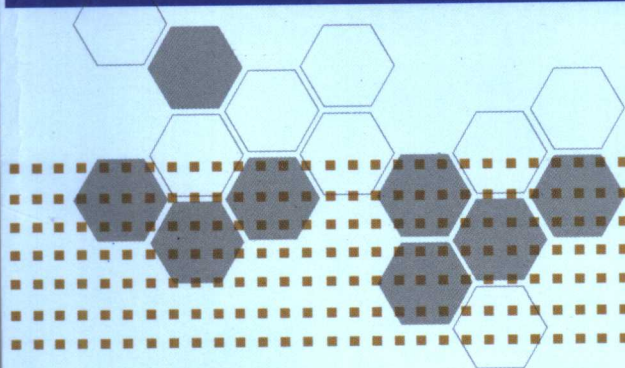
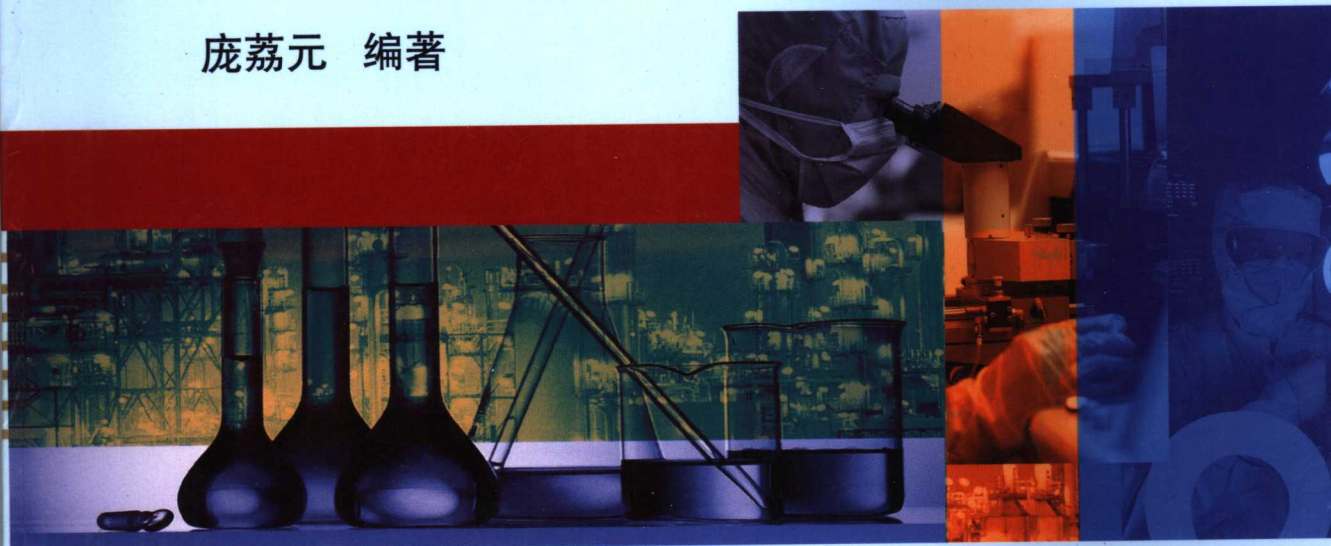


油品分析员读本

庞荔元 编著



中国石化出版社

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

油品分析员读本

庞荔元 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书专为油品分析员而作。书中以石油产品的理化性质为主线,讲述各种理化性质的测定原理、基础知识,石油产品理化性质与化学组成的关系,分析方法的技术要素、测定步骤和数据处理,以及影响因素和注意事项。为便于学习和巩固知识,书中附有习题和答案。

该书针对性强,具有可操作性,是一本很实用的油品分析员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

油品分析员读本/庞荔元编著. —北京:中国石化出版社,2007

ISBN 978 - 7 - 80229 - 415 - 8

I. 油… II. 庞… III. 石油产品 - 分析 - 技术培训 - 教材 IV. TE626

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 135013 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)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

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 15.25 印张 374 千字

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

前 言

石油产品的分析，简称油品分析，是分析检测石油及产品质量的手段，是石油生产、销售不能缺少的重要环节，对于油品分析人员的技术水平和知识结构提出了很高的要求。但是，目前系统讲述油品分析的书籍尚不多见，而且书中的知识缺乏更新，尤其是选用的一些分析方法已经过时。

为了加强油品分析人员的培训，编写了这本《油品分析员读本》。该书以石油产品的理化性质为主线，讲述了各种理化性质的测定原理、基础知识，石油产品理化性质与化学组成的关系，分析方法的技术要素、测定步骤和数据处理，以及影响因素和注意事项，同时，结合分析方法简要介绍了一些分析仪器的使用和故障处理方法。为了有利于油品分析员的学习和知识的巩固，作者特意准备了相关内容的复习题和答案，希望能对油品分析员和从事油品分析培训的教师提供帮助和参考。

