



中华人民共和国国家标准

GB/T 39517.1—2020

农林拖拉机和机械 农用定位与导航系统测试规程 第1部分：卫星定位装置的动态测试

Tractors and machinery for agriculture and forestry—Test procedures for
positioning and guidance systems in agriculture—Part 1: Dynamic testing of
satellite-based positioning devices

(ISO 12188-1:2010, MOD)

2020-11-19 发布

2021-03-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

1 范围 1

2 术语和定义 1

 2.1 与定位装置测试相关的术语 1

 2.2 位置精度和测量误差术语 2

3 要求 2

 3.1 一般要求 2

 3.2 水平定位测试 3

 3.3 动态信号的重捕获测试 3

4 计算和报告 4

 4.1 一般要求 4

 4.2 定位精度 4

 4.3 对地航向精度 5

 4.4 航向的时延 5

 4.5 速度精度 5

 4.6 时延 6

附录 A（规范性附录） 误差和精度计算 7

前 言

GB/T 39517《农林拖拉机和机械 农用定位与导航系统测试规程》分为以下 2 个部分：

——第 1 部分：卫星定位装置的动态测试；

——第 2 部分：在直线和水平运行状态下卫星自动导航系统的测试。

本部分为 GB/T 39517 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 12188-1:2010《农林拖拉机和机械 农用定位与导航系统测试规程 第 1 部分：卫星定位装置的动态测试》。

本部分与 ISO 12188-1:2010 的技术性差异及其原因如下：

——增加了“北斗卫星导航系统(BDS)”的使用范围，以适应我国的技术条件(见第 1 章)。

——增加了“基于北斗卫星定位系统”的地理基准 a 和 b 的值，以适应我国的技术条件(见附录 A)。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国农业机械标准化技术委员会(SAC/TC 201)归口。

本部分起草单位：中联重机股份有限公司、中国农业机械化科学研究院、河南清鸿科技有限公司、河南科技大学、千寻位置网络(浙江)有限公司、上海司南卫星导航技术股份有限公司、泰山智能制造产业研究院。

本部分主要起草人：高一平、苑严伟、张俊宁、王琳、金鑫、王丽丽、伟利国、丁捷、郭善林、王升升、解晓琳、赵毅、魏富奎、王永泉、吕程序、牛康、车宇、姜寒露、张东旭、赵小星。

农林拖拉机和机械

农用定位与导航系统测试规程

第1部分：卫星定位装置的动态测试

1 范围

GB/T 39517 的本部分规定了采用北斗卫星导航系统(BDS)、美国 GPS、格洛纳斯 GLONASS、伽利略 Galileo 或类似全球导航卫星系统(GNSS)的定位装置提供的导航数据的精确性评估和报告流程。

本部分适用于田间作业定位装置性能的测试,用于量化和比较不同定位装置的常规动态性能。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1 与定位装置测试相关的术语

