

交通运输部计量检定规程
水面无人测深系统
（征求意见稿）
编制说明

规程起草组
2026 年 4 月

目 录

一、任务来源	1
二、编写背景	1
三、编写过程	2
四、编制依据	3
五、主要技术内容	4
六、规程过渡期的建议	11
七、废止现行有关规程的建议	11
八、其他应予说明的事项	11

一、任务来源

本项目来源于交通运输部下发的《关于下达 2025 年交通运输标准化计划(第二批)的通知》(交科技函〔2025〕557 号),计划编号为 JJG 2025-10。本规程主要由交通运输部天津水运工程科学研究所、浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院)、交通运输部东海航海保障中心、上海华测导航技术股份有限公司、厦门市计量检定测试院起草。在制定过程中,得到了相关单位的支持、协助与配合,组织行业专家进行了研讨并开展了必要的试验验证工作,获得了具有指导性的意见及试验数据。

二、编写背景

目前,国内水运工程水下地形测量主要采用载人船搭载全球导航卫星系统(GNSS)与测深换能器的方式,常用的有单波速测深仪、多波速测深仪。在实际水深测量时,对于船舶无法到达的浅滩、岸边等水域,只能利用载波相位动态实时差分(RTK)技术进行人工涉水测量,如遇地形复杂、水流湍急等区域,测量人员的安全很难得到保障。

近年来,水面无人智能化测深技术迅速发展,水面无人测深系统备受重视。而随着“交通强国”和“海洋强国”战略的提出,我国的水面无人测深系统也迈入了新的阶段,水面无人测深系统应用渐成趋势,这给水面无人测深系统的测量准确性提出了更高的要求。大概 20 年前,东海航海保障中心就曾利用遥控艇绑着测量水深的设备去危险水域探测,可以说是水面无人测深系统进行水深测量的开端,经过这么多年的发展,水面无人测深系统在行业内执行测深任务已经十分成熟。

水面无人测深系统集成定位定姿测量系统、无线通讯系统、能源动力系统、测深系统等高精度测量传感设备于一体,可进行水深参数的同步测量。与传统的船舶带着测深设备进行水深测量相比,水面无人测深系统具有智能化、可设定测深航迹线、可在危险水域开展测深任务,测量效率更高,安全性更好的特点。但在水面无人测深系统的动态定位误差、航迹线偏差、系统测深等关键参数的要求上仍然需要计量技术方法研究工作的支撑,从而保障水面无人测深系统的水深测量数据更准确更可靠。

水面无人测深系统在水下地形测量领域得到广泛应用,具有广阔前景。然而,

目前我国尚无水面无人测深系统的国家、部门和地方计量检定规程，因此急需开展水面无人测深系统部门检定规程的制订工作，以指导该设备的计量标准建设和后期的检定校准工作，保证其量值准确，从而更好地服务交通水运工程建设及其他科学研究工作。

三、编写过程

（一）主要起草人员及其所做的工作

本规程第一起草单位为交通运输部天津水运工程科学研究所，主要负责项目整体的计划安排、计量技术指标的确定和技术文件的编写。浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院)负责提供试验样机和实验数据处理；交通运输部东海航海保障中心负责技术参数论证；上海华测导航技术股份有限公司负责提供样机；厦门市计量检定测试院主要参与技术内容讨论。

本规程主要起草人为高术仙、李最森、张良、孙月文、张明敏、吴彬、郑伟峰，主要工作内容见表 1。

表 1 主要起草人承担工作情况表

序号	姓名	单位	工作内容
1	高术仙	交通运输部天津水运工程科学研究所	负责全面主持项目，制定总体技术方案，提出计量性能指标，主要负责第1章、第2章、第3章、第4章、第5章和第6章技术内容的编写。
2	李最森	交通运输部天津水运工程科学研究所	主要参与第4章和第5章编写。
3	张 良	交通运输部东海航海保障中心	主要参与第1章、第3章和第5章编写。
4	孙月文	（浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院)）	主要负责第7章试验验证。
5	张明敏	交通运输部天津水运工程科学研究所	负责动态定位误差和航迹线测量误差的计量测试，主要参与第6章编写。
6	吴 彬	上海华测导航技术股份有限公司	主要参与第5章和第7章编写。
7	郑伟峰	厦门市计量检定测试院	主要参与第5章和第6章编写。

