■ 灌溉技术与装备 ■

文章编号: 1672 - 3317 (2022) 07 - 0051 - 06

可调芯管角度全塑短管超声波水表研制

战国隆^{1,2}, 贾俊喜², 王强学², 牛少卿¹

(1.大禹节水(天津)有限公司 天津市节水灌溉装备企业重点实验室, 天津 武清 301712;2.天津市大禹节水灌溉技术研究院, 天津 武清 301712)

摘 要:【目的】提高农田灌溉和供水超声波水表密封性、生产效率、耐候性等问题。【方法】采用材料改性与新型水表结构设计相结合的方法,开展了超声波水表换能器与密封结构、配方改性材料等方面的研究。【结果】①采用可调角换能器结构和平滑内腔,流场稳定,减少水表底部结垢对超声波水表精度的影响,适应不同安装条件;② 设计了机械密封结构,解决了传统灌胶密封水表不可重复维修利用的难题,提高了水表使用寿命及耐压稳定性和密 封性能;③采用80 mm短管型式显著减小了超声波水表长度;玻纤加尼龙66工艺配方塑化生产大幅度降低水表质量, 提高了耐候性和生产效率。【结论】研制的一种新型结构和材质的超声波水表,依据《饮用冷水水表和热水水表》 (GB/T 778.4—2018)进行测试,水表达到1级精度;可靠性、耐候性、安装方便程度显著提高,生产成本大幅降低。 关键词:超声波水表;可调角换能器;机械密封 中图分类号:X171.1 文献标志码:A doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2022046 OSID:

战国隆, 贾俊喜, 王强学, 等. 可调芯管角度全塑短管超声波水表研制[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(7): 51-56. ZHAN Guolong, JIA Junxi, WANG Qiangxue, et al. A New Ultrasonic Water Meter with Adjustable Core Pipe Angle and Short Plastic Pipe[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2022, 41(7): 51-56.

0引言

【研究意义】我国农业用水占到总用水量 60%以 上,存在用水粗放、用水效率低,节水管理机制不健 全等问题。量测设备配备及水量精准计量是施行农业 用水管理、实现"总量控制定额管理"的基础,也是 保障农业水价综合改革的前提条件。

【研究进展】超声波水表由于受环境和水质影 响较小,目前在灌溉和供水水量计量中得到大量应 用^[1-3]。王贤妮等^[7]、宁晨等^[8]、程杰等^[9]对机械式水 表、电磁式水表、射流式水表、超声波水表进行了性 能参数对比,提出超声波水表在性能和应用前景上优 于电磁水表、射流式水表和机械水表;杨剑^[13]使用 FPGA 技术对超声波流量计做了进一步的研究;黄侨 蔚^[16]利用 CFD 技术对比不同结构参数,分析对流量 计内流速稳定性的影响,进而得出各个参数的最优 尺寸。李明伟等^[17]推导了适用于管道流量测量的 Lamb 波的色散方程,建立了一套管道 Lamb 波理论。 【切入点】但存在以下问题:第一,传统超声波水表 换能器安装孔位固定,受安装条件限制,会造成换能 器位于管道底部,在管道存在杂质沉淀情况下,超声 波水表计量精度和稳定性受到很大影响,甚至无法计 量。同时,传统超声波水表相同管径情况下根据测量 声道数的不同采用的壳体型式不同,显著增加了生产 制造成本:二是传统超声波水表干湿隔离即壳体与电 池电路板之间的隔离大多采用灌胶密封,由于胶体老 化或热胀冷缩等易造成密封部位渗水,影响水表使用 的可靠性;在水表需要维修调整时,往往需要人工敲 掉密封胶,费时费力,易造成水表损坏,降低了水表 使用寿命, 增加了运维费用; 三是传统超声波水表多 采用金属铸件,表体管段较长,使用过程中存在易生 锈、自重量大、运输和安装不便等。【拟解决的关键 问题】为此,本文从超声波水表新型结构设计和配方 材料改性出发,以提高超声波水表性能和降本增效为 目标,研究换能器结构、胶封和机械密封及材料对超 声波水表的性能影响,开发新型超声波水表换能器、 密封结构、玻纤加尼龙 66 塑化工艺配方等,为具有 新型密封结构和材料的超声波水表研究提供参考。

