

大中型灌区取用水量测控设施计量能力提升探讨

谢崇宝

(中国灌溉排水发展中心,100054,北京)

摘要:计量是实现单位统一和量值准确可靠的活动,测量是通过实验获得并可合理赋予某量一个或多个量值的过程,基于对灌区量测控设备的认识,首次将量测控设备细分为量水、测水、控水设备和多功能集成设备等主要类型。为有效提升灌区量测控设备的计量性能,简要概述了适宜灌区水量计量性能评估的五种主要检定与校准测试方法,并针对如何提升灌区取用水量测控能力,从量测控系统整体规划布局、计算模型创新、平稳流态构建、运维质量提升和监测数据应用等五个方面提出了相关意见和建议。

关键词:计量;测量;检定;校准;测控一体化设备;大中型灌区

Discussion on improving measuring capacity of water metering and control equipment for water intake and utilization in large and medium-sized irrigation districts//Xie Chongbao

Abstract: Metrology is an activity to unify weights and measures, and to obtain reliable and accurate value. Measurement is a process to get one or more reasonable data of quantity by experiment. Based on the understanding and functioning of measurement and control equipment in irrigation districts, it is the first time to subdivided the measurement and control equipment into water measuring equipment, water exploring equipment, water control equipment and multi-functional integrated equipment. In order to effectively improve the functions of metering and control equipment in irrigation districts, five main evaluation methods on verification and calibration for water quantity measurement in irrigation districts are briefly summarized. In view of how to improve the measurement and control ability of water quantity in irrigation districts, relevant suggestions and comments are put forward from five aspects: overall planning and layout of measurement and control system, innovation of water flow calculation model, keeping of stable flow system, improvement of operation and maintenance quality and application of monitoring data.

Keywords: metrology; measurement; metrological verification; metrological calibration; water measurement and control equipment; large and medium-sized irrigation district

中图分类号:S277.9

文献标识码:B

文章编号:1000-1123(2022)01-0052-04

为深入贯彻新发展理念,全面落实“十六字”治水思路,切实执行水资源刚性约束机制,有效推动水资源集约节约安全利用,迫切需要切实提升灌区取用水设备计量性能。目前我国大中型灌区共有7880多处,有效灌溉面积5.2亿亩(1亩=1/15 hm²),年均灌溉用水量2150亿m³左右,占全国农业灌溉用水总量的61%,但与此同时,大型灌区农田灌溉水利用系数仅为0.525,中型灌区仅为0.540,与国际先进水平相比仍有较大差距,因

此,大中型灌区仍是农业节水的重要领域。实践表明,灌区取用水的总量控制和定额管理、水权明晰和水价改革、区域配置和精细化管理,灌区水量的计量和控制都是构成这些重要措施的基础性工作。为全面、准确、及时掌握灌区取用水情况,提高水资源管理精细化水平,大中型灌区取用水量测控设施必将得到进一步推广与普及,因此,对其计量性能的提升和完善,是一项十分必要和紧迫的工作。

一、量测控设备计量性能室内检定与校准测试方法

灌区量测控设备不仅包括量水、测水和控水设备,也包括集成设备即水量测控一体化设备,其内涵关键词所界定为“比较”“探究”“驾驭”“集成”。量测控设备的研发、生产、安装、运维等过程需要开展大量的试验与测试工作,这些工作对量测控设备计量性能的提升和完善具有重要的作用。由于流量计量设备种类繁多,其

收稿日期:2021-11-18

作者简介:谢崇宝,正高级工程师,首席专家,主要从事灌区量测水、灌溉现代化、高效节水灌溉和农村饮水安全水源地保护等技术研究和设备开发工作。

测量原理、设计结构、加工工艺、使用环境等不尽相同,有必要通过室内流量标准装置对这些量测控设施的计量性能进行评价。实验室检定与校准主要测试方法包括标准表法、容积法和静水槽法三大类。

