



TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

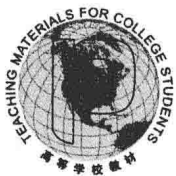
石油化工 自控工程设计及仪表安装

杜 鹃 孙 良 廖明燕 侯春望 编



SHIYOU HUAGONG
ZIKONG GONGCHENG SHEJI JI YIBIAO ANZHUANG

中国石油大学出版社



TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

石油化工 自控工程设计及仪表安装

杜 鹃 孙 良 编
廖明燕 侯春望

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

石油化工自控工程设计及仪表安装. 杜鹃等编. —
东营: 中国石油大学出版社, 2010. 11

ISBN 978-7-5636-3300-5

I. ①石… II. ①杜… III. ①石油化工—化工仪表—
自动控制系统 IV. ①TE967

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 217393 号

中国石油大学(华东)规划教材

书 名: 石油化工自控工程设计及仪表安装
作 者: 杜 鹃 孙 良 廖明燕 侯春望

责任编辑: 高 颖(电话 0532—86981531)

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 0546—8392563)

开 本: 185×260 印张: 14 字数: 362 千字

版 次: 2010 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 19.80 元

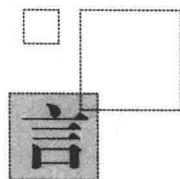
内 容 简 介

本书从培养工程技术管理型、应用型人才的要求出发,较系统、全面地介绍了石油化工生产过程自动化中各种常用测量仪表的选型与安装,以及自控工程设计的基本知识。编者融会了多年的教学、科研和生产实习经验,从实际应用的角度考虑,参考行业标准,对工程技术管理中涉及的仪表选型、安装以及自控设计图纸的绘制要求与规范进行了较详细的介绍。本书内容系统、新颖、实用,有助于读者提高应用自动化专业知识的综合能力和了解、掌握石油化工现场工程的应用现状,有助于读者提高自控设计的读图、识图能力,丰富和扩展专业基本知识。

本书分三篇,共计十二章。第一篇为石油化工装置简介,主要介绍了石油及石油产品的基本组成和基本性质、典型石油化工装置的工艺流程;第二篇为仪表选型及安装,主要介绍了压力仪表、物位仪表、流量仪表、温度仪表和控制阀等仪表的选型、安装方法及要求;第三篇为自控工程设计,系统地介绍了自控工程设计的规范和内容,基本图表的内容、绘制方法及要求。各章后都附有习题和思考题,可供读者参考。

本书可作为自动化专业生产实习及相关课程设计的教材,也可作为化工、油气储运工程专业相关课程设计的教材,并可作为工程技术管理人员的参考书。

前



▶▶ Preface

工科类专业学生的生产实习和课程设计是高等教育中必不可少的实践教学环节,在提高学生综合应用知识的能力,使学生获得生产管理知识,提高学生的工程实践能力和综合素质等方面具有不可替代的作用。本书以培养高素质、创新型高级工程技术人才为目标,针对自动化专业实践教学环节的需求,融会了编者多年教学、科研和生产实习的经验,从实际应用的角度考虑,理论与实践相结合,较系统、全面地介绍了典型石油化工装置的工艺原理及工艺流程,石油化工装置生产和设计中涉及的各类仪表的选型、安装及自控设计图纸的绘制要求与规范等自控工程设计的基本知识。在本书编写过程中,特别注重教材的系统性、实用性、规范性和先进性,在突出石油化工特色的基础上力求保证其通用性,有助于读者了解并掌握石油化工现场工程应用现状,提高自动化专业知识的综合应用能力和自控设计的读图、识图能力,丰富和扩展专业基本知识。

本书第一、二、三、六章由杜鹃编写,第四、五章以及附录 B 由廖明燕编写,第七、九、十二、十三章及附录 A 的部分内容由孙良编写,第八、十、十一章及附录 A 的部分内容、附录 C 和 D 由侯春望编写,全书由杜鹃负责整理和审阅,由孙良负责校对与整理。

本书引用了诸多石油化工工艺类教材和设计规范中的内容,在此向原作者一并表示感谢。由于目前国内尚未见到公开出版的此类实践环节教材,无经验可借鉴,本书实有探索之意,限于编者水平,不妥之处在所难免,敬请读者与专家赐教。

作 者

2010 年 8 月

目

录

Contents

第一篇 石油化工装置简介

| | |
|-------------------|----|
| 第一章 石油及石油产品 | 1 |
| 第一节 石油的组成及其物理性质 | 1 |
| 第二节 石油产品及其应用 | 3 |
| 第二章 典型石油化工装置的工艺流程 | 10 |
| 第一节 炼油装置的基本类型 | 10 |
| 第二节 常减压蒸馏 | 12 |
| 第三节 催化裂化 | 15 |
| 第四节 催化重整 | 19 |
| 第五节 加氢精制 | 21 |
| 第六节 延迟焦化 | 22 |