1 设计与方法

1.1 超声波水表结构设计

超声波水表是通过检测超声波声束在水中顺流 逆流传播时因速度发生变化而产生的时差,分析得出 水的流速从而进一步计算流量的一种新式水表。传统 超声波水表换能器组件在管段结构内部空间位置固 定,当测量管段内的水量突然变小时,会导致超声波

收稿日期: 2022-01-21

作者简介: 战国隆(1984-),男,吉林长岭人。高级工程师,硕士,主要从事农业水土方面的研究。E-mail:zhanguolong52@126.com

在水中传播时出现信号传导上的失真,直接影响超声 波水表的测量精度;换能器定位孔确定后安装方式不 能变换,只能按照定位换能器"反射式"或"对射式" 固定安装^[1-2]。针对上述问题,将与水表主体基表配 套的换能器固定安装座设计为相邻定位柱之间的夹 角为 90°,2 个可拆卸的半圆柱芯管以特定角度固定 在基表内部,在表头和基表不变的情况下,通过更换 不同的半圆芯管便可以改变换能器的安装方式及数 量,安装座与同一种结构的水表主体基表匹配,安装 座(内支架)和水表主体基表(外承压防水)的结构 设计,提高了胶密封换能器和信号线安装效率,实现 对射类、反射类、单声道类、多声道类等不同结构的 超声波水表制造。结构设计见图 1、图 2 所示。





图 2 新型超声波水表换能器结构图

Fig.2 New type Ultrasonic water meter transducer structure

水表干湿隔离采用螺钉固定表头下壳压紧密封 压盖,使双孔橡胶密封塞发生挤压密封,如图3所示。 相较于传统灌胶密封,受冲击及温度等外界因素影响 小,可实现长期可靠的密封效果;密封结构省去了传 统水表组装工序中的灌胶和固化环节以及多股线出 线承压密封难题,减少了生产流程,提高水表生产 组装效率。采用短管方式,DN65超声波水表长度由 220 mm 减少到 80 mm,降低了原料成本。



图 3 超声波水表机械密封结构示意图

Fig.3 Ultrasonic water meter mechanical seal structure diagram 1.2 超声波水表承压部件静应力有限元分析

超声波水表阀体作为水表主要的承压部件,为验证阀体承压强度,通过 Solid Works simulation 对阀体承压部件进行静应力分析。综合考虑结构强度及耐候性,阀体材料选用机械强度高、耐候性能好的PA66+25%GF(尼龙+25%玻纤)增强树脂,相关参数见表1。

网格划分采用高品质四面体网格,相关参数见表 2、图 4,根据曲率进行了网格细化,见图 5;表体受力面主要是表体内环面,设计压力为 1.0 MPa,表体最大承压为设计压力 1.5 倍,见图 6。

表1 静应力有限元分析参数表

Table 1	Static stress	finite element	analysis of	parameter table
ruore r	State stress	mine element	analysis of	purumeter tuble

					5 1					
属性	弹性模量/(N	m ⁻²) 泊松比	比 抗剪模量/(N m ⁻²)	质量密度/(kg	质量密度/(kg m ⁻³) 张力哲) 屈服引	强度/(Nm ⁻²)	热膨胀系数	
数值	9 299 999 744 0.28		3 200 000 000	1 050) 142 558 992		139 042 992		3E-05	
			表 2	有限元网格划	分参数					
Table 2 Finite element meshing parameters										
算例参数	网络类型	所用网格器	高质量网格雅可比点	单元大小/mm	公差/mm	网格品质	节总数/个	单元总数/个	最大高宽比	
数值	实体网格	实体网格 标准网格 16		2.321 59	0.116 08	峝	1 662 317	1 150 492	72 204	
	图 4	表体静应力分	▶ 析网格划分		图 5 局部细化网格					

Fig.4 Meter body static stress analysis of meshing





图6基表受力边界条件设置













Fig.9 Meter body strain diagram

根据图 7—图 9 可知,在 1.5 倍设计压力下,基 表内圈受到水压力作用向外膨胀变形,应力通过内外 圈连接筋板作用到基表外圈。由于内圈受到筋板和外 圈的支撑约束,在筋板和内外圈连接部位出现了较大 的应力集中。表体应力与应变最高点在筋板与内圈外 部镂空处,最大应力为 11.7 MPa;位移与筋板之间的 深度相关,最大位移为 0.012 mm,所选用材料及结 构设计强度满足使用需求。因此,在表体设计中尤其 是要注意内壁厚度,筋板间深度满足连接胶圈安装即 可,避免深度过大造成应力与位移的叠加,增加内壁 中部承压。