1.标准表法

以标准流量计为标准器,通过构建适当的水流通道,使流体在相同的时间间隔内连续通过标准流量计和被检流量设备,比较两者的输出流量值,从而确定被检测流量设备的计量性能,其主要组成包括水源、标准流量计、待检流量装置、循环水流系统和相关测控系统等。标准表法可用于各种类型的流量装置的检定、校准、比对及流量测试方法的研究,是流量值传递的重要手段,标准表法系统组成如图1所示。

2.容积法

容积法也称体积法,以储水池为标准器,通过构建适当的水流通道和可测变化容积装置,测量一段时间内储水池中水体体积变化来标定待测装置的计量性能。具体操作中,在试验渠槽中或管道上安装待测流量装置,通过闸门或泵站控制输水,启动

待测装置并记录瞬间流量和累计水量,同时监测入池水量体积变化,通过与待测流量装置累计水量相比较,从而评价待测流量装置的计量性能,如图2所示。实践中,遵循容积法相同检定原理,标准储水池可用标准容量罐代替,水体体积变化监测可用高准确度的称量设备代替,在这种工况下,由于标准量器从储水池和容量罐调整为称量设备,因此,这种检定与校准方法也称之为称量法或称重法。

3.静水槽法

静水槽法也称为静水拖曳法,以检定车为标准器,通过构建横截面均匀一致的直线矩形长水槽,以各种稳定的车速牵引拖曳被测装置,测出被测装置的流速计量性能。一般而言,矩形长水槽其槽体尺寸的大小,应根据检定仪器的类型、检定数量和最大检定速度等确定,且应保持必要的长度、宽度和水深,并要求水槽内壁光滑平整。静水槽在长度方向应分为三个区间,分别为加速区、匀速运动区和减速区,其中匀速运动区为仪器检定阶段,如图3所示。静水槽法是水体不动,待测设备在检定车的带动下穿过水体,以稳定的检定车速度表示待测

设备穿过水体的速度,从而标定待测设备的流速计量性能。动水槽法与此相反,待检设备固定于水槽水体中的某个位置,水流运动,通过对比标准器来标定待测设备的流速计量性能。动水槽法通常需要较大投资才能获得可精确控制流速的水流,因而实际应用较少,相应静水槽法却简单易行且精度较高,已得到普遍应用。

二、量测控设备计量精度现场检定与校准测试方法

量测控设备安装到灌区现场后,由于环境的改变,理想的水力学条件被打破,加之运行的持续,部分结构参数或运行参数不可避免地会发生变化,因此,定期对运行中的量测控设备的计量性能进行现场测试是十分必要的。现场测试方法主要包括实流标定法和几何检验法两大类。实流现场比对应严格遵守相关测试规程规范,并应对相关施测单位提出资质要求。

