

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 4613—2025

农机作业北斗监测终端技术条件

Technical condition for operation monitoring terminal based
on BDS of agricultural machinery

2025-01-09 发布

中华人民共和国农业农村部 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 功能要求	2
4.1 一般要求	2
4.2 自检	2
4.3 北斗卫星定位	2
4.4 无线通信	2
4.5 作业参数监测	2
4.6 机具识别	3
4.7 图像信息采集	3
4.8 显示及人机交互	3
4.9 报警	3
4.10 数据存储	3
4.11 远程升级	3
5 性能要求	3
5.1 田间作业监测性能	3
5.2 北斗卫星定位性能	4
5.3 无线通信性能	4
5.4 图像采集性能	4
5.5 电气性能	4
5.6 环境适应性	4
5.7 电磁兼容性	5
6 试验方法	6
6.1 田间作业监测性能试验	6
6.2 北斗卫星定位性能试验	9
6.3 无线通信性能试验	10
6.4 图像采集性能试验	10

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。

本文件由农业农村部市场与信息化司提出。

本文件由农业农村部农业信息化标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：北京市农林科学院智能装备技术研究中心、农业农村部农业机械化总站、黑龙江农垦农业机械试验鉴定站、中国农业机械化协会、山东省农业机械科学研究院、上海市农业科学院、北大荒农垦集团有限公司、江西省农业技术推广中心、农芯科技(北京)有限责任公司、农芯科技(天津)有限责任公司、黑龙江惠达科技股份有限公司、河北信翔电子有限公司、湖南湘数大数据科技有限公司、江苏北斗农机科技有限公司、金色大田科技有限公司、洛阳智能农业装备研究院有限公司、中电科卫星导航运营服务有限公司、山东中农云信息科技有限公司、北京市农业机械试验鉴定推广站、农芯(南京)智慧农业研究院有限公司、千寻位置网络有限公司。

本文件主要起草人：孟志军、梅鹤波、魏学礼、苏春华、孙冬、柳春柱、罗长海、牛文祥、谢静、吴紫晗、尹彦鑫、毛振强、杨娟、曹响才、孙永佳、秦五昌、聂建慧、胡书鹏、杨长江、邢左群、郑再飞、熊波、何艺伟、王子寒、丁建宏、安晓飞、张安琪、李文龙、白璐、张光强、续强、邱森、孙振国、杨雅静、李保忠、周冠、张思雨、陈凯朋、许鹏、何涛、李明、刘波、周轶炜。



农机作业北斗监测终端技术条件

1 范围

本文件规定了农机作业北斗监测终端的功能要求、性能要求和试验方法。

本文件适用于在田间作业农机上安装的北斗监测终端(以下简称终端)的设计、研发、试验和检测。

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 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 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Cab:恒定湿热试验 GB/T 2423.5 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击

GB/T 2423.7 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ec:粗率操作造成的冲击(主要用于设备型样品)

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka:盐雾

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 18655—2018 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值和测量方法

GB/T 21437.2—2021 道路车辆 电气/电子部件对传导和耦合引起的电骚扰试验方法 第2部分:沿电源线的电瞬态传导发射和抗扰性

GB/T 21437.3—2021 道路车辆 电气/电子部件对传导和耦合引起的电骚扰试验方法 第3部分:对耦合到非电源线电瞬态的抗扰性

GB/T 33014.1—2016 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第1部分:一般规定

GB/T 42576—2023 北斗全球卫星导航系统(GNSS)高精度片上系统(Soc)技术要求及测试方法

NY/T 3892—2021 农机作业远程监测管理平台数据交换技术规范

BD 420005—2015 北斗全球卫星导航系统(GNSS)导航单元性能要求及测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

农机作业远程监测管理平台 remote monitoring platform for agricultural machinery operation

具有作业数据实时显示、作业轨迹回放、作业面积计算、作业质量分析、重复作业检测与分析、作业数据统计汇总、数据导出和报表打印等功能的综合性信息处理平台(以下简称平台)。

[来源:NY/T 3892—2021,定义 3.1]

3.2

农机作业北斗监测终端 operation monitoring terminal based on BDS of agricultural machinery

安装在田间作业农机上,以北斗卫星导航系统为唯一或主要定位数据来源,对作业中的某种或多种作业状态、作业过程和作业效果等进行监测,并将作业数据存储后传输至平台的设备。

