

ICS 75.160.20
CCS E 31



团 体 标 准

T/CECA-G 0290—2024

船用燃料油清净增效剂使用技术条件及 评定方法

Technical requirement and assessment method of marine
fuel oils detergency enhancement additive

2024-03-21 发布

2024-03-22 实施

中 国 节 能 协 会 发 布

目 次

- 1 范围 1
- 2 规范性引用文件 1
- 3 术语和定义 1
- 4 使用技术条件 2
- 5 评定项目及测试方法 3
- 6 评定方法 3
- 附录 A （规范性） 船舶发动机台架对比测试方法 8
- 附录 B （规范性） 实船对比测试方法 10
- 附录 C （规范性） 日志记录数据表 12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利,本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国节能协会标准化专业委员会提出并归口。

本文件起草单位：中远海运特种运输股份有限公司、中国船级社广州分社、北京长信万林科技有限公司、中国船级社上海规范研究所、武汉理工大学（中远海运集团院士工作站）、上海海事大学商船学院、无锡先进内燃动力技术创新中心、上海中谷物流股份有限公司、江门市中润能源有限公司。

本文件主要起草人：胡浩帆、梁杰、袁成清、周立伟、郭学兵、江国和、刘首伟、简炎钧、温苗苗、吴铭定、许芳丽、黎庆芬、郭智威、银增辉、单高永、张伟群。

本文件首次制定。

船用燃料油清净增效剂使用技术条件及评定方法

警告：如果不遵守适当的防范措施，本文件所属产品在生产、运输、贮运和使用等过程中可能存在危险。本文件无意对与本产品有关的所有安全问题提出建议。使用者有责任采用适当的安全和防护措施，并保证符合国家有关规定的条件。

1 范围

本文件规定了船用燃料油清净增效剂的使用技术条件、评定项目及测试方法和评定方法。

本文件适用于降低柴油或重油等燃料油内燃机动力船舶运行能耗和污染物排放的燃料油清净增效剂的使用和评定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。凡是注日期的引用文件，仅所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/T 3221 内燃机动力内河船舶系泊和航行试验大纲
- GB/T 3471 海船系泊及航行试验通则
- GB 15097 船舶发动机排气污染物排放限值和测量方法(中国第一、二阶段)
- GB 17411 船用燃料油
- GB/T 27874 船舶节能产品使用技术条件及评定方法
- GB 36886 非道路移动柴油机械排气烟度限值及测量方法
- HJ 857 重型柴油车、气体燃料车排气污染物车载测量方法及技术要求
- HJ 1014 非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求
- TCECA-G 0170-2022 燃料油清净增效剂
- 中国船级社 2011 船舶能效管理认证规范
- ISO 8217 船用燃料油

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文。

3.1

船用燃料油 marine fuel oils

是指用于船舶发动机的燃料类油品，包括重油、轻柴油。

[来源：GB17411]

3.2

船用燃料油清净增效剂 marine fuel oils detergency enhancement additive

添加到船用燃料油中，通过优化发动机燃烧过程、降低摩擦等技术措施实现清除和抑制积碳、降低污染物排放、减少燃油消耗、提升内燃机动力的物质。

3.3

节能率 rate of fuel saving

使用船用燃料油清净增效剂时,船舶发动机台架或实船测试的平均燃油消耗率或平均燃油流量的下降值与不使用清净增效剂在相同工况下的平均燃油消耗率或平均燃油流量的比值。

3.4

污染物净化率 pollutant removal efficiency

使用船用燃料油清净增效剂后,船舶发动机或实船测试的排气污染物排放量降低的幅值与不使用燃料油清净增效剂的排气污染物排放量的比值。

4 使用技术条件

4.1 船用燃料油清净增效剂的理化性能技术指标应满足 T/CECA-G 0170-2022 中规定的理化指标要求。

4.2 船用燃料油清净增效剂中不应含有可生成灰分的物质,按照推荐加入量加入船用燃料油清净增效剂后的船用燃料油应符合 GB 17411 或 ISO8217 的要求,并应满足下列要求:

