

# 团 体 标 准

T/CAAMM xxx—20xx

## 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

(征求意见稿)

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 设计原则.....3

5 基本功能.....4

6 技术要求.....5

7 试验规范.....7

8 试验方法.....7

9 标志与标识.....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》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，张龙，侯一博、陈卓、祝晓武、李慧文。

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、设计原则、基本功能、技术要求、试验规范、试验方法和标志与标识。

本文件适用于大田电驱动栽植机控制系统的设计、检测、试验等。

## 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 2900.101 电工术语 风险评估

GB/T 18488.1 电动汽车用驱动电机系统

GB/T 19596 电动汽车术语

## 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

利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

**电驱控制系统** Electric drive control system

以电能为主要动力源，用于控制电力驱动部件（如电机、驱动器等）运行的系统，通过接收传感器信息、用户输入或预设程序，实现栽植机的行进、作业速度、作业深度等参数的精确控制。

### 3.3

**自主行走能力** The ability to walk independently

指电驱动栽植机能够在无人操作或仅通过预设程序控制的情况下，根据环境感知和导航技术，自主完成行走路径规划、行进和停止的能力。

### 3.4

### **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动部件，包括但不限于电机、驱动器、电池等。

#### **3.5**

### **行进参数 Marching parameters**

电驱动栽植机在作业过程中，与行进相关的参数，如行进速度、行进方向、行进路径等。

#### **3.6**

### **作业参数 Parameters of operation**

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

#### **3.7**

### **驱动电机 Drive motor**

将电能转换为机械能的装置，用于驱动栽植机的行走和工作部件。

#### **3.8**

### **驱动电机控制器 Drive motor controller**

控制动力电源与驱动电机之间能量传输的装置

#### **3.9**

### **额定电压 Rated voltage**

直流母线的标称电压值。

#### **3.10**

### **电压调节器 Voltage regulator**

用于稳定和调节电动机输入电压的装置，以确保电动机正常工作。

#### **3.11**

### **额定负载 Rated load**

在保证正常工作性能的条件下，栽植机控制系统所能达到的长时间连续运行的最大负载能力。包括行驶机构额定负载和转向机构额定负载。

#### **3.12**

### **额定速度 Rated speed**

在额定负载下，栽植机控制系统所能达到的长时间连续运行的最大速度。

## 4 设计原则

### 4.1 安全性原则

4.1.1 电驱控制系统应设计有完善的安全保护功能，包括过流、过压、欠压、过热等保护机制，确保在异常情况下能够及时切断电源，防止大田电驱动栽植机损坏或人员伤害。

4.1.2 电驱控制系统应设计有紧急停机按钮，以便在紧急情况下快速切断电源，确保安全。

### 4.2 可靠性原则

4.2.1 电驱控制系统硬件应选用高质量、高可靠性电力驱动部件、驱动电机和驱动电机控制器等电子元器件，确保系统的稳定运行。

4.2.2 电驱控制系统应设计有冗余结构和容错机制，以提高电驱控制系统的容错能力和可靠性。

4.2.3 电驱控制系统应具有良好的环境适应性，能够在不同的温度、湿度、振动等环境下保持行进参数、作业参数等满足正常工作要求。

### 4.3 高效性原则

4.3.1 电驱控制系统应设计有合理的控制策略，确保大田电驱动栽植机在作业过程中能够高效、稳定地运行。

4.3.2 电驱控制系统应具有良好的响应速度和调节精度，以满足不同行进参数和作业参数需求。

### 4.4 易用性原则

4.4.1 电驱控制系统应设计有直观、易懂的用户界面，方便用户进行操作和监控。

4.4.2 电驱控制系统应提供完善的故障诊断和提示功能，帮助用户快速确定和解决大田电驱动栽植机发生故障的问题。