3.3

作业状态 operation status

标识田间作业农机是否在正在进行农业生产活动,包括有效作业、未作业两种状态。

3.4

作业深度 operation depth

作业沟底距该点作业前地表面的垂直距离。

3.5

秸秆覆盖率 residue cover rate

单位面积内,秸秆垂直投影面积与地表总面积之比。

3.6

留茬高度 shears the stubble altitude

作物收获后,留在地块中的根茬顶端到地面的垂直距离。

注:垄作作物以垄顶为测量基准。

3.7

作业面积 operation area

作业机组在有效作业状态下,作业轨迹覆盖区域的面积。

3.8

重复作业 overlapping operation

在指定的时间周期内,同一作业类型的作业机组在同一区域的作业。

4 功能要求

4.1 一般要求

终端一般由北斗卫星定位装置、无线通信装置、作业监测装置、机具识别装置、图像采集装置、显示装置、报警装置、存储装置等部件或其集成部件组成。

4.2 自检

终端应能对各部分的工作状态进行自检,应能通过显示装置明确指示终端各部分当前工作状态。

4.3 北斗卫星定位

终端应具有卫星定位功能,应能以北斗卫星导航系统为唯一或主要定位数据来源,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。

4.4 无线通信

终端应具有远程无线通信功能,应能与平台完成数据传输交互。终端应具有进网许可证或无线通信模块型号核准证。

4.5 作业参数监测

终端应能具有作业参数监测功能,应能实时监测农机田间作业机组的作业参数,不同作业类型需要监测的主要作业参数见表 1。

表 1 不同作业类型需要监测的主要作业参数

序号	作业类型 ^a		监测的主要作业参数 ^b	
	大类	小类	必要参数	可选参数
1	耕整地	深松	作业状态、作业深度、作业面积、重复作业	——
2		深翻	作业状态、作业深度、作业面积、重复作业	——
3		旋耕	作业状态、作业面积、重复作业	作业深度
4		耙地	作业状态、作业面积、重复作业	作业深度

表 1 (续)

序号	作业类型 ^a		监测的主要作业参数 ^b	
	大类	小类	必要参数	可选参数
5	种植	条播	作业状态、漏播、作业面积、重复作业	——
6		穴播	作业状态、漏播、作业面积、重复作业	播种量
7		单粒(精密)播种	作业状态、漏播、播种量、作业面积、重复作业	播种均匀性
8		免耕播种	作业状态、秸秆覆盖率、作业面积、重复作业	漏播、播种量
9		插秧(移栽)	作业状态、作业面积、重复作业	——
10		抛秧	作业状态、作业面积、重复作业	——
11	田间管理	施肥	作业状态、漏施、作业面积、重复作业	施肥均匀性
12		植保	作业状态、作业面积、重复作业	喷洒量
13	收获	收获	作业状态、作业面积	留茬高度、重复作业、产量
14		秸秆还田	作业状态、作业面积	留茬高度、重复作业
15		秸秆打捆	作业状态、捆数	捆重、作业面积、重复作业
^a 表中列出了部分作业类型,未列出的作业类型可参照。				
^b 表中列出了可监测的主要作业参数,未列出的作业参数可根据实际情况选择。				

4.6 机具识别

终端应具有机具识别功能,应能支持与不同机具识别装置连接,并自动获取机具的作业类型、作业幅宽、机具型号等信息。

4.7 图像信息采集

终端应能按作业要求采集作业过程中的图像,并记录图像采集的定位信息,至少支持一路摄像头,支持夜视功能,可支持作业视频信息采集。

4.8 显示及人机交互

终端应具有显示及人机交互功能,应能通过显示装置实时显示作业信息,具备强光下可读能力,能通过按键、触摸屏、遥控器、语音等方式操作终端。

4.9 报警

终端应具备报警功能,在终端出现故障或作业参数不满足要求时,应以文字、声或光的形式发出提醒、给出清晰准确的提示信息。发出的声音提醒应能在农机驾驶室内可清晰听见。

4.10 数据存储

终端应能将卫星定位、作业参数、图像等作业数据保存至数据存储模块,支持通过远程和本地两种方式读取存储模块中的数据。数据存储容量宜至少能满足连续4年作业的需要。

4.11 远程升级

终端应具有远程升级功能,应能通过无线通信方式对软件程序进行远程升级。

5 性能要求

5.1 田间作业监测性能

终端的田间作业监测性能应符合表2规定的要求。

表2 田间作业监测性能要求

序号	性能参数	性能要求	适用作业类型
1	作业状态监测准确度	≥98%	适用于所有作业类型
2	作业深度监测误差	≤2 cm	适用于耕整地作业
3	漏播监测误差	≤2%	适用于播种作业
4	播种量监测误差	≤1%	适用于播种作业
5	秸秆覆盖率监测误差	≤5%	适用于免耕播种作业

