

揭阳职业技术学院

Jieyang Polytechnic

教 案

课程所属系（部）： 化学工程系

讲授课程： 石油产品分析

教材名称： 油品分析

任课教师： 赵云

“石油产品分析”课程综述

一、本课程的思政元素

本课程以植根历史、家国情怀、科学精神与创新思维、职业素养等为思政元素，主要以发生在身边的石油化工事件为基础，进行思政教学案例设计，引导学生树立正确的价值观和职业素养。

在介绍石油产品对国家经济发展的重要性时，可讲述我国石油工业从艰难起步到逐步壮大的历程，像克拉玛依油田、大庆油田的开发，展现石油人为国奉献的精神，激发学生的爱国热情和为国家能源事业奋斗的使命感。

强调职业道德与责任。石油产品分析结果关乎产品质量和安全，强调从业者必须具备严谨认真、实事求是的职业道德。一旦数据造假或分析失误，可能引发严重安全事故或经济损失，培养学生的责任意识和职业操守。

引导绿色发展理念。随着环保要求提升，石油产品分析需关注产品对环境的影响。讲解分析过程中如何监测和控制有害物质含量，引导学生树立绿色化学、可持续发展观念，思考石油行业在环保方面的责任与挑战。

二、本课程的主要内容

《石油产品分析》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是根据最新高等职业教育化工技术专业人才培养目标而编写的。石油产品分析是石油化工技术、分析检验技术、化学相关专业的重要专业课程，是分析化学知识在石油化工领域的实际应用与发展。

本课程的基本内容包括油品分析概述、油品取样、常见油品技术要求及其标准分析方法和油品化验工(中、高级)职业技能鉴定模拟试题等部分。

三、本课程与其他课程的关系

本书适用于应用型、技能型人才培养的各类教育，也可供从事油品生产、经销、质检和分析等工作的技术人员参考使用。

四、本课程的现状

本课程重点介绍汽油、柴油、喷气燃料等燃料油，润滑油，润滑脂，天然气，液化石油气，溶剂油，石油蜡，石油沥青等石油产品的主要技术要求及其分析检验方法，注重操作技能的训练。

本课程内容对准岗位需要，针对性强；知识结构科学合理，利于职业核心能力培养；体例新颖，利于教与学；先进性强。

五、本课程的发展

石油产品分析课程的发展将主要集中在实践教学内容的发展变革上，以便体现高等职业教育特色，利于实施“双证融通”及“校企合作、工学结合”的人才培养模式，满足学生毕业后达到无适应期上岗的要求。

| | | |
|--------------|--|---|
| 教案编号 | 01 | |
| 授课题目 | 第一章 油品分析概述 | |
| 授课学时 | 4 课时 | |
| 课 型 | 理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 () | |
| 教学目的 | 1、了解石油的组成、分类及油品的生产过程。 2、理解石油产品分析的任务及分析标准。 3、掌握分析数据的处理方法以及分析结果报告的一般内容。 | |
| 教学重点 | 1、石油的组成及分类。 2、石油产品分析的任务及分析标准。 | |
| 教学难点 | 1、石油的组成及分类。 2、石油产品分析的任务及分析标准。 | |
| 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 | 每周 2 节课, 第一节 2 课时, 第二节 1 课时, 第三节 1 课时 | |
| 思考题 | 第一章课后自测题。 | |
| 作 业 | 无 | |
| 教学后记 | | |

第一章 油品分析概述

第一节 石油及油品

一、石油及其组成

石油是从地下开采出来的一种流动或半流动的黏稠状可燃性液体, 颜色多为黑色、褐色或暗绿

色，少数呈黄色。组成石油的元素主要是 C、H、O、N、S。其中，前两种元素合计约占 95%~99%。

根据产地不同还含有微量的 Cl、I、P、As、Si、Na、K、Ca、Mg、Fe、Ni、V 等元素，它们均以化合物形式存在于石油中。非烃元素含量虽少，但对油品的质量影响很大，在油品生产中应尽量精制除去。

二、油品及油品生产

开采出来的石油在未经加工前称为原油。原油经过一系列加工过程（或称为石油炼制过程）而得到的各种商品统称石油产品。

习惯上将石油炼制过程分为一次加工、二次加工和三次加工过程。

一次加工过程是将原油用蒸馏的方法分离成轻重不同馏分的过程，常称为原油蒸馏（或称原油直馏，相应的馏分油称为直馏馏分），它包括原油预处理、常压蒸馏和减压蒸馏。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）、常压重油和减压渣油（又称残油）。

二次加工过程是一次加工过程产物的再加工。主要是指将重质馏分油和渣油经过各种裂化生产轻质油的过程，包括催化裂化、热裂化、石油焦化、加氢裂化等。其中石油焦化本身也是热裂化，但它是一种完全转化的热裂化，产品除轻质油外还有石油焦。二次加工过程有时还包括催化重整和石油产品精制。前者是使汽油分子结构发生改变，用于提高汽油辛烷值或制取轻质芳烃（苯、甲苯、二甲苯）；后者是对各种汽油、柴油等轻质油品进行精制，或由重质馏分油制取馏分润滑油，由渣油制取残渣润滑油等。

三次加工过程主要是指将二次加工产生的各种气体进一步加工（即炼厂气加工），以生产高辛烷值汽油组分和各种化学品的过程，包括石油烃的烷基化、烯烃叠合、石油烃的异构化等。

三、油品分类

为适应石油产品规格国际化的需要，我国参照采用国际标准 ISO/DIS 8681-1985，于 1987 年制订了新的石油产品分类标准《石油产品及润滑剂的总分类》，标准代号为 GB/T498-87。

该标准根据石油产品的主要特征和用途将石油产品划分为六大类，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。分类方法见下表。

| 类别 | 各类别的含义 | Designation |
|----|---------|--|
| F | 燃料 | Fuels |
| S | 溶剂和化工燃料 | Solvents and raw materials for the chemical industry |

| | | |
|---|----------|--|
| L | 润滑剂和有关产品 | Lubricants, industrial oils and related products |
| W | 蜡 | Waxes |
| B | 沥青 | Bitumen |
| C | 焦 | Coke |

1、燃料

用来作为燃料的各种石油气体、液体，统称石油燃料。石油燃料类分组方法按 GB/T 12692.1—92《石油产品燃料类（F类）分类 第一部分：总则》分为4组，见表1-2。

表 1-2 燃料类分组（GB/T 12692.1—92）

| 组别代号 | 燃料类型 |
|------|--|
| G | 气体燃料：主要包括甲烷、乙烷或它们混合组成的石油气体燃料 |
| L | 液化气燃料：主要由丙烷、丙烯、丁烷和丁烯混合组成的石油液化气燃料 |
| D | 馏分燃料：除液化石油气以外的石油馏分燃料，包括汽油、喷气燃料、煤油和柴油。 重质馏分油可含少量蒸馏残油 |
| R | 残渣燃料：主要由蒸馏残油组成的石油燃料 |

2、润滑剂及有关产品

我国润滑剂和有关产品是根据 GB/T 7631.1—87《润滑剂和有关产品（L类）的分类 第一部分：总分组》，按用途（应用场合）进行分组的，见表1-4。

表 1-4 润滑剂和有关产品（L类）分类（GB/T 7631.1—87）

| 组别 | 应用场合 | 组别 | 应用场合 |
|----|----------------|----|-----------|
| A | 全损耗系统 | P | 风动工具 |
| B | 脱模 | Q | 热传导 |
| C | 齿轮 | R | 暂时保护防腐蚀 |
| D | 压缩机（包括冷冻机和真空泵） | T | 汽轮机 |
| E | 内燃机 | U | 热处理 |
| F | 主轴、轴承和离合器 | X | 用润滑脂的场合 |
| G | 导轨 | Y | 其他应用场合 |
| H | 液压系统 | Z | 蒸汽气缸 |
| M | 金属加工 | S | 特殊润滑剂应用场合 |
| N | 电器绝缘 | | |

3、石油蜡、石油沥青和石油焦

石油蜡是由含蜡馏分油或渣油经加工精制而得到的一类石油产品。包括液体石蜡、凡士林（石蜡）、石蜡、微晶蜡（地蜡）和特种蜡等 5 个系列。石油蜡虽少，但在国民经济中却有着重要的用途，广泛应用于轻工、化工、日用化学、食品、医疗、机械、电子、冶金等许多部门。

石油沥青是以减压渣油为主要原料制成的一类石油产品，它是黑色固态或半固态黏稠状物质。石油沥青分为道路沥青、建筑沥青、专用沥青和乳化沥青 4 个系列。主要用于铺设道路和建筑工程，也广泛用于水利工程、管道防腐、电器绝缘和油漆涂料等方面。

石油焦是黑色或暗灰色的坚硬固体石油产品。它带有金属光泽，呈多孔性，是由微小的石墨结晶形成的粒状、柱状或针状结构的炭体物。石油焦通常由减压渣油经延迟焦化而制得，广泛用于冶金、化工等部门，用于制造石墨电极、化工生产的原料或燃料。

4、溶剂油和石油化工原料

溶剂油是对某些物质起溶解、稀释、洗涤和抽提作用的轻质石油产品。

国产溶剂油有三种：航空洗涤汽油[SH 0114—92（1998）]、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、香料及油脂抽提溶剂、化学试剂、医药溶剂、橡胶溶剂、油漆溶剂等。

第二节 油品分析的任务及标准

一、油品分析任务

油品检验是指用统一规定或公认的试验方法，分析检验石油和石油产品的理化性质和使用性能的试验过程。其主要任务如下：

1、检验油品质量

确保进入商品市场的油品满足质量要求，促进企业建立健全的质量保证体系。

2、评定油品使用性能

对超期储存、失去标签或发生混串的油品进行评定，以便确定上述油品能否使用或提出处理意见。

3、对油品质量仲裁

当油品生产与使用部门对油品质量发生争议时，可根据国际或国家统一制定的标准进行检验，确定油品的质量，做出仲裁，保证供需双方的合法利益。

4、为制定加工方案提供基础数据

对用于石油炼制的油品进行检验，为制定生产方案提供可靠的数据。

5、为控制工艺条件提供数据

对石油炼制过程进行控制分析，系统地检验各馏出口产品和中间产品质量，及时调整生产工序及操作，以保证产品质量和安全生产，为改进工艺条件、提高产品质量、增加经济效益提供依据。

二、油品分析标准

1、油品分析标准的分类

(1) 按内容分类

石油产品标准

试验方法标准

(2) 按适用领域和有效范围分类

国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准、企业标准

2、我国油品分析标准编号方法

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。

例如，GB18351—2004 为中华人民共和国国家标准第 18351 号，2004 年批准；GB/T7607—2002 为中华人民共和国国家推荐性标准第 7607 号，2002 年批准；GB/T264—83（91）为中华人民共和国推荐性标准第 264 号，1983 年批准，1991 年重新确认；SH/T 4508—1999 为中国石油化工股份有限公司推荐性标准第 4508 号，1999 年批准。

3、我国油品分析标准制定依据

我国油品分析标准的依据是在充分考虑国际贸易往来和社会对产品使用要求的基础上，并兼顾石油资源特点和生产技术发展水平而制定的。

我国采用国际标准或国外先进标准的方式：

等同采用，等效采用，非等效采用。

第三节 油品分析记录、数据处理及报告

一、油品分析记录

1、原始记录内容

试样的原始记录

分析工作记录

分析数据

分析审核记录

2、原始记录填写要求

及时，准确，完整，客观

不允许追写，重抄，摘录，修饰

不允许贴，刮，描和涂改

数据处理按国家有关标准执行

签名使用本人姓名全称

二、油品分析数据处理

用同一试验方法对同一试样测定所得两个或多个结果的一致性程度，称为精密度。通常，油品检验的精密度用重复性和再现性表示。

1、重复性分析

是指在相同的试验条件下（同一操作者、同一仪器、同一实验室），在短时间间隔，按同一方法对同一试验材料进行正确和正常操作所得独立结果在规定置信水平（95%置信度）下的允许差值 r 。

在重复条件下，取得的两个结果之差小于或等于 r 时，则认为结果合格；否则，大于 r 时，则两个结果都应认为可疑。

2、再现性分析

两个实验室得到的结果，其差值小于或等于 R 时，则认为这两个结果是可接受的，可取这两个结果的平均值作为测定结果；若其差值大于 R ，两个结果均可疑，则需两个试验室至少得到 3 个可接受的结果，然后计算两个实验室所有可接受结果的平均值之差，再用 R' 代替 R 判断再现性。

$$R' = \sqrt{R^2 - \left(1 - \frac{1}{2K_1} - \frac{1}{2K_2}\right)r^2}$$

三、油品分析报告

| | |
|------|--|
| 教案编号 | 02 |
| 授课题目 | 第二章 油品取样 |
| 授课学时 | 4 课时 |
| 课 型 | 理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (<input type="checkbox"/>); 见习 (<input type="checkbox"/>); 实训 (<input type="checkbox"/>); 其它 (<input type="checkbox"/>) |

| | | |
|--------------|--|---|
| 教学目的 | 1、了解石油产品试样的分类，理解石油产品取样原则。 2、掌握气体、液体和固体石油产品的取样方法。 3、掌握与石油产品取样有关的安全知识。 | |
| 教学重点 | 1、石油产品试样的分类及取样原则。 2、液体石油产品的取样方法。 3、与石油产品取样有关的安全知识。 | |
| 教学难点 | 1、石油产品试样的分类及取样原则。 2、液体石油产品的取样方法。 3、与石油产品取样有关的安全知识。 | |
| 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 | 每周 2 节课，第一节 2 课时，第二节 1 课时，第三节 1 课时 | |
| 思考题 | 第二章课后自测题。 | |
| 作业 | 无 | |
| 教学后记 | | |

第二章 油品取样

第一节 油品试样分类

一、按油品形状分类

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。

采样是按一定的方法，从一定数量的整批物料中采集少量有代表性的试样的一种行为、过程或

技术。

表 2-1 油品试样分类

| 试样类别 | 实例 | 试样类别 | 试样类别 |
|------|--------------|------|-------|
| 气体试样 | 液化石油气、天然气 | 固体试样 | 可溶性试样 |
| 液体试样 | 汽油、柴油、煤油、润滑油 | | 不溶性试样 |
| 膏状试样 | 润滑脂、凡士林 | | 粉末状试样 |

二、按取样位置和方法分类

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。

- (1) 表面样（又称撇取样）：从罐内顶液面处采取的点样。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 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。
- (6) 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。
- (7) 排放样：从排放活栓或排放阀门采取的试样。
- (8) 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。
- (9) 罐侧样：从适当的罐侧取样线采取的点样。

2、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。

(1) 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。

②按等比例合并上部样、中部样和出口液面样。

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多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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

第二节 石油和液体石油产品取样

一、执行标准的适用范围和取样原则

1、执行标准的适应范围

液体石油产品的取样方法标准有 GB/T4756-1998《石油液体手工取样法》，该方法等效采用国际标准 ISO3170-1988《液体石油取样法》。此外还有行业标准 SH/T0635-1996《液体石油产品采样法（半自动法）》。

GB/T4756-1998《石油液体手工取样法》规定了用手工法从固定油罐、铁路罐车、公路罐车、油船和驳船、桶和听、或者从正在运输液体的管线中获得液态烃、油罐残渣和沉淀物样品的方法。要求这些油罐（船、桶、听等）中贮存或管线中运输样品处于常压或接近常压，并且油品在从环境温度到 100℃ 之间应为液体。

(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。

2、取样原则

用于试验的试样必须对被取样油品具有充分的代表性。

二、取样工具和取样操作方法

1、取样工具

(1) 试样容器

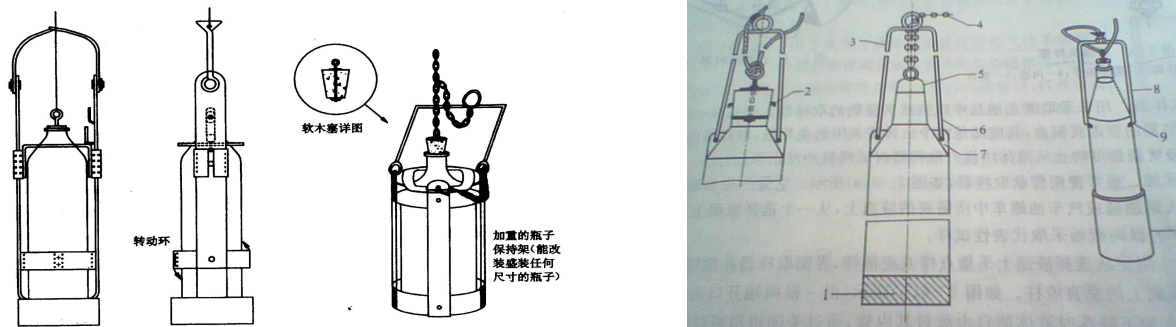
①玻璃瓶 有软木塞、玻璃塞或是配有耐油垫片的塑料或金属螺旋帽。

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。

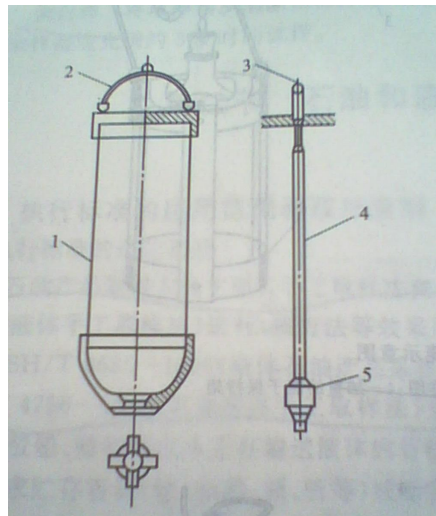
③塑料瓶 用高密度聚乙烯材料制成的塑料容器会引起样品污染或样品容器损坏，而不能用于采样操作。

