

ICS 65.060.01

B 90

团 体 标 准

全国团体标准信息平台 T/CAAMM 14—2018

农业机械卫星导航自动驾驶系统后装 通用技术条件

General technical specifications of auto steering system for agricultural machinery

2018 - 3 - 30 发布

2018 - 3 - 30 实施

中国农业机械工业协会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国农业机械工业协会提出。

本标准由中国农业机械工业协会标准化工作委员会归口。

本标准起草单位：上海华测导航技术股份有限公司、雷沃重工股份有限公司、中国农业大学、江苏北斗卫星应用产业研究院有限公司、山东北斗华宸导航技术股份有限公司、北京理工雷科电子信息技术有限公司、上海联适导航技术有限公司、南京天辰礼达电子科技有限公司。

本标准主要起草人：孙飞、吴琼、孟惠艳、杨丽丽、陈凯、沈飞、丁志刚、张勇、李英。



农业机械卫星导航自动驾驶系统后装通用技术条件

1 范围

本标准规定了基于高精度 GNSS 定位的农业机械导航及自动驾驶系统的术语和定义、系统组成、技术要求、试验方法、检验规则和标志。

本标准适用于可适配多种农业机械后装的基于高精度 GNSS 定位的农业机械卫星导航自动驾驶系统（以下简称自动驾驶系统），适用于拖拉机、收获机械、自走式喷药机等农业机械。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 3766-2015 液压传动系统及其元件的通用规则和安全要求

GB 4208—2008 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 4269.1 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 操作者操纵机构和其他显示装置用符号 第1部分：通用符号

GB/T 4269.2 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 操作者操纵机构和其他显示装置用符号 第2部分：农用拖拉机和机械用符号

GB/T 8107 液压阀 压差-流量特性的测定

GB/T 7935-2005 液压元件通用技术条件

GB/T 7345 控制微电机基本技术要求

GB/T 14039 液压传动 油液固体颗粒污染等级代号

ISO11783/J1939 农林用拖拉机和机械-串行控制和通信数据网

JB/T 10373-2002 液电液动换向阀和液动换向阀

JB/T 10374-2002 液压溢流阀

JB / T 7858-2006 液压件清洁度评定方法及液压件清洁度指标

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。（有正文额为提到的术语请删除）

3.1

后装 After Market

指整机出厂后进行自动驾驶系统安装

3.2

惯性导航系统 Inertial Navigation System

简称惯导，INS，是一种不依赖外部信息、也不向外部辐射能量的自主式导航系统，以牛顿力学定律为基础，通过测量载体在惯性参考系的加速度，将它对时间进行积分，得到在导航

坐标系中的速度、姿态和位置等信息。

3.3

组合导航系统 Integrated Navigation System

指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。

3.4

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

北斗卫星导航系统 BeiDou Navigation Satellite System 是中国自行研制的全球卫星导航定位系统。

3.5

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

全球导航卫星系统定位是能在地球表面或近地空间的任何地点为用户提供全天候的3维坐标和速度以及时间信息的空基无线电导航定位系统。

3.6

电动方向盘 Electrical Steering Wheel

指通过更换方向盘或在转向器处加装电机, 实现拖拉机转向电控的装置。

3.7

控制器局域网 Controller Area Network (CAN)