表2(续)

序号	性能参数	性能要求	适用作业类型
----	------	------	--------

6	漏施监测误差	$\leq 2\%$	适用于施肥作业
7	喷洒量监测误差	$\leq 5\%$	适用于植保作业
8	留茬高度监测误差	$\leq 2\text{ cm}$	适用于收获作业
9	捆数监测误差	$\leq 2\%$	适用于打捆作业
10	作业面积监测准确度	$\geq 97\%$	适用于所有作业类型
11	重复作业监测准确度	$\geq 90\%$	适用于所有作业类型

5.2 北斗卫星定位性能

终端的北斗卫星定位性能应符合表 3 规定的要求。

表 3 北斗卫星定位性能要求

序号	性能参数		性能要求
1	单北斗系统工作能力		应具备在仅接收 BDS 公开服务信号情况下正常工作能力
2	卫星接收频段		支持 B1I、B1C、B2a/B2b
3	首次定位时间	冷启动时间	≤45 s
4		热启动时间	≤5 s
5	重捕获时间		≤5 s
6	灵敏度	捕获灵敏度	≤−137 dBm
7		跟踪灵敏度	≤−147 dBm
8	水平定位精度		≤2.5 m(RMS ^a)
9	测速精度		≤0.2 m/s(RMS ^a)
a RMS:均方根值,Root Mean Square。			

5.3 无线通信性能

终端的无线通信性能应满足以下要求：

- 支持 4G 或以上移动通信技术；
- 数据传输时间间隔不超过 10 s；
- 支持数据断点续传。

5.4 图像采集性能

终端的图像采集性能满足以下要求：

- 应至少 10 min 采集一次图像；
- 可设置多种成像分辨率,应至少支持 640×480。

5.5 电气性能

5.5.1 电源电压适应性

在 DC 9 V~36 V 的电源电压波动范围内,进行电源电压适应性试验后,终端各项功能均应正常。

5.5.2 耐电源极性反接性能

在 DC(28±0.2)V 的极性反接试验电压下,终端应能承受 1 min 的极性反接试验,除熔断器外(可更换烧坏的熔断器)不应有其他电气故障。试验后,终端各项功能均应正常。

5.5.3 耐电源过电压性能

在 DC 40 V 的过电压下,应能承受 1 min 的电源过电压试验,除熔断器外(可更换烧坏的熔断器)不应有其他电气故障。试验后,终端各项功能均应正常。

5.5.4 工作电流

设定终端的工作电压为 DC 12 V,终端的工作电流应不大于 3 A。

5.6 环境适应性

5.6.1 气候环境适应性

终端的存储温度范围应至少为-40℃~85℃,工作温度范围应至少为-20℃~70℃,相对湿度范围应至少为 10% RH~90% RH(无凝露)。终端在承受表 4 规定的各项气候环境试验后,应无电气故障,

机壳、插接器等无严重变形,各项功能正常。

表 4 气候环境试验项目表

试验项目	试验参数	试验条件	试验方法	备注
高温工作试验	温度 持续时间	70 ℃ 8 h	GB/T 2423. 1	试验中按额定电压通电,试验后检查功能
高温放置试验	温度	85 ℃	GB/T 2423. 1	试验中不通电,试验后检查功能
	持续时间	8 h		
低温工作试验	温度	−20 ℃	GB/T 2423. 2	试验中按标称电压通电,试验后检查功能
	持续时间	8 h		
低温放置试验	温度	−40 ℃	GB/T 2423. 2	试验中不通电,试验后检查功能
	持续时间	8 h		
恒定湿热试验	温度	40 ℃±2 ℃	GB/T 2423. 3	12 h 不通电,12 h 按额定电压通电
	持续时间	24 h		
	相对湿度 90 %			

5.6.2 机械环境适应性

依次进行符合表 5 规定的振动、冲击、自由跌落等机械环境试验后,终端的各项功能应保持正常,应无永久性结构变形、无零部件损坏、无电气故障、无紧固部件松脱现象、无插头和通信接口等接插件脱落或接触不良现象,应无试验前存储的信息丢失现象。

