

ICS

B

备案号:

-NY

# 中华人民共和国农业行业标准

NY/T XXXX —XXXX

## 颗粒播撒无人飞机 质量评价技术规范

Technical specification of quality evaluation for particles broadcast sowing UAV

(征求意见稿)

本稿完成日期：2020年7月15日

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中华人民共和国农业农村部 发布

## 前 言

本标准按 GB /T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由农业农村部农业机械化管理司提出。

本标准由全国农业机械标准化技术委员会农业机械化分技术委员会（SAC/TC201/SC2）归口。

本标准起草单位：农业农村部南京农业机械化研究所、农业农村部农业机械试验鉴定总站。

本标准主要起草人：刘燕 张井超 于庆旭 陈彬 。

本标准为首次制定。

# 颗粒播撒无人飞机 质量评价技术规范

## 1 范围

本标准规定了颗粒播撒无人飞机的型号编制规则、基本要求、质量要求、检测方法和检验规则。本标准适用于颗粒播撒无人飞机（以下简称播撒机）的质量评定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡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 2828.11—2008 计数抽样检验程序 第 11 部分:小总体声称质量水平的评定程序
- 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 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
- GB/T 9480 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 使用说明书编写规则
- GB 10396 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 安全标志和危险图形 总则
- 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

## 3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **颗粒播撒无人飞机 particles broadcast sowing UAV**

具有颗粒状农业物料储存、排料和撒施功能的无人驾驶旋翼飞机，用于播撒颗粒肥、种子或农药等颗粒物料。

### 3.2

#### **空机质量 net weight**

不包含颗粒物料、燃料和地面设备的播撒机质量，包含物料箱、油箱或电池等固有装置质量。

### 3.3

#### **额定起飞质量 rated take-off weight**

播撒机能正常作业的最大质量，包含空机质量以及额定载荷、燃料质量。

### 3.4

#### **播撒密度 broadcast sowing density**

单位面积内实际撒落颗粒物料的数量（个/m<sup>2</sup>）或质量（g/m<sup>2</sup>）。

### 3.5

#### 播撒量 broadcast sowing rate

每公顷播撒颗粒物料的数量或质量。

### 3.6

#### 排料量 discharge rate

单位时间内实际排出颗粒物料的数量或质量。

### 3.7

#### 有效播幅 effective broadcast sowing width

播撒密度达到农艺要求的播撒宽度。

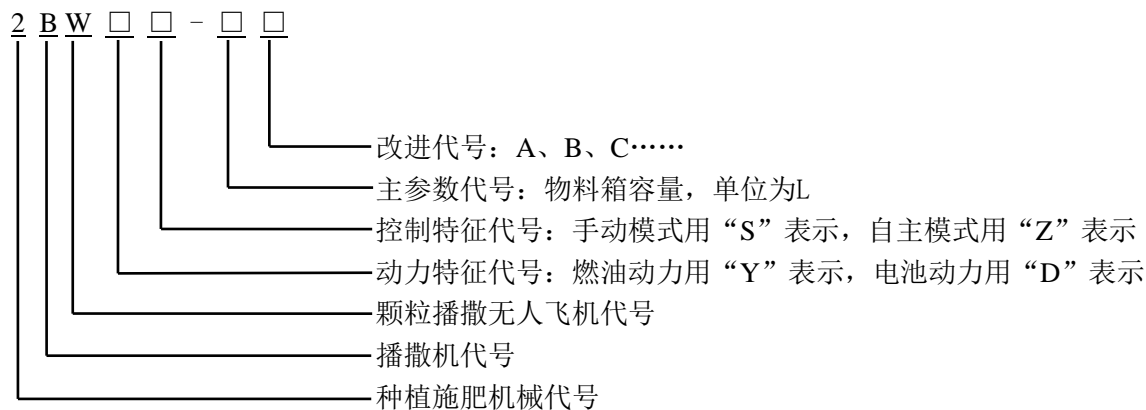
### 3.8

#### 播撒均匀性 broadcast sowing uniformity

播撒出的物料在有效播幅宽度内分布的均匀程度，用播撒密度的变异系数表示。

## 4 型号编制规则

播撒机产品型号由播撒机分类代号、特征代号和主参数等组成，产品型号表示方法为：



注：同时具备两种作业控制模式的颗粒播撒无人飞机以自主控制模式代号表示。

示例：2BWDZ-20B 表示电动自主模式颗粒播撒无人飞机，物料箱容量为 20L，第二次改进型。

## 5 基本要求

### 5.1 质量评价所需的文件资料

对播撒机进行质量评价所需文件资料应包括：

- a) 产品规格确认表（见附录 A）；
- b) 企业产品执行标准或产品制造验收技术条件；

- c) 产品使用说明书；  
 d) 三包凭证；  
 e) 样机照片 3 张（正前方、正左侧方、正前上方 45° 俯视各 1 张）。

## 5.2 主要技术参数核对与测量

依据产品使用说明书、标牌和其他技术文件，对样机的主要技术参数按表1的要求进行核对或测量。

表1 核测项目与方法

序号	项目		方法	
1	产品型号		核对	
2	产品名称		核对	
3	飞控品牌和编号		核对	
4	空机质量, kg		测量	
5	额定起飞质量, kg		测量	
6	工作状态下的外形尺寸(长×宽×高), mm		测量(不含旋翼, 含天线)	
7	作业方式	<input type="checkbox"/> 播撒 <input type="checkbox"/> 条播	核对	
8	卫星导航定位系统	<input type="checkbox"/> 北斗、 <input type="checkbox"/> GPS、 <input type="checkbox"/> GLONASS、 <input type="checkbox"/> 其他	核对	
9	旋翼		材质	核对
			主旋翼数量, 个	核对
			直径, mm	测量
10	播撒器	物料箱	材质	核对
			额定容量, L	核测(按 7.2.11 规定进行)
		排料机构型式	<input type="checkbox"/> 仓门式(开合式)、 <input type="checkbox"/> 窝眼轮式、 <input type="checkbox"/> 外槽轮式、 <input type="checkbox"/> 绞龙式、 <input type="checkbox"/> 其他	核对
		播撒机构型式	<input type="checkbox"/> 离心圆盘式、 <input type="checkbox"/> 气吹式、 <input type="checkbox"/> 自由下落式(无外力)、 <input type="checkbox"/> 其他	核对
11	最大排料量, kg/min		核测(按 7.3.4 规定进行)	
12	有效播幅, m		核对	
13	配套动力	发动机	功率/转速, kW/(r/min)	核对
			油箱容量, L	核对
		电动机	KV 值, (r/min)/V	核对
			额定功率, W	核对
14	电池		电压, V	核对
			容量, mAh	核对
15	充电器		输入电压, V	核对
			输出电压, V	核对
			充电电流, A	核对
			功率, W	核对
			充电组数	核对

