



轮机管理

LUNJI GUANLI

主 编 蒋德志 史绍华

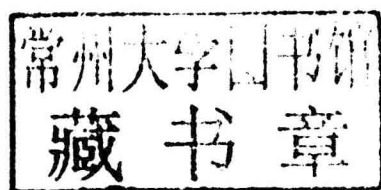
副主编 李 斌

主 审 潘新祥

大连海事大学出版社

轮机管理

主 编 蒋德志 史绍华
副主编 李 斌
主 审 潘新祥



大连海事大学出版社

© 蒋德志,史绍华 2014

图书在版编目(CIP)数据

轮机管理 / 蒋德志,史绍华主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2014. 7
ISBN 978-7-5632-3039-6

I. ①轮… II. ①蒋…②史… III. ①轮机管理—高等职业教育—教材 IV. ①U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 167872 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail:cbs@dmupress.com

大连华伟印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2014 年 7 月第 1 版

2014 年 7 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm

印张:20.25

字数:502 千

印数:1 ~ 1500 册

出版人:徐华东

责任编辑:沈荣欣

责任校对:任芳芳

封面设计:王 艳

版式设计:解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3039-6

定价:39.00 元

内 容 简 介

本书内容包含了油料管理、备件与物料管理、轮机档案与技术资料的管理、船机维修过程、船机零件的常用修复工艺、船机零件无损检验与轮机故障诊断技术、修船管理、船舶营运经济性管理、节能减排、轮机部安全操作管理、应急工况处理、机舱应急设备的使用和管理等十二个项目。本书供航海类职业院校轮机工程技术专业学生使用,也可作为船舶机务管理人员、轮机员业务学习和培训的参考资料。

前 言

进入新世纪以来,我国职业教育取得了长足发展,但是与经济社会发展的要求相比还有很大的差距,在整个教育事业中还处于相对薄弱的环节。高职教育的人才培养目标为高素质技术技能型人才,它不强求理论知识的系统性、科学性和完整性,只要能够满足岗位需求与操作技能的需要即可。符合高职教育特点的工学结合优质教材必须要体现出实践性要求,具有很强的岗位针对性,重在职业能力的培养和训练。因此,基于工作过程导向,融“教、学、做”为一体的工学结合教材是高职院校提高教学质量的保证,也是真正实现高职教育人才培养目标所亟需的。

目前,我国航海职业院校的教材大多为“学科系统化”教材,课程内容多是本科课程广度和深度的简化,内容的选取和组织按照学科知识逻辑排列,系统性和完整性强,但是这样的课程内容安排不符合航海职业的工作逻辑,学生学习的内容与将要工作的内容不一致,导致人才培养目标与企业需求不一致,学生听不懂,教师教不会,双方都没有积极性。因此,开发理论讲述够用、案例生动、通俗易懂、操作性强、具有鲜明时代性和较强实用性的工学结合教材迫在眉睫。

通过企业调研和专家论证,明确了本专业的典型工作岗位。按照“课程设置基于岗位能力、课程标准基于职业标准、课程内容基于工作任务、课程教学基于教学做一体化”的建设思路,设置了基于典型岗位能力的专业课程,确定了基于轮机管理工作任务的课程内容。为了满足“理实一体化”教学和学生未来从事工作岗位的需要,我们与青岛远洋运输有限公司合作,共同编写了本书。本书内容取材于典型工作任务,既涵盖完成实际工作任务所需的知识,也可训练学生的动手能力,把学生应用能力培养及岗位工作标准融汇于教材之中,同时考虑到学生日后工作的实际需要,本书设计了油料管理、备件与物料管理、轮机档案与技术资料的管理、船机维修过程、船机零件的常用修复工艺、船机零件无损检验与轮机故障诊断技术、修船管理、船舶营运经济性管理、节能减排、轮机部安全操作管理、应急工况处理、机舱应急设备的使用和管理等十二个项目。每个项目根据内容的不同,又设计了若干任务。本书的“项目”结构为“知识目标—技能目标—必备知识—课后作业—工作任务”,通过分析实际工作任务的实施流程,“任务”的结构设计为“工作目标—材料用具—工作过程—考核内容与评分标准”。

全书由青岛远洋船员职业学院蒋德志教授、青岛远洋运输有限公司史绍华高级轮机长共同主编,大连海事大学潘新祥教授主审。本书共有十二个项目,项目二、项目十由蒋德志教授

编写,项目八由史绍华高级轮机长编写,项目一、项目五由李斌轮机长编写,项目九由青岛港湾职业技术学院孙增华副教授编写,项目十一由李福海副教授编写,项目三由丁立勋副教授编写,项目六由李成福轮机长编写,项目七由张刚轮机长编写,项目四由杨永建轮机长编写,项目十二由孙福春讲师编写。

本书在编写过程中得到了青岛远洋运输有限公司孙文军轮机长、李照锋轮机长、刘春江轮机长、燕广斌高级轮机长、管京波轮机长的大力支持,有关专家对本书提出了许多中肯的意见和建议。在此,向所有关心、帮助本书出版的专家、老师表示衷心的感谢!

