

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

船舶液货容量计量系统校准规范

The Calibration Standard for Ship Liquid

Cargo Capacity Metering System

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

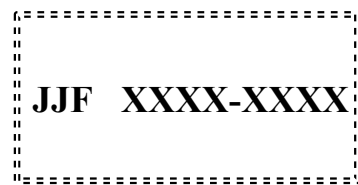
202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

船舶液货容量计量系统校准规范

The Calibration Standard for Ship Liquid

Cargo Capacity Metering System



归口单位:

主要起草单位:

参加起草单位:

本规程委托全国容量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(2)
4.1 原理	(2)
4.2 结构组成	(2)
4.3 应用	(3)
5 计量特性	(3)
5.1 技术指标	(3)
5.2 系统功能	(3)
6 校准条件	(4)
6.1 技术要求	(4)
6.2 安装要求	(4)
6.3 环境条件	(5)
6.4 校准用设备及要求	(5)
7 校准项目和校准方法	(5)
7.1 校准项目	(5)
7.2 校准方法	(5)
8 校准结果表达	(8)
9 复校时间间隔	(8)
附录 A 船舶液货容量计量系统校准记录参考格式	(9)
附录 B 校准结果内页参考格式	(12)
附录 C 船舶液货容量计量系统校准结果不确定度评定（示例）	(13)

引 言

本规范以 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行制定。

本规范为首次发布。

船舶液货容量计量系统校准规范

1 范围

本规范适用于船舶液货容量计量系统的校准。

2 引用文件

下列文件对于本文件的应用必不可少的。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）适用本文件。

JJG 971 液位计检定规程

JJG 229 工业铂、铜热电阻检定规程

JJF 1440 混合式油罐测量系统校准规范

JJF1352 角位移传感器校准规范

GB/T 8927 石油和液体石油产品温度测量-手工法

GB/T 13894 石油和液体石油产品液位测量-手工法

GB/T 19779 石油和液体石油产品油量计算-静态计量

GB/T 21451.5-2019 石油和液体石油产品储罐中液位和温度自动测量法 第5部分：油船舱中的温度测量

GB/T 21451.1 石油和液体石油产品储罐中液位和温度自动测量法 第1部分：常压罐中的液位测量

3 术语和计量单位

界定的及以下术语和定义适用于本规范

3.1 术语和定义

3.1.1 船舶液货容量计量系统 Ship Oil & water Measurement System

船舶液货容量计量系统是具有测量船舶舱内液位、温度及船舶倾角等参数，结合容量表实时输出舱内油水体积的系统。

3.1.2 系统输出体积 System Output Volume

由终端系统显示出来在船舶平浮状态下的标准体积。

3.1.3 温度传感器 Temperature Sensor

温度传感器是一种测量温度并能够转换成可用输出信号的设备。

3.1.4 液位传感器 Liquid Level Sensor

液位传感器是一种测量液位并能够并转换成可用输出信号的设备。

3.1.5 倾角传感器 Inclination Sensor

倾角传感器又称作倾斜仪，是一种测量倾斜角度并能够并转换成可用输出信号的设备。

3.1.6 倾斜平台 Inclined Platform

倾斜平台，是一种具有前后左右方向倾斜，并能够输出倾斜角度的测量平台。

3.1.7 模型舱室 Model Cabin

模型舱室，是将船舱按照一定比例缩放，并具有能够容纳一定体积液体模型。

3.2 计量单位

体积（容量）单位：升，符号 L；立方米，符号 m^3 。

长度单位：毫米，符号 mm；米，符号 m。

温度单位：摄氏度，符号 $^{\circ}\text{C}$ 。

时间单位：秒，符号 s；分，符号 min；时，符号 h。

角度：度，符号 $^{\circ}$ 。

4 概述

4.1 原理

船舶液货容量计量系统是通过安装在船舶舱内温度传感器、液位传感器以及船舶倾角传感器等设备，自动采集舱内液体的温度、液位和船舶倾斜角度等参数，再结合液舱容量表，通过数据处理单元，进行油水体积的实时查询、计算和显示。