注：主旋翼数量不包括尾旋翼，有尾旋翼的，应注明尾旋翼数量和直径。物料种类，根据产品的适用范围及5.3.1条款的分类方式进行。

### 5.3 试验条件

#### 5.3.1 试验材料

播撒试验时应采用制造厂产品使用说明书中要求的颗粒物料。试验用颗粒物料不应进行任何能改变其物理特性的处理。对试验用颗粒物料物理特性进行测定及记录：物料种类、外形尺寸、容积质量、种子原始破损率等。

如果产品使用说明书注明播撒机可播撒多种物料，则试验可选用下列2-3个类型颗粒物料进行试验，每个类型中选取1种典型代表性颗粒物料。

a类，类似圆球形状颗粒物料（如油菜籽、颗粒肥、苜蓿草籽和包衣种子等）；

b类，类似椭球形状颗粒物料（如水稻、小麦、披碱草籽等）；

c类，类似扁片形状颗粒物料（如紫云英、辣椒等）；

d类，其他形状颗粒物料（如二月兰，其形状非规则、带芒或催芽种子等颗粒物料）。

#### 5.3.2 试验环境

5.3.2.1 除特殊要求外，室内外试验环境应满足温度 5℃至 45℃，相对湿度 20%至 95%；海拔高度 0 m 至 800 m，风速 0 m/s 至 3 m/s。

5.3.2.2 室外试验应选取空旷的露天场地，场地面积应满足播撒机日常作业要求。

#### 5.3.3 试验样机

试验样机应按使用说明书的规定，进行安装和调试，达到正常状态后，方可进行试验。

### 5.4 主要仪器设备

试验用仪器设备应经过计量检定或校验合格且在有效期内。仪器设备的量程、测量准确度应不低于表2的规定。

表2 主要仪器设备测量范围和准确度要求

序号	测量参数	测量范围	准确度要求
1	长度	(0~5) m	1 mm
		(0~1000) m	1 cm
2	角度	0° ~180°	1°
3	转速	(0~10000) r/min	0.5%
4	时间	(0~10) h	1 s/d
5	质量	(0~300) kg	50g
		(0~200) g	0.1 mg
6	压力	(0~1.6) MPa	0.4级
7	风速	(0~10) m/s	10%FS
8	温度	(-20~100) °C	1°C
9	湿度	(0%~100%) RH	3% RH
10	水平定位	(0~200) m	0.1 m
11	高度定位	(0~50) m	0.15 m

## 6 质量要求

### 6.1 一般要求

- 6.1.1 播撒机在温度 60℃和相对湿度 95%环境条件下,进行 4 h 的环境适应性试验后,应能正常作业。
- 6.1.2 播撒机防护等级应能达到 IP55,应符合 GB/T4208 的相关要求。防尘或防水试验结束后,播撒机应能正常作业。
- 6.1.3 播撒机应能在 6 m/s±0.5 m/s 风速的自然环境中正常飞行。
- 6.1.4 配套动力为发动机的播撒机,在常温条件下按使用说明书规定的操作方法起动 3 次,其中成功次数应不少于 1 次。
- 6.1.5 播撒机地面控制端应有物料剩余报警提示功能,物料播撒结束时,应自动返航或提示操作者返航。播撒机地面控制端应具有燃料(电量)剩余量显示功能,且应便于操作者观察。
- 6.1.6 播撒机空载和满载悬停时,不应出现掉高或坠落等现象。满载悬停时间应不低于 5min,空载悬停时间应不低于 10min。
- 6.1.7 同时具备手动控制模式和自主控制模式的播撒机,应能确保飞行过程中两种模式的自由切换,且切换时飞行状态应无明显变化。
- 6.1.8 播撒机应配备飞行信息存储系统,应有加密存储功能,应能实时记录并保存飞行作业情况。存储系统记录的内容至少应包括:制造商名称、产品型号、产品出厂编号、位置坐标、飞行速度、飞行高度。
- 6.1.9 播撒机应具备远程监管系统通信功能,应确保飞行作业数据可识别、可监测、可追查,应接入民航或相关主管部门的云平台。
- 6.1.10 物料箱容量应不低于标称容量。
- 6.1.11 正常作业时,物料箱盖应有锁紧装置,不能因振动、颠簸和风吹而自行打开。
- 6.1.12 播撒机正常工作时,不应出现颗粒物料泄漏现象。
- 6.1.13 排料量控制机构应轻便灵活可靠。当控制命令处于某一指示值时,其实际排料量与指示值偏差应不大于 5%,当地面端控制命令处于 0 时,排料口应是关闭状态;当控制命令处于 100%,排料口应满开状态。

### 6.2 性能要求

- 6.2.1 播撒机主要飞行性能指标应符合表 3 的规定。

表3 飞行性能指标要求

序号	项目		质量指标	对应的检测方法条款号
1	手动控制模式飞行性能		操控灵活,动作准确,飞行状态平稳	7.3.1
2	自主控制模式飞行精度	偏航距(水平), m	≤0.5	7.3.2
		偏航距(高度), m	≤0.5	
		速度偏差, m/s	≤0.5	
3	最大续航能力		最大续航时间与单架次最大作业时间之比应不小于 1.2	7.3.3

- 6.2.2 播撒作业性能指标应符合表 4 的规定。

表4 播撒作业性能指标要求

序号	项目	性能指标				对应的检测方法条款号
		种			颗粒肥	
		牧草	水稻	油菜		
1	总排种/肥量稳定性变异系数, %	≤6	≤2.6	≤2.6	≤7.8	7.3.4.1
2	播种均匀性变异系数	≤50	≤45	≤50	≤50	7.3.5.1
3	种子破损率, %	≤2.0	≤0.8	≤0.4	/	7.3.6
4	纯作业小时生产率	不低于企业明示值				7.3.7