由于编者学识水平有限,书中难免有不当之处,恳请各位专家、读者批评指正。

编 者
2014 年 5 月

目 录

项目一 油料管理	(1)
任务一 燃油管理	(18)
任务二 燃油加装	(30)
任务三 柴油机曲轴箱润滑油日常管理	(40)
任务四 柴油机气缸油管理	(46)
任务五 其他润滑油的管理	(51)
项目二 备件与物料管理	(56)
任务一 备件管理	(58)
任务二 物料管理	(62)
任务三 船用化学品管理	(64)
项目三 轮机档案与技术资料的管理	(65)
任务一 轮机档案管理	(69)
任务二 轮机技术资料管理	(71)
项目四 船机维修过程	(74)
任务一 船机拆检	(90)
任务二 清洗	(92)
任务三 船机装配	(95)
项目五 船机零件的常用修复工艺	(97)
任务一 金属扣合工艺	(123)
任务二 机械加工修复工艺	(127)
任务三 研磨工艺	(128)
任务四 焊接工艺	(136)
任务五 黏结工艺	(139)
项目六 船机零件无损检验与轮机故障诊断技术	(141)
任务一 渗透探伤的检测	(149)
任务二 柴油机性能参数分析法及应用	(150)
任务三 油液监测技术	(152)

项目七 修船管理	(155)
任务一 修理单的编制	(158)
任务二 修船的监修与验收	(159)
任务三 坞修工程	(165)
项目八 船舶营运经济性管理	(169)
任务一 降低船舶运输成本	(179)
任务二 确定船舶最佳航速	(181)
任务三 船舶动力装置的废热利用	(183)
项目九 节能减排	(187)
任务一 船舶能效营运指数(EEOI)分析	(194)
任务二 节能减排新技术	(198)
项目十 轮机部安全管理	(215)
任务一 上高和多层作业时的安全管理	(237)
任务二 吊运作业时的安全管理	(242)
任务三 焊接作业时的安全管理	(245)
任务四 检修作业时的安全管理	(248)
任务五 压力容器的使用与管理	(250)
任务六 船上封闭处所作业的安全管理	(251)
任务七 船舶机舱消防安全管理	(254)
任务八 船内通信系统的使用与管理	(256)
项目十一 应急工况处理	(258)
任务一 船舶应变部署	(275)
任务二 船舶搁浅后的应急安全措施	(280)
任务三 船舶碰撞后的应急安全措施	(282)
任务四 船舶在恶劣海况下轮机部安全管理措施	(285)
任务五 全船失电时的应急措施	(288)
任务六 船舶航行中舵机失灵时的应急措施	(289)
任务七 弃船时轮机部应急安全措施	(291)
任务八 主机遥控系统故障时的应急安全措施	(292)
项目十二 机舱应急设备的使用和管理	(294)
任务一 应急动力设备的使用与管理	(302)
任务二 应急消防设备的使用与管理	(309)
任务三 应急救生设备的使用与管理	(313)

项目一 油料管理

【知识目标】

通过学习,掌握燃油、润滑油性能指标及其分类知识;掌握船舶动力装置燃油、润滑油系统的构成及其管理技术;掌握燃油加装操作技术;明确高黏度劣质燃料油的使用与管理技术;掌握船舶燃油、润滑油的日常使用与管理技术。

【技能目标】

通过学习,合理选择船舶动力装置使用的燃油、润滑油种类;能够按操作程序正确进行燃油加装作业;对燃油(特别是高黏度劣质燃料油)、润滑油进行正确的管理与使用。

【必备知识】

一、燃油性能指标

燃油的物理化学性能指标分别从不同方面反映燃油的品质。根据其对柴油机工作的影响,大致可以分成三类:

- (1) 与燃烧性能有关:十六烷值、馏程、黏度、密度、热值。
- (2) 与燃烧产物成分有关:硫分、灰分、钒和钠的含量、残炭、沥青质、胶质。
- (3) 与燃油管理工作有关:浊点、凝点、倾点、闪点、自燃点、机械杂质、水分等。

1. 十六烷值(Cetane number)

十六烷值是评定燃油自燃性能的指标。其定义为在标准的四冲程柴油机上,将所试柴油的自燃性(通常以滞燃期长短计量)同正十六烷(十六烷值定为100)与 α 甲基萘(十六烷值定为0)的混合液相比较,当两者相同时,混合液中的正十六烷的容积百分比,即为所试验燃料的十六烷值。

十六烷值是评定燃油自燃性能(柴油机发火)的指标。燃油的十六烷值越高,自燃性能越好,在燃烧前需要的物理、化学准备时间(滞燃期)越短。以烷烃组成的燃油,发火快,燃烧压力升高速度相对比较平稳。以芳香烃组成的燃油,着火延迟期长,由于滞燃期内积累已分裂和汽化的燃料较多,一旦燃烧起来,压力急剧升高,且最大爆发压力也高,柴油机运行时相对比较

粗暴。

2. 计算碳芳香度指数(CCAI)