由于时间仓促，限于编者水平，本书中的错误和不妥之处在所难免，敬请专家和广大同行批评指正，以便今后进一步补充和完善。

作 者

目 录

绪论	(1)
第一章 油品基本理化性质的测定	(3)
第一节 密度的测定	(3)
一、密度和相对密度的概念	(3)
二、密度与化学组成的关系	(4)
三、测定油品密度的意义	(4)
四、测定油品密度的方法	(4)
(一) 密度计法	(4)
(二) 比重瓶法	(6)
(三) 密度测定仪法	(8)
五、影响测定的主要因素及注意事项	(8)
第二节 黏度的测定	(8)
一、黏度的概念	(8)
二、影响油品黏度的因素	(9)
三、测定油品黏度的意义	(10)
四、测定油品黏度的方法	(10)
(一) 运动黏度的测定	(10)
(二) 恩氏黏度的测定	(12)
五、影响测定的主要因素	(13)
第三节 闪点与燃点的测定	(14)
一、闪点、燃点与自燃点的概念	(14)
二、闪点、燃点和自燃点与油品组成的关系	(15)
三、测定油品闪点的意义	(15)
四、测定油品闪点与燃点的方法	(16)
(一) 闭口杯法闪点的测定	(16)
(二) 开口杯法闪点与燃点的测定	(17)
(三) 克利夫兰开口杯法闪点和燃点的测定	(18)
五、影响闪点测定结果的主要因素	(19)
六、闪点测定分为闭口杯法和开口杯法的原因	(20)
第四节 苯胺点的测定	(20)
一、苯胺点的概念	(20)
二、影响油品苯胺点的因素	(21)
三、测定油品苯胺点的意义	(21)
四、测定油品苯胺点的方法	(21)
五、影响测定结果的主要因素	(22)

第五节 残炭的测定	(22)
一、残炭的概念	(22)
二、影响油品残炭量的因素	(22)
三、测定油品残炭的意义	(23)
四、测定油品残炭的方法	(23)
(一) 康氏法残炭	(24)
(二) 电炉法残炭	(26)
(三) 兰氏法残炭	(27)
五、影响测定的主要因素	(28)
复习题一	(28)
第二章 油品蒸发性能的测定	(31)
第一节 馏程的测定	(31)
一、基本概念	(31)
二、测定油品馏程的意义	(31)
三、测定油品馏程的方法	(33)
(一) 轻质石油产品	(33)
(二) 重质石油产品	(45)
四、影响测定的主要因素及注意事项	(53)
五、馏程测定中常见的问题	(54)
第二节 饱和蒸气压的测定	(56)
一、基本概念	(56)
二、饱和蒸气压的形成	(56)
三、影响油品饱和蒸气压的因素	(56)
四、测定油品饱和蒸气压的意义	(57)
五、测定油品饱和蒸气压的方法	(57)
(一) GB/T 257《发动机燃料饱和蒸气压测定法(雷德法)》	(57)
(二) GB/T 8017《石油产品蒸气压测定法(雷德法)》	(59)
(三) 两种蒸气压测定方法的区别	(62)
六、影响饱和蒸气压测定的因素及注意事项	(62)
复习题二	(63)
第三章 油品燃烧性能的测定	(66)
第一节 喷气燃料的燃烧性能	(66)
一、喷气式发动机和喷气燃料	(66)
二、热值的测定	(66)
三、烟点的测定	(68)
第二节 汽油的抗爆性	(72)
一、爆震和抗爆性的概念	(72)
二、汽油机爆震现象的产生	(72)
三、影响汽油机爆震的因素	(72)
四、汽油抗爆性的表示方法	(73)

五、测定汽油辛烷值的意义	(73)
六、影响汽油辛烷值的因素	(73)
七、测定汽油辛烷值的方法	(73)
(一) 马达法辛烷值的测定	(73)
(二) 研究法辛烷值的测定	(77)
八、抗爆指数	(78)
九、调和辛烷值	(78)
十、辛烷值试验装置的常见故障处理	(78)
十一、辛烷值机的维护保养	(83)
第三节 柴油的抗爆性	(83)
一、柴油机和柴油抗爆性	(83)
二、柴油机与汽油机工作原理的区别	(83)
三、柴油机爆震现象的产生及危害	(84)
四、柴油抗爆性的表示方法	(84)
五、测定柴油十六烷值的意义	(84)
六、影响柴油十六烷值的因素	(85)
七、测定柴油十六烷值的方法	(85)
八、十六烷指数算法	(88)
复习题三	(89)
第四章 油品安定性的测定	(92)
第一节 喷气燃料的安定性	(92)
一、喷气燃料安定性的概念	(92)
二、评定喷气燃料安定性的意义	(92)
三、影响喷气燃料安定性的因素	(93)
四、评定喷气燃料安定性的方法	(93)
(一) 喷气燃料实际胶质的测定	(93)
(二) 喷气燃料热安定性的测定	(98)
(三) 碘值和溴价的测定	(101)
五、评定喷气燃料安定性的指标	(106)
第二节 汽油的安定性	(106)
一、影响汽油安定性的因素	(106)
二、评定汽油安定性的意义	(107)
三、评定汽油安定性的方法	(107)
(一) 汽油实际胶质的测定	(107)
(二) 汽油氧化安定性的测定	(109)
(三) 汽油贮存安定性的测定	(113)
四、评定汽油安定性的指标	(114)
第三节 柴油的安定性	(114)
一、柴油安定性的概念	(114)
二、评定柴油安定性的意义	(115)

