



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

## 营运船舶温室气体排放计量方法： 燃料舱测量法

Measurement method for Greenhouse Gas Emissions of operating ships:

Fuel tank measurement method

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布



# 营运船舶温室气体排放 计量方法：燃料舱测量法

Measurement method for Greenhouse Gas  
Emissions of operating ships: Fuel tank  
measurement method

JJF XXXX-XXXX

归口单位：全国碳达峰碳中和计量技术委员会  
碳排放分技术委员会

主要起草单位：国家船舶舱容积计量站  
中国计量科学研究院

参加起草单位：北京市计量检测科学研究院  
上海海事局船舶能效管理中心

本规范委托全国碳达峰碳中和计量技术委员会碳排放量计量分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

# 目 录

引 言 .....	1
1 范围 .....	2
2 引用文件.....	2
3 术语 .....	2
4 计量对象.....	3
5 计量方法.....	4
5.1 计量边界.....	4
5.2 源流识别.....	4
5.3 计量要求.....	4
6 温室气体排放量计算.....	5
6.1 温室气体排放总量.....	5
6.2 燃料燃烧排放量.....	5
6.3 活动数据.....	5
6.4 排放因子.....	7
7 计量结果表达.....	7
附录 A 活动数据收集要求.....	9
附录 B 排放因子测定要求.....	14
附录 C 排放因子推荐值.....	15
附录 D 报告格式模板.....	16
附录 E 不确定度评估方法及示例 .....	20



# 引 言

J JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成制定本规范的基础性规范。  
本规范为首次制订。

# 营运船舶温室气体排放计量方法：燃料舱测量法

## 1 范围

本规范适用于采用燃料舱测量法的 400 总吨及以上营运船舶燃料消耗所产生的温室气体排放量的计量。

## 2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 19779 石油和液体石油产品油量计算静态计量

GB/T 21451.2 石油和液体石油产品储罐中液位和温度自动测量法第 2 部分：油船舱中的液位测量

GB/T 24959 冷冻轻烃流体 液化天然气运输船货舱内温度测量系统一般要求

GB/T 24964 冷冻轻烃流体液化天然气运输船上货物量的测量

GB/T 32151.30 温室气体排放核算与报告要求第 30 部分：水运企业

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

JJG 702 船舶液货计量舱容量检定规程

JT/T 1340 船舶能耗数据收集与报告技术要求

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 术语

GB/T 19779、GB/T 24964、GB/TJJG 702 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

### 3.1 温室气体 greenhouse gas

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

[来源：GB/T 32150-2025，3.1]

注：本规范涉及的温室气体为二氧化碳（CO<sub>2</sub>）。

### 3.2 计量边界 metrology boundary

与船舶营运的燃料消耗相关的温室气体排放的范围。

[来源：GB/T 32150-2025，3.4，有修改]

### 3.3 活动数据 activity data;AD



导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

[来源：GB/T 32150-2025，3.12]

注：本规范的活动数据是指各类船舶燃料的消耗量。

3.4 排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150-2025，3.13]

注：本规范排放因子是指每单位燃料消耗所对应的温室气体排放量。

3.5 燃料舱测量系统 fuel tank measurement system

用于监控和处理燃料舱液位测量系统、温度测量系统、浮态测量系统以及压力测量系统的测量数据并生成相关计量文件的系统。

[来源：GB/T 24959-2019，3.4，有修改]

3.6 燃料舱测量法 bunker fuel tank monitoring on-board

通过燃料舱测量来获取燃料消耗量，从而确定报告期内船用燃料消耗总量的方法。

3.7 船用燃料 marine fuel

为船舶推进或作业而交付船上使用的任何燃料。包括 GB/T 17411-2015 所规定的馏分燃料油和残渣燃料油，LPG、LNG 等新能源以及甲醇、乙醇等生物燃料。

3.8 船用燃料燃烧排放 marine fuel combustion emission

船用燃料在船舶各种类型的燃烧设备中，包括但不限于主机、副机、锅炉、焚烧炉、应急发电机、惰性气体发生器等，与氧气充分燃烧产生的二氧化碳排放。

[来源：GB/T 32151.30-2024，3.6]

3.9 报告期 report period

船舶能耗数据收集与报告所对应的特定时间段。

[来源：JT/T 1340-2020，3.1.3]

4 计量对象

本规范的计量对象为活动数据和排放因子涉及的相关过程参数，见表 1。

表 1 计量内容及关键参数

计量内容	相关过程参数	
活动数据	燃料体积	燃料舱容量，m <sup>3</sup>
		液位，m
		温度，℃
		纵倾角，°
		横倾角，°
		压力，Pa（若涉及）

排放因子	燃料密度, kg/m <sup>3</sup>
	元素含碳量, tC/t
	碳氧化率, %

## 5 计量方法

### 5.1 计量边界

营运船舶温室气体排放应以报告期内单个营运船舶及其燃料舱内燃料消耗为边界, 见图 1。

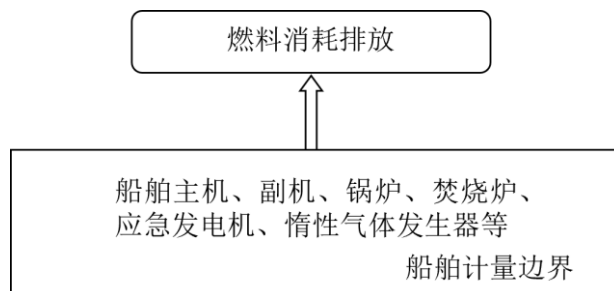


图 1 船舶计量边界示意图

### 5.2 源流识别

对温室气体排放的各类源流逐一进行识别, 宜按表 2 进行识别。

表 2 营运船舶温室气体源流示意 (不限于)