计算碳芳香度指数(CCAI)是 SHELL 公司提出用来测定燃料油发火性能的指标,它是根据燃料油的密度和黏度来确定的,可以用图表或下式来确定:

$$\text{CCAI} = \rho - 140.7 \lg(\nu + 0.85) - 80.6$$

式中: ρ ——15℃时的密度(kg/m^3);

ν ——50℃时的黏度(mm^2/s)。

计算出的 CCAI 值小于 850 时可以得到满意的发火性能,如果超过 860 则认为燃油的综合性能差。若 CCAI 值大于 875 时,燃油难以发火,柴油机运行时出现下列问题:

①柴油机启动困难。

②柴油机运行粗暴。

③燃烧室部件脏污。

3. 黏度(Viscosity)

黏度是对液体内分子摩擦的量度,表示液体流动时分子间的内阻力,作为评定燃油流动性的指标。它是石油产品最重要的性能指标。

燃油的黏度对驳运、净化、雾化和燃烧等都有很大影响。黏度在很大程度上决定雾化的形状和颗粒大小。当黏度过高时,由于燃油的流动性差,分散较困难,燃油形成的油雾颗粒大,雾化锥体瘦而长,与空气混合不均匀,导致燃烧不完全;当黏度过低时,雾化锥体粗而短,向四周扩散,没有达到设计规定的距离,造成局部混合浓度不良,同样不利于燃烧,同时会使高压油泵的柱塞和套筒偶件及喷油器的针阀偶件因润滑不良而过度磨损。

由于各国对燃油黏度采用不同的计量方法,因此就有不同的黏度单位。燃油的黏度计量主要有绝对黏度和条件黏度(或相对黏度)两种方法。绝对黏度表示内摩擦系数的绝对值,相对黏度是在一定条件下测得的相对值,并因测定仪器而异。属于绝对黏度的有:动力黏度和运动黏度;属于相对黏度的有:恩氏黏度、赛氏黏度和雷氏黏度。

(1)动力黏度:动力黏度是两个相距 1 cm,面积各为 1 cm^2 的液体层相对运动速度为 1 cm/s 时所产生的阻力。工程单位制为 $\text{g}/\text{cm} \cdot \text{s}$ (克/厘米·秒:泊),国际单位制为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒),1 $\text{Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ g}/\text{cm} \cdot \text{s}$ 。

(2)运动黏度:运动黏度是动力黏度与同温度下该液体的密度之比。国际单位制为 m^2/s (平方米每秒:斯)或 mm^2/s (平方毫米每秒),通常使用工程单位 cSt (厘斯),1 cSt = 1 mm^2/s 。

(3)恩氏黏度(Engler):在特定温度(如:50℃、80℃、100℃)下,200 cm^3 液体从恩氏黏度计流出所需时间与同等体积蒸馏水在 20℃ 流出所需时间之比。是一个无因次量,符号是 $^{\circ}\text{E}$ 。俄罗斯采用恩氏黏度(Engler)。

(4)赛氏黏度(saybolt):在特定温度(如 37.8℃,即 100°F)下从赛氏黏度计流出 60 cm^3 所需的时间,以“s(秒)”为单位。赛氏黏度又分为赛氏通用黏度(Saybolt Universal,常用 SSU 表示)和赛氏重油黏度(即赛氏佛罗(Saybolt Furol)黏度,常用 SSF 表示)两种,其差别在于所用黏度计的测量孔径,前者较小,后者较大。一般地,当以赛氏通用黏度计测得流出时间超过 2 000 s 时,则改用赛氏重油黏度计测量,在数值上,SSF 约等于 SSU 的 10 倍。美国采用赛氏通用黏度(Saybolt Universal;SSU)。

(5)雷氏黏度(Redwood):在特定温度(如 37.8℃,即 100°F)下,从雷氏黏度计流出

50 cm³所需的时间,以“s(秒)”为单位。雷氏黏度又分为雷氏 1 号(Redwood No. 1, R I 表示)和雷氏 2 号(Redwood No. 2, R II 表示)两种。英国采用雷氏黏度(Redwood)。

各种黏度表示法的换算关系:

恩氏黏度(°E) = 0.132 × 运动黏度(mm²/s);

赛氏黏度(s) = 4.62 × 运动黏度(mm²/s);

雷氏黏度(s) = 4.05 × 运动黏度(mm²/s)。

国际标准化组织(ISO)规定,以 50 ℃ 时的运动黏度(Kinematic viscosity)作为世界各国通用的标准黏度单位,国际单位制的计量单位是 mm²/s,以往较通用的单位是 cSt。

4. 密度与相对密度(习惯上称比重, Specific gravity)

燃油在温度 t (℃) 时单位体积的质量称为密度,单位 kg/m³ 或 g/cm³。在 20 ℃ 时的密度称为标准密度 ρ_{20} 。燃油在 20 ℃ (国外为 15.6 ℃) 时的密度与 4 ℃ (国外为 15.6 ℃) 时纯水的密度比值称为相对密度。