表 5 机械环境试验项目表

试验项目	试验参数		试验方法	备注
振动试验	扫频范围	5 Hz~300 Hz	GB/T 2423. 10	不通电,正常连接状态
	扫频速度	1 oct/min		
	扫频时间	每个方向 8 h		
	振幅	5 Hz~11 Hz 时 10 mm(峰值)		
	加速度	11 Hz~300 Hz 时 50 m/s ²		
	振动方向	X、Y、Z 3 个方向		
冲击试验	冲击次数	X、Y、Z 每个方向各 3 次	GB/T 2423. 5	不通电,正常连接状态
	峰值加速度	490 m/s ²		
	脉冲持续时间	11 ms		
	冲击方向	X、Y、Z 3 个方向		
自由跌落试验	高度	1 000 mm	GB/T 2423. 7	带包装箱

5.6.3 防护等级

按照 GB/T 4208—2017 的规定,对终端各部件外壳防护等级进行试验,满足以下要求:

——北斗卫星定位装置、无线通信装置、显示装置、报警装置、存储装置等安装在农机驾驶室内装置的外壳防护等级应至少符合 GB/T 4208—2017 中 IP65 的要求;

——图像采集装置、作业监测装置、机具识别装置等安装在农机驾驶室外装置的外壳防护等级应至少符合 GB/T 4208—2017 中 IP67 的要求;

——连接线和接插器的防护等级应至少符合 GB/T 4208—2017 中 IP67 的要求。

5.6.4 盐雾环境适应性

按照 GB/T 2423. 17 的规定,对终端进行盐雾环境适应性试验,试验温度为(35±2)℃,盐溶液的 pH 为 6.5~7.2,试验时间为 48 h。试验后,终端应无电气故障,机壳、线缆、插接器等不应有被严重腐蚀的现象,并能正常工作。

5.7 电磁兼容性

5.7.1 抗点火干扰

终端在工作状态下,进行农机启动点火干扰时,各项功能应正常。试验 10 次,每次试验时,终端各项

功能均应正常。

5.7.2 静电放电抗扰度

按照 GB/T 17626.2—2018 的规定,对终端进行静电放电抗扰度试验,试验等级应不低于 GB/T 17626.2—2018 中表 1 规定的 3 级。试验后,终端应无电气故障,符合 GB/T 17626.2—2018 中第 9 章规定的 b 类要求,即终端功能可暂时丧失或性能可暂时降低,但在试验停止后能自行恢复,无需操作者干预。

5.7.3 辐射抗扰度

按照 GB/T 17626.3—2016 的规定,对终端进行辐射抗扰度试验,试验等级应不低于 GB/T 17626.3—2016 中表 1 规定的 3 级。试验后,终端应无电气故障,符合 GB/T 17626.3—2016 中第 9 章规定的 b 类要求,即终端功能可暂时丧失或性能可暂时降低,但在试验停止后能自行恢复,无需操作者干预。

5.7.4 无线电骚扰特性

5.7.4.1 传导发射

按照 GB/T 18655—2018 中 6.3 或 6.4 的方法进行传导发射试验,终端的传导骚扰限值应符合 GB/T 18655—2018 中表 5 或表 6 规定的等级 2 要求。

5.7.4.2 辐射发射

按照 GB/T 18655—2018 中 6.5 的方法进行辐射发射试验,终端的辐射骚扰限值应符合 GB/T 18655—2018 中表 5 或表 6 规定的等级 2 要求。

5.7.5 对由传导和耦合引起的电骚扰抗扰性

5.7.5.1 沿电源线的电瞬态传导抗扰性

按照 GB/T 21437.2—2021 中第 4 章规定的方法进行沿电源线的电瞬态传导抗扰性试验,试验脉冲按照 GB/T 21437.2—2021 中表 A.1 或表 A.2 中规定的Ⅲ级要求选择 1、2a、3a、3b。试验后,终端应符合 GB/T 33014.1—2016 中 A.3.1 规定的状态Ⅲ要求,即终端可在试验中不能完成设计功能,但试验后在进行重新启动等简单操作后能够恢复到正常状态。

