

重力加速度式波浪浮标检定规程

(编制说明)

国家海洋标准计量中心

二零二四年五月

重力加速度式波浪浮标检定规程编制说明

一、任务来源

根据《市场监管总局办公厅关于引发 2023 年国家计量技术规范项目制定、修订及宣贯计划的通知》（市监检量函[2023]56 号）的有关要求，由国家海洋标准计量中心、自然资源部厦门海洋中心、山东省科学院海洋仪器仪表研究所和中国人民解放军 32217 部队等 4 家单位共同负责修订《JJG1144-2017 重力加速度式波浪浮标》检定规程，计划项目编号：MTC28-2023-01。

二、调研情况

A. 我国现行有效的波浪浮标的相关标准、计量检定规程有：

JJG 1144-2017 重力加速度式波浪浮标

JJG（海洋）04-2003 重力加速度式波浪浮标

HY/T 089-2005 波浪浮标

JJG（海洋）01-1994 FZF2.FZS1 型 海洋资料浮标传感器

JJG 1144-2017《重力加速度式波浪浮标》国家检定规程以我国自行研制的波浪浮标检定装置为基础，针对岸站接收式浮标制订了详尽的计量性能检定方法，也是本次修订工作的主要参考资料。

JJG（海洋）04-2003《重力加速度式波浪浮标》是部门检定规程，曾为海洋波浪浮标整机和传感器量值传递工作作出过较大贡献。

HY/T 089-2005《波浪浮标》是目前我国的波浪浮标行业标准，是本规程制定的参考资料。

JJG(HY)01-1994《FZF2.FZS1 型海洋资料浮标传感器》检定规程是对特定型号浮标所搭载各类传感器的检定方法，不具备通用性且内容较笼统，随着该型号浮标的淡出渐渐失去了应用价值。

B. 现有计量标准状况

国家海洋标准计量中心 JBY1-1 型波浪浮标检定装置是一套建立在实验室内旋转桁架式正弦模拟机构。波高测量范围(1~6)m；波高最大允许误差： $\pm 0.2\%$ F.S；波周期测量范围（2~40）s；波周期最大允许误差： ± 0.2 s。该装置是我国目前唯一通过社会公用计量标准考核的计量标准装置。

现有波浪浮标检定装置是通过匀速圆周运动模拟随波运动中重力加速度的变化，按照设定的转速模拟波周期。当波浪浮标随装置做匀速圆周运动时，重力加速度变化趋势为正弦曲线。运动过程中波浪浮标（传感器）可保持水平状态。

波浪浮标检定装置于 2019 年进行机械部件改造升级，并于 2022 年进行测控系统升级换代，目前自动化水平、技术性能都得到了很大提高。

C. 目前我国保存了该原理波浪浮标检定装置的单位还有自然资源部东海标准计量中心、中国人民解放军 32217 部队等。被检仪器概况

重力加速度式波浪浮标是目前测量波浪准确性能较好的一类设备，目前是波浪监测的主力设备。浮标体内安装有重力加速度传感器、数据采集处理器、信号发射机和电源。当浮标处于工作状态时，在海面波浪的作用下，浮标体将随波浪作随波起伏运动，重力加速度传感器产生与水质点运动相对应的垂直加速度信号，经二次积分后得到该点水质点运动的竖直位移；在数据采集处理器的控制下，将获得一个测量过程的一系列海面波动数据。

近年来，随着我国海洋强国建设步伐逐渐加快，国内涌现出一批开展重力加速度式波浪浮标或波浪传感器研究的机构，波浪浮标或传感器的生产数量逐渐增加，目前国家沿海布放几百台次重力加速度式波浪浮标。

国产重力加速度式波浪传感器采用即时处理和内置存储，集成度高，只需要提供电源即可独立完成测量工作。因此这种波浪传感器不仅可应用于小型测波浮标，也可以作为测波模块安装于大型多参数监测浮标，同时可应用于其他平台。

送检仪器中，国产测波仪器以波浪传感器居多，常见型号有 SBY1-1 型、SBS2-1、OBS-W3、WS- I 等，因波浪传感器的轻便，既便于运输，也便于试验过程中的安装。