密度对燃油的使用管理有很大的意义。根据密度和油舱容积可以计算出燃油的装载量(应该按装油温度进行修正);应该根据燃油密度的变化正确选择分油机的比重环;喷油泵的喷油量是以容积为基础的,更换不同密度的燃油时,油量调节机构不变而喷油泵的循环供油量不同,柴油机的转速将相应变化。

5. 热值(Calorific value)

1 kg 燃油完全燃烧时所放出的热量称为燃油的热值或发热量。其国际单位是 kJ/kg,工程单位是 kcal/kg。热值又有高热值和低热值之分。不计入燃烧产物中水蒸气的汽化潜热的热值称为低热值,用“ H_u ”表示。实际使用中,在内燃机和锅炉的工作条件下,燃油的燃烧产物中水蒸气的汽化潜热不能被利用,所以都以低热值计算。

燃油的热值与相对密度有关。轻柴油的基准低热值为 $H_u = 42\,700$ kJ/kg,重油的基准低热值为 $H_u = 42\,000$ kJ/kg,ISO 规定的基准低热值为 $H_u = 42\,707$ kJ/kg。

6. 硫分(Sulphur content)

燃油中所含硫的质量百分比称为硫分,又称含硫量。

燃料中含硫是十分有害的。硫在燃油中主要以硫化物存在,酸性的硫化氢(H₂S)和硫醇(RSH),在液态下对燃油系统的管道、容器、油泵和喷油器等设备会产生腐蚀。硫在燃烧后产生二氧化硫(SO₂)和三氧化硫(SO₃),在温度较低时容易与水蒸气结合成亚硫酸(H₂SO₃)和硫酸(H₂SO₄),使设备发生腐蚀。由于一般硫酸在低温处存积,因此也叫低温腐蚀。另外,硫的燃烧产物使碳氢化合物加速聚合,致使气缸中结炭又多又硬,并且还促使润滑油氧化变质,致使气缸壁和活塞环加速磨损。低水平的硫含量可能导致十字头式柴油机会有碱性沉淀物形成的危险。然而,高硫含量兼低负荷,低温和潮湿废气,会导致腐蚀。

研究表明,这与二氧化硫、三氧化硫和水形成硫酸的露点有关。如果气缸壁的温度高于硫酸的露点,这些燃烧产物不会凝结成硫酸,并随排气到大气中,不会产生上述危害。如果气缸壁温度低于硫酸的露点,则二氧化硫和水就凝结成硫酸和亚硫酸,附在气缸壁上。硫酸对金属有强烈的腐蚀作用,而亚硫酸危害相对较小。由于露点温度随压力变化而变化,当压力升高时,露点温度也升高,在使用同样高硫分重油时,平均有效压力高的柴油机被硫酸腐蚀的可能性更大。在露点以下的腐蚀区中存在最大的腐蚀点,即硫酸的凝结量最大,这大致在露点以下 30 ℃ 左右的范围内出现,因此在实际运行中应该尽力避开。虽然气缸壁的工作温度在露点之

上,但燃油燃烧生成的二氧化硫附在气缸壁上,会使润滑油的品质恶化。由于润滑油加速氧化变质,在活塞环活动区域生成较硬的结炭,引起气缸套腐蚀磨损加速。因此,柴油机使用高硫分燃油时,除了正常的摩擦磨损外,还伴有腐蚀磨损和炭化颗粒的摩擦磨损。在 20 世纪 50 年代柴油机使用燃料油的初期,发生过活塞环活动区域严重积炭和脏污,气缸套和活塞环过度磨损,并出现各种故障。20 世纪 50 年代末,发展了高碱性气缸油和有一定碱值的曲轴箱润滑油(系统油),不仅有效地防止了硫的腐蚀磨损,并能清洗去除活塞环活动区域生成的结炭和脏污,气缸套和活塞环的磨损率得以降低。具有碱性添加剂润滑油的出现,为在柴油机中使用重质燃油创造了良好的条件。

因此,燃油含硫的危害,可以通过提高气缸套冷却水温度,使用高碱性气缸油和碱性润滑油等措施,予以减轻或消除。

近年来为了防止大气污染、酸雨等危害,控制船舶的 SO_x 排放,国际海事组织对船用燃料的含硫量进行了严格的限制。MARPOL 公约附则 VI——防止船舶造成大气污染规则对燃油的含硫量做出了限制。IMO 海洋环境保护委员会 MEPC (Marine Environment Protection Committee) 于 2008 年 10 月 6 日到 10 日召开的第 58 次会议要求:在全球范围内,2012 年 1 月 1 日船用燃油的硫含量从 4.5% 减到 3.5%,到 2020 年 1 月 1 日进一步减到 0.5%;在硫排放控制区域 SECA (Sulphur Emission Control Area) 内,2010 年 7 月 1 日船用燃油的硫含量从 1.5% 减到 1.0%,到 2015 年 1 月 1 日进一步减到 0.1%。航行于国际航线船舶的轮机管理人员,要具有使用含硫燃料的相关知识。

7. 灰分及其钒含量、钠含量 (Ash, Vanadium, Sodium content)

