

农业灌溉用水量率定规程

Regulation for flow rate calibration of agricultural irrigation water

2022-11-14 发布

2022-12-14 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	
2 规范性引用文件	
3 术语和定义	
4 一般规定	
5 率定方法	
6 率定设施要求	
7 现场率定要求	
8 保管与维护	
附录 A (规范性) 流量计算公式	
附录 B (资料性) 渠道标准断面水位流量关系率定数据记录表	
附录 C (资料性) 泵站以电折水率定数据记录表	
附录 D (资料性) 测流设施水位流量关系率定数据记录表	

前 言

本文件按照 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则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省水利厅提出并归口。

本文件起草单位：江苏省农村水利科技发展中心、江苏润州建设有限公司、河海大学、阜宁县水务局。

本文件主要起草人：胡乐、唐荣桂、高见、徐俊增、张凌霄、高祥、梁古柏、蔡振、丁亚、陶仁宗、王洁、翟林鹏、陈于、彭亚敏、孙超君、陶超、陈放、朱鹏飞、刘斌。

农业灌溉用水流量率定规程

1 范围

本文件规定了农业灌溉用水流量的率定方法、率定设施要求、现场率定要求、保管与维护等。
本文件适用于灌溉泵站及渠道的灌溉用水流量率定。

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文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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。

GB/T 19582.1—2008 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范 第 1 部分:Modbus 应用协议

GB/T 19862—2016 电能质量监测设备通用要求

GB/T 21303—2017 灌溉渠道系统量水规范

GB/T 35590—2017 信息技术 便携式数字设备用移动电源通用规范

GB 50265—2022 泵站设计标准

JB/T 9248—2015 电磁流量计

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

率定设施 instrument for flow rate calibration

采用便携式、装配式安装结构,实现现场快速组装拆卸的流量校准、标定设备。

3.2

流量率定 flow rate calibration

采用率定设施,将渠首泵站供水流量与用电量、供水流量与时长之间的关系进行标定,或将渠道标准断面的供水流量与水位之间的关系进行标定。

3.3

自动采集分析 automatic acquisition and analysis

率定设施自动采集水位、流量、电量、水泵电功率、灌溉时长等数据,并进行计算分析。

3.4

泵站以电折水测流法 flow measuring with pumping energy consumption

通过分析泵站出水流量与用电量之间关系,根据用电过程数据估算泵站出水流量的测量方法。

3.5

渠道标准断面水位-流量关系法 standard section flow measurement

选择顺直渠段上某一标准断面,用流速仪或流量计分析该段面水位与流量的关系,根据水位读数测定渠道流量的方法。

3.6

测流设施特征水位-流量关系法 flow measurement with designed instruments and water head

利用渠系现有渠系建筑物,或在合适渠段建设量水建筑物(一般是测流堰或测流槽),根据渠系建筑物量水建筑物特征水位计算渠道输水流量的方法。

4 一般规定

4.1 农业灌溉用水流量率定主要针对灌区三种广泛采用的流量计量方法、泵站以电折水测流法、渠道标准断面水位-流量关系法和测流设施特征水位-流量关系法。

4.1.1 采用泵站以电折水测流法,需要在泵站出水口安装率定设施,通过同步记录用电数据和流量过程数据,确定泵站流量与用电量之间关系。可以分为固定式泵站流量与用电量之间关系率定和移动式泵站流量与用电量之间关系率定。

4.1.2 采用渠道标准断面水位-流量关系法,需要在待率定渠道标准断面上游选择合适位置安装率定设施,通过率定设施的闸门调节形成若干率定工况,结合渠道标准断面测流水位数据和率定设施的流量数据,拟合确定渠道标准断面水位与流量之间的关系。

4.1.3 采用测流设施特征水位-流量关系法,需要在测流设施上游选择合适位置安装率定设施,通过率定设施闸门调节形成若干率定工况,区分淹没出流或自由出流,选定测流设施流量计算公式,结合测流设施特征水位和率定设施流量拟合确定测流设施特征水位与渠道流量之间的关系。

4.2 流量测量应与当次测量目的相关的参数测量同步进行,包括用电量、运行时长、水泵效率、扬程、特征水位等参数。

4.3 农业灌溉用水流量率定分为首次率定与复核率定。

4.4 电量参数包括电压、电流、功率因数和频率。按照 GB/T 19862—2016 中 5.7 的规定,电压、电流测量采用不确定度等级≤0.5%的仪器仪表,功率因数测量采用不确定度≤1.0%的仪器仪表。

