

团 体 标 准

T/NJ 1240—2022/T/CAAMM 158—2022

航空施药飞机 施药量控制系统

Aerial spraying aircraft — Spraying control system

2022-04-26 发布

2022-07-26 实施

中国农业机械学会 发布
中国农业机械工业协会

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学会和中国农业机械工业协会联合提出。

本文件由全国农业机械标准化技术委员会（SAC/TC 201）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、北京市农林科学院信息技术研究中心、农芯科技（北京）有限责任公司、北大荒通用航空有限公司、山东瑞达有害生物防控有限公司、中农智控（北京）技术股份有限公司。

本标准主要起草人：赵春江、陈立平、张瑞瑞、徐刚、伊铜川、丁晨琛、张林焕、王维佳、李龙龙、唐青、张伟巍、谢春春、夏浪、邓巍、陈梅香、吴明齐。

航空施药飞机 施药量控制系统

1 范围

本文件规定了航空施药飞机施药量控制系统的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于农林业有人驾驶航空施药飞机的施药量控制系统（以下简称“控制系统”）。

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 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 15478 压力传感器性能试验方法
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗干扰度试验
- GB 19517 国家电气设备安全技术规范
- GB/T 29299 半导体激光测距仪通用技术条件
- MH/T 1002.1 农业航空作业质量技术指标 第1部分：喷洒作业
- MH/T 1026 飞机施用农药规范
- MH/T 1031 农用飞机喷洒设备性能检测规范
- HB 6167.6 民用飞机机载设备环境条件和试验方法 振动试验
- HB 20100 航空锂离子蓄电池组通用规范
- JJG 1037 涡轮流量计检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

人机交互接口 user interface

用于设定喷头类型、喷洒幅宽、预设喷施率等参数，并显示喷洒幅宽、实际喷施率、喷洒流量、喷洒压力、喷洒高度和飞机地速等参数。

3.2

喷洒幅宽 spray swath width

飞机在特定高度匀速作业时，沉积药液的喷施率满足施药要求的相邻航线间距。

注：单位为米（m）

3.3

喷施率 application rate

施药区域单位面积施药量。

[来源：MH/T 1002.1—2016，定义3.4，有修改]

注：单位为升每公顷（L/hm²）

3.4

飞机地速 ground speed

飞机相对于地球表面的运动速度。

注：单位为米每秒（m/s）

3.5

回流管路 bypass line

与药箱相连，当流量阀调节主施药管道流量时，将主施药管道的多余流量分流到药箱。

3.6

过滤器 filter

安装在主施药管道上，用于过滤药液中的非药液物质。

3.7

喷洒高度 spray height

飞机距离施药作物冠层的高度。

注：单位为米（m）

3.8

喷洒压力 spray pressure

施药管路内药液压力。

注：单位为兆帕（MPa）

3.9

喷洒流量 flowrate

主施药管道药液流量。

注：单位为升每分（L/min）

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 气候环境适应性

控制系统储存温度范围为-20℃~55℃，工作温度范围为0℃~55℃。

4.1.2 机械环境适应性

控制系统的机载设备在三个正交轴向满足随机振动试验要求，振动频率0 Hz~200 Hz，振动时间24 h。

4.1.3 耐化学腐蚀性

控制系统中与原药或农药稀释液直接接触的零部件耐腐蚀性应符合MH/T 1031的规定。

4.1.4 防水性

控制系统的接线端子应具有防水措施，电源、信号接线端子应分开设置，设备防水等级应符合GB/T 4208中IP65的规定。

4.1.5 密封性

与药液接触组件应确保密封，在工作压力范围内无渗液。

4.1.6 静电放电抗扰性

控制系统接触放电 1 级试验后，功能和性能可恢复正常。

4.2 安全要求

控制系统应符合下列要求：

- GB 19517和MH/T 1049中喷施控制系统要求；
- 电气元器件、导线、外设部件安全应符合GB/T 5226.1的规定；
- 具有应急断电和防插反功能；
- 设备安装应采用专用支架与机体刚性固定连接，宜增加冗余固定机构，不影响飞机安全；
- 暴露在机体外部件应采用防松防脱方式固定；
- 系统部件及装置外壳、连接线应采用耐高温、阻燃材料。

