



中华人民共和国国家标准

GB 17411—2015
代替 GB/T 17411—2012

船用燃料油

Marine fuel oils

[ISO 8217:2012, Petroleum products—Fuels(class F)—
Specifications of marine fuels, MOD]

2015-12-31 发布

2016-07-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 分类和代号	2
4 要求和试验方法	3
5 检验规则	3
6 包装、标志、运输、贮存	4
7 安全	4
附录 A(资料性附录) 生物产品和脂肪酸甲酯(FAMEs)	8
附录 B(资料性附录) 有害物质	10
附录 C(资料性附录) 硫含量	11
附录 D(资料性附录) 硫化氢	12
附录 E(规范性附录) 比能(热值)	13
附录 F(规范性附录) 残渣船舶燃料的着火性	15
附录 G(资料性附录) 闪点	18
附录 H(资料性附录) 酸性	19
附录 I(资料性附录) 钠和钒	20
附录 J(资料性附录) 催化剂粉末	22
附录 K(资料性附录) 使用过的润滑油	23
附录 L(资料性附录) 残渣燃料油的清洁度和相容性	24
附录 M(资料性附录) 本标准与 ISO 8217:2012 章条编号对照和技术性差异及其原因	25
参考文献	27

前 言

本标准的第3章、第4章、第6章和第7章为强制性的,其余为推荐性的。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 17411—2012《船用燃料油》。本标准与 GB/T 17411—2012 相比主要技术变化如下:

- 标准由推荐性转为强制性;
- 第1章范围规定为适用于海[洋]船用柴油机及其锅炉用燃料油;
- 馏分燃料油按照硫含量分三个等级,并增加了硫含量有关检测方法(见第3章和表1);
- 馏分燃料 DMZ 的闪点由不低于 43 ℃修改为不低于 60 ℃(见表1);
- 馏分燃料 DMA 和 DMZ 硫含量指标由不大于 1.5%修改为不大于 1.0%(见表1);
- RMA 10 和 RMB 30 号残渣燃料油按照硫含量分为不大于 3.5%、0.5%和 0.1%三个等级,其他牌号按照硫含量分为不大于 3.5%、0.5%两个等级(见表2);
- 增加了净热值指标及相应的检测方法(见表2);
- 增加了残渣燃料油的清洁度和相容性资料性附录(见附录L)。

本标准修改采用 ISO 8217:2012《石油产品 燃料(F类) 船用燃料油规格》。

本标准与 ISO 8217:2012 相比,在技术内容和结构上进行了调整,附录 M 给出了结构和相应技术性差异及其原因。

本标准由全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会(SAC/TC 280)提出。

本标准由全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会石油燃料和润滑剂分技术委员会(SAC/TC 280/SC 1)归口。

本标准起草单位:中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院、中国石化燃料油销售有限公司、中国外运长航集团有限公司、中国船舶燃料有限责任公司、中国船舶工业综合技术经济研究院。

本标准主要起草人:龙化骊、项晓敏、忻时威、胡晓微、宋艳媛。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 17411—1998、GB/T 17411—2012。

船用燃料油

警告:如果不遵守适当的防范措施,本标准所属产品在生产、贮运和使用等过程中可能存在危险。本标准无意对与本产品有关的所有安全问题提出建议。用户在使用本标准之前,有责任建立适当的安全和防范措施,并确定相关规章限制的适用性。

1 范围

本标准规定了由石油制取的船用燃料油的分类和代号、要求和试验方法、检验规则、包装、标志、运输、贮存及安全。

本标准适用于海[洋]船用柴油机及其锅炉用燃料油。符合本标准的燃料油也适用于同样或类似制造的固定式柴油机和其他船舶用机械。

本标准规定了用于船舶的4种馏分燃料油和6种残渣燃料油。其中馏分燃料 DMX 供柴油机应急时使用。

注1:就本标准而言,“石油”这个术语包括沥青砂油和页岩油。

注2:船用燃气轮机燃料技术要求在 GB/T 29114^[1]中作了规定。

注3:本标准中“海[洋]船”指 GB/T 7727.1—2008^[2]中 3.1:适宜于在海洋区域航行的船。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 190 危险货物包装标志
- GB/T 260 石油产品水分测定法
- GB/T 261 闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法(GB/T 261—2008,ISO 2719:2002,MOD)
- GB/T 265 石油产品运动黏度测定法和动力黏度计算法
- GB/T 384 石油产品热值测定法
- GB/T 387 深色石油产品硫含量测定法(管式炉法)
- GB/T 508 石油产品灰分测定法(GB/T 508—1985,eqv ISO 6245:1982)
- GB/T 1884 原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)(GB/T 1884—2000,eqv ISO 3675:1998)
- GB/T 1885 石油计量表(GB/T 1885—1998,eqv ISO 91-2:1991)
- GB/T 3535 石油产品倾点测定法(GB/T 3535—2006,ISO 3016-1994,MOD)
- GB/T 4756 石油液体手工取样法(GB/T 4756—1998,eqv ISO 3170:1988)
- GB/T 6986 石油浊点测定法
- GB/T 7304 石油产品酸值的测定 电位滴定法
- GB/T 11137 深色石油产品运动粘度测定法(逆流法)和动力粘度计算法
- GB/T 11140 石油产品硫含量的测定 波长色散 X 射线荧光光谱法
- GB/T 12575 液体燃料油钒含量测定法(无火焰原子吸收光谱法)
- GB 13690 化学品分类和危险性公示 通则

- GB/T 17040 石油和石油产品硫含量的测定 能量色散 X 射线荧光光谱法
- GB/T 17144 石油产品残炭测定法(微量法)(GB/T 17144—1997,eqv ISO 10370:1993)
- GB/T 20828 柴油机燃料调合用生物柴油(BD100)
- GB/T 23801 中间馏分油中脂肪酸甲酯含量的测定 红外光谱法
- GB 30000.7—2013 化学品分类和标签规范 第 7 部分:易燃液体
- SH 0164 石油产品包装、贮运及交货验收规则
- SH/T 0172 石油产品硫含量测定法(高温法)
- SH/T 0175 馏分燃料油氧化安定性测定法(加速法)
- SH/T 0253 轻质石油产品中总硫含量测定法(电量法)
- SH/T 0604 原油和石油产品密度测定法(U 型管振动法)(SH/T 0604—2000,eqv ISO 12185:1996)
- SH/T 0689 轻质烃及发动机燃料和其他油品的总硫含量测定法(紫外荧光法)
- SH/T 0694 中间馏分燃料十六烷指数计算法(四变量公式法)(SH/T 0694—2000,eqv ISO 4264:1995)
- SH/T 0701 残渣燃料油总沉淀物测定法(热过滤法)(SH/T 0701—2001,eqv ISO 10307-1:1993)
- SH/T 0702 残渣燃料油总沉淀物测定法(老化法)(SH/T 0702—2001,eqv ISO 10307-2:1993)
- SH/T 0706 燃料油中铝和硅含量测定法(电感耦合等离子体发射光谱及原子吸收光谱法)(SH/T 0706—2001,eqv ISO 10478:1994)
- SH/T 0715 原油和残渣燃料油中镍、钒、铁含量测定法(电感耦合等离子体发射光谱法)
- SH/T 0765 柴油腐蚀性评定法(高频往复试验机法)(SH/T 0765—2005,ISO 12156-1:1997,MOD)
- NB/SH/T 0842 汽油和柴油中硫含量的测定 单波长色散 X 射线荧光光谱法
- ISO 8216-1:2010 石油产品(燃料)分类 第 1 部分:船用燃料种类(Petroleum products—Fuels (class F) classification—Part 1:Categories of marine fuels)
- ISO 14597 石油产品中钒和镍含量测定法(波长散射 X 射线荧光光谱法)(Petroleum products—Determination of vanadium and nickel content—Wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry)
- IP 501 残渣燃料油中铝、硅、钒、镍、铁、钠、钙、锌和磷的测定 灰化、熔解和电感耦合等离子体发射光谱法(Determination of aluminium, silicon, vanadium, nickel, iron, sodium, calcium, zinc and phosphorus in residual fuel oil by ashing, fusion and inductively coupled plasma emission spectrometry)
- IP 570 燃料油中硫化氢的测定 快速液相萃取法(Determination of hydrogen sulfide in fuel oils—Rapid liquid phase extraction method)

