



中华人民共和国国家标准

GB/T 28714—2012

取水计量技术导则

Directive for technique of water metering

2012-09-03 发布

2013-02-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 概述	2
4.2 关于选用水量计量仪器和设施的规定	2
4.3 取水计量仪器与设施的检定	2
4.4 取水计量误差的规定	2
4.4.1 限额以上取水计量误差的规定	2
4.4.2 限额以下取水计量误差的规定	2
5 明渠取水计量	2
5.1 概述	2
5.2 流速—面积法测流	3
5.2.1 测流渠段及测流断面的选择和断面布设	3
5.2.2 基本水尺断面的设置	3
5.2.3 测流横断面测量	3
5.2.4 水位观测	4
5.2.5 流速仪法测流	4
5.2.6 实测流量计算	5
5.2.7 误差来源与控制	5
5.3 水工建筑物测流	6
5.3.1 选用水工建筑物测流的原则	6
5.3.2 用堰、闸、无压管、涵洞等水工建筑物量水时应具有的边界条件和水力学条件	6
5.3.3 基本水尺断面的布设应遵循的原则	6
5.3.4 水位观测	6
5.3.5 流量系数的确定	7
5.3.6 各类建筑物流量系数的现场率定	7
5.3.7 误差来源与控制	7
5.3.8 水工建筑物的检定	7
5.4 测流堰、测流槽和简易量水槛等计量水量	7
5.4.1 一般规定	7
5.4.2 误差来源与控制	8
5.4.3 测流堰、槽的检定	8
5.5 明渠上的淹没式量水设备测流	8
5.5.1 概述	8

5.5.2	淹没式量水设备量水的特点	8
5.5.3	安装淹没式量水设备应遵守的原则	8
5.5.4	潜水式电磁流量计构成淹没式量水设备	9
5.6	超声波法、电磁法、雷达法等测流	9
5.6.1	概述	9
5.6.2	超声波法、电磁法、雷达法等测流应满足的要求	9
5.6.3	购买测流设施时应遵守的原则	9
5.6.4	安装测流换能器时应遵守的原则	10
5.6.5	测流断面设置	10
5.6.6	超声波、电磁法等测流时的测流操作	10
5.6.7	输出信号	10
5.6.8	误差来源与控制	10
5.7	小水时测流	11
5.7.1	小水的含义	11
5.7.2	小水时测流方法	11
5.8	在结冰条件下测流	11
5.8.1	流速-面积法测流	11
5.8.2	水工建筑物和测流堰、槽测流	11
5.9	流量测验成果抽检	11
6	管道取水计量	12
6.1	概述	12
6.2	管道输水计量方法和设施	12
6.2.1	一般规定	12
6.2.2	传统的管道输水计量设施	12
6.2.3	新型管道输水计量设施	13
6.3	管道流量计的检定	15
7	成果汇总	15

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009 给出的规则编写。

本标准由水利部水资源司提出。

本标准由水利部国际合作与科技司归口。

本标准起草单位：水利部水资源司、中国水利学会、中国水利水电科学研究院、铁道部铁道科学研究院、开封仪表有限公司、开封利源流量计有限公司。

本标准主要起草人：李业彬、陈炳新、王国新、李赞堂、吴剑、张鸿星、李晓华、张清霞、沈磊。

引 言

本标准主要根据《中华人民共和国计量法》、《中华人民共和国水法》和《取水许可和水资源费征收管理条例》等有关法规、文件,并结合我国取水计量管理的实际制定。

本标准编制时紧密结合指导对象的实际,兼顾和其他有关标准的协调;立足现有科学技术成果,兼顾在一定时期内我国技术力量可能发展的水平。



取水计量技术导则

1 范围

本标准规定了明渠和管道两种输水方式的取水计量技术和设施的选用、安装、操作、维护的原则。本标准适用于取水户,包括工业、农业、城市生活和生态与环境用水及相关工作的单位和个人。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GBJ 138—1990 水位观测标准

GB/T 50095—1998 水文基本术语和符号标准

GB 50179 河流流量测验规范

SL 365—2007 水资源水量监测技术导则

ISO 772:1988 水文测量 词汇和符号(Hydrometry—Vocabulary and symbols)

ISO 6416:1985 水文测量 超声波(声波)法测量流量(Hydrometry—Measurement of discharge by the ultrasonic (acoustic) method)

ISO 8368 明渠水流测量 测流建筑物的选择指南(Hydrometric determinations—Flow measurements in open channels using structures—Guidelines for selection of structure)

ISO 9196 明渠水流测量 结冰条件下的水流测量(Liquid flow measurement in open channels—Flow measurements under ice conditions)

3 术语和定义

GB/T 50095—1998 和 ISO 772:1988 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气介式超声波水位计 ultrasonic water level gauge (through air)

以空气作为超声波传播介质的超声波水位计。

3.2

水介式超声波水位计 ultrasonic water level gauge (through water)

以水作为超声波传播介质的超声波水位计。

3.3

电磁波干扰 electromagnetic wave interference

工作现场因某种原因出现的电磁波信号干扰传感器的正常工作。

3.4

夹装式传感器 sensors clamped on conduit wall

一种计量管道输水流量的传感器,按照一定的要求安装在输水管道外壁的两侧计量管道流量。

3.5

插入式传感器 sensors inserted into conduit

一种计量管道输水流量的传感器,在输水管道选定的管段上开孔,将传感器按要求的方向、插入预

定的深度计量流量。

3.6

管道式传感器 sensors installed in conduit system

一种计量管道输水流量的传感器,用法兰盘或其他方法将传感器安装在输水管道上,作为输水管道的一部分,在输水过程中计量流量。

3.7

仿真电磁流量计传感器 dummy sensors of electromagnetic flow meter

与同口径的电磁流量计的几何尺寸、水力学特性完全相同,但无电极、无励磁线圈等电器部分,与电磁流量计配套测流时,可起扩大测流范围、减少投资的作用。

4 总则

4.1 概述

获得水行政主管部门批准的取水户,利用闸、坝、涵洞、虹吸管、水泵、水井及水电站等取水工程和设施,直接从江河、湖泊和水库取水或抽取地下水,都应安装计量设施,进行水量计量。

