水的缘故,奥里油应储存在水的沸点以下。

自 1996 年 9 月起,中国石油销售总公司大批量进口并推广应用 100 号奥里乳化油,在电厂、冶金、陶瓷、有色、建材、沥青、玻璃、船运等大小型厂家企业使用,取得良好的经济效益。1999 年度起,开始组织进口 400 号奥里乳化油,投放国内沿海沿江市场。

奥里乳化油 400 号是委内瑞拉共和国 BITOR 公司研制的替代 100 号奥里乳化油的新品种,与原奥里乳化油 100 号相比:有几点重要改进,包括:

- 由于与燃料相关的积灰减少而产生更高的锅炉效率;
- 降低氮氧化气和一氧化碳气排放,也能有效地减少尘粒的排放;
- 减少灰分的产生,去除配比中镁的添加剂;
- 表面活性剂不含壬基酚乙氧基化物;
- 粘度小,有利于储运。

奥里乳化油 400 号具有更为强劲的市场竞争力。它将成功地替代最清洁矿物燃料。奥里



乳化油 400 号推出后在丹麦、加拿大和巴巴多斯大规模电厂进行的燃烧试验获得了成功，效益显著。

400 号及 100 号奥里乳化油质量指标		
属 性	400 号指标	100 号指标
含水 % W/W	27~31	27~31
粘度 30 20s-1 Mpa.s	<=500	<= 1200
粘度 30 100s-1 Mpa.s	<=400	<= 750
平均微滴尺寸 um	14~20	14~20
密度 15 g/cm <sup>3</sup>	1.009~1.0130	1.009~1.0130
含镁 ppm	< 20	340~370
含钠 ppm	< 30	< 30
含矾 ppm	< 360	< 360
净热值 MJ/kg	27.4~28.6	27.4~28.6
总热值 MJ/kg	29.6~31.0	29.6~31.0
碳 %WT	60.1	60.1
氢 %WT	10.4	10.4
氧 %WT	26.4	26.4
氮 %WT	0.35	0.35
含硫 %WT	<= 3.0	<= 3.0
灰分 %WT	<= 0.1	<= 0.25

## 二、石油炼制

有工业价值的石油储量从发现到成为产品大致要经过：地质勘探→钻井→采油→运输→储存→加工等复杂的工业过程。本书只简单介绍有关石油炼制方面的内容。

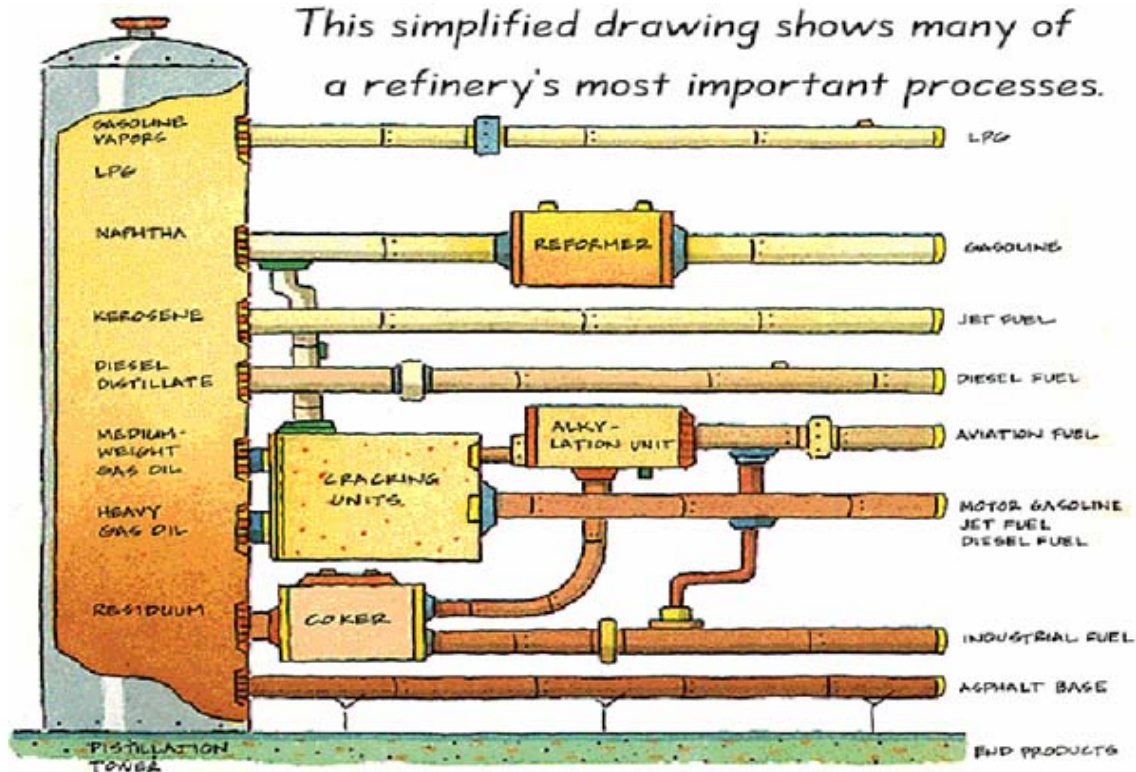
说起石油炼制，不得不提一提石油化学工业。石油化学工业简称石油化工，是化学工业的重要组成部分，在国民经济的发展中有重要作用，是我国的支柱产业之一。石油化工指以石油和天然气为原料，生产石油产品和石油化工产品的加工工业。石油产品又称油品，主要包括各种燃料油（汽油、煤油、柴油等）和润滑油以及液化石油气、石油焦碳、石蜡、沥青等。生产这些产品的加工过程常被称为石油炼制，简称炼油。石油化工产品以炼油过程提供的原料油进一步化学加工获得。（关于油品以外的化工产品，本书不提及）

原油作为一种未加工的资源，需要经过转化才能成为可供消费者使用的产品，如液化气、汽油和航空燃料。这种转化过程叫做提炼，在炼油厂中进行加工，这种炼油厂并不一定靠近真正的出产原油地区。

石油的发现、开采和直接利用由来已久，加工利用并逐渐形成石油炼制（简称炼制）工业始于 19 世纪 30 年代，到 20 世纪 40~50 年代形成的现代炼油工业，是最大的加工工业之一。19 世纪 30 年代起，陆续建立了石油蒸馏工厂，产品主要是灯用煤油，汽油没有用途当废料抛弃。19 世纪 70 年代建造了润滑油厂，并开始把蒸馏剩下的高沸点油做锅炉燃料。19 世纪末内燃机的问世使汽油和柴油的需求猛增，仅靠原油的蒸馏（即原油的一次加工）不能满足需求，于是诞生了以增产汽、柴油为目的，综合利用原油各种成分的原油二次加工工艺。如 1913 年实现了热裂化，1930 年实现了焦化，1940 年实现了催化裂化，1940 年实现了催



化重整，此后加氢技术也迅速发展，这就形成了现代的石油炼制工业。20 世纪 50 年代以后，



石油炼制为化工产品的发展提供了大量原料，形成了现代的石油化学工业。2003 年全世界的石油加工能力为 41 亿吨，我国为 2.8 亿吨。大型炼油厂的年加工能力已超过 2000 万吨。

原油具体的提炼过程大致可以分为四个步骤：

**分离天然气：**这个步骤通常发生在矿井中，在那里天然气被分离出来，并通过管道或其他方式运送到炼油厂。

**分馏：**当原油在一个巨大的容器中被加热时，最轻和最易挥发的物质首先蒸发，最重的最后蒸发。如果对这些蒸汽进行冷却，则它们会以相反的顺序冷凝。这种蒸发和冷凝的过程就叫做分馏。在炼油厂中，分馏是在高大的圆筒式容器中进行的。通过在不同高度安置一些冷凝盘收集上升过程中的冷凝蒸汽，可以得到不同的提炼成分，冷凝液体通过管道回落底部。

整个过程称为分馏。当原油在一定的温度和压力条件下被分馏时，这个过程会产出更多的易挥发成分，如汽油、煤油、瓦斯油和柴油。如果分馏后的产品在真空条件下继续分馏，则会产出更重的产品，如润滑油、蜡油和粗石蜡，其残留物为燃料油和沥青。

分馏过程会产出四种基本成分，其比例因原油质量不同而异。

**裂解：**市场对汽油等轻质产品的需求远远大于单纯从分馏中得到的数量。所以，一些较重的原油成分要被分裂生产较轻的产品，分裂可通过加热和催化剂的作用，对原油中较重的成分加热或加压进行。

**产品精制：**原油中的杂质（如硫）在提炼过程中必须通过精制被清除掉。所以相对于无需这一过程的低硫原油的价值更大。

下面对常用的一些方法进行较细致的说明：

#### 原油的脱盐、脱水

又称预处理。从油田送往炼油厂的原油往往含盐（主要是氯化物）带水（溶于油或呈乳化状态），可导致设备的腐蚀，在设备内壁结垢和影响成品油的组成，需在加工前脱除。常用

广州市华泰兴石油化工有限公司 信息部

Page: 12/95

对于文中的任何错误，恳请您的批评指正。对于本文有任何意见或建议，欢迎您与我们联系。

电话：020-83487038 传真：020-83487155 EMAIL：LIONEL@TWINACE.COM





的办法是加破乳剂和水,使油中的水集聚,并从油中分出,而盐份溶于水中,再加以高压电场配合,使形成的较大水滴顺利除去。

### 常压蒸馏和减压蒸馏

常压蒸馏和减压蒸馏习惯上合称常减压蒸馏,常减压蒸馏基本属物理过程。原料油在蒸馏塔里按蒸发能力分成沸点范围不同的油品(称为馏分),这些油有的经调合、加添加剂后以产品形式出厂,相当大的部分是后续加工装置的原料,因此,常减压蒸馏又被称为原油的一次加工。包括三个工序:原油的脱盐、脱水;常压蒸馏;减压蒸馏。

常压蒸馏是根据组成原油的各类烃分子沸点的不同,利用加热炉、分馏塔等设备将原油进行多次的部分汽化和部分冷凝,使汽液两相进行充分的热量与质量交换,以达到分离的目的,从而制得汽油、煤油、柴油等馏分。一般 35 ~200 的馏分为直馏汽油馏分;175 ~300 的馏分为煤油馏分;200 ~350 的馏分为柴油馏分;350 以上的馏分为润滑油或裂化原料。在较低温度范围内便能蒸馏出来的石油组分称为轻馏分;在较高温度范围内才能蒸馏出的组分称为重馏分。直馏馏分主要是由烷烃与环烷烃组成,一般不含不饱和烃,所以直馏产品性质安定,不易氧化变质,易于长期储存。

常压蒸馏所得到的渣油是炼制润滑油的原料,由于它是 350 以上的高沸点馏分,如果还用常压蒸馏来进行分离,加热温度就得高达 400 以上,在这样的高温下,会引起烃分子的裂解。为了既能进行蒸馏分离又不致使烃分子裂解,就需采用减压蒸馏。减压蒸馏是利用降低压力可以降低液体沸点的原理,将常压渣油在减压塔内进行分馏。减压塔的真空度是靠二至三级蒸汽喷射泵抽空而致,塔顶的真空度控制在 93.3kPa 左右。从减压塔侧线可以引出各种润滑油馏分或催化裂化的原料。塔底的重油叫减压渣油,可作为焦化和制取沥青的原料或作为锅炉燃料。

### 热裂化

仅靠温度与压力的作用来实现石油裂化的过程叫热裂化。热裂化就是利用高温使重油一类的大分子烃受热分解裂化成为汽油一类的小分子烃。在热裂解条件下,烃类主要发生分解与缩合二类反应。所用原料通常为常压重油、减压馏分、焦化蜡油等。热裂化产品主要有裂化气、汽油、柴油和渣油等。热裂化汽油与热裂化柴油的产率较高。但热裂化产品中含有较多不饱和烃,故安定性不好。同时,热裂化过程中所发生的缩合反应会使加热炉的管道中严重结焦。由于热裂化工艺存在上述缺点,所以该方法已淘汰,被催化裂化所取代。