3 分类和代号

本标准按照 ISO 8216-1:2010 将船用燃料油分为 D 组(馏分燃料)和 R 组(残渣燃料)两大类。其中馏分燃料分为 DMX、DMA、DMZ 和 DMB 等 4 种;残渣燃料分为 RMA、RMB、RMD、RME、RMG 和 RMK 等 6 种。

馏分燃料按照硫含量分为 I、II、III 三个等级;RMA 和 RMB 类残渣燃料按照硫含量分为 I、II、III 三个等级,RMD、RME、RMG 和 RMK 残渣燃料分为两个等级。

4 要求和试验方法

4.1 按照本标准规定的试验方法检测,船用燃料油应符合表 1 或表 2 的性能指标要求。

4.2 燃料油应是由石油制取的烃类均匀混合物,不排除为改善燃料油的某些性能和特点而加入的添加剂。燃料油应不含无机酸和使用过的润滑油。

注:参见附录 K。

4.3 燃料油中不能含有可能导致船舶使用异常的任何物质。

4.4 DMX、DMA、DMZ、DMB 馏分燃料油中不应含有超出“微量”的来自生物原料的脂肪酸甲酯(FAME)(FAME 符合 GB/T 20828 要求)。不允许人为掺入 FAME。

注:参见附录 A。

4.5 燃料油中不应人为加入可能产生下述影响的任何添加物或化学废料:

- a) 危及船舶安全或对机械性能产生不利影响;
- b) 损害身体健康;
- c) 增加空气污染。

注:参见附录 B。

5 检验规则

5.1 检验分类和检验项目

5.1.1 出厂检验

出厂批次检验项目包括:运动黏度、密度、十六烷指数、硫含量、酸值、闪点、水分、10%蒸余物残炭、残炭、倾点、浊点、外观、润滑性、碳芳香度指数(CCAI)。

在原材料、生产工艺没有发生可能影响产品质量的变化时,出厂周期检验项目包括:氧化安定性、灰分、总沉淀物(热过滤法)、总沉淀物(老化法)、钒、钠、铝和硅、净热值项目,每季度至少测定一次。

注:硫化氢由供需双方协商是否检测。

5.1.2 型式检验

型式检验项目为第 4 章表 1 或表 2 中规定的所有项目。

在下列情况下进行型式检验:

- a) 新产品投产或产品定型鉴定时;
- b) 原材料、生产工艺等发生较大变化,可能影响产品质量时;
- c) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

5.2 组批

在原材料和生产工艺不变的条件下,每生产一罐为一批。

5.3 取样

按 GB/T 4756 进行,取 3 L 样品作为检验和留样。

5.4 判定规则

出厂检验和型式检验结果全部符合第 4 章相应技术要求时,则判定该批产品合格。

5.5 复验规则

如出厂检验和型式检验结果有不符第 4 章要求规定时,按 GB/T 4756 的规定自同批产品中重新抽取双倍量样品,对不合格项目进行复验,复验结果如仍不符合要求时,则判定该批产品为不合格。

6 包装、标志、运输、贮存

属于易燃液体的船用燃料油按 GB 13690 和 GB 190 的相关规定进行,其他类产品的包装、标志、运输、贮存及所有产品的交货验收按 SH 0164。

7 安全

属于易燃液体的船用燃料油,其危险性警示说明见 GB 30000.7—2013 的附录 D。

表 1 船用馏分燃料油要求和试验方法

项 目		指 标				试验方法
		DMX	DMA	DMZ	DMB	
运动黏度(40℃)/(mm ² /s)	不大于 不小于	11.00 2.000	6.000 2.000	6.000 2.000	11.00 2.000	GB/T 265
密度/(kg/m ³)(满足下列要求之一)						GB/T 1884 和 GB/T 1885 ^a
15℃	不大于	890.0	890.0	890.0	900.0	
20℃	不大于	886.5	886.5	886.5	896.5	
十六烷指数	不小于	45	40	40	35	SH/T 0694
硫含量 ^b (质量分数)/%	不大于					
I		1.00	1.00	1.00	1.50	GB/T 17040 ^c
II		0.50	0.50	0.50	0.50	
III		0.10	0.10	0.10	0.10	
闪点(闭口)/℃	不低于	60.0	60.0	60.0	60.0	GB/T 261(步骤 A)
硫化氢 ^d /(mg/kg)	不大于	2.00	2.00	2.00	2.00	IP 570(步骤 A)
酸值(以 KOH 计)/(mg/g)	不大于	0.5	0.5	0.5	0.5	GB/T 7304
总沉积物(热过滤法)(质量分数)/%	不大于	—	—	—	0.10 ^e	SH/T 0701
氧化安定性/(mg/100 mL)	不大于	2.5	2.5	2.5	2.5 ^f	SH/T 0175
10% 蒸余物残炭(质量分数)/%	不大于	0.30	0.30	0.30	—	GB/T 17144
残炭(质量分数)/%	不大于	—	—	—	0.30	
浊点/℃	不大于	-16	—	—	—	GB/T 6986
倾点 ^g /℃	不高于					
冬季		—	-6	-6	0	GB/T 3535
夏季			0	0	6	
外观		清澈透明 ^h			e, f, i	目测
水分(体积分数)/%	不大于	—	—	—	0.30 ^e	GB/T 260
灰分(质量分数)/%	不大于	0.010	0.010	0.010	0.010	GB/T 508