2.1.1

定位装置 positioning device; PD

利用卫星导航信号实时测定和报告接收天线中心在地理坐标系中位置的装置。

2.1.2

导航数据记录 navigation data record; NDR

由 PD 计算的地理坐标、海拔高度、航向、行驶速度以及其他相关导航参数数据报告。

2.1.3

行驶航线 travel course; TC

测试期间预定的行程轨迹。

2.1.4

基准导航系统 reference navigation system; RNS

能够精确地控制 PD 的轨迹或者记录 PD 的实际行驶轨迹的固定装置或测量系统。

2.1.5

地理坐标 geographic coordinates

国际上定义的大地坐标系中的纬度、经度和海拔高度。

2.1.6

行驶速度 travel speed

单位时间内行驶的距离。

注：行驶速度以 m/s 表示。

2.1.7

对地航向 course over ground

依据 NMEA 0183 协议,以真北方向为基准,顺时针方向测得的行驶轨迹水平投影方向。

注：行驶轨迹的投影方向用度数表示。

2.1.8

时间 time

NMEA 0183 协议定义的 UTC 时间。

2.1.9

初始化时间 initialization time

定位装置从通电到第一次测试运行开始时的时间间隔。

2.2 位置精度和测量误差术语

2.2.1

轨迹偏离误差 off-track error

与实际行驶轨迹的垂直偏差。

2.2.2

水平定位误差 horizontal position error

水平投影偏离绝对位置的偏差。

注：此测量不包括定位装置的延时。

2.2.3

垂直定位误差 vertical position error

垂直投影偏离绝对位置的偏差。

2.2.4

时延 latency

从接收天线接收到卫星信号到发送 NDR 第一个字符或消息的时间间隔。

2.2.5

绝对水平[垂直]定位精度 absolute horizontal [vertical] positioning accuracy

NDR 与 RNS 数据之间的一致程度。

2.2.6

相对水平[垂直]定位精度 relative horizontal [vertical] positioning accuracy

同一 PD 在相同位置不同时间的 NDR 数据的一致性程度。

2.2.7

短期动态精度 short-term dynamic accuracy

15 min 内,直线部分轨迹偏离误差的短期动态性能。

注：短期动态精度与通常所称的行距精度相似。

2.2.8

长期动态精度 long-term dynamic accuracy

在不少于 24 h 内,直线部分轨迹偏离误差的动态性能。

2.2.9

U 形转弯精度

180°转弯过程中,轨迹偏离误差的动态性能。

3 要求

3.1 一般要求

测试应满足以下要求：

a) 行驶航线(TC)应包括至少两个直线路段和一个 U 形转弯路段。直线路段应不少于 100 m,位

于真北方向 $35^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 。U 形转弯路段应保证在 5 m~10 m 的恒定转弯半径内转向 180° ，其任意一端应直接与直线路段相连。行驶航线的高度差应不大于 1 m。在 PD 接收天线水平线 10° 以上区域，行驶航线上任何一点都不得有干扰或阻挡卫星信号的可见障碍物。在行驶航线 50 m 范围内，不应存在可能引起多径传输干扰的金属或其他干扰面。应详细记录行驶航线的位置和形状，以便准确的进行重复试验。

- b) 在初始化开始之前，PD 上的所有固件和用户可配置的设置都应重置为默认值。重置后允许对用户可配置的设置进行更改，并在初始化之前进行，在整个试验过程中不得进行更改。试验应准确记录所有装备的设置信息。

注：用户可配置的设置包括但不限于固件版本、差分校正服务和设置、高度截止角、可激活的滤波器、输出数据格式和其他特定装置参数。

- c) NDR 应由 PD 以最大速率记录，并应至少包括日期、时间、位置、高度、大地水准面间隔、速度、对地航向、卫星数量、校正状态和卫星星座配置。所有接收机输出信息应加以描述和准确的记录。PD 输出端口和数据通信协议也应清楚地记录。

注：卫星星座配置可以通过水平精度因子(HDOP)来量化。

- d) RNS 应具有足够的绝对位置精度和数据输出速率，以保证产生的基准导航数据比在行驶航线任何点被测 PD 精度至少高一个数量级(10 倍)。基准导航数据应与 PD 输出同步，测试时速度跳变不超过 ± 1.0 m/s。测试应记录 RNS 的规格型号，并清楚记录用于计算实际 TC 的数据插值或其他计算方法。RNS 不限于卫星装备。
- e) 当在非固定路线进行测试时，测试航线应保证被测装置在进行重复测试的偏差小于或等于 1 m。
- f) 在测试期间，应使用独立的工具来记录实际(不可预期)的卫星信号和星座参数，例如可见卫星数、测试位置 and 时间的配置及信号质量。除关键参数外，报告应包括数值参数的平均值、最小值和最大值。