4.2 结构组成

船舶液货容量计量系统由温度传感器、液位传感器、船舶倾角传感器、数据采集处理显示单元等部分组成。系统结构示意图如图 1 所示：

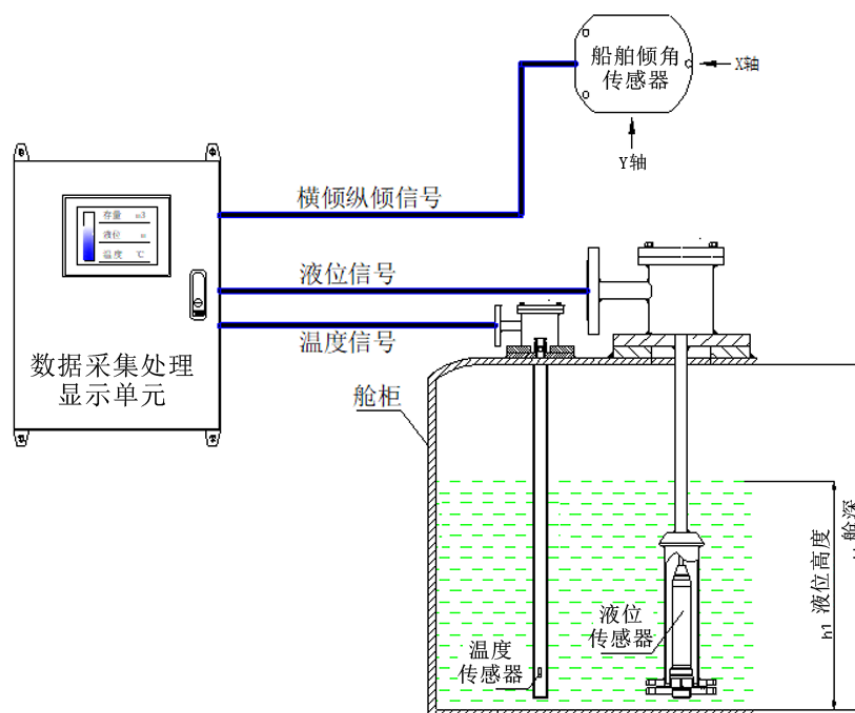


图 1 船舶液货容量计量系统结构图

4.3 应用

船舶液货容量计量系统是对船舶液货的油水量（包括货油、压载水、淡水、船用燃油、滑油及污油水）的监测，主要应用于船舶油水存量计量、船舶运营成本精细化管理、船舶能耗和碳排放监测。

5 计量特性

5.1 技术指标

- (1) 温度的示值误差；
- (2) 液位的示值误差；
- (3) 倾角的示值误差；
- (4) 输出体积的示值误差与重复性

5.2 系统功能

船舶液货容量计量系统应至少具有以下功能：

- (1) 具有数据采集、存储和处理功能；
- (2) 自动查询容量表，实时计算油水体积；
- (3) 实时显示液位、温度、倾角、体积。

6 校准条件

6.1 技术要求

6.1.1 船舶液货容量计量系统校准前，其船舶液货舱应经具备资质的法定计量技术机构检定或校准，并取得相应的证书，其数据已导入到系统内。

6.1.2 船舶液货容量计量系统采用的设备应经过具有资质的机构进行检定或校准（测试），其技术指标应符合表 1 的规定。

表 1 系统设备及计量性能指标

设备名称	测量范围	准确度等级或最大允许误差	备注
温度传感器	$(-25\sim 120)^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	
液位传感器	$(0\sim 20)\text{ m}$	$\pm 3\text{ mm}$	
倾角传感器	$(-30\sim 30)^{\circ}$	$\pm 0.1^{\circ}$	

