

团 体 标 准

T/CAAMM 411—2026

大田电驱动栽植机 控制系统 技术规范

Technical specification for control system of field electric drive planting machine

(报批公示稿)

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

中国农业机械工业协会 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 系统组成	2
5 功能要求	2
6 技术要求	3
7 试验方法	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》给出的规则起草。

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工业协会提出。

本文件由中国农业机械工业协会归口。

本文件起草单位：河南科技大学、中国农业机械化科学研究院集团有限公司、农业农村部南京农业机械化研究所、巴州良佳农机制造有限公司、德州福瑞特农业机械制造有限公司、南通省力机电科技有限责任公司、河南省农业技术推广总站、阜阳市颍州区农业技术推广中心。

本文件主要起草人：金鑫，李明勇，吴鸿欣，王建敏，赵亚倩，马喜强，李伟，李奕晨，候永胜，吴俊，汤庆，曹翔翔，梁佳，李洪雷，吴亦鹏，陈卓，祝晓武，李慧文，张龙，侯一博。

本文件为首次发布。

大田电驱动栽植机 控制系统 技术规范

1 范围

本文件规定了大田电驱动栽植机控制系统技术规范的术语和定义、系统组成、功能要求、技术要求、试验方法。

本文件适用于旱地大田电驱动栽植机控制系统的设计、制造和检验。

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，仅该日期的对应版本适用于本文件；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 2900.101 电工术语 风险评估

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 5262 农业机械试验条件测定方法的一般规定

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 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 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 and 测量方法

GB/T 21437.1 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 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 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 39517.1 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

JB/T10291 旱地栽植机械

3 术语和定义

GB/T 18488.1、GB/T 2900.101和GB/T 19596中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大田电驱动栽植机 Electric drive planting machine for large fields

使用电力驱动专门用于大田作物的栽植作业的自动化农业设备。

3.2

大田电驱动栽植机控制系统 Control system of Datian electric driving planting machine

实现大田电驱动栽植机的电机驱动和精准控制的系统。

3.3

电力驱动部件 Electric drive components

电驱动栽植机中用于提供动力或执行特定功能的电机、驱动器、电池等电动部件。

3.4

行进参数 Movement parameters

电驱动栽植机在作业过程中，与行进相关的速度、方向、路径等参数。

3.5

作业参数 Parameters of operation

电驱动栽植机在作业过程中，与作业效果相关的栽植密度、栽植深度、栽植秧苗间距等参数。

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 传感装置应包括行进速度传感器、栽植速度传感器等。

4.3 行进速度传感器可采用雷达、编码器、GNSS等测速装置监测栽植机的前进速度。

4.4 栽植速度传感器可采用编码器、转速传感器监测驱动电机转速间接获取栽植速度。

4.5 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。

4.6 执行装置通过电机驱动栽植机工作

4.7 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，可计算行进速度、栽植速度等，并可显示行进速度、目标栽植速度、实时栽植速度等作业信息，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 工况检测

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 行进参数调节

系统应能够通过调节执行装置的转速，实现速度、方向、路径等行进参数的调节。

5.4 作业参数调节

系统应能够通过调节执行装置的转速，实现栽植密度、栽植深度、栽植间距等作业参数的调节。

5.5 栽植量计量

系统应具有统计所栽植种苗数量的功能。

5.6 栽植质量评价

系统可具有栽植质量评价功能，可具有显示栽植间距合格指数、栽植深度指数和漏栽指数等栽植质量的功能。

5.7 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。

5.8 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 技术要求

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 栽植间距控制误差

按照7.2描述的方法进行试验，栽植间距控制误差≤10%。

6.1.4 栽植质量

大田电驱动栽植机，安装电驱控制系统后，系统栽植质量应符合表1的规定。

表 1 栽植质量要求

序号	性能指标	指标范围
1	漏栽率	≤5%
2	重栽率	≤4%
3	倒伏率	≤6%
4	伤苗率	≤2%
5	露苗率	≤4%
6	埋苗率	≤3%
7	栽植合格率	≥92%
8	有效度%	≥95%
9	栽植深度合格率%	≥75%

6.2 卫星定位精度

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

6.3 电气性能

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

6.4 大田环境适应性

系统存储温度应至少为-40℃~85℃，工作温度应至少为-10℃~65℃，相对湿度应至少为10%RH~90%RH（无凝露）。

6.5 防护等级

- 6.5.1 安装在栽植机驾驶室内的装置外壳防护等级至少符合GB/T 4208中IP54的要求。
- 6.5.2 安装在栽植机驾驶室外的装置外壳防护等级至少符合GB/T 4208中IP65的要求。
- 6.5.3 连接线和接插器的防护等级至少符合GB/T 4208中IP66的要求。

6.6 电磁兼容性

6.6.1 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。

6.6.2 静电放电抗扰度

采用GB/T17626.2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。

6.6.3 辐射抗扰度

采用GB/T 17626.3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。

6.6.4 无线电骚扰特性

6.6.4.1 传导发射

按照GB/T 18655中6.3或6.4的方法进行试验，系统应符合GB/T 18655中表6或表7的等级3的要求。

6.6.4.2 辐射发射

按照GB/T 18655中6.5或6.6的方法进行试验，系统应符合GB/T 18655中表8或表9的等级3的要求。

6.6.5 对由传导和耦合引起的电骚扰抗扰

6.6.5.1 沿电源线的电瞬态传导抗扰度

按照GB/T 21437.2中第4章规定的方法进行试验，试验脉冲按照GB/T 21437.2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。

6.6.5.2 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/ T21437.3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/ T21437.3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。

$$P_S = \frac{N_a}{N_m} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_S ——启停控制有效率；

N_a ——启动和停止两种作业状态的切换总次数；

N_m ——执行装置工作状态实际改变总次数。

7.2 栽植间距控制误差测试方法

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

系统接通电源，装入移栽种苗，按梯度依次调节目标栽植间距，连续承接 t 时长栽植的种苗，测量种苗的实际数量 $q_1 \cdots q_i \cdots q_5$ ，系统栽植间距调节误差按照式（2）计算。

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

$$Q_i = 100vt/X_i$$

式中：

P_m ——栽植间距控制误差，单位为厘米（cm）；

X_i ——目标栽植间距，单位为厘米（cm）；

Q_i ——目标栽植间距 X_i 对应栽植种苗的理论数量，单位为株；

q_i ——目标栽植间距 X_i 对应栽植种苗的实际数量，单位为株；

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株种苗所需时间。

7.3 栽植质量测试方法

按照JB/T 10291中5.2和第6章规定的方法和试验条件进行栽植试验和试验结果计算与评价。

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GB/T 39517.1中3.2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GB/T 39517.1中4.5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 电气性能试验参数

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%	