注:船用燃料油应符合符合 GB 17411 或 ISO8217 的要求。

4.2.1 动力性技术指标

船用燃料油清净增效剂对船舶发动机的动力性应满足下列任一条件:

a) 在发动机台架上进行动力性对比测试,在标定转速下的发动机最大输出扭矩对比系数 (K_M) 应不小于 1.0。

b) 在实船进行快速性对比测试,船舶快速性对比系数 (K_S) 应不小于 1.0。

4.2.2 节能性技术指标

船用燃料油清净增效剂对船舶发动机的节能率应满足下列任一条件:

a) 在发动机台架上进行对比测试时,节能率应满足下列任一条件:

1) 发动机推进特性节能率不小于 2.0%,同时负荷特性的节能率不小于 1.0%;

2) 发动机负荷特性节能率不小于 2.0%,同时推进特性的节能率不小于 1.0%。

b) 在实船上进行对比测试时,节能率应满足下列任一条件:

1) 船舶主机推进特性或负荷特性的节能率不小于 2.5%;

2) 船舶主机常用工况的节能率不小于 3.0%;

3) 发电机组原动机负荷特性节能率不小于 2.0%,或实际运行常用负荷特性工况的节能率不小于 2.5%。

4.2.3 污染物净化率指标

船用燃料油清净增效剂对船舶发动机的污染物净化率应满足下列任一条件:

a) 船舶发动机台架排气污染物对比测试,一氧化碳 (CO)、碳氢化合物+氮氧化物

(HC+NO_x)、颗粒物质量 (PM) 的净化率应不小于相同测试条件下的节能率。

b) 实船排气污染物对比测试, 一氧化碳 (CO) 净化率、碳氢化合物+氮氧化物 (HC+NO_x) 净化率、光吸收系数或林格曼黑度级数降幅应不小于相同测试条件下的节能率。

5 评定项目及测试方法

评定项目包含动力性、节能性、污染物净化性能。

5.1 动力性

船用燃料油清净增效剂的动力性选择下列任一方式:

5.1.1 采用实验室发动机台架测试动力性, 对比测试发动机在标定转速的最大输出扭矩对比系数 (K_M);

5.1.2 采用实船测试船舶快速性, 对比测试船舶在发动机设定工况下的快速性对比系数 (K_S)。

5.2 节能性

船用燃料油清净增效剂的节能性采用节能率进行评定, 节能率评定可选择下列任一方式:

5.2.1 采用实验室发动机台架测试, 根据附录 A 中发动机的测试规程进行测试, 并计算发动机台架测试的节能率;

5.2.2 采用实船测试, 根据附录 B 中实船测试流程进行测试, 并计算实船测试的节能率。

5.3 污染物净化性能

污染物净化性能采用净化率来表示。净化率可采用测量分析发动机排气污染物中主要有害组分的净化效果获得, 具体包括 CO、HC+NO_x、PM 的净化率。船用燃料油清净增效剂对船舶发动机的污染物净化率测试应采用下列任一方式:

5.3.1 实验室发动机台架测试, 根据附录 A 中发动机台架测试规程进行污染物净化率测试;

5.3.2 实船测试, 根据附录 B 中船舶测试规程进行污染物净化率测试。

6 评定方法

6.1 动力性评定

6.1.1 发动机台架测试动力性按标定转速下的最大输出扭矩对比系数评定, 按公式 (1) 计算:

$$K_M = \frac{M_{S1}}{M_{S0}} \quad (1)$$

式中:

K_M ——发动机最大输出扭矩对比系数;

M_{St} ——使用船用燃料油清净增效剂时，发动机台架测试标定转速的最大输出扭矩，N·m；

M_{So} ——未使用船用燃料油清净增效剂时，发动机台架测试标定转速的最大输出扭矩，N·m。

6.1.2 实船动力性按快速性对比系数评定，按公式（2）计算：

$$K_s = \frac{v_1}{v_0} \quad (2)$$

式中：

K_s ——船舶快速性对比系数；

v_1 ——使用船用燃料油清净增效剂时，船舶在发动机额定工况或常用工况下的平均静水航速，km/h；

v_0 ——未用船用燃料油清净增效剂时，船舶在发动机额定工况或常用工况下的平均静水航速，km/h。

6.2 节能性评定

6.2.1 发动机台架推进特性节能率按公式（3）计算；负荷特性节能率按公式（4）计算：

$$\eta_{et} = \frac{\bar{g}_{et0} - \bar{g}_{et1}}{\bar{g}_{et0}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