6.2 安装要求

船舶液货容量计量系统所需设备均应安装完毕，且经过厂家进行调试试验后，方可进行校准。

6.2.1 温度传感器的安装位置应靠近蒸气闭锁阀、计量口或其他合适的计量点，通常是一个点或者三个点，安装方法如下：

a) 单独安装：温度传感器安装在舱顶的金属温度套管里，这种垂直套管可容纳一个或三个固定到舱顶上的感温元件，由各自的金属缆线吊在舱内不同的深度。当使用三个温度传感器时，应分别放置在上三分之一（近于舱高的 70 %~80 %）、中部（近于舱高的 40 %~50 %）和下三分之一（近于舱高的 15 %~20 %）处。

b) 集成安装：温度传感器安装在与液体接触的液位传感器上。温度传感器的安装位置可参考自动液位计的安装方式。

6.2.2 液位传感器应固定安装，方向应与舱容表计量管方向一致，测量零点和舱容表对应的基准点的水平位置应尽可能保持一致，如果不一致，在参数设置里根据液位实际误差进行修正。

6.2.3 倾角传感器应固定安装在甲板上，其 X 轴线应与船体舢轴线保持平行，Y 轴线应与船体舢轴线保持垂直。

6.2.4 数据采集处理显示单元应安装在集控室内或或货控室内，尽量降低震动的干扰。

6.3 环境条件

6.3.1 温度：(0~40) °C；

6.3.2 相对湿度：15%~85%；

6.3.3 风浪条件：不大于 4 级。

6.4 校准用设备及要求

校准用设备及技术参数见表 2。表 2 中设备必须经检定合格或校准确认，其结果应符合表 2 中的要求，且在有效期内使用。

表 2 校准用设备及要求

设备名称	测量范围	准确度等级或最大允许误差或不确定度	备注
便携式数字温度计	(0~120) °C	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$	
测深钢卷尺	(0~20) m	$\pm 1\text{mm}$	有以米为间隔的误差值，修正后使用。
标准倾角传感器	$-30^{\circ}\sim 30^{\circ}$	$\pm 0.02^{\circ}$	具有双轴测量功能。其分辨率为 0.01°

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

- (1) 功能；
- (2) 温度示值误差；
- (3) 液位示值误差；
- (4) 倾角示值误差；
- (5) 输出体积示值误差及重复性。

7.2 校准方法

7.2.1 功能

打开船舶液货容量计量系统是否具有 5.2 要求的功能。

7.2.2 温度示值误差

(1) 向舱内注入一定高度的介质，待舱内液面较稳定时，将便携式数字温度计投入到温度传感器位置附近，上下位置不超过 100mm，测量舱内介质温度，连续测量直到 3 次测量结果的读数相差不超过 0.3℃，取其算术平均值作为标准值 t_0 。

(2) 同时读取船舶液货容量计量系统的温度值作为测量结果 t_1 。

(3) 温度示值误差按公式 (1) 计算。

$$\Delta_t = t_1 - t_0 \quad (1)$$

式中：

Δ_t ——船舶液货容量计量系统温度传感器的示值误差，℃；

t_1 ——船舶液货容量计量系统温度传感器的测量值，℃；

t_0 ——便携式数字温度计的测量值，℃；

7.2.3 液位示值误差

(1) 将船舶调整至平浮状态，待舱内液面稳定时，用测深钢卷尺从计量管处测量舱内的液面高度，连续测量，直到 3 次测量结果的读数相差不超过 3mm 为止，取其算术平均值作为标准值 h_0 ；

