

智能农机作业控制比赛规则

比赛任务：农机依托无人驾驶作业控制系统自主完成作业路径规划、轨迹跟踪以及机具自适应控制，结合旋耕作业机具在指定区域复现目标几何图形。

一、比赛条件

（一）比赛场地

根据参赛队伍情况，设置多块平坦的比赛场地。每个比赛场地面积为 120 米×120 米，作业区域基于比赛场地四边，向里内缩 10 米（四周预留 5 米调头距离、5 米安全距离），实际作业区域尺寸为 100 米×100 米，如图 1 所示。场地区域及周边无禁飞区域、遮挡物，区域内保证 4G/5G 信号全覆盖，无障碍物阻挡。赛前 3 天，为参赛队伍提供农机调试场地。

在比赛作业区域中心点上空设定无人机图像采集点，保证在同一地点、同一高度完成作业效果的图像采集。

（二）作业图形

参赛队伍经公示无异议后，将收到主办方发送的目标作业图形及其标准作业效果矢量图（由 0.1 米×0.1 米网格组成）。

比赛需遵循旋耕作业农艺要求，通过控制农机具起降

留下的痕迹复现图形，图形作业模式统一为“阳刻”，即以旋耕作业区域作为背景。

（三）坐标系

采用WGS84大地坐标系和UTM投影坐标系。

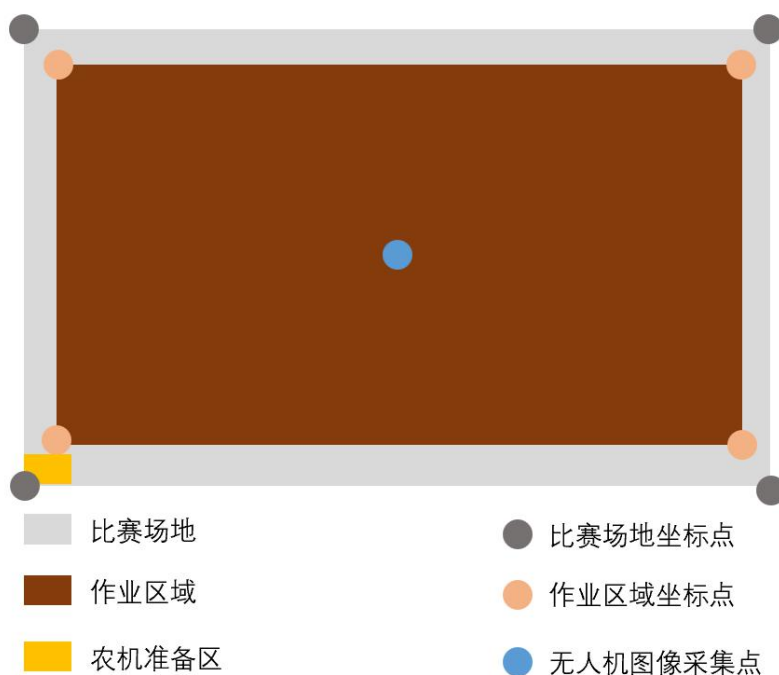


图 1 场地示意图



图 2 效果示意图

二、农机及作业方式要求

(一) 农机及机具要求

参赛队伍自行准备参赛农机（配套农具），挂载幅宽不限（考虑作业效果，建议选用幅宽 1.80 米的旋耕机具）。

(二) 旋耕作业要求

1.作业系统要求

各参赛队伍需自行开发农机智能作业控制系统。系统应根据作业图形的要求与限制，自动拆分作业区域，实现农机全局作业路径规划、导航跟踪控制及机具升降控制等功能，并复现作业图形。

2.作业过程要求

比赛过程中，农机可由人工遥控行驶至作业起始点，但田间作业阶段必须全程无人化。

作业完毕后，农机需自动返回农机准备区，且全程不得超出各自比赛场地的约束范围（120 米×120 米）。

3.作业深度要求

旋耕作业深度须符合农艺要求，保持在 10 厘米以上。比赛结束后，专家裁判在作业区域内均匀选取 20 个点进行测量，测量方法参照标准《GB/T5668-2017》。

三、比赛流程

(一) 赛前准备

赛前，各参赛队伍签到并抽签。专家裁判组为参赛队

伍提供抽签号码对应场地的农机起始点、场地边界点、作业区域边界点、作业区域中心点（无人机图像采集点）等坐标以及作业效果样板图像。

主办方在无人机图像采集点采集各作业区域作业前图像。

（二）提交规划路径

比赛前，各参赛队伍需提交农机规划路径文件。路径文件为包含精确经纬度定位坐标（RTK模式下，小数点后保留6位以上）的.yaml文件，格式示例如下：

{1: 经度，纬度，时间； 2: 经度，纬度，时间； 3: 经度，纬度，时间；}

提交方式：通过独立U盘拷贝至专家裁判处。文件命名格式为：规划+地块编号+参赛单位全称。

（三）自主作业

比赛中，农机按照预先设定的规划路径及机具升降控制逻辑自动作业，直至作业结束并返回起始位置。全部作业限时2小时完成。

作业完成后，主办方在无人机图像采集点采集各作业区域作业后图像。

（四）实际作业路径获取与监测

比赛中，各参赛队伍需实时记录并保存实际作业路径，实际作业路径文件格式同规划路径文件。主办方统一安装

GPS/北斗定位等卫星定位监测设备，同步进行实际作业路径数据的监测。比赛结束后，各参赛队伍向专家裁判组提交农机实时作业路径文件。

提交方式：通过独立U盘拷贝至专家裁判处。文件命名格式为：实际+地块编号+参赛单位全称。

（五）计时规则

参赛农机整体机身进入作业区域为起始时间；作业完成时间为提交农机实时作业路径文件的时间（如多次提交，以最后一次为准）。

四、评分规则

本次比赛根据农机耕作精度、图像匹配度、自主化程度、耕作质量、作业效率等维度进行综合计分，最终成绩在公证人员与专家裁判的共同见证下，由参赛队伍确认签字。具体规则如下：

