

石油化工技工学校统编教材

# 油品分析

程玉明 方家乐 编

中国石化出版社



石油化工技工学校统编教材

# 油 品 分 析

程玉明 方家乐 编

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书共分十四章,着重阐述了油品分析的基础理论和经典的分析方法以及主要石油产品(石油燃料油、润滑油等)的质量指标及其试验方法标准,并适当介绍了有关仪器分析方法。本书各章附有相当数量的练习题和思考题,书后附有学生分组实验,供教学中使用。

本书是作为石油化工类技工学校油品分析专业的通用教材,也可作为中级工技术培训的读本以及中等专业技术学校油品分析专业教师和相关工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

油品分析/程玉明,方家乐编. —北京:中国石化出版社, 1993.4(1998重印)

石油化工技工学校统编教材

ISBN 7-80043-279-3

I. 油… II. ①程…②方… III. 石油产品-分析-技工学校-教材 IV. TE626

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 06258 号

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)84271859

<http://press.sinopec.com.cn>

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所经销

\*

787×1092 毫米 32 开本 14<sup>7</sup>/<sub>8</sub> 印张 332 千字印 11001—13000

1993 年 4 月第 1 版 2001 年 2 月第 5 次印刷

定价:23.00 元

## 编者的话

本书是根据中国石化总公司技工学校油品分析课程教学大纲的要求，由安庆石油化工总厂技工学校组织人员编写的。此书是作为石油化工类技工学校油品分析专业的通用教材，也可作为中级工技术培训的读本以及中等专业技术学校油品分析专业教师及有关工程技术人员的参考书。

本教材着重阐述了油品分析的基础理论、经典的分析方法和试验方法标准，以国家标准和行业标准为主，适当介绍了有关国家标准和企业标准。考虑到该课程的特点，编写了相当数量的学生分组实验，希望使用本教材的学校，能够积极地创造条件，强化实验教学，努力培养学生的实际操作技能。

由于炼油厂的生产装置类型较多，技术进步很快，虽然我们注意了教材的通用性和针对性，但仍难完全满足各校的具体需要，因此各校在教学过程中，可根据各自的实际情况，将某些章节作为阅读教材处理，或作适当的增删。

本书第一、三、五、七、九、十一、十三、十四章由程玉明同志执笔；第二、四、六、八、十、十二章由方家乐同志执笔。全书由方家乐同志统一定稿。在编写过程中，曾得到安庆石油化工总厂技校各部门领导的大力支持和关怀。本书由史凌霄、王德岐、郑恩荣、丛龙泉、洪应发、宋立姝等同志审定。本书主要参考资料为安庆石油化工总厂教育中心编写的《石油产品分析》中级工培训教材。在此一并致谢！

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中错误在所难免，敬希各校有关老师及读者予以批评指正。

# 目 录

第一章 绪论	1
第一节 油品分析的目的和任务	1
第二节 石油及石油产品	2
第三节 采样	4
第四节 实验误差和数据处理	13
第五节 油品标准及分析方法标准简介	25
练习题与思考题	28
第二章 密度的测定	30
第一节 密度及其测定意义	30
第二节 密度计法与测定原理	41
练习题与思考题	44
第三章 馏程测定	46
第一节 馏程测定目的	46
第二节 馏程测定原理	50
第三节 馏程测定注意事项	55
练习题与思考题	57
第四章 粘度的测定	58
第一节 概述	58
第二节 粘度计的种类及工作原理	74
第三节 粘度测定的影响因素及在使用上的意义	77
练习题与思考题	80
附表 I 运动粘度和恩氏粘度换算表	81