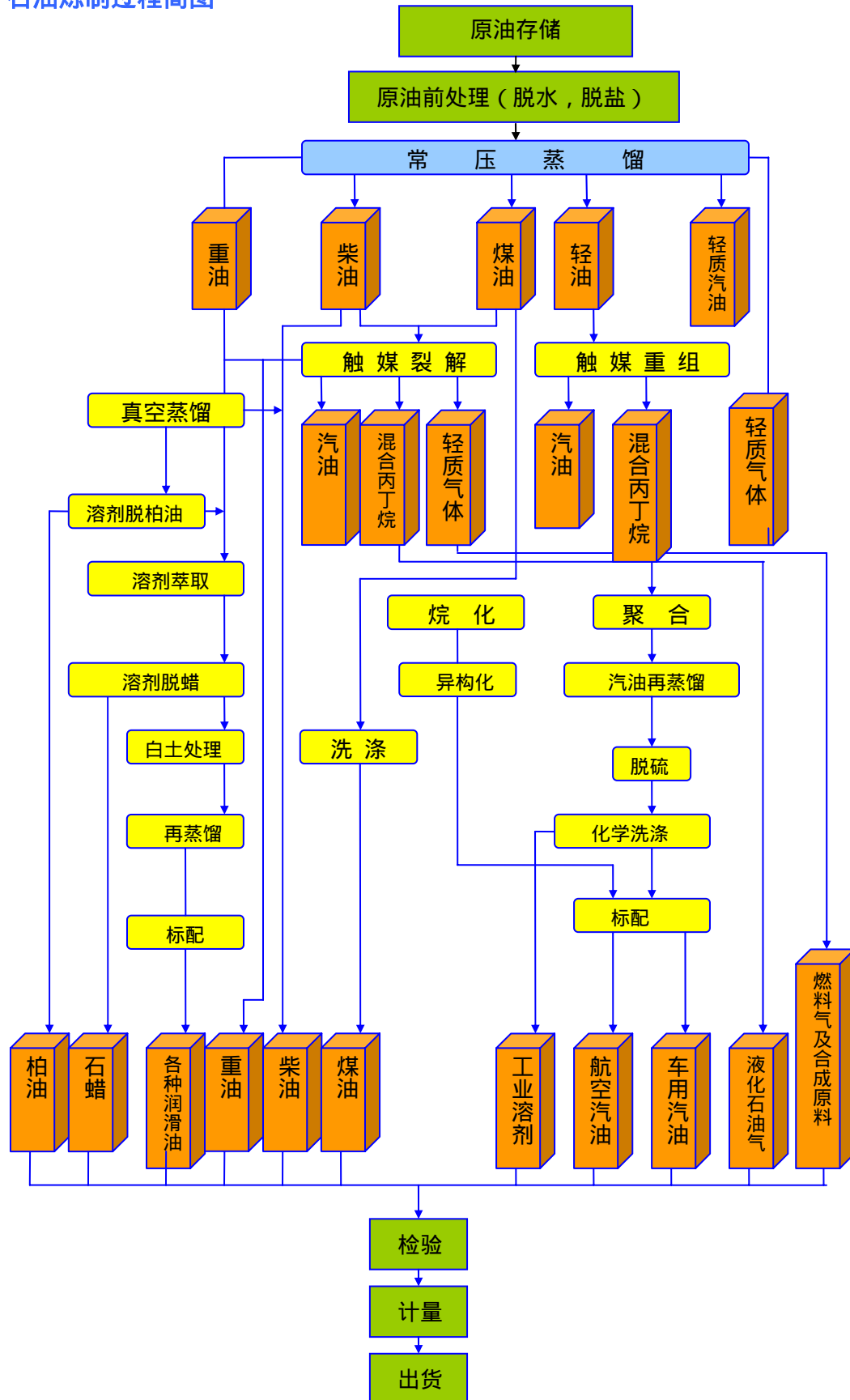
### 催化裂化

在催化剂的作用下使烃分子热裂化的过程称之为催化裂化。原料油是在合成硅酸铝催化剂的作用下,使大分子烃裂化变成小分子烃,同时还使其分子结构改变,使不饱和烃大大减少,异构烷烃和芳香烃增加。催化裂化通常以重质馏分(如减压馏分、焦化柴油及蜡油等)为原料,也有用预先脱沥青的常压重油为原料的。催化裂化的产品主要有石油气、汽油与轻柴油。催化裂化的汽油产率高,约为 46%~60%,不饱和烃含量少,异构烷烃与芳香烃含量高,故化学安定性好,辛烷值高,抗爆性好,可用作航空汽油与高辛烷值汽油的基本组分。催化裂化的柴油产率为 20%~40%,但因含正构烷少,十六烷值较低,性能较差。催化裂化是目前二次加工工艺中采用最为普遍的一种。

催化裂化是在热裂化工艺上发展起来的。是提高原油加工深度,生产优质汽油、柴油最重要的工艺操作。原料主要是原油蒸馏或其他炼油装置的 350~540 馏分的重质油,催化裂化工艺由三部分组成:原料油催化裂化、催化剂再生、产物分离。催化裂化所得的产物经分馏后可得到气体、汽油、柴油和重质馏分油。有部分油返回反应器继续加工称为回炼油。催化裂化操作条件的改变、催化剂变化或原料波动,可使产品组成发生变化,产品品质和收率都会变化。



石油炼制过程简图





### 加氢裂化

在有催化剂和氢气存在的条件下，使重质油受热后通过裂化反应转化为轻质油的加工工艺，称之为加氢裂化。与催化裂化所不同的是加氢裂化是在 9.81~14.71MPa 压力和 380 ~440 的温度条件下，在氢气（约为原料重油的 2.5%~4%）作用下进行的。既有催化裂化反应，又有烃类的加氢反应，由于加氢反应，可使不饱和烃变为饱和烃，并使非烃类化合物也发生反应。因此，加氢裂化产品安定性好，腐蚀性小。由于加氢产品含环烷烃多，是催化重整制取高辛烷值汽油的极好原料，由于含异构烷烃较多，芳香烃较少，因而加氢裂化所得的柴油产品凝点与冰点很低，十六烷值很高。此外，加氢裂化还具有原料油的范围广（从直馏重柴油到减压渣油等均可使用）、生产灵活性大（汽油与柴油产率可根据需要调整）、产率高（汽油产率可达 75%、以生产柴油为主时，柴油产率可达 85%）等特点。但由于加氢裂化是在高压条件下操作，生产条件较苛刻，投资大，故目前未能象催化裂化那样得到普遍应用。

### 催化重整

催化重整（简称重整）是在催化剂和氢气存在下，将常压蒸馏所得的轻汽油转化成含芳烃较高的重整汽油的过程。如果以 80~180 馏分为原料，产品为高辛烷值汽油；如果以 60~165 馏分为原料油，产品主要是苯、甲苯、二甲苯等芳烃，重整过程副产氢气，可作为炼油厂加氢操作的氢源。重整的反应条件是：反应温度为 490~525 ，反应压力为 1~2 兆帕。重整的工艺过程可分为原料预处理和重整两部分。

### 延迟焦化

原料油受热后的生焦现象不在加热炉管内而延迟到焦炭塔内出现的过程叫做延迟焦化。延迟焦化法是生产轻质燃料和焦炭的方法之一。焦化的原料油主要是减压渣油，也可用热裂化渣油。延迟焦化的反应原理，一方面同热裂化一样，是大分子烃裂解为小分子烃，使渣油转化为气体烃与低沸点液体烃；另一方面是芳香烃与烯烃的缩合反应，使渣油转化为焦炭，但在炉管内来不及生焦，而是延迟至焦炭塔再给予足够时间生焦。焦化汽油与柴油的安定性都较差，需要进一步精制改善。

它是在较长反应时间下，使原料深度裂化，以生产固体石油焦炭为主要目的，同时获得气体和液体产物。延迟焦化用的原料主要是高沸点的渣油。延迟焦化的主要操作条件是：原料加热后温度约 500 ，焦炭塔在稍许正压下操作。改变原料和操作条件可以调整汽油、柴油、裂化原料油、焦炭的比例。

### 烷基化

烷基化的原料是异丁烷—丁烯气体馏分，目前我国多以氢氟酸为催化剂，主要产物是异辛烷和其它烃类组成的混合物，这种混合物叫做烷基化油。对烷基化油进行分馏（50 ~180 ）的主要成分可得各种不同结构的异辛烷馏分（称为工业异辛烷）。工业异辛烷的马达法辛烷值高达 94，是航空汽油与高级汽油的高辛烷值组分。另外，副产品重烷基化油也可作为轻柴油的组分。

### 炼厂气加工

原油一次加工和二次加工的各生产装置都有气体产出，总称为炼厂气，就组成而言，主要有氢、甲烷、由 2 个碳原子组成的乙烷和乙烯、由 3 个碳原子组成的丙烷和丙烯、由 4 个碳原子组成的丁烷和丁烯等。它们的主要用途是作为生产汽油的原料和石油化工原料以及生产氢气和氨。发展炼油厂气加工的前提是要对炼厂气先分离后利用。炼厂气经分离作化工原料的比重增加，如分出较纯的乙烯可作乙苯；分出较纯的丙烯可作聚丙烯等。

前述各过程生产的油品一般还不能直接作为商品，为满足商品要求，除需进行调合、添加添加剂外，往往还需要进一步精制，除去杂质，改善性能以满足实际要求。常见的杂质有



含硫、氮、氧的化合物，以及混在油中的蜡和胶质等不理想成分。它们可使油品有臭味，色泽深，腐蚀机械设备，不易保存。除去杂质常用的方法有酸碱精制、脱臭、加氢、溶剂精制、白土精制等。酸精制是用硫酸处理油品，可除去某些含硫化合物、含氮化合物和胶质。碱精制是用烧碱水溶液处理油品，如汽油、柴油、润滑油，可除去含氧化合物和硫化物，并可除去酸精制时残留的硫酸。酸精制与碱精制常联合应用，故称酸碱精制。脱臭是针对含硫高的原油制成的汽、煤、柴油，因含硫醇而产生恶臭。硫醇含量高时会引起油品生胶质，不易保存。可采用催化剂存在下，先用碱液处理，再用空气氧化。加氢是在催化剂存在下，于300~425℃，1.5兆帕压力下加氢，可除去含硫、氮、氧的化合物和金属杂质，改进油品的储存性能和腐蚀性、燃烧性，可用于各种油品。脱蜡主要用于精制航空煤油、柴油等。油中含蜡，在低温下形成蜡的结晶，影响流动性能，并易于堵塞管道。脱蜡对航空用油十分重要。脱蜡可用分子筛吸附。润滑油的精制常采用溶剂精制脱除不理想成分，以改善组成和颜色。白土精制一般放在精制工序的最后，用白土（主要由二氧化硅和三氧化二铝组成）吸附有害的物质。

#### 酸碱精制

酸精制是用硫酸处理油品，可除去某些含硫化合物、含氮化合物和胶质。

碱精制是用烧碱水溶液处理油品，如汽油、柴油、润滑油，可除去含氧化合物和硫化物，并可除去酸精制时残留的硫酸。酸精制与碱精制常联合应用，故称酸碱精制。

#### 脱臭

是针对含硫高的原油制成的汽、煤、柴油，因含硫醇而产生恶臭，硫醇含量高时会引起油品生胶质，不易保存。可采用催化剂存在下，先用碱液处理，再用空气氧化。

#### 加氢精制

在高温（300~425℃）、高压（1.5兆帕）和有催化剂存在的条件下，向被精制油中通入氢气，使氢与油中的非烃化合物和不饱和烃等发生化学反应，从而将它们除去和转变为饱和烃的精制工艺，称为加氢精制。这是一种较好的精制方法，可简化精制工序，提高油品的产率。加氢精制可除去含硫、氮、氧的化合物和金属杂质，改进油品的储存性能和腐蚀性、燃烧性，可用于各种油品，将逐步取代部分传统的精制工艺。

#### 脱蜡精制

蜡是在常温下呈固体状态的烃，蜡虽说不是有害物质，但它是不理想组分，因为在常温条件下在油中呈溶解状态的蜡在较低温度下会从油中析出，温度越低，析出量越多。为了改善油的低温流动性，在生产润滑油、柴油和喷气燃料的过程中，通常都要进行脱蜡。脱蜡的方法主要有：

- 1、冷冻脱蜡：将含蜡油冷却至希望的脱蜡油凝点以下5~10℃，使油中石蜡结晶析出，通过加压或离心作用予以分离后，便得脱蜡油；
- 2、尿素脱蜡：尿素和油中的长链烷烃及带有短分支侧链的长链烷烃相互作用，形成络合物从油中分离出来。采用这种方法脱蜡可获得凝点很低的油品；
- 3、溶剂脱蜡：用溶剂将原料油稀释，使油的粘度降低，然后分离油和蜡。常用的溶剂有酮类和苯系物的混合；
- 4、分子筛脱蜡：分子筛是人工合成的沸石，它是一种多孔的吸附剂，具有特殊的孔道结构，仅能吸附正构烷烃分子，从而达到脱蜡的目的；

脱蜡精制主要用于精制航空煤油、柴油等。油中含蜡，在低温下形成蜡的结晶，影响流动性能，并易于堵塞管道。脱蜡对航空用油十分重要。脱蜡可用分子筛吸附。润滑油的精制常采用溶剂精制脱除不理想成分，以改善组成和颜色。

#### 白土精制





白土是一种含氧化硅和氧化铝的天然陶土，用盐酸处理后，活性大增。它不仅吸附能力强，且选择性好，当与油料充分混合后，即将油中胶质、沥青质、酸渣、残余溶剂等吸附在微孔表面上，过滤后即可得精制油。这种方法作为酸碱精制或溶剂精制的补充，可进一步提高油品的安定性并改善油品色泽。此法工艺简单、设备投资少，但劳动条件差，生产效率低，且污染环境。

#### 润滑油加氢处理

润滑油加氢处理通常是在中、高压(7.85~14.71MPa)氢气和催化剂存在的条件下，对润滑油料进行精制和改质的工艺过程。通过加氢处理，使原料中的多环芳烃、胶质、沥青质等不理想组分发生适度的加氢裂解使之变成有益组分，从而达到精制润滑油和提高精油品粘指数的目的。

#### 溶剂精制

在一定的温度条件下，利用溶剂的活性极性分子，溶解润滑油中的一些非理想成分(多环短侧链的芳烃和环烷烃、胶质、沥青质及硫、氮、氧化合物等)，将它们分离出来，从而改善油品的粘温性能，降低残碳值与酸值，提高油品的安定性。将分离物蒸出溶剂后，便获得抽出油，抽出油可作调合车轴油等的原料。常用的溶剂有糠醛、酚、丙烷等。

溶剂精制为绝大多数的润滑油生产过程所采用。常用溶剂有糠醛和苯酚。生产过程与重整装置的芳香烃抽提相似。

#### 相关概念：

##### Distillation 蒸馏，馏程

Distillation 的原意为蒸馏，乃原油加工的基本工序。根据原油中所含各类烃分子沸点的不同，将其加热并通过分馏塔，令各组分沿分馏塔作垂直的阶梯式分布——沸点低挥发性大者在上部，沸点高挥发性小者在下部，从而达到将各组分分离的目的。烃蒸馏操作可分得石油气、汽油、煤油、柴油等馏分油 (Distillates)，而留于塔底者即为残渣油 (Residue)，后者即可作为燃料油使用 (Residue Fuel Oil)，亦可进一步加工制取润滑油及提取上述较轻质油品。

按操作的压力条件，蒸馏又有常压 (亦称直馏 Straight Run Distillation) 及减压 (或称真空蒸馏 Vacuum Distillation) 之分。

至于在石油产品规格中出现的 Distillation 则实作“馏程”解。所谓“馏程”乃指一温度范围，是馏分油的重要指标之一。由于任何油品均为一种各类烃的混合物，而无一确定的沸点，仅能以一定的温度范围表示，当油品在试验条件下蒸馏，流出

第一滴油品时的温度称为初馏点 (IBP)，而最后即将蒸干时达到的最高温度称为终馏点 (FBP)，由初馏点到终馏点这一温度范围即称为油品的馏程。

油品馏程试验中除 IBP, FBP 外尚有 10%，20%，50%，90%，95%等馏出温度，(指馏出液体积分别达到试样的 10%，20%，50%，90%，95%时的温度) 以及残留量 (Residue, VOI%) 损失量 (Loss, VOI%) 等。

