



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—XXXX

## 船舶自动识别系统（AIS）校准规范

Calibration Specification of Automatic Identification Systems

（征求意见稿）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局

发 布



# 船舶自动识别系统（AIS）

## 校准规范

Calibration Specification of  
Automatic Identification System

JJF XXXX—XXXX

归口单位：全国水运专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：北京航天计量测试技术研究所

交通运输部天津水运工程科学研究所

交通运输部东海航海保障中心

参加起草单位：遨海科技有限公司

大连海事大学

本规范委托全国水运专用计量器具计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

郝志坤（北京航天计量测试技术研究所）

曹玉芬（交通运输部天津水运工程科学研究所）

张 良（交通运输部东海航海保障中心）

**参加起草人：**

高 蕾（北京航天计量测试技术研究所）

王 兵（北京航天计量测试技术研究所）

刘 裕（遨海科技有限公司）

姜 毅（大连海事大学）

# 目 录

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 引言 .....                             | II |
| 1 范围 .....                           | 3  |
| 2 引用文件 .....                         | 3  |
| 3 术语和定义、缩略语 .....                    | 3  |
| 3.1 术语和定义 .....                      | 3  |
| 3.2 缩略语 .....                        | 4  |
| 4 概述 .....                           | 4  |
| 5 计量特性 .....                         | 6  |
| 5.1 载波频率 .....                       | 6  |
| 5.2 载波功率 .....                       | 6  |
| 5.3 频偏 .....                         | 7  |
| 5.4 接收机灵敏度 .....                     | 7  |
| 5.5 定位误差 .....                       | 7  |
| 6 校准条件 .....                         | 7  |
| 6.1 环境条件 .....                       | 7  |
| 6.2 测量标准及设备 .....                    | 7  |
| 7 校准项目和校准方法 .....                    | 8  |
| 7.1 校准项目 .....                       | 8  |
| 7.2 外观及工作正常性检查 .....                 | 9  |
| 7.3 校准方法 .....                       | 9  |
| 8 校准结果表达 .....                       | 13 |
| 9 复校时间间隔 .....                       | 14 |
| 附录 A 标准测试信号 .....                    | 15 |
| 附录 B 船舶自动识别系统 (AIS)校准原始记录参考格式 .....  | 17 |
| 附录 C 船舶自动识别系统 (AIS)校准证书内页格式 .....    | 19 |
| 附录 D 船舶自动识别系统 (AIS) 测量不确定度评定示例 ..... | 21 |

# 引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范

本规范为首次发布。

# 船舶自动识别系统（AIS）校准规范

## 1 范围

本规范适用于船舶自动识别系统（AIS）基站及船站的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1188—2008 无线电计量名词术语及定义

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

JJF 1942—2021 导航型卫星接收机校准规范

GB/T 39620—2025 船舶自动识别系统(AIS)基站技术要求及测试方法》

GB/T 35552.1—2026 船舶自动识别系统(AIS)B 类设备技术要求第1 部分：载波侦听时分多址（CSTDMA）

GB/T 35552.2—2026 《船舶自动识别系统（AIS）B 类设备技术要求第2 部分：自组织时分多址（SOTDMA）

GB/T 46415—2025 船舶自动识别系统（AIS）A 类设备性能和测试要求》

GJB 9095—2017 矢量信号发生器检定规程

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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。

## 3 术语和定义、缩略语

### 3.1 术语和定义

#### 3.1.1 船舶自动识别系统(AIS) automatic identification system

在甚高频海上移动频段采用时分多址接入方式自动广播和接收船舶动态、静态等信息以便实现识别、避碰和导航的系统。

[来源：GB/T39620-2025，3.1.2]

#### 3.1.2 载波功率 carrier power

载波功率是发射机在一个发射时隙中，加在标称阻抗为  $50\ \Omega$  的负载上的平均功率。

#### 3.1.3 调制精度 modulation accuracy

调制精度是对发射机调制的峰值频率偏差和 GMSK 带宽-时间积（BT）滤波正确性的测量。

### 3.1.4 灵敏度 sensitivity

在 161.975MHz、162.025MHz 两个工作信道上，向被测 AIS 接收机输入标准测试信号 3，当接收机正确解码数据且误包率不超过 20%时，所需要的最小输入信号电平。

### 3.1.5 全球导航卫星系统（GNSS） global navigation satellite system

全球导航卫星系统目前包括美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧盟的 Galileo 及中国的 BDS（北斗）。

[来源：JJF1403-2013，3.1]

### 3.1.6 定位误差 position error

AIS 内部 GNSS 接收模块解算的位置与标准位置之差，一般只包含水平定位误差。

### 3.1.7 标准测试信号 standard test signal

专门用于校准的 AIS 的测试信号，包括标准测试信号 1、包括标准测试信号 2、包括标准测试信号 3。

## 3.2 缩略语

AIS：自动识别系统（Automatic Identification System）

BIIT：内置完好性测试（Built-In Integrity Tests）

DGNSS：差分全球卫星导航系统（Differential Global Navigation Satellite System）

GMSK：高斯滤波最小移频键控（Gaussian Filtered Minimum Shift Keying）

GNSS：全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System）

NRZI：反向不归零翻转编码（Non-Return to Zero Inverted）

PI：表示接口（Presentation Interface）

PRBS：伪随机二进制序列（Pseudo-Random Binary Sequence）

SOTDMA：时分多址自组织接入（Self Organized Time Division Multiple Access）

TDMA：时分多址（Time Division Multiple Access）

VHF：甚高频（Very High Frequency）

## 4 概述

船舶自动识别系统（AIS）是用于海上船舶识别、导航和避碰的重要设备。它是一种基于 VHF 通信和 TDMA 技术的航行安全助航系统。AIS 通过 GNSS 模

块获取船位、航向、航速等动态信息，并结合其船名、呼号及所载危险货物等船舶静态信息通过甚高频（VHF）向附近水域基站或其他船站进行广播，帮助船舶在航行过程中及时获取周围船舶的动态。船舶自动识别系统（AIS）分为基站和船站，船站分为 A 类船站和 B 类船站。