4.3 硬件组件要求

4.3.1 控制系统

控制系统应包含传感器、控制器、流量阀、人机交互接口、电源及其他实现控制功能的组件。

4.3.2 传感器

传感器应包含流量传感器和压力传感器，可包含喷洒高度传感器，配备传感器的响应时间小于0.1 s。

4.3.3 控制器

控制器应包含数据处理模块、定位及测速模块、传感器信号读取与流量阀控制接口，可包含飞行姿态测量模块。

4.3.4 流量阀

流量阀应具备实时调节喷洒流量和分配回流管道流量比率的功能。

4.3.5 电源

控制系统应具备独立供电功能，不依赖飞机供电电路，不对飞机电路电子系统造成干扰。

如采用锂离子蓄电池作为电源，锂离子蓄电池应符合HB 20100的规定，电源持续工作时间大于24h。

4.3.6 其它组件

可包含过滤器、回流管路等。

4.4 功能要求

4.4.1 人机交互

人机交互应符合下列要求：

- 具备设置预定喷施率和有效喷洒幅宽的功能；
- 具备喷洒状态和故障报警功能；
- 宜具备显示实时喷施率、喷洒流量、喷洒压力、施药量、施药面积、喷洒高度、飞机地速、地速方向等数据的功能；
- 宜具备地图功能，显示规划航线和规划施药区域、已施药航线和已施药区域；
- 宜具备自动开启和停止施药的功能；
- 宜具备提示飞机驾驶员开启和停止施药的功能。

4.4.2 状态监测

状态监测应符合下列要求：

- 具备实时测量喷洒流量的功能，喷洒流量测量误差±2%；
- 具备实时测量喷洒压力的功能，喷洒压力测量误差±1%，测量范围0 MPa~0.6 MPa；
- 具备实时测量经度、纬度、飞机地速、地速方向等参数的功能，飞行过程中定位及测速模块的定位误差±5 m，速度测量误差±0.3 m/s，测量速度范围0 m/s~100 m/s；
- 喷洒流量、喷洒压力、飞机地速、地速方向、经纬度数据采集频率大于5 Hz。
- 宜具备实时测量喷洒高度的功能，1 m~10 m范围喷洒高度测量绝对误差±0.5 m；10 m~100 m范围高度测量相对误差±5%。

4.4.3 施药量控制

控制系统应具备根据飞机地速、喷洒幅宽和喷施率计算并自动调节喷洒流量的功能，喷洒流量按公式（1）计算获得：

$$Q=6 \times 10^{-3} \times S \times V \times W \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Q ——喷洒流量，单位为升每分（L/min）；
- S ——喷施率，单位为升每公顷（L/hm²）；
- V ——飞机地速，单位为米每秒（m/s）；
- W ——喷洒幅宽，单位为米（m）。

4.5 主要性能要求

在正常作业的情况下，控制系统性能应符合表 1 的规定。

表 1 航空施药施药量控制系统性能参数指标

序号	性能参数	指标要求
1	喷施率	误差±5%，适配范围 0.1 L/hm ² ~30 L/hm ²
2	喷洒流量	误差±5%，调节时间≤5 s
3	电源	续航时间≥24 h
4	适配管道孔径*	DN25、DN32、DN40、DN50
5	适配管道压力	0 MPa~0.6 MPa
* 可使用配套转接件		