由馏程可以判断油品中轻重馏分的含量，并直接与油品的使用性能相联系。以车用汽油为例，其初馏点及 10%馏出温度与汽车的起动性能相关，该数值过高，冷车起动困难，但若过低，又易产生汽阻 (Vapour Lock)；50%馏出温度则表示该汽油之平均蒸发性，并与发动机的加速性相关，该值低，蒸发性及发动机之加速性较好，操作亦平稳；而 90%、95%馏出温度与终馏点则是汽油中不易蒸发及不能完全燃烧的重质组分含量的指示，重组分多不仅增加消费量 (燃烧不完全) 且还会在曲轴箱中稀释润滑油而增加机件磨损。

### 三、石油产品

石油产品可分为：石油燃料、石油溶剂与化工原料、润滑剂、石蜡、石油沥青、石油



焦等 6 类。其中，各种燃料产量最大，约占总产量的 90%；各种润滑剂品种最多，产量约占 5%。各国都制定了产品标准，以适应生产和使用的需要。石油产品在大体上可分为以下四类：

**气体：**产品为丙烷与丁烷（LPG），其用途 - 这些气体是化工和塑料工业中很有价值的原料，它们可以用来生产溶剂、烟雾剂、聚乙烯和聚苯乙烯。这些气体被压缩来生产液化气（LPG） - 一种家用和工业用燃料。

**轻馏分：**产品为汽油或车用汽油（GL）、石脑油（NAF），其中：1、汽油用途 - 汽油是不同辛烷比率的产品混合而成的，这个比率通过调查辛烷数目（RON）来衡量，表明了汽油抗过早点火和机器爆击的功能 - 比率越高，其燃烧性能越好，大多数汽油现在都可分为普通和优质两种。以前，为防止机器爆击，通常要在汽油中加入（TEL），燃烧中 TEL 会将有毒的含铅气体排入大气。随着机器工艺的进步，无铅汽油现在已逐渐取代了含铅汽油。2、石脑油用途 - 这种产品也通过处理和混合后用于汽油生产，它也被用作生产苯 - 甲苯 - 二甲苯的化学原料，并用来制造尼龙、聚氨酯。

**馏出物：**产品为煤油，瓦斯油（GO）、取暖油（HO）和柴油（DL），其中：1、煤油用途 - 煤油在亚洲被用作取暖燃料，也可用来点灯。航空燃料基本与煤油一样，但必须满足严格的质量要求。2、瓦斯油、取暖油和柴油用途 - 它们基本上是同一种产品，差别仅仅是用于柴油机发动和工业熔炉时具体称呼不同，也许还会见到船用瓦斯油（MGO）和船用柴油（MDO）。

**残余物：**燃料油、渣油、船用燃油，这些包括取暖用油、重柴油和重工业燃料和船用油。燃料舱燃料的名称是指用于船舶燃料舱的燃料，最初的船舶是通过贮藏燃料舱中的煤炭作为动力的。

下面对几个比较重要的具体产品进行较详细的说明：

### 汽油（Gasoline、Petrol、Spirit）

汽油在美国多称 Gasoline，英国则称 Petrol 或 Spirit。它是轻质石油产品的一种，是一挥发性极强的易燃液态烃混合物，沸程约为 30~200℃，典型比重为 0.70~0.78 克/厘米<sup>3</sup>。

按制造过程的不同，有直馏汽油（Straight - Run Gasoline）、裂化汽油（Cracked Gasoline）、重整汽油（Reformed Gasoline）、烷基化汽油（Alkylation Gasoline）、叠合汽油（Polymerization Gasoline）等之分，而平时出售的汽油实为上述组份并加有适量正丁烷的调合产物（Blends），按不同的掺合比例可调得不同规格的汽油。

汽油的最主要用途是作为汽油发动机的燃料，另还可为橡胶、油漆等工业的溶剂，因此，按用途汽油可分为航空汽油（Aviation Gasoline）、车用汽油（Motor Gasoline）及溶剂汽油（Solvent Naphtha）等。

作为燃料，汽油的最重要质量指标为抗爆性（Antiknock Performance），以辛烷值（Octane Number）表示，并亦据此对汽油进行分级，车用汽油按辛烷值的高低常分为优质汽油（Premium Gasoline）及普通汽油（Regular Gasoline），航空汽油其辛烷值往往超过 100，此时则改用品值（Performance Number）表示。

为改善汽油的燃烧性能，提高其抗爆性，往往另加有少量抗爆添加剂，后者以含铅试剂（如四乙基铅）用得最为普遍，因此按汽油中是否含有铅添加剂又有加铅汽油（Leaded Gasoline）与无铅汽油（Unleaded Gasoline）之分。

至于宽馏分汽油（Wide - Cut Gasoline）乃汽油与煤油的调合物，后者占 30~40%，



沸程约在 60~240℃，是航空燃气轮机燃料（Aviation Turbine Fuel）中的一种，亦称汽油型喷气燃料。

汽油的闪点极低，约在 -40℃ 左右，属高度危险物品。

用作汽油发动机燃料的汽油，应有足够的挥发性，使其在低温气候条件下易于起动并暖机迅速，但又不宜太高，否则易产生气阻（Vapour Lock）；应有优异的抗爆性，以使燃烧平稳且有高的输出功率；应有良好的化学稳定性，以免因在使用及储存过程中析出胶质而堵塞发动机的管线或使阀门胶结，并防止在储存中变质；以及应对油路、油箱等无腐蚀性，以免造成设备尤其是精密部件的腐蚀。

谈到汽油的标号，不得不提到辛烷值（Octane Number）。

辛烷值是表示汽油在汽油机（以汽油为燃料的内燃机）中燃烧时的抗爆性指数。其值的高低与汽油组分的化学结构有关，直链烷烃的辛烷值低，异构烷烃高于直链烷烃而低于环烷烃，并以芳香烃为最高，因此由直馏所得汽油辛烷值较低，经重整（Reforming）及烷基化（Alkylation）叠合（Polymerization）等加工所得的汽油具有高辛烷值。

辛烷值的测定是将汽油试样与由异辛烷（其辛烷值为 100）和正庚烷（其辛烷值规定为 0）配成的混合液在标准试验汽油机（辛烷值测定机）中进行比较，当油样的抗爆性和某一混合液相当时，该混合液中的异辛烷的体积百分含量即视为该油样的辛烷值。

辛烷值愈高的汽油抗爆性越好、质量越高。在今天的条件下，辛烷值更与燃料的经济性能有关系，因高辛烷值汽油可采用高压压缩比发动机，从而令后者之热效率提高，而节约用油。

除化学组分对该值有决定性影响外，加入少量抗爆剂（如四乙基铅 Tetraethyl Lead）亦可显著提高汽油的辛烷值。

通常车用汽油的辛烷值分为三种：

1、研究法辛烷值（Research Octane Number 缩写为 RON）——这是实验室测定汽油抗爆性的方法，所用的操作条件比较温和（低速、低温），与一般小轿车、轻便运输车所经历的条件相仿。

2、马达法辛烷值（Motor Octane Number）——也是一种实验室测定法，但采用之操作条件比较苛刻（高速、高温）与重型汽车所经历的条件相仿。研究法辛烷值一般较马达法测得者为高，对于低辛烷值燃料两者的差别较小。而高辛烷值如 RON 在 90~100 范围者，其数值通常比马达法测得者高约 7~12 个单位。

3、行车辛烷值（Road Octane Number）——实践证明，单凭试验测定法（无论是研究法或马达法）并不能确切地反映一切类型的汽油用于不同车型汽车在实际行驶过程中的抗爆性能，因而设计了道路评价的方法，由该法测得的辛烷值居于研究法辛烷值与马达法辛烷值之间。

最近又引入一新的概念——抗爆指数（Antiknock Index），它正是基于测得的行车辛烷值之间的事实，而企图直接由后两者推算以估计行车辛烷值。

$$\text{抗爆指数} = \frac{RON + MON}{2}$$

专用丙级烷（Special Duty Propane）液化石油气因为可用于代替汽油，故也有辛烷值的规定，通常以马达法辛烷值表示。航空汽油的辛烷值亦以马达法测定。

汽油有以下几种分类：

**无铅汽油（Unleaded Gasoline）**：事实上初期的汽油都是无铅的，只是因为后来人们为了提高汽油的抗爆性而加入了含铅的抗爆剂才使得汽油含铅。无铅汽油是指含铅量在 0.013g/L 以下的汽油，用如 MTBE 等其他非含铅试剂来提高车用汽油的辛烷值。使用无铅车用汽油能够减少汽车尾气排放中的铅化合物，减少污染，对保护环境起到一定的积极作用。



美国早在 1988 年就实现了车用汽油的无铅化。在我国, 1997 年 6 月 1 日, 北京城八区实现了车用汽油的无铅化。2000 年 1 月 1 日, 全国停止生产含铅汽油, 7 月 1 日停止使用含铅汽油, 全国实现了车用汽油的无铅化。

**清洁汽油 (Clean Gasoline):** 清洁汽油是一种新配方汽油, 它既能够为汽车提供有效的动力, 又能减少有害气体的排放。1996 年, 北京机动车保有量 110 万, 这些机动车向空气中排放大量的有害气体, 当时, 大气中 73.5% 的碳氢化合物 (HC)、63.4% 的一氧化碳 (CO)、37% 的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 是汽车排放的。这些有害气体严重的污染了北京的环境, 影响了北京的空气质量。现在, 国家制定了新的车用无铅汽油标准。新标准 2000 年 7 月 1 日首先在北京、上海、广州三大城市执行。新标准对车用汽油中可能产生有害气体的组分做了严格的规定, 其中: 车用汽油中硫含量不大于 0.08 (m/m), 铅含量不大于 0.005g/L; 苯含量不大于 2.5% (v/v); 芳烃含量不大于 40% (v/v); 烯烃含量不大于 35% (v/v) 等。

**航空汽油 (Aviation Gasoline):** 航空用汽油发动机的燃料, 是炼厂生产之燃料型石油产品中加工要求比较高的一种。航空汽油对抗爆性的要求比车用汽油要高, 但两者因测定方法不同而较难比较。

由于航空汽油的抗爆性常优于纯异辛烷 (辛烷值为 100), 故引入一新术语——“品值” (Performance Number) 来表示航空汽油辛烷值高于 100 的抗爆性能。

与车用汽油相比较, 航空汽油的馏程较窄, 特别是为防止在高空产生汽阻 (Vapour Lock), 其挥发性组份比例较小、蒸汽压较低, 作为溶剂的能力较弱 (以免危害密封垫圈等橡胶制品), 但稳定性要求较高。

航空汽油在二次大战前后为消费高峰时期, 品种等级较多。随战后喷气机的迅速发展航空汽油的用量已大幅下降, 等级也相应减少。

对于航空汽油, 其级别一般由两个数字表示, 如 100/130 或 115/145 (前者的 100 及后者的 115) 相当于飞机巡航展出飞行时要求的抗爆性能, 较大的数字 (前者的 130 及后者的 145) 相当于起飞, 加速或紧急情况下要求的抗爆性能。

抗爆性乃航空汽油中最重要的指标, 不同抗爆性的油品分别适用于不同型号的发动机, 不可乱用, 否则会造成严重事故。故为有效区别不同等级的航空汽油, 而分别加入不同颜色的染料。按英、美国防部或按 ASTM 的规定: 100/130 级均染成绿色, 115/145 级则为紫色。

使用中, 100/130 级主要用于民航, 115/145 级主要军用。此外尚有 80/87 级, 108/135 级等航空汽油, 前者染成红色, 后者为棕色, 在民航上极少使用。

**车用汽油 (Motor Gasoline):** 车用汽油为汽油汽车发动机所用的燃料。

与航空汽油比较, 其受汽阻 (Vapour Lock) 的威胁较小, 因此其馏程范围可以较宽, 一般为 30~225 , 比重可以在 0.72~0.75 之间。

汽油的所有性质中最重要的是以辛烷值表示的抗爆性, 按辛烷值的高低, 车用汽油一般分为优质汽油 (Premium Gasoline) 及普通汽油 (Regular Gasoline), 前者辛烷值高于后者。但各国分级所依据的辛烷值不尽相同, 一般工业发展国家水平订得较高, 工业较落后国家则低些。据近年的资料, 工业发展国家优质汽油研究法辛烷值 (RON) 接近 100, 而普通汽油约在 94。另辛烷值的要求亦随海拔高度而变化, 通常海拔高的地方使用的汽油其辛烷值可比低海拔的地区低些。

对于汽油级别的选择主要取决于发动机压缩比的设计, 两者需要匹配, 压缩比高者可选用高辛烷值汽油。否则即使有高的辛烷值亦发挥不出应有的性能。

为提高汽油辛烷值, 目前车用汽油往往有铅添加剂, 按加铅与否, 车用汽油又分为加铅汽油 (Leaded Gasoline) 和无铅汽油 (Unleaded Gasoline), 目前无铅汽油已经得到广泛的应用。由于铅添加剂剧毒, 因此加有铅的车用汽油一般均加入红色或蓝色染料, 以提醒使





用者的注意。(具体请参考前面的“无铅汽油”)

除抗爆性外,以馏程、蒸汽压等表示的挥发性对其使用性能亦有重要的直接影响,而硫含量,氧化稳定性(以实际胶质—Existent Gum 及诱导期—Induction Period 表示)对腐蚀及储存稳定性有影响。一般汽油不宜久藏,最好不超过三个月,否则可能发生胶质而影响燃料的使用及增加在储存中的损耗。

### 石脑油 (NAPHTHA)

石脑油又称化工轻油 (Light Oil for Chemical Industry),为无色透明液体,属轻质石油产品。该产品馏分轻,烷烃、环烷烃含量高,安定性能好,重金属含量低,毒性小。用于轻油裂解制取乙烯及合成氨等化工原料,也可作为一般溶剂和催化重整的原料。石脑油是由原油经常压蒸馏的直馏馏分或调入加氢精制汽油、催化重整油,再经精制而成。

### 煤油 (KEROSENE)

原油经加工后所得之轻质石油产品之一,是一无色或稍呈浅黄透明的液体,重于汽油而轻于柴油,比重在 0.78 至 0.84 间,馏程范围约为 150~300 。

煤油是发现石油后最早为人们利用的石油产品,最初用于照明,后又扩至加热、煮食,对于这类用途的煤油又常称作 Burning Oil (燃料油),其中灯用煤油又称 Illuminating Kerosene。自本世纪三十年代末出现喷气飞机后,煤油作为喷气发动机的燃料又获得了新的用途,唯规格要求较为严格。但某些石油公司生产的两用煤油 (DPK) 则既可用作普通煤油又可作为航空燃料。此外,有些国家与地区,煤油还广泛用于农业机械方面,作为这类机械之煤油发动机的燃料,而有 Power Kerosene (动力煤油) 的称谓。