船舶自动识别系统（AIS）由 VHF 天线、收发转换开关、接收机前端电路、AIS 接收机、AIS 发射机、GNSS 天线、GNSS 接收模块、滤波放大电路、控制/接口单元、显示终端单元、内部同步源、电源等组成，其原理结构框图见图 1。VHF 天线接收到射频信号后，经收发转换开关切换进入接收机前端电路进行放大和滤波处理，再送入 AIS 接收机完成解调、解码，恢复基带信号；发射时，控制处理单元输出的基带信号经 AIS 发射机完成编码、调制后，通过收发转换开关由 VHF 天线辐射出去。GNSS 天线接收到卫星导航信号后，经滤波放大电路进行选频和低噪声放大，再送入 GNSS 接收机完成信号捕获、跟踪和定位解算；GNSS 接收机输出 UTC 时间和地理位置信息，并通过数据接口送入控制处理单元，为系统提供精确的时间同步基准和本船位置数据。

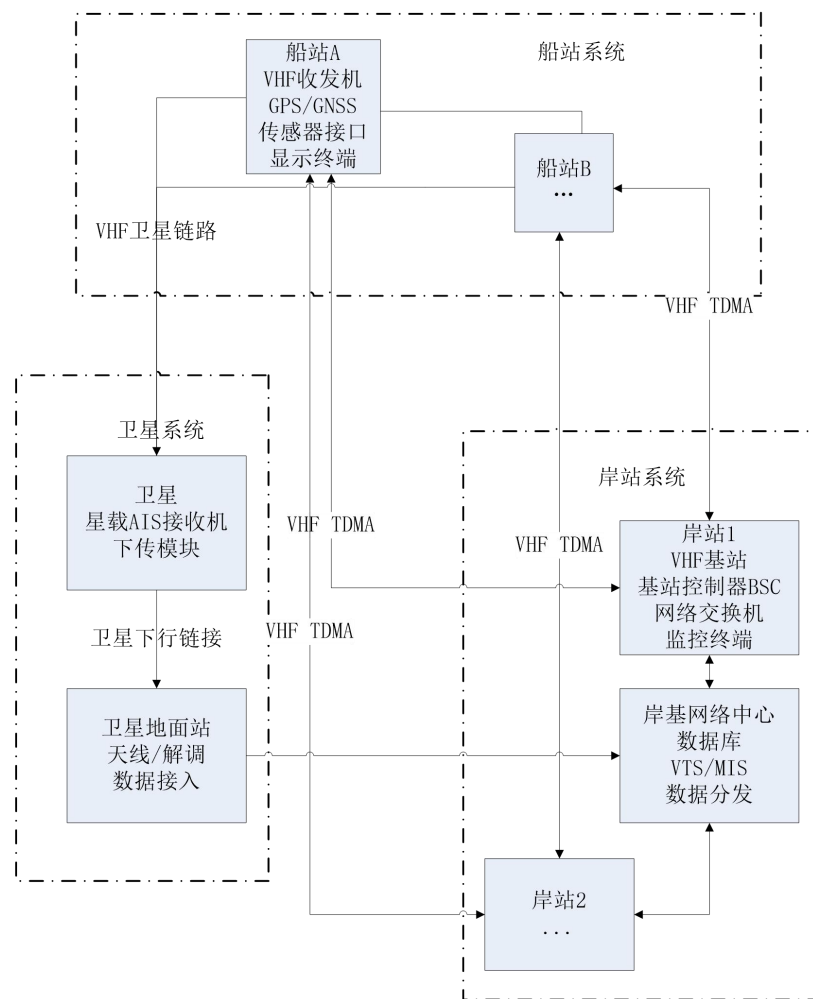


图1 AIS系统结构示意图

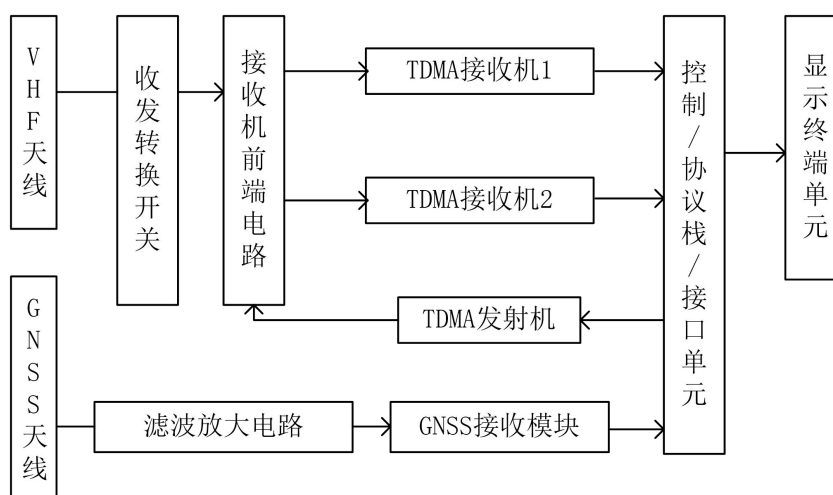


图 2 AIS 系统原理图

## 5 计量特性

### 5.1 载波频率

#### 5.1.1 基站

信道 1: 161.975MHz, 信道 2: 162.025MHz;

最大允许误差:  $\pm 500\text{Hz}$ 。

#### 5.1.2 船站

信道 1: 161.975MHz, 信道 2: 162.025MHz;

最大允许误差:  $\pm 500\text{Hz}$ 。

### 5.2 载波功率

#### 5.2.1 基站

基站: 41 dBm (远距离传输功率), 30 dBm (近距离传输功率);

最大允许误差:  $\pm 1.5\text{ dB}$ 。

#### 5.2.2 船站

A 类船站: 41dBm (远距离传输功率), 30dBm (近距离传输功率)或 33dBm (近距离传输功率);

最大允许误差:  $\pm 1.5\text{ dB}$ 。

B 类船站: 37dBm (远距离传输功率), 33dBm (近距离传输功率);

最大允许误差:  $\pm 1.5\text{ dB}$ 。

### 5.3 调制频率误差

#### 5.3.1 基站

标准测试信号 1: 频率调制频偏为 1760Hz, 最大允许误差:  $-176\text{Hz} \sim 352\text{Hz}$ ;