指一种 ISO 国际标准化的串行通讯协议。

3.8

航向偏差 Heading Error

当前拖拉机行驶方向与导航线期望行驶方向的偏移量。

3.9

横向偏差 Cross Track Error

当前拖拉机位置与导航线垂直距离。

3.10

入线距离 Distance of approaching process

在导航驾驶系统上线过程中, 从启动自动控制模式的位置到进入稳定工作状态起始点的直线距离。

3.11

导航线 Guidance Line

由用户规定的虚拟路线0, 由系统根据规定的虚拟路线0计算以后作业的虚拟路线N, 作业时拖拉机沿着这些规定的路线行驶, 称这些虚拟路线为作业时的导航线。

3.12

AB线 AB Line

通过两个点确定的一条直线。

3.13

A+线 A+ Run Line

通过一个点和方向确定的直线。

3.14

圆曲线 Circle Curve

指规则的圆形的导航线。

3.15

自适应曲线 Identical Curve

指不规则曲线类的导航线。

4 系统架构

4.1 系统组成

自动驾驶系统由导航控制单元、显示器单元、组合导航单元、转向执行单元组成。

4.2 导航控制单元

导航控制单元安装在农用机械上，用于计算目标控制量，驱动转向执行单元。

4.3 显示器单元

显示器单元安装在农机上，便于驾驶员观察和操作的位置，用于人机交互。宜支持数据上传服务器功能。

4.4 组合导航单元

组合导航单元安装在农机上，用于接收GNSS信号，结合地基或星基增强信号进行定位，并与惯导系统进行组合输出车体的位置、速度、姿态信息。

4.5 转向执行单元

转向执行单元分为液压转向系统和电动方向盘系统两类，通过改造车辆转向液压系统或方向盘，实现车辆转向电控。

5 外观及技术要求

5.1 外观要求

5.1.1 驾驶系统表面应表面应光洁、应无明显划痕，刮伤、毛刺，及其它的机械损伤，各部分的涂镀层应光滑、色泽均匀，应无起泡、脱落、露底、锈蚀等缺陷。

5.1.2 钣金件、冲压件不应有毛刺、裂纹和明显残缺皱折。

5.1.3 涂漆均匀、光滑、牢固，表面无脱皮、裂纹气泡等缺陷。

5.1.4 焊接件应牢固，不得有夹渣、咬肉、烧穿、裂纹和未焊等缺陷。

5.1.5 铭牌应在终端外表面的醒目位置，铭牌尺寸应与终端结构尺寸相适宜，不可有边缘翘起、印字错误、印字模糊等现象。

5.1.6 面板的按键、接口等部位应有文字、图形等标志，标识耐久、醒目，标志应符合GB/T 4269.1和GB/T 4269.2的规定。

5.2 结构和电气性能要求

5.2.1 供电电压要求

产品应能适应农业机械供电电压，满足9V~36V供电。

5.2.2 温度要求

产品应满足的工作温度为-20℃~75℃，产品应满足的存储温度-40℃~85℃。

5.2.3 防尘防水要求

产品防护级别应符合GB 4208-2008标准中的IP66等级。即任何方向对自动驾驶系统淋水，不会对其功能有影响。

5.3 可靠性要求

5.3.1 自动驾驶系统的可靠性试验时间为连续工作3天。

5.3.2 自动驾驶系统使用可靠性(有效度)应不低于95%。

5.3.3 平均无故障工作时间不小于 200h。

5.4 导航控制单元要求

5.4.1 控制模式要求

导航控制单元应具备多种工作模式，应具备AB线跟踪控制，宜具备A+线跟踪控制、圆曲线跟踪控制、自适应曲线跟踪控制几种工作模式。

5.4.2 控制数据输出要求

导航控制单元应具备数据输出功能，输出数据应满足控制单元和液压转向单元的输入要求，输入输出通讯协议应满足ISO11783通讯标准要求。

5.4.3 导航控制单元性能要求

5.4.3.1 导航线跟踪精度

导航线的跟踪偏差见表 1，其中表格中的数据为标准差，其中圆和自适应曲线的曲率半径大于等于 5m。

表 1 导航线跟踪精度指标

| | 横向偏差/cm |
|-------|---------|
| AB 线 | ±2.5 |
| A+线 | ±2.5 |
| 圆曲线 | ±2.5 |
| 自适应曲线 | ±5 |

5.4.3.2 上线性能

横向偏差 $\geq 30\text{cm}$ 且不大于作业幅宽的一半，航向偏差 $\leq 45^\circ$ 时，上线距离应 $\leq 5\text{m}$ 。

5.4.3.3 交接行精度

交接行精度见表 2。

表 2 交接行精度指标

| 类型 | 横向偏差/cm |
|-------|---------|
| AB 线 | ±2.5 |
| A+线 | ±2.5 |
| 圆曲线 | ±2.5 |
| 自适应曲线 | ±5.5 |

5.5 显示控制单元功能要求

自动驾驶系统中显示控制单元应满足人机交互需求，至少应具备的功能：自动驾驶控制系统诊断、机械校准向导及参数设置、作业模式调整、犁具管理、车辆参数管理、实时作业轨迹显示、农场面积统计、异常警报、数据上传。

5.6 组合导航单元技术要求

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 3。

表 3 组合导航单元技术指标

| 序号 | 功能 | 指标 |
|----|---------------|---|
| 1 | 卫星星座 | 应支持 BDS、GPS、GLONASS 全星座 |
| 2 | 定位精度与可靠性(RMS) | RTK: $\pm (10+1 \times 10^{-6} \times D)$ mm (平面) $\pm (20+1 \times 10^{-6} \times D)$ mm (高程) 固定速度 < 10s 定位可靠性: > 99.9% |
| 3 | 姿态测量 | 应具有横滚、俯仰和航向三个方向的测量 |

