

河北省地方计量技术规范

JJF(冀) 235—2024

明渠堰槽流量计在线校准规范

Online Calibration Specification for
Open Channel Weirs and Flumes Flowmeter

2024 - 09 - 05 发布

2024 - 10 - 31 实施

河北省市场监督管理局发布

明渠堰槽流量计在线校准规范

Online Calibration Specification for
Open Channel Weirs and Flumes Flowmeter

JJF(冀) 235—2024

归口单位：河北省市场监督管理局

起草单位：河北省计量监督检测研究院

本规范由起草单位负责解释

本规范主要起草人：

高 明（河北省计量监督检测研究院）

樊建广（河北省计量监督检测研究院）

郭 辉（河北省计量监督检测研究院）

参加起草人：

张 虎（河北省计量监督检测研究院）

李少领（河北省计量监督检测研究院）

曹 磊（河北省计量监督检测研究院）

徐光耀（河北省计量监督检测研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 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	(1)
4.1 结构和工作原理	(1)
4.2 用途	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 水位示值误差和重复性	(2)
5.2 流量示值误差和重复性	(2)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 计量标准及其他计量设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果	(5)
8.1 参数调整	(5)
8.2 校准原始记录	(5)
8.3 校准证书	(5)
8.4 不确定度	(5)
9 复校时间间隔	(5)
附录 A 校准原始记录参考格式	(6)
附录 B 校准证书(内页)参考格式	(7)
附录 C 明渠堰槽流量计在线校准结果的不确定度评定(示例)	(8)

引 言

本规范依据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的规定，结合河北省内明渠堰槽流量计在线应用、实验室检测及校准现状，参考JJG 711-1990《明渠堰槽流量计（试行）》检定规程和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》等相关技术文件进行制定。

本规范所用术语，除在本规范中专门定义的外，均采用JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF 1004-2004《流量计量名词术语及定义》。

本规范为首次制定。

明渠堰槽流量计在线校准规范

1 范围

本规范适用于配备标准量水堰槽、水位传感器和水位流量转换仪表的明渠堰槽流量计的在线校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 711-1990 明渠堰槽流量计（试行）