### 4.5 智能化原则

4.5.1 电驱控制系统应集成先进的传感系统和数据处理技术，实现对行进参数和作业参数的实时监测和数据分析。

4.5.2 电驱控制系统应支持远程监控和遥控操作，保证大田电驱动栽植机的作业效率和便利性。

### 4.6 环保性原则

4.6.1 电驱控制系统应选用环保、低能耗的电力驱动部件、驱动电机和驱动电机控制器等电子元器件，减少能源消耗和环境污染。

4.6.2 电驱控制系统应设计有节能控制策略，降低大田电驱动栽植机在待机和空载状态下的能耗。

## 4.7 模块化设计原则

4.7.1 电驱控制系统应采用模块化设计，将不同功能划分为独立的模块，便于维修、更换和升级。

4.7.2 电驱控制系统的模块之间应设计有标准的接口和通信协议，确保模块之间的兼容性和通信稳定性。

## 5 基本功能

### 5.1 驱动控制

5.1.1 电驱控制系统应实现电驱动栽植机的行驶控制，包括前进、后退和转向等。

5.1.2 速度控制应支持精确的速度调节功能，确保大田电驱动栽植机能够在不同作业环境和地形条件下稳定运行。

5.1.3 转向控制应支持自动和手动转向功能，能够根据作业需要对大田电驱动栽植机进行灵活调整。

5.1.4 驱动电机控制器应和驱动电机配套装配，且能够满足电驱控制系统的控制要求。

5.1.4 大田电驱动栽植机控制系统在自动模式下，实际速度与额定速度值差别应不超过 5%。

### 5.2 栽植控制

5.2.1 大田电驱动栽植机的自动栽植模式应具备自主行走能力，可以根据预设的栽植间距和深度，实现自动栽植作业。

5.2.2 大田电驱动栽植机的手动栽植应满足在需要手动作业时允许操作员对大田电驱动栽植机进行手动干预和调整。

5.2.3 栽植深度控制应确保每次栽植的深度误差在不同作物的农艺要求内，且适应大田电驱动栽植机可栽植的不同作物的农艺需求。

### 5.3 传感器集成

5.3.1 位置传感器应实现精确定位大田电驱动栽植机的位置，支持导航和自动行驶信号采集需要。

5.3.2 速度传感器应实时监测大田电驱动栽植机的行进参数，确保速度控制的精度。

5.3.3 作业状态传感器应监测栽植机的作业参数，如栽植嘴的工作状态、栽植器的填充情况等。

5.3.4 大田电驱动栽植机自动栽植模式的自主行走能力应能结合传感器进行障碍物识别、并做出避障或急停动作。

### 5.4 数据处理和显示

5.4.1 电驱控制系统应实时显示大田电驱动栽植机的工作状态、位置、速度等信息。

5.4.2 电驱控制系统应记录和存储大田电驱动栽植机作业数据，如作业面积、作业作物和作业时间等，便于后续分析和管理。

5.4.3 电驱控制系统应设置有数据接口，且支持与外部设备或系统的数据交换，便于数据导入导出和远程监控。



## 5.5 安全功能

- 5.5.1 故障报警分类应包含控制系统应设有短路、接地故障、过载、参数越限等。
- 5.5.2 电驱控制系统应设置报警电铃，以发出声音报警，或通过显示功能，显示报警消息。
- 5.5.3 大田电驱动栽植机应具备紧急停止功能，确保在紧急情况下能够迅速停止运行。
- 5.5.4 大田电驱动栽植机应该配备障碍物检测传感器，防止碰撞和损坏。

## 5.6 用户界面

- 5.6.1 大田电驱动栽植机应设置有操作面板，且具有直观的操作界面，便于操作员进行控制和设置。
- 5.6.2 大田电驱动栽植机应支持远程控制功能，可通过无线通信设备实现远程操作和监控。

## 6 技术要求

### 6.1 一般要求

- 6.1.1 大田电驱动栽植机电驱控制系统的直流电源额定电压应使用 12V(范围 9~16V)或 24V(18~32V)中选择，并具备安全保护装置。
- 6.1.2 大田电驱动栽植机的电驱控制系统安装应避免改变大田电驱动栽植机原本机身的电气结构，确保不会电驱控制系统安装产生新的安全隐患。
- 6.1.3 大田电驱动栽植机正常工作的工作环境温度范围为-15℃~45℃，特殊要求除外。
- 6.1.4 大田电驱动栽植机正常工作的相对湿度范围为 20%~95%，特殊农艺作物的大田电驱动栽植机要求除外。
- 6.1.5 大田电驱动栽植机的电驱控制系统设计和结构应保证大田电驱动栽植机在作业时不引起任何危险
- 6.1.6 大田电驱动栽植机的电驱控制系统元器件的选用应符合设计要求，且应使用标准的元器件，并应符合其对应的产品标准的规定，元器件应按其说明书规定的使用条件进行安装。
- 6.1.7 电驱控制系统中的按键应灵活可靠，无卡死或接触不良现象，按键与各部件之间应紧固无松动。

### 6.2 可靠性要求

- 6.2.1 大田电驱动栽植机的电驱控制系统应适应大田电驱动栽植机的作业技术条件。
- 6.2.2 大田电驱动栽植机的电驱控制系统应与大田电驱动栽植机的环境适应性保持一致。
- 6.2.3 大田电驱动栽植机的电驱控制系统应具有耐振动冲击能力、耐久性和整体稳定性。

### 6.3 功能要求

- 6.3.1 大田电驱动栽植机的电驱控制系统信息存储的数据元的格式应符合 GB/T 39909 的规定。
- 6.3.2 大田电驱动栽植机的电驱控制系统通信模块的车载电脑应支持移动通信网络、WiFi 等至少一种无线通信网络。

