

国家计量技术规范
涉水工程精密定位校准规范
（征求意见稿）
编写说明

规范起草组

2026 年 5 月

目 录

一、任务来源	1
二、制定背景	1
三、编写过程	2
四、编写依据和编写原则	3
五、主要技术内容	4
六、不确定度评定	11
七、其他说明	11

一、任务来源

根据国家市场监督管理总局《市场监管总局办公厅关于印发 2025 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知》（市监计量发〔2025〕45 号），由交通运输部天津水运工程科学研究所组织成立了《涉水工程精密定位校准规范》国家计量校准规范起草小组，承担校准规范的编写工作。《涉水工程精密定位校准规范》归口于全国水运专用计量器具计量技术委员会。

本规范主要起草人及其分工见表 1。

表 1 规范主要起草人及其主要工作

序号	姓名	单位	职称	主要工作内容
1	杨 鲲	交通运输部天津水运工程科学研究所	正高级工程师	起草规范中 5 计量特性、6 校准条件及 7.1 校准项目。
2	柳义成	交通运输部天津水运工程科学研究所	高级工程师	起草规范中 3 术语、4 概述及附录 C 不确定度评定。
3	张明敏	交通运输部天津水运工程科学研究所	工程师	起草规范中 7.2 校准方法、附录 A 及附录 B，并开展试验验证。
4	隋海琛	天津水运工程研究院有限公司	正高级工程师	起草规范中 2 引用文件、7.2 校准方法及 8 校准结果表达。
5	吴志露	同济大学	副教授	起草规范中 7.2.1 校准项目。
6	余华兵	哈尔滨工程大学	教授	起草规范中 7.2.2 校准项目。
7	霍冠英	河海大学	教授	起草规范中 7.2.3 校准项目。
8	辛明真	山东科技大学	副教授	起草规范中 7.2.4 校准项目。

二、制定背景

目前，涉水工程常用的定位技术大体可以分为卫星导航定位技术、水下声学定位技术、水下光学定位技术和融合定位技术等四大类。基于卫星导航技术

的海上定位方法主要包括无线电信标差分（RBN）、实时动态差分（RTK）、精密单点定位（PPP）和 PPP-RTK 等。水声定位技术是水下定位的主要技术手段，按基阵之间的长度，主要分为长基线、短基线和超短基线。光学是近距离水下高精度定位的重要发展方向，主要分为双目立体视觉定位技术、结构光 3D 成像定位技术和飞行时间法定位技术三种。随着定位方法及多传感器融合定位装置的不断涌现和更新，既要保证定位方法本身的定位精度，也要顾及各种方法之间组合融合定位精度，又要保证定位量值的溯源性，这就对涉水工程精密定位的综合量值评定方法和评定过程提出了更高的要求。因此，针对涉水工程精密定位的实际需求，通过制定《涉水工程精密定位校准规范》国家计量技术规范，建立卫星定位、水声定位及光学定位的量值评定方法与综合定位量值评定方法，开展不同定位方法组合使用时测量不确定度研究，进一步完善水运计量技术体系，保证涉水工程定位精度的准确性，服务深水油田、海上风电、沉管隧道等重大工程建设。

三、编写过程

自 2023 年 9 月，交通运输部天津水运工程科学研究所通过查阅文献、走访调研的方式充分熟悉了涉水工程精密定位的技术组成、工作原理及应用领域等内容，同时掌握涉水工程精密定位的标准化研究现状，为后续项目立项奠定了坚实的研究基础。

2024 年 7 月，在全国水运专用计量器具计量技术委员会的指导下，规范承担单位填报《涉水工程精密定位校准规范》的国家计量技术规范制修订项目申报书，并起草了《涉水工程精密定位校准规范（草案）》及编制说明。