4.5 率定设施及仪表采集数据采用统一的短频传输数据格式。

4.6 率定设施具备数据采集、上传、计算及存储功能,配置打印机实现现场打印。

4.7 率定设施采用充电电源作为设施供电的方式。

5 率定方法

5.1 泵站以电折水测流法

泵站以电折水测流法是通过水泵现场效率试验,针对每一机组实测水泵输入功率 P_i 、水泵扬程 H_i 和比测断面的实测流量 $Q_{i测}$,通过若干工况点的测量数据,建立流量、扬程、功率与机组效率的特性曲线,以供日常运行时通过测量电机单机功率 P_i ,并依据该特性曲线查找当前工况的效率值,通过多工况测试数据拟合推算单机流量 $Q_{i计}$,将各单机流量求和即得泵站总流量 Q_p ;

a) 泵效率计算,见式(1):

$$\eta_{i测} = 9.81Q_{i测}H_i/P_i \dots\dots\dots(1)$$

b) 多工况测试数据拟合计算,见式(2):

$$\eta_{i计} = f(H_i/P_i) \dots\dots\dots(2)$$

拟合方程决定系数 $R^2 > 0.9$ 方可认为率定的特征曲线有效。率定的关系可用于日常测流中的流量推算:

c) 正常运行时流量推算,根据现场采集的扬程 H_i 和用水泵输入功率 P_i 按式(3)计算:

$$q_i = P_i\eta_{i计}/9.81H_i \dots\dots\dots(3)$$

d) 对泵站多台同型号或不同型号水泵流量求和得到泵站实测流量 Q_p , 见式(4):

$$Q_p = \sum_{i=1}^m Q_{i\text{计}} = \sum_{i=1}^m \frac{P_i h_{i\text{计}}}{9.81 H_i} \dots\dots\dots (4)$$

式(1)~式(4)中:

- P_i ——水泵输入电功率,单位为千瓦(kW);
- H_i ——水泵扬程(上下游水位差),单位为米(m);
- $\eta_{i\text{计}}$ ——计算得到的水泵装置效率,%;
- $\eta_{i\text{测}}$ ——基于实测结果得到的水泵装置效率,%;
- $f(H_i/P_i)$ ——水泵效率计算的拟合函数(以 H_i/P_i 为自变量);
- m ——同时工作的水泵数量;
- $Q_{i\text{测}}$ ——测定的单机流量,单位为立方米每秒(m^3/s);
- $Q_{i\text{计}}$ ——计算得到的单机流量,单位为立方米每秒(m^3/s);
- Q_p ——泵站同时工作的多台水泵总流量,单位为立方米每秒(m^3/s)。

5.2 渠道标准断面水位-流量关系法

5.2.1 渠道标准断面测流,断面过水流量 Q_d 一般为断面水深 H 的函数。根据 GB/T 21303—2017 的规定,计算方式见式(5):

$$Q_d = aH^n \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- Q_d ——断面过水流量,单位为立方米每秒(m^3/s);
- H ——断面水深,单位为米(m);
- a ——拟合系数($a > 0$);
- n ——拟合指数。

5.2.2 渠道标准断面水位与流量关系系数率定,设定若干个测流工况(一般5个以上),采用率定装置测定断面水深 H 和其对应的断面过水流量 Q_d ,按照最小二乘原理进行拟合,得到拟合系数 a 和拟合指数 n 。拟合方程决定系数 $R^2 > 0.9$ 方可认为率定的水位流量关系有效。

5.2.3 对渠道标准断面的水位流量关系进行率定时,应采用率定设施同步测量断面处不同水位下的流量,建立流量与特征水位之间的关系。

- a) 对渠道标准断面进行率定时,应做到渠段顺直、断面规则、水流均匀、测流断面不受建筑物泄流影响;
- b) 测流断面上下游应具有长度 ≥ 15 倍水面宽度的顺直段。

5.3 测流设施特征水位-流量关系法

5.3.1 测流设施测流包括利用渠系现有渠系建筑物测流和建设量水建筑物测流,可用于量水的渠系建筑物包括闸涵、倒虹吸、跌水或渡槽,量水建筑物包括不同形式的测流堰(三角堰、矩形堰、梯形堰等)或测流槽(巴歇尔槽、无喉槽、长喉槽等)。针对具体的测流设施,需要根据其淹没出流

与否,或者闸门是否全开选择使用的流量计算公式(见附录 A 的表 A.1 和表 A.2)。

5.3.2 测流设施特征水位-流量关系法率定,需要根据具体量水方法中计算水位的物理意义,选择合适的监测点进行特征水位测量。

5.3.3 率定时需通过率定设施的闸门调节形成若干率定工况,工况数量应比公式中待定参数数量多 2 个且 ≥ 5 个。

5.3.4 基于各工况点监测的流量数据和测流设施处监测的特征水位,按照最小二乘原理拟合得到方程中的系数,拟合方程的决定系数 $R^2 > 0.9$ 方可认为率定的水位流量关系有效。