三、评定柴油安定性的方法	(115)
(一) 柴油氧化不溶物的测定	(115)
(二) 柴油 10% 蒸余物残炭的测定	(118)
(三) 柴油实际胶质的测定	(119)
四、评定柴油安定性的指标	(119)
第四节 润滑油的安定性	(119)
一、润滑油安定性的概念	(119)
二、润滑油的基础油	(120)
三、影响润滑油安定性的因素	(120)
四、评定润滑油安定性的意义	(121)
五、润滑油氧化安定性的评定方法	(121)
六、润滑油氧化安定性指标	(125)
复习题四	(126)
第五章 油品腐蚀性的测定	(128)
第一节 油品的金属腐蚀试验	(128)
一、金属腐蚀的概念	(128)
二、金属腐蚀试验的意义	(129)
三、金属腐蚀试验的实质	(129)
四、金属腐蚀试验的测定方法	(130)
(一) 铜片腐蚀试验的测定	(130)
(二) 银片腐蚀试验的测定	(134)
五、金属腐蚀试验的影响因素及注意事项	(136)
第二节 硫及硫化物的测定	(137)
一、硫及硫化物的危害	(137)
二、测定硫及硫化物的意义	(137)
三、硫及硫化物的测定方法	(138)
(一) 硫醇定性试验法	(138)
(二) 硫醇定量试验法	(139)
(三) 硫含量测定法	(144)
四、影响测定的因素及注意事项	(157)
第三节 有机酸含量的测定	(160)
一、油品中有机酸的来源	(160)
二、酸度和酸值的概念	(160)
三、测定油品酸度和酸值的意义	(161)
四、酸度和酸值的测定方法	(161)
(一) 化学滴定法	(161)
(二) 电位滴定法	(164)
五、喷气燃料总酸值的测定	(170)

六、影响测定的因素及注意事项	(171)
第四节 水溶性酸及碱的测定	(172)
一、水溶性酸、碱的概念	(172)
二、测定油品中水溶性酸、碱的意义	(172)
三、测定水溶性酸、碱的方法	(173)
四、影响测定的因素及注意事项	(174)
复习题五	(175)
第六章 油品低温流动性的测定	(178)
第一节 浊点、结晶点和冰点	(178)
一、浊点、结晶点和冰点的概念	(178)
二、低温下油品变浑浊及析出结晶的原因	(178)
三、浊点、结晶点和冰点的影响因素	(178)
四、浊点、结晶点和冰点的测定意义	(179)
五、浊点、结晶点和冰点的测定方法	(179)
(一) 浊点的测定	(179)
(二) 结晶点的测定	(181)
(三) 冰点的测定	(182)
第二节 冷滤点	(184)
一、冷滤点的概念	(184)
二、测定冷滤点的意义	(184)
三、冷滤点的测定方法	(184)
第三节 倾点和凝点	(187)
一、倾点和凝点的概念	(187)
二、油品失去流动性的原因	(187)
三、影响油品低温流动性的因素	(187)
四、测定倾点和凝点的意义	(188)
五、测定倾点和凝点的方法	(188)
(一) 倾点的测定	(188)
(二) 凝点的测定	(190)
六、评定油品低温流动性的指标	(192)
复习题六	(193)
第七章 油品中杂质的测定	(196)
第一节 机械杂质	(196)
一、机械杂质的来源和危害	(196)
二、测定机械杂质的意义	(196)
三、测定机械杂质的方法	(196)
四、测定机械杂质的溶剂及其作用	(199)
五、测定机械杂质的注意事项	(199)
第二节 水分	(200)
一、油品中水分的来源及存在状态	(200)

二、油品含水的危害	(200)
三、测定油品水分的意义	(200)
四、测定油品水分的方法	(201)
(一) 常量法	(201)
(二) 微量法	(203)
五、测定注意事项	(206)
第三节 灰分	(208)
一、灰分的来源及组成	(208)
二、测定油品灰分的意义	(208)
三、测定油品灰分的方法	(208)
四、测定油品灰分的影响因素及注意事项	(210)
第四节 颜色	(211)
一、石油产品的色度	(211)
二、测定石油产品颜色的方法	(211)
(一) GB/T 3555《石油产品赛伯特颜色测定法(赛伯特比色计法)》	(211)
(二) GB/T 6540《石油产品颜色测定法》	(214)
(三) GB/T 3143《液体化学产品颜色测定法(Hazen 单位——铂-钴色号)》	(215)
(四) GB/T 2012《芳烃酸洗试验法》	(216)
三、评定石油产品颜色的指标	(218)
复习题七	(219)
第八章 石蜡和沥青的测定	(222)
第一节 石蜡	(222)
一、石蜡概述	(222)
二、石蜡的测定方法	(222)
(一) 石蜡熔点的测定	(222)
(二) 石蜡针入度的测定	(223)
(三) 石蜡含油量的测定	(224)
(四) 石蜡中稠环芳烃含量的测定	(225)
(五) 石蜡中易碳化物的测定	(225)
(六) 石蜡光安定性的测定	(225)
第二节 沥青	(226)
一、沥青的种类与组成	(226)
二、沥青的主要测定方法	(226)
(一) 沥青针入度的测定	(226)
(二) 沥青软化点的测定	(227)
(三) 沥青延度的测定	(227)
三、影响测定的因素	(228)
复习题八	(229)
参考文献	(232)
复习题答案	(233)