(2) 同时利用船舶液货容量计量系统的读取液位值 h_1 作为测量结果；

(3) 液位示值误差按公式 (2) 计算。

$$\Delta_h = h_1 - h_0 \quad (2)$$

式中：

Δ_h ——船舶液货容量计量系统液位传感器的示值误差，mm；

h_1 ——船舶液货容量计量系统液位传感器的测量值，mm；

h_0 ——测深钢卷尺的测量值，mm。

7.2.4 倾角示值误差

(1) 将标准倾角传感器固定在倾角传感器同一轴线上, 确保 X、Y 轴方向一致, 当船舶处于某一稳定状态下, 用标准倾角传感器连续测量 X 轴、Y 轴倾角, 直到 3 次测量结果的读数相差不超过 0.05° 为止, 取其算术平均值作为标准值 θ_{x0} 、 θ_{y0} ;

(2) 同时利用船舶液货容量计量系统读取倾角传感器倾角值 θ_{x1} 、 θ_{y1} 作为测量结果;

c) 倾角示值误差按公式 (3) 计算。

$$\begin{aligned}\Delta_x &= \theta_{x1} - \theta_{x0} \\ \Delta_y &= \theta_{y1} - \theta_{y0}\end{aligned}\quad (3)$$

式中:

Δ_x ——船舶液货容量计量系统液位传感器 X 轴的示值误差, $^\circ$;

Δ_y ——船舶液货容量计量系统液位传感器 Y 轴的示值误差, $^\circ$;

θ_{x1} ——船舶液货容量计量系统倾角传感器 X 轴的测量值, $^\circ$;

θ_{x0} ——标准倾角传感器 X 轴的测量值, $^\circ$;

θ_{y1} ——船舶液货容量计量系统倾角传感器 Y 轴的测量值, $^\circ$;

θ_{y0} ——标准倾角传感器 Y 轴的测量值, $^\circ$;

7.2.5 输出体积示值误差及重复性

(1) 利用上述标准设备测量的参数并结合容量表, 查询并计算出容量值作为标准容量值 V_0 ;

(2) 同时利用船舶液货容量计量系统显示的输出体积 V 作为测量结果。

(3) 重复步骤 (1) ~ (2) 至少完成三次测量。

(4) 输出体积示值误差按公式 (4) 计算。

$$\Delta_V = V_1 - V_0 \quad (4)$$

式中:

Δ_V ——船舶液货容量计量系统输出体积的示值误差, m^3 ;

V ——船舶液货容量计量系统显示的输出体积, m^3 ;

V_0 ——计算得到的容量标准值， m^3 ；

(5) 输出体积的重复性，取 3 次测量的示值误差的最大值绝对值与最小值绝对值之差除以极差系数，作为输出体积的重复性。

8 校准结果表达

经校准后出具校准证书，校准证书信息应符合 JJF 1071-2010 中 5.12 的要求，校准证书内页格式参见附录 C。

9 复校时间间隔

船舶液货容量计量系统复校时间间隔可根据实际使用情况由使用单位确定，建议复校时间间隔一般不超过 2 年。若船舶液货容量计量系统中设备失灵、损坏、更换等状况、或计量性能遭到怀疑时，应重新进行校准。

附录 A

船舶液货容量计量系统校准记录参考格式

设备名称		安装位置	
型号/规格		生产厂家	
设备编号		校准地点	
校准时间		环境温度	
环境湿度		风浪条件	
校准人员		校准时间	
校准所采用的主要计量设备			
设备名称	设备编号	证书编号	有效期
便携式数字温度计			
测深钢卷尺			
标准倾角传感器			
功能项目校准记录			
项目	结果		备注
数据采集、存储和处理功能	☐ 具有 ☐ 不具有		
自动查询容量表，实时计算油水体积	☐ 具有 ☐ 不具有		
实时显示液位、温度、倾角、体积	☐ 具有 ☐ 不具有		

温度示值误差校准记录				
标准值 t_0			测量值 t_1 (°C)	示值误差 Δ_t (°C)
序号	测量值 (°C)	平均值 (°C)		
1				
2				
3				
液位示值误差校准记录				
标准值 h_0			测量值 h_1 (mm)	示值误差 Δ_h (mm)
序号	测量值 (mm)	平均值 (mm)		
1				
2				
3				
倾角示值误差校准记录				
标准值 θ_{x0}			测量值 θ_{x1} (°)	示值误差 Δ_x (°)
序号	测量值 (°)	平均值 (°)		
1				
2				
3				
标准值 θ_{x0}			测量值 θ_{x1} (°)	示值误差 Δ_x (°)
序号	测量值 (°)	平均值 (°)		
1				
2				
3				