(2) 取样器

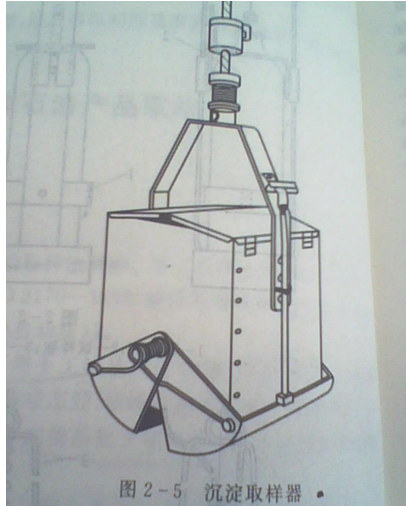
①点取样器和例行取样器



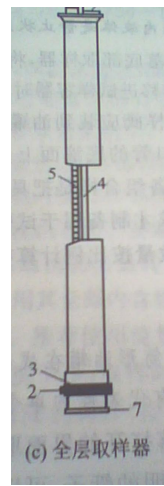
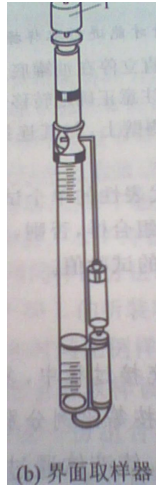
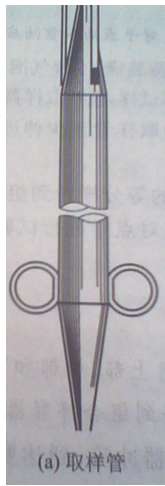
②底部取样器



③沉淀物取样器



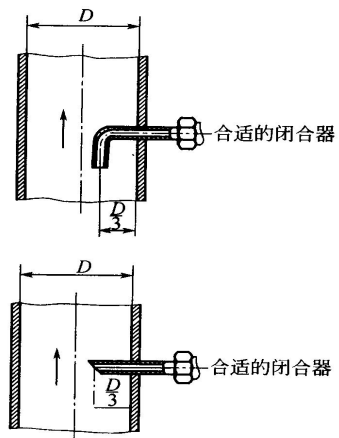
④桶或听取样器



⑤界面取样器

⑥全层取样器

⑦管线取样器



⑧气体闭锁机构



⑨试样冷却器

2、采样操作方法

(1) 立式油罐取样

(2) 卧式油罐取样 其采取点样的方法与立式油罐相同，但必须按油品深度的不同，在指定部位取样（见表 2-2）；需制备组合样时，要按表 2-1 所示的比例进行混合。

(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) 非均匀石油或液体石油产品的取样

三、试样处理

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。

四、试样的保存

1、试样保存数量

2、试样保留时间

五、取样注意事项

1、一般注意事项

2、安全环保注意事项

第三节 其他油品取样

一、固体和半固体油品的取样

1、取样工具

(1) 采取膏状或粉状的石油产品试样时，使用螺旋形钻孔器或活塞式穿孔器，其长度约 400mm(用在铁盒、白铁桶或袋子中取样)，或约 800mm(用在大桶或鼓形桶中取样)。在活塞式穿孔器的下口，要焊有一段长度与口部直径相等的金属丝。

(2) 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)。

2、采取试样的一般要求

(1) 应根据足够分析这些指标的使用数量采取。

(2) 采取试样用的工具和容器必须清洁。采取试样前，这些工具和容器应该用汽油洗涤，待干燥后使用。

(3) 对于用来掺成一个平均试样所需要的试样，允许用同一件取样器或钻孔器采取，而且这件工具在每次放入石油产品之前不必洗涤。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。

二、石油沥青取样

1、样品数量要求

(1) 液体沥青样品量常规检验样品取样为 1 L。(乳化石油沥青取样为 4 L。)

(2) 固体或半固体样品量，取样量为 1~1.5 kg。

(3) 液体沥青(包括乳化石油沥青)或半固体沥青盛样器应为具有密封盖的金属容器(乳化石油沥青亦可用聚乙烯塑料桶)。

(4) 固体沥青盛样器应为带盖桶，也可用塑料袋，此塑料袋须有可靠的外包装。

2、盛样器

3、取样方法

三、液化石油气取样

1、取样要求

2、取样仪器

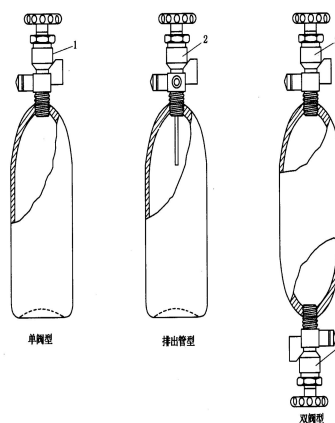


图 2-8 液化石油气采样器

1, 2—阀 C; 3—出口阀 D; 4—入口阀 C

3、取样方法

四、天然气取样

1、取样要求

2、取样设备

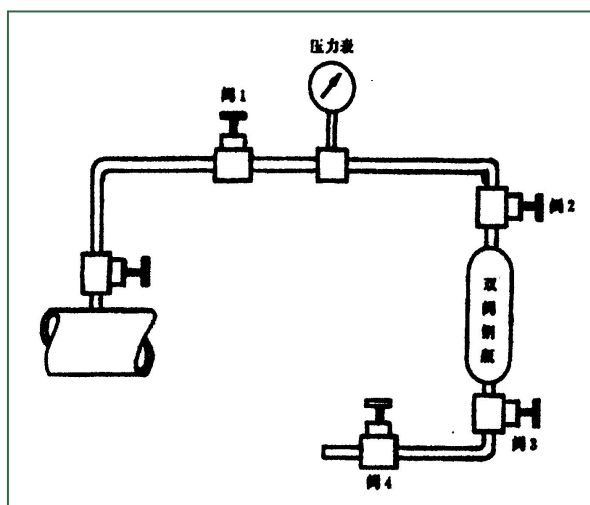


图 2—10 吹扫法取样示意图

3、取样方法

| | | |
|--------------|--|---|
| 教案编号 | 03 | |
| 授课题目 | 第三章 汽油分析 | |
| 授课学时 | 6 课时 | |
| 课 型 | 理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 () | |
| 教学目的 | <p>1、了解汽油的分类、牌号和用途。</p> <p>2、理解汽油的技术要求及其评定意义，了解影响汽油使用性能的主要因素。</p> <p>3、掌握汽油主要技术指标的分析检验方法、原理；掌握汽油分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 教学重点 | <p>1、汽油的分类和牌号。</p> <p>2、汽油主要技术指标的分析检验方法、原理。</p> | |
| 教学难点 | <p>1、汽油的分类和牌号。</p> <p>2、汽油主要技术指标的分析检验方法、原理。</p> | |
| 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 | 每周 2 节课，第一、二节 2 课时，第三节 2 课时，第四五节 2 课时 | |
| 思 考 题 | 第三章课后自测题。 | |
| 作 业 | 第三章课后自测题 6 计算题第 (1) 和第 (3) 小题。 | |
| 教学后记 | | |

第三章 汽油分析

第一节 汽油规格

一、汽油的种类、牌号

1、汽油种类

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。

我国汽油现按组成和用途不同分为车用无铅汽油、车用乙醇汽油和航空汽油三种。

2、汽油牌号

车用无铅汽油和车用乙醇汽油均按研究法辛烷值划分牌号。前者有 90 号、93 号和 95 号三个牌号；后者有 90 号、93 号、95 号和 97 号四个牌号。

航空汽油按马达法辛烷值分为 75 号、95 号和 100 号三个牌号，其代号分别为 RH-75、RH-95/130 和 RH-100/130。其中，R 代表石油燃料类（沿用石油产品旧分类方法 GB498—65 的符号标注），H 代表航空汽油，130 表示品度值。

RH-75 航空汽油用于无增压器的小型活塞式航空发动机，RH-95/130 和 RH-100/130 用于有增压器的大型活塞式航空发动机。由于活塞式航空发动机已不再发展，因而航空汽油在汽油产品中的比例逐年下降，目前只占国内汽油的很小部分。

二、汽油规格

1、汽油规格标准

目前，我国车用汽油的有效标准只有 GB 17930—1999《车用无铅汽油》和 GB 18351—2004《车用乙醇汽油》两个。航空汽油执行的国家标准是 GB 1787—79（88）《航空汽油》。

2、汽油技术要求

车用无铅汽油和车用乙醇汽油的主要技术要求及评定指标均相同，为叙述方便，以下仅以车用无铅汽油为例介绍其技术要求及分析检验方法。

第二节 汽油技术要求的分析检验

一、蒸发性

1、质量要求

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（或称气化性）。车用无铅汽油在发动机中燃烧前，必须在气缸内迅速气化，与空气形成可燃混合气，该过程是保证燃料燃烧稳定、完全的先决条件。因此，蒸发性能是车用无铅汽油的重要性质之一。

车用无铅汽油对蒸发性的质量要求是：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、评定指标的分析检验

(1) 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。油品在规定的条件下蒸馏，从初馏点到终馏点这一温度范围称为馏程。通常，车用无铅汽油的馏程用 10%、50%、90% 蒸发温度、终馏点和残留量等来表示。

①测定意义

车用无铅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。

10%蒸发温度：

表示车用无铅汽油中含低沸点组分（轻组分）的多少，它决定汽油低温启动性和形成气阻的倾向。汽油发动机启动时转速较低（一般为 50~100r/min），吸入汽油量少，若 10%蒸发温度过高，表明缺乏足够的轻组分，其蒸发性差，则冬季或冷车不易启动。因此，车用无铅汽油规格中规定，10%蒸发温度不能高于 70℃。

汽油的 10%馏出温度与发动机能直接启动所允许的最低气温实验数据，如书中表 3-2 所示。若 10%蒸发温度越低，发动机的低温启动性越好。但 10%蒸发温度也不能过低，否则轻组分过多，在炎热的夏季或低大气压下工作时，易在输油管内气化形成气阻，中断燃料供应，影响发动机正常工作。

目前，车用无铅汽油只规定了 10%蒸发温度的上限，其下限实际上是由蒸气压来控制的，一般认为车用无铅汽油的 10%蒸发温度不宜低于 60℃。

50%蒸发温度：

表示车用无铅汽油的平均蒸发性，它直接影响发动机的加速性和工作平稳性。若 50%蒸发温度低，汽油在正常温度下能迅速蒸发，可燃气体混合均匀，发动机加速灵敏，运转平稳；反之，50%蒸发温度过高，当发动机加大油门提速时，随供油量的急剧增加，部分汽油将来不及充分气化，引起燃烧不完全，致使发动机功率降低，甚至突然熄火。

90%蒸发温度和终馏点：

表示车用无铅汽油中高沸点组分（重组分）的多少，决定其在气缸中的蒸发完全程度。这两个温度过高，表明重组分过多，不易保证车用无铅汽油在使用条件下完全蒸发及燃烧，导致气缸内积炭增多，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。

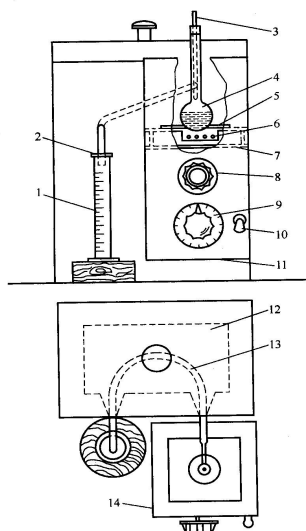
因此，车用无铅汽油严格限制 90%蒸发温度不高于 190℃，终馏点不高于 205℃。

残留量：

反映车用无铅汽油贮存过程中，氧化生成胶质物质的含量。随残留量的增大，气门、化油器喷管及电喷嘴被堵塞的机会增多，气缸内结焦量增多。因此，车用无铅汽油要求残留量不大于 2%，不允许过多。

②分析检验方法

车用无铅汽油馏程的测定按 GB/T 6536—1997《石油产品蒸馏测定法》进行。适用于测定所有发动机燃料、溶剂油和轻质石油产品的馏程。蒸馏装置有手工蒸馏（采用喷灯加热或电加热）和自动蒸馏。有争议时，仲裁试验应采用手工蒸馏。图 3-1 为采用电加热的手工蒸馏装置总装图。



蒸馏测定时，将 100mL 试样在规定条件下进行蒸馏，系统观察温度计读数和冷凝液体积，并根据这些数据，进行计算和报告结果。

蒸馏时，冷凝管较低的一端滴下第一滴冷凝液时的温度计读数，称为初馏点。当馏出物体积分数为装入试样的 10%、50%、90%时，蒸馏瓶内的温度计读数分别称之为 10%、50%、90%馏出温度。蒸馏过程中，温度计最高读数，称为终馏点（简称终点）。

蒸馏烧瓶底部最后一滴液体气化瞬间所观察到的温度计读数，称为干点，此时不考虑蒸馏烧瓶壁及温度计上的任何液滴或液膜。由于终馏点通常在蒸馏烧瓶底部液体全部气化后才出现，故与干点往往相同。初馏点到终点这一温度范围即称为馏程。

蒸馏结束后，将冷却烧瓶的内容物按规定方法收集到 5mL 量筒中测得的体积分数，称为残留体积分数；而以装入试样体积为 100%减去馏出液体和残留物的体积分数之和，所得之差值称为损失体

积分数（简称损失）。

生产实际中常称上述这套完整数据为馏程，它是轻质燃料油的质量指标。

通常，要求蒸馏温度计读数修正至 101.3kPa（760mmHg），报告中应包括观察的大气压力，并说明是否已进行了大气压力修正。修正可按式（3-1）或表（3-3）进行。

$$t_c = t + C \quad (3-1)$$

$$C = 0.0009(101.3 - p_k)(273 + t)$$

真实损失体积分数，应是按式（3-2）或（3-3）修正后的计算值。

$$L_c = \frac{L - 0.499287}{13.65651 - 0.12492914 p_k} + 0.4997299 \quad (3-2)$$

$$L_c = AL + B \quad (3-3)$$

蒸馏结束后，量筒内接收冷凝液的最大体积，占装入试样的体积分数，称为最大回收体积分数。最大回收体积分数按式（3-4）进行修正。

$$R_c = R_{\max} + (L - L_c) \quad (3-4)$$

（2）蒸气压

石油产品蒸气压是指在规定条件下，石油产品在适当的容器中逸出的蒸气所表现出的压力，以 kPa 表示。

石油产品饱和蒸气压是指在规定条件下，石油产品在适当的容器内，气液两相达到平衡时，液面蒸气所显示的最大压力，以 kPa 表示。

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，在一定温度下，油品的馏分越重，饱和蒸气压越小，而油品的组成是随汽化率不同而改变的。在一定量的油品汽化过程中，由于气相中轻组分含量多，因此当汽化率增加时，则液相组成逐渐变重，其饱和蒸气压不断降低。

①测定意义

饱和蒸气压是石油产品的蒸发性能之一，它对于油品的储存、输送和使用均有重要影响。同时也是生产、科研和设计中常用的主要物性参数。

用以判断发动机燃料挥发性的大小

通常，发动机燃料的饱和蒸气压愈大，挥发性也愈大，所含的低分子烃类也愈多，易汽化，与空气混合也愈均匀。从而使进入汽缸内的混合气燃烧得愈完全，保证发动机顺利工作；同时减少机件磨损，耗油量低。

用以判断发动机燃料在使用时是否有形成气阻的倾向

通常，过高的蒸气压容易在供油管路中形成气阻，使供油不足或中断，造成发动机功率降低，甚至使发动机停止动转。因此，对车用汽油及航空煤油都有其限制指标，但蒸气压过低会影响油料的起动性能，并减少了燃料性能良好的组分。因此在不同季节分别规定对蒸气压的要求。

用以估计发动机燃料贮存和运输时的损失

当贮存、灌注及运输发动机燃料时，油品含轻组分越多，蒸气压越大，蒸气损失也越大。这不仅造成损失，污染环境，而且有着火的危险性。

②分析检验方法

车用无铅汽油的蒸气压按 GB/T8017-1987《石油产品蒸气压测定法（雷德法）》测定。本方法适用于测定汽油、易挥发性原油及其他易挥发性石油产品的蒸气压；本方法不适用于测定液化石油气的蒸气压。试样在 37.8℃用雷德式饱和蒸气压测定器所测出的蒸气最大压力，称为雷德饱和蒸气压。

试验所用仪器有：

雷德法自动蒸气压测定器：（带恒温水浴和数字压力表、旋转装置）

蒸气压试验弹：（空气室与油样室体积比为 4±0.2:1）

水银温度计：刻度范围为 34~42℃(或相当的)，分度值 0.1℃

取样器：符合 SY/T 0543 中规定的容器，体积不小于 1L

转样器：有装在包有铝箔软木塞的铜质进气管和转油管

冷却装置：冰箱、冰柜或冷浴

试验时，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℃的空气室相连接。将该测定器浸入恒温浴（37.8℃±0.1℃），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雷德蒸气压。

二、抗爆性

1、质量要求

（1）汽油机的爆震（汽油机及其工作过程，爆震）

汽油机是用电火花点燃油气混合气而膨胀作功的机械，故又称点燃式发动机。

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汽缸，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。

(2) 质量要求

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。车用无铅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。

2、评定指标的分析检验

(1) 研究法辛烷值

辛烷值是规定条件下的标准发动机试验中，通过和标准燃料进行比较来测定，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。

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。

(3) 研究法辛烷值的测定按 GB/T 5487—1995《汽油辛烷值测定法（研究法）》进行。本标准适用于测定车用无铅汽油和车用乙醇汽油的抗爆性，应用于发动机制造厂、石油炼厂和商业交货验收。

三、安定性

1、质量要求

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。

评定车用无铅汽油安定性的指标主要有实际胶质与诱导期。

车用无铅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。

2、评定指标的分析检验

(1) 实际胶质

①概念

汽油在储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。所谓实际胶质，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。

(2) 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。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。

四、腐蚀性

1、质量要求

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。

对车用无铅汽油腐蚀性的要求是，不腐蚀发动机零件和容器。

评定车用无铅汽油腐蚀性的指标有硫含量、硫醇、铜片腐蚀和水溶性酸、碱。

2、评定指标的分析检验

(1) 铜片腐蚀

①测定意义

它是定性检验油品有无活性硫的试验。我国车用无铅汽油要求铜片腐蚀（50℃，3h）不大于 1 级。

②分析检验方法

铜片腐蚀试验按 GB/T5096—85（91）《石油产品铜片腐蚀试验法》进行。该标准等效采用 ASTM D130—83，主要适用于测定航空汽油、喷气燃料、车用无铅汽油、天然汽油或具有雷德蒸气压不大于 124kPa（930mmHg）的其它烃类、溶剂油、煤油、柴油、馏分燃料油、润滑油和其它石油产品对铜的腐蚀性。

