

# 团 体 标 准

T/CIDA 0014—2022

## 明渠实流法流量比对现场检测规程

Specification for field detection of flow comparison  
by real flow method in open channel

2022-09-01 发布

2022-12-01 实施

中国灌区协会 发布

# 中国灌区协会团体标准发布公告

2022 年第 03 号（总第 10 号）

根据《中国灌区协会团体标准管理办法》规定，经中国灌区协会第六届会长办公会第十六次会议表决通过，现发布以下标准：

序号	标准名称	标准编号	发布日期	实施日期
1	明渠雷达流量计在线测量技术规程	T/CIDA 0013—2022	2022. 9. 1	2022. 12. 1
2	明渠实流法流量比对现场检测规程	T/CIDA 0014—2022	2022. 9. 1	2022. 12. 1

现予公告。

中国灌区协会

2022 年 9 月 1 日

中国灌区协会

中国灌区协会

中国灌区协会

中国灌区协会

## 目 次

前言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语与定义 .....	1
4 明渠流量现场比对技术要求 .....	2
4.1 一般规定 .....	2
4.2 比对条件 .....	2
4.3 比对方法 .....	3
4.4 比对步骤 .....	3
5 框架式流速仪法测流技术要求 .....	3
5.1 一般规定 .....	3
5.2 流速仪及框架 .....	4
5.3 流速仪主要技术指标 .....	5
5.4 流速仪的检定/校准要求 .....	5
5.5 框架式流速仪布置 .....	5
5.6 数据采集和流量计算 .....	7
5.7 标准断面选择及维护 .....	7
5.8 断面测量 .....	7
附录 A (资料性) 明渠主要量水设施 .....	9
A.1 渠系建筑物量水 .....	9
A.2 堰槽量水 .....	10
A.3 标准断面量水 .....	11
A.4 设备型量水 .....	11
A.5 测控一体化闸门量水 .....	12
附录 B (资料性) 框架式流速仪法流量计算方法 .....	13
B.1 框架式流速仪法流量计算 .....	13
B.2 点流速计算 .....	13
B.3 垂线平均流速计算 .....	13
B.4 单宽流量计算 .....	14
B.5 断面流量计算 .....	15
附录 C (资料性) 框架式流速仪法流量采集信息系统功能和要求 .....	16
C.1 系统软件平台环境 .....	16
C.2 系统功能和要求 .....	16
附录 D (资料性) 明渠流量比对检测记录表 .....	17
D.1 流速仪率定系数对比表 .....	17
D.2 测流断面测量记录表 .....	18
D.3 量水设施测流数据记录表 .....	18
D.4 比测结果及数据误差分析表 .....	19
参考文献 .....	20

中国灌区协会

中国灌区协会

中国灌区协会

中国灌区协会

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规划》的规则起草。

本标准由中国灌区协会提出并归口。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准起草单位：山西泵站现场测试中心、中国灌溉排水发展中心、太原理工大学、运城市北赵引黄工程建设服务中心、湖北省漳河工程管理局、麦克传感器股份有限公司、山西水投防护技术有限公司。

本标准主要起草人：王竹青、谢崇宝、吴建华、卫伟、赵云亮、冯天权、曹晓乐、卫学文、赵颖、王逸凡、刘涛、王万虎、李辉、原野、崔敏、涂小强、柴子杰、耿建璞、张玉胜、成一雄、闫宏涛、赵文、潘杰、贾吴平、曹金康、王宝贺、吴鑫昊、张丽娜。

本标准为首次发布。

# 明渠实流法流量比对现场检测规程

## 1 范围

本标准规定了明渠流量现场比对的条件、方法和步骤及框架式流速仪测流等技术要求。  
本标准适用于输水明渠量水设施（设备）的流量现场比对检测。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 21303 灌溉渠道系统量水规范

## 3 术语与定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**明渠 open channel**

在地表开挖或填筑的具有自由水面的渠道。

### 3.2

**流量 discharge**

单位时间内通过河流、渠道或管道某一过水断面的水体体积。

### 3.3

**水位 water level**

渠道自由水面高出固定基面以上的高程。

### 3.4

**量水 water measurement**

确定通过某一已知断面的水体随时间变化的物理量的过程。

### 3.5

**量水设施 water-measuring device**

为准确量测流量而设置的量水建筑物或量水仪器、装置。

### 3.6

**测量断面 measuring section**

进行水深和流速测量的过流横断面。

### 3.7

**测流标准断面 standard section**

进行水深和流速测量的流态稳定、断面规则的顺直渠段。

### 3.8

**明渠量水 open channel water measurement**

通过在明渠安装和配置必要的量水设施，用以实现输送水量计量、输水能力验证以及渠道系统自动控制的量水过程。明渠主要量水设施见附录 A。

### 3.9

**现场检测 field test**

在设施设备安装和运行现场，对给定产品，按照规定程序为确定某一种或多种特性、进行处理或

提供服务所组成的技术操作。

### 3.10

#### 旋桨式流速仪 propeller-type current meter

以旋桨作为转子，绕着与水流方向平行的水平轴转动，其转速与周围水体流速成单值对应关系的流速测量仪器。

### 3.11

#### 框架式流速仪法 frame-type current meter method

根据明渠过流断面形状和流速，选用数量和技术指标符合规定的流速仪，以框架式结构安装并进行多点流速同步采集的现场测试方法。

### 3.12

#### 起动流速 starting speed

使旋桨开始连续转动的最低水流速度。

### 3.13

#### 流量系数 discharge coefficient

在流量公式中，表示实际流量与理论流量相联系的系数。

### 3.14

#### 比对 comparison

在规定条件下，对相同准确度等级或指定不确定度范围的同种测量仪器复现的量值之间比较的过程。

### 3.15

#### 准确度等级 accuracy class

在规定的工作条件下，符合规定的计量要求，使测量误差或仪器不确定度保持在规定极限内的测量仪器或测量系统的等别或级别。

### 3.16

#### 最大允许测量误差 maximum permissible measurement error

对给定的测量、测量仪器或测量系统，由规范或规程所允许的，相对于已知参考量值的测量误差的极限值。

### 3.17

#### 全线相对均方差 relative mean square deviation of the whole line

旋桨式流速仪在全速度级的测流结果与检定车速度的相对误差的均方根值。

## 4 明渠流量现场比对技术要求

### 4.1 一般规定

4.1.1 明渠流量现场比对流速仪精度应高于被比测对象。

4.1.2 应由具备相应检测资质的水利质量检测单位进行明渠流量现场比对。

4.1.3 明渠流量现场比对断面应满足标准断面要求。

4.1.4 在明渠现场进行流量比对检测时应将检测结果与量水设施同步测量结果进行比对。

### 4.2 比对条件

4.2.1 比对应选择在安装量水设施且没有分流和流量损失的同一流量输送系统开展，实流法测流现场比对应同步进行，工况稳定。

4.2.2 实际运行条件下，仪表类量水设施测量不确定度不应大于 5%（95%置信水平），渠系建筑物



量水设施测量不确定度不应大于 10%（95%置信水平），其他量水设施测量不确定度不应大于 8%（95%置信水平），流量比对测量不确定度不宜大于 3.5%（95%置信水平）。

4.2.3 被比量水设施技术性能应满足相关规范要求。

### 4.3 比对方法

4.3.1 明渠实流法流量比对现场检测宜采用框架式流速仪法。

4.3.2 比对所用流速仪及框架应符合 5.2 和 5.3 的规定。

4.3.3 框架式流速仪布置应符合 5.5 的规定。

4.3.4 比对流量计算应符合 5.5 的规定，计算方法见附录 B。

### 4.4 比对步骤

4.4.1 选择适宜的标准断面和流速仪。

4.4.2 在满足安全条件下，进行流速仪的安装和调试。

4.4.3 根据被比量水设施的使用范围和实际运行条件，确定比对测量工况，测量工况不宜少于 3 个，每个工况重复测量次数不应少于 5 次，取多次测量平均值为测量结果。

4.4.4 同一工况，断面水深重复测量最大值与最小值之间的极限误差不应大于 1.6%。

4.4.5 不同工况下流量比对示值相对误差应按式（1）计算：

$$\delta_Q = \frac{\overline{Q}_{\text{量}} - \overline{Q}_{\text{比}}}{\overline{Q}_{\text{比}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\delta_Q$ ——量水设施示值误差，%；

$\overline{Q}_{\text{量}}$ ——明渠量水设施比对时段测得的流量平均值， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$\overline{Q}_{\text{比}}$ ——框架式流速仪法比对时段测得的流量平均值， $\text{m}^3/\text{s}$ 。

4.4.6 选取各工况点最大相对误差的绝对值作为该量水设施的实测比对流量示值误差。

## 5 框架式流速仪法测流技术要求

### 5.1 一般规定

5.1.1 安装流速仪的框架应具有足够的刚度和强度，不应有变形和振动，流速仪轴线与测量断面法线的夹角不应大于  $5^\circ$ 。

5.1.2 流速仪精度应满足流量测量精度要求，经法定计量部门检定合格，并在有效使用期限内。

5.1.3 框架式流速仪法的测线和测点数目应根据被测渠道断面形状、流速和面积等综合确定；流速仪布置应符合流速分布规律，可体现流速变化且不壅水；测点数量应适宜。

5.1.4 框架式流速仪法的框架及流速仪与被测渠道断面面积之比不应大于 6%；小于 2% 时，可不考虑阻塞影响；为 2%~6% 时，阻塞效应修正系数应按式（2）计算：

$$K = \frac{0.25S}{3} \% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$K$ ——修正系数；