η_{et} ——发动机推进特性节能率；

\bar{g}_{et0} ——未使用船用燃料油清净增效剂时，发动机推进特性工况的平均燃料消耗率，g/kWh；

\bar{g}_{et1} ——使用船用燃料油清净增效剂时，发动机推进特性工况的平均燃料消耗率，g/kWh。

$$\eta_{ef} = \frac{\bar{g}_{ef0} - \bar{g}_{ef1}}{\bar{g}_{ef0}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

η_{ef} ——发动机负荷特性节能率；

\bar{g}_{ef0} ——未使用船用燃料油清净增效剂时，发动机负荷特性工况的平均燃料消耗率，g/kWh；

\bar{g}_{ef1} ——使用船用燃料油清净增效剂时，发动机负荷特性工况的平均燃料消耗率，g/kWh。

6.2.2 实船测试按照附录 B 测试规程对比测试的节能率按公式（5）计算。

$$\eta_{c1} = \frac{\bar{q}_{e0} - \bar{q}_{e1}}{\bar{q}_{e0}} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

η_{c1} ——实船对比测试节能率；

\bar{q}_{e0} ——未使用船用燃料油清净增效剂时，实船测试工况的平均燃料油流量，kg/h；

\bar{q}_{e1} ——使用船用燃料油清净增效剂时，实船测试工况的平均燃料油流量，kg/h。

6.3 污染物净化性能评定

6.3.1 发动机台架推进特性污染物净化率按公式（6）计算；负荷特性污染物净化率按公式（7）计算：

$$r_{xt} = \frac{\bar{m}_{xt0} - \bar{m}_{xt1}}{\bar{m}_{xt0}} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

r_{xt} ——发动机台架推进特性污染物 x 净化率；

x ——污染物种类，CO，HC+NO_x，PM；

\bar{m}_{xt0} ——未使用船用燃料油清净增效剂时，发动机推进特性工况的污染物 x 平均比排放，g/kWh；

\bar{m}_{xt1} ——使用船用燃料油清净增效剂时，发动机推进特性工况的污染物 x 平均比排放，g/kWh。

$$r_{xf} = \frac{\bar{m}_{xf0} - \bar{m}_{xf1}}{\bar{m}_{xf0}} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

r_{xf} ——发动机台架负荷特性污染物 x 净化率；

x ——污染物种类， CO ， $HC+NOx$ ， PM ；

\overline{m}_{xf0} ——未使用船用燃料油清净增效剂时，发动机负荷特性工况的污染物 x 平均比排放，g/kWh；

\overline{m}_{xf1} ——使用船用燃料油清净增效剂时，发动机负荷特性工况的污染物 x 平均比排放，g/kWh。

6.3.2 实船测试按照附录 B 要求工况对比测试的 CO 、 $HC+NOx$ 污染物净化率根据测试条件按照公式 (8) 或 (9) 计算。

a) 实船排放测试设备支持获得 CO 、 $HC+NOx$ 污染物的排放质量，按照公式 (8) 计算净化率。

$$R_{xc} = \frac{\overline{M}_{x0} - \overline{M}_{x1}}{\overline{M}_{x0}} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

R_{xc} ——实船对比测试排气污染物 x 的质量净化率；

x ——污染物种类， CO ， $HC+NOx$ ；

\overline{M}_{x0} ——未使用船用燃料油清净增效剂时，实船测试工况或常用工况的污染物 x 平均排放率，g/s；

\overline{M}_{x1} ——使用船用燃料油清净增效剂时，实船测试工况或常用工况的污染物 x 平均排放率，g/s。

b) 实船排放测试设备仅支持获得 CO 、 $HC+NOx$ 污染物的排放浓度，按照公式 (9) 计算净化率。

$$R_{xcc} = \frac{\overline{C}_{x0} - \overline{C}_{x1}}{\overline{C}_{x0}} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

R_{xcc} ——实船对比测试排气污染物 x 的浓度净化率；

x ——污染物种类， CO ， $HC+NOx$ ；

\overline{C}_{x0} ——未使用船用燃料油清净增效剂时，实船测试测试工况或常用工况的污染物 x 的平均浓度， 10^{-6} ；

\overline{C}_{x1} ——使用船用燃料油清净增效剂时，实船测试工况或常用工况的污染物 x 的平均浓

度， 10^{-6} 。

6.3.3 实船测试按照附录 B 要求工况对比测试后的颗粒物的净化率，按照公式（10）进行不透光烟度或林格曼黑度级数下降率计算。

$$R_{yc} = \frac{\overline{M}_{y0} - \overline{M}_{y1}}{\overline{M}_{y0}} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