绪 论

一、油品分析的目的和意义

石油产品的分析简称油品分析,是用化学的或物理的或物理化学的或化学物理的实验方法,分析检测石油产品质量的理化性质和化学组成两个方面。石油产品分析的目的是通过一系列的分析实验,为石油从原油到石油产品的生产过程和产品质量进行有效控制和检验。它是石油产品生产加工的“眼睛”,可为油品加工过程提供有效的科学依据。

具体地说,对于原油和原材料进行分析检验,得到的数据可以用于建厂设计和制定生产方案。对各炼油装置的生产过程进行控制分析,系统地检验各馏出口产品和中间产品,可对各生产工序及操作进行及时调整,以保证产品质量和安全生产,并为改进生产工艺条件、提高产品质量、增加经济效益提供依据。对石油产品进行质量检验,可以保证进入商品市场的石油产品的质量,促进企业建立健全质量保证体系。对超期贮存和失去标签或发生混串油品的理化性质进行检验,可确定上述油品能否继续使用或提出处理意见。当油品生产和使用部门对油品质量发生争议时,可根据国际或国家统一制定的标准进行检验,确定油品的质量,作出仲裁,以保证供需双方的合法利益。测定石油产品的理化性质除上述目的外,还可以对原油进行评价,作为制定加工方案的依据。从地下开采出来的原油经炼油厂加工后可以得到液化气、汽油、航煤、灯油、柴油、各种润滑油、石蜡、沥青、焦炭等及各种化工原料(乙烯、丙烯、丁二烯、乙炔、苯、甲苯、二甲苯等)。无论是成品和半成品都必须符合一定的质量标准。作为产品进入市场,必须符合国际和国家统一制定的标准。规格标准是检验产品质量的尺度,分析方法是检验产品质量的手段。

油品的理化性质是组成它的各种化合物性质的综合表现,这些性质的测定对评定产品质量、控制石油炼制过程和进行工艺设计都有着重要的实际意义。由于油品组成的复杂性和不确定性,实际中多采用条件性试验。石油产品的理化性质是控制石油炼制过程和评定产品质量的重要指标,也是石油炼制工艺装置设计与计算的依据。由于油品是多种有机化合物的复杂混合物,其组成不易直接测定,而且多数理化性质又不具有加和性,所以对油品理化性质的测定常常采用条件性试验,即使用特定的仪器按照规定的试验条件来测定,这样便于统一标准,使分析数据具有可比性,避免争议。因此,离开了特定的仪器和规定的条件,所测得油品的性质数据就毫无意义。

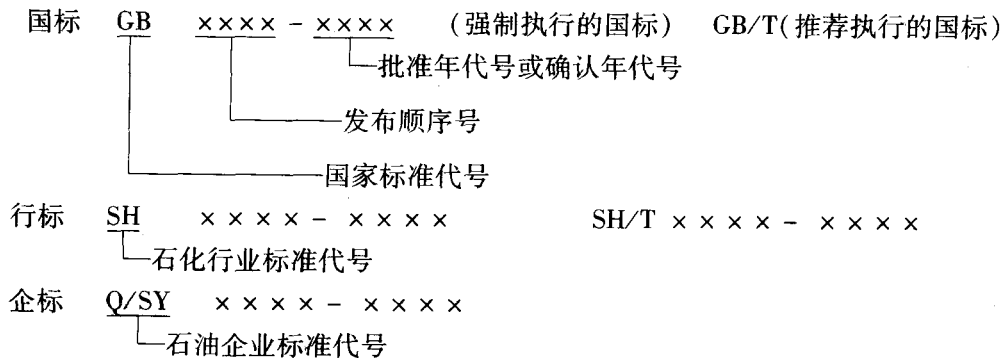
各种油品都是很多种烃类化合物的混合体,它与纯化合物不同,其理化性质随化学组成的不同而有较大差异,石油产品的理化性质是其化学组成的外在体现,也是组成石油产品的各种化合物性质的综合表现,而化学组成则是油品理化性质的内在依据。因此,常常需要提供理化性质和化学组成两个方面的分析数据供生产和科研参考。

虽然理化性质的测定比化学组成的测定容易,但是由于油品是多种烃类化合物组成的混合物,在不同的实验条件下测定它们的密度、馏程、蒸气压等,会得到不同的测试数据。因此,测试的方法往往是条件性的,即只有在指定相同的试验条件下,使用一定的仪器,按规定的操作进行测定,才可能分析出有参考意义的数据。

