

揭阳职业技术学院

Jieyang Vocational & Technical College

教 案

课程所属系（部）：化学工程系

讲授课程：石油及产品分析

教材名称：石油产品分析

任课教师：赖江钿

专业班级：石油化工技术

授课学期：2025-2026 学年第一学期

2025 年 9 月

“石油及产品分析”课程综述

一、本课程的主要内容

石油及产品分析课程主要围绕石油产品的基础知识、分析方法、实验操作技能以及性能评估等方面展开。介绍石油产品的组成、性质、分类和应用，帮助学生建立对石油产品的整体认识，并深入学习石油产品的多种分析方法，分别通过定量和定性分析石油产品中的成分以及测定其物理性质。

本课程共八章，其主要内容为概述；油品取样；汽油分析；柴油分析；喷气燃料分析；润滑剂分析；天然气、液化石油气和溶剂油类分析；石油蜡、石油沥青分析等。

二、本课程与其他课程的关系

石油产品分析是石油化工技术和应用化学专业学生的专业必修课，该学科具有极高的学科综合性，学生需要掌握取样、制样、仪器使用与维护以及实验数据处理等技能，以确保实验结果的准确性和可靠性。同时能够让学生了解不同石油产品所遵循的标准，并学会通过分析检测来确保产品质量符合要求，大大提高学生的学科综合运用能力。

三、本课程的现状

石油产品分析这门课具有很强的实用性，同时又有严密、系统的理论，是理论与实际密切结合的课程。学习石油产品分析有利于培养学生扎实的理论基础和实践能力，使其能够运用所学知识解决实际问题，为石油及相关行业的发展提供技术支持。我们在讲授基本理论的同时，尽量结合实际应用来分析石油产品的性能，如蒸发性能、燃烧性能、安定性、腐蚀性和低温流动性能等，通过相关指标的测定来评估石油产品的质量和使用性能。在教学方式与方法上，尽量注意采用启发式、研究式教学，特别是重视实验教学，培养学生的动手动脑能力。

四、本课程的发展

石油产品分析课程的发展变革主要集中在石油产品检测标准的发展变革。目前，石油产品分析的教学内容主要集中在石油产品分析标准与质量控制的学习上，同时强调自学与实验，培养学生扎实的理论基础和实践能力，使其能够运用所学知识解决实际问题，为石油及相关行业的发展提供技术支持。

五、本课程的思政教育

本课程思政教育的重点是培养学生树立正确的学习观、就业观、职业观、人生观等主题，每个主题穿插在相应章节课程教学中，在教学引起学生的思考，渗透思政教育元素。并结合石油及产品分析的学科特点，不断挖掘教材中的思政元素，将思政目标与教学内容进行有机结合。

教案编号	01	
授课题目	第1章 概述	
授课学时	4 课时	
课 型	理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 ()	
教学目标	一、了解石油及其产品的任务、作用和分类。 二、掌握油品分析的的任务和标准。 三、熟悉油品分析记录、数据处理及报告。	
教学重点	一、掌握油品分析的的任务和标准。 二、熟悉油品分析记录、数据处理及报告。	
教学难点	一、掌握油品分析的的任务和标准。 二、熟悉油品分析记录、数据处理及报告。	
教学方法	讲授 (<input checked="" type="checkbox"/>); 讨论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 指导 (<input checked="" type="checkbox"/>); 示教 (); 其它 ()	
电子教案	有 (<input checked="" type="checkbox"/>)	Microsoft PowerPoint (<input checked="" type="checkbox"/>); Author ware (); 其它 ()
	无 ()	
教学资源	多媒体 (<input checked="" type="checkbox"/>); 模型 (); 标本 (); 实物 (); 音像 (); 其它 ()	
教学过程 时间安排	第一节 1 课时, 第二节 1 课时, 第三节 2 课时	
思 考 题	第 1 章达标测试	
作 业	课后题	
课程思政元素	明确本课程在石化行业中的作用, 教育学生培养正确的学习态度。	
教学后记		

第1章 概述

第一节 石油及油品

一、石油及其组成

1、石油的定义：

石油又称原油，是从地下深处开采的一种流动或半流动的棕黑色、可燃性的黏稠状液体矿物油。（部分为褐色或暗绿色，少数呈黄色）。

2、石油的成因：

无机论：石油是在基性岩浆中形成的，即石油来源于地幔，是地幔沿着地壳裂隙上涌过程中的衍生物，是地幔发生热膨胀时，在特定的环境中形成的一种新物质。

有机论：各种有机物（如动物、植物），特别是低等的动植物，如藻类、细菌、蚌类、鱼类等，死后埋藏在不断下沉缺氧的海湾、三角洲、湖泊等地，经过物理化学作用，最后形成为石油。

3、石油的一般性状：

1、常规的石油是指流动或半流动的粘稠液体，特殊的原油是固体或者是半固体。

2、原油具有特殊气味，主要是由于其化学组成。

3、原油的相对密度一般都小于1，绝大多数原油的相对密度在0.80到0.98之间，比水轻。

4、石油的组成：

主要元素 C、H（质量分数约占95%-99%）；

微量金属元素（百万分之一）如：铁、钒、镍、铬、铜等等；

微量非金属元素（百万分之一）；

其他元素：硫、氮、氧（1%-5%）

二、油品及油品生产

1、石油加工过程：

一次加工：一次加工产品可以粗略地分为轻质馏分油（沸点约在370℃以下的馏分油，如粗汽油、粗煤油，粗柴油等）、重质馏分油（沸点约为370~540℃的馏分油，如重柴油、各种润滑油馏分、裂化原料等）。

二次加工：是原油的深加工，即将一次加工得到的馏分再加工成商品油。其加工装置有延迟焦化、催化裂化、加氢裂化、加氢精制和催化重整等。

三次加工：是对二次加工所得的有关气体以及裂解原料等进行的再加工，包括烃类烷基化、异构化等加工工艺。

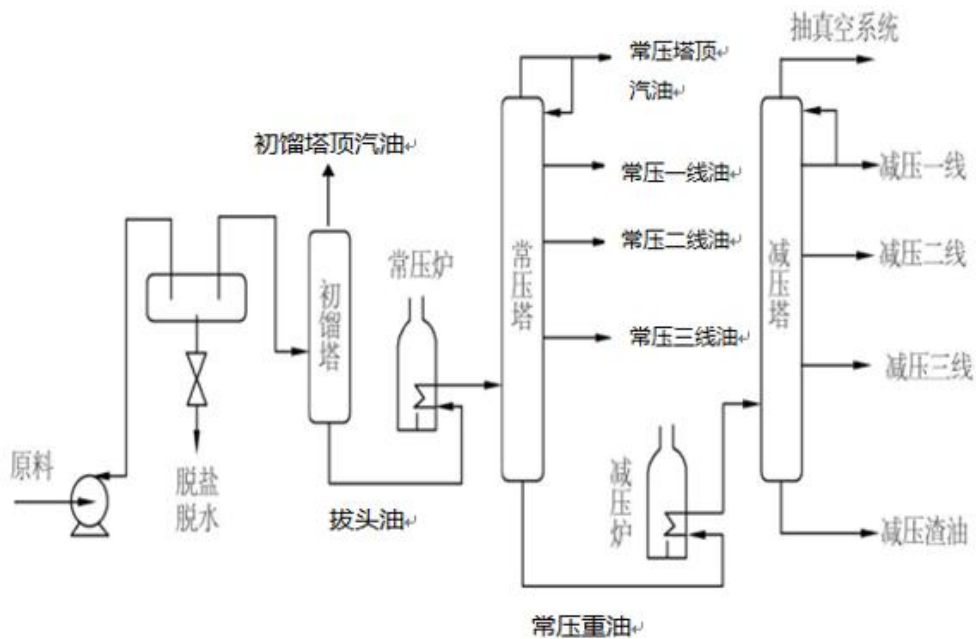
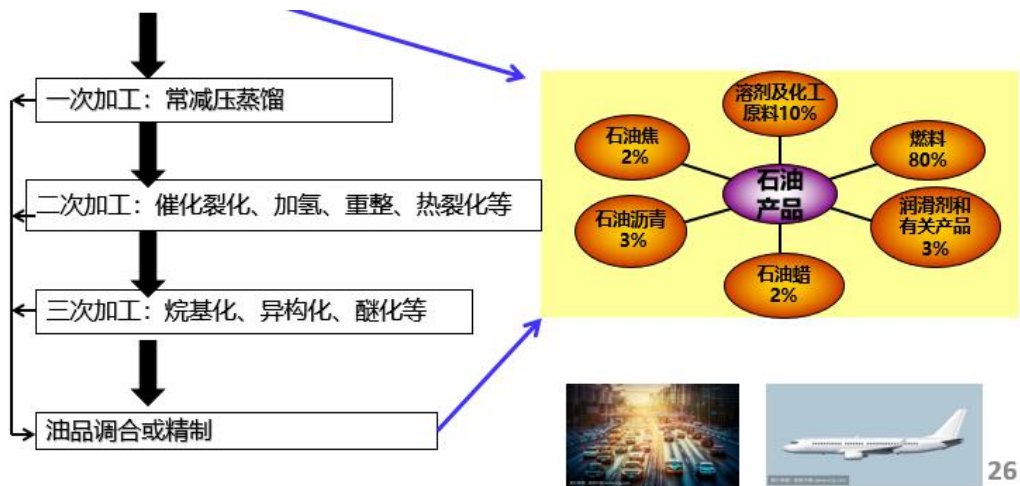


图1-1 原油常减压蒸馏装置的工艺流程简图

2、原油加工方案和原油评价：

原油的加工方案：根据原油的性质和市场需求来确定原油生产什么产品,用什么样的加工过程来生产这些产品。

原油评价：是根据原油性质确定某一原油应如何炼制,从而制定合理的加工方案,为新炼厂设计确定生产流程提供基本数据,并为现有炼厂指出改进方向。

三、油品分类

1、石油产品及石油化工产品：

石油产品：汽油、沥青、润滑油、煤油、石油焦

石油化工产品：乙烯、塑料、苯、合成纤维

2、石油产品分类：

石油产品的种类繁多，有 800 余种，且用途各异。为适应石油产品规格国际化的需要，我国参照国际标准 ISO / DIS 8681 和 ISO 6743/0，制定了 GB/T 498-2014《石油产品及润滑剂的总分类》可分为 5 大类。

表1-2 石油产品总分类 (其类别名称是按各类产品英文名称的一个前缀字母而确定的)

类别	类别含义	英文
F	燃料，又分4组：气体燃料G，液体气体燃料L，馏分燃料D，残渣燃料R	fuels
S	溶剂和化工产品	solvents and raw materials for the chemical industry
L	润滑剂和有关产品	lubricants, industrial oils and related products
B	沥青	waxes
W	蜡	bitumen

燃料：

石油燃料是指用来作为燃料的各种石油气体、液体的统称。

- 按 GB/T 12692.1-2010《石油产品燃料(F类)分类第 I 部分总则》可分为 5 组。
- 石油燃料约占全部石油产品的 90% (质量分数)，而发动机燃料是占比最大的品种。
- 2009 年中国成品油消费合计 221Mt (汽油为 67.05Mt，喷气燃料为 14.97Mt，柴油为 138.60Mt)。

溶剂和化工原料：

- 溶剂是对某些物质起溶解、稀释、洗涤和提取作用的轻质石油产品
- 溶剂是由原油直馏轻质馏份、精制而得，不含任何添加剂
- 国产溶剂主要有五种:油漆及清洗用溶剂油、植物油抽提溶剂、橡胶工业用溶剂油、油漆 T 业用溶剂油和航空洗涤汽油

➢ 溶剂油[GB/T 1992—80 (88)]和 6 号抽提溶剂油 (GB 16629—1996)，广泛用作精密机件清洗、香料及植物油浸出工艺的抽提溶剂、化学试剂、医药溶剂、橡胶溶剂、油漆溶剂等

- 溶剂馏分轻、蒸发性强，属于易燃品

润滑油和有关产品：

- 润滑剂包括润滑油和润滑脂，GB/T 7631.1-2008 将润滑剂分为 18 组

沥青：

- 以减压渣油为主要原料制成的一类石油产品
- 黑色固态或半固态粘稠状物质，主要含有可溶于氯仿的烃类及非烃类衍生物
- 我国石油沥青系列主要为道路沥青、建筑沥青、乳化沥青和专用沥青
- 广泛用于铺设道路、建筑工程、水利工程、管道防腐、电气绝缘和油漆涂料等方面

➤道路沥青产量逐年上升，目前约占 70%，其次是建筑沥青，约占 20%

石油蜡：

➤是由含蜡馏分油或渣油经加工精制而得的一类石油产品，包括液体石蜡、凡士林(石油脂)、石蜡、微晶蜡(地蜡)和特种蜡 5 个系列。

➤广泛应用于轻工、化工，日用化学、食品和医药医疗等部门

➤也用于机械、电子、冶金和国防等高科技领域。

四、油品命名

石油产品分类标准中采用统一格式命名，整体名称以一组符号表示。其组成如下：

类别 — 品种 — 数字

- 类别：石油产品和有关产品的类别用一个字母表示（见表1-1），该字母与其他符号用半字线“—”相隔。
- 品种：由一组英文字母组成，其首字表示组别，后面的字母单独存在时是否有含义，在有关组别或品种的详细分类标准中给予明确规定。
- 数字：位于产品名称最后，其含义也规定在有关标准中。

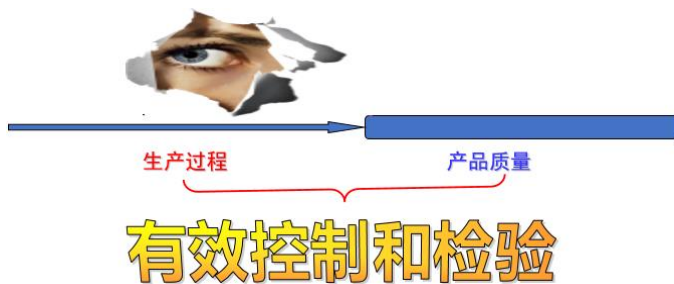
第二节 油品分析的任务及标准

一、油品分析的任务

1、石油产品分析的定义：

石油产品分析简称油品分析，油品分析是用统一规定或公认的方法，分析检验石油和石油产品理化性质和使用性能的科学试验。

2、石油产品分析目的：



3、石油产品分析主要任务：

为确定加工方案提供基础数据；为控制工艺条件提供数据；检验出厂油品质量；评定油品使用性能；对油品质量仲裁

二、油品分析的标准

1、标准的定义：

为了在一定的范围内获得最佳秩序，经协商一致制定并由公认机构批准，共同使用的或重复使用的一种规范性文件。

2、标准的分类与分级：

试验方法标准：根据石油产品试验多为条件性试验，为方便使用和确保贸易往来具有仲裁和鉴定法律约束力而制定的一系列分析方法标准。

石油产品质量标准：将石油产品质量规格按其性能和使用要求规定的主要指标。

按适用领域及有效范围可分为：国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、企业标准

3、我国油品分析标准编号方法分类：

编号的字母（汉语拼音）表示标准等级，带有 T 的为推荐性标准，无 T 的为强制性标准，中间数字为标准序号，末尾的二位或四位数字为审查批准年号，批准年号后面若有括号时，括号内数字为该标准进行重新确认的年号。

在我国主要执行的石油产品标准：

1. 中华人民共和国国家标准（GB、GB/T）
2. 地方标准（DB）
3. 石油和石油化工行业标准（SH）、化工行业标准（HG）
4. 企业标准（Q/SY、Q/SH）

采用国际标准的三种方式：非等效采用、等同采用、等效采用



第三节 油品分析记录、数据处理及报告

一、油品分析记录

1、油品分析记录：

原始记录内容



记录注意事项:

- (1) 记录更改要规范。
- (2) 记录信息量不能太少，表格设计不能过于简单，得能体现原始情况。
- (3) 原始记录试验日期得明确。
- (4) 原始记录得签字。
- (5) 对可能影响检测结果的试验环境条件（包括温湿度等）应在原始记录中给予记录。
- (6) 原始记录中法定计量单位要规范使用。

原始记录填写要求:

油品分析原始记录必须及时、准确、完整、客观；

一般使用固定格式表格，用蓝黑或碳素墨水书写；

不允许追写、重抄、摘录、修饰，以保证其原始性和真实性；

应清晰可辨，不允许贴、刮、描、涂改；

个别确认记错必须改正的数据，应在原始记录上画两道平行线，加盖

本人名章后，在其上方填写更正后的数据；

数据处理应按国家有关标准执行；

相关人员的签名一律使用本人姓名全称。

二、油品数据处理

1、数据处理

(1) 精密度

试验结果的可靠性常用精密度表示。精密度指用同一实验方法对同一试样测定所得两个或多个结果的一致程度。油品分析实验的精密度用重复性和再现性来分析评价。

重复性分析：指在相同实验条件下（同一操作者、同一仪器、同一实验室）下，在短时间间隔，按同一方法对同一试样进行重复测定，所得两个结果在规定置信水平（95%置信度）下的允许差值，

用 r 表示；当两个结果之差 $>r$ 时结果存疑。此时至少要取得三个以上的结果（包括最先两个结果），然后计算最分散结果（最大值与最小值之差）和其余结果的平均值之差，将其差值与方法要求的 r 值比较。

再现性分析：再现性是指在不同的试验条件（不同操作者、不同实验室）下，使用相同类型仪器，按同一方法对同一试样进行测定所得结果，在规定置信水平（95%置信度）下的允许差值，用 R 表示；当两个结果差值 $\leq R$ 则认为这两个结果是可接受的，可取这两个结果平均值作为测定结果，若其差值大于 R ，两者均可疑；此时需要两个实验室至少得到 3 个可接受的结果，然后计算所有可接受结果的平均值之差，再用 R' 代替 R 判断再现性。

(2) 数字修约

有效数字的修约规则：4舍6入5成双

修约规则	修约实例		说明
	修约前	修约后	
6要入 4要舍	5.7261 5.7241	5.73 5.72	包括6及6以上 包括4及4以下
5后有数就进一 5后无数看左方 左为奇数需进一 左为偶数全舍光	5.7251 5.735 5.725	5.73 5.74 5.72	即或进或舍，以结果为偶数为准。 另外，“0”为偶数
不论修约多少位， 都需一次修得当	5.73467	5.73	不要依次修约： 5.73467→5.735→5.74

0.5 单位修约：0.5 单位修约是指按指定修约间隔对拟修约的数值 0.5 单位进行的修约。

0.5 单位修约方法如下：将拟修约数值 X 乘以 2，按指定修约间隔对 $2X$ 依进舍规则的规定修约，所得数值（ $2X$ 修约值）再除以 2。

0.2 单位修约：0.2 单位修约是指按指定修约间隔对拟修约的数值 0.2 单位进行的修约。

0.2 单位修约方法如下：将拟修约数值 X 乘以 5，按指定修约间隔对 $5X$ 依进舍规则的规定修约，所得数值（ $5X$ 修约值）再除以 5。

三、油品分析报告

1、分析报告

试验或检验报告是实验室检验工作的“最终产品”，也是实验室工作质量的集中体现并直接关系到客户的切身利益，因此试验（检验）报告“应当内容真实齐全、数据准确，结论明确；禁止伪造报告或者其数据、结果”。

油品分析全部工作结束后，要形成分析报告，出库油品则形成产品合格证；

油品分析报告必须打印，不得更改，正本发送，副本存档。

××炼油厂产品分析报告			
单位	××炼油厂	采样时间	2018/11/20 10:30
采样地点	××炼油厂	样品名称	车用汽油(VIA)
批号/油位	1308cm	批重(吨)	3467
执行标准	GB 17930-2011	等级/牌号	92号
研究法辛烷值(RON)			93.1
初馏点			°C 35.4
10%蒸发温度			°C 57.8
50%蒸发温度			°C 95.6
90%蒸发温度			°C 156.6
终馏点			°C 195.2
全馏			% (V/V) 97.5
残留量			% (V/V) 1
蒸气压			kPa 53
未洗胶质含量(加入清净剂前)			mg/100mL <0.5
溶剂洗胶质含量			mg/100mL <0.5
诱导期			min
硫含量			mg/kg 2.8
硫醇(博士试验)			通过
铜片腐蚀			级 1a
水溶性酸或碱			无

某石化公司炼油厂产品合格证			
产品名称: 石油苯S35		GB/T 3405-2011	R56.11-320/A
贮存罐号: 284		分析日期: 2013/06/25	留样号: 19
接收单位:		出厂日期:	出厂经办人:
项目名称	质量指标	实际质量	试验方法
外观, 透明液体, 无不溶及机械杂质	合格	合格	目测
颜色 (铂钴色号)/号	≤20	≤15	GB/T 3143-1982(2004)
纯度 (质量分数)/%	≥99.80	99.83	ASTMD 4492-2010
甲苯含量 (质量分数)/%	≤0.10	0.05	ASTMD 4492-2010
非芳烃含量 (质量分数)/%	≤0.15	0.12	ASTMD 4492-2010
噻吩含量 (质量分数)/%	报告	0.3	ASTMD 1685-2005
酸洗比色/ (g K ₂ Cr ₂ O ₇ /L ⁻¹)	≤0.20	0.15	GB/T 2012-1989(2004)
总硫含量/ (mg·Kg ⁻¹)	≤2	1.0	SH/T 0253-1992
结晶点 (干基)/°C	≥5.35	5.22	GB/T 3145-1982(2004)
密度 (20°C)/(kg·m ⁻³)	报告	878.3	GB/T 2013-2010
中性试验	中性	中性	GB/T 1816-1997(2004)
检查部门盖章:	检查员:	审核人:	

教案编号	02	
授课题目	第2章 油品取样	
授课学时	4 课时	
课 型	理论 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 实验 () ; 见习 () ; 实训 () ; 其它 ()	
教学目标	一、掌握油品取样的目的、意义、定义和油品分类。 二、理解并掌握油品取样的设备和取样方法。 三、了解油品取样的操作过程。 四、掌握油罐取样和试样的处理与保存。	
教学重点	一、理解并掌握油品取样的设备和取样方法。 二、了解油品取样的操作过程。 三、掌握油罐取样和试样的处理与保存。	
教学难点	一、理解并掌握油品取样的设备和取样方法。 二、了解油品取样的操作过程。 三、掌握油罐取样和试样的处理与保存。	
教学方法	讲授 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 讨论 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 指导 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 示教 () ; 其它 ()	
电子教案	有 (<input checked="" type="checkbox"/>)	Microsoft PowerPoint (<input checked="" type="checkbox"/>) ; Author ware () ; 其它 ()
	无 ()	
教学资源	多媒体 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 模型 () ; 标本 () ; 实物 () ; 音像 () ; 其它 ()	
教学过程 时间安排	第一节 2 课时, 第二节 3 课时, 第三节 1 课时	
思 考 题	第 2 章达标测试	
作 业	课后题	
课程思政元素	通过采样案例培养学生积极进取、脚踏实地、甘于奉献、服务社会的职业精神。	
教学后记		

第2章 油品取样

第一节 油品取样介绍

一、取样目的及意义

1、取样的意义

- 取样工作的重要性并不亚于原油分析的本身。
- 取样是指按一定的方法，从一定数量的整批物料中采集少量有代表性试样的一种行为、过程或技术。
- 取样工作的目的是取得物料的特性数值。

2、取样的能力目标

能够根据石油产品取样标准方法进行取样操作；能够正确处理有关取样操作中的技术和安全问题；能够正确处理和保存试样

二、油品分类

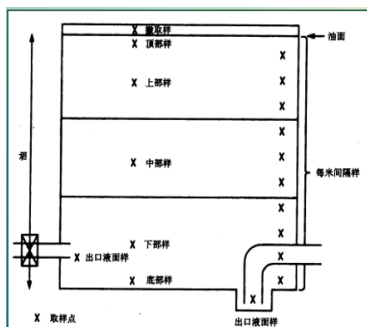
1、按油品性状分类

油品试样是指向给定试验方法提供所需要产品的代表性部分。

一、按油品性状分类				
试样类别	实例	试样类别	实例	
气体试样	液化石油气、天然气	固体试样	可溶性试样	蜡、沥青
液体试样	汽油、柴油、煤油、 润滑油		不溶性试样	石油焦、 硫磺块
膏状试样	润滑脂、凡士林		粉末状试样	焦粉、 硫磺粉

2、按取样位置和方法分类(点样、代表性试样)

(1) **点样**：从油罐中规定位置采取的试样，或者在泵送期间按规定的从管线中采取的试样，它只代表石油或液体石油产品本身的这段时间或局部的性质。



表面样（又称撇取样）：从罐内顶液面处采取的点样。

顶部样：在石油或液体石油产品的顶液面下 150mm 处所采取的点样。

上部样：在石油或液体石油产品的顶液面下其深度的 1 / 6 处所采取的试样。

中部样：在石油或液体石油产品的顶液面下其深度的 1 / 2 处所采取的试样。

下部样：在石油或液体石油产品的顶液面下其深度的 5 / 6 处所采取的试样。

底部样：从油罐底部或者从管线中的最低点处的石油或液体石油产品中采取的点样。

排放样：从排放活栓或排放阀门采取的试样。

出口液面样：从油罐内抽出石油或液体石油产品的最低液面处取得的点样。

罐侧样：从适当的罐侧取样线采取的点样。

(2) 试样：指的是向给定试验方法提供所需产品的代表性部分。油品试样一般指代表性试样。

代表性试样：指按规定从同一容器各部位或几个容器中所采取的混合样品，代表该批石油产品的质量，用以测定油品平均性质。代表性试样的物理、化学特性与取样总体的平均特性几乎一致。

A 组合样：按等比例合并若干个点样，所获得的代表整个油品的试样。组合样常见的类型是由按下述的任何一种情况合并试样而得到的。

①按等比例合并上部样、中部样和下部样（油品均匀时）；

②按等比例合并上部样、中部样和出口液面样（油品均匀时）；

③对于非均匀油品，在多于 3 个液面上采取的一系列点样，按其所代表的油品数量的比例掺和而成；

④从几个油罐或油船的几个油舱中采取的单个试样，以每个试样所代表的总数量成比例地掺和而成；

⑤在规定间隔从管线的流体中采取的一系列等体积的点样混合，又称时间比例样；

B 全层样：取样器在一个方向上通过整体液面，使其充满约 3/4（最大 85%）流体时所取得的试样。

C 例行样：将一个容器从油品顶部降落到底部，然后再以相同的速度提升到油品的顶部，提出液面时容器应充满约 3/4，这样取得的试样即为例行样。

D 间歇样：由在泵送操作的整个期间内所取得的一系列试样合并而成的管线样。

三、取样设备

1、试样容器（用于盛装试样的器皿，它具有足够的强度、刚度以及密封性和耐腐蚀性，而且还要具有一定的使用寿命）

(1) 玻璃瓶：有软木塞、玻璃塞或是配有耐油垫片的塑料或金属螺旋帽。

(2) 油听：用镀锌铁皮制成，并应有冲压的接缝或焊缝，焊缝应用松香焊剂在油听的外表面焊接。

2、取样原则

(1) 用于试验的试样，必须对被取样油品具有代表性。要保证做到这一点，有许多必须注意的事项。它们取决于石油和液体石油产品的特性，被取样的油罐和管线以及对试样要进行试验的性质。

(2) 当油罐内样品是静止状态时才能够进行取样操作。为了从一个内含物是静止的油罐中采取代表性试样，通常采取上部样、中部样和下部样，并按规定方法混合，以制备一个单一的组合试样。必要时，也可以取 3 次以上试样，以获得代表性的组合样。

3、取样方法

- (1) 立式油罐取样
- (2) 卧式油罐取样
- (3) 油船或驳船的取样
- (4) 油罐车取样
- (5) 桶或听取样
- (6) 管线取样
- (7) 油罐残渣和沉淀物取样
- (8) 非均匀石油或液体石油产品的取样

第二节取样操作过程

一、油罐的采样

1、立式油罐的采样

在取立式油罐点样时，可以降落取样器或瓶，直到其口部达到要求的深度后，打开塞子，在要求的液面处保持取样器直到充满为止，提出取样器。在采集单个立式油罐的组合样时，按等比例合并上部样、中部样和出口液面样。采集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。

注意：油罐内液体的取样，必须使罐内液体是静止状态才能取样，原油和重油应放出底部的游离水。

取样实施步骤：

(1) 采取点样：

采取顶部样：站在上风口，保持取样导线牢固接地，打开计量孔(检尺口)盖，小心降落不盖塞子的取样器，直到其颈部刚刚高于液体表面，再突然地将取样器降到液面 150mm 处，当气泡停止冒出表示取样器充满时，将其提出。打开试样容器，向其倒入油样冲洗至少一次，倒入废油桶中；再向

其倒入 500mL 油样作为试样，将取样器中剩余油样倒入废油桶中，即为顶部样。

采取上部样：站在上风口，将取样器的塞子盖好，保持取样导线牢固接地，打开计量孔盖，用取样绳沿检尺槽将取样器口部降落到距顶液面 1/6 处，拉动采样绳，打开取样器盖，静止片刻(或观察到液面气泡消失为止)，在该液面深度处保持取样器直到充满为止，将其提出。打开试样容器，向其中倒入油样冲洗至少一次，倒入废油桶中;再向其中倒入 500mL 油样作为试样，将取样器中剩余油样倒入废油桶中，即为上部样。

采取中部样和下部样：按上述方法，在取样器口部降落到距顶液面 1/2 和 5/6 处，取得中部样和下部样。

(2) 采取组合样：

除非有特殊要求才制备用于试验的组样。否则，就按上述介绍的方法，依次采取上部样、中部样和下部样，再分别将采取的油样向 1L 试样容器中倒入近 300mL 油样, 3 份油样等比例混合后，即为此油罐的组样。注意保证试样容器留有至少 10%用于膨胀的无油空间，以便使油样充分混合。

(3) 整理仪器：

取样完毕，盖好检尺口盖，整理好取样绳和试样容器，将油样带离油罐区。

(4) 封存试样：

根据封存或化验要求，取样要充足并做好油品状态标识。对于留存备用的试样，要贴好标识，标明取样地点、取样日期、石油或石油产品的名称和牌号、试样所代表的数量罐号、试样的类型等，并保持封签完整。



2、卧式油罐取样

(1) 卧式油罐的点样方法与上述立式油罐相同，但必须按油品深度的不同，按此表在指定部位取样；制备组样时，按此表规定的比例进行混合即可。

液体深度 (直径的百分数)	取样液面 (罐底上方直径的百分数)			组样 (比例的份数)		
	上部	中部	下部	上部	中部	下部
100	80	50	20	3	4	3
90	75	50	20	3	4	3
80	70	50	20	2	5	3
70		50	20		6	4
60		50	20		5	5
50		40	20		4	6
30			15			10
20			10			10
10			5			10

(2) 在油罐容积不大于 60m³ 或油罐容积大于 60 m³ 而油品不超过 2m 时，可在油品深度的 1/2 处采集一份样品。

(3) 如果油罐容积大于 60 m³ 且油品深度超过 2m 时，在油品体积的 1/6、1/2 和 5/6 液面处各采取一份样品，混合后作为试样。

3、油罐车取样

把取样器降到油罐车罐内油品深度的二分之一处。以急速的动作拉动绳子，打开取样器的塞子，待取样器内充满油后，提出取样器。

4、油罐残渣取样

罐底残渣是一层软且黏稠的沉淀物。不同厚度的残渣，其取样方法不同。厚度大于 50mm 的软残渣使用重力管取样器;厚度不大于 50mm 的软残渣，使用沉淀物取样器;硬残渣则选用撞锤管取样器等合适的工具。

