

天津市地方计量技术规范

JJF (津) XXX-XXXX

船用燃油消耗计量校准规范

Calibration Regulation for Marine Fuel Consumption Metering

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

船用燃油消耗计量校准规范

Calibration Regulation for
Marine Fuel Consumption Metering

JJF(津) XXX-XXXX

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：交通运输部天津水运工程科学研究所

参加起草单位：天津大学

天津港轮驳有限公司

天津港股份有限公司

本规范主要起草人：

许 斌（交通运输部天津水运工程科学研究所）

刘磊磊（交通运输部天津水运工程科学研究所）

李樟云（交通运输部天津水运工程科学研究所）

李先瑞（交通运输部天津水运工程科学研究所）

王戈战（交通运输部天津水运工程科学研究所）

李绍辉（交通运输部天津水运工程科学研究所）

参加起草人：

周振杰（交通运输部天津水运工程科学研究所）

张效栋（天津大学）

孙 波（天津港轮驳有限公司）

张 鹿（天津港股份有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
4.1 工作原理	(2)
4.2 计量原理	(2)
5 计量特性	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 标准用计量器具	(4)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 外观及功能性检查	(4)
7.2 校准装置流量计量模块安装	(4)
7.3 校准装置温度计量模块安装	(4)
7.4 校准过程	(5)
7.5 示值误差	(5)
8 校准结果的表达与处理	(5)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 船用燃油消耗计量校准记录推荐格式	(7)
附录 B 船用燃油消耗计量校准证书内页格式	(8)
附录 C 船用燃油消耗计量示值校准结果不确定度评定示例	(10)

引 言

本规范依据 JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》等基础性系列规范进行编写。

本规范为首次发布。

船用燃油消耗计量校准规范

1 范围

本规范适用于内河船舶及港口作业船舶燃油消耗计量装置（以下简称船用燃油计）的现场校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB 17167 用能单位能源计量器具配备与管理通则

JT/T 12 运输船舶油耗计量仪表配备技术要求

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

3.1 船用燃油计 marine fuel gauge

用于船舶燃油消耗计量的器具或装置，典型的船用燃油计包括电磁流量计、超声液位计、测深尺等。

3.2 船用燃油消耗计量校准装置 calibration device for marine fuel gauge

船用燃油消耗计量校准装置指用于现场校准船用燃油计的一种便携式装置，由外夹式燃油流量计量模块、外夹式燃油温度计量模块、燃油耗时模块、数据采集控制单元等组成。

3.3 外夹式燃油流量计量模块 external clamp-on module for fuel flow metering

通过在燃油管道外部固定的方式来计量船舶进行耗油作业时的燃油流量的传感模块。

3.4 外夹式燃油温度计量模块 external clamp-on module for fuel temperature metering

通过在燃油管道外部固定的方式来计量船舶进行耗油作业时的燃油温度变化的传感模块。

3.5 燃油耗时计量模块 time metering module for fuel consumption

计量船舶通过管路进行耗油作业时的时间累积量的模块。

4 概述

4.1 工作原理

当船舶通过管路进行耗油作业时，外夹式燃油温度计量模块分别记录进油温度和回油温度，外夹式燃油流量计量模块分别记录进油流量和回油流量，燃油耗时计量模块记录耗油过程的时间，最终计算出燃油消耗量。利用船用燃油消耗计量校准装置对船用燃油计进行校准时的工作示意图如图 1。

