



中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程

JJG(交通)XXX—XXXX

水运工程 姿态测量仪

Water Transport Engineering—Attitude measuring instrument

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

水运工程 姿态测量仪 检 定 规 程

Water Transport Engineering —Verification
Regulation of Attitude Measuring Instrument

JJG(交通) ×××-××××

本检定规程经中华人民共和国交通部于××××年××月××日批准，并自××
××年××月××日起实施。

归 口 单 位：交通行业计量技术委员会

主要起草单位：山东科技大学

参加起草单位：交通运输部天津水运工程科学研究所

本规程委托交通行业计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言	IV
1 范围	1
2 引用文件	1
3 概述	1
4 计量性能要求	1
4.1 姿态对比限差	1
4.2 外符合标准差	1
4.3 内符合标准差	1
5 通用技术要求	2
5.1 外观质量	2
5.2 防护要求	2
5.3 整机结构	2
5.4 显示与记录	2
5.5 铭牌	2
6 计量器具控制	2
6.1 检定条件	2
6.2 检定项目	3
6.3 检定方法	3
6.4 检定结果处理	5
6.5 检定周期	5
附录 A 室内姿态检测平台功能说明	6
附录 B 姿态测量仪检定记录表	7
附录 C 鉴定证书内页格式	8
附录 D 鉴定结果通知书内页格式	10
附录 E 不确定度评定实例	12

引 言

姿态测量仪又称涌浪滤波器，主要用于测量船体或水中拖体的动态变化。现已广泛应用于交通、水利、海洋等领域。为了保障姿态测量仪使用的可靠性和准确性，编制相应的检定规程是十分必要的。本规程编制所依据的规则是中华人民共和国国家计量技术规范《国家计量检定规程编写规则》（JJF1002-2010），并未采用或借鉴国内外相关的建议、文件或标准。

水运工程 姿态测量仪检定规程

1 范围

本规程适用于姿态测量仪的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用下列文献：

GB/T 12763.10—2007 海洋调查规范 第10部分：海底地形地貌调查

GB/T 1.2—2002 标准中规范性技术要素内容的确定方法

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

3 概述

姿态测量仪，又称涌浪滤波器，主要用于测量船体或水中拖体的动态变化。

按照仪器功能，可分为一维、三维、五维姿态传感器。目前我国民用海洋测量设备广泛使用三维姿态传感器，本规程适用于三维姿态传感器（有偏航测量功能）。

一维姿态传感器只有上下升沉（heave）测量功能，即只能测量载体的上下起伏；三维姿态传感器除了可以测量上下升沉外，还可以测量载体的横摇（roll）和纵摇（pitch）；五维姿态传感器是在三维姿态传感器的基础上又增加了艏向（heading）和偏航（yaw）测量功能。

姿态测量仪是姿态传感器的一种，主要实现测量船起伏、横摇和纵摇等信息的测定，是波束空间位置传感器子系统的一部分。没有姿态测量仪水深测量过程进行实时改正和动态补偿，水深数据将随着船体运动发生大的变化，从而无法反映真实水底地形，水深测量精度将无法实现。

4 计量性能要求

4.1 姿态对比限差

姿态对比限差以首次测量值（姿态改变后，适用于内符合精度测试）为基准（对于外符合精度测试，以姿态测试平台设定值为基准）与后面测量差值，姿态比对限差应在2倍测量精度以内。

4.2 外符合标准差

姿态测量仪的外符合标准差分为横摇、纵摇和上下升沉三类标准差，通过与姿态测试平台设定值相对比，要求被检测仪器的横摇和纵摇角度变化范围在 $\pm 5^\circ$ ，测量不确定度即姿态测量仪内符合标准偏差为 0.02° ，上下升沉标准偏差为待定 0.05cm 。

4.3 内符合标准差

姿态测量仪的内符合标准差分为横摇、纵摇和上下升沉三类标准差，通过多次重复测量计算，要求被检测仪器的横摇和纵摇角度变化范围在 $\pm 5^\circ$ ，测量不确定度（即姿态测量仪内符合标准偏差）为 0.02° ，上下升沉标准偏差为待定 0.05cm 。