标准测试信号 2: 频率调制频偏为 2400Hz, 最大允许误差:  $\pm 240\text{Hz}$ 。

#### 5.3.2 船站

标准测试信号 1: 频率调制频偏为 1740Hz, 最大允许误差:  $\pm 175\text{Hz}$ ;

标准测试信号 2: 频率调制频偏为 2400Hz, 最大允许误差:  $\pm 240\text{Hz}$ 。

### 5.4 接收机灵敏度

#### 5.4.1 基站

在 161.975MHz、162.025MHz 频率处, 当 AIS 接收机正确解码数据且误包率不超过 20%时, 输入信号电平应 $\leq -107\text{dBm}$ 。

#### 5.4.2 船站

在 161.975MHz、162.025MHz 频率处, 当 AIS 接收机正确解码数据且误包率不超过 20%时, 输入信号电平应 $\leq -107\text{dBm}$ ;

在频率  $161.975\text{MHz} \pm 500\text{Hz}$ 、 $162.025\text{MHz} \pm 500\text{Hz}$  频率处, 当 AIS 接收机正确解码数据且误包率不超过 20%时, 输入信号电平应 $\leq -104\text{dBm}$ 。

### 5.5 定位误差

船站水平定位误差不大于 10m。

注: 以上技术指标不用于合格性判定, 仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境条件要求如下:

- a) 环境温度:  $15^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ , 全程温度变化不超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度:  $20\% \sim 75\%$ ;
- c) 其他影响量: 周围环境无影响其计量性能的电磁干扰和机械振动。

### 6.2 测量标准及设备

#### 6.2.1 功率计

频率范围覆盖被校准AIS输出信号频率范围, 功率范围覆盖 $-70\text{dBm} \sim +20\text{dBm}$  (配合衰减器后可测到 $45\text{dBm}$ 或覆盖被测AIS输出功率范围), 功率测量

最大允差 $\pm 0.5\text{dB}$ 。

### 6.2.2 频率计

频率范围覆盖被校准AIS发射机输出信号频率范围，相对频率偏差为 $\pm (1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-11})$ 或可接外频标。

### 6.2.3 信号发生器

能发送标准测试信号3，频率范围覆盖被校准AIS输出信号频率范围，输出功率电平覆盖 $-120\text{dBm} \sim 20\text{dBm}$ 或小于优于被测AIS接收机标称灵敏度，功率电平最大允差： $\pm 0.5\text{dB}$ 。

### 6.2.4 频谱分析仪

频率范围覆盖被校准AIS输出信号频率范围，电平测量范围覆盖 $-120\text{dBm} \sim 50\text{dBm}$ ，电平最大允差： $\pm (1 \sim 3)\text{dB}$ 。

### 6.2.5 功率衰减器

频率覆盖 $161.975\text{MHz}$ 、 $162.025\text{MHz}$ ， $(0 \sim 90)\text{dB}$ 可调。

### 6.2.6 GNSS 信号模拟器

输出频率：支持被校准AIS接收机所适用的GNSS系统；

场景：可定义定位误差等校准场景；

信号功率：输出电平覆盖 $(-100 \sim -140)\text{dBm}$ 或优于被测AIS接收机GNSS模块灵敏度，绝对误差优于 $\pm 1\text{dB}$ ；

伪距分辨力： $\leq 1\text{m}$ 。

## 6.3 标准测试信号

标准测试信号分三种，包括为标准测试信号1、标准测试信号2和标准测试信号3，具体要求见附录A。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

船舶自动识别系统(AIS)的校准项目见表1，校准记录表格式见附录B。如无特殊说明，本规范被测设备包括基站、船站(A类、B类)，其测试方法、测试项目相同。

表 1 校准项目表

| 序号 | 校准项目名称 | 基站 | 船站   |      |
|----|--------|----|------|------|
|    |        |    | A类船站 | B类船站 |
| 1  | 载波频率   | √  | √    | √    |
| 2  | 载波功率   | √  | √    | √    |
| 3  | 调制频率误差 | √  | √    | √    |
| 4  | 灵敏度    | √  | √    | √    |
| 5  | 定位误差   | /  | √    | √    |

## 7.2 外观及工作正常性检查

### 7.2.1 外观检查

被校 AIS 机身应有清晰地铭牌，包括名称、型号、出厂编号和生产厂商等标识。其外表面不应有影响正常工作及读数的机械损伤，各按键、开关旋钮及接口应操作灵活、接触可靠，各种状态指示灯及显示屏应清晰、完整。

### 7.2.2 工作正常性检查

接通电源后，被校准 AIS 应能正常启动、自检程序应能正常完成，无异常报警或故障提示。被校准 AIS 数据接口应能正常通信，正确接收并解析静态信息、动态信息等。

## 7.3 校准方法

### 7.3.2 载波频率

校准步骤如下：

a) 根据被测信号功率，选择适当的衰减器，按图3连接被校准设备，将信号接入频率计；

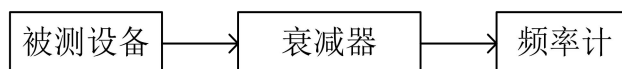


图 3 载波频率校准连接示意图

b) 设定被测设备分别在 161.975 MHz、162.025 MHz 两个信道发射无调制载波信号（单载波）；

c) 按设备类型分别设置发射功率：基站为 41 dBm/30 dBm，A 类船站为 41 dBm/30 dBm 或 33 dBm，B 类船台为 37 dBm/33 dBm；