3.2 水平定位测试

3.2.1 初始化时间

PD 的初始化时间由 PD 制造商推荐。测试期间采用的实际初始化时间应为最近 5 min 内的增量时间。在初始化时间内，PD 应保持静止。

3.2.2 日期和时间记录

应记录每个测试运行开始和结束的日期和时间。

3.2.3 测试运行

测试应在 1 h 内(测试运行时间)进行。在每个测试运行期间，PD 应以单一的速度和方向连续地在 TC 范围内移动。测试应以速度 (0.1 ± 0.05) m/s、 (2.5 ± 0.2) m/s、 (5.0 ± 0.2) m/s 进行。在最低行驶速度下，允许在两直线路段转弯处让接收机提速，以确保在规定时间内充分采集直线路段的数据。速度和方向的每个组合应进行 4 次试验，得到总共 24 次测试结果。所有测试应在 25 h 内完成(测试需要几分钟时间调整或维护测试设备及运载工具)。

3.3 动态信号的重捕获测试

3.3.1 试验目的

动态信号重捕获测试的目的是评估 PD 在信号丢失后重新获取信号并开始传输 NDR 的能力。农

田边缘信号丢失较为普遍,测试应在 TC 的 U 形转弯路段进行。

3.3.2 信号丢失的模拟

在进行动态信号重捕获测试时,可通过用金属外壳覆盖接收天线方式阻挡卫星信号或在天线和接收机之间的射频馈线的安全点上插接至少 60 dB 的开关式衰减器来模拟 PD 的信号丢失。在测试运行期间,接收机应连续在测试航线内运动。测试只能采用一个方向(顺时针)和一个速度(1.0 m/s)进行。在整个 180°U 形转弯(典型的地头情况)过程中可能出现信号中断情况。出现一个信号阻塞后,随后的信号阻塞应出现在 PD 开始发送有效的 NDR,且经过下一个 U 形转弯阶段,测试应在第一个信号阻塞事件发生时进行。每次测试运行持续 1 h,然后中断 3 h。13 h 内应完成三次测试。

4 计算和报告

4.1 一般要求

4.1.1 测试的有效性

为保证测试结果的有效性,在测试期间采集的数据应至少占基于数据采样率得到的预期总 NDR 数据的 75%。

4.1.2 NDR 数据的使用

数据分析中不应采用超过 3.2.3 规定的速度偏差采集的 NDR 数据。

4.1.3 有符号/无符号的误差分布

测试报告应包含有符号误差估计分布(以图形和/或表格形式)。对现有偏差进行统计分析,可确定与给定误差分布相关的显著性水平。报告中应体现无符号误差分布的中位数、95%置信度和最大误差。

4.1.4 测试报告中的其他事项要求

除误差结论外,每个测试报告应包括以下内容:

- a) 测试装置和程序的详细描述;
- b) PD 的描述(包括型号和序列号)和测试期间的设置;
- c) 每个测试运行的开始和结束的时间(2.1.8);
- d) 卫星和差分校正系统参数;
- e) 太阳黑子数量的平均值确定的太阳活动状况;
- f) 可能影响测试结果的其他测试条件。

注:可能影响结果的条件包括天气、必要的干预以及设备故障。

4.1.5 线性距离和误差的计算

所有线性距离和误差应按附录 A 的公式计算,以消除使用其他数据预测导致的位置偏差。测试操作人员应选择一致的符号规则来区分有符号误差估计的趋势。

4.2 定位精度

4.2.1 动态绝对精度

绝对动态精度用有符号的水平位置误差的平均值与标准差之和($\bar{x} + S_x$)表示。

4.2.2 动态相对精度

相对动态精度用有符号的水平位置误差的标准差表示。

4.2.3 垂直位置绝对精度

绝对垂直位置精度用有符号的垂直位置误差的平均值与标准差之和($\bar{x} + S_x$)表示。

4.2.4 垂直位置相对精度

相对垂直位置精度用沿轨迹方向的有符号的垂直位置误差的标准差表示。

4.2.5 短期动态精度

短期动态精度用 2 的平方根乘以每个有效时间窗口中识别数据的轨迹偏离误差的标准差的几何平均数表示。每个测试运行的数据应分为 4 个 15 h 非重叠时间窗口。在每个时间窗口中,所有落在 TC 直线路段中心 50 m 区域的 NDR 数据都应加以识别。如果这些识别的 NDR 数据的数量至少占基于 PD 数据输出率得到的预期总 NDR 数据的 25%,且如果在时间窗口开始的 30 s 内发生了至少 4 个点,同时该 4 个点出现在时间窗口结束的 30 s 内,则认定该时间窗口是有效的,且可用于计算行距误差。对于速度和方向的每个组合,每个有效测试应至少识别 9 个有效时间窗口。