表 2 船用残渣燃料油要求和试验方法

项 目	指 标											试验方法		
	RMA	RMB	RMD	RME	RMG	RMG	RMG	RMG	RMK	RMK	RMK			
运动黏度(50℃)/(mm ² /s)	不大于	10.00	30.00	80.00	180.0	180.0	180.0	380.0	500.0	500.0	700.0	700.0	700.0	GB/T 11137
密度/(kg/m ³)(满足下列要求之一)														
15℃	不大于	920.0	960.0	975.0	991.0	991.0	991.0	991.0	991.0	1 010.0	1 010.0	1 010.0	1 010.0	GB/T 1884
20℃	不大于	916.5	956.6	971.6	987.6	987.6	987.6	987.6	987.6	1 006.6	1 006.6	1 006.6	1 006.6	和 GB/T 1885*
碳芳香度指数(CCAD)	不大于	850	860	860	860	860	860	870	870	870	870	870	870	见附录 F
硫含量 ^b (质量分数)/%	不大于													
I		3.50								3.50				
II		0.50								0.50				
III		0.10								0.10				
闪点(闭口)/℃	不低于	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	GB/T 17040 ^c
硫化氢 ^d /(mg/kg)	不大于	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	GB/T 261(步骤 B), 参见附录 G
酸值 ^e (以 KOH 计)/(mg/g)	不大于	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	IP 570(步骤 A)
总沉积物(老化法)(质量分数)/%	不大于	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	GB/T 7304
残炭(质量分数)/%	不大于	2.50	10.00	14.00	15.00	15.00	15.00	18.00	18.00	20.00	20.00	20.00	20.00	SH/T 0702
倾点 ^f /℃	不高于													GB/T 17144
冬季		0	0	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	GB/T 3535
夏季		6	6	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	GB/T 260
水分 ^g (体积分数)/%	不大于	0.30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	GB/T 508
灰分(质量分数)/%	不大于	0.040	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.100	0.100	0.150	0.150	0.150	0.150	IP 501 ^h
钒/(mg/kg)	不大于	50	150	150	150	150	150	350	350	450	450	450	450	IP 501
钠/(mg/kg)	不大于	50	100	100	50	50	50	100	100	100	100	100	100	IP 501

表 2 (续)

项 目	指 标										试验方法		
	RMA	RMB	RMD	RME	RMG	RMG	RMG	RMG	RMG	RMK		RMK	
铅+硅/(mg/kg)	10	30	80	180	180	380	380	500	700	380	500	700	IP 501 ⁱ
不大于	25	40	40	50	60	60	60	60	60	60	60	60	
净热值/(MJ/kg)	39.8											GB/T 384 ^j	
使用过的润滑油(ULO)/(mg/kg) 钙和锌 钙和磷	燃料油不应含 ULO。符合下述条件之一,认为燃料油含有 ULO: 钙>30 且 锌>15 钙>30 且 磷>15											IP 501	
注:残渣燃料油的清洁度和相容性参见附录 L。													
^a 测定方法也包括 SH/T 0604; 结果有争议时,以 GB/T 1884 和 GB/T 1885 为仲裁方法。 ^b 尽管给出了限值,买方应该按照船舶行驶区域的有关法规限制确定最大硫含量,参见附录 C。 ^c 测定方法也包括 GB/T 387、GB/T 11140、SH/T 0172; 结果有争议时,以 GB/T 17040 为仲裁方法,采用试验前各方认可的有证的硫标准物质。 ^d 参见附录 D,本标准该项目由供需双方协商是否检测。 ^e 参见附录 H。 ^f 买方应确保倾点适合船上设备要求。尤其是船舶运行在寒冷气候。 ^g 水分超过 0.5% 的应与需方协商并经用户认可,但最高不大于 1.0%。 ^h 测定方法也包括 GB/T 12575、SH/T 0715、ISO 14597; 结果有争议时,以 IP 501 为仲裁方法。参见附录 I。 ⁱ 测定方法也包括 SH/T 0706; 结果有争议时,以 IP 501 为仲裁方法。参见附录 J。 ^j 热值也可以由附录 E 计算获得,结果有争议时,以 GB/T 384 为仲裁方法。													

附录 A
(资料性附录)
生物产品和脂肪酸甲酯(FAMEs)

A.1 生物燃料及其混合物

由于生物燃料和生物燃料与石油产品的混合物是可再生的和能够降低温室气体和 SO_x 排放,而被船舶工业的一些部门划分在潜在的可替代能源范围里。

目前大量的生物燃料是通过酯交换反应生成的产品,即去除甘油酯组分生产出脂肪酸甲酯,通常称为生物柴油。生物柴油也可能含有脂肪酸乙酯(FAEEs),其试验方法和规格正在研究发展中。

生物燃料也可以由其他加工方法生产;然而,在船舶系统和设备中没有关于生物燃料应用的普遍经验,因此本标准中没有表述这个问题,但概述了在有些生物脂肪酸甲酯 FAME 燃料被强制使用的地方,其市场上遇到的一些问题。

注: FAME 在 GB/T 20828 中有定义。

尽管 FAME 具有好的着火性、润滑性和易于环境接受,但在船舶环境、储存和处理方面有潜在的特殊的问题,如:

- 长期储存易氧化;
- 易吸水和滋生微生物;
- 低温流动性恶化;
- FAME 易沉积在暴露的表面,包括过滤器元件。

另外,FAME 产品来源不同,每种具有自己的贮存、操作、处理、发动机操作和排放等方面的特殊性。

在打算使用含有 FAME 燃料的情况下,应该确保船舶的储存、操作、处理、辅助设备和机械系统以及其他任何系统元件(例如油水分离器系统)与该种产品的相容性。

本标准仅特指来源于石油的原料,因此不包括任何生物原料。然而,在现行供物流情况,将 FAME 混入柴油和民用燃料油的做法,使得在船舶市场上某些馏分燃料油几乎不可避免地含有 FAME,甚至由于炼厂处理过程或混入含有 FAME 馏分的原料造成某些残渣燃料油可能含有 FAME。

A.2 预防措施

A.2.1 在船舶大环境范围内,没有关于贮存、操作、处理和使用性能(包括船外装卸)的普遍经验,应考虑使用 FAME 与石油混合物产品或 100%FAME 有关安全的预防规范。此外,在船舶发动机和其他目前在用的设备[如油水分离器(OWS)或船外装卸检测器(ODM)]方面,FAME 产品存在潜在影响问题,因此,本标准限制 FAME 的含量是“微量”级。

注:见 4.4。

A.2.2 目前为止,不容易确定“微量”的数值:

- 市场上得到的 FAME 产品来源不同,类型很多;
- 由于炼厂、燃料油终端或其他供应设施使用公用设备和管线,可能存在因污染物引起此数值的变化;
- 用于检测 FAME 产品和相关副产品的各种不同分析技术没有标准的方法;
- 多数情况下,关于 FAME 产品对船舶燃料系统的影响尚未获得足够的资料。

A.2.3 本标准的使用:

- 对于馏分燃料油(DMX、DMA、DMZ 和 DMB),当其清澈透明时,按照 GB/T 23801 方法检测的数据体积分数不超过 0.5%情况下,被认为属于“微量”;
- 对于不清澈透明的 DMB 产品和所有残渣燃料油,不能用数值表示其“微量”,因为目前没有可采用的具有精密度的试验方法。因此,受到供应环节污染时应进行处理。

A.2.4 燃料油生产者和供应商应该确定在适当的位置进行控制,以便燃料油最终交货时符合第 4 章要求。

附录 B
(资料性附录)
有害物质

本标准排除如第 4 章规定的有害物质的掺入,在船用燃料油中不应存在混入的此类物质。不能直接给出测定有害原料或物质的有害量,其原因如下:

- a) 每种燃料油都是特定的烃类复杂混合物;
- b) 各种不同来源的原料都能通过生产、处理和运输系统进入船用燃料油供应链;
- c) 由于炼厂、燃料油终端或其他供应设施使用公用设备和管线,燃料油中可能存在各种数量的污染物;
- d) 用于检测这些污染物和特殊化学物种类的各种分析技术没有标准的方法;
- e) 多数情况下,还没有获得足够的证据证明任何一种特定的污染物或其混合物对船舶机械系统、船员或环境的影响。

因此,除了本标准列出的要求之外,对提交的每种燃料油货物规定详细的化学分析是不现实的。替代方法是要求炼厂、燃料油终端,或任何其他供应设施,包括驳船供给、卡车运送,有优质的保证和交换程序的管理,确保符合第 4 章关于排除有害物质的要求。