第二篇 仪表选型及安装

| | |
|---------------|----|
| 第三章 压力仪表选型及安装 | 25 |
| 第一节 压力仪表的基本知识 | 25 |
| 第二节 压力仪表的选型 | 27 |
| 第三节 压力仪表的安装 | 29 |
| 第四节 隔离与吹洗 | 32 |
| 第四章 物位仪表选型及安装 | 38 |
| 第一节 物位仪表的基本知识 | 38 |
| 第二节 物位仪表的选型 | 40 |
| 第三节 物位仪表的安装 | 44 |
| 第五章 流量仪表选型及安装 | 50 |
| 第一节 流量仪表的基本知识 | 50 |
| 第二节 流量仪表的选型 | 52 |
| 第三节 流量仪表的安装 | 55 |
| 第六章 温度仪表选型及安装 | 64 |

| | | |
|------------|-----------------------|-----------|
| 第一节 | 温度仪表的基本知识 | 64 |
| 第二节 | 温度仪表的选型 | 66 |
| 第三节 | 接触式温度计的安装 | 67 |
| 第四节 | 信号电缆及导线的安装 | 70 |
| 第七章 | 控制阀选型及安装 | 73 |
| 第一节 | 控制阀的选择 | 73 |
| 第二节 | 控制阀的安装 | 79 |
| 第三节 | 控制阀的检查与维护 | 82 |

第三篇 自控工程设计

| | | |
|-------------|-------------------------------|------------|
| 第八章 | 自控工程设计的任务和方法 | 84 |
| 第一节 | 自控工程设计的任务 | 84 |
| 第二节 | 自控工程设计体制 | 85 |
| 第三节 | 自控工程设计的阶段划分和设计内容 | 87 |
| 第四节 | 自控工程设计的方法 | 91 |
| 第九章 | 管道仪表流程图 | 94 |
| 第一节 | 控制方案的确定 | 94 |
| 第二节 | 图例符号的统一规定 | 95 |
| 第三节 | 管道仪表流程图 | 101 |
| 第十章 | 自控设备的选型 | 103 |
| 第一节 | 控制装置的选择 | 103 |
| 第二节 | 检测仪表及控制阀的选型 | 104 |
| 第三节 | 仪表数据表 | 105 |
| 第四节 | 自控设备表 | 105 |
| 第十一章 | DCS 系统的控制室设计 | 125 |
| 第一节 | 概述 | 125 |
| 第二节 | DCS 系统的控制室设计原则 | 125 |
| 第十二章 | DCS 系统的连接表达 | 129 |
| 第一节 | 概述 | 129 |
| 第二节 | DCS 系统的连接表达 | 129 |
| 第十三章 | 常规仪表控制室设计及仪表连接表达 | 144 |
| 第一节 | 常规仪表控制室的设计 | 144 |
| 第二节 | 控制室内常规仪表的连接表达 | 150 |

附 录

| | | |
|------|--------------|-----|
| 附录 A | 仪表装置选型 | 158 |
|------|--------------|-----|

| | |
|-------------------------------------|------------|
| 附录一 浙大中控 DCS 系统 | 158 |
| 附录二 隔离式安全栅 | 166 |
| 附录三 齐纳式安全栅 | 170 |
| 附录四 压力、差压变送器 | 172 |
| 附录五 弹簧管压力表 | 175 |
| 附录六 电动浮筒液(界)位变送器 | 176 |
| 附录七 电动内浮球液位变送器 | 177 |
| 附录八 彩色石英管液位计 | 178 |
| 附录九 玻璃板液位计 | 179 |
| 附录十 铠装式热电偶和热电阻 | 180 |
| 附录十一 装配式热电偶和热电阻 | 182 |
| 附录十二 双金属温度计 | 186 |
| 附录十三 漩涡流量计 | 187 |
| 附录十四 腰轮流量计 | 190 |
| 附录十五 金属转子流量计 | 192 |
| 附录十六 数显靶式流量计 | 195 |
| 附录十七 气动直通调节阀 | 198 |
| 附录十八 气动薄膜双座调节阀 | 200 |
| 附录十九 三通调节阀 | 201 |
| 附录二十 气缸活塞执行机构 | 203 |
| 附录二十一 电-气转换器 | 204 |
| 附录二十二 电气阀门定位器 | 205 |
| 附录二十三 可编程数字调节器 | 206 |
| 附录二十四 记录仪 | 208 |
| 附录二十五 柜式仪表盘 | 209 |
| 附录 B 自动化专业生产实习课程要求与安排 | 210 |
| 附录 C 自动化专业课程设计要求与安排 | 212 |
| 附录 D 油气储运工程专业课程设计要求与安排 | 213 |
| 参考文献 | 214 |