5、桶和听取样

将桶口或听口向上放置，打开盖子。先用待取样润洗取样管,方法是用拇指封闭清洁干燥的取样管上端，把管子插进油品中约 300mm 深，移开拇指，让油品进入取样管，再用拇指封闭上端，抽出取样器，水平持管，此时避免触摸管子已浸入油品中的部分,润洗取样管内表面，将润洗液排掉并排净管内油品。再用同样的方法取样，取出的油品转入试样容器中，然后封闭试样容器，放回桶或听盖，拧紧。对容量少于 20L 的听装容器，需将其全部内含物作为试样。

6、管线取样

管线样有输油量比例和时间比例两种。

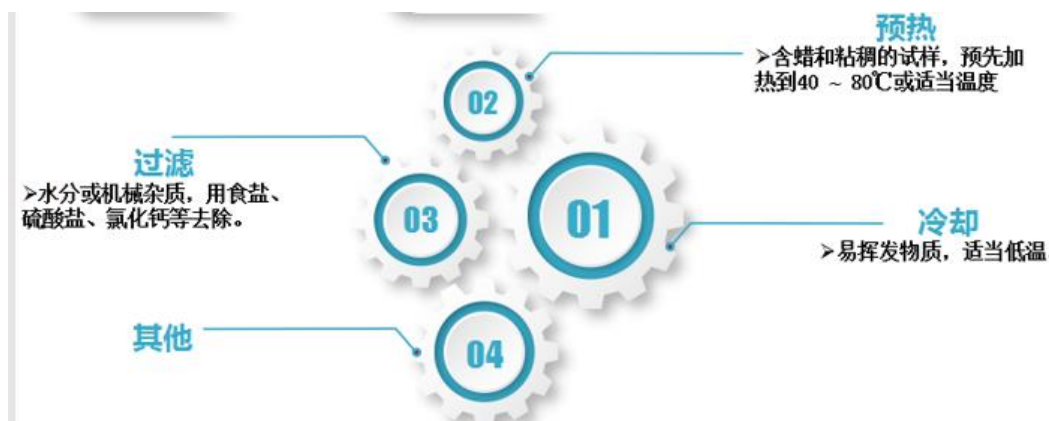
1、管线输油量比例样取样规定	
输油量	取样规定
不超过1000m ³	在输油开始时（罐内油品流到取样口时）和结束时（停止输油前10min）各1次
1000~10000m ³	在输油开始时1次，以后每隔1000m ³ 取样1次
超过10000m ³	在输油开始时1次，以后每隔2000m ³ 取样1次

2、管线时间比例样取样规定	
输油时间	取样规定
不超过1h	在输油开始时和结束时各1次
1~2h	在输油开始、中间和结束时各1次
2~24h	在输油开始时1次，以后每隔1h取样1次
超过24h	在输油开始时1次，以后每隔2h取样1次

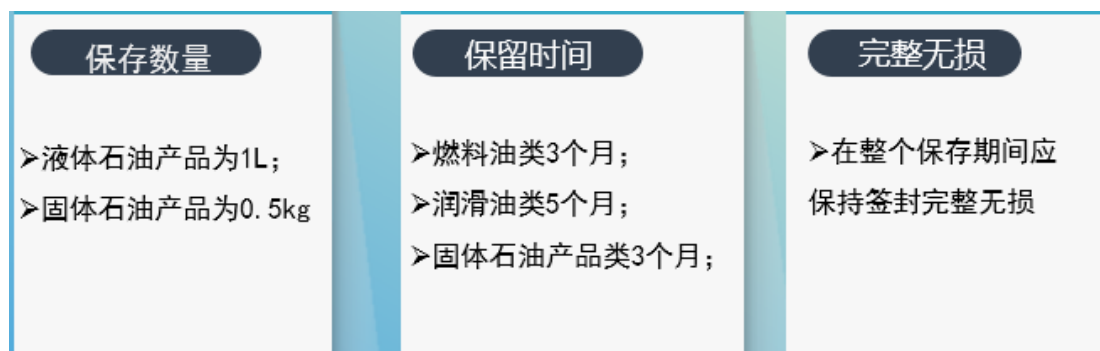
二、试样的处理与保存

1、样品处理

试样处理是指在试样取出点到分析点或贮存点之间对试样的均化、转移等过程。试样处理要保持试样的性质和完整性。



2、样品保存



三、取样安全

1、一般注意事项



2、取样前安全注意事项

(1) 取样人员应知道取样工作中的潜在危险, 要进行遵守安全注意事项的教育。

- (2) 严格遵守包括进入危险区域的全部安全规程。
- (3) 戴好安全帽、护目镜、穿戴好静电工作服、手套、工作鞋等。
- (4) 消除身体静电荷。
- (5) 雷雨、大风、暴雪等恶劣天气不得进行取样。

3、取样中安全注意事项

- (1) 油罐取样时，应站在上风口，避免吸入油品蒸气。
- (2) 必须下到浮顶取样时，应至少两个人戴上呼吸器在现场；
- (3) 若一人取样时，应有其他人员站在楼梯头处，可清楚看到取样者，以防发生意外。
- (4) 取样时，应戴不溶于烃类的防护手套，在有飞溅危险的地方，要戴眼罩或面罩。
- (5) 应使用导电、不打火花材料制成的绳索。
- (6) 需要照明时，应使用防爆手电。
- (7) 在可能存在易燃气体的区域不得穿易产生火花的鞋。
- (8) 应穿防静电的衣服，不得穿人造纤维制成的衣服。
- (9) 防止硫化氢中毒。

四、其他油品取样

1、固体和半固体石油产品取样

常见的固体、半固体石油产品有凡士林、石蜡、沥青、硫磺等。

(1) 取样标准：石油产品中固体和半固体产品的取样方法执行 SH/T 0229-1992（2004）《固体和半固体石油产品取样法》参照采用 TOCT 2517-1969 石油产品取样法。无论从采样工具和采样方法，都要保证样品的完整性和代表性。

(2) 取样工具：采取膏状或粉状石油产品试样时，使用螺旋形钻孔器或活塞式穿孔器，其长度有 400mm(用在铁盒、白铁桶或袋子中取样)和 800mm(用在大桶或鼓形桶中取样)两种。在活塞式穿孔器的下口，焊有一段长度与口部直径相等的金属丝。采取固体石油产品试样时，使用刀子(用于可熔化的石油产品)或铲子(用于不能熔化的石油产品)。

(3) 取样要求：

- 1.根据分析任务确定合适的取样量。
- 2.取样工具和容器必须清洁。采取试样前应该用汽油洗涤工具和容器，待干燥后使用。
- 3.用来掺和成一个平均试样时，允许用同一件取样器或钻孔器取样，这件工具在每次取样前不必洗涤。采取试样用的工具和装贮试样用的容器，使用后必须用汽油洗净，经过晾干，收藏妥当。

(4) 取样方法：

A 膏状石油产品的取样

取样件数：小容器中的膏状石油产品，要按包装容器总件数的 2%（但不应少于 2 件）采取试样，取出试样要以相等体积掺和成一份平均试样。车辆运载的大桶、木箱或鼓形桶按总件数的 5% 采取平均试样。

取样：将执行取样的容器顶部或盖子朝上立起，用抹布擦净顶部或盖子，取下的顶盖表面朝上，放在包装容器旁边。然后，从润滑脂表面刮掉直径 200mm，厚度约 5mm 的脂层。从每个取样容器中，采取相等数量试样，将其装入一个清洁而干燥的容器里，用小铲或棒搅拌均匀（不要熔化）。取出试样后，白铁桶、铁盒、木箱要用盖子盖好，大桶、鼓形桶要把顶盖装好。

B 可溶性固体石油产品的取样

取样：打开桶盖或箱盖(方法同前)，从石油产品表面刮掉直径 200mm，厚度约 10mm 的一层，利用灼热的刀子割取一块质量约 1kg 的试样。从每块试样的上、中、下部分别割取 3 块体积大约相等的小块试样;将割取的小块试样装在一个清洁、干燥的容器中，由实验室进行熔化，注入铁模。

C 粉末状石油产品的取样

取样件数：包装中的粉末状石油产品，要按袋子总件数的 2%或按小包总件数的 1%(但不应少于两袋或两包)采取试样，取出的试样要以相等体积掺和成一份平均试样。

取样：从袋子或小包中取样时，将穿孔器插入石油产品内，使穿孔器通过整个粉层，将取出的试样装入一个清洁、干燥的容器中，搅拌均匀。随后，将袋或包的缺口堵塞。

D 散装不溶性固体石油产品的取样

取样：不溶性固体石油产品在成堆存放或在装车和卸车时，按规定用铲子采取试样，取出的试样要以大约相等的数量掺和成一份平均试样。不允许用手任意选取几块固体石油产品作为试样。目视大于 250mm 的块料，不能作为试样。将取出的试样装入一个箱子里，拌匀后用盖子盖好。在 24h 内将试样捣碎成不大于 25mm 的小块。将试样捣碎，执行四分法直至试样质量达到 2-3kg 为止。

(5) 试样的保管和使用：

1.按规定所采取的膏状石油产品试样，要分装两个清洁、干燥的牛皮纸袋或玻璃罐中，一份试样作为分析之用，另一份试样留在发货人处保存两个月，供仲裁试验时使用。

2.装有试样的玻璃罐要用盖子盖严，可用牛皮纸或羊皮纸封严。

3.在每个装有试样的玻璃罐上或纸包上，要把叠成两折的细绳固定在贴上标签的地方，细绳的两个绳头要用火漆或封蜡粘在塞子上，盖上监督人的印戳。

标签必须写明：产品名称和牌号，发货工厂名称或油库名称；取样时货物的批号或车、铁盒、大桶和运输等编号；取样日期；石油产品的国家标准、行业标准或技术规格的代号。

2、石油沥青取样

1.取样数量要求

(1) 液体沥青样品量

常规检验样品 1L (沥青乳液 4L) ;

桶中取样 1L, 从贮罐中取样 4L。

(2) 粘稠或固体沥青取样量为 1~2kg;

2.盛样器根据沥青的品种选择

(1) 液体或粘稠沥青采用广口、密封带盖的金属容器 (如锅、桶等) ;

(2) 乳化沥青也可使用广口、带盖的聚氯乙烯塑料桶;

(3) 固体沥青可用塑料袋, 但此塑料袋需有可靠的外包装, 以便携带。

3.取样方式

(1) 从贮油罐中取样

①无搅拌设备的贮罐

液体沥青或经加热已经变成流体的粘稠沥青取样时, 应先关闭进油阀和出油阀, 然后取样。用取样器按液面上、中、下位置 (液面高各为 1/3 等分处, 但距罐底不得低于总液面高度的 1/6) 各取 1~4L 数量样品。每层取样后, 取样器应尽可能倒净。

②有搅拌设备的贮罐

将液体沥青或经加热已经变成流体的粘稠沥青充分搅拌后, 用取样器从沥青层的中部取规定数量试样。

(2) 从槽车、罐车、沥青洒布车中取样

①设有取样阀时, 可旋开取样阀, 待流出至少 4L 后再取样。

②仅有放料阀时, 应在出料一半时再取样。

③从顶盖处取样, 可用取样器从中部取样。

(3) 从油轮和驳船中

①在卸料前取样同罐中取样。在装料或卸料过程中取样时, 应在整个装卸过程中, 要按时间间隔均匀地取至少 3 个 4L 样品, 然后将这些样品充分混合后取 4L 样品作为试样。

②从容量 4000m³ 或稍小的油轮和驳船中取样, 应在装料或卸料中过程, 时间间隔均匀地取至少 5 个样品 (容量大于 4000m³ 至少取 10 个 4L 样品), 将这些样品充分混合后取 4L 样品作为试样。

(4) 半固体或未破碎的固体沥青取样

从桶、袋、箱装或散装整块中取样, 应在表面以下及容器侧面以内至少 5cm 处采取。如沥青

能够打碎，可用一个干净的工具将一沥青打碎后取中间部分试样；若沥青是软的，一个干净的适宜工具切割取样。

(5) 碎块或粉末状固体沥青取样

散装贮存的沥青应按规定方法取样和准备检测用样品，总样量不少于 25kg,再从中取出 1~1.5kg 供检测用。装在桶、袋、箱中的沥青，按随机取样的原则挑选出若干件，从每一件接近中心处取出至少 0.5kg 样品。这样采集的总样量应不少于 20kg，然后按 SH/T 0229 中规定方法从中取出 1~1.5kg 供检测用。即应在 24 小时内将试样捣碎成不大于 25mm 的小块，试样捣碎后，按四分法缩分至试样质量达到 1~1.5kg 为止。

4. 取样数量

同一批生产的产品：随机取出一件按上述取样方式取 4kg 供检验用。

非同一批生产的产品：随机取样的原则，选出若干件后按上述规定取样方式取样。每个样品的质量应不少于 0.1kg，这样取出的样品，经充分混合后取出 4kg 供检验用。

装载件数	选取件数	装载件数	选取件数
2 ~ 8	2	217 ~ 343	7
9 ~ 27	3	344 ~ 512	8
28 ~ 64	4	513 ~ 729	9
65 ~ 125	5	730 ~ 1000	10
126 ~ 216	6	1001 ~ 1331	11

教案编号	03	
授课题目	第3章 汽油分析	
授课学时	4 课时	
课 型	理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 ()	
教学目标	一、了解汽油的组成、分类、规格、牌号和用途等相关知识。 二、掌握汽油技术指标要求及指标作用。 三、掌握汽油典型指标检验方法,并熟悉其测定影响因素。	
教学重点	一、掌握汽油技术指标要求及指标作用。 二、掌握汽油典型指标检验方法,并熟悉其测定影响因素。	
教学难点	一、掌握汽油技术指标要求及指标作用。 二、掌握汽油典型指标检验方法,并熟悉其测定影响因素。	
教学方法	讲授 (<input checked="" type="checkbox"/>); 讨论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 指导 (<input checked="" type="checkbox"/>); 示教 (); 其它 ()	
电子教案	有 (<input checked="" type="checkbox"/>)	Microsoft PowerPoint (<input checked="" type="checkbox"/>); Author ware (); 其它 ()
	无 ()	
教学资源	多媒体 (<input checked="" type="checkbox"/>); 模型 (); 标本 (); 实物 (); 音像 (); 其它 ()	
教学过程 时间安排	第一节 2 课时, 第二节 1 课时, 第三节 1 课时, 第四节 1 课时	
思 考 题	第 3 章达标测试	
作 业	课后题	
课程思政元素	学习大庆精神和“铁人”精神,汲取“石化人”不断进步的精神营养。	
教学后记		

第3章 汽油分析

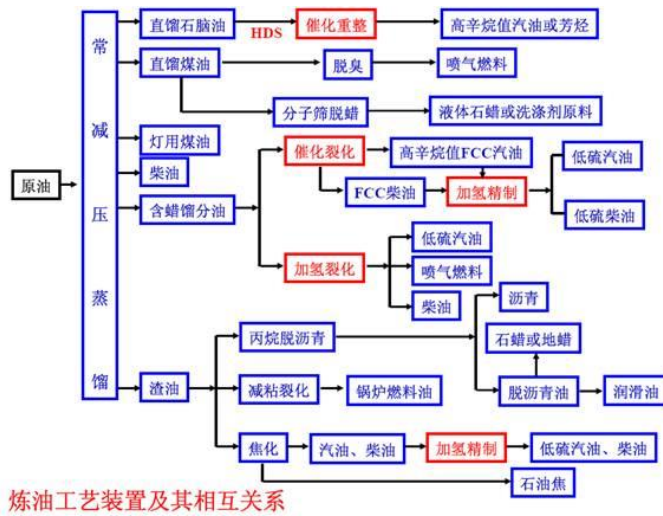
第一节 汽油基础知识

一、汽油种类

1、汽油性质：汽油是沸点范围为 30~205℃，可以含有适当添加剂的精制石油馏分，主要用作汽油机燃料，如摩托车、轻型汽车、快艇、小型发电机及活塞式发动机飞机等。

2、汽油用途：用作汽油机燃料（点燃式发动机）。

3、汽油制备过程：



4、汽油分类：车用汽油、车用乙醇汽油（E10）、航空活塞式发动机燃料（原称航空汽油）

车用乙醇汽油（E10）：是在不添加含氧化合物（含氧添加剂）的液体烃类中加入一定量的变性燃料乙醇后的点燃式发动机燃料。加入变性燃料乙醇的体积分数为 10.0%，故称为 E10。乙醇汽油是一种混合物而不是新型化合物。

二、汽油牌号

车用汽油和车用乙醇汽油（E10）均按研究法辛烷值划分牌号

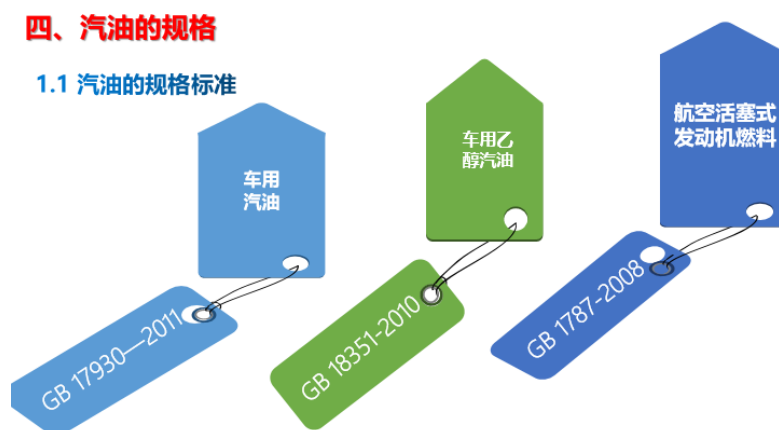


三、储存、选用的注意事项

- 1、储存注意事项：(1) 防火、防爆 (2) 避免质量变化 (3)减少蒸发损失
- 2、选用注意事项：(1) 发动机压缩比 (2) 所在地海拔高度 (3)牌号相近汽油的代用

四、汽油的规格

- 1、汽油的规格标准：



五、车用汽油的技术要求

车用汽油指标变化对比：

施行日期	2017.1.1	2019.1.1	2023.1.1
标准	国V	国VI(A)	国VI(B)
牌号	82 92 95	82 92 95	82 92 95
50%蒸发温度 °C	120	110	110
苯含量(V/V) %	1	0.8	0.8
芳烃含量(V/V) %	40	35	35
烯烃含量(V/V) %	24	18	15
硫含量 (ppm)	10	10	10

第二节 汽油技术要求的分析检验

一、汽油的蒸发性

1、在一定的温度下，汽油由液态转化为气态的能力，称为汽油的蒸发性（或称汽化性），汽油在发动机气缸内，必须要迅速气化并与空气形成均匀的可燃混合气，这主要是由汽油的本身蒸发性所决定；

若汽油具有良好的蒸发性，就容易与空气形成均匀的可燃混合气，进入气缸后燃烧也较完全，使发动机能正常运转。

若汽油的蒸发性太差，就不能在气缸中完全气化，使汽油机功率降低，还会造成启动和加速的困难；

若汽油的挥发性太强，则汽油易在导油管中因气化而形成气阻，最终造成供油不足，在夏季尤其容易发生；

车用汽油对挥发性的质量要求是：保证发动机在冬季易于启动，夏季不易产生气阻，并能充分燃烧。

2、反映挥发性的主要指标是**馏程**和**饱和蒸气压**。

(1) 馏程

馏程：石油产品主要是由多种烃类及少量烃类衍生物组成的复杂混合物，与纯液体不同，它没有恒定的沸点，其沸点表现为一定的温度范围。油品在规定条件下蒸馏，以初馏点和终馏点表示其蒸发特性的温度范围称为馏程。eg:汽油馏程（35℃~205℃）。

初馏点：在规定条件下（100mL）试样进行馏程测定中，第一滴凝液从冷凝器的末端落下的一瞬间所记录的温度，以℃表示。



有关术语

① 回收百分数或回收体积 与温度计读数同时观察到在接受量筒内的冷凝液体的体积，以百分数表示或以毫升表示。

② 最大回收百分数或最大回收体积 在冷凝管继续有液体滴入量筒时，每隔 2min 观察一次冷凝液的体积，直至两次连续观察的体积一致时，报告为最大回收百分数或最大回收体积，以百分数或以 mL 表示。

③ 残留体积分数和损失体积分数

④ 总回收百分数 测得的最大回收百分数和蒸馏瓶中残留百分数之和，以百分数表示。

测定馏程的意义：馏程能大体上表示汽油的沸点范围和蒸发性能，一般用馏程的 10%、50%、90%点馏出温度和终馏点、残留量来反映不同工作条件下汽油的汽化性能。

测定意义：车用汽油馏程各蒸发体积温度的高低，直接反映其轻重组分的相对含量，因此与其

使用性能密切相关。

A 10%馏出温度

a 表示汽油中所含低沸点馏分（轻组分）的多少，决定汽油机的启动性能，与产生气阻的倾向有密切的关系。

b 10%馏出温度越低，表明汽油中所含低沸点馏分越多、蒸发性越强，发动机的低温启动性越好。

c 但 10%馏出温度不能过低，否则轻组分过多，在炎热的夏季或低大气压下工作时，易在输油管内存化形成气阻，中断燃料供应，影响发动机正常工作。

B 50%馏出温度

a 表示汽油的平均蒸发性能，它直接影响发动机的加速性和工作平稳性。与汽油机启动后升温时间的长短，以及汽油机启动后加速是否及时有密切关系。

b 50%馏出温度低，在正常温度下便能较好蒸发，可燃气体混合均匀，从而能缩短汽油机的升温时间，同时还可使发动机加速灵敏、运转柔和。

c 50%馏出温度过高，当发动机需要由低速转换为高速（加大油门提速），供油量急剧增加时，汽油来不及完全气化，导致燃烧不完全，严重时甚至会突然熄火。

d 我国车用汽油质量标准要求不高于 120℃。

C 90%馏出温度和终馏点

a 表示汽油中所含重馏分（高沸点组分）的多少，决定其在气缸中的蒸发完全程度。

b 如该温度过高，说明汽油中含有重质馏分过多，不易保证汽油在使用条件下完全蒸发和完全燃烧

c 这将导致气缸积炭增多，排气冒黑烟，这不仅会增大油耗，降低发动机功率，使其工作不稳定，而且没完全气化的重组分还会冲掉气缸壁的润滑油，进而流入曲轴箱，稀释润滑油，降低其黏度，使其润滑性能变差，这都将加剧机械磨损。

d 我国要求 90%馏出温度不高于 190℃，终馏点不高于 205℃。

(2) 饱和蒸汽压

①基本概念

蒸汽压：在一定温度下，液体分子由于自身热运动蒸发产生蒸气，当液体同其表面上的蒸气处于平衡状态（即单位时间内气化和凝结的分子数相等）时，对应的蒸气产生的压力称为该液体在此温度下的饱和蒸汽压，简称蒸汽压。纯物质的蒸汽压只与物质本身和温度有关。

雷德饱和蒸汽压：试样在 37.8℃用雷德式饱和蒸汽压测定器所测出的蒸气最大压力。

将冷却的试样充入蒸汽压测定器的汽油室，并将汽油室与 37.8℃的空气室相连接。将该测定器

浸入恒温浴（ $37.8^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ），并定期地振荡，直至与测定器上相连接的压力表的压力恒定，压力表读数经修正后即为雷德蒸气压。雷德蒸气压是指在规定条件下，石油产品在雷德式饱和蒸汽压测定器中所显示的压力，以 kPa 表示。

纯物质的饱和蒸气压只与物质和温度有关，与气相、液相的组成无关。石油产品是各种烃类的复杂混合物，其饱和蒸气压不仅与温度有关，还与油品的组成有关。

②影响石油产品饱和蒸气压的因素：

- ➔与温度有关，对于同一油品，温度越高，其饱和蒸气压越大。
- ➔与油品的组成有关，在一定温度下，油品中的轻组分越多，其饱和蒸气压越大。
- ➔与大气压有一定的关系。大气压越大，饱和蒸气压越大。（一般影响较小）。
- ➔还与取样方法、试样保存方式、转样方法、试验方法等因素有关。

饱和蒸气压测定的意义：



③饱和蒸气压指标：

车用汽油饱和蒸气压指标：

秋冬季（11.1~4.30）—RVP $\gt 88$ kPa

春夏季（5.1~10.31）—RVP $\gt 74$ kPa

春夏季（5.1~10.31）—RVP $\gt 65$ kPa

对航空汽油来说，内于高空气压低，燃料中轻质馏分更易蒸发，因此要求其饱和蒸气压比车用汽油的要低得多。我国航空汽油质量标准中规定饱和蒸气压为 27~48 kPa

④蒸汽压的测定

测定标准与适用范围：



方法概要：将冷却的试样充入蒸气压测定器的汽油室，并将汽油室与 37.8° C 的空气室相连接。将该测定器浸入恒温浴(37.8C ± 0.1C)并定期振荡，直至安装在测定器上的压力表读数恒定，压力表读数经修正后即雷德蒸气压

注意事项：在饱和蒸气压测定中，如果没有认真地执行规定的操作步骤，则将产生严重误差，应着重注意以下几点：

- (1) 每三个月左右用标准压力表对数字压力表进行校准，以保证试验结果有较高的准确性；
- (2) 将装在 0~1°C 试样的容器从冷却浴中取出，剧烈摇荡后，放回冷却浴至少 2 分钟。
- (3) 在试验前和试验中，应仔细检查全部仪器是否漏油和漏气；
- (4) 取样和试样的管理应严格执行标准中的规定，避免试样蒸发损失和轻微的组成变化，当测定的项目较多时，雷德蒸气压应是试样分析检验的第一个试验，以防止轻组分挥发损失。试验前绝不能把雷德蒸气压测定器的任何部件当作试样容器使用；
- (5) 按标准规定，彻底冲洗压力表、空气室和油样室，以保证不含有残余试样；
- (6) 仪器的安装必须小心按标准方法中的要求进行操作，不得超出规定的安装时间；空气室排干水的时间要短，不要摇动，防止室温空气与空气室内 37.8°C 空气的对流。
- (7) 控制试样的温度 (0~1°C)，以及测定水浴的温度 (37.8±0.1°C)。
- (8) 对每套新试验弹必须用充水法验其汽油室和空气室的容积比，应为 (1 : 4) ±0.2，空气室的容积应包括从空气室顶端至快速接头的橡胶管的容积。
- (9) 油样应密封保存在冰箱或阴冷处。如有泄漏，油样作废，应重新取样。

二、汽油的抗爆性

1、汽油机的爆震：在正常情况下，油气混合气经电火花点燃后，以火花为中心逐层发火燃烧，平稳地向未燃区传播，火焰速度为 20~40m/s。此时，汽缸内的温度、压力均匀上升，活塞平稳推进。但使用燃烧性能差的汽油时，油气混合物被压缩点燃后，在火焰前锋尚未传播到地方，就已经生成了大量不稳定的过氧化物，并迅速自行分解，形成多个燃烧中心，发生猛烈的爆炸性燃烧，火焰传播速度可剧增至 1000~2500m/s,强大的压力冲击波，猛烈撞击活塞头和汽缸，发出清脆的金属敲击声，这种现象称为汽油机爆震，俗称敲缸。

2、爆震燃烧：汽油机发生爆震时，火焰速度极快，瞬间掠过，使燃料来不及充分燃烧便被排出气缸，形成黑烟，造成功率下降，油耗增大。同时受高温高压的强烈冲击，发动机很容易损坏，可导致活塞顶或气缸盖撞裂、气缸剧烈磨损及气缸门变形，甚至连杆折断，迫使发动机停止工作。

①爆震燃烧的危害：气缸热损失增大，输出功率降低，剧烈爆震时，汽油机的最大功率会降低 10%左右；机件的磨损增大，发动机过热，甚至使机件烧坏；排气管冒黑烟：燃烧产物离解析出游

离碳：

燃料有效燃烧热值降低，燃料消耗量增加

②爆震燃烧的原因：

未燃混合气的温度超过自燃点，发生爆炸性燃烧，形成多个火焰点；发动机的结构和工作条件；压缩比大，压缩终了时气缸内混合气的温度和压力高，加速未燃混合气中过氧化物的生成和聚积，自燃的倾向增大，易发生爆震；燃料质量：燃料的自燃点低，容易产生爆震现象。

3、抗爆性：衡量燃料是否易于发生爆震的性质称为抗爆性。

汽油的抗爆性是指汽油在发动机中燃烧时，不发生爆震的能力。

车用汽油对抗爆性的要求：车用汽油的辛烷值要求合乎规定，以保证发动机运转正常，不发生爆震，充分发挥功率。

汽油抗爆性的表示方法：车用汽油的抗爆性用研究法辛烷值和抗爆指数来评价。

①研究法辛烷值：

辛烷值：表示点燃式发动机燃料抗爆性的一个约定值。

A 表示方法：辛烷值（Octane number，简称 ON）

在标准单缸发动机中，将待测油品与标准燃料进行对比实验，采用和被测燃料具有相同抗爆性的标准燃料中异辛烷的体积分数来表示。

标准燃料（或称参比燃料）由抗爆性能很高的异辛烷（2，2，4-三甲基戊烷，其辛烷值规定为100）和抗爆性能很低的正庚烷（其辛烷值规定为0）按不同体积分数配制而成。标准燃料中所含异辛烷的体积分数就是标准燃料的辛烷值。

B 辛烷值的测定方法

马达法(Motor method)一马达法辛烷值(Motor octane number，简称 MON)

马达法辛烷值表示车用汽油在发动机重负荷条件下高速运转时的抗爆性。

试验工况：转速 900 r/min，冷却水 100 °C，混合气 150 °C

C 燃料的敏感度

研究法辛烷值和马达法辛烷值之差称汽油的敏感性。

敏感性越低，发动机的工作稳定性越高。

敏感性的高低取决于油品的化学组成，通常烃类的敏感性顺序为： 烯烃>芳烃>环烷烃>烷烃。

②抗爆指数：

抗爆指数是反映车辆在行驶时汽油的抗爆性能指标，又称平均实验辛烷值。可以近似地表示汽

油的道路辛烷值。



提高抗爆指数

- 1、选择良好的原料；改进二次加工工艺：如催化重整、催化裂化等。
- 2、加入高辛烷值组分进行调合。
- 3、添加抗爆剂，常见的抗爆剂有醇类、醚类（如MTBE）、金属类（如MMT）、胺类、酯类、复配类等。

抗爆性与燃料组成的关系：

A 化学组成：

对同族烃类，碳数小，抗爆性好，辛烷值高

碳数相同的各族烃，辛烷值由大到小的顺序为

芳香烃 > 异构烷烃和异构烯烃 > 正构烯烃及环烷烃 > 正构烷烃

B 馏分组成：

同一原油的不同直馏馏分，馏分越轻，辛烷值越高

不同原油沸程相同的馏分，化学组成不同，辛烷值不同

C 调和性能：

烃类互相调合时，调合辛烷值并不一定与其调合比例呈线性关系

烷烃与烷烃或烷烃与环烷烃调合，辛烷值与组成呈线性关系

烷烃与芳烃或烷烃与烯烃的调合，辛烷值与组成不呈线性关系，且多数情况下有增值的效应

一般来说辛烷值并不具有简单的可加性

改善汽油抗爆性的方法：

a 调和高辛烷值的催化裂化汽油或催化重整汽油。

b 调和高辛烷值组分，如烷基化油、MTBE、TAME。

c 对低辛烷值馏分进行改质处理—直馏轻汽油异构化。

d 加入抗爆剂，如四乙基铅（TEL）—剧毒。

4、压缩比与爆震燃烧的关系

汽油机的压缩比越大，所需汽油辛烷值越高；

汽油机的压缩比越大，效率越高，油耗越低。

车型	压缩比	RON	油耗, L/100km
标致504	8.0	90	11.0
北京213	8.2	90	11.0
桑塔纳	8.5	93	9.0
奥迪100	10.0	97	8.7

