

团体标准

T/CIDA XXX—2021

明渠实流法流量比对现场检测规程

Field Test Regulations for Flow Rate in open channels

（征求意见稿）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国灌区协会 发布

目次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语与定义 1

4 明渠量水设施 3

 4.1 明渠量水 3

 4.2 明渠主要量水设施 3

 4.3 明渠量水设施测量误差 5

5 明渠现场流量比对 5

 5.1 比对要求 5

 5.2 比对条件 5

 5.3 比对方法 5

 5.4 比对结果处理 5

6 框架式流速仪法测流通用技术要求 6

 6.1 一般规定 6

 6.2 流速仪构成 6

 6.3 流速仪主要技术指标 8

 6.4 流速仪的检定要求 8

 6.5 框架式流速仪布置 9

 6.6 数据采集和流量计算 11

 6.7 标准断面或测量断面选择及维护 11

 6.8 面积测量 11

附录 A（资料性） 常用流速仪规格型号和技术指标 12

附录 B（资料性） 框架式流速仪法流量计算方法 13

附录 C（资料性） 框架式流速仪法测量系统功能和要求 17

图 1 框架安装的旋桨式流速仪结构示意图（不含尾翼） 7

图 2 框架安装的转轮式流速仪结构示意图 8

图 3 流速仪测点布置 9

表 1 流速仪速度级分段及其相对误差要求 8

表 2 垂线流速测点的分布位置 9

表 3 测流断面水平线上测线数目及间距表 10

表 B.1 明渠边壁的流速系数 α 值 14

前 言

本标准按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准由中国灌区协会提出并归口，其主要技术内容是：范围、规范性引用文件、术语与定义、明渠量水设施、明渠实流法比对、框架式流速仪法技术要求、流量计算方法等。

本标准起草单位：山西泵站现场测试中心、太原理工大学、运城市北赵引黄工程建设服务中心、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、吴建华、卫伟、冯天权、闫宏涛、卫文学、宋元胜、王万虎、李辉、原野、崔敏、涂小强、柴子杰、张玉胜、成一雄、曹晓乐、赵文。

明渠实流法流量比对现场检测规程

1 范围

为科学有效评价渠系输配水测流设施测量精度，规范开展明渠流量现场比对检测，实现流量精准计量，特制定本标准。

本标准适用于输水明渠量水设施的流量现场比对检测。

明渠流量现场比对检测除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

GB 50179 河流流量测验规范

GB/T21303 灌溉渠道系统量水规范

GB/T28714 取水计量技术导则

GB50288 灌溉与排水工程设计标准

GB/T50600 渠道防渗工程技术规范

SL548 泵站现场测试与安全检测规程

JJF1001 通用计量术语及定义

JJF1004 流量计量名词术语及定义

JJG（水利）004 明渠堰槽流量计计量检定规程

JJG（交通）031 旋桨式流速仪

T/CIDA0005 提水灌区全过程量水应用技术指南

3 术语与定义

3.1

现场测试（检测） field testing

在设施设备安装和运行现场，对给定产品，按照规定程序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。

3.2

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。

3.3

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。

3.4

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。

3.5

流量 discharge

单位时间内通过渠道某一过水断面的水体体积。

3.6

标准断面 standard section

进行水深和流速测量的明渠标准横断面，测流断面上下游应具有不少于 15 倍水面宽度的顺直段，且一般应安装有水尺的部位。

3.7

测量断面 measuring section

进行水深和流速测量的明渠横断面。

3.8

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。

3.9

起动流速 starting speed

使旋桨开始连续转动的最低水流速度。

3.10

水位 water level

某一断面水体在某一地点的水面离标准基准面的高度。

3.11

流量系数 discharge coefficient

在流量公式中，表达实际流量与理论流量相联系的系数。

3.12

测量结果 measurement result

与其他有用的相关信息一起赋予被测量的一组量值。

3.13

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。

3.14

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。

3.15

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试验车速度的均方差。

4 明渠量水设施

4.1 明渠量水

明渠量水通过在明渠安装和配置必要的量水设施，用以实现水资源调配，输送水量计量、用水成本核算、输水能力验证以及渠道系统自动控制，精准的量水可以为水量控制、水费计取提供主要依据。

