



团 体 标 准

T/SCGS 317003—2023

数控加工刀具状态监测数据采集规范

Data acquisition specifications of NC machining tool condition monitoring

2023-12-23 发布

2023-12-24 实施

中国图学学会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 数据采集内容分类	1
4.1 数据采集分类	1
4.2 数据采集内容	1
5 数据采集方法	2
5.1 监测信号数据采集方法	2
5.2 标签数据采集方法	2
6 数据采集过程和要求	2
6.1 监测信号采集流程和要求	2
6.2 标签信号采集流程和要求	3
7 应用示例	5
附录 A (资料性) 刀具状态监测数据采集实例	6
附录 B (资料性) 标签数据采集	8
参考文献	10

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。

本文件由南京航空航天大学提出。

本文件由中国图学学会归口。

本文件起草单位：南京航空航天大学、成都飞机工业(集团)有限责任公司、雁栖湖基础制造技术研究院(北京)有限公司。

本文件主要起草人：李迎光、刘长青、牟文平、李德华、华家玘、王宁坤、朱绍维、冯峰、郝小忠、姜振喜、代凯宁、钱昱辰、刘宽。

引 言

为满足新一代装备的性能需求,零件必须具备高精度、高强度、高性能的特点,而数控加工作为制造领域的关键技术,在制造中占据主导地位。加工过程的状态预测是实现智能数控加工的关键,对刀具进行精确预测,可以有效地提高加工质量和效率,降低加工成本。

刀具磨损过程异常复杂,基于数据驱动是预测刀具状态的有效方法,本文件提出了反应刀具状态信号的种类、采集流程、监测信号去噪方法及刀具状态检测方法。本文件指导加工系统采集,为刀具状态预测提供了数据基础。

高质量的监测数据是精确预测刀具状态的前提,本文件指导监测信号采集流程、数据处理及刀具检测,为刀具状态预测提供高质量数据。

本文件的发布机构提请注意,声明符合本文件时,可能涉及到专利(CN2017110971614.8)“一种面向自适应加工的几何信息-工艺信息-监测信息关联方法”相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺,他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下,就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得:

专利持有人姓名:刘长青、李迎光、王强、华家珏、牟文平

地址:江苏省南京市秦淮区御道街29号南京航空航天大学明故宫校区

请注意除上述专利外,本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

数控加工刀具状态监测数据采集规范

1 范围

本文件规定了数控加工过程中刀具状态监测数据采集的内容分类、方法流程、要求、及实施要求。本文件适用于数控加工过程中刀具状态信息的数据采集。

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 2298—2010 机械振动、冲击与状态监测 词汇

GB/T 32335—2015 机械振动与冲击 振动数据采集的参数规定

GB/T 33863.8—2017 OPC 统一架构 第8部分:数据访问

3 术语和定义

GB/T 32335、GB/T 33863.8 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

刀具劣化形式 tool failure mode

包括侧面磨损、凹槽磨损、裂纹、刃边微崩、破损。

3.2

采样频率 sampling frequency

单位时间内从连续信号中提取并组成离散信号的采样个数。

3.3

计算机数字控制 computer network control;CNC

由计算机完成数值计算,并直接发出控制指令参与控制过程。

3.4

控制系统工业接口标准 ole for process control;OPC

针对现场控制系统的工业接口标准。

4 数据采集内容分类

4.1 数据采集分类

数据采集按采集对象分为:

- a) 监测信号数据;
- b) 标签数据。

4.2 数据采集内容

4.2.1 监测信号数据包括机床主轴信号、外接传感器信号。

4.2.2 标签数据为刀具状态。

5 数据采集方法

5.1 监测信号数据采集方法

通过与数控系统通信、外接传感器等方法获取不同监测信号。

5.2 标签数据采集方法

通过显微镜检测刀具切削区域的状况。

6 数据采集过程和要求

数控加工刀具状态监测数据采集的内容包括但不限于：

a) 机床内部传感器信号

机床内部的机床主轴电流、功率及伺服电机信号反映刀具状态。

b) 外接传感器信号

常用的外接传感器信号包括切削力、振动、声发射等。

6.1 监测信号采集流程和要求

6.1.1 流程

流程由布置传感器、信号同步关联、信号去噪等组成，见图 1。

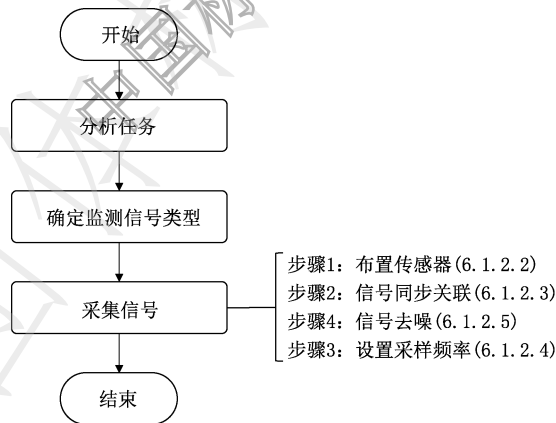


图 1 监测信号采集流程图

6.1.2 监测信号采集要求

6.1.2.1 分析任务确定监测信号类型

根据任务目的及实际条件选择采集信号的类型，采集的数据既能实现后续目的，又在当前场景下可行。

6.1.2.2 布置传感器

获取监测信号试验要求如下：

- a) 监测设备布置的过程中要保证设备布置有序、不影响加工。
- b) 测力刀柄易受噪声影响,测力刀柄信号接收器与测力刀柄应距离近、遮挡少。
- c) 确保相应传感器紧贴工件。

6.1.2.3 信号同步关联

信号采集过程中应采用统一的信号采集模块,使用同步脉冲信号控制各信号采样时间起点,确保所有信号的起点时间一致。控制各信号同步采集后,以时间为锚点,实现不同频率信号的关联匹配。实际采集过程按照 GB/T 33863.8—2017。

6.1.2.4 设置采样频率

信号的采样频率满足如下要求:

外接传感器的采样频率根据刀具每齿实际切削频率和采集频率放大系数决定,每齿切削频率由机床实际转速与刀具齿数计算,采集频率放大系数根据采样定理宜选取范围为 2.56~4,如式(1)所示:

$$f > n/60 \times z \times k \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- f —— 采样频率,单位为赫兹(Hz);
- n —— 机床主轴转速,单位为转每分(r/min);
- z —— 刀具齿数,单位为个;
- k —— 采集频率放大系数。

振动信号按照 GB/T 2298—2010,信号采集过程按照 GB/T 32335—2015。

通过与机床建立 OPC 通信,采集机床主轴电流/功率/扭矩信号的采样频率,应根据机床实际采样频率调整。

6.1.2.5 信号去噪

原始信号预处理应按如下步骤执行。

- a) 缺失值处理:删除缺失值所在部分,在缺失值处进行插值处理。
- b) 异常值处理:搜寻并定位疑似异常值,通过与附近的极值对比进行判别,删除异常值所在部分,在异常值处进行插值处理。
- c) 信号漂移处理:通过对数据进行去趋势处理滤除零点漂移,即对数据减去 1 条最优的拟合曲线,去趋势后的数据均值应为零。
- d) 切削过程信号截取:根据刀位点判断刀具切入、切出时刻,并截取切削过程信号。

6.2 标签信号采集流程和要求

6.2.1 流程

流程由准备检测系统、确定检测区域、刀具对焦及检测刀具状况等组成,见图 2。

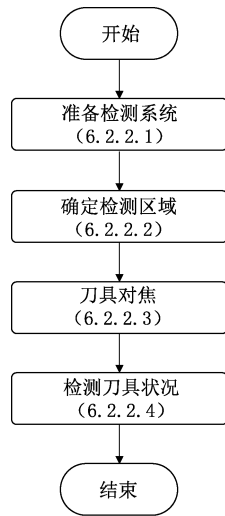


图 2 标签信号采集流程图

6.2.2 检测刀具状态要求

6.2.2.1 获取标签试验要求

获取标签试验要求如下：

- a) 检测过程中应寻找合适的刀刃识别标志,检测所有刀刃；
- b) 当显微镜放大倍数较大时,显微镜的视野较小,确保刀具劣化最为严重的区域在视野范围内；
- c) 刀具劣化严重区域要准确对焦；
- d) 常见的刀具劣化形式包括:刀具磨损、微崩、崩刃,应检测各种形式的劣化；
- e) 人为因素影响检测精度,要对同一目标进行多次检测,取平均值为检测结果；
- f) 检测过程中应去除刀具表面附着的切屑及油污。

6.2.2.2 准备检测系统

刀具状况检测方式包括刀具在线检测、离线检测等方式：

- a) 刀具在线检测:将检测系统安装到机床工作台,以刀具在线的方式检测；
- b) 刀具离线检测:将刀具从机床取下,放置于显微镜检测刀具状况。

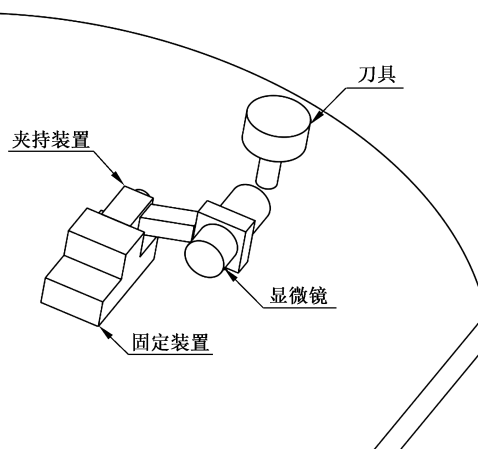


图 3 刀具在线检测系统示意图

6.2.2.3 确定检测区域

检测切削区域内的刀具状况,一般为刀具切削深度内区域。

6.2.2.4 刀具对焦

刀具对焦应满足如下要求:

- a) 检测刀具状况时,机床暂停加工,将检测系统安置于工作台,对焦第 1 个刀刃的切削区域;
- b) 检测第 1 个刀刃后旋转刀具,再检测其他刀刃。

6.2.2.5 检测刀具状态

检测刀具状态需满足如下要求:

- a) 加工前检测切削刃原始宽度;
- b) 加工过程中刀具切削刃原始边界消失,刀具劣化程度计算方法见附录 A 中 A.2。

7 应用示例

刀具状态监测数据采集示例见附录 B。

附录 A
(资料性)
标签数据采集

A.1 刀具劣化形式

切削过程中,刀具切削部分压力大、温度高,劣化形式复杂,常见的劣化形式包括:侧面磨损、凹槽磨损、裂纹、刃边微崩、破损。检测刀具过程中需要识别刀具的劣化形式并且分别进行测量,以上的几种刀具磨损形式如图 A.1 所示。

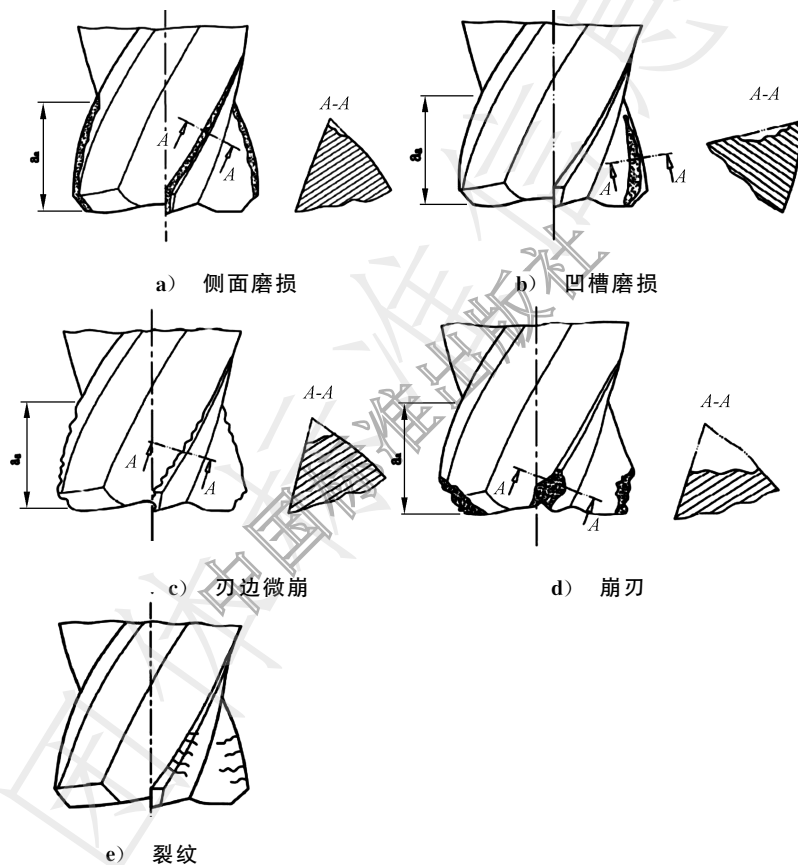


图 A.1 5 种常见刀具劣化形式

A.2 刀具检测

实验过程中应根据刀具、工件材料、加工参数等因素设置刀具检测频率。以下以刀具磨损为例,展示劣化程度的检测方式。一般的刀具(微铣刀除外)精加工过程中,处于初期磨损阶段时刀具磨损量为 $0\text{ mm}\sim 0.1\text{ mm}$,正常磨损阶段为 $0.1\text{ mm}\sim 0.3\text{ mm}$,磨损量达到 0.3 mm 刀具报废,刀具寿命试验参照 GB/T 16459—2016、GB/T 16460—2016。具体的刀具磨损判别标准应根据刀具、加工任务的要求灵活设置。

对焦后完成后通过显微镜对刀具进行拍摄,测量刀具磨损量。为减少人为因素对测量精度的影响,对每个刃均测量 3 次,并将 3 次测量的平均值作为刀具磨损量。随着加工的进行刀具原始切削刃消失,此时依然将刀具磨损带宽度作为刀具磨损量将会带来不可预估的误差,因此,需要测量刀具后刀面

未磨损带宽度,通过未磨损带宽度计算刀具磨损量,见式(A.1)。

$$VB_{\max} = W_f - W_{\min} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