三、汽油的安定性

油品在储存、运输及使用过程中，保持其质量不发生永久变化，称为油品安定性。

安定性不好的汽油，在储存和输送过程中容易发生氧化反应，形成黏稠、不易挥发的褐色胶状物质，使汽油的颜色变深，甚至会产生沉淀。

1、汽油的化学组成与其安定性的关系：

a 烷烃、环烷烃、芳香烃在常温不易发生氧化反应

b 不饱和烃易发生氧化和叠合反应，生成胶质（汽油本身含有的非烃类和不饱和烃等活性成分，是油品不安定的内在因素）

c 链烯烃 < 环烯烃 < 二烯烃

d 直链 α -烯烃比双键位于中心附近的异构烯烃更不稳定

e 汽油中的含硫化合物、含氮化合物均能促进胶质的形成

f 直馏汽油馏分不含不饱和烃，安定性很好

g 二次加工汽油馏分（如焦化汽油等）含有大量不饱和烃以及非烃化合物，安定性较差。

2、外界条件对汽油安定性的影响：

a 温度：温度 \uparrow ，汽油的氧化速度加快，生成胶质倾向 \uparrow ；储存温度升高 10 $^{\circ}\text{C}$ ，胶质生成速度加快 2.4-2.6 倍

b 金属表面的作用：汽油在金属表面作用下，颜色易变深，胶质增长加快；在各种金属中，铜的影响最大，它可使汽油试样的诱导期降低 75%；其它的金属如铁、锌、铝和锡等也都能使汽油的

安定性降低

c 与空气的接触面积:汽油的氧化变质开始于其与空气接触的表面,汽油与空气接触面积越大,生成胶质倾向也越大

d 储存措施:温度、光照以及与空气的接触状况均对汽油的安定性有明显的影响,因此在储存汽油时应采取避光、降温及减小与空气的接触面积等措施

3、评定汽油安定性的指标:

评定车用无铅汽油安定性的指标是实际胶质与诱导期。

①实际胶质(溶剂洗胶质含量):汽油在贮存和使用过程中形成黏稠、不易挥发的褐色胶状物质称为胶质(指在 150 °C 下,用热空气吹过汽油表面使它蒸发至干,所留下的棕色或黄色的残余物)。根据溶解度不同,胶质可分为不溶性胶质、可溶性胶质、黏附胶质等三种类型,合称为总胶质。实际胶质主要指第二类胶质,此外还包括测试过程中产生的胶质。

实际胶质:是指在试验条件下测得的车用无铅汽油蒸发残留物中不溶于正庚烷的部分,以 mg/100mL 表示。

在试验条件下测得的车用汽油蒸发残留物中不溶于正庚烷的部分我国车用汽油的实际胶质要求不大于 5 mg/100ml(油)。

②测定意义:实际胶质是表示发动机燃料抗氧化安定性的一项重要指标。用以评定燃料使用时在发动机中(进气管和进气阀上)生成胶质的倾向;也是发动机燃料贮存时控制的重要指标,据此可判断其能否使用和继续贮存。

③诱导期:诱导期是指在规定的加速氧化条件下,油品处于稳定状态所经历的时间,以 min 表示。(从油样放入 100 °C 的水中开始到氧压明显下降所经历的时间)。

诱导期是评定汽油在长期储存中,氧化生成胶质倾向的指标。诱导期较长的汽油在储存中胶质增长速度较慢,比较适宜于长期储存。我国车用汽油的诱导期要求不小于 480 min。

车用汽油对安定性的质量要求是:诱导期要长,实际胶质要小,在长期储存中不会发生显著的生成胶状物质和酸性物质、辛烷值降低、酸度增大、颜色变深等质量变化。

(4) 改善汽油安定性的方法:

①精制:除去不饱和烃(主要是二烯烃)和非烃类化合物

②加入抗氧化剂和金属钝化剂:抗氧化剂也称为防胶剂,其作用是抑制燃料氧化变质进而生成胶质,主要有 2,6-二叔丁基对甲酚(T501);金属钝化剂可以抑制金属对氧化反应的催化作用,主要由 N,N-二亚水杨丙二胺(T1201);通常两者复合使用。

四、汽油的腐蚀性

1、石油产品在储存、运输和使用过程中，对所接触的机械设备、金属材料、塑料及橡胶制品等引起破坏的能力，称为油品的腐蚀性。

对车用汽油腐蚀性的要求是：不腐蚀发动机零件和容器。

评定车用汽油腐蚀性的指标有硫含量、硫醇、铜片腐蚀和水溶性酸、碱。

(1) 铜片腐蚀的测定

①测定意义：它是定性检验油品有无活性硫的试验。用以评定油品对金属的腐蚀性，预测油品在储运和使用时对金属的腐蚀性。我国车用汽油要求铜片腐蚀（50℃，3h）不大于1级。

②测定标准与适用范围：测定标准：GB/T 5096-2017

③方法概要：把一块已磨光好的铜片浸没在一定量的试样中，并按产品标准要求加热到指定的温度，保持一定的时间。待试验周期结束时，取出铜片，经洗涤后与腐蚀标准色板进行比较，评价铜片变色情况，确定腐蚀级别。

腐蚀标准分四级：1级，2级，3级，4级。

工业润滑油常用的试验条件为100℃（或120℃），3h。

④测定注意事项：

试验条件的控制：铜片腐蚀试验为条件性试验，试样受热温度的高低和浸渍试片时间的长短都会影响测定结果。一般情况下，温度越高、时间越长，铜片就越容易被腐蚀。

试片洁净程度：所用铜片一经磨光、擦净，绝不能用手直接接触，应当使用镊子夹持、以免汗渍及污物等加速铜片的腐蚀。

试剂与环境：试验中所用的试剂会对测定结果有较大的影响，因此应保证试剂对铜片无腐蚀作用；同时还要确保试验环境，没有含硫气体存在。

取样：如果看到试样中有悬浮（浑浊），则用一张中速定性滤纸把足够体积的试样过滤到一个清洁、干燥的试管中。

腐蚀级别的确定：当一块铜片的腐蚀程度恰好处于两个相邻的标准色板之间时，则按变色或失去光泽较为严重的腐蚀级别给出测定结果。

(2) 硫及含硫化合物

硫及各类含硫化合物在燃烧后均生成 SO_x ，对金属有腐蚀作用。

元素硫在常温下对铜等有色金属有强烈的腐蚀作用，当温度较高时对铁也有腐蚀性。

汽油中的含硫化合物中相当一部分是硫醇，有较强的腐蚀性。

当汽油中不含硫醇时，元素硫的含量达到0.005%才会引起铜片的腐蚀；而当汽油中含有0.001%的硫醇时，只要有0.001%的元素硫就会在铜片上出现腐蚀。

①含硫物质按其化学性质可分为“活性硫”和“非活性硫”两大类。

“活性硫”包括游离硫、硫化氢、低级硫醇、磺酸等，主要源于石油炼制过程中的含硫化合物分解，这些活性组分残留在轻质馏分油中，能直接与金属作用，尤其是有水存在的时，腐蚀更加显著。

“非活性硫”包括硫醚、二硫化物、环状硫化物（如噻吩）等，通常不能直接与金属作用，但除环状硫化物外，其热安定性都不好，易受热分解生成活性硫，引起进气阀、阀杆、阀座的腐蚀及磨损，当其燃烧后，可转化为腐蚀性更强的二氧化硫和三氧化硫，在冬季还会引起排气管的腐蚀。

教案编号	04	
授课题目	第4章 柴油分析	
授课学时	4 课时	
课 型	理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 ()	
教学目标	一、了解柴油的组成、分类、规格、牌号和用途等相关知识。 二、熟悉柴油产品技术指标要求和指标作用。 三、熟悉柴油分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。 四、掌握柴油典型指标的检验方法,熟悉指标测定的影响因素。	
教学重点	一、熟悉柴油产品技术指标要求和指标作用。 二、熟悉柴油分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。 三、掌握柴油典型指标的检验方法,熟悉指标测定的影响因素。	
教学难点	一、熟悉柴油产品技术指标要求和指标作用。 二、熟悉柴油分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。 三、掌握柴油典型指标的检验方法,熟悉指标测定的影响因素。	
教学方法	讲授 (<input checked="" type="checkbox"/>); 讨论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 指导 (<input checked="" type="checkbox"/>); 示教 (); 其它 ()	
电子教案	有 (<input checked="" type="checkbox"/>)	Microsoft PowerPoint (<input checked="" type="checkbox"/>); Author ware (); 其它 ()
	无 ()	
教学资源	多媒体 (<input checked="" type="checkbox"/>); 模型 (); 标本 (); 实物 (); 音像 (); 其它 ()	
教学过程 时间安排	第一节 1 课时, 第二节 2 课时, 第三节 2 课时, 第四节 1 课时	
思 考 题	第4章达标测试	
作 业	课后题	
课程思政元素	1.学习和理解“高、严、细、实”的工作作风; 2.培养遵纪守法、坚持原则,对分析结果负责的职业操守。	
教学后记		

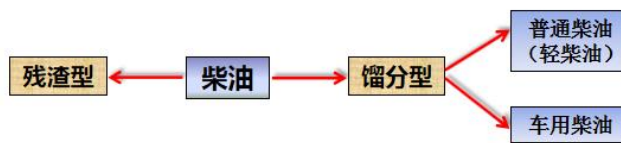
第 4 章 柴油分析

第一节 柴油基础知识

一、柴油种类与牌号

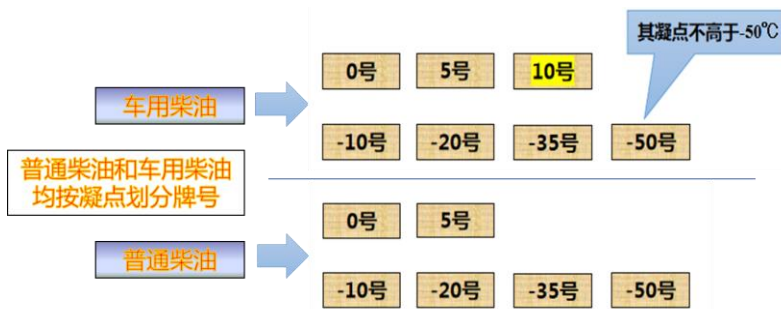
柴油（Diesel）又称油渣，是石油提炼后的一种油质的产物。它由不同的碳氢化合物混合组成。它的主要成分是含 9 到 18 个碳原子的链烷、环烷或芳烃。柴油是压燃式发动机燃料。

1、种类



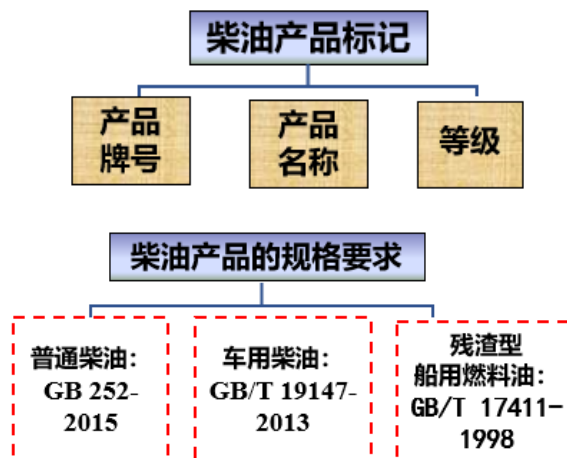
残渣型柴油机燃料主要用于船用大功率、低速柴油机，因此又称为船用残渣燃料油。

2、牌号



重柴油和残渣型柴油机燃料按 50℃ 和 100℃ 时的运动黏度划分牌号。

重柴油有 10、20、30 三个牌号。



例如：-10 号普通柴油、-10 号车用柴油（III）

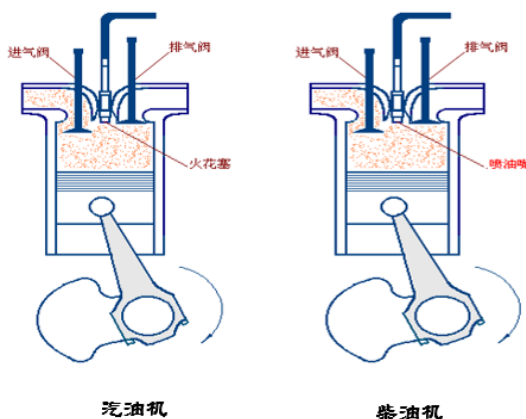
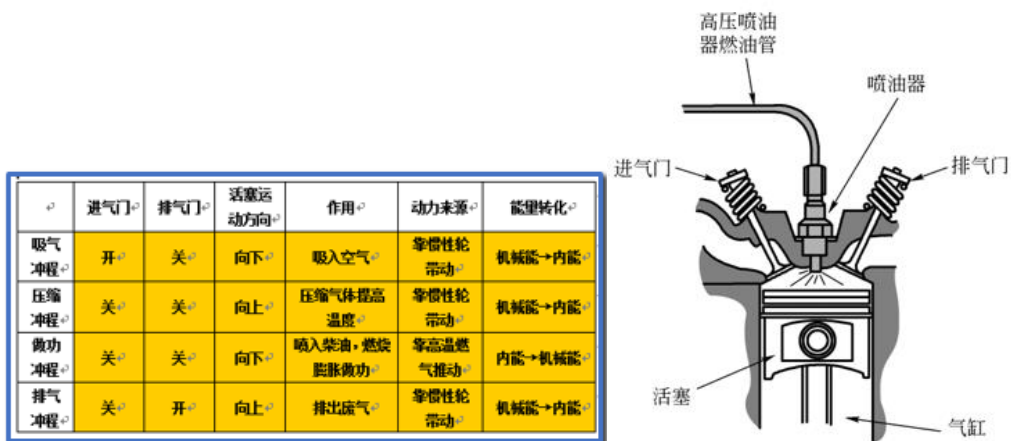
二、储存、选用的注意事项

储存：避光、防水、温差小、不能与金属接触、防火、防氧化

- (1) 柴油中不能掺入汽油
- (2) 加入油箱前，须经 72h 以上的静止沉降
- (3) 不得用明火加热

三、柴油机的工作原理

依次经历进气、压缩、做功、排气过程四个过程。进气过程，吸入空气，到下止点后，活塞向上运动，压缩空气，空气温度和压力都会升高，到上止点后，雾化喷嘴喷入柴油，在高温情况下，柴油自燃，燃烧做功，带动活塞向下运动，活塞运动到下止点，依靠惯性向上运动，排出废气，接着进入下一个循环。



1、柴油机和汽油机工作过程：

进气——压缩——燃烧作功——排气。

2、柴油机和汽油机不同之处：

- (1) 柴油机进气和压缩时只吸入空气，汽油机进气和压缩时吸入空气和燃料蒸气。

(2) 汽油机由电火花点燃压缩后油气混合气，而柴油机则是在压缩终了时，柴油由高压喷嘴喷入汽缸，与高温高压空气迅速混合蒸发，剧烈氧化以致自燃。

(3) 起燃方式不同：柴油机是自燃发火，将柴油直接喷散在高温高压热空气中，不需点火，即能迅速自燃（自燃点 200~250 °C）。汽油机是电火花点火，需用电火花塞点火燃烧

(4) 热效率不同：柴油机的热效率高于汽油机的热效率。功率相同时柴油机可节省燃料 20%~30%

3、柴油机与汽油机相比具有以下六个方面的特点：

- (1) 具有较高的经济性。柴油机的压缩比可达 16~24，热效率高，耗油量低。
- (2) 燃料沸点高、沸程宽、来源多，成本低。
- (3) 具有良好的加速性能，不需经过预热阶段即可转入全负荷运转。
- (4) 工作可靠耐久，使用保管容易。
- (5) 着火危险性小。
- (6) 体积大；成本高；振动噪声大

第二节 柴油的分析检验

一、蒸发性

车用柴油蒸发性的评价指标有：馏程、闪点。

1、馏程

定义：油品在规定条件下蒸馏时，从初馏点到终馏点的温度范围。柴油的蒸发性评价指标较少，只有 50%回收温度、90%回收温度和 95%回收温度三个温度点。因为柴油的组成中没有轻质馏分或者轻质馏分非常的少。

(1) 50%回收温度：表示柴油中轻质馏分的含量。50%回收温度低就表示轻质馏分多，柴油的蒸发性就好，在发动机缸体内就容易形成均匀的混合气，柴油机易启动。

50%回收温度和发动机启动性能的关系如下表

50%回收温度/°C	200	225	250	275	285
发动机启动时间/s	8	10	27	60	90

50%回收温度越低，启动时间越短。

要求：50%回收温度不高于 300°C

(2) 90%回收温度和 95%回收温度：都表示柴油中重质馏分的含量，这两个温度值越高，柴油中重质馏分越多，蒸发性越差，混合气形成质量就越差，燃烧就会不彻底，发动机就易冒黑烟，功率下

降，油耗增多，零件磨损增大。

要求：90%回收温度不高于 355℃，95%回收温度不高于 365 ℃

2、闪点与燃点

(1) 闪点、燃点、自燃点的概念

闪点：油品在规定的条件下加热，油蒸气与空气形成的混合气体接触火焰时，发生瞬间闪火的最低温度。闪点是微小爆炸的最低温度。混合气中可燃性气体达到一定浓度时，遇火才能爆炸。

燃点：指在规定的条件下，试验火焰引起试样蒸气着火且至少持续燃烧 5s 的最低温度，修正到标准大气压（101.3kPa）下。闪点低于 45℃液体的称为易燃液体，闪点大于 45℃的液体称为可燃液体。

自燃点：加热石油产品至蒸汽与空气的混和气能自行（勿需点火）燃烧的最低温度，单位：℃

(2) 油料闪点、燃点、自燃点之间的关系

各种油品的闪点和自燃点

油品	闪点, ℃	自燃点, ℃
汽油	-35	415-530
煤油	28-60	380-425
柴油	65-120	350-380
润滑油	130-340	300-350

同一油品：自燃点> 燃点> 闪点

不同油品：闪点越高，燃点越高，自燃点越低

(3) 闪点、燃点和自燃点与油品组成的关系

与化学组成关系：在同类烃中，随相对分子质量增大，自燃点降低，而闪点和燃点增高。

对碳原子数相同的烃类，

自燃点的顺序为： 烷烃<环烷烃，烯烃 <芳烃

燃点的顺序正好相反： 烷烃> 环烷烃，烯烃> 芳烃

与馏分组成有关：油品的闪点与其蒸气压有关，亦与其馏分组成有关，油品的沸点越高、馏分越重、相对分子质量越大，其闪点越高。反之，油品的沸点越低，馏分越轻，相对分子质量越小，其闪点和燃点越低。

(4) 闪点

A 闪点既是车用柴油的蒸发性能评价指标，还是柴油安全性能的评价指标。因此要求闪点要适中，还必须严格要求柴油在储存和运输过程中严禁加热到闪点温度。闪点（闭口）低于 45℃的油品称为

易燃品，大于等于 45℃的油品称为可燃品。

为了控制柴油的蒸发性不致过强，规定了柴油的闪点；柴油的闪点也是保证安全性的指标；

-35、-50 号轻柴油：闪点不低于 45℃

-20 号：闪点不低于 60℃

其余牌号：闪点不低于 65℃

闪点的测定方法有闭口杯法和开口杯法两种。国家标准中规定了各号柴油的闭口杯法闪点。

B 测定油品闪点的意义：



C 测定油品闪点的方法（闪点有开口闪点和闭口闪点两种）

1. 测定标准与适用范围



2. 测定标准与适用范围



D 测定油品闪点与燃点的方法

a 重油不易挥发，不易雾化，点燃条件比较苛刻，采用开口闪点，轻油蒸发性好，易形成均匀混合气，为了消除外界影响，采用闭口闪点。

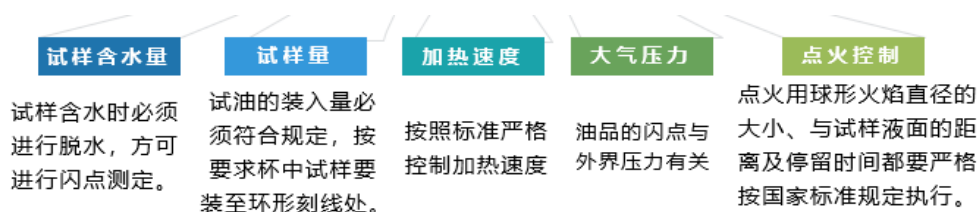
b 闪点的高低直接影响柴油的蒸发性，闪点高，蒸发性差，闪点低，蒸发性好。

c 挥发性过好容易形成爆燃，还使得储存和运输过程的蒸发损失大，蒸发的柴油还容易形成失火的安全隐患。

d 闭口闪点的测定：

测定方法：将脱水处理的试油注入油杯的环形标志，盖上杯盖，插入温度计，并把油杯放在空气浴中。用电炉盘加热，加热速率要很慢，转动搅拌器对试样搅拌。当试样温度达到预期闪点前 10 °C 时，中断搅拌，打开杯盖，并将一小火焰引入杯内，看有无闪火现象。如无闪火现象，继续试验，之后每升高 1 °C 进行一次点火，直到试油液面上方闪火为止，这时立即从温度计上读出温度作为闪点的测定结果。

E 影响闪点测定结果的主要因素

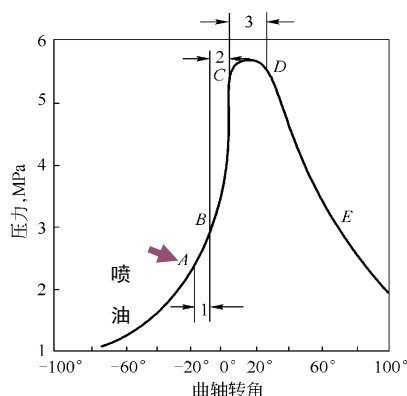


二、着火性

柴油的燃烧性是指其自燃的能力。车用柴油的燃烧性是指柴油在柴油机中是否容易被压燃，并且在燃烧的过程中柴油机不发生爆燃的能力。

1、柴油的燃烧性

柴油燃烧性良好是指喷入燃烧室内与高温空气形成可燃混合气后，能在较短的时间内发火自燃并完全燃烧。柴油机内燃料的燃烧过程分为四个阶段：滞燃期、急燃期、缓燃期、后燃期。



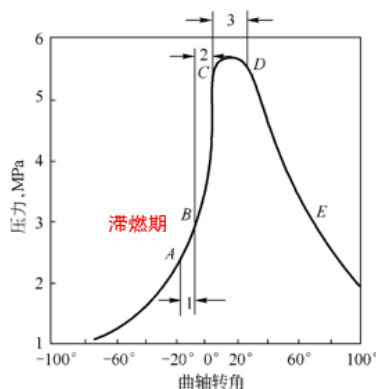
(1) 滞燃期（发火延迟期）A-B

从喷油开始到混合气开始着火燃烧之间的时间，一般 1~3 ms。

物理延迟：这一时期的前段，柴油喷入气缸后进行雾化、受热、蒸发、扩散以及与空气混合而形成可燃混合气等一系列燃烧前的物理过程。

化学延迟：这一时期的后段，燃料受热后开始进行燃烧前的氧化链反应，生成过氧化物，过氧化物达到一定浓度便自燃着火。

两种延迟互相影响，在时间上部分重叠。

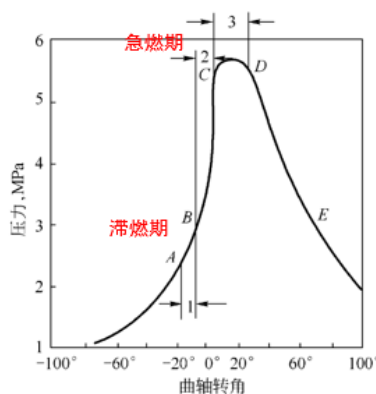


(2) 急燃期 B-C

发动机中柴油开始燃烧至气缸中压力不再急剧升高为止的时间。

燃烧速度极快，单位时间内放出的热量很多，气缸内温度和压力上升很快，压力升高速率的大小对柴油机的工作影响很大。

压力上升的速率取决于滞燃期的长短，滞燃期越短，发动机的工作越柔和。如滞燃期过长，着火前喷入的柴油积累过多，一旦燃烧起来则温度、压力就会上升过快。



(3) 缓燃期/主燃期 C-D

从气缸压力不再急剧升高时起，到压力开始迅速下降时（通常也即喷油终止时）为止的这一段

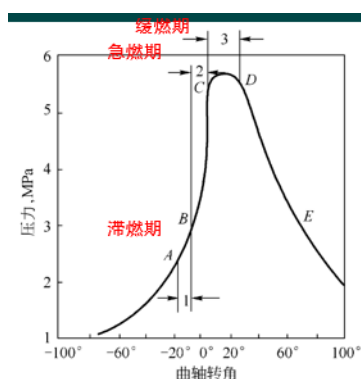
时间。

燃烧的主要阶段，约 50%~60%的燃料在这时期内烧掉

特点：气缸内的压力变化不大

经过急燃期后，气缸中的压力、温度都已上升得很高，喷入燃料的发火延迟期大大缩短，几乎随喷随着火。应保证在缓燃期内燃烧掉大部，从而取得较大的功率和较高的效率，而最大压力又不

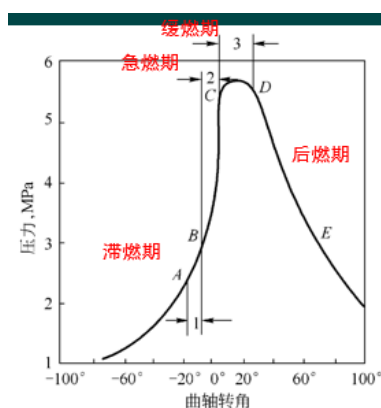
致过高。



(4) 后燃期 D-E

燃烧的最后阶段，指从压力迅速下降到燃烧结束为止。

在后燃期中，喷油虽已停止，气缸中尚未燃完的燃料仍继续燃烧。但此时的燃烧是在膨胀过程中进行的，压力和温度都逐渐降低，这样会使能量利用效率降低。后燃期中释出的热量不宜超过燃料释放出的全部热量的 20%。



2、柴油机的爆震

柴油机爆震现象：柴油自燃点太高时，会造成滞燃期过长着火前汽缸内积累燃料过多，急燃期压力升高太猛，因而使燃烧粗暴，导致敲缸。

(1) 对比柴油在柴油机、汽油在汽油机的燃烧：

- ①柴油在柴油机中的燃烧是靠自燃发火，汽油在汽油机中的燃烧是靠点火燃烧。
- ②从燃烧角度看，对柴油的要求是自燃点低，容易自燃，而对汽油则要求其自燃点高，难于自燃。
- ③柴油机的爆震由于柴油自燃点过高引起，发生在燃烧阶段的初期。
- ④汽油机的爆震由于汽油自燃点过低引起，出现在火焰的传播过程中。

(2) 柴油燃烧性的评价指标：十六烷值、十六烷值指数

十六烷值，它是评定柴油着火性的指标之一。十六烷值指数，是表示柴油抗爆性能的一个计算值。

①十六烷值：表示柴油着火性能的指标。代表柴油在发动机中着火性能的一个约定量值。十六烷值的大小与柴油组分的性质有关。一般说来，烷烃的十六烷值最大，芳香烃的最小，环烷烃和烯烃则介于两者之间。

②十六烷值的测定：测定某一油品的十六烷值时，将试油用于单缸柴油机后，调节柴油机压缩比，确定被试验燃料的闪火时间。如果被试燃料和某一标准燃料在同样条件下同期闪火，说选用的压缩比又相同，则它们的十六烷值相同，标准燃料的十六烷值即为被测柴油的十六烷值。

三、粘度

粘度是指液体在外力作用下发生移动时，在液体分子间和液体与管道间所呈现的内部摩擦力的大小。仅从运动上来讲，粘度是越小越好。粘度与流动性成相反的变化趋势。粘度的温度性能是粘度和温度也成相反变化的趋势。所以粘度的值是指在一定的温度下的值，并不是不变的。

1、粘度的意义

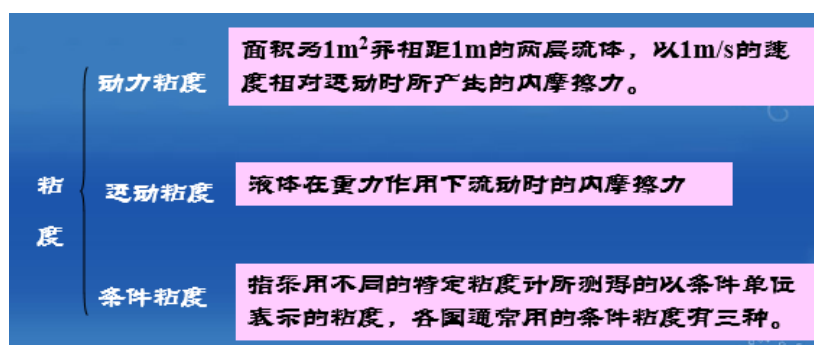
①柴油的粘度影响供油量的大小和雾化的好坏。

②粘度过小，容易从高压油泵的柱塞和泵筒之间的缝隙中漏出，使喷入气缸的燃料减少，造成发动机功率下降。

③粘度越小，雾化后液滴直径越小，喷出的油流射程也越短，不能与气缸中全部空气均匀混合，造成燃烧不完全。

④粘度过大，供油困难；喷出的油滴直径过大，油流射程过长，油滴的有效蒸发面积减小，蒸发速度减慢，混合气组成不均匀、燃烧不完全、燃料的消耗量增大。

2、粘度的种类



(1) 动力黏度

动力黏度是液体流动的内摩擦系数，其数值等于液体流动的剪应力与剪切速率之比，公式为：

$$\eta = \tau / \frac{dV}{dx}$$

式中： η ——动力黏度
 τ ——液体流动的剪应力
 V ——流动速度
 $\frac{dV}{dx}$ ——剪切速率

(2) 运动黏度

运动黏度是在同一温度下液体的动力黏度和该液体的密度的比值，其公式为：

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

式中： ν ——运动黏度
 η ——动力黏度
 ρ ——液体密度

运动黏度测定实验：运动黏度是在恒定的温度下，测定一定体积的液体在重力下流过一个经标定的玻璃毛细管粘度计的时间(s)，粘度计的常数与流动时间的乘积，即为该温度下被测液体的运动黏度。

粘度的测定：

- ①首先对样品进行处理，脱水不含杂质。
- ②选择合适的粘度计管，是流动时间不低于 200 秒，如果内径是 0.4mm 的粘度计管，流动时间不低于 350 秒。
- ③控制测定的水浴温度（40 °C 或 100 °C ） $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，温度对粘度的影响很大，要严格控制温度准确度。
- ④将装好试样的粘度计管垂直放置于水浴中，恒温后测定流动时间。测定 4 次，取平均值。