JJG（水利）004-2015 明渠堰槽流量计计量检定规程

JJF（新）38-2019 明渠堰槽流量计在线校准规范

HJ 15-2019 超声波明渠污水流量计技术要求及检测方法

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

3.1.1 标准量水堰槽 standard weirs and flumes for flow measurement

由上下游行近段、堰体和水位观测设施组成的用于流量测量的装置。

3.1.2 明渠堰槽流量计（open channel weirs and flumes flowmeter）

由标准量水堰槽、水位传感器和水位流量转换仪表（二次仪表）组成的流量计。

3.1.3 水位（stage; gauge height; liquid level）

河流、湖泊或水库相对于给定基准面的自由水面的高度。

3.2 计量单位

长度单位：米或毫米，符号m或mm。

体积单位：立方米或升，符号m³或L。

流量单位：立方米每小时或升每秒，符号m³/h或L/s。

4 概述

4.1 结构和工作原理

明渠堰槽流量计由标准量水堰槽、水位传感器、水位流量转换仪表（二次仪表）组成。在明渠中设置标准堰槽，将水位传感器安装在规定位置测量流经堰槽的水位，转换仪表接

收水位值并通过相应流量公式或经验关系式，转换为液体瞬时流量。以三角形薄壁堰和巴歇尔槽为例，明渠堰槽流量计结构及工作原理见图1。

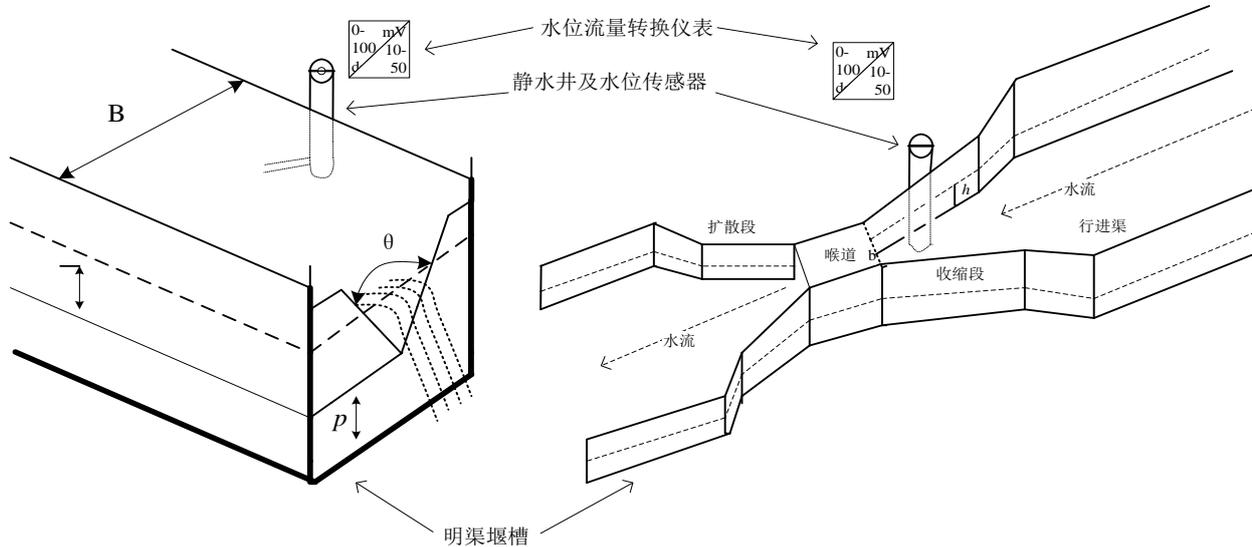


图1 三角形薄壁堰和巴歇尔槽流量计结构及工作原理示意图

4.2 用途

明渠堰槽流量计在国内外的水利、工业、环保等行业应用广泛，通过记录、显示流量，达到流量计量、流量控制的目的。

5 计量特性

5.1 水位示值误差和重复性

水位最大允许相对误差应不大于 $\pm 1\%$ ，重复性应不大于最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

5.2 流量示值误差和重复性

流量最大允许相对误差见表1，重复性应不大于最大允许相对误差绝对值的 $1/3$ 。

表1 不同明渠堰槽流量计流量最大允许误差表

序号	最大允许相对误差	明渠堰槽类型
1	$\pm 3\%$	三角形缺口薄壁堰
2	$\pm 4\%$	巴歇尔槽（自由出流）
3	$\pm 5\%$	矩形缺口薄壁堰、等宽薄壁堰、梯形薄壁堰、巴歇尔槽（淹没出流）、无喉道槽（自由出流）、长喉道量水槽
4	$\pm 6\%$	矩形宽顶堰、圆缘宽顶堰、三角形剖面堰、平坦V形堰、无喉道槽（淹没出流）、孙奈利槽

注：5.1、5.2中指标不做合格判定依据，仅供校准及测量不确定度评定时参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境条件一般应满足：

环境温度：（-10~45）℃；相对湿度：15%~85%；大气压力：86kPa~106kPa。

6.1.2 外界磁场应小到对流量计的影响可忽略不计。

6.2 计量标准及其他计量设备

6.2.1 计量标准及设备的计量性能

所用标准器装置的扩展不确定度/准确度等级/最大允许误差应不大于被校准明渠堰槽流量计最大允许误差绝对值的1/3。标准器的测量范围应覆盖被校准流量计的正常工作范围。配用的钢直尺、万能角度尺、游标卡尺、水准仪和水准尺、标准水位传感器、标准表明渠堰槽流量计等设备的计量性能不降低标准器整体计量性能。