5.7 转向执行单元技术要求

5.7.1 液压元器件清洁度

液压传动系统中液压元器件的清洁度应符合 JB/T 7858 的规定。

5.7.2 液压传动系统技术要求

液压传动系统及其元器件的设计、安装、维护和安全要求应符合 GB/T 3766。

5.7.3 液压油液清洁度要求

系统应提供液压油液过滤,以便将使用中的颗粒污染度限定在适合于所选择的元件和预期应用所要求的等级内,污染等级代号按 GB/T 14039 规定。

5.7.4 电动方向盘技术要求

电动方向盘系统及其元器件的设计、安装、维护应符合 GB/T 7345。

6 试验方法

6.1 外观检验

通用目测法和有关检测工具进行外观和结构检查,检验项目和检验标准应符合 5.1 要求。

6.2 供电电压范围测试

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。

6.3 工作温度测试

6.3.1 温度下限测试:

按 GB/T 2423.1 “试验 Ab” 规定。

6.3.2 温度上限测试:

按 GB/T 2423.2 “试验 Bb” 规定。

6.4 防水测试

按 IPX6 测试要求,使用喷嘴直径 12.5mm 的喷淋设备,距离待测产品 2.5 米,不同方向连续喷水 3min,待水干后,产品可正常作业。

6.5 可靠性测试

对样机进行纯工作时间不少于 18 h 的生产查定,考核各类时间消耗(作业时间、班次时间、总延续时间、调整保养时间和样机故障排出时间)、作业量,对故障应在原始记录中适当描述,整理汇总。

有效度按公式(1)计算。

$$K = \frac{\sum T_z}{\sum T_z + \sum T_g} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

K — 有效度，%；

T_z — 生产试验各班次作业时间，min；

T_g — 机具在生产试验期间各班次的故障排除时间，min。

6.6 作业性能检测

6.6.1 试验条件及要求

6.6.1.1 测试场地平整度应不大于 3° ，长度不小于 200 m，宽度不小于 50 m。

6.6.1.2 测试场地内应有稳定的地基增强或星基增强厘米级差分信号源。

6.6.1.3 试验样机应为预销售的商品机，装备在农业机械上，整机不带机具或其它附加装置，若割台不能与机体分割，则需在运输状态进行检测。

6.6.1.4 试验操作人员应能够熟练驾驶试验机械和操作导航驾驶系统，试验过程中无特殊情况下不允许更换操作人员。

6.6.2 轨迹跟踪最大误差与平均误差检测

按图 1 中的点画线为预定作业路线，预先定位 A、B 点，长度不小于 100 m。以中速（7.0 km/h）作业，该行作业完成后，在 A、B 点间引一白线（即为 AB 两点所定的直线）作为基准。随后，在稳态直线跟踪段均匀提取作业区域的边界点 10 个，两个边界点间距不小于 1 m，用卷尺量取边界点至白色基准线之间的距离，后用作业幅宽的一半减去该测量值，即为边界点处的横向偏移误差。取 10 次横向偏移误差的绝对值的最大值作为该行最大跟踪误差，取 10 次横向偏移误差的平均值作为该行平均跟踪误差。

