

海南省地方计量技术规范

JJF(琼)xxx─xxxx



标准表法超声波液体流量计

在线校准规范

Standard meter method ultrasonic liquid flowmeter online

calibration specification

2024-xx-xx发布 2024-xx-xx实施



海南省市场监督管理局发布

标准表法超声波液体流量计在

JJF（琼）XXX─2024

线校准规范

Standard meter method ultrasonic liquid

flowmeter onlinecalibration specification



归 口 单 位：海南省市场监督管理局

主要起草单位：海南省检验检测研究院

广电计量检测（海南）有限公司

海南科瑞计量技术服务有限公司

参加起草单位：海南省供水排水协会

海南毕托巴科技研究院有限公司

海口开源水务有限公司

本规范委托海南省计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

蒙启晓（海南省检验检测研究院）

叶秀松（海南省检验检测研究院）

施怡行（海南省检验检测研究院）

许德永（海南省检验检测研究院）

高欢迪（广电计量检测（海南）有限公司）

林明进（海南科瑞计量技术服务有限公司）

参加起草人：

胡向军（海南省供水排水协会）

刘 祺（海南省检验检测研究院）

王忠辉（海南毕托巴科技研究院有限公司）

朱文儒（广电计量检测（海南）有限公司）

蓝善贵（广电计量检测（海南）有限公司）

李光远（海口开源水务有限公司）

目 录

[引 言 II](#_Toc2208)

[1 范围 1](#_Toc18024)

[2 引用文件 1](#_Toc25086)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc7842)

[3.1 术语 1](#_Toc20465)

[3.2 计量单位 2](#_Toc1536)

[4 概述 2](#_Toc18129)

[5 计量特性 2](#_Toc22676)

[5.1 示值误差 2](#_Toc28438)

[5.2 重复性 2](#_Toc12002)

[6 通用技术要求 2](#_Toc29046)

[6.1 工况 2](#_Toc16384)

[6.2 外观标志 2](#_Toc32004)

[7 校准条件 3](#_Toc18878)

[7.1 环境条件 3](#_Toc7986)

[7.2 测量标准及其他设备 3](#_Toc22305)

[8 校准项目与校准方法 3](#_Toc1245)

[8.1 校准项目 3](#_Toc16317)

[8.2 校准前准备工作 3](#_Toc13523)

[8.3 校准过程 4](#_Toc20129)

[9 校准结果的表达 6](#_Toc6002)

[10 复校时间间隔 7](#_Toc13822)

[附 录 A 8](#_Toc31823)

[附 录 B 10](#_Toc23727)

引 言

本规范是针对大口径超声波液体流量计在线校准的计量技术规范。本规范依据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》为基础而制定。

使用中的大口径超声波液体流量计一经安装后基本不方便拆卸，送检一般较为困难，在线校准是解 决该类流量计量值溯源较为合适的方法。

本校准规范为首次制定。

标准表法超声波液体流量计在线校准规范

1 范围

本规范适用于对安装在圆形封闭管道上， 口径不小于 DN300 mm，用于测量管满流状态下单相液体介质体积流量的液体超声波流量计在线校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1004 流量计量名词术语及定义

JJG 1030 超声流量计检定规程

CJ/T 364-2011 管道式电磁流量计在线校准要求。

凡是注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

3 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 超声波流量计 ultrasonic flowmeter

利用超声波在流体中的传播特性来测量流量的流量计。

3.1.2 在线校准 online calibration

在被校流量计实际工作环境下， 对被校流量计进行校准的一组操作。

3.1.3 标准表 standard meter

基于渡越时间法原理测量流量，作为标准器用于校准在线超声波流量计的外夹式超声波流量计。

3.1.4 标准表法 standard meter method

流体在相同时间间隔内连续通过标准表和被校流量计，比较两者的输出流量值，从而确定被校流量 计准确度的方法。

3.1.5 管流 pipe flow ，duct flow

流体充满管道的流动。

3.1.6 流速 flow velocity

液体在封闭管道的横截面上流动速度的轴向分量。

3.1.7 直管段 straight length

安装在流量计上游和下游的用于使流场达到某种要求的管段，其轴线是笔直的而且内部横截面的面 积与形状不变， 横截面通常为圆形。

3.1.8 流量计系数 meter factor

可通过修改其数值而改变流量计计量性能的一个或一组参数。

3.2 计量单位

累积流量单位： m3（立方米）、L（升）；

瞬时流量单位：m3/h（立方米每小时），L/min（升每分钟）。

4 概述

超声波液体流量计一般由显示装置、信号处理单元和超声换能器组成，以测量声波在流动液体（如： 水、油、冷却液等）介质中传播的时间与流量的关系为原理，测量流经超声波液体流量计的液体介质的 瞬时流量或累积流量，所测得的流量一般以体积流量的形式体现。超声波液体流量计一般有接触 式和外夹式两种，口径一般不小于DN300 mm。