排放类型		源流	排放源举例
直接排放	燃料燃烧排放	重油、轻油、柴油、液化气体等船舶燃料	主机、副机、锅炉、焚烧炉、应急发电机、惰性气体发生器等

### 5.3 计量要求

#### 5.3.1 活动数据

各源流活动数据即船舶各类燃料消耗量, 通过燃料舱测量法计量方式获取原始数据。

活动数据各相关参数收集方法及相关要求见附录 A。

各源流的活动数据扩展不确定度应满足表 3 的要求。

表 3 不确定度要求

源流种类	参数	扩展不确定度
各类船用燃料	消耗量 (t)	3.5%

#### 5.2.2 排放因子

排放因子计算涉及的相关参数宜采用实测方法获得。具备条件的船舶企业可自行开展实测, 或委托专业机构进行检测, 船用燃料排放因子测定要求见附录 B。不具备条件的企业或航行区域有明确要求的, 在不影响最终计量精度要求的前提下, 可采用附录 C 规定的排放因子推荐值。

## 6 温室气体排放量计算

### 6.1 温室气体排放总量

营运船舶温室气体排放主要为船用燃料燃烧所产生。其排放量按公式（1）计算：

$$E = \sum_i^n E_i \quad (1)$$

式中：

$E$ ——船用燃料消耗产生的温室气体排放总量，tCO<sub>2</sub>；

$E_i$ ——第  $i$  种船用燃料消耗产生的 CO<sub>2</sub>，tCO<sub>2</sub>。

### 6.2 燃料燃烧排放量

按公式（2）计算船用燃料燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放量：

$$E_i = \sum_i^n (FC_i \times CF_i) \quad (2)$$

式中：

$FC_i$ ——报告期内第  $i$  种船用燃料的活动数据，t；

$CF_i$ ——报告期内第  $i$  种船用燃料的二氧化碳排放因子，tCO<sub>2</sub> / tfuel。

### 6.3 活动数据

#### 6.3.1 船用燃料消耗量活动数据

按式（3）计算船用燃料消耗量活动数据：

$$FC_i = \sum_{k=1}^n Q_{i,k} \quad (3)$$

式中：

$Q_{i,k}$ ——报告期内第  $i$  种燃料第  $k$  次测量获取的燃油消耗量，为相邻两次舱内燃料量测量差值，t。

#### 6.3.2 船用燃料质量

##### 6.3.2.1 石油和液体石油产品质量

当船舶燃料为石油和液体石油产品时，按式（4）计算燃料质量：

$$Q = V_T \times VCF \times \rho_{air} \quad (4)$$

式中：

$Q$ ——舱内燃料质量，t；

$V_T$ ——舱内燃料温度为  $T$  时，舱体热膨胀/收缩修正后的燃料体积，m<sup>3</sup>；

$VCF$ ——燃料体积修正系数；

$\rho_{air}$ ——燃料空气中标准密度，t/m<sup>3</sup>。

##### 6.3.2.2 液化气体质量

当船舶燃料为液化气体时，按式（5）计算燃料质量：

$$Q = Q_{liq} + Q_{vap} \quad (5)$$

式中：

$Q_{liq}$ ——舱内燃料液相质量，t；

$Q_{vap}$ ——舱内燃料气相质量，t。

其中， $Q_{liq}$ 按式（6）计算：

$$Q_{liq} = V_{liq} \times \rho_{liq} \quad (6)$$

式中：

$V_{liq}$ ——舱内液相温度为 $T_{liq}$ 时，舱体热膨胀/收缩修正后的液相体积， $m^3$ ；

$\rho_{liq}$ ——舱内液相温度为 $T_{liq}$ 时，液相部分的密度， $t/m^3$ 。

$Q_{vap}$ 按式（7）计算：

$$Q_{vap} = V_{vap} \times \frac{T_n}{T_{vap}} \times \frac{P_{vap}}{P_n} \times \frac{M_{mix}}{V_m Z_{mix}} \quad (7)$$

式中：

$V_{vap}$ ——舱内气相温度为 $T_{vap}$ 、气相压力为 $P_{vap}$ 时，舱体热膨胀/收缩修正后的气体体积， $m^3$ ；

$T_n$ ——标准温度， $^{\circ}C$ ；

$T_{vap}$ ——气相温度， $^{\circ}C$ ；

$P_n$ ——标准压力， $^{\circ}C$ ；

$P_{vap}$ ——气相压力， $^{\circ}C$ ；

$M_{mix}$ ——蒸气混合物摩尔质量， $kg/kmol$ ；

$V_m$ ——在标准参比温度和压力下，理想气体的摩尔体积， $^{\circ}C$ ；

$Z_{mix}$ ——在已知的温度和压力下，气相的压缩因子。

### 6.3.2.3 舱内燃料体积

#### 6.3.2.3.1 石油和液体石油产品体积

按式（8）计算燃料舱内石油和液体石油产品体积：

$$V_T = (V_{底} + (z + \Delta z)) \times \bar{S} \times C_T \times C_P \quad (8)$$