对于国外进口浮标，目前仍只能采用整体浮标检定的方式。由于进口浮标采用其特定数据传输方式，并需要安装信号增益天线，仪器整体重量与尺寸都较大，给检定工作增加了一定难度。整体浮标检定对检定装置的承载能力，要求满足载重 $\geq 180\text{Kg}$ 、浮标安装预留空间直径 $\geq 1\text{m}$ 。常见设备有荷兰 DATAWELL 公司 waverider 浮标、加拿大 AXYS 公司 trizxys 浮标等。

三、制定计量检定规程的目的和意义

目前我国三个海区（北海、东海和南海三个局和各地方监测机构）布放浮标多达数百台，这些波浪浮标定时把测得的波浪数据发回岸站，为海洋预报、工程建设、科学研究和滨海旅游等涉海业务的科学发展，提供非常重要的数据支撑。

波浪浮标量值传递事关波浪数据精准、意义重大。近年来，国内外浮标研制机构大量涌现，波浪测量技术层出不穷，测量参数逐渐增多，测量范围、准确度日益提升，浮标对计量服务机构的技术服务能力越来越高。这就要求适时修订原规程，删减或修改不合理之处，增加新的量传项目，不断与时俱进。

目前，国内已有多套浮标检定检测装置，其测控技术各具特点，计量标准器和配套设备不太统一，也存在一些通用技术缺陷，这也需要不断努力，统一浮标评价手段和评测技术。

波浪测量数据的可信度水平，会直接影响到涉海业务的发展状况。但若测量数据丢掉了“准确”二字，获得数据无人敢用，监测工作也变得毫无意义。

本次修订将对相关技术内容开展重点研究，开展广泛调研和征求意见，增强规程的适用性和可操作性，这将对波浪浮标（传感器）量值传递工作起到一定促进作用。

四、检定规程编写依据

本规程的编写主要参考以下依据：

JJG1144-2017 重力加速度式波浪浮标

GB/T 15920-2010 海洋学术语 物理海洋学

GB/T 14914.3-2021 海洋观测规范 第3部分：浮标潜标观测

（美）奥本海姆.离散时间信号处理（第二版）[M].西安：西安交通大学出版社，2001.9

五、与“国际建议”、“国际文件”、“国际标准”、“国内标准”等兼容情况

我国现行有效的国家检定规程是 JJG1144-2017《重力加速度式波浪浮标》，主要起草单位是国家海洋标准计量中心。

该规程实施近7年来，在量值传递方面，为我国相关计量机构开展重力加速

度式波浪浮标（传感器）的检定、校准及检测工作提供了规范和依据，极大提升了波浪浮标（传感器）性能评价技术水平；同时，在量值溯源方面，现规程也被波浪浮标（传感器）生产研制厂家借鉴运用，对浮标（传感器）量值溯源理念和技术提升起到一定促进作用。

随着量值传递计量理论的深入理解，发现该规程在波高量传链条上存在一定缺陷，拟修订后补齐短板。随着被检对象和检定装置的技术发展，该规程的部分内容已较难满足实际需求，亟需尽快修订完善。该规程部分语句存在一定歧义，本次修订一并完善。

经过本次修订后相比，检定规程内容更为详尽，方法更加合理、具体，适用范围更广，不存在兼容问题。

经调研未发现存在不兼容的“国际建议”、“国际文件”、“国际标准”、“国内标准”等。

六、检定规程内容说明

1. 计量标准装置的说明

本规程中检定方法是建立在旋转桁架式波浪浮标检定装置的基础上。

波浪浮标检定装置是一套建立在实验室内的旋转桁架式正弦模拟机构。在检定过程中，将被检浮标（传感器）安装在一个绕水平轴旋转的钢性主臂上，最大旋转直径为最大波高，桁架旋转一周的时间即为波浪周期。通过桁架的匀速转动，可以模拟重力加速度的正弦波变化。

