

团 体 标 准

T/ZKJXX 00044-2024

农业机械北斗导航单元技术要求 与测试方法

Technical requirements and testing methods for Beidou navigation unit
of agricultural machinery

2024-12-30 发布

2024-12-30 实施

中关村空间信息产业技术联盟

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 系统架构和功能要求	2
5 要求	2
5.1 功能要求	2
5.2 性能要求	3
5.3 数据接口要求	3
5.4 供电要求	3
5.5 环境适应性要求	3
6 检测方法	3
6.1 功能测试	3
6.2 性能测试	3
6.3 接口测试	3
6.4 供电测试	4
6.5 环境适应性测试	4
附录 A (资料性) 模拟器测试方法	5

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村空间信息产业技术联盟提出并归口。

本文件起草单位：北京市计量检测科学研究、中国农业大学、杭州市北京航空航天大学国际创新研究院（北京航空航天大学国际创新学院）、星汉时空科技（北京）有限公司。

本文件主要起草人：檀恒宇、许原、杨丽丽、杨东凯、刘阳琦、王跃佟、刘圆、高春柳、仲崇霞、高伟、李小闯。

农业机械北斗导航单元技术要求与测试方法

1 范围

本文件描述了农业机械北斗导航单元的系统架构，规定了功能和性能要求等，给出了测试方法。

本文件适用于农业机械北斗导航单元的设计、生产和检测。

以北斗系统优先的农业机械卫星导航单元参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

JJF 1536-2015 捷联式惯性航姿仪校准规范

JJG 1200-2023 全球导航卫星系统(GNSS)接收机(测地型和导航型)

3 术语和定义

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

组合导航系统 integrated navigation system

使用卫星导航系统与惯性导航系统组合在一起的综合导航系统。

3.1.2

定位精度 positioning accuracy

北斗导航单元定位示位标的位置相对于示位标真实位置的误差。

3.1.3

航向角 heading angle

载体北、天、东三个方向构成右手系，绕向天的轴旋转的角。

3.1.4

俯仰角 pitch angle

载体北、天、东三个方向构成右手系，绕向东的轴旋转的角。

3.1.5

横滚角 roll angle

载体北、天、东三个方向构成右手系，绕向北的轴旋转的角。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

RTK：实时动态载波相位差分（real time kinematic）

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

BDS：北斗卫星导航系统（BeiDou Navigation Satellite System）

GLONASS：俄罗斯卫星导航系统（Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema）

GPS：全球定位系统（Global Positioning System）

4 系统架构

组合导航单元安装在农机上，卫星接收模块用于接收GNSS信号，结合地基或星基增强信号进行定位，并与惯性导航系统进行组合输出车体的位置、速度、姿态信息。组合导航单元系统架构见图1。

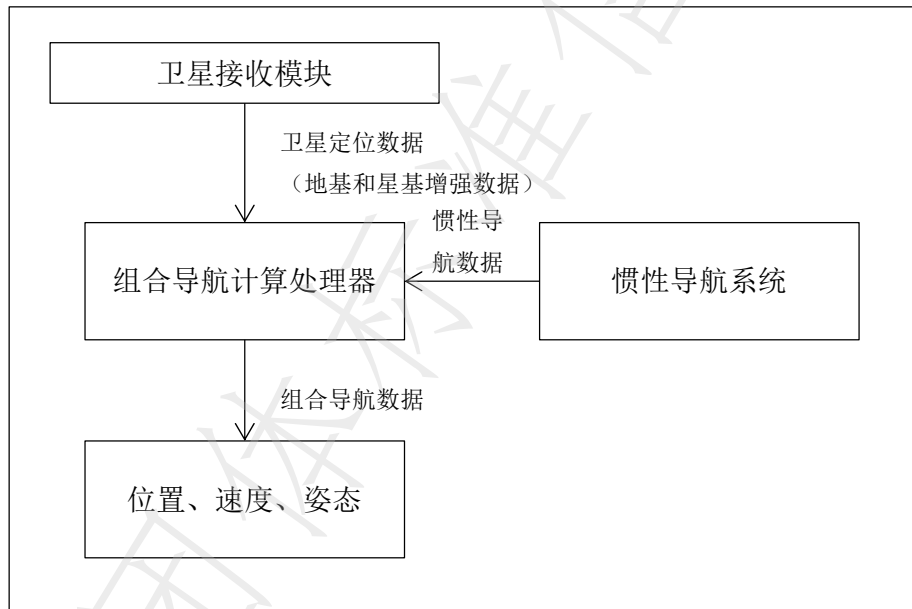


图1 组合导航单元系统架构图

5 要求

5.1 功能要求

5.1.1 信号接收功能

可同时接收处理如下卫星导航系统信号，各系统可同时跟踪的卫星个数不少于12颗。

BDS： B1C、B2a、B2b、B1I、B3I；

GPS： L1C/A、L1C、L2C、L5；

GLONASS： L1、L2；

5.1.2 北斗卫星定位

应能以北斗卫星导航系统为定位数据来源，提供实时的时间、经度、纬度、速度、高程和航向等定位信息，可支持差分定位功能。

5.2 性能要求

自动驾驶系统中组合导航单元应满足整体定位需求，其功能及技术指标见表 1。

表 1 组合导航单元技术指标

序号	功能	指标
1	卫星星座	应支持单BDS
2	定位精度 (RMS)	水平定位精度优于 0.5 米
3	姿态精度 (RMS)	横滚角: 1.0°、俯仰角: 1.0°、航向角: 1.7° (转入时间10s)