第一篇 石油化工装置简介

第一章 石油及石油产品

第一节 石油的组成及其物理性质

一、石油的组成

地下开采出来的石油在未加工前称为原油,通常呈暗绿色至褐色。原油经过炼制,可以从中提取各种燃料油(汽油、煤油、柴油等)、润滑油、石蜡、沥青、石油焦等产品。原油的组成随油区的不同而不同,所得的各种石油产品也有所不同。但无论哪一种原油,所含的主要化学元素都是碳和氢,其中碳占83%~87%,氢占11%~14%。此外,还有少量的硫、氧、氮和微量的钙、钠、钾、铁、镍、钒、砷等元素。

石油中的碳和氢组成碳氢化合物,简称烃;硫、氧、氮等则与碳和氢元素形成含硫化合物、含氧化合物、含氮化合物、胶质和沥青质等,简称非烃。

1. 石油中的烃类化合物

石油及石油产品中的烃类化合物按其分子结构的不同可以分为以下几类:

(1) 烷烃。石油中既有正构烷烃也有异构烷烃。在常温常压下,含有1~4个碳原子的烷烃是气体,含有5~16个碳原子的正构烷烃是液体,含有17个碳原子以上的正构烷烃是蜡状固体。

烷烃的化学性质不活泼,常温下不易与其他物质发生反应,但较大分子的烷烃可与发烟硫酸作用。此外,当将大分子烷烃加热到400℃以上时,它可以裂解出小分子烃。

(2) 环烷烃。石油中的环烷烃主要是五元环和六元环,可以是单环、双环、三环或多元环。对于单环的环烷烃,其侧链上的碳原子少于4个的多为液体,多于4个的多为固体。

环烷烃的性质与烷烃相似,但稍活泼。在一定条件下,环己烷可以从分子中脱掉氢原子而转化为苯;高温可使环烷烃的环状结构断裂,生成烷烃和烯烃。

(3) 芳烃(芳香烃)。分子中含有苯环结构的烃类称为芳香烃。根据苯环的多少和结合形式的差别,芳香烃分为单环、多环和稠环芳香烃三类。

除上述三种烃类外,在极少数地区的石油中还存在微量烯烃。石油经高温加工后也会产生烯烃。烯烃是不饱和烃,其化学性质活泼,可与多种物质发生反应。例如,在一定条件下烯烃可加氢转化为烷烃,小分子烯烃还能相互叠合成为大分子烃(烯烃的叠合反应)。

2. 石油中的非烃类化合物

大多数石油和石油产品中的非烃类化合物被认为是有害物质。石油中的非烃类化合物有:

(1) 含硫化合物。石油中的含硫化合物有硫醇、硫醚、二硫化物和噻吩等。在石油的某些加工产物中还含有硫化氢。

(2) 含氧化合物。石油中的含氧化合物主要是环烷酸及酚类,它们具有腐蚀性。

(3) 含氮化合物。石油的含氮量很少。当油品中含有氮化物时,油品易因氮化物的氧化而使颜色变深,并发出臭味。

(4) 胶状物质。胶状物质是由碳、氢、氧、硫和氮等元素组成的多环复杂化合物,它们在高温时易转化为焦炭。

二、石油的物理性质

这里仅介绍石油的几个常用的物理性质。

1. 馏分和馏程

石油的每一组分都有其各自的沸点。油品生产过程中常把原油分为几个不同沸点范围的组分加以利用,如沸点范围在 40~205 °C 的组分作为车用汽油;180~300 °C 的组分作为煤油;250~350 °C 的组分作为柴油;350~520 °C 的组分作为润滑油;>520 °C 的组分作为重质燃料油。

原油加工常用实沸点蒸馏装置(对石油产品常用恩氏蒸馏装置)。蒸馏时,原油中的低沸点组分首先蒸发出来,随着蒸馏温度的不断升高,高沸点组分相继蒸发。蒸馏出第一滴油品时的气体温度称为初馏点。蒸发完气体所达到的最高温度称为干点或终馏点。在一定温度范围内蒸馏出的油品称为馏分。每个馏分的初馏点至干点称为该油品的馏程。馏分与馏程,或蒸馏温度与馏出量之间的关系表明了原油的馏分组成。

2. 相对密度与密度

石油的相对密度是指在工程制单位中,20 °C 下的石油与 4 °C 下同体积的水的质量之比。在国际单位制中采用的物理量是密度,并规定标准密度用 ρ_{20} (即 20 °C 时的密度)表示。由于胶质和沥青的相对密度与密度较大,所以石油中胶状物质的含量越多,相对密度与密度就越大。当油品沸点范围相同时,含芳烃越多,相对密度与密度越大;含烷烃越多,相对密度与密度越小。

3. 凝点

油品是一种复杂的混合物,没有固定的凝固点(简称凝点)。它的凝点仅是指在一定的仪器中,在一定的试验条件下,油品失掉流动性时的温度。而所谓的丧失流动性,也完全是条件性的。将油品冷却到某一温度,使储油的试管倾斜 45°角,经过 1 min 后,若肉眼看不出管内液面位置有移动,则此时的油品就可看做是凝固了。产生这种现象的最高温度称为该油品的凝点。