$S$ ——阻塞的面积比，即框架及流速仪旋桨面积与过流断面面积之比，%。

5.1.5 标准断面或测量断面应满足 5.7 的规定。

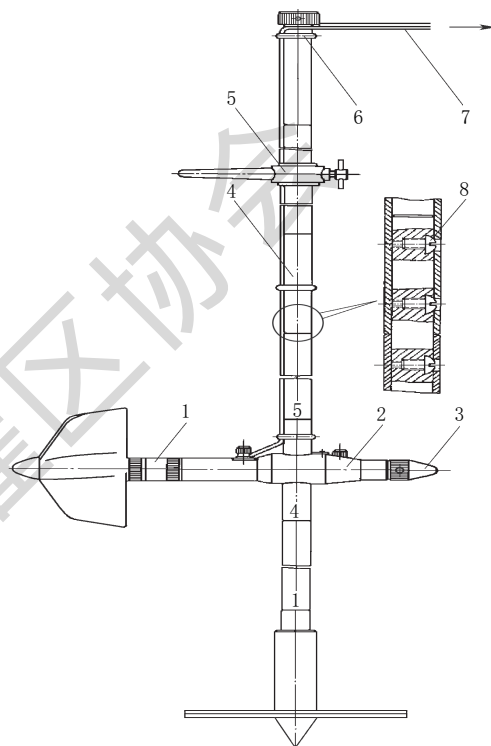
5.1.6 框架式流速仪法宜采用流量采集信息系统进行参数设置、同步采集和流量计算。

5.1.7 根据断面宽度、水深、流速，选用不同规格的流速仪，旋桨直径、流速范围等技术指标应满

足安装布置要求。

## 5.2 流速仪及框架

5.2.1 采用测杆安装的旋桨式流速仪应包括旋桨、身架和测杆等部分，适用于较高流速较大断面使用。框架安装的旋桨式流速仪结构示意图如图 1 所示。



标引序号说明：

1—旋桨；2—身架；3—锥头螺钉；4—测杆（CG20 型）；5—指针；6—橡胶圈；  
7—导线；8—半圆头螺钉（M5×8Q）

图 1 框架安装的旋桨式流速仪结构示意图

5.2.2 微型旋桨式流速仪的主要部件是光纤流速旋桨传感器，适用于低流速小断面使用。

5.2.3 流速仪框架由横向连接系和纵向测杆组成，具备相应的强度和刚度，投入水中可以保持稳定状态，与流速仪可以实现快速组装和拆卸。框架式流速仪法测线及流速仪分布示意图如图 2 所示。

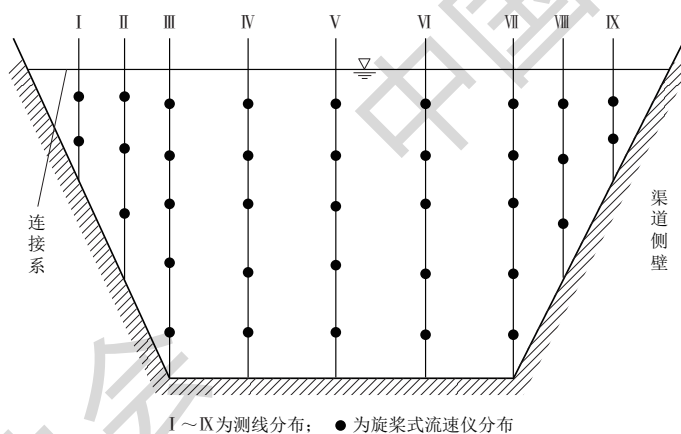


图 2 框架式流速仪法测线及流速仪分布示意图

### 5.3 流速仪主要技术指标

流速仪主要技术指标有旋转回转直径、起动流速、测速范围、最小工作水深及触点容量等，常用流速仪规格型号和主要技术指标应符合表 1 规定。

表 1 常用流速仪规格型号和主要技术指标

型 号	LS25-3A 型	LS1206B 型	LS300A 型
旋转回转直径/mm	$\phi 120$	$\phi 60$	$\phi 12$ 、 $\phi 15$
起动流速/(m/s)	$v_0 \leq 0.04$	$v_0 \leq 0.05$	$v_0 \leq 0.01$
测速范围/(m/s)	0.04~10	0.05~7	0.01~4
最小工作水深/m	$H \geq 0.16$	$H \geq 0.10$	$H \geq 0.05$
触点容量	$I \leq 300\text{mA}$ , $U \leq 4.5\text{V}$	$I \leq 300\text{mA}$ , $U \leq 4.5\text{V}$	无触点

### 5.4 流速仪的检定/校准要求

#### 5.4.1 检定/校准机构

流速仪应经法定计量检定部门检定/校准。

#### 5.4.2 检定/校准结果

经检定/校准合格的流速仪，其检定结果应包括检定公式、使用范围、水力螺距、仪器常数等内容。

#### 5.4.3 检定/校准误差要求

针对对比项目的重要程度不同，框架式流速仪法应选用不同精度等级的流速仪，检定/校准误差需与精度等级相对应。流速仪速度级分段及其相对误差要求应符合表 2 规定。

表 2 流速仪速度级分段及其相对误差要求

准确度等级	速度 ( $v$ ) 级分段/(m/s)			
	$v_0 \leq v < 0.5$	$0.5 \leq v < 1.5$	$1.5 \leq v < 3.5$	$v \geq 3.5$
1 级	0.95%	0.70%	0.50%	0.35%
2 级	1.25%	0.95%	0.70%	0.50%
3 级	1.55%	1.20%	0.90%	0.65%

注： $v_0$  为起动流速。

#### 5.4.4 检定/校准周期

流速仪的检定周期不宜超过 1 年或累计使用 300h。

### 5.5 框架式流速仪布置

#### 5.5.1 测点布置

##### 5.5.1.1 框架式流速仪法测点采用多线多点布置。

- 5.5.1.2 一条垂线上相邻两测点的最小间距不应小于流速仪旋桨的直径。
- 5.5.1.3 测量水面流速时，流速仪转子部分不应露出水面，上边缘应置于水面 0.05 m 以下。
- 5.5.1.4 测量渠底流速时，流速仪应布置于 0.9 倍水深以下，同时流速仪旋转部分的边缘距离渠底宜为 0.02~0.05m。
- 5.5.1.5 流速仪垂线流速测点的分布位置应符合表 3 和图 3 的规定。

表 3 垂线流速测点的分布位置

测点数	相对水深
三点法	0.2、0.6、0.8
五点法	水面、0.2、0.6、0.8、渠底
积分法	水面、渠底、中间测点按水深均匀分布

注：相对水深为仪器入水深度与垂线水深之比。

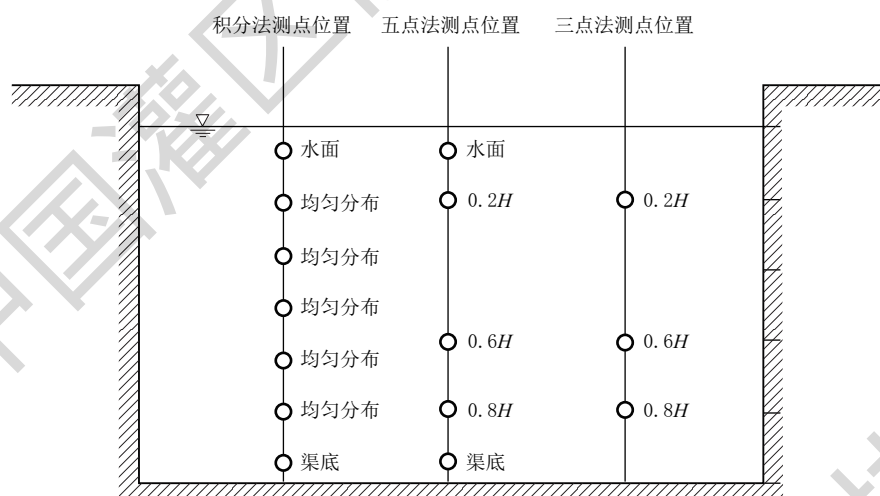


图 3 垂线流速测点的分布位置示意图

5.5.2 测线布置

- 5.5.2.1 测流断面上测深、测速的测线数目和位置，应满足过水断面和平均流速测量精度的要求。
- 5.5.2.2 任意两条测线的间距不应大于渠道水面宽的 1/5。
- 5.5.2.3 测线可等距离或不等距离布设，若过水断面和水流对称，则测线应对称布设。
- 5.5.2.4 测流断面水平线上测线数及间距应符合表 4 规定。

表 4 测流断面水平线上测线数及间距表

L/m	N	a	b	c	d	e	f	g	h
<0.5	3	L/8	3a						
0.5~0.8	3	L/10	4a						
	4	L/15	4a	5a					
0.8~1.8	4	L/13	3a	5a					
	5	L/18	3a	5a					
	6	L/23	3a	5a	7a				

表 4 测流断面水平线上测线数及间距表 (续)

$L/m$	$N$	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$	$h$
1.8~3.5	6	$L/21$	$2a$	$4a$	$5a$				
	7	$L/28$	$2a$	$4a$	$7a$				
	8	$L/35$	$2a$	$4a$	$7a$	$7a$			
3.5~5.5	8	$L/34$	$3a$	$4a$	$6a$	$6a$			
	9	$L/40$	$3a$	$4a$	$6a$	$6a$			
	10	$L/46$	$3a$	$4a$	$6a$	$6a$	$6a$		
5.5~8.0	10	$L/44$	$2a$	$3a$	$5a$	$7a$	$8a$		
	11	$L/52$	$2a$	$3a$	$5a$	$7a$	$8a$		
	12	$L/60$	$2a$	$3a$	$5a$	$7a$	$8a$	$8a$	
8.0~11.0	12	$L/57$	$3a$	$4a$	$5a$	$5a$	$7a$	$7a$	
	13	$L/64$	$3a$	$4a$	$5a$	$5a$	$7a$	$7a$	
	14	$L/71$	$3a$	$4a$	$5a$	$5a$	$7a$	$7a$	$7a$
11.0~14.0	13	$L/70$	$3a$	$4a$	$6a$	$7a$	$7a$	$7a$	
	14	$L/77$	$3a$	$4a$	$6a$	$7a$	$7a$	$7a$	$7a$
	15	$L/84$	$3a$	$4a$	$6a$	$7a$	$7a$	$7a$	$7a$