d) 连续测量 N 次（ $N \geq 3$ ），依次记录各功率、各频点下的频率测得值  $f_x$ ，并按公式（1）计算载波频率误差。

$$\Delta f = f_0 - \overline{f_x} \quad (1)$$

式中：

$\Delta f$ ——载波频率误差，单位为 Hz；

$f_0$ ——载波频率标称值，单位为 Hz；

$\overline{f_x}$ ——N 次测量的算术平均值，单位为 Hz。

### 7.3.3 载波功率

校准步骤如下：

a) 按图4连接被测设备、衰减器和标准功率计。



图 4 载波功率校准连接示意图

b) 设定被测设备分别在 161.975 MHz、162.025 MHz 两个信道发射无调制载波信号；

c) 按设备类型分别设置发射功率：

基站为 41 dBm/30 dBm，A 类船站为 41 dBm/30 dBm 或 33 dBm，B 类船站为 37 dBm/33 dBm；

d) 根据被测信号功率，选择合适的衰减器，将信号接入功率计；

e) 连续测量 N 次 ( $N \geq 3$ )，依次记录各频点、各功率下的峰值功率测得值  $P_x$ ，并按公式 (2) 计算载波功率误差。

$$\Delta P = P_0 - \overline{P_x} \quad (2)$$

式中：

$\Delta P$ ——载波功率误差，单位为 dBm；

$P_0$ ——标称功率，单位为 dBm；

$\overline{P_x}$ ——N 次测量的平均值，单位为 dBm。

### 7.3.4 频率调制的频偏误差

按照图5连接被测设备、衰减器、触发装置和频谱分析仪。

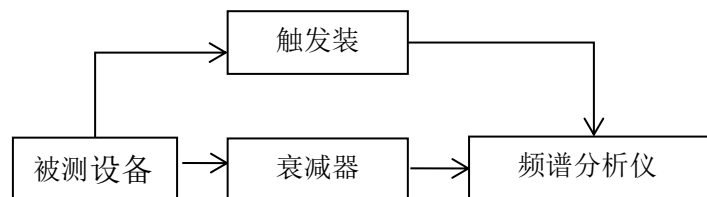


图 5 发射机调制频率频偏误差校准连接示意图

校准步骤如下：

a) 确定被测设备的发射功率，并选择适当的衰减器；

b) 设置被测设备发送标准测试信号 1，中心频率设置为 161.975MHz，设置输出功率，基站及 A 类船站输出功率为 41dBm, B 类船站输出功率为 37dBm，设置频谱分析仪 RBW（分辨率带宽 Resolution Bandwidth）为 10Hz~1000Hz、扫频宽度为 10kHz 等，使用频谱分析仪测量频率调制的频偏误差，每组数据测量 N 次（ $N \geq 3$ ），取平均值作为测量结果并记录于相应表格内；

c) 设置被测设备发送标准测试信号 2，中心频率设置为 161.975MHz，设置输出功率，基站及 A 类船站输出功率为 41dBm, B 类船站输出功率为 37dBm，设置频谱分析仪 RBW（分辨率带宽 Resolution Bandwidth）为 10Hz~1000Hz、扫频宽度为 100kHz 等，使用频谱分析仪测量频率调制的频偏误差，取屏幕左侧和右侧功率衰减为输出功率 6db 处，记录其频率值之差，每组数据测量 N 次（ $N \geq 3$ ），取平均值作为测量结果并记录于相应表格内；

d) 将被测设备传输信号中心频率设置为 162.025MHz，按步骤 b) ~ c)，使用频谱分析仪测量频率调制的频偏误差，每组数据测量 N 次（ $N \geq 3$ ），取平均值作为测量结果并记录于相应表格内。

### 7.3.5 灵敏度

校准步骤如下：

a) 首先对测试（含衰减器）链路进行校正；

b) 按图6连接消息生成器、信号发生器、被测设备和报文测量测试套件，调整信号生成器的信号输出功率，使被测 AIS 接收机端的接收信号电平为 -107dBm 或其产品规定的最小灵敏度电平值；

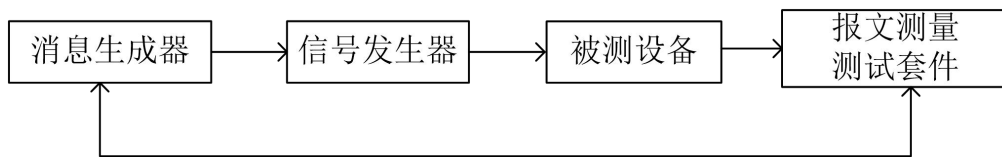


图6 接收机灵敏度校准连接示意图

c) 将信号生成器发射信号设置为标准测试信号 3 号，信号生成器发送的数据包数量记为  $P_{tx}$ ，被测设备收到且有效解析的数据包数量记为  $P_{rx}$ ；

d) 将被测设备传输信号中心频率设置为 161.975MHz，按公式（3）计算该频率下的误包率。如果  $PER \leq 20\%$ ，则被测 AIS 接收机在该频率下的灵敏度为 -107dBm 或其产品规定的最小灵敏度电平值；

$$PER = (P_{tx} - P_{rx}) / P_{tx} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$PER$ ——误包率;

$P_{tx}$ ——发送的数据包数量;

$P_{rx}$ ——被测设备收到且有效解析的数据包数量。

e) 将被测设备传输信号中心频率设置为 162.025MHz, 计算该频率下的误包率。如果  $PER \leq 20\%$ , 则被测 AIS 接收机在该频率下的灵敏度为 -107dBm 或其产品规定的最小灵敏度电平值;

f) 对于船站, 完成上述校准后, 还应调整信号生成器的信号输出功率, 使被测接收机端的接收信号电平为 -104dBm 或其产品规定的极限频率下最小灵敏度电平值;

g) 将被测设备传输信号中心频率设置为  $161.975\text{MHz} \pm 500\text{Hz}$ , 分别计算被测 AIS 船站误包率, 如果  $PER \leq 20\%$ , 则被测船站 AIS 接收机在该极限频率下的灵敏度为 -104dBm 或其产品规定的极限频率下最小灵敏度电平值;

h) 将被测设备传输信号中心频率设置为  $162.025\text{MHz} \pm 500\text{Hz}$ , 分别计算被测 AIS 船站误包率, 如果  $PER \leq 20\%$ , 则被测船站 AIS 接收机在该极限频率下的灵敏度为 -104dBm 或其产品规定的极限频率下最小灵敏度电平值。

### 7.3.6 定位误差

#### 7.3.6.1 静态定位误差

静态定位误差校准步骤如下:

a) 按 JJF1942-2021 《导航型卫星接收机校准规范》中 7.2.1.2 仿真法静态定位误差及 7.2.2.1 仿真法动态定位误差校准方法, 按图 7 连接 GNSS 信号模拟器、被测设备和监控计算机。