6.2.3 条播作业性能指标应符合表5的规定。

表5 条播作业性能指标要求

序号	项目	性能指标			对应的检测方法条款号
		种		颗粒肥	
		牧草	水稻		
1	各行排种/肥量一致性变异系数, %	≤13.0	≤5.0	≤13.0	7.3.4.2
2	总排种/肥量稳定性变异系数, %	≤6.0	≤2.6	≤7.8	
3	播种均匀性变异系数, %	≤50	≤45	≤50	7.3.5.2
4	种子破损率, %	≤2.0	≤0.5	/	7.3.6
5	纯作业小时生产率	不低于企业明示值			7.3.7

### 6.3 安全要求

6.3.1 外露的发动机、排气管等可产生高温的部件或其他对人员易产生伤害的部位,应设置防护装置,避免人手或身体触碰。

6.3.2 对操作者有危险的部位,应固定永久性的安全标识,安全标识应符合 GB 10396 的规定。

6.3.3 播撒机空机质量应不大于 116 kg,最大起飞质量应不大于 150 kg。

6.3.4 播撒机应具有限高、限速、限距功能,限高限速限距应符合相应法规要求。

6.3.5 播撒机应有电子围栏功能。围栏外正常作业时,应在距离围栏边界 15m 内刹车,不得冲撞围栏边界;播撒机放置围栏内,任意操作地面控制端(含遥控器),旋翼不得旋转。

6.3.6 播撒机对通讯链路中断、燃料(电量)不足、排种异常等情形应具有报警或失效保护功能。

6.3.7 播撒机应配备避障系统软件,以实现避障功能,至少应能识别树木、电线杆或斜拉电线等障碍物,并避免发生碰撞。有夜航功能的机具,应具备夜间避障功能,并能绕障飞行。

6.3.8 播撒机应具有电磁兼容能力,其通讯与控制系统辐射骚扰限值按 GB/T 9254 的规定,应满足表 6 要求;其射频电场辐射抗扰度按 GB/T 17626.3 试验方法应达到表 7 的 B 级要求。

表6 电磁兼容-辐射骚扰限值

频率	测量值	限值 dB ( $\mu$ V/m)
30 MHz~230 MHz	准峰值	50



230 MHz~1 GHz	准峰值	57
1 GHz~3 GHz	平均值/峰值	56/76
3 GHz~6 GHz	平均值/峰值	60/80

表7 电磁兼容-射频电场辐射抗扰度

等级	功能丧失或性能降低的程度	备注
A	各项功能和性能正常。	试验样品功能丧失或性能降低现象有： ①测控信号传输中断或丢失； ②对操控信号无响应或飞行控制性能降低； ③播撒设备对操控信号无响应； ④其他功能的丧失或性能的降低。
B	未出现现象①或现象②。出现现象③或现象④，且在干扰停止后2min（含）内自行恢复，无需操作者干预。	
C	未出现现象①或现象②。出现现象③或现象④，且在干扰停止2min后仍不能自行恢复，在操作者对其进行复位或重新启动操作后可恢复。	
D	出现现象①或现象②；或未出现现象①或现象②，但出现现象③或现象④，且因硬件或软件损坏、数据丢失等原因不能恢复。	

#### 6.4 装配和外观质量

6.4.1 装配应牢固可靠，容易松脱的零部件应装有防松装置。

6.4.2 外观应整洁，不应有毛刺和明显的伤痕、变形等缺陷。

#### 6.5 操作方便性

6.5.1 保养点设计应合理，便于操作。

6.5.2 物料箱设计应合理，方便加料。

6.5.3 电池和旋翼等零部件应便于更换。

#### 6.6 可靠性

播撒机首次故障前作业时间应不小于 40 h。

#### 6.7 使用信息

##### 6.7.1 使用说明书

播撒机的制造商或供应商应随机提供使用说明书，使用说明书的编制应符合GB/T 9480的规定。使用说明书应规定操作和维修保养的安全注意事项，至少应包括以下内容：

- a) 适用范围；
- b) 安装、调整、校准及相关安全功能使用调试步骤；
- c) 起动和停止步骤；
- d) 整机装配示意图；
- e) 地面控制端介绍；
- f) 运输状态播撒机布置；
- g) 安全停放步骤；
- h) 维护和保养要求；
- i) 有关安全使用规则的要求；
- j) 故障处理说明；
- k) 制造商名称、地址和电话。

### 6.7.2 三包凭证

播撒机应有三包凭证，至少应包括以下内容：  
 产品名称、型号规格、购买日期、产品编号；  
 制造商名称、地址、电话和邮编；  
 销售者和修理者的名称、地址、电话和邮编；  
 三包项目；  
 三包有效期（包括整机三包有效期、主要部件质量保证期以及易损件和其他零部件的质量保证期，其中整机三包有效期和主要部件质量保证期不得少于一年）；  
 主要部件清单；  
 销售记录（包括销售者、销售地点、销售日期、购机发票号码）；  
 修理记录（包括送修时间、交货时间、送修故障、修理情况、换退货证明）。  
 不承担三包责任的情况说明。

### 6.7.3 标牌

播撒机醒目位置应有永久性标牌。标牌内容应清晰可见，至少应包括以下内容：

- a) 型号、名称；
- b) 空机质量、物料箱额定容量、最大起飞质量；
- c) 发动机功率或电机功率和电池容量等主要技术参数；
- d) 产品执行标准编号；
- e) 生产日期和出厂编号；
- f) 制造商名称、制造厂地址。

## 7 检测方法

### 7.1 试验条件测定

按照GB/T 5262的规定测定及记录，物料种类、容积质量、种子原始破损率等颗粒物料的物理特性，以及温度、湿度、大气压力、海拔、风速等气象条件。

### 7.2 一般要求试验

#### 7.2.1 环境适应性试验

将播撒机放置在温度  $60 \pm 5$  °C、相对湿度不大于 95% 的试验箱内，机体任意点与试验箱壁距离不小于 0.3 m，静置 4 h 后取出，观察播撒机是否有零件变形、破裂、松脱等异常现象。若有异常，停止试验；若无异常，在室温下再静置 1 h，加注额定容量试验介质，按照使用说明书规定进行播撒作业，观察播撒机是否能正常工作。