测定时，将一块已磨光的铜片浸没在一定的试样中，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，确定腐蚀级别。

③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，绝不能用手直接触摸，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) 硫含量和硫醇硫含量

①测定意义

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。

硫含量是指存在于油品中的硫及其衍生物的含量，以质量分数表示。我国车用无铅汽油要求硫含量不大于 0.05%。

②分析检验方法

硫含量的测定：按 GB/T380—77（88）《石油产品硫含量测定法（燃灯法）》进行。主要适用于测定雷德蒸气压力不高于 80kPa（600mmHg）的轻质石油产品（汽油、煤油、柴油等）的硫含量。

(3) 水溶性酸或碱

①测定意义

水溶性酸指的是无机酸和低分子有机酸，水溶性碱是指氢氧化钠或碳酸钠等，它们通常为石油产品酸碱精制过程中的残留物，是强腐蚀性物质。水溶水溶性碱对金属，特别是对铝质零件有较强腐蚀性。

水溶性酸几乎对所有金属都有腐蚀作用，尤其是有水存在的条件下，其腐蚀性更为严重；水溶性碱对金属，特别是对铝质零件有较强腐蚀性，例如，汽油中若有水溶性碱时，汽化器的铝制零件易生成氢氧化铝胶体，堵塞油路、滤清器及油嘴。因此，车用无铅汽油中不允许有水溶性酸、碱存在。

②分析检验方法

油品水溶性酸、碱的测定，属于定性分析试验法，按 GB/T 259—88《石油产品水溶性酸及碱测定法》标准试验方法进行，主要适用于测定液体石油产品、添加剂、润滑脂、石蜡、地蜡及含蜡组分的水溶性酸、碱。

测定时，用蒸馏水（或乙醇）与等体积试样混合，摇动，在油、水两相充分接触的情况下，使水溶性酸、碱被抽提到水相中。分离水相，用甲基橙（或酚酞）指示剂或用酸度计测定其 pH 值，以判断试样中有无水溶性酸、碱存在。

③测定注意事项

取样的均匀程度

试剂、器皿的清洁性

油品的乳化

| | | |
|----------|--|---|
| 教案编号 | 04 | |
| 授课题目 | 第四章 柴油分析 | |
| 授课学时 | 6 课时 | |
| 课 型 | 理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 () | |
| 教学目的 | <p>1、了解柴油的分类、牌号和用途。</p> <p>2、理解柴油的技术要求及其评定意义，了解影响柴油使用性能的主要因素。</p> <p>3、掌握柴油主要技术指标的分析检验方法、原理；掌握柴油分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 教学重点 | <p>1、柴油的分类和牌号。</p> <p>2、柴油主要技术指标的分析检验方法、原理。</p> <p>3、柴油分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 教学难点 | <p>1、柴油的分类和牌号。</p> <p>2、柴油主要技术指标的分析检验方法、原理。</p> <p>3、柴油分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 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 | 每周 2 节课，第一节 2 课时，第二节 2 课时，第三四五节 2 课时 | |
| 思 考 题 | 第四章课后自测题。 | |
| 作 业 | 第四章课后自测题第 6 计算题。 | |
| 教学后记 | | |

第四章 柴油分析

第一节 柴油规格

一、柴油种类、牌号

1、柴油种类

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。

柴油的种类分为馏分型和残渣型。

馏分型包括轻柴油，车用柴油和重柴油。

柴油广泛用于大型车辆、船舰、发电机等。主要用作柴油机的液体燃料，由于高速柴油机（汽车用）比汽油机省油，柴油需求量增长速度大于汽油。柴油具有低能耗、低污染的环保特性，所以一些小型汽车甚至高性能汽车也改用柴油，但由于中国柴油质量低劣，国外运转正常的柴油汽车进口到国内可能会频出故障甚至事故。

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、柴油牌号

轻柴油和车用柴油均按凝点划分牌号。共七种，即 10 号、5 号、0 号、-10 号、-20 号、-35 号和-50 号。标记：由国家标准号，产品牌号和产品名称三部分组成。

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。

二、柴油规格

1、规格标准

车用柴油标准是 GB/T19147—2003《车用柴油》，该标准是参照采用欧盟标准 EN509—1998《车用柴油》制定的，排放达到欧 II 标准，满足国际贸易和环保要求，该标准于 2003 年 5 月 23 日发布，于 2003 年 10 月 1 日实施。

该标准主要是对城市车用柴油而定，属于推荐实施标准，其实施可依据各地环保部门的具体要求而定。由于车用柴油耗油量低，排放二氧化碳少，满足于节能和环保要求，因此其使用和发展将备受关注，目前深受人们喜爱的新款柴油轿车，柴油汽车正在不断推出。

轻柴油标准为 GB/T252—2000《轻柴油》；残渣型船燃料标准执行 GB/T17411—1998《船用燃料》；重柴油的标准是 GB455—1998《重柴油标准》。

2、技术要求

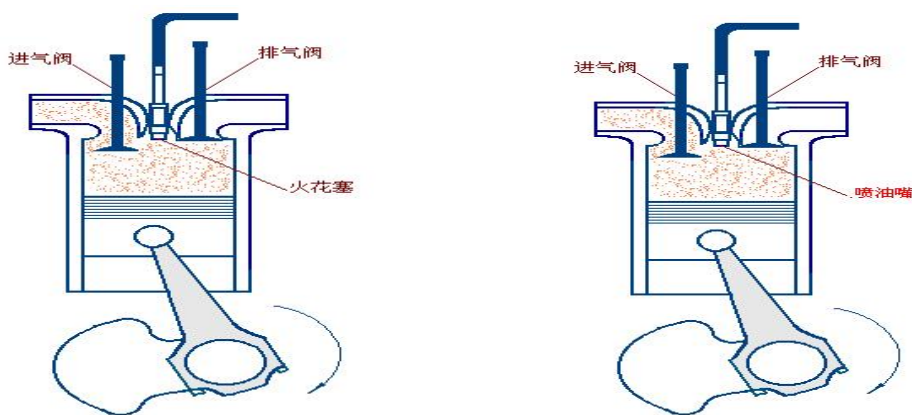
车用柴油技术要求和试验方法见表 4-1。

第二节 柴油技术要求的分析检验

柴油是柴油发动机的主要燃料。

柴油发电机是压燃式发动机，是不靠电火花点火，而是依靠压缩终了时空气的高温引起混合气自然的内燃机。通常由曲柄连杆机构、配气机构、燃料系统、润滑、冷却系统组成的。

与汽油机不同在于无汽化器和电点火系统，但有一套专门的高压喷射装置。



汽油机

柴油机

1、工作过程：进气——压缩——燃烧作功——排气。与汽油机的不同之处：

(1) 柴油机进气时只吸入空气，无燃料蒸气，压缩过程也只压缩空气。

(2) 汽油机由电火花塞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。

2、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。

3、柴油机要求柴油应具有以下性能：

(1) 良好的低温流动性

柴油车的低温启动性差，所以要求柴油的低温流动性好，起动方便。

(2) 良好的雾化和蒸发性

柴油的粘度大，蒸发性差，从燃油完全燃烧和雾化均匀方面考虑，要求蒸发性越好，雾化性能越好。

(3) 良好的燃烧性

压燃方式要求点燃容易，也要求燃烧彻底

(4) 良好的安定性

柴油运输和储存的过程中要求“不变质”的性能

(5) 对机件的等无腐蚀性

对于所有的金属来说，燃油都有一定的腐蚀性，这就要求柴油的腐蚀性越低越好。

(6) 柴油本身的清洁性

在燃烧的过程中会有一定的碳和磨损的磨粒产生，这就要求柴油的清洁性要好。

一、轻柴油的雾化和蒸发性

柴油在柴油机气缸内经喷油嘴喷出时分散成液体雾粒及液体雾粒汽化蒸发的能力。

柴油的雾化和蒸发性直接决定燃烧室内混合气形成的品质和速度，对于柴油机的工作性能影响很大。

柴油机的雾化和汽油机相比时间更短，柴油属于中质馏分的组分，蒸发性差。所以柴油的雾化会更加的差，因此柴油机借助高压喷油泵来喷出很细的油粒，很细的油粒在高压和高温的环境下再和空气混合才能得到要求的混合气。

柴油在很短的时间内要完成喷油、蒸发、混合、燃烧等过程。要求柴油具有良好的雾化和蒸发性能。

柴油雾化和蒸发性能差的危害：

1、在做功行程之前无法完全蒸发和混合，在膨胀过程中会继续进行混合和雾化，提高排气温度，增加热损失，效率下降。

2、未蒸发的汽油受热分解，有炭粒产生，容易形成积碳和排气冒黑烟，增加污染物和油耗。

3、燃烧不完全的柴油会冲刷润滑油，使润滑和密封性降低，串入油底壳还能污染润滑油，使磨损加剧。

轻质柴油雾化和蒸发性的评价指标有：馏程、运动粘度、密度和闪点。

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。

(2) 90%回收温度和 95%回收温度

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

在规定条件下，加热油品所产生的蒸汽与周围的空气形成的混合气接触火焰发生瞬间闪火的最小温度称为闪点，用℃表示。

根据测定仪器的不同，闪点有开口闪点和闭口闪点两种。用开口杯闪点测定器测得的闪点为开口闪点，用闭口杯闪点测定器测得的闪点为闭口闪点。

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。

闪点的高低直接影响汽油的蒸发性，闪点高，蒸发性差，闪点低，蒸发性好。

蒸发性好容易形成爆燃，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。

闪点既是轻柴油的蒸发性评价指标，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。规定柴油的最高温度要低于闪点 20~30℃。

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℃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℃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。

记录大气压力，可计算标准大气压力（101.3kPa）下试样的闭口闪点，计算公式如下：

$$t_0 = t + 0.25(101.3 - p)$$

t_0 为标准大气压力下试样的闭口闪点 (°C); t 为实际大气压力下试样的闭口闪点, p 为实际大气压力。

3、运动黏度

黏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。光从运动上来讲, 黏度是越小越好。黏度与流动性成相反的变化趋势。黏度的温度性能是黏度和温度也成相反变化的趋势。所以黏度的值是指在一定的温度下的值, 并不是不变的。

黏度包括动力黏度, 运动黏度和条件黏度。动力黏度是指面积为 1m^2 并相距 1m 的两层流体, 以 1m/s 的速度相对运动时所产生的内摩擦力。单位是 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ (帕·秒) m^2 。运动黏度是指液体在重力作用下流动时的内摩擦力。条件黏度是指采用不同的特定黏度计所测得的以条件单位表示的黏度, 各国通常用的条件黏度有三种。

用运动黏度来评价轻柴油的雾化和蒸发性, 其值为相同温度下液体的动力黏度与其密度之比, 单位: m^2/s 。

黏度小的柴油内部摩擦力小, 即柴油的表面张力小, 从微观上讲就是柴油表面的柴油分子比较容易脱离柴油表面, 即柴油比较容易汽化, 所以黏度小的柴油蒸发性好。

柴油进入汽缸的方式是由喷油嘴喷入的, 相同的喷油压力下喷出的柴油, 黏度小的射程就会越近, 也就更利于雾化。

从密封性上讲, 黏度小的柴油的密封性差, 容易在管道中发生泄露。

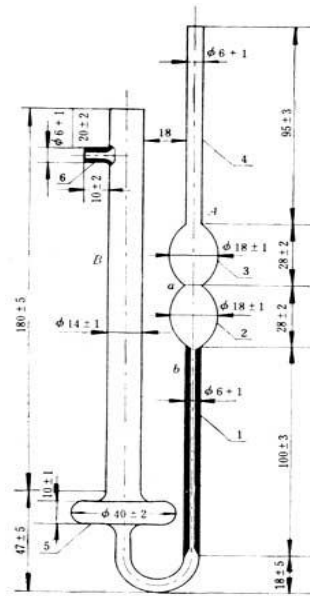
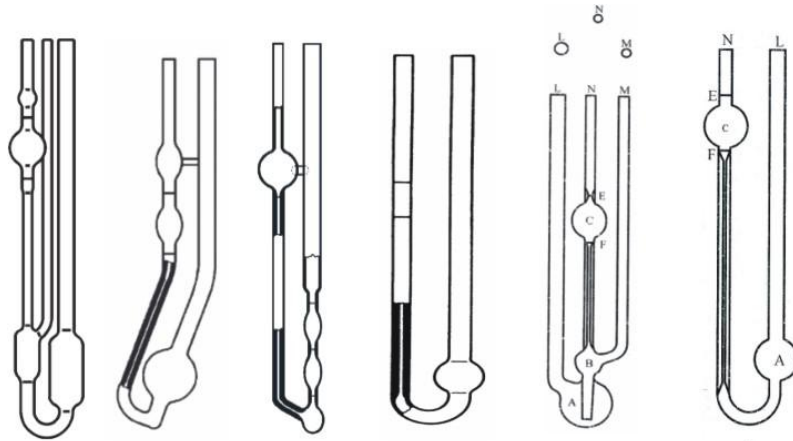
柴油的黏度要适中!

从润滑上来讲, 黏度越大润滑性就越好, 柴油有润滑精密偶件(柱塞偶件、针阀偶件和喷油阀偶件)的任务, 因此需要柴油的黏度达到一定的数值—— $20\text{ }^\circ\text{C}$ 的运动黏度为 $5\text{mm}^2/\text{s}$ 。

黏度的测定

仪器: 毛细管粘度计、恒温器、温度计和秒表。

方法: 将胶管套在支管 7 上, 用手堵住管身 6 的管口, 倒置粘度计, 将管身 1 插入试样, 用橡胶球吸油至标线 5, 提起粘度计, 恢复到正常状态, 并将管身 1 外围的多余试样擦去, 从支管 7 上取下橡胶管套在管身 1 上后, 把粘度计浸在规定温度的恒温浴内一定时间, 用粘度计管身 1 处所套的橡胶管把试油吸入扩张部分 2, 并使油面稍高于标线 3, 松开橡胶管, 观察试样在管身的流动情况, 油面正好达到标线 3 时, 开始计时, 油面正好达到标线 5 时, 停止计时。



试样从标线 a 到标线 b 的流动时间乘以粘度计常数即得试油规定温度下的运动粘度。公式为：

$$v=C \times \tau$$

v: t°C时的运动粘度 (mm²/s) ;t 是规定温度

C: 粘度计常数 (mm²/s²)

τ: 试油从标线 a 到标线 b 的流动时间

毛细管粘度计一组有 13 支，每支粘度计都有自己的粘度计常数，13 支粘度计内径依次为：0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、5.0、6.0

4、密度

密度直接和蒸发性联系，密度大说明重质馏分多，蒸发性就差，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。

密度的测定

测定仪器：石油密度测定仪

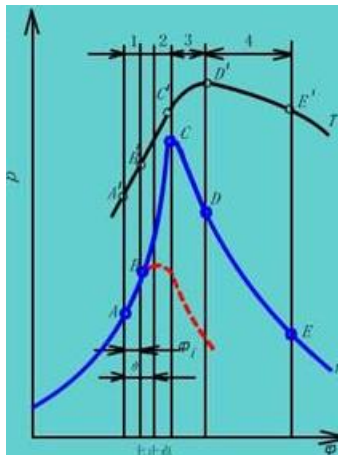
测定方法：将量筒放在试验平台上保持平稳，把调好温度的试样放入量筒内，要沿着量筒壁慢慢流下去，不要产生气泡；将密度计小心放入试样中，待稳定后，按弯月面上缘读数，将密度计在量筒内轻轻移动一下再测定一次，两次测量时量筒温度差不应超过 0.5°C ，否则重做；根据测得的温度和表观粘度，在“石油计量换算表”中即可查到试样在 20°C 的密度。

二、着火性

柴油的燃烧性是指其自燃的能力。轻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、燃烧

燃烧过程一般分为着火延迟期、速燃期、缓燃期和后期 4 个阶段。



(1) 滞燃期（着火延迟期）(A—B)

在压缩终点， $T_c=450-800^{\circ}\text{C}$ ，大于柴油自燃温度的 $330-350^{\circ}\text{C}$ ，但不会立即着火，进行着火前的准备。

物理准备：雾化，加热，蒸发，扩散和混合。

化学准备：裂化，着火前的氧化反应。

(2) 速燃期 (B-C)

从着火到缸内压力最高。

着火后迅速燃烧，活塞在上止点附近，接近于等容燃烧。

边喷油、边混合、边燃烧。

(3) 缓燃期 (C~D)

从缸内压力最高到温度最高。

速燃期内喷入的燃油在此阶段燃烧，放热量较大，达 80%。出现循环最高温度达 $1700\sim 2000^{\circ}\text{C}$ 。

温度虽升高，但活塞已下行，压力近似不变，接近于等压燃烧。

(4) 后燃期 (D—E)

从温度最高到燃料燃烧结束。

放热量达 95%以上。

远离上止点放热，不能有效地利用，将大量的热传给冷却系。使排气温度升高，零件热负荷增加，导致柴油机动力性、经济性下降，故应尽量减少后燃期。

综上所述：为了保证柴油机良好的工作状态，要求柴油的着火延迟期较短，使先期喷入气缸的柴油迅速完成燃烧准备，着火燃烧，再逐步引燃随后进入气缸的燃料，使速燃阶段的气缸压力上升平稳，柴油机工作柔和，并使缓燃阶段的柴油快速燃烧，最好不出现补燃现象。因此柴油机对柴油的燃烧性要求较高。

2、燃烧过程中存在的问题

(1) 混合气形成困难，燃烧不完全。

混合气形成时间短，边喷油、边混合、边燃烧。

(2) 燃烧噪音较大，工作粗暴。

滞燃期长，速燃期内同时燃烧混合气量多，工作粗暴。缩短着火延迟时间，减少滞燃期内的喷油量，抑制此阶段混合气的形成，这又与提高动力性相矛盾。

(3) 排气冒烟

黑烟（碳烟）主要发生在大负荷工况，如加速，爬坡时。黑烟的形成：高温缺氧

蓝烟，白烟在冷起动及怠速，低负荷运转时，气缸内温度低，燃烧不良，不同直径的柴油微粒随废气排出，受光线的反射呈现不同的颜色。

燃烧性差着火延迟期变长，气缸内的柴油的积存就过多，速燃期燃烧的柴油量过多，缸内压力急剧上升，发动机运转不平稳，产生强烈的震击声。即**发动机工作粗暴**！发动机常在此状态下工作曲柄连杆机构会长时间承受过大的冲击力，使其强度收到破坏，还会产生强烈的金属敲击声，加速零件的磨损和损坏，使发动机功率下降，油耗增多，排放变差，发动机寿命缩短。