1.实流标定法

根据相关规程规范,流速仪测流成果可用于率定水工建筑物流量系数、确定过流断面水位流量关系曲

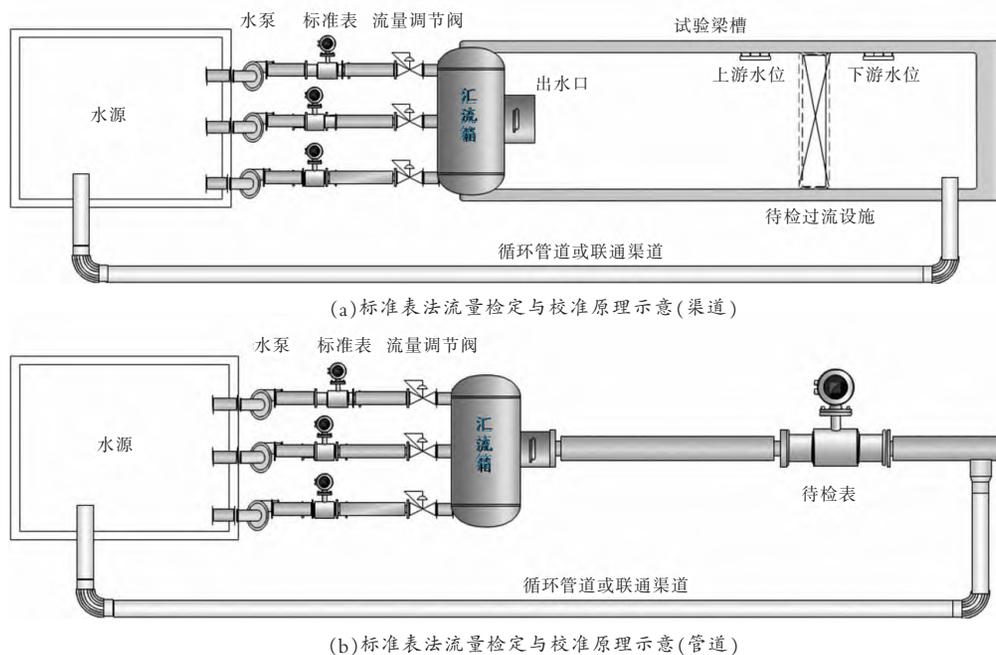
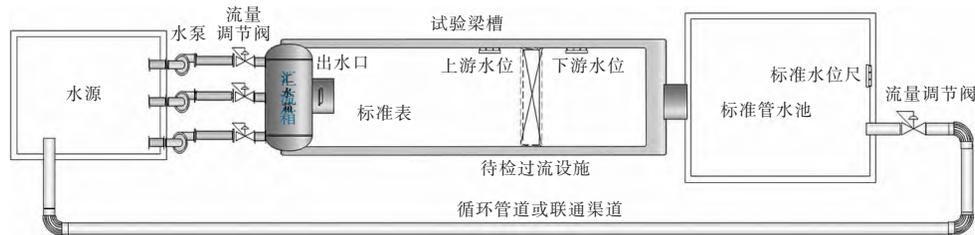
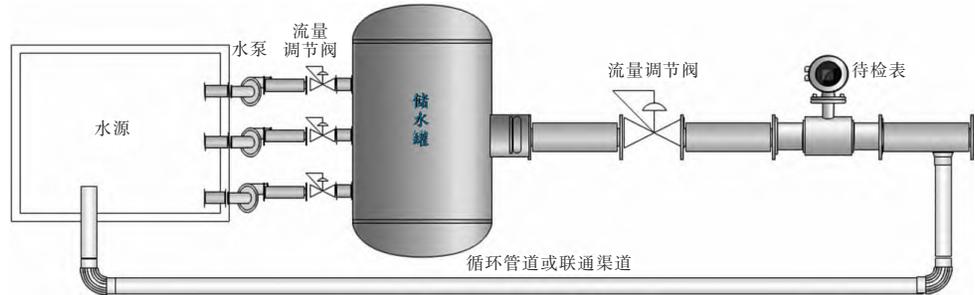


图1 标准表法流量检定与校准

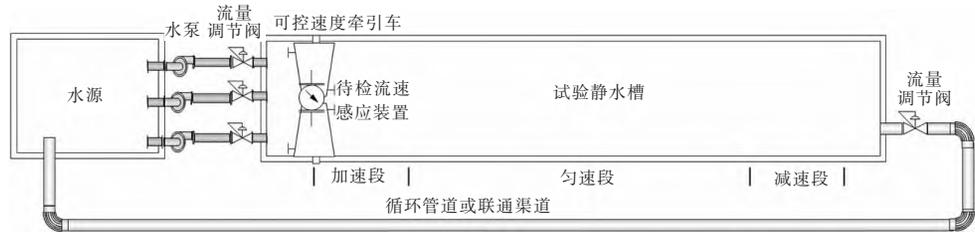


(a) 容积法流量检定与校准原理示意(标准蓄水池)

