

JJF(沪)

上海市地方计量校准规范

JJF(沪) XXXX-XXXX

电子式饮用冷水水表在线校准规范

Online Calibration Specification for Electronic Cold Potable
Water Meters

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

上海市市场监督管理局 发布

电子式饮用冷水水表
在线校准规范

Online Calibration Specification for
Electronic Cold Potable Water Meters

JJF (沪) XXXX-XXXX

归口单位：上海市市场监督管理局

主要起草单位：上海市供水水表强制检定站有限公司

上海市计量测试技术研究院

参加起草单位：上海科洋科技股份有限公司

上海市供水调度监测中心

本规范委托上海市供水水表强制检定站有限公司负责解释

本规范主要起草人：

白金超 (上海市供水水表强制检定站有限公司)

姚新红 (上海市计量测试技术研究院)

张 伟 (上海市供水水表强制检定站有限公司)

李 俊 (上海市供水水表强制检定站有限公司)

参加起草人：

李元满 (上海科洋科技股份有限公司)

李雪菁 (上海市计量测试技术研究院)

方 芳 (上海市供水调度监测中心)

胡 靓 (上海市供水水表强制检定站有限公司)

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 术语	1
3.2 计量单位	1
4 概述	2
4.1 用途与分类	2
4.2 结构组成	2
5 计量特性	2
5.1 测量范围	2
5.2 示值误差	2
6 校准条件	3
6.1 环境条件	3
6.2 标准表安装现场条件	3
6.3 测量标准及配套设备	3
7 校准项目和校准方法	4
7.1 校准项目	4
7.2 校准方法	4
8 校准结果表达	8
9 复校时间间隔	8
附录 A 校准原始记录格式	9
附录 B 校准证书 (内页) 参考格式	11
附录 C 电子式水表在线校准测量结果的不确定度评定示例	12

引 言

本规范以 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》为基础性文件，编写格式符合 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》相关要求，技术方法参考了 JIG 162—2019《饮用冷水水表》、CJ/T 364—2011《管道式电磁流量计在线校准要求》等相关文件。

本规范为首次发布。

电子式饮用冷水水表在线校准规范

1 范围

本规范适用于公称通径 DN50~DN300 电子式饮用冷水水表（简称电子式水表）的在线校准。

2 规范性引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 162 饮用冷水水表

JJF 1004 流量计量名词术语及定义

CJ/T 364 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 术语和计量单位

3.1 术语

JJG 162 和 JJF 1004 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 电子式水表 electronic water meter

计算器和指示装置均为电子原理和结构的水表，测量传感器包括电子传感和机械传感。

3.1.2 标准表 master meter

所给出的结果作为参考量值的流量计。

3.1.3 标准表法 master meter method

以标准表为参考测量标准，使流体在相同时间间隔内连续通过标准表和电子式水表，比较两者的指示量值，从而确定水表示值误差的校准方法。

3.1.4 在线校准 online calibration

确定实际工作条件下水表所指示的量值与对应的由标准表所复现的量值之间关系的一组操作。

3.2 计量单位

电子式水表的计量单位应采用法定计量单位，主要量及其计量单位应符合表 1

的规定。

表 1 计量单位

量的名称	单位名称	单位符号
体积	立方米	m ³
流量	立方米每小时	m ³ /h

4 概述

4.1 用途与分类

电子式水表用于计量流经封闭满管道中可饮用冷水的体积总量，广泛应用于自来水供应部门供给居民和工商业等用户自来水输送量的贸易结算计量。

电子式水表根据传感器工作原理和结构特征，分为电子传感电子式水表和机械传感电子式水表。

4.2 结构组成

4.2.1 电子传感电子式水表由基于电子或电磁感应原理的测量传感器、电子式计算器和指示装置等组成。常见的电子传感电子式水表有超声波水表和电磁水表。

4.2.2 机械传感电子式水表由机械式测量传感器、电子式计算器和指示装置等组成，其测量传感器的结构原理与机械式水表相同。

5 计量特性

5.1 测量范围

电子式水表的测量范围按 JJG 162-2019 中 5.1 的相关规定确定。

5.2 示值误差

5.2.1 电子式水表的准确度等级分为 1 级和 2 级，不同准确度等级的水表在不同工作温度下的最大允许误差应符合表 2 的规定。

表 2 水表的允许误差

流量		低区	高区	
		$Q_1 \leq Q < Q_2$	$Q_2 \leq Q < Q_4$	
工作温度/℃		$0.1 \leq T_w \leq 50$	$0.1 \leq T_w \leq 30$	$30 < T_w \leq 50$
最大允许误差	1 级	±3%	±1%	±2%
	2 级	±5%	±2%	±3%