5.4 率定频次

5.4.1 首次率定

新建泵站计量装置、渠道标准断面用水计量点投入使用前应进行首次率定,首次率定的测流工况点 ≥ 5 个,每次测量工况的稳定时间 ≥ 15 min。对计量装置、计量点工程或设备进行改造将会导致原有率定结果不再适用,需按照首次率定的要求重新进行率定。

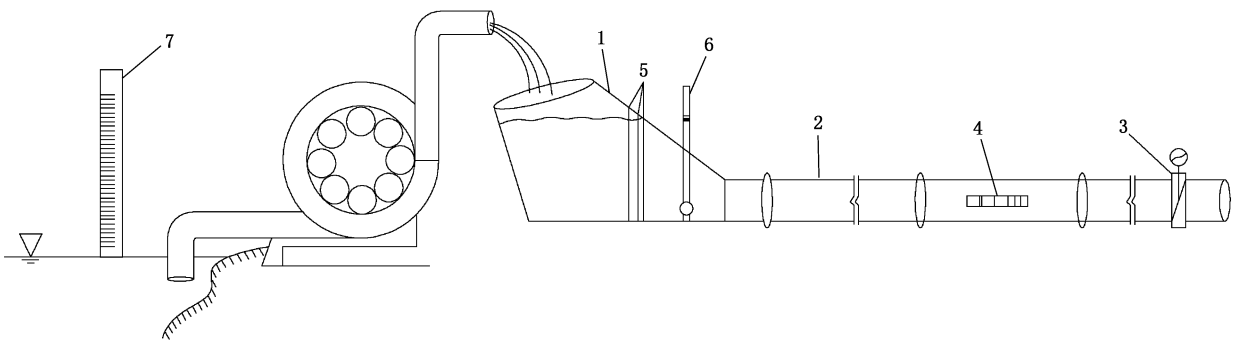
5.4.2 复核率定

泵站计量装置、渠道标准断面用水计量点投入使用后每 2 年应进行复核率定,复核率定的测流工况点 ≥ 3 个,每次测量工况的稳定时间 ≥ 15 min。

6 率定设施要求

6.1 现场率定装置

现场率定装置的组成包括:蓄水池、测量管道、水位计、流量计、稳流装置、挡水板、阀门、电功率计、蓄电池等,见图 1。



标注序号说明:

- 1——蓄水池;
- 2——测量管道;
- 3——阀门;
- 4——流量计;
- 5——稳流装置;
- 6——挡水板;
- 7——水位计。

图 1 农田灌溉用水流量测量原理示意图

6.2 功能要求

6.2.1 率定设施装配式预制管段应符合 GB/T 21303—2017 中 6.1 的规定,且满足如下要求:

- a) 预制管道宜选用环保、耐腐蚀、使用寿命长、抗压能力强的新型管材;
- b) 管道长度应根据每段总质量进行确定,以确保达到便携的目的;
- c) 管道接头应采用便捷方式连接,组合件应采用标准化配件。

6.2.2 渠首出口门槽设计应符合 GB 50265—2022 中 7.4 的规定。预制门槽宽度应与泵站额定流量、高程相匹配,确保连续测量时上游水流不溢出且满足测流满管的使用要求。

6.2.3 流量传感器的功能应符合 JB/T 9248—2015 中第 6 章的规定,且满足以下要求:

- a) 防水等级要求适用于农业灌溉现场工况,防护等级 \geq IP68,确保传感器不因为浸水而失效;
- b) 测量精度及测量方式应选用受环境影响较小的测量方式,以确保数据采集的精确度。

6.2.4 电功率计功能应符合 GB/T 19862—2016 中第 5 章的规定。

6.2.5 控制与智能模块应满足以下功能要求。

- a) 控制与智能模块应包括通信模块、过程控制及显示模块、供电模块、打印应用模块。
- b) 通讯模块根据现场情况选择 ZIGBEE 无线短频、无线 Wi-Fi 网络及物联网传输模块(需要物联网通讯卡)。具备传感器与采集器之间的数据通讯功能,数据稳定并实时上报,命令实时发送。
- c) 过程控制及显示模块应具备方便用户使用的人机界面,数据曲线查看、数据查询、预览打印功能。
- d) 打印机应具备彩色打印功能。