注： $L$  为水面宽度，m； $N$  为测线数，条； $a\sim h$  为测线间距，m。

## 5.6 数据采集和流量计算

5.6.1 流速仪输出信号应进行计算机同步采集，单次测量采集时间不应少于 120s，且采集脉冲数不少于 600 个，累计采集不应少于 5 次。

5.6.2 流量计算应由测量系统根据仪器参数、测点和测线数量、断面参数、实测转数和测量时间等计算得出。

5.6.3 流量计算见附录 B。

5.6.4 流量采集信息系统功能和要求见附录 C。

## 5.7 标准断面选择及维护

5.7.1 标准断面选择应符合下列条件：

- 断面规则、渠床稳定坚固。
- 标准断面顺直段无冲刷或淤积。
- 上游顺直段长度大于被测断面最大水深的 20 倍。

5.7.2 标准断面处水流应稳定，断面上、下游不应有影响水流的建筑物、树木或杂草等杂物干扰。

5.7.3 标准断面在建筑物下游时，不应受建筑物泄流的影响。

## 5.8 断面测量

### 5.8.1 断面宽度测量

断面宽度（水面宽度）宜采用钢卷尺、测距仪等仪器进行测量，并取多次测量平均值为测量结

T/CIDA 0014—2022

果，测量方法应符合 GB/T 21303 的规定。

### 5.8.2 断面水深测量

断面水深宜采用测深杆、水准仪、水位计等仪器进行测量，并取多次测量平均值为测量结果，测量方法应符合 GB/T 21303 的规定。

附录 A  
(资料性)  
明渠主要量水设施

### A.1 渠系建筑物量水

#### A.1.1 闸涵量水

在放水闸门或涵管处适当位置安设水尺并测得相应水位，根据涵闸的不同类型和水流形态，选择适当的流量计算公式，通过读取水位，获得流量值。过闸水流可采用宽顶堰流量公式 (A.1) 计算，其中  $\varphi$  为堰的流量系数，应按式 (A.2) 计算。

$$Q = \varphi \eta \sqrt{1 - \eta} B \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \zeta}} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- $Q$ ——宽顶堰过水流量， $m^3/s$ ；
- $\eta$ ——最高水位与最低水位之比，%；
- $B$ ——上游渠道宽度， $m$ ；
- $H_0$ ——堰顶算起的闸前水深， $m$ ；
- $\alpha$ ——断面动能修正系数；
- $\zeta$ ——局部水头损失系数。

#### A.1.2 渡槽量水

在渡槽规则断面和水力条件稳定的情况下，采用堰流公式 (A.3)，通过读取水位值，获得流量值。

$$Q = \theta b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

- $Q$ ——宽顶堰过水流量， $m^3/s$ ；
- $\theta$ ——堰流量系数；
- $b$ ——断面宽度， $m$ ；
- $H$ ——堰顶全水头， $m$ 。

#### A.1.3 虹吸量水

利用虹吸管道结构，在上下游相应位置安设水尺，当水尺零点与进口底缘相平时，通过读取上下游水位，计算水位差，采用流量水位关系公式 (A.4)，获得流量值。

$$Q = f(H_0) \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

- $Q$ ——宽顶堰过水流量， $m^3/s$ ；
- $H_0$ ——水尺所测水位， $m$ 。

#### A.1.4 跌水（或陡坡）量水

在落差建筑物上游安设水尺，且当水尺零点与跌水底坎相平时，读取的水位值与上游水头值相等，通过流量水头关系公式 (A.5) 获得流量值。当考虑到下游水位淹没作用时，可以在式 (A.5)

中乘以淹没系数  $\sigma_s$  和侧收缩系数  $\epsilon_1$ ，流量  $Q$  则按式 (A.6) 计算。

$$Q = \theta b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.5)$$

$$Q = \sigma_s \epsilon_1 \theta n b' \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

$Q$ ——建筑物过水流量， $m^3/s$ ；

$\theta$ ——堰流量系数；

$b$ ——断面宽度， $m$ ；

$H$ ——堰顶全水头， $m$ ；

$n$ ——闸孔孔数；

$b'$ ——闸孔净宽， $m$ 。

## A.2 堰槽量水

**A.2.1 量水堰**主要包括三角形薄壁堰、矩形薄壁堰和梯形薄壁堰等，测流原理是通过读取堰上水头，根据流量和堰上水头关系公式获得流量值。直角三角形薄壁堰流量  $Q$  应按式 (A.7) 进行计算，当  $H > 0.25m$  时，可按式 (A.8) 计算流量值。矩形薄壁堰流量  $Q$  按式 (A.9) 计算，其中行进流速影响的流量系数公式按式 (A.10) 计算。坡度为  $45^\circ$  的等腰梯形薄壁堰流量  $Q$  看作一个矩形薄壁堰与一个直角三角形薄壁堰流量之和，按式 (A.11) 计算。

$$Q = C_0 H^{\frac{5}{2}} \dots\dots\dots (A.7)$$

$$Q = 1.343 H^{2.47} \dots\dots\dots (A.8)$$

$$Q = \theta b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.9)$$

$$\theta = 0.403 + 0.053 \frac{H_1}{P_1} + \frac{0.007}{H_1} \dots\dots\dots (A.10)$$

$$Q = C_0 H^{\frac{5}{2}} + \theta b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.11)$$

式中：

$Q$ ——宽顶堰过水流量， $m^3/s$ ；

$C_0$ ——直角三角形薄壁堰的流量系数，一般取 1.4；

$\theta$ ——矩形薄壁堰的流量系数；

$H$ ——堰顶全水头， $m$ ；

$H_1$ ——堰上水头， $m$ ；

$P_1$ ——上游堰高， $m$ 。

## A.2.2 量水槽量水

量水槽结构形式主要有巴歇尔量水槽、矩形无喉道量水槽、长喉道量水槽等，其测流原理是在规定结构形式和结构尺寸的槽形过水断面安设水尺，通过读取量水槽过流断面水位，采用相应的流量水位关系公式，获得流量值。巴歇尔量水槽流量  $Q$  按式 (A.12) 计算；矩形无喉道量水槽流量  $Q$  按式 (A.13) 计算；长喉道量水槽流量  $Q$  按式 (A.14) 计算。不同类型、不同喉道宽度的巴歇尔量水槽参数可参考表 A.1。

$$Q = Ch_a^n \dots\dots\dots (A.12)$$

$$Q = K_1 W^{1.025} h^{n_1} \dots\dots\dots (A.13)$$

$$Q = \frac{2}{3} \left( \frac{2}{3} g \right)^{\frac{1}{2}} b_c H_1^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.14)$$



式中：

$Q$ ——量水槽过水流量， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$C$ ——流量系数；

$h_a$ ——实测水头， $\text{m}$ ；

$n$ ——指数，具体参数详情见表 5；

$K_1$ ——自由流动时的槽长系数；

$W$ ——喉部宽度， $\text{m}$ ；

$h$ ——上游水深， $\text{m}$ ；

$n_1$ ——自由流动指数；

$b_c$ ——渠道宽度， $\text{m}$ ；

$H_1$ ——堰上水头， $\text{m}$ 。

表 A.1 巴歇尔槽参数表

类别	序号	喉道宽度 $b/\text{m}$	流量公式 $Q=Ch_a^n/(\text{L/s})$	水位范围 $h/\text{m}$		流量范围		临界淹没度 /%
				最小	最大	最小	最大	
小型	1	0.025	$60.4h_a^{1.55}$	0.015	0.21	0.09	5.4	0.5
	2	0.051	$120.7h_a^{1.55}$	0.015	0.24	0.18	13.2	0.5
	3	0.076	$177.1h_a^{1.55}$	0.03	0.33	0.77	32.1	0.5
	4	0.152	$381.2h_a^{1.54}$	0.03	0.45	1.50	111.0	0.6
	5	0.228	$535.4h_a^{1.53}$	0.03	0.60	2.50	251.0	0.6
标准型	6	0.25	$561h_a^{1.513}$	0.03	0.60	3.0	250	0.6
	7	0.30	$679h_a^{1.521}$	0.03	0.75	3.5	400	0.6
	8	0.45	$1038h_a^{1.537}$	0.03	0.75	4.5	630	0.6
	9	0.60	$1403h_a^{1.548}$	0.05	0.75	12.5	850	0.6
	10	0.75	$1772h_a^{1.557}$	0.06	0.75	25.0	1100	0.6

### A.3 标准断面量水

断面规则、渠床稳定坚固且无冲刷或淤积的渠段，选择上游顺直段长度大于最大水深 20 倍的断面，利用流速仪测定不同水位相应的流量，绘制水位流量关系曲线，并定期进行校核与修正。

### A.4 设备型量水

#### A.4.1 水位计量水

水位计主要包括静压式水位计、浮子式水位计、磁致伸缩水位计、雷达水位计、超声波水位计等，水位计应与满足水力学条件的水工结构匹配，采用特定流量水位关系公式（A.15），通过读取水位值，获得流量值。

$$Q = f(H_0) \dots\dots\dots (\text{A.15})$$

式中：

$Q$ ——实测过水流量， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$H_0$ ——实测过水断面水位， $\text{m}$ 。