5 通用技术要求

5.1 外观质量

姿态测量仪和电缆外观光洁平整、无损坏迹象，通电后能正常工作。

5.2 防护要求

姿态测量仪的外观设备应具备防潮、防盐雾、防静电的措施，安装接口应牢固结实，具有防滑、减少晃动和振动条件。

5.3 整机结构

姿态测量仪整机结构应便于运输、安装、使用和维修。

5.4 显示与记录

数字显示仪器的显示应清晰、完整，仪器能正常记录数据并与计算机能够正常通讯。

5.5 铭牌

姿态测量仪的铭牌应标明制造厂名、仪器名称、型号、规格、出厂编号以及出厂日期，名牌应清晰。

6 计量器具控制

计量器具控制适用于首次检定、后续检定和使用中检查。

6.1 检定条件

6.1.1 检定环境条件

6.1.1.1 温度与湿度条件要求

- a) 室温： $(5\sim 25)^\circ\text{C}$ ；
- b) 气压： $(86\sim 106)\text{kPa}$ ；
- c) 水温： $(0\sim 40)^\circ\text{C}$ ；
- d) 相对湿度：不大于75%。

在进行内业数据测试时，利用测试平台软件进行。对于外业测试时，应保证其数据的完整性、实时性与可用性。

6.1.1.2 供电电源

- a) 交流供电 $(220\pm 11)\text{V}$ ，频率为 $(50\pm 2)\text{Hz}$ ；
- b) 直流供电 6V ， 12V ， 24V ，允许偏差为 $\pm 10\%$ 。

6.1.1.3 检定过程中测深仪不应受到强磁场和强电场的干扰。

6.1.2 检定设备

室内姿态测试平台：

其基础功能详见附录A。检校之前，室内姿态测试平台各项功能均能正常进行，其中包括横摇、纵摇和上下升沉姿态控制。

6.2 检定项目

检定项目见1。

表1检定项目一览表

序号	项目	首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观检测	+	+	+
2	内符合标准差	+	+	+
3	外符合标准差	+	+	+
注：“+”表示应检定，“-”表示可不检定				

6.3 检定方法

6.3.1 外观质量

采用目测和手感的方法检查姿态测量仪及其相关设备和电缆的外观。

6.3.2 内符合标准差

6.3.2.1 静态环境下的测试

- 试验在一稳定处将姿态测量仪安置在姿态测试平台（转台和升沉实验平台）上；
- 连续开机时间不得少于 8h，每隔 2h 改变姿态（纵摇、横摇和上下升沉），改变姿态后 10min 不记录数据。
- 每隔 15min 比对一次姿态测量值，姿态比对差是以首次测量值（姿态改变后）为基准与后面测量值的差值，姿态比对限差应在 2 倍测量精度以内（依据 GB/T 50026-2007），记录姿态比对差值超限的个数。

按公式（1）计算横摇、纵摇、上下升沉标准偏差：

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum (h_i - \bar{h})^2}{n-1}} \quad (1)$$

式中：

- σ_1 ——姿态测量仪静态环境下内符合标准差；
 h_i ——第 i 次的姿态测量仪观测值；
 \bar{h} ——姿态测量仪观测平均值；
 n ——观测总次数。

6.3.2.2 动态环境下的测试

a) 姿态测量仪纵摇和横摇实验

- 在室内将姿态测量仪置于姿态测量仪测试平台（转台）上，固定设备。
- 启动姿态测试平台以正弦波运动方式对姿态测量仪进行纵摇和横摇测试，各测量两次，每次记录 5min，共得到四组连续测量值并以表格形式记录。
- 以首次测量值（姿态改变后）为基准与后面测量值计算姿态比对差，并记录姿态比对差值超限的个数。

b) 姿态测量仪上下升沉实验

- 在室内将姿态测量仪置于姿态测量仪测试平台（升沉测试平台）上，固定设备。
- 启动姿态测试平台以正弦波运动方式对姿态测量仪进行上下升沉测试，测量两次，每次记录 5min，共得到两组连续测量值并以表格形式记录。
- 以首次测量值（姿态改变后）为基准与后面测量值计算姿态比对差，并记录量测比对差值超限的个数。

按公式 (1) 计算标准偏差。检定过程按附录 B 的检定记录表填写。

6.3.3 外符合标准差

6.3.3.1 静态环境下的测试

- a) 试验在一稳定处将姿态测量仪安置在姿态测试平台（转台和升沉实验平台）上；
- b) 连续开机时间不得少于 8h，每隔 2h 改变姿态（纵摇、横摇和上下升沉），改变姿态后 10min 不记录数据。
- c) 每隔 15min 比对一次姿态测量值，姿态比对差是以姿态平台设定值为基准与姿态测量仪测量值的差值，姿态比对限差应在 2 倍测量精度以内（依据 GB/T50026-2007），记录姿态比对差值超限的个数。