（二）工作进程

面对行业内的急迫需求，交通运输部天津水运工程科学研究所首先搜集了国内外的相关技术资料，联合国内最大的水面无人测深系统研发生产单位上海华测导航技术股份有限公司开始对水面无人测深系统目前在行业内的使用情况、计量需求进行了广泛的调研。在此基础上，成立了规程草案编写组，具体工作进程如下：

2025 年 9 月，计划立项，由交通运输部天津水运工程科学研究所会同参与单位成立《水面无人测深系统》检定规程起草组，细化工作内容，明确任务分工。

2025 年 10 月~2025 年 11 月，调研国内外研究进展及应用情况，制定总体技术方案。

2025 年 12 月~2026 年 2 月，开展量传溯源方法研究，确定计量技术参数及指标，建立量值溯源路线，开展相关实验研究，修改和验证主要计量技术指标。

2026 年 3 月~2026 年 4 月，完成规程征求意见稿、编制说明及其他技术资料。

（三）重大分歧意见的处理经过和依据

无。

四、编制依据

（一）编制原则

本规程主要依据 JJF 1059.1—2012《测量不确定度的评定与表示》以及《交通运输计量技术规范制定、修订程序及编写要求》（JT/T 17—2025）进行编制。

规程在编制的过程中，遵循以下原则：

1. 协调性原则，即本规程与现行的法律法规协调一致；
2. 适用性原则，即规程中技术指标符合当前的技术水平，技术指标的确定符合当前厂家所能达到的技术水平；
3. 科学性原则，水面无人测深系统检定规程中关于性能试验的内容，符合国家标准的相应要求；
4. 溯源性原则，水面无人测深系统作为试验检测设备，属于计量器具，因此该传感器检定方法参考国家量值溯源系统表，以确保量值溯源链的完整以及数据的准确可靠。

（二）参考文献

- 1.《全球卫星导航系统(GNSS)定向设备性能要求及测试方法》(BD 420073—2022)
- 2.《海道测量规范》(GB 12327—2022)
- 3.《海洋调查规范第 10 部分：海底地形地貌调查》(GB/T 12763.10—2007)
- 4.《回声测深仪》(JJG(交通) 032—2015)

（三）国内外标准技术文件的兼容情况

1.本规程编写过程中，参考借鉴了 BD 420073—2022 全球卫星导航系统（GNSS）定向设备性能要求及测试方法中相关的技术要求等内容，并根据实时定位技术的不同特点，给出了水平实时动态定位误差和高程实时动态定位误差。

2. 本规程编写过程中，航迹线最大偏差指标参考了 GB 12327—2022 海道测量规范中 4.5.4 水深测量中水深点的平面位置极限误差（置信度 95%）的规定中一等测量要求和二等测量要求来确定航迹线最大偏差的技术指标。

3.本规程编写过程中，停泊稳定性指标参考了 GB/T 12763.10—2007 海洋调查规范第 10 部分：海底地形地貌调查中 5.3.1 测深仪检验一节中对于停泊稳定性试验的思路和限差的要求，采用在稳定的野外试验场，短时间相对固定的水深环境，通过多次重复测量的方法，并对多次测量的数据进行比对的方式，对测深示值稳定性提出具体要求。

4.根据《交通运输计量技术规范制定、修订程序及编写要求》(JT/T 17—2025)对水面无测深系统检定规程进行了编制。在内容、格式上与其保持一致，规程的具体内容包括范围、术语、被检仪器简述、计量特性和要求、计量技术要求、计量控制（包括检定条件、检定项目、检定方法、检定结果的处理及检定周期）及附录。

5.依据《测量不确定度评定与表示》(JJF 1059.1—2012)对不确定度进行评定。

（四）有关现行法律法规和强制性国家标准的关系

本规程不违反现行法律、法规和强制性国家标准。

五、主要技术内容

本规程包括：范围，术语，被检仪器简述，计量特性和要求，计量技术要求，

计量控制，附录 A，附录 B，附录 C。

（一）范围

根据《交通运输计量技术规范制定、修订程序及编写要求》(JT/T 17—2025)，本部分用来说明规程的使用范围，以明确规程的主题及对该计量器具控制有关阶段的要求。