5.2.2 使用中检查水表的允许误差为表 2 规定的最大允许误差的 2 倍。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境条件一般应满足：

- a) 环境温度：5 °C～45 °C；
- b) 相对湿度：35%～95%。

6.1.2 工作介质应是充满封闭管道的单相稳定流体，且流速应不小于 0.3 m/s。

6.1.3 现场不应有影响校准工作的外界磁场、机械振动和噪音等，场地应满足安全操作要求。

6.2 标准表安装现场条件

6.2.1 校准现场直管段应能满足标准表前后直管段安装长度要求。

6.2.2 校准管路与被校水表间的流量应是连续的，不存在分流。

6.2.3 校准管路应无明显振动，不包含影响超声波正常传播的其他因素。

6.2.4 标准表测量的管道内径、管道材质、管道壁厚、衬里材质和厚度，以及测量介质类型、介质温度等都在标准表说明书规定的范围之内。

6.3 测量标准及其他设备

6.3.1 测量标准

测量标准应采用基于时差法原理的外夹式超声流量计（以下简称标准表），下限流速应不大于 0.3 m/s，上限流速不低于 6.0 m/s，最大允许误差至少达到±0.5%，重复性应不大于 0.1%。

标准表应经有效量值溯源，溯源的管道通径和流速范围应覆盖被校电子式水表现场校准的管道通径和流速范围。

6.3.2 其他设备

其他配套设备应满足表 3 要求。

表 3 配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	超声波测厚仪	测量范围：(0~50) mm 最大允许误差：±0.2 mm	测量管道壁厚
2	精密 π 尺	测量范围：50 mm ≤ D ≤ 300 mm 最大允许误差：±0.05 mm	测量管道外径

表 3 (续)

序号	设备名称	技术要求	用途
3	钢卷尺	测量范围：(0~5) m 准确度等级：II 级	测量直管段长度
4	秒表	测量范围：>999 s 最大允许误差：±0.10 s/d	计时
5	温湿度计	温度最大允许误差：±2.0 °C 湿度最大允许误差：±5% RH	测量环境温湿度

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

示值误差。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前的准备

7.2.1.1 被校水表状态和条件检查

在安装现场检查被校水表的下列状态和条件，确认其工作正常、密封性良好和安装规范后，方可进行后续校准测量。

a) 外观和封印检查

用目测、手动检查方法检查水表的外观和封印，通过人机界面或通信端口检查带电子装置水表的电子封印是否被非授权修改，检查结果应分别符合 JJG 162—2019 中 6.1.1 和 6.1.3 的规定。

b) 电子装置功能检查

通过人机界面或通信端口操作电子装置，观察是否有错误提示或功能故障现象，核对影响测量结果的可修改参数是否被非授权修改。

c) 密封性检查

观察并检查水表的外表面及水表与连接管道结合面的密封性情况，应无可察觉的渗漏或密封损坏等现象或痕迹。

d) 安装条件检查

对照产品安装标识、技术和使用说明书等的相关要求进行检查。

7.2.1.2 标准表安装位置选取

按 6.2 的要求选取现场管道安装标准表的合适位置。标准表的换能器安装在被

测水表上游直管侧或下游直管侧，具体安装条件可根据标准表的使用说明书进行调整(上游直管段长度一般大于 10 倍公称通径，下游直管段长度一般大于 5 倍公称通径)，当上游有泵、阀门等阻力件时，直管段长度至少还要延长 3 倍至 5 倍公称通径；注意避开弯头、阀门、焊缝以及可能产生不满管、管道外部锈蚀严重、管道内部结垢的位置。

