**ICS** 65.060.01

**CCS B** 90

**T/NJ** 1268—2021**/T/CAAMM** XXX—2021

团体标准

联合收割机远程运维管理系统

故障诊断与预测 技术规范

**Remote operation and maintenance management system for combine**

**—Fault diagnosis and prediction—Technical specification**

**（征求意见稿）**

2021-XX-XX发布

2021-XX-XX实施

**发布**

**中国农业机械学会**

**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/TC201）归口。

本文件起草单位：中国农业机械化科学研究院集团有限公司。

本文件起草人：。

联合收割机远程运维管理系统 故障诊断与预测 技术要求

# 1 范围

本标准规定了联合收割机远程运维管理系统故障诊断与预测的术语和定义、一般要求、数据要求、故障诊断与预测流程、诊断与预测结果评价。

本标准适用于联合收割机远程运维管理系统的故障诊断与预测。

# 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，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 2423.38 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验R：水试验方法和导则

# 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

## 3.1

## 故障 fault

联合收割机产品的部分或者全部功能将要或者已经失去，导致联合收割机无法进行正常作业。

## 3.2

## 故障诊断 fault diagnosis

根据监测所获得的信息，结合联合收割机的工作原理，结构特点和运行状态参数，对将要发生、已经或者正在发生的故障进行分析、判断，以确定故障的性质、类别、程度和发展趋势。

## 3.3

## 故障模式 fault mode

联合收割机故障的表现形式。

## 3.4

## 故障特征 fault characteristic

用来表征故障是否发生、严重程度的征兆参数。

## 3.5

## 故障预测 fault prognosis

根据状态监测数据确定设备或关键零部件潜在故障的过程。

## 3.6

## 故障预测模型 fault prediction model

表示用于故障预测计算的模型方法。

## 3.7

## 故障预测准确度 accuracy of fault prediction

表示故障预测模型的预测值与实际值的差异程度。

# 4 一般要求

## 4.1 故障诊断与预测终端

故障诊断与预测终端应符合下列要求：

——能够诊断与预测联合收割机的电气系统故障、液压系统故障和关键机械部件故障；

——具有过载保护措施及工作状态显示装置（或功能）；

——接线端子应具有防水措施，电源与信号接线端子应分开设置；

——与配备传感器通信的响应时间应不大于0.1 s；

——所测数据应通过无线传输方式发送至服务器，无线传输技术应不受传输距离限制，应能支持多

个监测终端同时传输。

## 4.2 故障诊断与预测适配传感器

故障诊断与预测适配传感器的灵敏度、响应频率、幅值线性度及环境性能参数应按规程进行标定，并应符合下列要求：

——灵敏度校准误差在±3%之内；

——幅值线性度不大于5%；

——横向灵敏度比不大于5%；

——响应频率小于0.5 dB。

## 4.3 故障诊断点

测量应选择在最可能诊断出故障的位置，诊断点不应对称分布，位置应做永久标记。诊断位置的设定应考虑以下因素：安全性、传感器、信号调制、对故障状态变化的高灵敏性、降低对其他影响因素的灵敏性、测量的可重复性、信号衰减或损失、可接近性、环境和费用。

