

T/CQSAM

重庆市农业机械学会团体标准

T/CQSAM XXXX—XXXX

山地水稻收割机自动驾驶与自主作业 通用技术条件

General Technical Conditions for Autonomous Driving and Automated Operation of
Rice Harvesters for Hilly Terrain

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

重庆市农业机械学会 发布

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。

本文件由重庆市农业机械学会提出。

本文件由重庆市农业机械学会团体标准技术委员会归口。

本文件起草单位：重庆文理学院、威马农机股份有限公司、农业部南京农机化研究所、江苏大学、哈尔滨星途导航科技有限公司、上海联适导航技术股份有限公司。

本文件主要起草人：赵立军、张雪峰、沈成、马征、徐伟松、李长蛟、徐纪洋、黎斌、李强、曾治亨。

本文件为首次制定。

山地水稻收割机自动驾驶与自主作业 通用技术条件

1 范围

本文件规定了山地水稻收割机自动驾驶系统（以下简称自动驾驶系统）的术语和定义、系统组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于丘陵山地水稻收割机装载或配置的自动驾驶系统。

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 10396-2006 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 191-2008 包装储运图示标志
- 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 4208-2017 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 9254.2-2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第 2 部分：抗扰度要求
- GB/T 9480-2001 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/T 13306-2011 标牌
- GB/T 16754-2021 机械安全 急停功能 设计原则
- GB/T 21398-2008 农林机械 电磁兼容性 试验方法和验收规则
- GB/T 37164-2018 自走式农业机械导航系统作业性能要求及评价方法
- T/NJ 1123 自动辅助驾驶系统 导航精度要求及试验方法
- T/NJ 1138 自动辅助驾驶系统 通用技术条件
- T/NJ 1139 自动辅助驾驶系统 性能试验方法
- DG/T157-2023 农业机械北斗导航辅助驾驶系统

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

山地水稻收割机 hilly rice harvester

可在无驾驶人员情况下以装载或配备的无人驾驶系统代替人为操作，完成在丘陵山地安全作业和保证一定性能的水稻收割机。

3.2

山地水稻收割机无人驾驶系统 unmanned driving systems of hilly rice harvester

丘陵山地农田特性具有平整性差、坡度起伏大等明显特征，通过配备定位模块、传感器、控制器及执行部件等，集成现代通信、感知及控制技术，使山地水稻收割机按照预定轨迹自主作业，实现山地水稻收割机自主完成环境感知、自主决策、精准作业的驾驶系统。

3.3

环境感知 context awareness

利用视觉或其他传感器技术对插秧机周边环境或对特定物体进行探测甄别。

3.4

作业路径规划 path planning

根据当前作业地块的地理信息数据，规划用于插秧机作业的路径。

3.5

自动模式 Automatic mode

运行时无需驾驶员控制，可采用手机应用软件及管控云平台方式操作的模式。

3.6

前方碰撞预警 forward warning collision

对山地水稻收割机自主作业行驶过程中的前方环境进行在线监控，当前方驾驶环境可能发生碰撞情况时提前发出预警。

3.7

后方碰撞预警 rear warning collision

对山地水稻收割机自主作业行驶过程中的后方环境进行在线监控，当后方驾驶环境可能发生碰撞情况时提前发出预警。

3.8

智能紧急制动 intelligent emergency brake

对山地水稻收割机自主作业行驶的周围环境进行实时监控，在可能发生碰撞危险时智能自动启动制动装置使拖拉机减速或停止，规避即将发生的碰撞或减轻碰撞后果。

3.9

智能紧急转向 intelligent emergency steering

对山地水稻收割机自主作业行驶的周围环境进行实时监控，在可能发生碰撞危险时智能自动操作转向系统使拖拉机完成转向，规避即将发生的碰撞或减轻碰撞后果。

3.10

远程操控员 remote operator

不在驾驶舱内，可在远程通过无线设备或通讯传达可对山地水稻收割机进行实时操控的经过专业学习训练的操控员。

4 系统组成

4.1 感知系统

采用激光雷达、相机、毫米波雷达、全球卫星导航系统（GNSS）等方式，实现对环境和位置的感知。

4.2 规划系统

无人驾驶系统在自主作业工作过程中实现路径规划、行为规划和动作规划。

4.3 控制系统

通过方向、车速、档位、制动及动力输出等多方面的控制，实现山地水稻收割机无人驾驶系统对整机的全面协调功能。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 无人驾驶系统应可在室外温度-10℃~70℃和相对湿度 10%~90%区间环境状态正常工作。