为选读教材，下同。

附表 II	各种粘度换算及换算公式表	84
附表 III	L、D 和 H 的运动粘度值	87
第五章	油品中水分、盐类、机械杂质的测定	97
第一节	油品中水分的测定	97
第二节	原油中盐含量的测定	101
第三节	机械杂质的测定	109
	练习题与思考题	116
第六章	饱和蒸气压的测定	117
第一节	蒸发的一般概念	117
第二节	饱和蒸气压测定的意义	118
第三节	饱和蒸气压的测定方法	119
	练习题与思考题	126
第七章	油品低温流动性能的测定	127
第一节	评价油品低温流动性能的主要指标	127
第二节	浊点、结晶点和冰点的测定	130
第三节	冷滤点、倾点和凝点的测定	135
	练习题与思考题	143
第八章	安定性的测定	144
第一节	概述	144
第二节	评定油品安定性的意义	153
第三节	碘值、溴值的测定	157
第四节	诱导期的测定	166
第五节	实际胶质测定	169
第六节	汽油贮存安定性的测定	171
第七节	柴油贮存安定性的测定	175
第八节	润滑油热氧化安定性的测定	176
第九节	润滑油破乳化试验	178
	练习题与思考题	181
第九章	酸度酸值的测定	185

第一节	油品酸度、酸值的概念 .....	185
第二节	测定油品酸度酸值的意义 .....	186
第三节	油品酸度酸值的测定原理和方法 .....	188
	练习题与思考题 .....	194
第十章	残炭与灰分、闪点与燃点的测定 .....	196
第一节	灰分的测定 .....	196
第二节	残炭的测定 .....	200
第三节	闪点和燃点的测定 .....	205
第四节	油品闪点测定方法 .....	209
	练习题与思考题 .....	217
第十一章	油品硫含量和腐蚀性能的测定 .....	219
第一节	硫含量的测定 .....	219
第二节	油品腐蚀性能的测定 .....	238
	练习题与思考题 .....	244
第十二章	石油燃料发热值及其燃烧性能的测定 .....	246
第一节	石油燃料的发热值 .....	246
第二节	汽油辛烷值和四乙基铅含量的测定 .....	251
第三节	柴油十六烷值和苯胶点的测定 .....	265
	练习题与思考题 .....	272
第十三章	炼厂气及其它石油产品的分析 .....	274
第一节	炼厂气分析 .....	274
第二节	安全动火分析 .....	287
第三节	石油沥青的分析 .....	294
第四节	石油焦的分析 .....	303
第五节	石蜡的分析 .....	309
第六节	石油苯类分析 .....	315
	练习题与思考题 .....	331
第十四章	石油添加剂和石油加工催化剂 .....	334
第一节	石油添加剂 .....	334

第二节 添加剂的分离和分析方法 .....	349
• 第三节 石油加工催化剂 .....	357
练习题与思考题 .....	378

### 实 验 部 分

实验1-1 油品的采样 .....	378
实验2-1 柴油密度的测定 .....	380
实验3-1 石油产品馏程测定 .....	383
实验4-1 石油产品粘度测定 .....	390
实验5-1 油品中水含量的测定 .....	396
实验5-2 原油中机械杂质的测定(重量法) .....	400
实验7-1 柴油倾点的测定 .....	403
实验7-2 柴油凝点的测定 .....	409
实验8-1 碘值的测定 .....	411
实验9-1 柴油酸度的测定 .....	413
实验9-2 环烷酸的分析 .....	415
实验10-1 石油产品残炭测定 .....	420
实验10-2 石油产品灰分测定 .....	424
实验10-3 柴油机润滑油闪点的测定 .....	427
实验11-1 原油含硫量的测定 .....	429
实验11-2 机械油腐蚀试验 .....	433
实验11-3 硫醇性硫定性实验(博士试验法) .....	435
实验12-1 煤油无烟火焰高度的测定 .....	437
实验13-1 石油沥青针入度的测定 .....	441
实验13-2 石油沥青软化点的测定 .....	446
实验13-3 石油苯类折光率的测定 .....	449
实验13-4 石蜡熔点(冷却曲线)的测定 .....	451
实验14-1 油浆中催化剂含量离心测定 .....	454
实验14-2 催化剂粒度筛分组成测定 .....	456