4.2 关于选用水量计量仪器和设施的规定

国产的水量计量仪器和设施,应是具有《计量器具制造许可证》的厂家生产并经过检定的合格产品;引进的水量计量仪器和设施,应是国家批准引进并颁发有“中华人民共和国计量器具型号批准证书”并经过检定的合格产品;测流建筑物,应由计量行政主管部门授权的单位考核合格。

4.3 取水计量仪器与设施的检定

计量器具应定期检定。检定周期应根据不同的计量器具的规定确定。

4.4 取水计量误差的规定

4.4.1 限额以上取水计量误差的规定

从国务院授权、水利部规定的指定河段和限额以上(含限额)的取水,其测量误差:

- a) 明渠输水时,误差应 $\leq \pm 5\%$;
- b) 管道输水时,误差应 $\leq \pm 3\%$ 。

4.4.2 限额以下取水计量误差的规定

- a) 明渠输水时,误差应 $\leq \pm 7\%$;
- b) 管道输水时,误差应 $\leq \pm 5\%$;
- c) 小水浮标法测流时,测量误差可适当放宽至 $\pm 10\%$ 。

5 明渠取水计量

5.1 概述

通过明渠输水,其取水量的计量都应在输水明渠的渠首段进行,测流渠段断面(梯形、矩形、圆形或U形等)应规则。

5.2 流速—面积法测流

5.2.1 测流渠段及测流断面的选择和断面布设

根据 GB 50179 规定的原则执行,主要包括:

- a) 测流渠段应顺直、水流和断面稳定、无沙洲、无崩岸、无回流、无死水等现象。顺直渠段长应大于渠道最大流量时水面宽度的 3 倍。当测流渠段选取在取水建筑物下游时,应避开水流波动的影响。测流渠段不宜选取在水工建筑物上游,如因条件限制,测流渠段只能选取在水工建筑物上游时,顺直渠段的长度应大于渠道最大流量时水面宽度的 5 倍。
- b) 测流断面应选择在测流渠段的中间偏下游处,与渠道水流方向垂直,并能保障测流人员安全的地方。
- c) 基线的布设应满足下列要求:
 - 1) 使用经纬仪和平板仪交会法施测起点距时,基线应垂直于测流断面设置,基线的起点在断面线上。基线的长度宜使断面上最远一点的仪器视线与断面线的夹角大于 30° ;
 - 2) 使用六分仪交会法施测起点距时,基线应使六分仪两视线的夹角在 $30^\circ \sim 120^\circ$ 之间。基线两端至近岸水边的距离宜大于交会标志与最低水位高差的 7 倍;
 - 3) 基线长度宜取 10 m 的整倍数,用钢尺或校正过的其他标尺往返测量两次,取其平均值。往返测量误差 $\leq 0.1\%$ 。
- d) 可采用超声波测距仪或激光测距仪测量基线长度。
- e) 高程基准点的布设参照 GB 50179 规定的原则执行。
- f) 基线桩、断面桩、断面标志桩的设立按照 GB 50179 的规定执行。

5.2.2 基本水尺断面的设置

基本水尺断面的设置应与测流断面重合。

5.2.3 测流横断面测量

5.2.3.1 大断面测量的测量范围包括水下部分的水道断面测量和岸上部分的水准测量,岸上部分应测至最高水位以上 0.5 m 为止。

5.2.3.2 大断面和水道断面起点距宜以高水位时的断面桩作为起算零点。

5.2.3.3 大断面岸上部分的高程宜采用四等水准测量。

5.2.3.4 大断面测量应设立基准点,可不接国家高程水准点。基准点应坚固并设立保护标志,详细记录在案。

5.2.3.5 大断面测深垂线的布设,根据 GB 50179 规定的原则,可以根据具体情况布设 3~10 条垂线。

5.2.3.6 水道断面测量应遵守下列原则:

- a) 水道断面测深垂线的布设按 5.2.3.5 的规定执行。
- b) 测深垂线和测速垂线应一致。
- c) 水道断面测宽方法,可根据不同的具体情况选用“建筑物标志法”(当用水工建筑物测流时)、“直接量距法”、“计数器测距法”和“仪器交会法”(当用缆道或测船测流时)。
- d) 垂线水深测量宜采用超声波测深仪、测深锤、测深杆、铅鱼等进行。当用测深锤、测深杆、铅鱼测深时,每条垂线水深应连测两次,两次差值 $\leq 2\%$ 时,取两次测量的平均值; $> 2\%$ 时,应增加测次到 4 次~5 次,如有明显不合理者,剔除后取多次平均值。用超声波测深仪测深时,仪器使用前应进行现场比测,比测点数不宜少于 7 个不同水深。具体操作方法按照 GB 50179 附录 A 的规定执行。

- e) 用铅鱼和测深锤测深,如用悬索悬吊,当受水冲击悬索偏角较大时,宜在保证安全的前提下,加大铅鱼或测深锤的重量以控制悬索偏角。如偏角仍大于 10° ,应进行水深校正。
- f) 水道断面稳定时,每年高、中水位各测一次断面;水道断面不稳定、冲淤变化 $> \pm 3\%$ 时,应在测流时同时测量过水断面。

5.2.4 水位观测

5.2.4.1 水位计的选择、安装和水位观测,按照 GBJ 138—1990 的规定执行。

5.2.4.2 用超声波、压敏、磁敏等水位传感器观测水位时补充以下原则:

- a) 超声波水位计的量程要满足被测水位变幅和传感器盲区的要求。
- b) 根据安装水位传感器地点的条件,按 4.2 的有关规定,宜选购带有显示仪表和温度校正的产品。
- c) 当水位计没有温度校正功能时,应在测量水位时,同时测量气温(对气介式超声波水位计)或 $0.6h$ (h 为水深)处的水温(对水介式超声波水位计)。使用水介式超声波水位计时,还应观测含沙量。按式(1)对声速进行校正。