#### A.4.2 明渠流量计量水

明渠流量计量水主要设备包括明渠超声波流量计、明渠电磁流量计、多普勒流量计、雷达流量计及智能明渠量水器等，原理是流速面积法以及水位流量关系法。流速面积法即断面平均流速与断面面积乘积的方法，流量公式按式（A.16）。水位流量关系法为在满足水力学条件的情况下，流量是与流量计内部水位计率定系数的相关函数，流量  $Q$  按式（A.17）计算。

$$Q = Av \dots\dots\dots (A.16)$$

式中：

$Q$ ——实测过水流量， $m^3/s$ ；

$v$ ——测流断面平均流速， $m/s$ ；

$A$ ——测流断面面积， $m^2$ 。

$$Q = f(H_0) \dots\dots\dots (A.17)$$

式中：

$Q$ ——实测过水流量， $m^3/s$ ；

$H_0$ ——实测过水断面水位， $m$ 。

#### A.4.3 流速仪量水

选定测流断面和规定测点位置，通过读取流速仪在水流中的旋桨转数和时间，计算测点水流速度，并通过若干点流速计算得到过流断面平均流速，乘以断面面积，得到流量值。

#### A.5 测控一体化闸门量水

测控一体化闸门可实现闸门控制、流量计量、设备供电、无线通信和数据传输等多种功能集成，根据结构形式不同，主要有堰槽式、箱涵式、管涵式等测控一体化闸门。不同形式的测控一体化闸门根据不同的流量测量模型，实现流量计量。

## 附录 B

(资料性)

## 框架式流速仪法流量计算方法

## B.1 框架式流速仪法流量计算

框架式流速仪法流量计算方法包括点流速计算、垂线平均流速计算、单宽流速计算、断面面积计算和流量计算。框架式流速仪现场布置示意及安装实例如图 B.1 和图 B.2 所示。

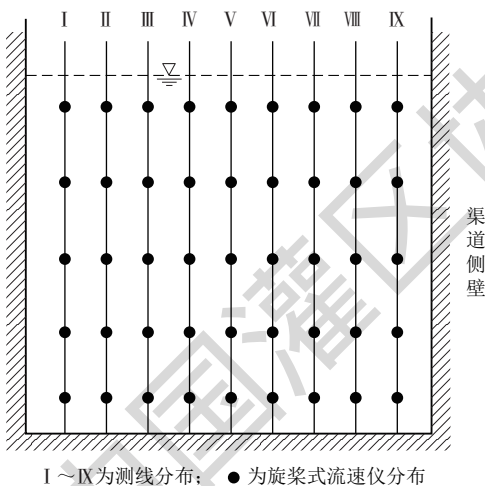


图 B.1 框架式流速仪现场布置示意图



图 B.2 现场流量测试流速仪安装实景

## B.2 点流速计算

点流速应按式 (B.1) 计算:

$$v_i = K \times \frac{N}{T} + C \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$v_i$ ——水流测点流速, m/s;

$K$ ——流速仪倍常数, m/r;

$N$ ——测速时段旋桨的总转数;

$T$ ——测速时段历时, s;

$C$ ——流速仪摩阻系数, m/s。

## B.3 垂线平均流速计算

B.3.1 垂直测线布置不宜少于 3 个测点, 采用三点法、五点法和积分法推求垂线平均流速。

B.3.2 三点法按式 (B.2) 计算:

$$v_m = \frac{1}{4}(v_{0.2} + 2v_{0.6} + v_{0.8}) \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

$v_m$ ——测线平均流速, m/s;

$v_{0.2}$ ——0.2 倍水深处的测点流速, m/s;

$v_{0.6}$ ——0.6 倍水深处的测点流速, m/s;

$v_{0.8}$ ——0.8 倍水深处的测点流速，m/s。

**B.3.3** 五点法按式 (B.3) 计算：

$$v_m = \frac{1}{10}(v_{\text{水面}} + 3v_{0.2} + 3v_{0.6} + 2v_{0.8} + v_{\text{渠底}}) \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- $v_m$ ——测线平均流速，m/s；
- $v_{\text{水面}}$ ——水面附近的测点流速，m/s；
- $v_{0.2}$ ——0.2 倍水深处的测点流速，m/s；
- $v_{0.6}$ ——0.6 倍水深处的测点流速，m/s；
- $v_{0.8}$ ——0.8 倍水深处的测点流速，m/s；
- $v_{\text{渠底}}$ ——渠底附近的测点流速，m/s。

**B.3.4** 测线上测点超过五点，确定有限点流速后，采用最小二乘法原理，通过  $n$  次多项式逼近公式，由计算软件得到点流速函数，采用积分法按式 (B.4) 计算平均流速：

$$v_m = \int_0^H v_y dy \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

- $v_m$ ——测线平均流速，m/s；
- $v_y$ ——点流速函数，m/s；
- $dy$ ——测点间隔距离极值，m；
- $H$ ——测线水深，m。

**B.3.5** 边壁流速采用边壁流速系数法确定，按式 (B.5)、式 (B.6) 计算：

$$v_{0.1} = \alpha v_1 \dots\dots\dots (B.5)$$

$$v_{i,i+1} = \alpha v_{i+1} \dots\dots\dots (B.6)$$

式中：

- $v_{0.1}, v_{i,i+1}$ ——边壁流速，m/s；
- $\alpha$ ——明渠边壁流速系数，按表 B.1 的规定取值。
- $v_1, v_{i+1}$ ——靠近边壁的测线平均流速，m/s。

表 B.1 明渠边壁流速系数  $\alpha$  值

边壁情况		$\alpha$ 值
斜坡边坡		0.83~0.91
陡峭边壁	粗糙	0.85
	光滑	0.90

注：明渠边壁的流速系数  $\alpha$  值参照 SL 548。

**B.4 单宽流量计算**

单宽流量按式 (B.7) 计算：

$$q_i = v_{mi} h_i \dots\dots\dots (B.7)$$

式中：

- $q_i$ ——单宽流量， $m^2/s$ ；
- $v_{mi}$ ——测线平均流速，m/s；
- $h_i$ ——垂线水深，m。

确定有限单宽值后，采用最小二乘法原理，通过  $n$  次多项式逼近公式，由计算软件拟合单宽流

量曲线。

## B.5 断面流量计算

**B.5.1** 测线上测点不大于 5 点，采用求和法按式 (B.8) 计算：

$$Q = v_{0.1} A_{i-1} + \sum (A_{i,i+1} v_{i,i+1}) + v_{i,i+1} A_{i+1} \dots \dots \dots (B.8)$$

式中：

$Q$ ——过流断面流量， $m^3/s$ ；

$A_{i-1,i}$ ——第  $i-1$  和第  $i$  条两条垂线间的面积， $m^2$ ；

$v_{i-1,i}$ ——第  $i-1$  和  $i$  两条垂线间断面平均流速， $m/s$ 。

**B.5.2** 测线上测点大于 5 点，采用积分法按式 (B.9) 计算：

$$Q = \int_0^B q(x) dx \dots \dots \dots (B.9)$$

式中：

$Q$ ——过流断面流量， $m^3/s$ ；

$q(x)$ ——单宽流量函数， $m^2/s$ ；

$dx$ ——测线间隔距离极值， $m$ ；

$B$ ——测流断面水面宽度， $m$ 。

## 附录 C

(资料性)

### 框架式流速仪法流量采集信息系统功能和要求

#### C.1 系统软件平台环境

基于框架式流速仪法流量测试成果，数据库的数据结构定义，系统软件宜包括渠道测流和管理所需要的全部数据项。

#### C.2 系统功能和要求

C.2.1 以文字或表格形式显示工程基本信息，以文字、表格或图片形式显示工程地理位置。

C.2.2 水位流速关系、水位过水面积关系、水位流量关系软件以报表形式显示各测点当前水位、流速及面积，并绘制水位流速关系曲线、水位过水面积关系曲线、水位流量关系曲线及提供标准断面流速测点分布图及流速分布图等。

C.2.3 提供标准断面流速测点分布图及流速分布图。

C.2.4 以报表形式快速完成测流成果的汇总及流量测试不确定度评定。

C.2.5 系统可自动增加及修改量测断面及测点相关内容，人工输入标准断面等实体的相关属性数据。







## D.4 比测结果及数据误差分析表

根据比对方法和步骤，将比测结果和数据误差填入比测结果及数据误差分析表 D.4。

表 D.4 比测结果及数据误差分析表

工程名称		测量时间						
工况	序号	测量量水设施的实测流量值 $/(m^3/s)$	测量量水设施的实测流量平均值 $/(m^3/s)$	框架式流速仪法的实测流量值 $/(m^3/s)$	框架式流速仪法的实测流量平均值 $/(m^3/s)$	绝对偏差 $/(m^3/s)$	相对偏差 $\%$	备注
工况 1	1							
	2							
	3							
	4							
	...							
工况 2	1							
	2							
	3							
	4							
	...							
工况 3	1							
	2							
	3							
	4							
	...							
...	1							
	2							
	3							
	4							
	...							
分析：								

参 考 文 献

- [1] SL 548 泵站现场测试与安全检测规程 [S].
-

# 中国灌区协会团体标准发布公告

2022 年第 03 号（总第 10 号）

根据《中国灌区协会团体标准管理办法》规定，经中国灌区协会第六届会长办公会第十六次会议表决通过，现发布以下标准：

序号	标准名称	标准编号	发布日期	实施日期
1	明渠雷达流量计在线测量技术规程	T/CIDA 0013—2022	2022.9.1	2022.12.1
2	明渠实流法流量比对现场检测规程	T/CIDA 0014—2022	2022.9.1	2022.12.1

现予公告。

中国灌区协会

2022 年 9 月 1 日

中国灌区协会

中国灌区协会

中国灌区协会

中国灌区协会

## 目 次

前言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语与定义 .....	1
4 明渠流量现场比对技术要求 .....	2
4.1 一般规定 .....	2
4.2 比对条件 .....	2
4.3 比对方法 .....	3
4.4 比对步骤 .....	3
5 框架式流速仪法测流技术要求 .....	3
5.1 一般规定 .....	3
5.2 流速仪及框架 .....	4
5.3 流速仪主要技术指标 .....	5
5.4 流速仪的检定/校准要求 .....	5
5.5 框架式流速仪布置 .....	5
5.6 数据采集和流量计算 .....	7
5.7 标准断面选择及维护 .....	7
5.8 断面测量 .....	7
附录 A (资料性) 明渠主要量水设施 .....	9
A.1 渠系建筑物量水 .....	9
A.2 堰槽量水 .....	10
A.3 标准断面量水 .....	11
A.4 设备型量水 .....	11
A.5 测控一体化闸门量水 .....	12
附录 B (资料性) 框架式流速仪法流量计算方法 .....	13
B.1 框架式流速仪法流量计算 .....	13
B.2 点流速计算 .....	13
B.3 垂线平均流速计算 .....	13
B.4 单宽流量计算 .....	14
B.5 断面流量计算 .....	15
附录 C (资料性) 框架式流速仪法流量采集信息系统功能和要求 .....	16
C.1 系统软件平台环境 .....	16
C.2 系统功能和要求 .....	16
附录 D (资料性) 明渠流量比对检测记录表 .....	17
D.1 流速仪率定系数对比表 .....	17
D.2 测流断面测量记录表 .....	18
D.3 量水设施测流数据记录表 .....	18
D.4 比测结果及数据误差分析表 .....	19
参考文献 .....	20