柴油燃烧性好自燃点就过低，就会造成着火延迟期过短，易使混合气来不及混合均匀就燃烧，导致燃料燃烧不完全，气缸内的爆发压力下降，柴油机的输出功率下降。排放变差，冒黑烟。燃料消耗增大。

结论：柴油的燃烧性要适中！

3、柴油燃烧性的评价指标

(1) 十六烷值 (cetane number; cetane rating)

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。其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。将柴油样品与用十六烷值很大的正十六烷（规定为 100）和十六烷值很小的 1-甲基萘（规定为 0）配成的混合液在标准柴油机中进行比较。自燃性与样品相等的混合液中所含正十六烷的百分数，即为该样品的十六烷值。

例如一种柴油样品的十六烷值与 40%正十六烷和 60%1-甲基萘的混合液相等，该样品的十六烷值即为 40。

柴油的十六烷值低于工作条件要求，会使燃烧延迟和不完全，以致发生爆震，降低发动机功率，增加柴油消耗量。但十六烷值过高，会由于滞燃期太短，燃料未及与空气均匀混合即着火自燃，使燃烧不完全，部分烃类热分解而产生游离碳粒，随废气排出，造成发动机冒黑烟及油耗增大，功率下降，并增加柴油消耗量。

高速柴油机燃料的十六烷值约为 40-56。大多数的柴油机可采用的十六烷值 40-45。加入少量的添加剂（如硝酸戊酯），可提高柴油的十六烷值。

十六烷值只表明某一燃料的燃烧性与标准燃料相同，而不是说它含有那么多的正十六烷。如乙醚的十六烷值为 53，但它并不含正十六烷！

十六烷值的测定

设备：一台压缩比可在 7~23 范围内变化的单缸柴油机，柴油机飞轮轮缘内圈上装有两个氖灯，一高指示喷油器喷油时刻，一个指示混合气着火时刻。飞轮上方有观察窗孔，观察窗孔内装有窥视镜。



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。

(2) 十六烷值指数

表示柴油在发动机中发火性能的一个计算值。该值从柴油的标准密度和 50%馏出温度计算而得。这是一个经验的简单计算方法，计算公式为：

$$\text{十六烷值} = 431.29 - 1586.88\rho_{20} + 730.97(\rho_{20})^2 + 12.392(\rho_{20})^3 + 0.0515(\rho_{20}) - 0.554B + 97.803(\lg B)^2$$

式中， ρ_{20} 为柴油在 20 °C 时的密度 (g/cm³)；B 为柴油的沸点 (°C)

4、柴油各烃类组分的十六烷值

(1) 烷烃

正构烷烃的十六烷值最高，并且，相对分子质量越大，十六烷值越高。碳数相同的异构烷烃的十六烷值比正构烷烃的低。相对分子质量相同的异构烷烃，其十六烷值支链数的增加而降低。然而，单取代基和许多二取代基异构烷烃的十六烷值在 40~70 之间，也具有较好的自燃性。

(2) 烯烃

正构烯烃有相当高的十六烷值，但稍低于相应的正构烷烃。支链的影响与烷烃相似。

(3) 环烷烃

环烷烃的十六烷值低于碳数相同的正构烷烃和正构烯烃，有侧链的环烷烃的十六烷值比无侧链的环烷烃的更低。

(4) 芳香烃

无侧链或短侧链的芳香烃的十六烷值最低，且环数越多，十六烷值越低。带有较长侧链链长的芳香烃的十六烷值相对较高，而且随侧链链长的增长其十六烷值增高。碳数相同的直链烷基芳烃比有支链的烷基芳烃的十六烷值高。

三、低温流动性

低温条件下轻柴油具有一定的流动状态的性能。

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。

低温流动性不好，不能顺利通过油管 and 滤清器，供油量会减少甚至中断，发动机不能正常工作甚至熄火。

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。

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。

轻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

凝点表示柴油遇冷及开始凝固而失去流动性的最高温度。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。

0#柴油表示这种柴油开始凝固而失去流动的最高温度是 0℃。

凝点的高低和柴油的烃类组成有关。饱和烃的凝点大于不饱和烃，正构烷烃的凝点大于异构烷烃，碳链长的正构烷烃凝点大于碳链短的。

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。

浊点不能很确切的反应柴油的低温流动性。

浊点的测定

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℃时，从冷却容器中取出试管与参照对比，无异样再每隔 1℃对比一次，直至有异样。此时的温度就是被测柴油的浊点。

3、冷凝点（使用最广泛的评价柴油低温流动性的指标）

在规定条件下冷却，以 2kp 的真空压力进行抽吸，其不能以 20mL/min 的流量通过一定规格过滤器（363 目/in²）的最高温度。

根据柴油的冷凝点选择柴油更能选到适合的柴油，因为冷凝点与柴油的实际使用温度有良好的对应关系。

测定仪器：冷凝点测定仪

测定方法：将 45mL 试验装入试杯中，在规定的条件下冷却，当冷却到与预期冷凝点高出 5-6℃ 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 1~2℃ 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 时的最高温度即冷凝点。

四、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。

贮存安定性好的柴油在运输、贮存和使用中基本上能保持原来的状态，这样的柴油贮存一定的时间后基本不变色，基本不生成不可溶的胶质和沉渣。安定性差的柴油不适宜长时间的贮存，在运输和使用的过程中颜色会逐渐的变深，实际胶质逐渐增多。容易堆积在细小的流通面积处，导致滤清器堵塞、喷油器孔粘结或堵死、活塞组件表面形成漆膜或积碳。

热安定性差的柴油不适宜在夏天使用，这是因为在夏天汽车运行时，柴油容易变质。原因有：夏天温度很高，运行中柴油振荡易卷起很多气泡增大油与空气的接触。

在夏天使用热安定性差的汽油同样易造成喷油器针阀上生成漆状沉积物，造成针阀粘滞，甚至导致供油中断；在活塞、燃烧室和启蒙处生成积碳，加速柴油机磨损。

影响柴油安定性的因素：

(1) 主要因素：柴油中的化学成分。

化学成分分为烃类和非烃类。烃类组成包括烷烃、环烷烃、烯烃、芳香烃。其中烯烃、二烯烃和环烷芳香烃的贮存安定性差，多环芳香烃的热安定性差。非烃类组成中的硫化物、氮化物严重影响安定性。

(2) 次要因素：外部环境。

外部环境有：贮存容器、空气中的氧气、光线和温度。其中金属是氧化的催化剂，氧气是氧化的直接参与者，光线和温度是氧化的条件。

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 0.5~0.8，每 0.5 一级，颜色由浅到深。

2、氧化安定性

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。

3、10%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。

10%蒸余物残炭反映柴油馏分的轻重和精制的程度。残炭值小，说明柴油馏分轻，精制程度深；反之，则说明柴油馏分重，精制程度浅。使用残炭值大的柴油，燃烧室中易生成积炭，喷油器孔易堵塞。所以国家轻柴油标准和车用柴油标准中都规定 10%蒸余物残炭不大于 0.3%。

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。

五、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、硫醇硫含量和酸度。

1、硫含量

柴油中的硫含量不仅影响柴油发动机的排放污染，而且对发动机的工作还有其他影响。我国轻柴油规格按照硫含量和安定性等质量指标分为优等品（硫含量不大于 0.2%）、一等品（硫含量不大于 0.5%）和合格品（硫含量不大于 1.0%）三个等级。

柴油发动机磨损随柴油中硫含量增加而增加，呈线性关系。柴油中的硫化物不管是活性的，还是非活性的。燃烧后都生成 SO₂ 和 SO₃。这些酸性氧化物在气缸内温度不高时，与水蒸气作用生成 H₂SO₃ 和 H₂SO₄。不仅强烈腐蚀发动机零件，而且还会使发动机油的某些成分变成磺酸或胶质等，加速发动机老化。胶性氧化物还会对气缸壁上的发动机油和尚未燃烧的柴油起反应，加速烃类聚合反应，使燃烧室、活塞顶和排气门的沉积物增多。

2、硫醇硫含量

柴油中的硫醇硫用其在柴油中所占的质量百分数表示。

硫醇硫是燃料中有腐蚀的活性物质之一，在燃料中溶解空气的影响下，它能与其他组分共同氧化，降低燃料的稳定性。造成发动机燃料系统零件的腐蚀磨损。

3、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 (11988) 《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 — 滴定柴油乙醇混合液时所消耗的氢氧化钾乙醇溶液的容积， ml；

V₁— 被测柴油的容积， ml；

N— 氢氧化钾乙醇溶液的当量浓度；

T— 氢氧化钾乙醇溶液的滴定度。

六、其他指标

1、水分

在轻柴油规格中要求水分不大于痕迹，痕迹表示水分为 0.03%。

柴油水分测定可以目测，如果需要精确测定按照 GB/T260-1977(1988)《石油产品水分测定法》的规定进行。

2、灰分

溶于柴油中无机盐类和有机盐类以及不能燃烧的机械杂质经过灼烧后所剩余的不燃物质，叫做灰分。

灰分间接表示上述物质的含量，这些物质能侵蚀金属，在磨擦副中起磨粒作用，是造成气缸壁与活塞环以及喷油泵柱塞副偶件磨损的重要原因之一。

柴油的灰分测定按照 GB/T508-1985(1991)《石油产品灰分测定法》的规定进行。

| | | |
|--------------|--|---|
| 教案编号 | 05 | |
| 授课题目 | 第五章 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 () | |
| 教学目的 | <p>1、了解喷气燃料、煤油的分类、牌号和用途。</p> <p>2、理解喷气燃料的技术要求及其评定意义，了解影响喷气燃料使用性能的主要因素。</p> <p>3、掌握喷气燃料主要技术指标的分析检验方法、原理；掌握喷气燃料分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 教学重点 | <p>1、喷气燃料的牌号和用途。</p> <p>2、喷气燃料主要技术指标的分析检验方法、原理。</p> <p>3、喷气燃料常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 教学难点 | <p>1、喷气燃料的牌号和用途。</p> <p>2、喷气燃料主要技术指标的分析检验方法、原理。</p> <p>3、喷气燃料常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 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 | 每周 2 节课，第一节 1 课时，第二节 3 课时 | |
| 思 考 题 | | |
| 作 业 | | |
| 教学后记 | | |

第五章 喷气燃料分析

第一节 喷气燃料规格

一、喷气燃料种类、牌号

喷气燃料 jet fuel 即喷气发动机燃料，又称航空涡轮燃料，是一种轻质石油产品。主要由原油蒸馏的煤油馏分经精制加工，有时还加入添加剂制得，也可由原油蒸馏的重质馏分油经加氢裂化生产。

分宽馏分型（沸点 60~280℃）和煤油型（沸点 150~315℃）两大类，广泛用于各种喷气式飞机。煤油型喷气燃料也称航空煤油。

喷气燃料产量，在第二次世界大战后，随喷气式飞机的发展而急剧增长，目前已远超过航空汽油。中国于 1961~1962 年用国产原油试制成功航空煤油并投入生产。

我国喷气燃料分为多个牌号。其中，1 号适用于寒冷地区；2 号、3 号适用于一般地区；3 号广泛用于国际通航，供出口和过境飞机加油，前 3 个牌号均可用于军用飞机和民航飞机；4 号馏分较宽（60~280℃），轻馏分较多，有利于启动点火，但不适于炎热地区，一般只用于军用飞机；高闪点喷气燃料（馏程为 150~280℃，结晶点不高于 -46℃，闪点不低于 60℃，含芳烃体积分数不高于 25%），专供海上舰载飞机使用。

二、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 3M 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。

1、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）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。

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。

空气喷气式发动机

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

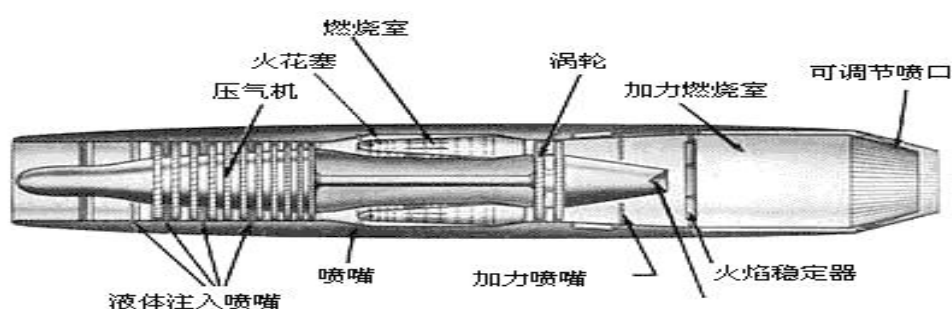
没有压缩机构，空气以高速进入气道，在进气道内速度头逐步转变为压力。

(2) 火箭发动机

在大气层外飞行，需自带氧化剂。

2、涡轮喷气发动机的主要构件及其作用

(1) 喷气发动机结构



(2) 各部件作用

- ①压缩机：压缩空气，提高空气压力以提高热能利用程度。
- ②燃烧室：空气与燃料混合在此燃烧，产生高温、高压气体，膨胀将热能转变为动能。
- ③涡轮：将燃烧的部分热能转换为机械能，带动压缩机和其它附件工作。
- ④加力燃烧室：燃气出涡轮后喷入燃料，利用多余空气再次燃烧，加热燃气，提高流速，增大推力。
- ⑤喷管：使高压、高温气体膨胀和加速。
- ⑥附件传动装置。

3、喷气发动机工作原理及对燃料的使用要求

(1) 喷气发动机工作原理（注意与活塞式发动机的区别）

①进气

在喷气发动机中，空气经进气道进入离心式压缩机，一般是迎面进入。

②压缩

空气被压缩， $T \approx 0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$ ， $P \approx 150 \sim 200^\circ\text{C}$ ，30%左右的空气以 $40 \sim 60 \text{ m/s}$ 的速度进入燃烧室。

③燃烧

压缩空气进入燃烧室与喷嘴喷出的燃料混合成可燃混合气并在燃烧室内连续不断地燃烧。

④作功

燃烧后高温气体与 70%左右的冷空气混合后温度降低，进入涡轮。

推动涡轮高速旋转带动空气压缩机工作。然后进入尾喷管以高速喷出，产生反作用力推动飞机前进。

(2) 喷气燃料在飞机发动机内使用特点

- ①在发动机内燃烧产生热能做功；
- ②在换热器中用作润滑油的冷却剂；
- ③在供油部件中用作润滑介质。

(3) 喷气发动机和飞机对喷气燃料的基本要求

- ①良好的燃烧性能。热值、稳定性、起动性、生炭性。
- ②良好的洁净性。控制机械杂质、水、表面活性剂。
- ③良好的低温性。不析出烃结晶和冰晶体。
- ④良好的安定性。贮运和使用时不变质、不产生沉淀。
- ⑤无腐蚀性。燃油系统不发生液相腐蚀，燃气系统不生成气相腐蚀。
- ⑥适当的润滑性能。满足燃料泵的润滑。
- ⑦适当的蒸发性能。保证燃烧稳定，在高空中不产生气阻，蒸发损失小。
- ⑧较高的热值和密度。
- ⑨较小的起电性。

三、喷气燃料规格

我国喷气燃料规格标准如下：GB 438—77（88）《1号喷气燃料》；GB 1788—79（88）《2号喷气燃料》；GB 6537—94《3号喷气燃料》；SH 0348—92《4号喷气燃料》；国家军用标准 GJB 506—88《高闪点喷气燃料》。

目前，我国生产的喷气燃料中，3号喷气燃料占95%以上，并将逐步取代闪点较低的1、2号喷气燃料。

1、2、3号喷气燃料的技术要求和试验方法见书中表5-1。

第二节 喷气燃料技术要求的分析检验

一、燃烧性能 (burning performance)

1、热值(calorific value)

热值分为质量热值和体积热值，表示能量特性。

- (1) 质量热值：指 1kg 燃料完全燃烧时所放出的热量，以 kJ/kg 表示。

质量热值随燃料元素组成中 H 含量的 \nearrow 而 \nearrow 。

质量热值 \nearrow ，发动机的推动力 \nearrow ，耗油率 \searrow 。

热值分为质量热值和体积热值，表示能量特性。

(2) 体积热值：

指 1m^3 燃料完全燃烧时所放出的热量，以 kJ/m^3 表示。

体积热值随密度 \nearrow 而 \nearrow 。

因油箱体积有限，要求燃料有尽可能高的体积热值。

(3) 热值与燃料组成

①质量热值：烷烃 $>$ 环烷烃 $>$ 芳香烃。

②体积热值：芳香烃 $>$ 环烷烃 $>$ 烷烃。

(4) 质量热值与体积热值的关系

质量热值与密度及体积热值之间是相互矛盾的。为兼顾两者，应含较多的环烷烃，同时限制芳香烃含量。

2、启动性、稳定性、燃烧完全度

(1) 启动性：低温迅速启动，熄火迅速再点燃。

影响因素：自燃点，蒸发性等。

(2) 稳定性：在高空中不稳定的原因主要是气压和温度较低。

影响因素：

①挥发性：太大要发生气阻，太小要熄火。

②化学组成：烷烃，环烷烃燃烧极限宽，有利于稳定燃烧。

(3) 燃烧完全度(completeness of combustion)

燃烧完全度的定义

燃料燃烧的好坏以燃烧效率或燃烧完全度表示。

以 θ_s 表示单位质量燃料燃烧时实际放出的热量 (kJ)， θ_j 表示燃料的低热值，则

$$\text{燃烧完全度 } \varphi = \frac{\theta_s}{\theta_j} \times 100\%$$

燃烧完全度影响燃料的单位消耗量，也影响飞行航程。

影响燃烧完全度的因素

①粘度

粘度过大，不易流动，供油量小；喷射射程远，液滴大，雾化不良，燃烧不均匀、不完全，功

率降低。燃烧不完全的气体进入燃气涡轮后，继续燃烧，容易使涡轮叶片过热或烧坏。

粘度过小：喷射射程近，火焰燃烧区域宽而短，易引起局部过热。同时粘度过小使燃料泵磨损加大。

②蒸发性

蒸发性好的燃料能很快地与空气形成可燃混合气，燃烧完全度高。馏分过重，不易蒸发，喷入燃烧室后不能立即燃烧。积累过多燃料后，突然燃烧造成发动机受震动，积炭增多。但蒸发性太高也会产生不利影响：空中燃料系统产生气阻现象；导致燃料在高空中大量蒸发损失；输送时将混有部分蒸汽，需要用较大的泵。