本规程适用于测深范围为 1 m-100 m 的水面无人测深系统的首次检定、后续检定和使用中检查。

考虑到水面无人测深系统的应用范围主要在河口区、内河航道、湖泊、水库等区域，因此确定水面无人测深系统的测深范围和本规范的适用范围。

目前市面上使用的水面无人测深系统主要包括无人测量船集成单波束测深设备和搭载多波束测深设备两类，根据目前调研的情况看，搭载单波束测深仪的水面无人测深系统为集成定位定姿一体化的测深系统，单波束测深设备内置到无人测量船体内部，两者为一个整体。而多波束测深设备不是单一的多波束测深仪，而是一整套系统，系统一般包括声速仪、RTK、姿态惯导等设备，因此搭载多波束测深设备的水面无人测深系统的无人测量船仅为一个搭载平台，而非一体化设备，目前多波束测深系统已建立完善的溯源方法和计量标准装置，因此，本规范中的水面无人测深系统为集成单波束测深仪的水面无人测深系统。

（二）术语和定义

本规程对使用到的专业术语进行释义。

“水面无人测深系统”集成无人平台、动力系统、通讯系统、供电系统、定位系统和单波束测深仪等测量传感器为一体，通过自主控制和无线遥控的方式，实时获得测区水深信息的设备。

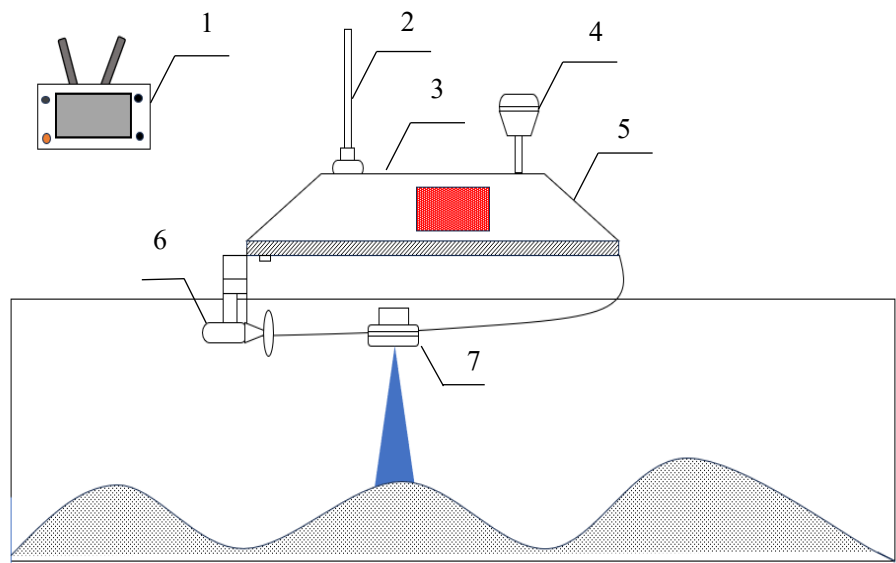
（三）被检仪器简述

概述分三段，分别表述水面无人测深系统的用途、工作原理和构造。

水面无人测深系统是一种适用于江河、湖泊、水库、海岸及港口码头等水域内测量水深的设备。

水面无人测深系统是利用超声波在水中的传播特性和水底的反射特性来测量水深，结合高精度定位系统对水面无人测深系统搭载的单波束测深仪换能器中心进行三维动态定位，最终得到测区各测点定位和水深数据。

水面无人测深系统主要由无人平台、动力系统、通讯系统、供电系统、定位系统、单波束测深仪和遥控器组成，水面无人测深系统结构示意图见图 1。



标引序号说明：

- 1——遥控器； 2——通讯系统； 3——供电系统； 4——定位系统；
5——无人平台； 6——动力系统； 7——单波束测深仪。

图1 水面无人测深系统结构示意图

（四）计量特性和要求

技术参数提出之前，调研了“上海华测导航技术股份有限公司”、“珠海云洲智能科技股份有限公司”、“江苏中海达海洋信息技术有限公司”、“北洋蓝水智能装备（天津）有限公司”几家水面无人测深系统的研发生产厂家和“长江航道测量中心”、“长江水利委员会水文局长江中游水文水资源勘测局”、“交通运输部东海航海保障中心”等使用单位，基于调研的结果确定了水面无人测深系统的计量性能指标。