由于大口径超声波液体流量计存在体积大，质量大，安装拆卸与运输困难等特点， 安装在工作现场 后难以拆卸送实验室校准，故多采用在线校准的方式完成溯源。

5 计量特性

5.1 示值误差

超声波液体流量计的示值误差为：±5%。

5.2 重复性

超声波液体流量计的重复性为：2.5%。

6 通用技术要求

6.1 工况

工况应确保其处于正常的工作状态。

6.2 外观标志

6.2.1 超声波液体流量计各部件应稳固可靠，不因外力而产生松动、脱落或位移；

6.2.2 显示装置显示的数字应清晰，表示功能和单位的符号或标志应完整、清晰；

6.2.3 表体或铭牌注明流量计的：制造厂名称、产品名称、型号、出厂编号及其他技术指标。

7 校准条件

7.1 环境条件

环境温度：（5~45）℃;

湿度： 30%RH~95%RH。

7.2 测量标准及其他设备

7.2.1 标准表

采用外夹式超声波标准流量计作为标准表，标准表应该具备有效的溯源证书，溯源的流量范围应覆 盖被校流量计现场的流量范围，标准表的准确度等级不低于0.5级或相对扩展不确定度不大于0.5%。

7.2.2 其他辅助设备

所有辅助设备的测量范围应覆盖被校量的范围，应具备有效的溯源证书。

辅助设备包括：

a)几何量具（钢直尺、卷尺、π 尺等）：分度值不大于 0.1 mm，用于测量直管段外周长；

b)超声波测厚仪：分度值不大于 0.1 mm，用于测量直管段管壁厚度；

c)秒表（或同步数据采集系统等） ：分度值不大于 0.1 s，用于同步采样。

8 校准项目与校准方法

8.1 校准项目

大口径液体流量计在线校准的项目为流量计的示值误差与重复性。

8.2 校准前准备工作

8.2.1 直管段的选择

根据现场工况选择直管段，直管段应满足标准表使用要求，并尽量与被校流量计距离较近。对安装换能器处直管段表面进行清洁及打磨。

8.2.2 直管段外直径或外周长的测量与计算

a)使用几何量具在选定的直管段上同一界面等角分布测量*n*次（*n*≥4）外周长*di* ，利用公式（1）计算算术平均值作为管道外周长，并利用外周长计算直管段的外直径*R*，计算时取圆周率π=3.14159：

····················································(1)

式中：

n——为管道外周长测量次数；

*di——*第 *i* 次测得的直管段外周长值。

b)如使用π尺直接测量管道外直径， 则利用公式（2）计算平均值作为管道外直径：

···················································（2）

式中：

*n——*管道外直径测量次数；

*ri——*第 *i* 次测得的管道外直径值。

8.2.3 直管段管壁厚的测量

使用测厚仪在直管段上选定的超声换能器安装点重复测量n次（n≥4）管壁厚*hi* ，以利用公式（3） 计算算术平均值*H*作为直管段管壁厚：

 ····················································（3）

式中：

*n——*为管壁厚测量次数；

*hi——*为第 *i* 次测得的管壁厚值。

8.2.4 标准表的安装

将测得的直管段外周长/外直径、管壁厚和参考介质温度，以及用户提供的管道材质和内衬信息等 输入标准表，标准表将给出标准表超声换能器的推荐安装距离。

超声换能器的安装应满足如下要求：

a)如超声换能器安装在管道两侧， 应保证其连线穿过管道轴心；

b)如超声换能器安装在管道同侧， 应保证其连线与管道轴线平行。

8.3 校准过程

8.3.1 示值误差的校准

[8.3.1.1](7.3.1.1) 校准点的选择

一般选择被校流量计当前工作的流量点作为校准点进行校准； 当流量可调节时，则可选择2至3个常 用的流量点作为校准点进行校准。

[8.3.1.2](7.3.1.2) 校准方法

当被校流量计可显示累积流量时，优先选用累积流量进行校准，仅当下列情况可以选用瞬时流量进行校准。

a)流量计仅显示瞬时流量；

b)单次工作时长有限无法满足累积流量的校准要求；

c)流量计在校准全过程中能够保持流量均匀平稳。

流量数据的采样应至少重复三次。

8.3.1.2.1 采用累积流量进行校准

采用累积流量进行校准时，应同时对标准装置显示值及被检流量计的起始值和终止值进行记录，当满足其中下列条件之一时校准可终止：

a)单次测量时间持续超过 15 分钟；

b)累积数据测量值大于累积流量分辨力的 500 倍后。

单次校准的标准装置累积流量显示值

 ······················································(4)