输出体积示值误差及重复性校准记录							
序号	液位值 (mm)	温度 (°C)	纵倾 (m)	横倾 (°)	标准值 V_0 (m ³)	测量值 V (m ³)	示值误差 Δ_V (m ³)
1							
2							
3							
输出体积示值误差 Δ_V (m ³)							
输出体积重复性 Δ_V (m ³)							

附录 B

校准结果内页参考格式

校 准 结 果				
序号	校准项目	技术要求	校准数据	测量不确定 $U(k=2)$
1	功能			/
2	温度示值误差			
3	液位示值误差			
4	倾角示值误差 X			
	倾角示值误差 Y			
5	输出体积示值 误差			
6	输出体积重复 性			

附录 C

船舶液货容量计量系统校准结果不确定度评定（示例）

C.1 温度示值误差校准结果不确定度评定（示例）

C.1.1 概述

在环境温度为 26.5℃ 的某一船舶上，采用便携式数字温度计（测量范围：0℃～100℃，最大允许误差：±0.2℃）对船舶液货容量计量系统的温度传感器进行测量。

C.1.2 测量模型

$$\Delta_t = t_1 - t_0 \quad (\text{C.1.1})$$

式中：

Δ_t ——船舶液货容量计量系统温度传感器的示值误差，℃；

t_1 ——船舶液货容量计量系统温度传感器的测量值，℃；

t_0 ——便携式数字温度计的测量值，℃；

式（C.1.1）中， t_1 与 t_0 之间相互独立，则有：

$$u^2(\Delta_t) = c^2(t_1)u^2(t_1) + c^2(t_0)u^2(t_0) \quad (\text{C.1.2})$$

其灵敏系数分别为：

$$c(t_1) = \frac{\partial \Delta_t}{\partial t_1} = 1 \quad (\text{C.1.3})$$

$$c(t_0) = \frac{\partial \Delta_t}{\partial t_0} = -1 \quad (\text{C.1.4})$$

C.1.3 各标准不确定度分量评定

C.1.3.1 船舶液货容量计量系统的温度传感器重复性引入的标准不确定度分量

船舶液货容量计量系统的温度传感器测量温度 t_1 ，重复测量三次，测量结果为 26.1℃、26.3℃、26.3℃，采用极差法，极差系数查表得 1.69，则船舶液货容量计量系统温度传感器测量重复性引入的标准不确定度分量：

$$u(t_1) = \frac{26.3 - 26.1}{1.69} = 0.12(^\circ\text{C}) \quad (\text{C.1.5})$$

C.1.3.2 便携式数字温度计引入的标准不确定度分量

便携式数字温度计测量温度 t_0 ，三次测量结果分别是 26.1℃，26.0℃，26.2℃，采用极差法，极差系数查表得 1.69，温度测量重复性引入的 A 类不确定度：

$$u_1(t_0) = \frac{26.2 - 26.0}{1.69} = 0.12(^{\circ}\text{C}) \quad (\text{C.1.6})$$

便携式数字温度计的最大允许误差为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，为均匀分布，则其引入的 B 类不确定度：

$$u_2(t_0) = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12(^{\circ}\text{C}) \quad (\text{C.1.7})$$

便携式数字温度计测量温度的不确定度：

$$u(t_0) = \sqrt{u_1^2(t_0) + u_2^2(t_0)} = 0.17(^{\circ}\text{C}) \quad (\text{C.1.8})$$