#### 7.2.2 防尘试验（IP5X）

将播撒机放置在相对湿度小于 25%，气流速度为 1.0 m/s ~ 2.4 m/s，粉尘浓度为  $2.0 \text{ kg/m}^3 \sim 4.0 \text{ kg/m}^3$  的试验箱中，机体任意点与试验箱壁距离不小于 0.3 m，通电试验 8 h。试验结束后，将播撒机从试验箱中取出。用刷、擦或其他方法清除样机上的尘埃，禁止用吹风或真空清洁的方法除尘。观察播撒机是否有零件变形、破裂、松脱等异常现象，检查活动部件是否有堵塞或卡死现象。加装额定容量的试验介质，按照使用说明书规定进行播撒作业，观察播撒机是否能正常工作。

### 7.2.3 防水试验 (IPX5)

将播撒机放置在防水试验箱内, 使用喷嘴内径为6.3mm, 调整水流量至 $12.5 \pm 0.625 \text{ l/min}$ , 保持外壳表面每平方米喷水时间为1min, 喷嘴至外壳的距离保持2.5~3.0m, 试验时间至少3min。试验时, 被测样机应处于通电状态, 试验喷嘴要从所有可能方向向被试样机喷水。试验结束后, 喷水结束后静置30min, 加装额定容量的试验介质, 按照使用说明书规定进行播撒作业, 观察播撒机是否能正常工作。

### 7.2.4 抗风能力试验

播撒机在额定起飞质量条件下置于风向稳定、风速为 $6 \text{ m/s} \pm 0.5 \text{ m/s}$ 的自然风或人工模拟风场中, 操控其起飞、前飞、后飞、侧飞、转向、悬停、着陆等, 观察播撒机是否能正常飞行。

### 7.2.5 起动性能试验

按使用说明书规定的操作方法起动, 试验进行3次, 每次间隔2 min。试验时, 在不更换零件的条件下, 允许做必要的调整。

### 7.2.6 颗粒物料和燃料(电量)剩余量显示功能检查

检查播撒机的地面控制端是否有物料剩余判定、实时显示飞机燃料(电量)剩余量和地面控制端电量剩余量等功能。

### 7.2.7 悬停性能试验

注满燃油(使用满电电池), 分别在空载和满载条件下, 操控播撒机在一定飞行高度保持悬停, 直至其发出燃油(电量)不足报警后着陆, 观察其飞行状态是否正常, 记录起飞至着陆总时间。

### 7.2.8 作业控制模式切换稳定性检查

播撒机在正常飞行状态下, 控制其在手动控制模式和自主控制模式间进行自由切换, 观察切换过程中播撒机的飞行姿态是否平滑, 是否出现坠落、偏飞等失控现象。

### 7.2.9 飞行信息存储系统检查

7.2.9.1 续航试验结束后, 检查其是否将本次飞行数据进行了加密存储。

7.2.9.2 读取本次飞行作业的数据, 检查加密存储数据内容是否涵盖了本次飞行的速度、高度、位置信息, 是否涵盖了其制造商、型号、编号信息。

### 7.2.10 远程监管通信功能检查

续航试验结束后, 检查播撒机远程监管系统中是否有本次飞行的位置信息、飞行速度、飞行高度及操作者的身份信息, 是否已接入中国民航局或相关管理部门的云平台。

### 7.2.11 物料箱容量试验

7.2.11.1 向物料箱加注试验物料至箱口, 测量物料箱内试验介质质量, 记录为 $m_1$ 。

7.2.11.2 用额定容量为1L的容器, 容器内装满相同1L试验介质时, 测量介质质量, 记录为 $m_2$ 。

7.2.11.3 计算 $m_1/m_2$ , 得出物料箱容量。

### 7.2.12 物料箱盖固定牢固性检查

续航试验结束后, 检查物料箱盖是否有锁紧装置, 是否有松动或自行打开现象。

### 7.2.13 物料箱防漏性能试验

向播撒机物料箱加装使用说明书规定额定质量的试验介质，在最高工作速度下飞行 1min 以上，不播撒作业，观察是否有颗粒物料洒落现象。

### 7.2.14 排料量调节功能试验

按使用说明书的规定，试验前将颗粒物料装入物料箱，不应压实。操作播撒机地面控制命令，观察调节控制装置动作是否灵活，当控制命令处于某一指示值时，测量其实际播撒量，并记录；当控制命令处于 0 时，观察排料量控制机构是否处于关闭状态；当控制命令处于 100%，观察排料量控制机构是否处于全开状态。

## 7.3 性能试验

### 7.3.1 手动控制模式飞行性能试验

7.3.1.1 在额定起飞质量条件下，以手动控制模式操控播撒机飞行，保持其在某高度悬停 10 s，期间不允许操作遥控器，目测播撒机的悬停状态是否稳定。

7.3.1.2 向播撒机发送单独的前飞、后飞、左移、右移控制指令，各方向飞行距离应大于 30 m。目测飞行过程中播撒机动作是否正确，姿态、高度、速度是否出现异常波动。

### 7.3.2 自主控制模式飞行精度测试

7.3.2.1 在试验场地内预设飞行航线，航线长度不小于 120 m，航线高度不大于 5 m，飞行速度为 3 m/s 至 5 m/s。

7.3.2.2 在额定起飞质量条件下，操控播撒机以自主控制模式沿预设航线飞行，同时以不大于 0.1 s 的时间间隔对播撒机空间位置进行连续测量和记录（测量设备可参考附录 B：航迹数字化测量系统），如图 1 所示。重复 3 次。

7.3.2.3 将记录的航迹经纬度坐标按 cgcs2000 的格式进行直角坐标转换；播撒机的空间位置坐标记为  $(x_i, y_i, z_i)$ ， $i=0, 1, 2, \dots, n$ ，其中  $i=0$  时为飞行过程中剔除加速区间段的稳定区开始位置， $i=n$  时为飞行过程中剔除减速区间段的稳定区终止位置。

7.3.2.4 整条航线的平面位置坐标记为  $ax+by+c=0$ ， $a, b, c$  系数依据航线方向和位置而定，按公式(1)~(3)分别计算偏航距（水平） $L_i$ 、偏航距（高度） $H_i$ 和速度偏差  $V_i$ ，测量值应为测量区间内计算的最大值。

$$L_i = \frac{|ax_i + by_i + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$H_i = |z_i - z_{set}| \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$V_i = |v_i - v_{set}| \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