中国灌区协会

中国灌区协会

中国灌区协会

中国灌区协会

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规划》的规则起草。

本标准由中国灌区协会提出并归口。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准起草单位：山西泵站现场测试中心、中国灌溉排水发展中心、太原理工大学、运城市北赵引黄工程建设服务中心、湖北省漳河工程管理局、麦克传感器股份有限公司、山西水投防护技术有限公司。

本标准主要起草人：王竹青、谢崇宝、吴建华、卫伟、赵云亮、冯天权、曹晓乐、卫学文、赵颖、王逸凡、刘涛、王万虎、李辉、原野、崔敏、涂小强、柴子杰、耿建璞、张玉胜、成一雄、闫宏涛、赵文、潘杰、贾吴平、曹金康、王宝贺、吴鑫昊、张丽娜。

本标准为首次发布。

# 明渠实流法流量比对现场检测规程

## 1 范围

本标准规定了明渠流量现场比对的条件、方法和步骤及框架式流速仪测流等技术要求。  
本标准适用于输水明渠量水设施（设备）的流量现场比对检测。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 21303 灌溉渠道系统量水规范

## 3 术语与定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**明渠 open channel**

在地表开挖或填筑的具有自由水面的渠道。

### 3.2

**流量 discharge**

单位时间内通过河流、渠道或管道某一过水断面的水体体积。

### 3.3

**水位 water level**

渠道自由水面高出固定基面以上的高程。

### 3.4

**量水 water measurement**

确定通过某一已知断面的水体随时间变化的物理量的过程。

### 3.5

**量水设施 water-measuring device**

为准确量测流量而设置的量水建筑物或量水仪器、装置。

### 3.6

**测量断面 measuring section**

进行水深和流速测量的过流横断面。

### 3.7

**测流标准断面 standard section**

进行水深和流速测量的流态稳定、断面规则的顺直渠段。

### 3.8

**明渠量水 open channel water measurement**

通过在明渠安装和配置必要的量水设施，用以实现输送水量计量、输水能力验证以及渠道系统自动控制的量水过程。明渠主要量水设施见附录 A。

### 3.9

**现场检测 field test**

在设施设备安装和运行现场，对给定产品，按照规定程序为确定某一种或多种特性、进行处理或



提供服务所组成的技术操作。

### 3.10

#### 旋桨式流速仪 **propeller-type current meter**

以旋桨作为转子，绕着与水流方向平行的水平轴转动，其转速与周围水体流速成单值对应关系的流速测量仪器。

### 3.11

#### 框架式流速仪法 **frame-type current meter method**

根据明渠过流断面形状和流速，选用数量和技术指标符合规定的流速仪，以框架式结构安装并进行多点流速同步采集的现场测试方法。

### 3.12

#### 起动流速 **starting speed**

使旋桨开始连续转动的最低水流速度。

### 3.13

#### 流量系数 **discharge coefficient**

在流量公式中，表示实际流量与理论流量相联系的系数。

### 3.14

#### 比对 **comparison**

在规定条件下，对相同准确度等级或指定不确定度范围的同种测量仪器复现的量值之间比较的过程。

### 3.15

#### 准确度等级 **accuracy class**

在规定的工作条件下，符合规定的计量要求，使测量误差或仪器不确定度保持在规定极限内的测量仪器或测量系统的等别或级别。

### 3.16

#### 最大允许测量误差 **maximum permissible measurement error**

对给定的测量、测量仪器或测量系统，由规范或规程所允许的，相对于已知参考量值的测量误差的极限值。

### 3.17

#### 全线相对均方差 **relative mean square deviation of the whole line**

旋桨式流速仪在全速度级的测流结果与检定车速度的相对误差的均方根值。

## 4 明渠流量现场比对技术要求

### 4.1 一般规定

4.1.1 明渠流量现场比流速仪精度应高于被比测对象。

4.1.2 应由具备相应检测资质的水利质量检测单位进行明渠流量现场比对。

4.1.3 明渠流量现场比对断面应满足标准断面要求。

4.1.4 在明渠现场进行流量比对检测时应将检测结果与量水设施同步测量结果进行比对。

### 4.2 比对条件

4.2.1 比对应选择在安装量水设施且没有分流和流量损失的同一流量输送系统开展，实流法测流现场比对应同步进行，工况稳定。

4.2.2 实际运行条件下，仪表类量水设施测量不确定度不应大于 5%（95%置信水平），渠系建筑物

量水设施测量不确定度不应大于 10%（95%置信水平），其他量水设施测量不确定度不应大于 8%（95%置信水平），流量比对测量不确定度不宜大于 3.5%（95%置信水平）。

4.2.3 被比对量水设施技术性能应满足相关规范要求。

### 4.3 比对方法

4.3.1 明渠实流法流量比对现场检测宜采用框架式流速仪法。

4.3.2 比对所用流速仪及框架应符合 5.2 和 5.3 的规定。

4.3.3 框架式流速仪布置应符合 5.5 的规定。

4.3.4 比对流量计算应符合 5.5 的规定，计算方法见附录 B。

### 4.4 比对步骤

4.4.1 选择适宜的标准断面和流速仪。

4.4.2 在满足安全条件下，进行流速仪的安装和调试。

4.4.3 根据被比对量水设施的使用范围和实际运行条件，确定比对测量工况，测量工况不宜少于 3 个，每个工况重复测量次数不应少于 5 次，取多次测量平均值为测量结果。

4.4.4 同一工况，断面水深重复测量最大值与最小值之间的极限误差不应大于 1.6%。

4.4.5 不同工况下流量比对示值相对误差应按式（1）计算：

$$\delta_Q = \frac{\overline{Q}_{量} - \overline{Q}_{比}}{\overline{Q}_{比}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\delta_Q$ ——量水设施示值误差，%；

$\overline{Q}_{量}$ ——明渠量水设施比对时段测得的流量平均值， $m^3/s$ ；

$\overline{Q}_{比}$ ——框架式流速仪法比对时段测得的流量平均值， $m^3/s$ 。

4.4.6 选取各工况点最大相对误差的绝对值作为该量水设施的实测比对流量示值误差。

## 5 框架式流速仪法测流技术要求

### 5.1 一般规定

5.1.1 安装流速仪的框架应具有足够的刚度和强度，不应有变形和振动，流速仪轴线与测量断面法线的夹角不应大于  $5^\circ$ 。

5.1.2 流速仪精度应满足流量测量精度要求，经法定计量部门检定合格，并在有效使用期限内。

5.1.3 框架式流速仪法的测线和测点数目应根据被测渠道断面形状、流速和面积等综合确定；流速仪布置应符合流速分布规律，可体现流速变化且不壅水；测点数量应适宜。

5.1.4 框架式流速仪法的框架及流速仪与被测渠道断面面积之比不应大于 6%；小于 2% 时，可不考虑阻塞影响；为 2%~6% 时，阻塞效应修正系数应按式（2）计算：

$$K = \frac{0.25S}{3} \% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$K$ ——修正系数；

$S$ ——阻塞的面积比，即框架及流速仪旋桨面积与过流断面面积之比，%。

5.1.5 标准断面或测量断面应满足 5.7 的规定。

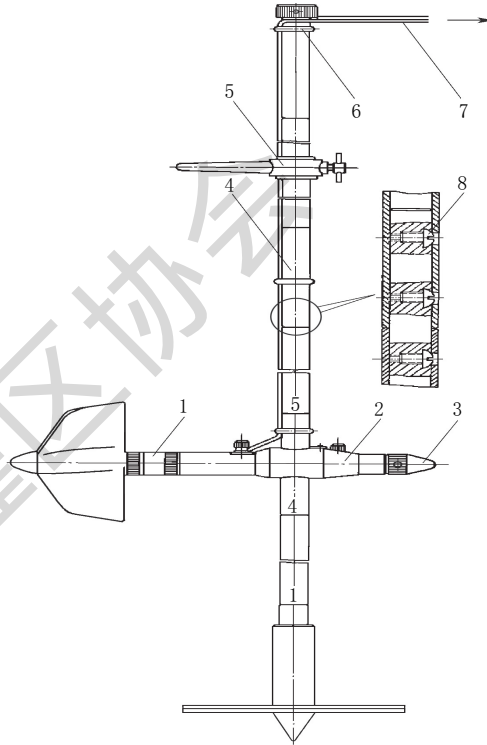
5.1.6 框架式流速仪法宜采用流量采集信息系统进行参数设置、同步采集和流量计算。

5.1.7 根据断面宽度、水深、流速，选用不同规格的流速仪，旋桨直径、流速范围等技术指标应满

足安装布置要求。

## 5.2 流速仪及框架

5.2.1 采用测杆安装的旋桨式流速仪应包括旋桨、身架和测杆等部分，适用于较高流速较大断面使用。框架安装的旋桨式流速仪结构示意图如图 1 所示。



标引序号说明：

1—旋桨；2—身架；3—锥头螺钉；4—测杆（CG20 型）；5—指针；6—橡胶圈；  
7—导线；8—半圆头螺钉（M5×8Q）

图 1 框架安装的旋桨式流速仪结构示意图

5.2.2 微型旋桨式流速仪的主要部件是光纤流速旋桨传感器，适用于低流速小断面使用。

5.2.3 流速仪框架由横向连接系和纵向测杆组成，具备相应的强度和刚度，投入水中可以保持稳定状态，与流速仪可以实现快速组装和拆卸。框架式流速仪法测线及流速仪分布示意图如图 2 所示。