式中：

*——*第次标准装置累积流量起始值；

*——*第次标准装置累积流量终止值；

被检流量计累积流量显示值

······················································(5)

*——*第次被检流量计累积流量起始值；

*——*第次被检流量计累积流量终止值。

8.3.1.2. 采用瞬时流量进行校准

在不超过1 min的时间内，尽可能同时读取标准表和被校流量计的瞬时流量值，采样数量不少于30组。

单次校准的标准装置瞬时流量，以公式（4）计算；

被检流量计瞬时流量显示值，以公式（5）计算

[8.3.1.3](7.3.1.3) 示值误差的计算

单次采样的示值误差以相对误差的形式表示， 利用公式（6）计算：

··················································(6)

式中：

*Ei——*第 *i*次测量得到的示值误差结果；

*Qti——*第*i*次测量得到的被校流量计累积或瞬时流量值；

*Qsi——*第*i*次测量得到的标准表累积或瞬时流量值。

示值误差*E*：

.............................................................(7)

式中：*n——*执行测量次数。

8.3.2 重复性

重复性可以利用示值误差校准过程中采集的数据计算，重复性利用公式（8）计算。

 ·····················································(8)

式中：

*c——*极差系数， 可通过表 1 查询。

*Emax——n*次测量得到的示值误差中的极大值。

*Emin——n*次测量得到的示值误差中的极小值。

表1 极差系数与测量次数的关系

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 *n* | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 极差系数 *c* | 1.13 | 1.69 | 2.06 | 2.33 | 2.53 | 2.70 | 2.85 | 2.97 |

9 校准结果的表达

经校准的被校流量计出具校准证书， 校准证书应包括下列信息：

a)标题， 如“校准证书”；

b)实验室名称和地址；

c)客户名称和地址；

d)进行校准的地点；

e)证书的唯一性标识， 每页页码和总页数标识；

f)被校仪器的基本信息：包括制造厂、唯一性标识、型号规格等；

g)校准所依据的技术规范标识，包括名称及代号；

h)本次校准所使用测量标准的溯源性及有效性说明；

i)校准环境的描述；

j)测量结果： 包括示值误差、重复性、测量结果的相对扩展不确定度。

k)对校准规范的偏离的说明；

l)校准证书或校准报告签发人的签名， 职务或等效标识；

m)校准结果仅对被校对象的有效的声明；

n)未经实验室书面批准，不得部分复制证书声明。

10 复校时间间隔

超声波液体流量计的复校时间间隔由使用单位根据实际使用情况确定，复校时间间隔一般不超过2年。

附录 A

（资料性附录）

校准原始记录内页格式示例

A.1 累积法采样原始记录内页

记录编号（同证书编号） ：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 委托单位 |  | | | | 设备名称 | |  | | |
| 规格型号 |  | | 出厂编号 |  | | 管理编号 | |  | |
| 校准依据 |  | | | | 制造厂 | |  | | |
| 标准器名称 | | 编号 | 证书号/有效期 | | 溯源单位 | | | | 技术特征 |
|  | |  |  | |  | | | |  |
|  | |  |  | |  | | | |  |
| 校准地点 |  | | 环境温度 | ℃ | | 环境湿度 | | %RH | |

校准结果：

一、工况、外观与标识：

二、直管段管道参数测量（单位： ）：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数*n* | 1 | 2 | 3 | 4 | 平均结果（mm） |
| 管壁厚*H* |  |  |  |  |  |
| 外周长*D* |  |  |  |  |  |
| 外直径*R* |  |  |  |  |  |

三、累积流量校准数据：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量轮次 | 1 | | 2 | | 3 | |
| 标准表 | 被校表 | 标准表 | 被校表 | 标准表 | 被校表 |
| 开始时刻 |  |  |  |  |  |  |
| 结束时刻 |  |  |  |  |  |  |
| 累积流量 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  | |  | |  | |
| 结果/ % | 参数名称 | | 校准结果 | | 扩展不确定度（*k*=2） | |
| 示值误差E | |  | |  | |
| 重复性σ | |  | |

校准员： 核验员： 校准日期： 年 月 日

A.2 瞬时法法采样原始记录内页

记录编号（同证书编号） ：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 委托单位 |  | | | | 设备名称 | |  | | |
| 规格型号 |  | | 出厂编号 |  | | 管理编号 | |  | |
| 校准依据 | |  | | | 制造厂 | |  | | |
| 标准器名称 | | 编号 | 证书号/有效期 | | 溯源单位 | | | | 技术特征 |
|  | |  |  | |  | | | |  |
|  | |  |  | |  | | | |  |
| 校准地点 |  | | 环境温度 | ℃ | | 环境湿度 | | %RH | |