4.6 可靠性

控制系统的平均故障间隔时间应不小于 800 h，设备的使用有效度应不小于 90%。

5 试验方法

- 5.1 气候环境适应性试验按附录 A 的规定进行。
- 5.2 机械环境适应性试验按 HB 6167.6 的规定进行。
- 5.3 耐化学腐蚀性试验按 MH/T 1031 的规定进行。
- 5.4 系统防水密封性试验按 GB/T 4208 的规定进行，检查试验后的通电各部位有无渗、漏液（含油、水等液体），各润滑油、脂密封腔内的油、脂有无可见的水珠或电烙铁探查应无爆裂声。
- 5.5 施药控制系统安装后，按 MH/T 1031 的规定进行漏液检测。
- 5.6 电气设备安全试验按 GB 19517 规定进行，其他安全要求采用目测、手感和/或常规测量器具进行检查。
- 5.7 控制系统电气设备静电放电抗扰度接触放电试验按 GB/T 17626.2 中不接地设备试验方法。
- 5.8 与制造厂技术文件（如：使用说明书、技术手册或制造厂声明文件）进行核对，检查控制系统是否具备制造厂声明的硬件组件及其规格参数符合性；用常规时间测量器具测定传感器响应时间；使用的锂离子蓄电池组要求按 HB 20100 的规定进行检查；核查控制系统是否使用独立供电。
- 5.9 按制造厂技术文件的规定，通过实际操作检查控制系统是否具备制造厂声明的 4.4 中规定的功能及其符合性。
- 5.10 按 JJG 1037 的规定测定流量传感器性能，确定喷洒流量测量误差；按 GB/T 15478 的规定测定压力传感器性能，确定喷洒压力测量误差和测量范围；控制系统定位、测速性能采用核对元器件的技术文件（包括检测报告）进行检查；数据采集频率通过定期采集数据记录数据数量核定；喷洒高度测量误差按 GB/T 29299 的规定进行测定。按 MH/T 1002.1 的规定测定喷施率误差。
- 5.11 喷洒流量调节时间按附录 B 进行检测。
- 5.12 电源续航时间通过地面静态观测、记录并累计时间测定；采用常规或专用测量器具测定适配管道孔径；采用误差±0.5%的压力计测定适配管道压力。
- 5.13 控制系统可靠性试验采用定时截尾法。试验样机不少于2套，每台样机的试验时间不少于800 h。按制造厂技术文件的规定安装、调试、操作和运行样机。试验期间发生故障时，应停止试验，查找故障部位，分析故障原因，排除故障后方可恢复试验；记录试验期间发生的故障、故障时间，并确定故障类别（致命故障、严重故障、一般故障、轻度故障）和故障模式；试验结束后，可对样机进行拆机检查，查清一切尚未记录的故障。按公式（2）计算平均故障间隔时间：

$$MTBF = \frac{\sum T_z}{r} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$MTBF$ ——平均故障间隔时间，单位为小时（h）；

T_z ——测试期间样机的无故障工作时间，单位为小时（h）；

r ——测试期间发生严重故障和一般故障累计次数（轻度故障除外，当 $r=0$ 时，按 1 计）。

按公式（3）计算有效度：

$$K = \frac{\sum T_z}{\sum T_g + \sum T_z} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

K ——有效度，%；

T_g ——可靠性考核期间的班次故障排除时间，单位为小时（h）。

凡在可靠性试验期间，样机发生致命故障（如：发生人身伤亡事故、因故障导致控制系统报废或经济损失重大），则直接判定可靠性不合格。

6 检验规则

6.1 出厂检验

6.1.1 每套控制系统应经制造厂质量检验部门检查合格,附有产品质量合格证后方准入成品库和出厂。合格证应至少包括企业信息、产品特征、技术参数和产品质量合格声明等内容。

6.1.2 每套控制系统出厂前应进行出厂检验,检验项目见表2,全部检验项目均应合格。出厂检验不合格的项目返修后应重新提交复检,复检仍不合格则判定该产品不合格。

6.2 型式检验

6.2.1 有以下情况之一时,需要进行型式检验:

- 新产品定型鉴定和老产品转厂生产;
- 正式生产后,结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能;
- 工装、模具的磨损可能影响产品性能;
- 长期停产后,恢复生产;
- 批量生产,周期性检验(一般每3年进行一次);
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异;
- 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求。