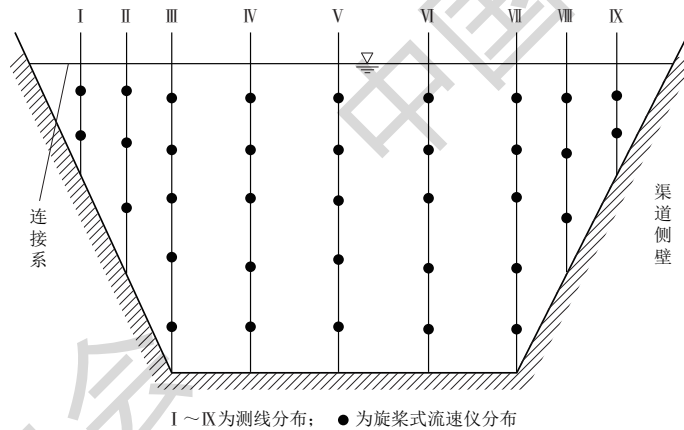


图 2 框架式流速仪法测线及流速仪分布示意图

### 5.3 流速仪主要技术指标

流速仪主要技术指标有旋转回转直径、起动流速、测速范围、最小工作水深及触点容量等，常用流速仪规格型号和主要技术指标应符合表 1 规定。

表 1 常用流速仪规格型号和主要技术指标

型 号	LS25 - 3A 型	LS1206B 型	LS300A 型
旋转回转直径/mm	$\phi 120$	$\phi 60$	$\phi 12$ 、 $\phi 15$
起动流速/(m/s)	$v_0 \leq 0.04$	$v_0 \leq 0.05$	$v_0 \leq 0.01$
测速范围/(m/s)	0.04~10	0.05~7	0.01~4
最小工作水深/m	$H \geq 0.16$	$H \geq 0.10$	$H \geq 0.05$
触点容量	$I \leq 300\text{mA}$ ， $U \leq 4.5\text{V}$	$I \leq 300\text{mA}$ ， $U \leq 4.5\text{V}$	无触点

### 5.4 流速仪的检定/校准要求

#### 5.4.1 检定/校准机构

流速仪应经法定计量检定部门检定/校准。

#### 5.4.2 检定/校准结果

经检定/校准合格的流速仪，其检定结果应包括检定公式、使用范围、水力螺距、仪器常数等内容。

#### 5.4.3 检定/校准误差要求

针对比对项目的重要程度不同，框架式流速仪法应选用不同精度等级的流速仪，检定/校准误差需与精度等级相对应。流速仪速度级分段及其相对误差要求应符合表 2 规定。

表 2 流速仪速度级分段及其相对误差要求

准确度等级	速度 ( $v$ ) 级分段/(m/s)			
	$v_0 \leq v < 0.5$	$0.5 \leq v < 1.5$	$1.5 \leq v < 3.5$	$v \geq 3.5$
1 级	0.95%	0.70%	0.50%	0.35%
2 级	1.25%	0.95%	0.70%	0.50%
3 级	1.55%	1.20%	0.90%	0.65%

注： $v_0$  为起动流速。

#### 5.4.4 检定/校准周期

流速仪的检定周期不宜超过 1 年或累计使用 300h。

### 5.5 框架式流速仪布置

#### 5.5.1 测点布置

##### 5.5.1.1 框架式流速仪法测点采用多线多点布置。

5.5.1.2 一条垂线上相邻两测点的最小间距不应小于流速仪旋桨的直径。

5.5.1.3 测量水面流速时，流速仪转子部分不应露出水面，上边缘应置于水面 0.05 m 以下。

5.5.1.4 测量渠底流速时，流速仪应布置于 0.9 倍水深以下，同时流速仪旋转部分的边缘距离渠底宜为 0.02~0.05m。

5.5.1.5 流速仪垂线流速测点的分布位置应符合表 3 和图 3 的规定。

表 3 垂线流速测点的分布位置

测点数	相对水深
三点法	0.2、0.6、0.8
五点法	水面、0.2、0.6、0.8、渠底
积分法	水面、渠底、中间测点按水深均匀分布

注：相对水深为仪器入水深度与垂线水深之比。

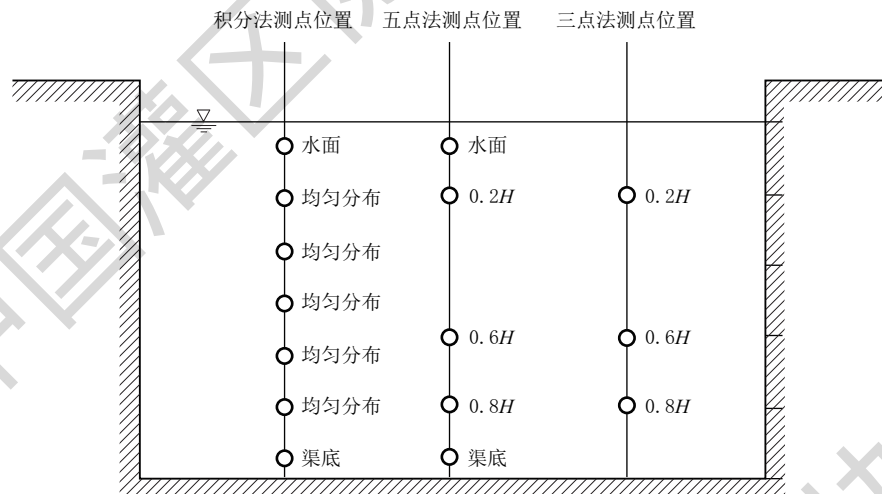


图 3 垂线流速测点的分布位置示意图

5.5.2 测线布置

5.5.2.1 测流断面上测深、测速的测线数目和位置，应满足过水断面和平均流速测量精度的要求。

5.5.2.2 任意两条测线的间距不应大于渠道水面宽的 1/5。

5.5.2.3 测线可等距离或不等距离布设，若过水断面和水流对称，则测线应对称布设。

5.5.2.4 测流断面水平线上测线数及间距应符合表 4 规定。

表 4 测流断面水平线上测线数及间距表

L/m	N	a	b	c	d	e	f	g	h
<0.5	3	L/8	3a						
0.5~0.8	3	L/10	4a						
	4	L/15	4a	5a					
0.8~1.8	4	L/13	3a	5a					
	5	L/18	3a	5a					
	6	L/23	3a	5a	7a				

表 4 测流断面水平线上测线数及间距表 (续)

$L/m$	$N$	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$	$h$
1.8~3.5	6	$L/21$	$2a$	$4a$	$5a$				
	7	$L/28$	$2a$	$4a$	$7a$				
	8	$L/35$	$2a$	$4a$	$7a$	$7a$			
3.5~5.5	8	$L/34$	$3a$	$4a$	$6a$	$6a$			
	9	$L/40$	$3a$	$4a$	$6a$	$6a$			
	10	$L/46$	$3a$	$4a$	$6a$	$6a$	$6a$		
5.5~8.0	10	$L/44$	$2a$	$3a$	$5a$	$7a$	$8a$		
	11	$L/52$	$2a$	$3a$	$5a$	$7a$	$8a$		
	12	$L/60$	$2a$	$3a$	$5a$	$7a$	$8a$	$8a$	
8.0~11.0	12	$L/57$	$3a$	$4a$	$5a$	$5a$	$7a$	$7a$	
	13	$L/64$	$3a$	$4a$	$5a$	$5a$	$7a$	$7a$	
	14	$L/71$	$3a$	$4a$	$5a$	$5a$	$7a$	$7a$	$7a$
11.0~14.0	13	$L/70$	$3a$	$4a$	$6a$	$7a$	$7a$	$7a$	
	14	$L/77$	$3a$	$4a$	$6a$	$7a$	$7a$	$7a$	$7a$
	15	$L/84$	$3a$	$4a$	$6a$	$7a$	$7a$	$7a$	$7a$

注： $L$  为水面宽度，m； $N$  为测线数，条； $a\sim h$  为测线间距，m。

## 5.6 数据采集和流量计算

5.6.1 流速仪输出信号应进行计算机同步采集，单次测量采集时间不应少于 120s，且采集脉冲数不少于 600 个，累计采集不应少于 5 次。

5.6.2 流量计算应由测量系统根据仪器参数、测点和测线数量、断面参数、实测转数和测量时间等计算得出。

5.6.3 流量计算见附录 B。

5.6.4 流量采集信息系统功能和要求见附录 C。

## 5.7 标准断面选择及维护

5.7.1 标准断面选择应符合下列条件：

- 断面规则、渠床稳定坚固。
- 标准断面顺直段无冲刷或淤积。
- 上游顺直段长度大于被测断面最大水深的 20 倍。

5.7.2 标准断面处水流应稳定，断面上、下游不应有影响水流的建筑物、树木或杂草等杂物干扰。

5.7.3 标准断面在建筑物下游时，不应受建筑物泄流的影响。

## 5.8 断面测量

### 5.8.1 断面宽度测量

断面宽度（水面宽度）宜采用钢卷尺、测距仪等仪器进行测量，并取多次测量平均值为测量结

T/CIDA 0014—2022

果，测量方法应符合 GB/T 21303 的规定。

### 5.8.2 断面水深测量

断面水深宜采用测深杆、水准仪、水位计等仪器进行测量，并取多次测量平均值为测量结果，测量方法应符合 GB/T 21303 的规定。

附录 A  
(资料性)  
明渠主要量水设施

### A.1 渠系建筑物量水

#### A.1.1 闸涵量水

在放水闸门或涵管处适当位置安设水尺并测得相应水位，根据涵闸的不同类型和水流形态，选择适当的流量计算公式，通过读取水位，获得流量值。过闸水流可采用宽顶堰流量公式 (A.1) 计算，其中  $\varphi$  为堰的流量系数，应按式 (A.2) 计算。

$$Q = \varphi \eta \sqrt{1 - \eta} B \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \zeta}} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- Q——宽顶堰过水流量， $m^3/s$ ；
- $\eta$ ——最高水位与最低水位之比，%；
- B——上游渠道宽度，m；
- $H_0$ ——堰顶算起的闸前水深，m；
- $\alpha$ ——断面动能修正系数；
- $\zeta$ ——局部水头损失系数。

