

# 团 体 标 准

T/NJ 1427—202X/T/CAAMM XXX—202X

## 农林拖拉机和机械 生产车间 数控机床智能运维技术规范

Tractors and machinery for agriculture and forestry  
production workshops—Technical specification for intelligent  
operation and maintenance of CNC machine tools

(公示稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

中国农业机械学会  
中国农业机械工业协会

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）和全国拖拉机标准化技术委员会（SAC/TC 140）共同归口。

本文件起草单位：江苏大学、江苏林海动力机械集团有限公司、林海股份有限公司、厦门大学、第一拖拉机股份有限公司。

本文件起草人：胡永光、张雷雷、高峰、李鹏、陈彬强、王雷飞、曹新城、卿涛、罗建强、沈煜、高鸣、张冰冰、常喜萍、薛一刚、鹿永宗、陈燕、蓝启鑫、贾辉、郭丹丹、马腾。



## 引 言

数控机床可以实现农林拖拉机和机械关键零部件的高精度加工，提高整机的性能和可靠性。随着农业机械化水平的不断提高，数控机床在农林拖拉机和机械生产中的重要性越来越突出。

数控机床智能运维系统通过实时监测机床运行状态，结合数据分析和故障诊断等手段，可以发现机床故障和加工异常情况。及时发现和处理机床故障，可以减少维修机床和更换机床零部件的时间和成本，提高农林拖拉机和机械制造企业产品竞争力。合理分析加工异常情况，可以优化零部件生产流程和工艺，提高农林拖拉机和机械生产效率和产品质量。



# 农林拖拉机和机械 生产车间数控机床智能运维技术规范

## 1 范围

本文件规定了农林拖拉机和机械 生产车间数控机床智能运维技术的术语与定义、缩略语、智能运维模型、数控机床运行数据采集、动态信号预处理方法和数控机床智能故障诊断。

本文件适用于农林拖拉机和机械制造领域及其它制造领域数字化车间的数控机床智能运维监测系统的开发。

## 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/T 37942 生产过程质量控制 设备状态监测  
GB/T 39129 机床数控系统 故障诊断与维修规范

## 3 术语与定义

GB/T 37942、GB/T 39129界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**智能运维模型 intelligent operation and maintenance model**

自动采集并分析设备的各类状态数据，评估设备健康状况或故障原因，做出运维决策的数字模型。

### 3.2

**机床状态信号 machine tool status signal**

由机床各部件或系统自身状态改变或运行产生的能够反映机床健康程度、活动状态、负载水平、运行稳定水平的各类物理量。

### 3.3

**机床故障知识 machine tool failure knowledge**

一种用来存储经提炼、总结后的机床故障信息的结构化数据。

### 3.4

**故障诊断模型 fault diagnosis model**

处理输入数据，得出诊断对象健康状况或故障信息的一种数据计算模型。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ADM: 模数转换模块 (Analog to Digital conversion Module)

CNN: 卷积神经网络 (Convolutional Neural Network)

ERP: 企业资源计划 (Enterprise Resource Planning)

- MES: 制造执行系统 (Manufacturing Execution System)  
I/O: 输入/输出 (Input/Output)  
IIR: 无限冲击响应 (Infinite Impulse Respons)  
PLC: 可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)  
RMSE: 均方根误差 (Root Mean Square Error)