4.2 明渠主要量水设施

4.2.1 明渠建筑物量水

4.2.1.1 闸涵量水

在放水闸门或涵管处安设水尺，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，测得流量值。

4.2.1.2 渡槽量水

渡槽规则断面和水力条件稳定的特点，采用均匀流公式或堰流公式，通过读取水位值，测得流量值。

4.2.1.3 虹吸量水

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

4.2.1.4 跌水（或陡坡）量水

通过在落差建筑物上游安设水尺，且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，测得流量值。

4.2.2 堰槽量水

4.2.2.1 三角形薄壁堰

在规定堰顶夹角和结构尺寸的三角形缺口过水断面，安设水尺，通过读取堰上水头，根据流量和堰上水头关系公式，测得流量值。

4.2.2.2 矩形薄壁堰

在规定堰顶宽度和结构尺寸的矩形过水断面，安设水尺，通过读取堰上水头，根据流量和堰上水头关系公式，测得流量值。

4.2.2.3 梯形薄壁堰

在规定堰口侧边比和结构尺寸的梯形过水断面，安设水尺，通过读取堰上水头，根据流量和堰上水头关系公式，测得流量值。

4.2.2.4 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、抛物线形喉道量水槽、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的水位，采用相应的流量水位关系公式，测得流量值。

4.2.3 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。

4.2.4 仪表量水

4.2.4.1 水位计量水

根据测量原理，水位计主要有静压式水位计、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，水位计设备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，通过读取水位值，测得流量值。

4.2.4.2 明渠流量计量水

明渠流量计量水主要设备有：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，原理是应用积分算法计算平均流速，再乘以断面面积，计算得到流量值。

4.2.4.3 流速仪量水

在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，计算该测点水流速度，计算得到过流断面平均流速，乘以断面面积，计算得到流量值。

4.2.5 测控一体化闸门量水

测控一体化闸门可以实现闸门控制、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、前闸后槽集成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。

4.3 明渠量水设施测量误差

在运行条件下，量水设施因仪器误差、建筑物和结构尺寸施工误差、安装施工误差、刻度观测误差、断面测量误差、设计与运行水力参数偏差、操作误差等多因素，产生的误差应满足相关技术规范，流量测量不确定度宜不大于5%（95%置信水平），仪表类量水设施测量允许误差应不大于±5%，建筑物量水设施测量允许误差应不大于±10%，其他量水设施测量允许误差应不大于±8%。

5 明渠现场流量比对

5.1 比对要求

为准确评价明渠量水设施在实际运行条件下的流量测量误差，应选择具有国家资质认定检测能力的检测机构，在明渠现场进行流量比对检测，将检测结果与量水设施同步测量结果进行比对，用以评价被比测量水设施测量精度。

5.2 比对条件

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，现场比对应同步进行，工况稳定，起止时间内水位涨落差不大于平均水深的2%。

5.3 比对方法

比对方法采用流速仪法。流速仪法是流量测量基本方法，可以率定其他流量测量方法，采用框架式流速仪法可以提高置信水平，减小测量不确定度。

5.4 比对结果处理

5.4.1 根据被比流量水设施的使用范围和实际运行条件，确定不少于3个测量工况，每个工况取多次测量平均值为测量结果，同步测量框架式流速仪法实测过流断面的流量值 Q 和测量量水设施的实测流量值 Q' 进行比对。

5.4.2 分别计算不同工况的相对误差 ΔQ

$$\Delta Q = \frac{(Q_i' - Q_i)}{Q_i} \quad i = 1, 2, 3$$

5.4.3 选取各工况点最大相对误差 $|\Delta Q|_{\max}$ 绝对值作为该量水设施的实测比对流量示值误差。

6 框架式流速仪法测流通用技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 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，影响测量精度，流速仪轴线与测量断面法线的夹角应不大于 5° 。