根据选用的粘度计管的常数计算油品测试温度下的粘度。

四、低温流动性

低温流动性指油品在低温下使用时，维持正常流动、顺利输送的能力。柴油本身的粘度较大，随着温度下降粘度会变的更大，即：低温下柴油的流动性要差。车用柴油要求有良好的低温流动性：在使用条件下无结晶析出，不堵塞滤清器，容易泵送，供油正常，发动机易于启动。

柴油中有一点的石蜡成分，低温时，石蜡结晶，流动性就会变差，温度越低，结晶越明显，甚至形成结晶网络，流动性更差，甚至失去流动性。

1、低温流动性差的危害：

- (1) 燃油供给系统不能正常供油
- (2) 发动机低温不能正常启动

(3) 低温下储存、运输、倒装等作业不能正常进行。

2、车用柴油的低温流动性的评价指标：

凝点、浊点和冷滤点。

我国采用凝点和冷滤点，日本采用凝点，美国采用浊点，欧洲国家采用冷滤点。

(1) 凝点：凝点表示油品在规定条件下，冷却至液面不移动时的最高温度。车用柴油的牌号是以凝点来区分的，它意味着该柴油可以在什么样的气温下使用。

凝点的测定仪器：凝点测定仪

方法：将试样装入试管，把试管放在冷却器中冷却。当试样的温度冷却到预期的温度时，把试管倾斜 45° ，保持 1min，观察液面的移动迹象。液面停止移动的最高温度就是所测试样的凝点。

(2) 浊点：开始出现浑浊的最高温度。柴油出现浑浊现象也是因为石蜡结晶而产生的，浊点越高的柴油就说明柴油中的石蜡在很高的温度下就能结晶，即柴油内石蜡的含量就越多。

柴油达到浊点的危害：

- 1 影响柴油的流动性，但是不影响正常的供油
- 2 影响柴油的外观

测定仪器：浊点测定仪

测定方法：在两支清洁干燥的试管中注入被测柴油至环形标线，一支置于试管架上做参照物，另一支试管插入冷却容器中进行冷却。在达到预期浊点前 3°C 时，从冷却容器中取出试管与参照对比，无异样再每隔 1°C 对比一次，直至有异样。此时的温度就是被测柴油的浊点。

(3) 冷滤点：冷滤点是试样在规定条件下冷却，在负压 200mm 水柱时，当试样不能流过过滤器（363 目网）或 20ml 试样流过过滤器的时间大于 60s 或试样不能完全流回试杯时的最高温度。

测定仪器：冷滤点测定仪

测定方法：将 45mL 试样装入试杯中，在规定的条件下冷却，当冷却到与预期冷滤点高出 $5\text{--}6^\circ\text{C}$ 时，在 2KPa 的压力下抽吸，使试样通过一个 363 目/in² 的过滤器，流量达到 20mL/min 时停止；然后继续以 $1\text{--}2^\circ\text{C}$ 间隔降温，再抽吸，如此反复操作，记录 1min 内通过过滤器的试样不足 20mL 时的最高温度即冷滤点。

五、安定性

柴油的安定性包括储存安定性和热安定性。

储存安定性是指柴油在运输、储存和使用过程中保持外观、组成和使用性能不变的能力。

热安定性是指柴油在柴油机的高温条件下，以及溶解氧的作用下，发生变质的倾向。

1、影响柴油安定性的因素：

主要因素：柴油中的化学成分

次要因素：外部环境。

(1) 柴油安定性的评价指标

①色度：颜色是由亮度和色度共同表示的，而色度则是不包括亮度在内的颜色的性质，它反映的是颜色的色调和饱和度。油品的色度就是说油品的颜色的深浅。通过观察油品的颜色可以直接反应油品安定性的好坏。

色度的测定：将试油注入容器，用一光源照射，比较试油颜色与色板颜色，找出试油颜色相当的色板，则该色板的色号即为试油的色号。标准色板共 16 个色号，从 0.5~8.0，每 0.5 一级，颜色由浅到深。

②总不溶物（包括黏附性不溶物和可过滤不溶物）：用氧化安定性测定。氧化安定性是指 100mL 柴油在规定的条件下氧化后所测得的总不溶物的毫克数，以 mg/100mL 表示。

测定方法：将 350mL 试油注入氧化管，保持油温 95℃，再以 50mL/min 的流量试油中通氧气 16h，然后把试油冷却至室温，过滤后得到一些不溶物；再用溶剂把粘附在氧化管上的不溶物清洗下来，把溶剂蒸发后又得到一些不溶物。把两个不溶物质量相加得出总量，并换算为 100mL 试油的总不溶物的量，即为试油的氧化安定性。

③10%蒸余物残炭：10%蒸余物残炭是指把柴油馏程试验中馏出 90%后蒸余物作为试样，经强烈加热一定时间让其裂解后，所形成的残留物。残炭值为残留物质量与原试样质量之比。

测定：将试样放在坩埚内进行蒸馏，当试样剩余 10%时，再强烈加热蒸余物一定时间使其裂解。规定的加热时间结束后，将坩埚冷却，称量坩埚中残留物质质量。

六、腐蚀性

柴油腐蚀性评定指标的项目、概念和测定方法都与汽油基本相同，值得强调的是硫含量和酸度。

1、硫含量

(1) 影响柴油腐蚀性的主要是含硫化合物，特别是活性硫化物（如硫醇等）。活性含硫化合物对金属有直接的腐蚀作用。含硫化合物在气缸内燃烧后都生成 SOX，不仅会严重腐蚀高温区的零部件，而且还会与气缸壁上的润滑油起反应，加速漆膜和积炭的形成。柴油机排出尾气中的 SOX 会污染环境。

(2) 轻柴油的质量标准中规定：

硫含量不大于 0.2 m% 国 II 标准

硫含量不大于 500 μg/g 国 III 标准

硫含量不大于 50 μg/g 国 IV 标准

随着对环境保护要求的日益严格，柴油的硫含量指标将会进一步减小。另外，柴油中不能含有水溶性酸或碱，酸度不大于 7mgKOH/100mL。

2、酸度

酸度是指中和 100mL 试油中的酸性物质所需要的氢氧化钾毫克数，以 mgKOH / 100ml 表示。有机酸大部分含在石油中等馏分中，柴油中有机酸含量比汽油高。有机酸的含量在柴油规格中用酸度表示。

柴油的酸度大，会使发动机沉积物增加，还使喷油泵柱塞的磨损加剧，喷油器头部和燃烧室积炭增多，从而导致喷雾恶化以及使柴油发动机功率降低和气缸活塞组件磨损增加。

柴油的酸度测定按照 GB /T258 -1977（2004）《汽油、煤油、柴油酸度测定法》的规定进行。

柴油的酸度可按照下式计算：

$$X=100VT/V_1$$

式中：X— 被测柴油的酸度，mg/KOH100mL；

V — 滴定柴油之醇混合液时所消耗的氢氧化钾之醇溶液的容积，mL；

V₁— 被测柴油的容积，mL；

T— 氢氧化钾之醇溶液的滴定度。

教案编号	05	
授课题目	第5章 喷气燃料分析	
授课学时	4 课时	
课 型	理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 ()	
教学目标	一、了解喷气燃料的用途、性能要求、组成、规格和牌号等相关知识。 二、掌握喷气燃料的检测指标和具体检测方法。	
教学重点	一、掌握喷气燃料的检测指标和具体检测方法。	
教学难点	一、掌握喷气燃料的检测指标和具体检测方法。	
教学方法	讲授 (<input checked="" type="checkbox"/>); 讨论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 指导 (<input checked="" type="checkbox"/>); 示教 (); 其它 ()	
电子教案	有 (<input checked="" type="checkbox"/>)	Microsoft PowerPoint (<input checked="" type="checkbox"/>); Author ware (); 其它 ()
	无 ()	
教学资源	多媒体 (<input checked="" type="checkbox"/>); 模型 (); 标本 (); 实物 (); 音像 (); 其它 ()	
教学过程 时间安排	第一、二节 3 课时, 第三、四节 3 课时, 第五、六节 3 课时	
思考题	第5章达标测试	
作 业	课后题	
课程思政元素	学习和理解“碳排放”的重要性, 认识“双碳”战略下的机遇和挑战	
教学后记		

第5章 喷气燃料分析

第一节 喷气燃料基础知识

一、喷气燃料的用途

1、喷气式发动机的工作原理

喷气燃料通过喷管在高速气流中连续喷油燃烧, 形成高温、高压燃气在涡轮内膨胀, 推动涡轮机旋转, 并加速喷出产生持续推动力。



二、喷气燃料的性能要求

- (1) 良好的燃烧性能、热值要高，燃烧要稳定和完全，生成积炭少，不冒烟，在冬季或高空熄火后容易启动。
- (2) 适当的蒸发性，饱和蒸气压要事宜，馏程分布均匀，不产生气阻，蒸发损失小。
- (3) 低温流动性能好，低温时不析出烃晶体和冰晶体。
- (4) 良好的洁净性，热安定性和储存安定性。
- (5) 良好的润滑性能，保证燃油系统零部件正常润滑，无磨损。
- (6) 腐蚀性要小，保证燃油系统零部件不发生液相腐蚀，燃气系统零部件不生气相腐蚀。
- (7) 良好的抗静电性，防着火性能。

三、喷气燃料的化学组成

1、馏程范围：130℃~280℃之间的石油馏分。



四、喷气燃料的牌号

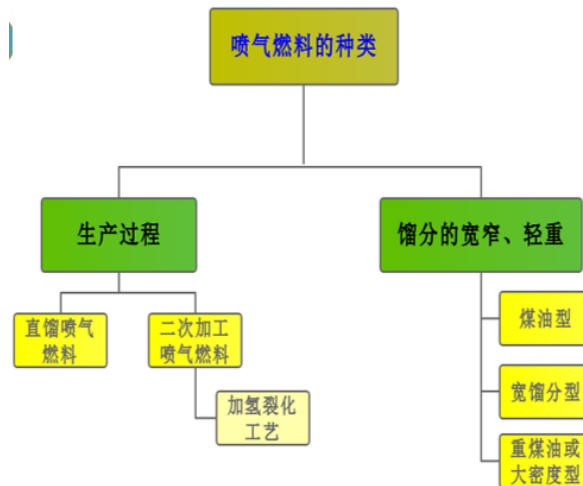


表1 我国喷气燃料类型及主要用途

牌号	代号	类型	产品标准	主要用途	说明
1号喷气燃料	PR-1	煤油型	GB 438-1988	民航机、军用机通用	已停产
2号喷气燃料	PR-2	煤油型	GB 1788-1988	民航机、军用机通用	被3号喷气燃料取代
3号喷气燃料	PR-3	煤油型	GB 6537-2006	民航机、军用机通用	闪点不低于38°C，低温性能指标用冰点表示。
宽馏分喷气燃料	PR-4	宽馏分型	GB 2376-1995	战略技术储备燃料	未正式生产。
高闪点喷气燃料	PR-5	重煤油型	GB 560-1997	舰载飞机用	闪点不低于60°C，原料来源少。
大密度喷气燃料	PR-6	重煤油型	GB 1063-1993	远程作战飞机燃料	特殊用途、加工成本高，产量不大。

五、喷气燃料的规格

1、喷气式发动机

喷气燃料用于喷气式发动机，喷气式发动机与活塞式发动机相比，有如下特点：

- ①飞行高度高：一般在 20000~30000m 高空飞行。
- ②飞行速度快：目前飞行速度已提高到 3Ma 以上。
- ③发动机重量轻：飞行速度越快，重量减轻越多。
- ④燃油转化为功的效率高：飞行速度越高，燃料转化为功的效率也就越高，耗油量越低。

2、喷气式发动机的分类

根据燃料燃烧所需氧化剂的差别，喷气式发动机分为：

1、火箭发动机

在大气层外飞行，需自带氧化剂。

2、空气喷气式发动机

利用空气中的氧作为氧化剂使燃料燃烧。适合于大气层中。

其中，空气式发动机主要有以下几种：

(1) 涡轮喷气发动机

燃气通过尾管喷入大气，推动飞机前进。多用于军用歼击机、轰炸机和强击机。

(2) 涡轮螺旋桨发动机

燃料燃烧产生的能量，大部分传给螺旋桨产生推动力，小部分从尾喷管喷出变为推力。多用于民航和军用运输机。

(3) 冲压式发动机

没有压缩机构，空气以高速进入气道，在进气道内速度头逐步转变为压力。

六、喷气燃料的储存、选用的注意事项

1、喷气燃料的储运：

(1) 要保证燃料从生产到加入飞机油箱、甚至进入发动机燃烧室燃烧完毕的整个过程中，不受外来污染和不改变性质。

(2) 在运输、泵送或加注喷气燃料时要特别注意防静电着火。

1、喷气燃料的选用：

(1) 根据各地区冬季地面气温合理选用喷气燃料。

(2) 高速喷气飞机使用的喷气燃料，必须要良好的热安定性，以防止燃料氧化生成沉淀。

(3) 海军舰载飞机必须使用高闪点、大密度的喷气燃料，以保证安全。

第二节 喷气燃料的分析检验

一、基本概念

1、喷气燃料的技术要求



二、喷气燃料的燃烧性能

(1) 质量要求：

① 燃烧要连续、稳定。

②燃烧要完全、生成积炭要少。

③燃料的热值要高。

(2) 评定指标及意义：喷气燃料的燃烧性主要用净热值、密度、烟点（或用萘系芳烃含量、辉光值等指标之一）来评价。

2.1、热值

(1) 基本概念

喷气燃料主要由碳氢化合物组成，完全燃烧后主要生成二氧化碳和水，按生成水的状态不同，热值又分为高热值和低热值。

净热值（低热值）：一种物质完全燃烧后冷却到初始状态时所释放出来的热量，其中燃烧产物中的水蒸气仍以气态存在。

总热值（高热值）：一种物质完全燃烧后冷却到初始状态时所释放出来的热量，其中燃烧产物中的水蒸气凝结成水。

低热值与高热值的区别在于燃烧生成的水是以蒸汽状态存在的。因此，如果燃料中不含水分、则高低热值之差即为相同温度下水的蒸发潜热。

弹热值：利用弹式量热装置测量热量时的实测热量值。

弹热值的测定：在氧弹式量热计中测定的热值称为“弹热值”。测定时先称取定量试样，置于小器皿中，用易燃而不透气的胶片密封后置于充有压缩氧气的密闭氧弹中，然后用电火花点燃试样，待其完全燃烧放出的热量传递于量热计周围的水中后，测量水在试样燃烧前后的温度，并计算水吸收的热量。

$$Q = mC(t - t_0)$$
$$Q_D = \frac{Q}{m}$$

(2) 测定意义

喷气燃料的热值越高，耗油率越低，续航能力越强，喷气燃料规格采用净热值。在各族烃中，氢碳比（H/C）最高的烷烃热值最高，氢碳比最低的芳烃热值最低。我国规定喷气燃料：净热值 $\geq 42.8 \text{ MJ/kg}$

(3) 测定标准

按 GB/T 384—1981（1988）《石油产品热值测定法》进行。该标准适用于测定不含水的航空汽油、喷气燃料、燃料油和重油等石油产品的总热值和净热值。测定仪器是氧弹式量热计。

(4) 测定方法

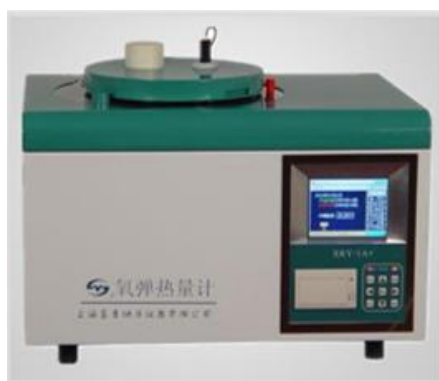
4.1 基本原理: 将一定量的试样放在充有过量氧气的氧弹内燃烧, 放出的热量被一定量的水吸收, 根据水温的升高来计算试样的发热量。

4.2 弹热值测定

①主机安装: 要求摆放在水平、平整的工作台上; 周围至少留有 10cm 以上的间距; 不能在其周围放置加热及致冷装置。



②给外桶加满水 (约 18kg): 为了测量时的温度能尽快达到平衡, 加入外桶的水最好预先在室内放置半天以上; 水注入外桶后还应手动搅拌十数次 (外桶上的红色手柄即为手动搅拌杆)。



XRY-1A+氧弹热量计

③称样: 称取一定质量的测定样品 (称准到 0.0002g), 放入燃烧皿中。标定时, 称取片剂苯甲酸 1 克 (约 2 片), 称准至 0.0002 克。

④装点火丝: 将氧弹弹盖放在弹头支架上, 取一根约 9cm 长的点火丝, 把点火丝与试样接触好, 两端挂在两根开有斜缝的装点火丝杆上 (其中一根杆也是燃烧皿托架), 用锁紧小套管锁紧。

⑤充氧: 在氧弹内加入 10ml 蒸馏水, 拧紧氧弹盖, 将充氧器接在工业氧气瓶上, 把氧气导管接在氧弹上, 打开气阀, 限压在 2.5—3.0MPa, 往氧弹内缓缓充入氧气, 压力平衡时间不得少于 30s。充好氧气的氧弹放入水中检查是否漏气, 看不到冒气泡说明氧弹不漏气。

⑥外给内桶加水：将氧弹放在内桶的氧弹座架上，向内桶加入已调好水温的蒸馏水（约 3000g，水面应在进气阀螺母的三分之二处附近）；每次的加水量必须相同（ $\leq \pm 1g$ ）；使内桶水温比外桶低 0.2K—0.5K，以便在测量结束时内桶水温高于外桶，温度曲线可出现明显下降。

⑦盖好外桶桶盖，插好温度传感器，开启仪器右后上部的红色电源开关。

4.3 净热值测定

①脱水剂制备：将约 150~200 克浮石打成碎块，并选择（或筛选）3~5 毫米的碎粒。将准备好的碎粒在 800℃的高温中锻烧 1.5~2 小时，将冷却的浮石置于瓷皿中，注入硫酸使成稠糊状物质，并移置于电炉上。

②空白试验：1. 将 7~8 克用硫酸浸透的浮石置入坩埚中，并在盖好的称量瓶中称量这份浮石和坩埚的重量，称准至 0.0002 克。然后，将坩埚迅速置于氧弹底部的玻璃三角架上，然后将氧弹盖拧紧。2. 由进气阀的管，小心地（不使浮石被吹散）用氧气将氧弹充至 30~32 公斤力/厘米²的压力（不使空气从弹中排出），然后在室温下放置 1 小时。3. 在 4~5 分钟内，小心地将氧气从氧弹中放出，拧开盖，迅速将盛浮石的坩埚从氧弹中移入称量瓶，并测定浮石中增加的水量。4. 空白试验至少进行两次，如试验结果有显著的变动（1~2 毫克以上）时，则须进行补充测定。5. 最后，算出氧气中的水分、氧弹体积中空气的水分、氧弹内表面所吸附的水分、以及吸收剂在由称量瓶与氧弹间来回移动时所吸收的水分的平均修正数。在每次更换氧气瓶时，必须测定水分的修正数。

③氢的测定：1). 将蒸馏水装入量热容器中，无须精确称量，但其数量须使氧弹沉没至阀的锁紧螺母处，水的温度应与室温相同。将装水的容器置于热量计外壳中的绝缘底座上。2). 在盖好的称量瓶中的瓷坩埚里，称量 7~8 克用硫酸浸透的浮石称准到 0.000 2 克，在装入氧弹前，将装浮石的称量瓶置于干燥器中。3). 试验轻质石油产品时，用注射器向按弹热值测定法准备好的小皿中，由侧孔注入试样，小心地用塞将孔塞上。试验重质石油产品时，向按弹热值测定法中准备好的小皿中加入试样 0.3~0.4 克（对于含氢较多的石油产品贝酌量减少），并称其重量，准确至 0.0002 克。4). 将盛有试样的小皿固定在电极的环上，同时使塞通过环的开口，然后将导火线的一端接于电极上，试验轻质石油产品时，将导火线的另一端穿过点火小条并固定于电极的另一端，试验重质石油产品时，将导火线的中段浸在小皿的试样中，使导火线呈 U 字形，两端分别固定在电极上。5). 将盛有硫酸浸透的浮石的坩埚移置于氧弹底部的玻璃三角架上，小心地用手将盖拧紧，并由进气阀的管小心地（避免使胶片发生破裂及浮石被吹散）用氧气将氧弹充至 30~32 公斤力/厘米²的压力，又不使空气由氧弹中排出。6). 将氧弹小心地浸入装水的量热容器中，将导线接在氧弹电极上。把搅拌器及温度计浸入水中，用盖将外壳盖好，然后开动搅拌器。7). 将全部装置在搅拌下装置 2~3 分钟，使温度均匀。然后将点火电路接通，按温度计水银柱的上升（或按指示灯）观察试样是否发火。8). 将

氧弹自量热器中取出，使铜线由阀头上的孔穿过，然后再将氧弹移入预先准备好沸腾水的金属罐中，并将这金属罐放在电炉上。往金属罐中注水时，应使达到标记处，以使氧弹沉入时完全淹没。将氧弹在沸水中放置 30 分钟，然后将氧弹自水中取出，在室温下放置 1 小时，若氧弹在此期间并未完全冷却，则可将其沉入冷水中 2~3 分钟，以达到室温为止。9). 在 4~5 分钟内慢慢地将气体从氧弹中放出，拧开盖，迅速将盛浮石的坩埚从氧弹中移入称量瓶中，并测定浮石中增加的水量。10). 检查氧弹的内表面，以确定试样是否完全燃烧及湿气是否完全被吸收，氧弹的内表面应是干燥的。但在燃烧含大量硫的石油产品情况下，由于与空气接触可稍呈湿润。如在氧弹内壁上存有烟灰或未被吸收的水分时，则该试验作废。11). 将使用过的浮石收集到有磨口的广口瓶中，以备再生。

④轻质试样氢含量的计算

$$H = \frac{(G_1 - G_2)0.1119 \times 100 - H_J \cdot G_3}{G}$$

式中：

G_2 ——用硫酸浸透的浮石在试样燃烧后增加的重量，克，
 G_1 ——用硫酸浸透的浮石在空白试验后增加的重量，克，
 0.1119 ——水重量换算成含氢重量的系数。
 G_3 ——小皿上的胶片重量，克，
 G ——试样的重量，克；
 H_J ——胶片的氢含量，按式(8)计算，%。

胶片中氢含量的计算

$$H_J = \frac{(G_2 - G_1)0.1119}{G} \times 100$$

式中：

G_2 ——用硫酸浸透的浮石在胶片燃烧后增加的重量，克，
 G_1 ——用硫酸浸透的浮石在空白试验后增加的重量，克；
 0.1119 ——水重量换算成氢重量的系数；
 G ——胶片的重量，克。

重质试样氢含量的计算

$$H = 0.119 \left[\frac{(G_2 - G_1)100}{G} - W \right]$$

式中：

G_2 ——用硫酸浸透的浮石在试样燃烧后增加的重量，克；
 G_1 ——用硫酸浸透的浮石在空白试验后增加的重量，克；
 G ——试样的重量，克
 W ——试样中的水含量，%
 0.1119 ——水质量换算成氢质量的系数

净热值的计算

轻质油品： $Q_1 = Q_Z - 6 \times 9H$

重质油品： $Q_1 = Q_Z - 6(9H + W)$

式中：

Q_Z ——试样的总热值，卡/克；
 6 ——在氧弹中水蒸气每1%（0.01克）在凝结时放出的潜热，卡/克；
 9 ——氢含量百分数换算为水含量百分数的系数；
 H ——试样中的氢含量，%；
 W ——试样中的水含量，%。

2.2、密度

(1) 基本概念

密度：单位体积物质的质量， ρ 表示

公式： $\rho = m/V$

单位：g/cm³、g/mL、kg/m³

标准密度：油品的密度与温度有关，我国规定，油品在101.325kPa、20℃时的密度为其标准密度，用 ρ_{20} 表示；

当测量温度在20±5℃范围内，油品密度随温度变化可近似地看作直线关系：

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

ρ_t ：温度t时的表观密度或视密度 ρ_{20} ：油品在20℃时的标准密度 t：油品的温度，℃

γ ：油品密度的平均温度系数，即油品密度随温度的变化率，g/(cm³·℃)

表 2-2 石油产品的密度的平均温度系数

ρ_{20}	1℃的温度校正值 (r)	ρ_{20}	1℃的温度校正值 (r)
0.700~0.710	0.000897	0.850~0.860	0.00069
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

相对密度：物质在给定温度下的密度与规定温度下标准物质的密度之比。

ISO: $d_{15.6}^{15.6}$ 我国和世界上大部分国家: d_4^{20} ，两者的换算关系为：

$$d_{15.6}^{15.6} = d_4^{20} + \Delta d \quad \text{其中，} d \text{具体数值可以从有关图表中查得。}$$

美国石油协会用API°（相对密度指数）表示油品的相对密度，换算关系为：

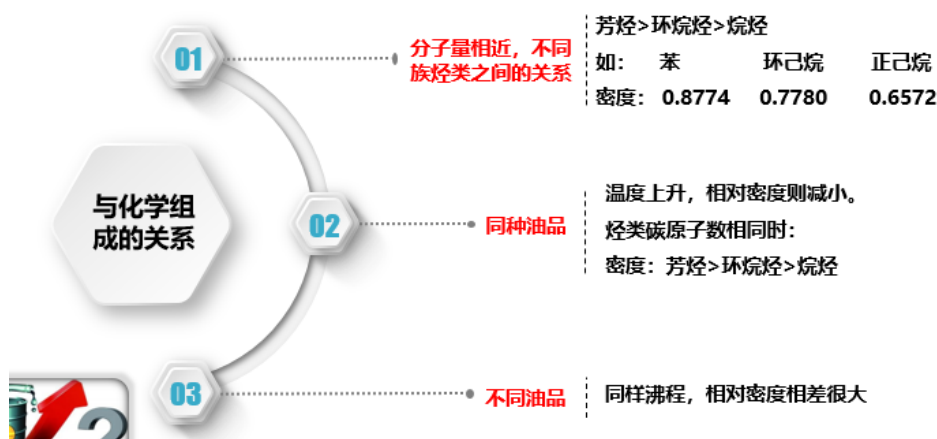
$$API^\circ = \frac{141.5}{d_{15.6}^{15.6}} - 131.5$$

液体石油产品以纯水为标准物质，我国及东欧各国习惯用 20℃时油品的密度与 4℃时纯水的密度之比表示油品的相对密度，其符号用表示，单位为 1。由于水在 4℃时的密度等于 1g/mL，因此液体石油产品的相对密度与密度在数值上相等。

密度直接和挥发性联系，密度大说明重质馏分多，挥发性就差，雾化质量变差，混合气燃烧条件恶化，排气冒黑烟，发动机经济性下降。

芳香烃是导致密度大的重质馏分之一，因此密度大还会造成发动机倾向于爆燃。

(2) 密度与化学组成的关系



原油及其馏分的相对密度的一般范围

油 品	相对密度, d_4^{20}	油 品	相对密度, d_4^{20}
原油	0.8~1.0	轻柴油	0.82~0.87
汽油	0.74~0.77	减压馏分	0.85~0.94
航空煤油	0.78~0.83	减压渣油	0.92~1.00

不同原油的相对密度

馏分 (沸程, °C)	大庆原油	胜利原油	孤岛原油	羊三木原油
初馏~200	0.7432	0.7446	--	0.7650
200~250	0.8039	0.8204	0.8625	0.8630
250~300	0.8167	0.8270	0.8804	0.8900
300~350	0.8283	0.8350	0.8994	0.9100
350~400	0.8368	0.8606	0.9149	0.9320
400~450	0.8574	0.8874	0.9349	0.9433
450~500	0.8723	0.9067	0.9390	0.9483
>500	0.9221	0.9698	1.0020	0.9820
原油	0.8554	0.9005	0.9495	0.9492

(3) 密度与温度、压力的关系

同一油品：温度升高，相对密度下降.在一定压力范围内，压力增大，对相对密度的影响可忽略。
但对密闭容器，温度升高，相对密度下降，压力迅速增加。

(4) 密度测定的意义

- 1) 石油产品的计量($\rho = m/V$)
- 2) 初步确定产品品种
- 3) 判断油品的质量
- 4) 判断燃料使用性能
- 5) 利用特性因数 K 可大致判断石油馏分的化学组成及烃类组成。

(5) 密度测定的方法

5.1 密度计法

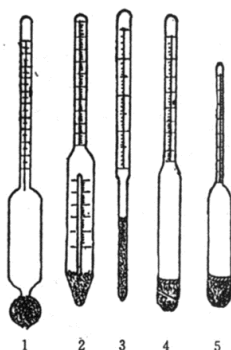
原理：根据阿基米德原理制成。

仪器：种类很多、但结构和形式基本相同，由玻璃外壳制成。

头部：呈球形或圆锥形，里面灌有铅珠、水银或其它重金属，使其能立于溶液中；

中部：胖肚空腔，内有空气故能浮起；

尾部：一细长管，内附有刻度标记，利用各种不同密度的液体标度刻度的。



各种密度计

- 1—糖锤度密度计 2—附有温度计的
糖锤度密度计 3、4—波美密度计
5—酒精计

测定步骤

将量筒放在试验平台上保持平稳，将混合均匀并调好温度的被测样液沿壁徐徐倒入适当容积的清洁量筒中，避免起泡沫；

将密度计洗净擦干，缓缓放入样液中，勿使碰及容器壁及底部；

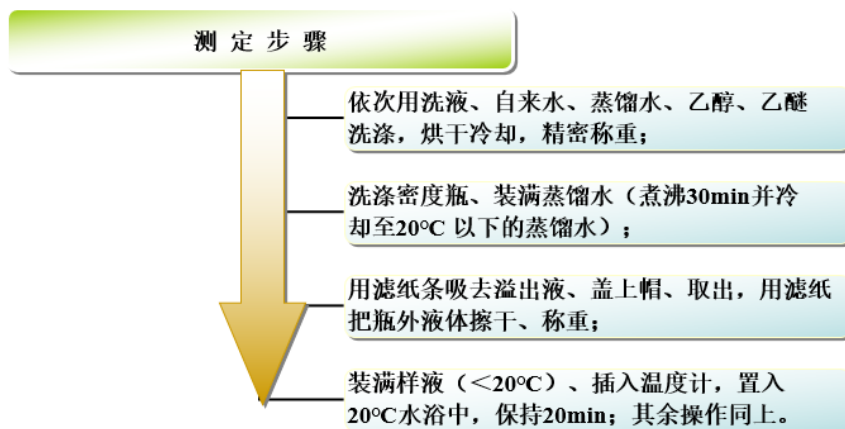
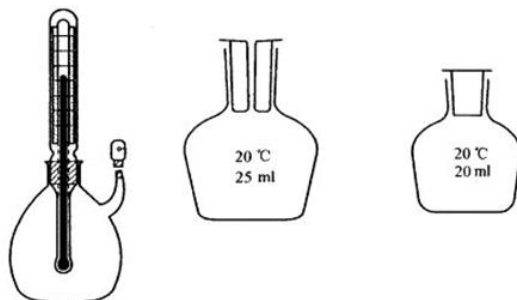
静置后，再轻轻按下少许，待其自然上升，静置并无气泡冒出后，按弯月面上缘读数，两次测量时量筒温度差不应超过0.5℃，否则重做；