附录 C
(资料性附录)
硫含量

IMO(国际海事组织)防止船舶造成污染公约(即修订的 MARPOL 附则 VI)规定了海洋船舶使用燃料油的最大硫含量,或者允许采用技术方法确保符合硫氧化物(SO_x)和颗粒物的排放法规。因此馏分燃料油和残渣燃料油两者的硫含量直接受法规要求的限制。发达国家均制定了船舶污染物排放法规,我国也陆续出台相应的法规要求。本标准中馏分燃料的硫含量限值规定了三个等级,其中 I 级与 ISO/CD 8217:2015 船用馏分燃料硫含量要求一致、II 级符合 IMO 拟定 2020 年(或 2025 年)船舶行驶在普通区域对燃料油硫含量的要求、III 级符合目前船舶行驶在 SO_x 排放控制区(SECA)内对燃料油硫含量的要求。残渣燃料硫含量决定于调和组分油的硫含量,根据目前国内市场残渣燃料油现状及环保要求的提高,本次修订将残渣燃料硫含量分为 I 级(符合目前 IMO 船舶行驶在普通区域对燃料油硫含量的要求)、II 级[符合 IMO 拟定 2020 年(或 2025 年)船舶行驶在普通区域对燃料油硫含量的要求]、III 级[符合目前船舶行驶在 SO_x 排放控制区(SECA)内对燃料油硫含量的要求]。

因此,燃料油买方有责任根据船舶发动机的设计、排放法规、设备以及燃料油将要使用区域的现行法规限制,确定燃料油的最大硫含量。

附录 D
(资料性附录)
硫化氢

硫化氢是高毒性气体,人员暴露于高浓度硫化氢气体下是危险的,极端情况下致命。在非常低的浓度时有特殊的腐蛋气味,在高浓度下会导致嗅觉丧失、头痛、头晕眼花,在非常高的浓度下会立即死亡。

硫化氢可以在炼制过程中形成,也可在储油罐、产品驳船和用户(消耗)罐中的燃料油中逐渐形成。硫化氢可以液相或气相存在,液相和气相之间的转换程度和速度取决于多个因素,例如:物质的组成和化学性质、温度、浓度、搅拌强度、贮存时间、加热和环境条件、储罐形状、损耗以及通风等。

当人员暴露在燃料气体中时,可能接触到硫化氢。例如,进入油罐、打开装货罐顶盖、进入空罐后等。当油罐充罐和/或加热时,硫化氢会从排出口/排出管道进入燃料管线,更换过滤器的操作中,也会发生与硫化氢气接触的情况。

在材料安全数据表(MSDSs)中着重说明了硫化氢的危险性,介绍了其对健康的危害性并记载了暴露于其中的指南。在国际油船和油码头安全指南(ISGOTT)^[3]的 2.3.6 章节提供了实用的参考指南。有很多其他的有关硫化氢的信息来源,但几乎没有针对船舶的。

本标准中规定了一个液相状态的限值,较之前版本在安全性方面有了改进。此限制本身并不构成安全水平或消除在封闭的空间里形成的非常高的硫化氢气体的风险。

本标准规定燃料油中液相硫化氢 2.00 mg/kg 的限值,可以降低暴露在 H₂S 气中的风险。然而,关键是船东和航运公司应保持适当的安全操作和设计程序,以保护可能暴露于 H₂S 蒸气中船员和其他人(如测量人员)的安全。

附录 E
(规范性附录)
比能(热值)

E.1 除了其他性能规范需要外,在燃料的生产中不控制比能。

E.2 对于残渣燃料油,净比能 Q_{Rnp} 和总比能 Q_{Rgv} 可分别从方程(E.1)和(E.2)计算出,都以兆焦耳每千克表示,一般用途时准确度可以接受。

$$Q_{Rnp} = (46.704 - 8.802\rho_{15}^2 \times 10^{-6} + 3.167\rho_{15} \times 10^{-3}) \times [1 - 0.01(w_w + w_a + w_s)] + 0.0942w_s - 0.02449w_w \dots\dots\dots (E.1)$$

$$Q_{Rgv} = (52.190 - 8.802\rho_{15}^2 \times 10^{-6}) \times [1 - 0.01(w_w + w_a + w_s)] + 0.0942w_s \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:

ρ_{15} ——15 °C时密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

w_w ——水分,以质量分数表示;

w_a ——灰分,以质量分数表示;

w_s ——硫含量,以质量分数表示。

注:为了方便快捷,残渣燃料油的净比能也可从图E.1中读出。图E.1是从方程(E.1)得出。但所得数值仅是近似的。

E.3 对于船用馏分燃料油,净比能 Q_{Dnp} 和总比能 Q_{Dgv} 可分别从方程(E.3)和(E.4)计算出,两者以兆焦耳每千克表示,一般用途时准确度可以接受。

$$Q_{Dnp} = (46.423 - 8.792\rho_{15}^2 \times 10^{-6} + 3.15\rho_{15} \times 10^{-3}) \times [1 - 0.01(w_w + w_a + w_s)] + 0.0942w_s - 0.02449w_w \dots\dots\dots (E.3)$$

$$Q_{Dgv} = (51.916 - 8.792\rho_{15}^2 \times 10^{-6}) \times [1 - 0.01(w_w + w_a + w_s)] + 0.0942w_s \dots\dots\dots (E.4)$$

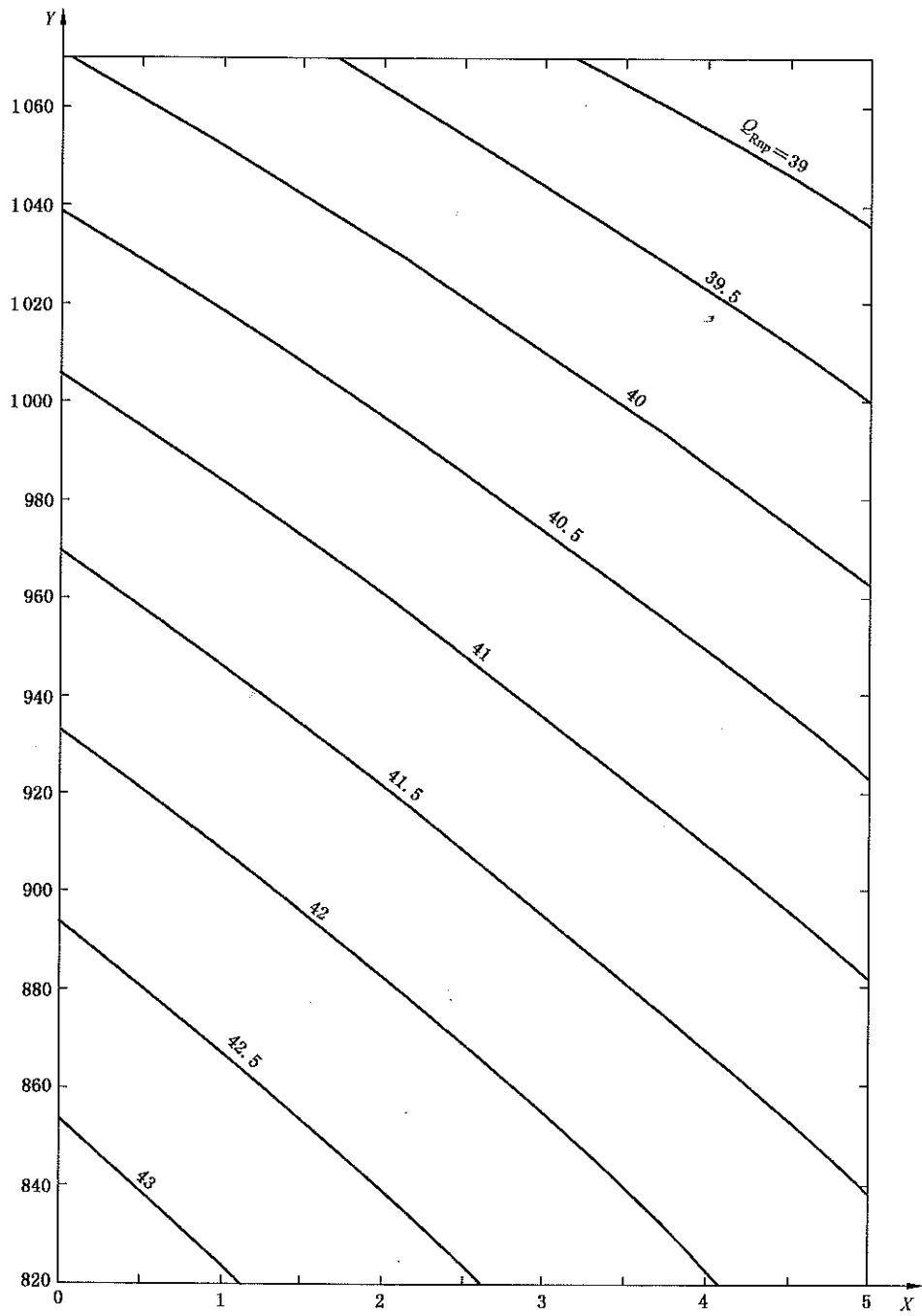
式中:

ρ_{15} ——15 °C时密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

w_w ——水分,以质量分数表示;

w_a ——灰分,以质量分数表示;

w_s ——硫含量,以质量分数表示。



说明：

X —— 硫含量，以质量分数表示；

Y —— 15 °C 密度，以千克每立方米表示。

注：对灰分和水修正，从图中读出的净比能 Q_{Rnp} 中扣除 $0.01Q_{Rnp}(w_a + w_w)$ 。

图 E.1 残渣燃料油的净比能，以兆焦耳每千克表示

附录 F
(规范性附录)
残渣船舶燃料的着火性

F.1 用途

船用柴油机内残渣燃料油的着火性和燃烧性取决于特定的柴油机类型、设计、操作和发动机状况、负荷以及燃料油的化学组成。

碳芳香度指数(CCAI)由残渣燃料油的密度和黏度决定,同时,它不是提供残渣燃料油的燃烧性信息,它提供的是着火迟后期(滞燃期)。标准中包括 CCAI,是为了避免密度黏度关系异常的燃料油可能导致残渣燃料油滞燃期延长。

CCAI 按照 Lewis, et al. 方程式(F.1)计算:

$$CCAI = \rho_{15} - 81 - 141 \times \lg[\lg(\nu + 0.85)] - 483 \times \lg[(T + 273)/323] \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

T ——测定运动黏度时的温度,单位为摄氏度(°C);

ν ——运动黏度,单位为平方毫米每秒(mm^2/s);

ρ_{15} ——15 °C时密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

\lg ——以 10 为底的对数。

注 1:在本标准中,船用馏分燃料油(DMX、DMZ、DMY 和 DMZ)和 DMZ(见表 1)规定有最小十六烷指数,它比 CCAI 参数能更好地反映着火性,CCAI 主要是为了表示表中规定的残渣燃料油的使用而设置的。

注 2:某些国家正在研究测定残渣燃料油的综合着火性的同等替代技术。

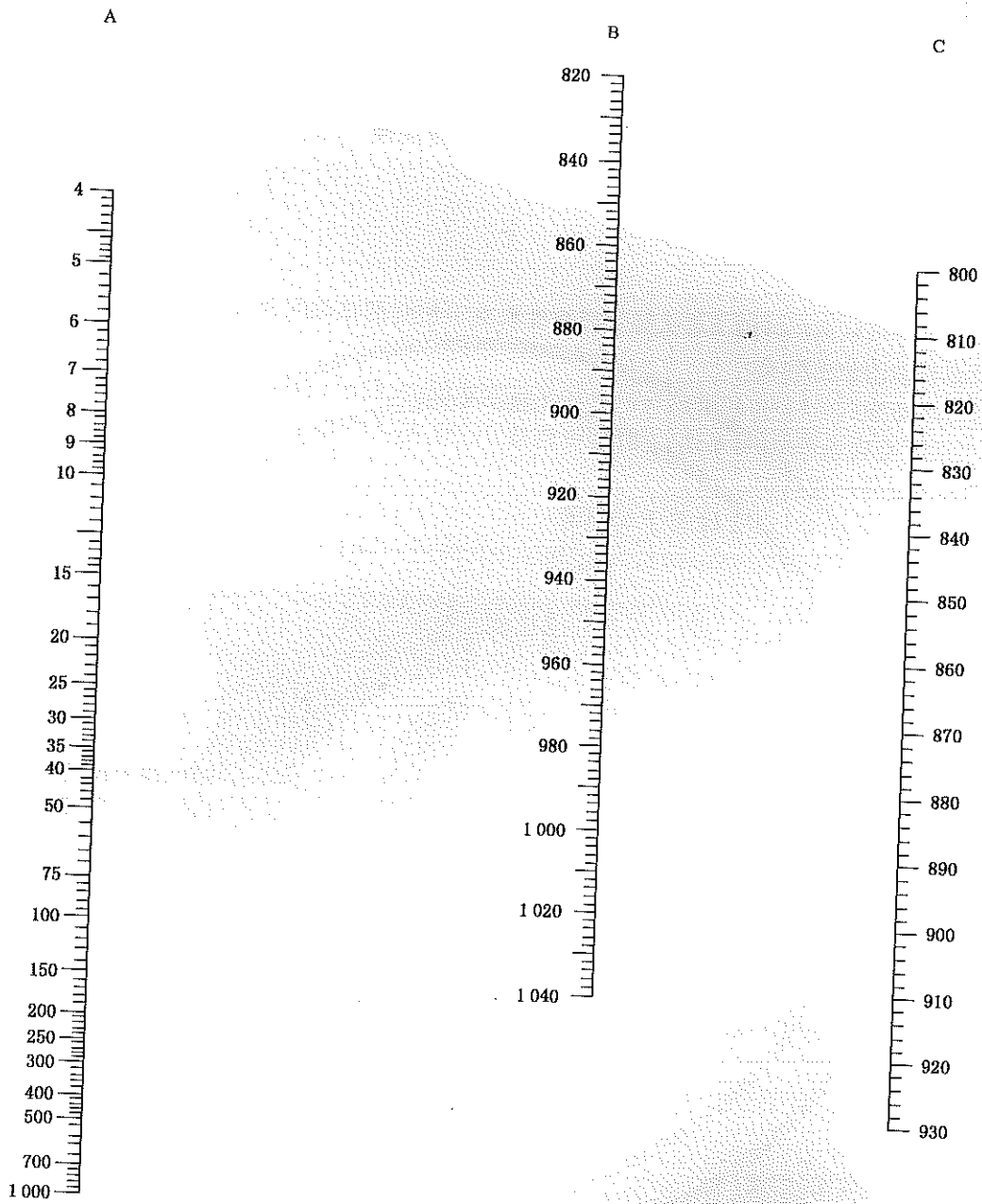
为试图说明残渣燃料油的着火和燃烧两个特性,已建立了一个利用定容燃烧室(CVCC)的标准测试方法,见 IP 541¹⁾。已经验证具有类似密度和黏度(即类似 CCAI 的)的燃料,可能有明显不同的着火和燃烧性能,工作继续应关联 IP 541 规定的燃料质量和使用经验。