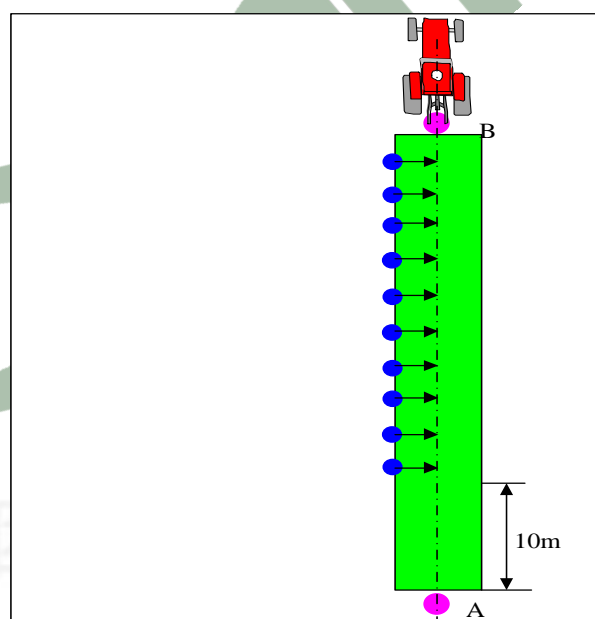


图 1 轨迹跟踪最大误差与平均误差检测方法示意图

6.6.3 作业轨迹间距平均误差检测

以中速（7.0 km/h）作业，作业距离至少 100 m。在两条相邻作业轨迹的稳态跟踪阶段（从作业起点开始 10 m 后），测量机器在作业区域的左侧边界点 10 对，两点间距不小于 3 m，用卷尺量取边界点之间的距离，减去预定作业行间距，获得 10 个作业轨迹间距误差，平均后即得该相邻作业轨迹的间距平均误差，见图 2。

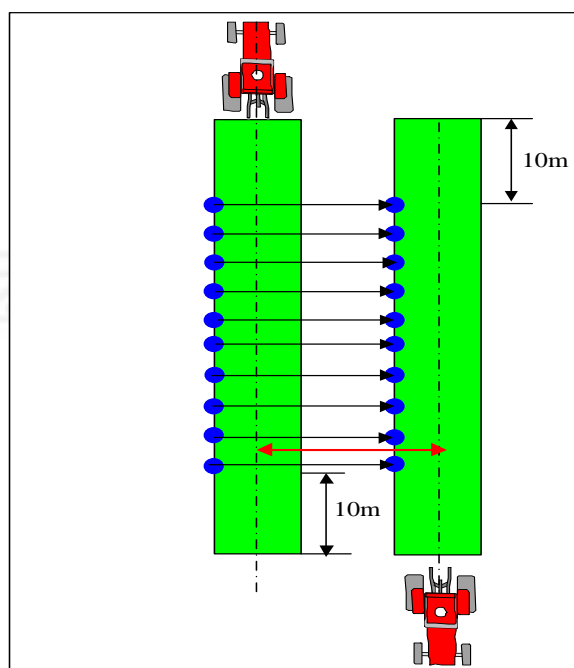


图2 作业轨迹间距平均误差检测方法示意图

6.6.4 上线距离检测

将导航驾驶系统操控至偏航误差不小于30 cm且不大于作业幅宽的一半、航向偏差小于 45° ，以低速（3.0 km/h）启动导航驾驶系统，直至导航驾驶系统进入稳定工作状态，依据路径跟踪传感器记录上线距离。重复测试三次，计算平均值，见图3。

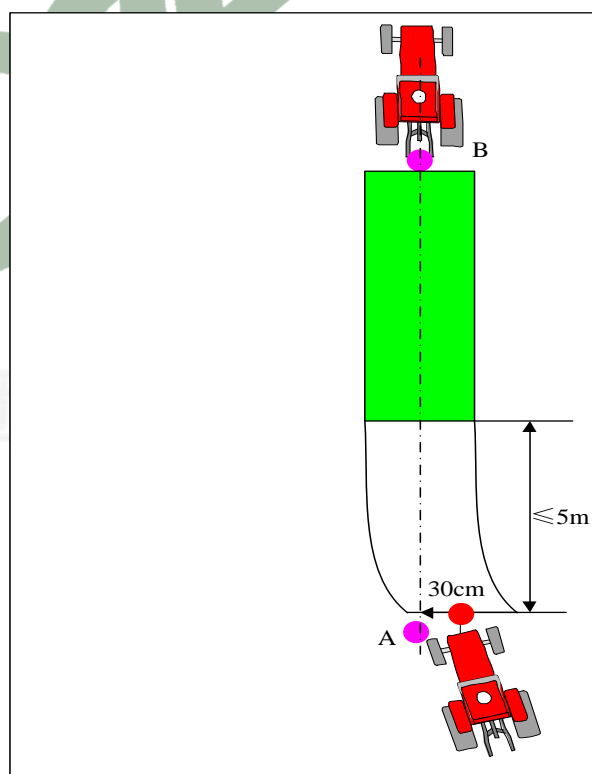


图3 上线距离检测示意图

6.7 卫星定位单元精度检测方法

卫星定位单元的设计和选取按5.6规定项目进行，卫星定位精度检测方法可依据JJF1118校准规范执行。

6.8 液压元器件清洁度检测方法

自动驾驶系统液压元器件的清洁度的检测方法应按 JB/T 7858-2006 中的第 6 章规定。

6.9 液压转向系统检测方法

6.9.1 液压转向系统及其元件的安装要求，按 GB/T 3766-2015 标准中第 5 章的规定。

6.9.2 液压转向系统安全方面的验证和验收，依据 GB/T 3766-2015 标准中第 6 章的规定。

6.9.3 液压传动系统各元件的技术要求和测试方法，依据 GB/T 8107、GB/T 7935、JB/T 10373、JB/T 10374 的要求执行。

6.10 电动方向盘检测方法

电动方向盘的技术要求和测试方法，依据 GB/T 7345 执行。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分类为型式检验和出厂检验，各检验类型检验项目见表 4。