## 5 数据要求

## 5.1 数据构成

联合收割机故障诊断与预测的数据应至少包括电气系统、液压系统和关键机械部件的参量。

## 5.1.1 电气系统

电气系统数据应符合下列要求：

——监测参数应包括启动器电路、充电电路、照明电路及控制电路中的实时电信号；

——可预测的故障类型应包括启动电路故障、蓄电池故障和充电故障；

——故障预测数据应满足采集数据类型覆盖与相应故障较为相关的绝大多数数据，应保证状态监

测数据以同一频率收集。

## 5.1.2 液压系统

液压系统数据应符合下列要求：

——监测数据主要包括前进压力、后退压力、冷却器进口和出口温度等；

——液压系统的故障类型应包括散热器损坏、油液污染、密封不严等；

——液压系统的故障预测的输入数据应覆盖与该系统可预测故障相关的绝大多数数据，同时保障

压力、温度等原始数据或信号处理特征以同一维度进行存储。

## 5.1.3 关键机械部件

关键机械部件数据应符合下列要求：

——监测数据应包括作业速率和喂入量等作业参量以及割台、过桥、滚筒、清选和搅龙等部件的转

速和扭矩等状态参量；

——可预测割台、过桥、滚筒、清选和搅龙等关键机械部件的堵塞。

## 5.2 数据接入要求

故障预测系统所需输入数据应通过无线传输方式发送至服务器，传输延迟应小于5 s，丢包率应小于0.2%，最高数据传输频率应大于0.5 Hz。

## 6 故障诊断与预测流程

## 6.1 一般故障诊断流程

联合收割机开机后应进行综合检查，并通过远程故障诊断面板输入联合收割机综合状态，转入远程自动监测状态，对联合收割机工作状态进行持续监测。故障诊断的典型流程见图1。



图1 故障诊断的典型流程

## 6.2 一般故障预测流程

联合收割机运行状态监测应选择合适的参数，对联合收割机当前状态进行表征。

联合收割机开机后由驾驶员进行综合检查，并通过远程故障诊断面板输入联合收割机综合状态，转入远程自动监测状态，对联合收割机工作状态进行持续监测。

联合收割机远程运维故障预测的典型流程见图2。



图2 联合收割机远程运维故障预测流程

## 6.3 故障诊断与预测原则

故障诊断与预测应遵循下列原则：

——应根据选定联合收割机的型号，确定可能出现的故障类型，设计诊断与预测系统功能；

——应设计手机端app，至少包含接收传感器数据，并具有接收并显示远程服务器诊断与预测结

果的功能；

——应设计远程服务器，至少包含接收传感器数据，并具有根据建立的诊断与预测模型辨识并输出

诊断评估等级、存储传感器数据及诊断与预测结果的功能。

## 6.4 故障诊断要求

## 6.4.1 电气系统故障诊断

电气系统故障诊断应符合下列要求：

——监测系统接线端子的防水性能符合GB/T 2423.38的规定；

——电气故障监测应至少包含蓄电池电压、发电机发电电压、粮满传感器电压、搅龙传感器电压、

电子油门电压，并应能根据已有传感器采集的参数进行特征量的筛选，建立故障的数学模型，

作为故障诊断的依据。

## 6.4.2 液压系统故障诊断

液压系统故障监测时，应至少能够检测液压变速器（HST）系统工作压力、齿轮泵出口压力、齿轮泵出口流量、拨禾轮升降控制管路油压、割台升降控制管路油压、转向系统油压。监测系统应能根据已有传感器采集的参数，进行特征量的筛选，建立故障的数学模型，作为故障诊断的依据。

## 6.4.3 关键作业状态诊断

关键作业状态诊断参量应包括前进速率和实际喂入量等作业参量以及包括割台、过桥、滚筒、清选和搅龙等核心作业部件的转速和扭矩等状态参量。

## 6.5 故障预测流程

## 6.5.1 确立故障预测对象

根据联合收割机整机及关键零部件的维护计划、要求与策略，确定联合收割机故障预测目标设备，如联合收割机割台装置、脱粒装置、动力系统、电控系统等，确定预测目标内容及指标要求。

## 6.5.2 确定表征目标设备的参数

根据设备系统在力学、电学、振动、温度等方面的特征，确定可表征设备不同状态的参数。

## 6.5.3 监测数据采集、预处理和标度转换

按照数据采集来源，对设备监测信号进行自动采集、数据预处理和标度转换。

## 6.5.4 数据远程接入

将目标设备系统不同状态监测数据特征接入远程终端或云平台，实现数据的远程获取。

## 6.5.5 故障模式及影响分析

对联合收割机的预测对象进行故障模式及影响分析，识别其潜在故障模式及其影响度，按照危害度生成故障模式排序，应选择联合收割机监测灵敏度最高的监测参数及技术，并能评估指定故障特征的变化率。

## 6.5.6 故障预测模型构建

根据目标设备系统故障历史数据分布特征，构建适合的算法模型对其故障类型和故障发生时间进行预测。

## 6.5.7 故障预测精度评估

根据故障预测结果，结合故障实际发生情况，对故障预测模型精度进行计算评估，精度不满足要求的情况下进行模型修正。

## 6.5.8 维护决策

根据故障预测模型的分析结果，制定适宜的维护决策方案。

## 7 诊断与预测结果评价

## 7.1 工作状态评价

根据远程采集的传感器参数，确定被诊断联合收割机的工作状态、危险变化情况。

## 7.2 故障诊断

## 7.2.1 故障类型

联合收割机的故障按危害程度分为轻微故障、一般故障和严重故障，见表1。根据故障诊断决策结果，确定故障类型。

表1 故障类型

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 故障类型 | 故障分数 | 联合收割机状态描述 |
| 1 | 轻微 | [0, 30) | 部分零部件出现不影响工作状态的故障，如外壳磨损、轻微破裂等，各项监测指标基本正常、稳定，作业质量不受影响。 |
| 2 | 一般 | [30, 70) | 部分零部件出现轻微影响工作状态的故障或其他具有一定安全隐患的故障，如旋转机构出现轻微噪音、高速运动件护罩破损等，各项监测指标受到轻微影响，总体工作状态稳定。 |
| 3 | 严重 | [70, 100) | 部分零部件出现影响工作状态的故障或较大的安全隐患，如脱离滚筒破裂等，部分监测指标异常，工作状态失稳。 |