在美国作燃料油使用即 ASTM 规格中之 No.1 燃料油,而英国标准中之 C1 及 C2 两级为灯用煤油。作为照明煤油,最主要的指标为烟点 (Smoke Point), C1 之烟点达 35 毫米, C2 为 25 毫米,而作为加热用油如美国之 No.1 燃料油则无此规格要求。

某些特种照明用煤油,如用于铁路信号灯者,更要求能维持长时间的稳定点燃,在烟点及炭渣值 (Char Value) 方面要求更高。

与芳香烃及环烷烃相比,石蜡烃燃烧时有最高的烟点,因此由石蜡基原油加工而得的煤油质量较高,但燃烧时芳香烃的亮度较大,故作为照明用灯油仍需含一定量芳香烃。

煤油其它的主要控制指标尚有:赛氏色度 (Saybolt Color), 闪点 (Flash Point), 馏程 (Distillation), 硫含量 (Sulfur Content) 等。

煤油中比较特殊的品种为我们经常会听到的航空煤油,与航空汽油一样,航空煤油属于航空燃料。下面我们将航空燃料油做为一个标题来讲述。

### 航空燃料 (AVIATION FUEL)

包括航空汽油 (Aviation Gasoline) 及航空燃气轮机燃料 (Aviation Turbine) / (或喷气燃料 Jet Fuel) 两类。为适应民航事业的发展,解决民用航空燃料规格的划一化问题,西方供应航空燃料的主要国际石油公司共同协商建立国际联营体系并制定、发布了“联合经营体系航空燃料水质要求” (Aviation Fuel Quality Requirements For Jointly Operated Systems)。该体系公认以下四种基本航空燃料即:喷气燃料 (Jet A-1, Jet B); 航空汽油 (100/130 级, 115/145 级)。



其中：

**Jet A-1** 为美国标准的国际航线燃料，英国相当的产品为 Avtur，符合以下规范：

- (a) DERD 2494。
- (b) IATA Guidance Material-Kerosine Type Fuel。
- (c) ASTM D 1655 Kerosine Type Jet A-1。

**Jet B** 为一宽馏分汽油型喷气燃料，一般含 30~40%的煤油，其余则为粗汽油，故其挥发性及比重介乎航空汽油与煤油型喷气燃料之间。Jet B 相似于美国军用宽馏分汽油型喷气燃料 JP-4，仅后者加有某些特种添加剂。作为民用燃料 Jet B 目前已很少使用，仅少量用于某些国际航空公司及美国的某些国际性航空业务。符合以下规范：

- (a) DERD 2486。
- (b) Mil-T-5264 H(Grade JP-4)。
- (c) IATA Guidance Material-Wide Cut Type。
- (d) ASTM D1655 Jet B。

除此规范规定的以外，JET A 也是美国民用喷气燃料中的一种，为凝固点-40（-40°F）的煤油型喷气燃料，主要用于美国国内航线。

航空汽油在汽油部分中有较详细的叙述，航空汽油符合以下规范：

- (a) Mil-G-5572 E。
- (b) DERD 2485。

### 柴油 ( Diesel Fuels、Gasoil )

属中间馏分油 重于煤油 粗略可分为轻柴油与重柴油两类，比重跨度可从 0.82 至 0.90，主要用作柴油发动机的燃料，在欧美亦用作民用取暖油（ Domestic/Home Heating Oil ）。

按 ASTM（ American Society for Testing and Materials 美国材料试验协会 ）的规定，柴油机燃料分为 No.1 - D， No.2 - D 及 No.4 - D 三类。其中 No.1 - D 馏分较轻，适于作为速度及负荷经常处于变动的汽车柴油机的燃料；No.2 - D 馏分较重些，可用作工业柴油机及负荷较大之车用柴油机的燃料；No.4 - D 为粘度较大之馏分，且经常掺有一部份残渣燃料油（ Residual Fuel Oil ），主要用于中、低速柴油机。

而按 BS（ 英国标准 ）的规定，柴油机燃料被分为四级：Class A<sub>1</sub>， Class A<sub>2</sub>， Class B<sub>1</sub> 及 Class B<sub>2</sub>。其中 A<sub>1</sub> 为高质量柴油，用于高速柴油机，大致相当于上述之 No.1 - D。A<sub>2</sub> 为通用柴油机燃料，大至相当于 No.2 - D。而 B<sub>1</sub> 及 B<sub>2</sub> 适用于如船用之大型柴油机，且 B<sub>2</sub> 允许包括少量残渣燃料油，故与上述 No.4 - D 大致相当。

按轻、重柴油划分，No.1 - D， No.2 - D， 及 Class A<sub>1</sub> Class A<sub>2</sub> 属轻柴油，No.4 - D 及 Class B<sub>1</sub>， Class B<sub>2</sub> 属重柴油。

为降低成本，近代大型柴油发动机（ 如轮船之主机 ）的设计正日益广泛地允许以高粘度的残渣燃料油为其燃料，而最近更发展到某些较小型的中速辅助柴油机亦可采用残渣燃料油。

作为柴油机的燃料，最主要的控制指标为十六烷值（ Cetane Number ），其它包括馏程（ Distillation ），粘度（ Viscosity ），云点（ Cloud Point ）或倾点（ Pour Point ），硫含量（ Sulfur Content ）等。

这里需要解释一下的是 Gasoil 这个词，按照西方的概念，它与 Diesel Fuels 是不同的，Gasoil 为浅黄至浅棕色之馏分油（ Distillate ），稍重于煤油，Gas Oil 的原意为瓦斯油，因早



期,这种油主要用于城市煤气 (Town Gas) 的生产。然而其组成与性质与当前高速柴油机所用的轻柴油差别甚微,仅出厂时一般不再作任何处理,故又称之为“粗柴油”。但时至今日, Gas Oil 与轻柴油 (Light Diesel Oil) 实际上已成同意词,显然这是一种术语的“沿用”,因目前的应用与煤气工业已经几乎毫无关联。

按英国的分类 (见附录二) Gas Oil 包括 Class A<sub>1</sub>, Class A<sub>2</sub> 及 Class D 三级,前两者实为柴油机燃料,最后者则为民用取暖油。而美国的 No.2 燃料油,亦属 Gasoil 范畴。

Gas Oil 除上述应用外,亦是近代裂化 (Cracking) 过程的优质原料,这是因为粗柴油的馏分较轻、硫及胶质含量相对较低,故在裂化过程中可得较高的汽油产率及有较低的积炭。

下面对十六烷值做以说明:燃料在柴油发动机 (压燃式) 中要获得满意的燃烧,发火滞后 (Ignition Delay) 周期 (或称滞燃期) 应尽可能短,从燃料的角度考虑,这取决于燃料的成分,通常以十六烷值表示。

与汽油的辛烷值 (Octane Number) 类似,十六烷值亦是一人为确定的数值。因具直链结构的正十六烷 (n - Cetane) 有优异的燃烧特性,故定义其十六烷值为 100,而燃烧性能较差的多支链的七甲基壬烷 (Heptamethylnonane, 简称 HMN) 之十六烷值被定义为 15 (原先的另一标准燃料,  $\alpha$  - 甲基萘—Alpha - Methyl naphthalene 的十六烷值定义为 0,在正十六烷/ $\alpha$  - 甲基萘体系中 HMN 的十六烷值测得为 15,1962 年起 HMN 取代  $\alpha$  - 甲基萘成为十六烷值的测定中的两个标准燃料之一)。与汽油辛烷值的测定相似,为确定燃料的十六烷值,在一标准发动机中将该燃料的发火滞后周期与由上述两标准燃料酿成之混合物的发火滞后周期进行比较,若某一混合物的发火滞后周期与待测之燃料相吻合,则该混合物之十六烷值 (取整数):  $\text{正十六烷}\% + 0.15 \times \text{HMN}\%$  即当作该燃料的十六烷值。

当其它条件相同时,发火滞后周期 (滞燃期) 愈短者,燃料之十六烷值愈高,也即十六烷值较高的燃烧性能较好,这是因为在发火前汽缸中积累的燃料并未过量,不会出现突然迅速的燃烧而产生爆震,不仅燃料平稳,发动机效率亦高,输出功率大。除此而外,十六烷值高的燃料易于起动 (尤其气候寒冷的条件下),并且暖机 (Warm - up) 也较快,同时在汽缸中生成的沉积物通常硬度较小易于清除而令排烟及气味减少。十六烷值过低,则发火缓慢,将引起柴油机的硬性工作,加速机件磨损,且可能损坏轴承。

柴油燃料的十六烷值主要决定于所含烃类的组成。石蜡烃有最高的十六烷值,芳香烃最低,环烷烃居中,因此由石蜡基原油炼得的柴油质量最好。由此亦可知,一油品的十六烷值高者,其辛烷值必低。

但值得注意的是,并非十六烷值愈高愈好,事实上,对于每一类柴油发动机均存在某一特定的数值,超过该值,十六烷值的任何提高对发动机的操作性能已无实际的改善,甚至更会有相反的效果 (当十六烷值过高,发火滞后周期太短,因此尚来不及与空气充分混合即已发火而造成燃烧的不完全)。因此兼顾到加工成本与满意的性能两个方面,对不同的柴油发动机通常规定使用不同范围十六烷值的燃料。一般高速柴油机 (1000 转/分以上) 需供十六烷值在 45~55 的燃料,中速柴油机 (300~1000 转/分) 可用十六烷值为 40 的燃料,低速柴油机 (300 转/分以下) 则仅需 40 以下的燃料。

柴油按沸点范围分有 180~370 和 350~410 两类。对石油及其加工产品,习惯上对沸点或沸点范围低的称为轻,相反成为重。故上述前者称为轻柴油,后者称为重柴油。商品柴油按凝固点分级,如 - 10#、- 20#等,表示低使用温度,柴油广泛用于大型车辆、船舶。由于高速柴油机 (汽车用) 比汽油机省油,柴油需求量增长速度大于汽油,一些小型汽车也改用柴油。对柴油质量要求是燃烧性能和流动性好。燃烧性能用十六烷值表示愈高愈好,大庆原油制成的柴油十六烷值可达 68。高速柴油机用的轻柴油十六烷值为 42~55,低速的在 35 以下。



轻柴油是柴油汽车、拖拉机等柴油发动机燃料。同车用汽油一样,柴油也有不同的牌号。划分柴油的依据是凝固点,目前国内应用的轻柴油按凝固点分为 6 个牌号:10#柴油、0#柴油、-10#柴油、-20#柴油、-35#柴油和-50#柴油。选用柴油的依据是使用时的温度。柴油汽车主要选用后 5 个牌号的柴油,温度在 4℃ 以上时选用 0#柴油;温度在 4℃ ~-5℃ 时选用 -10#柴油;温度在 -5℃ ~-14℃ 时选用 -20#柴油;温度在 -14℃ ~-29℃ 时选用 -35#柴油;温度在 -29℃ ~-44℃ 时选用 -50#柴油。选用柴油的牌号如果低于上述温度,发动机中的燃油系统就可能结蜡,堵塞油路,影响发动机的正常工作。

## 润滑油 (Lubricating Oils 或 Lube Oils)

从石油制得的润滑油约占总润滑剂产量的 95%以上。除润滑性能外,还具有冷却、密封、防腐、绝缘、清洗、传递能量的作用。产量最大的是内燃机油(占 40%),其余为齿轮油、液压油、汽轮机油、电器绝缘油、压缩机油,合计占 40%。商品润滑油按粘度分级,负荷大,速度低的机械用高粘度油,否则用低粘度油。炼油装置生产的是采取各种精制工艺制成的基础油,再加多种添加剂,因此具有专用功能,附加值高。

润滑油的具体种类按用途分包括:车用机油(Automotive Engine Oils)、船用柴油机油(Marine Diesel Engine Oils)、工业及铁路用机油(Industrial And Railway Engine Oils)、燃气发动机油(Gas Turbine Lubricants)、汽轮机油(Gas Engine Oils)、齿轮油(Gear Oils)、自动传动液(Automatic Transmission Fluid)、液压油(Hydraulic Oils)、空气压缩机油(Air Compressor Oils)、冷冻机油(Refrigerator Compressor Oils)、汽缸油(Steam Cylinder Oils)、金属加工用油(Metal Working Oils)、变压器油(Transformer Oils)、急冷油(淬火油)(Quenching Oils)等。

润滑油一般由基础油和添加剂两部分组成。基础油是润滑油的主要成分,决定着润滑油的基本性质,添加剂则可弥补和改善基础油性能方面的不足,增加某些新的性能,是润滑油的重要组成部分。

### 1、润滑油基础油

润滑油基础油主要分矿物基础油及合成基础油两大类。矿物基础油应用广泛,用量很大(约 95%以上),但有些应用场合则必须使用合成基础油调配的产品,因而使合成基础油得到迅速发展。

矿物基础油由原油提炼而成。润滑油基础油主要生产过程有:常减压蒸馏、溶剂精制、溶剂脱蜡、白土或加氢补充精制。1995 年修订了我国现行的润滑油基础油标准,主要修改了分类方法,并增加了低凝和深度精制两类专用基础油标准。矿物型润滑油的生产,最重要的是选用最佳的原油。

矿物基础油的化学成分包括高沸点、高分子量烃类和非烃类混合物。其组成一般为烷烃(直链、支链、多支链)、环烷烃(单环、双环、多环)、芳烃(单环芳烃、多环芳烃)、环烷基芳烃以及含氧、含氮、含硫有机化合物和胶质、沥青质等非烃类化合物。

### 2、添加剂

添加剂是近代高级润滑油的精髓,正确选用合理加入,可改善其物理化学性质,对润滑油赋予新的特殊性能,或加强其原来具有的某种性能,满足更高的要求。根据润滑油要求的质量和性能,对添加剂精心选择,仔细平衡,进行合理调配,是保证润滑油质量的关键。一般常用的添加剂有:粘度指数改进剂,倾点下降剂,抗氧化剂,清净分散剂,摩擦缓和剂,油性剂,极压剂,抗泡沫剂,金属钝化剂,乳化剂,防腐蚀剂,防锈剂,破乳化剂。