灰分是在规定条件下燃油完全燃烧后剩余残留物的重量百分比,主要包括某些金属盐类和固体物。灰分中常含有钾、钠、钙、镁、铁、硅、钒等。灰分是油溶性的,无法用分油机净化处理,因为分油机只能除去燃油中的机械杂质、淤渣和水分。灰分属于磨料,从数量上说,在燃油油中含量小于 0.03%,但它的存在会加剧气缸的磨粒磨损(参见图 1-2)。

灰分中钒和钠燃烧后生成五氧化二钒和氧化钠,它们和一些有机化合物及某些共熔混合物,都具有低熔点或软化点。例如,钒和钠燃烧后生成的化合物 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{V}_2\text{O}_4 \cdot 5 \text{V}_2\text{O}_5$ 熔点为 625°C , $5\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{V}_2\text{O}_4 \cdot 11 \text{V}_2\text{O}_5$ 熔点为 535°C ,当 V_2O_5 与 Na_2SO_4 形成的共熔混合物,二者比例为 4:6 时,熔点更低,仅为 300°C 。

钢铁在较高温度下会发生氧化。氧化后在表面上生成一层 Fe_2O_3 或 Fe_3O_4 保护膜,使基体不再继续氧化腐蚀。当钒、钠低熔点化合物附着在金属表面时,会破坏氧化铁保护膜,使金属裸露,并迅速发生氧化还原反应而遭受腐蚀。这种腐蚀主要发生在排气阀或废气涡轮喷嘴环上,形成腐蚀凹坑,并向纵深发展,造成零件变形,继而崩碎脱落。由于这种腐蚀发生在高温区域,所以称为高温腐蚀。柴油机防止高温腐蚀的措施是:加强冷却,控制排气阀温度低于 550°C ,以及在燃油中加入某些添加剂,防止低熔点混合物产生。钠的主要来源是海水漏入燃油中,因此应防止海水对燃油的污染。

8. Al + Si 的含量

Al + Si (主要是 Al_2O_3 和 SiO_2) 是催化颗粒,它们硬度很高(参见图 1-1),可能导致磨粒磨损(参见图 1-2)。如果 Al + Si 的数量超过 60 ppm 就必须采取措施。即使它们的含量在 ISO8217:2005 燃料指标的许可范围内,可是有些催化颗粒的体积微小,经过催化分解后,依然在燃料内保留较高浓度。这些颗粒磨损腐蚀性非常高,迅速擦损气缸和高压燃料系统组件,除

非它们能在燃料处理前用分油机有效地去除。

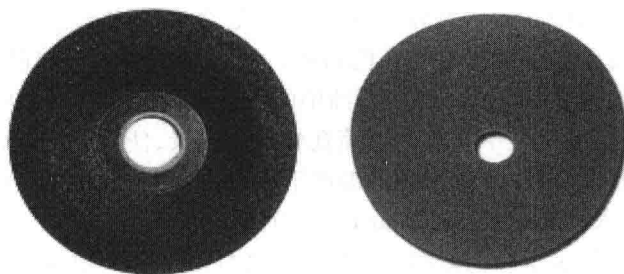
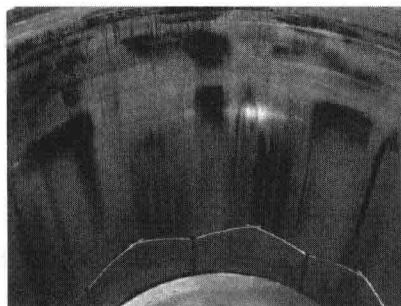


图 1-1 Al + Si 硬度极大



(a) 磨粒磨损导致缸套拉缸



(b) 燃烧产生的金属颗粒附着在缸套上

图 1-2 磨粒磨损

9. 残炭、沥青分 (Carbon residue, Hard asphalt)

燃油在隔绝空气条件下加热蒸发,使之干馏,最后在坩锅底部剩下一部分鳞片状焦炭剩余物,这就是残炭。它占整个试验油重量的百分比,称为残炭值。残炭值表示燃油在燃烧的过程中形成结炭结焦的倾向(并不等于结炭值)。残炭的组成物主要是一些不易挥发的、受热时易分解随后缩合的成分,如稠环芳香烃、胶质、沥青质等。这些碳氢比较高的化合物,在燃烧过程中往往会发生不完全燃烧,变成游离碳,在柴油机的活塞环、活塞顶、排气阀等处存积。其危害是:增加热阻引起过热,加剧磨损,使喷油器喷孔堵塞,气阀卡住,污染润滑油等(参见图 1-3)。

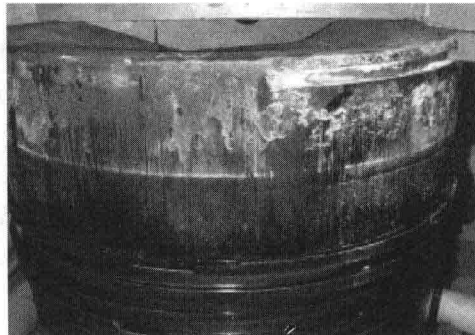


图 1-3 劣质燃油燃烧产物

由于产地的不同,燃料油中的残炭值可能高达 12% ~ 14%,在使用中当然希望残炭值低些为好。润滑油可以用残炭值来判定润滑油的精炼的深度。这是一个重要的控制指标。