标准表安装示意如图 1。

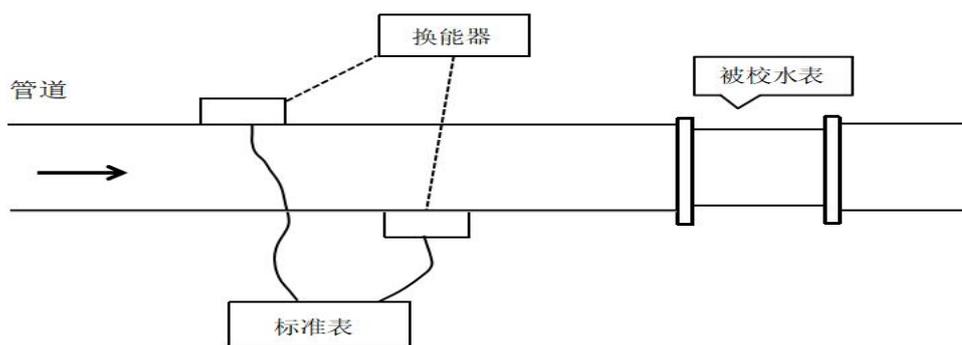


图 1 标准表安装示意图

7.2.1.3 管道预处理

清理选定的换能器安装位置的管壁，将管壁上的油漆、铁锈、污垢等清理干净，露出管道本体材质，必要时打磨光滑。

7.2.2 管道参数测量

7.2.2.1 管径测量

用精密 π 尺在标准表换能器安装位置附近的同一截面上等角分布测量 n 次管道外直径 ($n \geq 4$)，取其平均值作为管道外直径 D 。

7.2.2.2 壁厚测量

确认管道本体材质后，在标准表换能器安装位置均布 5 个点，使用超声波测厚仪测量出 5 组管道壁厚，取其平均值作为管道壁厚 δ 。

7.2.2.3 其他情况

根据相关资料确认管道是否有内衬，如有应明确衬里材质、衬里厚度以及管道内表面粗糙度等参数。内衬应完整均匀，避免超声波传播发生不良折射和漫反射。

7.2.3 标准表安装及预运行

7.2.3.1 标准表安装

将管道和换能器型号等参数输入标准表主机，选择相应的换能器安装方式，得

出换能器安装尺寸，标记出管道安装位置。换能器表面均匀涂抹耦合剂，用磁铁或者链条将换能器可靠地安装在管壁固定位置上（也可采用标准表说明书里推荐的其他方法），使换能器发射面与管壁紧密接触，其间不得有气隙。

换能器安装方式通常有 V 法、Z 法和 W 法。为了得到满意的校准结果，应根据使用说明书并结合现场条件选择最恰当的安装方式，换能器安装方式如图 2 所示。

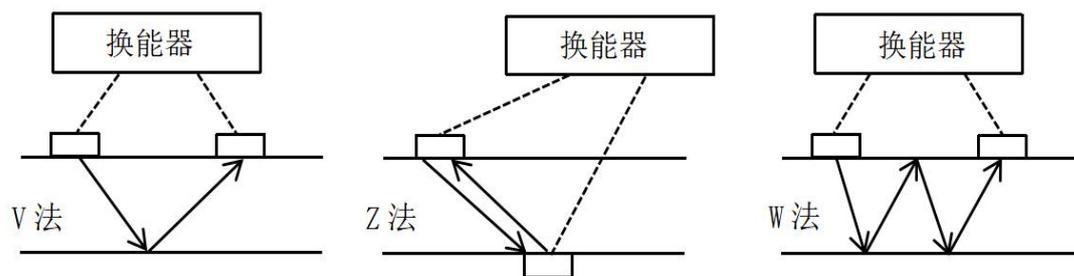


图 2 换能器安装方式示意图

7.2.3.2 预运行

将换能器的信号线连接至标准表主机，在测量状态下观察标准器的信号状态指示参数，相关参数应处于使用说明书中给出的允许范围内并尽量接近最佳指标。连续观察标准表瞬时流量示值，间隔 10 s 记录一次，至少记录 20 次，按式（1）计算现场流量波动度。

$$\delta = \frac{(q_s)_{i_{\max}} - (q_s)_{i_{\min}}}{\bar{(q_s)}_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ ——流量波动度，%；

$(q_s)_{i_{\max}}$ ——标准表最大瞬时流量示值， m^3/h ；

$(q_s)_{i_{\min}}$ ——标准表最小瞬时流量示值， m^3/h ；

$\bar{(q_s)}_i$ ——标准表瞬时流量平均值， m^3/h 。

确认超声流量计测量状态正常并预运行 5 min 以上，且现场流量波动度不大于 5%，平均流量落在电子式水表测量范围之内后，方可进行校准测量。

注：校准流量超出电子式水表测量范围时，需征得委托方同意，并满足标准表测量能力。

7.2.4 校准流量点选取

根据现场实际情况选择确定校准流量点。校准流量点通常为被校电子式水表实际工作条件下经常使用的流量点；如果现场条件允许，可增加被校电子式水表实际工作条件下经常使用的流量范围的上限和下限作为校准流量点。