润滑油是一种技术密集型产品,是复杂的碳氢化合物的混合物,而其真正使用性能又是





复杂的物理或化学变化过程的综合效应。润滑油的基本性能包括一般理化性能、特殊理化性能和模拟台架试验。

每一类润滑油都有其共同的一般理化性能，以表明该产品的内在质量。对润滑油来说，这些一般理化性能包括：

**外观（色度）：**油品的颜色，往往可以反映其精制程度和稳定性。对于基础油来说，一般精制程度越高，其烃的氧化物和硫化物脱除的越干净，颜色也就越浅。但是，即使精制的条件相同，不同油源和基属的原油所生产的基础油，其颜色和透明度也可能是不相同的。

对于新的成品润滑油，由于添加剂的使用，颜色作为判断基础油精制程度高低的指标已失去了它原来的意义。

**密度：**密度是润滑油最简单、最常用的物理性能指标。润滑油的密度随其组成中含碳、氧、硫的数量的增加而增大，因而在同样粘度或同样相对分子量的情况下，含芳烃多的，含胶质和沥青质多的润滑油密度最大，含环烷烃多的居中，含烷烃多的最小。

**粘度：**粘度反映油品的内摩擦力，是表示油品油性和流动性的一项指标。在未加任何功能添加剂的前提下，粘度越大，油膜强度越高，流动性越差。

**粘度指数：**粘度指数表示油品粘度随温度变化的程度。粘度指数越高，表示油品粘度受温度的影响越小，其粘温性能越好，反之越差。

**闪点：**闪点是表示油品蒸发性的指标。油品的馏分越轻，蒸发性越大，其闪点也越低。反之，油品的馏分越重，蒸发性越小，其闪点也越高。同时，闪点又是表示石油产品着火危险性的指标。油品的危险等级是根据闪点划分的，闪点在 45℃ 以下为易燃品，45℃ 以上为可燃品，在油品的储运过程中严禁将油品加热到它的闪点温度。在粘度相同的情况下，闪点越高越好。因此，用户在选用润滑油时应根据使用温度和润滑油的工作条件进行选择。一般认为，闪点比使用温度高 20~30℃，即可安全使用。

**凝点和倾点：**凝点是指在规定的冷却条件下油品停止流动的最高温度。油品的凝固和纯化合物的凝固有很大的不同。油品并没有明确的凝固温度，所谓“凝固”只是作为整体来看失去了流动性，并不是所有的组分都变成了固体。

润滑油的凝点是表示润滑油低温流动性的一个重要质量指标。对于生产、运输和使用都有重要意义。凝点高的润滑油不能在低温下使用。相反，在气温较高的地区则没有必要使用凝点低的润滑油。因为润滑油的凝点越低，其生产成本越高，造成不必要的浪费。一般说来，润滑油的凝点应比使用环境的最低温度低 5~7℃。但是特别还要提及的是，在选用低温的润滑油时，应结合油品的凝点、低温粘度及粘温特性全面考虑。因为低凝点的油品，其低温粘度和粘温特性亦有可能不符合要求。

凝点和倾点都是油品低温流动性的指标，两者无原则的差别，只是测定方法稍有不同。同一油品的凝点和倾点并不完全相等，一般倾点都高于凝点 2~3℃，但也有例外。

**酸值、碱值和中和值：**酸值是表示润滑油中含有酸性物质的指标，单位是 mgKOH/g。酸值分强酸值和弱酸值两种，两者合并即为总酸值（简称 TAN）。我们通常所说的“酸值”，实际上是指“总酸值（TAN）”。

碱值是表示润滑油中碱性物质含量的指标，单位是 mgKOH/g。碱值亦分强碱值和弱碱值两种，两者合并即为总碱值（简称 TBN）。我们通常所说的“碱值”实际上是指“总碱值（TBN）”。

中和值实际上包括了总酸值和总碱值。但是，除了另有注明，一般所说的“中和值”，实际上仅是指“总酸值”，其单位也是 mgKOH/g。

**水分：**水分是指润滑油中含水量的百分数，通常是重量百分数。润滑油中水分的存在，会破坏润滑油形成的油膜，使润滑效果变差，加速有机酸对金属的腐蚀作用，锈蚀设备，使



油品容易产生沉渣。总之，润滑油中水分越少越好。

**机械杂质：**机械杂质是指存在于润滑油中不溶于汽油、乙醇和苯等溶剂的沉淀物或胶状悬浮物。这些杂质大部分是砂石和铁屑之类，以及由添加剂带来的一些难溶于溶剂的有机金属盐。通常，润滑油基础油的机械杂质都控制在 0.005% 以下（机杂在 0.005% 以下被认为是无）。

**灰分和硫酸灰分：**灰分是指在规定条件下，灼烧后剩下的不燃烧物质。灰分的组成一般认为是一些金属元素及其盐类。灰分对不同的油品具有不同的概念，对基础油或不加添加剂的油品来说，灰分可用于判断油品的精制深度。对于加有金属盐类添加剂的油品（新油），灰分就成为定量控制添加剂加入量的手段。国外采用硫酸灰分代替灰分。其方法是：在油样燃烧后灼烧灰化之前加入少量浓硫酸，使添加剂的金属元素转化为硫酸盐。

#### 残碳：

现在，许多油品都含有金属、硫、磷、氮元素的添加剂，它们的残碳值很高，因此含添加剂油的残碳已失去残碳测定的本来意义。机械杂质、水分、灰分和残碳都是反映油品纯洁性的质量指标，反映了润滑基础油精制的程度。

除了上述一般理化性能之外，每一种润滑油品还应具有表示其使用特性的特殊理化性质。越是质量要求高，或是专用性强的油品，其特殊理化性能就越突出。反映这些特殊理化性能的试验方法简要介绍如下：

**氧化稳定性：**氧化稳定性说明润滑油的抗老化性能，一些使用寿命较长的工业润滑油都有此项指标要求，因而成为这些种类油品要求的一个特殊性能。测定油品氧化稳定性的方法很多，基本上都是一定量的油品在有空气（或氧气）及金属催化剂的存在下，在一定温度下氧化一定时间，然后测定油品的酸值、粘度变化及沉淀物的生成情况。所有润滑油都依其化学组成和所处外界条件的不同，而具有不同的自动氧化倾向。随使用过程而发生氧化作用，因而逐渐生成一些醛、酮、酸类和胶质、沥青质等物质，氧化稳定性则是抑制上述不利于油品使用的物质生成的性能。

**热稳定性：**热稳定性表示油品的耐高温能力，也就是润滑油对热分解的抵抗能力，即热分解温度。一些高质量的抗磨液压油、压缩机油等都提出了热稳定性的要求。油品的热稳定性主要取决于基础油的组成，很多分解温度较低的添加剂往往对油品稳定性有不利影响；抗氧化剂也不能明显地改善油品的热稳定性。

**油性和极压性：**油性是润滑油中的极性物在摩擦部位金属表面上形成坚固的理化吸附膜，从而起到耐高负荷和抗摩擦磨损的作用，而极压性则是润滑油的极性物在摩擦部位金属表面上，受高温、高负荷发生摩擦化学作用分解，并和表面金属发生摩擦化学反应，形成低熔点的软质（或称具可塑性的）极压膜，从而起到耐冲击、耐高负荷高温的润滑作用。

**腐蚀和锈蚀：**由于油品的氧化或添加剂的作用，常常会造成钢和其它有色金属的腐蚀。腐蚀试验一般是将紫铜条放入油中，在 100℃ 下放置 3 小时，然后观察铜的变化；而锈蚀试验则是在水和水汽作用下，钢表面会产生锈蚀，测定防锈性是将 30ml 蒸馏水或人工海水加入到 300ml 试油中，再将钢棒放置其内，在 54℃ 下搅拌 24 小时，然后观察钢棒有无锈蚀。油品应该具有抗金属腐蚀和防锈蚀作用，在工业润滑油标准中，这两个项目通常都是必测项目。

**抗泡性：**润滑油在运转过程中，由于有空气存在，常会产生泡沫，尤其是当油品中含有具有表面活性的添加剂时，则更容易产生泡沫，而且泡沫还不易消失。润滑油使用中产生泡沫会使油膜破坏，使摩擦面发生烧结或增加磨损，并促进润滑油氧化变质，还会使润滑系统气阻，影响润滑油循环。因此抗泡性是润滑油等的重要质量指标。

**水解稳定性：**水解稳定性表示油品在水和金属（主要是铜）作用下的稳定性，当油品



酸值较高,或含有遇水易分解成酸性物质的添加剂时,常会使此项指标不合格。它的测定方法是将试油加入一定量的水之后,在铜片和一定温度下混合搅动一定时间,然后测水层酸值和铜片的失重。

**抗乳化性:**工业润滑油在使用中常常不可避免地要混入一些冷却水,如果润滑油的抗乳化性不好,它将与混入的水形成乳化液,使水不易从循环油箱的底部放出,从而可能造成润滑不良。因此抗乳化性是工业润滑油的一项很重要的理化性能。一般油品是将 40ml 试油与 40ml 蒸馏水在一定温度下剧烈搅拌一定时间,然后观察油层 - 水层 - 乳化层分离成 40 - 37 - 3ml 的时间;工业齿轮油是将试油与水混合,在一定温度和 6000 转/分下搅拌 5 分钟,放置 5 小时,再测油、水、乳化层的毫升数。

**空气释放值:**液压油标准中有此要求,因为在液压系统中,如果溶于油品中的空气不能及时释放出来,那么它将影响液压传递的精确性和灵敏性,严重时就不能满足液压系统的使用要求。测定此性能的方法与抗泡性类似,不过它是测定溶于油品内部的空气(雾沫)释放出来的时间。

**橡胶密封性:**在液压系统中以橡胶做密封件者居多,在机械中的油品不可避免地要与一些密封件接触,橡胶密封性不好的油品可使橡胶溶胀、收缩、硬化、龟裂,影响其密封性,因此要求油品与橡胶有较好的适应性。液压油标准中要求橡胶密封性指数,它是以一定尺寸的橡胶圈浸油一定时间后的变化来衡量。

**剪切稳定性:**加入增粘剂的油品在使用过程中,由于机械剪切的作用,油品中的高分子聚合物被剪断,使油品粘度下降,影响正常润滑。因此剪切稳定性是这类油品必测的特殊理化性能。测定剪切稳定性的方法很多,有超声波剪切法、喷嘴剪切法、威克斯泵剪切法、FZG 齿轮机剪切法,这些方法最终都是测定油品的粘度下降率。

**溶解能力:**溶解能力通常用苯胺点来表示。不同级别的油对复合添加剂的溶解极限苯胺点是不同的,低灰分油的极限值比过碱性油要大,单级油的极限值比多级油要大。

**挥发性:**基础油的挥发性对油耗、粘度稳定性、氧化稳定性有关。这些性质对多级油和节能油尤其重要。

**防锈性能:**这是专指防锈油脂所应具有的特殊理化性能,它的试验方法包括潮湿试验、盐雾试验、叠片试验、水置换性试验,此外还有百叶箱试验、长期储存试验等。

**电气性能:**电气性能是绝缘油的特有性能,主要有介质损失角、介电常数、击穿电压、脉冲电压等。基础油的精制深度、杂质、水分等均对油品的电气性能有较大的影响。

**其它特殊理化性能:**每种油品除一般性能外,都应有自己独特的特殊性能。例如,淬火油要测定冷却速度;乳化油要测定乳化稳定性;液压导轨油要测防爬系数;喷雾润滑油要测油雾弥漫性;冷冻机油要测凝絮点;低温齿轮油要测成沟点等。这些特性都需要基础油特殊的化学组成,或者加入某些特殊的添加剂来加以保证。

## 润滑脂 ( LUBRICATING GREASES、Lubricant Greases、Greases )

俗称黄油,是润滑剂加稠化剂制成的固体或半流体,用于不宜使用润滑油的轴承、齿轮部位。

是一种由润滑油加入一定量稠化剂 ( Thickening Agent ) 而制成的胶体状或半流体状的润滑材料,与润滑油相似一般均加有一些添加剂,其颜色自浅黄色至深棕色不等,主要用于机械设备的摩擦部份,尤其是滚动与滑动轴承,起润滑和封闭作用,亦可作为防护金属腐蚀材料。

与润滑油相比,润滑脂的稠度较大,附着性强,有抗甩脱能力。在使用中不致漏泄而



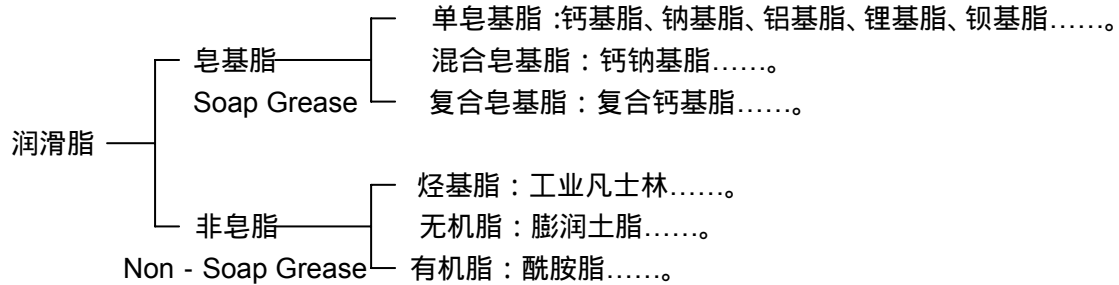
可用于更为苛刻的工作环境，此外润滑脂的适应性，缓冲性能亦有较强的良好保护作用，且一般无需频繁更换，故相对较为经济。

为适应其工作条件，一般润滑脂在质量上需满足以下要求：

- 1、热性——因润滑脂要在机械工作的温度下保证润滑，故必须能耐一定温度而不流失。
- 2、耐水性——使遇水不易乳化变质。
- 3、耐极压性——保证润滑脂在摩擦点的一定压力下，油膜不致破裂而影响润滑。

作为润滑脂基础原料的润滑油可以是矿物油，如机械油、透平油、汽缸油等，亦可用特种合成油，如氟油、硅油等。

至于稠化剂种类亦很多，通常更常按所用的稠化剂对润滑脂进行分类：



其中钠、钙、铝等金属皂型稠化剂是最早发展而至今仍被广泛使用者，但由其所得的润滑脂品质较低。大致，钙基脂（Calcium - Soap Grease）有耐水性，主要用于滑动轴承及低速滚动轴承；钠基脂（Sodium - Soap Grease）能耐较高的温度，但不耐水，用于钙基脂不能应付的较高温及速度较大之滚动轴承；铝基脂（Aluminium - Soap Grease）能耐水，附着性好，但机械稳定性差，而不适用于滚动轴承。以往，一种润滑脂通常仅适用于某一特定目的，但近期发展出现了一系列多用途润滑脂，锂基脂（Lithium - Soap Greases）即其中之一，除耐水性好之外，它尚能承受通常应用中所遇到的较高温度（通常约 120℃），故使用寿命长。复合皂基脂（Complex - Soap Greases）亦是一种多用途脂，亦有优良的耐水性并机械稳定性优异。至于非皂型润滑脂是另一类高质润滑脂，有高耐水性、高机械稳定性，有些配合特种合成油（如硅油等）制得的润滑脂更有极高的耐温性而可在条件甚苛刻的环境下使用。