式中：

$V_T$ ——舱内温度为 $T$ 时，舱体热膨胀/收缩修正后的燃料体积， $m^3$ ；

$V_{底}$ ——舱容表底量， $m^3$ ；

$z$ ——舱内液面高度， $m$ ；

$\Delta z$ ——液位高度修正值，包括纵倾修正值、横倾修正值、浮子密度修正值等， $m$ ；

$\Delta \bar{S}$ ——下部基准点至液面高度，舱容表厘米容量平均值， $\text{m}^2$ ；

$C_T$ ——温度为  $T$  时，舱温度膨胀修正系数；

$C_P$ ——舱体积压力膨胀修正系数；对于非液化气体舱，该系数为 1。

#### 6.3.2.3.2 液化气体体积

燃料舱内液相体积  $V_{\text{liq}}$  可参考式 (8) 计算；按式 (9) 计算燃料舱内气相体积：

$$V_{\text{vap}} = (V_{\text{总}} - (V_{\text{底量}} + (z + \Delta z)) \times \bar{S}) \times C_{T_{\text{vap}}} \times C_{P_{\text{vap}}} \quad (9)$$

式中：

$V_{\text{总}}$ ——舱容表给出液化气体舱总容量， $\text{m}^3$ ；

$C_{T_{\text{vap}}}$ ——温度为  $T_{\text{vap}}$  时，舱温度膨胀修正系数；

$C_{P_{\text{vap}}}$ ——压力为  $P_{\text{vap}}$  时，舱体积压力膨胀修正系数。

#### 6.3.2.4 舱内燃料密度

燃料密度宜通过实测获得，可采取以下三种测量方式：

- 经第三方计量技术机构校准且在有效期内的船载密度测量系统；
- 燃料供应商在加注港出具的燃料交付单(BDN)；
- 在经认可的实验室进行的测试分析中测得的密度。

#### 6.3.2.5 其他

计量船舶液化气体消耗量时，应扣除从燃料舱到发动机之间、发动机内部发生的气体逃逸量，逃逸比例可参考国际海事组织（IMO）发布的《船用燃料全生命周期温室气体强度指南》（LCA 指南）中给出的参考值。

### 6.4 排放因子

计量边界内第  $i$  种船用燃料的排放因子按式 (10) 计算：

$$CF_i = C_{\text{ar},i} \times OF_i \times 44/12 \quad (10)$$

式中：

$C_{\text{ar},i}$ ——第  $i$  种燃料的单位热值含碳量，宜通过实测获得， $\text{tC/t-Fuel}$ ；

$OF_i$ ——第  $i$  种燃料的碳氧化率，%；

44/12—— $\text{CO}_2$  与 C 的相对分子质量之比。

## 7 计量结果表达

### 7.1 报告

船舶温室气体排放量计量报告应参照附录 D 的格式进行报告。

### 7.2 基本信息

主要包括报告单位和船舶基本信息，如船舶名称、船舶识别码、船东/公司名称和联系

人信息等。

### 7.3 源流识别

应报告营运船舶消耗的源流名称和源流类型。

### 7.4 活动数据

应报告营运船舶碳排放计量器具配备和溯源情况。应报告所使用的不同品种化石燃料的消耗量。应报告活动数据中实际消耗量来源。

### 7.5 排放因子

应报告营运船舶所使用的不同品种燃料的排放因子，当采用实测方法时，还应报告单位元素含碳量和碳氧化率。

### 7.6 温室气体排放量

应分别报告营运船舶报告期内各源流产生的温室气体排放量，并分别给出标准不确定度。应报告营运船舶报告期内温室气体排放总量，并给出合成不确定度。

### 7.7 其他

本规范报告模板适用于编制营运船舶温室气体排放年度报告。如需编制航次报告，可依据此模板，并在报告中补充出发港、抵达港、时间等航次信息。

## 附录 A

## 活动数据收集要求与指南

## A.1 计量条件

## A.1.1 环境要求

应尽量在船舶处于风浪影响较小的状态进行测量。

## A.1.2 安全要求

- a) 使用燃料舱测量系统的相关人员，应经过专业技术与安全培训。
- b) 参与计量的人员应熟知船用燃料物理化学特性，了解并可正确执行燃料消耗量计量程序。
- c) 计量活动中涉及的所有人员均应配备合适的个人防护设备，并能够正确使用。

## A.2 燃料舱测量系统

## A.2.1 概述

燃料舱测量系统（以下简称“测量系统”）通常由以下部分构成，主要包括：

- a) 船舶燃料计量舱；
- b) 液位测量系统；
- c) 温度测量系统；
- d) 浮态测量系统；
- e) 压力测量系统（液化气体舱）；
- f) 综合处理系统。

## A.2.2 设备性能

测量系统各组成部分应符合表 A.1 规定的性能要求。

表 A.1 测量设备性能要求

测量系统	范围	最大允许误差或不确定度
船舶燃料计量舱	(1~20) m <sup>3</sup>	不大于 0.6%， $k=2$
	(20~200) m <sup>3</sup>	不大于 0.4%， $k=2$
	200m <sup>3</sup> 以上	不大于 0.3%， $k=2$
液位测量系统	$\pm 3\text{mm}$	
浮态测量系统	$\pm 0.1^\circ$	
温度测量系统	$\pm 0.25^\circ\text{C}$	
压力测量系统	$\pm 0.3\text{kPa}$	

### A.3 测量参数

测量的数据应保存在船上随时备查，测量参数应包括：

燃料液位；

燃料温度；

气相温度（液化气体舱）；

气相压力（液化气体舱）；

船舶纵倾；

船舶横倾。

### A.4 质量控制

#### A.4.1 总体要求

- a) 测量设备的安装、使用和维护应符合船舶检验机构及本规范要求。
- b) 测量设备上应清楚标记测量设备的序列号。
- c) 所有计量器具均应经专业计量技术机构检定或校准，并确保在有效期内。