2025 年 5 月，获得国家市场监督管理总局下达的制定计划通知。

2025 年 6 月，成立规范起草组，细化工作内容，明确工作分工。

2025 年 7 月至 10 月，开展量传源方法研究，确定计量技术参数及指标，建立量值溯源路线。

2025 年 11 月 2026 年 5 月，对校准项目开展了试验验证，形成《涉水工程精密定位校准规范（征求意见稿）》及编写说明。

四、编写依据和编写原则

（一）编写依据

本规范根据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行编写，并在编写中参考了以下有关文件：

JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义》

JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》

JJF 1403-2013 《全球导航卫星系统（GNSS）接收机（时间测量型）校准规范》

JJF 1034-2020 《声学计量术语及定义》

JJF 1942-2021 《导航型卫星接收机校准规范》

GB/T 39611-2020 《卫星导航定位基准站术语》

JTS 131-2012 《水运工程测量规范》

（二）编写原则

项目是在 JJF 1942-2021《导航型卫星接收机校准规范》、JJG(交通) 152-2020《超短基线水声定位仪》等标准规范提出的相关计量性能要求的基础上，对国内市场上的卫星定位设备、水下声学定位设备和水下光学定位设备进行重新梳理，形成涉水工程精密定位校准规范。

校准规范应做到：

- 符合国家有关法律、法规的规定；
- 适用范围应明确，在其界定的范围内，按需要力求完整；
- 充分考虑技术和经济的合理性，并为采用最新技术留有空间。

在校准规范的编写过程中，都必须执行国家的各种法律、法规，国家颁布的《国务院关于在我国统一实行法定计量单位的命令》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1094《测量仪器特性评定》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》等。针对的对象应该界定清晰，不应该与其他检定规程或校准规范相互矛盾。

国家计量校准规范适用于各种校准实验室的需要。很显然，由于各种校准

实验室的服务目标不同，实验室之间的差异是很大的，如校准测量能力、测量范围、环境条件、设备条件、人员能力等各不相同。因此，国家计量校准规范规定的内容既要提纲挈领，又要适用范围明确，在其界定的范围内，力求完整。国家计量技术规范通过对核心要素的规定，保证不同实验室对同种计量器具开展校准的结果具有相同的含义。

五、主要技术内容

按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》要求，本规范包括 8 个章节和三个附录：1 范围、2 引用文件、3 术语、4 概述、5 计量特性、6 校准条件、7 校准方法、8 校准结果表达、9 复校时间间隔，以及附录 A 原始记录格式，附录 B 校准证书内页格式、附录 C 测量不确定度评定示例。

（一）范围

根据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》，本部分用来说明规范的使用范围，以明确规范的主题。本规范对涉水工程精密定位中卫星定位设备、水下声学定位设备和水下光学定位设备的校准进行了规定。故范围的正文为“本规范适用于涉水工程精密定位中卫星定位、水下声学定位与水下光学定位的校准。”

（二）引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1403-2013 全球导航卫星系统（GNSS）接收机（时间测量型）校准规范

GB/T 39611-2020 卫星导航定位基准站术语

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

本规范第 3 章引用了 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》。JJF 1001-2011 中界定的术语适用于本规范。

本规范在第 3 章术语、第 6 章校准条件和第 7 章校准方法中引用了 JJF 1403-2013 全球导航卫星系统（GNSS）接收机（时间测量型）校准规范。

本规范在第3章术语中引用了 GB/T 39611-2020 卫星导航定位基准站术。

（三）术语

本规范给出的术语和定义，主要引用于 JJF 1001-2011，如：

（1）校准 **calibration**：在规定条件下的一组操作，其第一步是确定由测量标准提供的量值与相应示值之间的关系，第二步则是用此信息确定由示值获得测量结果的关系，这里测量标准提供的量值与相应示值都具有测量不确定度。

（2）扩展不确定度 **expanded uncertainty**：合成标准不确定度与一个大于1的数字因子的乘积。

除引用上述文件中定义之外，下列术语和定义适用于本规范：

（1）全球导航卫星系统 **Global Navigation Satellite System**：在全球范围内提供定位、导航和授时服务的卫星系统的统称。如全球定位系统（GPS）、格洛纳斯导航卫星系统（GLONASS）、伽利略导航卫星系统（GALILEO）和北斗卫星导航系统（BDS）等。

（2）地心地固坐标系 **Earth-Centered Earth-Fixed Coordinate System**：原点 o 为地球质心， z 轴与地轴平行指向北极点， x 轴指向本初子午线与赤道的交点， y 轴垂直于 xoz 平面构成右手坐标系。