目前,多数船舶是单一燃料,因此当计划使用残渣燃料油时,应该考虑发动机对于着火和燃烧质量差异的少量的容量。

国际内燃机协会(CIMAC)正在开展有关柴油机着火与燃烧质量推荐指导工作。

F.2 列线图(诺模图)的使用

为了快速评价,可方便地从图 F.1 中读出残渣燃料油的 CCAI,图 F.1 其来源于方程式 F.1。延长燃料油黏度轴上黏度(50 °C 黏度,以 mm^2/s 表示)(见图 F.1 的 A 轴)与密度轴上密度(15 °C 时密度,以 kg/m^3 表示)(见图 F.1 的 B 轴)的连线到 CCAI 轴(见图 F.1 的 C 轴),即可得到此燃料油的 CCAI 值,因此从图 F.1 获得的 CCAI 只是近似的。



说明:

A — 50 °C 运动黏度, mm²/s;

B — 15 °C 密度, kg/m³;

C — CCAI。

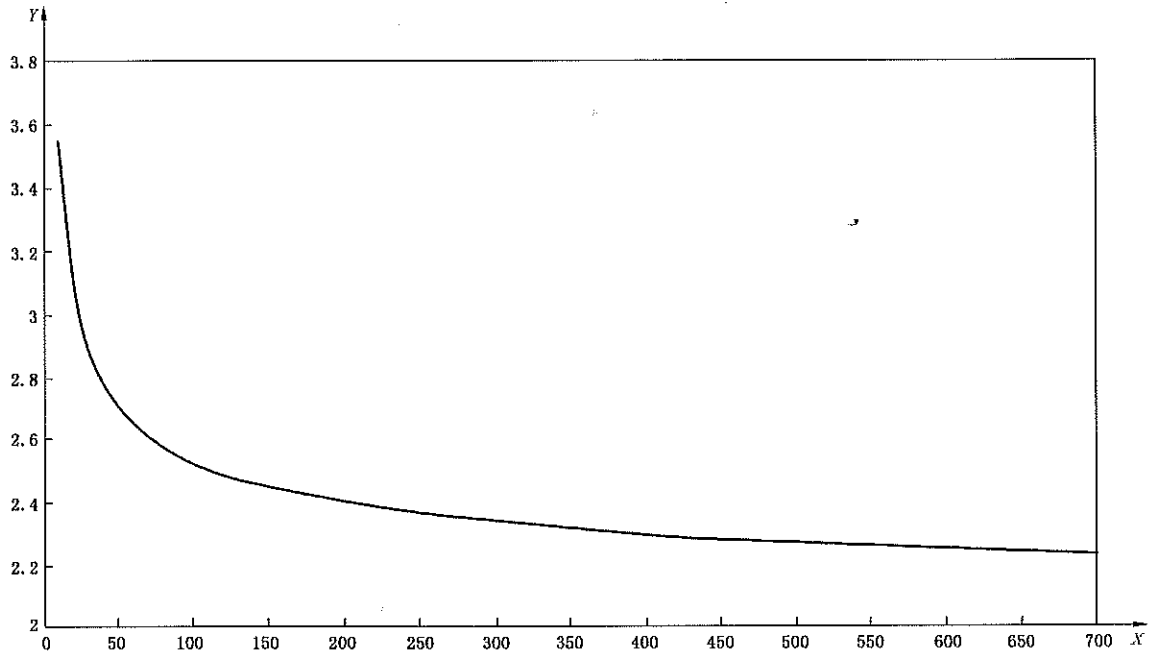
图 F.1 获得 CCAI 的列线图

F.3 CCAI 精确度的计算

某种残渣燃料油的 CCAI 数值的再现性取决于用于计算 CCAI 数值的密度和黏度数值的再现性 R , 这些影响 CCAI 因素的相互关系是: 当密度值加上其再现性的值, 黏度减去其再现性的值后, 可以得

到最大的 CCAI 的再现性正值。

图 F.2 给出了 CCAI 再现性与黏度的关系曲线。密度的再现性是恒定的(不依赖于密度值),因此 CCAI 的再现性仅随燃料油黏度的变化而改变。在附录 L 中包含了该再现性的实际应用。



说明:

X —— 50 °C 运动黏度, mm²/s。

Y —— CCAI 的再现性。

图 F.2 CCAI 再现性与黏度的关系曲线

附 录 G
(资料性附录)
闪 点

闪点值不是物理常数,而是取决于采用的试验方法、设备和试验程序。在本标准中,馏分和残渣燃料油均应采用 GB/T 261 规定测试。闪点是评价燃料油形成火灾危险性的有效指标。

对于残渣燃料油,现有资料表明它本身不是在装有燃料油储罐顶部空间存在燃烧条件的可靠性指标。这意味着即使储存温度低于燃料油的闪点,在装有残渣燃料油的储罐顶部空间仍具有潜在发生可燃的氛围,因此,认为残渣燃料油具有潜在的危险和产生轻烃的可能,这会造成储罐顶部空间条件接近或达到可燃范围。因此有必要进行适当的预防,确保人身和财产的安全。

在 ISO/TR 29662^[5]和 CEN/TR 15138:2005^[6]中给出了进一步的信息。另外,在文献“易燃危险性防范措施”^[7]和“国际油船和油码头安全指南”^[8]中给出了关于预防措施的警示信息。

附 录 H
(资料性附录)
酸 性

由酸性化合物引起的高酸性燃料油往往会加速船用内燃机的毁坏,这种毁坏首先发生在燃料油的注入设备中。

采用 GB/T 7304 测定的燃料油酸值可以预示燃料油中大概存在的酸性化合物。虽然所有燃料油都可以测出一定的酸值,通常(但不总是)馏分燃料油(以 KOH 计)小于 0.5 mg/g,残渣燃料油(以 KOH 计)小于 2.5 mg/g。

但是,由环烷基原油生产的燃料油酸值可能具有高于表中规定的数值,使用上是可以接受的。通过非标准的专业详细分析,在有证据证实燃料油确实由环烷基原油生产的情况下,供应商和买方有责任协商一个可接受的酸值。

酸值明显高于上述规定值可显示含有大量的酸性化合物或存在其他污染物。然而,酸值低于上述规定值不能保证不会出现与燃料油酸性物质有关的问题。酸值试验结果与燃料油腐蚀性之间,目前还没有公认的对对应关系。