测量样液温度，若不是20℃，在“石油计量换算表”中即可查到试样在20℃的密度。

5.2 比重瓶法

原理：在一定温度下，利用同一密度瓶分别称取等体积的样品溶液和蒸馏水的质量，两者之比即为该样品溶液的相对密度，或测定密度。

适用范围：适用于测定液体或固体石油产品的密度，但不适用于测定高挥发性液体的密度。此法是测定石油产品密度最精确的方法之一。



方法要点：在 20°C 温度下测定比重瓶的容积，先称量空比重瓶，称量用水充满至规定标准的比重瓶，求出比重瓶内水的质量；然后用水质量除以水在 20°C 的密度得出比重瓶的容积。将油品充满至该比重瓶的同一标线并进行称量，求出油品质量，油品体积已知即可算出油品的密度，换算成标准密度。

密度计法和比重瓶法有什么不同？

在测定方面有以下不同：

- (1) 所需要试样量不同，密度计法要用 200ml，比重瓶法用 50ml 以下。
- (2) 密度计法的试样在量筒上端是外露的，对易挥发、易吸潮、有毒的产品不适于采用。比重瓶法是密闭的，对有上述性质的产品可以用。
- (3) 密度计的分度值为 0.001g/cm³，对要求严格的测定（指要求测到小数点后四位数）不适用。比重瓶法可以用。
- (4) 密度计法比比重瓶法简便。

三、烟点和辉光值

(1) 基本概念

喷气式发动机没有气缸，工作时燃料在低压下连续喷入到高速的空气流中，并迅速雾化，一经点燃便连续燃烧，并不像活塞式发动机那样，燃料的供应、燃烧间歇进行。发动机工作原理的特殊性，决定其对燃料燃烧性能要求的特殊性。

影响燃烧性能的主要因素：

- 1) 燃料的粘度。
- 2) 燃料的表面张力。
- 3) 燃料的挥发性。
- 4) 燃料的积炭性。

评价燃料积（生）炭倾向的指标：烟点和辉光值。

①烟点(smoke point)

作用：反映积炭生成的倾向。

定义：指在规定条件下，油品在标准灯中燃烧，在不冒烟的情况下测得的火焰最大高度，以 mm 表示。

烟点↗，生炭倾向↘；含芳香烃↗，烟点↘。

烟点↘，生成的积炭量↗。

②辉光值(luminometer number)

作用：反映积炭生成的倾向。用来表示火焰辐射强度。

定义：人为规定异辛烷的辉光值为 100，四氢萘的辉光值为 0，而测定出来的相对值。

在可见光谱的黄绿带内于固定火焰辐射下火焰温度的量度相对值。

辉光值↗，表示燃烧性能越好，燃烧越完全，生成积炭的倾向↘。

辉光值的大小决定于燃料的化学组成，大致按下列顺序递减：

正构烷烃>异构烷烃>环烷烃>烯烃>芳香烃。

燃料的辉光值过低，火焰筒的使用寿命将缩短。

(2) 影响烟点的因素

喷气式发动机内生成积炭的倾向与烟点之间有密切的关系。

表1 几种喷气燃料烟点、C/H比和积炭量

指标	新疆 RP-1	胜利 RP-1	大庆 RP-2	大庆 RP-3	大庆 RP-4	管输 RP-5	孤岛 RP-6
烟点 (h) /mm	31	26	35	36	35	22	24
C/H (质量) 比	5.91	6.18	5.90	6.00	5.90	6.25	6.36
氢含量 ω /%	14.47	13.93	14.50	14.28	14.49	13.80	13.59
积炭量 (小单管法) /g	0.58	0.60	0.56	0.57	0.48	1.14	1.33

由上表可知，燃料的烟点越小，生成积炭越多。C/H 比越高的烃类，烟点越小。

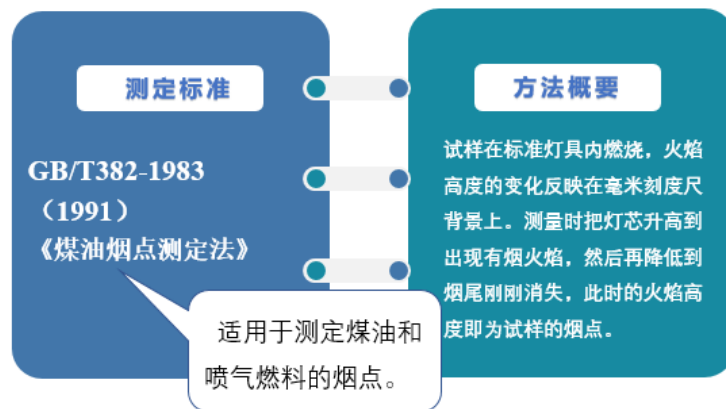
结论：1) 烟点跟喷气燃料的化学组成有关，芳香烃含量越多，烟点越小。

2) 烟点越小，表示生成积炭倾向越大。

(3) 烟点测定的意义

烟点是评定喷气燃料燃烧时生成积炭倾向的指标。积炭的存在会危害发动机的正常运行，因此通过测量烟点值对喷气燃料的质量控制有重要的意义。

(4) 烟点测定的方法



四、喷气燃料的腐蚀性

1、气相腐蚀

(1)定义

燃烧产物常对发动机的火焰筒、涡轮和喷管等部件产生高温条件下的腐蚀。

(2)引起气相腐蚀的原因

含硫化物燃料后产生 SO₂、SO₃ 对金属造成腐蚀。

2、液相腐蚀

喷气发动机部件大多使用合金材料，液相腐蚀问题更为严重。

(1)活性硫化物

①元素硫

元素硫达到 0.001%，铜片上便会出现腐蚀痕迹。

②硫化氢

H₂S 在燃料中只要达到 0.0005%，就会引起金属腐蚀。

③硫醇

主要腐蚀镉、青铜，不腐蚀钢、铝等合金。

腐蚀产物为胶状沉淀物，会堵塞喷嘴、过滤器和油泵。

(2)环烷酸

主要腐蚀镉、铅、锌等金属。

腐蚀产物为胶状沉淀物，会堵塞喷嘴、过滤器和油泵。

(3)水分的腐蚀作用

游离水会腐蚀低合金钢、锌、镉等金属。

(4)细菌引起腐蚀

喷气燃料中的细菌约有 100 多种。

当储油容器、油箱长期未清洗，底部有水，细菌容易在油水界面上繁殖。

它们以烃类为食物，有的能产生有机酸，有的能将硫化物转化为元素硫、H₂S 等活性硫化物。

3、控制喷气燃料腐蚀性的指标

硫含量、硫醇性硫含量、铜片腐蚀、银片腐蚀；酸度和总酸值。

银片腐蚀：硫化物腐蚀高压油泵，观察变黑的程度。

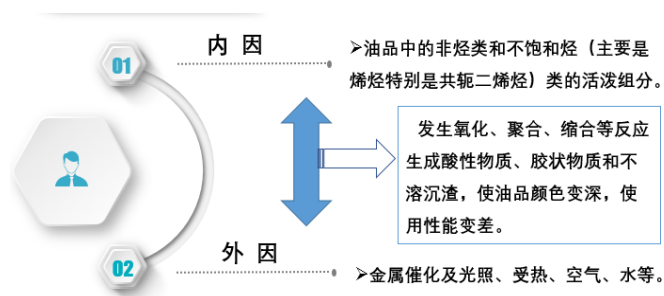
五、喷气燃料的安定性

1、基本概念

储存安定性：喷气燃料在长期贮存过程中会有不同程度的变色，是由于燃料氧化生成胶质的结果。为了满足国防需要，喷气燃料特别是军用喷气燃料要有一定的储备量，因此要求其具有良好的储存安定性。

喷气燃料在超音飞机中工作时，由于空气动力加热，可使飞机表面温度上升。喷气燃料要有抵抗发动机燃油系统较高温度和溶解氧作用而不生成沉渣的能力，即喷气燃料的热氧化安定性。

2、影响安定性的因素



3、评定液体燃料安定性的指标

碘值

实际胶质

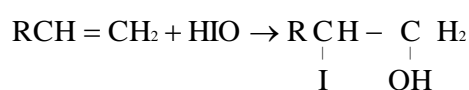
烯烃及芳烃含量

过滤器压力降和预热管评级

(1) 碘值和溴值

100g 液体燃料所能吸收碘或溴的克数，称为该燃料的碘值或溴值，有时也叫碘价或溴价。

原理： $I_2 + H_2O = HIO + HI$



碘值越大，安定性越差。

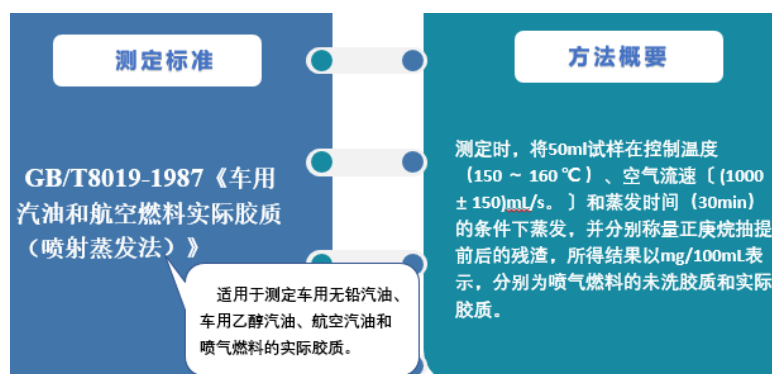
测定方法 SH/T0234：称取定量的试油溶于乙醇，加入过量的碘乙醇溶液及蒸馏水；用已知浓度的硫代硫酸钠溶液滴定剩余的碘，至淀粉指示剂所呈蓝紫色消失为止。

反应可用下式表示： $2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaI$ 。

使用意义：碘值或溴值表明燃料中不饱和烃含量多少。碘值或溴值愈高，说明燃料中不饱和烃含量愈多，燃料的化学安定性也愈差。

缺陷：碘值或溴值只能表示燃料中不饱和烃含量的多少，不能表明不饱和烃的化学结构。而结构对烯烃安定性影响很大。因此，碘值或溴值主要用来限制不饱和烃含量，与其他指标结合起来可以表明燃料安定性。

(2) 实际胶质测定的方法



4、改善安定性的方法

(1)加氢精制和酸碱精制：除去不安定组分和含硫、氮、氧的非烃化合物。

(2)加入添加剂：高分子胺类、烷基苯酚类等

教案编号	06	
授课题目	第6章 润滑剂分析	
授课学时	4 课时	
课 型	理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 ()	
教学目标	一、了解润滑剂的组成、分类、规格、牌号和用途。 二、熟悉润滑剂技术指标要求和指标作用。 三、掌握润滑剂典型指标的检验方法，熟悉指标测定的影响因素。	
教学重点	一、熟悉润滑剂技术指标要求和指标作用。 二、掌握润滑剂典型指标的检验方法，熟悉指标测定的影响因素。	
教学难点	一、熟悉润滑剂技术指标要求和指标作用。 二、掌握润滑剂典型指标的检验方法，熟悉指标测定的影响因素。	
教学方法	讲授 (<input checked="" type="checkbox"/>); 讨论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 指导 (<input checked="" type="checkbox"/>); 示教 (); 其它 ()	
电子教案	有 (<input checked="" type="checkbox"/>)	Microsoft PowerPoint (<input checked="" type="checkbox"/>); Author ware (); 其它 ()
	无 ()	
教学资源	多媒体 (<input checked="" type="checkbox"/>); 模型 (); 标本 (); 实物 (); 音像 (); 其它 ()	
教学过程 时间安排	第一、二节 3 课时，第三、四节 3 课时，第五、六节 3 课时	
思 考 题	第 8 章达标测试	
作 业	课后题	
课程思政元素	学习本行业的工匠和模范，培养正确的择业观、就业观，规划自己的职业发展。	
教学后记		

第 6 章 润滑剂分析

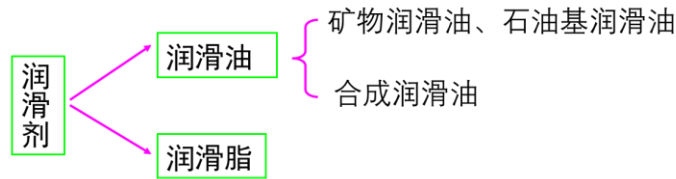
一、润滑剂概述

润滑剂是一类很重要的石油产品；

所有带有运动部件的机器都需要润滑剂，否则就无法正常运行；

润滑剂的产量仅占原油加工量的 2% 左右，但品种多达数百种，且对其质量的要求非常严格，其加工工艺也比较复杂。

二、润滑剂的分类



第一节 润滑油

一、润滑油的分类

1、常见的四大类润滑油是：内燃机油、车用齿轮油、液压油、电器用油

车用润滑油：内燃机油、车用齿轮油等，占国内润滑油总量的 40%。

工业润滑油：液压油（液）、工业齿轮油、汽轮机油、压缩机油、冷冻机油、真空泵油、变压器油、轴承油、金属加工油（液）、防锈油脂等，占国内润滑油总量的 60%。

二、内燃机油的规格

1. 内燃机的工作特点

随着内燃机向高速度、大功率方向的不断发展，其工作条件也越来越苛刻，运动零部件的摩擦面有如下特点：

（1）温度高，温差大：工作产生的摩擦热和燃烧发热使各摩擦面处于较高温度，但冷机启动及运转开始时，各摩擦面温度较低，此时极易发生干摩擦和半干摩擦。

（2）运动速度快：曲轴高速转动，在摩擦面上难于形成润滑油膜，活塞与汽缸壁之间经常处于边界润滑状态。热膨胀和热变形会影响各运动零件正常的配合间隙，严重时会导致发生摩擦面黏着和烧结等故障。

（3）载荷重：内燃机热效率高，质量小，功率大，因而运动零件单位摩擦面的载荷很大。

（4）易受到环境因素影响：内燃机在进气冲程中吸入的尘埃，燃料燃烧生成的废气和固态物，

以及润滑油在高温和低温下氧化生成的积炭、漆膜和油泥等沉积物，都会对各摩擦面起加速磨损和增大腐蚀的作用，缩短摩擦零件的使用寿命。

2. 内燃机油的作用

(1) 润滑作用：指润滑油将摩擦表面隔开，形成液体摩擦，减少了摩擦阻力和机件磨损的作用。润滑油在金属表面上保持一层紧密牢固油膜的能力，称为润滑性或油性

(2) 冷却作用：指发动机工作时不断地从气缸、活塞、曲轴等摩擦表面吸取热量，降低工作面温度的作用。黏度小的内燃机油才能产生良好的冷却效果。润滑油冷却带走的热量一般为 6%~14%。

(3) 洗涤作用：内燃机油在润滑循环过程中能将摩擦表面的杂质带走，送至曲轴箱中，并通过机油滤清器将杂质再滤出，从而起到洗涤作用。低黏度内燃机油，循环流动快，洗涤作用比较好。

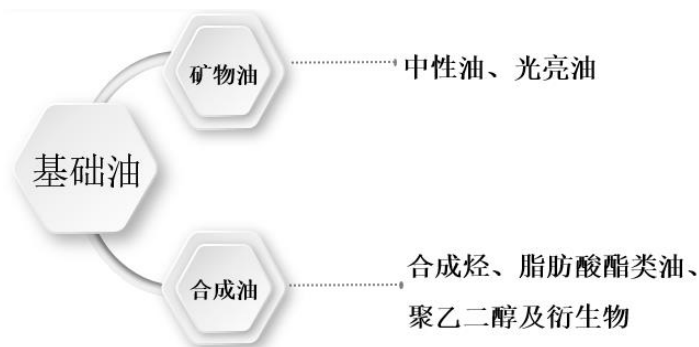
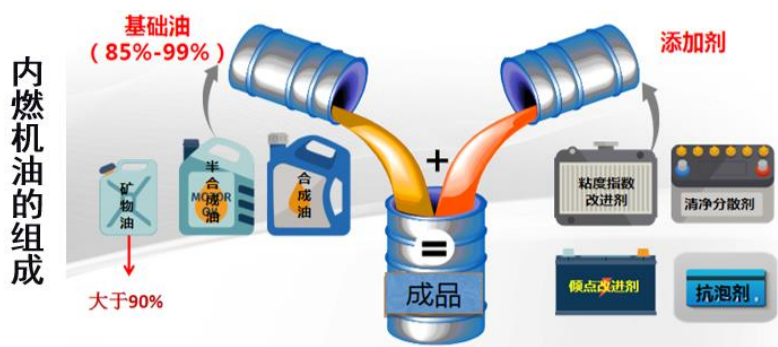
(4) 密封作用：内燃机油在活塞与气缸壁之间形成的油层，具有密封作用，可保证活塞与气缸壁之间不漏气，也防止废气窜进曲轴箱。通常，高黏度内燃机油具有更好的密封作用。

(5) 保护作用：金属表面保持的内燃机油膜，能使其与腐蚀性气体隔开，从而使其避免或减少腐蚀而得到保护。

(6) 减振作用：润滑油使零件间的点接触变为液体面接触，分散了应力，减轻了振动。

3. 内燃机油的组成

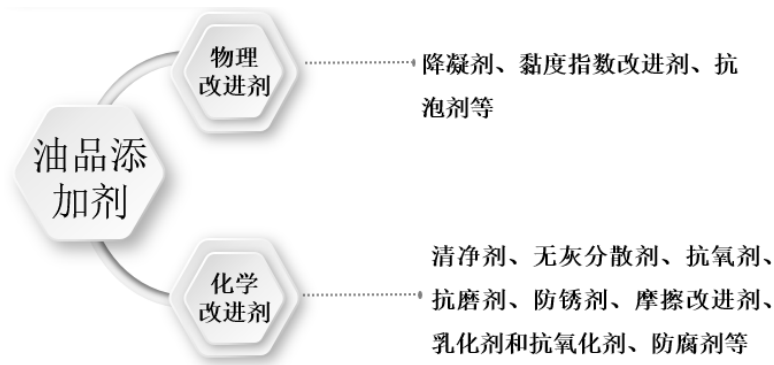
内燃机油是以适度精制的矿物油或合成油为基础油，加上适量添加剂调合而成。



我国内燃机油基础油 90%以上为矿物油。但合成基础油具有矿物油所不及的优越性（如杂质少、闪点高、凝点低等），因此近年来在生产高档内燃机油已越来越多地采用合成基础油。

只需加入少量就能改善和提高油品使用性能的物质，称为油品添加剂。

常用添加剂：清净分散剂、抗氧抗腐剂、抗磨剂、增黏剂、降凝剂、黏度指数改进剂、抗泡剂和防锈剂等，多为复合添加剂。添加剂的用量随润滑油类型和使用要求的不同而异，添加剂过多也会影响润滑油质量。



4. 内燃机油的分类

(1) GB/T 28772—2012《内燃机油分类》对内燃机油进行了质量等级分类。每个类别由两个大写字母及数字组成的代号表示，第一个字母“S”代表汽油机油，“C”代表柴油机油，第二个字母表示质量等级，以“A、B、C……H”为序，序号越靠后质量越高。

如：SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SI, SJ, SKSL, SM, SN (SA、SB、CA、CB已废止)。S后的字母越靠后，机油等级越高，质量越好。

(2) 单级油只符合SAE发动机油黏度分类中的某单一级别，对适用的环境温度有严格要求。不带W的油品表示高温黏度等级，带W的油品表示低温黏度等级。

如：SE40表示油品在100℃时的黏度等级；SE5W表示油品在-30℃时的黏度等级。

(3) 一些油品既有高温黏度分级，又有低温黏度分级，能同时满足高温黏度和低温黏度两个级别的要求，即在高温时能表现出足够大的黏度，在低温时又具有良好的流动性，故称为多级油，又称冬夏两用油或四季用油。如5W/30、15W/40等。

15W/40：15W表示油品-30℃时的黏度等级；40表示油品在100℃时的黏度等级。其低温性能可满足15W，高温粘度可达到40的指标，其间跨越5个粘度级别，因此多级油适用于较宽的地区范围，可四季通用。

(4) 多级油的选择：

*0W-20, 5W-20, 10W-20, 15W-20W前面的数字越小，低温流动性越好，质量就好。

*5W-20, 5W-30, 5W-40, 后面的数字越大，高温粘稠度越好，机油质量就好。

相比较而言，南方可适当选择高黏度机油，北方可适当选择低黏度机油。

多级油：

①两粘度级号之差至少相差 15（如：10W/30、20W/40，不可为 10W/20、20W/20）；

②一个产品可能同时符合多个 W 级，但粘度牌号只能取最低 W 级号。如：10W/30 不能标为 15W/30、20W/30、或 25W/30。

5. 内燃机油规格

内燃机油的命名：

	质量等级	黏度等级	汽油（或柴油）机油
例 SF10W-30 汽油机油	SF	10W-30	汽油机油
	SE	30	汽油机油
	CD	10W-30	柴油机油

三、内燃机油技术要求分析检验

1. 黏度、黏温性

（1）质量要求

黏度表示内燃机油润滑性和流动性的一项指标。内燃机油黏度越大，油膜强度越高，润滑性越好，但流动性变差。合适的黏度，能形成良好的油膜，起到润滑作用和密封作用，不影响发动机有效功率的发挥。

随温度升高，内燃机油黏度减小，温度降低时，油品的黏度又增大。这种油品黏度随温度变化的性质，称为油品的黏温性或黏温特性。

内燃机油要求：具有良好的黏温性能，黏度随温度变化小，即高温时能保持良好的润滑，低温时维持正常的油循环。

（2）评定指标的分析检验

评定黏度的指标：运动黏度、低温动力黏度；

评定黏温性的指标：黏度指数。

运动黏度

① 测定意义

运动黏度是内燃机油分类的依据之一，对发动机工作有很大影响。黏度合适的内燃机油，能保证发动机具有稳定可靠的工作状况，达到最佳的工作效率。黏度过低，会降低油膜的支撑能力，使摩擦面之间不能保持连续的油膜，导致干摩擦，降低发动机的使用寿命

②润滑油运动黏度的分析检验方法：运动黏度的测定按 GB/T 265—1988（2004）《石油产品运动黏度测定法和动力黏度计算法》进行。

③根据理论计算和实验证明，100℃时内燃机润滑油的运动黏度以 10.6 mm²/s 左右为宜。

油品氧化、不溶物增加、高黏度油泄露及水分侵入等可使在用（即正在使用中的）内燃机油的黏度增加。当 100℃运动黏度变化率超过规定值（如±25%）时，必须更换新油。100℃时的运动黏度变化率按下式计算：

$$\text{运动黏度变化率} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\%$$

式中：V1：新油黏度实测值，mm²/s；

V2：在用油的黏度实测值，mm²/s。

低温动力黏度

①测定意义

内燃机油低温黏度主要影响发动机的冷启动性。通常，在高剪切速率下，-30~-5℃的低温表观黏度（非牛顿型流体在同一温度下，剪切速率不同，其黏度也不同，有这种特性的黏度称为表观黏度）与内燃机油的启动性有关。

黏度指数

黏度指数是衡量油品黏度随温度变化的一个相对比较值。黏度指数越高，表示油品黏度受温度的影响越小，其黏温性越好；反之越差。黏度指数与润滑油的组成密切相关，如少环长侧链的环状烃，既有合适的黏度，又有良好的黏温特性，因此是润滑油的理想组分。内燃机油中加入某些黏度大，黏温性好的高分子聚合物，可大大改善黏度和黏温性。因此这类物质又称为增稠剂、黏度添加剂或黏度指数改进剂。

②计算方法：黏度指数按 GB/T 1995—1998《石油产品黏度指数计算法》进行计算。

根据规定，人为选定两种标准油，其一为黏温性质很好的 H 油，黏度指数规定为 100；另一种为黏温性质差的 L 油，其黏度指数规定为 0。将这两种油分成若干窄馏分，分别测定各馏分在 100℃和 40℃时的运动黏度，然后在两种数据中，分别选出 100℃运动黏度相同的两个窄馏分组成一组，列成表格。

确定某一油品的黏度指数时，先测定其在 40℃和 100℃时的运动黏度，然后在表中找出 100℃时与试样黏度相同的标准组。

①当试样的黏度指数 VI≤100，且运动黏度为 2mm²/s≤v₁₀₀≤70 mm²/s 时，可直接查表（表 6-13）计算；若数据落在表中的两个数据之间时，可采用内插法求得 v_L 和 v_H 值，再计算黏度指数。

②若试样的黏度指数 VI≤100，且运动黏度 v₁₀₀>70 mm²/s，则需用下式计算 v_L 和 v_H，再计算黏度指数。

$$v_L = 0.8353s/mm^2 v_{100}^2 + 14.67v_{100} - 216mm^2/s$$

$$v_H = 0.1684s/mm^2 v_{100}^2 + 11.85v_{100} - 97mm^2/s$$

式中：v₁₀₀——试样在 100℃时的黏度，mm²/s。

黏度指数计算公式：

$$VI = \frac{v_L - v_{40}}{v_L - v_H} \times 100$$

式中：VI——试样的黏度指数

v_L ——与试样在100℃时的运动黏度相同，黏度指数为0的标准油在40℃时的运动黏度，mm²/s；

v_H ——与试样在100℃时的运动黏度相同，黏度指数为100的标准油在40℃时的运动黏度，mm²/s；

v_{40} ——试样在40℃时的运动黏度，mm²/s。

③当试样黏度指数 VI ≥ 100 时，且运动黏度为 2 mm²/s < v₁₀₀ < 70 mm²/s 时，

可先由教材表 6-13 直接查取或采用内插法求得 v_H 值；

④若试样黏度指数 VI ≥ 100，且运动黏度 v₁₀₀ > 70mm²/s 时，需按下式计算 v_H 值。再由下式直接进行计算黏度指数。

$$N = \frac{\lg v_H - \lg v_{40}}{\lg v_{100}} \quad VI = \frac{10^N - 1}{0.00715} + 100$$

式中：v₄₀——试样在40℃时的运动黏度，mm²/s；

v_H ——与试样在100℃时的运动黏度相同，黏度指数为100的标准油在40℃时的运动黏度，mm²/s；

v₁₀₀——试样在100℃时的黏度，mm²/s。

2. 低温流动性

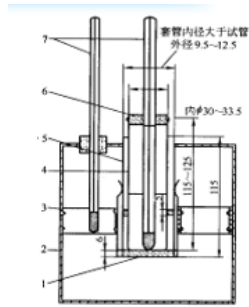
1. 质量要求：要求内燃机油在低温使用条件下，能够顺利泵送，并迅速流到各个摩擦面上，保证机件的可靠润滑。

2. 评定内燃机油低温流动性的指标有：倾点、边界泵送温度。

(1) 倾点：在试验规定的条件下冷却时，油品能够流动的最低温度，称为倾点，单位℃。

①测定意义：倾点的高低，可以估计油品石蜡含量的多少，倾点越高，油品石蜡含量越多。通常，所用内燃机油的倾点应低于环境温度 8~10℃。

②分析检验方法：内燃机油倾点的测定按 GB/T 3535—2006《石油倾点测定法》进行。



倾点试验仪器

1—垫片；2—冷浴；3—垫圈；
4—试管；5—套管；6—软木塞；
7—温度计

SYP1016-V型石油倾点、油点试验器

适用标准：GB/T 3535，GB/T 6986
适用范围：测定石油产品倾点和油点
技术参数：控温范围0~75℃，控温精度±0.3℃，
试验槽2槽，试验孔4孔，可倾斜45°，
额定功率1000w

测定时，将清洁的试样倒入试管至刻线处，按要求预热后，再按规定的条件冷却，同时每间隔3℃倾斜试管一次，检查试样的流动性，直到试管保持水平位置5s而试样无流动时，记录温度，再加3℃作为试样能流动的最低温度，即为试样的倾点。通常，同一油品的倾点高于凝点约2~3℃。

(2) 边界泵送温度：边界泵送温度是指能将内燃机油连续、充分地供给发动机泵入口的最低温度。

①测定意义：内燃机油在低温条件下通过油泵泵送至发动机各摩擦面的能力称为低温泵送性，它是冬用油及多级油的重要质量指标之一，也是按黏度分类的一个依据。

②分析检验方法：内燃机油边界泵送温度的测定按 GB/T 9171—1988（2004）《发动机油边界泵送温度测定法》进行。

3. 抗氧化安定性

1. 质量要求

内燃机油抵抗氧化作用而保持其性质不变的能力，称为抗氧化安定性。即内燃机油应在使用中能抑制有机酸、胶质和沉渣的生成，黏度和残炭值无明显增大。

(1) 测定意义：形成残炭的物质主要是内燃机油中的多环芳烃、胶质、沥青质及碱性含氮化合物，因此残炭值（高温氧化沉积物）的大小反映内燃机油的精制深度。内燃机油在使用过程中，随着烃类的氧化，胶质、沥青质含量相应增加，故残炭值（高温氧化沉积物）也反映在用内燃机油生成漆膜和积炭的数量。

2. 评定指标的分析检验

(2) 分析检验方法

内燃机油残炭值测定采用康氏法，其测定按 GB/T268—1987《石油产品残炭测定法（康氏法）》进行（详见第四章）。为准确反映残炭，成品内燃机油要求测定加添加剂前的残炭值。

内燃机油高温氧化沉积物的测定按 SH/T0750—2005《发动机油高温氧化沉积物测定法（热氧化模拟试验法）》进行。

4. 腐蚀性

1. 质量要求

要求内燃机油特别柴油机油不仅能在金属表面形成稳定的保护膜，而且腐蚀性要小。

2. 评定指标的分析检验

评价内燃机油腐蚀性的主要指标有酸值（补充）、碱值、硫含量。

(1) 酸值 滴定 1g 试样到终点，所需要的氢氧化钾的质量，称为酸值，以 mgKOH/g 表示。

①测定意义 根据酸值的大小可以判断内燃机油中所含酸性物质的多少，对金属材料的腐蚀性大小和变质程度，从而确定是否应更换内燃机油。当在用内燃机油酸值增值大于 2.0mgKOH/g 时，必须更换新油。

②分析检验方法 内燃机油酸值的测定按 GB/T12574—1990（2004）《喷气燃料总酸值测定法》进行。

(2) 碱值 滴定 1g 试样到终点，所需要的高氯酸质量，称为碱值，通常以 mgKOH/g 表示。

①测定意义 当内燃机油加有添加剂时，就有可能有碱性成分，用以衡量添加剂在润滑油使用过程中的降解情况，以确定必要的废弃极限。当碱值小于 0.5 mg/g 时，必须更换新油。

②分析检验方法 内燃机油碱值的测定按 SH/T0251—1993（2004）《石油产品碱值测定法（高氯酸电位滴定法）》进行。

试样的碱值，按下式计算：

$$X = \frac{56.1 \text{ g/mol} \times c(\text{HClO}_4) \times (V_1 - V_0)}{m}$$

式中：X——试样的碱值，mgKOH/g；

56.1 g/mol——KOH的摩尔质量；

V_1 ——滴定混合溶液至终点时，所消耗高氯酸-冰醋酸标准滴定溶液的体积，mL；

V_0 ——空白试验所用高氯酸-冰醋酸标准滴定溶液的体积，mL；

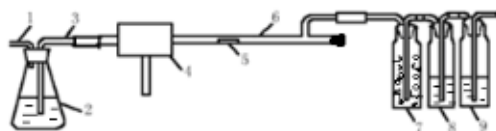
$c(\text{HClO}_4)$ ——高氯酸-冰醋酸标准滴定溶液的物质的量浓度，mol/L；

m ——试样的质量，g。

(3) 硫含量

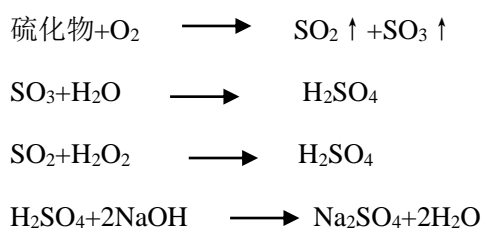
①测定意义：硫及许多硫化物能直接或间接腐蚀金属，促进油品氧化，是内燃机油的非理想组分。