6.2.6 电源应采用便携式应急电源,满足 GB/T 35590—2017 中第 4 章的规定,且电源容量满足一次性工作 8 h 的使用要求,容量 \geq 60 000 毫安时(mAH),电流 \geq 10 A,功率 \geq 250 W。

6.2.7 仪表使用的通讯规约应按照 GB/T 19582.1—2008 中 5.2 的规定,统一通讯方式,统一设计协议,便于数据采集管理。

6.3 技术指标

6.3.1 率定设施的装配式流量测量管道应满足如下要求。

- a) 管径应根据灌溉泵站流量进行匹配,确保流量满管、不漫水;
- b) 材质宜选用 PE 等轻型材质;
- c) 管段长度应 \leq 2 m;
- d) 管段连接宜采用抱箍或卡箍式安装;
- e) 单体部位净重应 \leq 100 kg。

6.3.2 率定设施的流量计应满足如下要求:

- a) 电源要求:12 V~250 V AC(VDC)50 Hz/60 Hz,24 V DC(20 V~30 V AC);
- b) 精度等级:0.2 级;
- c) 功率损耗: \leq 5 mA;
- d) 输出:常开或常闭;
- e) 信号传输:4 mA~20 mA、RS232、RS485、RS422 等;
- f) 电导率: \geq 20 μ S/cm;
- g) 环境温度: -25 $^{\circ}$ C~ $+60$ $^{\circ}$ C;
- h) 材质及防水要求:IP68 防水等级,不锈钢,陶瓷,铂(电极)。

6.3.3 率定设施的水位计应满足如下要求:

- a) 电源等级:12 V~250 V AC(VDC)50 Hz/60 Hz,24 V DC(20 V~30 V AC);
- b) 量程:0 m~10 m;
- c) 测量精度:0.5%FS;
- d) 分辨率: \leq 1 mm;
- e) 信号传输:4 mA~20 mA、RS232、RS485、RS422。

6.3.4 率定设施的多功能表应满足如下要求:

- a) 测量数据:电压、电流、功率因数、频率、有功电能、无功电能等;
- b) 通讯协议:RS485、RS232、以太网通信;
- c) 测量精度:电压 \leq 1%、电流 \leq 0.5%、电能 \leq 0.5%、功率 \leq 1%。

7 现场率定要求

7.1 现场率定条件

7.1.1 农业灌溉流量监测,一般根据其灌区规模、渠系布局以及管理任务,提出计量需求,布设灌溉用水流量监测点。一般设置渠首监测点,测站位置宜在渠段顺直、水流平稳处设置,也可与引水闸结合设置。干、支级渠道应在分水闸下游或闸后设分水监测点,位置宜设置在渠段顺直、水流平稳处,必要时应对渠道进行整治,以满足测流条件。

7.1.2 对农业灌溉用水流量率定时,应对量水测站布局制定工作方案,按照“由上到下”和“先粗后细”的方式对灌区测流节点进行逐步率定;对不同的农业灌溉用水流量监测点,应根据其监测方式,选择率定方式。

7.1.3 对农业灌溉用水流量监测点,应结合流量监测方式和渠道基础条件合理选择率定设施的安装位置。位置的选择应符合下列要求:

- a) 对以电折水测流法的率定,率定设施应安装在泵站的出水渠首处;
- b) 对其他灌溉用水流量测定方法,率定设施应安装在流量监测点的上游侧,且两者之间的距离应大于 10 倍渠道设计水深;
- c) 渠道顺直、渠基稳固、断面规则,便于布置率定设施;
- d) 水流平顺,不受闸门启闭和渠系建筑物的影响;
- e) 交通、通讯便利。

7.2 率定设施安装要求

7.2.1 用水计量率定设施由首部控制闸门、过水管道、电磁流量计、水位计、电能采集仪、数据采集器 6 部分组成。

7.2.2 首部控制闸门门槽与渠道之间通过预埋螺栓连接,进行密封设计、防止漏水。闸门可调节开度,并标有刻度,能够方便读取闸门开度数据。

7.2.3 过水管道与电磁流量计采用相匹配的口径(D),根据测流范围选择合适口径。电磁流量计安装在距离首部控制闸门 $10D$ 处,电磁流量计下游侧管道长度为 $5D$,管道出口处应为淹没出流,以保证管道为满管状态。

7.2.4 水位测点选择在进水侧,宜采用压阻式液位传感器、超声波液位计、雷达式液位计,根据现场实际高程测设安装适宜的仪表类型,应安装在水位平稳段,避免因水泵运行导致的水位偏差,安装完成需在对应测点进行高程标定。