除以上要求，为保证计量精度，需要对营运船舶温室气体排放计量所涉及的分量进行必要的质量控制。

#### A.4.2 燃料计量舱

燃料计量舱是本规范的基础计量器具，必须由国家法定舱容计量技术机构进行初步或定期检定/校准，并出具检定/校准证书。

舱容表一般应包括以下内容：

- a) 船舶名称和图片；
- b) 容量表；
- c) 温度膨胀/收缩修正系数表；
- d) 纵倾修正表；
- e) 横倾修正表；
- f) 压力膨胀修正系数表；
- g) 计量舱及计量口布置图；
- h) 计量基准点示意图；
- i) 舱容量及管线容量。

##### A.4.2.1 横倾和纵倾修正表

容量表是以正浮状态计算的，当纵倾和横倾不为零时，应对计量高度读数进行必要的修正。修正值可能为正数，也可能为负数，因此实际读数等于高度读数、横倾修正值和纵倾修正值的代数和。修正表中横倾的单位为度，纵倾单位为米。对于中间值，采用内插计算修正值。



#### A.4.2.2 温度膨胀/收缩修正系数表

容量表是以标准温度计算的。应配备温度膨胀/收缩修正系数表，修正值与热胀冷缩引起的体积变化有关。

#### A.4.2.3 其他修正表

除以上修正表外，对于液化气体舱一般可能还包含体积压力修正表，自动液位计高度温度修正表，浮子液位计密度修正表等。

### A.4.3 液位

#### A.4.3.1 液位测量系统

液位测量系统包括但不限于以下几种：雷达（微波）液位计、浮子液位计等。

#### A.4.3.2 校准及验证

- a) 安装前和受控测试环境中测试的液位测量系统最大允许误差应符合表 A.1 的规定；
- b) 在船上安装后，且在正式投入使用之前，应进行现场验收测试，液位测量系统最大允许误差应在 $\pm 6\text{mm}$  范围内；

c) 周期校准：应对液位测量系统进行周期校准，最大允许误差应符合 A.4.3.2 b) 的规定，校准周期一般不超过 3 年。

#### A.4.3.3 液位测量

液位至少连续测量 5 次，求平均值作为最终的液位值。

### A.4.4 温度

#### A.4.4.1 温度测量系统

数据采集端尽量采用具有求平均值功能的多点自动温度计进行温度测量。

#### A.4.4.2 校准及验证

a) 工厂验收测试：安装前和受控测试环境中测试的温度测量系统最大允许误差应符合表 A.1 规定；

b) 现场验收测试：在船上安装后，且在正式投入使用之前，应进行现场验收测试，温度测量系统最大允许误差应在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$  范围内；

c) 周期校准：应对液位测量系统进行周期校准，最大允许误差应符合 A.4.4.2 b) 的规定，校准周期一般不超过 3 年。

#### A.4.4.3 温度测量

每个燃料舱内的温度测量应与液位测量同时进行。根据计量系统的液位确定哪些传感器位于液相，哪些传感器位于气相。

宜计算与燃料体积成正比的每个传感器的加权平均温度，通过合适的传感器间距或对每个被测温度进行体积加权可获得加权平均值。如果不能获得加权平均值，则采用算数平

均的方法计算平均温度。

液相温度和气相温度应分别按照上述方式进行计算。

#### A.4.5 倾角

##### A.4.5.1 浮态测量系统

可选用倾角测量系统测量船舶纵倾角、横倾角，也可采用吃水测量系统替代倾角测量系统，测量吃水差。

##### A.4.5.2 校准及验证

a) 工厂验收测试：安装前和受控测试环境中测试的倾角仪，最大允许误差应符合表 A.1 规定；

b) 现场验收测试：在船上安装后，且在正式投入使用之前，应进行现场验收测试，最大允许误差应为 $\pm 0.1^\circ$ ；

c) 周期校准：应对倾角仪进行周期校准，最大允许误差应符合表 A.4.5.2 b)的规定，校准周期一般不超过 3 年。

##### A.4.5.3 纵横倾修正

船舶浮态测量应与液位测量同时进行。使用倾角测量系统或吃水测量系统测量角度或者吃水差，计算纵倾、横倾修正值并对液位高度进行修正。

#### A.4.6 压力

##### A.4.6.1 压力测量系统

对于以液化气体为动力的船舶，应在适当的位置安装压力传感器测量气相的压力。

##### A.4.6.2 校准及验证

a) 工厂验收测试：安装前和受控测试环境中测试的压力传感器最大允许误差应符合表 A.1 的规定；

b) 现场验收测试：在船上安装后，且在正式投入使用之前，应进行现场验收测试，压力传感器最大允许误差为 $\pm 0.3\text{kPa}$ ；

c) 周期校准：应对压力传感器进行周期校准，最大允许误差应符合表 A.4.6.2 b)的规定，校准周期一般不超过 3 年。

##### A.4.6.3 压力测量

燃料舱气相绝对压力的测定应与该舱液位测量同时进行。对于测量表压的系统，视情况读取并加上大气压力，由于液化气体舱的舱室为密封室，宜在室外读取大气压力。

#### A.4.7 综合处理系统

A.4.7.1 综合处理系统可处理船上所有测量信息，通过本地或远程方式，监控并记录以下参数：液位、温度、压力、密度、浮态。

综合处理系统的主要功能包括但不限于：

- a) 随时间变化的平均读数；
- b) 过滤数据；
- c) 进行数值修正，即纵倾、横倾、温度、压力修正等；
- d) 基于舱容表计算体积；
- e) 基于体积、密度、温室气体排放因子等参数计算温室气体排放量；
- f) 生成报告。