②分析检验方法：硫含量的测定按 GB/T387—1990（2004）《深色石油产品硫含量测定法（管式炉法）》进行。其主要设备是管式炉。



石油产品硫含量（管式炉法）测定器
 1—连接泵的出口管；2—接受器；3—石英弯管；4—管式电炉；
 5—盛样瓷舟；6—露口石英管；7、8、9—洗气瓶

测定时，将试样放入管式炉内并在规定流速的空气流中完全燃烧，生成的 SO_3 、 SO_2 用 H_2O_2 - H_2SO_4 溶液吸收，使 SO_2 也被氧化成 H_2SO_4 。再用已知浓度的 NaOH 标准滴定溶液滴定接受溶液中原有和新生成的 H_2SO_4 ，根据滴定时消耗 NaOH 溶液的体积（扣除空白值），即可计算出试样中的硫含量。反应如下：



$$w = \frac{0.016\text{g/mol} \times c(V - V_0)}{m} \times 100\%$$

③测定注意事项：

- 燃烧温度控制
- 对助燃气体的要求
- 气路密闭性
- 器皿的洁净程度



SYP1006B—II型深色石油产品硫含量测定器（管式炉法）

适用标准：GB/T387—1990

适用范围：测深色石油产品硫含量

技术性能：空气流速 0~800ml/min(可调)，炉温设定 500~950℃，

控温精度±0.3℃，预热、燃烧、焙烧自动定时 0~99min

5、机械杂质

机械杂质测定可按 GB/T511—2010《石油产品和添加剂机械杂质测定法（称量法）》进行。

按 GB/T511—1988 测定时，称取一定量的试样，溶于所用的溶剂中，用已恒定质量的滤器（滤纸或微孔玻璃滤器）过滤，烘干后称量，其测定结果以质量分数表示。

$$\omega = \frac{(m_2 - m_1) - (m_4 - m_3)}{m} \times 100\%$$

(1) 机械杂质测定的方法

轻质油品中机械杂质含量的测定，通常用目测法。

将油样注入到 100mL 玻璃量筒中对光观察，若无悬浮杂质或沉降在底部的杂质，且油样透明，则判定为合格。仲裁时则按照 GB/T 511 方法进行测定。

6、闪点

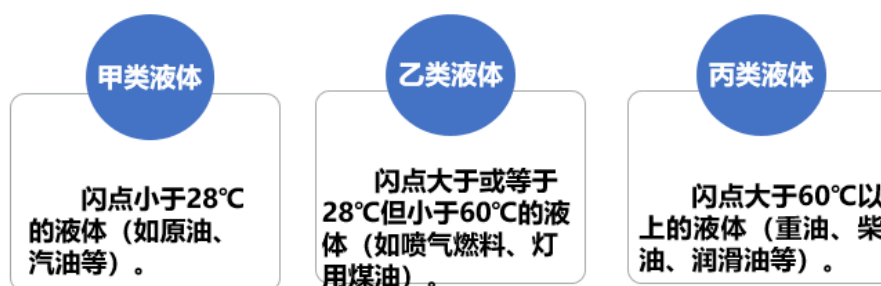
闪点是评价内燃机油质量的重要指标。内燃机油具有较高的闪点，使用时不易着火燃烧，若发现闪点显著降低，则说明内燃机油已受到燃料的稀释，应及时检修发动机或换油。要求汽油机油闪点低于 100℃、柴油机油闪点低于 130℃时，必须更换新油。

内燃机油闪点的测定按 GB/T 3536—2008《石油产品闪点和燃点测定法（克利夫兰开口杯法）》进行。适用于内燃机油等重质油，但不适用于开口闪点低于 79℃的油品，以免发生着火危险。

指规定条件下，试验火焰引起试样蒸气着火，并使火焰蔓延至液体表面的最低温度，修正至 101.3kPa 大气压。

闪点：分为开口和闭口两种闪点，同一个油品其开口闪点较闭口闪点高约 20—30℃。

根据液化烃、可燃液体的危险性，我国把这些可燃液体分为了三类



润滑油的开口闪点的测量方法有国标 GB/T 3536 石油产品闪点和燃点的测定克利夫兰开口杯法，国标 GB/T 267 石油产品闪点和燃点的测定法，美国标准 ASTM D92 克利夫兰开口杯法。克利

夫兰开口闪点仪用于润滑油的闪点测定。



7、泡沫性

泡沫性是指油品生成泡沫的倾向及生成泡沫的稳定性能。

测定时，试样在 $(24 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下，用规定流速的空气吹5min，然后静止10min，分别测定结束时的泡沫体积；取第二份试样，在 $(93.5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下重复上述试验；当泡沫消失后，再在 $(24 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下进行重复试验。用吹喷5min结束时的泡沫体积表示生成泡沫的倾向性，而用静止10min结束时的泡沫体积表示泡沫稳定性。

8、剪切安定性

剪切安定性是指内燃机油抵抗剪切作用，保持黏度及与黏度有关性质不变的能力。因此剪切安定性是内燃机油必测的特殊理化性能，多级油的剪切安定性有具体要求。

剪切安定性的测定按SH/T0265—1992《内燃机油高温氧化合轴瓦腐蚀评定法（L-38法）》和GB/T265—1988《石油产品运动黏度测定法和动力黏度计算法》进行。测定时，在规定温度下将30mL试样置于聚能器（超声波振荡器）中，受超声波剪切10min，再测定运动黏度损失，以运动黏度下降率来表示。

四、在用润滑油的快速检验

实施不定期换油就需要对在用油进行定期检验，以把握合适的换油时机。常见现场快速检验方法如下。

（1）外观及气味检查：用一个洁净的试管接取在用油样品，用肉眼观察及借助放大镜或闻气味的方式进行观察，判断机油的劣化变质情况。

（2）滤纸斑点试验：它是分析判断在用内燃机油污染程度、质量衰变情况的一种现场快速测试方法。在无全套油品化验测试手段时，可用来进行质量监测和确定换油时机。

（3）爆裂试验：将一薄金属片或金属箔加热至 110°C 以上，滴上一滴机油，如油爆裂则表明油中有水。此方法简便、灵敏，油中含水大于0.1的均能检验出。

第二节 润滑脂

一、润滑脂的基础知识

1、概念

润滑脂是一种在常温下呈油膏状（半固体）的塑性润滑剂。它的作用主要是润滑、密封、保护。润滑脂广泛应用于航空、汽车、纺织、食品等工业机械和轴承的润滑。

它是在润滑液体（基础油）里添加了一些能起稠化作用的物质，把液体稠化成半固体或膏状产品。

2、润滑脂的组成

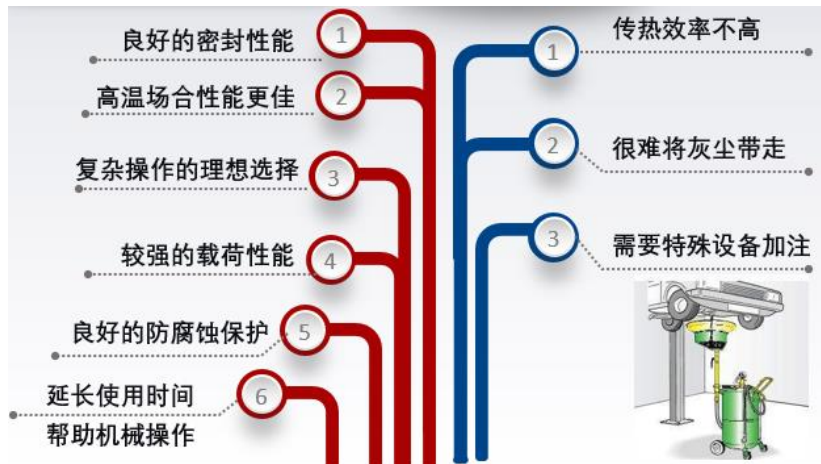
润滑脂主要由基础油（75%~95%）、稠化剂（5%~20%）及添加剂（5%以下）三部分组成。



添加剂有两类，一类是润滑脂所特有的，称为胶溶剂，有水、甘油及三乙醇胺等。它能使基础油与皂基稠化剂结合更加稳定，加钙基润滑脂中一旦失去水，其胶体结构就会被破坏，而甘油在钠基润滑脂中可以调节脂的稠度。

另一类与润滑油相似，有抗氧化剂、极压抗磨剂、防锈剂及结构改善剂等，但用量比润滑油多。为提高润滑脂抵抗流失和增强润滑能力，常添加一些石墨、二硫化钼和炭黑等作为填料。

3、润滑脂的特点



4、润滑脂的分类

润滑脂按稠化剂分类

润滑脂	稠化剂	实例
皂基润滑脂	单皂基脂（脂肪酸金属） 混合皂基脂（不同脂肪酸金属皂混合） 复合皂基脂（脂肪酸与其他有机酸或无机酸皂的复合物）	锂基脂、钙基脂等 锂钙基脂、钙钠基脂等 复合锂基脂、复合铝基脂等
非皂基润滑脂	烃基润滑脂（石蜡和地蜡） 有机稠化润滑脂（有机化合物） 无机稠化剂润滑脂（无机化合物）	工业凡士林、表面脂等 聚脲基脂、酞青酮脂等 膨润土脂、硅胶脂等

润滑脂按使用性能和应用范围分类

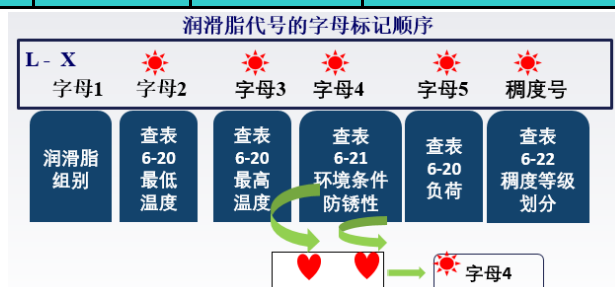
分类依据	类别	分类依据	类别
被润滑机械元件	轴承脂、齿轮脂、链条脂等	基础油	矿物油脂和合成油脂
使用温度	低温脂、普通脂和高温脂等	承载性能	极压脂和普通脂等
应用范围	多效脂、专用脂和通用脂		

按国家标准分类

国家标准分类 GB/T 7631.8—1990《润滑剂和有关产品（L类）的分类 第八部分：X组（润滑脂）》。分类要素：操作条件、环境条件、具备的各种使用性能。

润滑脂代号的字母标记顺序

L	X（字母1）	字母2	字母3	字母4	字母5	黏度等级
润滑剂类	润滑脂组别	最低温度	最高温度	水污染（抗水性、防锈性）	极压性	稠度号



二、润滑脂的分析检验

1、耐热性

滴点：又叫滴落点。在规定的条件下加热，润滑脂随温度升高而变软。从脂杯中滴下第一滴液体（或流出油柱 25mm）时的温度称滴点。

一般情况下，润滑脂在试验条件下由半固体变为液体时的温度，或者说，由不流动态转变为流动态的温度，就是它的滴点。有这种状态变化表明润滑脂含有皂类稠化剂。当不含常规皂类稠化剂时，可以没有状态的变化，只是析出油来。

润滑脂由基础油和添加剂组成，没有真正的熔点，滴点不是熔点，滴点本身没有绝对的物理意义，它的数值因仪器设备和测定条件而异。所以测定润滑滴点需要严格按照方法的规定进行。

（1）影响滴点大小的因素

润滑脂的滴点主要取决稠化剂的种类和含量，此外，添加剂和复合剂的种类和含量也对滴点大小有影响。先看稠化剂的影响，稠化剂的种类和添加量的含量多少都会影响滴点大小。不同的稠化剂影响有差异。

1.皂基稠化剂使润滑脂滴点升高。

2.普通皂基润滑脂的滴点随皂的种类不同而不同。皂基润滑脂的滴点与脂肪酸皂中的金属元素种类有关，和制皂用油脂有关。

3.复合皂基润滑脂因含复合剂使滴点比普通皂基润滑脂有显著提高。

4.相同的稠化剂添加量不同对滴点的影响也有差异，稠化剂含量高，润滑脂的滴点也较高。

（2）添加剂对润滑脂滴点的影响

添加剂对润滑脂滴点的影响随添加剂种类而有差异，一般导致滴点下降。有些影响很大，有些影响很小，通常随着添加剂用量增多滴点相应下降。铅化合物能使润滑脂的滴点降低，降低程度随铅含量的加多而增大。含铅化合物在润滑脂中常用作极压添加剂，它们对润滑脂滴点也有影响，种类不同影响程度有差异。

（3）润滑脂的滴点测定意义

1、大致区别不同类型润滑脂，不同稠化剂制成的润滑脂滴点不同，不同皂基润滑脂滴点高低也不同，可以根据滴点做出大致的判断。

2、粗略估计润滑脂最高使用温度。润滑脂的滴点常用来粗略估计最高使用温度，一般润滑脂的最高使用温度比其滴点低 15~30℃。

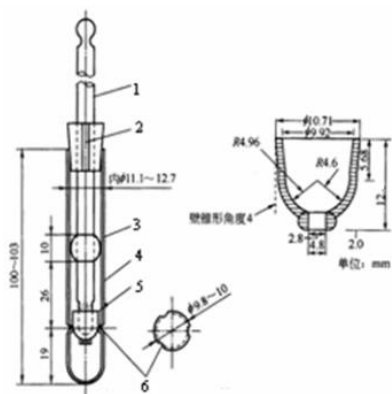
但有的润滑脂因受基础油挥发性的限制，或因体系发生相转变（变成橡皮状凝胶，不粘附金属）以致于最高使用温度比滴点低很多。需要注意，滴点并不是润滑脂的最高使用温度，润滑脂不应在温

度达到或高于滴点时使用，否则会熔化流失。

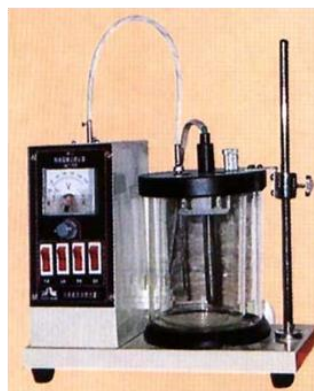
3、在研制生产、验收和储存中控制检查质量。由于滴点测定设备简单、方法快速，长期以来，国内外在润滑脂研制、生产和验收中都广泛用滴点来控制检查润滑脂的质量，故润滑脂规格中均规定有滴点项目。储存期，润滑脂如氧化变质，滴点就会降低。因此，滴点也是润滑脂储存化验项目之一。

(4) 润滑脂的测定

1、测定方法 GB/T4929—1985（2004）《润滑脂滴点测定法》，可测 250℃以下的滴点，适合大多数润滑脂；GB/T3498—1983（2008）《润滑脂宽温度范围滴点测定法》，可测 330℃以下各种类型润滑脂的滴点。GB/T 4929 所用仪器如下：



润滑脂滴点测定器及脂杯（单位：mm）
1—温度计；2—软木塞上的透气槽口；3—软木导环，
环与试管之间总间隙1.5mm；4—试管；5—脂杯；
6—3个脂杯支撑凹槽。



BF-21润滑脂滴点测定器
适用标准：GB/T4929—1985（2004）
功能及特点：双层浴缸，内热式

测定时，将润滑脂装入滴点计的脂杯中，在规定加热条件下，记录从标准仪器脂杯中滴下第一滴液体或流出液柱 25mm 长时的温度，即为该润滑脂的滴点。

GB/T3498 润滑脂宽温度范围滴点测定法与 GB/T4929 类似，加热设备使用温度可以调节并能维持的铝块炉。

滴点用下式计算，结果以最接近的整数表示。

$$t = t_0 + (t_1 - t_0)/3$$

式中：t——试样的滴点，℃；

t₀——从脂杯中滴落第 1 滴试样时温度计的读数；

t₁——炉温，℃。

2、稠度

(1) 润滑脂的锥入度

润滑脂的锥入度也称为针入度。锥入度是润滑脂的主要质量指标，润滑脂的牌号就是以锥入度的范围作为划分依据的。

锥入度值是指在规定质量（150g）规定温度（25℃）下标准圆锥体由自由落体垂直穿入装于标准脂标内的润滑脂，经过 5s 所达到的深度。其单位为 1/10mm。

不工作锥入度：指试样在尽可能少搅动的情况下，从样品容器中转移至工作器脂杯中测定的锥入度。

工作锥入度：指试样在润滑脂工作器中经过 60 次全程往复工作后，在规定温度下测定的锥入度。

延长工作锥入度：指试样在工作器中经过多于 60 次全程往复工作后测定的锥入度。许多脂要求测定工作 10 万或 1 万次后的锥入度值。

块锥入度：指试样在没有容器情况下，具有保持其形状的足够硬度时所测定的锥入度。

锥入度值反映了润滑的软硬程度，是综合了润滑脂的稠厚程度，塑性强度和流动性的一种性状。当圆锥体穿入润滑脂中越深，则锥入度越大，表示该润滑脂越稀软，在外力作用下越易流动。反之锥入度越小，润滑脂就越硬，要受较大的外力作用才能流动。稠度与锥入度不同，稠度是指润滑脂的稠厚程度，即浓稠性。而锥入度只是表示其软硬度，锥入度越大，稠度越小，润滑脂就越硬。

（2）锥入度的意义

①测定意义：锥入度是反映润滑脂稠度的指标。

稠度是表示润滑脂在规定条件下变形程度和流动性能的指标。反映润滑脂在所润滑部位上的保持能力和密封性能，以及润滑脂的输送和加注方式有关的重要指标。从锥入度值能间接了解润滑脂中稠化剂含量的变化。比较不工作锥入度或工作锥入度与延长工作锥入度的差值，在一定程度上反映润滑脂工作稳定性和寿命。差值小，说明脂的机械稳定性好。

（3）润滑脂锥入度的测定方法

1、测定方法 GB/T269-1991（2004）《润滑脂和石油脂锥入度测定法》规定在 $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下、将规定负荷 $[(150 \pm 0.05)\text{g}]$ 的锥体组合体（锥体和锥杆）下落 5s，锥体的钝角形尖刺入脂的深度作为润滑脂的锥入度。

不工作锥入度一般不像工作锥入度那样能有效地代表使用中润滑脂的稠度，通常检验润滑脂时最好用工作锥入度。延长工作锥入度适用于工作超过 60 次所测定的锥入度。当润滑脂具有足够硬度，在没有容器的情况下，保持其形状时，可测定块锥入度，通常这类润滑脂的锥入度值低于 85。

2、测定过程：

试料准备：润滑脂工作器的脂杯中装样，在 $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 下恒温，工作或不工作，除去脂杯多余的试样和气泡。

清洗锥体和锥杆：每次试验前仔细清洗，除去油脂。

锥入度测定：脂杯在锥入度计上固定，调节水平，调节“零位”，迅速释放锥杆，使其落下(5.0±0.1)s，再夹住锥杆。轻轻地压下指示器杆直至被锥杆挡住为止，从指示器刻度盘上读出锥入度值。

对试料共进行3次测定，取平均值。结果修约到最接近整数单位(0.1mm)。

3、测定注意事项

锥入度计使用前应仔细检查、调整，通过调节水平仪使锥杆处于垂直位置，释放时能自由落下，精确调节锥尖，使其位于润滑脂平面上时指示器读数指零。锥体组合体的总质量符合标准要求。测定时锥体组合体自由下落的时间应准确控制恰好为5s；试样内不应存有气泡。锥入度的大小与温度有关，温度升高，锥入度值增大，因此要准确控制试验温度为(25±0.5)℃，并在测定过程中保持稳定。锥入度计的锥体和锥杆在试验前必须仔细清洗。

3、安定性

(1) 质量要求

要求润滑脂在贮存和使用中不易变质、分油。

安定性包括胶体安定性、氧化安定性和机械安定性。

胶体安定性：指润滑脂在贮存和使用避免胶体分解，防止润滑油析出的能力。

氧化安定性：指润滑脂在储存与使用时抵抗大气的作用而保持其性质不发生永久变化的能力。

机械安定性：指润滑脂在机械工作条件下抵抗稠度变化的能力。

(2) 评定指标的分析检验

1、胶体安定性：胶体安定性常用钢网分油量或压力分油作为指标来表示。

SH/T 0324—1992(2010)《润滑脂钢网分油测定法(静态法)》，适于测定润滑脂在提高温度下的分油倾向。

测定时，将约10g试样装在金属丝钢网中，在静止状态下于(100±0.5)℃，经30h后，测定经过钢网流出油的质量即为分油量，以质量分数表示。取重复测定两个结果的平均值，作为试验结果。

润滑脂压力分油按GB/T392—1977(2004)《润滑脂压力分油测定法》进行。测定时，利用规定的加压分油器在一定温度(15~25℃)和一定荷重(1000±10)g下，30min内从润滑脂内压出油的重量，以质量分数表示。

2、氧化安定性：按SH/T0325—1992(2004)《润滑脂氧化安定性测定法》进行。测定时，将试样放在一个加热至99℃，并充有758kPa氧气的氧弹中氧化，按规定时间间隔(至少24h)观察并记录压力，经过测定时间周期(100h或200h)后，由氧气压力降低来确定润滑脂的氧化程度。压降越大，氧化安定性越差。

润滑脂化学安定性按 SH/T0335—1992(2004)《润滑脂化学安定性测定法》进行。测定时，将润滑脂试样在规定氧气压力和温度的氧弹中氧化，按规定的时间间隔，观察记录压力，在氧化终了后，测定氧化后的酸值，与氧化前比较，以其变化值，表示试样的化学安定性。

3、机械安定性

评价机械安定性的方法有两种：

GB/T 269—1991《润滑脂和石油脂锥入度测定法》；SH/T 0122—1992（2004）《润滑脂滚筒安定性测定法》。它们都是利用仪器使润滑脂受到剪切，然后测定其锥入度，并以剪切前后锥入度差值表示机械安定性的好坏。差值小，机械安定性好。

4、防护性能

（1）质量要求

润滑脂防护性包括：润滑脂不对接触金属产生腐蚀；具有良好的耐水性和防腐性；以及具有良好的附着性，能够抵抗环境中腐蚀介质和酸气。

润滑脂还要求具有一定的抗水性，即在水中不溶解、不乳化，不从周围介质中吸收水分，不被水冲刷掉，在与水接触时不明显地改变性能等。润滑脂的抗水性主要决定于稠化剂。

（2）评定指标的分析检验

1、金属的腐蚀性

试验时将金属试片浸入润滑脂中，在一定温度（ 100 ± 2 ）℃下经过一定时间（3h）作用后，通过观察金属试片颜色的变化，来确定润滑脂对金属的腐蚀性。用肉眼观察，如果金属试片上没有斑点和明显不均匀的颜色变化，即认为试样合格。

2、抗水性 SH/T0109—2004《润滑脂抗水淋性能测定法》，评价润滑脂抵抗被水冲出轴承能力的方法。测定时将（ 4.00 ± 0.05 ）g 润滑脂试样装填在球轴承内，将球轴承和已称量质量的防护板装入具有规定间隙要求的轴承套内，以（ 5 ± 0.05 ）mL/s 的速度将规定温度（38℃或 79℃）的热水喷淋到轴承套的防护板上，使轴承以（ 600 ± 30 ）r/min 的速度运行，连续喷淋（ 60 ± 5 ）min，将轴承和防护板在 71~83℃下烘干 15h 后称量，用脂流失量的百分数表示其抗水性。脂流失量越大，抗水性越差。评价抗水性的方法还有加水剪切和加水滚筒试验、热水中的安定性试验等。

教案编号	07	
授课题目	第7章 天然气、液化石油气和溶剂油分析	
授课学时	6 课时	
课 型	理论 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 实验 () ; 见习 () ; 实训 () ; 其它 ()	
教学目标	1、了解天然气、液化石油气和溶剂油的组成、分类、规格、牌号和用途。 2、熟悉天然气、液化石油气和溶剂油技术指标要求和指标作用。 3、掌握天然气、液化石油气和溶剂油典型指标的检验方法,熟悉指标测定的影响因素。	
教学重点	1、熟悉天然气、液化石油气和溶剂油技术指标要求和指标作用。 2、掌握天然气、液化石油气和溶剂油典型指标的检验方法,熟悉指标测定的影响因素。	
教学难点	1、熟悉天然气、液化石油气和溶剂油技术指标要求和指标作用。 2、掌握天然气、液化石油气和溶剂油典型指标的检验方法,熟悉指标测定的影响因素。	
教学方法	讲授 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 讨论 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 指导 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 示教 () ; 其它 ()	
电子教案	有 (<input checked="" type="checkbox"/>)	Microsoft PowerPoint (<input checked="" type="checkbox"/>) ; Author ware () ; 其它 ()
	无 ()	
教学资源	多媒体 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 模型 () ; 标本 () ; 实物 () ; 音像 () ; 其它 ()	
教学过程 时间安排	第一、二节 3 课时, 第三、四、五节 3 课时, 第六、七节 3 课时	
思考题	第7章达标测试	
作 业	课后题	
课程思政元素	培养正确认识问题、分析问题和解决问题的思想方法和实践能力	
教学后记		

第7章 天然气、液化石油气和溶剂油分析

第一节 天然气

一、天然气规格

1、天然气种类

天然气主要有以下几种来源：

- (1) 从气井或气田开采出来的气称纯天然气；
- (2) 伴随石油一起开采出来的石油气，也称石油伴生气；
- (3) 含石油轻质馏分的凝析气田气；
- (4) 从井下煤层抽出的矿井气。

纯气田天然气主要成分是甲烷，还有少量的乙烷，丙烷，丁烷和非烃气体，例如，氮、硫化氢和二氧化碳等。

凝析气田天然气由井口流出后，经减压，降温分离为气液两相。气相经净化后成为商品天然气。液相凝析液主要是凝析油(可能还有部分被凝析出的水份)。凝析气田天然气(指井口流出物)除含有甲烷，乙烷外，还含有一定数量的丙烷，丁烷及戊烷以上的一些轻油馏分。

伴生气、煤矿矿井气俗称瓦斯气、压缩天然气(Compressed Natural Gas，简称 CNG)、液化天然气(Liquefied Natural Gas，简称 LNG)

2、天然气技术规格

GB17820-2012 和 GB18047-2000 分别规定了天然气和车用压缩天然气的技术指标。两个标准中的指标和相应的分析方法基本相同，车用压缩天然气标准对氧气的含量作了专门的要求。

二、天然气技术要求的分析检验

1、质量要求

压缩天然气不应存在液态烃

2、测定意义

天然气的许多物性参数都和其组成直接相关，有些物性参数可测量得到，有些参数测定不方便，此时如果清楚天然气的具体组成，就可以用一些关系式计算所需的参数。如饱和蒸气压、热值、平均相对分子量等参数的计算，对工艺设计和核算具有重要意义。

(一) 天然气组成分析

1、分析检验方法：天然气组成分析（气相色谱法）

测定天然气中氮、氧、氢、二氧化碳、甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、异戊烷、正

戊烷、己烷和更重组分的方法，该方法可以测定上述组分中的一个或几个；天然气中较重组分的定量分析也可以采用 GB/T17281-1998 “天然气中丁烷至十六烷烃类的测定（气相色谱法）”

方法是利用外标法定量分析。将待测气样和已知组成的标准混合气，在同样的色谱操作条件下分别进样，用气相色谱法进行分离，再将二者相应的各组分进行比较，用标准气的组成数据计算气样相应的组成。

如果天然气试样中氧气、氮气含量很小或不需要测定时，用氢气或氦气作载气，通常用一根色谱柱可以分析其中的组分。如用 25%BMEE / chromosorb P,7m 分析，进样 0.25mL，待正戊烷出峰后，再反吹出己烷及更重组分，得到谱图。

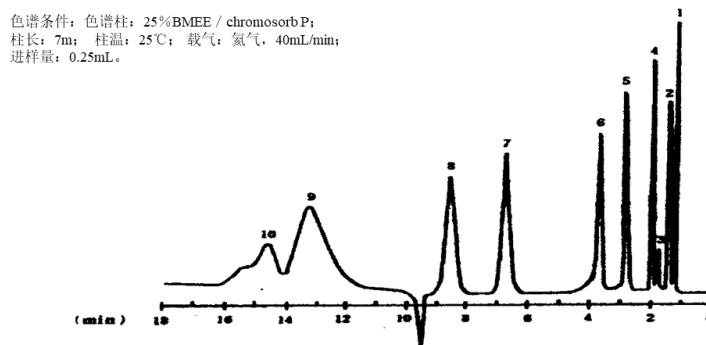


图7-1 天然气的典型色谱图 (GB / T13610-92 图2)
1—甲烷和空气；2—乙烷；3—二氧化碳；4—丙烷；5—异丁烷；6—正丁烷；
7—异戊烷；8—正戊烷；9—庚烷和更重组分；10—己烷

(二) 腐蚀性能

- 1、质量要求：硫化物含量过高，会使设备腐蚀，不利于后续使用和加工，不利于安全生产。
- 2、评定指标的分析检验

(1) 总硫的测定：（氧化微库仑法） [GB/T 11061-2010]

测定意义：天然气中的总硫及硫化氢的含量指标是天然气分类的重要依据。如一类、二类、三类天然气中总硫含量要求依次为 $\leq 60\text{mg/m}^3$ 、 $\leq 200\text{mg/m}^3$ 、 $\leq 350\text{mg/m}^3$ 。

分析检验方法：总硫的测定采用 [GB/T 11060.4-2010] （氧化微库仑法）

天然气中的总硫及硫化氢的含量指标是天然气分类的重要依据。如一类、二类、三类天然气中总硫含量要求依次为 $\leq 60\text{mg/m}^3$ 、 $\leq 200\text{mg/m}^3$ 、 $\leq 350\text{mg/m}^3$ 。

测量仪器流程如图所示

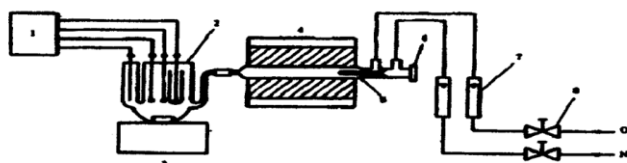


图7-3 氧化微库仑法定硫仪器示意图(GB/T11061-1997图2)
1—微库仑计；2—滴定池；3—电磁搅拌器；4—转化炉；5—石英转化管；
6—进样口；7—流量计；8—针形阀

该方法适用于测定天然气中总硫含量，测定范围 1 mg/m³~1000 mg/m³，对高于此范围的气体可经稀释后测定。

含硫天然气在 900℃±20℃的石英管中与氧气混合燃烧，硫转化为二氧化硫，并随氮气进入库仑滴定池中，与电解液中的 I₃⁻ 反应，使 I₃⁻ 浓度下降。微库仑计能够检测电解池中 I₃⁻ 浓度的减少，并自动（或手动）控制电解电流，补充消耗的 I₃⁻ 并使之恢复到原来的水平。补充的 I₃⁻ 物质的量与通入的 SO₂ 物质的量相当，微库仑计能自动记录电解 I₃⁻ 所用的时间和电流，最后直接显示出硫含量。

