

ICS 65.060.01

CCS B 90

# 团 体 标 准

T/GAMA 62—2022

## 喷杆喷雾机精准喷雾控制系统技术规范

Technical specifications for precision spray control system of boom sprayer

2022 - 11 - 23 发布

2022 - 12 - 01 实施

中国农业机械化协会 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
5.1 自检.....	2
5.2 精准喷雾控制.....	2
5.3 参数设置.....	2
5.4 数据存储.....	2
5.5 校准.....	2
5.6 光靶辅助导航.....	2
5.7 报警.....	2
5.8 快速关断.....	3
5.9 安全泄压.....	3
5.10 固件升级.....	3
6 性能要求.....	3
6.1 主要作业性能.....	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.....	3
6.6 防护等级.....	4
6.7 电磁兼容性.....	4
7 试验方法.....	5
7.1 喷量控制精度.....	5
7.2 快速关断时间.....	6
7.3 光靶辅助导航定位误差.....	6
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.....	7

## 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、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、石河子大学、棉花生产技术现代化省部共建协同创新中心、吉林大学、北京市农业机械试验鉴定推广站、宁波市力成农用喷雾技术有限公司、邯郸市圣鼎植保机械制造有限公司、农芯科技(北京)有限责任公司、农业农村部南京农业机械化研究所、北京派得伟业科技发展有限公司、上海联适导航技术股份有限公司。

本文件主要起草人：孟志军、秦五昌、朱礼好、罗长海、吴紫晗、牛文祥、戚江涛、彭慧杰、张英娇、付卫强、庄健、梅鹤波、徐岚俊、赵界栋、胡礼杰、郭树霞、刘婵韬、马飞、丁艳、裴浩男、赵佳乐、张光强、孙梦遥、李小龙、徐纪洋、尚业华、张霆、隋士国、肖跃进、王瑞娜、杨长江。

本文件是首次制定。

# 喷杆喷雾机精准喷雾控制系统技术规范

## 1 范围

本标准规定了喷杆喷雾机喷雾控制系统的术语和定义、技术要求、检测方法。  
本标准适用于喷杆喷雾机精准喷雾控制系统（以下简称系统）的设计、研发、生产和试验。

## 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 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 18676 植物保护机械 喷雾机（器）喷头 标识用颜色编码  
 GB/T 20084—2006 植物保护机械 词汇  
 GB/T 20183.3—2006 植物保护机械 喷雾设备 第3部分：农业液力喷雾机每公顷施液量调节系统试验方法  
 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：对耦合到非电源线的电瞬态的抗扰性  
 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 650—2002 喷雾机(器)作业质量  
 NY/T 1925—2010 在用喷杆喷雾机质量评价技术规范

## 3 术语和定义

GB/T 20084—2006、NY/T 1925—2010与NY/T 650—2002确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**喷杆喷雾机精准喷雾控制系统** precision spray control system of boom sprayer

自动采集、分析喷杆喷雾机作业速度、喷雾压力、施液量等作业信息，并通过电动调压阀控制喷雾压力，实现喷杆喷雾机按照指定的每公顷施液量的喷雾自动控制装备。

### 3.2

**电动调压阀** electric pressure regulator

系统的压力控制部件，通过对电动调压阀的控制可以在一定范围内调节喷雾的压力。

## 3.3

**电动快速截流阀** electric quick-acting shut-off valve

喷雾的总开关部件，通过电动快速截流阀的控制可以实现喷雾快速的启动与停止。

## 3.4

**公顷喷量** spray volume per hectare

每公顷面积的施液量。

## 3.5

**快速关断时间** time of quickly turn off

通过电动快速截流阀的控制实现喷头在工作压力范围内从喷雾状态到关闭状态的时间。

## 4 系统组成

系统由电动调压阀、电动快速截流阀、空气室、安全阀、压力传感器、流量传感器、卫星定位接收器、控制器、显示装置等组成。

## 5 功能要求

## 5.1 自检

系统应具有自检功能，通过显示单元明确表示系统各部件当前的工作状态，包括卫星定位接收器、压力传感器、流量传感器、电动调压阀、电动快速截流阀等。出现故障时，通过显示单元显示故障类型等信息。

## 5.2 精准喷雾控制

系统应具有手动与自动两种喷雾控制模式：

——自动控制模式下，系统根据公顷喷量与速度信息自动控制施液量；

——手动控制模式下，允许用户以手动方式调整系统喷雾压力。

## 5.3 参数设置

系统应具有设置的功能，且设置的参数至少应包括以下参数：

——喷头型号，应符合 GB/T 18676 的要求；

——公顷喷量；

——幅宽；

——安全压力。

## 5.4 数据存储

系统设置、校准的参数应保存在控制器或显示装置中。

## 5.5 校准

系统应具有对以下传感器校准的功能：

——应能够对压力传感器进行校准，以保证压力参数的准确性；

——应能够对流量传感器进行校准，以保证流量参数的准确性。

## 5.6 光靶辅助导航

系统应具有光靶辅助导航的功能，可以实时显示接行误差。

## 5.7 报警

系统应具有报警的功能，通过显示装置显示相应报警信息。应包括以下报警功能：

——超压报警：当压力超过安全压力时需要进行报警；

- 电动调压阀极限开度：当电动调压阀开度达到最大/最小时，应提示用户当前系统工况不能满足施液量要求；
- 喷头堵塞报警：当喷头整体的流量小于标准喷头流量的一定数值时（校正之后，按照校正之后的参数进行计算，自动校正除外），应进行喷头堵塞报警；
- 喷头磨损报警：当喷头整体的流量大于标准喷头流量的一定数值时（校正之后，按照校正之后的参数进行计算，自动校正除外），应进行喷头磨损报警。