$v_{set}$ ——预设的飞行速度，单位为米每秒（m/s）；

$z_{set}$ ——预设航线的高度坐标，单位为米（m）；

$L_i$ ——偏航距（水平），单位为米（m）；

$H_i$ ——偏航距（高度），单位为米（m）；

$V_i$ ——速度偏差，单位为米每秒（m/s）。

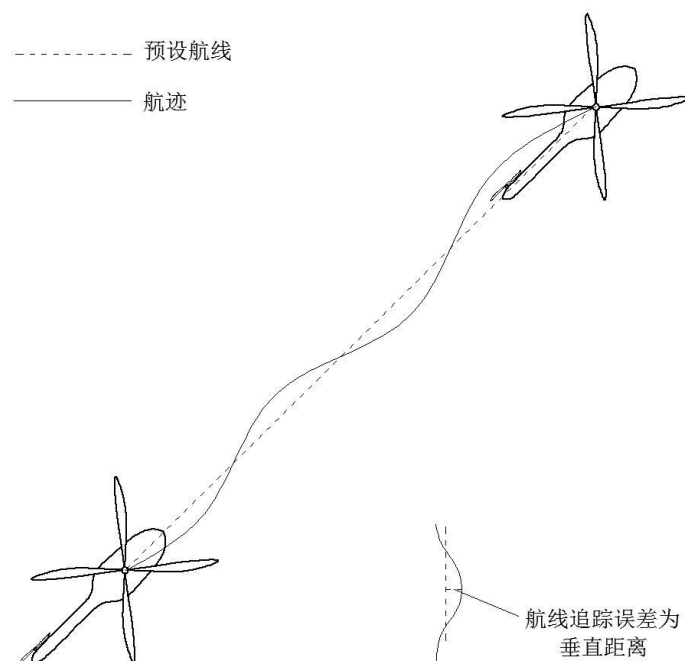


图1 自主控制模式飞行精度测试方法

### 7.3.3 最大续航能力试验

注满燃油（使用满电电池），加入额定容量的试验介质。操控播撒机在测试场地内以 3 m/s 飞行速度、3 m 飞行高度及制造商明示播撒量的最小值模拟田间播撒，在其发出颗粒物料撒完的提示信息后，选取离起飞点较近的合适位置，保持播撒机悬停，直至其发出燃油（电量）不足报警后着陆，记录单架次最大作业时间为  $t_1$ 、起飞至着陆总时间  $t_2$ 。计算  $t_2/t_1$  数值，重复 3 次，取最小值。

### 7.3.4 总排料量及排料量稳定性变异系数试验

播撒机进行静态测试，按使用说明书的规定，试验前将试验介质装入物料箱，装入颗粒物料的量不应少于物料箱的一半，不应使物料压实，将播撒机固定在试验台上。播撒机的控制命令处于某一指示值时，排料状态稳定，收集各出料口排出的物料，测试时间 1min，测量质量，重复 5 次。

7.3.4.1 播撒机播撒作业方式时，按公式（4）～（6）计算总排料量稳定性变异系数。

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (4)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (5)$$

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- $X_i$ ——第  $i$  次测试总排料量, 单位 (g/min)
- $n$ ——测试次数,
- $\bar{X}$ ——总排料量平均值, 单位 (g/min)
- $S$ ——总排料量标准差,
- $V$ ——总排料量稳定性变异系数, %

7.3.4.2 播撒机条播作业方式时, 按公式 (7) ~ (13) 分别各行排料量一致性变异系数和总排料量稳定性变异系数, 测定行数不小于 6 行, 左中右各选 2 行, 少于 6 行的播撒机应全部测试。

$$X_i' = \sum_{j=1}^m X_{ij}' \dots\dots\dots(7)$$

$$\bar{X}_i' = \frac{X_i'}{m} \dots\dots\dots(8)$$

$$S_i' = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\bar{X}_i' - X_{ij}')^2}{m - 1}} \dots\dots\dots(9)$$

$$V_i' = \frac{S_i'}{\bar{X}_i'} \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

$$\bar{X}' = \frac{\sum_{i=1}^n X_i'}{n} \dots\dots\dots(11)$$

$$S' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X}' - X_i')^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(12)$$

$$V' = \frac{S'}{\bar{X}'} \times 100 \dots\dots\dots(13)$$

式中:

- $X_{ij}'$ ——第  $i$  次第  $j$  行测试排料量, 单位 (g/min)
- $X_i'$ ——第  $i$  次各行排料量之和, 单位 (g/min)
- $\bar{X}_i'$ ——第  $i$  次各行排料量之和的平均值, 单位 (g/min)
- $m$ ——行数,

- $S_i'$ ——各行排料量标准差  
 $V_i'$ ——各行排料量一致性变异系数，%  
 $\bar{X}'$ ——总排料量平均值，单位（g/min）  
 $n$ ——测试次数，  
 $S$ ——总排料量标准差，  
 $V'$ ——总排料量稳定性变异系数，%

### 7.3.5 播种均匀性变异系数试验

播撒机加注额定容量颗粒物料，以制造商明示的最佳作业参数进行试验作业。若制造商未给出最佳作业参数，则以2 m作业高度，3 m/s飞行速度，进行试验作业。作业前按要求预设往返3条飞行航线。在采样区前50 m开始播撒，后50 m停止播撒。测试结束称重或计数每个收集器的颗粒物料，计算作业均匀性变异系数。试验重复3次。

7.3.5.1 播撒作业方式时，在播撒试验区内，如图2所示布置收集器，将收集器在播撒机预设飞行航线的垂直方向连续排列布置，横向放置两个最大有效播幅宽度，共3排，每两排间距为5m。