2. 对检定对象的说明

重力加速度式波浪浮标是以固定的采集频率获得重力加速度数据，如某型号传感器采集频率为 4 Hz，则它每秒钟可获得 4 个测量数据，计算得到 4 个波高结果。对于一个周期为 10 s 的标准波，该传感器至少需要测量 40 个即时波高数据，通过分析判定为一个完整波，并得到一组波高、波周期值。传感器在经过一段时间的测量后获得一系列的 n 组波高、波周期值。传感器最后给出的结果通常为按照采集到的完整波的个数 (n) 或采集时间 ($n=tf/T$) 对波浪数据进行统计，常用的统计结果有：最大波波高（最大波波周期），1/10 大波波高（1/10 大波波周期），有效波波高或 1/3 波高（有效波波周期），平均波波高（平均波波周期）。

以上分析可见重力加速度式波浪浮标最后给出的测量结果是大量样本中选取的一系列极值又经过平均计算而得出的（除最大波高、最大波周期外），理论上在给定一个稳定的重复波形时，任何一个完整波的测量结果都应相同，即有最大波高=1/10 大波波高=有效波高=平均波高。但是由于测波传感器本身的测量随机误差，其测量结果必然不同，按照统计规则，可知实际测量结果为最大波高>1/10 大波波高>有效波高>平均波高。在 GB/T 14914-2006 海滨观测规范中，现场观测波浪通常记录的主要示值为有效波波高和有效波波周期，因此本规程也取有效波波高和有效波波周期示值作为示值误差计算的参数。

3. 对计量性能要求的说明

参考 GB/T 12763.2-2007 海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测中对仪器测波的相关要求，规定重力加速度式波浪浮标（传感器）的最大允许误差应符合表 1 的要求。

表 1 波浪浮标和波浪传感器的的准确度等级与示值误差

准确度等级	有效波波高最大允许误差 m	有效波周期最大允许误差 s	海浪频率谱相对误差 %	海浪频率谱倍差相对误差 %
一级	±5%×测量值，(1~6) m	±0.5	±10，(0.03~0.38) Hz	±10，(0.03~0.16) Hz
二级	±10%×测量值，(1~6) m	±0.5	±20，(0.03~0.38) Hz	±20，(0.03~0.16) Hz
三级	±15%×测量值，(1~6) m	±0.5	±30，(0.03~0.38) Hz	±30，(0.03~0.16) Hz

4. 对通用技术要求的说明

通用技术要求包含外观和通电检查两部分。

5. 对波高检定点的说明

由于现有波浪浮标检定装置设计模拟的最大波高为 6m，最小波高为 1m，所以本规程选取波高测量点时采用了取两端和中间点的方法，即选取 6.00m、3.00m、1.00m 三个特征点为波高检定点。

6. 对波周期检定点的说明

在每个波高测量点上，按频率点均布的原则，取 7 个周期检定值，目的是增加检定点数并考核被检仪器的幅频特性。

7. 对海浪频率谱检定点的说明

海浪频率谱检定与周期检定过程同步进行、同时完成，检定过程中，将波浪

浮标或波浪传感器安装在检定装置上，检定装置进行匀速圆周运动，模拟波浪水质点运动。检定装置波高点指示波浪能量强度，检定装置旋转周期为波浪频率倒数，待检仪器做二维垂直平面升降运动，波浪谱频率和波浪周期是互为倒数的关系。

8. 数据处理说明

数据处理中选择有效波波高或 $1/3$ 波高（有效波波周期）的误差作为判定依据。

GB/T 12763.2-2007 海洋调查规范 第 2 部分：海洋水文观测 8.3.1 中规定以仪器测量的有效波高来查询波浪级别。有效波波高或 $1/3$ 波高（有效波波周期）是实际测量中最终采用的数据，因此本规程以此项数据作为误差判定的样本数据。

9. 关于检定结果的表达和复校时间间隔

一般，传感器复检时间间隔的长短是由传感器的稳定性等自身质量情况和使用情况所决定的，使用者可根据实际情况自主决定复检，建议复检时间不超过一年。新购置或更换或经过调试维修后的传感器应及时进行检定。