6.2.2 计量标准设备的使用要求

计量标准及其他计量设备均应有有效的检定或校准证书，计量标准应定期与水流量标准装置进行比对，做稳定性试验和期间核查，应确保水位和流量参数指标符合校准要求。所用的标准器和计量设备安装、使用应符合相应检定规程、技术规范或使用说明书的要求。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

水位相对示值误差和重复性，流量相对示值误差和重复性。

7.2 校准方法

7.2.1 校准条件检查

7.2.1.1 现场堰槽安装应符合相应规程规范的要求，对于符合要求的，进行校准，不符合要求的，整改后再进行校准。

7.2.1.2 应进行明渠堰槽结构尺寸检查：明渠堰槽的结构技术要求，明渠堰槽中心线应与行近渠槽中心线重合，顺直的行近渠槽长度应满足相应规程规范要求等。

7.2.1.3 应进行明渠堰槽标准尺寸检查：边墙高度、边墙垂直度、行近渠槽宽度、收缩段长度、扩散段长度、堰口宽度或喉道宽度、明渠堰槽总长度、堰高、缺口薄壁堰缺口角度等。

7.2.1.4 现场条件检查中还应判断水位传感器在明渠堰槽中安装位置是否正确。

7.2.2 水位相对示值误差和重复性

根据现场明渠堰槽流量计的安装及使用条件，用水准仪测量水尺零点或水位传感器零点高程，并与堰体附近固定水准点高程进行校测，确定水尺零点值，检查被校明渠堰槽流量计仪表参数设置。按现场渠槽类型所要求的距离位置安装标准明渠堰槽流量计或水位传感器，在相对稳定流量条件下，依次调节流量，达到规定水位点后稳定5min，观察转换仪表显示水位值的变化，当水位值在30s内的波动不大于3mm时视为稳定状态，稳定后每间隔

相同时间用标准器测量一次水位，连续测量 n 次（ $n \geq 6$ ），分别记录被校准流量计和标准器的水位值。水位连续测量过程中，水位值的波动不应大于3mm。

(1) 单次测量水位的相对示值误差按下式计算：

$$E_{hij} = \frac{h_{ij} - h_{sj}}{h_{sj}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

E_{hij} ——第 i 校准点第 j 次校准时明渠堰槽流量计水位的相对示值误差，%；

h_{ij} ——第 i 校准点第 j 次校准时明渠堰槽流量计水位值，mm；

h_{sj} ——第 i 校准点第 j 次校准时标准器水位值，mm。

(2) 水位第 i 校准点相对示值误差按下式计算：

$$E_{hi} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{hij} \quad (2)$$

式中：

E_{hi} ——第 i 校准点的相对示值误差，%；

n ——第 i 校准点校准次数。

(3) 当每个水位点重复校准 n 次时，该水位点的重复性按下式评定：

$$(E_{hr})_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (E_{hij} - E_{hi})^2} \quad (3)$$

式中：

$(E_{hr})_i$ ——第 i 个校准点的重复性，%。

7.2.3 流量相对示值误差和重复性

查看明渠堰槽内的水流状态，行近渠槽长度、行近渠槽中心线与堰槽建筑物中心线重合程度，确定堰槽结构尺寸（槽体宽度、长度、喉道宽度等）的值，在相对稳定流量条件下，按现场渠槽类型所要求的距离位置安装标准明渠堰槽流量计，水位稳定后用标准器连续 n 次（ $n \geq 6$ ）测量流量，分别记录被校准流量计和标准器的流量值，计算被校准明渠堰槽流量计流量示值误差和重复性。

(1) 单次测量流量的相对示值误差按下式计算：

$$E_{qij} = \frac{q_{ij} - q_{sj}}{q_{sj}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