R_{yc} ——实船对比测试光吸收系数或林格曼黑度级数下降率；

\overline{M}_{y0} ——未使用船用燃料油清净增效剂时，实船测试工况或常用工况的平均光吸收系数（ m^{-1} ）或平均林格曼黑度级数（无量纲）；

\overline{M}_{y1} ——使用船用燃料油清净增效剂时，实船测试工况或常用工况的平均光吸收系数（ m^{-1} ）或平均林格曼黑度级数（无量纲）。

6.4 其他项目的检测、标志、运输、安全等方面的要求参照 T/CECA-G 0170-2022 中的要求。

附录 A (规范性) 船舶发动机台架对比测试方法

A.1 测试条件及要求

船舶发动机台架测试按GB/T 27874-2023中附录A.1规定的测试条件及要求开展测试。

A.2 发动机台架推进特性测试

发动机台架测试工况参考螺旋桨推进特性模式控制，具体测试工况应按照表A.1调节发动机转速或负荷至目标测试工况，发动机热工状态参数稳定后开始测试，每个工况测试时长不少于0.5小时，依次按测试工况进行测试。

对比测试中，应先进行不添加清净增效剂的燃料油测试，再进行添加燃料油清净增效剂的测试。油舱中更换添加清净增效剂的燃料油后，需要考虑将换油前油路中的燃料油消耗完，并使用添加清净增效剂的船用燃料油在发动机高速运行至少1个小时后方可进行测试。

表 A.1 台架发动机推进特性测试工况

工况序号	1*	2	3*	4	5	6*	7	8	9	10
标定转速百分比	100%	98%	97%	95%	93%	91%	89%	87%	84%	82%
标定功率百分比	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%
工况序号	11*	12	13	14	15	16*	17#	18#	19#	20#
标定转速百分比	79%	77%	74%	70%	67%	63%	58%	53%	46%	37%
标定功率百分比	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%	10%	5%
带有“*”标志的工况点为推荐的典型测试工况点										
带有“#”标志的工况点在船舶航行安全前提下可以选择的测试工况；										

A.3 发动机台架负荷特性测试

发动机台架负荷特性测试，具体测试工况应按照表A.2调节发动机负荷至目标测试工况，每个工况热工状态参数稳定后开始测试，每个工况测试时长不少于0.5小时，依次按测试工况进行测试。

表 A.2 台架发动机负荷特性测试工况

工况序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
标定功率百分比	100%	90%	75%	60%	50%	40%	25%	10%	5%

A.4 发动机动力性测试

保持发动机油门刻度为最大位置，控制转速至标定转速，测试发动机在标定转速下的稳定运转的最大输出扭矩。

A.5 发动机排气排放污染物对比测试

发动机排气污染物及颗粒物测试应符合GB 15097的规定。

附录 B
(规范性)
实船对比测试方法

B.1 实船测试要求应满足以下任一条件：

B.1.1 满足 GB/T 27874 实船测试条件，可按照指定航行工况开展实船测试应满足以下条件：

B.1.1.1 对比测试应在同船、同配置、同装载状态情况下进行，推荐实船测试装载载荷不少于船舶最大载荷的 20%，且船舶浮态前后保持一致，测试期间应使用符合 GB 17411（或 ISO 8217）的同一标号、同一批次的船用燃料油，使用同一标号的润滑油，使用相同品牌、同一标号、同一批次的船用燃料油清净增效剂。

B.1.1.2 对比测试中，应先进行不添加船用燃料油清净增效剂的燃料油测试，再进行添加船用燃料油清净增效剂的测试。油舱中更换添加船用燃料油清净增效剂的燃料油后，需要考虑将换油前油路中的燃料油消耗完，并使用添加燃料油清净增效剂的燃料油在常用工况下至少累计运行 12 个小时后方可进行测试。

B.1.1.3 对比测试前后，测试水域水流条件（浪级）、环境状况（环境温度、风力/风向）应基本相同。发动机测试工况应保持一致，且同一工况下发动机相关热工状态参数也应控制在基本相同范围。