- 5.1.2 无人驾驶系统产品电气线路的布置应避免摩擦和接触发热及运动部件，以保证电气线路连接应可靠性。
- 5.1.3 无人驾驶系统产品的电磁兼容性应符合 GB/T 21398-2008 中对应条款 5.2、5.5、6.2、6.3、6.9 的规定。
- 5.1.4 无人驾驶系统产品的文字符号及标志应清晰、美观。
- 5.1.5 无人驾驶系统产品应装配完好、零件紧固、关键部件无松动和无干涉，调节应方便自如。
- 5.1.6 无人驾驶系统产品表面应无凹痕、划伤、裂缝、变形、锈蚀、灌注物渗出等缺陷，且产品涂（镀）层应无气泡、龟裂或脱落。

5.2 安全要求

- 5.2.1 山地水稻收割机自动驾驶系统的安全标志应符合 GB 10396-2006 的规定。
- 5.2.2 山地水稻收割机自动驾驶系统的操纵标志应符合 DG/T157-2023 的规定。
- 5.2.3 山地水稻收割机未进行工作或刚开始启动时，无人驾驶系统应处于关闭状态。
- 5.2.4 山地水稻收割机自动驾驶系统的使用说明应符合 GB/T 9480-2001 的规定，需确定两方面考虑因素：
 - （1）山地水稻收割机未在工作环境中进行行驶时，禁止使用自动驾驶系统进行操作；
 - （2）配备对应的远程操控员，应进行岗前培训且考核合格，使其具有安全操作及维护保养的专业素养。
- 5.2.5 山地水稻收割机自动驾驶系统的显示器配装位置应简洁清晰，便于操作。
- 5.2.6 山地水稻收割机自动驾驶系统操作方式应多样化和简洁化，如配备远程控制模式、智能制动转向模式、手动切换模式、遥控模式等。
- 5.2.7 山地水稻收割机自动驾驶系统的速度保护退出模式应设置自动驾驶模式速度不得高于 15km/h。
- 5.2.8 山地水稻收割机自动驾驶系统的通讯保护退出模式应设置为接收信号做出反应时间超过 1s 时，收割机应自动推出无人驾驶模式，关闭收割机的电子、机械运行。

5.3 自动驾驶系统性能要求

5.3.1 自适应匹配初始化时间

山地水稻收割机自动驾驶系统应处于信号强度接收条件较好且俯仰角不超过 15° 的状态下，其自适应匹配初始化时间不超过 3min。

5.3.2 自动驾驶系统定位精度

山地水稻收割机自动驾驶系统的水平标称精度应在 $\pm (10+1 \times d)$ mm 范围内，垂直标称精度应在 $\pm (15+1 \times d)$ mm 范围内，其中 d 为基线长度，单位为千米 (km)，1 为比例误差，单位为毫米每千米 (mm/km)。

5.3.3 直线行驶精度

山地水稻收割机自动驾驶过程中，根据 GB/T 37164-2018 中 5.1 有关规定，横向坡度大于 3° 的硬质地面工作直线行驶时速度不得大于 5 ± 0.2 m/s，其参考点偏航距离应小于 5cm。

5.3.4 直线作业精度

山地水稻收割机处于自动驾驶模式时，根据在 GB/T 37164-2018 中 5.1 有关规定，横向坡度大于 3° 的山地面作业工作时，且作业速度小于中速 (2.5 ± 0.2 m/s) 时，收割机对应参考点偏航距离误差应不大于 5cm，行距误差应小于 7cm。