6.1.2 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。

6.1.3 框架式流速仪法测线和测点数目由断面形状和面积确定。

6.1.4 标准断面或测量断面应根据要求选定，保证断面易于测量计算和水流均匀稳定。

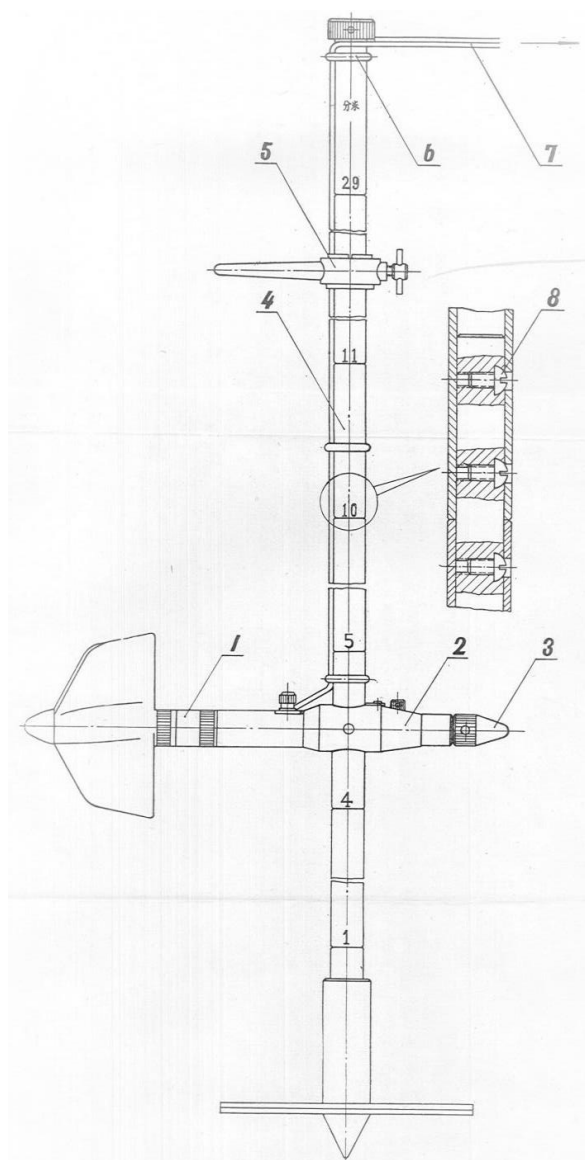
6.1.5 流速仪布置应符合流速分布规律，数量应适宜，可以体现流速变化且不雍水。

6.1.6 框架式流速仪法应采用测量系统，进行参数设置、同步采集和流量计算。

6.1.7 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。

6.2 流速仪构成

6.2.1 旋桨式流速仪包括感应、传讯、尾翼和测杆部分，框架安装的旋桨式流速仪结构示意图（不含尾翼）如图1所示。



标引序号说明:

- 1——旋转部件； 2——身架部件； 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 GB—67-76）

图 1 框架安装的旋桨式流速仪结构示意图（不含尾翼）

6.2.2 新型微型旋桨式流速仪主要部件是 OA 型光纤流速旋桨传感器，旋桨直径分为 $\Phi 15\text{mm}$ 和 $\Phi 12\text{mm}$ ，起动流速低，起动流速、测速范围、适用于低流速小断面使用。

6.3 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技术指标见附录 A

6.4 流速仪的检定要求

6.4.1 检定机构

流速仪应经法定计量检定部门检定合格。

6.4.2 检定结果

经检定合格的流速仪，其检定结果应包括检定公式、使用范围、水力螺距、仪器常数、全线相对均方差等内容。

6.4.3 检定误差要求

针对比对项目的重要程度不同，选用不同精度等级的流速仪，检定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见表 1。

表 1 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%

6.4.4 检定周期

流速仪的检定周期一般不超过 2 年。

6.5 框架式流速仪布置

6.5.1 测点布置

- 6.5.1.1 一条垂线上相邻两测点的最小间距不宜小于流速仪旋桨或旋杯的直径；
- 6.5.1.2 测量水面流速时，流速仪转子部分不得露出水面，上边缘应置于水面以下 0.05 m 左右；
- 6.5.1.3 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 2~5cm；
- 6.5.1.4 流速仪测点位置应符合表 2 规定。