7.2.5 流量计安装在平直管段中预留的安装孔位,安装时应对流量计安装深度、测量方向进行标定,安装完成后根据实际管径,调整流量计参数,确保与实际管径相匹配。流量计宜采用插入式电磁流量计。

7.2.6 电功率计应安装在灌溉泵站控制柜内,连接的电源等级为 380 V AC,互感器根据现场水泵功率选配,安装完成后,应对仪表中数据修改互感器变比。

7.2.7 现场设施安装、拆除应满足便捷使用要求,整体拆装时间 ≤ 2 h。

7.3 测量时间与频次要求

数据率定时,每次 15 min 平稳流量作为一组参量,泵站率定组别 ≥ 3 次,水位流量关系率定组别 ≥ 5 次,根据测量结果进行数据分析。当水位变化较大时,应进行重新比测。

7.4 数据采集同步要求

在数据测量前,所有仪表均处于正常工作状态,通过分析仪表中采集数据,在平稳时间段,截取数据

进行率定工作。

7.5 试验数据记录要求

测量数据保存在本地测量采集分析仪存储,每次率定完成后,使用采集仪的打印功能,对本次率定结果进行打印,设施对比测数据进行本地存储,根据需要进行导出或存档,形成率定成果。参照附录 B、附录 C、附录 D 执行。

7.6 率定成果归档要求

7.6.1 率定成果应及时归档,归档范围包括率定工作中制定的工作计划、率定过程中产生的原始数据记录表格、数据整编与数据分析成果等。

7.6.2 所有数据记录、整编、分析成果等文件均需要有相关观测人、记录人、校核人签字。

7.6.3 成果归档要履行相关移交程序,有相关责任人签字。

7.6.4 档案文件应按照统一编号规则编号存档。

7.7 率定成果应用

率定成果应用于灌溉泵站或输水渠道计量设施偏差值的整定、以电折水设备用电量与流量之间的率定值整定、以时折水计量设备水位计与流量之间率定值的整定。

8 保管与维护

8.1 农田灌溉用水流量测量设施的运行管理应按照农田灌溉用水流量率定设施使用说明,制定运行管理制度和操作规程。

8.2 农田灌溉用水流量测量设施长期停用后应先充电,维修后再投入正式运行前,应进行试运行。

8.3 泵站提水率定时需要监测泵站进出水口有无水草杂物。

8.4 农田灌溉用水流量测量设施的维护与检修应按农田灌溉用水流量率定设施使用说明的要求执行,每次使用完成后,应做好设施管道等部件的防腐处理、仪表传感器的清洗。

附 录 A
(规范性)
流量计算公式

表 A.1 给出了测流堰和测流槽量水的流量计算公式。

表 A.1 测流堰和测流槽量水的流量计算公式

堰槽形式	公式	适用条件
三角形薄壁堰	$Q = \left(\frac{8}{15}\right) \mu \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) H^{2.5}$	自由流
	$Q = 1.4\sigma H^{2.5}$ $\sigma = \sqrt{0.756 - \left(\frac{h_2}{h_1} - 0.13\right)^2} + 0.145$ 式中: Q —— 流量,单位为立方米每秒(m^3/s); μ —— 流量系数; g —— 重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2); θ —— 三角堰堰顶夹角,单位为度($^\circ$); H —— 堰上水头,单位为米(m); σ —— 淹没系数; h_1 —— 上游水尺读数,单位为米(m); h_2 —— 下游水尺读数,单位为米(m)。	淹没流
矩形薄壁堰	$Q = mb \sqrt{2g} H^{1.5}$ 流量系数 m 用雷卜克公式计算, $m = 0.407 + 0.053 \frac{3H}{P}$	无侧收缩 适用范围: $0 < H/P < 6$
	$Q = \sigma b \sqrt{2g} H^{1.5}$ $\sigma = \left[0.405 + \frac{0.0027}{H} - 0.03 \frac{B-b}{B} \right] \left[1 + 0.55 \left(\frac{H}{H+P} \right)^2 \left(\frac{b}{B} \right)^2 \right]$ 式中: b —— 矩形堰的底宽,单位为米(m); B —— 渠宽,单位为米(m); P —— 堰高,单位为米(m)。	有侧收缩 适用范围: $P \geq 0.5H, b > 0.15\text{m},$ $P > 0.10\text{m}$
梯形薄壁堰	$Q = 1.86\sigma B_T H^{1.5}$ $\sigma_n = \sqrt{1.23 - \left(\frac{h_n}{H}\right)^2} - 0.127$ 式中: B_T —— 梯形堰的堰口底宽,单位为米(m); f —— 上下游水位差,单位为米(m); h_n —— 下游水面高出堰槛的水深,单位为米(m)。	淹没出流 适用范围: 下游水位高于梯形堰的堰槛,上下游水位差与堰槛高之比 $f/P < 0.7$