1.3 流场模拟与分析

为了分析管道内换能器安装位置对流场的影响, 设计了模拟管道并安装水表,对流体子域的入口管 道、出口管道及水表芯管内部过流区域进行了边界 设置和网格划分,采用 k-ε湍流模型,表面温度293 K, 表面粗糙度 6.3 μm,设定入口流速 2 m/s,出口压力 101 kPa,模拟换能器安装位置对流场的影响。



图 10 流体子域及边界条件设置





Fig.11 Fluid grid



图 12 换能器安装轴线平面流线分布图







由图 12、图 13 流动模拟结果可知,换能器安装 轴线平面流线分布图可明显看出流速变化区域,主要 集中在水流与换能器接触面;垂直于换能器安装轴线 平面的流线分布图未见明显流速变化区域;管壁换能 器安装位置,突出的圆弧结构部分最大流速点在换能 器仰角与水流接触处,区域很小,整体紊流区域较小, 多数区域流速稳定,流动较为平稳,保障了超声波水 表的精度。同时,换能器背水侧未产生汽蚀现象,内 腔平滑设计减小了噪音,可保证水表长期运行的可靠性。

1.4 产品性能测试

采用《冷水水表检定规程》(JJG162—2009)与 《饮用冷水表和热水水表系列标准》(GB/T 778—2018)作为检测标准。检验设备在大禹节水(天 津)有限公司厂区内,是经天津市计量监督检测科学 研究院检定合格的专用水表检测台,检验装置见图 14。采用称质量法检定方式,包括4个不同口径的标 准电磁流量计、标准称重台、水箱、水泵、稳压罐、 压力传感器、温度传感器以及升、降温系统等。电磁 流量计采用电磁分离传感器,精度为 0.2%。标准容 器称质量台的最小分辨力为 0.025 kg。升、降温系统 装置的温度范围为 0~90 ℃,检测结果见表 3。



图 14 超声波水表检测台

Fig.14 Ultrasonic water meter test bench

表 3	超声	波水	表误	差检测
-----	----	----	----	-----

Table 3 Ultrasonic water meter error detection										
序号	试验方法	检测方式	采集方式	表号	流量点	称质量示值/kg	水表示值/L	误差/%	是否合格	整表是否合格
1 固有误差试验					Q_1	40.46	41.59	2.792 9	合格	
	田右坦羊津孙	白店汁	MDUC	1	Q_2	60.62	61.58	1.587 9	合格	A 14
	后停法	MBUS	1	Q_3	3 057.6	3 068.26	0.348 7	合格	合恰	
				Q_4	4 218.4	4 225.02	0.156 8	合格		
2 固有误差试验			MBUS	2	Q_1	40.44	39.94	-1.229 0	合格	合格
	田士归兰小孙	白店社			Q_2	60.62	61.58	1.587 9	合格	
	回有呋左试验	后停法			Q_3	3 057.8	3 063.37	0.182 3	合格	
					Q_4	4 219	4 300.23	1.925 4	合格	
				3	Q_1	40.48	41.48	2.471 6	合格	
2	田右坦羊津孙	白店汁	MDUC		Q_2	60.63	60.43	-0.323 4	合格	人技
3	回有庆左风短	后佇法	MBUS		Q_3	3 053.4	3 028.24	-0.823 9	合格	宣恰
					Q_4	4 220.8	4 220.10	-0.016 7	合格	
		启停法	MBUS	4	Q_1	40.32	40.91	1.455 6	合格	合格
4	田方温差过砂				Q_2	60.53	61.51	1.622 3	合格	
4	回有庆左风迎				Q_3	2 042.6	2 043.43	0.040 6	合格	
					Q_4	4 221.8	4 262.99	0.975 7	合格	
		启停法	MBUS	5	Q_1	40.32	40.81	1.214 3	合格	合格
5	固有误差试验				Q_2	60.53	60.71	0.298 9	合格	
5 回有祆左试					Q_3	2 042.6	2 036.64	-0.291 8	合格	
					Q_4	4 221.8	4 280.37	1.387 4	合格	
		启停法	MBUS	6	Q_1	40.32	41.07	1.861 1	合格	
6	固有误差试验				Q_2	60.53	60.48	-0.079 3	合格	人物
0					Q_3	2 042.6	2 045.34	0.134 3	合格	宣恰
					Q_4	4 221.8	4 265.71	1.040 1	合格	
		启停法			Q_1	40.32	40.77	1.110 4	合格	
-	固有误差试验		MBUS	7	Q_2	60.53	59.97	-0.917 4	合格	A 14
/					Q_3	2 042.6	2 046.04	0.168 4	合格	合格
					Q_4	4 221.8	4 258.68	0.873 7	合格	
8 固有误差		之 启停法		8	Q_1	40.36	40.39	0.083 7	合格	
	固有误差试验		MBUS		Q_2	60.54	60.55	0.022 3	合格	A 14
					Q_3	2 042.6	2 037.65	-0.242 5	合格	合格
					Q_4	4 102.2	4 212.09	2.678 8	合格	
9 固有误差		《差试验 启停法		9	01	40.36	39.55	-2.009 7	合格	
	固有误差试验		MBUS		\tilde{Q}_2	60.54	60.39	-0.243 8	合格	
					Q_3	2 042.6	2 042.69	0.004 3	合格	合格
					Q_4	4 214.8	4 219.86	0.120 0	合格	
		差试验 启停法		10	Q_1	40.36	40.38	0.050 0	合格	
					Q_2	60.54	61.58	1.712 6	合格	A 14
10	固有误差试验		MBUS		Q_3	3 064.2	3 065.85	0.053 9	合格	台格
					Q_4	4 214.8	4 239.83	0.593 8	合格	