5.3.5 远程遥控装置性能

山地水稻收割机远程遥控装置无线发射功率应小于 15mW，控制距离大于 800m，响应时间应小于 80ms。

5.3.6 环境感知性能

山地水稻收割机自动驾驶系统对障碍物的探测距离应为前后向分别不低于20m和15m，水平视角和垂直视角分别不小于150° 和60° 。

5.3.7 自动制动性能

山地水稻收割机自动驾驶系统对应配备的自动制动平均减速度应不低于5m/s²。

6 试验方法

6.1 表面质量检测

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统的部组件表面质量进行检测。

6.2 系统涂镀层检查

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统的涂镀层进行检查。

6.3 安全标识检查

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统的各类标志及文字符号进行检查。

6.4 安装状态检测

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统的部组件安装状态进行检查。

6.5 线路及布置检查

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统的电气线路连接与布置情况进行检查。

6.6 安装精度检测

目测法和量具对山地水稻收割机自动驾驶系统部件的安装精度进行检测。

6.7 电磁兼容性试验

山地水稻收割机自动驾驶系统的电磁兼容性试验按 GB/T 21398-2008 的规定进行。

6.8 操纵标志检查

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统系统的操纵标志进行检查。

6.9 安全标志检查

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统的安全标志进行检查。

6.10 说明书安全要求检查

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统说明书设计安全要求相关内容进行检查。

6.11 显示器安装检查

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统的显示器安装位置进行检查。

6.12 使用手册检查

目测法对山地水稻收割机自动驾驶系统的远程操纵员改变系统状态的配置情况、操作方法及结合产品使用手册要求进行检查。

6.13 系统状态测定

严格按照山地水稻收割机自动驾驶系统产品使用手册规定，测试人为中断遥控装置导致信息网络与自动驾驶系统的通讯信号中断后，检查系统状态是否正常。

6.14 性能要求

6.14.1 试验仪器设备

6.14.1.1 试验过程中的山地水稻收割机自动驾驶系统设备性能应全部满足该技术性能指标的要求,且精度应全部高于被测指标精度的一个数量级或 50%。

6.14.1.2 试验所用仪器设备应全部在有效使用期范围内,并经过检定或校准合格方可使用。

6.14.1.3 试验过程中所采用的跟踪传感器采样率不低于 20Hz,且测量精度至少应高于被测对象水平量级的 20 倍。

6.14.2 试验环境

6.14.2.1 试验所用山地水稻收割机应符合 GB/T 3871.1 的规定,自动驾驶系统应可靠安装,系统测试完成后对应各个指标应显示无异常,试验用山地水稻收割机作业机组状态应符合使用说明书要求。

6.14.2.2 试验环境要求:除另有规定外,环境条件规定为:温度 10℃~70℃、空气相对湿度 30%~90%、大气压 90kPa~110kPa。

6.14.2.3 试验场地条件应符合下列要求

(1) 山地斜度梯田试验,坡度按 GB/T 37164 所规定的测试路线垂直方向的坡度不低于 5°,且对应宽度和长度分别大于 40m 和 150m,测试路线高度变化应大于 1.5m;

(2) 山地硬质地面试验,如混凝土或沥青路面,平整度按照 GB/T 37164-2018 自走式农业机械导航系统作业性能要求及评价方法所规定的测试路线的坡度不低于 5°,宽度不小于 15m,长度不小于 200m,测试路线的高度变化应大于 1.5m;

(3) 试验场地需在接收天线水平线 30°以上,山地水稻收割机无人驾驶系统的前进或后退路线上无明显干扰或阻挡卫星信号障碍物,前进或后退路线上可视度 50m 范围内,不应存在可能引起多尺度途径传输干扰的金属或其他干扰面。

6.14.2.4 山地水稻收割机自动驾驶系统导航卫星信号条件要求应满足借助卫星信号及便携式移动基站进行测试,接收信号的卫星数量应不少于 8 颗。

6.14.2.5 山地水稻收割机试验样机的调试应按照使用说明书的要求进行操作,达到额定状态后才可进行试验,试验是观测数据的采集应在自动驾驶系统正常工作的情况下进行。

6.14.2.6 山地水稻收割机自动驾驶系统试验过程中应严格按照使用说明书的规定配备专职操作员,专职操作员应能够熟练的操作自动驾驶系统和驾驶拖拉机,除另有规定外或特殊情况发生不允许更换非规定的专职操作员。

6.14.2.7 试验操作可行性前,山地水稻收割机自动驾驶系统稳定运行时间应不低于 5min。

6.14.3 试验调试

6.14.3.1 选用固定基站或便携式移动基站,启动接收机并通过网络或电台模式接收基准站发出的 RTK 差分信息,通过显示器完成系统对拖拉机的校准工作,并配置完成相应设置。