表 A.1 测流堰和测流槽量水的流量计算公式 (续)

堰槽形式	公式	适用条件
巴歇尔槽	$Q = 0.372W \left(\frac{h_1}{0.305} \right)^{1.569W^{0.026}}$	自由流 淹没度: $S = h_2/h_1 < 0.7$
	$Q_s = Q - \Delta Q$ $\Delta Q = 0.0746 \left\{ \left[\frac{h_1}{\left(\frac{0.928}{S} \right)^{1.8} - 0.747} \right]^{4.57-3.14S} + 0.093S \right\} W^{0.815}$ <p>式中: Q_s ——考虑下游淹没出流影响的流量,单位为立方米每秒(m^3/s); ΔQ ——下游淹没出流导致的流量修正值,单位为立方米每秒(m^3/s); W ——喉道宽度,单位为米(m); S ——淹没度,其值为 h_2/h_1。</p>	淹没流 淹没度: $0.7 < h_2/h_1 < 0.95$
无喉槽	$Q = C_1 h_1^{n_1}$ $C_1 = K_1 W^{1.025}$ <p>式中: C_1 ——自由流系数; n_1 ——自由流指数,受槽长影响; K_1 ——自由流槽长系数,受槽长影响。</p>	自由流
	$Q = \frac{C_2 (h_1 - h_2)^{n_1}}{(-\log_{10} S)^{n_2}}$ $C_2 = K_2 W^{1.025}$ <p>式中: C_2 ——淹没流系数; n_2 ——淹没流指数,受槽长影响; K_2 ——淹没流槽长系数,受槽长影响。</p>	淹没流
抛物线形喉口量水槽	$Q = \mu C_v h^2 / \sqrt{P_0}$ $C_v = \left(1 + \frac{\alpha_0 \mu^2 C_v^2 h^3}{2g P_0 A^2} \right)^2$ $\mu = 1.96 P_0^{0.011} / \epsilon^{0.13}$ <p>式中: P_0 ——抛物线形状系数,单位为负一次方米(m^{-1}); α_0 ——行进渠流速分布不均匀系数,对顺直渠道, $\alpha_0 \approx 1.08$; A ——水尺处过水断面面积,单位为平方米(m^2); h ——水尺处实测水深,单位为米(m); C_v ——流速系数; ϵ ——喉口断面收缩比。</p>	自由流 临界淹没度 不宜大于 0.88; 量水槽水尺前的 佛汝德数 Fr 应 小于或等于 0.5

表 A.1 测流堰和测流槽量水的流量计算公式 (续)

堰槽形式	公式	适用条件
直壁式量水槽	$Q = 0.261D^2 \sqrt{2gB_c} \left(\frac{0.516h_1}{R} + 0.0187 \right)^{1.5476}$ 式中: D —— U形渠道底弧直径,单位为米(m); B_c —— 量水槽喉口宽度,单位为米(m); R —— U形渠道底弧半径,单位为米(m)。	自由流 喉口断面收缩比 $\bar{\epsilon} = 0.5 \sim 0.65$
机翼型量水槽	$Q = \mu^{1.5} \sqrt{g} B_c^{(2.5-1.5n)} h^{1.5n}$ 式中: n —— 流量指数参数。	临界淹没度为 0.90
长喉道量水槽	$Q = \mu C_v 2/3 \left(\frac{2}{3g} \right)^{0.5} B_c h^{3/2}$ $\mu = \left(\frac{H_{1\text{总}}}{L} - 0.07 \right)^{0.018}$ 式中: $H_{1\text{总}}$ —— 上游渠段总水头(喉道槛顶算起),单位为米(m), $H_1 = h_1 + v^2/2g$, h_1 和 v 分别为堰上水深和流速; L —— 喉段长度,单位为米(m)。	$0.1 \leq H_1/L \leq 1.0$