5 数控机床智能运维模型

数控机床智能运维模型见图 1，主要包括运行数据采集、动态信号预处理、故障诊断和车间管理功能，运维模型功能间以及模型与外部的联系。

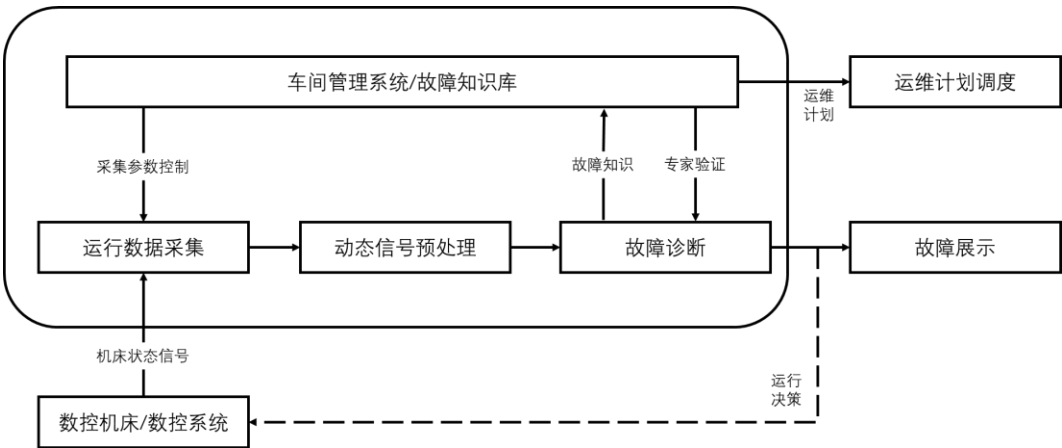


图 1 数控机床智能运维模型

具体功能如下：

- a) 运行数据采集功能：根据故障诊断功能的需求，对机床部件及数控系统运行过程中的状态信号进行采集，并对异常值进行清洗；
- b) 动态信号预处理：对采集的高频动态信号进行工频干扰消除、降噪等处理，提高信号信噪比。根据故障诊断功能的需求，对信号进行特征提取，减小数据维度；
- c) 故障诊断：对采集的机床运行数据进行分析处理，得出故障知识等诊断结果；
- d) 车间管理：存储及图形化展示机床运行数据。对接收的故障知识等故障信息进行验证，根据验证结果安排运维计划。

6 数控机床运行数据采集

6.1 采集内容

6.1.1 采集内容分类

数控机床运行数据采集内容分为静态信号和动态信号。

6.1.2 静态信号

在机床运行过程中缓慢变化的信号为静态信号，包括机床电气柜温度、湿度等，静态信号的最小描述集如下：

- 信号来源：采集信号的位置，应具体到机床部件；



——信号类别：信号表示的物理量类型，如振动、电流等。

### 6.1.3 动态信号

在机床运行过程中快速变化的信号为动态信号，包括主轴振动信号、电机驱动电流等，动态信号的最小描述集如下：

- 信号来源：采集信号的位置，应具体到机床部件；
- 信号类别：信号表示的物理量类型，如振动、电流等；
- 采样长度：信号序列的数据点个数；
- 采样频率：采集信号的 ADM 在单位时间内的数模转换次数。

## 6.2 采集方法及要求

### 6.2.1 采集方法

采集机床运行数据应采用自动采集方式，采集过程中不应影响机床正常工作和一般操作规范，基于运行数据特性，可选用下列方法：

- a) 基于 PLC 的数据采集：采用数据采集模块通过 PLC 对机床 I/O 点进行数据采集的过程；
- b) 基于用户宏定义的数据采集：利用在数控系统中嵌套宏程序，读取宏指令达到采集当前程序名、加工开始和结束时间、当前加工参数等机床数据的过程；
- c) 基于数控系统接口的数据采集：利用机床数控系统的通信接口和协议开发采集软件，实现采集机床内部参数的过程；
- d) 基于外部传感器的数据采集：在机床外部安装传感器采集机床数据的过程。

### 6.2.2 采集要求

机床运行数据采集应具备清洗异常值的能力，判断异常值可选用下列方法：

- a) 基于阈值的异常值检测：确定信号幅值的合理区间，判定不在区间中的对象数据为异常值；
- b) 基于分布的异常值检测：确定信号的分布模型，判定该模型低概率区域中的数据为异常值；
- c) 基于聚类的异常值检测：确定信号的正常类簇，判定无法聚类成簇的数据为异常值。

## 7 动态信号预处理方法

### 7.1 消除工频干扰

应消除采样频率大于 100 Hz 的动态信号中的工频干扰成分，可选用下列方法：

- a) 滤波法：通过设计陷波器和带阻滤波器，滤除信号中的工频及其谐波成分；
- b) 频谱校正法：利用频谱校正法计算工频及其谐波的重构信号，并从原信号中去除该重构信号，实现工频干扰的消除。

### 7.2 降噪

信号降噪方法包括但不限于：

- a) 小波阈值降噪法：将原始信号通过小波变换转换到小波域中，然后利用小波系数的统计特性来确定一个适当的阈值，根据阈值对小波系数进行合理的处理，从而实现对噪声的抑制和滤除；
- b) 自适应滤波降噪法：估计原始信号中的噪声功率谱密度和信号功率谱密度，并通过它们来确定一个滤波器系数，然后将这个滤波器应用到原始信号中，从而实现对噪声的抑制和滤除；