# 第一章 绪 论

## 第一节 油品分析的目的和任务

石油及石油产品分析（简称油品分析，下同）是指用统一规定的或公认的试验方法，分析检验油品的理化性质和使用性能的试验方法。油品分析课是建立在化学分析和仪器分析基础上的，以石油加工生产中的原油分析、原材料分析、生产中控制分析和产品检验为主要内容的一门课程。

### 一、油品分析的目的

油品分析的目的主要有 5 个方面：

（1）对用于石油加工的原料油和原材料进行检验，为制定生产方案和建厂设计提供依据。

（2）对各炼油装置的生产过程进行控制分析，系统检验各馏出口的中间产品和产品的质量，从而对各生产工序及操作进行及时调整，以保证安全生产和产品质量。

（3）对出厂油品进行全分析，为提高产品质量，改进生产工艺、增加品种，提高经济效益提供依据。

（4）对油品使用性能进行评定。对超期储存和失去标签或发生串混的油品的使用性能进行评定，以便确定上述油品能否使用或提出处理意见。

（5）对油品质量进行仲裁。当油品生产和使用部门对油品质量发生争议时，有关部门可根据公认的方法进行检验，分析问题产生的原因，并进行调解或仲裁，以保证各方

的正当利益。

## 二、油品分析的任务

油品分析是油品生产的“眼睛”，是进行生产装置设计保证安全生产、提高产量、增加品种、改进质量、完成生产计划的基础和依据，也是储运和使用部门制定合理的储运方案、正确使用油品、充分发挥油品最大效益的依据。随着国际交流的扩大和生产技术水平的提高，对油品的品种、产量和质量的要求也越来越高，这对油品分析提出了更高的（更准确、更先进、更及时）要求。广大油品分析工作者应该努力创造更先进的分析方法，以适应形势发展的需要。

## 第二节 石油及石油产品

地下开采出来的石油未经加工前叫原油。原油经过加工（炼制）可得到炼厂气及各种燃料油、润滑油、石蜡、石油焦和沥青等石油产品。它们是油品分析的主要对象，因此需要首先了解它们的组成、特性和用途。

### 一、石油的组成

#### （一）石油的元素组成

石油的主要组成元素为碳和氢，其中碳元素含量为84~85%，氢含量12~14%，碳氢的质量比为6.1~7.1。根据地不同，还含有少量的氧、硫、氮和微量的氯、碘、磷、砷、硅、钠、钾、钙、镁、铁、镍、钒等，约占1~4%，它们均以化合物的形式存在于石油中。

#### （二）石油的化合物的组成

石油不是一种单纯的化合物，而是由几百种甚至上千种化合物组成的混合物。而且因产地不同也有很大区别，但它们的主要组成是类似的。

### 1. 石油中的烃类有机物

石油的主要成分是烃类有机物。所谓烃类就是碳氢化合物。石油中究竟有多少种烃，至今尚无法确定。但通过大量研究发现各种石油基本上由3类烃所组成，即烷烃、环烷烃和芳香烃。以上3种烃类在石油中的分布变化较大。例如石蜡基原油含烷烃较多；环烷基原油含环烷烃较多；混合基原油介于二者之间。另外，极少数产地的石油中含有微量烯烃，利用油母页岩制得的页岩油中通常含有相当数量的烯烃。

### 2. 石油中的非烃类有机物

石油中还含有相当数量的非烃类有机物——即烃的衍生物。这类化合物的分子中除含有碳氢元素外，还含有氧、硫、氮等，其含量(元素含量)虽然很少，但组成化合物的量一般约占石油总量的10~15%；少数原油中非烃类有机物的含量甚至高达60%，这些非烃类有机物含量一般虽然不高，但它对石油加工和油品质量的影响是不可忽视的，大部分需要在加工过程中脱除，如果将它们进行适当处理，也可生产一些有用的化工产品。