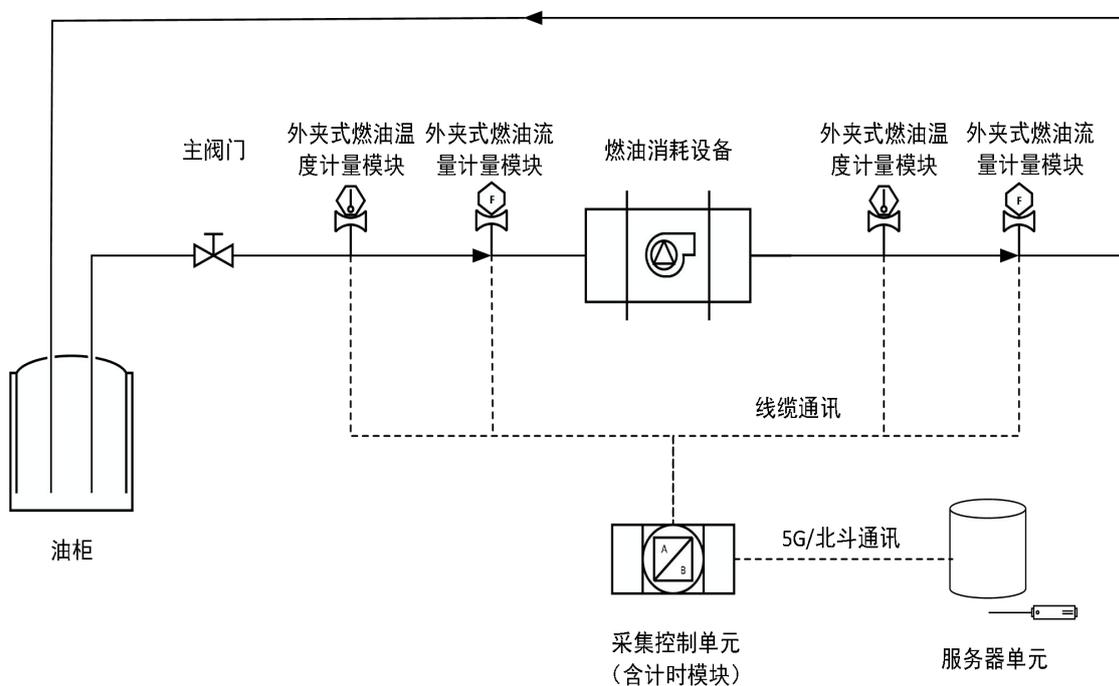


图 1 船用燃油消耗计量校准装置工作原理图

4.2 计量原理

船舶通过管路进行耗油作业时，流过管路的实际体积流量按式（1）计算

$$(q_v)_i = (q_s)_i (1 - \alpha T_i) \quad (1)$$

式中：

$(q_v)_i$ — 第*i*次测量时的燃油实际流量， m^3/h ；

$(q_s)_i$ — 第*i*次测量时外夹式燃油流量计量模块测得的燃油瞬时流量， m^3/h ；

α — 燃油的体膨胀系数， $(^\circ\text{C})^{-1}$ ；

T_i —为第*i*次测量时外夹式燃油温度计量模块测得的燃油瞬时温度，°C。

外夹式燃油流量计量模块按公式（2）计算各级测量点处的燃油实际流量平均值：

$$q = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (q_v)_i \quad (2)$$

式中：

q —计算的燃油实际流量平均值，m³/h。

燃油耗时计量模块按公式（3）计算各测量点处的燃油消耗时间：

$$t = t_{end} - t_{start} \quad (3)$$

式中：

t —为燃油耗时计量模块测得的燃油消耗时间，h；

t_{end} —为燃油消耗结束时刻，h；

t_{start} —为燃油消耗起始时刻，h。

在每个测量点，根据式（2）和式（3）计算出燃油平均流量和燃油消耗时间，按公式（4）计算得出燃油消耗体积：

$$V = q \cdot t \quad (4)$$

式中：

V —为流经测量点处的燃油量，m³。

按公式（5）计算燃油消耗总量：

$$\bar{V} = V_{in} - V_{out} \quad (5)$$

式中：

\bar{V} —燃油消耗总量，m³；

V_{in} —流经进油管的燃油总量，m³；

V_{out} —流经回油管的燃油总量，m³。

5 计量特性

船用燃油计的配备原则应满足 GB 17167，技术要求应符合 JT/T 12，其最大允许误差应符合表 1 的要求。

表 1 船用燃油计的最大允许误差

序号	类型	最大允许误差
1	基于电磁流量计的船用燃油计	0.5%
2	基于超声液位计的船用燃油计	1.5%
3	基于测深尺的船用燃油计	0.5%

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（-10~60）℃。

6.1.2 相对湿度：≤90%RH。

6.1.3 大气压力：（86~106）kPa。

6.2 标准用计量器具

船用燃油消耗计量校准装置准确度等级不低于 0.2 级，流量、温度测量范围应覆盖被校准船舶燃油管道的工作流量和温度。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观及功能性检查

7.1.1 船用燃油计应有名称、规格型号、测量范围以及生产单位等标识。

7.1.2 燃油管道应无渗漏。

7.1.3 安装环境应确保校准装置能够稳定、准确地工作。

7.1.4 安装过程中应识别可能的危险因素，并采取适当的预防措施。

7.2 校准装置流量计量模块安装

7.2.1 总进油管路和总回油管路应各安装 1 个流量计量模块，禁止安装于不满流管段。

7.2.2 安装在水平管段时，安装位置应选择距上游不小于 10 倍管径、距下游不小于 5 倍管径的均匀直管段，且无任何阀门、变径等，安装位置应远离阀门、泵、高压电和变频器等干扰源。