沥青分表示沥青占燃油重量的百分比。它主要用来判定原油的成分和残油内的沥青含

量,便于有目的地提炼和利用。它的含量在原油中可能多达 30% ~ 40%,少的也有百分之几。

沥青和胶质都是石油中的多环大分子量芳香烃,悬浮在油中成胶状。胶质在一定的条件下会转化成沥青。胶质是黏稠的深黄或棕色物质。沥青是深褐色的非晶态物质,不溶于石油醚,而溶于苯,其分子量为 3 000 ~ 5 000。石油中的沥青全部集中在残油中。

沥青很难燃烧,容易在气缸中及喷油器喷孔外形成积炭,使雾化变差,导致滞燃期变长,产生后燃,致使排气冒黑烟。同时在正常分油温度下,沥青悬浮于油中不易分离。

10. 浊点、倾点、凝点 (Cloud point, Pour point, Freezing point)

浊点、倾点、凝点都是表示燃油低温流动性和泵送性的一个重要指标。

在规定的试验条件下,燃油降低温度后,开始析出石蜡结晶体并变混浊时的温度,称为浊点。

在规定的试验条件下,燃油温度继续下降,析出的石蜡结晶体不断增加,燃油仍然能倾倒和流动的最低温度称为倾点,又称为流动点。

温度下降到析出的石蜡结晶体形成网状、立体的结晶骨架,将其余的油质包围起来,整体油料开始停止流动,这时的温度称为凝点。

我国是用凝点来划分柴油规格的,国外则较多使用倾点。通常,燃油的浊点高于凝点 5 ~ 10 °C,倾点高于凝点 3 ~ 5 °C,倾点和凝点的温度差约为 2.8 °C。它们是燃油的重要指标,在油料运输、储存、收发和在机械或仪器中使用时,都是一个重要的性能指标。燃油的温度低于浊点时将使滤器堵塞,供油中断;燃油温度低于凝点时将无法泵送。从使用观点看,浊点是比较凝点更重要的指标,燃油的使用温度至少应高于浊点 3 ~ 5 °C。

11. 闪点、自燃点 (Flash point, Fire point)

考察燃油的挥发性成分可能发生爆炸、火灾危险程度的指标有两个:闪点和自燃点。

在规定的加热条件下,燃油的蒸馏气体和周围空气形成可燃混合气,当火焰接近时发出不能持续的闪火的最低温度,称为闪点。根据测定方法和仪器的不同,闪点可以分为开口闪点和闭口闪点两种。在开口的容器内(常压)加热测定闪点的温度,称为开口闪点;在封闭容器内(加压)加热测定闪点的温度,称为闭口闪点。显然闭口闪点比开口闪点温度要低,因为这时油气不容易逸出。

闪点的实质是油蒸气和空气的混合气遇火焰后发生迅速的氧化反应。油蒸气数量微小时,产生闪火;混合气数量较大时,反应生成热,使气体迅速膨胀,发生爆炸。这种爆炸有个浓度范围,即爆炸极限(上限和下限),也就是说需要有一定的油气比例。

SOLAS 公约规定燃油的闪点不得低于 60 °C。

将油品加热到很高温度,然后使之和空气接触,但并不给它引火,油品发生剧烈氧化的火焰,并能自行燃烧的最低温度,称为自燃点。通常,油品的闪点越低,自燃点就越高。因此汽油适用于点燃式发动机。反之,闪点越高,自燃点就越低。因此柴油和燃料油适用于压缩式发动机。

12. 机械杂质、水分 (Mechanical impurities, Water content)

燃油中所含不溶于汽油或苯的固体颗粒或沉淀物的质量百分数称为机械杂质。轻柴油以上等级的燃油不允许含有机机械杂质,重柴油以下等级的燃油允许含有少量机械杂质。精炼的润滑油不能含有机机械杂质,一般等级的润滑油和含有添加剂的润滑油允许含有少量的机械杂质。

原油中几乎没有机械杂质存在。机械杂质是在运输、储存以及加工过程中混入的非油性固体物而产生的,而且用泵每驳运一次,机械杂质的数量就会增加一次。燃油中的机械杂质不能燃烧,容易造成供油管路、滤器和喷油器喷孔堵塞,并使喷油泵和喷油器产生严重磨损,也会使气缸异常磨损(参见图 1-4、1-5)。