表 A.2 给出了闸涵建筑物量水的流量计算公式。

表 A.2 闸涵建筑物量水的流量计算公式

建筑物形式	公式	适用条件	备注
倒虹吸	$Q = CZ^n$ 式中: Q —— 流量,单位为立方米每秒(m^3/s); Z —— 倒虹吸上下游水位差,单位为米(m); C —— 待率定系数; n —— 待率定指数。	—	—
闸涵	$Q = mbh \sqrt{2gH}$	全开自由流	闸底水平、闸后无跌坎、闸后底宽等于入口底宽
	$Q = mbh_H \sqrt{2g(H-h_H)}$	全开淹没流	
	$Q = mbh_g \sqrt{2g(H-0.65h_g)}$	有闸控制自由流	
	$Q = mbh_g \sqrt{2gZ_1}$	有闸控制淹没流	
	$Q = mbh \sqrt{2gH}$	全开自由流	闸后有跌坎 (<0.4 m)、闸后底宽不小于入口底宽
	$Q = mb\sigma H \sqrt{2gH}$	全开淹没流	
	$Q = mbh_g \sqrt{2g(H-0.5h_g)}$	有闸控制自由流	
	$Q = mbh_g \sqrt{2gZ_1}$	有闸控制淹没流	

表 A.2 闸涵建筑物量水的流量计算公式 (续)

建筑物形式	公式	适用条件	备注	
闸涵	矩形暗涵 直立单孔平板闸	$Q = mbh \sqrt{2gH}$	全开自由流	—
		$Q = mbh_H \sqrt{2g(H-h_H)}$	全开淹没流	—
		$Q = mbh_g \sqrt{2g(H-0.65h_g)}$	有闸控制 自由流	—
		$Q = mbh_g \left(1 + \frac{0.65h_g}{H}\right) \sqrt{2gZ_H}$ 式中: Z_H ——涵上下游水位差,单位为米(m), $Z_H = H - h_H$ 。	有闸控制 淹没流	—
	圆形暗涵 单孔 平板闸	$Q = m \left(\frac{1.12H}{r} - 0.25\right) r^2 \sqrt{2gh}$	全开自由流	直立单孔平板闸门, 进口有翼墙
		$Q = m \left(\frac{1.8h_H}{r} - 0.25\right) r^2 \sqrt{2g(H-h_H)}$	全开淹没流	
		$Q = m \left(\frac{1.8h_g}{r} - 0.25\right) r^2 \sqrt{2g(H-0.7h_g)}$	有闸控制 自由流	
		$Q = m \left(1 + 0.65 \frac{h_g}{H}\right) \left(\frac{1.8h_g}{r} - 0.25\right) r^2 \sqrt{2gZ_H}$	有闸控制 淹没流	
		$Q = m \left(\frac{H}{r} - 0.25\right) r^2 \sqrt{2gH}$	全开自由流	斜立式平板闸门, 进口无翼墙
		$Q = m \left(\frac{1.8h_H}{r} - 0.25\right) r^2 \sqrt{2g(H-h_H)}$	全开淹没流	
		$Q = m \left(\frac{1.8h_g}{r} - 0.25\right) r^2 \sqrt{2g(H-0.65h_g)}$	有闸控制 自由流	
	$Q = m \left(1 + 0.65 \frac{h_g}{H}\right) \left(\frac{1.8h_g}{r} - 0.25\right) r^2 \sqrt{2gZ_H}$ 式中: r ——圆管的内半径,单位为米(m)。			
	明渠矩形 直立多 孔平板闸	$Q = mbh \sqrt{2gh}$	全开自由流	短闸墩,闸底水平, 闸后无跌坎
		$Q = mbh_H \sqrt{2g(H-h_H)}$	全开淹没流	
		$Q = mbh_g \sqrt{2g(H-0.65h_g)}$	有闸控制 自由流	
		$Q = mbh_g \sqrt{2gZ_1}$	有闸控制 淹没流	

表 A.2 闸涵建筑物量水的流量计算公式 (续)

建筑物形式	公式	适用条件	备注	
闸涵	明渠矩形 直立式多 孔平板闸	$Q = mbh \sqrt{2gH}$	全开自由流	短闸墩, 闸后有跌坎
		$Q = mb\sigma H \sqrt{2gH}$	全开淹没流	
		$Q = mbh_g \sqrt{2g(H - 0.5h_g)}$	有闸控制 自由流	
		$Q = mbh_g \sqrt{2gZ_1}$	有闸控制 淹没流	
	单孔平地 弧形闸	$Q = mbh \sqrt{2gh}$	全开自由流	长闸墩, 闸底水平, 闸后无跌坎
		$Q = mbh_H \sqrt{2g(H - h_H)}$	全开淹没流	
		$Q = mbh_g \sqrt{2g(H - 0.65h_g)}$	有闸控制 自由流	
		$Q = mbh_g \sqrt{2gZ_1}$ 式中: Z_1 ——闸前闸后水位差, 单位为米(m), $Z_1 = H - h_1$ 。	有闸控制 淹没流	
	单孔平地 弧形闸	$Q = mbh \sqrt{2gH}$	全开自由流	—
		$Q = mbh_H \sqrt{2g(H - h_H)}$	全开淹没流	
		$Q = [0.4 (\frac{h_u - h_g}{R})^2 + 0.5] bh_g \sqrt{2g(H - 0.7h_g)}$	有闸控制 自由流	
		$Q = [0.42 (\frac{h_u - h_g}{R})^2 + 0.52] bh_g \sqrt{2gZ_1}$ 式中: R ——扇形闸门半径, 单位为米(m); h_u ——扇形闸门转动轴心距闸床高度, 单位为米(m)。	有闸控制 淹没流	