（2）硫化氢含量的测定

测定意义：燃烧后排放的污染，对管道的腐蚀，催化剂中毒。

分析检验方法：目前可用于天然气中硫化氢含量测定的标准有三项国家标准，它们是 GB/T11060.1-2010 “天然气中硫化氢含量的测定（碘量法）”，GB/T11060.2-2008 “天然气中硫化氢含量的测定（亚甲蓝法）”，GB/T11060.3-2010 “天然气中硫化氢含量的测定（醋酸铅反应速率双光路检测法）”

a、碘量法

以过量的乙酸锌溶液吸收气样中的硫化氢，生成硫化锌沉淀，然后加入过量的碘溶液氧化生成的硫化锌，剩余的碘用硫代硫酸钠标准溶液滴定。该方法准确可靠，测量范围广，不足之处是对低含量的硫化氢取样时间较长，且手工操作不利于分析数据的数据化采集与传输。

b、亚甲蓝法

用醋酸锌溶液吸收气样中的硫化氢，生成硫化锌沉淀，在酸性介质中和 Fe³⁺ 存在下，硫化锌同 N,N-二甲基对苯二胺反应，生成亚甲蓝。利用分光光度计测定生成的亚甲蓝可以定量分析硫化氢，该法适用于低含量硫化氢样品的测定。

c、醋酸铅反应速率法

该法是天然气中硫化氢分析的常用方法，适用于天然气中硫化氢的在线分析和实验室分析。当恒定流量的气体样品经湿润后从浸有醋酸铅的纸带上流过时，硫化氢与醋酸铅反应生成硫化铅，纸带上出现棕色色斑。反应速率和由此产生的颜色变化与样品中的硫化氢含量成正比。由仪器的光电系统检测色斑的强度，通过与已知浓度硫化氢标样和未知样在仪器上的读数来比较样品中的硫化氢含量。

第二节 液化石油气

一、液化石油气规格

1、液化石油气的组成

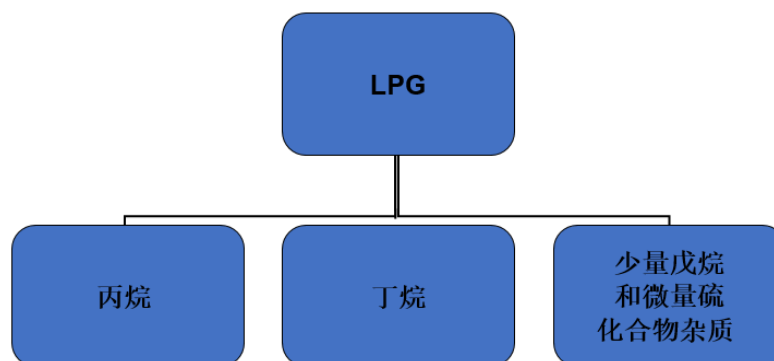
液化石油气 (Liquefied Petroleum Gas,简称 LPG) 是以 C₃、C₄ 为主的烃类混合物。常温常压下是气体, 在常温或低温下施加至一定压力时, 转变为液态, 卸压后又能变成气体。

液化石油气的来源主要有两种:

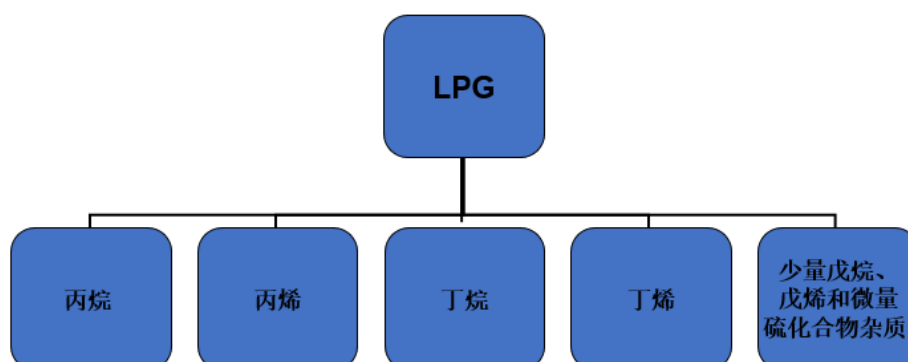
①从天然气或油田伴生气中回收的 C₃、C₄ 等组分

②原油二次加工过程中产生的石油分解产物

(1) 由天然气所得的 LPG 的主要成分



(2) 由炼厂气所得的 LPG 主要成分



(3) 由油田伴生气中获取

在石油开采过程中, 石油和油田伴生气同时喷出, 利用装设在油井上面的油气分离装置, 将石油与油田伴生气分离。油田伴生气中含有 5% 左右的丙烷、丁烷组分, 再利用吸收法把它们提取出来, 可得到丙烷纯度很高而含硫量很低的高质量液化石油气。欧美、日本等国家供应的液化石油气, 多数属于这种。

(4) 由炼油厂石油气中获取

炼油厂石油气是在石油炼制和加工过程中所产生的副产气体, 其数量取决于炼油厂的生产方式和加工深度, 一般约为原油质量的 4%~10% 左右。根据炼油厂的生产工艺, 可分为蒸馏气、热裂化气、催化裂化气、催化重整气和焦化气等 5 种。这 5 种气体含有 C₁~C₅ 组分, 利用分离吸收装置将其中的 C₃、C₄ 组分分离提炼出来, 就获得液化石油气。目前, 从炼油厂催化裂化中回收液化石油气是国内民用液化石油气的主要来源。

此外，还可在燃料加氢和半焦化制取人造石油的工厂中获取液化石油气。从水煤气生产合成汽油的工厂中，也能回收液化石油气。液化石油气的质量与其来源和提取方法有关，一般从油田伴生气中获取的液化石油气的质量优于从炼油厂石油气中获取的液化石油气。

二、液化石油气的技术要求

石油炼厂生产的液化石油气应符合 GB 11174-2011 的规定。

液化石油气的技术要求

项 目	质量指标	试验方法
密度(15°C), $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	报告	SH / T 0221
蒸气压(37.8°C), kPa	≤ 1380	GB / T 6602
C_5 及 C_5 以上组分含量, %(v/v)	≤ 3.0	SH / T 0230
残留物 蒸发残留物,mL/100mL 油渍观察	≤ 0.05 通过	SY / T 7509
铜片腐蚀, 级	≤ 1	SH / T 0232
总硫含量, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	≤ 343	SH / T 0222
游离水	无	目测

为确保安全使用液化石油气，要求液化石油气具有特殊臭味，必要时加入硫醇、硫醚等硫化物配制的加臭剂，加入量(质量分数)不得超过 0.001%。

1、质量要求

要求 C_5 、 C_{5+} 含量不能过多，以免增大密度，降低挥发性，造成罐内残余增多，损害用户利益。

三、液化石油气技术要求的分析检验

(一) 液化石油气组成（色谱法）的分析检验

方法要求在色谱仪恒温箱内应加装四通阀，如图 7-5 所示，当 C_4 组分出完后，转动四通阀 90° ，载气反吹色谱柱，可使出峰较慢的 C_5 组分尽早出峰，节约分析时间。试样容器中的液体试样按照如图 7-6 所示管路和水浴，可以完全汽化为气体。当试样为 $\text{C}_2\sim\text{C}_4$ 试样时水浴温度调节到 $40\sim 60^\circ\text{C}$ ，若含 C_5 时水浴温度为 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 。

按照给定的工作条件调节仪器并使之达到稳定。分析时先将定量进样六通阀转向取样位置，打

开试样容器阀，再慢慢打开流量调节阀，避免有液体冲出。控制汽化速度为 20~30mL/min，排出冲洗管路的气体应引出室外。冲洗 5~10min，关闭流量调节阀，这时六通阀的定量管中已充满试样的蒸汽，立即转动定量进样六通阀于进样位置，组分进入色谱柱进行分离，得到谱图。在进样前先检查整个进样系统，试漏。如有漏气现象，则应立即关闭试样瓶，将系统剩余试样全部放掉，在保证不漏气情况下，重新进样。

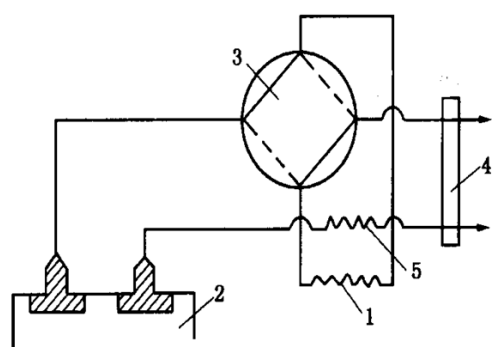


图5-5 加装四通阀的气路连接
1—色谱柱；2—汽化室；3—四通阀；4—检测器；5—平衡管。

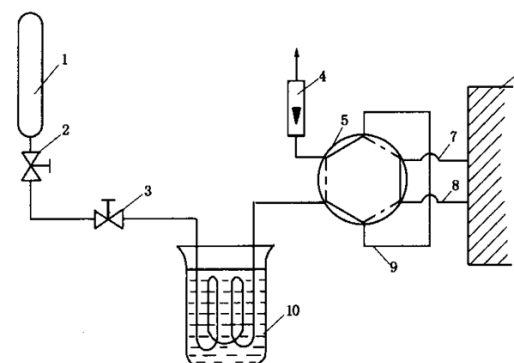


图5-6 试样汽化装置示意图
1—试样钢瓶或聚乙烯管；2—容器阀；3—流量调节阀；4—转子流量计；5—定量进样六通阀；6—色谱仪；7—载气；8—接汽化室；9—定量管；10—水浴。

（二）挥发性能

1、质量要求：液化石油气的挥发性是以试样被汽化 95%(体积分数)时的温度来表示。

2、蒸气压测定法

测定意义：蒸气压是液化石油气的一项重要指定规格特性，是用以确保适当的挥发性、安全性的重要指标，对保证该产品的安全处置，正确设计贮存容器、运输容器以及用户使用设备有着重要意义。

3、分析检验方法：GB/T 6602-1989（LPG法）

液化石油气蒸气压测定器与汽油测定器结构类似，由可相互连接的上、下两室和一个合适的压力表所组成。不同之处在于为了方便取样连接管将试样源和测定器连接，在测定器上增加了样品入口阀、放空阀和直通阀。

（三）其他指标

1. 密度、蒸气压和辛烷值的计算

GB/T 12576—1997(2004)《液化石油气蒸气压和相对密度及辛烷值计算法》规定了根据液化石油气组成数据计算蒸气压、相对密度和马达法辛烷值的方法。

（1）液化石油气蒸气压计算：试样在 37.8℃时的蒸气压 $p(\text{kPa})$ 按下式计算，精确到整数。

$$p = \sum_{i=1}^n p_i \varphi_i$$

(2) 液化气相对密度的计算 试样在 15.6℃时的相对密度可按下式计算，精确到小数后三位。

$$d = \sum_{i=1}^n d_i \varphi_i$$

(3) 液化石油气马达法辛烷值的计算 试样的马达法辛烷值可按下式计算，单组分的结果精确至 0.1，最终结果修约至 0.5

$$\text{MON} = \sum_{i=1}^n \text{MON}_i \varphi_i$$

2. 残留物

液化石油气的残留物用蒸发残留物和油渍观察值评价。液化石油气蒸发残留物表示在液化石油气中不易挥发烃类含量；油渍观察表示在液化石油气中重质烃类的含量。

SY/T 7509—1996《液化石油气残留物测定法》：在规定条件下，测定并记录在离心管中挥发 100mL 试样，得到沸点高于 37.8℃的烃类残留物体积（精确到 0.05mL），同时记录下以一定的溶剂与残留物混合液滴加在滤纸上所产生的现象。

油渍观察：油渍观察值是指在规定条件下，在指定滤纸上产生能保持 2min 油渍所需的溶剂与残留物混合液的体积。

3. 腐蚀性

液化石油气腐蚀性用总硫含量和铜片腐蚀评价。

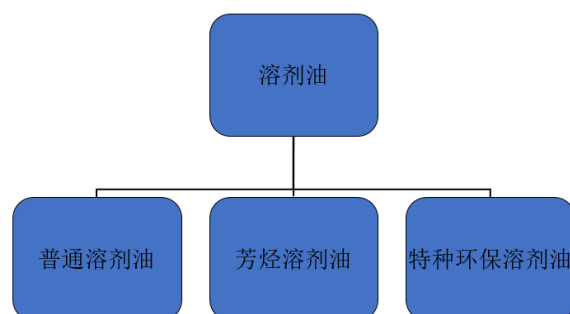
SH/T0222—1992(2004)《液化石油气硫含量测定法（电量法）》采用氧化库仑法测定硫含量在 10~1000mg/m³ 的液化石油气样品，其测定原理与天然气硫含量测定方法 GB/T11060.4 相似。SH/T0222—1992(2004)《液化石油气铜片腐蚀试验法》与其他油品铜片腐蚀试验方法相似。将一块磨光铜片全部浸入装有已被水饱和的 100mL 具有适宜工作压力的圆筒试样中，在 40℃温度下放置 1h，到期取出铜片，用铜片腐蚀标准色板比较，给出腐蚀级别。

第三节 溶剂油

一、溶剂油分类

顾名思义，溶剂油就是“溶剂用油”，是与人们密切相关的五大类石油产品之一。在食用油、印刷油墨、皮革、农药、胶水、杀虫剂、橡胶、化妆品、香料、化工聚合，医药以及在 IC 电子部件

的清洗等诸方面也都有广泛的用途。溶剂油大部分都是各种烃类的混合物，就整体而言馏分范围相当宽，分别包含于汽油、煤油或柴油馏分中，因此，常有汽油型溶剂油或煤油型溶剂油之称。但具体的溶剂油来说，有时馏分又很窄，这是与汽、煤、柴油的重要区别之一。溶剂油介于油品和化工之间的一种产品。



1、普通溶剂油

(1) 6#抽提溶剂油：对大豆油、菜籽油、花生油等植物油具有很强的溶解能力，是植物油脂萃取良好抽提溶剂。

(2) 120#橡胶工业溶剂油：橡胶具有很强的溶解能力。

(3) 200#油漆工业溶剂油：用于作溶解或稀释油漆的溶剂

其他常见牌号：70#香花溶剂油、90#石油醚、190#洗涤剂油、260#特种煤油型溶剂、农用灭蝗溶剂油，油墨型溶剂油、彩色油墨溶剂油等。

二、溶剂油规格

溶剂油是对某些物质起溶解、稀释、洗涤、抽提等作用的轻质石油产品。溶剂油大部分都是各种烃类的混合物，就溶剂油整体而言馏分范围相当宽，分别包含于汽油、煤油或柴油馏分中，因此，常有汽油型溶剂油或煤油型溶剂油之称。但就具体的溶剂油来说，有时馏分又很窄，这是与汽、煤、柴油的重要区别之一。

我国生产溶剂油的原料主要有三种：催化重整抽提油、油田稳定轻烃和直馏汽油。按化学结构分，溶剂油则可分为链烷烃，环烷烃和芳香烃三种。

国家标准 GB1922-2006，即按其 98%馏出温度或干点划分溶剂油，常见的牌号有：70#香花溶剂油，90#石油醚，190#洗涤剂油，260#特种煤油型溶剂等。

三、溶剂油技术要求的分析检验

溶剂油质量要求：溶剂油应主要考虑其溶解性、挥发性、安全性。

(一) 溶解性

1、贝壳松脂丁醇值测定

(1) 测定意义

贝壳松脂丁醇值也称 KB 值，是表示烃类溶剂相对溶解能力的数值。测得的贝壳松脂丁醇值高，表示该溶剂的相对溶解能力强，反之则弱。

(2) 测定方法 GB/T11134—1989(2004)《烃类溶剂贝壳松脂丁醇值测定法》

测定时，向按标准方法配制的贝壳松脂的正丁醇溶液中滴加被测溶剂至浑浊，根据加入的被测溶剂体积和有关公式即可计算出其 KB 值。

(3) 贝壳松脂丁醇值测定方法：

贝壳松脂-正丁醇溶液的配制：

贝壳松脂-正丁醇溶液的配制 将 400g 洁净、淡白色的贝壳松脂研磨至黄豆粒大小的颗粒，放入 3L 的烧瓶中，在剧烈搅拌下加入 2kg 沸点为 116~118℃ 正丁醇，机械搅拌直至树脂全部溶解。静置溶液 48h，然后用布氏漏斗及双层中速定性滤纸吸滤，弃去残渣，取清液待用。

对贝壳松脂丁醇溶液的要求：在 25℃ 下，将甲苯加入配制好的 20g 贝壳松脂的正丁醇标准溶液中，产生规定的浑浊度时的体积为(105±5)mL 时，规定甲苯的 KB 值为 105，如果超出范围应调整好正丁醇中贝壳松脂的量；同样用 75% 的正庚烷和 25% 甲苯混合物滴定时，消耗的体积规定其 KB 值为 40。

(4) 试验步骤：

在 (25±1)℃，用甲苯滴定 (20±0.10) g 贝壳松脂正丁醇溶液，至溶液产生规定的浑浊度（滴定终点）时，记录所用甲苯的体积为 V1。

在同样条件下用正庚烷与甲苯（75%：25%）混合液滴定时所用混合液的体积记为 V2。

用待测溶剂滴定贝壳松脂正丁醇溶液 (20±0.10) g，所用试样体积记为 V3。则 KB 值为：

$$KB=65 \times (V3-V2)/(V1-V2) + 40$$

(5) 测定注意事项

配制贝壳松脂正丁醇溶液时尽量选用干净的贝壳松脂，且剧烈搅拌，必要时加热，使其溶解完全；

用甲苯滴定时，用去的体积应为 (105 ±5) mL，如果超出范围应调整好正丁醇中贝壳松脂的量；

滴定时浑浊度的判断要尽量一致。通过瓶内溶液自上而下观察浑浊度卡片，滴定至卡片上的印刷符号开始模糊，不能清楚观察，但仍然能读出符号的浑浊程度时，定为滴定终点。

2、芳烃含量的测定

(1) 测定意义

油漆溶剂油，芳香烃含量高，对油脂和树脂溶解能力强，使用效果好，反之芳香烃含量过少，溶解能力差，油漆会出现分层，但过高的芳香烃含量，会对人体健康造成毒害，为兼顾安全性和使用性，要求控制芳香烃含量不大于 15%。

70 号溶剂油是香精、食用香料和药物的专用萃取剂，直接与人体健康有关，因此不允许含芳香烃类有毒物质。

(2) 测定方法：SH/T 0118—1992《溶剂油芳香烃含量测定法》，适用于油漆工业溶剂油和 260 号溶剂油中芳香烃含量；

SH/T0166—1992（2000）《重整原料油及生成油中 C6~C9 芳香烃含量测定法》，适用于 60~140℃ 重整原料油、生成油及 90 号、橡胶工业用溶剂油中 C6~C9 芳香烃含量；

GB/T17474—1998《烃类溶剂中苯含量测定法（气相色谱法）》，适用于烃类溶剂中浓度范围为 0.01%~1%（体积分数）的苯含量。

(二) 安定性

1、质量要求

要求溶剂油含不饱和烃少，贮存安定性好，长期贮存不显著生成胶状物质和酸性物质，不发生颜色变深现象。

2、评定指标的分析检验

溶剂油的安定性一般用碘值、溴值、溴指数等指标来表示。

碘值的概念、测定方法、意义同前。

溴值是指在规定条件下，100g 试样所消耗单质溴的质量，以 gBr/100g 表示。

教案编号	08	
授课题目	第 8 章 石油蜡、石油沥青分析	
授课学时	6 课时	
课 型	理论 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 实验 () ; 见习 () ; 实训 () ; 其它 ()	
教学目标	1、了解石油蜡和石油沥青的组成、分类、规格、牌号和用途。 2、熟悉石油蜡和石油沥青技术指标要求和指标作用。 3、掌握石油蜡和石油沥青典型指标的检验方法,熟悉指标测定的影响因素。	
教学重点	1、熟悉石油蜡和石油沥青技术指标要求和指标作用。 2、掌握石油蜡和石油沥青典型指标的检验方法,熟悉指标测定的影响因素。	
教学难点	1、熟悉石油蜡和石油沥青技术指标要求和指标作用。 2、掌握石油蜡和石油沥青典型指标的检验方法,熟悉指标测定的影响因素。	
教学方法	讲授 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 讨论 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 指导 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 示教 () ; 其它 ()	
电子教案	有 (<input checked="" type="checkbox"/>)	Microsoft PowerPoint (<input checked="" type="checkbox"/>) ; Author ware () ; 其它 ()
	无 ()	
教学资源	多媒体 (<input checked="" type="checkbox"/>) ; 模型 () ; 标本 () ; 实物 () ; 音像 () ; 其它 ()	
教学过程 时间安排	第一、二节 3 课时, 第三、四、五节 3 课时	
思考题	第 6 章达标测试	
作 业	课后题	
课程思政元素	培养学生树立终身学习理念,不断充实自己。	
教学后记		

第 8 章 石油蜡、石油沥青分析

第一节 石油蜡

一、蜡的分类

- 1、动物蜡，高级脂肪酸的酯类。如蜂蜡、羊毛蜡。
- 2、植物蜡，高级脂肪酸的酯类。
- 3、石油蜡（占90%），固体烃类。石油蜡是含蜡馏分油或渣油经加工精制而得到的一类石油产品。

二、石油蜡的定义

蜡： C_{16} 以上的正构烷烃多以溶解态存在于石油中，当温度降低时会有一部分结晶析出，称为蜡。

石油蜡：是一种固态烃，主要成分为石蜡。它存在于原油、馏分油和渣油中，具有蜡的分子结构，熔点是 $30\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。有多种颜色，一般为白色、黄色及莫兰色。我国原油的蜡含量较高，蜡资源丰富，石油蜡产品种类也多。

三、石油蜡的种类

（1）液体石蜡

- ① 液体石蜡（液蜡）： $C_9 \sim C_{16}$ 的正构烷烃
- ② 液蜡可以制成 α -烯炔、氯化烷烃、仲醇等，以生产合成洗涤剂、农药乳化剂、塑料增塑剂等化工产品
- ③ 液蜡由轻柴油馏分分离得到
- ④ 指标要求：正构烷烃含量不小于90%；芳香烃含量不大于1%

（2）石蜡

石蜡又称晶形蜡，是从减压馏分中经精制、脱蜡和脱油而得到的固态烃类；石蜡主要含正构烷烃，以及少量的异构烷烃和带长侧链的环烷烃；石蜡烃类分子的碳原子数为17~35，平均相对分子质量为300~450。

（3）微晶蜡

微晶蜡也称为地蜡。从石油减压渣油中脱出的蜡，经脱油和精制而得。微晶蜡的碳原子数为30~60，平均相对分子质量为400~800。微晶蜡的化学组成与石蜡的不一样，微晶蜡中正构烷烃的含量一般较少，而其主要成分是带有正构或异构烷基侧链的环状烃，尤其是环烷烃。主要指标：滴点、滴熔点。

我国石油蜡产品系列及主要品种举例

石油蜡产品系列	主要品种举例	常温性状
液体石蜡	液体石蜡、重质液体石蜡	常温下呈液态
石蜡（晶型蜡）	粗石蜡、半精炼石蜡、全精炼石蜡、食品用蜡、皂用蜡	外观为白色或淡黄色略带透明的片状或针状结晶。
地蜡（微晶蜡）	微晶蜡、食品用微晶蜡、电绝缘用微晶蜡	一种白色或微黄的脆硬。无定形结晶蜡状固体。
凡士林（石油脂）	普通凡士林、工业凡士林、电容器凡士林、医药凡士林、化妆凡士林、食品用凡士林、绝缘用凡士林	具有拉丝状的性质。
特种蜡	调温器用蜡、电气绝缘用蜡、橡胶防护用蜡、硬质合金蜡、农业用蜡、防锈蜡、上光用蜡、炸药用蜡	——

四、石油蜡的规格



1、根据硬度（针入度）：

硬蜡：针入度小，硬度高，主要用于上光剂或高温硬化剂。

软蜡：针入度大，硬度低，柔韧性好，主要用于柔性涂层，工艺蜡烛等需要柔韧性的领域。

2、按照产品颜色分级指标：

合格品、一级品和优级品（食品级）

3、按滴熔点：70号、75号、80号、85号和90号共五个牌号。

第二节 石蜡的分析检验

一、熔点

（一）基本概念

石蜡的熔点（冷却曲线）：在规定的条件下，冷却已熔化的石蜡试样时，冷却曲线上第一次出现停滞期的温度。

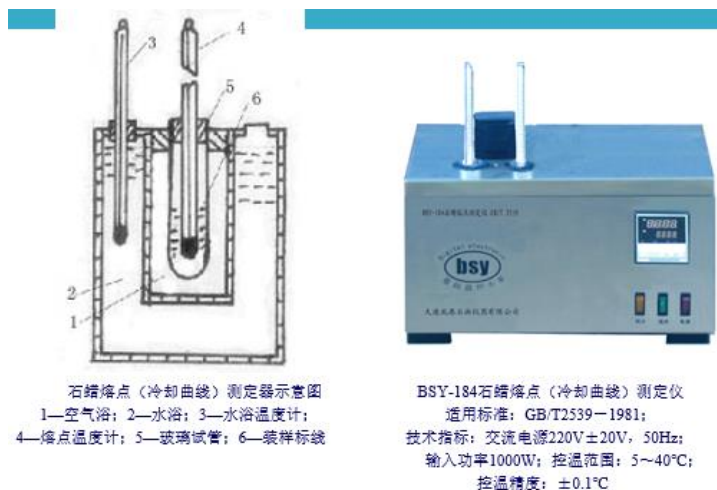
石蜡在塑造各种产品过程中，首先要加热到超过熔点温度，然后塑造造型、侵渍涂敷或渗透到各种包装材料内，因此要求石蜡有良好的耐温性，即在特定温度下不熔化或软化变形。

（二）石蜡熔点的测定

1. 测定标准与适用范围

测定标准： GB/T2539-2008 《石蜡熔点（冷却曲线）测定法》

适用范围：适用于石蜡熔点的测定，不适用于微晶蜡和石油脂的测定。



2. 方法概要

在规定的条件下冷却已融化的石蜡试样，在石蜡冷却过程中，每15S记录1次温度，当第一次出现5个连续读数的总差不超过0.1时，即冷却曲线上出现停滞期时，其温度即为石蜡的熔点。以5个连续读数的平均值作为所测试样的熔点。

（三）影响石油蜡熔点的因素

影响石蜡熔点的主要因素是所选用原料馏分的轻重，从较重馏分脱出的石蜡的熔点较高。此外，含油量对石蜡的熔点也有很大的影响，石蜡中含油越多，则其熔点就越低。

（四）石蜡熔点测定的意义

石蜡在塑造各种产品过程中，首先要加热到超过熔点温度，然后塑造造型、侵渍涂敷或渗透到各种包装材料内，因此要求石蜡有良好的耐温性，即在特定温度下不熔化或软化变形。按照使用条件、使用的地区和季节以及使用环境的差异，要求产品石蜡就有一定的熔点。

二、微晶蜡的滴熔点

滴熔点是指在规定的条件下，将已冷却的温度计垂直浸入试样中，使试样黏附在温度计球上，然后将附有试样的温度计置于试管中，水浴加热至试样熔化，当试样从温度计球部滴落第一滴时温度计的读数即为试样的滴熔点。

1、测定意义：滴熔点是划分微晶蜡、凡士林产品牌号的依据，是重要的质量指标之一。

2、测定方法：微晶蜡的滴熔点测定按GB/T 8026—1987（2004）《石油蜡和石油脂滴熔点测定法》进行，该标准适用于测定石油蜡和凡士林的滴熔点。

三、石油蜡针入度

针入度是指在规定条件下，标准针垂直穿入固体或半固体石油蜡的深度，以1/10mm表示。

(1) 测定意义：石油蜡针入度是评价石油蜡硬度的质量指标。

(2) 测定方法：按GB/T 4985—2010《石油蜡针入度测定法》进行。



适用标准：GB/T 4985—1998
时控设置：5s，8s，10s，12s，30s，60s；
时间精度：±0.1s；
最大针入度：600针入度；测量精度：
±0.1mm；标准针：(2.5±0.05)g；
控温精度：(25±0.1)℃

SYO-2801G型针入度试验器(测石蜡)

第三节 石油蜡含油量

一、基本概念

石油蜡的含油量：石油蜡含油量是指石油蜡中含有的润滑油的量。它是用在规定条件下，将试样溶解于丁酮中，冷却至-31.7℃过滤析出蜡，蒸出滤液中的丁酮，以残留油的质量分数表示。石蜡含油量常作为石蜡生产过程中控制精制深度的指标。

二、石油蜡含油量测定的意义

石油蜡含油量是评定生产中油蜡分离程度的指标。含油量过高，会影响石蜡的色度和储存安定性，还会降低石蜡的硬度与熔点，因此石蜡含油量常作为石蜡生产过程中控制精制深度的指标。

大部分石蜡产品要求具有少量的含油量，对改善石蜡产品的光泽和脱模性能是有利的。成品蜡中含油量为0.6%—2.3%。

三、石油蜡含油量的测定

测定标准与适用范围



1、光安定性

光安定性是石油产品抵抗光照作用而保持其性质不发生永久变化的能力。

(1) 测定意义：光安定性是表示石蜡精致深度和安定性的重要指标。

(2) 测定方法：石蜡光安定性测定按SH/T 0404—2008《石蜡光安定性测定法》进行，该标准适用于食品用石蜡、全精炼石蜡以及半精炼石蜡。

2、稠环芳烃含量

(1) 测定意义

稠环芳烃含量是石蜡安全性的关键指标，原因是某些稠环芳烃（如3, 4-苯并芘等）具有致癌性，而经深度精制的石蜡，常作为生产食品包装用石蜡，如不少石蜡产品常用作口服药物的组分、载体、压片外包装及糖果食品包装用的蜡纸等。因此除了需要控制石蜡常规的分析指标外，还需要对稠环芳烃含量进行分析并限制其稠环芳烃的含量。

(2) 测定方法

稠环芳烃含量的测定按GB/T 7363—1987（2004）《石蜡中稠环芳烃试验法》进行，该标准适用于检验食品用石蜡和微晶蜡的稠环芳烃含量，以紫外吸光度表示，主要是在规定波长280~400nm范围内测定吸光度的极限值，以控制四、五、六元环芳烃的最大浓度。

第四节 石油沥青

一、沥青的概念

沥青材料——是由一些极其复杂的高分子的碳氢化合物和这些碳氢化合物的非金属（氧、硫、氮）的衍生物所组成的混合物。

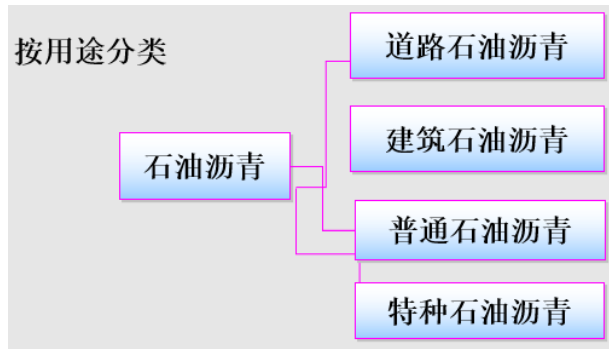
主要原子：C、H，

杂原子：S、N、O。

微量金属元素：V、Ni、Fe、Na、Ca、Cu等

在常温下，沥青呈黑色或黑褐色的固态、半固态或液态。

以原油为主要原料经蒸馏、氧化、调和、改性等工艺生产的符合规定技术要求的沥青产品；一般是石油中>500℃的重组分，是非常复杂的烃类和非烃类的混合物，绝大多数可溶于三氯乙烯及苯、甲苯等溶剂；性质和组成随原油来源和生产方法的不同而变化。