凝点是柴油、润滑油等油品重要的低温流动性指标。

4. 闪点、燃点、自燃点

石油受热会蒸发,其蒸发出来的油气和空气混合后,遇上明火会发生短促的闪火现象。闪点是指可燃性液体(如烃类及石油产品)的蒸气与空气的混合气在临近火焰时能发生短暂闪火的最低温度。并不是任何油气和空气的混合气都能闪火爆炸,闪火的必要条件是混合气中烃或油气的浓度在一定的范围内,低于这一范围(油气不足)或高于这一范围(空气不足)均不能闪火爆炸,因此这一浓度范围称为爆炸范围。

通常石油馏分的沸点越低,其闪点也越低,如汽油的闪点为 -40~-30 °C,煤油的闪点为 26~50 °C,润滑油的闪点可达 130~325 °C。但馏分的沸点低,其自燃点却高。从化学组成来看,对于碳原子数相同的各类烃,烷烃的自燃点最低,环烷烃的次之,芳烃的最高。

如果在重质油(润滑油)中混入低沸点油品(如汽油或溶剂),则其闪点会大大降低。因此,由

闪点可以看出油品的均匀性(是否混入低沸组分)。原油的闪点很低,它和低沸点油品一起被列入易燃物品。

油品的闪点和它的化学组成有关。含蜡较多的油品闪点较高;相反,由与其粘度相同的、含胶质较多的环烃-芳香基石油所得的油品闪点较低。

继续提高油品温度,当到达某一油温时,点火不但有闪火现象,而且使油持续燃烧,引火后所生成的火焰不再熄灭(不少于 5 s),则这时的温度称为燃点。如果再继续加热油品到足够的温度,然后使之与空气接触,则油在不接触火焰的情况下也会因剧烈的氧化而产生火焰自行燃烧,这就是油品的自燃。能发生自燃的最低油温称为自燃点。

油品的沸点越低,则油品越不易自燃,故自燃点也就越高。油品越轻,其闪点和燃点越低,但其自燃点却越高。

自燃点也与化学组成有关。烷烃比芳香烃容易自燃,所以烷烃的自燃点比较低。在同族烃中,相对分子质量小的自燃点高,而相对分子质量大的自燃点低。

5. 含硫量

如前所述,石油中的硫化物对石油产品的性质影响较大。石油含硫多,加工中易引起设备腐蚀并污染环境。为得到不含硫的石油产品,必须采用较复杂的加工工艺。我国大部分油田如大庆油田等都生产低硫原油,但也有一些油田如胜利油田的原油含硫量很高。

第二节 石油产品及其应用

石油产品种类繁多、用途各异,可以分成以下四大类:燃料及溶剂油、润滑油及润滑脂、蜡和焦及沥青、苯及其他化学品。其中,燃料是各类石油产品中产量最多的,而且是各种类型炼油厂产品的必然组成部分。不同的使用场合,对所用燃料提出的质量要求也不同。本节简要介绍几种燃料的质量要求及其应用。

一、汽油

汽油按其用途可分为航空汽油和车用汽油。各种汽油均按辛烷值划分牌号,构成汽油的系列产品。

航空汽油用作螺旋桨飞机的燃料,按辛烷值可分为 75 号、95 号、100 号三个牌号。由于活塞式航空发动机不再发展,因而航空汽油在汽油产量中的比例逐年下降,目前占国内汽油产量的比例很小。

我国车用无铅汽油按 GB 17930—2006 可分为 90 号、93 号、97 号三个牌号。通常根据汽车发动机压缩比的高低选用不同牌号的汽油。对车用汽油的质量要求主要有以下几个方面:

1. 良好的抗爆性

抗爆性代表汽油在汽油发动机汽缸内的燃烧性能。抗爆性差的汽油在压缩比高的发动机中会以极高的速度进行爆炸性燃烧,使汽缸中出现敲击声,即出现爆震现象。爆炸时,燃烧室缸壁温度剧增,压力升高,并产生爆震波冲击缸壁,引起发动机强烈震动,发出金属敲击声,造成发动机损伤;同时爆震也导致混合气燃烧不完全、发动机功率下降、燃料耗量增加。因此,抗爆性是衡量汽油质量的重要指标。

评定汽油抗爆性的指标是辛烷值。汽油的辛烷值越高,抗爆性能越好。

汽油的抗爆性与其化学组成有关。正构烷烃在高温下易生成不安定的过氧化物,且自燃点低,易引起爆震,环烷烃、烯烃次之,带有很多支链的异构烷烃和芳烃的抗爆性最好。为了比较各

种汽油的抗爆性,选择了两种烃作为标准:一种是异辛烷,其抗爆性极好,将其辛烷值定义为 100;另一种是正庚烷,其抗爆性极差,将其辛烷值定义为 0。如果某汽油的抗爆性与 90% 异辛烷和 10% 正庚烷的混合物相同,则该汽油的辛烷值就是 90。