（四）概述

本章节分3段依次描述涉水工程精密定位的组成、原理和用途。

涉水工程精密定位系统包含了GNSS接收机、水下声学定位设备和水下光学定位设备等海洋工程环境精密定位技术体系，可实现复杂海洋工程、水运工程环境高精度定位能力。

涉水工程精密定位原理是GNSS接收机接收多颗卫星信号，利用后方交会原理获取空间三维坐标，同时将定位数据传递给水下声学/光学定位设备。水下声学定位设备通过水声测距、测角技术获取被测目标物的空间三维坐标定位数据。水下光学定位设备通过激光测距、测角技术获取被测目标物的空间三维坐标定位数据。工作原理图见图1。

涉水工程精密定位主要应用于沉管隧道、深水油田、海上风电等大型工程定位施工。

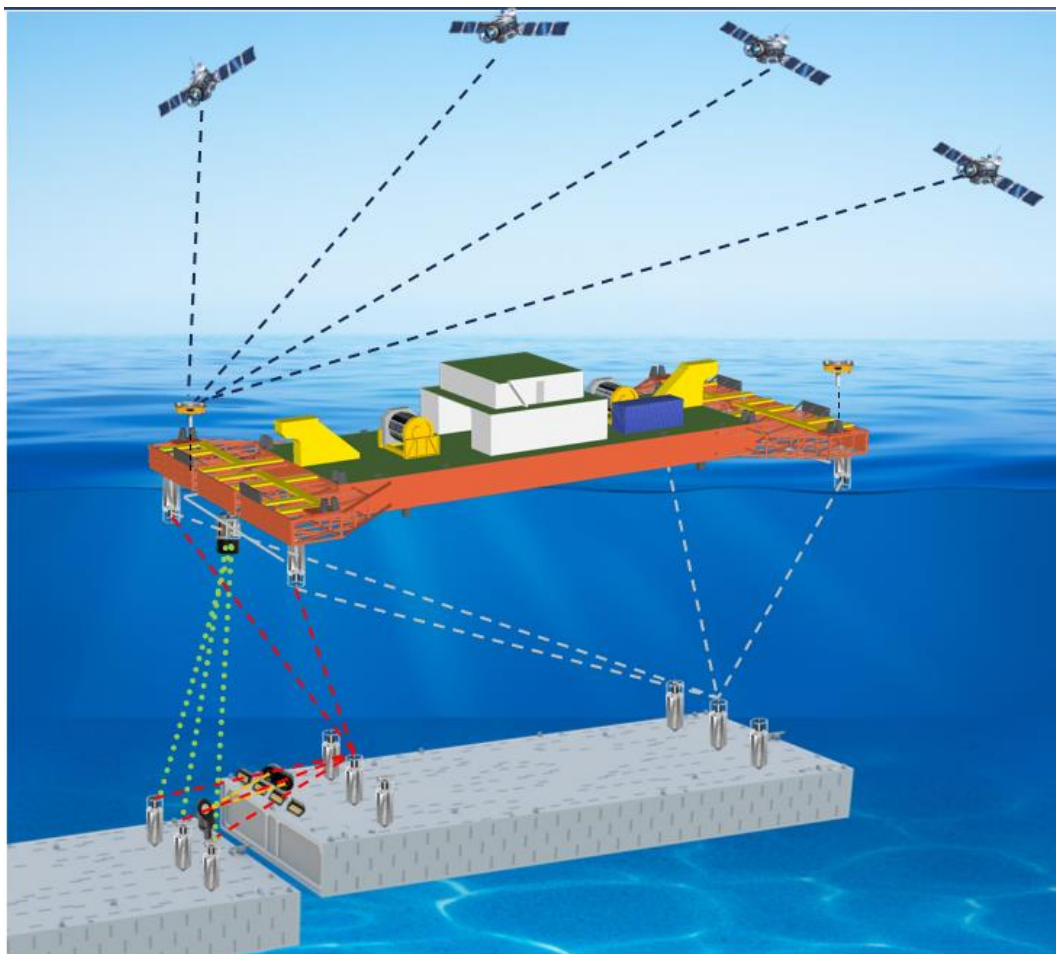


图1 涉水工程精密定位工作原理图

（五）计量特性

涉水工程精密定位计量特性的提出主要依据各种定位方法、国内外现有产品的技术参数（表2）、参考标准、专家咨询、试验结果，并结合了目前水运工程应用需求和实际测量水平。

表2 几种常见的涉水工程精密定位设备的基本参数

类别	生产单位	型号	精度
卫星定位	美国Trimble公司	R980	平面精度： $\pm(8\text{ mm} + 1\times 10^{-6}\times D)$ 高程精度： $\pm(15\text{ mm} + 1\times 10^{-6}\times D)$
	上海华测导航技术股份有限公司	Z100	平面精度： $\pm(8\text{ mm} + 1\times 10^{-6}\times D)$ 高程精度： $\pm(15\text{ mm} + 1\times 10^{-6}\times D)$
	中海达卫星导航技术股份有限公司	V6	平面精度： $\pm(8\text{ mm} + 1\times 10^{-6}\times D)$ 高程精度： $\pm(15\text{ mm} + 1\times 10^{-6}\times D)$

类别	生产单位	型号	精度
声学定位	法国IXblue	POSIDONIAII	0.2%斜距
		GAPS	0.2%斜距
	英国Sonarydybe	Ranger 2	0.1%斜距
	海底鹰深海科技股份有限公司	UBD10000	$\leq 0.2\%$ 斜距
	挪威Kongsberg公司	HiPAP	0.2%斜距
	中科院声学所	MPS系列	$\leq 0.1\text{m}+5\%$ 斜距
光学定位	加拿大 2Grobotics 公司	ULS-200	$\leq 3\text{mm}$
	杭州蓝科光电科技有限公司	SXLS-0M1	$\leq 2\text{mm}$
	无锡智海科技有限公司	Insight Nano-XR	$\leq 3\text{mm}$
	美国Newton 公司	M500UW	亚毫米级

1. 卫星定位误差