5.7.5.2 对耦合到非电源线电瞬态的抗扰性

按照 GB/T 21437.3—2021 中第 3 章规定的方法进行对耦合到非电源线电瞬态的抗扰性试验,采用容性耦合钳法和感性耦合钳法,试验脉冲严酷程度应符合 GB/T 21437.3—2021 中表 B.1 或表 B.2 规定的Ⅲ级要求。试验后,终端应符合 GB/T 33014.1—2016 中 A.3.1 规定的状态Ⅲ要求,即终端可在试验中不能完成设计功能,但试验后在进行重新启动等简单操作后能够恢复到正常状态。

6 试验方法

6.1 田间作业监测性能试验

6.1.1 作业状态监测准确度

在作业机组上安装终端,试验过程中,在有效作业、未作业状态下,观察终端监测的作业状态 50 次(有效作业状态和未作业状态下,各观察 25 次),记录观察作业状态的总次数和终端监测作业状态与实际作业状态符合的次数,按照公式(1)计算作业状态监测准确度。

$$\rho_1 = \frac{N_2}{N_1} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

ρ_1 —— 作业状态监测准确度的数值,单位为百分号(%);

N_2 —— 观察作业状态的总次数;

N_1 —— 终端监测作业状态与实际作业状态符合的次数。

6.1.2 作业深度监测误差

在耕整地机组上安装终端,在试验测区内间隔 10 m 以上选 1 处测点,共选 3 处测点。分别找出此 3 处测点的作业前地表基准面,然后开始测试,作业机组稳定通过测区。读取终端数据,分别记录 3 处测点的作业深度,测量 3 处测点实际作业深度。按照公式(2)分别计算 3 处测量位置的作业深度测量误差,取

平均值作为最终结果。

$$\Delta H = | \times H_2 - H_1 | \times \dots\dots\dots (2)$$

式中:

ΔH ——作业深度监测误差的数值,单位为厘米(cm);

H_2 —— 实际作业深度的数值,单位为厘米(cm);

H_1 —— 终端监测的作业深度的数值,单位为厘米(cm)。

6.1.3 漏播监测误差

在播种机组上安装终端,正常进行播种作业,通过清除下种口种子或断开传动系统,造成实际不下种的情况,待终端监测到该行不下种并进行报警提示后停车。从造成实际不下种的情况到出现报警提示的时间应小于3 s;如果时间超过3 s或者终端监测到的漏播行与实际不一致,表示该次试验监测失败;累计试验25次,记录不下种监测试验次数和成功监测次数。用种子把作业监测装置的检测区域完全遮挡,之后进行播种作业;作业过程中作业监测装置检测区域始终处于遮挡状态,待终端监测到该行堵塞并进行报警提示后停车。从开始遮挡到出现报警提示的时间应小于3 s,如果时间超过3 s或者终端监测到的堵塞行与实际不一致,表示该次试验监测失败;累计试验25次,记录堵塞监测试验次数和成功监测次数。按照公式(3)计算漏播监测误差。

$$\rho_2 = \left| \frac{M_2 - M_1}{M_1} \right| \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ρ_2 —— 漏播堵塞监测误差的数值,单位为百分号(%);

M_1 —— 总试验次数的数值,单位为次;

M_2 —— 终端不下种监测成功次数与堵塞监测成功次数之和的数值,单位为次。

6.1.4 播种量监测误差

在播种机组上安装终端,播种机在标称作业速度范围内进行作业,每个播种行下面放置种子收集装置。待显示装置统计的总播种量超过500粒后停止试验,清查实际播种总量。按照公式(4)计算每次作业播种量监测误差,按上述方法试验3次,取平均值作为最终结果。

$$\rho_3 = \left| \frac{K_2 - K_1}{K_1} \right| \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

式中:

ρ_3 —— 播种量监测误差的数值,单位为百分号;

K_1 —— 实际播种量的数值,单位为粒;

K_2 —— 终端监测的播种量的数值,单位为粒。

6.1.5 秸秆覆盖率监测误差

采用选择高($\geq 60\%$)、中($30\% \leq < 60\%$)、低($< 30\%$)3个区间的秸秆覆盖率测试板,终端图像采集装置安装测试板的正上方,垂直拍摄测试板完整图像,按照公式(5)计算秸秆覆盖率误差。应选择高、中、低3个区间的秸秆覆盖率进行上述试验各3次,取平均值作为最终结果。

$$\rho_4 = \left| \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_1} \right| \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

式中:

ρ_4 —— 秸秆覆盖率监测误差;

α_1 —— 实际秸秆覆盖率;