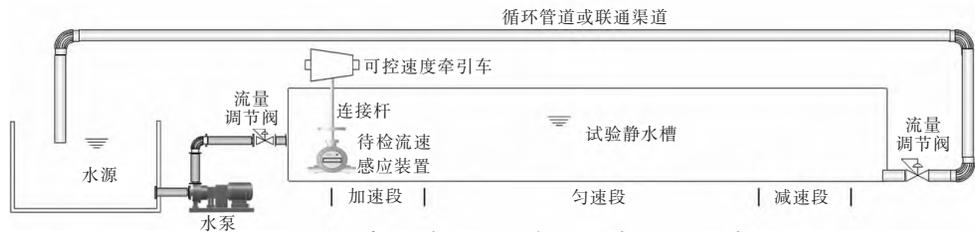


(b) 容积法流量检定与校准原理示意(标准储水罐)

图2 容积法流量检定



(a) 静水槽法流速检定与校准原理示意(平面图示意)



(b) 静水槽法流速检定与校准原理示意(剖面图示意)

图3 静水槽法流速检定与校准

线、分析渠道水利用系数等,因此现场实流标定法目前仍以国家标准推荐的流速仪量水为依据。流速仪量水主要包括过流断面面积测量和过流断面平均流速测量与计算。具体操作中,应在待检设备的上下游适当位置水流平稳处,选择布设实流测定断面,在整个测试期间,两个测流断面的上下游不应有施测断面的过流过程造成影响,两测流断面之间不应有任何其他入流或出流,过流断面水流流态应保持平稳。流速仪量水重点要把握测流垂线和垂线测点的布置及测流传感器的选定。当测流点布设确定以后,可根据现场条件和人力物力

配备情况,选择确定适宜的测量方式和每个测点的测流历时。这些方式主要包括人工逐点流速施测和自动控制逐点流速施测,推荐采用框架式流速仪多点同时施测方法。随着新型量测设备的研制并获得计量认证许可,可以逐步实现更加便捷的断面流量实测,如不同水深层流速施测,全断面走航式 ADCP 施测等。

2.几何检验法

当实流标定法由于技术经济、人力物力、现场环境等多种因素导致无法便捷使用时,可采用几何检验法对安装在现场的测流设备的计量精度进行可靠度分析。实际上,几何检验

法是在现有理论和经验数据的基础上,直接由尺寸测量来确定流量监测设备计量性能的校验方法。几何检验法所需要使用的标准计量器具主要包括水准仪、长度尺、角度仪、钢卷尺、测深杆、水位计等,依靠这些标准设备和附近的固定水准点高程,对待测的计量设备结构参数和水位测量设备的安装高程及水头参数进行测量,得到多种参数的不确定度,再经过综合分析得到待测设备过流量的不确定度。

综合上述测试方法,在实际工作中,由于现场环境比较复杂,测试目标和测试要求不尽相同,因此可根

据待检测设施周边具体条件,因地制宜选择适宜的测试比对方法。如就近具备体积足够大的规范蓄水池或规整的干涸渠道,可依据容积法原理完成现场流量测试;如就近具备良好测流装置的固定泵站或移动水泵,可依据标准表法原理完成流量现场测试。

三、意见与建议

1. 科学制定灌区取用水量测控系统整体规划

灌区量测控系统整体规划布局关系到全灌区水资源的优化调度及灌溉供水服务的安全性、公平性、可靠性和灵活性。由于灌区水资源的全局性和水流的系统性及水量调配的网络性,灌区量测控系统网站布局应遵循整体规划和分步实施的原则,应力求避免在具体项目执行过程中出现上下游不匹配和先后建设相矛盾的尴尬局面。应高度重视大中型灌区量测控设施的整体规划,充分利用现有渠系及建筑物来完成计量功能的提升,同时应保持灌区上下游量测控设备选型和计量精度的合理一致性。在实现途径上,应结合农业水价综合改革及大中型灌区续建配套与现代化改造,补充完善灌区量测控设施专项规划或专门章节,细化实化水量测控方案,在取水口、干支斗渠口门、行政管理边界、特定用户取水点、骨干工程与田间工程输配水分界点等关键环节,通过新建安装适宜的计量设施或采用适当方法改善已有设施的计量性能,有效扩大灌区取用水量覆盖范围,全面提升灌区取用水量监测与控制水平。