E_{qij} ——第 i 校准点第 j 次校准时明渠堰槽流量计流量的相对示值误差，%；

q_{ij} ——第 i 校准点第 j 次校准时明渠堰槽流量计流量值, m^3/h 或 L/s ;

q_{sj} ——第 i 校准点第 j 次校准时标准流量值, m^3/h 或 L/s 。

(2) 流量第 i 校准点相对示值误差按下式计算:

$$E_{qi} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{qij} \quad (5)$$

式中:

E_{qi} ——第 i 校准点的相对示值误差, %;

n ——第 i 校准点校准次数。

(3) 当每个流量点重复校准 n 次时, 该流量点的重复性按下式评定:

$$(E_{qr})_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (E_{qij} - E_{qi})^2} \quad (6)$$

式中:

$(E_{qr})_i$ ——第 i 个校准点的重复性, %。

8 校准结果

8.1 参数调整

对于需要调整机内参数的明渠堰槽流量计, 应在参数调整后对流量计重新校准, 并分别将原机内参数和新机内参数在校准证书中注明。

8.2 校准原始记录

校准原始记录应详尽地记载测量数据和计算结果, 记录格式见附录 A。

8.3 校准证书

校准证书由封面和校准数据组成, 经校准的明渠堰槽流量计应出具校准证书, 校准证书应包括的信息及推荐的校准证书内页格式见附录B。

8.4 不确定度

校准证书中应给出校准结果的不确定度。不确定度评定示例见附录C。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定的, 因此使用单位可根据仪器实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔为1年。

附录 C

明渠堰槽流量计在线校准结果的不确定度评定（示例）

C.1 概述

校准依据：《明渠堰槽流量计在线校准规范》。

标准器：标准明渠堰槽流量计。

适用被校准对象：配备标准尺寸堰槽的明渠堰槽流量计。

C.2 数学模型

$$E_h = \frac{h_i - h_s}{h_s} \times 100\% = \left(\frac{h_i}{h_s} - 1 \right) \times 100\%$$

$$E_q = \frac{q_i - q_s}{q_s} \times 100\% = \left(\frac{q_i}{q_s} - 1 \right) \times 100\%$$

式中：

E_h ——水位相对示值误差，%；

E_q ——流量相对示值误差，%；

h_i ——被校准流量计测得的水位，mm；

h_s ——标准流量计测得的水位，mm；

q_i ——被校准流量计测得的流量， m^3/h ；

q_s ——标准流量计测得的流量， m^3/h 。

C.3 不确定度传播律

从数学模型可知，测量误差不确定度与以下主要因素有关：被校准流量计测得的示值、标准器测得的示值。

C.3.1 水位不确定度传播律： $u_c^2(E_{hi}) \approx c^2(h_i)u^2(h_i) + c^2(h_s)u^2(h_s)$

式中：

$$c(h_i) = \frac{\partial E_{hi}}{\partial h_i} = \frac{1}{h_s}, \quad c(h_s) = \frac{\partial E_{hs}}{\partial h_s} = -\frac{h_i}{h_s^2}$$

为方便计算，取 $h_i \approx h_s$ ， $c_r(h_i) = 1$ ， $c_r(h_s) = -1$

输入量彼此独立不相关，则 $u_c^2(E_{hi}) \approx u_r^2(h_i) + u_r^2(h_s)$ 。

C.3.2 流量不确定度传播律： $u_c^2(E_{qi}) \approx c^2(q_i)u^2(q_i) + c^2(q_s)u^2(q_s)$

式中：

$$c(q_i) = \frac{\partial E_{qi}}{\partial q_i} = \frac{1}{q_s}, \quad c(q_s) = \frac{\partial E_{qs}}{\partial q_s} = -\frac{q_i}{q_s^2};$$

为方便计算，取 $q_i \approx q_s$ ， $c_r(q_i) = 1$ ， $c_r(q_s) = -1$
 输入量彼此独立不相关，则 $u_c^2(E) \approx u_r^2(q_i) + u_r^2(q_s)$ 。