③化学组成

烃类的燃烧完全度随化学组成按下列次序逐渐增大：

双环芳烃<单环芳烃<带侧链芳烃<双环环烷烃<单环环烷烃<异构烷烃<正构烷烃。

3、喷气燃料生成积炭(carbon deposit)的倾向

(1) 积炭的危害

- ①燃烧室火焰筒壁上形成积炭：恶化热传导、局部过热，筒壁变形甚至破裂。
- ②喷油嘴上生成积炭：燃料雾化变坏、火舌发生位移，燃烧状况恶化并加速火焰筒壁生成积炭。
- ③点火器电极形成积炭：出现积炭连桥，造成燃烧室点不着火。
- ④积炭脱落后后：进入燃气涡轮，造成堵塞、打坏叶片事故。

(2) 影响积炭生成的因素

影响积炭生成的主要因素是蒸发性和烃类结构。

①蒸发性

燃料的蒸发性差，在燃烧过程中处于液态的时间较长，其高温下裂化的倾向便增大，因而容易生成积炭。

②化学组成

不同烃类在喷气发动机燃烧室中生成积炭的倾向按下列顺序递减：

双环芳香烃>单环芳香烃>带侧链芳香烃>环烷烃>烯烃>烷烃。

(3) 积炭生成倾向的表示方法

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。

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。

二、喷气燃料的低温性能(low temperature performance)

指在低温下，燃料在发动机燃料系统中能顺利地泵送和通过滤网，保证发动机正常供油的性能。

1、评定喷气燃料低温流动性的指标

喷气燃料的低温性能用结晶点或冰点表示。

2、影响喷气燃料低温流动性的因素

(1) 燃料的化学组成

喷气燃料的结晶点与其烃类组成和馏分组成有关。

①碳原子数量相同：正构烷烃和芳香烃的结晶点>环烷烃和烯烃的结晶点。

②同一族烃：结晶点随分子量的↗、沸点的↗而↗。

因此若喷气燃料中含有较多的大分子正构烷烃与芳香烃时，燃料的低温性能就变差。

(2) 燃料的溶水性

水分也是影响喷气燃料低温性能的重要因素。

①水分的来源

管理不善而落入雨雪；从空气中吸收水分。

②水分的危害

水分通常以游离状态、悬浮状态或溶解状态存在。

随着温度↘，燃料对水的溶解度下降，溶解水会成为微小水粒。

进一步变成冰晶，堵塞过滤器，导致供油不畅。

③不同烃类溶水性的差别

水在烃中的溶解度大小顺序：芳香烃>不饱和烃>环烷烃>烷烃。

3、防止燃料产生冰晶的方法

- (1) 加热燃料油或油滤。
- (2) 采用防冰剂。
- (3) 冷冻过滤。

三、喷气燃料的腐蚀性(corrosivity)

喷气燃料的腐蚀作用表现气相和液相两个方面，引起腐蚀的原因各不相同。

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 SO_2 、 SO_3 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

H_2S 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、 H_2S 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；酸度和水溶性酸碱。

银片腐蚀：硫化物腐蚀高压油泵，观察变黑的程度。

四、喷气燃料的安定性(stability)

1、储存安定性(stability in storage)

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。

(1) 不安定组分

烯烃、带不饱和侧链的芳烃以及含 S、N、O 的非烃。

(2) 影响因素

添加剂、金属、温度、氧含量、水分。

(3) 评定指标

与汽油和柴油相同，也是实际胶质和酸度等。

2、热安定性(thermal stability)

指燃料在发动机燃油系统中受到温度和油品中溶解氧的作用时抗沉渣生成的能力。

飞机在飞行的过程中，飞机体表面与空气强烈的摩擦，动能转化为热能，飞机的表面温度 \nearrow 。

油箱中燃料温度也随之 \nearrow ，若热安定性差时，会发生分解、氧化、生成胶质及沉渣。

危害：堵塞滤清器、喷油嘴、雾化不良、燃烧不完全。

3、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。

五、喷气燃料的洁净度(cleanliness)

1、各种污染物

(1) 水分

①恶化燃料的低温流动性；

②破坏燃料的润滑性；

③增加燃料腐蚀性；

④生成片状、头皮状悬浮物和絮状物；

⑤滋长微生物。

(2) 表面活性剂

①增强油水乳化，使游离水难以分离；

②降低过滤网上油膜的表面张力，使固体微粒和水分聚集在过滤器上；

③可能使燃料的氧化安定性变差，颜色变深；

④生成绿色或黑色的粘液，影响正常供油。

(3) 固体物质

在储运、使用过程中，可能混入固体杂质，如尘土、砂砾、纤维；腐蚀产物。

危害：损坏精密部件、堵塞油路。

(4) 细菌

加速金属腐蚀，大量繁殖堵塞过滤器。

2、洁净度检查方法

(1) 目测法

检查燃料中是否含有机械杂质和水分。要求清澈透明，无游离水及悬浮物。

(2) 水反应试验

检查燃料的表面活性物质及其对油水界面的影响。

六、喷气燃料的润滑性(lubricity)

1、润滑性对供油系统的影响

(1) 润滑燃油泵和喷油嘴

在喷气发动机中，高压燃料油泵及喷油嘴的润滑是依靠燃料自身的润滑性能来进行的。

若润滑性能不好，油泵的磨损增大，不仅降低油泵的使用寿命而且影响油泵的正常工作，引起发动机运转失常。

(2) 带走热量

喷气燃料可作为冷却剂带走摩擦产生的热量。

2、喷气燃料化学组成对润滑性的影响

喷气燃料的润滑性能是由其化学组成决定的。烃类润滑性能依下列次序降低：

非烃化合物 > 多环芳烃 > 单环芳烃 > 环烷烃 > 烷烃。

非烃化合物具有较强的极性，易被金属吸附在表面，形成牢固的油膜，有效地降低金属间的摩擦。

七、喷气燃料的抗静电性(static resistance)

1、产生静电的原因

泵送燃料时，燃料与管壁、阀门、过滤器高速摩擦，油面积累大量静电荷。

2、危害

产生电火花遇可燃混合气，引起爆炸失火。

3、影响静电荷积累的因素

电导率。

电导率小，相同条件下，静电荷消失慢积累快；反之，电导率大，静电荷消失快不易积累。

4、预防措施

防止静电着火的最有效方法是加入抗静电添加剂。

八、喷气燃料的牌号及使用

1、我国喷气燃料的分类

- (1) 按生产方法分类：直馏和二次加工喷气燃料。
- (2) 按馏分的特性分类：宽馏分型、煤油型、重煤油型。

我国喷气燃料品种牌号和用途列于下表。

| 牌 号 | 代 号 | 类 型 | 主要用途 |
|---------|------|------|------------|
| 1 号喷气燃料 | RP-1 | 煤油型 | 民航机、军用机通用 |
| 2 号喷气燃料 | RP-2 | 煤油型 | 民航机、军用机通用 |
| 3 号喷气燃料 | RP-3 | 煤油型 | 民航机、军用机通用 |
| 4 号喷气燃料 | RP-4 | 宽馏分型 | 备用燃料，平时不生产 |
| 5 号喷气燃料 | RP-5 | 重煤油型 | 舰载飞机用 |
| 6 号喷气燃料 | RP-6 | 重煤油型 | 军用喷气燃料 |

2、我国喷气燃料的规格(3 号喷气燃料部分技术要求，相见课本)

3、喷气燃料的正确选用

- (1) 根据和地区冬季地面温度合理选用

由结晶点或冰点确定使用地区。

- (2) 高速喷气飞机使用的喷气燃料，必须使用热安定性好的燃料，防止氧化产生沉淀。
- (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，不允许用其它燃料代替。

| | | |
|--------------|--|---|
| 教案编号 | 06 | |
| 授课题目 | 第六章 润滑油、润滑脂分析 | |
| 授课学时 | 4 课时 | |
| 课 型 | 理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 () | |
| 教学目的 | <p>1、了解润滑油、润滑脂产品的规格、基本组成、分类、贮存及使用等知识。</p> <p>2、理解润滑油和润滑脂的技术指标及重要指标的测定意义。</p> <p>3、掌握润滑油、润滑脂的主要技术指标的分析检验方法、原理。</p> <p>4、掌握润滑油、润滑脂分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 教学重点 | <p>1、润滑油、润滑脂产品的基本组成，分类和用途。</p> <p>2、润滑油和润滑脂的技术指标及重要指标的测定意义。</p> <p>3、润滑油、润滑脂的主要技术指标的分析检验方法、原理。</p> <p>4、润滑油、润滑脂分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 教学难点 | <p>1、润滑油、润滑脂产品的基本组成，分类和用途。</p> <p>2、润滑油和润滑脂的技术指标及重要指标的测定意义。</p> <p>3、润滑油、润滑脂的主要技术指标的分析检验方法、原理。</p> <p>4、润滑油、润滑脂分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 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 | 每周 2 节课，第一节 2 课时，第二节 2 课时 | |
| 思 考 题 | | |
| 作 业 | | |
| 教学后记 | | |

第六章 润滑油、润滑脂分析

第一节 润滑油分析

一、润滑油分类

润滑油即为液体润滑剂，其种类繁多，GB/T7631.1—1987《润滑剂和有关产品（L类）的分类 第一部分：总分组》根据应用场合将润滑剂和相应产品分为19组（详见第一章），其中，常见的三大类润滑油是：内燃机润滑油（E类）、齿轮用油（C类）和液压系统用油（H类）。由于内燃机是当代主要的动力机械，所以内燃机油消耗最大，每年消耗占成品润滑油的40%以上。

二、内燃机油规格

（一）内燃机油的作用

1、内燃机的工作特点

- （1）温度高，温差大。
- （2）运动速度快。
- （3）载荷重。
- （4）已受到环境因素的影响。

2、内燃机油的作用

- （1）润滑作用。
- （2）冷却作用。
- （3）洗涤作用。
- （4）密封作用。
- （5）保护作用。
- （6）减震作用。

（二）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的。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。

（三）内燃机油的分类

1、内燃机油质量分类（GB/T7631.3-1995）

- （1）汽油机油(加油站供售用油，Service station oil)

分为SC、SD、SE、SF、SG、SH、SJ、SL等。

S: 代表汽油机油; C、D、... L, 质量等级。

(2) 柴油机油(商业用油: Commercial oil)

分为 CC、CD、CD-II、CE、CF-4、CG、CH 等。

C: 柴油机油; C、D、E、F、G、H: 质量等级。II 表示二冲程柴油机; 4 表示四冲程柴油机。

2、内燃机油粘度分类 (GB/T14906-94)

(1) 粘度等级 (SAE)

单级油:

分六个低温(W)粘度级(号): 0W、5W、10W、15W、20W、25W。

五个 100°C 粘度级(号): 20、30、40、50、60。

多级油:

两粘度级号之差至少等于 15 (如: 10W/30、20W/40、不可为 10W/20、20W/20)。

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。

(2) 单级油与多级油的选择

单级油只符合 SAE 发动机油粘度分类中的某单一级别, 对适用的环境温度有严格要求, 如 SAE40 适用的最低气温为 0°C; 多级油则能同时满足多个粘度级别, 如 SAE15W/40, 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, 因此多级油可四季通用。

由于多级油既具有良好的低温流动及泵送性能, 又具有高温润滑能力, 因而选用多级油是最佳之选, 如北方地区选用 SAE5W/30, 中原地区选用 SAE15W/40, 南方地区选用 20W/50; 但多级油的价格要比单级油贵很多, 从经济性考虑, 在某些季节也可以选用单级油, 如在北方地区春秋使用 SAE30, 夏季使用 SAE40; 在中部地区除冬季外都使用 SAE40; 在南方冬季使用 SAE30, 春秋使用 SAE40, 夏季使用 SAE50。对于行驶区域遍及南北的汽车则必须使用多级油, 如 SAE 15W/40。

(四) 内燃机油规格

我国的汽油机油标准是 GB/T 11121—1995《汽油机油》。该标准规定以精制矿物油、合成油或混合精制矿物油与合成油为基础油, 加入多种添加剂制成的汽油机油和汽油机/柴油机通用油的技术条件, 其产品适用于四冲程发动机, 共包括 SC、SD、SE 和 SF 等四个品种的汽油机油, SD/CC、SE/CC 和 SF/CD 三个品种的汽油机/柴油机通用油, 每个品种按 GB/T 14906 划分黏度等级。

我国柴油机油标准是 GB/T11122—1997《柴油机油》。该标准规定以精制矿物油、合成油或混合精制矿物油与合成油为基础油, 加入多种添加剂制成的 CC 和 CD 柴油机油的技术条件, 所属产品适用于四冲程柴油发动机。

内燃机油的命名，包括品种代号和黏度等级。例如，SC10W/30、SD/CC30、CC15W/20、CD40等。

三、内燃机油技术要求的分析检验

（一）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。

评定内燃机油黏度的指标有运动黏度、低温动力黏度；评定黏温性的指标是黏度指数。

（1）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。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 106mm²/s 左右为宜。

内燃机油的黏度与化学组成、结构密切相关。当碳原子数相同时，运动黏度随异构程度的增大及环数的增加而增大。

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±25%时，必须更换新油。

②分析检验方法

运动黏度的测定按 GB/T 265—1988《石油产品运动黏度测定法和动力黏度计算法》进行。

（2）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℃的低温表现黏度（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现黏度）与内燃机油的启动性有关。

②分析检验方法

按 GB/T 6538—2000《发动机油表现黏度测定法（冷启动模拟机法）》进行。

(3) 黏度指数

①测定意义

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，见表 6-7。

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。

当试样的黏度指数 $VI < 100$ ，且运动黏度为 $2 \text{ mm}^2/\text{s} < v_{100} < 70 \text{ mm}^2/\text{s}$ 时，可直接查表 6-7 求得 v_L 和 v_D ，若数据落在表中的两个数据之间时，可采用内插法求得 *L* 和 *D* 值，再代入 (6-1) 式计算黏度指数。

$$VI = \frac{v_L - v_{40}}{v_L - v_H} \times 100 = \frac{v_L - v_{40}}{v_D} \times 100 \quad (6-1)$$

若试样的黏度指数 $VI < 100$ ，且运动黏度 $v_{100} > 70 \text{ mm}^2/\text{s}$ ，则需用 (6-2)、(6-3) 式计算 v_L 和 v_D ，带入 (6-1) 式计算黏度指数。

$$v_L = 0.8353s/\text{mm}^2 v_{100}^2 + 14.67v_{100} - 216\text{mm}^2/\text{s} \quad (6-2)$$

$$v_D = 0.6669s/\text{mm}^2 v_{100}^2 + 282v_{100} - 119\text{mm}^2/\text{s} \quad (6-3)$$

当试样黏度指数 $VI \geq 100$ 时，且运动黏度为 $2 \text{ mm}^2/\text{s} < v_{100} < 70 \text{ mm}^2/\text{s}$ 时，可先由教材表 6-7 直接查取或采用内插法求得 v_H 值，再由 (6-4)、(6-5) 式直接进行计算黏度指数。

$$VI = \frac{10^N - 1}{0.00715} + 100 \quad (6-4)$$

$$N = \frac{\lg v_H - \lg v_{40}}{\lg v_{100}} \quad (6-5)$$

若试样黏度指数 $VI \geq 100$ ，且运动黏度 $v_{100} > 70 \text{ mm}^2/\text{s}$ 时，需按 (6-6) 式计算 v_H 值，再代入 (6-4)、(6-5) 式计算粘度指数。

$$v_H = 0.1684 \text{ s/mm}^2 v_{100}^2 + 11.85 v_{100} - 97 \text{ mm}^2/\text{s} \quad (6-6)$$

(二) 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、评定指标的分析检验

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 $^{\circ}\text{C}$ 。

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 $8 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

②分析检验方法

内燃机油倾点的测定按 GB/T 3535—1983 (1991)《石油倾点测定法》进行。

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°C 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°C 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 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 。

(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《发动机油边界泵送温度测定法》进行。

（三）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。

2、评定指标的分析检验

内燃机油的抗氧化安定性可用残炭值来评价。

（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，故残炭值也反映在用内燃机油生成漆膜和积炭的数量。

（2）分析检验方法

内燃机油采用康氏法残炭值，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。

（四）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、硫含量。

（1）酸值

滴定 1g 试样到终点，所需要的氢氧化钾质量，称为酸值（或称总酸值、中和值），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/T7304—2000《石油产品和润滑剂酸值测定法（电位滴定法）》进行。

（2）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《深色石油产品硫含量测定法（管式炉法）》进行。

（五）其他指标

1、清洁性

内燃机油的清洁性指标有水分、硫酸盐灰分和沉淀物。

（1）水分

水分会加剧腐蚀和氧化，并可能造成油品乳化，在冬季还能冻结成冰粒，堵塞输油管和滤网，影响可靠润滑，增加机件的磨损。成品内燃机油水分限制为痕迹；在用油品中的水分大于 0.2%，必须更换新油。水分测定采用蒸馏法。

（2）硫酸盐灰分

内燃机油中过多的灰分，易形成不易脱落的硬质积炭，使摩擦加剧；某些添加剂（如防锈剂、缓蚀剂）的加入也可使灰分增高。因此根据灰分的大小，也可判断添加剂的相对含量。

硫酸盐灰分的测定按 GB/T 2433—2001《添加剂和含添加剂润滑油硫酸盐灰分测定法》进行。测定硫酸盐灰分的下限为 0.005%，但不适用于测定硫酸盐灰分小于 0.02%的含有无灰添加剂或使用过的内燃机油。

（3）沉淀物

沉淀物测定可按 GB/T511—1988《石油产品和添加剂机械杂质测定法（称量法）》进行。若有争议，需按 GB/T6531—1986（1991）《原油和燃料油中沉淀物测定法（抽提法）》进行。

2、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。要求单级柴油机油闪点低于 180℃、多级柴油机油闪点低于 160℃时，必须更换新油。