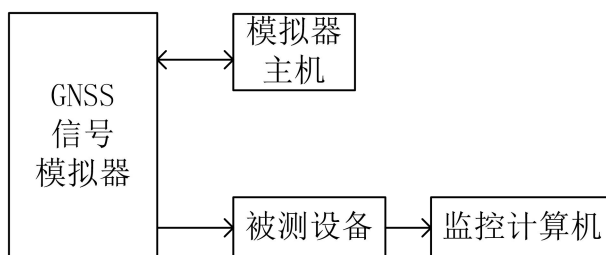


图 7 定位误差校准连接示意图

b) 将 GNSS 信号模拟器输出端连接到被测 AIS 接收机 GNSS 天线输入端口, 设置信号模拟器输出频点与被校准接收机 GNSS 模块可接收的频点相同。在信号模拟器上输入要仿真的点位坐标及仿真时间, 设置其输出功率高于被测 AIS 接收机 GNSS 模块的灵敏度。

c) 待系统工作正常后, 用 GNSS 模拟器评估软件记录被测 AIS 接收机每一时刻输出的经度纬度等信息, 每 20min 一组, 一般测量不少于 3 组;

d) 计算静态水平定位误差。

e) 对于无上报经度纬度功能的AIS接收机，直接读取其显示的经纬度信息，测试3组数据，按JJF1942-2021《导航型卫星接收机校准规范》附录A方法，转换为大地坐标后，与GNSS模拟器标准位置信息进行比对，计算水平定位误差。

### 7.3.6.2 动态定位误差

动态定位误差校准步骤如下：

a) 将GNSS信号模拟器输出端连接到被测AIS接收机GNSS天线输入端口，设置信号模拟器输出频点与被校准接收机GNSS模块可接收的频点相同；

b) 在信号模拟器上输入要仿真的运动轨迹并输出（设置仿真场景：船速大于23kn匀速运动，不改变航向），设置其输出功率高于被测AIS接收机GNSS模块灵敏度。

c) 设置采样时间间隔，用GNSS模拟器评估软件记录被测AIS接收机每一时刻输出的经度纬度等信息；

d) 将每个采样时刻被测AIS接收机记录的点坐标与该时刻模拟器给定的标准点坐标进行比较，计算动态定位误差。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书内页格式见附录C，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 校准地点；
- d) 证书的唯一性标识，页码及总页数标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校准对象的描述和明确标识，如型号、生产厂家等信息；
- g) 校准日期，如果与校准结果有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识、包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述，包括环境温度、相对湿度等；
- k) 校准结果及测量结果不确定度的说明；
- l) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- m) 校准结果仅对被校准对象有效的声明；
- n) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

按JJF1059.1的要求，开展测量不确定度的评定，见附录D

## 9 复校时间间隔

船舶自动识别系统（AIS）的复校时间间隔建议不超过 12 个月，送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

### 标准测试信号

#### A.1 标准测试信号 1

用于测试 AIS 标准测试信号 1（TDMA）：由一系列 010101 作为 AIS 报文帧的数据，以及报头、开始标记、结束标记与 CRC 组成。

[来源：GB/T39620-2025 8.2.4.1]

#### A.2 标准测试信号 2

标准测试信 2（TDMA）：由一系列 00001111 作为 AIS 报文帧的数据，以及报头、开始标记、结束标记与 CRC 组成。

[来源：GB/T39620-2025 8.2.4.2]

#### A.3 标准测试信号 3

标准测试信号 3：由 200 个数据包组成，四个包组成一簇，簇（4 包）的格式见附录 A 图 A.1 所示。每个簇包含两个连续的发射包，发射包内容见附录表 A.1。NRZI 应适用于每个数据包。发送数据包 1 和 2 后，NRZI 进程的初始状态应反转，然后重复数据包 1 和 2 的发射。在每个发送的数据包之间，至少应有 2 个空闲时间段。应当在分组之间关闭射频载波，以模拟正常运行。

#### A.4 标准测试信号 3 组成及帧结构

标准测试信号 3 是一种以簇为单元进行编排、采用 NRZI 编码的数据包序列测试信号。该信号由 200 个数据包组成，每 4 个数据包组成一簇，如图 A.1 所示。每个簇包包含 2 个连续的发射数据包，每个数据包均采用 NRZI 编码。在完成发射数据包 1 和数据包 2 后，对 NRZI 进程的初始状态反转，再重复发射数据包 1 和数据包 2。每个传输的数据包之间至少应有 2 个时隙的空闲。射频载波应在数据包之间关闭，以模拟真实的时隙状态。

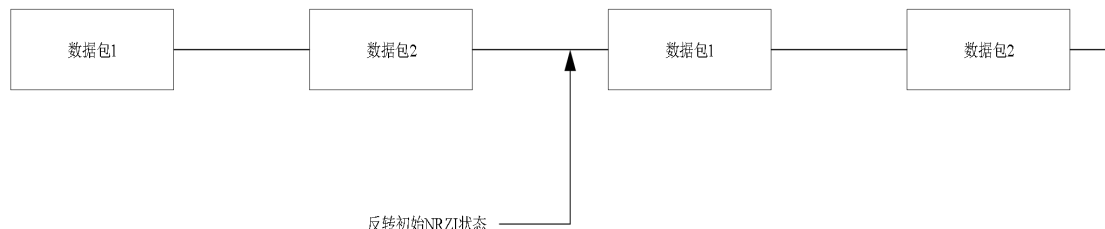


图 A.1 标准测试信号 3 示意图

发射包 1 和发射包 2 的内容

| 数据包 | 参数   | 比特数 | 内容          | 注释                 |
|-----|------|-----|-------------|--------------------|
| 1   | 同步   | 22  | 0101...0101 | 由于斜坡上升的重叠，减少了 2 比特 |
|     | 起始标志 | 8   | 01111110    |                    |
|     | 数据序列 | 168 | 伪随机序列       |                    |
|     | CRC  | 16  | 计算值         |                    |
|     | 结束标志 | 8   | 01111110    |                    |
| 2   | 同步   | 22  | 1010...1010 | 由于斜坡上升的重叠，减少了 2 比特 |
|     | 起始标志 | 8   | 01111110    |                    |
|     | 数据序列 | 168 | 伪随机序列       |                    |
|     | CRC  | 16  | 计算值         |                    |
|     | 结束标志 | 8   | 01111110    |                    |
| 数据包 | 参数   | 比特数 | 内容          | 注释                 |
| 1   | 同步   | 24  | 0101...0101 |                    |
|     | 起始标志 | 8   | 01111110    |                    |
|     | 数据序列 | 168 | 伪随机序列       |                    |
|     | CRC  | 16  | 计算值         |                    |
|     | 结束标志 | 8   | 01111110    |                    |
| 2   | 同步   | 24  | 0101...0101 |                    |
|     | 起始标志 | 8   | 01111110    |                    |
|     | 数据序列 | 168 | 伪随机序列       |                    |
|     | CRC  | 16  | 计算值         |                    |
|     | 结束标志 | 8   | 01111110    |                    |