## 7.2.2 故障监测结果的等级

监测结果的等级按表2规定。表中的*a、b、c*值应根据试验和联合收割机参数来确定。

表2 联合收割机故障监测等级

|  |  |
| --- | --- |
| 监测结果的等级 | 监测参数测量值与基线数据的比值*K* |
| 1 | *K*＜*a* |
| 2 | *a* ≤*K*＜*b* |
| 3 | *K*≥*b* |
| 注：1——致命故障：导致监测系统功能丧失、联合收割机无法运行的故障。  2——严重故障：在正常作业条件下，监测系统功能出现在4 h以上能排除的故障。  3——一般故障：在正常作业条件下，监测系统功能出现在0.5 h～4 h以内能排除的故障。 | |

## 7.2.3 识别与诊断结论置信度

7.2.3.1 评估识别与诊断结论置信度的相关因素包括：

——可诊断但不能重复的症状（特征）；

——未知的症状（特征）；

——与其他诊断结论无法区分的故障。

7.2.3.2 评估识别与诊断结论置信度分为3级，具体如下：

——1级：故障被准确诊断的概率低；

——2级：故障被准确诊断的概率中等；

——3级：故障能被准确诊断。

## 7.3 故障预测模型故障预测准确度

故障预测模型准确度评估指标包括故障类型预测误差和故障时间预测误差。故障预测模型对故障类型预测总次数不少于50次后，按公式（1）计算故障类型预测误差，按公式（２）计算故障时间预测误差：

**×100 　………………………………………（1）

式中：

*Ԑ*t ——故障类型预测误差；

*Nm*——故障类型预测的总次数；

*Ns* ——故障类型预测准确的次数。

故障类型预测误差分为5个等级，见表2。

表3 故障类型预测误差等级

|  |  |
| --- | --- |
| 故障类型预测误差等级 | 误差范围 |
| 高 | *Ԑ*t≤2.5% |
| 较高 | 2.5%＜*Ԑ*t≤5% |
| 一般 | 5%＜*Ԑ*t≤7.5% |
| 较低 | 7.5%＜*Ԑ*t≤10% |
| 低 | *Ԑ*t＞10% |

 ………………………………………（２）

式中：

*Ԑ*ｐ——故障时间预测误差；

*n* ——该模型预测故障时间的次数（*i*=1，2，……，*n*）；

*Tp*——预测的故障发生时间，单位为分钟（min）；

*Tr* ——故障的实际发生时间，单位为分钟（min）。

故障时间预测误差分为5个等级，见表4。

表4 故障时间预测误差等级

|  |  |
| --- | --- |
| 故障时间预测误差等级 | 误差范围 |
| 高 | *Ԑ*p≤5% |
| 较高 | 5%＜*Ԑ*p≤10% |
| 一般 | 10%＜*Ԑ*p≤15% |
| 较低 | 15%＜*Ԑ*p≤20% |
| 低 | *Ԑ*p＞20% |

## 7.5 性能要求

联合收割机在田间正常作业情况下，基于故障诊断与预测，对电气系统、液压系统和关键机械部件运行状态与参数进行监测的准确度应的诊断系统应符合表5的规定。

## 表5 电气系统、液压系统和关键机械部件运行状态参数监测准确度与

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 监测准确度 |
| 1 | 蓄电池电压 | ≤1% |
| 2 | 发电机发电电压 | ≤1% |
| 3 | 粮满状态 | ≤1% |
| 4 | 搅龙状态 | ≤1% |
| 5 | 电子油门状态 | ≤1% |
| 6 | 液压油量 | ≤3% |
| 7 | HST系统工作压力 | ≤1% |
| 8 | 齿轮泵出口压力 | ≤1% |
| 9 | 齿轮泵出口流量 | ≤1% |
| 10 | 拨禾轮升降控制管路油压 | ≤1% |
| 11 | 割台升降控制管路油压 | ≤1% |
| 12 | 转向系统油压 | ≤1% |
| 13 | 转速 | ≤3% |
| 14 | 扭距 | ≤3% |