α_2 —— 终端或平台监测的地块秸秆覆盖率。

6.1.6 漏施监测误差

在施肥机组上安装终端,正常进行施肥作业,通过清除下肥口肥料或断开传动系统,造成实际不下肥的情况,待终端监测到该行不下肥并进行报警提示后停车。从造成实际不下肥的情况到出现报警提示的时间应小于3 s;如果时间超过3 s或者终端监测到的漏施行与实际不一致,表示该次试验监测失败;累计

试验 25 次,记录漏施监测试验次数和成功监测次数。用肥料把作业监测装置的检测区域完全遮挡,之后进行施肥作业,作业过程中作业监测装置检测区域始终处于遮挡状态,待终端监测到该行堵塞并进行报警提示后停车;从开始堵塞到出现报警提示的时间应小于 3 s;如果时间超过 3 s 或者终端监测到的堵塞行与实际不一致,表示该次试验监测失败;累计试验 25 次,记录堵塞监测试验次数和成功监测次数。按照公式(6)计算漏施监测误差。

$$\rho_5 = \left| \frac{n_2 - n_1}{n_1} \right| \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

式中:

ρ_5 —— 漏施监测误差的数值,单位为百分号(%);

n_1 —— 总试验次数的数值,单位为次;

n_2 —— 终端不下肥监测成功次数与堵塞监测成功次数之和的数值,单位为次。

6.1.7 喷洒量监测误差

在喷杆式喷雾机上安装终端,在每个喷头下面放置收集容器。喷雾机工作(但不行驶),在标称喷量范围内工作 5 min 后,测量实际总喷洒量,记录终端监测的喷洒量。按照公式(7)计算每次作业喷洒量监测误差,按上述方法试验 3 次,取平均值作为最终结果。

$$\rho_6 = \left| \frac{V_2 - V_1}{V_1} \right| \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

式中:

ρ_6 KG * 2 —— 喷洒量监测误差的数值,单位为百分号(%);

V_1 —— 实际喷洒量的数值,单位为升(L);

V_2 —— 终端监测的喷洒量的数值,单位为升(L)。

6.1.8 留茬高度监测误差

在谷物联合收割机或玉米收获机上安装终端,分别控制割台高度处于高($h_1 \geq 30$ cm)、中(10 cm $\leq h_1 < 30$ cm)、低($h_1 < 10$ cm)3 个区间,测量割刀对地垂直高度(即实际留茬高度),记录终端监测的留茬高度。按照公式(8)分别留茬高度监测误差。应选择高、中、低 3 个区间进行上述试验各 3 次,取平均值作为最终结果。

$$\Delta h = |h_2 - h_1| \dots\dots\dots (8)$$

式中:

Δh —— 留茬高度监测误差的数值,单位为厘米(cm);

h_1 —— 实际留茬高度的数值,单位为厘米(cm);

h_2 —— 终端监测的留茬高度的数值,单位为厘米(cm)。

6.1.9 捆数监测误差

在打捆机组上安装终端,选取试验地块,进行打捆作业,试验总捆数 50 捆。按照公式(9)计算捆数监测误差。

$$\rho_7 = \left| \frac{m_2 - m_1}{m_1} \right| \times 100 \dots\dots\dots (9)$$

式中:

ρ_7 —— 捆数监测误差的数值,单位为百分号(%);

m_1 —— 实际总捆数的数值,单位为捆;

m_2 —— 终端监测的捆数的数值,单位为捆。

6.1.10 作业面积监测准确度

在作业机组上安装终端,在试验地块($\geq 2\,000$ m²)分别按照梭行、绕行和套行 3 种行驶模式(见图 1)进行正常作业,作业时基本达到不漏(可通过在作业机组上安装农机北斗导航辅助驾驶系统实现)。

完成作业后,记录每种行驶模式下的终端监测作业面积。使用高精度卫星接收机等仪器测量每种行驶模式下实际作业面积,按照公式(10)计算作业面积监测准确度。取 3 个行驶模式下的作业面积监测准确度最小值为最终结果。