### 3. 石油中的无机物

石油中除含有烃类有机物及其衍生物外，还夹杂有少量的无机物。它们主要是水；钠、钙、镁的氯化物；硫酸盐和碳酸盐以及少量泥污、铁锈等。它们分别溶解或悬浮于油中，形成油包水型的乳化液分散于石油中。它们的危害主要是增加原油的粘度，增加储运能量的消耗，加速设备的腐蚀和磨损，增进结垢和生焦，影响深度加工催化剂的活性等。因此，原油在运输前和加工前必须进行物理的和化学的处理，以便尽可能脱去这些有害的无机物。

## 二、主要石油产品的组成和特性

我国石油产品按其主要特征分为6类：即燃料(F)、溶剂和化工原料(S)、润滑剂和有关产品(L)、蜡(W)、沥青(B)和焦(C)[参见GB 498-87]。现将几类主要石油产品说明如下：

### (一) 燃料类

按馏分组成分为液化石油气、航空汽油、汽油、喷气燃料、煤油、柴油、重油、渣油和特种燃料9组。主要成分为烃类化合物及少量非烃类有机物和添加剂等，主要质量指标为馏程、辛烷值、十六烷值、四乙基铅含量、闪点、胶质、诱导期、苯胺点、密度和粘度等，对重质油还有灰分、硫含量和机械杂质等。

### (二) 溶剂和化工原料类

溶剂油和化工原料一般是石油中低沸点馏分，即直馏馏分、铂重整抽余油及其它加工制得的产品。一般不含添加剂，主要用途是作为溶剂和化工原料。主要质量指标为碘值、芳烃含量、硫含量、馏程、闪点、腐蚀性及外观等。

### (三) 润滑剂和有关产品

这一类石油产品品种非常多，根据其使用特性分成10个部分(参见GB 7631)。它们的质量标准各个有别，详见有关国标和行业标准。

## 第三节 采 样

### 一、试样和采样

#### (一) 采样

是指按规定的方法从一定数量的整批物料中采集少量代表性试样的一种行为过程或技术。

## (二) 试样

向给定试验方法提供所需要的产品的代表性部分。按照石油产品性状的不同可以分成以下几种：

(1) 液体石油产品试样：如煤油、汽油、柴油、原油等。采样方法依所装容器不同又可分成3类。

①油罐，按油罐形状及大小分为两种：

{ 立式油罐或容积大于 $60\text{m}^3$ 的卧式油罐  
  容积小于 $60\text{m}^3$ 的卧式油罐

②油船。

③油槽车，按车轴型式又可分成两种：

{ 两轴槽车  
  四轴槽车

(2) 膏状石油产品试样：如凡士林、润滑脂等。

(3) 可熔性固体石油产品试样：如石蜡、地蜡、沥青等。按包装条件不同分为两种：

①容器中；

②散装。

(4) 粉末状：如焦粉、碳酸钠、硫磺粉等。

(5) 不熔性固体石油产品试样：如石油焦、硫磺块。

按包装条件不同分为：

①容器中；

②散装。

(6) 气体试样：气体采样比较复杂。

①按所处位置分为3种：

{ 容器中  
  管路中  
  大气中

②按所处压力状况分为3种：

{ 正压状态  
常压状态  
负压状态

③按化学活泼性可分为：

{ 可燃可爆气体：如 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 等  
化学惰性气体：如 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 等

④按能否被酸碱液吸收可分为3种：

{ 酸性气体：如 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$ 等  
中性气体：如 $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 等  
碱性气体：如 $\text{NH}_3$ 等

### (三) 试样的用途和要求

(1) 用途：按试样的用途，试样可分为3类。

①点试样：是指在同一容器或容器某一位置所采取的一个样品。代表该容器或该位置所取出的石油产品的质量。例如：从油罐或油槽车的最低处所取的试样为底部试样。

②组合试样：是指按规定在同一容器各部位或几个容器中所采取的调合试样。此组合试样代表该批石油产品的质量。例如在油罐的上、中、下3部位按规定高度采取的样品按等比例掺合成为组合试样代表该油罐的油品质量。