6.14.3.2 山地水稻收割机自动驾驶系统设置相关的位置参考点(RVP),参考点应准确的反映实际生产作业过程中的误差,RVP 点应位于后轮之间的合适位置。

6.14.3.3 在山地水稻收割机自动驾驶系统参考点(RVP)安装对应的跟踪传感器。

6.14.4 自适应初始化时间

按 T/NJ 1139 的规定进行。

6.14.5 自动驾驶系统定位精度

按 T/NJ 1123 的规定进行。

6.14.6 自动驾驶系统直线行驶精度

按 T/NJ 1139 的规定进行。

6.14.7 自动驾驶系统直线作业精度

按 T/NJ 1139 的规定进行。

6.14.8 自动驾驶系统远程遥控装置性能

山地水稻收割机自动驾驶系统静止时，启动自动驾驶系统，径向移动远程遥控器位置，通过遥控器改变自动驾驶系统的状态，测量发射功率、响应时间及遥控器控制的最大径向距离。

6.14.9 环境感知性能

基于 6.14.2 所规定的试验条件，当山地水稻收割机自动驾驶系统静止不动时，启动自动驾驶系统，用角反射器或其他经标定的真实反射其在拖拉机的前后部分方向进行移动，观察环境感知系统的状态并记录探测距离、水平视角和垂直视角的值。

6.14.10 自动制动性能

基于6.14.2所规定的试验条件，山地拖拉机无人驾驶系统速度不高于15km/h行驶，按照GB/T 3871.6 农业拖拉机试验规程 第6部分：农林车辆制动性能的规定测试制动性能。

7 检验规则

7.1 出厂检验

山地水稻收割机自动驾驶系统的各个部件须经相关公司检验员检验合格后方可出厂，出厂检验项目为本文件中的如表1所示。

7.2 型式检验

7.2.1 检验时机

型式检验为本文件中的全部技术指标。正常情况下,每年进行一次,有下列情况之一时,也须进行型式检验:

- (1) 产品定型投入批量生产时；
- (2) 原料、设计、工艺改变有可能影响产品量时；
- (3) 停产半年以上恢复生产时；
- (4) 国家质量监督部门提出要求时。

7.2.2 检验项目

型式检验项目见表 1。

表 1 检验项目

不合格分类		项 目	出厂检验	型式检验	对应条款
类	项				
A	1	安全要求	√	√	5.2
	2	直线行驶精度	√	√	5.3.3
	3	直线作业精度	—	√	5.3.4
	4	环境感知性能	√	√	5.3.6
	5	自动制动性能	√	√	5.3.7
B	1	初始化时间	√	√	5.3.1
	2	远程遥控装置性能	—	√	5.3.5
	3	定位精度	—	√	5.3.2
C	1	表面质量检测	√	√	5.1.1
	2	线路及布置检查	√	√	5.1.3
	3	环境条件工作测试	√	√	5.1.5

注：“√”为检验项目，“—”为可不检验项目。

7.2.3 抽样方案

按 GB/T 2828 计数抽样检验程序：按接收质量（AQL）检索的逐批检验抽样计划规定正常检验一次抽样方案，采用特殊检查水平 S-1，样本量字码为 A，样本数为 2 台，具体抽样方案见表 2，其中，AQL 为接收质量限，Ac 为接收数，Re 为拒收数。

7.2.4 判定规则

评定结果按表 2 规定进行判定，样本中各类项目不合格数低于或等于接收数 Ac 时判定产品为合格状态，反之则为不合格状态。

表 2 抽样及判定方案

项目类别	A	B
项目数	3	3
样本数	2	
检验水平	S-1	
AQL	6.5	25
Ac	0 1	
Re	1 2	
注：AQL 值为每百单位产品的不合格数		

8 标志、包装、运输与贮存

8.1 标志

- 自动驾驶系统各部件标志至少应标明：
- 制造企业厂名或商标；
 - 产品型号或名称；
 - 检验标志；
 - 出厂编号；
 - 生产日期；
 - 产品执行标准编号。

8.2 包装和运输

- 8.2.1 包装采用一套一装的方式，按照内衬设计图放置，使内衬与系统间无明显滑动空隙，并符合 GB/T191 的规定。包装箱箱面文字和标记应清晰、整齐、耐久。
- 8.2.2 产品出厂时可以总装或部件包装出厂，其包装箱和捆扎件应牢固、可靠，保证各部件在不经任何修理的情况下即能进行总装。零件、附件、备件和随机专用具需用木箱或包装袋包装。
- 8.2.3 运输过程中应注意轻放、避免倒置、禁止碰撞和配备防潮措施。
- 8.2.4 产品出厂运输，应符合交通部门有关规定，保证在正常运输条件下，不损坏零部件。

8.3 贮藏

产品应贮存在干燥、通风和无腐蚀性气体的室内，露天存放时应有防雨等措施。