卫星平面定位最大允许误差为 $\pm (8\text{mm}+1\times 10^{-6}\times D)$ ，高程定位最大允许误差为 $\pm (15\text{mm}+1\times 10^{-6}\times D)$ ，该指标的确定参考了 JJF 1347-2012《全球定位系统 (GPS)接收机(测地型)型式评价大纲》，产品的技术参数（见表 2）及专家咨询、试验结果等。

2. 声学定位误差

声学定位示值最大允许误差为 $\pm 2\%L$ 。该指标的确定参考了 JJG（交通）152—2020《超短基线水声定位仪》，产品的技术参数（见表 2）及专家咨询、试验结果等。

3. 光学定位误差

光学定位示值最大允许误差为 $\pm 3\text{mm}$ 。该指标的确定参考了产品的技术参数（见表 2）及专家咨询、试验结果等。

4. 综合定位误差

综合定位最大允许误差来源于卫星定位最大允许误差、声学定位最大允许误差及光学定位最大允许误差的综合评定。

（六）校准条件

1 校准条件

校准环境条件的规定主要考虑温度与湿度环境应能保证涉水工程精密定位校准过程的正常进行，依据《水文仪器基本环境检定条件及方法》（GB/T9359-2016）起草本部分内容。

2. 测量标准及其他设备

校准使用的计量标准器及配套设备应符合表 3 的规定，也可以使用更高准确度的标准器。

表 3 计量标准器及配套设备

序号	名称	性能要求	用途
1	标准观测点	基线测量标准差 $\leq 3\text{mm} + 0.5 \times 10^{-6}D$ 具备地心地固坐标系下的坐标，坐标测量标准差不大于 0.10m（水平）和 0.015m（高程）。 布设、选点、埋石等应符合 GB/T 18314-2024 的规定。	提供卫星定位的标准坐标值
2	钢卷尺	测量范围：0m~10m，I 级。	测量天线高
3	室外水池	平均水深不小于 10m，长度不小于 150m； 具备声学换能器操作平台和信标操作平台。	提供声学定位校准环境
4	操作平台	配备升降装置：入水深度 0m~5m，最大允许误差 $\pm 5\text{mm}$ ； 配备平移装置：平移距离 0m~8m，最大允许误差 $\pm 5\text{mm}$ ； 配备回转装置：水平转动角度 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，最大允许误差 $\pm 0.1^\circ$ ； 配备俯仰装置：垂直转动角度 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，最大允许误差 $\pm 0.1^\circ$ 。	提供声学定位的标准坐标值
5	室内水池	长度不小于 10m，宽度不小于 3m，深度不小于 3m； 水体浊度应不大于 20 NTU； 长边壁上方铺设平滑导轨。	提供光学定位校准环境
6	校准行车	校准行车在室内水槽导轨上平滑运行，具备升降机构。	控制反射靶标的位置