## 附录 B

## 船舶自动识别系统（AIS）校准原始记录参考格式

表 B.1 载波频率

| 序号 | 功率 | 载波频率标称值 | 实测值 |  |  |
|----|----|---------|-----|--|--|
|    |    |         |     |  |  |
|    |    |         |     |  |  |
|    |    |         |     |  |  |
|    |    |         |     |  |  |
|    |    |         |     |  |  |

表 B.2 载波功率

| 序号 | 频率 | 载波功率标称值 | 实测值 |  |  |
|----|----|---------|-----|--|--|
|    |    |         |     |  |  |
|    |    |         |     |  |  |
|    |    |         |     |  |  |
|    |    |         |     |  |  |
|    |    |         |     |  |  |

表 B.3 调制频率误差

| 序号 | 载波频率 | 测试信号类型 | 标称值 | 实测值 |  |  |
|----|------|--------|-----|-----|--|--|
|    |      |        |     |     |  |  |
|    |      |        |     |     |  |  |
|    |      |        |     |     |  |  |
|    |      |        |     |     |  |  |
|    |      |        |     |     |  |  |

表 B.4 灵敏度

| 序号 | 功率 | 频率 | 发送的数据包数量 | 有效解析的数据包数量 | 误包率 |
|----|----|----|----------|------------|-----|
|    |    |    |          |            |     |
|    |    |    |          |            |     |
|    |    |    |          |            |     |
|    |    |    |          |            |     |
|    |    |    |          |            |     |

表 B.5 定位误差

| 文件号 | 标准输出 | 接收机输出 | 水平定位误差 |
|-----|------|-------|--------|
|     |      |       |        |
| 1   |      |       |        |
| 2   |      |       |        |
| 3   |      |       |        |
| ... |      |       |        |
| n   |      |       |        |

## 附录 C

## 校准证书内页格式

表 C.1 载波频率

| 序号 | 功率 | 载波频率标称值 | 实测平均值 | 载波频率误差 | 不确定度 ( $k=2$ ) |
|----|----|---------|-------|--------|----------------|
|    |    |         |       |        |                |
|    |    |         |       |        |                |
|    |    |         |       |        |                |
|    |    |         |       |        |                |
|    |    |         |       |        |                |

表 C.2 载波功率

| 序号 | 频率 | 载波功率标称值 | 实测平均值 | 载波功率误差 | 不确定度 ( $k=2$ ) |
|----|----|---------|-------|--------|----------------|
|    |    |         |       |        |                |
|    |    |         |       |        |                |
|    |    |         |       |        |                |
|    |    |         |       |        |                |
|    |    |         |       |        |                |

表 C.3 调制频率误差

| 序号 | 载波频率 | 标称值 | 实测平均值 | 调制频率误差 | 不确定度 ( $k=2$ ) |
|----|------|-----|-------|--------|----------------|
|    |      |     |       |        |                |
|    |      |     |       |        |                |
|    |      |     |       |        |                |
|    |      |     |       |        |                |
|    |      |     |       |        |                |

表 C.4 灵敏度

| 序号 | 频率 | 误包率 | 灵敏度 | 不确定度 ( $k=2$ ) |
|----|----|-----|-----|----------------|
|    |    |     |     |                |
|    |    |     |     |                |
|    |    |     |     |                |
|    |    |     |     |                |
|    |    |     |     |                |

表 C.5 定位误差

| 文件号 | 标准输出 | 接收机输出 | 水平定位误差 | 不确定度 ( $k=2$ ) |
|-----|------|-------|--------|----------------|
| 1   |      |       |        |                |
| 2   |      |       |        |                |
| 3   |      |       |        |                |
| ... |      |       |        |                |
| n   |      |       |        |                |

## 附录 D

## 船舶自动识别系统（AIS）测量不确定度评定示例

## D.1 载波频率校准不确定度评定

## D.1.1 测量模型

$$\Delta f = f_0 - \overline{f_x}$$

使用频率计直接测量被校准 AIS 输出信号的频率。

以使用 SS7406C 型频率计校准船站输出的 161.975MHz 为例进行不确定度评定。

## D.1.2 不确定度来源

不确定度来源主要包含以下 3 项：

- （1）由标准器频率计准确度引入的标准不确定度分量  $u_1$ ；
- （2）由标准器频率计分辨力引入的标准不确定度分量  $u_2$ ；
- （3）由测量重复性引入的不确定度分量  $u_3$ ；

## D.1.3 标准不确定度评定

## D.1.3.1 由频率计计数不准引入的不确定度分量

由频率计 SS7406C 溯源证书可知，其相对频率偏差为  $3 \times 10^{-8}$ 。按均匀分布，则包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，则由其引入的标准不确定度为：

$$u_1 = \frac{3 \times 10^{-8} \times 161975000}{\sqrt{3}} = 2.8 \text{Hz}$$

## D.1.3.2 由频率计分辨力引入的不确定度分量

对于频率计 SS7406C，其频率测量位数为 12 位。测量 161.975MHz 时，最小显示位数为 0.001Hz，按均匀分布，则包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，则由其引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} = 0.00029 \text{Hz}$$

