

团 体 标 准

T/CAMA 60—2022

电驱动单粒（精密）排种 控制系统技术规范

Technical specifications for motor-driven precision seeding control system

2022 - 11 - 23 发布

2022 - 12 - 01 实施

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 系统组成.....	2
5 功能要求.....	2
5.1 工况监测.....	2
5.2 启停控制.....	2
5.3 粒距调节.....	2
5.4 播种量计量.....	2
5.5 排种质量评价.....	2
5.6 故障报警.....	2
5.7 卫星定位.....	2
5.8 无线通信.....	2
5.9 通讯协议.....	3
5.10 程序升级.....	3
6 性能要求.....	3
6.1 系统调控精度.....	3
6.2 卫星定位性能.....	3
6.3 电气性能.....	3
6.4 气候环境适应性.....	3
6.5 机械环境适应性.....	4
6.6 防护等级.....	4
6.7 电磁兼容性.....	4
7 试验方法.....	5
7.1 启停控制有效率测试方法.....	5
7.2 粒距控制误差测试方法.....	5
7.3 播种量计量误差测试方法.....	5
7.4 卫星定位性能.....	6
7.5 电气性能.....	6
7.6 气候环境适应性.....	6

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。

本文件由中国农业机械化协会信息化分会提出。

本文件由中国农业机械化协会归口。

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、中国农业大学、山东省农业机械科学研究院、山东理工大学、湖北永祥农机装备有限公司、河北信翔电子有限公司、黑龙江惠达科技发展有限公司、辽宁省农业机械化研究所、西安亚澳农机股份有限公司、农芯科技（北京）有限责任公司。

本文件主要起草人：颜丙新、杨丽、孙宜田、孟志军、和贤桃、孙永佳、武广伟、陈玉龙、叶元文、张旭、陈凯朋、孙永青、史江涛、梅鹤波、付卫强、肖跃进、董建军、张光强。

本文件是首次制定。

电驱动单粒（精密）排种控制系统技术规范

1 范围

本文件规定了电驱精量排种控制系统的组成、功能要求、性能要求和试验方法。

本文件适用于单粒（精密）播种机电驱精量排种控制系统（以下简称“系统”）的设计、研发、试验和应用。

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 电工电子产品基本环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
 GB/T 2423.2 电工电子产品基本环境试验 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 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动(正弦)
 GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
 GB/T 6973—2005 单粒（精密）播种机试验方法
 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 21437.1—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1部分：定义和一般规定
 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
 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
 NY/T 1768—2009 免耕播种机 质量评价技术规范

3 术语和定义

GB/T 6973—2005界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电驱动单粒（精密）排种控制系统 motor-driven precision seeding control system
 实现单粒(精密)播种机排种器的电机驱动和精准控制的系统。

3.2

粒距 spacing
 播行内相邻两粒种子间的距离。

3.3

播种量 application rate
 单位播行长度或单位播种面积内播入的种子数量。

3.4

目标播种量 target application rate

由用户设置的播种量。

3.5

实时播种量 real-time application rate

由控制系统监测到的实时播种量。

4 系统组成

4.1 系统应包括传感装置、控制装置、执行装置、人机交互装置等，可包括卫星定位装置和无线传输装置。

4.2 传感装置应包括作业速度传感器、排种器转速传感器、排种监测传感器等。

4.3 作业速度传感器可采用雷达、编码器、GNSS 等测速装置监测播种机的前进速度。

4.4 排种器转速传感器可采用霍尔元件、光栅等直接监测排种器旋转速度，或通过监测驱动电机转速间接获取排种器旋转速度。

4.5 排种监测传感器在种子经过时发出信号，监测种子。

4.6 控制装置接收人机交互装置和传感装置的信号，并发控制信号到执行装置。

4.7 执行装置通过电机驱动排种器旋转工作。

4.8 人机交互装置能够接收并解析控制装置发送的传感装置信号，可计算作业速度、实时播种量等，并可显示作业速度、目标播种量、实时播种量等作业信息，应能够发送指令控制执行装置，应能够根据系统需要发出声、光、电等方式的报警。