已经查明含有强酸性物质的燃料油,即使是按照规定的标准方法检测不到低含量 SAN(强酸值),也不符合本标准。因为强酸的存在与燃料油腐蚀性之间有相互对应关系。

附录 I (资料性附录) 钠 和 钒

I.1 引言

所有残渣燃料油都含有某种形式的金属,其中有一些是天然存在的,如钒、钙和镍,或者是一些外来的,如钠、铝、硅和铁。当燃料油燃烧时这些金属部分转化为氧化物、硫化物或更复杂的化合物颗粒,聚集成灰分。在一定温度下这些固体颗粒会部分液化,如果零部件表面温度足够高,这种状态的灰分会粘附于燃烧系统的部件表面。这些粘附的灰分沉积物以所谓的“热腐蚀”或其他方式损坏部件(柴油机的活塞顶、排气阀、涡轮增压器叶片表面和水冷管壁以及锅炉的过热炉和预热炉管壁)。灰分颗粒开始变成液体并粘附在部件表面的温度,通常称为“粘附(着)温度”,该温度对富含钒和/或钠的灰分来说是最低的,因此应特别注意燃料油中这些金属的含量。

I.2 灰分的熔点

灰分的熔点差别很大,取决于灰分的组成。例如,钒酸钠灰分,其作为一种纯化合物具有 535 °C 熔点,而这个温度可以通过从腐蚀的表面产生的其他金属氧化物的溶解得到降低。因此,灰分的熔解温度理论上可以降低到 400 °C 以下。通常认为钠钒比为 1:3 时的灰分熔解温度最低。但这只是对由这两种化合物($\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{V}_2\text{O}_5$)组成的灰分混合物而言的。灰分来自于真正的燃料油燃烧,是各种化合物的复杂混合物,也会由钙、镍、硅和铝以及其他浓度很低的元素组成。所有这些外来的金属都会影响灰分的熔解温度。减少灰分的附着,在有些情况下会起到有益的作用,然而在另外的情况下会产生相反的作用。

当燃料油中的钒含量升高时,1:3 的钠钒比值更加重要,因为灰分的钒含量会越来越高。某些残渣燃料油的钒含量可以达到约 600 mg/kg,其他金属通常达不到这个水平,因此它们对“粘附(着)温度”的影响是有限的。并且钒含量高,会加重总灰分,可能恶化由于灰分沉积而引起的问题。

不难发现一些船主规定最大钠含量是实际钒含量的三分之一。综上所述,很明显不能采用科学的方法找到这样一个限值,而且也没有必要,尤其在较低钒含量(小于 150 mg/kg)时。

I.3 钒

钒是燃料油中的天然组分,它以含有其他元素复杂的化学分子形式存在。这些分子在残渣燃料油中以溶解状态存在。因此,在船上没有实用的方法可以将钒从燃料油中除去。限制钒的唯一实际方法是限制它的含量。制定可行的限值首先取决于操作经验和了解特定发动机或锅炉对灰分相关问题的敏感性。

I.4 钠

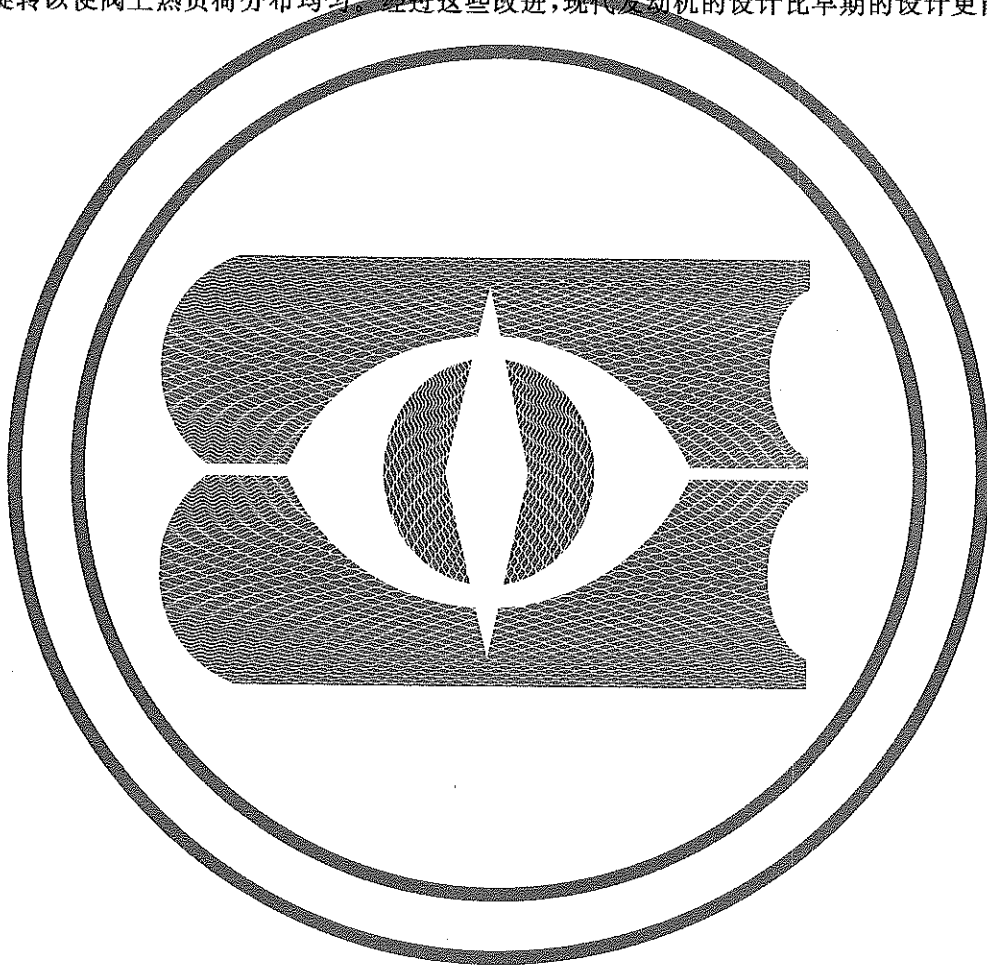
钠通常来源于海水污染。但是,某些钠可能以在船上处于不能去除的状态存在。1%质量分数的海水会使燃料油中钠含量增加 100 mg/kg,基本上不含水的燃料油通常钠含量大约在 10 mg/kg ~ 50 mg/kg 之间,很少有再高的。

钠不同于钒,通常在燃料油中以油不溶态形式存在,在大多数情况下,钠含量高与海水的污染有关;因此,去除钠可以直接通过去除沉降罐中的水和通过离心处理。采用适当的方法可以将90%以上的钠除去,尤其采用离心的方法。在极少情况下,在炼油过程中使用的氢氧化钠也可能是污染的来源。

1.5 工程解决方案

工程解决办法是控制热腐蚀,控制金属表面的温度和选择物理性能和耐热腐蚀性能兼顾的合金材料。

现代发动机设计以防止关键部件附着灰分为目标。例如对排气阀和阀座表面进行更有效的冷却,使用气阀旋转以便阀上热负荷分布均匀。经过这些改进,现代发动机的设计比早期的设计更能耐钒和/或钠。



附 录 J
(资料性附录)
催化 剂 粉 末

燃料仓中燃料油潜在磨损颗粒的主要来源是催化剂粉末。多年来采用铝+硅的限值控制,设置最大为 60 mg/kg。

发动机制造者认为燃料油经过船上处理之后进入发动机的铝+硅的含量应少于 15 mg/kg。

本标准中,铝+硅的限值适用于表 2 中所列的残渣燃料油。这些限值反映了总的操作清理效率比以前在船上测定低。

表 2 中铝+硅的数值意在限制催化剂粉末的数量,确保磨损风险最小,规定燃料油进行充分预处理,例如,通过保持离心净化机的进口温度恒定,通常 98 °C 时燃料清洗系统(油箱、离心机和过滤器)在最佳工况下工作。