1、实时动态定位误差

无人船定位技术主要为差分定位技术，主要包括伪距差分定位技术（Differential GPS， DGPS）和载波相位差分定位技术（Real-Time Kinematic, RTK）。不同的定位技术的水平定位精度和高程定位精度指标依据 BD 420073—2022 全球卫星导航系统（GNSS）定向设备性能要求及测试方法中 4.3.2 和 4.3.3 中的性能要求的技术指标要求。

不同等级水面无人测深系统的实时动态定位误差应符合表 2 的要求。

表 2 实时动态定位误差要求

计量特性		准确度等级	
		一级	二级
实时动态 定位误差	水平方向最大允许误差	0.1 m	1 m
	高程方向最大允许误差	0.2 m	2 m

2、航迹线最大偏差

无人船的航迹线是其开展测量任务的关键一环，如果航迹线偏差过大，测量的意义就不大了，这里对航迹线偏差的要求按照分级给出，具体见表 3，该指标主要来源于 GB 12327—2022 海道测量规范中“4.5.4 水深测量中水深点的平面位置极限误差（置信度 95%）应符合以下规定：a）一等测量或者大于 1:2000 比例尺测图时不大于 1 m；b）二等测量或者小于（含）1:2000 大于 1:5000 比例尺测图时不大于 2 m；c）三等测量或者小于（含）1:5000 大于 1:25000 比例尺测图时不大于 10 m；d）四等测量或者小于（含）1:25000 大于（含）1:20000 比例尺测图时不大于 10 m；e）五等测量或者小于 1:50000 比例尺测图时不大于 20 m”。

本规范按照一等测量要求和二等测量要求规定航迹线最大偏差计量技术指标要求，不同等级水面无人测深系统的航迹线最大偏差应符合表 3 的要求。。

表 3 航迹线最大偏差要求

计量特性	准确度等级	
	一级	二级
航迹线最大偏差	1 m	2 m

3、测深示值误差和停泊稳定性

测深示值误差是根据 JJG(交通) 032—2015 中对单波束测深误差要求而确定。停泊稳定性参考了国标 GB/T12763.10 中 5.3.1 测深仪检验一节中对于停泊稳定性试验的思路和限差的要求，采用在稳定的野外试验场，短时间相对固定的水深环境，通过多次重复测量的方法，并对多次测量的数据进行比对的方式，对测深示值稳定性提出具体要求。测深示值误差和停泊稳定性应符合表 4 的要求。

表 4 测深示值误差和停泊稳定性要求

计量特性	最大允许误差
测深示值误差	$\pm 5 \text{ cm}$ ($1 \text{ m} \leq d \leq 5 \text{ m}$)
	$\pm 1\% d$ ($100 \text{ m} \geq d > 5 \text{ m}$)
测深停泊稳定性	$\pm 0.2 \text{ m}$
注： d 为水深 (m)。	

(五) 计量技术要求

1. 外观

水面无人测深系统外观表面涂覆层应均匀、牢固，不应有脱落，探头表面不应有水生物附着等。

2. 铭牌

水面无人测深系统应有清晰的铭牌，标有产品名称、型号、生产厂家、仪器编号等。

(六) 计量控制

1. 检定条件

(1) 环境条件要求如下：

- ① 室外温度：0 °C~35 °C；
- ② 室内温度：5 °C~30 °C；
- ③ 相对湿度：应不大于 90%；
- ④ 水面：水面不应有冰；
- ⑤ 风力：不应超过 3 级。

检定环境条件主要考虑标准计量器具正常工作所需环境，根据仪器厂家使用说明及现场操作要求，应满足室外温度为 0 °C~35 °C，室内温度为 5 °C~30 °C，相对湿度应不大于 90%，水体表面不应有冰，风力条件满足水面无人测深系统工作条件不大于 3 级风。

(2) 检定设备及配套设备

检定设备及配套设备如下：

- ① 跟踪型全站仪(包含 360° 棱镜)：数据输出频率大于 10 Hz，测距标准偏

差小于 3.5 mm;

② 卫星授时设备：用于给跟踪型全站仪进行授时，授时准确度 50 ns;

③ 测深仪模拟校准装置：频率范围应覆盖 10 kHz~900 kHz, $U=2 \times 10^{-7}$ kHz ($k=2$);

④ 声速仪：最大允许误差 ± 0.2 m/s;

⑤ 标准点：标准点水平位置精度应不低于 C 级控制点要求，标准点高程位置精度不低于 3 级水准点要求;