按公式 (2) 计算横摇、纵摇、上下升沉标准偏差，并记录比对差值超限的个数。

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum (h_i - \tilde{h})^2}{n}} \quad (2)$$

式中：

σ_2 ——姿态测量仪静态环境下外符合标准差；

h_i ——第 i 次的姿态测量仪观测值；

\tilde{h} ——姿态平台设定值；

n ——观测总次数。

6.3.3.2 动态环境下的测试

a) 姿态测量仪纵摇和横摇实验

- 1) 在室内将姿态测量仪置于姿态测量仪测试平台（转台）上，固定设备。
- 2) 启动姿态测试平台以正弦波运动方式对姿态测量仪进行纵摇和横摇测试，各测量两次，每次记录 5min，共得到四组连续测量值并以表格形式记录。
- 3) 以姿态测试平台设定值为基准与姿态测量仪测量值计算比对差。
- 4) 由于姿态测试平台的设置频率小于姿态测量仪输出频率，需要对姿态测试平台的记录结果在时间上进行插值运算，利用插值法计算出姿态测试平台相对于姿态测量仪输出在某个时间点上的值。
- 5) 记录测角比对差值超限的个数。

b) 姿态测量仪上下升沉实验

- 1) 在室内将姿态测量仪置于姿态测量仪测试平台（升沉测试平台）上，固定设备。
- 2) 启动姿态测试平台以正弦波运动方式对姿态测量仪进行上下升沉测试，测量两次，每次记录 5min，共得到两组连续测量值并以表格形式记录。
- 3) 以姿态测试平台设定值为基准与姿态测量仪测量值计算比对差。
- 4) 由于姿态测试平台的设置频率小于姿态测量仪输出频率，需要对姿态测试平台的记录结果在时间上进行插值运算，利用插值法计算出姿态测试平台相对于姿态测量仪输出在某个时间点上的值。
- 5) 记录测角比对差值超限的个数。

按公式 (2) 计算标准偏差。检定过程按附录 B 的检定记录表填写。

6.4 检定结果处理

依照 JJF 1015-2014 文件的规定, 所有主要检定项目经过检定均合格、满足计量性能要求的姿态测量仪发给检定证书, 其内页格式见附录 C; 经过检定其中有一项不合格的姿态测量仪, 发给检定结果通知书, 其内页格式见附录 D。

6.5 检定周期

姿态测量仪的检定周期一般不超过一年。

附录 A

室内姿态检测平台功能说明

室内检测平台功能说明：

- 该测试平台可分别绕X、Y、Z轴旋转，并且在Z轴方向上进行平移运动；
- 绕X、Y、Z轴的旋转及Z轴的平移可以模拟海洋环境中船载体由于海水运动而发生的旋转和上下起伏；
- 该测试平台绕X、Y、Z轴旋转的绝对精度可达30角秒，可用于姿态角和艏向角的检校。

附录 B

姿态测量仪检定记录表

仪器名称：_____ 型号：_____ 观测：_____

检校日期：_____年____月____日 天气：_____ 记录：_____

检校项目	结果	结果核对 (是/否)
外观	(合格/不合格)	
外符合标准差	(具体数值)	
内符合标准差	(具体数值)	
突发事件或故障描述 (包括各种影响检校精度的情况)		

附录 C

检定证书内页格式

检定证书第 2 页

证书编号××××××-××××				
检定机构授权说明				
检定环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 他		
检定使用的计量（基）标准装置				
名 称	测量范围	不确定度/准确 度等级/最大 允许误差	计量（基）标准 证书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名 称	测量范围	不确定度/准确 度等级/最大 允许误差	计量（基）标准 证书编号	有效期至
第 2 页 共 3 页				

检定证书第 3 页

证书编号××××××-××××

检 定 结 果

序号	被检项目	检定结果	结论
1	外观质量		
2	内符合精度		
3	外符合精度		

注:

- 1 本报告检定结果仅对该计量器具有效;
- 2 本证书未加盖“XXXXXX”无效;
- 3 下次检定时请携带(出示)此证书。

未经授权, 不得部分复印本证书。

以下空白

附录 D

检定结果通知书内页格式

检定结果通知书第 2 页

证书编号××××××-××××				
检定机构授权说明				
检定环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 他		
检定使用的计量（基）标准装置				
名 称	测量范围	不确定度/准确 度等级/最大 允许误差	计量（基）标准 证书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名 称	测量范围	不确定度/准确 度等级/最大 允许误差	计量（基）标准 证书编号	有效期至
第 2 页 共 3 页				