A.4.7.2 处理系统的设计和构件应使影响被测量的任何软件或记录不受干扰或避免未经授权的修改。

#### A.4.8 密度

a) 通过燃料供应商提供或实验分析测定时，检测报告应由具有相应资质的检测机构/实验室出具，并给出检测结果的不确定度。

b) 密度计量的最大允许误差应小于  $0.5\text{kg/m}^3$ 。

#### A.5 测量频次

船舶航行期间应每日进行燃料舱测量。同时，在每次燃料加装或驳出作业前后，以及报告期计量开始和计量结束时，均应执行燃料舱测量。

## 附录 B

## 排放因子测定要求

## B.1 适用范围

本要求适用于营运船舶温室气体排放二氧化碳排放因子的测定。

## B.2 引用文件

本附录引用了以下文件：

GB/T 13610-2020 天然气的组成分析 气相色谱法

GB/T 10410-2008 人工煤气和液化石油气常量组分气相色谱分析法

ASTM D5291 石油产品和润滑油中碳、氢和氮元素含量的仪器测定方法

SN/T3005-2011 有机化学品中碳、氢、氮、硫含量的元素分析仪测定方法

## B.3 排放因子相关参数的检测

船用燃料元素含碳量宜通过实测获得，并应由通过 CMA 认定或 CNAS 认可检测机构/实验室出具，所用仪器应检定合格或在校准有效期内，且检测报告应盖有 CMA 资质认定标志或 CNAS 认可标识章，并给出检测结果的不确定度。

燃料元素含碳量检测方法可参照表 B.1 所示标准执行，实测/获取周期为每加注批次。

表 B.1 燃料元素碳含量检测方法

分析项目	燃料	标准
元素碳含量	石油产品	ASTM D5291 石油产品和润滑油中碳、氢和氮元素含量的仪器测定方法
	天然气	GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法
	石油气	GB/T 10410 人工煤气和液化石油气常量组分气相色谱分析法
	甲醇	ASTM D5291 石油产品和润滑剂中碳、氢和氮的仪器测定的标准试验方法
	乙醇	

注：航行区域有相关政策要求使用默认排放因子的，应按照要求选择排放因子来源。例如，进入欧洲经济区(EEA)港口的船舶，其二氧化碳排放计算需使用欧盟规定的默认排放因子。

## B.4 结果表达

分别给出各源流的二氧化碳排放因子及标准不确定度。

## 附录 C

## 排放因子推荐值

表 C.1 船用燃料排放因子 (CO<sub>2</sub>) 推荐值

燃料类型	参考分类	排放因子 t-CO <sub>2</sub> /t-Fuel
重油 HFO	ISO 8217 Grades RME through RMK	3.114
轻油 LFO	ISO 8217 Grades RMA through RMD	3.151
柴油 Diesel/Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMB	3.206
液化石油气 Liquefied Petroleum Gas	丙烷 Propane	3.000
液化石油气 Liquefied Petroleum Gas	丁烷 Butane	3.030
液化天然气 Liquefied Natural Gas	/	2.750
甲醇 Methanol	/	1.375
乙醇 Ethanol	/	1.913
非标准排放因子的燃料类型	低硫燃料/超低硫燃料 ISO 8217 从 RMA 级到 RMD 级(LFO)	3.151
	低硫燃料/超低硫燃料 ISO8217 从 DMA 级到 DMZ 级(MDO/MGO)	3.206
源自《国际防止船舶造成污染公约附则 V 防止船舶造成大气污染规则》。		

报告格式模板

营运船舶温室气体排放量计量报告

证书编号\_\_\_\_\_号      第\_\_页/共\_\_页

报告主体： \_\_\_\_\_  
报告年度： \_\_\_\_\_  
船舶名称： \_\_\_\_\_  
接收日期： \_\_\_\_\_  
计量日期： \_\_\_\_\_  
发布日期： \_\_\_\_\_  
建议周期： \_\_\_\_\_

证书专用章	批 准： _____
	核 验： _____
	计 量： _____

## 说明

1. 本报告所依据的技术文件

JJF<sub>xxx</sub>-20<sub>xx</sub> 营运船舶温室气体排放计量方法：燃料舱测量法

2. 本报告所引用的技术报告

表 D.1 报告单位信息

船舶名称		船舶识别号	
注册港或船籍港		船舶分类	
船东名称		船东地址和主要办公地址	
公司名称(如不是船东)		公司名称(如不是船东) 和主要办公地址	
联系人	全名和职位		
	电话		
	邮箱		
	地址		