内燃机油闪点的测定按 GB/T 3536—1983 (1991)《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。

3、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。

4、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。

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℃ 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 润滑脂分析

一、润滑脂组成、规格

1、润滑脂的组成

润滑脂由基础油、稠化剂、添加剂三部分组成，是在润滑液体（基础油）里添加了一些能起稠化作用的物质，把液体稠化而成半固体产品。润滑脂实际上是稠化的润滑油，在常温下是半固体膏状。

基础油由矿物油（石油减压馏分油）或合成油等组成。基础油类型决定了润滑脂的一些典型特性。一般要求基础油具有一定的精制深度、适宜的黏度和黏度指数、较低的凝点、良好的热安定性和抗氧化安定性、良好的润滑性、不易燃，不腐蚀机件。

稠化剂是一些有稠化作用的固体物质，它能把基础油吸附在骨架内使其失去流动能力而成为膏状（半固体）物质。稠化剂是润滑脂中重要的特征组分，稠化剂类型不同，润滑脂的基本性能也有所不同。以高级脂肪酸金属皂（盐）为稠化剂的一类润滑脂被称为皂基润滑脂；其余为非皂基润滑脂。

稳定剂的作用是使稠化剂和基础油能够稳定地结合而不易产生分油。

添加剂既改善润滑脂固有的性能，也能增加其原来不具有的性能。

2、润滑脂分类

(1) 按稠化剂类型分类

润滑脂的性能特点主要决定于稠化剂的类型，用稠化剂命名可以体现润滑脂的主要特性。

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

(2) 按使用性能和应用范围分类如下：

| 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 | | |

(3) 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 |

3、润滑脂规格

(1) 钙基润滑脂

钙基润滑脂俗称“黄油”，是以由动植物油与氢氧化钙反应生成的钙皂为稠化剂，稠化中等黏度润滑油而制成。

(2) 钠基润滑脂

钠基润滑脂是以中等黏度润滑油或合成润滑油与天然脂肪酸钠皂稠化而成的。

(3) 锂基润滑脂

以天然脂肪酸锂皂稠化中等黏度润滑油或合成润滑油，并添加抗氧化剂、防锈剂和极压剂而制成。锂基脂研制成功于二战期间，用于飞机的润滑，其质地光滑、状似黄油。通用锂基润滑脂具有良好的抗水性、耐温性、机械安定性、防腐性和氧化安定性。适用于工作温度 $-20\sim 120^{\circ}\text{C}$ 范围内各种机械设备的轴承及其他摩擦部位的润滑。

(4) 复合铝基润滑脂

由硬脂酸、另一种有机酸或合成脂肪酸及低分子有机酸的复合铝皂稠化中等黏度的润滑油而制成。具有热可逆性，使用时稠化度变化较小，加热不硬化，流动性能好，还具有良好的抗水性和胶体安定性。因此适用于 $-20\sim 160^{\circ}\text{C}$ 温度范围的各种机械设备及集中润滑系统。

二、润滑脂质量技术指标分析检验

(一) 物理性能

1、滴点

润滑脂在规定条件下加热达到一定流动性的最低温度。

(1) 测定意义

滴点是评价润滑脂耐温性的指标。可据此估计润滑脂最高使用温度。滴点高低与稠化剂种类和数量有关。

(2) 测定方法

GB/T4929—1985（1991）《润滑脂滴点测定法》，可测 250°C 以下的滴点，适合大多数润滑脂；GB/T3498—1983（1991）《润滑脂宽温度范围滴点测定法》，可测 330°C 以下各种类型润滑脂的滴点。

2、锥入度

锥入度是在规定负荷、时间和温度条件下，试验锥体刺入润滑脂试料的深度，以 0.1mm 为单位表示。

(1) 分类：

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。

(2) 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) 测定方法:

GB/T269-1991《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。

(二) 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(2004)《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。

(2) 氧化安定性

按SH/T0325—1992(2004)《润滑脂氧化安定性测定法》进行。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。

(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。

(三) 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) 润滑脂的防护性能

SH/T0331—1992《润滑脂腐蚀试验法》用于测定润滑脂对金属的腐蚀性。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 润滑油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。水流失量越大，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。

(四) 其他性能

1、蒸发量

(1) 测定意义

蒸发量表示润滑脂在贮存和使用过程中，由于基础油的蒸发导致润滑脂变干，进而引起许多性能变化的程度。蒸发量过多，润滑脂变干，稠度增加，严重者使润滑脂胶体破坏，丧失润滑功能。润滑脂中基础油蒸发后冷凝的油雾还可能引起设备故障和影响正常观察。影响蒸发量的内部因素是基础油的馏分组成和黏度，外部因素是温度和压力。

(2) 测定方法

常采用如下三种方法。GB/T7325—1987《润滑脂和润滑油蒸发损失测定法》。测定时，将放在蒸发器中的试样，置于规定温度的恒温浴中，使热空气通过试样表面 22h，根据试样失重计算蒸发损失。蒸发损失测定可在 99~150℃的任意温度下进行。SH/T0337—1992（2004）《润滑脂蒸发度测定法》。SH/T0661—1998《润滑脂宽温度范围蒸发损失测定法》。

2、游离碱和游离有机酸

(1) 测定意义

烃基润滑脂中的有机酸，源自皂的分解产物和润滑油的氧化产物，故从游离酸含量可判断皂的

分解情况，以及润滑脂在使用过程中基础油的氧化程度。游离有机酸高的润滑脂极限强度低，造成滴点和稠度的降低，也会引起金属表面的腐蚀。

(2) 测定方法

SH/T0329—1992(2004)《润滑脂游离碱和游离有机酸测定法》。其原理为酸碱滴定。试验时，取适量(一般样取2~3g，黏稠或难溶脂样取1~1.5g，称准至0.001g)润滑脂于锥形瓶中，加入一定体积的溶剂油(或苯)—乙醇混合液，回流煮沸5min后，加入3~4滴酚酞指示剂，若呈红色，说明润滑脂中含游离碱，则趁热用盐酸标准溶液滴定至红色消失；若为无色，说明润滑脂中含游离酸，则趁热用氢氧化钾标准溶液滴定至红色出现，计算结果。

3、低温性能

(1) 测定意义

润滑脂是半固体状物质，所受的外力超过其强度极限时，就会产生流动，润滑脂流动阻力大小用相似黏度表示，单位Pa·s。润滑脂相似黏度过大或过小，对使用都会带来不良影响。低温转矩是衡量润滑脂低温性能的另一项重要指标，低温转矩大小关系到润滑的轴承低温起动的难易和功率损失。

(2) 测定方法

相似黏度测定方法有：SH/T0048—1991(2004)《润滑脂相似黏度测定法》、SH/T0681—1999《润滑脂表观黏度测定法》。低温转矩测定方法是SH/T0338—1992(2004)《滚珠轴承润滑脂低温转矩测定法》。

4、机械杂质、水分、灰分

润滑脂机械杂质的测定方法有：GB/T513—1977(1988)《润滑脂机械杂质测定法(酸分解法)》(与GB/T511相似)、SH/T0330—1992(2004)《润滑脂机械杂质测定法(抽出法)》、SH/T0336—1992(2004)《润滑脂杂质含量测定法(显微镜法)》。润滑脂水分测定大多数都按照GB/T512—1965(1990)《润滑脂水分测定法》，该法与GB/T260—1977(1988)《石油产品水分测定法》相似。

5、润滑脂其他评价

润滑脂的评价还有许多模拟试验。例如：SH/T0204—1992(2004)《润滑脂抗磨性能测定法(四球机法)》；SH/T0203—1992(2004)《润滑脂极压性能测定法(梯姆肯试验机法)》等。

三、在用润滑脂的检验

通过外观检查润滑脂的颜色、均匀程度、有无颗粒杂质等可以初步判断润滑脂变质的情况，取样测定酸值、针入度、滴点等项目也可以判断脂的劣化变质程度。

| | | |
|----------|---|---|
| 教案编号 | 07 | |
| 授课题目 | 第七章 天然气、液化石油气、溶剂油分析 | |
| 授课学时 | 4 课时 | |
| 课 型 | 理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 () | |
| 教学目的 | <p>1、了解天然气、液化石油气、溶剂油等产品的规格、组成、分类、贮存及使用等知识。</p> <p>2、理解天然气、液化石油气、溶剂油类产品的理化指标及测定意义。</p> <p>3、掌握天然气、液化石油气的组成、挥发性等指标的测定原理及方法。</p> <p>4、掌握溶剂油贝壳松脂丁醇值、芳香烃含量等指标的测定原理及方法。</p> | |
| 教学重点 | <p>1、天然气、液化石油气、溶剂油的规格、组成。</p> <p>2、天然气、液化石油气、溶剂油类产品的理化指标。</p> <p>3、天然气、液化石油气的组成、挥发性等指标的测定原理及方法。</p> <p>4、溶剂油的贝壳松脂丁醇值。</p> | |
| 教学难点 | <p>1、天然气、液化石油气、溶剂油的规格、组成。</p> <p>2、天然气、液化石油气、溶剂油类产品的理化指标。</p> <p>3、天然气、液化石油气的组成、挥发性等指标的测定原理及方法。</p> <p>4、溶剂油的贝壳松脂丁醇值。</p> | |
| 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 | 每周 2 节课，第一节 2 课时，第二节 1 课时，第三节 1 课时 | |
| 思考题 | | |
| 作 业 | | |
| 教学后记 | | |

第七章 天然气、液化石油气和溶剂油分析

第一节 天然气分析

一、天然气的规格

1、天然气种类

天然气主要有以下几种来源：

从气井或气田开采出来的气称纯天然气；

伴随石油一起开采出来的石油气，也称石油伴生气；

含石油轻质馏分的凝析气田气；

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。这两个标准中的技术指标见表 7-1。

二、天然气技术要求的分析检验

(一) 天然气的组成

1、质量要求

压缩天然气不应存在液态烃。

2、组成分析检验

1) 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。

2) 天然气组成分析 (气相色谱法)

测定天然气中氦、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/hromosorb P,7m 分析,进样 0.25mL,待正戊烷出峰后,再反吹出己烷及更重的组分,得到的谱图如书中图 7-1 所示。

(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) 总硫含量的测定 (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 $\leq 60\text{mg/m}^3$ 、 $\leq 200\text{mg/m}^3$ 、 $\leq 350\text{mg/m}^3$ 。

该方法适用于测定天然气中总硫含量,测定范围 $1\text{mg/m}^3\sim 1000\text{mg/m}^3$,对高于此范围的气体可经稀释后测定。

含硫天然气在 $900^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 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 I_3^- 反应,使 I_3^- 浓度下降。微库仑计能够检测电解池中 I_3^- 浓度的减少,并自动(或手动)控制电解电流,补充消耗的 I_3^- 并使之恢复到原来的水平。补充的 I_3^- 物质的量与通入的 SO_2 物质的量相当,微库仑计能自动记录电解 I_3^- 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)”。

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。

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 Fe^{3+} 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。

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 液化石油气分析

一、液化石油气的规格

（一）液化石油气的组成

液化石油气的组成：液化石油气（Liquefied Petroleum Gas，简称 LPG）是以 C_3 、 C_4 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 C_3 、 C_4 等组分；
- ②原油二次加工过程中产生的石油分解产物。

（二）液化石油气规格

石油炼厂生产的液化石油气应符合 GB 11174-2011 的规定，技术指标见表 7-4。

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%。

二、液化石油气技术要求的分析检验

（一）液化石油气组成

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。

2、组成分析检验

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 C₂~C₄ 试样时水浴温度调节到 40~60℃，若含 C₅ 时水浴温度为 60~80℃。

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。

（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。

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(kPa)按下式计算，精确到整数。

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

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

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

(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/T11061 相似。

SH/T232—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 溶剂油分析

一、溶剂油的组成、规格

1、溶剂油的组成

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。

2、溶剂油规格

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。

二、溶剂油技术要求的分析检验

（一）溶解性

1、质量要求

溶剂油应主要考虑其溶解性、挥发性、安全性。

2、评定指标的分析检验

（1）贝壳松脂丁醇值测定

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。

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。

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。

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。

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 V_1 。

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 V_2 。

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 V_3 。则 KB 值为：

$$KB=65 \times (V_3-V_2)/(V_1-V_2) + 40$$

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

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，反之芳烃含量过少，溶解能力差，油漆会出现分层，但过高的芳烃含量，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，因此不允许含芳烃类有毒物质。

测定方法：SH/T 0118-1992《溶剂油芳烃含量测定法》，适用于油漆工业溶剂油和 260 号溶剂油中芳烃含量；SH/T0166-1992（2000）《重整原料油及生成油中 C₆~C₉ 芳烃含量测定法》，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（见第五章第三节）。

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 | 第八章 石油蜡、石油沥青分析 | |
| 授课学时 | 4 课时 | |
| 课 型 | 理论 (<input checked="" type="checkbox"/>); 实验 (); 见习 (); 实训 (); 其它 () | |
| 教学目的 | <p>1、了解石蜡油、石油沥青的分类、牌号、规格标准、用途及使用注意事项。</p> <p>2、理解石蜡油、石油沥青的质量指标及其评定意义。</p> <p>3、掌握石蜡油、石油沥青主要质量指标的分析检验方法、原理。</p> <p>4、掌握石蜡油、石油沥青分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 教学重点 | <p>1、石蜡油、石油沥青的分类和牌号。</p> <p>2、石蜡油、石油沥青主要质量指标的分析检验方法、原理。</p> <p>3、石蜡油、石油沥青分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 教学难点 | <p>1、石蜡油、石油沥青的分类和牌号。</p> <p>2、石蜡油、石油沥青主要质量指标的分析检验方法、原理。</p> <p>3、石蜡油、石油沥青分析常用仪器的性能、使用方法和测定注意事项。</p> | |
| 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 | 每周 2 节课, 第一节 2 课时, 第二节 2 课时 | |
| 思考题 | | |
| 作 业 | | |
| 教学后记 | | |

第八章 石油蜡、石油沥青分析

第一节 石油蜡分析

一、石油蜡的种类、规格

1、石油蜡的种类

石油蜡是由含蜡馏分油或渣油经加工精制而得到的一类石油产品，其种类繁多，用途广泛。目前，我国石油蜡按精制程度及用途划分为 5 大系列多个品种。

(1) 液体石蜡（液蜡）

是由原油蒸馏所得到的煤油或轻柴油馏分经尿素脱蜡或分子筛脱蜡分离而得到的正构烷烃。

主要组成与性质：正构烷烃，通常碳原子数为 9~16，平均相对分子质量为 150~250，熔点低于 27℃。

(2) 石蜡（晶形蜡）

是由原油蒸馏所得的润滑油馏分经精制、脱蜡和脱油而得到固态烃类。

主要组成：主要成分为 C16~C45 的正构烷烃，也有少量异构烷烃、带长侧链的环烷烃和微量的芳香烃，其外观为白色或淡黄色略带透明的片状或针状结晶，无臭无味，不溶于水，微溶于乙醇、丙酮，溶于苯、乙醚、二硫化碳、三氯甲烷、四氯化碳、矿物油、植物油。

主要性质：化学性质稳定，不易与碱、无机酸及卤素起作用。

主要质量指标：熔点和含油量，前者表示耐温能力，后者表示纯度。

(3) 微晶蜡（地蜡） 主要从原油蒸馏所得的残渣润滑油料经溶剂脱蜡、蜡溶剂脱油和精制而制得。

主要组成与性质：主要是异构烷烃，较少的正构烷烃和带长侧链的环烷烃及极少量带长侧链的芳烃，其碳链长度为 C35~C80，多数商品蜡为 C35~C80，平均相对分子质量在 500~800。外观是一种白色或微黄的脆硬无定形结晶蜡状固体。它无臭无味，不溶于水，能溶于苯、乙醚、氯仿等。

(4) 凡士林

通常由微晶蜡掺入精制的润滑油基础油调合而成。

具有拉丝状的性能。我国医药白凡士林约占 48%，医药黄凡士林约占 30%，工业凡士林约占 21%，其它约占 1%。

(5) 特种蜡

以石蜡和微晶蜡为基本原料，通过特殊加工或添加组分调合，可以制出适应特种性能和特定使用部位要求的特种蜡。

2、石油蜡规格

石蜡和微晶蜡是石油蜡的两大主要产品，现以此为例介绍其规格和使用性能。

(1) 石蜡 石蜡按精制深度和熔点的不同，分为全精炼石蜡、半精炼石蜡、粗石蜡、食品级石蜡和皂用蜡五大系列 30 多个品种，其中全精炼石蜡和食品级石蜡又统称为精炼蜡。

每类蜡又按熔点（一般每隔 2℃）分成不同牌号。

全精炼石蜡（GB/T446—2010）又称精白蜡，按含油量分为优级品和一级品，按熔点分为 52 号、54 号、56 号、58 号、60 号、62 号、64 号、66 号、68 号、70 号共十个牌号。

半精炼石蜡（GB/T254—2010）分为 50 号、52 号、54 号、56 号、58 号、60 号和 62 号等共十一个牌号。

粗石蜡（GB/T1202—1987（2004））分为 50 号、52 号、54 号、56 号、58 号和 60 号共六个牌号。

食品用蜡（GB7189—2010）按精制深度分为食品石蜡和食品包装石蜡两级，按熔点分为 52 号、54 号、56 号、58 号、60 号、62 号、64 号和 66 号，食品石蜡、食品包装石蜡各八个牌号，共十六个牌号。

(2) 微晶蜡

微晶蜡根据硬度（针入度）不同，可简单分为硬蜡和软蜡。

微晶蜡按产品颜色分级指标又分为合格品、一级品和优级品（食品级）。

按其滴熔点划分为 70、75、80、85 和 90 号共 5 个牌号。

二、石蜡技术要求分析检验

1、熔点、滴熔点

(1) 石蜡的熔点

石蜡的熔点是指在规定条件下，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。

①测定意义 熔点是石蜡最主要的质量指标，是产品牌号的划分依据，也是用户选用时的主要参数。

②测定方法 石蜡熔点测定按 GB/T 2539—2008《石蜡熔点（冷却曲线）测定法》进行。

(2) 微晶蜡的滴熔点

滴熔点是指规定的条件下，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。

2、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。

3、石油蜡含油量

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。

（1）测定意义

石油蜡含油量是评定生产中油蜡分离程度的指标，其值过高会影响石蜡的色度和储存安定性，降低石蜡的硬度、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。成品蜡中含油量约为 0.6%~2.3%。