水中声速的校正公式:

$$C_T = 1410 + 4.21T_w - 0.037T_w^2 + 1.14S_w \dots\dots\dots (1)$$

$$S_w = S/\gamma_w \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

C_T ——当水温为 T_w 、体积质量比含沙量为 S_w 时超声波在水中的速度单位为米每秒(m/s);

T_w ——水温,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

S_w ——体积质量比含沙量,用%表示,即单位体积内浑水中泥沙所占的质量分数;

S ——单位浑水体积内泥沙的质量,单位为千克每立方米(kg/m^3);

γ_w ——水的单位体积质量,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

空气中声速的校正公式:

$$C_T' = C_0 \sqrt{1 + (T_a/273)} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

C_T' ——气温为 T_a 时超声波在空气中的声速单位为米每秒(m/s);

C_0 ——气温为 0°C 时超声波在空气中的速度($C_0 = 331.4 \text{ m/s}$)。

T_a ——气温,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。

- d) 水位传感器的安装,推荐采用在岸边建静水井的方案(气介式超声波水位计一般不用)。对静水井的要求:
 - 1) 深度满足水位变幅的需要;
 - 2) 考虑安装传感器的基座和超声传感器的盲区;
 - 3) 连通管不能被泥沙和冰堵塞。
- e) 静水井的直径应满足超声传感器声波发射角和安装人员的工作空间的需要。
- f) 如采用直接安装在输水渠道内的方法,应选择在无冲刷和淤积并便于观测的地方,应校正含沙量对测量值的影响。
- g) 受水的密度影响的水位传感器(如回声测深仪)在投入使用前应在清水中标定,如与出厂指标不同,应予调整,或记录在册,供整理资料时校准水深(水位)值。
- h) 气泡压力式水位计安装时,气管沿程向下倾斜的角度应大于 5° 并应安装牢固,避免气管移动。

5.2.5 流速仪法测流

5.2.5.1 流速仪法测流应在下列条件下使用:

- a) 测流断面内绝大多数测点流速应在生产厂给出的该流速仪的测速范围内;
- b) 测流垂线水深应满足流速仪一点法测速时完全淹没流速仪旋转轮叶的需要。

5.2.5.2 流速仪法测流应满足以下要求:

- a) 使用缆道测流时,在缆道正式使用之前,应进行比测率定并满足 GB 50179 的规定;
- b) 观测基本水尺断面的水位,如水尺附近水面波动 $>5\text{ cm}$ 时,应连续观测 3 次,取其平均值;
- c) 测速垂线布设按 5.2.3.5 的规定执行;
- d) 各测速垂线上宜采用两点法或三点法测速,流速测点位置:
 - 1) 两点法为 $0.2h$ 、 $0.8h$ (h 为水深) 处;
 - 2) 三点法为 $0.2h$ 、 $0.6h$ 、 $0.8h$ 处。
- e) 一条垂线上两相邻测点的距离不宜小于流速仪旋桨或旋杯的直径;
- f) 当采用两点法测速的仪器位置在 $0.2h$ 处,流速仪的转叶不能被水流完全淹没时,应采用一点法测速,一点法测速的仪器位置为 $0.6h$;如一点法仍不能满足上述要求时,宜改用浮标法或采用手持水密式声学多普勒流速仪涉水测流;
- g) 施测垂线流速的同时测量垂线水深以及与其左、右两垂线的间距;
- h) 流向偏角大于 10° 时,应记录在册,在计算垂线平均流速之前,应对实测流速进行偏角校正;
- i) 流速仪在测船上的吊装位置以及测流断面上有回流区的测流方法,参照 GB 50179 的规定执行。

5.2.5.3 Z-Q(水位-流量)关系曲线:

- a) 应在最低水位和最高水位间比较均匀的确定 7 个水位(含最低水位和最高水位)下施测流量,建立 Z-Q 关系,总的测量点据不少于 35 个;
- b) 曲线两边 95% 的点据应分布在 Z-Q 曲线误差 $\pm 3\%$ 的范围内,如超出此范围,应增加测次,满足上述要求;
- c) 如测流渠段年内冲淤变化 $\leq \pm 3\%$,可 2 年检测一次 Z-Q 曲线;当年内冲淤变化超过 $\pm 3\%$ 时,应按 5.2.5.3 之 b) 的规定重新测量 Z-Q 曲线。

5.2.5.4 流速仪等主要仪器的检查与维护,根据 GB 50179 的规定,应做到:

- a) 流速仪使用前,检查仪器是否变形、污染、锈蚀,运转是否灵活;
- b) 应建立常用流速仪与备用流速仪制度,测速前两种仪器应进行比测:
 - 1) 比测应包括较大流速、较小流速且分布均匀的 7 个以上测点,比测结果的误差应 $\leq \pm 3\%$,如超出此范围时,应按就地就近原则,将两种仪器送到国家认可的计量器具修理、检定单位修理和检定并备案。以后常用仪器每使用 80 h 需用备用仪器进行一次比测,误差在 $\pm 3\%$ 以内,常用仪器可继续使用,否则,应检修并重新检定;
 - 2) 比测应在水流平稳的地点,两种仪器处于相同的条件;
 - 3) 应避开岸边、河底、水草和水流紊动大的地方。
- c) 流速仪在使用后应立即按说明书进行保养;
- d) 测速所用计时装置,应采用每日时差小于 10 s 的带秒针的钟表或数字式计时器作为标准,每半年校核一次。每次校核时长为 10 min,误差在 3 s 以内为合格。

5.2.6 实测流量计算

按照 GB 50179 的规定执行。

5.2.7 误差来源与控制

5.2.7.1 误差来源除应考虑 GB 50179 规定外,还需注意:

- a) 仪器、测具、设备存在的误差;

b) 水面宽测量和测速垂线间距测量误差。

5.2.7.2 误差控制措施:

- a) 根据测流误差的来源,按 GB 50179 及本标准的有关规定进行操作,减少人为因素造成的误差;
- b) 建立主要仪器、测具及有关设备装置的定期检定、比测制度,加强保养和维护;
- c) 如用测船测流,应使测船测流时定位在测流断面上,并尽量使测船的纵轴线与流线平行,保持测船的稳定;
- d) 应尽量减小悬索的偏角,缩小流速仪偏离测流断面下游的距离,在保证安全的前提下,宜适当加大铅鱼的重量;
- e) 当悬索偏角大于 10° 时,应按 GB 50179 附录二改正流速仪在测点上的位置。

5.3 水工建筑物测流

5.3.1 选用水工建筑物测流的原则

按照 SL 365—2007 的有关规定执行。

5.3.2 用堰、闸、无压管、涵洞等水工建筑物量水时应具有的边界条件和水力学条件

- a) 水工建筑物应能对水流产生节流作用,在建筑物上下游产生一定的水位差。遇有淹没流时,水位差应大于 0.05 m,淹没度 H_L/H (H_L 为下游实测水头; H 为上游实测水头) 应小于 0.98;
- b) 水工建筑物的上下游进出口不应有明显影响流量系数稳定的冲淤变化和障碍物;
- c) 位于河(渠)上的堰、闸,进水段的顺直河槽应大于最高水位时水面宽 3 倍,下游的顺直河槽应不小于河槽水面宽 2 倍;
- d) 水工建筑物过水断面的尺寸应进行实际测量,3 次至 5 次测量的误差,应控制在 $\pm 1\%$ 以内(含 $\pm 1\%$),取其平均值;
- e) 闸门上应安装闸门开启高度的指示标尺,标尺的刻度应精确至 0.5 cm。

5.3.3 基本水尺断面的布设应遵循的原则

- a) 上游水尺断面应设在水流平稳处,与堰闸的距离大于最大水头的 3 倍至 5 倍(根据闸前水面宽度决定);下游基本水尺断面应设在水工建筑物下游水流平稳处,距消能设备末端的距离宜大于消能设备总长的 3 倍;
- b) 当从水库取水时,其基本水尺断面应设在取水建筑物上游水流平稳、能代表取水建筑物上游水位的地方;当下游出现淹没水流时,应在水跃下游水流平稳处设置基本水尺断面。

5.3.4 水位观测

5.3.4.1 水尺观测水位:

- a) 对水尺的要求、水尺的安装除最小刻度取 5 mm 外,均按照 GBJ 138—1990 的有关要求执行;
- b) 在观测堰闸(管、涵)前水位的同时,应观测闸门开度、开启孔数、下游水位等计算流量时所需资料。

5.3.4.2 用自记水位计观测水位。自记水位计的选型、允许误差、安装以及使用自记水位计的水位观测等,按 GBJ 138—1990 的有关要求执行。

5.3.4.3 用超声波水位计、压力式水位计等观测水位。选型、安装和使用及实测声速的校正按 5.2.4.2 的要求执行。

5.3.4.4 取水量平稳时,每天 8 时、20 时各观测水位一次,取 2 次水位的平均值进行取水量计算;当取

水量变更时,应及时观测变更前、后水位,水位精确度读至 5 mm,按变更前、后水位分别计算取水量。变更水位的时间及其水位值应及时记录在册;

5.3.5 流量系数的确定

5.3.5.1 为保证量水的精确度,用水工建筑物测流的流量系数,宜采用现场率定的方法测定。

5.3.5.2 也可直接用实测水位(或水位差)、水工建筑物的特征值(闸室宽度、闸门开度、过流孔数等)和流量建立关系。

5.3.5.3 现场率定流量系数的流速仪测流断面的选择、布设与测量,除按 5.2.1、5.2.3 的有关规定执行外,还应遵守以下原则:

- a) 对无闸门的堰,应避免堰坎对断面垂线流速分布的影响;
- b) 如闸前流速太小,流速仪不能正常运行时,不宜在上游设测流断面。

5.3.5.4 流速仪法测流的水位观测,按 5.2.4 的有关规定执行;

5.3.5.5 流速仪法测流的流量测量,按 5.2.5 的有关规定执行;

5.3.5.6 流速仪法测流的流量计算,按 5.2.6 的规定执行;

5.3.5.7 流速仪法测流的误差分析,按 5.2.7 的规定执行。

5.3.6 各类建筑物流量系数的现场率定

用流速仪法实测各类水工建筑物的过流量和上游水头(水位差)等水力因素以及水工建筑物各自的特征值如闸门孔数、孔宽、闸墩长度、堰高、堰顶宽度(顺水流方向)、管(涵)的过水断面、出口洞径等,用各自的水力学公式计算流量系数或直接用上述观测数据绘制 $Z-Q$ 曲线。

5.3.7 误差来源与控制

5.3.7.1 误差来源主要有:

- a) 水工建筑物尺寸实地测量的误差;
- b) 闸门开度的标尺刻度及开启时的开度读数误差;
- c) 水位观测误差;
- d) 测流断面的测量误差;
- e) 流速测量误差。

5.3.7.2 误差的控制参照 5.2.7.2 执行。

5.3.8 水工建筑物的检定

水工建筑物各部分尺寸及闸门形状等应每 2 年自行检测 1 次,如有变动,应修正相应流量计算公式或曲线。

5.4 测流堰、测流槽和简易量水槛等计量水量

5.4.1 一般规定

5.4.1.1 本标准给出了为取水计量水量而建造的量水建筑物,包括各种薄壁堰、宽顶堰、量水槽等的技术性能、测流范围、限制条件等。

5.4.1.2 明渠测流中,堰、槽的选用,除末端深度法(误差大)外,按照 ISO 8368 执行。

5.4.1.3 建造和安装测流堰、测流槽,应选择在渠首的顺直、水流条件稳定均匀的渠段,长度应大于最大水面宽的 10 倍,堰、槽宜安装(或建造)在该渠段中间偏下游部分,应注意其上游因壅水可能引起的堤防安全和下游可能引起的河床冲刷。防止产生淹没流。