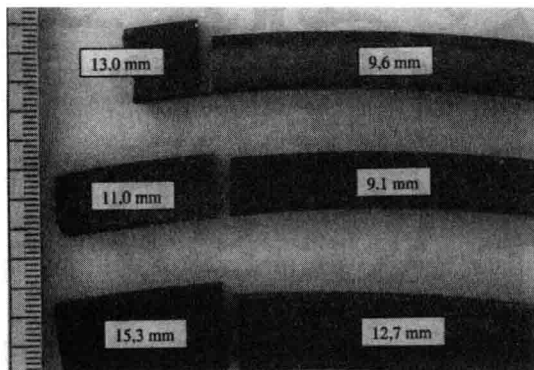


图 1-4 活塞环异常磨损

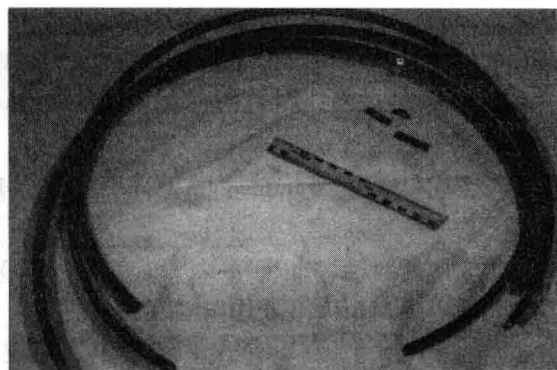


图 1-5 活塞环磨损导致失去弹性

水分在未开采的原油中几乎是不存在的,从宏观来看,油水应该是分层的。但是从微观来看,确实存在极为微小的水颗粒溶于油中。这些水颗粒从物理性质来说是无法分离的。燃油中含有较多的水分(指明水),会降低热值(汽化潜热损失),并容易分层,破坏正常发火。如果海水混入油中,会将水溶性盐类带入气缸,增加腐蚀,导致喷油泵及喷油嘴有黏着物,并会产生沉淀物附在气缸和增压器涡轮机上。但少量的、均匀分布的、直径在 $10\ \mu\text{m}$ 以下的水,会帮助油雾细化,提高燃烧热效率。

燃油中的机械杂质是有害物质,一般用沉淀、过滤和离心分离法去除。水分(指明水)通常也是有害的,在这种情况下最好是让水分先沉淀,然后使用分油机来分离水分。

二、燃油分类

1. 国产柴油机燃油的规格

我国的柴油机燃油分为轻柴油、重柴油、内燃机燃料油和重油四类。

(1) 轻柴油

国产轻柴油是由直馏(常压蒸馏)柴油馏分及二次加工的柴油馏分所制成的。其主要性能及质量指标取决于原油品质与炼制方法。轻柴油以其凝点数值作为柴油的牌号,分为 10 号、0 号、-10 号、-20 号和 -35 号五个规格。轻柴油是质量最好、价格最贵的柴油机燃料,在船舶上用作高速柴油主机、高速柴油发电机组、应急设备柴油机和救生艇柴油机等使用的燃油。

(2) 重柴油

国产重柴油由石蜡基原油炼制而成,凝点相应较高,按凝点数值分为 10 号、20 号和 30 号三个牌号。重柴油主要用于中低速柴油主机、发电柴油机等。

(3) 内燃机燃料油

国产内燃机燃料油由渣油、重油与重柴油调制而成,供船舶低速柴油机使用,目前尚无国家标准,一般执行炼油厂与有关单位商定的协议标准。

(4) 重油(燃料油)

重油按 80℃ 时的运动黏度分为 20、60、100 及 200 四个牌号,可供船舶锅炉使用。

2. 国外柴油机燃油的规格与选用

长期以来,习惯用来表达燃料油性能的唯一准则是黏度。国外船用燃油基本上分为四类,主要包括:

①轻柴油(Marine Gas Oil,简称 MGO),常用于救生艇柴油机和应急发电柴油机。

②船用柴油(Marine Diesel Oil,简称 MDO),常用作发电柴油机和柴油机主机机动操纵时的燃料。

③中间燃料油(Intermediate Fuel Oil,简称 IFO),是渣油与柴油调制而成的掺和油,可用于各类大功率中速及低速柴油机。

④船用燃料油(Marine Fuel Oil,简称 MFO),也叫 C 级燃油,主要用于锅炉,也可用于最新型的大功率中速及大型低速柴油机。

国际标准化组织(ISO)在 1987 年 9 月制定了船用燃油标准,即 ISO8217。ISO8217 将船用燃油分为 DM(Marine Distillate Fuel)级、RM(Marine residual Fuel)级两个大的等级。这一修订在黏度等级和含硫量限制方面普遍被海事组织认可。ISO8217 分别在 1996 年、2001 年、2005 年和 2010 年进行了 4 次修订,现在执行的是 2010 年修订的标准。

DM 级是指蒸馏燃油,也称直馏油或船用柴油。在 ISO8217 船用燃油标准中,将该类燃油分为四种规格,即 DMX、DMA、DMZ 和 DMB。2010 年修订版与 2005 年版在 DM 级油上的主要不同在于增加了 DMZ 级油而将 DMC 级油降级为 RMA10 级油,同时增加了对硫化氢、氧化稳定性和润滑性的要求。

(1)DMX 为船用应急柴油,该类柴油的十六烷值较高,且浊点最高为 -16°C ,因此,在环境温度低至 -15°C 时,也无须对其进行预热处理。此油品适用于救生艇发动机、应急设备柴油机和高度自动化燃油锅炉。