C.1.4 标准不确定度分量一览表

船舶液货容量计量系统温度校准结果的标准不确定度分量一览表如下：

表 C.1 船舶液货容量计量系统温度校准结果的各标准不确定度分量一览表

序号	符号	不确定度来源	输入量的标准不确定度 $u(x_i)/^{\circ}\text{C}$	灵敏系数 $c(x_i)$	$ c(x_i) u(x_i)/^{\circ}\text{C}$
1	$u(t_1)$	船舶液货容量计量系统温度传感器测量重复性引入的标准不确定度分量	0.12	1	0.06
2	$u(t_0)$	便携式数字温度计引入的标准不确定度分量	0.17	-1	0.17

C.1.5 计算合成标准不确定度

船舶液货容量计量系统温度示值误差校准结果的合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta_t) = \sqrt{c^2(t_1)u^2(t_1) + c^2(t_0)u^2(t_0)} = 0.21(^{\circ}\text{C}) \quad (\text{C.1.9})$$

C.1.6 确定扩展不确定度

取 $k = 2$ ，则船舶液货容量计量系统温度示值误差校准结果的扩展不确定度：

$$U(\Delta_t) = ku_c(\Delta_t) = 0.42^{\circ}\text{C}, \quad k = 2 \quad (\text{C.1.10})$$

C.2 液位示值误差校准结果的不确定度评定（示例）

C.2.1 概述

在环境温度为 26.5°C 的某一船舶上，采用测深钢卷尺（测量范围：0 m～20 m，检定合格）对船舶液货容量计量系统安装后的液位传感器进行测量。

C.2.2 测量模型

$$\Delta_h = h_1 - h_0 \quad (\text{C.2.1})$$

式中：

Δ_h ——船舶液货容量计量系统液位传感器的示值误差，mm；

h_1 ——船舶液货容量计量系统液位传感器的测量值，mm；

h_0 ——测深钢卷尺的测量值，mm。

式（C.2.1）中， h_1 与 h_0 之间相互独立，则有：

$$u^2(\Delta_h) = c^2(h_1)u^2(h_1) + c^2(h_0)u^2(h_0) \quad (\text{C.2.2})$$

其灵敏系数分别为：

$$c(h_1) = \frac{\partial \Delta_h}{\partial h_1} = 1 \quad (\text{C.2.3})$$

$$c(h_0) = \frac{\partial \Delta_h}{\partial h_0} = -1 \quad (\text{C.2.4})$$

C.2.3 各标准不确定度分量评定

C.2.3.1 船舶液货容量计量系统的液位传感器重复性引入的标准不确定度分量

船舶液货容量计量系统的液位传感器测量液位 h_1 ，重复测量三次，测量结果为 4.362m、4.362m、4.362m，采用极差法，极差系数查表得 1.69，则船舶液货容量计量系统的液位传感器测量重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u(h_1) = \frac{1}{1.69} = 0.59(\text{mm}) \quad (\text{C.2.5})$$

C.2.3.2 测深钢卷尺引入的标准不确定度分量

使用测深钢卷尺测量液位 h_0 ，三次液位值分别是 4.360m、4.361m、4.361 m，采用极差法，极差系数查表得 1.69，则测深钢卷尺的液位测量重复性引入的 A 类不确定度为：

$$u_1(h_0) = \frac{4.361 - 4.360}{1.69} = 0.59(\text{mm}) \quad (\text{C.2.6})$$

测深钢卷尺的最大允许误差为 ± 2.0 mm，其为均匀分布，则其引入的 B 类不确定度为：

$$u_2(h_0) = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.15(\text{mm}) \quad (\text{C.2.7})$$

测深钢卷尺引入的标准不确定度分量

$$u(h_0) = \sqrt{u_1^2(h_0) + u_2^2(h_0)} = 1.29(\text{mm}) \quad (\text{C.2.8})$$