（一）计分方法

总分为G（满分100分），计算公式为：

$$G=25\% \times S_1 + 25\% \times S_2 + 20\% \times S_3 + 20\% \times S_4 + 10\% \times S_5$$

式中：S₁：农机耕作精度得分（满分100分）

S₂：图案完成效果得分（满分100分）

S₃：农机自主化程度得分（满分100分）

S₄：农机耕作质量（深度）得分（满分100分）

S₅：农机耕作时间得分（满分100分）

S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 计分规则分别见（二）（三）（四）（五）（六）。

（二）农机耕作精度 S_1

此项考核农机路径跟踪精度与作业直线度效果。依据各队提供的.yaml文件，拟合规划轨迹线与实际作业轨迹线，在直线作业段随机抽取 50 个点计算误差（采集方式见图 3，参考标准《GB/T46270-2025》）。

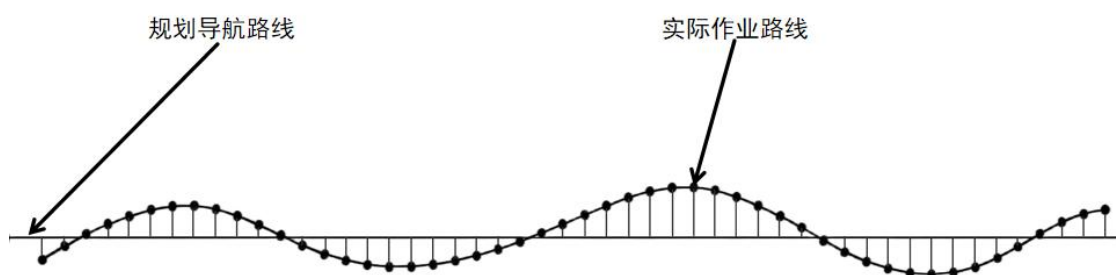


图 3 直线作业段轨迹跟踪点采集方式示意图

1. 计算平均绝对误差

设随机抽取的 50 个采样点的作业误差（实际轨迹与规划轨迹的横向偏差）分别为 X_1, X_2, \dots, X_{50} （厘米），计算平均绝对误差 $E = (1/50) \times (\sum X_i, i=1, \dots, 50)$ 。

2. 计算最终得分

作业允许的跟踪误差范围为 2.5 厘米，如果 $E \leq 2.5$ 厘米，则此项为 100 分；如果 $E > 2.5$ 厘米，则每超出 1 厘米扣 5 分（不足 1 厘米按 1 厘米计），扣完为止。

（三）图案完成效果得分 S_2

此项考核为作业后无人机采集图像与标准作业效果矢量图的比对效果，由图案评估系统自动完成打分，主要从字符相似度、字符比例与位置、像素匹配程度进行评判。计分方式为：

$$S_2 = P_{\text{sim}} + P_{\text{pos}} + P_{\text{mat}}$$

式中： P_{sim} ：字符相似度得分（满分 30 分）。

P_{pos} ：字符比例与位置得分（满分 30 分）。

P_{mat} ：像素匹配程度得分（满分 40 分）。

（四）农机自主化程度 S_3

此项考核农机作业过程中的自主运行能力与稳定性。要求同一参赛区域内仅限一台农机作业，且全程无人工干预，若农机故障，需要维修或更换农机，场地内出现本参赛队伍人员，每累计 10 分钟扣 10 分，不足 10 分钟按 10 分钟计，扣完为止。计分方式为：

$$S_3 = 100 - (\lceil n/10 \rceil \times 10)$$

其中： n 为专家裁判记录的参赛人员进入作业区域的累计时间； $\lceil \rceil$ 为向上取整符号。

（五）农机耕作质量（深度） S_4

此项考核农机实际作业的耕作深度达标情况。参考标准《GB/T5668-2017》在作业区域内均匀采样 20 个点进行测量，并取平均深度值 h （厘米）。计分方式为：

$$S_4 = 100 - (\Delta h \times 10)$$

其中， Δh ：平均深度偏离标准范围的绝对值（数值向下取整）；平均深度 ≥ 10 厘米范围的得100分；不在此范围的，每减少1厘米扣10分。

（六）农机耕作效率（时间） S_5

此项考核各参赛队伍的作业效率。采用线性归一化算法计分，用时最短的队伍得满分，用时最长的队伍得0分，其余队伍按相对用时比例计算得分。计分公式为：

$$S_5 = [(T_{\max} - T) / (T_{\max} - T_{\min})] \times 100$$

式中：T：该队伍完成作业的实际用时（分钟）

T_{\max} ：所有完赛队伍中的最长用时（分钟）

T_{\min} ：所有完赛队伍中的最短用时（分钟）

（七）总分相同处理

若出现总分相同的情况，按得分 S_1 从高到低排名；若 S_1 仍相同，则按 S_2 从高到低排名；依此类推。