#### A.1.2 渡槽量水

在渡槽规则断面和水力条件稳定的情况下，采用堰流公式 (A.3)，通过读取水位值，获得流量值。

$$Q = \theta b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

- Q——宽顶堰过水流量， $m^3/s$ ；
- $\theta$ ——堰流量系数；
- b——断面宽度，m；
- H——堰顶全水头，m。

#### A.1.3 虹吸量水

利用虹吸管道结构，在上下游相应位置安设水尺，当水尺零点与进口底缘相平时，通过读取上下游水位，计算水位差，采用流量水位关系公式 (A.4)，获得流量值。

$$Q = f(H_0) \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

- Q——宽顶堰过水流量， $m^3/s$ ；
- $H_0$ ——水尺所测水位，m。

#### A.1.4 跌水（或陡坡）量水

在落差建筑物上游安设水尺，且当水尺零点与跌水底坎相平时，读取的水位值与上游水头值相等，通过流量水头关系公式 (A.5) 获得流量值。当考虑到下游水位淹没作用时，可以在式 (A.5)



中乘以淹没系数  $\sigma_s$  和侧收缩系数  $\varepsilon_1$ ，流量  $Q$  则按式 (A.6) 计算。

$$Q = \theta b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.5)$$

$$Q = \sigma_s \varepsilon_1 \theta n b' \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

$Q$ ——建筑物过水流量， $m^3/s$ ；

$\theta$ ——堰流量系数；

$b$ ——断面宽度， $m$ ；

$H$ ——堰顶全水头， $m$ ；

$n$ ——闸孔孔数；

$b'$ ——闸孔净宽， $m$ 。

## A.2 堰槽量水

**A.2.1 量水堰**主要包括三角形薄壁堰、矩形薄壁堰和梯形薄壁堰等，测流原理是通过读取堰上水头，根据流量和堰上水头关系公式获得流量值。直角三角形薄壁堰流量  $Q$  应按式 (A.7) 进行计算，当  $H > 0.25m$  时，可按式 (A.8) 计算流量值。矩形薄壁堰流量  $Q$  按式 (A.9) 计算，其中行进流速影响的流量系数公式按式 (A.10) 计算。坡度为  $45^\circ$  的等腰梯形薄壁堰流量  $Q$  看作一个矩形薄壁堰与一个直角三角形薄壁堰流量之和，按式 (A.11) 计算。

$$Q = C_0 H^{\frac{5}{2}} \dots\dots\dots (A.7)$$

$$Q = 1.343 H^{2.47} \dots\dots\dots (A.8)$$

$$Q = \theta b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.9)$$

$$\theta = 0.403 + 0.053 \frac{H_1}{P_1} + \frac{0.007}{H_1} \dots\dots\dots (A.10)$$

$$Q = C_0 H^{\frac{5}{2}} + \theta b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.11)$$

式中：

$Q$ ——宽顶堰过水流量， $m^3/s$ ；

$C_0$ ——直角三角形薄壁堰的流量系数，一般取 1.4；

$\theta$ ——矩形薄壁堰的流量系数；

$H$ ——堰顶全水头， $m$ ；

$H_1$ ——堰上水头， $m$ ；

$P_1$ ——上游堰高， $m$ 。

## A.2.2 量水槽量水

量水槽结构形式主要有巴歇尔量水槽、矩形无喉道量水槽、长喉道量水槽等，其测流原理是在规定结构形式和结构尺寸的槽形过水断面安设水尺，通过读取量水槽过流断面水位，采用相应的流量水位关系公式，获得流量值。巴歇尔量水槽流量  $Q$  按式 (A.12) 计算；矩形无喉道量水槽流量  $Q$  按式 (A.13) 计算；长喉道量水槽流量  $Q$  按式 (A.14) 计算。不同类型、不同喉道宽度的巴歇尔量水槽参数可参考表 A.1。

$$Q = Ch_a^n \dots\dots\dots (A.12)$$

$$Q = K_1 W^{1.025} h^{n_1} \dots\dots\dots (A.13)$$

$$Q = \frac{2}{3} \left( \frac{2}{3} g \right)^{\frac{1}{2}} b_c H_1^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (A.14)$$

式中：

$Q$ ——量水槽过水流量， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$C$ ——流量系数；

$h_a$ ——实测水头， $\text{m}$ ；

$n$ ——指数，具体参数详情见表 5；

$K_1$ ——自由流动时的槽长系数；

$W$ ——喉部宽度， $\text{m}$ ；

$h$ ——上游水深， $\text{m}$ ；

$n_1$ ——自由流动指数；

$b_c$ ——渠道宽度， $\text{m}$ ；

$H_1$ ——堰上水头， $\text{m}$ 。

表 A.1 巴歇尔槽参数表

类别	序号	喉道宽度 $b/\text{m}$	流量公式 $Q=Ch_a^n/(L/\text{s})$	水位范围 $h/\text{m}$		流量范围		临界淹没度 /%
				最小	最大	最小	最大	
小型	1	0.025	$60.4h_a^{1.55}$	0.015	0.21	0.09	5.4	0.5
	2	0.051	$120.7h_a^{1.55}$	0.015	0.24	0.18	13.2	0.5
	3	0.076	$177.1h_a^{1.55}$	0.03	0.33	0.77	32.1	0.5
	4	0.152	$381.2h_a^{1.54}$	0.03	0.45	1.50	111.0	0.6
	5	0.228	$535.4h_a^{1.53}$	0.03	0.60	2.50	251.0	0.6
标准型	6	0.25	$561h_a^{1.513}$	0.03	0.60	3.0	250	0.6
	7	0.30	$679h_a^{1.521}$	0.03	0.75	3.5	400	0.6
	8	0.45	$1038h_a^{1.537}$	0.03	0.75	4.5	630	0.6
	9	0.60	$1403h_a^{1.548}$	0.05	0.75	12.5	850	0.6
	10	0.75	$1772h_a^{1.557}$	0.06	0.75	25.0	1100	0.6

### A.3 标准断面量水

断面规则、渠床稳定坚固且无冲刷或淤积的渠段，选择上游顺直段长度大于最大水深 20 倍的断面，利用流速仪测定不同水位相应的流量，绘制水位流量关系曲线，并定期进行校核与修正。

### A.4 设备型量水

#### A.4.1 水位计量水

水位计主要包括静压式水位计、浮子式水位计、磁致伸缩水位计、雷达水位计、超声波水位计等，水位计应与满足水力学条件的水工结构匹配，采用特定流量水位关系公式 (A.15)，通过读取水位值，获得流量值。

$$Q = f(H_0) \dots\dots\dots (A.15)$$

式中：

$Q$ ——实测过水流量， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$H_0$ ——实测过水断面水位， $\text{m}$ 。

#### A.4.2 明渠流量计量水

明渠流量计量水主要设备包括明渠超声波流量计、明渠电磁流量计、多普勒流量计、雷达流量计及智能明渠量水器等，原理是流速面积法以及水位流量关系法。流速面积法即断面平均流速与断面面积乘积的方法，流量公式按式（A.16）。水位流量关系法为在满足水力学条件的情况下，流量是与流量计内部水位计率定系数的相关函数，流量  $Q$  按式（A.17）计算。

$$Q = Av \dots\dots\dots (A.16)$$

式中：

$Q$ ——实测过水流量， $m^3/s$ ；

$v$ ——测流断面平均流速， $m/s$ ；

$A$ ——测流断面面积， $m^2$ 。

$$Q = f(H_0) \dots\dots\dots (A.17)$$

式中：

$Q$ ——实测过水流量， $m^3/s$ ；

$H_0$ ——实测过水断面水位， $m$ 。

#### A.4.3 流速仪量水

选定测流断面和规定测点位置，通过读取流速仪在水流中的旋桨转数和时间，计算测点水流速度，并通过若干点流速计算得到过流断面平均流速，乘以断面面积，得到流量值。

#### A.5 测控一体化闸门量水

测控一体化闸门可实现闸门控制、流量计量、设备供电、无线通信和数据传输等多种功能集成，根据结构形式不同，主要有堰槽式、箱涵式、管涵式等测控一体化闸门。不同形式的测控一体化闸门根据不同的流量测量模型，实现流量计量。

## 附录 B (资料性)

### 框架式流速仪法流量计算方法

#### B.1 框架式流速仪法流量计算

框架式流速仪法流量计算方法包括点流速计算、垂线平均流速计算、单宽流速计算、断面面积计算和流量计算。框架式流速仪现场布置示意及安装实例如图 B.1 和图 B.2 所示。

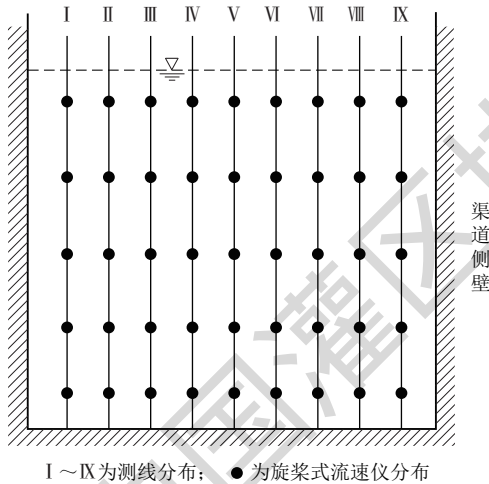


图 B.1 框架式流速仪现场布置示意图



图 B.2 现场流量测试流速仪安装实景

#### B.2 点流速计算

点流速应按式 (B.1) 计算：

$$v_i = K \times \frac{N}{T} + C \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- $v_i$ ——水流测点流速，m/s；
- $K$ ——流速仪倍常数，m/r；
- $N$ ——测速时段旋桨的总转数；
- $T$ ——测速时段历时，s；
- $C$ ——流速仪摩阻系数，m/s。