7.2.5 校准测量

校准测量采用累积流量法。同时读取并记录标准表和被校电子式水表的累积流量初值和终值；每个流量点的单次校准测量时间不应少于 15 min。取终值和初值的差分别作为该校准点该次校准时标准表和被校电子式水表的累积流量示值，表示为 $(Q_s)_{ij}$ 和 Q_{ij} ，重复测量次数不少于 3 次。

7.2.6 示值误差计算

电子式水表第 i 个流量点第 j 次校准的示值误差按式 (2) 计算。

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

E_{ij} ——第 i 流量点第 j 次校准时电子式水表的示值误差，%；

Q_{ij} ——第 i 流量点第 j 次校准时被校水表的累积流量示值， m^3 ；

$(Q_s)_{ij}$ ——第 i 流量点第 j 次校准时标准表的累积流量示值， m^3 ；

电子式水表第 i 流量点的示值误差按式 (3) 计算。

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n E_{ij}}{n} \quad (3)$$

式中：

n ——第 i 流量点的校准次数。

7.2.7 示值误差重复性计算

电子式水表第 i 流量点的示值误差重复性按式 (4) 计算。

$$(E_r)_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2}{n-1}} \quad (4)$$

式中:

$(E_r)_i$ ——第 i 流量点重复性, %;

n ——第 i 流量点的校准次数。

电子式水表的示值误差重复性按式 (5) 计算。

$$E_r = [(E_r)_i]_{\max} \quad (5)$$

式中:

E_r ——被校水表的重复性;

$[(E_r)_i]_{\max}$ ——各校准点重复性的最大值。

8 校准结果表达

电子式水表校准完成后, 出具校准证书, 并给出示值误差的校准结果及其不确定度。

校准原始记录格式见附录 A, 校准证书 (内页) 格式见附录 B, 测量不确定度评定示例见附录 C。

9 复校时间间隔

复校时间间隔由电子式水表的使用状况、使用者、仪器本身质量等诸因素决定, 用户可根据电子式水表的实际使用情况自行决定复校时间间隔。

附录 A

校准原始记录格式

委托单位				校准地点			
被校表具	器具名称				型号规格		
	出厂编号				准确度等级		
	Q_3				R 值 (Q_3/Q_1)		
	制造单位						
校准依据				证书编号			
测量标准	名称				型号规格		
	编号				测量范围		
	不确定度/ 准确度等级 /最大允许 误差				溯源机构		
					证书编号		
					有效期		
现场条件	环境温度				相对湿度		
	所测介质				介质温度		
	管道材质						
	管道外径	测量数据					平均值
		1	2	3	4		
	管道壁厚	测量数据					平均值
		1	2	3	4	5	
	衬里材质				衬里厚度		
	安装方式	法					
	瞬时流量观 测结果 (m^3/h)	测量数据					流量 波动度(%)
		1	2	3	4	5	
6		7	8	9	10		
11		12	13	14	15		
16		17	18	19	20		

校准结果									
流量点	测量 次数	被校水 表初值	被校水 表终值	标准表 初值	标准表 终值	相对示 值误差	平均 示值误差	重复 性	扩展 不确定度
(m ³ /h)		(m ³)		(m ³)		(%)	(%)	(%)	(%) $k=2$
	1								
	2								
	3								
	1								
	2								
	3								
	1								
	2								
	3								
	1								
	2								
	3								
	1								
	2								
	3								
现场情况描述（含安装位置示意图）：									

校准员：

核验员：

校准日期：

年

月

日

附录 C

电子式饮用冷水水表在线校准测量结果的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量依据

JJF (沪) XXXX-XXXX 《电子式饮用冷水水表在线校准规范》

C.1.2 环境条件

环境温度：18.9 °C~20.5 °C，相对湿度：46%~52%。

C.1.3 测量对象

名称：电磁水表，准确度等级：2级，公称直径：DN300。

C.1.4 测量方法

按照校准规范规定的方法，将最大允许误差为±0.5%的标准表安装在电磁水表前后满足校准条件的直管段上，对被校对象进行在线校准，通过比较电磁水表的显示值和标准表的标准值，计算示值误差。