二、油品分析的特点和方法

选择石油加工工艺流程,提高石油产品质量和设备使用效率,以及了解石油产品的使用性能等,都必须对石油产品进行分析检验。油品加工工艺的过程控制和最终石油产品的性质决定了油品分析的诸多特点。首先要能够保证样品的代表性。从中间过程采取样品或从整批油品中采取少量以供分析检验,都要确保采样操作过程的正确和符合相应的规定。正确选取油品的试样是保证分析结果准确的前提。但在生产条件下,不仅要保证分析结果的准确,还要保证完成分析的速度,对于中间过程控制的分析要求能符合生产的需要,最好快速简便。

目前已经制定了一系列的石油产品质量标准和油品分析的试验方法。石油产品标准包括产品分类、分组、命名、代号、品种(牌号)、规格、技术要求、质量检验方法、检验规则、产品包装、标志、运输、储存、交货和验收等技术内容。油品试验方法标准包括对方法的适用范围、方法概要、使用的仪器、材料、试剂、测定条件、试验步骤、结果计算、精密度等做出的技术规定。根据标准的适用领域和有效范围分为三级:国家标准、行业标准、企业标准。对需要在全国范围内统一的技术要求,要制定国家标准。国家标准由国务院标准化行政主管部门组织制定和颁布,并在全中国范围内统一执行。对没有国家标准而又需要在全国行业范围内统一的技术要求,需要制定行业标准。行业标准由国务院有关行政主管部门制定颁布,并报国务院标准化行政主管部门备案。企业生产的产品如果没有相应的国家标准和行业标准,就需要制定企业标准。企业标准须报当地政府标准化行政主管部门和有关行政主管部门备案。为了提高产品质量,企业可以制定较国家标准或行业标准更为先进的企业标准,但企业标准不得与国家标准或行业标准相抵触。标准的表示和编号方法如下:



第一章 油品基本理化性质的测定

第一节 密度的测定

一、密度和相对密度的概念

1. 密度 单位体积物质的质量称为密度 ρ ，单位 g/cm^3 、 kg/m^3 、 g/mL ，由于密度和温度有关，通常用 ρ_t 表示 t 温度时的密度。国家标准规定 20°C 时石油及液体石油产品的密度为标准密度，其他温度下测得的密度为视密度。根据 GB/T 1885《石油计量表》，可由测得的视密度查表或换算出标准密度。

在温差为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内，油品密度随温度的变化可近似地看做直线关系，故可换算为

$$\rho_{20} = \rho_t + \gamma(t - 20) \quad (1-1)$$

式中 ρ_{20} ——油品在 20°C 时的密度， g/cm^3 ；

ρ_t ——油品在温度 t 时的密度， g/cm^3 ；

γ ——油品密度的平均温度系数，即密度随温度的变化率， $\text{g/cm}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ ；

t ——油品的温度， $^\circ\text{C}$ 。

油品密度的平均温度系数见表 1-1。

表 1-1 油品密度的平均温度系数

密度 $\rho_{20}/(\text{g/cm}^3)$	平均温度系数 $\gamma/(\text{g/cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	密度 $\rho_{20}/(\text{g/cm}^3)$	平均温度系数 $\gamma/(\text{g/cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$
0.700 ~ 0.710	0.000897	0.850 ~ 0.860	0.000699
0.710 ~ 0.720	0.000884	0.860 ~ 0.870	0.000686
0.720 ~ 0.730	0.000870	0.870 ~ 0.880	0.000673
0.730 ~ 0.740	0.000857	0.880 ~ 0.890	0.000660
0.740 ~ 0.750	0.000844	0.890 ~ 0.900	0.000647
0.750 ~ 0.760	0.000831	0.900 ~ 0.910	0.000633
0.760 ~ 0.770	0.000813	0.910 ~ 0.920	0.000620
0.770 ~ 0.780	0.000805	0.920 ~ 0.930	0.000607
0.780 ~ 0.790	0.000792	0.930 ~ 0.940	0.000594
0.790 ~ 0.800	0.000778	0.940 ~ 0.950	0.000581
0.800 ~ 0.810	0.000765	0.950 ~ 0.960	0.000568
0.810 ~ 0.820	0.000752	0.960 ~ 0.970	0.000555
0.820 ~ 0.830	0.000738	0.970 ~ 0.980	0.000542
0.830 ~ 0.840	0.000725	0.980 ~ 0.990	0.000529
0.840 ~ 0.850	0.000712	0.990 ~ 1.000	0.000518

2. 相对密度 油品的相对密度是某温度下液体油品密度与规定温度下纯水的密度的比值，无量纲。我国及东欧各国习惯用 20°C 时油品的密度与 4°C 时纯水的密度之比表示油品的相对密度，其符号用 d_4^{20} 表示。因为纯水在 4°C 时的密度近似等于 1g/cm^3 ，故油品的密度 ρ_{20} 与其相对密度 d_4^{20} 在数值上相等，但二者的物理意义不同，量纲也不同。