6.3.2 大田电驱动栽植机的电驱控制系统应能在显示屏上清晰显示和切换能人机交互各项内容。

6.4 电气性能要求

各模块中带电电路之间以及带电部件与导电部件或接地部件之间的电气间隙和爬电距离，应符合 GB 4943.1-2022 的要求。

6.5 性能要求

以大田电驱动栽植机的额定功率将大田电驱动栽植机的控制系统分为 3 类，分别为小型大田电驱动栽植机的控制系统；中型大田电驱动栽植机的控制系统；大型大田电驱动栽植机的控制系统。

6.5.1 小型大田电驱动栽植机的控制系统性能要求应符合表 1 规定。

表 1 小型大田电驱动栽植机的控制系统性能要求

序号	关键项目	指标范围
1	大田电驱动栽植机额定功率	≤20kW
2	地轮滑转率控制精度	≥92%
3	栽植器旋转轴转速监测精度	≥95%
4	栽植数量控制精度	≥95%
5	栽深控制精度	≥90%
6	覆土力控制精度	≥90%
7	连续作业时间	≥6h

6.5.2 中型大田电驱动栽植机的控制系统性能要求应符合表 2 规定。

表 2 中型大田电驱动栽植机的控制系统性能要求

序号	关键项目	指标范围
1	大田电驱动栽植机额定功率	20kW~100kW
2	地轮滑转率控制精度	≥95%
3	栽植器旋转轴转速监测精度	≥98%
4	栽植数量控制精度	≥95%
5	栽深控制精度	≥93%
6	覆土力控制精度	≥92%
7	连续作业时间	≥6h

6.5.3 大型大田电驱动栽植机的控制系统性能要求应符合表 2 规定。

表 3 大型大田电驱动栽植机的控制系统性能要求

序号	关键项目	指标范围
----	------	------

1	大田电驱动栽植机额定功率	$\geq 100\text{kW}$
2	地轮滑转率控制精度	$\geq 95\%$
3	栽植器旋转轴转速监测精度	$\geq 98\%$
4	栽植数量控制精度	$\geq 95\%$
5	栽深控制精度	$\geq 95\%$
6	覆土力控制精度	$\geq 94\%$
7	连续作业时间	$\geq 7\text{h}$

## 7 试验规范

### 7.1 试验条件

7.1.1 3类大田电驱动栽植机的控制系统田间试验应符合 GB/T 5262 和 GB/T 6973 规定的试验条件。

7.1.2 小型大田电驱动栽植机的控制系统试验场地宽度不小于 50m，长度不小于 100m；中型大田电驱动栽植机的控制系统试验场地宽度不小于 80m，长度不小于 150m；大型大田电驱动栽植机的控制系统试验场地宽度不小于 100m，长度不小于 200m。

7.1.3 3类大田电驱动栽植机的控制系统试验场地周围环视高度角 20° 以上无障碍物。

### 7.2 试验指标

3类大田电驱动栽植机的控制系统试验指标包括地轮滑转率控制精度、栽植器旋转轴转速监测精度、栽植数量控制精度、栽深控制精度、覆土力控制精度、连续作业时间。

## 8 试验方法

### 8.1 地轮滑转率控制精度要求

8.1.1 3类大田电驱动栽植机的控制系统应确保地轮滑转率的精确控制，以保证作业机具在不同地形下稳定运行。

8.1.2 应使用标准化的滚动试验台和地轮滑转率测量设备对 3类大田电驱动栽植机的控制系统进行试验。

8.1.3 测试方法及步骤：

- 1) 将电驱动控制系统连接到滚动试验台，设定不同的速度和负载条件。
- 2) 使用传感器实时监测地轮的滑转率。
- 3) 记录控制系统设置的目标滑转率和实际测量值。

8.1.4 按照计算公式（1）计算滑转率控制精度（P）的百分比偏差，样本数量应大于 5，计算结果取平均值。

$$P = \left| \frac{R_1 - R_2}{R_2} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$R_1$ ——实际测量的地轮滑转率；

$R_2$ ——控制系统设定的目标滑转率；

$P$ ——滑转率控制精度测量值。

## 8.2 栽植器旋转轴转速监测精度要求

8.2.1 3 类大田电驱动栽植机的控制系统应确保栽植器旋转轴的转速监测精度，以精确控制种植作业。

8.2.2 应使用高精度的转速传感器和转速监测系统对 3 类大田电驱动栽植机的控制系统进行试验。

8.2.3 测试方法及步骤：

1) 将转速传感器安装在栽植器旋转轴上，与电驱动控制系统连接。

2) 进行 3 组以上不同转速的实验，记录传感器测量的实际转速和控制系统显示的转速。

8.2.4 按照计算公式（2）计算转速监测精度（ $S$ ）的百分比偏差，每组样本数量应大于 5，计算结果取平均值。

$$S = \left| \frac{N_1 - N_2}{N_2} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$N_1$ ——实际测量的栽植器旋转轴转速；