#### B.3 垂线平均流速计算

**B.3.1** 垂直测线布置不宜少于 3 个测点，采用三点法、五点法和积分法推求垂线平均流速。

**B.3.2** 三点法按式 (B.2) 计算：

$$v_m = \frac{1}{4}(v_{0.2} + 2v_{0.6} + v_{0.8}) \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- $v_m$ ——测线平均流速，m/s；
- $v_{0.2}$ ——0.2 倍水深处的测点流速，m/s；
- $v_{0.6}$ ——0.6 倍水深处的测点流速，m/s；

$v_{0.8}$ ——0.8 倍水深处的测点流速，m/s。

**B.3.3** 五点法按式 (B.3) 计算：

$$v_m = \frac{1}{10}(v_{\text{水面}} + 3v_{0.2} + 3v_{0.6} + 2v_{0.8} + v_{\text{渠底}}) \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- $v_m$ ——测线平均流速，m/s；
- $v_{\text{水面}}$ ——水面附近的测点流速，m/s；
- $v_{0.2}$ ——0.2 倍水深处的测点流速，m/s；
- $v_{0.6}$ ——0.6 倍水深处的测点流速，m/s；
- $v_{0.8}$ ——0.8 倍水深处的测点流速，m/s；
- $v_{\text{渠底}}$ ——渠底附近的测点流速，m/s。

**B.3.4** 测线上测点超过五点，确定有限点流速后，采用最小二乘法原理，通过  $n$  次多项式逼近公式，由计算软件得到点流速函数，采用积分法按式 (B.4) 计算平均流速：

$$v_m = \int_0^H v_y dy \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

- $v_m$ ——测线平均流速，m/s；
- $v_y$ ——点流速函数，m/s；
- $dy$ ——测点间隔距离极值，m；
- $H$ ——测线水深，m。

**B.3.5** 边壁流速采用边壁流速系数法确定，按式 (B.5)、式 (B.6) 计算：

$$v_{0.1} = \alpha v_1 \dots\dots\dots (B.5)$$

$$v_{i, i+1} = \alpha v_{i+1} \dots\dots\dots (B.6)$$

式中：

- $v_{0.1}, v_{i, i+1}$ ——边壁流速，m/s；
- $\alpha$ ——明渠边壁流速系数，按表 B.1 的规定取值。
- $v_1, v_{i+1}$ ——靠近边壁的测线平均流速，m/s。

表 B.1 明渠边壁流速系数  $\alpha$  值

边壁情况		$\alpha$ 值
斜坡边坡		0.83~0.91
陡峭边壁	粗糙	0.85
	光滑	0.90

注：明渠边壁的流速系数  $\alpha$  值参照 SL 548。

**B.4 单宽流量计算**

单宽流量按式 (B.7) 计算：

$$q_i = v_{mi} h_i \dots\dots\dots (B.7)$$

式中：

- $q_i$ ——单宽流量， $m^2/s$ ；
- $v_{mi}$ ——测线平均流速，m/s；
- $h_i$ ——垂线水深，m。

确定有限单宽值后，采用最小二乘法原理，通过  $n$  次多项式逼近公式，由计算软件拟合单宽流

量曲线。

### B.5 断面流量计算

**B.5.1** 测线上测点不大于 5 点，采用求和法按式 (B.8) 计算：

$$Q = v_{0,1}A_{i-1} + \sum(A_{i,i+1}v_{i,i+1}) + v_{i,i+1}A_{i+1} \dots\dots\dots (B.8)$$

式中：

$Q$ ——过流断面流量， $m^3/s$ ；

$A_{i-1,i}$ ——第  $i-1$  和第  $i$  条两条垂线间的面积， $m^2$ ；

$v_{i-1,i}$ ——第  $i-1$  和  $i$  两条垂线间断面平均流速， $m/s$ 。

**B.5.2** 测线上测点大于 5 点，采用积分法按式 (B.9) 计算：

$$Q = \int_0^B q(x) dx \dots\dots\dots (B.9)$$

式中：

$Q$ ——过流断面流量， $m^3/s$ ；

$q(x)$ ——单宽流量函数， $m^2/s$ ；

$dx$ ——测线间隔距离极值， $m$ ；

$B$ ——测流断面水面宽度， $m$ 。

## 附录 C

(资料性)

### 框架式流速仪法流量采集信息系统功能和要求

#### C.1 系统软件平台环境

基于框架式流速仪法流量测试成果，数据库的数据结构定义，系统软件宜包括渠道测流和管理所需要的全部数据项。

#### C.2 系统功能和要求

C.2.1 以文字或表格形式显示工程基本信息，以文字、表格或图片形式显示工程地理位置。

C.2.2 水位流速关系、水位过水面积关系、水位流量关系软件以报表形式显示各测点当前水位、流速及面积，并绘制水位流速关系曲线、水位过水面积关系曲线、水位流量关系曲线及提供标准断面流速测点分布图及流速分布图等。

C.2.3 提供标准断面流速测点分布图及流速分布图。

C.2.4 以报表形式快速完成测流成果的汇总及流量测试不确定度评定。

C.2.5 系统可自动增加及修改量测断面及测点相关内容，人工输入标准断面等实体的相关属性数据。





**D.2 测流断面测量记录表**

根据比对方法和步骤，将断面水深和测线间距测量值填入测流断面测量记录表 D.2。

**表 D.2 测流断面测量记录表**

工程名称： \_\_\_\_\_ 断面位置： \_\_\_\_\_ 环境温度： \_\_\_\_\_  
 仪表名称： \_\_\_\_\_ 仪表型号： \_\_\_\_\_ 仪表编号： \_\_\_\_\_ 仪表精度： \_\_\_\_\_

项目	编 号																	备注
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	测值/m																	
测线间距																		
水深																		
重要问题 记录	测前检查	被测对象																
		测试仪器																
	测后检查	被测对象																
		测试仪器																

测试： \_\_\_\_\_ 计算： \_\_\_\_\_ 校核： \_\_\_\_\_ 测试时间： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 时 \_\_\_\_\_ 分

**D.3 量水设施测流数据记录表**

根据比对方法，将量水设施累积流量和对应的测量历时测量值填入量水设施测流数据记录表 D.3。

**表 D.3 量水设施测流数据记录表**

检测部位： \_\_\_\_\_ 仪表名称： \_\_\_\_\_ 仪表型号： \_\_\_\_\_ 仪表编号： \_\_\_\_\_  
 仪表精度： \_\_\_\_\_ 水 温： \_\_\_\_\_ °C 现场温度： \_\_\_\_\_ °C

测试 序号	测试 时间	检 测 值															Q <sub>量</sub> 平均值 /(m <sup>3</sup> /s)	标准 偏差 /%	
		1			2			3			4			5					
		V /m <sup>3</sup>	T /s	Q <sub>量</sub> /(m <sup>3</sup> /s)	V /m <sup>3</sup>	T /s	Q <sub>量</sub> /(m <sup>3</sup> /s)	V /m <sup>3</sup>	T /s	Q <sub>量</sub> /(m <sup>3</sup> /s)	V /m <sup>3</sup>	T /s	Q <sub>量</sub> /(m <sup>3</sup> /s)	V /m <sup>3</sup>	T /s	Q <sub>量</sub> /(m <sup>3</sup> /s)			
重要问题 记录	测前检查	被测对象																	
		测试仪器																	
	测后检查	被测对象																	
		测试仪器																	

测试： \_\_\_\_\_ 计算： \_\_\_\_\_ 校核： \_\_\_\_\_ 测试时间： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

## D.4 比测结果及数据误差分析表

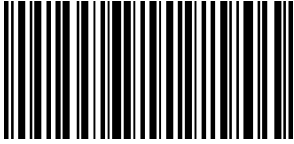
根据比对方法和步骤，将比测结果和数据误差填入比测结果及数据误差分析表 D.4。

表 D.4 比测结果及数据误差分析表

工程名称					测量时间			
工况	序号	测量量水设施的 实测流量值 /(m <sup>3</sup> /s)	测量量水设施的 实测流量 平均值 /(m <sup>3</sup> /s)	框架式流 速仪法的实测 流量值 /(m <sup>3</sup> /s)	框架式流 速仪法的实测 流量平均值 /(m <sup>3</sup> /s)	绝对偏差 /(m <sup>3</sup> /s)	相对偏差 /%	备注
工况 1	1							
	2							
	3							
	4							
	...							
工况 2	1							
	2							
	3							
	4							
	...							
工况 3	1							
	2							
	3							
	4							
	...							
...	1							
	2							
	3							
	4							
	...							
分析：								

参 考 文 献

- [1] SL 548 泵站现场测试与安全检测规程 [S].
-



155226 · 186

T/CIDA 0014—2022

中国灌区协会

中国灌区协会

中

团体标准

明渠实流法流量比对现场检测规程

T/CIDA 0014—2022

\*

中国水利水电出版社出版发行

(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)

网址: www.waterpub.com.cn

E-mail: sales@mwr.gov.cn

电话: (010) 68545888 (营销中心)

北京科水图书销售有限公司

电话: (010) 68545874、63202643

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

清淞永业(天津)印刷有限公司印刷

\*

210mm×297mm 16开本 1.75印张 54千字

2022年11月第1版 2022年11月第1次印刷

\*

书号 155226 · 186

定价 28.00 元

凡购买我社规程,如有缺页、倒页、脱页的,

本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

水利水电技术标准  
咨询服务中心



微信二维码,扫一扫  
信息更多、服务更快

销售分类: 农村水利/信息化

中国灌区协会