5.4.1.4 当堰、槽的制作和安装完全满足设计要求、并经验收合格后,可以采用各自的流量公式计算过流量,否则,为了保证测量精确度,各种堰、槽的流量系数或 $Z-Q$ 关系曲线都应用流速仪法进行现场测定。

5.4.1.5 水头测量应在各类堰、槽设计图所规定的断面上进行,宜采用自记仪表。当水头变幅 $<0.5\text{ m}$ 时,宜使用分辨力为 1 mm 的水位计。

5.4.1.6 测流堰、槽的设计、安装、运行与维护,要遵守以下原则:

- a) 各种堰、槽的设计、安装或现场建造,按 4.2 的有关规定执行;
- b) 薄壁堰堰口要防止被撞坏,迎水壁面要保持光滑;
- c) 宽顶堰的堰顶和量水槽喉道要保持表面光洁,不能生长水草和青苔。

5.4.2 误差来源与控制

5.4.2.1 误差来源

- a) 堰、槽设计带来的误差;
- b) 堰、槽建造时未严格按设计图施工导致的误差;
- c) 水位测量误差;
- d) 薄壁堰堰口损害、宽顶堰堰顶不光滑甚至长草和青苔。

5.4.2.2 误差控制

- a) 应按照 4.2 的有关规定设计堰、槽;
- b) 堰槽施工和安装时应按照图纸进行,应注意堰、槽与渠道的过渡段的处理;
- c) 注意堰槽的养护,使堰、槽始终处于完好状态;
- d) 条件许可时安装自记水位仪,并尽可能减小水位计零点误差。

5.4.3 测流堰、槽的检定

测流堰、槽的检定参照 5.3.8 的原则执行。

5.5 明渠上的淹没式量水设备测流

5.5.1 概述

在明渠的测流断面上设置垂直于水流方向的挡水板(或挡水墙),在其下部的中间位置装置潜水型电磁流量计、喷嘴、暗涵、套管等构成淹没式量水设备。

5.5.2 淹没式量水设备量水的特点

- a) 量水建筑物在水下,进、出水口均被水流淹没;
- b) 过水断面、量水设备固定,过流量只与上、下游水位差有关;
- c) 过水断面形状及制作材料不受限制,工艺要求较低,但过水部分应光滑;
- d) 当暗涵、套管、喷嘴等过水建筑物的下缘贴近渠底时,可用于含沙水流的流量测量;
- e) 明渠上淹没式量水设备的流量计量范围为 $5\times 10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}\sim 5\text{ m}^3/\text{s}$ 或更高,受制于挡水板(墙)的强度;
- f) 进水口水流流态不受边界条件影响时,测流误差 $\leq \pm 5\%$ 。

5.5.3 安装淹没式量水设备应遵守的原则

- a) 应保证量水设施的上、下游均处于淹没流状态;

- b) 应避免进口水面上出现旋涡而有大量空气进入量水设施,影响测量误差;
- c) 输水渠道含沙量较大时,暗涵、套管、喷嘴设施进口的下缘应尽可能贴近渠底,但应注意停水时泥沙淤积堵塞量水设备。

5.5.4 潜水式电磁流量计构成淹没式量水设备

潜水式电磁流量计可单独构成淹没式量水设备,还可与相同管径的仿真电磁流量计配合使用,扩大测流范围至单一电磁流量计流量测量值的 $n+1$ 倍(n 为仿真电磁流量计个数,一般不大于 5)。

5.6 超声波法、电磁法、雷达法等测流

5.6.1 概述

5.6.1.1 有些物质在水中的运动特性与水流质点的流动速度有关,如超声波在水中传播、电磁感应、多普勒效应等,人们利用这些特性研制出测流方法,如超声波时差法用来测量河流中某一水层的平均流速,电磁感应法测量全断面水流的平均流速,声学多普勒效应法,既可设计为测量水流点的流动速度,也可设计为测量一条垂线的流速剖面,雷达法可测量水流表面流速等,这些测流方法的共同特点是同属于流速——断面法。

5.6.1.2 测流误差小于 $\pm 5\%$ (雷达法需要被测流速大于 2.0 m/s)。

5.6.1.3 效率高,劳动强度低,可全天候工作。

5.6.2 超声波法、电磁法、雷达法等测流应满足的要求

- a) 测流渠段及测流断面的选择和布设按 5.2.1 的规定执行;
- b) 应确定专职使用人员,组织他们学习其测流的基本原理、性能、技术指标和操作方法,熟悉该流量计的组成部件等,应执行有关规范并按照仪器说明书进行操作;
- c) 根据测流河(渠)段的具体情况选择测流方法,如河(渠)宽 $< 100\text{ m}$ 可选用超声时差法,河(渠)宽 $< 6\text{ m}$ 时可采用电磁法,而声学多普勒剖面流速仪法可不受河渠宽的限制,雷达测流用于浮标法,水密式手持小型声学多普勒流速仪可用于取水量小的浅水渠道等。超声波时差法用于含沙量 $> 10\text{ kg/m}^3$ 的水流中测流时,应对声速进行校正;当含沙量 $> 10\text{ kg/m}^3$ 、泥沙颗粒直径 $> 0.03\text{ mm}$ 的水流中测流时,不推荐声学多普勒法。