6.2.3 型式检验按表2规定。

6.2.3 采取随机抽样,在工厂抽样时,应在制造厂近一年内生产的合格产品中随机抽取,检查批量应不少于8台,在用户和经销部门抽样不受此限,抽取样本为2台。样机抽取封存后至检验工作结束期间,除按使用说明书规定进行保养和调整外,不应再进行其他调整、修理和更换。

6.2.4 型式检验项目分类见表2,按其对产品的影响程度,分为A、B两类。A类为对产品质量有重大影响的项目,B类为对产品质量有较大影响的项目。

表2 检验项目分类

项目分类		检验项目	对应条款	出厂检验	型式检验
类	项				
A	1	安全要求	4.2	√	√
	2	气候环境适应性	4.1.1	—	√
	3	机械环境适应性	4.1.2	—	√
	4	耐化学腐蚀性	4.1.3	—	√
	5	防水性	4.1.4	—	√
	6	密封性	4.1.5	√	√
	7	静电放电抗扰度	4.1.6	—	√
B	1	控制系统组件符合性	4.3.1	—	√
	2	传感器组件符合性	4.3.2	√	√
	3	控制器组件符合性	4.3.3	√	√
	4	流量阀符合性	4.3.4	√	√
	5	电源符合性	4.3.5	—	√
	6	其他组件符合性	4.3.6	—	√
	7	人机交互功能	4.4.1	√	√
	8	状态检测	4.4.2	√	√

表 2 检验项目分类 (续)

项目分类		检验项目	对应条款	出厂检验	型式检验
类	项				
B	9	施药量控制功能与喷洒流量	4.4.3	—	√
	10	喷施率误差与适配范围	表 1	—	√
	11	喷洒流量控制误差与调节时间	表 1	—	√
	12	电源续航时间	表 1	—	√
	13	适配管道孔径	表 1	√	√
	14	适配管道压力	表 1	—	√
	15	可靠性	4.6	—	√
	16	标牌、标志	7.1、7.2	√	√

注：“√”表示应检验项目，“—”表示不检验项目。

6.2.5 抽样判定方案按表 3 的规定进行。其中，接收质量限 AQL、接收数 Ac、拒收数 Re 均按计点法（即不合格项次数）计算。采用逐项考核，按类别判定的原则，若各类不合格项次小于或等于接收数 Ac 时，判定该产品合格；若不合格项次大于或等于该拒收数 Re 时，判定该产品不合格。

表 3 抽样判定方案

检验项目类别	A		B	
检验项目数	7		16	
样本量 n	2			
AQL	6.5		40	
Ac	0	1	2	3
Re				

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 每套控制系统外表面易见位置应安装牢固的产品标牌。标牌内容至少应包括：

- 企业名称和/或商标、地址；
- 产品名称与型号；
- 适配流量范围和流量调节精度；
- 适配压力范围；
- 供电电压和功率；
- 制造编号；
- 制造日期；
- 执行标准编号。

7.2 每套控制系统上明显位置应标注制造厂商标或标志。

7.3 控制系统出厂装运时，对附件、备件、随机工具及运输中必应拆下的零部件，应进行分类包装、标识，应保证控制系统（包括附件、备件和随机工具）在正常运输中不发生损坏和丢失。

7.4 出厂的每套产品应按照产品技术文件的规定配齐全套备件、附件、随机工具和运输箱，并提供下列文件：

- 使用说明书；
- 零件目录（或零件图册）；

- 合格证和保修单；
- 备件、附件和随机工具清单；
- 装箱单。

7.5 控制系统存放在室内时应保证干燥、通风和无腐蚀性的物品；露天存放应有防晒、防雨、防潮和防雪措施。在干燥、通风的贮存条件下，控制系统及其备件、附件和随机工具的防锈有效期为自出厂之日起 12 个月。控制系统应按 MH/T 1026 的规定进行维护保养。

附录 A
(规范性)
气候环境试验项目表

控制系统承受的气候环境适应性项目见表A.1，气候环境适应性参考GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.3执行。