车用汽油的牌号即代表其辛烷值,如 90 号汽油的辛烷值不小于 90。

发动机的压缩比越高,要求选用汽油的辛烷值就越高。为提高发动机的功率,越来越多地采用高压压缩比发动机,故对辛烷值的要求日趋提高。

为提高汽油的辛烷值,可在汽油中加入抗爆添加剂。过去常用的抗爆添加剂是四乙基铅,但由于它有剧毒,且加铅汽油燃烧后的废气严重污染大气,危害人体健康,所以在我国已限制其应用。目前,为了提高辛烷值,广泛采用一种醚类化合物(以甲基叔丁基醚为代表)作为汽油掺合剂。它无毒,可有效地提高汽油的辛烷值。

航空汽油质量指标与车用汽油相似,但要求较高,如对 95 号以上的航空汽油还要求品度值。例如,名称为 95/130 号和 100/130 号的航空汽油,品度值为 130。航空汽油的辛烷值表示在贫混合气下,飞机巡航飞行时汽油的抗爆性;品度值表示在富混合气下,飞机起飞时汽油的抗爆性。95 号航空汽油用于有增压器的大型活塞式航空发动机,75 号航空汽油用于无增压器的小型活塞式航空发动机。

2. 良好的蒸发性

为了保证高转速点燃式发动机的正常工作,汽油必须具有良好的蒸发性,要在极短的时间内完全蒸发,并迅速扩散,以保证汽油在进入汽缸之前在汽化器中能与空气形成一定比例的均匀可燃混合气,进入汽缸后能完全燃烧。汽油还需要满足低温启动性、加速性、完全燃烧和不稀释润滑油的要求,因而汽油必须具有良好的蒸发性,但又要求不因头部馏分过轻而产生气阻。适度的蒸发性不仅是汽油发动机工作性能的需要,而且对环境保护也至关重要。据资料报道,汽车总排放污染物中烃类的排放量有 15%~20% 来自燃料的蒸发。

汽油在发动机中的蒸发不仅取决于使用条件(如空气的流速、温度和压力以及雾化程度等),也取决于汽油自身的性质(如馏程、饱和蒸气压等)。馏程和蒸气压是评价汽油蒸发性能的指标。国家标准中对汽油的馏程和蒸气压都有明确规定。车用汽油的馏程为 35~205℃。

汽油的 10% 馏出温度反映了其启动性和产生气阻的倾向。为了适应启动性和防止气阻相互矛盾的要求,一般需要控制 10% 馏出温度在一定的范围内(如 10% 馏出温度不高于 70℃, 90% 馏出温度不高于 190℃ 等),并在不同的气候条件下对汽油的蒸气压加以适当的调整,以保证发动机的启动、加速和正常运转的需要。为了避免汽油在使用中发生气阻,对汽油产品质量规定了蒸气压指标,以保证汽油在使用中既有良好的蒸发性,同时又将其蒸气压限制到一定程度,从而避免汽油过于汽化而在输油管路中形成气阻,致使供油中断,造成停车。

3. 抗氧化安定性

汽油产品在储存和使用过程中要求颜色基本不变,并且不生成粘稠胶状沉淀物。影响汽油安定性的因素主要有汽油含有的不饱和烃类及容易氧化变质的硫、氮化合物。

使用安定性差的汽油会造成喷油嘴堵塞、火花塞因积炭而短路、排气阀关闭不严、汽缸壁积炭而使传热恶化等,使发动机不能正常工作。汽油的安定性与其化学组成有关,如果汽油中含有大量不饱和和烃,在储存期间,这些不饱和和烃易氧化形成胶状物质并造成结焦,沉积于油箱、管路,从而影响发动机的正常运转。

4. 无腐蚀性

汽油中的硫化物、酸性物等杂质是引起腐蚀的根源。汽油质量标准中对这些杂质都作了相应的规定。

二、煤油

过去,煤油主要用于照明以及煤油炉等。通常的煤油指照明用煤油,包括灯用煤油与信号灯煤油,其馏程约为 150~320 °C,介于汽油和柴油之间。

目前,煤油绝大部分用作喷气燃料,称作航空煤油。它的国产喷气燃料品种牌号有 5 种,代号为 RP-1,RP-2,RP-3,RP-4,RP-5。其中,RP-1 号冰点低,适用于高空和寒冷地区;RP-2,RP-3 号用于远程大型飞机;RP-4 号用于亚音速飞机;RP-5 号专供舰载飞机使用。

1. 灯用煤油

灯用煤油简称灯油,主要用于照明,也可用作加热器、喷灯、煤油炉等的燃料,还可用来清洗机件或作为农药、溶剂油的溶剂等。

对灯油的质量要求主要有以下几个方面:

1) 足够的光亮度

不但要求光亮度足够,而且在持续点燃的一定时间内要求光亮度下降平稳,变化幅度不大。

在各类烃中,烷烃和环烷烃燃烧较完全,无烟、火焰高,但光亮度下降较快,故灯用煤油应含有一定量的芳烃。芳烃虽不易燃烧完全,且有烟、火焰高度低,但具有光亮度下降慢的特点。