（2）测定方法

石油蜡含油量测定按 GB/T 3554—2008《石油蜡含油量测定法》进行。

4、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。

5、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。

第二节 石油沥青分析（略，详见教材）

实验部分

实验一（参照）

石油产品（柴油）水溶性酸及碱测定法

中华人民共和国国家标准 (GB/T 259-88)

1 方法概要

用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，分别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。

2 仪器

分液漏斗：250或500 mL。

试管：直径为15~20 mm，高度为140~150 mm，用无色玻璃制成。

漏斗：普通玻璃漏斗。

量筒：25、50和100 mL。

锥形烧瓶：100和250 mL。

水浴。

酸度计：具有玻璃-氯化银电极(或玻璃-甘汞电极)，精度为 $\text{pH} \leq 0.01$ 。

3 试剂与材料

(1) 试剂

甲基橙：配成0.02%甲基橙水溶液。(0.04g甲基橙+乙醇溶解+水至200ml)

酚酞：配成1%酚酞乙醇溶液。(2g酚酞+乙醇至200ml)

95%乙醇：分析纯。

(2) 材料

滤纸：工业滤纸。

4 准备工作

95%乙醇必须用甲基橙和酚酞指示剂，或酸度计检验呈中性后，方可使用。

5 试验步骤 (密度：水>柴油>乙醇)

(1) 将50 mL 柴油试样和50mL 蒸馏水放入分液漏斗，加热至50~60℃。将分液漏斗中的试验溶液，轻轻地摇动5min，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℃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)

5.3 将上述所得抽提物，用酸度计或指示剂测定水溶性酸或碱。

(1) 用指示剂测定水溶性酸或碱

向两个试管中分别放1~2mL 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。

当抽提物用甲基橙或酚酞为指示剂，没有呈现玫瑰色或红色时，则认为没有水溶性酸或碱。

(2) 用酸度计测定水溶性酸或碱

向烧杯中注入30~50mL 抽提物，电极浸入深度为10~12mm，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有无水溶性酸或碱。

| 石油产品水(或乙醇水溶液)抽提物特性 | p H 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 |

6 精密度

(1) 本精密度规定仅适用于酸度计法。

(2) 同一操作者所提出的两个结果之差，不应大于0.05 pH。

7 报告

取重复测定两个 pH 值的算术平均值作为试验结果。

实验二 (参照) 车用柴油碘值的测定

本标准规定了用碘-乙醇法测定试样的碘值和不饱和烃含量的方法。本标准适用于航空汽油、喷气燃料和其他轻质燃料。

1. 方法概要

将碘的乙醇溶液与试样作用后，再用硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定剩余的碘，以100g试样所能吸收碘的质量表示碘值，用gI/100g表示。由试样的碘值及其平均相对分子质量计算得到不饱和烃含量。

2. 仪器与试剂

(1) 仪器 滴瓶(带磨口滴管, 容积约20mL)或玻璃安瓿球(容积0.5~1mL, 其末端应拉成毛细管); 碘量瓶(500mL); 量筒(25mL、250mL); 滴定管(25mL或50mL); 吸量管(2mL、25mL)。

(2) 试剂95%乙醇或无水乙醇(分析纯); 碘[分析纯, 配成碘-乙醇溶液, 配制时将碘(20±0.5)g溶解于1L95%乙醇中]; 碘化钾(化学纯, 配成200g/L水溶液); 硫代硫酸钠(分析纯, 配成0.1mol/LNa₂S₂O₃标准滴定溶液); 淀粉(新配制的5g/L指示液); 定性滤纸。

3. 实验步骤

(1) 取样: 将试样经定性滤纸过滤, 称取约0.3~0.4g。

为取得准确量的喷气燃料, 可使用滴瓶差减法称量。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15mL95%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。

测量挥发性强的汽油时, 可使用安瓿球取样。先称出安瓿球的质量, 然后将安瓿球的球形部分在煤气灯或酒精灯的小火焰上加热, 迅速将热安瓿球的毛细管末端插入试样内, 使安瓿球吸入的试样能够达到0.3~0.4g, 或者根据试样的大约密度, 用注射器向安瓿球中注入一定体积的试样, 使其能达到0.3~0.4g, 然后小心地将毛细管末端熔闭, 再称量其质量。安瓿球的两次称量都必须称准至0.0004g。将装有试样的安瓿球放入已注有5mL 95%乙醇的碘量瓶中, 用玻璃棒将它和毛细管部分在95%乙醇中打碎, 玻璃棒和瓶壁所沾着的试样, 用10mL95%乙醇冲洗。

(2) 滴定操作: 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)℃, 如低于或高于此温度, 可加入预先加热或冷却至(20±5)℃的蒸馏水。然后加入25mL200g/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。

4. 碘值的计算

试样的碘值 X_I (gI/100g) 按式 (1) 计算:

$$X_I = \frac{c(V - V_1) \times 0.1269 \times 100}{m} \quad (1)$$

式中 X_I ——试样的碘值, gI/100g;

0.1269——与 1.00mL 1.000mol/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。

5. 精密度

按表4-8规定判断结果的可靠性 (95%置信水平)。同一操作者重复测定两个结果之差不应大于表中数值; 两个实验室各自提出的两个结果之差不应大于表中数值。

表 4-8 试样碘值测定的重复性和再现性要求

| 碘值 / (gI/100g) | 重复性 | 再现性 |
|----------------|----------|----------|
| ≤ 2 | 0.22 | 0.65 |
| > 2 | 平均值的 10% | 平均值的 24% |

6. 不饱和烃含量的计算

试样的不饱和烃质量分数 w 按式 (2) 计算:

$$w = \frac{X_I M_r}{254} \quad (2)$$

式中 X_I ——试样的碘值, gI/100g;

M_r ——试样中不饱和烃的平均分子量, 可由表 4-9 查得 (可用内插法计算);

254——单质碘 (I_2) 的分子量。

表 4-9 试样的 50% 馏出温度与其不饱和烃分子量间的关系

| 试样的 50% 馏出温度 / °C (GB/T 255 或 GB/T 6536) | M_r | 试样的 50% 馏出温度 / °C (GB/T 255 或 GB/T 6536) | M_r |
|---|-------|---|-------|
| 50 | 77 | 175 | 144 |
| 75 | 87 | 200 | 161 |
| 100 | 99 | 225 | 180 |
| 125 | 113 | 250 | 200 |
| 150 | 128 | | |

实验三（参照） 车用柴油馏程的测定



恩氏蒸馏装置实图

一、馏程测定法(GB/T 255-88)

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。

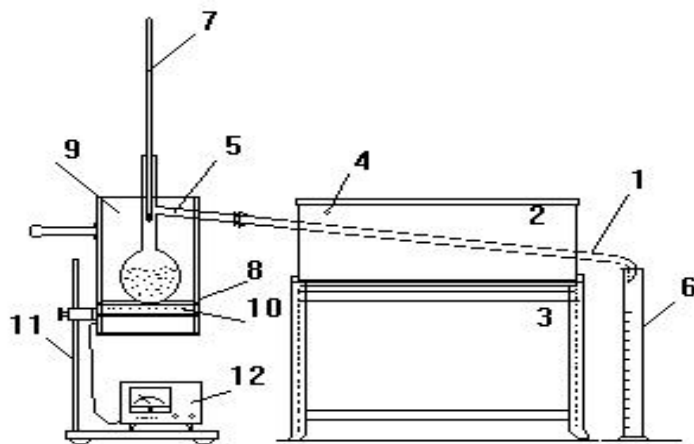
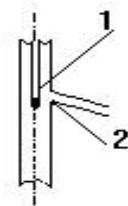


图 2 温度度插入位置示意图

1-水银球上边缘；2-支管的下边缘



石油产品馏程测定器如图1所示。

测定时，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（见图2-2）。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）。

装好仪器后，记录大气压，修正馏出温度。（忽略）

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**）

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℃。

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，准确至。

二、馏程测定的影响因素

1、蒸馏速度对馏出温度的影响

测定馏程要严格控制加热速度，不然将对测定结果有很大的影响。因为石油产品馏程的测定是条件试验，根据蒸馏油品馏分轻重的不同，所规定的加热速度也不同。在蒸馏过程中，如果加热速度过快，会产生大量气体，来不及从蒸馏瓶支管逸出时，瓶中的气压大于外界的大气压，读出的温

度并不是在外界大气压下试样沸腾的温度，往往要比正常蒸馏温度偏高一些。若加热速度始终过快，最后还会出现过热现象，使干点提高而不易测准。当加热速度过慢时，则各馏出温度都偏低。

正确选用石棉垫，是控制蒸馏速度的关键。不同孔径的石棉垫是根据油品的轻重及蒸馏时所需热量的多少，保证必要的加热面以达到规定的蒸馏速度，可保证蒸馏瓶最后的油面高于加热面，以防过热。

2、温度计的安装对试验结果的影响

馏程测定法对温度计的安装位置作了规定。因为如果温度计插高了，会因瓶颈的蒸气分子少及受冷空气的影响，使馏出温度偏低；如果温度计插低了，则因高沸点蒸气或因飞溅液滴溅在水银球上而使馏出温度偏高；温度计插歪了，由于瓶壁与瓶轴心有一定温差，使馏出温度偏低。

3、大气压力对馏出温度的影响

大气压力对油品的气化有很大影响，油品的沸点随大气压的升高而升高，随大气压的降低而降低。在测定馏程时，对同一油品若在不同大气压下进行测定，则所测得结果也不同。因此，对馏程测定规定在一定大气压下馏出温度不进行修正，而高于或低于规定大气压力范围时则必须进行修正。

此外，影响馏程测定的影响因素还有试油中是否含有水量、冷凝器中冷却剂温度的调节等等，将对测定结果有很大影响。因此，必须严格按照测定法规定的条件进行操作，以保证测定结果的准确。

实验四（参照）

石油产品运动黏度测定法

中华人民共和国国家标准（GB/T265-1988）

一、实验目的

- 1、掌握石油产品运动粘度的测定（GB/T265-1988）方法和操作技术
- 2、掌握石油产品运动粘度测定结果的计算方法

二、实验设备和材料

- 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、试样

2、实验材料

柴油

三、实验原理和方法

1、实验原理

$$v = C \tau$$

已知毛细管黏度计常数，就可以根据液体流出毛细管的时间计算其黏度。

2、方法概要

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计的时间，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。

四、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。

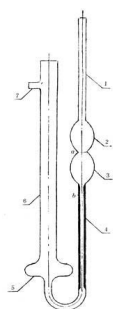
3、装入试样 测定运动粘度时，选择内径符合要求的清洁、干燥的毛细管粘度计，吸入试样。在装试样之前，把橡皮管套在支管3上，并用手指堵住管身2的管口，同时倒置粘度计，将管身4插入装着试样的容器中，利用洗耳球（或水流泵、真空泵）将试样吸到标线b，同时注意不要使管身4、扩张部分5和扩张部分6中的试样产生气泡和裂隙。当液面达到标线b时，从容器中提出黏度计，并迅速恢复至正常状态，同时将管身4的管端外壁所沾着的多余试样擦去，并从支管3取下橡皮管套在管身4上。

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。

五、试验步骤

- 1、调整温度计位置 将粘度计调整成为垂直状态，要利用铅垂线从两个相互垂直的方向去检查毛细管的垂直情况。将恒温浴调整到20℃，把装好试样的粘度计浸入恒温浴内，试验温度必须保持恒定，波动范围不允许超过±0.1℃。
- 2、调试试样液面位置 利用毛细管黏度计管身4所套的橡皮管将试样吸入扩张部分6中，使试样液面高于标线a。



(品式黏度计)

- 3、测定试样流动时间 观察试样在管身中的流动情况，液面恰好到达标线a时，开始秒表；液面正好流到标线b时，停止秒表，记录流动时间。应重复测定，至少4次。按测定温度不同，每次流动时间与算术平均值的差值应符合表1中的要求。最后，用不少于3次测定的流动时间计算算术平均值，作为试样的平均流动时间。

表1 不同温度下，允许单次测定流动时间与算术平均值的相对误差

| 测定温度范围/°C | 允许相对测定误差/% |
|-----------|------------|
| <-30 | 2.5 |
| -30~15 | 1.5 |
| 15~100 | 0.5 |

六、实验数据记录与分析

1、数据记录：

| 实验组数 | 一 | 二 | 三 | 四 |
|----------|---|---|---|---|
| 时间（单位：S） | | | | |

2、计算：

其中一支黏度计常数为 $0.09622\text{mm}^2/\text{s}^2$

七、精密度

1、重复性

表2 不同测定温度下，运动粘度测定重复性要求

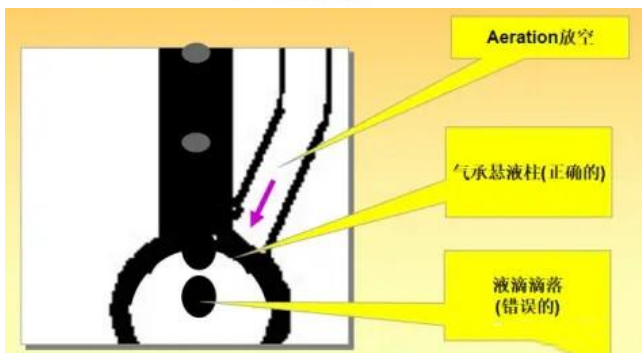
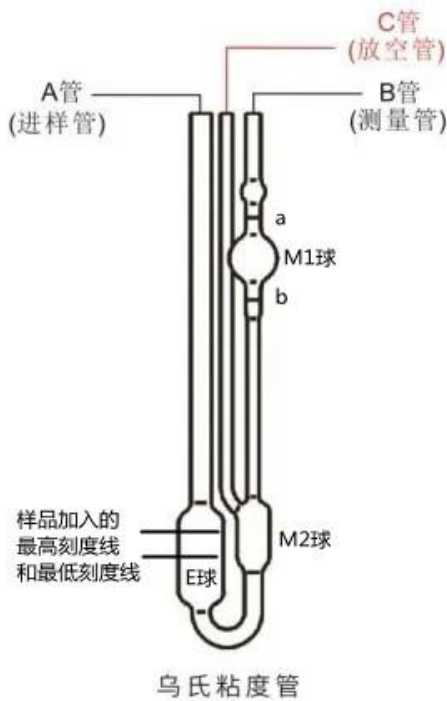
| 粘度测定温度/°C | 重复性 |
|-----------|------------|
| -60~<-30 | 算术平均值的5.0% |
| -30~<15 | 算术平均值的3.0% |
| 15~100 | 算术平均值的1.0% |

2、再现性

八、报告

取重复测定两个结果的算术平均值，作为试样的运动黏度。

附：乌氏粘度计的使用说明



乌氏粘度计是气承悬柱式可稀释的粘度计，把预先经严格洗净，检查过的洁净粘度计垂直夹持于恒温槽中，使水面完全浸没小球M1。用移液管吸10ml样品，从A管注入E球中。于25℃恒温槽中恒温3分钟，然后进行流出

时间 t_0 的测定。用手捏住C管管口（或套上带止水夹的橡胶塞），使之不透气，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_0 ，即为溶剂的流出时间。但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。

简述：A管进样至两条刻度线之间，用手指堵住C管，洗耳球从B管往上吸取液体，直到液体到达a线以上。松开堵在C管的手指，记录液面从a至b的时间。

C管的作用：使B管与外界大气压相通，使毛细管以下的液体悬空，毛细管以上的液体自然流下。如果除去C管改为双管粘度计，因为有了C管，就成了连通器，粘度就会随着粘度管内液体的增加而变化，只有形成了气承悬液柱，使流出液体上下方均处在大气环境下，测定的数据才具有可比性。

实验五（参照）

石油产品凝点测定

中华人民共和国国家标准（GB 510-83 代替 GB 510-77）

1 方法概要

润滑油及深色石油产品在试验条件下冷却到液面不移动时的最高温度，称为凝点。测定方法是将试样装在规定的试管中，并冷却到预期的温度时，将试管倾斜45度经过1分钟，观察液面是否移动。（附加：试管与套管间放入温度传导液，如乙醇等）

2 仪器与材料

（1）仪器

圆底试管：高度 160 ± 10 毫米，内径 20 ± 1 毫米，在距管底30毫米的外壁处有一环形标线。

圆底的玻璃套管：高度 130 ± 10 毫米，内径 40 ± 2 毫米。

装冷却剂用的广口保温瓶或筒形容器：高度不少于160毫米，内径不少于120毫米，可以用陶瓷、玻璃、木材，或带有绝缘层的铁片制成。

水银温度计：符合GB 514-75《石油产品试验用液体温度计技术条件》的规定，供测定凝点高于-35℃的石油产品使用。

液体温度计：符合GB 514-75的规定，供测定凝点低于-35℃的石油产品使用。

任何型式的温度计：供测量冷却剂温度用。

支架：有能固定套管、冷却剂容器和温度计的装置。

水浴。

(2) 材料

冷却剂：试验温度在0℃以上用水和冰；在0~-20℃用盐和碎冰或雪；在-20℃以下用工业乙醇（溶剂汽油、直馏的低凝点汽油或直馏的低凝点煤油）和干冰（固体二氧化碳）。

注：缺乏干冰时，可以使用液态氮气或液态空气或其他适当的冷却剂，也可使用半导体致冷器（当用液态空气时应使它通入旋管金属冷却器并注意安全）。

3 试剂

无水乙醇：化学纯。

4 准备工作

(1) 制备含有干冰的冷却剂时，在一个装冷却剂用的容器中注入工业乙醇，注满到器内深度的2/3处。然后将细块的干冰放进搅拌着的工业乙醇中，再根据温度要求下降的程度，逐渐增加干冰的用量。每次加入干冰时，应注意搅拌，不使工业乙醇外溅或溢出。冷却剂不再剧烈冒出气体之后，添加工业乙醇达到必要的高度。

注：使用溶剂汽油制备冷却剂时，最好在通风橱中进行。

(2) 无水的试样直接按本方法4.3开始试验。含水的试样试验前需要脱水，但在产品质量验收试验及仲裁试验时，只要试样的水分在产品标准允许范围内，应同样直接按本方法4.3开始试验。