表 D.2 温室气体排放源流清单

排放源序号	排放源名称	源流种类	监测方法

表 D.3 活动数据

表 D.3.1 计量器具配备清单

序号	计量器具名称	分项设备	最大允许误差/不确定度	安装地点及用途	有效溯源证书编号

表 D.3.2 源流消耗量

序号	源流种类	消耗量	不确定度	数据来源

表 D.4 活动数据

表 D.4.1 不同船用燃料单位热值含碳量/氧化率

序号	燃料种类	元素含碳量			碳氧化率%		
		数据	来源	不确定度	数据	来源	不确定度




注：排放因子相关参数采用实测方法时使用表 D.4.1 进行记录

表 D.4.2 不同化石燃料排放因子及不确定度

燃料种类	排放因子 t-CO <sub>2</sub> /t-fuel	不确定度

表 D.5 温室气体排放量

序号	燃料种类	排放量 tCO <sub>2</sub>	排放量占比%	标准不确定度
温室气体排放总量/tCO <sub>2</sub>				

## 附录 E

## 不确定度评估方法及示例

营运船舶应按 JF1059.1 要求对温室气体排放量计量结果进行不确定度评估。

## E.1 测量模型

基于燃料舱测量法的营运船舶温室气体排放总量按式 (E-1) 计算：

$$E = \sum_i (E_i) \quad (\text{E-1})$$

式中：

$E$ ——营运船舶温室气体排放总量， $\text{tCO}_2$ ；

$E_i$ ——第  $i$  种船用燃料燃烧温室气体排放量， $\text{tCO}_2$ 。

## E.2 不确定度评估

营运船舶温室气体排放量不确定度按式 (E-2) 计算：

$$u(E) = \sqrt{\sum_i u^2(E_i)} \quad (\text{E-2})$$

式中：

$u(E)$ ——营运船舶温室气体排放总量标准不确定度；

$u(E_i)$ ——第  $i$  种船用燃料燃烧温室气体排放量标准不确定度。

其中，第  $i$  种燃料燃烧产生的温室气体排放量  $E_i$  相对标准不确定度按式 (E-3) 计算：

$$\frac{u(E_i)}{E_i} = \sqrt{\left(\frac{u(FC_i)}{FC_i}\right)^2 + \left(\frac{u(CF_i)}{CF_i}\right)^2} \quad (\text{E-3})$$

式中：

$FC_i$ ——第  $i$  种船用燃料的活动数据， $\text{t}$ ；

$CF_i$ ——第  $i$  种船用燃料的二氧化碳排放因子，活动数据， $\text{tCO}_2 / \text{tfuel}$ 。

$u(FC_i)$ ——第  $i$  种燃料燃烧活动数据的标准不确定度， $\text{t}$ ；

$u(CF_i)$ ——第  $i$  种燃料排放因子的标准不确定度， $\text{tCO}_2 / \text{tfuel}$ 。

## E.2.1 活动数据不确定度

报告期内第  $i$  种燃料燃烧活动数据按式 (E-4) 计算：

$$FC_i = \sum_{k=1}^n Q_{i,k} \quad (\text{E-4})$$

式中：

$Q_{i,k}$ ——报告期内第  $i$  种燃料第  $k$  次测量获取的燃油消耗量， $\text{t}$ 。

每次燃料消耗量的获取，是通过燃料消耗前、后两次测量液位等参数得到。考虑加油、驳油导致的燃料消耗前的测量液位变化，并为方便开展不确定度计分析，可将式 (E-4) 变换成式 (E-5)：

$$FC_i = Q_{i,s} + \sum_{k=1}^n (Q_{i,k,2} - Q_{i,k,1}) - Q_{i,e} \quad (\text{E-5})$$

式中：

$Q_{i,s}$ ——计量开始时燃料舱内第  $i$  种船用燃料量，t；

$Q_{i,e}$ ——计量结束时燃料舱内第  $i$  种船用燃料量，t；

$Q_{i,k,1}$ ——第  $i$  种燃料第  $k$  次加注/驳出前舱内船用燃料量 t；

$Q_{i,k,2}$ ——第  $i$  种燃料第  $k$  次加注/驳出后舱内船用燃料量 t。

对于同一条船舶，整船使用相同的计量设备、舱容表，每次测量值之间认为强相关，燃料活动数据标准不确定度按式（E-6）计算：

$$u(FC_i) = u(Q_{i,s}) + \sum_{k=1}^n (u(Q_{i,k,2}) + u(Q_{i,k,1})) + u(Q_{i,e}) \quad (\text{E-6})$$

式中：

$u(Q_{i,s})$ ——计量开始时燃料舱内第  $i$  种船用燃料的燃料量测量的标准不确定度；

$u(Q_{i,k,1})$ ——第  $i$  种燃料第  $k$  次加注/驳出前船用燃料量测量标准不确定度；

$u(Q_{i,k,2})$ ——第  $i$  种燃料第  $k$  次加注/驳出后船用燃料量测量标准不确定度；

$u(Q_{i,e})$ ——计量结束时燃料舱内第  $i$  种船用燃料的燃料量测量标准不确定度。

### E.2.2 排放因子测量不确定度

排放因子燃烧过程第  $i$  种燃料排放因子的标准不确定度按式（E-7）计算：

$$\frac{u(CF_i)}{CF_i} = \frac{44}{12} \sqrt{\left(\frac{u(C_{ar,i})}{C_{ar,i}}\right)^2 + \left(\frac{u(OF_i)}{OF_i}\right)^2} \quad (\text{E-7})$$

式中：

$u(C_{ar,i})$ ——第  $i$  种燃料元素含碳量测量不确定度；

$u(OF_i)$ ——第  $i$  种燃料燃烧氧化率测量不确定度。

### E.3 不确定度评定示例

某船舶主要使用极低硫燃料油（VLSFO）、低硫船用轻柴油（LSMGO）。其中，极低硫燃料油储存于左、右重油舱（均为加油舱）、重油沉淀柜及重油日用柜中，主要供主机、副机使用。低硫船用轻柴油储存于左、右低硫轻油舱（均为加油舱）以及轻油日用柜中，同样主要供主机、副机使用。极低硫燃料油年消耗量为 462t，低硫船用轻柴油年消耗量为 139t。两类燃料消耗量均使用安装于燃料舱中的燃料测量系统进行测量，参数测量最大允许误差/不确定度见表 E.1。