C.2.4 标准不确定度分量一览表

表 C.2 船舶液货容量计量系统液位校准结果的各标准不确定度分量一览表

序号	符号	不确定度来源	输入量的标准不确定度 $u(x_i)/\text{mm}$	灵敏系数 $c(x_i)$	$ c(x_i) u(x_i)/\text{mm}$
1	$u(h_1)$	船舶液货容量计量系统液位传感器测量重复性引入的标准不确定度分量	0.59	1	0.59
2	$u(h_0)$	测深钢卷尺引入的标准不确定度分量	1.29	-1	1.29

C.2.5 计算合成标准不确定度

船舶液货容量计量系统液位示值误差校准结果的合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta_h) = \sqrt{c^2(h_1)u^2(h_1) + c^2(h_0)u^2(h_0)} = 1.42(\text{mm}) \quad (\text{C.2.9})$$

C.2.6 确定扩展不确定度

取 $k=2$ ，则船舶液货容量计量系统液位示值误差校准结果的扩展不确定度：

$$U(\Delta_h) = ku_c(\Delta_h) = 2.9\text{mm}, \quad k=2 \quad (\text{C.2.10})$$

C.3 船舶液货容量计量系统的倾角示值误差校准结果不确定度评定（示例）

C.3.1 概述

在环境温度为 26.5°C 的某一船舶上，采用标准倾角传感器（测量范围： $-30^\circ \sim 30^\circ$ ，最大允许误差： $\pm 0.02^\circ$ ，具有双轴测量功能，分辨率为 0.01° ）对船舶液货容量计量系统的倾角传感器进行测量。

C.3.2 测量模型

$$\Delta_\theta = \theta_1 - \theta_0 \quad (\text{C.3.1})$$

式中：

Δ_θ ——船舶液货容量计量系统倾角示值误差，mm；

h_1 ——船舶液货容量计量系统倾角传感器的测量值，mm；

h_0 ——标准倾角传感器的测量值，mm。

式 (C.3.1) 中, θ_1 与 θ_0 之间相互独立, 则有:

$$u^2(\Delta_\theta) = c^2(\theta_1)u^2(\theta_1) + c^2(\theta_0)u^2(\theta_0) \quad (\text{C.3.2})$$

其灵敏系数分别为:

$$c(\theta_1) = \frac{\partial \Delta_\theta}{\partial \theta_1} = 1 \quad (\text{C.3.3})$$

$$c(\theta_0) = \frac{\partial \Delta_\theta}{\partial \theta_0} = -1 \quad (\text{C.3.4})$$

C.3.3 各标准不确定度分量评定

C.3.3.1 船舶液货容量计量系统倾角传感器引入标准不确定度分量

船舶液货容量计量系统的倾角传感器测量倾斜角度 θ_1 , 三次测量结果为 1.45° 、 1.48° 、 1.50° , 采用极差法, 极差系数查表得 1.69, 则船舶液货容量计量系统倾角传感器引入标准不确定度分量为:

$$u(\theta_1) = \frac{0.05}{1.69} = 0.0296(^\circ) \quad (\text{C.3.5})$$

C.3.3.2 标准倾角传感器引入的标准不确定度分量

标准倾角传感器倾斜角度 θ_0 的最大允许误差为 $\pm 0.02^\circ$, 其为均匀分布, 则其引入的标准不确定度分量为:

$$u(\theta_0) = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.0115(^\circ) \quad (\text{C.3.6})$$

C.3.4 标准不确定度分量一览表

表 C.2 船舶液货容量计量系统倾角校准结果的各标准不确定度分量一览表

序号	符号	不确定度来源	输入量的标准不确定度 $u(x_i)/^\circ$	灵敏系数 $c(x_i)$	$ c(x_i) u(x_i)/^\circ$
1	$u(\theta_1)$	船舶液货容量计量系统倾角传感器引入标准不确定度分量	0.0296	1	0.0296
2	$u(\theta_0)$	标准倾角传感器引入的标准不确定度分量	0.0115	-1	0.0115