因此,为了达到所需要的低催化剂粉末,高效率的燃料油预处理是最重要的。

附录 K
(资料性附录)
使用过的润滑油

世界上一些地方将使用过的润滑油(ULOs),如失去功能的车辆曲轴箱油加入到燃料油贮存罐中已有 25 年以上的历史了。

从陆地上收集的 ULO 作为燃料油的混合成分,如果没有相应的环境法规,可能为将其他废物加入到残渣燃料油罐中提供一种途径。

ULO 有可能是组成变化非常大的物料,如上所说,它主要由使用过的曲轴箱油组成。这种油含有大量的清净剂和抗磨添加剂。清净剂主要是钙基,抗磨添加剂通常是锌、磷化合物,有些不含锌。因此本标准设定限值的原理是,如果钙和锌或钙和磷两组元素中任一组高于表 2 中规定的限值,则认为残渣燃料油含有 ULO。

考虑不含 ULO 时燃料油中这些元素的基础量以及试验方法的再现性,所选择的锌、磷、钙的限值设定了一个尽可能低的量。因此,不可能将这些“指纹”元素含量上限值设为零。

根据大量的统计报告,这些元素的组合将不会导致识别 ULO 的错误。

表 2 中给出的锌、磷、钙的限值可作为检测燃料油是否符合本标准的依据,但并非暗示被判定为含有 ULO 的燃料油必定不适合使用。



附录 L

(资料性附录)

残渣燃料油的清洁度和相容性

目前在重油实际使用中,即使总沉淀物指标合格,仍会遇到燃油过滤系统包括离心机和过滤器等存在过多油泥,导致分油机和过滤器堵塞现象。符合标准指标的油品单独使用时无问题,但遇到非同类轻油或重质燃料油时,出现絮凝现象,这种现象在燃料油调合过程中也会经常遇到,反映的是不同油品的相容性问题。

目前国内规范检测油品相容性的试验方法普遍使用 ASTM D4740《斑点试验测定残渣燃料的清洁度和相容性》,该方法适用于 100 °C 运动黏度小于 50 mm²/s 的残渣燃料油。通过本方法测定的燃料油的清洁度达到 3 级或以上,可能会有操作上的问题。一种燃料油清洁度好,但当其与另一种调合料混合后有可能产生固体悬浮物析出,使用该方法测得的相容性达到 3 级或以上则说明二者不相容。此外还有多个评判重质燃料稳定性和相容性的标准方法,但多是为控制优化炼油厂流程或原油的稳定储存而建立的。稳定性和相容性参数可以表征渣油产品、混合燃料油和原油的存储稳定性。但是稳定性、存储稳定性和相容性很大程度上“与使用条件有关”。因此该指标并未列入产品标准中。考虑国内重油调合组分复杂,近年燃料油的相容性问题尤为突出,因此该性能列入本标准资料性附录中,供买卖双方参考。残渣燃料油的相容性测试也可选择双方认可的其他标准试验方法。

附录 M
(资料性附录)

本标准与 ISO 8217:2012 章条编号对照和技术性差异及其原因

M.1 本标准与 ISO 8217:2012 章条编号对照见表 M.1。

表 M.1 本标准与 ISO 8217:2012 条款差异的对照一览表

本标准章条编号	ISO 8217:2012 章条编号
—	3
3	—
4	5、6 和 7
5	—
5.3	4
6	—
7	—
—	附录 L
附录 L	—
附录 M	—

M.2 本标准与 ISO 8217:2012 的技术性差异及其原因见表 M.2。

表 M.2 本标准与 ISO 8217:2012 的技术性差异及其原因

本标准章条编号	技术性差异	原因
—	删除了国际标准的引言	ISO 8217:2012 是针对国际情况编写的,不适合我国国家标准情况
前言	将国际标准的前言修改为我国标准的前言	适合我国标准情况
2	<p>关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,概括如下:</p> <p>——用适用的我国文件代替国际标准中部分引用文件;</p> <p>——增加了 GB 190、GB/T 384、GB/T 387、GB 13690、GB 30000. 7、SH/T 0172、SH/T 0253、SH/T 0689 和 NB/SH/T 0842 等试验方法;</p> <p>——删除了 ISO 3679“闪点的测定 快速平衡闭口杯法”;</p> <p>——删除了 ISO 12937“石油产品 水分测定 库伦卡尔费休滴定法”</p>	<p>适应我国技术条件。</p> <p>根据我国石油燃料产品标准编写习惯。</p> <p>增加了低硫燃料油硫含量检测方法和热值方法。</p> <p>符合本标准的燃料油不必采用该方法。</p> <p>ISO 8217 规定燃料中加入染色剂时测定水分,我国燃料不加染色剂,不必采用该方法</p>

表 M.2 (续)

本标准章 条编号	技术性差异	原因
3	将国际标准的第3章“应用”内容修改为本标准的第3章“分类和代号”	目前我国的现行船用燃料油分类标准与ISO 8217:2012中的分类有较大差异(我国分类标准未同步修订)
表1	本标准将船用馏分燃料油按照硫含量分为三个等级,DMA和DMZ的I级产品硫含量指标由ISO 8217:2012的1.5%修改为1.0%,DMB的I级产品硫含量指标由2.00%修改为1.50%,增加了II、III级产品类型	根据ISO/CD 8217:2015、国际海事组织(IMO)即将实施的关于SO _x 排放限制的规定以及我国馏分燃料油实际产品硫含量数据确定
	将DMX产品闪点由43℃改为60℃	海上安全考虑,并且完全可以达到要求
表2	1) 残渣燃料油水含量增加脚注“水分超过0.5%的应与需方协商并经用户认可,但最高不大于1.0%。” 2) 残渣燃料油硫含量由法规限制改为具体指标值,在脚注中说明“尽管给出了限值,买方应该按照船舶行驶区域的有关法规限制确定最大硫含量,见附录C。”	根据我国市场上实际产品水含量数据和使用情况确定。 便于燃料油生产、使用和销售
5、6和7	增加了检验规则和标志、包装、运输、贮存及安全等章节	根据我国石油产品标准编写习惯,便于标准执行
附录A.2.3	将FAME“微量”限值由0.1%修改为0.5%	参照ISO/CD 8217:2015中附录A
附录L	将ISO 8217:2012的附录L“精密度和实验结果说明”改为“残渣燃料油清洁度和相容性”资料性附录	根据我国船用燃料油实际使用状况确定
附录M	增加了本标准与前一版的主要变化内容	根据GB/T 1.1—2009的编写规定

参 考 文 献

- [1] GB/T 29114 燃气轮机液体燃料
 - [2] GB/T 7727.1—2008 船舶通用术语 第1部分:综合
 - [3] International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT), 5th edition, ISBN 978-1-85609-291-3
 - [4] IP 541;2006 Determination of ignition and combustion characteristics of residual fuels—Constant volume combustion chamber method
 - [5] ISO/TR 29662;2009 Petroleum products and other liquids—Guidance for flash point testing
 - [6] CEN/TR 15138;2005 Petroleum products and other liquids—Guide to flash point testing
 - [7] The Flammability Hazards associated with the Handling, Storage and Carriage of Residual Fuel Oil, Published by the Oil Companies International Marine Forum (OCIMF), December 1989
-