5 功能要求

5.1 工况监测

系统应能够实时监测传感装置、执行装置等关键部件的工作状况，并在人机交互装置上显示。

5.2 启停控制

系统应能够控制执行装置的启动和停止。

5.3 粒距调节

系统应能够通过调节执行装置的转速，实现粒距的调节。

5.4 播种量计量

系统应具有统计所播种子数量的功能。

5.5 排种质量评价

系统可具有排种质量评价功能，可具有显示粒距合格指数、重播指数、漏播指数和合格粒距变异系数等排种质量的功能。

5.6 故障报警

系统可包含传感装置、控制装置、执行装置故障报警功能。

5.7 卫星定位

系统可具有定位功能，能够实时获取时间、经纬度、速度等状态信息。

5.8 无线通信

系统可具有将作业数据通过无线传输装置传输至远程服务器的功能。

5.9 通讯协议

系统可具备支持总线扩展的通讯协议。

5.10 程序升级

系统支持程序升级。

6 性能要求

6.1 系统调控精度

6.1.1 启停控制有效率

按照7.1描述的方法进行试验，系统的启停控制有效率 $\geq 99\%$ 。

6.1.2 粒距控制误差

按照7.2描述的方法进行试验，系统的粒距控制误差 $\leq 5\%$ 。

6.1.3 播种量计量误差

按照7.3描述的方法进行试验，系统的播种量统计误差 $\leq 1\%$ 。

6.1.4 排种质量

单粒（精密）播种机，安装电驱精量排种控制系统后，按照GB/T 6973—2005规定的试验条件和方法进行播种试验，播种后按照GB/T 6973—2005中6.1.2进行试验结果计算与评价，系统排种质量应符合表1的规定。

表1 排种质量指标

项目	种子粒距 (cm)		
	≤ 10	10~20	20~30
粒距合格指数	$\geq 65\%$	$\geq 80\%$	$\geq 82\%$
重播指数	$\leq 30\%$	$\leq 20\%$	$\leq 15\%$
漏播指数	$\leq 15\%$	$\leq 10\%$	$\leq 8\%$
合格粒距变异系数	$\leq 38\%$	$\leq 33\%$	$\leq 28\%$

注：作业速度按照使用说明书的规定，一般速度范围取中值

6.2 卫星定位性能

系统的卫星定位性能应至少满足以下要求：

- 系统应具备单北斗系统工作能力；
- 水平定位精度优于 2.5m；
- 测速精度优于 0.2m/s。

6.3 电气性能

系统的电气性能至少满足以下要求：

- 系统的工作电压范围 9V~36V；
- 系统应具备耐电源极性反接性能；
- 系统应具备耐电源过电压性能。

6.4 气候环境适应性

系统存储温度应至少为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，工作温度应至少为 $-10^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度应至少为10%RH~90%RH（无凝露）。

6.5 机械环境适应性

系统在承受符合表1的振动、冲击等机械环境试验后，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、通信接口等接插件脱落或接触不良现象，其各项功能应保持正常，无试验前存储的信息丢失现象。系统机械环境试验应符合GB/T 2423.5、GB/T 2423.10的要求。

表1 机械环境试验项目表

试验名称	试验参数		说明
振动试验	扫频范围	5Hz~300Hz	不通电，正常安装状态
	扫频速度	1oct/min	
	扫频时间	每个方向8h	
	振幅	5Hz~11Hz时10mm（峰值）	
	加速度	11Hz~300Hz时50m/s ²	
	振动方向	X、Y、Z三方向	
冲击试验	冲击次数	X、Y、Z每方向各3次	不通电，正常安装状态
	峰值加速度	490m/s ²	
	脉冲持续时间	11ms	
	方向	X、Y、Z三方向	

6.6 防护等级

系统的防护等级应满足以下要求：

- 安装在拖拉机驾驶室外的装置外壳防护等级至少符合 GB/T 4208—2017 中 IP54 的要求；
- 安装在拖拉机驾驶室外的装置外壳防护等级至少符合 GB/T 4208—2017 中 IP65 的要求；
- 连接线和接插器的防护等级至少符合 GB/T 4208—2017 中 IP66 的要求。

6.7 电磁兼容性

6.7.1 抗点火干扰

系统在工作状态下，进行启动点火干扰时，各项功能应正常。

6.7.2 静电放电抗扰度

采用GB/T 17626.2—2018所规定的要求，对系统进行静电放电抗扰度试验，试验等级应不低于GB/T 17626.2—2018表1中的3级。系统在试验后应不出现电气故障，试验结果的评价应符合GB/T 17626.2—2018中B类要求，即系统功能或性能暂时丧失或降低，但在骚扰停止后能自行恢复，无需操作者干预。

6.7.3 辐射抗扰度

采用GB/T 17626.3—2016所规定的要求，对系统进行辐射抗扰度试验，试验等级应不低于GB/T 17626.3—2016表1中的3级。系统在试验后应不出现电气故障，试验结果的评价应符合GB/T 17626.3—2016中B类要求，即系统功能暂时丧失或性能暂时降低，但在骚扰停止后能自行恢复，无需操作者干预。

6.7.4 无线电骚扰特性

6.7.4.1 传导发射

按照GB/T 18655—2018中6.3或6.4的方法进行试验，系统应符合GB/T 18655—2018中表5或表6的等级3的要求。

6.7.4.2 辐射发射

按照GB/T 18655—2018中6.5的方法进行试验，系统应符合GB/T 18655—2018中表7的等级3的要求。

6.7.5 对由传导和耦合引起的电骚扰抗扰

6.7.5.1 沿电源线的电瞬态传导抗扰度

按照GB/T 21437.2—2021中第4章规定的方法进行试验，试验脉冲按照GB/T 21437.2—2021中表A.1或表A.2中Ⅲ级要求选择1, 2a, 3a, 3b。试验中和试验后，系统所有功能应符合GB/T 21437.1—2021中状态I的要求，即试验中和试验后，系统能够完成设计功能。