为衡量与评价润滑脂的品质，几个主要质量指标是：针入度（Penetration）；滴点（Dropping Point）；分油性（Oil Separation）；氧化稳定性（Oxidation Stability）；机械稳定性（Mechanical Stability）；耐水性（Water Washout Characteristics）等。

润滑脂的特殊理化性能

润滑脂除一般理化性能外，专门用途的脂还有其特殊的理化性能。如防水性好的润滑脂要求进行水淋试验；低温脂要测低温转矩；多效润滑脂要测极压抗磨性和防锈性；长寿命脂要进行轴承寿命试验等。这些性能的测定也有相应的试验方法。

## 燃料油 (Fuel Oil)

虽然绝大部份石油产品均可用作燃料，但燃料油在不同的地区却有不同的解释。

欧洲对燃料油的概念一般是指原油经蒸馏而留下的黑色粘稠残余物，或它与较轻组分的掺合物，主要用作蒸汽锅炉及各种加热炉的燃料或作为大型慢速柴油燃料及作为各种工业燃料。

但在美国则指任何闪点不低于 37.8℃（100°F）的可燃烧的液态或可液化的石油产品。它既可以是残渣燃料油（Residual Fuel Oil，亦称 Heavy Fuel Oil），也可是馏分燃料油





(Distillate Fuel Oil), 后者包括煤油 (Kerosine) 和民用取暖油 (Domestic Heating Oil)。馏分燃料油不仅可直接由蒸馏原油得到 (即直馏馏分), 也可由其它加工过程, 如裂化等再经蒸馏得到。

按 ASTM (American Society for Testing and Materials 美国材料试验协会) 的规定, 燃料油分为六级, 其中 No.1 属煤油型燃油, No.2 为民用取暖油, 相当于柴油馏分, 这两级均属馏分燃料油, 以沸程分级, No.5 及 No.6 则为残渣燃料油, 主要用作工业、发电、锅炉及船用燃料, 以粘度分级。No.5 又有轻、重之分, 前者 38 时的运动粘度不超过 65 厘沱 (cSt) 后者 50 时不超过 18 厘沱 (cSt) (相当于 100°F 之雷氏粘度 600 秒), 主要用作工业燃料。No.6, 50 时的运动粘度大于 92 厘沱 (cSt), 小于 638 厘沱 (cSt), 主要用作轮船及发电厂等燃料。至于 No.4 实为 No.5 或 No.6 与 No.2 或 No.1 的调合油, 基本属重柴油级燃料。No.3 燃料油 1948 年取消, 需要时一般以 No.2 顶替。

而日本标准 JIS K2205 燃料油分为三类 AFO、BFO 及 CFO。

燃料油的性质主要取决于原油本性以及加工方式, 而决定燃料油品质的主要规格指标包括粘度 (Viscosity), 硫含量 (Sulfur Content), 倾点 (Pour Point) 等。供发电厂等使用的燃料油还对钒 (Vanadium)、钠 (Sodium) 含量作有规定。

对于高粘度的燃料油, 一般需经预热, 使粘度降至一定水平, 然后进入燃烧器以使在喷嘴处易于喷散雾化。

原油经加工后, 硫化物主要集中在重质燃料油 (No.5、No.6 燃料油) 中, 按含硫量的多少, 燃料油一般又有低硫 (LSFO) 与高硫 (HSFO) 之分, 前者含硫在 1% 以下, 后者通常高达 3.5% 甚至 4.5% 或以上。另外还有低硫蜡油 (Low Sulfur Waxy Residual 缩写 LSWR), 含蜡量高有高倾点 (如 40 至 50 )。

国内通常将燃料油分为三类:

- 5-7 号燃料油
- 除 5-7 号之外更轻或更重的燃料油。其中包括 250 号, 也称为重油或工业燃料油
- 其它重油制品 (包括按重量计含油超过 70% 的制品), 此项主要指乳化重油, 如委内瑞拉奥里油等

国外通常按 50 时的运动粘度将燃料油分为 80CST、180 CST 和 380CST 三大类。新加坡、AG 等地每个交易日都产生一个以 180CST 和 380CST 为基本品种的收市价格

- 80CST 燃料油: 指 50 时的粘度低于 80CST 的油品
- 180CST 燃料油: 指 50 时的粘度在 80CST 与 180CST 之间的油品
- 380CST 燃料油: 指 50 时的粘度在 180CST 与 380CST 之间的油品

受国际惯例的影响, 国内将进口燃料油通常也都按此来分类。通常所说的 180 及 380 即为上述分类。

另外, 按照含硫量分, 燃料油又可分为高硫燃料油 (硫含量在 3.5% 或以上) 中硫燃料油 (硫含量介于 1% 和 3.5% 之间) 和低硫燃料油 (硫含量在 1% 或以下) 三种; 按加工方法又分为直馏油和裂解/混调油, 直馏油为原油直接经过蒸馏后所得的产品, 其中还含有部分较轻的组分, 可进行再加工, 国内小炼厂通常出售的一线油及二线油多数是由直馏油再加工后得到的。而裂解/混调油一般是经过催化裂化加工后直接或再进行调和所得的燃料油, 一般不具有再加工的价值, 只能作为燃料。

燃料油是原油在加工过程中生成汽、煤、柴油之后分离出来的较重的剩余物。原油经过常减压蒸馏后可得到 10~50% 的汽油、煤油及柴油等轻质油品, 但这部分轻质油品无论从数量还是质量方面都远远不能满足社会需求, 还必须将其余的重质馏分或残渣油通过深加工, 生成数量更多、质量更好的轻质油品; 在这个过程中同时生成的重质油品, 根据其组成, 可



以直接或通过调和成为多种类别和品种规格燃料油出厂，以满足社会发展和专业分工的需要。

#### 国内大多数用户需求的燃料油质量标准

项 目	限 度	检验方法
密度 ( 15 , kg/l )	不高于 0.98	ASTM D1298/4052
运动粘度( 50 , CST )	不高于 180	ASTM D445
灰分 ( m/m, % )	不高于 0.10	ASTM D482
残碳 ( m/m, % )	不高于 13	ASTM D189/D4530
倾点 ( )	不高于 24	ASTM D97
水分 ( V/V, % )	不高于 0.5	ASTM D95
闪点 ( , 开口 )	不低于 66	ASTM D93
含硫 ( m/m, % )	不高于 3.5	ASTM D4294/D2622
总机械杂质含量 ( m/m, % )	不高于 0.10	ASTM D4870/IP375
钒含量 ( PPM )	不高于 150	AAS/ICPES/IP377MOD/ ASTM D1548
钠含量 ( PPM )	不高于 100	AAS
铝硅含量 ( PPM )	不高于 30	AAS/ICPES/IP377

#### 普氏对燃料油的质量要求

	180CST : 含硫 2%	180CST : 含硫 3.5%	380CST : 含硫 3.5%
含硫量	2%MAX	3.5%MAX	4.0%MAX
运动粘度 , 50	180CST	180CST	380CST
密度	0.991	0.991	0.991
闪点	66	66	66
倾点	24	24	24
灰分	0.15%	0.15%	0.15%
残碳	16%	16%	18%
钒	95PPM	200PPM	200PPM
钠	65PPM	100PPM	100PPM
铝+硅	80PPM、铝 30PPM	80PPM、铝 30PPM	80PPM
含水量	0.50%	0.50%	0.50%
杂质	0.10%	0.10%	0.10%

#### 上海期货交易所燃料油质量标准

项 目	限 度	检验方法
密度 ( 15 , kg/l )	不高于 0.985	ASTM D1298
运动粘度 ( 50 , CST )	不高于 180	ASTM D445
灰分 ( m/m , % )	不高于 0.10	ASTM D482
残碳 ( m/m , % )	不高于 14	ASTM D189
倾点 ( )	不高于 24	ASTM D97
水分 ( V/V , % )	不高于 0.5	ASTM D95



闪点 ( )	不低于 66	ASTM D93
含硫 (m/m, %)	不高于 3.5	ASTM D4294/D1552
总机械杂质含量 (m/m, %)	不高于 0.10	ASTM D4870
钒含量 (PPM)	不高于 150	ICP

### 石油蜡 (PETROLEUM WAX)

指由石油分离得到、基本由饱和烃 (Saturated Hydrocarbon) 的混合物组成, 在 25 时呈固态或半固态的一种产品。

石油蜡的种类很多, 但大致可分为: 石蜡 (Paraffin Wax)、微晶蜡 (Microcrystalline Wax)、及蜡膏 (Petrolatum) 三类。

石蜡由中沸程润滑油馏分分得, 主要组分为正构烷烃 (Normal Alkanes), 呈片状结晶, 分子量一般在 450 以下, 100 时之粘度低于 6 厘沱 (CST)。

微晶蜡由高沸程润滑油馏分或渣油分离而得, 除正构烷烃外尚含相当量的其它烃类, 分子量高于石蜡, 呈微晶结构, 与石蜡相比对油有较大的亲合性, 且为一高熔点蜡, 通常其熔点为 65~105, 100 之粘度为 10~20 厘沱 (CST)。

蜡膏是一种含油量较高之油性石油蜡。它是以微晶蜡为基础并含约 10% 的油而形成的半固态物。熔点在 38~82 间, 100 时之粘度为 10~25 厘沱 (CST)。蜡膏的级别很多, 从几近黑色的未经加工的工业级蜡膏直至高精炼的白色医用级蜡膏。

石油蜡是石油工业中的多用途产品之一, 在包装工业作涂料, 照明中制蜡烛, 某些石油蜡的高度光滑特性可用于抛光目的, 经高度精炼之石油蜡有杰出的电性能而可用于小型变压器、线圈、电容器及某些电缆作绝缘材料, 牙医用以制假牙模型, 机械上用于精密铸模, 其它应用尚包括食品工业、火柴工业……, 此外石油蜡还是制备多种石油化学产品的原料。

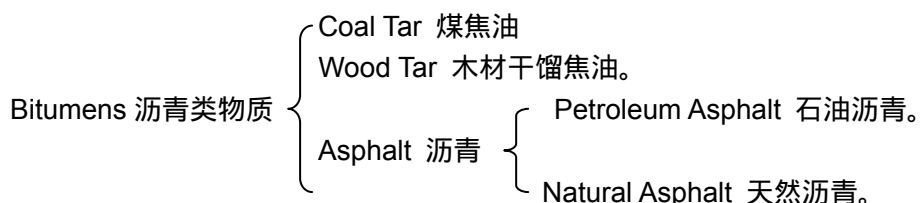
### 沥青 (ASPHALT/ BITUMEN)

在汉语中, 这两个英文单词都是指沥青, 但是在欧美国家, 这两个概念是存在差别的, 这里要分别进行介绍。

**ASPHALT**: 据美国材料试验协会 (ASTM) 所下的定义, Asphalt 是一种天然存在或由石油炼制所生成的深棕色乃至黑色的固体或半固体粘性物质, 受热能液化, 而其主要成份为沥青质 (Bitumens)。

但在欧洲, Asphalt 是一更广泛的概念, 即相当于美国的 Bitumen, 除天然及石油沥青外尚包括煤焦油沥青等。

**BITUMEN**: 就美国的概念, Bitumen 是指沥青类物质。大致包括以下内容: (见下表)



而欧洲的概念, 则指一粘稠的液体或固体, 基本由各种高分子烃及其衍生物组成, 当受热时会逐步软化, 颜色呈黑或棕色且有防水及胶粘性, 它既可由石油加工得到亦可来自天然沥青矿。

由此可见, 欧、美在 Bitumen 与 Asphalt 的概念上正好相反。



用途方面，沥青可用于铺路、作防水、绝缘材料及涂料等。

## 石油焦 (Petroleum coke)

### 一、石油焦的性质

石油焦是原油经蒸馏将轻重质油分离后，重质油再经热裂的过程，转化而成的产品，从外观上看，石油焦是黑色或暗灰色坚硬固体石油产品，带有金属光泽，呈多孔性，是由微小石墨结晶形成粒状、柱状或针状构成的炭体物。石油焦组分是碳氢化合物，含碳 90 - 97%，含氢 1.5 - 8%，还含有氮、氯、硫及重金属化合物。

石油焦是延迟焦化装置的原料油在高温下裂解生产轻质油品时的副产物。石油焦的产量约为原料油的 25-30%。其低位发热量约为煤的 1.5-2 倍，灰分含量不大于 0.5%，挥发分约为 11%左右，品质接近于无烟煤。

### 二、石油焦的质量标准

延迟石油焦是指延迟焦化装置生产的生焦，也称普通焦，目前还没有相应的国家标准。现国内生产企业主要依据原中国石化总公司制定的行业标准 SH0527 - 92 生产（详见附表）。该标准主要根据石油焦硫含量分类，其中一级品、1 号焦适用于炼钢工业中制作普通功率石墨电极，也适用于炼铝业作铝用碳素；2 号焦用作炼铝工业中电解槽（炉）所用的电极糊和生产电极，3 号焦用作生产碳化硅（研磨材料）及碳化钙（电石），以及其它碳素制品，亦用于制造炼铝电解槽的阳极底块及用于高炉碳素衬砖或炉底构筑。

附表 延迟石油焦标准 SH0527 - 92

项目	质 量 指 标						
	一级品	No.1		No.2		No.3	
		A	B	A	B	A	B
硫含量，%	≤0.5	≤0.5	≤0.8	≤1.0	≤1.5	≤2.0	≤3.0
挥发分，%	≤12	≤10	≤12	≤12	≤15	≤16	≤18
灰分，%	≤0.3	≤0.3	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.8	≤1.2
水分，%	≤3						
真密度（1300 5 小时 煅烧）g/cm <sup>3</sup>	2.08-2.13	实测		实测		实测	
粉焦量（块粒 8mm 以下）%	25	实测		实测		实测	
硅含量，%	≤0.08						
钒含量，%	≤0.015						
铁含量，%	≤0.08						