7.2.3 安装在垂直管段时，需保证管道内燃油处于满体积状态，燃油流动方向为从管道下方流向管道上方，安装位置应选择距上游不小于 10 倍管径、距下游不小于 5 倍管径的均匀直管段，且无任何阀门、变径等，安装位置应远离阀门、泵、高压电和变频器等干扰源。

7.2.4 安装位置的管道外壁应光滑，无锈蚀、脱漆、变形等缺陷，不应安装在振动、潮湿、易受机械损伤和有腐蚀性气体的地方。

7.2.5 应选择无结垢的管段进行测量。实在不能满足时，需把结垢考虑为衬里以求较好的测量精度。

7.2.6 燃油流量计量过程中应尽量避免气泡混入，以免影响测量精度。

7.3 校准装置温度计量模块安装

7.3.1 各外夹式燃油流量计量模块安装处应安装 1 个外夹式温度计量模块，且二者距离不宜超过 10cm。

7.3.2 安装位置应尽量远离高温、振动、潮湿、易受机械损伤和有腐蚀性气体的地方。

7.3.3 安装位置的管道外壁应光滑，且外夹式燃油温度计量模块应与管道紧密贴合。

7.4 校准过程

7.4.1 校准开始时，被校准船舶燃油管道应处于非流动状态。

7.4.2 分别开启用油设备至最大耗油量的 20%、40%、60%、80%和 100%，持续时间不少于 30min，分别记录船用燃油计和校准装置的测量值，然后停止用油至少 10 分钟，按此步骤重复测量 3 次取算术平均值。

7.5 示值误差

船用燃油计的示值误差由式 (7) 计算：

$$\delta_{Vi} = \frac{|V_{Mi} - V_{Si}|}{V_{FS}} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

δ_{Vi} ——船用燃油计在各级测量点处示值误差，%；

V_{Mi} ——船用燃油计在各级测量点处测量显示值的算术平均值， m^3 ；

V_{Si} ——船用燃油消耗计量校准装置在各级测量点处测量显示值的算术平均值， m^3 ；

V_{FS} ——船用燃油计的最大测量范围， m^3 。

8 校准结果的表达与处理

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；

- c) 进行校准的船舶名称;
- d) 校准证书编号, 页码及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校仪器的制造单位、名称、型号及编号;
- g) 校准单位校准专用章;
- h) 校准日期;
- i) 校准所依据的技术规范名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准时的环境温度、相对湿度;
- l) 校准结果及其测量不确定度;
- m) 对校准规范的偏离的说明(若有);
- n) “校准证书”的校准人、核验人、批准人签名及签发日期;
- o) 校准结果仅对被校仪器本次测量有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 部分复制证书或报告无效的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过 12 个月, 期间若发生故障, 建议重新校准。由于复校时间间隔受船用燃油计的使用环境、使用者、产品质量等诸因素所决定, 因此, 送校单位可根据使用情况自主决定复校时间间隔。如果对船用燃油计的性能有怀疑或更换重要部件及修理后应重新校准。

附录 A

船用燃油消耗计量校准记录格式（推荐）

校准证书第 1 页

证书编号：

仪器名称			送检单位								
规格型号			生产单位								
仪器编号			精度等级								
船舶名称											
计量标准名称	测量范围	不确定度/ 准确度等 级/最大允 许误差	计量（基）标准证书编号	有效期至							
校准项目											
一、外观				二、铭牌							
三、示值误差											
序号	校准 时间	校准 温度 (°C)	船用燃油计测量值 (m ³)				校准装置测量值 (m ³)				示值误 差 (%)
			1	2	3	算术平 均值	1	2	3	算术平 均值	
1											
2											
3											
4											
5											
6											

实验员：

核验员：

校准日期：

年 月 日

附录 B

船用燃油消耗计量校准证书内页格式（推荐）

校准证书第 2 页

证书编号xxxxxx-xxxx

校准机构授权说明

校准环境条件及地点：

温度	°C	地点	
相对湿度	%	校准装置 安装情况	
气压	kPa		

校准使用的计量（基）标准装置

名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量（基）标准证书编号	有效期至

校准使用的标准器

名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	检定/校准证书编号	有效期至

第 2 页 共 3 页

校准证书第 3 页

证书编号xxxxxx-xxxx

校准结果

序号	校准项目	测量不确定度
1	示值误差	
2		
3		
4		
5		

以下空白

附录 C

船用燃油消耗计量示值校准结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 环境条件：环境温度为 25.8℃，环境相对湿度 23%RH，气压 102kPa。