6.7.5.2 耦合电瞬态发射抗扰度

采用容性耦合钳法和感性耦合钳法，按照GB/T 21437.3—2021中第3章规定的方法进行试验，试验脉冲严酷程度应符合GB/T 21437.3—2021中表B.1或表B.2中Ⅲ级要求。试验中和试验后，系统所有功能应符合GB/T 21437.1—2021中状态I的要求，即试验中和试验后，系统能够完成设计功能。

7 试验方法

7.1 启停控制有效率测试方法

系统接通电源，依次通过人机交互装置控制执行装置的启动和停止两种作业状态的切换，每种作业状态测试次数不少于100次。系统启停控制有效率按照式（1）计算。

$$P_s = \frac{N_a}{N_m} \times 100\% \quad \text{.....(1)}$$

式中：

- P_s ——启停控制有效率；
- N_m ——启动和停止两种作业状态的切换总次数；
- N_a ——执行装置工作状态实际改变总次数。

7.2 粒距控制误差测试方法

按照说明书规定的粒距调节范围，将粒距等分为5个梯度 $X_1 \dots X_i \dots X_5$ ，分别计算各梯度下，作业固定时长 t 排出种子的理论数量 $Q_1 \dots Q_i \dots Q_5$ 。

系统接通电源，装入种子，按梯度依次调节目标粒距，连续承接 t 时长排种的种子，测量种子的实际数量 $q_1 \dots q_i \dots q_5$ ，系统粒距调节误差按照式（2）计算。

$$P_m = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{|q_i - Q_i|}{Q_i} \times 100\%, (i = 1, 2 \dots 5) \quad \text{.....(2)}$$

$$Q_i = 100vt/X_i$$

式中：

- P_m ——粒距控制误差，单位为厘米（cm）；
- X_i ——目标粒距，单位为厘米（cm）；
- Q_i ——目标粒距 X_i 对应排出种子的理论数量，单位为粒；
- q_i ——目标粒距 X_i 对应排出种子的实际数量，单位为粒；
- v ——作业速度，取使用说明书速度范围的中值，单位为米/秒（m/s）；
- t ——固定时长，应大于排出251粒种子所需时间。

7.3 播种量计量误差测试方法

对单个系统进行连续排种试验，连续排种数量不少于1000粒，重复3次，播种量统计误差按式（3）计算。

$$P_n = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \frac{|Q_{aj} - Q_{mj}|}{Q_{mj}} \times 100\% \quad \text{.....(3)}$$

式中：

- P_n ——播种量计量误差；

Q_{aj} ——第 j 次试验系统统计的播种量，单位为粒；

Q_{mj} ——第 j 次试验实际的播种量，单位为粒。

7.4 卫星定位性能

7.4.1 使用卫星信号模拟器，数据链路仅播发北斗数据，系统能支持单北斗工作模式，且水平定位精度满足 6.2 的要求，表明系统具备单北斗系统工作能力。

7.4.2 按照 BD 420005—2015 中 5.4.4.2 规定的方法进行试验，水平定位精度应满足 6.2 的要求。

7.4.3 按照 BD 420005—2015 中 5.4.4.3 规定的方法进行试验，测速精度应满足 6.2 的要求。

7.5 电气性能

7.5.1 电源电压适应性

在按表 2 给出的电源电压波动范围进行电压适应性试验后，系统各项功能均应正常。

表2 电气性能试验参数

电源电压波动范围	极性反接试验电压	过电压
9V~36V	28V±0.2V	40V

7.5.2 耐电源极性反接性能

在表 2 规定的标称电源电压极性反接试验下，系统应能承受 1min 的极性反接试验，除熔断器外（允许更换烧坏的熔断器）不应有其他电气故障。试验后系统各项功能均应正常。

7.5.3 耐电源过电压性能

在表 2 规定的过电压下，应能承受 1min 的电源过电压试验。试验后系统各项功能均应正常。

7.6 气候环境适应性

系统气候环境试验应符合 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2 和 GB/T 2423.3 的要求，试验条件见表 3。在承受各项气候环境试验后，系统应无电气故障，机壳、插接器等不应有严重变形，各项功能应正常。

表3 气候环境试验项目表

项目	试验参数	试验条件	说明
高温工作试验	温度	65℃	试验中标称电压通电，试验后检查功能。
	持续时间	8h	
高温放置试验	温度	85℃	试验中不通电，试验后检查功能。
	持续时间	8h	
低温工作试验	温度	-10℃	试验中标称电压通电，试验后检查功能。
	持续时间	8h	
低温放置试验	温度	-40℃	试验中不通电，试验后检查功能。
	持续时间	8h	
恒定湿热试验	温度	40℃±2℃	12h不通电，12h接通标称电压通电工作。
	持续时间	24h	
	相对湿度	90%	