表 E.1 参数测量最大允许误差/不确定度

最大允许误差/不确定度	参数值
液位测量系统最大允许误差（mm）	±4
温度测量系统最大允许误差（℃）	±0.5
浮态测量系统纵倾测量最大允许误差（°）	±0.1

浮态测量系统横倾测量最大允许误差 (°)	±0.1
燃料计量舱相对扩展不确定度	0.4%
密度测量个最大允许误差 (kg/m <sup>3</sup> )	±0.5

### E.3.1 活动数据不确定度评定

由式 (E-6) 可知, 将计量开始和计量结束测量视作加油前后的特殊场景, 则船舶燃料消耗测量不确定度等于每次加油量测量引入的不确定度总和。由于每次加油前、后测量液位、倾角、温度参数有差异, 测量不确定度在一定范围内波动。为评估燃料消耗量的不确定度, 选取本船舶典型工况进行不确定度计算。典型工况选取见表 E.2。

表 E.2 典型工况

典型工况					
状态	液面高度 (m)	纵倾角 (°)	横倾角 (°)	舱温 (°C)	平均密度 (kg/m <sup>3</sup> ) 20°C
加油前(低位)	20%舱高	0	0	VLSFO : 45 LSMGO: 20	VLSFO: 929 LSMGO: 855
加油后(高位)	80%舱高	0	0	VLSFO : 45 LSMGO: 20	VLSFO: 929 LSMGO: 855

#### E.3.1.1 舱内体积测量不确定度

舱内燃料标准体积按式 (E-8) 计算:

$$V_b = (V_{\text{底量}} + (z + \Delta z_T + \Delta z_L) \times \overline{S_z}) \times (1 + 3\alpha(T - T_0)) \times VCF_{20} \quad (\text{E-8})$$

式中:

$V_b$ ——舱内燃料温度为 20°C 时, 舱内燃料体积, m<sup>3</sup>;

$z$ ——舱内测量液面高度, m;

$\Delta z_{Trim}$ ——纵倾修正值, m;

$\Delta z_{List}$ ——横倾修正值, m;

$\overline{S_z}$ ——液面高度  $z$  以下舱容表厘米容量平均值 (平均面积), m<sup>2</sup>;

$T$ ——舱内燃料温度, °C;

$T_0$ ——舱容表给定的标准温度, °C;

$\alpha$ ——舱壁材料的线膨胀系数, °C<sup>-1</sup>, 取 0.000012°C<sup>-1</sup>。

$VCF_{20}$ ——石油及液体石油产品体积修正系数。

##### E.3.1.1.1 舱容表引入的标准不确定度

舱容表相对扩展不确定度通过查找检定/校准证书可得到, 舱容表查表引入的体积标准不确定度按式 (E-9) 计算:

$$u(V_{d_{table}}) = V_b \times \frac{U_{rel, table}}{2} \quad (\text{E-9})$$

式中：

$U_{rel,table}$ ——舱容表相对扩展不确定度。

#### E.3.1.1.2 液位测量引入的标准不确定度

液位测量最大允许误差为 $d_{ATG}$ ，其概率分布可以被视为矩形分布，液位测量误差引入的液位高度标准不确定度按式（E-10）计算：

$$u(z) = \frac{d_{ATG}}{\sqrt{3}} \quad (E-10)$$

引入的体积标准不确定度按式（E-11）计算：

$$u(V_{d_{ATG}}) = \frac{d_{ATG}}{\sqrt{3}} \times \bar{S}_z \times (1 + 3\alpha(t - t_0)) \times VCF_{20} \quad (E-11)$$

#### E.3.1.1.3 纵倾测量引入的标准不确定度

纵倾角度测量最大允许误差为 $d_\alpha$ ，其概率分布可以被视为矩形分布。结合纵倾修正表，可得到计量液面下纵倾修正值最大允许误差，由纵倾角度测量误差引入的体积标准不确定度按式（E-12）计算：

$$u(V_{d_{trim,\alpha}}) = \bar{S}_z \times (1 + 3\alpha(t - t_0)) \times VCF_{20} * k_1 \times d_\alpha / \sqrt{3} \quad (E-12)$$

式中：

$k_1$ ——计量高度处，纵倾修正值误差与角度误差的转换系数， $m/^\circ$ 。

#### E.3.1.1.4 横倾角测量误差引入标准不确定度

横倾角度测量最大允许误差为 $d_\beta$ ，其概率分布可以被视为矩形分布。结合横倾修正表，可得到计量液面下横倾修正值最大允许误差，由横倾角度测量误差引入的体积标准不确定度按式（E-13）计算：

$$u(V_{d_{trim,\beta}}) = \bar{S}_z \times (1 + 3\alpha(t - t_0)) \times VCF_{20} * k_2 * d_\beta / \sqrt{3} \quad (E-13)$$

式中：

$k_2$ ——计量高度处，横倾修正值误差与角度误差的转换系数， $m/^\circ$ 。

#### E.3.1.1.5 由温度测量引入的舱体体积修正不确定度

温度测量最大允许误差为 $d_T$ ，其概率分布可以被视为矩形分布。由温度测量误差导致舱体膨胀/收缩修正误差而引入的体积标准不确定度，按式（E-14）计算：

$$u(V_{d_T}) = 3\alpha \frac{d_T}{\sqrt{3}} (z + \Delta z_T + \Delta z_L) \times \bar{S}_z \times VCF_{20} \quad (E-14)$$