检定结果通知书第 3 页

证书编号××××××-××××

检 定 结 果

序号	被检项目	检定结果	合格判断
1	外观质量		
2	内符合精度		
3	外符合精度		

注:

- 1 本报告检定结果仅对该计量器具有效;
- 2 本证书未加盖“XXXXXX”无效;
- 3 下次检定时请携带(出示)此证书。

未经授权,不得部分复印本证书。

附加说明

说明检定结果不合格项

以下空白

附录 E

不确定度评定实例

对姿态测量仪测量结果不确定度的评定，主要内容就是评定检定姿态测量仪姿态测量结果的不确定度。

E.1 姿态测量不确定度评定

E.1.1 数学模型

姿态测量结果的评定，主要就是评定姿态测量结果的不确定度。数学模型如下：

$$\Delta L = L - L_0 + \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad (\text{E.1})$$

上式中：

ΔL ——被检姿态测量仪示值误差，°；

L ——被检姿态测量仪的示值，°；

L_0 ——姿态检测平台的示值，°；

ΔL_1 ——被检姿态测量仪的内符合精度，°；

ΔL_2 ——被检姿态测量仪的外符合精度，°。

E.1.2 合成灵敏系数：

由于 $f(L_0, \Delta L_1, \Delta L_2)$ 中的 L_0 、 ΔL_1 、 ΔL_2 互不相关，故其合成方差为：

$$u_c^2(\Delta L) = c^2(L) u^2(L) + c^2(L_0) u^2(L_0) + c^2(\Delta L_1) u^2(\Delta L_1) + c^2(\Delta L_2) u^2(\Delta L_2) \quad (\text{E.2})$$

式中灵敏系数为：

$$c(L) = \frac{\partial(\Delta L)}{\partial(L)} = 1$$

$$c(L_0) = \frac{\partial(\Delta L)}{\partial(L_0)} = -1$$

$$c(\Delta L_1) = \frac{\partial(\Delta L)}{\partial(\Delta L_1)} = 1$$

$$c(\Delta L_2) = \frac{\partial(\Delta L)}{\partial(\Delta L_2)} = 1$$

E.1.3 计算分量不确定度：

a) 被检姿态测量仪内符合精度引起的不确定度：将姿态传感器固定在姿态平台上保持静止不动记录姿态传感器数据（以纵摇为例）。

表 E.1 姿态测量仪记录 10 次测量结果表

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (°)	-0.041	-0.042	-0.043	-0.041	-0.043	-0.046	-0.042	-0.044	-0.045	-0.048

被检姿态测量仪内符合精度的不确定度采用中误差方法进行评定，根据

$$\sigma_{in} = \sqrt{\frac{\sum (\beta_i - \bar{\beta})^2}{n-1}} \quad (\text{E.3})$$

得到姿态测量仪内符合精度引起的不确定度为 $u(\Delta L_1) = \sigma_{out} / \sqrt{n} = 0.001^\circ$

b) 被检姿态测量仪外符合精度引起的不确定度

被检姿态测量仪外符合精度的不确定度采用中误差方法进行评定，根据：

$$\sigma_{out} = \sqrt{\frac{\sum (\beta_i - \theta_i)^2}{n}} \quad (\text{E.4})$$

得到姿态测量仪内符合精度引起的不确定度为 $u(\Delta L_2) = \sigma_{out} / \sqrt{n} = 0.002^\circ$

c) 姿态检测平台的不确定度 $u(\Delta L_0)$ 为：

$$u(\Delta L_0) = 0.005^\circ$$

d) 姿态测量仪的不确定度为：

$$u(\Delta L) = 0.02^\circ$$

E.1.4 不确定度一览表

表E.2 不确定度一览表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度	灵敏系数
$u(L)$	姿态测量仪的不确定度分量	0.02°	1
$u(L_0)$	姿态检测平台的不确定度分量	0.005°	1
$u(\Delta L_1)$	被检姿态测量仪内符合精度引起的不确定度分量	0.001°	1
$u(\Delta L_2)$	被检姿态测量仪外符合精度引起的不确定度分量	0.002°	1

E.1.5 合成标准不确定度：

以上分量独立无关，所以合成不确定度为：

$$u_c(L) = \sqrt{1^2 \times 0.001^2 + 1^2 \times 0.002^2 + 1^2 \times 0.005^2 + 1^2 \times 0.02^2} = 0.02^\circ$$

E.1.6 扩展不确定度:

$$U = 0.04^\circ, k = 2$$

JJG (交通) × × × × — × × × × × ×