各种油品的相对密度大约为：原油 0.65 ~ 1.06；汽油 0.70 ~ 0.77；煤油 0.75 ~ 0.83；

柴油 0.82 ~0.87；润滑油 0.85 以上。

二、密度与化学组成的关系

密度是石油及其产品最基本的物理性质。石油产品的密度取决于组成它的烃类的相对分子质量和分子结构。碳原子数相同的烃类其密度大小的顺序为：芳烃 > 环烷烃 > 烷烃，异构烷烃 > 正构烷烃。同种烃类，密度随沸点升高而增大。当沸点范围相同时，含芳烃越多，其密度越大；含烷烃越多，其密度越小。一般含正构烷烃多的原油其密度较小，而含硫氮氧等有机化合物及胶质、沥青质较多的原油密度较大。密度不仅能直接表征油品特性，还可以间接推算其他物理性质。

三、测定油品密度的意义

1. 用于油品计量 对于容器中的石油产品的计量，都是先测出容积 V 和密度 ρ ，然后根据容积和密度的乘积，计算石油产品的重量。喷气燃料密度的大小影响到飞机油箱中燃料的储备量，燃料的密度越大，在油箱的相同容积中装入的燃料量就越多，续航能力就越大。

2. 用于指导生产 密度的大小可说明石油产品的纯度。密度的大小又与油品的组成有关。因此，可根据密度大致判断产品的成分和原油的类型。

3. 判断油品质量 石油产品在贮运及使用过程中，如发现密度与原测定结果有显著差别时，可帮助我们判断(1)汽油的密度增大，意味着轻馏分蒸发了；(2)当混油时，与轻质石油产品混合，密度变小；(3)误与重质石油产品混合，密度变大。

4. 判断燃料使用性能 喷气燃料的能量特性用质量热值 MJ/kg 和体积热值 MJ/m^3 表示。燃料的密度越小，其质量热值越高。对续航时间不长的飞机，为了尽可能减少飞机载荷，应使用质量热值高的燃料。相反，燃料的密度越大，其质量热值越小，但体积热值大，这种燃料适用于作远程飞行，可减小油箱体积，降低飞行阻力。通常，在保证燃烧性能不变坏的条件下，喷气燃料的密度大一些较好。

四、测定油品密度的方法

测定油品密度的方法通常有密度计法、比重瓶法和密度测定仪法。生产分析中液体石油产品通常使用密度计法。

(一) 密度计法

密度计法测定液体石油产品密度是按 GB/T 1884《原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)》的试验方法进行的，该方法等效采用国际标准 ISO 3675：1998。

国家标准规定了使用玻璃石油密度计(以下简称密度计)在实验测定通常为液体的原油、石油产品以及石油产品和非石油产品混合物的 20℃ 密度的方法。这些液体的雷德蒸气压(RVP)小于 100kPa。本标准适用于测定易流动透明液体上弯月面与密度计干管相切处读数，并用表 1-2 加以修正。

表 1-2 密度计技术要求

型 号	单 位	密度范围	每支单位	刻度间隔	最大刻度误差	弯月面修正值
SY-02	kg/m^3 (20℃)	600 ~ 1100	20	0.2	± 0.2	+0.3
SY-05		600 ~ 1100	50	0.5	± 0.3	+0.7
SY-10		600 ~ 1100	50	1.0	± 0.6	+1.4
SY-02	g/cm^3 (20℃)	0.600 ~ 1.100	0.02	0.0002	± 0.0002	+0.0003
SY-05		0.600 ~ 1.100	0.05	0.0005	± 0.0003	+0.0007
SY-10		0.600 ~ 1.100	0.05	0.0010	± 0.0006	+0.0014

注：可以使用 SY-I 型或 SY-II 型石油密度计。

由于密度计的准确读数是在规定的温度下标定的,在其他温度下的刻度读数仅是密度计的读数(称视密度),而不是在该温度下的密度。密度计测定液体石油产品密度的理论依据是阿基米德原理。测定时将密度计垂直放入液体中,当密度计沉入液体时,排开一部分液体,并受到自上而下的、等于其所排开液体重量的浮力的作用。依照阿基米德定律,当被石油密度计所排开的液体重量等于密度计本身的重量时,则密度计处于平衡状态,即漂浮于液体石油产品中。液体石油产品的密度愈大其浮力愈大,则漂浮于其中的密度计直立得愈高。液体石油产品密度愈小其浮力也愈小,则沉没愈深,密度计露出液面部分就少。当石油产品密度不同时,它下沉的程度也不同,即用同一支密度计测定油品密度,在相同条件下,浸入越多密度越小。密度计上按密度单位刻度,以纯水在4℃时的密度为 1g/cm^3 作为标准刻度标制的。测定时使试样处于规定温度,将其倒入温度大致相同的密度计量筒中,将合适的密度计放入已调好温度的试样中,让它静止。当温度达到平衡后,读取密度计刻度读数和试样温度。用石油计量表把观察到的密度计读数换算成标准密度。如果需要,将密度计量筒及内装的试样一起放在恒温浴中,以避免在测定期间温度变动太大。