二、石油沥青的技术性质

1. 物理常数

(1) 密度——在规定温度条件下，单位体积的质量。

单位：kg/m³或 g/cm³。

我国现行试验方法规定测定15℃下沥青密度。

(2) 相对密度——在规定温度下，沥青质量与同体积水质量之比。

我国现行方法规定测定25℃下的相对密度。

沥青15℃密度与25℃相对密度之间的换算公式：

沥青与水的相对密度 (25/25℃) = 沥青的密度 (15℃) × 0.996

粘稠沥青的密度多在0.97~1.04 g/cm³范围。

沥青品种	新疆克拉玛依90号	欢喜岭90号	新加坡壳牌	伊朗
相对密度	0.9731	1.004	1.034	1.03

三、石油沥青的主要性能指标

石油沥青的三大性能：粘滞性、延性和温度敏感性。

表征这三项性质的三大指标为：

软化点、针入度、延度、

也是评价粘稠石油沥青技术性质最常用的经典指标。

(一) 软化点

1、概念：软化点是指，在规定条件下，试样因受热而下坠达25mm时的温度，单位是摄氏度。

2、测定软化点的意义：软化点是表示沥青耐热性能的指标，用于评价沥青产品的热敏感性，可以间接评定沥青使用温度的范围，可用于沥青分类。

3、软化点的测定方法及原理：GB/T4507-1999《沥青软化点测定方法（环球法）》。测定时将规定

重量的钢球放在盛有一定尺寸金属环的试样盘上，以恒定的加热速度匀速加热组件，试样开始逐渐变软，包裹在试样中的钢球逐渐下落。当钢球下落到规定距离时，此时的温度极为软化点。

4、测定注意事项



(二) 针入度

1、概念

粘滞性——反映沥青材料内部阻碍沥青粒子产生相对流动的能力，简称为粘性，以绝对粘度表示。沥青的粘度是沥青首要考虑的技术指标之一。沥青绝对粘度的测定方法精密度要求高，操作复杂，不适于作为工程试验，因此，工程中通常采用条件粘度反映沥青的粘性。

针入度——在规定温度条件下，以规定质量的标准针经过规定的时间贯入沥青试样的深度。

2、测定针入度的意义：针入度是反映沥青产品在一定温度下软硬程度的指标。针入度越大，说明沥青产品的粘稠度越小，越软。

道路石油沥青质量指标

质量指标	200号	180号	140号	100号	60号
针入度 (25°C, 100g, 5s) / (0.1mm)	200-300	150-200	110-150	80-100	50-80

3、针入度的测定方法及原理

GB/T4509-1998《沥青针入度测定法》

在25±0.5°C下，在5s时间内，荷重100±0.1g的标准针垂直穿入沥青试样，测其深度即可。

单位：0.1mm。

4、测定注意事项

仪器必须符合规定、控制加热温度和时间、测定仪器是否良好、消除试样中的气泡

（三）延度

延性——是沥青材料当受到外力拉伸作用时，所能承受的塑性变形的总能力，以延度作为条件延性的表征指标。

延度——在一定温度下，以一定速度将石油沥青拉伸至断裂时的长度。 单位：cm。

规定条件为：试验温度有0℃、15℃、25℃三种；

拉伸速度有1 cm/min、5cm/min两种。

延度的表示方法： $D(T, v)$ 其中，T为试验温度，v为拉伸速度。

1、测定延度的意义：延度是反映沥青产品塑性及拉伸性能的指标。沥青延度与其化学组成有关。

研究表明：随着沥青胶体结构发育成熟度的提高，含蜡量的增加，以及饱和蜡和芳香蜡的比例增大等，都会使沥青的延度值相对降低。沥青延度越大，其塑性变形越大，有利于低温变形。

2、延度的测定方法及原理

GB/T4508《石油沥青延度测定法》

将熔化的试样注入专用模具中，在 $225 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 下，以 $5 \pm 0.25\text{cm/min}$ 的速度拉伸试样，直至拉断为止，测量其距离，即为沥青的延度。

3、测定注意事项

仪器必须符合规定、控制加热温度和时间、测定仪器是否良好

实验一、石油产品（柴油）水溶性酸碱测定（3 学时）

一、实验目的

- 1、测定石油产品（柴油）中的水溶性酸及碱含量，以评估其质量。
- 2、了解抽提技术在油、水分离过程中的应用

二、实验原理

通过蒸馏水或乙醇水溶液抽提柴油试样中的水溶性酸或碱，然后使用甲基橙或酚酞指示剂检查抽出液颜色的变化情况，或用酸度计测定抽提物的 pH 值，以判断有无水溶性酸或碱的存在。

三、仪器、材料及试剂

（一）仪器

1. 分液漏斗：250 或 500 mL。
2. 试管：直径为 15~20 mm，高度为 140~150 mm，用无色玻璃制成。
3. 漏斗：普通玻璃漏斗。
4. 量筒：25、50 和 100 mL。
5. 锥形烧瓶：100 和 250 mL。
6. 水浴。
7. 酸度计：具有玻璃-氯化银电极（或玻璃-甘汞电极），精度为 $\text{pH} \leq 0.01\text{pH}$ 。

（二）试剂与材料

1. 甲基橙：配成 0.02% 甲基橙水溶液。
2. 酚酞：配成 1% 酚酞乙醇溶液。
3. 95% 乙醇：分析纯。
4. 滤纸：工业滤纸。

四、实验步骤

1. 将 50 mL 柴油试样和 50 mL 蒸馏水放入分液漏斗，加热至 50~60°C。将分液漏斗中的试验溶液，轻轻地摇动 5 分钟，不允许乳化。静置后，放出澄清后下部的水层（下层从下面放出，上层从上面倒出），经滤纸过滤后，滤入锥形烧瓶中。摇动过程注意放气，出气口不能朝向人群。

2. 若当石油产品用水混合，即用水抽提水溶性酸或碱，产生乳化时，则用 50~60°C 的 1:1 的 95% 乙醇水溶液代替蒸馏水处理。（此时乙醇会在上层）

3. 将上述所得抽提物，用酸度计或指示剂测定水溶性酸或碱。

4. 用指示剂测定水溶性酸或碱：

- 向两个试管中分别放 1~2 mL 抽提物，在第一支试管中，加入 2 滴甲基橙溶液，并将它与装有相同体积蒸馏水和甲基橙溶液的另一支试管相比较。如果抽提物呈玫瑰色，则表示所试石油产品里有水溶性酸存在。

- 在第二支盛有抽提物的试管中加入 3 滴酚酞溶液。并将它与装有相同体积蒸馏水和 3 滴酚酞溶液的另一支试管相比较。如果溶液呈玫瑰色或红色时，则表示有水溶性碱存在。

5. 用酸度计测定水溶性酸或碱：

- 向烧杯中注入 30~50 mL 抽提物，电极浸入深度为 10~12 mm，按酸度计使用要求测定 pH 值。根据下表确定试样抽提物水溶液或乙醇水溶液中是否有水溶性酸或碱。

五、实验结果分析

根据酸度计测定的 pH 值，确定柴油试样中的水溶性酸或碱情况。结果如下：

石油产品水（或乙醇水溶液）抽提物特性	pH 值
酸性	<4.5
弱酸性	4.5~5.0
无水溶性酸或碱	>5.0~9.0
弱碱性	>9.0~10.0
碱性	>10.0

六、思考题

1、实验中如何避免乳化现象的发生？

2、实验中如何判断柴油试样中是否存在水溶性酸或碱？

实验二 石油产品馏程测定（3学时）

一、实验目的

- 1、学习恩氏蒸馏测定石油产品馏程的方法
- 2、了解石油产品常压蒸馏的目的及意义

二、实验原理

石油及其产品是烃类和非烃类的复杂混合物，当被加热蒸馏时，沸点较低的组分最先汽化馏出，此时的温度称为初馏点。随着温度升高，蒸出来的组分的沸点逐渐升高，直到最高的组分被蒸馏出来为止，此时温度称为终馏点。初馏点到终馏点代表油品的沸点范围，称为沸程或馏程

三、仪器、材料及试剂

（一）仪器：恩氏蒸馏装置

图 1 石油产品馏程测定器

1-冷凝管；2-冷凝器；3、4-进排水支管；5-蒸馏烧瓶；6-量筒；
7-温度计；8-石棉垫；9-瓶罩；10-电炉；11-支架；12-控温器。

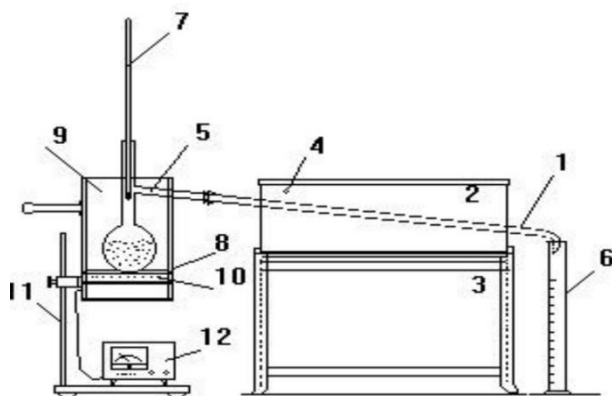
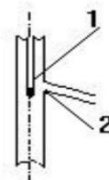


图 2 温度度插入位置示意图

1-水银球上边缘；2-支管的下边缘



装置示意图及温度计插入位置

（二）试剂与材料

柴油试样

四、实验步骤

1、加样：用清洁、干燥的量筒量取 100ml 柴油（目测无水层）注入洗净、吹干的、装有沸石的蒸馏烧瓶中，按规定条件安装好仪器。蒸馏柴油时，用冷水冷却（注意进水速度，水不能溢出冷凝器）。调节流出水温不高于 30℃。用插好温度计的软木塞，紧密地塞在盛有试样的蒸馏烧瓶口内，使温度计和蒸馏烧瓶的轴心线互相重合，并且使水银球的上边缘与支管的下边缘在同一平面(上图 2)。选择直径为 50mm 的内孔的石棉垫。

蒸馏烧瓶的支管用软塞与冷凝管上端连接，支管插入冷凝管内的长度要达到 25-40mm。将瓶罩放在石棉垫上，罩住蒸馏烧瓶。量取过试样的量筒不需经过干燥直接放在冷凝管下面，并使冷凝管下端插入量筒中(暂不互相接触)，量筒口部要用棉花塞好（实际实验中可忽略）。



石油产品馏程试验器实物图

- 2、装好仪器后，记录大气压，修正馏出温度。（忽略）
- 3、**加热：**对蒸馏烧瓶均匀加热，蒸馏柴油时，从开始加热到滴下第一滴流出液为 10~15min。（经试验，加热强度大约 107-115）
- 4、**记录数据：**第一滴馏出液从冷凝管滴入量筒时，记录此时的温度作为初馏点。初馏点之后移动量筒，使其内壁接触冷凝管末端，让馏出液沿着量筒内壁流下。此后，蒸馏速度要均匀，每分钟馏出 4~5ml，相当于每 10s 馏出 20 ~25 滴。试验时要记录初馏点、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、终馏点(干点)。在蒸馏轻柴油的过程，当量筒中的馏出液达到 95ml 时，不要改变加热强度，从 95ml 到终点所经过的时间不超过 3min。蒸馏时，所有读数都要精确至 1℃。
- 5、试验结束时，取出瓶罩，让蒸馏烧瓶冷却 5min 后，将残留物倒入 5ml 的量筒中冷却到常温时，记录残留物的体积，读出量筒中总馏出物体积。

五、实验结果分析

柴油馏程测定数据记录

项目	加热时间	测量温度	加热时间	测量温度
初馏点				
10%回收体积				
20%回收体积				
30%回收体积				
40%回收体积				
50%回收体积				
60%回收体积				
70%回收体积(如无可不填)				
80%回收体积(如无可不填)				
		290-295℃		290-295℃

六、思考题

- 1、实验中如果温度计水银球位置过高或过低会对结果造成什么影响？
- 2、如果试样含水对蒸馏过程有什么影响？

实验三、车用柴油碘值测定（3学时）

一、实验目的

- 1、掌握碘-乙醇法测定试样的碘值的方法
- 2、了解碘值测定对燃料贮存安定性测定的意义

二、实验原理

燃料中的各种烃类在液相中抗氧化的能力各不相同，烷烃、环烷烃和芳香烃在常温液时均不易和空气中的氧反应，不饱和烃则易与空气中的氧反应。燃料中如含有较多的不饱和烃则安定性差，储存中容易氧化生成有机酸和胶质。特别是不饱和烃中的二烯烃最不稳定很容易氧化。不饱和烃(如烯烃和二烯烃)能够和卤素发生加成反应，依据这一原理，可用其与一定质量的试样发生加成反应时所消耗碘或溴的质量来反映燃料中的不饱和烃含量。碘值是评价喷气燃料贮存安定性的指标，主要用来反映油品中的不饱和烃含量。碘值越大，表明油品含不饱和烃越多，其储存安定性越差，储存时与空气中氧气作用生成深色胶质和沉渣的倾向越大。碘值测定时用过量的碘-乙醇溶液与试样中的不饱和烃发生加成反应，生成碘代烃，剩余的碘用硫代硫酸钠标准溶液返滴定，根据消耗碘-乙醇标准溶液的体积，即可计算出试样的碘值。

三、仪器、材料及试剂

(1) 仪器：定性滤纸、碘量瓶（500mL）、量筒（25mL、250mL）、滴定管（50mL）、吸量管或移液管（2mL、25mL）

(2) 试剂：95%乙醇、碘化钾（配成 200g/L 水溶液）、淀粉（新配制的 5g/L 指示液）、硫代硫酸钠（配成 0.1mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准滴定溶液）、碘（配成碘-乙醇溶液，配制时将碘(20±0.5)g 溶解于 1L 95%乙醇中）

四、实验步骤

(1) 取样

将试样经定性滤纸过滤，称取约 0.3~0.4g。为取得准确量的试样，可使用滴瓶差减法称量。即将试样注入滴瓶中称量，从滴瓶中吸取试样约 0.5mL，滴入已注有 15mL 95%乙醇的碘量瓶中。将滴瓶称量，两次称量都必须称准至 0.0004g，按差值计算所取试样量。

(2) 滴定

用吸量管把 25mL 碘-乙醇溶液注入碘量瓶中，用预先经碘化钾溶液湿润的塞子紧

闭塞好瓶口，小心摇动碘量瓶，然后加入 150mL 蒸馏水，用塞子将瓶口塞闭。再摇动 5min(采用旋转式摇动)，速度为 120~150r/min，静置 5min，摇动和静置时室温应在(20 ±5) °C，然后加入 25mL 200g/L 碘化钾溶液，随即用蒸馏水冲洗瓶塞与瓶颈，用 0.1mol/L 硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定。当碘量瓶中混合物呈现浅黄色时，加入 5g/L 淀粉溶液 1~2mL，继续用硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定，直至混合物的蓝紫色消失为止。

(3) 按上述 (1)、(2) 步骤进行空白试验。

五、实验结果与讨论：

试样的碘值 X_1 (gI/100g)计算公式：

$$X_1 = \frac{C(V - V_1) \times 0.1269 \times 100}{m}$$

式中 X_1 ——试样的碘值，gI/100g;

0.1269——与 1.00mL1.000mol/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准滴定溶液相当的碘(I_2)的质量；

V ——滴定空白试验时所消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准滴定溶液的体积，mL;

V_1 ——滴定试样时所消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准滴定溶液的体积，mL;

c —— $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准滴定溶液的实际浓度，mol/L;

m ——试样的质量，g。

六、思考题

为什么要在滴定接近终点（溶液呈浅黄色时）再加入淀粉指示剂？

实验四、石油产品运动黏度测定（3 学时）

一、实验目的

- 1、掌握石油产品运动黏度测定的方法
- 2、了解运动黏度测定的意义

二、实验原理

运动黏度是石油产品（如润滑油、燃料油）的重要质量指标，对石油产品的润滑性能、低温流动性、输送与雾化效率有直接影响。石油产品运动黏度测定的实验原理主要基于泊肃叶定律（Poiseuille's Law），通过测量液体在特定温度下流经毛细管的时间，结合已知的毛细管参数，计算其运动黏度。在某一恒定温度下，测定一定体积试样在重力下流过一个经过标定的玻璃毛细管黏度的时间，毛细管黏度计常数与流动时间的乘积，即为该温度下测定液体的运动黏度。

三、仪器、材料及试剂

- 1、实验仪器：常用规格的玻璃毛细管黏度计一组、恒温浴、玻璃水银温度计、石油醚、95%乙醇
- 2、实验材料：柴油

四、实验步骤

（一）准备工作：

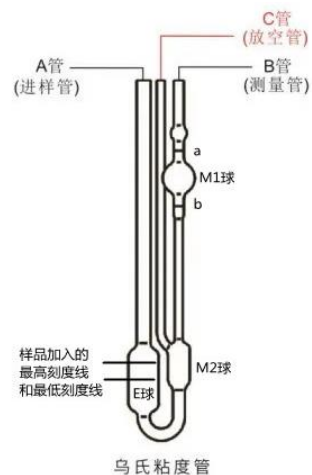
1、试样预处理 试样含有水或机械杂质时，在实验前必须经过脱水处理，用滤纸过滤除去机械杂质。

2、清洗黏度计 在测定试样粘度之前，必须用溶剂油或石油醚洗涤粘度计，如果粘度计粘有污垢，可用铬酸洗液、水、蒸馏水或用 95%乙醇依次洗涤。然后放入烘箱中烘干或用通过棉花滤过的热空气吹干。

3、装入试样 用移液管用移液管吸 10ml 样品，从 A 管注入 E 球中。

4、安装仪器 将装有试样的黏度计浸入事先准备妥当的恒温浴中，并用夹子将黏度计固定在支架上，固定位置时，必须把毛细管黏度计的扩张部分 5 浸入一半。

温度计要利用另一支夹子固定，务使水银球的位置接近毛细管中央点的水平面，并使温度计上要测温的刻度位于恒温浴的液面上 10mm 处。



(二) 测定:

1、黏度计于 25°C 恒温槽中恒温 3 分钟, 然后进行流出时间 t 的测定。

2、用手捏住 C 管管口, 使之不通气, 在 B 管用洗耳球将溶剂从 E 球经毛细管、M2 球吸入 M1 球, 然后先松开洗耳球后, 再松开 C 管, 让 C 管通大气。此时液体即开始流回 E 球。此时用眼睛水平地注视正在下降的液面, 并用秒表准确地测出液面流经 a 线与 b 线之间所需的时间, 并记录。重复上述操作三次, 每次测定相差不大于 0.2s。取三次的平均值为 t , 即为溶剂的流出时间。

3、注意: 有时相邻两次之差虽不超过 0.2s, 而连续所得的数据是递增或递减(表明溶液体系未达到平衡状态), 这时应认为所得的数据不可靠的, 可能是温度不恒定, 或浓度不均匀, 应继续测定。

五、实验结果与讨论:

实验组数	一	二	三	平均
时间(单位: S)				

运动黏度计算:

$$v = K \cdot t$$

K 值由仪器标定证书提供, 或通过标准液(如已知黏度的矿物油)校准。单位为 mm^2/S^2 ; 计算得到的运动黏度 v 单位为 mm^2/S 。

六、思考题

参考课本柴油的挥发性相关内容, 说明柴油黏度过大或过小将对柴油的使用造成什么影响

实验五、石油产品密度测定（3 学时）

一、实验目的

- 1、掌握比重瓶法测定液体密度的原理及操作方法。
- 2、测定柴油在 25℃ 和 45℃ 下的密度，分析温度对柴油密度的影响。

二、实验原理

由于直接测量玻璃仪器的精确容积困难，可以通过已知密度的参考液体（蒸馏水）间接标定。

在温度 T 下，水的密度可查表获得（如 25℃ 时 $\rho_{\text{水}}=0.9970 \text{ g/cm}^3$ ）

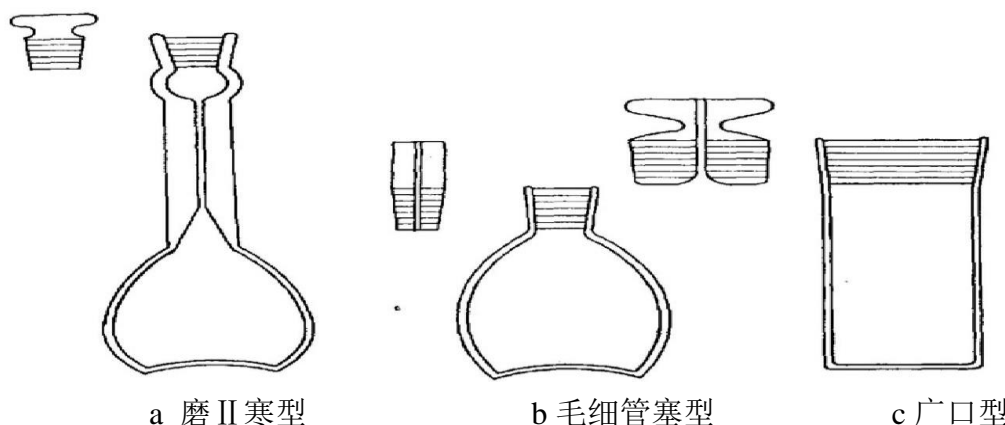
$$\text{标定公式: } V_{\text{瓶}} = \frac{m_{\text{水}}}{\rho_{\text{水}}} = \frac{m_{\text{水+瓶}} - m_{\text{瓶}}}{\rho_{\text{水}}}$$

$$\text{在相同温度 T 下: } V_{\text{瓶}} = \frac{m_{\text{样品}}}{\rho_{\text{样品}}} = \frac{m_{\text{样品+瓶}} - m_{\text{瓶}}}{\rho_{\text{样品}}}$$

$$\text{由 } V_{\text{瓶}} \text{ 恒定得 } \rho_{\text{样品}} = \frac{m_{\text{样品}} \cdot \rho_{\text{水, T}}}{m_{\text{水}}} = \frac{(m_{\text{样品+瓶}} - m_{\text{瓶}}) \cdot \rho_{\text{水, T}}}{m_{\text{水+瓶}} - m_{\text{瓶}}}$$

三、仪器、材料及试剂

1、比重瓶：瓶颈上带有标线或毛细管磨口塞子，体积为 25 毫升的比重瓶。如图所示三种型式：



磨口塞型：上部带有一磨口塞，中部为一毛细管。除粘性产品外，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。

毛细管塞型：上部为带有毛细管的锥形塞。它适用于不易挥发的液体，如润滑油，但不适用粘度太高的试样。

广口型：上部为一带毛细管的磨口塞。它适用于测定高粘度(如重油等)或固体产品。

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

3、温度计： $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 或 $50\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，分度为 0.1°C 。

四、实验步骤

1、清洗比重瓶：先清除比重瓶和塞了的油污，经铬酸洗液彻底清洗，用水清洗后，再用蒸馏水冲洗并干燥。必要时可用过滤的干燥空气流清除痕迹的水分。

比重瓶应清洗到瓶的内、外壁上不挂水珠，水能从比重瓶内壁或毛细管塞内完全流出。

2、比重瓶 20°C 水值的测定

将仔细洗涤，干燥好并冷至室温的比重瓶称准至 0.0002 克，得空比重瓶质量 $m_{\text{瓶}}$ 。用注射器将新煮沸并经冷却至 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 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 30 分钟。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 0.0002 克。得装有水的比重瓶质量 $m_{\text{水+瓶}}$ 。

3、比重瓶 $T^{\circ}\text{C}$ 水值的测定

调节水浴温度至 $T^{\circ}\text{C}$ ，测定质量 $m_{\text{水+瓶}, T}$ ，方法同上。

4、分别测定 20°C 、 $T^{\circ}\text{C}$ 下，装有试样的比重瓶质量 $m_{\text{样品+瓶}}$

用无水乙醇仔细清洁比重瓶，干燥并冷却至室温。将柴油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 20 分钟，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(或毛细管巾)过剩的试样用滤纸(或注射器)吸去，对磨口塞型比重瓶盖磨口塞，取出比重瓶，仔细擦干其外部并称准至 0.0002 克，得装有试样的比重瓶质量 $m_{\text{样品+瓶}}$ 。

五、实验结果与讨论

温度	空瓶质量 $m_{\text{瓶}}$	装有水的比重 瓶质量 $m_{\text{水+瓶}}$	装有试样的比重 瓶质量 $m_{\text{样品+瓶}}$	水的密度 $\rho_{\text{水}}$
T=25°C				
T= °C				

根据公式：
$$\rho_{\text{样品}} = \frac{m_{\text{样品}} \cdot \rho_{\text{水}, T}}{m_{\text{水}}} = \frac{(m_{\text{样品+瓶}} - m_{\text{瓶}}) \cdot \rho_{\text{水}, T}}{m_{\text{水+瓶}} - m_{\text{瓶}}}$$
 计算得到不同温度下样品密

度：

六、思考题

为什么在比重瓶法中必须使用蒸馏水作为参考液体？若改用酒精或其他液体标定比重瓶体积，可能引入什么问题？

实验六、石油产品水分测定（3学时）

一、实验目的

- 1、掌握石油产品水分测定的方法。
- 2、了解石油产品水分测定的意义。

二、实验原理

用一定量的试样与无水溶剂混合，进行蒸馏测定其水分含量并以百分数表示。

三、实验仪器及试剂

1. 仪器

水分测定器、无釉瓷片或浮石、电炉、烧杯、圆底烧瓶、量筒

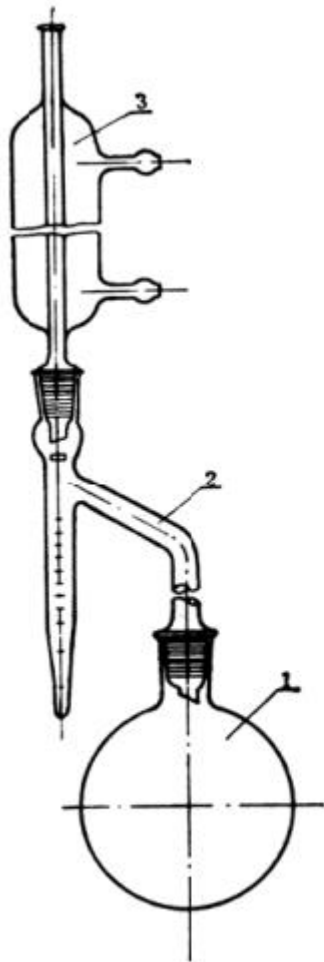


图 1

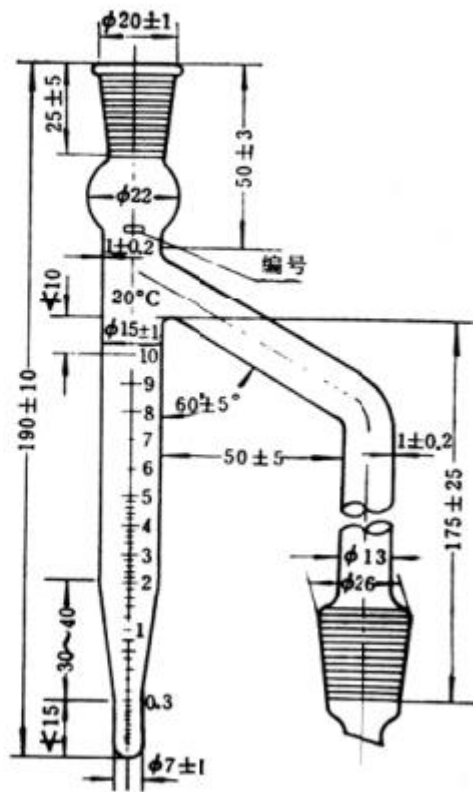


图 2

水分测定器（图 1）：包括圆底玻璃烧瓶 1，容量为 500mL，接收器 2（图 2）和直管式冷凝管 3，长度为 250-300mm。水分测定器各部分连接处可以用磨口或软木塞连接。

2. 试剂

溶剂：工业溶剂油或直馏汽油在 80℃ 以上的馏分，溶剂在使用前必须脱水和过滤。

无釉瓷片、浮石、或一端封闭的玻璃毛细管，在使用前必须经过烘干。

四、操作内容

(一) 4.1 将装入量不超过瓶内容积 3/4 的试样摇动 5 分钟，要混合均匀。粘稠的或含石蜡的石油产品应预先加热至 40~50℃，才进行摇匀。

4.2 向预先洗净并烘干的圆底烧瓶 1 称入摇匀的试样 100 克，称准至 0.1 克。

用量同取 100 毫升溶剂，注入圆底烧瓶中。将圆底烧瓶中的混合物仔细摇匀后，投入一些无釉瓷片、浮石或毛细管。

注：①粘度小的试样可以用量筒量取 100 毫升，注入圆底烧瓶中，再用这只未经洗涤的量筒量出 100 毫升的溶剂。圆底烧瓶中的试样重量，等于试样的密度乘 100 所得之积。

②试样的水分超过 10% 时，试样的重量应酌量减少，要求蒸出的水不超过 10 毫升。

4.3 洗净并烘干的接收器 2 要用它的支管精密地安装在圆底烧瓶 1 上，使支管的斜口进入圆底烧瓶 15~20 毫米。然后在接收器上连接直管式冷凝管 3。冷凝管的内壁要预先用棉花擦干。安装时，冷凝管与接收器的轴心线要互相重合，冷凝管下端的斜口切面要与接收器的支管管口相对。为了避免蒸汽逸出，应在塞子缝隙上涂抹火棉胶。进入冷凝管的水温与室温相差较大时，应在冷凝管的上端用棉花塞住，以免空气中的水蒸汽进入冷凝管凝结。

注：允许在冷凝管的上端，外接一个干燥管，以免空气中的水蒸汽进入冷凝管凝结。

4.4 用电炉、酒精灯或调成小火焰的煤气灯加热圆底烧瓶，并控制回流速度，使冷凝管的斜口每秒滴下 2~4 滴液体。

4.5 蒸馏将近完毕时，如果冷凝管内壁沾有水滴，应使圆底烧瓶中的混合物在短时间内进行剧烈沸腾，利用冷凝的溶剂将水滴尽量洗入接收器中。

4.6 接收器中收集的水体积不再增加，而且溶剂的上层完全透明时，应停止加热。回流的时间不应超过 1 小时。停止加热后，如果冷凝管内壁仍沾有水滴，应从冷凝管上端倒入 3.1 条所规定的溶剂，把水滴冲进接收器。如果溶剂冲洗依然无效，就用金属丝或细玻璃棒带有橡皮或塑料头的一端，把冷凝器内壁的水滴刮进接收器中。

4.7 圆底烧瓶冷却后，将仪器拆卸，读出接收器中收集水的体积。

当接收器中的溶剂呈现浑浊，而且管底收集的水不超过 0.3 毫升时，将接收器放入热

水中浸 20~30 分钟，使溶剂澄清，再将接收器冷却到室温，才读出管底收集水的体积

(二) 试样的水分重量百分含量 X 按式(1)计算：

$$X=V/G \times 100$$

式中： V —— 在接收器中收集水的体积，毫升；

G —— 试样的重量，克。

注：水在室温的密度可以视为 1，因此用水的毫升数作为水的克数。试样的重量为 100 ±1 克时，在接收器中收集水的毫升数，可以作为试样的水分重量含量测定结果。