5.6.3 购买测流设施时应遵守的原则

- a) 流量计设施应按 4.2 的有关规定执行;
- b) 如采用超声波时差法测流,超声波频率,根据 ISO 6416:1985 附录 A,可在 $200\text{ kHz} \sim 2\,000\text{ kHz}$ 之间选择,水流含沙量较大(如 $> 30\text{ kg/m}^3$)和渠道较宽(如 $> 30\text{ m}$)时,频率应低些;如采用电磁法测流,明渠电磁流量计应配备磁场增强板;声学多普勒剖面流速仪应选配必需的软件;雷达测速仪的响应距离和测速范围(特别是低速端)应满足测验要求;浅水用手持式声学多普勒流速仪应为水密式,以保证能在外业环境下和水流较深处使用;
- c) 电源电压和频率应符合使用地的要求;
- d) 配备有避雷器;
- e) 电缆应能屏蔽电磁波干扰;
- f) 换能器(传感器)至转换器(主机)的电缆长度要能满足现场安装的需要;
- g) 主机除了能控制传感器工作外还应能输入多种有关参数(如水位、断面大小、声程长度、声道与测流断面的夹角等);
- h) 二次仪表应具有输出流量、水总量、直流标准信号和接口等功能;

- i) 销售商或生产厂家应有现场安装测流设备的能力。

5.6.4 安装测流换能器时应遵守的原则

- a) 如选用时差法测流,其换能器的安装工作,应由专业人员进行,并做到:
 - 1) 换能器的安装位置宜在测流断面上、下游的两岸边,两换能器应在同一个高程上并互相对准,其声道(即两换能器的连线)与测流断面的夹角宜为 45° 左右,安装应牢固;
 - 2) 单声道换能器的安装高程,宜选择在一年内70%取水时间的断面平均水深的0.6处;双声道换能器的安装高程,宜选择在一年内70%取水时间的断面平均水深的0.3和0.7处;
 - 3) 换能器应有良好的接地,接地电阻应小于 $4\ \Omega$ 。
- b) 如选用明渠电磁流量计测流,其换能器的安装工作,应由专业人员进行,并满足以下要求:
 - 1) 测流渠段的顺直段长度应是渠宽的10倍;
 - 2) 电磁流量计传感器应安放在测流渠段中间偏下游的渠道断面中间;
 - 3) 应使传感器的磁力线垂直于水流方向。
- c) 如选用固定式声学多普勒流速剖面法测流,传感器的安装原则:
 - 1) 应牢固地安装在没有严重冲淤的地方,传感器不会被泥沙覆盖;
 - 2) 应安装在测流垂线的平均流速能代表断面平均流速的测流垂线上。

5.6.5 测流断面设置

5.6.5.1 应在测流断面两岸分别设立永久性断面桩和断面标志桩,高程应超过最高水位 $0.5\text{ m}\sim 1.0\text{ m}$,断面桩之间的距离应 $>10\text{ m}$ 。

5.6.5.2 测流断面测量按5.2.3的有关规定执行。

5.6.5.3 在两岸边浅水区,无法用回声测深仪等测量过水断面时,宜改用测深锤、测深杆配合进行测量,应注意几种测深方法的连接和测量结果的统一。

5.6.6 超声波、电磁法等测流时的测流操作

测流操作按照5.6.2之b)的规定执行,并注意以下几点:

- a) 检查仪器是否配件齐全,仪器工作是否正常;
- b) 检查两岸超声波换能器是否松动,是否有杂草、污物覆盖;
- c) 检查测流断面上的断面桩是否完好;
- d) 如选用走航式声学多普勒流速剖面法测流,宜使仪器(测船)运行在测流断面上;
- e) 准备好输入到仪表主机的测流断面水位及相应的断面面积等资料;
- f) 在用超声波时差法测流的同时测量河水含沙量和水温,用公式(1)、(2)对超声波的水中声速进行校正。

5.6.7 输出信号

应满足5.6.3之h)的规定。

5.6.8 误差来源与控制

5.6.8.1 误差来源,除考虑GB 50179的有关内容外,还有以下几点:

- a) 水温、含沙量对声速的影响;
- b) 用回声测深仪测量测流断面时,测船没有很好的航行(走航)在测流断面上;
- c) 回声测深仪换能器周围有涡流和气泡;
- d) 回声测深仪换能器在测船上的安装位置与水面的相对距离没有校准好;

- e) 在两岸边浅水区改用测深杆、测深锤测过水断面时与用仪器测量断面的资料连接未处理好；
- f) 超声波流量计换能器安装位置和上、下两个换能器对准质量不合要求；
- g) 声学多普勒测速剖面仪测流时水流中的含沙量 $>10\text{ kg/m}^3$ 或者水流中的泥沙颗粒或气泡直径大于 0.03 mm ；
- h) 明渠电磁流量计安装不规范，磁力线没有与水流流向垂直。

5.6.8.2 误差的控制，除遵守 GB 50179 的有关规定外，还应遵守以下几点：

- a) 测船测深时应航行在测流断面上；
- b) 选择好回声测深仪换能器的安装位置并安装好换能器防护罩，保证防护罩的流线型头部对准水流方向；
- c) 准确测量回声测深仪换能器在测船上的安装位置与水面的相对距离，并按此修正测量的水深值；
- d) 时差式超声波流量计换能器的安装应满足 5.6.4 之 a) 的规定；
- e) 避免在水流含沙量大的情况下使用声学多普勒流速剖面仪法测流；
- f) 水流中的含沙量 $>10\text{ kg/m}^3$ 时应对声速进行校正。

5.7 小水时测流

5.7.1 小水的含义

当取水户取水量改变，测流断面出现下列情况之一时，应视为小水：

- a) 当测流断面内水深小于流速仪一点法测速所必须的水深（水流应淹没流速仪转叶）或流速低于流速仪的正常运转范围时；
- b) 用超声波时差法测流，当测流断面的水面高程高出超声波测速仪传感器的安装高程 $<20\text{ cm}$ 时；
- c) 用明渠电磁流量计测流，渠内水深不能淹没磁场增强板时。

5.7.2 小水时测流方法

- a) 小浮标测流。小浮标的制作、测流断面布设、浮标的横向分布、运行历时、水位及其他要素观测、浮标系数试验、流量计算及误差来源与控制等，按照 GB 50179 中有关规定执行；
- b) 采用手持水密式声学多普勒流速仪涉水测量；
- c) 也可开挖小引水渠，采用活动量水堰、槽和容积法等测流。