#### E.3.1.1.6 由温度测量引入的舱内油品体积修正不确定度

$VCF_{20}$ 通过查石油计量表得到，结合石油计量表，由温度测量误差导致 $VCF_{20}$ 误差而引入的体积标准不确定度，按式（E-15）计算：

$$u(V_{VCF_{20}}) = (V_{底量} + (z + \Delta z_T + \Delta z_L) \times \bar{S}_z) \times (1 + 3\alpha(t - t_0)) \times f \times \frac{d_T}{\sqrt{3}} \quad (E-15)$$

式中：

$f$ ——标密为 $\rho$ ，燃料温度为 $T$ 时， $VCF_{20}$ 误差与温度误差的转换系数， $^{\circ}\text{C}$ 。

#### E.3.1.2 密度测量引入的标准不确定度

实验室/船端密度测量最大允许误差为 $d_{\rho}$ ，其概率分布可以被视为矩形分布。由密度测量误差引入的舱内油品体积修正不确定度按式（E-16）计算：

$$u(\rho_{air}) = \frac{d_{\rho}}{\sqrt{3}} \quad (\text{E-16})$$

#### E.3.1.3 舱内质量测量引入的标准不确定度

燃料舱内燃料质量测量标准不确定度按式（E-17）计算：

$$u(Q) = \sqrt{\rho_{air}^2 u^2(V_b) + V_b^2 u^2(\rho_{air})} \quad (\text{E-17})$$

#### E.3.1.4 极低硫燃料油消耗量不确定度

##### a) 加油前测量不确定度

根据E.3.1.1、E.3.1.2节给出的各分量不确定度计算公式及参数值，计算得到重油舱（左）加油前各分量标准不确定度，见表E.3。

表 E. 3 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	标准不确定度分量来源	标准不确定度分量值
$u(V_{d_{table}})$	舱容表不确定度	$0.01895 \text{ m}^3$
$u(V_{d_{ATG}})$	液位测量误差	$0.01728 \text{ m}^3$
$u(V_{d_{trim,\alpha}})$	纵倾测量误差	$0 \text{ m}^3$
$u(V_{d_{list,\beta}})$	横倾测量误差	$0.00073 \text{ m}^3$
$u(V_{d_T})$	温度测量误差	$0.00098 \text{ m}^3$
$u(V_{VCF_{20}})$	温度测量误差	$0.00223 \text{ m}^3$
$u(\rho)$	密度测量误差	$0.28868 \text{ kg/m}^3$

则重油舱（左）加油前燃料量体积测量标准不确定度为：

$$\begin{aligned} u(V_b) &= \sqrt{u^2(V_{d_{table}}) + u^2(V_{d_{ATG}}) + u^2(V_{d_{trim,\alpha}}) + u^2(V_{d_{list,\beta}}) + u^2(V_{d_T}) + u^2(V_{VCF_{20}})} \\ &= 0.026 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

由式（E-16）可得，重油舱（左）加油前测量标准不确定度为  $24.082 \text{ kg}$ 。

采用和以上相同计算方法，得到重油舱（右）加油前测量标准不确定度为  $34.384 \text{ kg}$ ，则加油前重油测量标准不确定度为：

$$\sqrt{24.082^2 + 34.384^2} = 41.979 \text{ kg}$$

##### b) 加油后测量不确定度

相同的，重油舱（左）加油后不确定度为  $107.657 \text{ kg}$ ，重油舱（右）加油后不确定度

为 124.004kg, 加油后重油测量不确定度为 164.217kg。

c) 每次加油测量不确定度

每次加油不确定度为 206.196kg。

d) 加油量计算

结合舱容表, 基于石油和液体石油产品质量计算公式, 计算重油舱(左)加油前燃料量为 8801.479kg, 加油后燃料量为 51462.791kg; 重油舱(右)加油前油量为 10286.981kg, 加油后油量为 57344.659kg, 则总加油量为 89718.989kg。

e) 每次加油测量相对不确定度

$$\frac{206.196}{89718.989} \times 100\% = 0.23\%$$

### E.3.1.5 低硫船用轻柴油消耗量不确定度计算

按照 E.3.1.4 计算方法, 计算低硫船用轻柴油加油相对不确定度, 为 0.37%。

### E.3.2 碳排放因子不确定度

该船舶采用国际海事组织 IMO 推荐使用的默认碳排放因子, 其中极低硫燃料油(VLSFO)排放因子为 3.151 g CO<sub>2</sub>/g fuel, 低硫船用轻柴油(LSMGO)碳排放因子为 3.206 g CO<sub>2</sub>/g fuel。因采用推荐排放因子, 排放因子的不确定度不计。

### E.3.3 合成不确定度

a) 极低硫燃料油燃烧排放量及引入的不确定分量

$$E_1 = 462 \times 3.151 = 1455.762 \text{ tCO}_2$$

$$u(E_1) = 1455.762 \times 0.23\% = 3.35 \text{ tCO}_2$$

b) 低硫船用轻柴油燃烧排放量及引入的不确定分量

$$E_2 = 139 \times 3.206 = 445.634 \text{ tCO}_2$$

$$u(E_2) = 445.634 \times 0.37\% = 1.65 \text{ tCO}_2$$

c) 总排放量及标准合成不确定度:

$$E = E_1 + E_2 = 1901.396 \text{ tCO}_2$$

$$u(E) = \sqrt{u^2(E_1) + u^2(E_2)} = 3.73 \text{ tCO}_2$$

相对标准合成不确定度:

$$\frac{u(E)}{E} = \frac{3.73}{1901.396} \times 100\% = 0.2\%$$

综合以上分析, 该船舶总碳排放量标准不确定度为 3.73 tCO<sub>2</sub>, 相对不确定度为 0.2%, 扩展相对不确定度为 0.4% ( $k=2$ )。