C.4 输入量的标准不确定度评定

C.4.1 水位示值误差测量不确定度评定

C.4.1.1 水位测量校准结果的重复性引入的相对标准不确定度分量

被校准明渠堰槽流量计的水位不确定度主要是重复性引入的，明渠堰槽流量计应用现场，在规定水位点（970mm）条件下，重复测量10次，分别得到水位相对示值误差 E_{hi} 为：0.5%、0.2%、-0.4%、0.5%、0.9%、-0.4%、0.8%、-0.5%、-0.3%、0.6%。按照贝塞尔公式计算实验标准偏差：

$$s(E_{hi}) = 0.52\%$$

以10次测量的平均值作为测量结果，因此测量重复性引入的相对标准不确定度分量为：

$$u(h_i) = \frac{s(E_{hi})}{\sqrt{10}} = 0.17\%$$

C.4.1.2 流量计水位传感器分辨力引入的相对标准不确定度分量

分辨力为1mm，属于均匀分布，则相对标准不确定度分量为：

$$u_r(h_i) = 0.06\%$$

C.4.1.3 标准器水位测量准确度引入的相对标准不确定度分量

例如，标准器的最大允许误差为±1mm，属于均匀分布，则标准不确定度分量为：

$$u(h_s) = 0.577mm$$

$$u_r(h_s) = 0.06\%$$

C.4.1.4 相对标准不确定度分量汇总表

水位示值误差各个输入量的标准不确定度汇总见表 C.1

表 C.1 水位示值误差标准不确定度分量汇总表

序号	不确定度来源	输入量的相对标准 不确定度 $u_r(x_i)$	相对灵敏系数 $c_r(x_i)$	$c_r(x_i)u_r(x_i)$ %
1	水位示值重复性	0.17%	1	0.17
2	水位示值分辨力	0.06%	1	0.06
3	标准器准确度	0.06%	-1	-0.06

C.4.1.5 合成标准不确定度的评定

测量重复性和分辨力的相对标准不确定度分量取较大的一项，所以合成相对标准不确定度为

$$u_r(E_h) = 0.18\%$$

取包含因子 $k=2$ ，则相对扩展不确定度为： $U_r=2\times 0.18\%=0.36\%$

C.4.2 流量示值误差测量不确定度评定

C.4.2.1 标准器流量测量准确度引入的相对标准不确定度分量

例如，标准器的准确度等级为0.5级， $U_r=0.5\%$ ， $k=2$ 则

$$u_r(q_s) = \frac{0.5\%}{2} = 0.25\%$$

C.4.2.2 流量测量校准结果的重复性引入的相对标准不确定度分量

流量测量校准结果的不确定度主要是重复性引入的，明渠堰槽流量计应用现场，在规定流量点条件下，重复测量10次，分别得到流量示值误差 E_{qi} 为：1.3%、1.8%、2.5%、2.2%、2.3%、1.6%、2.0%、3.1%、2.7%、1.1%。按照贝塞尔公式计算实验标准偏差，将测量中的10次平均值作为测量结果，因此测量重复性引入的相对标准不确定度分量为：

$$u(E_{qi}) = 0.19\%$$

C.4.2.3 相对标准不确定度分量汇总表

流量示值误差各个输入量的标准不确定度汇总见表 C.2

表 C.2 流量示值误差标准不确定度分量汇总表

序号	不确定度来源	输入量的相对标准 不确定度 $u_r(x_i)$	相对灵敏系数 $c_r(x_i)$	$c_r(x_i)u_r(x_i)$ %
1	标准器准确度	0.25%	-1	-0.25
2	流量示值重复性	0.19%	1	0.19

C.4.2.4 合成标准不确定度的评定

合成相对标准不确定度为

$$u_r(q) = 0.31\%$$

取包含因子 $k=2$ ，则相对扩展不确定度为： $U_r=2\times 0.31\%=0.62\%$