5.8 在结冰条件下测流

5.8.1 流速-面积法测流

采用流速-面积法测流时按照 ISO 9196 的有关规定执行。

5.8.2 水工建筑物和测流堰、槽测流

采用水工建筑物和测流堰、槽测流时应注意的问题：

- a) 在条件许可的情况下，宜对测流设施采取防冻措施如设防风罩（棚）；
- b) 测流设备上的流冰应清除；
- c) 应检查水位测井的进水管是否被冰堵塞。

5.9 流量测验成果抽检

流量测验时，应有专人即时对测验成果进行抽检，包括流量测验的每个单项（水深、单宽、流速等）、水工建筑物各项尺寸，分析测验结果是否合理等，每项抽检数应不少于 $1/3$ ；检查超声波时差法传感器、

明渠电磁流量计、气泡压力式水位计、固定式声学多普勒流速剖面仪等的安装是否规范,如发现问题,宜会同原测验和安装人员共同进行改正,记录在册。

6 管道取水计量

6.1 概述

6.1.1 管道输水流量测量仪表和设施,可按照 SL 365—2007 的原则选用并遵守本标准的规定。

6.1.2 通过管道输水,取水户均应在输水管的上游进口段,选择 $7D \sim 15D$ (D 为管道内径,根据不同计量设施的说明书确定)的直管段的合适位置安装管道水量计量装置。

6.1.3 取水户在选用流量计时,宜首选那些水头损失小、对水质要求低、安装相对简单、维护比较容易的计量设施。

6.1.4 管道流量计安装时,应采取措施使流量计在运行过程中管内不会发生淤积又能保证满管流的状态。

6.1.5 输水管道进口处应采取措施避免气泡进入管道。

6.2 管道输水计量方法和设施

6.2.1 一般规定

可供管道输水水量计量仪表的品种、型号和规格繁多,本标准将其归纳为两类(传统的、新型的),分别给出适用条件、使用范围以及购买和安装有关计量设施时应该遵守的原则。

6.2.2 传统的管道输水计量设施

传统的管道输水计量设施一般都只适用于清洁水流的输水计量,计量误差为 $\pm 0.5\%$ (如涡轮流量计) $\sim \pm 5\%$ (如各类水表)。也有一些农用水表,允许带有少量杂质(泥沙、小草)的水流通过,但测量误差较大,一般在 $\pm 5\%$ 左右或更大。本标准将其归纳为两类:一类为由一个圆筒形壳体和安装在该壳体内部的带轮叶(或旋翼、螺翼)的轴以及信号转换装置组成,统称其为水表类流量计,水流流过时推动轮叶旋转,周期地产生脉冲信号,经二次仪表处理,获得流过管道的流量、水总量及标准信号,从而实现了流量计量(如涡轮流量计、各种类型水表);另一类是在一个管段上设置节流件,当水流通过此节流件时,在节流件的上、下游产生压差,该压差经二次仪表处理后输出流过管道的流量、水总量及标准讯号(如孔板、文丘里管、托巴管等),本标准统称其为标准节流式流量计。

水表类流量计适用于口径为 12.5 mm $\sim$ 300 mm 的输水管道,而插入式水表适用的最大管径可达 2 000 mm。

节流式流量计一般对水流条件有一定的要求:孔板流量计宜在雷诺数为 $5 \times 10^3 \sim 8 \times 10^7$ 的范围内使用,产品口径为 50 mm $\sim$ 1 000 mm,水头损失大,含有泥沙及其他漂浮物的水流不宜使用;文丘里管流量计宜在雷诺数为 $2 \times 10^5 \sim 2 \times 10^6$ 的范围内使用,产品口径为 50 mm $\sim$ 3 000 mm,对水质要求较低,适用于一般水源水;托巴管流量计对水质要求较高,不宜在含有泥沙、纤维物质和其他漂浮物的水流中使用,其系列产品可满足输水管道直径 10 mm $\sim$ 8 000 mm 的需要。

6.2.2.1 选购水表类流量计应遵守以下原则:

- 按 4.2 的有关规定执行;
- 产品使用的环境温度应适应当地的气温条件、特别是最低温度的要求;
- 按输水管道的直径选择流量计的直径,如无相同直径时,宜选口径较小的流量计,用变径管与输水管连接;
- 注意仪器的成套性,传感器和二次仪表最好是一个厂家的产品;

e) 二次仪表输出信号的要求同 5.6.3 之 h) 的规定。

6.2.2.2 安装水表类流量计时应满足下列要求：

- a) 传感器前、后的输水管直管段长度，应按说明书的要求执行；
- b) 运行时要始终保持满管流；
- c) 注意水流方向与水表要求的一致性并宜水平安装。

6.2.2.3 选购标准节流式流量计应掌握以下原则：

- a) 按 4.2 的有关规定执行；
- b) 选购配套仪表差压计时，其测量误差应满足测量要求；
- c) 选购具有防堵塞功能的差压计；
- d) 二次仪表输出信号的要求同 5.6.3 之 h) 的规定。
- e) 选购标准孔板流量计时，其产品的材质一定要耐磨，且孔板表面加工要光滑，孔口锐缘部分不能有任何缺损；
- f) 流量计口径的选择按 6.2.2.1 之 c) 的规定执行；
- g) 选购托巴管流量计时，要求供应商具备现场安装能力。

6.2.2.4 安装标准节流式流量计时应注意以下几点：

- a) 输水管的直管段，应满足流量计说明书对传感器前、后直管段的要求；
- b) 细心安装，应防止碰坏标准孔板的孔口锐缘；
- c) 仔细安装差压计，如连接细管中有气泡，应排除。

6.2.2.5 运行中要注意的问题：

- a) 当配套用的差压计没有防堵塞功能时，应经常观察仪表运行情况，防止差压计被堵塞；
- b) 充分利用一切输水管道停水机会，检查标准孔板的磨损情况，发现问题要及时处理直至更换。