序号	名称	性能要求	用途
7	反射靶标	平面度不大于 0.2 mm。	作为光学定位设备的目标物
8	反射棱镜	/	全站仪的配套设备
9	转接法兰	/	连接水下水上设备
10	开阔水域	配置升降装置，水体深度不小于 5m。	提供综合定位校准环境
11	升降装置	标志点：位于升降装置 A 顶端中心位置 基线测量标准差 $\leq 3\text{mm}+0.5\times 10^{-6}D$ 具备地心地固坐标系下的坐标，坐标测量标准差不大于 0.10m（水平）和 0.015m（高程）。 初始点：位于标志点下方 4m，水面上方 1m； 升降平台：升降范围 0m~6m，最大允许误差 $\pm 5\text{mm}$ ； 基座：位于升降装置 B 顶端中心位置，位于初始点上方 4m。	提供综合定位的标准坐标值
12	全站仪	测量范围：0m~1000m，I 级。	获取声学定位 Z 轴标准值 获取光学定位的标准坐标值

（七）校准方法

1. 卫星定位误差

安装卫星定位接收机至观测墩的标准观测点，使用钢卷尺测量卫星定位接收机参考点至标准观测点的垂直高度，启动卫星定位接收机，连接 CORS，设置定位数据更新频率为 1Hz，连续记录时间不少于 10min，获得连续的平面坐标测量值和高程坐标测量值，与标准观测点的三维坐标比较，计算卫星定位误差。

2. 声学定位误差

基于室外水池，将声学换能器和信标分别安装至操作平台，调节安装装置的姿态使声学换能器与信标入水深度相同信标位于声学换能器的声轴线上，完成初始位置设置。通过改变信标在空间直角坐标系中的位置，获取多个校准点

测量值。以全站仪、平移装置和升降装置为标准器获取信标的标准坐标，通过三维坐标比对计算声学定位误差。

3. 光学定位误差

基于室内水池，通过转接法兰分别将两个反射棱镜安装于水下光学定位设备正上方和反射靶标正上方。水下光学定位设备放置于室内水池底部，反射靶标固定安装于行车升降机构，控制校准行车改变水下光学定位设备与反射靶标的距离。使用全站仪测量两个反射棱镜的相对位置作为标准值，与水下光学定位设备测量的反射靶标位置比对，计算光学定位误差。

4. 综合定位误差

在开阔水域建设两个升降装置，升降装置A顶端的标志点由国家法定计量检定机构进行标定获取标准坐标。将信标固定于升降装置A的升降平台中心位置，将声学换能器固定于升降装置B的升降平台中心位置，将卫星定位设备固定于升降装置B顶端的基座用于获取标准坐标，进而获取信标入水后相对CORS站的坐标测量值，与升降装置A顶端的标志点进行比对计算综合定位误差。

（八）校准结果

依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》要求对校准结果中的校准证书信息进行了规定。依据本规范出具的校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称与地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用性有关，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用性有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；

- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务和等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的说明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

(九) 复校时间间隔

依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》要求对复校时间间隔进行了规定: 推荐校准周期不超过 12 个月。由于复校时间间隔的长短是由被校对象的使用情况、使用者等诸因素所决定的, 因此, 建议送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。”

六、不确定度评定

为了验证校准方法的科学性, 对涉水工程精密定位校准结果进行了不确定度评定, 见《涉水工程精密定位测量不确定度评定报告》。

七、其他说明

(一) 与国际计量规范、国内标准等技术文件的兼容情况

本规范起草过程中查阅了国内外关于涉水工程精密定位的规范及标准, 没有检索到相关文件, 不存在兼容情况。

(二) 对重大分歧意见的处理结果和依据等

无。