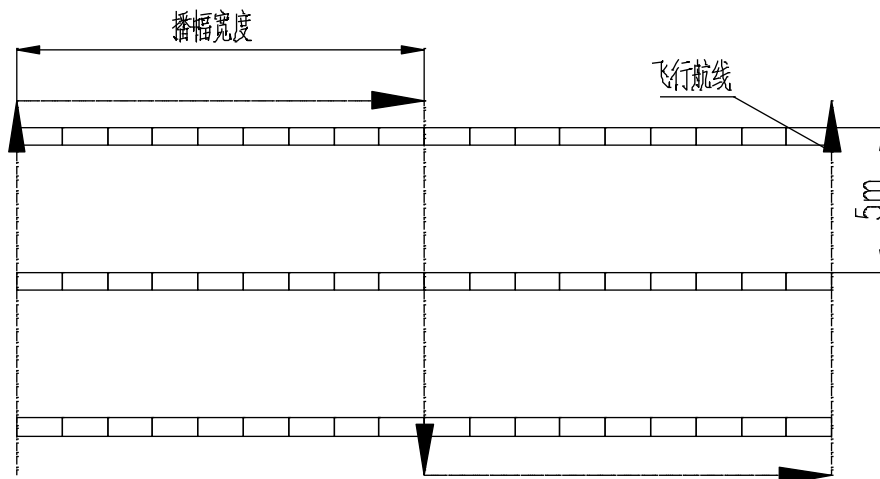


图2 播撒作业均匀性变异系数试验示意图

7.3.5.2 条播作业方式时，在条播试验区内，如图3所示布置收集器，根据播撒机作业参数，将收集器在播撒机预设飞行航线的平行方向连续排列布置，至少测定6行，左、中、右各2行，少于6行的全测，每行的测定长度不小于10m。

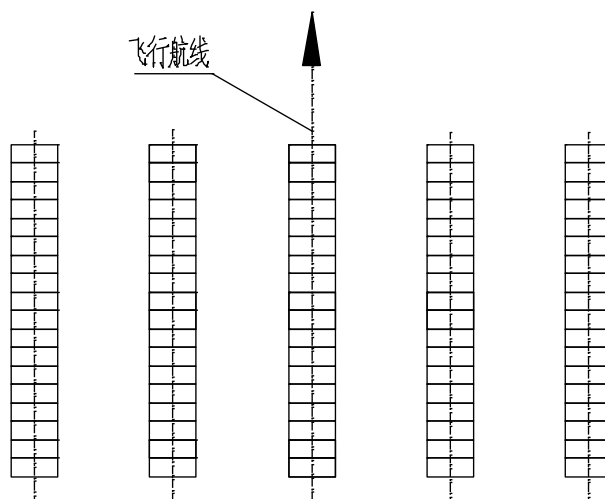


图3 条播作业均匀性变异系数试验示意图

### 7.3.6 种子破损率试验

该试验与7.3.5同时进行。

从7.3.5试验收集容器中取出5份样本，每份样本质量约100g（小颗粒物料约50g），选出其中破碎损伤的颗粒物料计算质量或数量，计算破碎损伤颗粒物料占总样本的百分比，再减去试验前测定的颗粒物料原始破损率，试验重复3次，试验结果取均值。按公式（14）计算。

$$P = \frac{M}{M_t} \times 100 - P' \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$P$ ——颗粒物料破损率，单位（%）

$M$ ——样本颗粒物料质量或数量，单位（g 或粒）

$M_t$ ——破碎损伤的颗粒物料质量或数量，单位（g 或粒）

$P'$ ——颗粒物料原始破损率，单位（%）

### 7.3.7 纯作业小时生产率测试

计算纯作业小时生产率应确保播撒机亩播撒量不低于明示值，按公式（15）计算。

$$W_s = \frac{U}{T_s} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$W_s$ ——纯播撒小时生产率，单位为公顷每小时（ $\text{hm}^2/\text{h}$ ）；

$U$ ——班次作业面积，单位为公顷（ $\text{hm}^2$ ）；

$T_s$ ——纯播撒时间，单位为小时（h）。

## 7.4 安全性能试验

### 7.4.1 安全防护装置检查

7.4.1.1 检查发动机、排气管的安装位置是否处于人体易触碰的区域。

7.4.1.2 检查机体上其他对人员易产生伤害的部位是否设置了防护装置。

### 7.4.2 安全标识检查

检查播撒机的旋翼、发动机、物料箱、排气管、电池等对操作者有危害的部位是否有永久性安全标识。

### 7.4.3 最大起飞质量限值确认

7.4.3.1 播撒机注满燃油（使用满电电池）。在机身加挂配重至其总质量达到 150 kg，加挂配重时应考虑机身重心偏移，必要时可在起落架底部钩挂系留绳索，操控颗粒播撒无人机起飞，若其无法离地升空，则判定其最大起飞质量小于 150 kg。



7.4.3.2 若播撒机离地升空，则重新加挂配重至总质量 151 kg，重复起飞动作，观察其能否再次离地升空，判定其最大起飞质量是否超过 150 kg。

#### 7.4.4 限高、限速和限距功能试验

##### 7.4.4.1 限高试验

在手动控制模式下操控播撒机持续提升飞行高度，直至其无法继续向上飞行，并保持该状态 5 s 以上即认定为达到限高值，测量此时播撒机相对起飞点的最大飞行高度。

##### 7.4.4.2 限速试验

在手动控制模式下操控播撒机平飞，逐渐增加飞行速度，直至其无法继续加速，并保持该速度 5 s 以上即认定为达到限速值，测量此时播撒机相对于地面的飞行速度。

##### 7.4.4.3 限距试验

在手动控制模式下操控播撒机平飞，逐渐远离起飞点，直至其无法继续前进即认定为达到限距值，测量此时其相对于起飞点的飞行距离。

#### 7.4.5 电子围栏试验

7.4.5.1 在试验场地内设置 30 m×30 m×20 m 的空间区域为电子围栏的禁飞区。

7.4.5.2 播撒机应保持头部朝向一致，分别从四个方向操控播撒机以 2 m/s 飞行速度，5 m 飞行高度接近直至触碰电子围栏，如图 4 所示。播撒机距离电子围栏小于 15m 处时，观察播撒机与电子围栏发生接触前后采取的措施，具体包括报警提示、自动悬停、自动返航、自动着陆等。