C.1.2 测量对象：船用燃油消耗计量装置，本次校准的装置是使用测深尺的船用燃油计，测量精度为一级。

C.1.3 测量标准：船用燃油消耗计量校准装置，测量范围 3m³，0.2 级。

C.1.4 测量方法：船用燃油消耗计量校准装置安装在进油和回油管道上，开启约 60%的船用燃油消耗设备至最大耗油状态，持续时间不少于 30min，分别记录船用燃油计和校准装置的测量值，按此步骤重复测量 6 次。

C.2 不确定度分析

C.2.1 测量模型

船用燃油计示值误差的测量模型为：

$$\Delta V = V_M - V_S + \delta V_{MWR} \quad (C.1)$$

式中：

ΔV ——船用燃油计示值误差，m³；

V_M ——船用燃油计测量燃油消耗量，m³；

V_S ——船用燃油消耗计量校准装置测量的燃油消耗量，m³；

δV_{MWR} ——船用燃油计受环境影响及操作等引入的误差，m³。

C.2.1 不确定度来源

C.2.1 测量重复性引入的标准不确定度；

C.2.2 测量分辨率引入的标准不确定度；

C.2.3 船用燃油消耗计量校准装置引入的标准不确定度；

C.2.4 船用燃油消耗计量校准装置安装引入的标准不确定度。

C.3 校准能力分析

C.3.1 各输入量的标准不确定度分量的评定

C.3.1.1 测量重复性引入的标准不确定度

此测量不确定度为被校准设备所引入的测量不确定度，主要影响因素为测量重复性所引入的测量不确定度分量。在测量不确定度评价的过程中，开启约 60%的船用燃油消耗设备时的代表性数据开展测量不确定度的评价，具体数据见表 C.1。

表 C.1 重复性测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6
测量值 (m ³)	0.315	0.352	0.339	0.343	0.326	0.332

采用测量不确定度的 A 类评定方法计算标准不确定度，使用贝塞尔公式计算标准偏差，计算算术平均值的测量不确定度。船用燃油计测量数据的标准偏差 $s=0.013\text{m}^3$ ，船用燃油计测量重复性所引入的测量不确定度为 $u(V_{M1})=s/\sqrt{3}=0.008\text{m}^3=8.0\text{L}$ 。

C.3.1.2 分辨率引入的标准不确定度

船用测深尺的分辨率为 1mm，且均匀分布，对应油舱容积为 0.024m^3 ，按不确定度的 B 类评定方法，有：

$$u(V_{M2}) = \frac{0.024\text{m}^3}{2\sqrt{3}} = 7.0\text{L} \quad (\text{C.2})$$

由于重复性与分辨力都由被检船用燃油计引入，所以二者取最大值即可体现被检船用燃油计引入的不确定度，所以船用燃油计重复性/分辨力引入的标准不确定度分量 $u(V_M)=8.0\text{L}$ 。

C.3.1.3 船用燃油消耗计量校准装置引入的标准不确定度

船用燃油消耗计量校准装置其准确度等级为 0.2 级。在 0.35m^3 处，误差为 $\pm 0.0007\text{m}^3$ ，半宽为 0.0007m^3 ，设为均匀分布，按不确定度的 B 类评定方法，有：

$$u(V_S) = \frac{0.0007\text{m}^3}{\sqrt{3}} = 0.4\text{L} \quad (\text{C.3})$$

C.3.1.4 安装偏差引入的标准不确定度

安装时，将船用燃油消耗计量校准装置的传感器压紧至被测管道上，此种安装方式测量结果主要受贴合程度、管道表面光洁度等影响，按经验估计该测量误差在 0.1% 范围内，在 0.35m^3 测量点时，误差为 $\pm 0.00035\text{m}^3$ ，半宽为 0.00035m^3 ，设为均匀分布，按不确定度 B 类评定方法，有：

$$u(\delta V_{\text{MWR}}) = \frac{0.00035\text{m}^3}{\sqrt{3}} = 0.2\text{L} \quad (\text{C.4})$$

C.3.2 各不确定度分量汇总表

表 C.2 各不确定度分量汇总

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏度系数
$u(V_{\text{M}})$	船用燃油计测量重复性/分辨力引入不确定度分量	8.0L	1
$u(V_{\text{S}})$	船用燃油消耗计量校准装置引入不确定度分量	0.4L	-1
$u(\delta V_{\text{MWR}})$	安装偏差引入不确定度分量	0.2L	1

C.3.3 合成标准不确定度

参照不确定度分量汇总表，各分量不相关，合成标准不确定度如下：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(V_{\text{M}}) + c_2^2 u^2(V_{\text{S}}) + c_3^2 u^2(\delta V_{\text{MWR}})} = 8.01\text{L} \quad (\text{C.5})$$

C.3.4 合成扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为： $U = k \times u_c = 16.0\text{L}$ 。