2) 良好的吸油性

点燃时灯芯吸油应通畅,因此对灯用煤油的馏程有一定的要求。重馏分油的粘度大,对吸油不利,应限制其含量。

3) 足够的安全性

从储存和使用安全的角度考虑,轻质馏分不宜过多。为确保安全并控制耗油量,规定最低闪点为 40 °C。此外,因为含硫油的燃烧产物对人体有害,因而限制含硫量不大于 0.1%。

随着电力工业的发展,灯用煤油的用量已越来越少。

2. 喷气燃料(航空煤油)

喷气燃料也叫航空煤油,用于涡轮喷气式飞机。因喷气式飞机以高速长途飞行于高空,为确保安全,对燃料性能要求比较严格,现就与其燃烧性能和低温性能有关的要求作一简要说明。

1) 高发热量

发热量是指单位质量燃料燃烧时产生的热值。对于喷气式飞机,由于飞行高度高、速度快、航程长,故要求燃料具有较高的发热量,同时又要求具有较高的相对密度或密度,以便减小油箱的体积和质量,所以通常规定喷气燃料的发热值不得低于 10 250 kcal/kg(1 cal=4.2 J),相对密度不得小于 0.775。

发热量和相对密度(或密度)与燃料的化学组成有关。在各种烃类中,烷烃的发热值最高,环烷烃次之,芳烃最低;芳烃的相对密度最大,其次为环烷烃,烷烃最小。同一种烃类中,如果异构程度增加,发热值一般保持不变,但相对密度增大。综合考虑发热量和相对密度两项指标,喷气燃料的最理想的组合为带支链的环烷烃。

2) 低积炭生成倾向

生成积炭的倾向叫生炭性。喷气燃料在燃烧过程中会产生炭质微粒,积聚于喷嘴及火焰筒壁上形成积炭。积炭会恶化燃烧过程,并使机件因局部过热而变形,甚至损伤机件,使发动机不能启动。

影响积炭的最主要因素是燃料的组成。燃料组分的碳氢比越大,生炭倾向越严重。芳烃生炭的倾向最大,烷烃的最小,因此燃料含芳烃过多时极为不利。

3) 适宜的馏分和粘度

粘度是喷气燃料的一项重要指标,它直接关系到雾化质量,从而对燃烧好坏有很大影响。馏分关系到燃料的挥发性,从而影响其燃烧的完全程度。所以,对粘度与馏分都要提出一定的要求,例如将喷气燃料的终馏点限制在 300 ℃ 以下;为使燃料在发动机内完全燃烧,对其中的芳烃含量、碳氢比、萘含量都有一定的要求。规定喷气燃料中的芳烃不超过 20%(体积分数),5 号喷气燃料的芳烃不超过 25%(体积分数)。有些军用喷气燃料要求其氢含量不低于 13.5%。为了使喷嘴能将燃料很好地雾化以保证完全燃烧,在 -20 ℃ 下允许的最高粘度值应不高于 8.0 mm²/s。

4) 良好的低温性能

喷气飞机的飞行高度多在万米以上,气温很低,尤其在冬天,油温可达 -50 ℃ 以下。低温下的燃料将发生烃类结晶和溶解于油中的水分结冰析出现象,使燃料滤清器堵塞,影响供油。为了保证飞机上燃料油泵的正常运转,要求喷气燃料有适宜的粘度和在高空低温条件下油品不致析出冰晶和蜡晶体。我国喷气燃料经过多次高空测温,证明 -50 ℃ 的结晶温度可以保证飞行安全,同时为防止冰晶析出,一般需要加入防冰剂。

燃料的低温性能与烃类的组成及含水有关。高分子正构烷烃和某些芳烃结晶点较高。结晶点低对使用有利,但如果过低,则会影响产品收率,对生产厂不利。目前,我国广泛使用的是 1 号和 2 号两种喷气燃料。这两种燃料的主要区别是结晶点不同,其中 1 号结晶点在 -60 ℃ 以下,2 号结晶点在 -50 ℃ 以下,其他质量指标基本相同,可供不同季节及不同地区使用。当燃料油中含水多时,由于高空油温降低,水的溶解度减小,水分易结冰析出。此外,各种烃类的溶水性也不同,其中芳烃的溶水性好,故燃料中含芳烃多易出现结冰现象,使其低温性能恶化。

综上所述,含芳烃多对喷气燃料是不利的,故规定喷气燃料的芳烃含量不得超过 2%。另外,对喷气燃料的安定性、腐蚀性、洁净度、润滑性等也都有较高的要求,此处不再赘述。

三、柴油

柴油主要作为内燃式发动机(柴油机)的燃料。我国的柴油机燃料分为馏分型和残渣型两类。馏分型柴油机燃料即为柴油,其又分为轻柴油和重柴油。转数为 1 000 r/min 以上的高速柴油机要用轻柴油,重柴油则用于中转速(500~1 000 r/min)和低转速(小于 500 r/min)柴油机。残渣型柴油机燃料目前主要用于船用大功率、低转速柴油机,故又称船用残渣燃料油。