附录 B

(资料性)

渠道标准断面水位流量关系率定数据记录表

表 B.1 给出了渠道标准断面水位流量关系率定数据记录表。

表 B.1 渠道标准断面水位流量关系率定数据记录表

率定断面及编号															
工程概况 (渠道断面尺寸、 形状、渠段坡降、 衬砌情况、糙率等)															
率定频次	<input type="checkbox"/> 首次率定 <input type="checkbox"/> 复核率定														
校对率定单位															
率定时间															
率定地点															
率定工况	工况一			工况二			工况三			工况四			工况五		
率定工况描述															
重复次数	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
水位值															
T_1 时刻															
T_1 时刻水量															
T_2 时刻															
T_2 时刻水量															
$T_1 \sim T_2$ 时刻平均流量															
平均值															
率定公式 $Q_d = aH^n$				$a =$			$n =$			回归方程 R^2					
率定结果	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格														
观测人															
记录人															
校验人															
存档交接签字															

附 录 C

(资料性)

泵站以电折水率定数据记录表

表 C.1 给出了泵站以电折水率定数据记录表。

表 C.1 泵站以电折水率定数据记录表

泵站及编号															
泵站信息	泵型号														
	功率														
	扬程														
	流量														
率定频次	<input type="checkbox"/> 首次率定 <input type="checkbox"/> 复核率定														
率定单位															
率定时间															
率定地点															
率定工况	工况一			工况二			工况三			工况四			工况五		
率定工况描述															
重复次数	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
进水池水位															
出水池水位															
T ₁ 时刻电表读数															
T ₂ 时刻电表读数															
T ₁ 到 T ₂ 时刻间电功率															
T ₁ 时刻水量															
T ₂ 时刻水量															
T ₁ 到 T ₂ 时刻间流量															
泵效率率定结果															
泵效率率平均值															
率定公式 $\eta_{i测} = f(H_i/N_i)$	公式: $R^2 =$														
率定结果	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格														
观测人															
记录人															
校核签字															
存档交接签字															

附录 D

(资料性)

测流设施水位流量关系率定数据记录表

表 D.1 给出了测流设施水位流量关系率定数据记录表。

表 D.1 测流设施水位流量关系率定数据记录表

率定设施编号															
测流设施概况 (测流设施类型、对应测流分类(表 A.1 和 A.2 中)的相关信息、规格、有无断面收缩、目前采用的计算公式等)															
率定频次	<input type="checkbox"/> 首次率定 <input type="checkbox"/> 复核率定														
校对率定单位															
率定时间															
率定地点															
率定工况	工况一			工况二			工况三			工况四			工况五		
率定工况描述 (应包括闸门是否全开、是否淹没出流)															
重复次数	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
水位值 1(率定设施处)															
水位值 2(测流设施上游)															
水位值 3(测流设施下游)															
T_1 时刻															
T_1 时刻水量															
T_2 时刻															
T_2 时刻水量															
$T_1 \sim T_2$ 时刻平均流量															
平均值															

表 D.1 测流设施水位流量关系率定数据记录表 (续)

率定公式(同一测流设施 可能存在不同工况下 公式不一样)	公式 1: _____ 备注()
	系数 1()= _____ 系数 2()= 回归方程 R^2
	公式 2: _____ 备注()
	系数 1()= _____ 系数 2()= 回归方程 R^2
率定结果	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
观测人	
记录人	
校验人	
存档交接签字	

参 考 文 献

- [1] GB/T 11828 水位测量仪器
 - [2] GB/T 30948—2021 泵站技术管理规程
 - [3] GB/T 50138—2010 水位观标准
 - [4] GB 50179—2015 河流流量测验规范
 - [5] SL 317—2015 泵站设备安装及验收规范
 - [6] SL/T 426—2021 水量计量设备基本技术条件
 - [7] SL/T 427—2007 水资源监测数据传输规约
 - [8] SL 537—2011 水工建筑物与堰测流规范
 - [9] SL 548—2012 泵站现场测试与安全检测规程
 - [10] DB32/T 2197—2012 水文自动测报系统数据传输规约(修订)
-