注 Q_1 为对应最小流量测试时段的示值; Q_2 为对应分界流量测试时段的示值; Q_3 为对应常用流量测试时段的示值; Q_4 为对应过载流量测试时段的示值。

通过表 3 可知,试验的 10 块超声波水表,依据 《饮用冷水水表和热水水表》(GB/T 778.4—2018), Q₂ 和 Q₄ 高区流量(Q₂≤Q≤Q₄)误差在±2%以下; Q₁ 和 Q₂ 低区流量(Q₁≤Q≤Q₂)的误差均小于最大 允许误差(±3%),达到了 1 级水表精度要求。

2 讨 论

郭志新等^[18]针对农田灌溉量水要求的经济性和 水质的特殊性,研制了旋杯式农用水表,但目前市场 应用较少。乌骏等^[19]应用 Fluent 软件对 DN80 农用水 表内部流场进行数值模拟,计算了 6 个流量点下的转 速,获得了水表内部压力与速度分布信息,并结合试 验结果对模拟误差曲线进行对比分析,整体趋势和 吻合度较高。计宏辉^[20]根据叶轮式水表的结构和工作 原理分别建立数学理论模型和三维结构模型,对不同 内部结构的水表进行仿真分析,使用流量性能测试台 进行了性能测试,初步建立水表流量测量特性曲线, 指导水表结构优化设计,为加快水表新产品研发的进 度、减少新产品研发投入的成本、稳定生产提供了经 验参考。

本文所设计的超声波水表主要过流部件均采用 高分子复合材料注塑而成,相较于传统的金属铸件超 声波水表体积减少 64%,质量减小 75%以上,省去了 铸造及机械加工等复杂工序;采用通径结构,即表体 管道量测部分不含有机械结构,可以减少水中浮游生 物或藻类对农业灌溉涡轮或机械水表结构量测精度 的影响。传统的超声波水表密封采用胶封,本文设计 了机械密封结构,使现有超声波水表适应温差变化能 力大幅提升,密封更加稳定可靠。传统的超声波镜面 反射结构易在底部结垢,影响水表计量精度,本研究 设计了可调角的芯管结构,将反射镜面设计为可调可 更换,可将镜面位置调转至非管道底层,减少了底层 沉积结垢对水表精度的影响,运营维护更加方便。表 体和芯管全塑结构,安装运输方便,性价比较高。