(2)DMA 为船用轻柴油,通常称之为轻柴油,LDO(Light Diesel Oil)或 MGO(Marine Gas Oil),这是一种高品质蒸馏燃油,不含渣油成分,其主要性能指标(密度、黏度、倾点、水分)明显好于船用柴油 DMB 和船用重柴油 DMC,此油品适用于中、高速柴油机和生活用炉灶。DMZ 级油与 DMA 级油基本相同,只是最低黏度稍高。

(3)DMB 为通用柴油,习惯称之为船用柴油 MDO(Marin E Diesel Oil),此油品含有极少的渣油成分,其黏度与倾点的允许值已分别达 $11.0\text{ cSt}/40^{\circ}\text{C}$ 和 $6^{\circ}\text{C}/\text{夏季}$,因此,该油品在环境温度较低时,需要进行预热处理,并采取沉淀、过滤、分离等方法,除去油品中的水分和机械杂质,减少危害程度。

(4)RM 级是指残渣燃料油,也称船用渣油或重油。其中 RMA10 是以前的 DMC 级油,为船用重柴油,也称掺和(船用)柴油。该油品的主要成分仍然是直馏油,但含有一定比例的燃料油。其他 RM 级燃料油的主要成分有:①蜡(Wax);②沥青质(Asphaltenes);③树脂(Resins);④油(Oil)。ISO8217,2010 年修订版对 RMF、RMG、RMH、RMK 级的燃料油进行了重新分级,定为 RMG 和 RMK 两级,RMG 级油的密度为 991 kg/m^3 ,RMK 级油的密度为 $1\,010\text{ kg/m}^3$,对于这两级燃油的黏度进行了细化。船用燃料油主要用于低、中速柴油机和辅助锅炉。

RM 级燃油中的硫分应符合有关法规如 MARPOL 公约附则 VI 的要求,所以在 ISO8217 中

不再提及,但为了保护小型高速柴油机,仍然给出了 DM 级燃油的硫分要求。

三、燃油系统组成

燃油系统是船舶机舱重要的动力系统之一。该系统通常有加装、储存、驳运、净化和供给五个基本环节组成,根据各环节之间的关系,又可分为燃油的加装和测量、燃油的驳运和净化以及燃油的供给三个基本单元。

加油站(Bunker Station)一般位于船舶主甲板,由燃油注入法兰、集油盘和燃油输送管系组成。每舷注入法兰分重油和轻油各一个,两舷功能相同,各舷均可以将轻、重油直接注入各舱。

加装的燃油储存在燃油舱柜中,燃油舱一般有多个,油舱分为双层底和深舱(边舱)。双层底油舱位于船舶双层底中,其高度一般小于 2 m,但自由面一般较大;深舱一般位于船舶两侧,自由面较小,但是一般较深。对于重油舱,都装设加热盘管以加热重油,保持流动性便于驳运。

燃油的驳运环节主要由调驳阀箱、驳运泵和相应管路构成,主要是将燃油从油舱驳运到燃油净化环节,也可实现各油舱柜之间的燃油驳运操作。

燃油净化通常采用沉淀、分离和滤清,在专用的沉淀柜中至少沉淀 12 h 并预热至 50 ~ 60 °C,定期放残。净化处理环节主要是离心分离,由分油机完成。滤清由多个粗、细滤器完成。

燃油供给单元主要由燃油供给泵、燃油循环泵、燃油混合桶、雾化加热器(含黏度控制和温度控制环节)以及燃油滤清器等组成,主要是向柴油机提供黏度和温度符合要求的燃油以保证喷射和雾化良好,促进完全燃烧。

四、润滑作用与分类

1. 润滑和润滑剂

润滑是一种可减少摩擦力的程序或是技术,润滑会出现在两个彼此相当接近,而且有相对运动的表面上,其做法是在两个表面加入润滑剂,以减少相对运动时产生的摩擦力。润滑剂可以是粉状固体,如石墨、 MoS_2 、固体/液体的分散系、液体、液体/液体的分散系(润滑脂),偶尔也会用气体作为润滑剂。有关摩擦力、润滑及磨损的科学称为摩擦学或磨润学。

由摩擦理论可知,当一个物体表面在另一个物体表面上滑动或滚动时,其运动必然受到两表面间摩擦力的阻碍,伴随着摩擦同时产生热量。在无任何润滑条件下的摩擦(称为干摩擦)必然引起表面严重破坏和擦伤。对设备而言,良好的润滑可以使设备平顺的连续作业,只有轻微的磨损,也不会带给轴承额外的应力。若没有润滑,金属或其他设备可能会互相磨损,带来热损坏甚至是失效。

在许多机械设备中都需要润滑,例如活塞、泵、凸轮、轴承、涡轮、切削工具等。若没有润滑的话,两设备表面之间会因摩擦产生热,造成表面破坏,变得比较粗糙,甚至会因为高热而造成设备的卡死。

润滑剂是介入两运动物体表面,从而达到提高效率,减少摩擦力以及磨损的物质的目的,通常为液体。最常见的即为润滑油。

柴油机所使用的润滑剂根据使用要求有不同品种和规格,如气缸油、曲轴箱油、汽轮润滑