试样的脱水按下述方法进行，但是对于含水多的试样应先经静置，取其澄清部分来进行脱水。

对于容易流动的试样，脱水处理是在试样中加入新煅烧的粉状硫酸钠或小粒状氯化钙，并在10~15分钟内定期摇荡，静置，用干燥的滤纸滤取澄清部分。

对于粘度大的试样，脱水处理是将试样预热到不高于50℃，经食盐层过滤。食盐层的制备是在漏斗中放入金属网或少许棉花，然后在漏斗上铺以新煅烧的粗食盐结晶。试样含水多时需要经过2~3个漏斗的食盐层过滤。

(3) 在干燥、清洁的试管中注入试样，使液面满到环形标线处。用软木塞将温度计固定在试管中央，使水银球距管底8~10毫米。

(4) 装有试样和温度计的试管，垂直地浸在 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ 的水浴中，直至试样的温度达到 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ 为止。

5 试验步骤

(1) 从水浴中取出装有试样和温度计的试管，擦干外壁，用软木塞将试管牢固地装在套管中，试管外壁与套管内壁要处处距离相等。

装好的仪器要垂直地固定在支架的夹子上，并放在室温中静置，直至试管中的试样冷却到 $35 \pm 5^\circ\text{C}$ 为止。然后将这套仪器浸在装好冷却剂的容器中。冷却剂的温度要比试样的预期凝点低7~8℃。试管（外套管）浸入冷却剂的深度应不少于70毫米。

冷却试样时，冷却剂的温度必须准确到 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。当试样温度冷却到预期的凝点时，将浸在冷却剂中的仪器倾斜成为45度，并将这样的倾斜状态保持1分钟，但仪器的试样部分仍要浸没在冷却剂内。

此后，从冷却剂中小心取出仪器，迅速地用工业乙醇擦拭套管外壁，垂直放置仪器并透过套管观察试管里面的液面是否有过移动的迹象。

注：测定低于 0°C 的凝点时，试验前应在套管底部注入无水乙醇1~2毫升。

(2) 当液面位置有移动时，从套管中取出试管，并将试管重新预热至试样达 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ ，然后用比上次试验温度低4℃或其他更低的温度重新进行测定，直至某试验温度能使液面位置停止移动为止。

注：试验温度低于 -20°C 时，重新测定前应将装有试样和温度计的试管放在室温中，待试样温度升到 -20°C ，才将试管浸在水浴中加热。

(3) 当液面的位置没有移动时，从套管中取出试管，并将试管重新预热至试样达 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ ，然后用比上次试验温度高 4°C 或其他更高的温度重新进行测定，直至某试验温度能使液面位置有了移动为止。

(4) 找出凝点的温度范围（液面位置从移动到不移动或从不移动到移动的温度范围）之后，就采用比移动的温度低 2°C ，或采用比不移动的温度高 2°C ，重新进行试验。如此重复试验，直至确定某试验温度能使试样的液面停留不动而提高 2°C 又能使液面移动时，就取使液面不动的温度，作为试样的凝点。

(5) 试样的凝点必须进行重复测定。第二次测定时的开始试验温度，要比第一次所测出的凝点高 2°C 。

6 精密度

用以下数值来判断结果的可靠性（95%置信水平）。

(1) 重复性

同一操作者重复测定两个结果之差不应超过 2.0°C 。

(2) 再现性

由两个实验室提出的两个结果之差不应超过 4.0°C 。

注：本精密度是于1980年用5个试样，在13个实验室开展统计试验，并对试验结果进行数据处理和分析得来的。

7 报告

(1) 取重复测定两个结果的算术平均值，作为试样的凝点。

注：如果需要检查试样的原点是否符合技术标准，应采用比技术标准所规定的凝点高1摄氏度进行试验，此时液面的位置如能够移动，就认为凝点合格。

附加说明：

本标准由中华人民共和国石油工业部提出。

本标准由石油化工科学研究院起草。

本标准首次发布于1964年。

实验六（参照）

石油和液体石油产品密度测定（密度计法、比重瓶法）

方法一（密度计法）：

中华人民共和国国家标准

石油和液体石油产品密度测定法
（密度计法）

GB/T 1884-92

代替 GB 1884-83

1 方法概要

将试样处理至合适的温度并转移到和试样温度大致一样的密度计量筒中。再把合适的石油密度计垂直地放入试样中并让其稳定，等其温度达到平衡状态后，读取石油密度计刻度的读数并记下试样的温度。如有必要，可将所盛试样的密度计量筒放入适当的恒温浴中，以避免实验过程中温度变化太大。在实验温度下测得的石油密度计读数，用 GB / T 1885 换算到 20℃ 下的密度。

2 仪器

(1) 石油密度计：符合 SH 0316 规定。各支石油密度计的测量范围见表 1。

表 1:石油密度计测量范围 g/cm³

| 型 号 | | SY-I | SY-II |
|-------|----|-----------------|-------------|
| 最小分度值 | | 七 0.000 5 | 0.001 |
| 测量范围 | 支号 | 0.650 0~0.690 0 | 0.650~0.710 |
| | 1 | 0.650 0~0.690 0 | 0.650~0.710 |
| | 2 | 0.690 0~0.730 0 | 0.710~0.770 |
| | 3 | 0.730 0~0.770 0 | 0.770~0.830 |
| | 4 | 0.770 0~0.810 0 | 0.830~0.890 |
| | 5 | 0.8100~0.850 0 | 0.890~0.950 |
| | 6 | 0.850 0~0.890 0 | 0.950~1.010 |
| | 7 | 0.8900~0.930 0 | |
| | 8 | 0.930/0~0.970 0 | |
| | 9 | 0.970 0~1.0100 | |

为石油计量而测定密度时，要使用 SY-I 型石油密度计，也可使用精度与其相当或更高的石油密度计。

(2) 密度计量筒：可用清晰透明玻璃或塑料制成。测定深色试样也可用金属制成。塑料量筒应遇油不变色和耐腐蚀，长期使用不会变成不透明，并且不影响试样的性质。量筒上边缘应有一斜嘴。量筒内径应至少比所用的石油密度计的外径大 25mm。量筒高度应能使石油密度计漂浮在试样中，石油密度计底部距量筒底部至少 25mm。

(3) 温度计：经检定合格的、分度值为 0.2℃ 的全浸水银温度计。

(4) 恒温浴：可恒温到 ±0.5℃。当试样性质要求在较高于或低于室温下测定时，应使用恒温浴，使试样温度变化稳定在 0.5℃ 以内，以避免温度变化过大影响测定结果。

3 准备工作

(1) 测定温度：用石油密度计测密度时，在标准温度 20℃ 下或接近这个温度 (20±5℃) 下测定最为准确。在 -18~90℃ 之间的温度下测定，应根据试样的类型和列于表 2 中必要的限制条件来确定。

表 2 测定温度的限制条件

| 试样类型 | 初信点 | 其他限制 | 测定温度 |
|----------------|-------|------------------|----------------------|
| 高挥发性 | | 雷德蒸气压在 180kPa 以下 | 在原密闭容器中冷却至 2℃ 或更低温度 |
| 中挥发性 | ≤120℃ | | 在原密闭容器中冷却至 18℃ 或更低温度 |
| 中挥发性但粘稠 | ≤120℃ | 在 18℃ 时粘度太高 | 加热至试样获得足够流动性时的最低温度 |
| 非挥发性 | >120℃ | | 在 -18~90℃ 任何方便的温度 |
| 石油产品和非石油产品的混合物 | | | 在 20±0.2℃ 进行试验 |

为石油计量而测定密度时，测定温度要尽量接近油罐中贮存油的实际温度，应在实际温度的 ±3℃ 范围内测定。如果在此温度范围内，被测定的某些粘稠试样达不到足够流动性时，要继续提高试样温度，使其达到具有足够流动性的最低温度为止。在此温度下，石油密度计应能在试样中自由地漂浮。

4 试验步骤

(1) 按 GB / T 4756 采取试样，并按要求调好试样的温度。将用于测定的密度计量筒和温度计的温度处于和被测试样大致相同的温度。

(2) 将均匀的试样小心地沿量筒壁倾入清洁的密度计量筒中，防止溅泼和避免生成气泡，当试样表面有气泡聚集时，可用一片清洁的滤纸除去。在转移的过程中，尽可能使易挥发试样中低沸点组分的蒸发损失减少到最低程度。

当使用金属密度计量筒测定深色试样时，应确保试样液面装满量筒上边缘 5mm 以内，以保证能准确读取石油密度计读数。

当使用恒温浴时，其液面应高于密度计量筒中试样的液面。

(3) 将盛有试样的密度计量筒垂直地放在没有较大空气流动的地方，要确保试样温度在光或测定所需的时间内没有显著变动，在这期间，环境温度的变化应不大于 2℃。否则，应使用恒温浴，以避免过大的温度变化。

(4) 将温度计插入试样中，小心地搅拌试样，注意温度计的水银线要保持全浸。再将选好的清洁、干燥的石油密度计轻轻地放在试样中。

(5) 待石油密度计静止后，将石油密度计压入试样约两个刻度，再放开。在试样液面以上的石油密度计杆管部分应保持尽量少被试样粘附，因为杆管上多余的试样会影响所得的石油密度计读数。对低粘度试样，放开石油密度计时要轻轻地转动一下，以帮助它在离开密度计量筒壁的地方静止下来自由地漂浮，应有充分的时间让石油密度计静止；对高粘度的试样，让全部空气泡升到表面，除去气泡，并应等待足够长的时间，使石油密度计静止，达到平衡。

(6) 当石油密度计静止并离开密度计量筒壁自由地漂浮时，读取试样的弯月面上缘与石油密度计刻度相切的点即为石油密度计数值。读数时，视线要与试样的弯月面上缘成一水平面。当选用 SY-I 型石油密度计时，其数值应读至 0.0001g / cm³；当选用 SY-II 型石油密度计时，其数值应读至 0.0005g / cm³。同时读取温度计数值，读至 0.1℃。

(7) 观察深色试样时，眼睛要稍高于液面，读取试样的弯月面上缘与石油密度计刻度相切的点即为石油密度计数值。同时读取温度计数值，读至 0.1℃。

(8) 将石油密度计稍稍提起，擦去最上部粘附的试样，放入试样中，待石油密度计静止后，立即用温度计小心地搅拌试样，注意温度计水银线要保

持全浸。然后按 7.5、7.6 和 7.7 条再测定一次。若这次试样温度与前次试样温度之差超过 0.5℃，则重新读取温度计和石油密度计数值，直至温度变化稳定在 0.5℃以内。记录连续两次测定的温度和视密度的数值。两次视密度数值相差应符合规定。

5 计算

根据连续两次测定的温度和视密度，由 GB / T 1885 中表 I 查得 20℃ 的密度。取两个 20℃ 密度的算术平均值作为测定结果。

6 精密度

同一操作者测定同一试样时，连续测定两个结果之差不应大于下列数值。

| 石油密度计型号 | SY-I | SY-II |
|---------|-------------------------|------------------------|
| 允许差数 | 0.0005g/cm ³ | 0.001g/cm ³ |

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。

方法二（比重瓶法）：

中华人民共和国国家标准
石油产品密度测定法
(比重瓶法)

GB/T 2540-81 (1988年确认)

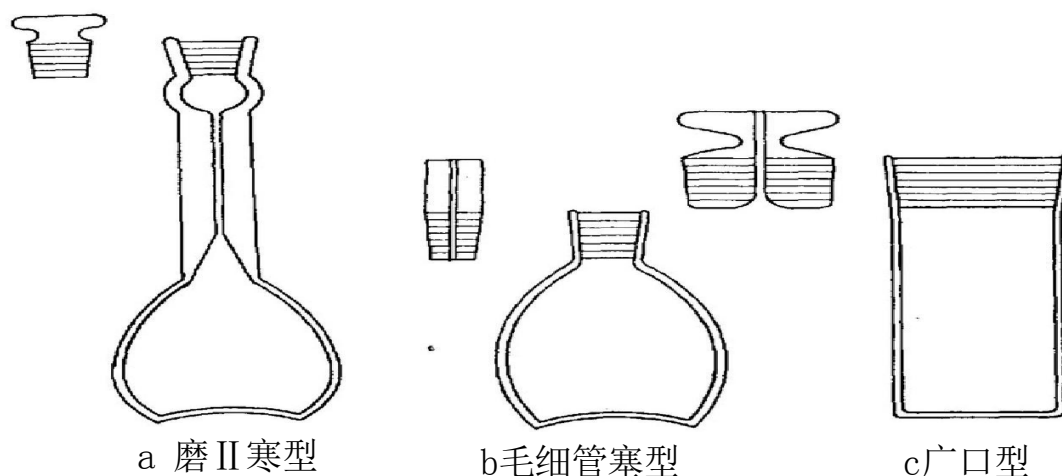
本方法适用于测定液体或固体石油产品的密度，但不适宜测定高挥发性液体(如液化石油气等)的密度。

1 方法概要：密度是在温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时单位体积的质量。以克/厘米³，公斤/米³单位表示。报告密度时要指明温度，在 20°C 时的密度称标准密度，用 ρ_{20} 表示。

2 仪器与材料

(1) 仪器

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。如图所永三种型式：



a磨门塞型：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。

b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。

c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。

恒温浴：深度大于比重瓶高度的水浴，能保持水浴温度控制在±0.1℃以内。

温度计：0~50℃或50~100℃，分度为0.1℃。

(2) 材料

铬酸洗液；洗涤用轻汽油或其他溶剂，用于洗涤比重瓶油污。

3 准备工作

(1) 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℃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_1 。用注射器将新煮沸并经冷却至18~20℃的蒸馏水装满至比重瓶顶端，加上塞子，然后放入20±0.1℃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_2 。比重瓶的20℃水的水值 m_{20} 按式(1)计算：

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

式中： m_{20} —— 比重瓶20℃的水值，克；
 m_2 —— 装有20℃水的比重瓶质量，克；
 m_1 —— 空比重瓶质量，克。

比重瓶的水值应测定3~5次取其算术平均值作为该比重瓶的水值。

(3) 如果需要测定 t ℃下的密度，可在所需温度 t ℃下测定比重瓶的水值 m_1 ，操作方法同3.2。比重瓶 t ℃下的水值 m_t ；应测定3~5次，取其算术平均值作为该比重瓶的水值。

(4) 根据使用频繁情况，定时期后应重新测定比重瓶的水值。

(5) 对明显含有水和机械杂质的试样应除去水和机械杂质，固体石油产品需要粉碎成小块。

4 试验步骤

(1) 根据试样选择适当型号的比重瓶。将恒温浴调到所需的温度。

(2) 将清洁、干燥的比重瓶称至0.0002克。

(3) 将试样用注射器小心地装入已确定水值的比重瓶中，加上塞子，比重瓶浸入恒温浴直到顶部，注意不要浸没比重瓶塞或毛细管上端，在浴中恒温时间不得少于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_3 。

5 计算

(1) 液体试样20℃的密度 ρ_{20} 按式(2)计算：

$$\frac{\rho_{20}}{0.99820} = \frac{(m_3 - m_1)}{m_{20}}$$

所以：
$$\rho_{20} = \frac{(m_3 - m_1) \times 0.99820}{m_{20}} \quad (2)$$

式中： m_3 —— 在20℃时装有试样的比重瓶质量，克；

m_1 —— 空比重瓶质量，克；

m_{20} —— 在20℃时比重瓶的水值，克；

0.99820 —— 水的20℃密度，克/厘米³。

(3) 液体试样的 t ℃密度，按式(3)计算：

$$\rho_t = \frac{(m_3 - m_1) \times \delta}{m_t} \quad (3)$$

式中： m_t —— 在 t ℃时装有试样的比重瓶质量，克；

m_1 —— 空比重瓶质量，克；

m_t —— 在 t ℃时比重瓶水值(在 t ℃下装有水的比重瓶质量减去空比重瓶质量)克；

δ —— 水在 t ℃时的密度，克/厘米³见附录 A。

6 精密度

重复测定两个结果之差不应超过以下数值：

| 试样 | 允许差数，克/厘米 ³ |
|--------|------------------------|
| 液体石油产品 | 0.0004 |

固体或半固体石油产品

0.0008

注：此精密度规定适用于20℃，对 r℃ 测定时的精密度未作规定。

7 报告

取重复测定两个结果的算术平均值作为测定结果。

附录 A 水的密度表

(补充件)

| 温度 ℃ | 密度 克/厘米 ³ | 温度 ℃ | 密度 克/厘米 ³ | 温度 ℃ | 密度 克/厘米 ³ |
|------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|
| 0 | 0.99984 | 20 | 0.99820 | 39 | 0.99260 |
| 1 | 0.99990 | 21 | 0.99799 | 40 | 0.99222 |
| 2 | 0.99994 | 22 | 0.99777 | 45 | 0.99021 |
| 3 | 0.99996 | 23 | 0.99754 | 50 | 0.98804 |
| 4 | 0.99997 | 24 | 0.99730 | 55 | 0.98570 |
| 5 | 0.99996 | 25 | 0.99704 | 60 | 0.98321 |
| 6 | 0.99994 | 26 | 0.99678 | 65 | 0.98056 |
| 7 | 0.99990 | 27 | 0.99651 | 70 | 0.97778 |
| 8 | 0.99985 | 28 | 0.99623 | 75 | 0.97486 |
| 9 | 0.99978 | 29 | 0.99594 | 80 | 0.97180 |
| 10 | 0.99970 | 30 | 0.99565 | 85 | 0.96862 |
| 11 | 0.99960 | 31 | 0.99534 | 90 | 0.96531 |
| 12 | 0.99950 | 32 | 0.99503 | 95 | 0.96189 |
| 13 | 0.99938 | 33 | 0.99470 | 98.89 | 0.95914 |
| 14 | 0.99924 | 34 | 0.99437 | 100 | 0.95835 |
| 15 | 0.99910 | 35 | 0.99403 | | |
| 16 | 0.9989.1 | 36 | 0.99368 | | |
| 17 | 0.99877 | 37 | 0.99333 | | |
| 18 | 0.99860 | 37.78 | 0.99305 | | |
| 19 | 0.99840 | 38 | 0.99297 | | |

测定步骤

依次用洗液、自来水、蒸馏水、乙醇、乙醚洗涤，烘干冷却，精密称重；

洗涤密度瓶、装满蒸馏水（煮沸30min