目前研制的产品有 DN50、DN65、DN80、DN100 共4种规格超声波水表,对于更小或更大尺寸水表的 密封性能、承压稳定性能还有待进一步验证。此外, 由于灌溉超声波水表现场安装条件较为复杂,一些特 殊条件造成的水力学特性变化对超声波水表的影响 也尚需进一步明晰。

3 结 论

1)创新设计了内置可调角度的换能器芯管,可
 适用不同角度结构安装,增加了水表的适应性,并使
 相同管径的表体结构实现了统一。

2) 设计的易拆卸的机械密封结构,提高了系统

耐压能力和维护保养的方便性。

3) 表体采用短管全塑件, 耐候性、耐水解性、 冲击韧性得到了提高, 降低了生产和运输成本。

4)内腔平滑设计,不易积垢,流场更加稳定, 有效减小了噪音,提高计量精度,产品达到(GB/T 778.4—2018)规定的1级水表精度要求,已在云南 元谋、丽江和新疆博乐等地节水灌溉工程中应用。

参考文献:

- 王磊阳,陈建峰,刘明祥,等. 一种高精度时差法超声波水表的设计 与实现[J]. 传感技术学报, 2019, 32(8): 1 175-1 181, 1 193.
 WANG Leiyang, CHEN Jianfeng, LIU Mingxiang, et al. Design and implementation of a high precision ultrasonic water meter based on time difference method[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2019, 32(8): 1 175-1 181, 1 193.
- [2] 荆刚. 超声流量测量关键技术研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2007. JING Gang. Research on vital techniques of ultrasonic flow measurement[D]. Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2007.
- [3] 严渊达,应任锋,朱恒杰.大口径超声波水表压力损失工程计算方法[J]. 仪表技术,2019(7):12-14.
 YAN Yuanda, YING Renfeng, ZHU Hengjie. Engineering method of calculating the pressure loss of the ultrasonic water meter[J]. Instrumentation Technology, 2019(7): 12-14.
- [4] 李红卫, 玄惠萍. 远传水表存在的问题及改进方法初探[J]. 中国计 量, 2002(2): 40-41.
- [5] 邹蓬, 吕传玉, 李凤名. 时差法超声波流量计的原理和设计[J]. 建 设科技, 2012(4): 88-89.
- [6] 卢其伦. 一种水表信息管理系统的设计[J]. 计量与测试技术, 2020, 47(7): 26-28.

LU Qilun. Design of an information management system for water meter[J]. Metrology & Measurement Technique, 2020, 47(7): 26-28.

- [7] 王贤妮, 宋财华. 超声波流量计的应用与前景[J]. 工业计量, 2015, 25(6): 34-37.
- [8] 宁晨,顾宇,周康源,等.新型高精度超声波流量计的设计[J]. 声学 技术, 2003, 22(4): 251-254, 261.
 NING Chen, GU Yu, ZHOU Kangyuan, et al. A new design for high precision ultrasonic flowmeter[J]. Technical Acoustics, 2003, 22(4): 251-254, 261.
 [9] 程杰,李福成. 浅谈超声波流量计的使用[J]. 现代制造技术与装备,
- 2012(4): 42, 46. CHENG Jie, LI Fucheng. Discussion on the use of ultrasonic

flowmeter[J]. Modern Manufacturing Technology and Equipment, 2012(4): 42, 46.

- [10] 江杰,罗长海. 超声波流量计换能器参数的选择[J]. 自动化仪表, 2012, 33(10): 76-79.
 JIANG Jie, LUO Changhai. Selection of the parameters for transducer of ultrasonic flow meter[J]. Process Automation Instrumentation, 2012, 33(10): 76-79.
- [12] 张世豪, 叶显苍. 如何正确看待水表的始动流量[J]. 工业计量, 2006, 16(4): 26-27.
- [13] 杨剑. 基于 FPGA 超声波流量计的设计[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.