## D.1.3.3 重复性引入的不确定度分量

船站输出的 161.975MHz 重复性测量结果见表 D.1。

表 D.1 船站设备输出的 161.975MHz 重复性测量结果

| 序号 | 测量结果（MHz） |
|----|-----------|
|----|-----------|

|    |               |
|----|---------------|
| 1  | 161.975118944 |
| 2  | 161.975119008 |
| 3  | 161.975118958 |
| 4  | 161.975119514 |
| 5  | 161.975119228 |
| 6  | 161.975119501 |
| 7  | 161.975119515 |
| 8  | 161.975118998 |
| 9  | 161.975119356 |
| 10 | 161.975119384 |

则，由重复性引入的标准不确定度为：

$$u_3 = s_n(f) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2} = 0.24\text{Hz}$$

#### D.1.4 合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关，则有：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 2.8\text{Hz}$$

#### D.1.5 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$ ，则有：

$$U = ku_c = 5.6\text{Hz}$$

相对扩展不确定度为：

$$U_r = 3.5 \times 10^{-8} (k = 2)$$

### D.2 载波功率不确定度评定

#### D.2.1 数学模型

$$\Delta P = P_0 - \overline{P_x}$$

使用功率计直接测量被校准 AIS 输出信号的功率。

以使用功率传感器 71710A、2438CA 功率计对船站输出的 161.975MHz，41 dBm（12.5W）功率测量为例，进行不确定度评定。

#### D.2.2 不确定度来源

不确定度来源主要包含以下 4 项：

- （1）由标准器功率计与被测 AIS 连接端口失配引入的标准不确定度分量  $u_1$ ；
- （2）由标准器功率计校准因子引入的标准不确定度分量  $u_2$ ；
- （3）由标准器功率计分辨力引入的标准不确定度分量  $u_3$ ；

(4) 由重复性引入的不确定度分量  $u_4$ ;

### D.2.3 标准不确定度评定

#### D.2.3.1 由功率计与被测 AIS 连接端口失配引入的不确定度分量

对于 161.975MHz 输出频率, 功率传感器 71710A 的驻波比小于 1.1, 船站的驻波比小于 1.5, 按照最差的相位组合下, 其误差为:

$$\Delta = 2 \bullet \Gamma_G \bullet \Gamma_L = 2\%$$

$$\Delta_{dB} = 10 \log_{10}(1 + \Delta) = 0.086 \text{dB}$$

按反正弦子分布, 则包含因子  $k = \sqrt{2}$ , 则由其引入的标准不确定度为:

$$u_1 = \frac{0.086}{\sqrt{2}} = 0.061 \text{dB}$$

#### D.2.3.2 由功率计校准因子引入的不确定度分量

使用的功率传感器 71710A, 其校准证书上在 100MHz 频率处校准因子引入的不确定度为 1.9% ( $k=2$ ), 则有:

$$u_2 = \frac{1.9\%}{2} = 0.95\% = 0.041 \text{dB}$$

#### D.2.3.3 由功率计分辨力引入的不确定度分量

功率计分辨力为 0.01dB, 按均匀分布, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 则由其引入的标准不确定度为:

$$u_3 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{dB}$$

$0.12\% / \sqrt{3} = 0.07\%$ 。

#### D.2.3.4 重复性引入的不确定度分量

船站在 161.975MHz 输出 41dBm 信号, 重复性测量结果见表 D.2。

表 D.2 船站在 161.975MHz 输出 41dBm 重复性测量结果

| 序号 | 测量结果 (dBm) |
|----|------------|
| 1  | 41.16      |
| 2  | 41.19      |
| 3  | 41.21      |
| 4  | 41.20      |
| 5  | 41.19      |
| 6  | 41.18      |
| 7  | 41.22      |
| 8  | 41.18      |

|    |       |
|----|-------|
| 9  | 41.16 |
| 10 | 41.17 |

则，由重复性引入的相对标准不确定度为：

$$u_4 = s_n(P) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} = 0.020\text{dB}$$

#### D.2.4 相对合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关，分辨力引入的不确定度小于重复性引入的不确定度，故取重复性引入的不确定分量，则有：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_4^2} = 0.075\text{dB}$$

#### D.2.5 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$ ，则有：

$$U = ku_c = 0.15\text{dB}$$

### D.3 调频频偏不确定度评定

#### D.3.1 测量模型

$$F' = F$$

使用频谱分析仪直接测量调频频偏。

以使用 4051A 型频谱分析仪，船站输出 161.975MHz，调频频偏为 2400Hz 的信号为例，进行测量不确定度评定。

#### D.3.2 不确定度来源

不确定度来源主要包含以下 3 项：

- (1) 由标准器频谱分析仪调频频偏测量不准引入的标准不确定度分量  $u_1$ ；
- (2) 由标准器频谱分析仪分辨力引入的标准不确定度分量  $u_2$ ；
- (3) 由重复性引入的不确定度分量  $u_3$ ；

#### D.3.3 标准不确定度评定

##### D.3.3.1 频谱分析仪调频频偏测量不准引入的不确定度分量

根据频谱分析仪说明书，其频率准确度为  $1.5 \times 10^{-7}$ ，测量 2400Hz 调频频偏时，按均匀分布，则包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，则由其引入的标准不确定度为：

$$u_1 = \frac{7.4}{\sqrt{3}} = 4.3\text{Hz}$$

##### D.3.3.2 频谱分析仪分辨力引入的不确定度分量

根据频谱分析仪说明书,其频率分辨力为 1Hz,按均匀分布,则包含因子 $k = \sqrt{3}$ ,则由其引入的标准不确定度为:

$$u_2 = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0.29\text{Hz}$$

#### D.3.3.2 由重复性引入的不确定度分量

船站在 161.975MHz 处,调频频偏为 2400Hz,重复性测量结果见 D.3

表 D.3 船站在 161.975MHz 处调频频偏重复性测量结果

| 序号 | 测量结果 (kHz) |
|----|------------|
| 1  | 2.561      |
| 2  | 2.498      |
| 3  | 2.437      |
| 4  | 2.509      |
| 5  | 2.430      |
| 6  | 2.585      |
| 7  | 2.578      |
| 8  | 2.557      |
| 9  | 2.538      |
| 10 | 2.439      |

则,由重复性引入的相对标准不确定度为:

$$u_3 = s_n(F) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2} = 60.2\text{Hz}$$