$N_2$ ——控制系统设定的目标转速；

$S$ ：——转速监测精度测量值。

## 8.3 栽植数量控制精度要求

8.3.1 3 类大田电驱动栽植机的控制系统应能精确控制每单位面积或距离内的栽植数量。

试验方法：

8.3.2 应在标准化的种植区域内设置测试场地对 3 类大田电驱动栽植机的控制系统进行试验。

8.3.3 测试方法及步骤：

1) 进行多次栽植操作，记录每次栽植的实际数量。

2) 根据设定的栽植密度或面积，计算理论上应栽植的数量。

3) 比较实际栽植数量和理论数量，计算偏差。

8.3.4 按照计算公式（3） 计算栽植数量控制精度（ $Q$ ）的百分比偏差，每组样本数量应大于 5，计算结果取平均值。

$$Q = \left| \frac{X_1 - X_2}{X_2} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$X_1$ ——实际栽植的数量；

$X_2$ ——是根据设定参数计算的理论栽植数量；

$Q$ ——栽植数量控制精度测量值。

## 8.4 栽深控制精度要求

- 8.4.1 3 类大田电驱动栽植机的控制系统应确保栽深的精确控制，以适应不同作物的种植要求。
- 8.4.2 应使用深度传感器或测量装置，与控制系统连接对 3 类大田电驱动栽植机的控制系统进行试验。
- 8.4.3 测试方法及步骤：
  - 1) 设定不同的栽深参数，进行多次栽植操作。
  - 2) 实时监测和记录每次栽植的实际栽深。
- 8.4.5 按照计算公式（4）计算栽深控制精度（D）的百分比偏差，每组样本数量应大于 5，计算结果取平均值。

$$E = \left| \frac{D_1 - D_2}{D_2} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- D<sub>1</sub>——实际测量的栽深；
- D<sub>2</sub>——控制系统设定的目标栽深；
- D——栽深控制精度测量值。

8.5 覆土力控制精度要求

- 8.5.1 性能要求： 控制系统应确保覆土力的精确控制，以保证钵苗的适当压实。
- 8.5.2 设备准备： 使用压力传感器和控制系统连接。
- 8.5.3 测试方法及步骤：
  - 1) 在标准化的试验场地上进行多组覆土实验，记录每次实验的覆土力。
  - 2) 比较实测覆土力和控制系统设定的目标覆土力。
- 8.5.4 按照计算公式（5）计算覆土力控制精度（F）的百分比偏差，每组样本数量应大于 5，计算结果取平均值。

$$F = \left| \frac{L_1 - L_2}{L_2} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- L<sub>1</sub>——实际测量的覆土力；
- L<sub>2</sub>——控制系统设定的目标覆土力；
- F——覆土力控制精度测量值。

8.6 连续作业时间

- 试验方法及步骤：
- 1) 确保电池组已充分充电，并确认机器各部件处于正常工作状态。
  - 2) 将大田电驱动栽植机置于能够进行额定负载作业的模拟场地。
  - 3) 将大田电驱动栽植机设置为标准作业模式，包括额定速度、电驱控制系统在电压调节器调至额定电压。
  - 4) 让大田电驱动栽植机在额定负载下连续运行。
  - 5) 每隔固定时间间隔（例如每 10 分钟）测量一次大田电驱动栽植机各部件的温度，特别是驱动电机、

驱动电机控制器、电压调节器和电池组的温度，记录温度数据，并观察是否存在过热或异常情况。

6) 当机器因电量不足或其他原因无法继续工作时，记录停止时间，此时间为连续作业时间，测试的样本数量应大于 5，计算结果取平均值。

## 9 标志与标识

### 9.1 引出线和接线端

驱动电机系统各外部可见的动力线或接线端应有明显的标志，标志应符合 GB/T1971 的规定，电缆和线束的外皮应符合 GB18384 的规定；动电机系统直流母线接口正、负两极，分别用“+”、“-”标识，驱动电机控制器与驱动电机各相对应的动力线或动力接线端，应与驱动电机各相动力线或接线端的标志一致。

### 9.2 驱动电机铭牌

驱动电机铭牌应包括如下信息：

- 1) 制造厂名；
- 2) 型号、编号、名称；
- 3) 主要参数：工作电压范围、持续功率、峰值扭矩及持续时间、峰值功率及持续时间、最高工作转速、绝缘等级、防护等级。

### 9.3 驱动电机控制器铭牌

驱动电机控制器铭牌宜包括如下信息：

- 1) 制造厂名；
- 2) 型号、编号、名称；
- 3) 主要参数：工作电压范围、防护等级。

### 9.4 危险警告

直流母线电压为 B 级电压的驱动电机系统宜在部件的醒目位置按 GB18384 的规定设置高压警告标识。