### 三、石油焦的主要用途

石油焦的主要用途是电解铝所用的预焙阳极和阳极糊、碳素行业生产增炭剂、石墨电极、冶炼工业硅以及燃料等。





根据石油焦结构和外观，石油焦产品可分为针状焦、海绵焦、弹丸焦和粉焦 4 种：

(1) 针状焦，具有明显的针状结构和纤维纹理，主要用作炼钢中的高功率和超高功率石墨电极。由于针状焦在硫含量、灰分、挥发分和真密度等方面有严格质量指标要求，所以对针状焦的生产工艺和原料都有特殊的要求。

(2) 海绵焦，化学反应性高，杂质含量低，主要用于炼铝工业及炭素行业。

(3) 弹丸焦或球状焦：形状呈圆球形，直径 0.6 ~ 30mm，一般是由高硫、高沥青质渣油生产，只能用作发电、水泥等工业燃料。

(4) 粉焦：经流态化焦化工艺生产，其颗粒细（直径 0.1 ~ 0.4mm），挥发分高，热胀系数高，不能直接用于电极制备和炭素行业。

根据硫含量的不同，可分为高硫焦（硫含量 3% 以上）和低硫焦（硫含量 3% 以下）。低硫焦可作为供铝厂使用的阳极糊和预焙阳极以及供钢铁厂使用的石墨电极。其中高品质的低硫焦（硫含量小于 0.5%）可用于生产石墨电极和增炭剂。一般品质的低硫焦（硫含量小于 1.5%）常用于生产预焙阳极。而低品质石油焦主要用于冶炼工业硅和生产阳极糊。高硫焦则一般用作水泥厂和发电厂的燃料。

在炼钢用的石墨电极或制铝、制镁用的阳极糊（融熔电极）时，为使石油焦（生焦）适应要求，必须对生焦进行煅烧。煅烧温度一般在 1300 左右，目的是将石油焦挥发分尽量除掉。这样可减少石油焦再制品的氢含量，使石油焦的石墨化程度提高，从而提高石墨电极的高温强度和耐热性能，并改善了石墨电极的电导率。煅烧焦主要用于生产石墨电极、炭糊制品、金刚沙、食品级磷工业、冶金工业及电石等，其中应用最广泛的是石墨电极。生焦不经煅烧可直接用于碳化钙作电石主料，生产碳化硅和碳化硼作研磨材料。也可直接作为冶金工业鼓风炉用焦炭或高炉墙衬炭砖，也可作铸造工艺用致密焦等。

除上述石油商品外，各个炼油装置还得到一些在常温下是气体的产物，总称炼厂气，可直接做燃料或加压液化分出液化石油气，可做原料或化工原料。炼油厂提供的化工原料品种很多，是有机化工产品的原料基地，各种油、炼厂气都可按不同生产目的、生产工艺选用。常压下的气态原料主要制乙烯、丙烯、合成氨、氢气、乙炔、碳黑。液态原料（液化石油气、轻汽油、轻柴油、重柴油）经裂解可制成发展石油化工所需的绝大部分基础原料（乙炔除外），是发展石油化工的基础。目前，原油因高温结焦严重，还不能直接生产基本有机原料。炼油厂还是苯、甲苯、二甲苯等重要芳烃的提供者。最后应当指出，汽油、航空煤油、柴油中或多或少加有添加剂以改进使用、储存性能。各个炼油装置生产的产物都需按商品标准加入添加剂和不同装置的油进行调和方能作为商品使用。

#### 相关概念：

##### BLENDING 调合，掺合

调合是石油加工中一项重要且灵活的加工手段。

为满足实际使用中对油品的粘度、比重、辛烷值、蒸气压、闪点乃至硫含量等等多种多样不同规格的需求，常以两种或多种不同等级的馏分（甚至原油）掺混以达目的。若配比掌握得恰当、科学，

更可通过调合以低成本而得高产值。事实上炼厂供应的极大部份液体石油产品如汽油、喷气燃料、柴油、取暖用油、燃料油……很多都是调合油（Blended Oil），尤其是润滑油的加工更离不开调合。只不过出厂前该工序业已完成而获得其最终产品的名称。

## 四、油品指标



对于燃料油，我们经常会见到诸如 180cSt、380cSt 这样的分类，这实际上只是燃料油按照粘度指标的一个分类，而事实上，包括燃料油在内，各类油品都有很多的指标参数。这里我们对所有油品经常会用到的各项指标做简单的介绍。

cSt 为 Centistoke（厘沲）的缩写，cSt 是运动粘度（Kinematic Viscosity）单位“沲”（Stoke）的百分之一，简写 cSt。

## 粘度（VISCOSITY）

粘度是油品流动性的一种表示，它反映了液体分子在运动过程中相互作用的强弱，作用强（粘度大），流动难。石蜡基型原油含烷烃成份较多，分子间力的作用相对较小，粘度较低，环烷基原油含脂环、芳香烃较多，粘度一般较大。但需注意的是油品的流动性并非单决定于粘度，它还与油品的倾点（或凝点）有关。

流体的粘度明显受环境温度的影响（压力也有一定影响，但一般可忽略不计），这种影响也是通过分子间的相互作用来实施的：通常的概念是温度升高流体体积膨胀，分子间距离拉远，相互作用减弱，粘度下降；温度降低，流体体积缩小，分子间距离缩短，相互作用加强，粘度上升。由于粘度与温度关系密切，因此任何粘度数据都需注明测定时的温度。通常在低温区域温度对粘度的效应尤其显著。

粘度的测定方法、表示方法很多。在英国常用雷氏粘度（Redwood Viscosity），美国惯用赛氏粘度（Saybolt Viscosity），欧洲大陆则往往使用恩氏粘度（Engler Viscosity），但各国正逐步更广泛地采用运动粘度（Kinematic Viscosity），因其测定的准确度较上述诸法均高，且样品用量少，测定迅速。各种粘度间的换算通常可通过已预先制好的转换表查得近似值。

粘度对于各种油品都是一重要参数。内燃机及喷气发动机燃料的汽化性能、锅炉用燃料雾化的好坏均直接与各油品的粘度相关，而油品的输送性能亦与粘度有密切关系。由于粘度在油品实际应用中表现出的重要性，因此不少油品，诸如残渣燃料油、某些润滑油等往往以粘度作为其分级的依据。此外通过对使用过程中的润滑油的粘度的测定更可提供该油品是否已经变质而需加以更换的信息。

运动粘度（KINEMATIC VISCOSITY） $\nu$  是油品的动力粘度（Dynamic Viscosity） $\eta$  与同温度下的油品密度  $\rho$  之比：

$$\nu = \eta / \rho$$

单位，沲（Stoke）= 厘米<sup>2</sup>/秒，通常以其百分之一——厘沲 cSt 表示。

具体是测定一定量的试样在规定的温度下（如 40℃，50℃）流过运动粘度计之毛细管所需要的时间“秒”，然后乘以该粘度计之标定常数即得该试样粘度 cSt。

运动粘度的优点是样品用量小，测试速度快，更主要是准确度大大高于其它测定法（雷氏、赛氏等），因此应用日趋普遍。

动力粘度是面积各为 1 厘米<sup>2</sup> 并相距 1 厘米的两层液体，当其中一层以 1 厘米/秒的速度与另一层液体作相对运动时所产生的内摩擦力，单位“泊”（Poise），其百分之一即厘泊（CP）。

赛氏粘度（SAYBOLT VISCOSITY）是一定量的试样，在规定温度（如 100°F，122°F 或 210°F）下，从赛氏粘度计流出的 60 毫升所需要的时间，单位秒。

赛氏粘度有赛氏通用粘度（Saybolt Universal，常用 SSU 表示）及赛氏重油粘度（Saybolt Furol，常用 SSF 表示）之分，两种粘度计的差别主要在于试样流出孔的口径上，赛氏通用粘度计之孔口径较小，重油粘度计较大。一般当以赛氏通用粘度计测得之流出时间



超过 2000 秒时，则改用赛氏重油粘度计。数值上 SSF 约等于 SSU 的十倍。

赛氏粘度在美国等地被广泛采用。雷氏粘度 (REDWOOD VISCOSITY) 是一定量的试样在规定温度 (100°F) 下，从雷氏粘度计流出 50 毫升所需要的时间，单位 (秒)。雷氏粘度分雷氏 1 号, Redwood No.1 (简写 RW ) 及雷氏 2 号, Redwood NO.2 (简写 RW )。当测得的 RW 超过 2000 秒时，改用 RW 测定。数值上 RW 等于 RW 的 10 倍。

雷氏粘度在英国被广泛应用，由于规定之准确度较差，已逐步被运动粘度 (Kinematic Viscosity) 所取代。

### 密度 (DENSITY)

密度为油品的质量 (Mass) 与其体积的比值。常用单位——克/厘米<sup>3</sup>、千克/米<sup>3</sup>或公吨/米<sup>3</sup>等。由于体积随温度的变化而变化，故密度不能脱离温度而独立存在。为便于比较，西方规定以 15℃ 下之密度作为石油的标准密度。

密度是体现油品质量好坏的重要指标，一般而言，密度越小的油品，其所含轻质组分越多，品质就越好，相反则越差。

### 闪点 (FLASH POINT)

闪点是油品安全性的指标。油品在特定的标准条件下加热至某一温度，令由其表面逸出的蒸气刚够与周围的空气形成一可燃性混合物，当以一标准测试火源与该混合物接触时即会引致瞬时的闪火，此时油品的温度即定义为其闪点。其特点是火焰一闪即灭，达到闪点温度的油品尚未能提供足够的可燃蒸汽以维持持续的燃烧，仅当其再行受热而达到另一更高的温度时，一旦与火源相遇方构成持续燃烧，此时的温度称燃点或着火点 (Fire Point 或 Ignition Point)。

虽然如此，但闪点已足以表示一油品着火燃烧的危险程度，习惯上也正是根据闪点对危险品进行分级。显然闪点愈低愈危险，愈高愈安全。通常愈是轻质的油品闪点愈低，反之愈高。只要条件许可，一切操作均宜在低于闪点的温度下进行，但并非所有油品均能满足这一要求，汽油与石油气之所以特别危险，因前者之闪点一般在零下三、四十度，而石油气更远低于汽油，因此常温下即是远高于它们闪点的条件下操作。另外，值得注意的是原油，因它包括各轻质组分，闪点一般较低。

在油品的使用过程中，闪点也有重要意义，譬如，若发现内燃机油闪点有显著下降，说明该润滑油已受燃料的稀释，而需及时处理更换等等。

闪点的标准测定法很多，不同的方法适应不同的要求，通常可粗分为两类——闭口杯法 (Closed Cup) 及开口杯法 (Open Cup)，前者主要用于测定轻质油品的闪点，后者多用于重质油品，但是闭口杯法仅能测闪点，而开口杯法除闪点外尚可测定着火点。同一样品由不同方法测得的闪点会有差别，譬如由 ABLE 法测得的数据可比 TAG 法低 2~3℃。

### 倾点 (POUR POINT)

一油品尚能流动的最低温度称为倾点。单位为 ℃ 或 °F。随着外界温度的下降，油品的流动变得愈来愈困难，最终甚至于“丧失”流动性。对于石油而言，其低温下的流动性通常同时取决于两个因素：一是粘度随温度下降而增高，一是油品中原来呈溶解状态的石蜡分子因温度下降而以固体结晶析出。但对于环烷基型的石油，其低温下流动性的“丧失”主要决



定于前一因素。平时所谓的倾点多指因蜡质析出而刚要使油品“丧失”流动性的那个温度，因此又称为“含蜡倾点（Waxy Pour Point）”。

倾点愈高自然低温下的流动性愈差。但是由实验室小样测得的倾点数据并不能真正代表如储油罐中大量油品的实际倾点，事实上后者要低得多。而且对于石蜡基型石油只要以机械的方法破坏了蜡的结晶结构，即使在低于倾点的某一段温度范围内仍可顺利流动。为改善油品的低温流动性，尚可添加适量倾点下降剂（Pour Point Depressants）。

至于环烷基型石油的倾点，在概念上与“含蜡倾点”不同，有人特称之为“粘度倾点（Viscosity Pour Point）”，这种油品不能通过机械的作用获得低于倾点的流动性。

由于倾点是油品低温流动性的一种指示，因此在油品输送上有着实际的重要意义。

### 残碳（CARBON RESIDUE）

残碳是残渣燃料油（Residual Fuel Oil）、柴油、燃料油及润滑油等规格指标之一。是指一定量的油品试样在无空气补充的条件下受热，油品经高温分解、聚合及焦化后所留下的不挥发残渣，其重量占试样重量的比值称为该油品的残碳量，以重量百分数（wt%）表示。

由上述定义可知，所谓残碳除真正的碳质成份外实质上尚包括有灰份（Ash），故加有添加剂或灰份含量较多的油品（尤其是润滑油）所得残碳量一般均偏高。

油品的组成对残碳量有直接影响，一般石蜡基型石油残碳量较低，环烷基型石油则较高，直馏油品残碳量低，裂化油品高，轻质油品如汽油、煤油等几乎测不出残碳，而重质油品如残渣燃料油，残碳量可高达 10% 乃至 15%。

一般多以所用之试样总量为基础计算残碳量，但轻柴油等较轻质油品所含残碳较少，因此亦常先进行试样的蒸馏，待蒸去 90% 后，对留下的 10% 蒸余物进行残碳测试，结果则报为基于 10% 蒸余物之残碳（Carbon Residue On 10% Residum）。

从一油品所含的残碳量大致可推断该油品在使用过程中产生结炭（焦）的倾向，但这关系并不是绝对的；此外该值亦可作为柴油、润滑油之基础油等精制程度的一种间接指标。

目前通用的残碳测试法有两种：一为康氏法（Conradson Carbon Test），另一为后期发展起来的兰氏法（Ramsbottom Carbon Test）。目前不少规格仍以康氏测定的结果指标，但兰氏法测得之数据较准确。

### 灰份（ASH）

灰分是中、重质油品包括润滑油的规格指标之一。油品经燃烧后，油品中的不可燃物质所形成的残渣即称灰份，其重量占试样重量的百分比即为该油品的灰份含量。

燃料型石油产品中的灰份或是来自原油，或是由加工过程中引入，或来自外界杂质的污染。

正常情况下，原油经加工后，灰份主要集中于残渣燃料油等重质油品之中，中质油品中也可能少量存在。从组成看，构成灰份的主要是一些无机化合物。视油源的不同这些灰份可以包括铅、钙、铁、镁、镍、钠、硅、钒等的化合物，其它金属亦可能存在，但含量微不足道。