C.3.5 计算合成标准不确定度

船舶液货容量计量系统倾角示值误差校准结果的合成标准不确定度:

$$u_c(\Delta_\theta) = \sqrt{c^2(\theta_1)u^2(\theta_1) + c^2(\theta_0)u^2(\theta_0)} = 0.032(^\circ) \quad (\text{C.3.7})$$

C.3.6 确定扩展不确定度

取 $k = 2$ ，则船舶液货容量计量系统倾角示值误差校准结果的扩展不确定度：

$$U(\Delta_\theta) = ku_c(\Delta_\theta) = 0.064^\circ, \quad k = 2 \quad (\text{C.3.8})$$

C.4 船舶液货容量计量系统输出体积示值误差校准结果不确定度评定（示例）

C.4.1 概述

在环境温度为 26.5°C 的某一船舶上，采用标准设备（便携式数字温度计、测深钢卷尺、标准倾角传感器）测量的参数查询计算容积值，与船舶液货容量计量系统的输出体积进行比较，得到输出体积的示值误差。

C.4.2 测量模型

$$\Delta_V = V_1 - V_0 \quad (\text{C.4.1})$$

式中：

Δ_V ——船舶液货容量计量系统输出体积的示值误差， m^3 ；

V ——船舶液货容量计量系统显示的输出体积， m^3 ；

V_0 ——计算得到的容量标准值， m^3 ；

式（C.4.1）中， V_1 与 V_0 之间相互独立，则有：

$$u^2(\Delta_V) = c^2(V_1)u^2(V_1) + c^2(V_0)u^2(V_0) \quad (\text{C.4.2})$$

其灵敏系数分别为：

$$c(V_1) = \frac{\partial \Delta_V}{\partial V_1} = 1 \quad (\text{C.4.3})$$

$$c(V_0) = \frac{\partial \Delta_V}{\partial V_0} = -1 \quad (\text{C.4.4})$$

C.4.3 各标准不确定度分量评定

C.4.3.1 船舶液货容量计量系统输出体积引入的标准不确定度分量

船舶液货容量计量系统输出体积结果为： 314.698 m^3 ， 314.689 m^3 ， 314.706 m^3 ，采用极差法，极差系数查表得 1.69，则船舶液货容量计量系统输出体积引入的标准不确定度分量为：

$$u(V_1) = \frac{0.017}{1.69} = 0.010(\text{m}^3) \quad (\text{C.4.5})$$

C.3.3.2 标准体积测量引入的标准不确定度分量

采用标准设备获取标准体积查询计算的标准体积分别为：314.724 m³、314.716 m³、314.731 m³，采用极差法，极差系数 1.69，则标准体积测量引入的标准不确定度分量为：

$$u(V_0) = \frac{0.015}{1.69} = 0.010(\text{m}^3) \quad (\text{C.4.6})$$

C.3.4 标准不确定度分量一览表

表 C.2 船舶液货容量计量系统倾角校准结果的各标准不确定度分量一览表

序号	符号	不确定度来源	输入量的标准不确定度 $u(x_i) / \text{m}^3$	灵敏系数 $c(x_i)$	$ c(x_i) u(x_i) / \text{m}^3$
1	$u(V_1)$	船舶液货容量计量系统输出体积引入的标准不确定度分量	0.010	1	0.010
2	$u(V_0)$	标准体积测量引入的标准不确定度分量	0.010	-1	0.010

C.3.5 计算合成标准不确定度

船舶液货容量计量系统输出体积示值误差校准结果的合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta_V) = \sqrt{c^2(V_1)u^2(V_1) + c^2(V_0)u^2(V_0)} = 0.014(\text{m}^2) \quad (\text{C.4.7})$$

C.3.6 确定扩展不确定度

取 $k = 2$ ，则船舶液货容量计量系统输出体积示值误差校准结果的扩展不确定度：

$$U(\Delta_V) = ku_c(\Delta_V) = 0.028\text{m}^3, \quad k = 2 \quad (\text{C.4.8})$$