表A.1 控制系统承受的气候环境适应性项目。

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	2 h	
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	2 h	
低温工作试验	温度	5℃	试验中标称电压通电，试验后检查功能。
	持续时间	16 h	
低温放置试验	温度	-33℃	试验中不通电，试验后检查功能。
	持续时间	2 h	
恒定湿热试验	温度	40℃±2℃	12 h 不通电，12 h 接通标称电压通电工作。
	持续时间	24 h	
	相对湿度	93±%RH	

附录 B
(规范性)
流量调节时间检测方法

B.1 控制系统安装方法

系统可在地面完成检测，搭建测试喷洒管路并将航空施药施药量控制系统、流量计、压力计接入喷洒管路，测试喷洒管路见图 B.1，亦可使用三通阀分配回流管道流量和主施药管道流量。设置给定流量，施药量控制系统自动调节管路流量，其中给定流量设定为最大流量的 10%、50%和 100%三组。

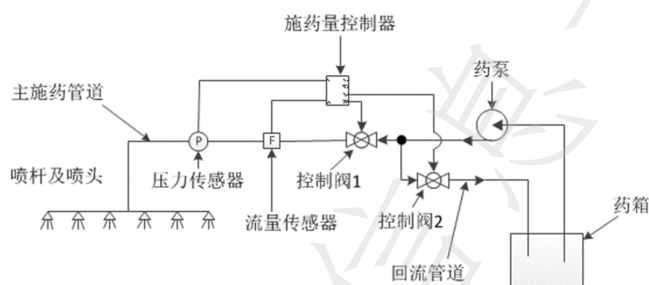


图 B.1 测试喷洒管路示意图

B.2 检测方法步骤

流量调节时间检测方法步骤如下：

- a) 阀门全开，回流管道关闭，开启药泵，持续 30 s 以上，直到管路内空气排净，关闭阀门，使药液全部经过回流管道回流；
- b) 将给定流量输入到控制器中，控制器开始调节阀门开度，向给定流量进行调节；
- c) 自给定控制器流量值开始，测量 30 s 实时流量数据，记入附表 B.1 中；
- d) 设置控制器，关闭阀门，使药液全部经过回流管道回流；
- e) 重复步骤 b) ~d)，同一给定流量下，至少重复三次；
- f) 改变给定流量，重复步骤 b) ~e)；
- g) 计算控制系统流量偏差率；
- h) 根据表格中数据，记录流量达到并保持在给定流量偏差率在 ±5% 误差带内所需的时间；

B.3 流量偏差率计算

流量偏差率是反应管道实际流量与给定流量值偏差情况，按公式 (B.1) 计算：

$$\delta_Q = \frac{Q_p - Q_r}{Q_p} \times 100 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

δ_Q ——流量偏差率，%；

Q_p ——给定流量，单位为升每分钟 (L/min)；

Q_r ——实际流量，单位为升每分钟 (L/min)。

表 B.1 实际流量记录表

最大流量_____ (L/min)

给定流量占最大流量比重	10%			50%			100%		
	测量次数								
时间 s	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

B.4 系统调节时间计算

系统第 1 次流量偏差率开始保持在 $\pm 5\%$ 误差带以内的调节时间为 t_1 ，第 n 次重复流量偏差率开始保持在 $\pm 5\%$ 误差带以内的调节时间为 t_n ，系统调节时间按公式 (B.2) 计算。

$$T = \max [t_1, \dots, t_n] \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

T ——系统调节时间，单位为秒（s）；

t_1 ——系统第1次调节时间，单位为秒（s）；

t_n ——系统第 n 次调节时间，单位为秒（s）。

中国农业机械学会
中国农业机械工业协会
团体标准
航空施药飞机 施药量控制系统
T/NJ 1240—2022/T/CAAMM 158—2022

*

中国农业机械学会发行
北京市德胜门外北沙滩一号
网址 www.agro-csam.org
发行中心：(010)64880302；(0379)62690126

*

2022年6月第一版 2022年6月第一次印刷

*

如有印装差错 由发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话：(010) 64882636