4.2.6 长期偏航距离精度

长期偏航距离精度用落在 TC 直线路段中心 50 m 区域的 NDR 数据的轨迹偏离误差的平均值与标准差之和乘以 2 的平方根表示 $[\sqrt{2}(\bar{x} + S_x)]$ 。

4.2.7 U 形转弯精度

U 形转弯精度用在 U 形转弯与转弯后的前 20 m 直线路段的轨迹偏差的平均值与标准差之和乘以 2 的平方根表示 $[\sqrt{2}(\bar{x} + S_x)]$ 。

4.2.8 信号丢失后的绝对精度

应记录重新接入卫星信号到输出第一个有效 NDR 的数据时间。用落在直线路段的 5 个连续 10 m 区域内的数据轨迹偏离误差的平均值与标准差之和表示。

4.3 对地航向精度

对地航向精度用所有有效 NDR 数据的航向误差的平均值与标准差之和表示($\bar{x} + S_x$)。直线路段和曲线路段的航向精度应分开记录。

4.4 航向的时延

航向的时延用在 U 形转弯路段采用中、高速度测试获得的所有有效 NDR 的平均延时时间表示。为计算每个 NDR 的延时,设置的虚拟点应位于与行驶方向相反的实际测试路线内,在此路线内 NDR 给出的轨迹是正确的。接收机从虚拟点运动到 NDR 实际位置所需时间即是实测延时时间。

4.5 速度精度

速度精度用所有有效 NDR 的速度误差的平均值与标准差之和表示($\bar{x} + S_x$)。直线路段和曲线路

段的速度精度应分开记录。

4.6 时延

用由接收到脉冲(PPS)信号确定的相应信号(非常精确地标示每秒钟触发的电信号)和输出第一个NDR 字符的时间间隔来表示。

附 录 A
(规范性附录)
误差和精度计算

应按式(A.1)、式(A.2)将地理坐标从 NDRs 投影到本地化的笛卡尔坐标系中,以进行误差和精度计算:

$$F_{\text{lon}} = \frac{\pi}{180^\circ} \left(\frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}} + h \right) \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

$$F_{\text{lat}} = \frac{\pi}{180^\circ} \left[\frac{a^2 b^2}{(\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi})^{\frac{3}{2}}} + h \right] \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中:

$F_{\text{lon}}, F_{\text{lat}}$ ——特定位置转换因子,可用于将 NDR 的纬度和经度分量转换为相关笛卡尔坐标,单位为米每度(m/°);

φ ——测试地点的纬度,该值可由测试人员选择,但距行驶路线任何点的距离不应超过 1 000 m,单位为度(°);

h ——椭球体以上的行驶路线的平均高度,单位为米(m);

a ——椭球体的长轴半径,单位为米(m);

b ——椭球体的短轴半径,单位为米(m)。

表 A.1 给出了在测试期间可能使用的地理基准 a 和 b 的值。

表 A.1 地理基准 a 和 b 的值

椭球体	范围	a m	b m
CGCS2000 ^a	BDS	6 378 137	6 356 752.314 1
IERS Conventions (2003) ^b	EU	6 378 137	6 356 751.858 0
GRS-80 ^c	Galileo	6 378 137	6 356 752.314 1
WGS 84 ^d	GPS	6 378 137	6 356 752.314 2
PZ-90.02 ^e	GLONASS	6 378 136	6 356 751.361 8
^a 2000 中国大地坐标系。 ^b 国际地球自转服务协定(2003 年)。 ^c 大地测量参考系统 1980。 ^d 世界大地测量系统(1984)。 ^e GLONASS 中使用的大地测量系统。			