表 2 垂线流速测点的分布位置

测点数	相对水深
三点	0.2、0.6、0.8
五点	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。

6.5.1.5 测点布置示意图见图 3 规定。

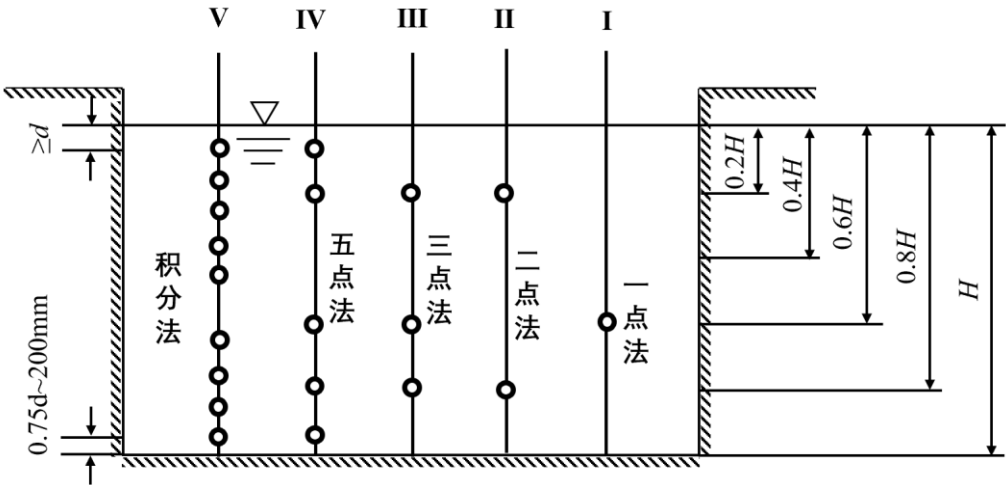


图 3 流速仪测点布置

6.5.2 测线布置

- 6.5.2.1 测流断面上测深、测速垂线的数目和位置，应满足过水断面和平均流速测量精度的要求。
- 6.5.2.2 任意两条测速垂线的间距，应不大于渠道水面宽的 1/5。
- 6.5.2.3 垂线可等距离或不等距离布设，若过水断面和水流对称，则垂线应对称布设。
- 6.5.2.4 测流断面水平线上测线数目及间距见表 3。

表 3 测流断面水平线上测线数目及间距表

水面宽(m)	N	a	b	c	d	e	f	g	h
<0.5	1	L/2							
	2	L/4	2a						
	3	L/8	3a						
0.5~0.8	2	L/5	3a						
	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				
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

The diagram illustrates the layout of measurement points along a line of length L (in meters). For $N=5$, the line is divided into segments a, b, c, c, b, a , where $a = L/18$. For $N=6$, the line is divided into segments a, b, c, d, c, b, a , where $a = L/23$. The total length is labeled $L(m)$.

6.6 数据采集和流量计算

6.6.1 流速仪输出信号自应进行计算机同步采集，单次测量采集时间不少于 120s，累计采集 5-7 次为宜。

6.6.2 当单次测量点流速不正常数据的数量小于总数的 10% 时，可以参照相似位置的流速仪读数进行修正；当不正常数据大于总个数的 10% 时，应重新测量。

6.6.3 流量计算由测量系统根据仪器参数、测点参数、测线参数、断面参数、实测转数和测量时间，根据公式计算得出。

流量计算方法见附录 B。测量系统的功能和要求见附录 C。

6.7 标准断面或测量断面选择及维护

6.7.1 标准断面应选择渠床稳定坚固且无冲刷或淤积渠段、水流稳定，流速分布应均匀，测流断面上下游应具有不少于 15 倍和 5 倍水面宽度的顺直段；

6.7.2 标准断面附近不应有影响水流的建筑物、树木或杂草等，断面在建筑物下游时，不受建筑物泄流的影响；

6.7.3 为确保测量结果的准确性，需要对标准测流断面进行维护。及时清除标准测流断面上的杂草、枝条、淤泥、沙石等，并对标准测流断面上、下游进行清理，以保证标准测流断面水流的稳定性。