YANG Jian. Design of ultrasonic flowmeter based on FFGA[D]. Wuhan: [18] 郭志新, 李金山, 廖永诚, 等. 旋杯式农用水表的研制[J]. 节水灌溉, Wuhan University of Technology, 2012.
[14] 赵嵩颖. 工程流体力学[M]. 北京: 航空工业出版社, 2012.
[15] 印志新, 李金山, 廖永诚, 等. 旋杯式农用水表的研制[J]. 节水灌溉, 2009(12): 14-17, 21.
[16] GUO Zhixin, LI Jinshan, LIAO Yongcheng, et al. Development of GUO Zhixin, LI Jinshan, LIAO Yongcheng, et al. Development of Guo Zhixin, LI Jinshan, LIAO Yongcheng, et al. Development of Guo Zhixin, LI Jinshan, LIAO Yongcheng, et al. Development of Guo Zhixin, LI Jinshan, LIAO Yongcheng, et al. Development of Guo Zhixin, LI Jinshan, LIAO Yongcheng, et al. Development of Guo Zhixin, LI Jinshan, LIAO Yongcheng, et al. Development of Guo Zhixin, LI Jinshan, LIAO Yongcheng, et al. Development of China Shi Chin

[15] 姚灵. 超声水表测量误差分析及处理[J]. 仪表技术, 2015(5): 1-4, 23. YAO Ling. Analysis and processing on measurement errors of the ultrasonic water meter[J]. Instrumentation Technology, 2015(5): 1-4, 23.

- [16] 黄侨蔚. 带流动调整器 U 型声道超声波流量计流场特性仿真及优化[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
 HUANG Qiaowei. Characteristics simulation and optimization onthe flow field of U-channel ultrasonic flowmeter with a flow conditioner[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2013.
- [17] 李明伟,王芳,张波.宽波束超声波流量计Lamb 波发射技术研究[J]. 大连理工大学学报,2004,44(4):528-532.
 LI Mingwei, WANG Fang, ZHANG Bo. Research on lamb-wave emissive technology of wide-beam ultrasonic flowmeter[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2004, 44(4): 528-532.
- GUO Zhixin, LI Jinshan, LIAO Yongcheng, et al. Development of rotary cup type water-meter used in agriculture[J]. Water Saving Irrigation, 2009(12): 14-17, 21.
- [19] 乌骏,张裕松. 基于 CFD 的农用水表内部流动机理研究[J]. 仪表技术, 2021(2): 43-46, 54.

WU Jun, ZHANG Yusong. Research on flow mechanism of agricultural water meter based on CFD[J]. Instrumentation Technology, 2021(2): 43-46, 54.

[20] 计宏辉. 叶轮式水表性能的仿真和测试及其结构优化分析[D]. 上海: 华东理工大学, 2016.

JI Honghui. Simulation and testing of impeller water meter performance and its structure optimization[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2016.

A New Ultrasonic Water Meter with Adjustable Core Pipe Angle and Short Plastic Pipe

ZHAN Guolong^{1,2}, JIA Junxi², WANG Qiangxue¹, NIU Shaoqing¹

(1.Dayu Water-saving (Tianjin) Co. Ltd., Tianjin Key Laboratory of Water-saving Irrigation Equipment Company,

Tianjin 301712, China; 2. Tianjin City Dayu Water-saving Irrigation Technology Research Institute, Tianjin 301712, China)

Abstract: 【Objective】 This paper presents a new ultrasonic water meter for use in farmland irrigation management. It is waterproof, efficient and weather resistance. 【Method】 We study the modified materials of ultrasonic water meter transducer and the sealing structure by combining material modification with new water meter structure design. 【Result】①Using the adjustable angle transducer structure and the smooth inner cavity, the flow is stable. It reduces the impact of scaling at the bottom of the meter on the accuracy of the ultrasonic water meter and adapts to different

installation conditions. ②A mechanical sealing structure is designed to resolve the problem that data measured from the traditional glue-sealed water meter is less repeatable for maintenance and utilization. It improves the service life, pressure stability and sealing performance of the water meter. ③The length of the ultrasonic water meter is significantly reduced by using the 80 mm short tube. Glass fiber plus nylon 66 process formula plasticizing production can greatly reduce the weight of the water meter, improve its weathering-resistance and production efficiency. 【Conclusion】A new type of ultrasonic water meter with improved structure and material was developed. According to the "Drinking cold water Meter and hot Water Meter" standard (GB/T 778.4—2018), the accuracy of the water meter reached Level 1. It improves the reliability, weathering-resistance, installation convenience, while reducing production costs, both at significant level.

Key words: ultrasonic water meter; adjustable angle transducer; mechanical seal

责任编辑: 白芳芳