7.4.5.3 将播撒机搬运进电子围栏区域，观察其是否有报警提示且无法启动。

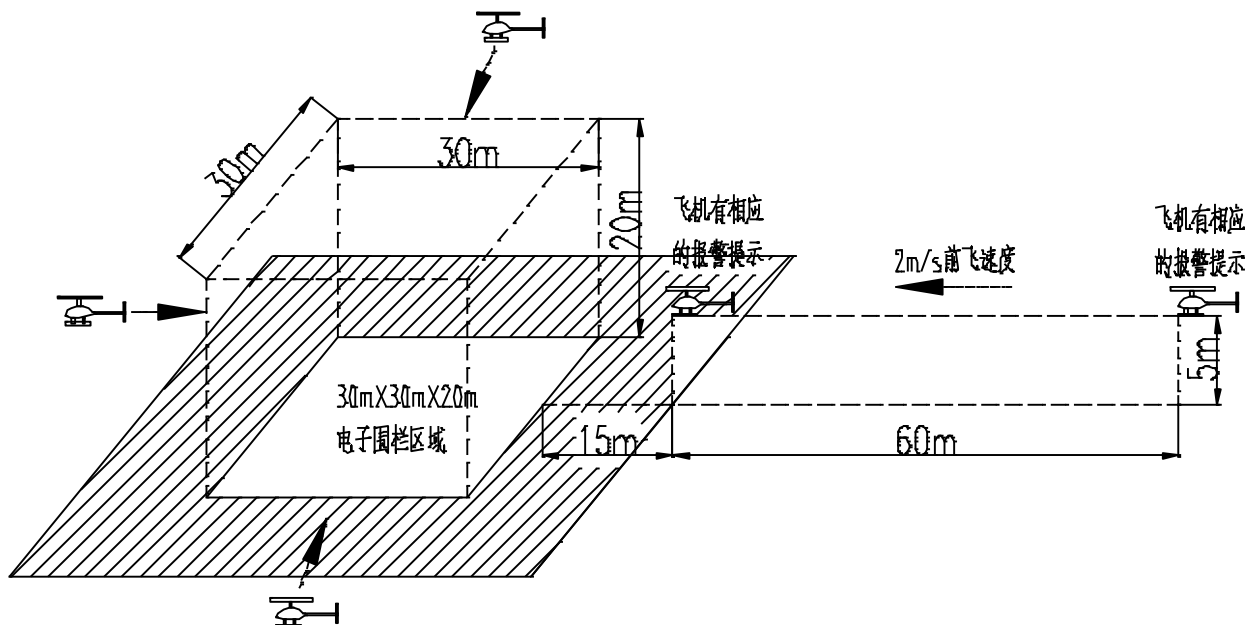


图4 电子围栏测试过程图

#### 7.4.6 报警和失效保护功能试验

##### 7.4.6.1 链路中断的失效保护试验

正常飞行状态下，操控播撒机持续飞行，过程中适时中断通讯链路，目测其是否悬停、自动返航或自动着陆。

#### 7.4.6.2 低电量失效保护试验

正常飞行状态下，操控播撒机持续飞行，目测其电池电量过低时，是否具有制造商声明的失效保护功能。

#### 7.4.6.3 失效报警功能检查

检查播撒机在触发失效保护时，是否能发出声、光或振动的报警提示。

#### 7.4.7 避障功能试验

操控播撒机以 4 m/s 的速度飞向电线杆、树木、斜拉电线等任一障碍物，观察播撒机能否避免与障碍物碰撞。操控播撒机远离障碍物，测定播撒机是否能重新可控。

明示具备夜航功能的产品，在试验场按企业明示的障碍物级别布置好相应障碍物 2~3 个，任意布置在试验区内，天黑后进行试验。飞机按预设航线飞行，观察飞机是否能识别障碍物，并避免碰撞，并绕行。

#### 7.4.8 电磁兼容试验

##### 7.4.8.1 辐射骚扰限制试验

整机产生的电磁骚扰不应超过其预期使用场合允许的水平，对使用环境中其他播撒机、农林机械、人和可燃物等的电磁影响可控。按照 GB/T 9254 对播撒机整机的辐射电磁骚扰水平进行评估。试验频率范围和限值见表 4，试验前应确保电波暗室环境噪声电平至少比规定限值低 6 dB。

##### 7.4.8.2 射频电场辐射抗骚扰度试验

按照 GB/T 17626.3 对播撒机整机的射频电磁场辐射抗扰度能力进行评估。试验设备用 1 kHz 正弦波对未调制信号进行 80% 的幅度调制来模拟射频辐射干扰情况，其中未调制信号的场强为 10 V/m，扫描 80 MHz~2 GHz 频率范围，对数天线应分别安放在垂直极化位置和水平极化位置。

试验结果根据试验样品的功能丧失或性能降低程度分为 A、B、C、D 四个等级，见表 5。

#### 7.5 装配和外观质量检查

用目测法检查是否符合 6.4 的要求。

#### 7.6 操作方便性检查

通过实际操作，检查样机是否符合 6.5 的要求。

#### 7.7 可靠性试验

##### 7.7.1 故障分级

故障分级表见表 8。

表 8 故障分级表

故障级别	故障示例
------	------

致命故障	坠机、爆炸、起火
严重故障	发动机/电机等动力故障
	控制失效或控制执行部件故障
	旋翼损坏
	作业时机上任意部件飞出
一般故障	播撒控制设备故障
	无线电通讯设备故障
	地面控制端设备故障
轻微故障	紧固件松动
	罩壳松动
	播撒盘停止转动

### 7.7.2 首次故障前作业时间考核

按累计 60 h 定时截尾进行考核，记录首次故障前作业时间。

## 7.8 使用信息检查

### 7.8.1 使用说明书检查

按照 6.7.1 的要求逐项检查。

### 7.8.2 三包凭证检查

按照 6.7.2 的要求逐项检查。

### 7.8.3 标牌检查

按照 6.7.3 的要求逐项检查。

## 8 检验规则

### 8.1 不合格项目分类

检验项目按其对产品的影响程度分为A、B两类。不合格项目分类见表7。

表9 检验项目及不合格分类

项目分类	序号	项目名称	对应的质量要求的条款号
A	1	安全防护装置	6.3.1
	2	安全标识	6.3.2
	3	最大起飞质量限值	6.3.3
	4	限高、限速、限距功能	6.3.4
	5	电子围栏	6.3.5
	6	报警和失效保护功能	6.3.6
	7	避障功能	6.3.7
	8	电磁兼容性	6.3.8
B	1	环境适应性	6.1.1