6.7.4 当现场条件不满足时，可选择断面面积可以测量、流速分布相对均匀的断面作为测量断面。

6.8 面积测量

6.8.1 断面宽度测量

采用钢卷尺测量断面几何尺寸，取多次测量平均值为测量结果。

6.8.2 断面水深测量

采用测深杆、钢卷尺、水准仪、水位计测量断面水深，取多次测量平均值为测量结果。

附 录 A

(资料性)

常用流速仪规格型号和技术指标

A.1 常用流速仪主要有 LS25-3 型、LS1206B 型和 LS300A 型，主要技术指标包括旋转回转直径、起动流速、测速范围、最小工作水深、触点容量等。

A.2 常用流速仪规格型号和主要技术指标见表 A.1。

表 A.1 常用流速仪规格型号和主要技术指标

型号	LS25-3 型	LS1206B 型	LS300A 型
旋转回转直径	$\phi 120\text{mm}$	$\phi 60\text{mm}$	$\phi 12\text{mm}$ 、 $\phi 15\text{mm}$
起动流速	$V_0 \leq 0.04\text{m/s}$	$V_0 \leq 0.05\text{m/s}$	$V_0 \leq 0.01\text{m/s}$
测速范围	$0.04 \sim 10\text{m/s}$	$0.05 \sim 7\text{m/s}$	$0.01 \sim 4\text{m/s}$
最小工作水深	$H \geq 0.16\text{m}$	$H \geq 0.10\text{m}$	$H \geq 0.05\text{m}$
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

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。

B.2 点流速的按式(1)计算。

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

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速, r;

T ——测速时段历时, s;

C ——流速仪摩阻系数, m/s。

B.3 垂直测线一般布置不少于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.3.1 三点法按式(2)计算:

$$V_m = \frac{1}{3}(v_{0.2} + v_{0.6} + v_{0.8}) \quad (2)$$

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.3.2 五点法按式(3)计算:

$$V_m = \frac{1}{10}(v_{水面} + 3v_{0.2} + 3v_{0.6} + 2v_{0.8} + v_{测底}) \quad (3)$$

式中:

V_m ——测线平均流速, m/s;

$v_{水面}$ ——水面的测点流速, 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；
- $V_{渠底}$ ——渠底的测点流速，m/s。

B. 3. 3 积分法按式（4）计算：

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（7）计算平均流速。

$$V_m = \int_0^H v_y dy \tag{4}$$

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. 4 边壁流速采用边壁流速系数法确定，按式（5）、（6）计算：

$$V_{0,1} = \alpha V_1 \tag{5}$$

$$V_{n,n+1} = \alpha V_n \tag{6}$$

式中：

- $V_{0,1}, V_{n,n+1}$ ——边壁流速，m/s；
- α ——边壁流速系数，按表 B.1 的规定取值。

表 B. 1 明渠边壁的流速系数 α 值

边壁情况		α 值
斜坡边坡		0. 83~0. 91
陡峭边壁	粗糙	0. 85
	光滑	0. 90

B. 4 单宽流量按式（7）计算：

$$q_i = V_{mi} \cdot h_i \tag{7}$$

式中:

q_i ——相应单宽流量, m^2/s ;

V_{mi} ——相应测线平均流速, m/s ;

h_i ——相应垂线水深, 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.5.2.1 测线上测点不大于五点, 采用求和法按式(8)计算,

$$Q = \sum (A_{i-1,i} V_{i-1,i}) \quad (8)$$

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.5.2.2 测线上测点大于五点, 采用积分法按式(9)计算,

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

式中:

Q_i ——过流断面流量, m^3/s ;

$q(x)$ ——单宽流量函数, m/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)

框架式流速仪法测量系统功能和要求

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，智慧流量计算软件包括渠道测流和管理所需要的全部数据项。

C.2 系统功能

C.2.1 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.2.2 提供标准断面流速测点分布图及流速分布图。

C.2.3 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.2.4 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。