轻柴油按凝点划分牌号,重柴油和残渣型柴油机燃料按粘度划分牌号,它们均由不同牌号构成系列产品。大量应用的是轻柴油,其按凝点高低分为 6 个牌号:5 号(凝点不高于 5 ℃)、0 号(凝点不高于 0 ℃,以此类推)、-10 号、-20 号、-35 号、-50 号。低凝点柴油主要用于寒冷地区。不同粘度的重柴油和残渣型柴油机燃料适用于不同类型和转速的柴油发动机。

由于轻、重柴油的使用条件不同,所以对它们的质量指标制定了不同的标准,现以轻柴油为例进行说明。普通轻柴油的质量要求主要有以下几个方面:

1. 良好的燃烧性能

柴油喷入发动机汽缸后,如果不能迅速发火自燃,则汽缸内将积存大量柴油同时燃烧,使汽缸内的压力和温度急剧升高,造成发动机运转不平稳,功率下降,机件损伤,即发生类似于汽油机的爆震现象。柴油机的燃爆,表面现象与汽油机相同,但产生原因不同。虽然两者爆震均来源于燃料的自燃,但汽油机的爆震不是出现在电火花点燃初期,而是发生在燃烧过程中,由聚集的燃料太易自燃所引起;而柴油机的爆震原因正好相反,是由于柴油不易自燃,开始自燃时燃料在汽

缸中集聚太多造成的。

柴油的燃烧性能常以十六烷值表示。十六烷值越高,柴油的发火性越好,燃烧性能越好;十六烷值越低,则发火性越差,爆震现象越严重。发火性的好坏和抗爆性的好坏是一致的。烷烃的自燃点最低,环烷烃次之,芳烃最高,所以含烷烃多、芳烃少的柴油发火性好。作为比较,选择了两种烃作为标准:一种是正十六烷,其发火性好,将其正十六烷值定为100;另一种是 α -甲基萘,其发火性差,将其十六烷值定为0。如果柴油的抗爆性与45%的正十六烷和55%的 α -甲基萘组成的混合物相同,则该柴油的十六烷值就是45。

使用十六烷值高的柴油,柴油机燃烧均匀,热功率高,节省燃料。但十六烷值并非越高越好。当十六烷值达到50以上时,再继续增大,效果不明显,且当十六烷值大于60~75后,反而会因裂化形成大量游离碳。游离碳若来不及烧尽,将排出黑烟,增大油耗,降低功率。因此,应当根据柴油机转速的不同,选用具有适宜十六烷值的柴油。当转速高时,选用柴油的十六烷值应相应提高。

柴油的燃烧性能还与其馏分有关。馏分轻则易蒸发,可加速燃烧,缩短启动时间;但过轻时又会因自燃点过高不易发火而引起爆震。通常柴油的馏程为200~365℃。此外,标准还规定了50%,90%馏分的最高馏出温度。

2. 良好的低温性能

柴油馏分中含有大量的高分子烷烃,其含量越高,凝点也越高,因而在低温下易析出结晶蜡而失去流动性,从而影响发动机的正常运转。柴油的凝点应比使用地区当时的最低温度低5℃以上,以保证发动机正常工作。

3. 适宜的粘度

柴油的粘度与它在柴油机中供油量的大小以及雾化的好坏有着密切的关系。粘度过大或过小都会对柴油机的工作造成不良影响。柴油的粘度关系到发动机供油系统的正常工作,影响喷油雾化的质量以及燃料在发动机中蒸发和燃烧。高、中、低速柴油机均需要有一个适宜粘度范围的燃料。为了保证柴油机的正常工作,要求柴油机燃料应有适当的粘度。

除上述要求外,轻柴油还应具有良好的蒸发性、安定性和无腐蚀性。

四、润滑油

润滑油是石油产品中品种、牌号最多的一大类产品,它由基础油和各种添加剂按照一定的配方调合而成。

1. 润滑油的分类

我国润滑油基础油有三大系列:一是粘度指数大于95的以大庆石蜡基原油为代表的低硫石蜡基基础油系列;二是粘度指数大于60的以新疆中间基原油为代表的中间基基础油系列;三是环烷基原油生产的基础油系列。另外还有一些经过特殊精制以调制某些特种油品的基础油和近年开发的采用加氢处理生产的、粘度指数大于120的基础油,非矿物油基的合成润滑油。由于各种机械的使用条件相差很大,它们对所需润滑油的要求也不大一样,因此润滑油按其使用的场合和条件的不同分为很多种类。为了方便起见,将润滑油按其使用场合分为以下几类:

(1) 内燃机润滑油:包括汽油机油、柴油机油等。这是需求量最多的一类润滑油,约占润滑油总量的一半。

(2) 齿轮油:在齿轮传动装置上使用的润滑油,其特点是在机件间所受的压力很大。

(3) 液压油及液力传动油:在传动、制动装置及减震器中用来传递能量的液体介质,同时起润滑及冷却作用。

(4) 工业设备用油:包括机械油、汽轮机油、压缩机油、汽缸油以及并不起润滑作用的电气绝缘油、金属加工油等。

2. 主要性能要求

(1) 适当的粘度。若粘度过低,则运动面得不到良好润滑,会产生磨损和泄漏;若粘度过高,则会增加内摩擦阻力,增加功率损失,甚至产生干摩擦。

(2) 较强的抗氧化能力。选择适宜的基础油和添加剂以提高抗氧化安定性。

(3) 良好的防腐蚀性能。通常润滑油中都加有抗磨剂和油性剂并添加抗氧抗腐剂以阻止氧化。

此外,还有其他的性能要求,如良好的抗磨性、低温流动性及耐负荷性能等。

五、燃料油

燃料油主要用作加热炉、锅炉的燃料等,可为工业、家庭(供暖)提供热能,广泛用于冶金、金属加工、炼焦、陶瓷、玻璃等工业。大部分燃料油由渣油和柴油馏分调合而成,有些是减粘裂化的产物,一般对颜色没有特别要求。按石油和石油化工行业 SH 0356—1996 质量标准,燃料油分 1 号、2 号、4 号轻、4 号、5 号轻、5 号重、6 号和 7 号 8 个牌号。1 号、2 号油是馏分燃料油,适合在家庭或工业小型燃烧器上使用,特别是 1 号油适用于汽化型燃烧器,或用于要求低倾点燃料的场合。4 号轻、4 号油是重质馏分燃料油,适用于要求该粘度范围的工业燃烧器。5 号轻、5 号重、6 号和 7 号油是粘度和馏程范围递增的残渣燃料油,适用于工业燃烧器。为了便于装卸和正常雾化,此类燃料油通常需要预热。燃料油牌号越高,粘度越大。

燃料油应具有良好的泵送性能、雾化性能和燃烧性能,以及腐蚀性小、稳定不分层、闪点较高、安全性好等特性。

对燃料油的质量要求主要是含硫量低、腐蚀性小、粘度适宜、雾化良好、燃烧完全、挥发性较小、闪点较高,以保证储存和运输中的安全。其中,粘度是燃料油的重要指标。粘度过大会导致燃料的雾化性能恶化,使喷出的油滴过大,造成燃烧不完全,燃烧炉热效率下降。所以,使用粘度较大的燃料油时必须经过预热,以保证喷嘴要求的适当粘度。低粘度燃料油的质量指标中规定了其 400 °C 运动粘度的范围,而对于高粘度燃料油则以其 100 °C 运动粘度为指标。对于低粘度的燃料油,质量标准中要求其倾点不能太高,以保证其在储运和使用中的流动性。而对于粘度较大的燃料油,因使用时需加热,所以一般不控制其倾点。燃料油中的含硫化合物在燃烧后均生成二氧化硫和三氧化硫,它们会污染环境,危害人体健康,同时遇水后变成的亚硫酸和硫酸会严重腐蚀金属设备,所以对各牌号燃料油的含硫量都有相应的控制要求。

除上述产品外,石油炼制还可生产出作为溶剂或稀释剂的溶剂油,用于建筑或铺路的沥青,用于工业燃料的石油焦,以及通过其他深加工方法生产出各种化工原料与化工产品,如烯烃(乙烯、丙烯与丁二烯)、芳烃(苯、甲苯、二甲苯和萘)、炔烃(乙炔)及合成橡胶、合成塑料、合成纤维、合成树脂、合成洗涤剂、农药与肥料等。

思考题

1. 石油主要含有哪些烃类化合物和非烃类化合物? 非烃类化合物会对油品产生什么影响?

2. 什么是油品的初馏点? 什么是油品的干点(终馏点)?
3. 什么是馏分? 什么是馏程? 两者之间有什么关系?
4. 石油的密度大小与它的组成有什么关系?
5. 什么是石油的凝点? 凝点的高低主要受哪些因素影响?
6. 什么是油品的闪点、燃点和自燃点? 它们的高低受哪些因素影响?
7. 石油产品主要分为哪几类? 它们的主要用途是什么?
8. 车用汽油有哪几种牌号? 目前常用的是哪种牌号? 牌号表示什么意思? 对车用汽油的主要质量要求是什么?
9. 评定汽油抗爆性的指标是什么? 说明其具体含义。
10. 汽油中的不饱和烃、硫化物、酸性物会产生什么不良影响?
11. 轻柴油与重柴油分别用于何种发动机? 它们的牌号有哪些? 对轻柴油的主要质量要求有哪些?
12. 评价轻柴油燃烧性能的指标是什么? 该指标是如何确定的?
13. 为什么要求柴油有良好的低温性能?