VB_{\max} ——需要测量的后刀面最大磨损宽度,单位为毫米(mm);

W_f ——后刀面原始宽度,单位为毫米(mm);

W_{\min} ——切削深度内后刀面最窄宽度值,单位为毫米(mm)。

中国团体标准出版社

附录 B

(资料性)

刀具状态监测数据采集示例

B.1 传感器布置

为使获取的监测信号有效反映加工状态,应合理布置传感器。加工过程中采用两向加速度传感器监测振动信号,刀具磨损引发的振动更多体现在工件上,为在后续的预测刀具状态过程中排除工件几何影响,分别在工件的 X、Y 两侧设置传感器。切削力有两种监测方式,采用测力刀柄如图 A.1a)所示,采用测力仪如图 B.1b)所示。其他传感器的布置方式参照上述原则。

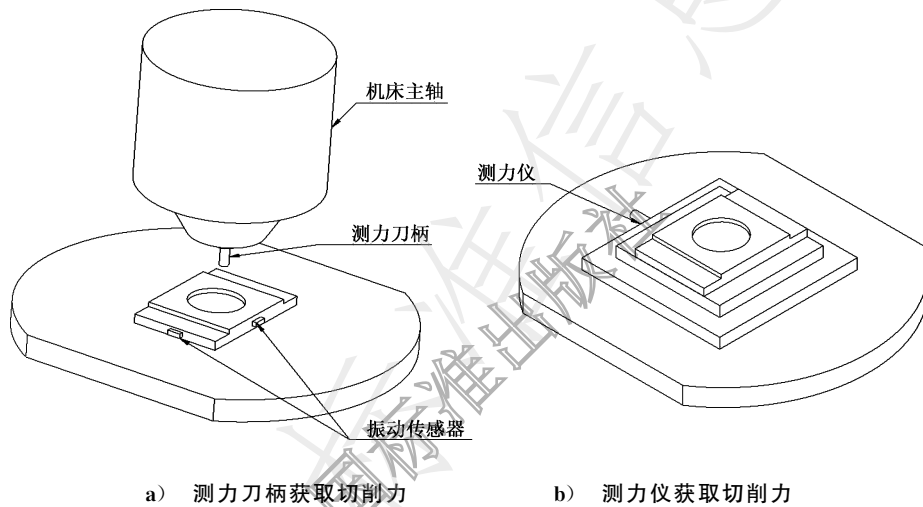


图 B.1 不同传感器布置方式

B.2 多源异构数据同步关联

加工过程中的采集数据包括机床内部信号、外置传感器信号。首先,基于 RTSI 总线和 OPC 通信协议分别实现机床内部信号及外置传感器信号的同步采集,然后,通过共享触发和时钟的方式将两者融合到系统框架中,实现多源数据的同步采集。

本方法采用不同的 LabVIEW 工具包进行统一的图形化编程,实现数控加工过程数据的实时监测与采集的可视化,降低了程序开发的标准,简化了硬件连接步骤,便于实现信号采集。系统支持的测量信号包括温度、压力、振动、声音、电压、电流、频率、光、电阻、脉冲、周期和数字信号等。DAQmx 为用户和设备提供了多种数据采集模块。在 LabVIEW 编程环境下,将数控加工外部传感器数据和机床内部数据的采集模块添加到同一个项目中,使用对应的 VI 同时读取多张采集卡的缓存信息和机床内部的 PLC 寄存器信息,将获得的多源信息绑定。在统一的时基下,采用相同触发方式、采样模式和采样频率,搭建多任务并行处理程序,实现了多源数据采集的同步触发和存储。同步采集架构见图 B.2。

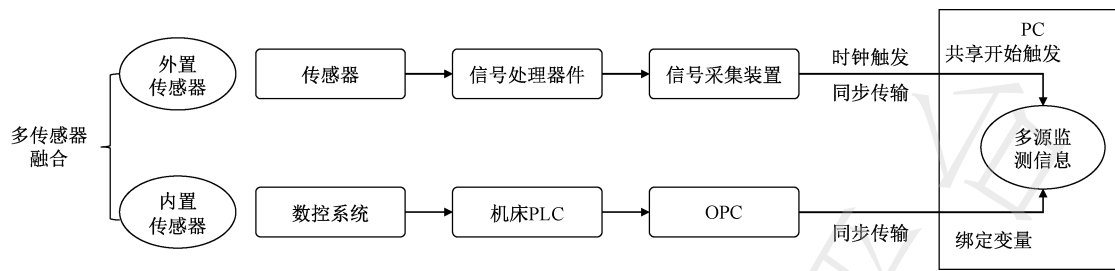


图 B.2 多源数据同步采集架构

参 考 文 献

- [1] GB/T 16459—2016 面铣刀寿命试验
 - [2] GB/T 16460—2016 立铣刀寿命试验
-