表 4 检验项目

| 检验项目 | 要求 | 型式检验 | 出厂检验 |
|--------------------|---------|------|------|
| 外观及结构检验 | 5.1 | √ | √ |
| 供电电压范围测试 | 5.2.1 | √ | √ |
| 工作温度测试 | 5.2.2 | √ | √ |
| 跌落测试 | 5.2.3 | √ | - |
| 防水测试 | 5.2.4 | √ | √ |
| 可靠性测试 | 5.3 | √ | - |
| 轨迹跟踪最大误差与平均误差的检测方法 | 5.4.4.1 | √ | - |
| 初始自动对行误差的检测方法 | 5.4.4.2 | √ | - |
| 作业轨迹间距平均误差检测方法 | 5.4.4.3 | √ | - |
| 卫星定位单元精度检测方法 | 5.6 | √ | √ |
| 液压元器件清洁度检测方法 | 5.7.1 | √ | - |
| 液压转向系统检测方法 | 5.7.2 | √ | √ |

注：“√”表示应进行的检验项目；“-”表示不检验的项目。

7.2 型式检验

7.2.1 型式检验为本标准中的全部技术指标，新产品在正式投产之前必须进行型式检验。

7.2.2 型式检验应在合格产品中随机抽取。按 GB/T 2828.1 的规定，采用正常检验一次抽样方案。抽样基数不少于 5 台，抽样数量为 2 台。采用特殊检验水平 S-1，样本量字码为 A，AQL 为接收质量限，Ac 为接收数，Re 为拒收数。

7.2.3 型式检验出现故障或某项通不过时，应停止试验。查明故障原因，提出故障分析报告，改进后重新进行该项试验。直至合格。

7.2.4 正常情况下每五年一次，有下列情况之一者，也需进行型式检验：

- 原料、配方或工艺改变，可能影响产品质量时；
- 停产半年，恢复生产时；
- 国家质量监督部门提出型式检验要求时。

7.3 出厂检验

出厂检验是指产品在出货之前，为保证出货产品满足客户品质要求所进行的检验，经检验合格的产品才能予以放行出货，检验规则如下：

- 出厂检验由公司检验员执行。
- 检验项目按本标准表 3 规定项目执行。
- 每个生产订单为一批。
- 按规定项目对每批次送检产品进行 100% 检验。

8 包装、标志

8.1 包装

8.1.1 产品采用一机一装的方式，按照内衬设计图放置，使内衬与产品间无明显滑动空隙。

8.1.2 包装箱应符合防潮、防尘、防震、运输的要求，并符合 GB/T 191 的规定。

8.1.3 自动驾驶系统应附随机文件，随机技术文件应用防水袋包装，文件包括：

- 使用说明书；
- 保修卡；
- 产品合格证（或检验标志）；
- 装箱清单。

8.2 标志

8.2.1 产品标识：

产品应装置有铭牌，铭牌标明的内容至少应包括：

- 产品名称、型号及规格；
- 产品制造厂名及商标；
- 产品出厂年月及编号；
- 产品执行标准。

8.2.2 包装箱标志：

- 产品中文名称、规格型号、种类、标称电源电压、结构尺寸；
- 制造商名称、详细地址、邮编、电话、产品商标、制造日期、制造地。

—— 标明运输过程中防止损坏的事项，如“向上”、“小心轻放”等字样或图案。

8.2.3 合格证

每台出厂的产品应有产品检验合格证，检验合格证应有如下内容：

- 产品名称、型号、种类；
- 制造商名称；
- 出厂检验结论、检验日期；
- 检验员标识。

9 贮存和运输

9.1 贮存

常规条件下，包装后的产品应在环境温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为80%以下，周围无酸碱和其它腐蚀性气体以及强磁场的库房中贮存。

9.2 运输

产品适用飞机、汽车、火车、船舶等常规运输方式，但在运输过程中应避免直接的雨雪淋袭和剧烈碰击。