6.2.2.6 误差来源与控制：

- a) 误差来源主要有：
 - 1) 仪表本身的误差如线性误差、随机误差；
 - 2) 传感器安装管段的影响，如传感器前、后直管段的长度不够，直管段附近有截门等；
 - 3) 标准节流件没有按规范生产，使用中损坏；
 - 4) 插入式传感器插入深度、方向不正确。
- b) 误差控制应注意：
 - 1) 按 4.2 的规定购买产品；
 - 2) 应按照本标准的有关规定精心安装；
 - 3) 检查节流件是否有损坏。

6.2.3 新型管道输水计量设施

应用电磁感应、超声波等技术进行管道输水量计量的仪器设施，本标准统称为新型管道流量计。电磁流量计具有较小的测量误差（一般误差为 $\pm 0.2\%$ ~ $\pm 1.0\%$ ），对水质要求较低，没有水头损失（当流量计口径与输水管直径一致时）或较少的水头损失（插入式电磁流量计或流量计口径与输水管直径不一致时），产品口径为 5 mm~3 000 mm。时差法超声波流量计的测量误差为 $\pm 1\%$ ~ $\pm 3\%$ ，水流的水温和含沙量对测量误差有影响，但可校正，没有水头损失（当流量计口径与输水管直径一致时），产品口径为 5 mm~9 000 mm。声学多普勒流量计推荐在含沙量 $S < 10 \text{ kg/m}^3$ 和悬沙直径 $d < 0.03 \text{ mm}$ 的被测水流中使用，测量误差为 $\pm 2\%$ ~ $\pm 3\%$ ，可供选用的产品口径为 6 mm~1 800 mm。

6.2.3.1 选购新型管道流量计应掌握以下原则：

- a) 根据前述各种新型流量计的适用条件和取水户的具体情况，选择适合需要的流量计；
- b) 选购设备时应执行 4.2 的有关规定；

- c) 按 6.2.2.1 之 c) 的规定选用流量计的口径；
- d) 应根据输水管的材质、总水头、安装环境和相对湿度大小选择流量计的防护等级；
- e) 仪表内宜设有自校单元，便于用户定期自检；
- f) 宜有避雷措施；
- g) 仪表的输出应满足 5.6.3 之 h) 规定的要求；
- h) 如选购电磁流量计还应考虑：
 - 1) 流量计的衬里材料和电极材料，应根据水质情况，与生产厂家配合选定；
 - 2) 同一厂家生产的同一型号的电磁流量计，其传感器和转换器应可以互换。
- i) 如选用时差式超声波流量计则应考虑：
 - 1) 夹装式超声波换能器应适应输水管的管壁材料；
 - 2) 夹装式换能器用于较大输水管道计量时，应有相应配件，并弄清其适用管径范围；
 - 3) 管道式超声波换能器应避免安装在管道内壁不平整的输水管段；
 - 4) 宜带有水温自动补偿。

6.2.3.2 现场安装新型流量计应遵守以下原则：

- a) 电源电压应符合仪器要求；
- b) 安装现场应满足流量仪表所要求的条件(如直管段、电磁波干扰小)等，传感器应良好地接地；
- c) 布线时，电源电缆不宜与讯号线近距离平行布置，并应分别加以保护，避免破损；
- d) 应采取措施保证安装传感器的管段不会产生气泡和泥沙淤积并始终为满管流(可咨询厂商)；
- e) 插入式电磁流量计应垂直安装在输水管道上，头部磁场方向应与水流流向正交，并按说明书要求，控制传感器的插入深度；
- f) 插入式电磁流量计安装好后应进行现场检定(如用夹装式仪表)；
- g) 如选用超声波流量计，在安装换能器的管段下游 $3D$ (D 为输水管道直径) 附近的输水管管壁上，牢固地安装一个带截门的、直径约为 10 mm 的取水样管，管口与输水管内壁齐平。

6.2.3.3 新型管道流量计的运行：

- a) 新型管道流量计的运行准备工作，按 5.6.2 之 b) 的规定执行；
- b) 如选用超声波流量计，当水流含沙量高于 10 kg/m^3 时，在上午 8 时、中午 12 时、下午 18 时，从取水样管取出水样，及时测量水样的水温和含沙量，以其平均值用公式(1)、(2)对声速进行校正。

6.2.3.4 输出信号应满足 5.6.3 之 h) 的要求。

6.2.3.5 误差来源与控制：

- a) 误差来源主要有：
 - 1) 仪表本身的误差如线性误差、随机误差；
 - 2) 传感器安装时没有严格按照要求进行；
 - 3) 没有用含沙量与水温校正声速；
 - 4) 测量管段可能发生淤积等。
- b) 误差控制的主要措施：
 - 1) 按 4.2 的有关要求选购合格产品；
 - 2) 按照本标准的有关规定精心安装；
 - 3) 用超声波流量计测流时，若水流含沙量和水温超过允许范围，应进行声速校正。

6.2.3.6 流量计量成果检查：

对管道流量计量成果的检查，除检查仪表的运行是否正常外，还应检查流量计的安装质量，包括流量计前后直管段长度是否满足要求、水表是否水平、运行中的满管流能否得到保证、电磁流量计的接地质量、插入式仪表的插入深度与方向是否符合说明书要求等，详细记录检查结果，并宜有专人负责。对

每一项工作进行及时检查、纠正,是管道流量计能否保证正常使用并达到预期目标的关键。

6.3 管道流量计的检定

管道流量计的检定周期为3年,根据就地就近原则,凡能离线的流量计,应送到国家认可的检定机构检定。不能离线的流量计,应申请检定机构进行现场比测。

7 成果汇总

应在每次取水结束后填写成果报告表。由水资源管理单位确定报告表内容,一般宜包括批准取水量、年度下达取水计划安排、截止至填写成果报告表时的实际取水量以及最近一次取水的记录:取水时段、取水量及变化情况、单次取水量及取水总量、备注等。