## 5.8 快速关断

系统应具有快速关断喷雾的功能。

## 5.9 安全泄压

系统应具有安全泄压的功能，且泄压压力可进行调整。

## 5.10 固件升级

系统应能够对固件进行升级。

# 6 性能要求

## 6.1 主要作业性能

### 6.1.1 公顷喷量控制精度

系统的公顷喷量控制误差 $\leq 5\%$ ，变异系数 $\leq 10\%$ 。

### 6.1.2 快速关断时间

喷雾的快速关断时间应小于2.5s。

### 6.1.3 光靶辅助导航定位误差

光靶辅助导航的定位误差应在 $\pm 30\text{cm}$ 内。

## 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 <sup>2</sup>	
	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 <sup>2</sup>	
	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:

- 系统的外壳、接线端子应采取必要的防水、防尘措施, 安装在驾驶室内部件的防护等级至少符合 GB 4208—2017 中 IP54 的要求;
- 安装在驾驶室外部件的防护等级应至少符合 GB 4208—2017 中 IP65 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 公顷喷量控制精度

#### 7.1.1 试验条件

7.1.1.1 试验条件应符合GB/T 20183.3—2006中4.1和4.2的要求。

7.1.1.2 试验用流量传感器精密度应符合 $\pm 0.2\%FS$ ，压力传感器精密度应符合 $\pm 0.2\%FS$ ，秒表精密度应符合 $\pm 0.1s$ ；尺精密度应符合 $\pm 1mm$ 。

#### 7.1.2 试验规程

在电动调压阀与喷头输液管中间串接一个流量传感器，在喷雾机作业时每秒同时记录流量传感器的流量值  $v_i$ ，使用秒表记录喷雾机每行驶 50 米的时间  $t_i$ 。按照以下要求分别进行试验：

- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 4.2.2 规定的条件，喷雾机定速作业 100 米；
- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 5.1.2 规定的条件，喷雾机定速作业 100 米；
- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 5.1.3 规定的条件，喷雾机定速作业 100 米；
- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 4.2.2 规定的条件，喷雾机定速作业 50 米，PTO 转速由 400r/min 升至 500r/min 后作业 50 米；
- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 4.2.2 规定的条件，喷雾机定速作业 50 米，PTO 转速由 400r/min 降至 300r/min 后作业 50 米；
- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 4.2.2 规定的条件，喷雾机定速作业 50 米，速度由 2m/s 变为 1.5m/s 后作业 50 米；
- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 4.2.2 规定的条件，喷雾机定速作业 50 米，速度由 2m/s 变为 2.5m/s 后作业 50 米；
- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 4.2.2 规定的条件，喷雾机定速作业 50 米，速度由 2m/s 变为 2.5m/s 后作业 50 米；
- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 4.2.2 规定的条件，喷雾机定速作业 50 米，公顷喷量由 300L/ha 变为 400L/ha 后作业 50 米；
- 按照 GB/T 20183.3—2006 中 4.2.2 规定的条件，喷雾机定速作业 50 米，公顷喷量由 300L/ha 变为 200L/ha 后作业 50 米。

#### 7.1.3 计算结果

7.1.3.1 公顷喷量控制误差按照公式 (1) 计算，取所有试验的控制误差平均值作为系统的控制误差。

$$P_i = \left(1 - \frac{V}{100S_W Q}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$P_i$ ——系统控制误差；

$V$ ——每种试验总施液量，单位升 (L) 或千克 (kg)；

$S_W$ ——幅宽，单位为米 (m)；

$Q$ ——系统预设公顷喷量，单位为升每公顷 (L/ha) 或千克每公顷 (kg/ha)。

7.1.3.2 以变异系数进行动态作业评价，实时公顷喷量  $Q_i$  (即作业每秒的施液量，单位 L/ha 或 kg/ha) 按照公式 (2) 计算：

$$Q_i = \frac{v_i - v_{i-1}}{50S_W/t} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$v_i$ ——每种试验随时间*i*变化的累计施液量, 单位升 (L) 或千克 (kg);

$t$ ——作业50米时间, 单位秒 (s);

则每次实验的变异系数  $c_v$  计算如下, 取所有试验的变异系数平均值作为系统的变异系数。按照公式 (3) 计算:

$$c_v = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 / (N-1)}}{\bar{Q}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\bar{Q}$ ——每种试验实时喷量的平均值;

$N$ ——作业时长。

## 7.2 快速关断时间

通过触控开关或显示装置关闭喷雾, 记录触控开关或显示装置至喷头停止喷雾的时间, 测定3次取平均值。

## 7.3 光靶辅助导航定位误差

在喷杆喷雾机上安装高精度测量型卫星接收机, 该卫星接收机的安装位置位于该喷杆喷雾机的横向中心线上。在光靶辅助导航工作过程中, 利用该卫星接收机记录光靶辅助导航工作的A点坐标和B点坐标, 以A-B线为基准线, 按照不小于100m长的直线路径, 在速度3km/h~5km/h下按照设定衔接行距离行驶。在喷杆喷雾机行驶过程中, 用高精度测量型卫星接收机记录位置数据作为实际行驶轨迹, 每次取10个点记录坐标与光靶辅助导航显示误差。按照公式 (4) 计算光靶辅助导航定位误差:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(D_i - d_i)^2}{(N-1)}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$S$ ——光靶辅助导航定位误差, 单位为厘米 (cm);

$D_i$ ——轨迹点到A-B线的距离, 单位为厘米 (cm);

$d_i$ ——轨迹点对应的光靶辅助导航显示的误差, 单位为厘米 (cm);

$N$ ——所取的轨迹点数量。

## 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%	