2. 努力提升经典量水方法模型创新能力

根据量测控相关国家及行业标准,灌区量水应优先推荐使用建筑物量水和标准断面量水,这些经典量水方法不仅节约建设成本,而且不增加新的水头损失,也不会由于新增计量设施导致渠道输配水淤堵的风险,但

这些经典量水方法在实际运用过程中,相较其他新型量水技术而言确实存在计量精度相对较低的问题。究其原因,这些经典量水方法为便于应用采取了一些过于简化的算法,突出表现在对流量系数选择和断面流场分布研究上缺乏深入分析,以简单应用代替复杂运算。因此针对建筑物量水,应分门别类建立流量系数与闸门开度或其他单一影响因素的相关关系,以更简捷且更精准地得到变化条件下实际流量与理论流量之间的关系,提升流量计算精度;针对标准断面量水,应满足必要的顺直渠段长度,随着数字孪生技术的应用,通过计算流体动力学方法对标准断面水流速度场分布进行创新研究,可以有效提高流量计算精度和监测效率,将推荐优先使用的量水方法真正落到实处。

3. 着力构建量测控设施现场平稳流态

灌区量测控设施安装应考虑现场环境条件,并应满足相关技术经济要求。对更新改造工程,应根据现场条件和更新改造要求,选择更加科学合理的量测控模式,以模式确定设备,力求同时满足不过大破坏原有基础设施又能满足水力学测流条件,实现量测控功能的整体提升,但现实条件若必须在原址上改造,则应进行水力学复核,多方案比较优化,尽可能通过适当位移或局部修正增加或完善一些导流设施,以期在新的量测控设施创造良好的入流条件,持续保持现场平稳流态;当然,对新建工程,在规划设计阶段就应该满足水流平稳要求,现场施工时更应严格遵照设计执行,后期加强维护,从根本上解决现场流态的平稳问题。

4. 切实提高量测控设施全程运维质量

量测控设施全程运维应包括设备制造到数据分析加工的全过程。设计制造阶段,应着眼于设备的全生命周期,从结构的受力计算、制造的材

料工艺、现场的水力条件、安装的土建施工、维修的方便快捷等多方面综合考虑,完成设计后再按照相关技术规范要求进行加工制造。出厂销售阶段,所有量测控设备出厂前必须完成质量检验,特别是对具有计量功能的量测控设备更应该完成计量检定或校准的室内测试,以保证合适的测量精度要求。安装运维阶段,对已在现场的量测控设备,应定期开展计量精度现场测试,保障计量设施在满足计量准确度的基础上正常运行,同时加强设备后期运维,做好设施改造升级。管理运行阶段,要科学合理制定适宜的运维方案,加强现场运维人员的实操培训,同时应建立有效的量测控设施全程运维质量责任体系,细化操作流程,明确计量设施各个环节的技术要求和管理要求,完善监测计量信息管理平台,同步推进数据信息共享,提高设备现场运维效能,切实保障计量数据的质量安全和信息安全。

5. 落实责任主体实化监测计量成果应用

目前灌区的管理体制主要是采用专管与群管相结合的模式,但无论采取何种管理体制和运行机制,灌区引水、输水、配水、用水和排水是一个完整的链条,应逐级落实水量计量的责任主体。为有效建立水资源刚性约束机制,不仅应提升灌区全程量测控水量计量数据质量,更应加强量测控数据的实际应用力度,实化监测数据应用途径,实现计有所用和以用促计。 ■

参考文献:

- [1] 谢崇宝. 大中型灌区高效用水全程量测控技术模式构建 [J]. 中国水利, 2021(17).
- [2] 灌溉渠道系统量水规范 (GB/T 21303—2017) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [3] 明渠堰槽流量试行检定规程 (JJG 711—1990) [S]. 北京: 中国计量出版社, 1990.

责任编辑 韦凤年