#### D.3.4 相对合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关,分辨力引入的不确定度小于重复性引入的不确定度,故取重复性引入的不确定分量,则有:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 60.2\text{Hz}$$

#### D.3.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ,则有:

$$U = ku_c = 120\text{Hz}$$

相对扩展不确定度为:

$$U_r = 5\%(k = 2)$$

### D.4 灵敏度不确定度评定

#### D.4.1 数学模型

$$S' = S$$

使用信号发生器发射标准测试信号 3 号, 按要求设置输出电平, 被测 AIS 接收到的数据包误包率应 $<20\%$ 。

以使用 1435B-V 型信号发生器测量船站在 161.975MHz 频率处的灵敏度为例进行不确定度评定。

#### D.4.2 不确定度来源

不确定度来源主要包含以下 3 项:

- (1) 由标准器信号发生器输出信号功率不准引入的标准不确定度分量  $u_1$ ;
- (2) 由标准器信号发生器分辨力引入的标准不确定度分量  $u_2$ ;
- (3) 由标准器衰减器不准确引入的标准不确定度分量  $u_3$ ;
- (4) 由重复性引入的不确定度分量  $u_4$ ;

#### D.4.3 标准不确定度评定

##### D.4.3.1 由信号发生器输出信号功率不准引入的不确定度分量

由 1435B-V 型信号发生器校准证书可知, 100MHz,-70dBm 处测量结果不确定度为 0.16dB( $k = 2$ ), 则由其引入的相对标准不确定度为:

$$u_1 = \frac{0.16}{2} = 0.08\text{dB}$$

##### D.4.3.2 由信号发生器分辨力引入的不确定度分量

根据 1435B-V 型信号发生器说明书可知, 其功率分辨力为 0.01dB, 按均匀分布, 则包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 则由其引入的标准不确定度为:

$$u_2 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029\text{dB}$$

##### D.4.3.3 由衰减器不准确引入的不确定度分量

使用 30dB 固定衰减器进行测量, 由其说明书可知, 其最大允差为 $\pm 0.02\text{dB}/10\text{dB}$ , 30dB 衰减误差为 0.06dB, 按均匀分布, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 则由其引入的相对标准不确定度为:

$$u_3 = \frac{0.06}{\sqrt{3}} = 0.035\text{dB}$$

##### D.4.3.4 重复性引入的不确定度分量

船站设备在 161.975MHz 处灵敏度重复性测量结果见表 D.4。

表 D.4 船站灵敏度重复性测量结果

| 序号 | 灵敏度 (dBm) | 误包率 |
|----|-----------|-----|
| 1  | -107dBm   | 0%  |

|    |         |    |
|----|---------|----|
| 2  | -107dBm | 1% |
| 3  | -107dBm | 1% |
| 4  | -107dBm | 2% |
| 5  | -107dBm | 1% |
| 6  | -107dBm | 0% |
| 7  | -107dBm | 0% |
| 8  | -107dBm | 1% |
| 9  | -107dBm | 2% |
| 10 | -107dBm | 3% |

则，由重复性引入的相对标准不确定度为：

$$u_4 = s_n(S) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2} = 0\text{dB}$$

#### D.4.4 相对合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关，则有：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.087\text{dB}$$

#### D.4.5 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$ ，则有：

$$U = ku_c = 0.18\text{dB}$$

### D.5 定位误差不确定度评定

#### D.5.1 数学模型

$$\Delta P_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$$

使用导航模拟器仿真法测量被校准 AIS 中 GNSS 模块定位误差。

以使用 GNS8308 型导航信号模拟器校准船站中 GNSS 模块为例进行不确定度评定。

#### D.5.2 不确定度来源

不确定度来源主要包含以下 3 项：

- (1) 由标准器导航模拟器距离测量不准引入的标准不确定度分量  $u_1$ ；
- (2) 由被测接收机测量分辨力引入的不确定度分量  $u_2$ ；
- (3) 由重复性引入的不确定度分量  $u_3$ ；

#### D.5.3 标准不确定度评定

##### D.5.3.1 由导航模拟器距离测量不准引入的不确定度分量

对于 GNS8308 型导航信号模拟器，由上级校准证书给出的伪距扩展不确定度 0.0015m，包含因子  $k = 2$ ，则由其引入的相对标准不确定度为：

$$u_1 = \frac{0.0015}{2} = 0.00075\text{m}$$

#### D.5.3.2 由被测接收机测量分辨力引入的不确定度分量

对于船站，其经度纬度分辨力均为  $0.00001'$ ，则纬度分辨力为：

$$\Delta N = 111320 \times \frac{0.00001}{60} = 0.0186\text{m}$$

按均匀分布，则包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，则有：

$$u_N = \frac{0.0186}{2\sqrt{3}} = 0.00054\text{m}$$

模拟器输出纬度约为  $28^\circ$ ，则经度方向分辨力为：

$$\Delta E = 111320 \times \frac{0.00001}{60} \times \cos 28^\circ = 0.0164\text{m}$$

按均匀分布，则包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，则有：

$$u_E = \frac{0.0164}{2\sqrt{3}} = 0.00047\text{m}$$

两个正交分量相互独立，则有：

$$u_2 = \sqrt{u_N^2 + u_E^2} = 0.0007\text{m}$$

#### D.5.3.3 重复性引入的不确定度分量

船站设备动态水平定位重复性测量结果见表 D.5。

表 D.5 船站动态水平定位重复性测量结果

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
| 采样率/Hz   | 1     |       |       |
| 每组采样     | 20    |       |       |
| 测量结果     | 第一组   | 第二组   | 第三组   |
| 水平定位误差/m | 2.438 | 2.313 | 2.290 |
| 重复性/m    | 0.088 |       |       |

则，由重复性引入的相对标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{2.438 - 2.290}{1.69} = 0.088\text{m}$$

#### D.5.4 相对合成标准不确定度

以上不确定度分量互不相关，分辨力引入的不确定度小于重复性引入的不确定度，故取重复性引入的不确定分量，则有：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.088\text{m}$$

#### D.5.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则有：

$$U = ku_c = 0.18\text{m}$$

---