③检查试样：是指供化验分析用的点试样或组合试样。

(2) 试样是鉴定产品全部质量指标是否符合某一标准的样品，因此要求：

①试样应具有足够的代表性。即要求按标准规定的方法取样，否则测定结果无代表性。

②试样必须有足够数量。作鉴定分析或仲裁用的样品应留样封存以备检查或重复检验。

③采样用的采样器和盛装试样的容器必须清洁干燥，并备盖子或塞子，以防止污染。按照质量、用途的等级要求，采样器一般分为专用、混用两类。容器标签上应注明产品名称、牌号、油罐号、批号、采样日期和采样人等。

## 二、采样工具

由于试样的性状不同，采样工具各异。大致分为4大类：

### (一) 液态石油产品

按油品容器不同，采样工具分为4种：

(1) 采样器及带测深锤的金属卷尺。这两种工具在油罐、油槽车、油船中采取组合试样或点试样时适用。

采样器是一个底部加重（一般是灌铅）并设有容易开启器盖的金属容器，或是一个安装在加重金属框内的玻璃瓶，瓶口用系有绳索的瓶塞塞紧。

(2) 底部采样器。用一种能够采取距油罐底部3~5cm处试样的采样器。

(3) 直径为10~15mm的长玻璃管。适于采取小容器（如大桶、镀锌铁桶、瓶子）中的试样。

(4) 500~1000mL的小口试剂瓶。适于采取装有旁通阀门的在线油品。

### (二) 膏状石油产品

(1) 螺旋形钻孔器。

(2) 活塞式穿孔器。

### (三) 固体石油产品

(1) 不锈钢或镀铬刀子，用于可溶性固体石油产品。

(2) 穿孔器，用于粉末状或可粉碎的固体石油产品。

(3) 铲子，用于不溶性石油产品。

### (四) 气体采样器具

根据气体所处的状态和位置常用的采样器具有下列几种：

(1) 橡皮球胆，常用于无腐蚀性气体在正压状态下采样。

(2) 带有抽气装置的大容量集气瓶，适用于常压或负压下气体的采样。

(3) 连接流量计和抽气装置并盛有吸收液的吸收瓶，适于采取可与吸收溶液反应的气体，如 $H_2S$ 、 $NH_3$ 等。

### 三、采样方法

液态石油产品与气体产品和固体产品采样方法不同，详见GB/T 4756-84石油和液体石油产品取样法（手工法）；SH 0229-92固体和半固体石油产品取样法；SH 0233-92液化石油气取样法等。现将液体石油产品取样作一简介。

#### (一) 立式油罐采样

当采取单个油罐用于检验油品质量的组合样时，按等比例合并上部样（顶液面下 $1/6$ 处所取的试样）、中部样（顶液面下 $1/2$ 处所取的试样）和出口液面样（最低液面处的点样）；采取单个油罐用于计算油品数量的组合样时，按等比例合并上部样、中部样和下部样（顶液面下深度 $5/6$ 处所取的试样）。

#### (二) 卧式油罐采样

在油罐容积不大于 $60m^3$ 或油罐容积大于 $60m^3$ 而油品深度不超过 $2m$ 时，可在油品深度的 $1/2$ 处取样，作为代表性试样。

如果油罐容积大于 $60m^3$ ，且油品深度超过 $2m$ ，应在油品体积的 $1/6$ 、 $1/2$ 和 $5/6$ 液面处各采一份试样，混合后作为组合试样。



### (三) 油罐车采样

把取样器降到油罐车罐内油品深度1/2处，以急速的动作拉动绳子，打开取样器的塞子，待取样器充满油后，提出取样器。

对于整列装有相同石油和液体石油产品的油罐车，应按表1-1和表1-2所示的取样车数进行随机取样，但必须包括首车。

表 1-1 盛装石油产品的油罐车、小容器、油船船舱的最小取样数

盛油容器总数	取样的容器数
1~3	全部
4~64	4
65~125	5
126~216	6
217~343	7
344~512	8
513~729	9
730~1000	10

表 1-2 盛装原油的油罐车、油船船舱的最小取样数

盛油容器总数	取样的容器数
1~2	全部
3~4	2
7以上	3