根据 GB/T 1884 的规定,密度计应符合标准 SH/T 0316 和表 1-2 中给出的技术要求。要用可溯源于国家标准的标准密度计或可溯源的标准物质的密度作定期检定,至少每五年复检一次。密度计量筒应由透明玻璃、塑料或金属制成,其内径至少比密度计外径大 25mm,其高度应使密度计在试样中漂浮时,密度计底部与量筒底部的间距至少有 25mm。恒温浴要求其尺寸大小应能容纳密度计量筒,使试样完全浸没在恒温浴液体表面以下,在试验期间,能保持试验温度在 $\pm 0.25^\circ\text{C}$ 以内。

用密度计法测定密度在标准温度 20°C 或接近 20°C 时最准确。要在被测样品物化特性合适的温度下取得密度计读数。这个温度最好接近标准温度 20°C 。当密度值是用于散装石油计量时,在散装石油温度或接近散装石油 $\pm 3^\circ\text{C}$ 下测定密度。可以减少石油体积修正的误差。对原油样品,要加热到 20°C ,或高于倾点 9°C 以上,或高于浊点 3°C 以上中较高的一个温度。

读取密度计刻度值时,对测定透明液体,应先使眼睛处于稍低于液面的位置,慢慢地升到表面,先看到一个不正的椭圆,然后变成一条与密度计刻度相切的直线(见图 1-1)。密度计读数为液体下弯月面与密度计刻度相切的那一点。对测定不透明液体,应使眼睛处于稍高于液面的位置观察(见图 1-2)。

密度计读数为液体上弯月面与密度计刻度相切的那一点。如使用 SY-I 型或 SY-II 型石油密度计,仍读取液体上弯月面与密度计干管相切处的刻度。SY-I 型精度比较高,其最小分度值为 0.0005g/cm^3 ,适用于油品计量;SY-II 型精度较低,其最小分度值为 0.001g/cm^3 ,适用于油品的生产

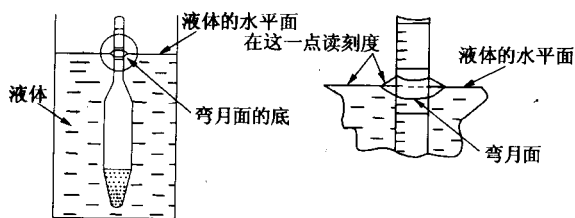


图 1-1 透明液体的密度计刻度读数

分析。对于使用金属密度计量筒测定完全不透明试样时,要确保试样液面装满到距离量筒顶端 5mm 以内,这样才能准确读取密度计读数。

密度计法只能测定液体密度,测定过程简便、迅速,但准确度受最小分度值及测试人员的视力限制,不可能太高。

(二) 比重瓶法

比重瓶法测定油品密度是按 GB/T 2540《石油产品密度测定法(比重瓶法)》的试验方法进行的。该方法适用于测定液体或固体石油产品的密度,但不适宜测定高挥发性液体(如液化石油气等)的密度。

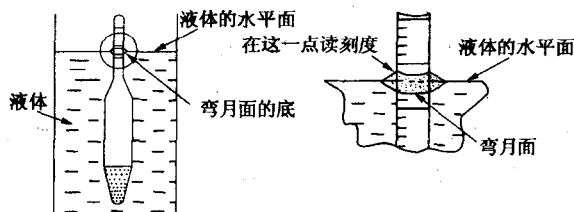


图 1-2 不透明液体的密度计刻度读数

比重瓶法来源于密度的定义,即 $\rho = \frac{m}{v}$ 。要测定密度,就要测定比重瓶的容积,以及测定充满上述容积的石油产品的质量。比重瓶法规定试验在标准温度

20℃下进行。测定比重瓶的容积,先称量空比重瓶,然后称量用水充满至规定标准的比重瓶,这样就可以求出比重瓶内水的质量,用水的质量除以水在 20℃时的密度,即得出比重瓶的容积。测定时将被试验的石油产品充满至该比重瓶的同一标线,并进行称重,即可求出石油产品的质量,而油品的体积为已知,自然可以算出石油产品的密度了。密度是在温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时单位体积的质量,以 g/cm^3 , kg/m^3 单位表示。报告密度时要指明温度,在 20℃时的密度称标准密度,用 ρ_{20} 表示。

比重瓶的瓶颈上带有标线或毛细管磨口塞子,体积为 25mL。如图 1-3 所示,比重瓶有三种形式。(1)磨口塞型。上部带有一磨口塞,中部为一毛细管。除黏性产品外,它对各种试样都适用,通常多用于较易挥发的产品(如汽油等),它能防止试样的挥发。有膨胀室,可用于室温高于测定温度的情况。(2)毛细管塞型。上部为一带有毛细管的锥形塞,它适用于不易挥发的液体,如润滑油,但不适用黏度太高的试样。(3)广口型。上部为一带毛细管的磨口塞。它适用于测定高黏度(如重油等)或固体产品。