- c) 谱减法降噪法：将原始信号和噪声信号通过傅里叶变换转换到频域中，然后将信号频谱减去噪声频谱，再通过傅里叶逆变换得到降噪信号，从而实现对噪声的抑制和滤除。
- d) 独立分量分析降噪法：获取原始信号的混合观测数据，然后通过独立分量分析技术将其分解成多个相互独立的分量，在分量上估计信号和噪声的功率谱密度，并通过滤波等方法对噪声进行抑制和滤除。
- e) 经验模态分解降噪法：将原始信号分解成多个固有模态函数，再对每个固有模态函数进行滤波和重构，从而实现对噪声的抑制和滤除。
- f) 自相关降噪法：计算信号的自相关函数，然后对自相关函数进行峰值检测，找到信号中的主要周期性成分，再通过对信号进行滤波和逆变换，将周期性成分从信号中移除，从而实现对噪声的抑制和滤除。

### 7.3 特征提取

可提取信号特征类别包括但不限于：

- a) 时域特征：反映信号波形分布特性的有量纲或无量纲指标，包括峰值、均值、均方根、标准差、波形因子、脉冲因子等；
- b) 频域特征：反映信号在不同频率上功率和能量分布的指标，包括平均频率、重心频率、均方根频率、标准差频率等；
- c) 时频域特征：通过小波变换、经验模态分解等时频分析方法，在时间和频率两个维度上对信号进行分析后所提取的特征；
- d) 熵特征：通过熵理论对信号进行分析，所提取的可以衡量信号复杂性和不确定性的特征。

## 8 数控机床智能故障诊断

### 8.1 故障知识

机床故障知识应至少包含以下内容：

- a) 故障编号：故障编号是故障在故障知识库中的索引；
- b) 故障名称：对故障简洁、直观的表述，故障名称不宜过长，应不超过 20 个字符长度；
- c) 故障阶段：故障在其发展周期内的所属阶段，应区分为早期、中期和后期，不同阶段可对应不同的故障程度，对于快速产生和发展的故障可只区分中期和后期或仅区分为后期；
- d) 故障程度：故障产生的危害程度，可分为轻度故障、中度故障和重度故障等，用来反映故障产生后进行停机维修的迫切性；
- e) 故障原因：故障发生的原因，可从部件故障、人为原因、环境原因等方面表述；
- f) 维修方法：消除故障影响的方法。

### 8.2 故障知识库

机床故障知识库指机床故障知识的集合，应至少满足以下要求：

- a) 明确性：描述故障的结构必须明确且保持一致，故障编号和故障名称应具备唯一性；
- b) 简洁性：故障知识库中对故障各部分的表述应做到简洁，不同知识间不应存在雷同和冗余；
- c) 完备性：通过设置无故障、未知故障等方式使故障知识库形成对机床所有运行状态的完备描述；
- d) 可维护性：故障知识应是可修改的，同时故障知识库应该可以增加和删除故障知识。

### 8.3 智能诊断方法

#### 8.3.1 物理模型驱动方法

通过建立被监测机床零部件的物理模型，模拟此部件运行过程中的瞬态和稳态行为，从而评估部件运行状态。具体方法包括但不限于：

- a) 状态估计法：计算物理模型与状态观测器输出值对应的残差值，通过判断残差值的大小进行故障诊断。
- b) 参数估计法：通过计算物理模型输出值与正常值的偏差情况进行故障诊断。
- c) 等价空间法：通过将物理模型的状态空间划分为多个等价类，然后检测模型在不同等价类之间的转移是否符合预期，从而判断系统是否存在故障。

### 8.3.2 数据驱动方法

直接分析机床运行数据完成故障诊断，具体方法包括但不限于：

- a) 统计分析法：通过统计学方法分析监测数据与故障间的相关性，从而进行故障诊断；
- b) 信号处理法：通过时域、频域及时频域等信号处理方法，分析监测数据在幅值、相位、频率、相关性、稳定性等方面与故障的关联性，从而进行故障诊断；
- c) 人工智能法：通过历史数据，训练模型从而改变模型内部参数，使模型输出与输入数据标签相一致，进而通过训练后的模型进行故障诊断。

### 8.4 诊断要求

故障诊断方法应该至少符合下列要求：

- a) 时效性：诊断过程所需时间不宜超过2 s；
- b) 准确性：诊断准确率应在98%以上；
- c) 有效性：诊断结果应至少包含故障名称及故障阶段。

### 8.5 诊断结果展示方式

可选择以下方式展示诊断结果：

- 机床指示灯：可通过设置指示灯颜色指示当前机床运行状态；
- 扬声器：通过语音提示机床故障的产生及对应的故障名称；
- 车间显示屏：用于显示故障机床编号、运行状态、故障名称等内容；
- 操作终端：用于展示当前机床运行数据变化曲线、运行状态、故障知识等内容；
- MES/ERP：用于记录并展示机床运行数据、运行状态、故障知识等内容。