⑥ 试验水域：长度不小于 150 m，宽度不小于 25 m，水池底部地形比较平坦且水深不小于 5 m，周围无遮挡，可接收到良好的卫星信号。

跟踪型全站仪（包含 360° 棱镜）、卫星授时设备、标准点是实时定位误差计量特性的检定设备，标准点的精度要求，跟踪型全站仪的选择是按照溯源性要求来选择的。

试验水池为水面无人测深系统实时动态定位误差、航迹线最大偏差、测深停泊稳定性检定的试验场，水池的尺度应能够满足自动往复航行，水池内的水的状态和水深能够满足测深稳定性指标的测试。

试验水池的长度按照转弯加速段、匀速段和减速转弯段 3 个部分，转弯半径一般是 (5~10) m，加速段、减速段长度大概为 (5~10) m，匀速段按照 1min 计算，匀速段速度是 1.5 m/s，因此试验水池长度不小于 120 m，预留 25% 的空间，最终确定为长度不小于 150 m。

水面无人测深系统均具备避障和悬停功能，避障距离一般在 (7-10) m，悬停半径在 (3-5) m，因此确定试验水池宽度不小于 25 m。

测深仪模拟校准装置是用于测量水深示值误差的检定设备，由于现场试验环境和试验水深很难覆盖全量程的范围，所以选择电信号延时测量的方式对测深示值误差进行校准，因此，采用自研的测深仪模拟校准装置对单波束测深仪进行全量程模拟校准。

声速仪是用来测量试验水池中的水体声速，为测深提供声速数据的，其指标应能满足检定规程的要求。

所有的检定设备均符合量传比的要求。

计量标准器的选择主要考虑量传比应满足 $U < 1/3\text{MPEV}$ 的条件，水面无人

测深系统的实时动态定位误差和测深示值误差的最大允许误差应是实时动态定位误差和测深示值误差扩展不确定度的 3 倍以上。

2. 检定项目

水面无人测深系统的检定项目包括外观与铭牌、实时动态定位误差、航迹线最大偏差、测深示值误差和测深停泊稳定性。其中，首次检定和后续检定中所有参数均进行检定；使用中检查不做实时动态定位误差、航迹线最大偏差、测深示值误差和测深停泊稳定性。

3. 检定方法

（1）外观及铭牌

采用目测和手检的方法检查外观，采用目测的方法检查铭牌。

（2）实时动态定位误差和航迹线最大偏差

在试验水域内规划自动航迹，将跟踪型全站仪（包含 360° 棱镜）、卫星授时设备和标准点用于确定水面无人测深系统运动过程中不同时刻实时动态定位标准值，与水面无人测深系统测量得到的实时动态定位数据，在相同时刻通过公式计算得到水平实时动态定位误差和高程实时动态定位误差。

水面无人测深系统输出的定位数据点与规划自动航线的垂直距离的最大值作为航迹线最大偏差。

（3）测深示值误差

测深仪模拟器具有延时功能，通过电信号延时模拟方法实现对单波束测深仪测深指标的检定。

（4）停泊稳定性

采用在短时间内对同一水深点进行多次重复测量。水面无人测深系统测量得到的第 1 个水深测量值为初始值，采样间隔不少于 10 s，持续测量不少于 15 min，记录水深测量值不少于 20 个，通过公式计算该水深点的停泊稳定性。

4. 检定结果的处理

按照 JT/T 17—2025 中 6.13.4.1，检定结果的处理是指检定结束后对受检计量器具合格或不合格所作的结论，检定合格的计量器具发给检定证书；检定不合格的计量器具发给检定结果通知书，并注明不合格项目。

5. 检定周期

按照 JT/T 17—2025 中 6.13.5.1，规程中一般应给出常规条件下的最长检定周期。根据水面无人测深系统自身的性能、要求、工作条件、使用频繁程度以及经济合理等其他因素，本规程中规定水面无人测深系统的检定周期一般不超过 12 个月。

六、规程过渡期的建议

本规程是对水面无人测深系统开展检定工作的技术依据，规程发布后，规程的使用方需要根据规程的内容配备相关检定器具，并开展方法验证与人员培训等相关工作，建议规程过渡期为 6 个月。

七、废止现行有关规程的建议

无。

八、其他应予说明的事项

无。