5.3 数据接口要求

支持 UART;

支持 NMEA-0183 协议输出。

5.4 供电要求

产品应能适应农业机械供电电压，满足9V~36V供电。

5.5 环境适应性要求

产品应满足的工作温度为-20℃~70℃, 产品应满足的存储温度为-40℃~85℃。

6 检测方法

6.1 功能测试

6.1.1 信号接收功能测试

使用信号模拟器进行测试，设置模拟器仿真伪距固定场景的直线运动用户轨迹。设置模拟器输出的各颗卫星的信号电平为-127dBm，设置模拟器各系统可见卫星个数大于 12 颗。被测产品在冷启动状态下开机，按照被测产品提供的技术文件，记录对应的观测量语句，并通过厂商提供的数据转换软件，转换为标准的 RINEX，统计文件中各个频点跟踪的卫星数、卫星系统和频点，应符合 5.1.1 的要求。

6.1.2 北斗系统工作能力测试

使用卫星信号模拟器，仅播发北斗卫星导航信号，进行单点定位检验，应满足 5.1.2的要求。

6.2 性能测试

6.2.1 实景测试

组合导航单元单元的实景精度检测按5.2规定项目进行，卫星定位精度检测方法可依据JJG 1200-2023 7.3.8执行。如果不具备实景测试条件，可使用模拟器法测试，按照6.2.2执行。

6.2.2 模拟器法测试

组合导航单元单元的模拟器法精度检测，按5.2规定项目进行，检测方法按照附录A执行。

6.3 接口测试

使用实际信号进行静态测试。检测被测产品输出接口是否满足 5.3 的要求。被测产品至少提供一个 UART 输出接口。检测被测产品输出 NMEA 数据并保存，检查输出信息是否符合 5.3 的要求。

6.4 供电测试

通过直流稳压电源供电，将电源输出电压设定为9V，系统可正常启动并运行；将电源输出电压设置为36V，系统可正常运行。

6.5 环境适应性测试

温度下限按GB/T 2423.1 5.2规定测试。温度上限测试按 GB/T 2423.2 5.2规定测试。

附录 A
(资料性)
模拟器测试方法

A.1 检测条件

A.1.1 环境条件

A.1.1.1 环境温度

(20~25) °C ± 2 °C。

A.1.1.2 环境相对湿度

环境相对湿度 ≤ 80%。

A.1.2 测量标准及其他设备

A.1.2.1 GNSS信号模拟器

a) 支持系统

支持被校准北斗导航单元所适用的系统和频点。

b) 信号功率

输出范围：(-170~-70) dBm。

c) 伪距精度

伪距分辨率：(0.01~0.1) m；伪距率分辨率：(0.01~0.1) m/s

A.1.2.2 GNSS信号转发器

可转发GNSS信号模拟器工作频点，包括但不限于GPS L1 C/A、BDS B1I/B1C信号转发，具备可调衰减器控制信号功率电平，衰减器控制分辨率 ≤ 1dB。

A.1.2.3 其他设备

电波暗室/暗箱：

工作频率：1GHz~2GHz

屏蔽效能：优于80dB

A.2 检测方法

A.2.1 定位精度检测方法

测量标准和北斗导航单元开机，预热后再对其主要技术指标进行校准。

采用暗室内空间辐射测量方式，采用GNSS信号模拟器和GNSS信号转发器在暗室内进行校准。或采用有线传导方式，结果中应注明被校样品的检测方式。

检测步骤如下：

a) 使北斗导航单元导航数据和时间信息失效，然后正确连接设备。

b) 启动卫星导航信号转发器，根据路径损耗设置衰减值，使北斗导航单元接收天线的功率电平与卫星导航信号模拟器设置功率电平一致。

c) 启动卫星导航信号模拟器差分定位偏差与精密度场景。

d) 开启北斗导航单元定位测量功能，输出第一个有效定位值后，记录北斗导航单元定位数据值，采样时间15min（采样间隔按说明书设置，无规定采样间隔设为1s）。

e) 模拟器设置参考站坐标，将模拟器RTCM改正数据通过RS232接口输入至接收机。

f) 记录模拟器仿真移动站标准位置值 x_0, y_0, z_0 。北斗导航单元记录的移动站定位数据为 x_i, y_i, z_i ，由式(1)计算北斗导航单元的定位数据的平均值，由式(2)计算北斗导航单元的定位偏差，由式(3)计算测量值的实验标准差，由式(4)计算北斗导航单元定位精密度。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad \bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \quad (1)$$

$$\delta_p = \sqrt{(\bar{x} - x_0)^2 + (\bar{y} - y_0)^2 + (\bar{z} - z_0)^2} \quad (2)$$

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad s_z = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2} \quad (3)$$

$$\sigma_p = \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2} \quad (4)$$

其中，

(x_0, y_0, z_0) ——地心地固坐标系中，模拟器仿真的标准三维位置；

(x_i, y_i, z_i) ——地心地固坐标系中，北斗导航单元测量的三维位置；

s_x, s_y, s_z ——北斗导航单元获得三维位置的实验标准差；

δ_p ——表示北斗导航单元定位偏差。

σ_p ——表示北斗导航单元定位精密度。

A. 2. 2 姿态精度检测方法

参照JJF 1536-2015，对航向角、俯仰角、横滚角进行校准。