B.1.2 采用满足《船舶能效管理认证规范》的自动化监测系统或由岸上人员使用从现有要求的记录（例如正式的航海日志、轮机日志和油类记录簿等）中获得相关数据。

B.2 实船测试设备及数据获取方式应满足以下任一条件：

B.2.1 满足 GB/T 27874 实船测试条件，采用安装测试分析仪的方式开展实船油耗与污染排放物测试应满足以下条件：

B.2.1.1 海船进行实船对比测试时，测试条件应符合 GB/T 3471 的规定。

B.2.1.2 内河船进行实船对比测试时，测试条件应符合 GB/T 3221 的规定。

B.2.1.3 实船测试仪器及性能可参考以下任一条件：

(1) 满足 GB/T 27874 中附录 B.1.5 中仪器及性能要求；

(2) 实船测试的 CO、NO_x 污染物排放测试设备应满足 HJ 1014 附录 E 中 CO、NO_x 的测试分析仪要求，HC 污染物排放测试设备应满足 HJ 857 附录 B 中 HC 的测试分析仪要求，光吸收系数或林格曼黑度的测试设备应满足 GB 36886 中检验用仪器要求。

B.2.2 采用满足《船舶能效管理认证规范》的自动化监测系统或由岸上人员使用从现有要求的记录（例如正式的航海日志、轮机日志和油类记录簿等）中获得相关数据，至少包含燃油日耗量、当天航行时长、主机平均转速等数据，记录数据表参考附录 C。人工记录日志方式的有效数据需要满足当天长时间稳定运行的要求，一般要求当天稳定运行时长不低于 23 小时。此方法适用于只进行节能率测评的试验。

B.3 船舶主机推进特性测试工况应按以下任一条件：

B.3.1 船舶主机按推进特性开展测试时，测试工况按照表 B.1 的要求依次进行测试，发动机

热工状态参数稳定后开始测试，每个工况稳定测试时长不少于 2 小时。

表 B.1 船舶航行主机推进特性测试工况

工况序号	1	2	3	4	5	6	7 [#]	8 [#]	9 [*]
标定转速百分比	100%	95%	89%	82%	74%	63%	53%	37%	常用工况
“ [#] ”标志是在船舶航行安全前提下可以选择的测试工况；									
“ [*] ”标志是选定的船舶实际航行常用工况，至少选定 1 个常用工况									

B.3.2 基于 B.2.2 方式获取船舶实际航行数据，测评期间满足加剂前主机运行至少 4 个月（有效数据不少于 30 天），加剂后不少于 2 个月（有效数据不少于 30 天），选定的常用主机推进特性工况原则上满足在加剂前和加剂后累计运行时长不少于 115 小时。如条件允许，可尽量延长测评周期。

B.4 船舶主机负荷特性测试工况

B.4.1 船舶主机按负荷特性开展测试时，测试工况按表 B.2 的要求依次进行测试，发动机热工参数稳定后，每个工况稳定测试时长不少于 0.5 小时。

表 B.2 主机负荷特性测试工况

工况序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9 [*]
标定功率百分比或负荷	100%	90%	75%	60%	50%	40%	25%	10%	常用工况
“ [*] ”标志是船舶实际航行常用工况，至少选定 1 个常用工况									

B.4.2 基于 B.2.2 方式获取船舶实际航行数据，测评期间满足加剂前主机运行至少 4 个月（有效数据不少于 30 天），加剂后不少于 2 个月（有效数据不少于 30 天），选定的常用主机负荷特性工况原则上满足在加剂前和加剂后累计运行时长不少于 115 小时。如条件允许，可尽量延长测评周期。

B.5 船舶发电机组输出电功率和能耗测试工况

B.5.1 调整电力负载，以发电机组标定容量的 100%、75%、50%、25%、10% 为测试工况。

B.5.2 测试发电机组输出的电功率及对应燃料消耗量。

B.6 实船节能率或排放污染物净化率对比测试

按照 B.1~B.5 要求开展船用燃料油清净增效剂在实船使用中的节能率或排放污染物净化率对比测试。

附录 C
(规范性)
日志记录数据表

船名:

序号	日期	主机燃料油消耗量* (吨/天)	载货量 (吨)	当天航行时 长(小时)	当天行驶里程 (海里)	主机平均转速 (转/分)	是否使用 加剂 燃料油	填报人	备注
1									
2									
3									
...									
...									
N									

“*”是指在使用加剂燃料油、未加剂燃料油时使用同一类型的燃料油，例如均使用重燃料油