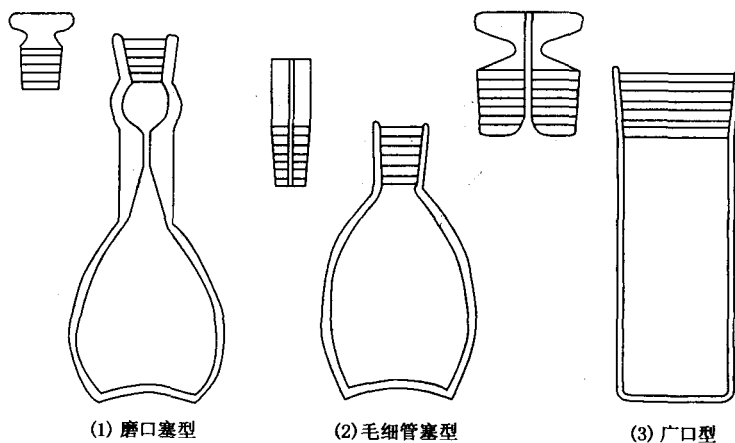


图 1-3 比重瓶

恒温浴要求深度大于比重瓶高度的水浴,能保持水浴温度控制在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以内。

比重瓶 20℃水值的测定,是将清洁干燥并冷至室温的比重瓶称准至 0.0002g,得空比重瓶质量 m_1 。用注射器将新煮沸并经冷却至 18~20℃的蒸馏水装满至比重瓶顶端,加上塞子,然后放入 $(20 \pm 0.1)^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴中,但不要浸没比重瓶或毛细管上端。将上述装有蒸馏水的比重瓶在恒温浴中至少保持 30min。待温度达到平衡,没有气泡,液面不再变动时,将过

剩的水用滤纸吸去。对磨口塞比重瓶，擦去标线以上部分的试样后，盖上磨口塞。取出比重瓶。仔细用绸布将比重瓶外部擦干，称准至 0.0002g。得装有水的比重瓶质量 m_2 。比重瓶的 20℃ 水值可计算为

$$m_{20} = m_2 - m_1 \quad (1-2)$$

式中 m_{20} ——比重瓶 20℃ 的水值，g；

m_2 ——装有 20℃ 水的比重瓶质量，g；

m_1 ——空比重瓶质量，g。

比重瓶的水值应测定 3~5 次，取其算术平均值作为该比重瓶的水值。对明显含有水和机械杂质的试样应除去水和机械杂质，固体石油产品需要粉碎成小块。根据比重瓶使用的频繁情况，一定时期后应重新测定比重瓶的水值。

测定时根据试样选择适当型号的比重瓶。将恒温浴调到所需的温度。将试样用注射器小心地装入已确定水值的比重瓶中，加上塞子，比重瓶浸入恒温浴直到顶部，注意不要浸没比重瓶塞或毛细管上端，在浴中恒温时间不得少于 20min，待温度达到平衡，没有气泡，试样表面不再变动时，将毛细管顶部（或毛细管中）过剩的试样用滤纸（或注射器）吸去，对磨口塞型比重瓶盖上磨口塞，取出比重瓶，仔细擦干其外部，并称准至 0.0002g，得到装有试样的比重瓶质量 m_3 。对固体或半固体试样，最好采用广口型比重瓶，加入半瓶试样，勿使瓶壁污浊。如试样为脆性固体（如沥青），则粉碎或熔融后装入，然后用加热、抽空等办法以除去气泡，冷却到接近 20℃。将上述比重瓶称准至 0.0002g，得到装有半瓶试样的比重瓶质量 m_3 。再用蒸馏水充满比重瓶。并放在 20℃ 的恒温水浴中，恒温时间不少于 20min，待温度达到平衡，没有气泡，液面不再变动后，将毛细管顶部过剩的水用滤纸吸去，取出比重瓶。仔细擦干其外部并称准至 0.0002g，得到装有半瓶试样和水的比重瓶质量 m_4 。

液体试样 20℃ 的密度 ρ_{20} 可按式(1-3)计算为

$$\rho_{20} = \frac{(m_3 - m_1)(0.99820 - 0.0012)}{m_{20}} + 0.0012 \quad (1-3)$$

式中 m_3 ——在 20℃ 时装有试样的比重瓶质量，g；

m_1 ——空比重瓶质量，g；

m_{20} ——在 20℃ 时比重瓶的水值，g；

0.99820——水的 20℃ 密度，g/cm³；

0.0012——在 20℃、大气压为 0.1MPa 时的空气密度，g/cm³。

固体或半固体试样的 20℃ 密度 ρ_{20} 可按式(1-4)计算为

$$\rho_{20} = \frac{(m_3 - m_1)(0.99820 - 0.0012)}{m_{20} - (m_4 - m_3)} + 0.0012 \quad (1-4)$$

式中 m_3 ——在 20℃ 时装有半瓶试样的比重瓶质量，g；

m_1 ——空比重瓶质量，g；

m_{20} ——在 20℃ 时比重瓶的水值，g；

m_4 ——在 20℃ 时装有半瓶试样和水的比重瓶质量，g；

0.99820——水的 20℃ 密度，g/cm³；

0.0012——在 20℃，大气压为 0.1MPa 时的空气密度，g/cm³。

测定极易挥发的和固体或半固体的石油产品的密度时应选择比重瓶法。比重瓶法是测定油品密度最准确的方法之一，而且所用样品量少、测量范围广。