校准结果：

一、工况、外观与标识：

二、直管段管道参数测量：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数*n* | 1 | 2 | 3 | 4 | 平均结果（mm） |
| 管壁厚*H* |  |  |  |  |  |
| 外周长*D* |  |  |  |  |  |
| 外直径*R* |  |  |  |  |  |

三、 瞬时流量校准数据（单位： ）：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量轮次 | 1 | | 2 | | 3 | |
| 标准表 | 被校表 | 标准表 | 被校表 | 标准表 | 被校表 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  | |  | |  | |
| 结果/ % | 参数名称 | | 校准结果 | | 扩展不确定度（*k*=2） | |
| 示值误差E | |  | |  | |
| 重复性σ | |  | |

校准员： 核验员： 校准日期： 年 月 日

附录 B

（资料性附录）

超声波液体流量计校准结果测量不确定度评定方法及示例

B.1 大口径液体超声波流量计校准概述

B.1.1 测量标准： 外夹式超声波流量计、钢卷尺、超声波测厚仪等。

B.1.2 校准依据： JJF（琼） XXX-XXXX 标准表法超声波液体流量计在线校准规程。

环境温度：（5~40）℃;

湿度：（30~95）%RH。

B.1.3 测量对象： 口径DN1000 mm的超声波液体流量计

B.1.4 测量过程：以标准表为标准器， 使流体在相同时间间隔内连续通过标准表和被校管道式液体流 量计，重复采集六次标准表与测量对象的流量值，比较两者的输出流量值，根据示值误差计算公式计算 相对示值误差。

B.2 测量模型与灵敏系数

B.2.1 测量模型

管道式液体流量计在第i点的相对示值误差 按式（B.1）

 ················································(B.1)

式中：

*Qt——*被校流量计测量数据。

*Qs——*为标准表测量数据。

B.2.2 不确定度来源分析

a)标准表引入的标准不确定度 *u*1；

b)测量结果 *u*2；

C)其他条件（人员操作、管道椭圆度等）引入的标准不确定度*u*3。

B.2.3 灵敏系数

，

则测量不确定度为：

············································(B.2)

B.3 标准不确定度的评定

B.3.1 测量数据

使用钢卷尺测量管道外周长*D*，使用超声波测厚仪测量管壁厚度*H* ，之后使用外夹式超声波流量计 对被校超声波液体流量计进行测量，按照采样数据超过被校流量计最小分度数的500倍计算， 采集得到 的数据如下表B.1：

表B.1 标准表与被校表采样数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 标准表累积流量*Qs*（m3） | 被校表累积流量*Qt*（m3） | 相对示值误差*E*（%） |
| 1 | 584.2 | 592 | 1.34 |
| 2 | 623.7 | 632 | 1.33 |
| 3 | 580.1 | 587 | 1.19 |
| 4 | 596.8 | 607 | 1.71 |
| 5 | 591.6 | 601 | 1.59 |
| 6 | 586.3 | 594 | 1.31 |
| 平均值 | 593.78 | 602.17 | 1.41 |
| a 测试时管道保持流速为 0.32 m/s。 | | | |

B.3.2 标准表引入的不确定度*u*1

根据标准器溯源证书，标准超声波流量计的测量不确定度为*U*=0.5% （*k*=2），其标准不确定度为：



B.3.3 测量结果引入的不确定度*u*2

B.3.3.1 被校仪表分辨力引入的不确定度分量 *u*21

被校流量计分辨力为1m3 ，设读数变化区间的半宽度为分辨力的一半，且为均匀分布，取包含因子k=，则被校仪表分辨力引入的不确定度分量*u*21：



B.3.3.2 测量重复性引入的不确定度分量 *u*22

由于测量次数一般不超过10次，故使用极差法计算测量重复性引入的不确定度分量：



B.3.3.3 由于 *u*21 与 *u*22 相关，故仅取其大值作为测量结果引入的不确定度分量：



B.3.4 其他条件（人员操作、管道椭圆度等）引入的不确定度*u*3

由经验得出其他条件引入的误差在±0.5%以内，可认为是均匀分布，其不确定度分量为：

B.4 合成标准不确定度

B.4.1 标准不确定度汇总

综上所述，各标准不确定度分量及其灵敏系数为：

表B.2 标准不确定度分量及灵敏系数汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | | 不确定度来源 | 不确定度 | 灵敏系数 |
|  | | 标准器测量不确定度 | 1.48 m3 |  |
|  |  | 测量结果重复性 | 0.29 m3 |  |
|  | 被校仪器的分辨力 | 1.22 m3 |  |
|  | | 其他因素 | 0.29% | —— |

B.4.2 合成标准不确定度的计算





B.5 扩展不确定度

取*k*=2，则扩展不确定度为：