C.2 测量模型

$$E = \frac{Q_i - Q_a}{Q_a} \times 100\%$$

式中：

E ——被校水表的相对示值误差，%；

Q_i ——被校水表的示值流量， m^3 ；

Q_a ——标准表的示值流量， m^3 ；

根据不确定度传播定律可得出：

$$u_c^2(E) = [c_1 \cdot u(Q_i)]^2 + [c_2 \cdot u(Q_a)]^2 = \left[\frac{1}{Q_a} \cdot u(Q_i) \right]^2 + \left[\frac{Q_i}{Q_a^2} \cdot u(Q_a) \right]^2 = \left[\frac{u(Q_i)}{Q_a} \right]^2 + \left[\frac{Q_i}{Q_a} \cdot \frac{u(Q_a)}{Q_a} \right]^2$$

$$Q_a \approx Q_i$$

$$u_c(E) = \sqrt{u_r^2(Q_i) + u_r^2(Q_a)}$$

灵敏系数分别为：

$$c_1 = \frac{\partial E}{\partial Q_i} = \frac{1}{Q_a}, \quad c_2 = \frac{\partial E}{\partial Q_a} = -\frac{Q_i}{Q_a^2}$$

C.3 测量不确定度主要来源

- a) 由测量重复性引入的不确定度 $u(Q)$;
- b) 由标准表引入的不确定度 $u(v)$;
- c) 由管道内截面积测量引入的不确定度 $u(A)$ 。

C.4 输入量的标准不确定度评定

C.4.1 被校水表测量重复性引入的不确定度 $u(Q)$

在某流量点处重复测量 3 次，测量重复性为 0.2%，故重复性引入的不确定度为：

$$u(Q) = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.12\%$$

分辨力引入的不确定度远小于重复性引入的不确定度，可忽略。

C.4.2 标准表引入的不确定度 $u(v)$

标准表的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则其标准不确定度为：

$$u(v) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

C.4.3 管道内截面积测量引入的不确定度 $u(A)$

管道内截面面积测量的不确定度从管道内直径测量引入，内直径测量的不确定度包括管道外径测量引入的不确定度和管道壁厚测量引入的不确定度。

C.4.3.1 管道外径测量引入的不确定度 $u(D)$

管道外径采用精密 π 尺测得，其最大允许误差为 $\pm 0.05\text{mm}$ ，按均匀分布：

$$u(D) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.0289$$

C.4.3.2 壁厚测量引入的不确定度 $u(\delta)$

壁厚测量引入的不确定度可从测厚仪证书中获得，测厚仪在常用测量范围内的最大允许误差为 ± 0.1 mm，按均匀分布：

$$u_1(\delta) = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.0577$$

管道油漆层厚度、焊缝不平整以及钢卷尺反向测量等因素引入的不确定度最大不超过 0.5 mm，则：

$$u_2(\delta) = \frac{0.5}{2\sqrt{3}} = 0.145$$

由壁厚测量引入的标准不确定度为：

$$u(\delta) = \sqrt{u_1^2(\delta) + u_2^2(\delta)} = 0.155$$

C. 4. 3. 3 管道内径测量引入的不确定度 $u(d)$

$$u(d) = \sqrt{u^2(D) + 4u^2(\delta)} = 0.311$$

管道内径为 300mm，管道内截面积测量引入的不确定度：

$$u(A) = 2 \times \frac{0.311}{300} = 0.21\%$$

C. 4. 4 由于温度、压力影响相对较小，忽略其不确定度的影响。

C. 5 合成不确定度的评定 $u_c(E)$

C. 5. 1 标准不确定度汇总表，见表 C. 1。

表 C. 1 标准不确定度汇总表

序号	不确定度来源	符号	标准不确定度 (%)	灵敏系数 c_i	$ c_i \cdot u_r(x_i)$ (%)
1	测量重复性	$u(Q)$	0.12	1	0.12
2	标准表	$u(v)$	0.29	-1	0.29
3	管道内截面积测量	$u(A)$	0.21	-1	0.21

C. 5. 2 合成标准不确定度的计算

输入量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按下式得到：

$$u_c(E) = \sqrt{[c_1 \cdot u(Q)]^2 + [c_2 \cdot u(v)]^2 + [c_3 \cdot u(A)]^2} = 0.38\%$$

C.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，其扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(E) = 0.76\%$$

C.7 测量不确定度的报告与表示

被校水表在线校准测量结果的不确定度为：

$$U = 0.76\% \quad (k = 2)$$