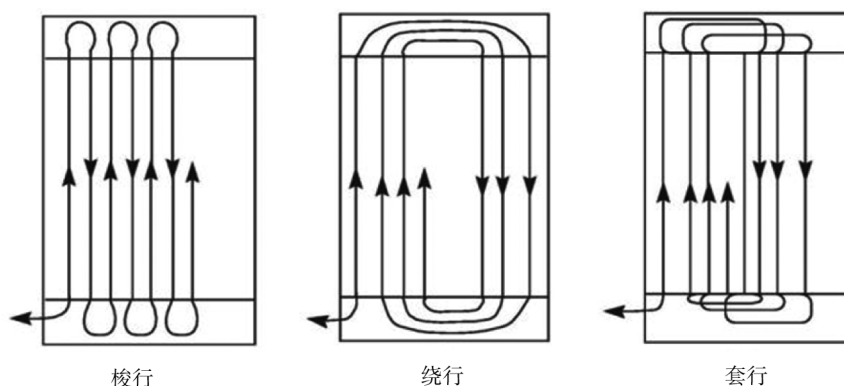


图1 行驶模式示意图

$$\rho_8 = \left(1 - \left| \frac{S_2 - S_1}{S_1} \right| \right) \times 100 \dots\dots\dots (10)$$

式中：

ρ_8 —— 作业面积监测准确度的数值,单位为百分号(%)；

S_1 —— 试验地块面积的数值,单位为平方米(m^2)；

S_2 —— 终端或平台监测的作业面积的数值,单位为平方米(m^2)。

6.1.11 重复作业监测准确度

以 6.1.10 试验中作业机组为作业机组 1,本次试验为作业机组 2,在作业机组 2 上安装另一个同型号的终端。以 6.1.10 试验中一种行驶模式作业的实际作业地块为作业地块 1,本次试验的实际作业地块为作业地块 2(长度 ≥ 100 m)。在试验地块 2 上进行作业,要求作业地块 2 与作业地块 1 至少重复 2 个作业幅宽。完成作业后,读取重复作业面积 S_{C2} 。使用高精度卫星接收机等仪器测量试验地块实际重复作业面积 S_{C1} ,按照公式(11)计算重复作业监测准确度。

$$\rho_9 = \left(1 - \left| \frac{S_{C2} - S_{C1}}{S_{C1}} \right| \right) \times 100 \dots\dots\dots (11)$$

式中：

ρ_9 —— 重复作业监测准确度的数值,单位为百分号(%)；

S_{C1} —— 实际重复作业面积的数值,单位为平方米(m^2)；

S_{C2} —— 终端或平台监测的重复作业面积的数值,单位为平方米(m^2)。

6.2 北斗卫星定位性能试验

6.2.1 单北斗系统工作能力

按照以下方法进行单北斗系统工作能力试验：

- 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,水平定位精度应满足 5.2 的要求；
- 使用卫星信号模拟器,同时播发 GPS(全球定位系统)、GLONASS(格洛纳斯)等非北斗卫星导航信号,检查终端的定位状态,终端应不能定位。

6.2.2 卫星接收频段

按照 GB/T 42576—2023 中 6.4.1.1 规定的方法进行卫星接收频段试验。

6.2.3 首次定位时间

按照 GB/T 42576—2023 中 6.4.3 规定的方法进行冷启动首次定位时间和热启动首次定位时间试验。

6.2.4 重捕获时间

按照 GB/T 42576—2023 中 6.4.4 规定的方法进行重捕获时间试验。

6.2.5 灵敏度

按照 GB/T 42576—2023 中 6.4.1.2 和 6.4.1.3 规定的方法,分别进行捕获灵敏度和跟踪灵敏度试验。

6.2.6 水平定位精度

按照 BD 420005—2015 中 5.4.4.2 规定的方法进行水平定位精度试验。

6.2.7 测速精度

按照 GB/T 42576—2023 中 6.4.2.4 规定的方法进行测速精度试验。

6.3 无线通信性能试验

按照以下方法进行无线通信性能试验:

- 通过无线通信模块的型号核准证书等文件,检查无线通讯模块支持的网络制式;
- 在平台上选取终端上传的连续 5 min 数据,检查每两条数据之间的传输时间间隔;
- 在终端正常工作过程中,断开无线通信网络 10 min 后,恢复无线通信网络连接,使终端继续工作并采集信息,通过平台检查是否接收到断开无线通信网络期间的全部数据。

6.4 图像采集性能试验

按照以下方法进行图像采集性能试验:

- 在平台上选取终端上传的连续 1 h 的图像,检查每两张图像之间的传输时间间隔;
 - 在终端或平台上选择 3 种图像分辨率,检查每种情况下实际拍摄图像的分辨率与设置分辨率的一致性;
 - 在平台上任意选取 3 张图像,检查每张图像的分辨率。
-