灰份对于燃料型油品有弊无利，如某些类型的灰份对于燃烧器喷嘴、泵部件、阀门以及精密的控制元件等有磨蚀作用；在高温高压下更对金属产生严重腐蚀。一些熔融态灰份，尤其是钠、钒的化合物会被炉内之多孔耐火材料表面所吸附而导致耐火材料的熔蚀崩裂，有些灰份更会积聚在锅炉加热管表面而致使传热恶化。对于玻璃及陶瓷工业，若所用之燃料中





含有钒、铁等组份更会引致产品起麻点及变色。

另外，对于柴油燃料，灰份是造成发动机沉积及产生过度磨损的原因之一。

因此对于燃料型石油产品灰份愈少愈好，但润滑油的灰份则有所不同。对不加添加剂的润滑油，灰份表示基础油的精制及洁净程度，自然亦是愈少愈好；而对加有高灰份添加剂（如磺酸盐等）者，则灰份标示着添加剂加入量的多少而需控制一定数值以保证有足够的添加剂存在。因此，灰份的测定在润滑油中具有特殊重要的意义，它往往可充当品质“监视”的角色——在润滑油调配过程中可赖以观察有无异常现象发生；对于用过之润滑油可借以判断是否还可使用或需废弃更换等等。润滑油规格上尚广泛采用硫酸化灰份（Sulfated Ash）主要是令结果有更好的重复性，提高测定的准确度。

### 硫含量（SULFUR CONTENT）

在石油的组分中除碳、氢外，硫是第三个主要组分，虽然在含量上远低于前两者，但是其含量仍然是很重要的一个指标。常见的原油其含硫量多在 0.2%至 5%之间，但也有极个别含硫量高达 7%者，一般含硫低于 1%者列为低硫原油，高于 1%者为高硫石油。

石油中有游离态的硫存在，但大多以硫化物和硫化氢、硫酸、硫醚、二硫化物及环状硫化物等存在。原油经加工后，硫的分布随馏分的沸点而递增，因此轻质馏分中含硫少，原油中 70~80%的硫均集中到较重馏分如柴油特别是残渣燃料油中。轻质馏分中硫多以硫醇、硫醚等存在，因此如航空燃料等的规格中除对总硫量有限制外尚规定了硫醇性硫的允许含量。

硫的存在是造成石油及其产品腐蚀设备的主要根源，随燃烧而生成的二氧化硫是污染大气的主要因素，同时硫亦是造成油品恶臭及变色的原因之一，此外尚易令石油加工中所用的催化剂中毒，影响润滑油添加剂的效果、令汽油的感铅性降低（即不易通过加铅提高其辛烷值）。因此加氢脱硫精制已成为目前石油加工中的一项重要过程。

但并非任何情况下硫都是有害的，有些油品如双曲线齿轮油就规定了含硫量不低于 1.5%，因发现某些硫化物能增强该润滑油油膜的坚固性，且还可充作抗腐蚀之添加剂。

总硫量的测定法很多，目前轻质馏分（如汽油、航空煤油、煤油）中的硫多采用燃灯法，近期更发展了 X - 射线光谱分析法及氢氧燃灯法，后者并可用于石油气，中质馏分油、燃料油等则多用石英管燃烧法（西方 1976 年起已不再继续使用）氧弹法，而近期还广泛采用简易三角瓶燃烧法等。

### 水份及沉积物（WATER AND SEDIMENT）

原油及中、重质油品质量指标之一，亦称 BSW（Bottom Sediment And Water）。

原油中的水份及沉积物一般来源于运输过程以及钻井开采时所用之泥浆，而油品则主要来自储运及加工过程。

原油中的水分及沉积物往往为加工炼制带来麻烦，沉积物会堵塞、磨损甚至腐蚀设备，而水份的存在有时是引起蒸馏产生液泛（蒸馏塔冲油）的主要原因。而石油产品中的水份，轻则造成火焰的进散、逆燃（Flash - Back），重则完全中断燃烧而造成熄火；至于沉积物是造成燃烧器喷嘴堵塞，引起喷嘴及敏感部件磨损的原因之一，且由于燃烧的不正常导致热量损失而大大降低热效率。

石油中的水与沉积物通常都与淤渣（Sludge）并存，但在本质上两者完全不同，前者基本属无机性质，而淤渣则基本由有机化合物组成。



水份 (Water Content) 与沉淀物 (Sediment) 可分别测定, 亦可藉离心法测得一定量试样中所含有水与沉淀物总量, 单位: 体积%, 但后一测定 (尤其是含蜡量较高石油的测定) 宜在加热条件下进行, 否则一部份蜡亦被作为沉淀而令测定结果偏高。

### 水含量 (WATER CONTENT)

是原油及石油产品重要指标之一。

石油及其产品中往往会混有一些水份, 这些水份除了在储运过程中可能引入外, 石油本身也有一定程度的吸水性, 而能从大气或与水的接触中吸收并溶解一部份水。

石油中水的存在大致有三种形态:

1、悬浮状, 水份以水滴形态悬浮于油中, 多见于粘度及比重比较大的重质油, 如残渣燃料油中, 原油中亦有存在。

2、乳化状, 水份以极细的微珠均匀分散于油中, 分离困难。

3、溶解状, 水份溶解于油中, 一般这种形态存在的水含量极微 (如航空燃料中存在的微量水)。但要去除则也更为困难。

石油中的水份无论从哪方面看都应视作一有害的杂质:

1、腐蚀设备零件。

2、由于水蒸发时要吸收热量, 因此将降低油品的发热量。

3、恶化油品尤其是轻质油品的燃烧过程, 并能将所含在水中的溶解的盐带入汽缸而造成积炭, 增加汽缸磨损, 重质油品中若有过量的水份存在更易导致熄火。

4、低温条件下, 易结冰而堵塞燃料管线及过滤器, 妨碍乃至中断对发动机的供油。

5、加速油品的氧化和胶化。

水份测定是将油样与同体积溶剂如甲苯共蒸馏, 由甲苯将油品中的水份带出, 后者占原试样的体积比即该试样的水份含量, 单位: 体积%。

### 沉积物 (SEDIMENT)

指油品中所有不溶于溶剂 (如甲苯) 的沉淀物质, 是中、重质油品的规格指标之一。

测定原理是将一定量油样置于一多孔性滤器中, 不断滴入热溶剂, 凡溶于溶剂的成份均透过滤器而被排走, 留下者即不溶于溶剂的沉积物, 单位: 重量%。

沉积物往往是一些机械杂质, 或由加工过程或由运输、储存过程中引入, 沉积物含量高, 容易堵塞滤器、喷嘴、阀门等, 并会引致或加重机件的磨损。

### 钒含量 (VANADIUM CONTENT)

残渣燃料油中的钒、碱金属及铁的化合物当燃烧时会对耐火材料发生反应使之形成流体炉渣, 而造成炉膛的严重熔蚀, 另外当以残渣燃料油为燃料时钒及钠化物的低熔点亦是船用柴油机之阀件、喷嘴及涡轮鼓风机叶片上产生沉积而造成严重腐蚀的原因之一。因此燃料油中钒等含量需加控制。

### 蜡含量 (WAX CONTENT)

是原油质量指标之一, 随产地不同含量变化很大, 例如印尼 China 原油含蜡几近 30%, 倾点 (Pour Point) 可高达 45 , 而伊拉克的 Basrah 重质原油需在 - 30 下方才可测得 0.9%



含蜡量，倾点低达 - 40 以下。含蜡量高的原油对操作与泵送都带来困难，由其加工所得的馏分油及燃料油倾点颇高，同时在润滑油精制上需花高成本进行脱蜡。

### 钠含量 (SODIUM CONTENT)

残渣燃料油中的碱金属及钒等的化合物，当燃烧时会对耐火材料发生反应，使之形成流体残渣，而造成炉膛的严重侵蚀。另外，当以残渣燃料油为燃料时，低熔点的钠化合物亦是船用柴油机之阀件、喷嘴及涡轮鼓风机叶片上产生沉积而造成腐蚀的原因之一，因此对燃料油中的钠含量需加控制。

### 含盐量 (SALT CONTENT)

原油质量指标之一，随产地的不同，含盐量可有颇大幅度的变化，例如阿尔及利亚 Hassi Messaoud Blend 原油含盐 0.001%，而墨西哥的 Roforma 原油高达 1%。同时即使在同一油田内由不同的生产井或油层测到之原油含盐量亦可能不同。另外在运输途中因海水的引入亦会提高原油的盐含量。由于盐会引起设备的腐蚀，在石油加工前一般先需要脱盐处理（电脱盐或化学脱盐，现下多采用高压电——化学脱盐）。

### 金属杂质 (METALLIC CONTAMINANTS)

原油中除硫外，还常含有一些痕量（ppm 级）的金属杂质，对加工或油品品质往往造成有害的影响，诸如引起设备熔蚀，令加工过程中的催化剂中毒等等。

原油中常见的有害金属主要有钒、镍、钠及铅、砷等。钒的化合物会损害炉膛内的耐火材料，对于玻璃的生产有害影响，并会引起催化裂化过程中所用的催化剂中毒。砷与铅亦会导致重整催化剂的中毒。燃料油中的钠会损坏炉内之砖砌部份。

石油中的痕量金属测定法很多，其中 X - 射线法及原子吸收光谱法可快速测定，应用日益广泛。

### 凝点/凝固点 (FREEZING POINT)

是反映油品低温性能的重要指标，是油品在特定的试验条件下，逐渐降低温度，当丧失其流动性那一瞬间的最高温度即为凝点。但石油是一种混合物，它不像纯化合物那样有一确定的凝点，而是在一相当宽的温度范围内逐渐凝固，因此测定时所采用的条件对所得结果影响很大。

对于航空燃料，由于在高空条件下使用，凝点有特殊意义。事实是由它规定了油品尚未析出固态烃（石蜡），因而尚未发生管线及过滤器堵塞的最低允许操作温度。航空汽油的凝点一般要求控制在 - 60 以下，喷气燃料 Jet A - 1 按新修订的规定不得超过 - 47 。

凝点对于低温条件下使用的润滑油亦是重要指标。

### 烟点 (或无烟火焰高度) (SMOKE POINT)

煤油（包括航空煤油）且特别是灯用煤油（Illuminating Kerosine）的重要规格指标，是其燃烧特性的反映之一。



煤油在特定的试验用灯中燃烧,当火焰尚未出现黑烟这一特定的点的最高火焰高度定义为其烟点,单位毫米,鉴于上述定义,一更为贴切的名称叫做无烟火焰高度。

无烟的火焰高度愈高,使用时可有愈高的照明亮度且不冒黑烟,故烟点愈高愈好。烟点与油品的化学组成密切相关,石蜡烃碳/氢比小烟点最高,因此是煤油的最优良组分,环烷烃次之,芳香烃烟点最低,即燃烧时最易冒黑烟,但芳香烃燃烧时亮度最大,因此兼顾到既有高的烟点又有足够的亮度,芳香烃含量一般宜控制在 10%左右。

## 云点 (CLOUD POINT)

也称浊点,馏分油 (Distillate) 在规定的条件下降温冷却,油品中所含的石蜡开始结晶而出现云雾状混浊时的温度称为云点。该温度与燃料的烃类组成及馏程范围有关,含直链烷烃愈多者云点愈高。

值得注意的是云点仅表现在测试瓶的底部出现模糊,若随温度下降整个试样呈现混浊则表明油中有水,而非因蜡的结晶所致。

对于柴油而言,云点指示了因结晶析出而可能发生过滤系统堵塞、阻碍油品流动的最低温度。近来的高速柴油机倾向于配置较细的过滤网,因而燃料云点的重要性日趋受重视。通常油品的云点较其倾点高  $8\sim 10^{\circ}\text{F}$ 。

## 相关概念：

### HEAT VALUE 热值

也称 Calorific Value。为鉴定燃料发热量的重要指标,也是设计燃烧设备的主要参考数据。通常指单位重量燃料经完全燃烧后所放出的热量,此值自然愈大愈好。一般用量热计测定,要求不高时可通过其它相关而较易测定的品质数据经计算求得其近似值。

常用之热值单位,固体和液体燃料为千卡/公斤 (Kcal/kg),气体燃料为千卡/立方米 (Kcal/m<sup>3</sup>),近来更常用兆焦/公斤 (MJ/kg),而英制单位则用英热单位/磅 (Btu/lb),它们的关系可表示如下:

$$\begin{aligned} 1\text{MJ/kg} &= 238.85\text{Kcal/kg} \\ &= 429.93\text{Btu/lb} \end{aligned}$$

石油的热值,一般情况下亦如上所述,多指单位重量的燃料完全燃烧后放出的热量,即所谓重量热值。石油的热值与原油的碳氢组成有密切关系,由于氢元素的热值远高于碳,因此 C/H 比较小 (即氢所占比例大) 的石蜡基原油以及由其加工所得的油品,就比中间基或环烷基原油及其产品有较大的热值,同样轻质石油油品 (如汽油、煤油等)

较重质石油产品 (如残渣燃料油等) 又有较大的热值。除重量热值外,航空燃料中还常用到体积热值的概念,即单位体积的燃料经完全燃烧所放出的热量 (千卡/公升)。两种热值使用于不同的场合。

通常,用于远程航线的飞机,总希望所带的有限量体积的燃料,发出的能量愈大愈好,以期有较长的续航里程,因此要求有较高的体积热值;但是短程航线的飞机,所带燃料的体积已非考虑的关键,反而希望燃料的重量尽可能小些,以腾出余额装载更多的客与货,因此要求有较大的重量热值。至于船用的燃料则主要考虑体积热值。

此外,热值又有总热值, Cross Calorific Value (也称高热值) 与净热值, Net Calorific Value (也称低热值) 之分。石油经燃烧后产物之一是水的蒸汽,上述两热值的差异即在于总热值中包括了水蒸汽冷凝成液态水时放出的热量,而净值则未包括。欧洲大陆多采用净热值,因考虑到实际过程中,生成的水蒸汽在高温下无法凝成液体,而直接以水蒸汽的形式与其它生成气一起逸出,因此在实际上无法利用该部份热量,但在英国则习惯使用总热值。