2	防护等级	6.1.2
3	抗风能力	6.1.3
4	起动性能	6.1.4
5	颗粒物料和燃料（电量）剩余显示功能	6.1.5
6	悬停性能	6.1.6
7	作业控制模式切换稳定性	6.1.7
8	飞行信息存储系统	6.1.8
9	远程监管系统通信功能	6.1.9
10	物料箱容量	6.1.10
11	物料箱盖锁紧牢固性	6.1.11
12	物料箱防漏性能	6.1.13
13	播撒量调节功能	6.1.12
14	手动控制模式飞行性能	6.2.1
15	自主控制模式飞行精度	6.2.1
16	最大续航能力	6.2.1
17	总排料量及排料量稳定性变异系数	6.2.2/6.2.3
18	各行排种/肥量一致性变异系数	6.2.2/6.2.3
19	播种均匀性变异系数	6.2.2/6.2.3
20	种子破损率	6.2.2/6.2.3
21	纯作业小时生产率	6.2.2/6.2.3
22	装配和外观质量	6.4
23	操作方便性	6.5
24	可靠性	6.6
25	使用信息	6.7

## 8.2 抽样方案

8.2.1 抽样方案按 GB/T 2828.11-2008 中附录 B 表 B.1 的规定执行，见表 10。

表10 抽样方案

检验水平	O
声称质量水平（DQL）	1
检查总体（N）	10
样本量（n）	1
不合格品限定数（L）	0

8.2.2 采用随机抽样，在制造单位 6 个月内生产的合格产品中或销售部门随机抽取 2 台，其中 1 台用于检验，另 1 台备用。由于非质量原因造成试验无法继续进行，启用备用样机。抽样基数应不少于 10 台，市场或使用现场抽样不受此限。

## 8.3 判定规则

### 8.3.1 样机合格判定

对样机的 A、B 各类检验项目逐项进行考核和判定。当 A 类不合格项目数为 0（即 A=0）、B 类不合

格项目数不超过 1 (即  $B \leq 1$ )，判定样机为合格品；否则，判定样机为不合格品。

### 8.3.2 综合判定

若样机为合格品 (即样本的不合格品数不大于不合格品限定数)，则判通过；若样机为不合格品 (即样本的不合格品数大于不合格品限定数)，则判不通过。

AA

附 录 A  
(规范性附录)  
产品规格确认表

产品规格确认表见表A.1。

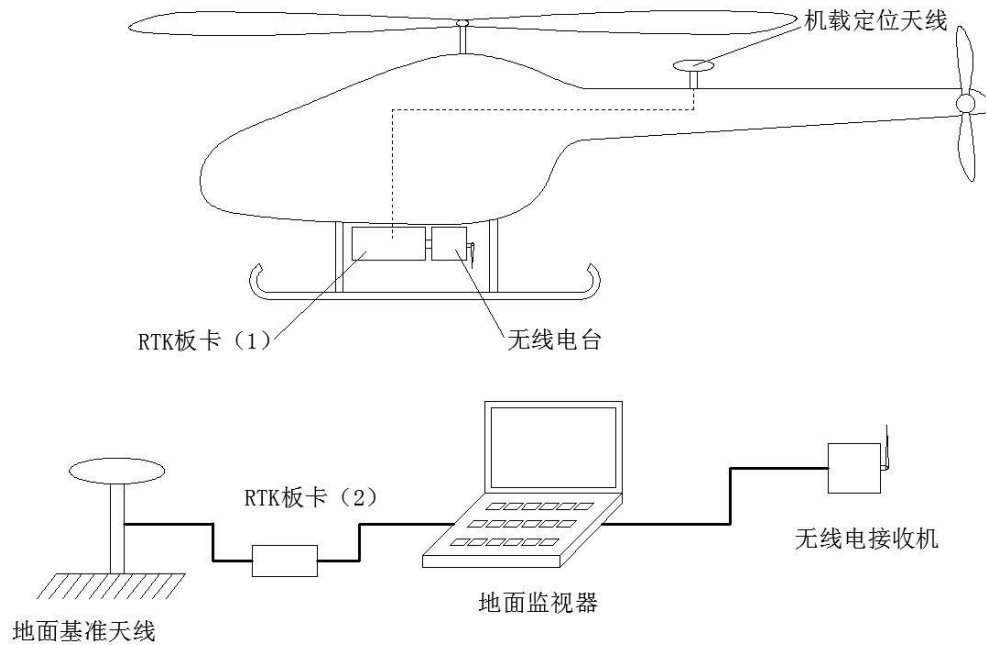
表A.1 产品规格确认表

序号	项目		设计值	
1	整机型号			
2	产品名称			
3	飞控品牌和编号			
4	空机质量, kg			
5	额定起飞质量, kg			
6	工作状态下的外形尺寸(长×宽×高), mm			
7	作业方式		<input type="checkbox"/> 播撒 <input type="checkbox"/> 条播	
8	卫星导航定位组合系统		<input type="checkbox"/> BDS <input type="checkbox"/> GPS <input type="checkbox"/> GLONASS <input type="checkbox"/> 其他	
9	旋翼	材质		
		主旋翼数量, 个		
		直径, mm		
10	播撒器	物料箱	材质	
			额定容量, L	
		排料机构型式	<input type="checkbox"/> 仓门式(开合式)、 <input type="checkbox"/> 窝眼轮式、 <input type="checkbox"/> 外槽轮式、 <input type="checkbox"/> 绞龙式、 <input type="checkbox"/> 其他	
		播撒机构型式	<input type="checkbox"/> 离心圆盘式、 <input type="checkbox"/> 气吹式、 <input type="checkbox"/> 自由下落式(无外力)、 <input type="checkbox"/> 其他	
11	排料量, kg/min			
12	有效播幅, m			
13	配套动力	发动机	功率/转速, kW/(r/min)	
			油箱容量, L	
		电动机	KV 值, (r/min)/V	
			额定功率, W	
14	电池	电压, V		
		容量, mAh		
15	充电器	输入压力, V		
		输出压力, V		
		充电电流, A		
		功率, W		
		充电组数		

BB

**附录 B**  
(资料性附录)  
**航迹数字化测量系统**

航迹数字化测量系统可参考配置如下：载波相位差分定位（RTK）系统（定位精度应高于水平 0.1m、高度 0.15m）、无线通讯装备、地面监视器，测量系统的安装方法如图 B.1 所示。



图B.1 航迹数字化测量系统安装图