

主轴抓松刀机构寿命预警功能技术研究

邓鸿一 关铁达

哈尔滨飞机工业集团有限责任公司 黑龙江省哈尔滨市 150060

摘要：

主轴作为数控设备切削核心，故障时直接造成设备停机，无法继续工作。由于主轴自身价格较为昂贵，且维修周期长达数月，例如抓松刀机构突发故障时常造成设备长时间停机，严重影响设备使用效率，进而影响公司科研生产的顺利进行。

主轴出现故障频率最高的故障是抓松刀机构内碟簧疲劳损坏。碟簧作为标准件有可参考疲劳寿命。在数控系统中增加主轴碟簧疲劳寿命预警功能，提前做好主轴维修更换准备。在防止主轴出现突发故障的同时，可提前对主轴进行计划维修，大大缩短维修周期。

关键词：数控设备；新技术

一、技术方案、性能指标及应用领域

(一) 技术方案

1、针对设备所用主轴碟簧进行疲劳性参考值分析

主轴抓松刀工作原理：拉爪或拉钉套在没有拉刀时处于预负荷自由状态。拉刀时气缸推动拉杆向前动作，推动拉钉套（或拉爪）向前动作，当拉钉套（或拉爪）达到拉刀位置时，自动或手动将刀柄推入主轴锥孔，气缸后退，拉杆在碟簧力作用下后退带动拉钉套或拉爪后退拉紧刀柄；松刀时，气缸向前动作推动拉杆和拉钉套（或拉爪）向前动作，到达拉刀位置时，拉钉套或拉爪松开刀柄并推动刀柄向前动作，自动或手动将刀取下。碟簧选取原则为：1、根据转子轴的直径尺寸初选碟簧的型号范围，在轴尺寸允许的范围尽可能选用外径大的碟簧。2、碟簧在最大压缩量时（即松刀时的行程）所需要的压力不允许大于气缸（或油缸）的最大推力。3、碟簧在松刀时的压缩量 f （即最大压缩量）最好不大于极限行程 75%，否则碟簧容易疲劳失效。

叠合组合碟簧由二个同方向同规格的碟簧组成，在不计摩擦力时对合组合碟簧由 i 个相向同规格的碟簧组成，在不计摩擦力时复合组合碟簧由 i 组相向同规格的叠合组合碟簧组成，在不计摩擦力时，摩擦力对特性线的影响在碟簧应用中，摩擦力对特性线的影响必须考虑。摩擦力与碟簧组合方式、每组叠合片数有关，也受碟簧表面质量及润滑情况的影响由于摩擦力的阻尼作用，叠

合组合碟簧比理论计算增加了刚性，对合组合碟簧的各片变量将依次递减在冲击负荷下使用的组合碟簧，其外力的传递对各片也将依次递减，所以组合碟簧的片数不宜用得过多。负荷分类、许用应力负荷分类静负荷：作用负荷不变或在长时间内只有偶然变化，在规定寿命内变化次数小于 10000 次。

变负荷：作用在碟簧上的负荷在预加负荷 F 和工作负荷 F 之间循环变化，在规定寿命内变化次数大于 10000 次。

静负荷作用下碟簧的许用应力

静负荷作用下的碟簧，应通过校验 OM 点的应力 Q_{OM} 来保证自由高度 H 的稳定。在压平时的 Q_{OM} 应接近碟簧材料的屈服极限 Q_s ，对于材料为 GB/T1222 的 60Si2MnA 或 50CrVA 的钢制碟簧， $Q_s=1400-1600$ N/mm。

变负荷作用下碟簧的疲劳极限变负荷作用下碟簧的使用寿命可分为：

a) 无限寿命可以承受 2 百万次或更多加载次数而不破坏

b) 有限寿命可以在持久强度范围内承受 1 万 - 2 百万次有限的加载变化直至破坏。

对于承受变负荷作用的碟簧，疲劳破坏一般发生在最大拉应力位置 I 或 II 处，是 I 点还是 II 点，取决于 $C= D/d$ 值和 h_0/t （无支承面）或 $K, (h_0'/t')$ （有支承面）图为判断最大应力位置（疲劳破坏关键位置）的曲线。

2、根据设备底层 PLC 中换刀机构相关功能，增加松抓刀计数程序功能，实现主轴碟簧寿命记录

根据《GB_T_1972-2005（碟形弹簧）》和电主轴的松抓刀机构在实际使用中的寿命。可确定电主轴所使用的碟形弹簧为有限寿命可以在持久强度范围内承受 1 万次。因而为主轴碟簧寿命极限设定为 1 万次。

电主轴在有刀抓刀和无刀抓刀时碟形弹簧均受到负荷，因而将记录碟簧寿命的信号点选为松刀信号，对此记录功能编程如下：

33.5（松刀信号）累计值赋值于 DB300.DBDO（自写未使用空位），并编写 DB300.DBDO 内容为 SpindleClampCount，变量号为 DW#16#0。致使每一次抓松刀动作均有计数，可于系统中看到当前已完成的抓松刀动作次数机电主轴碟簧已使用次数。当 DB300.DBDO 中赋值超过 10000 时将输出至 DB2.DBX192.0，此信号点将调用 700132 文本。

3：增加主轴碟簧寿命预警功能，作为实际主轴维修预警提示功能

700132 文本为报警文本空文本，将其编辑为 CLAMP 10000 ALREAY，作为提示报警输出，提示报警并不中断设备工作，仅作为提示内容悬挂，告知主轴碟簧寿命已到，需更换碟簧。

也可根据不同碟簧的使用程度和采购周期调整记录报警的阈值，有效确定预维护周期和易损件的采购周期，亦可随时查看记录变量（DB300.DBDO）提前做好预维护准备。

当主轴维修更换后将 DB300.DBDO 赋值置零，进行新一轮的重新计数。

（二）性能指标

1. 此项开发功能直接应用于主轴寿命记录，用于主轴预维护。

2. 可扩展应用于其他机械结构的运动计数和疲劳寿命预测。

（三）应用领域

本功能设计直接应用于数控钣金下料铣，该设备主轴使用量饱满，极大影响了主轴的使用寿命，维修频率为 1-2 年，因而需要对主轴的剩余寿命进行预测。

本功能可实际确切的解决主轴剩余寿命预测，便于提前做好维修计划，明确预判故障，避免发生突发故障，同时减少维修周期，在碟簧寿命将至时可进行备件储备。

同时此功能原理不仅限于主轴抓松刀机构的寿命预测，通过选取其他机械信号检测变量，也适用于其他数控设备的机械频繁运动结构的剩余寿命预测。

二、与国内外同类技术的比较分析

国内外设备及部件寿命预测多通过整体实际疲劳测试进行确定，此技术通过对局部易损的标准件的疲劳数据引用，在系统中对相应的进行相关信号点进行编程计数，并将计数结果直观的反馈到系统上，可直观的看到主轴的剩余寿命。

三、创新点

1. 本功能可直接应用于主轴寿命预测，并可扩展为其他机械结构的寿命预测，功能独立，不对原系统造成干涉。有效预测、确定维修周期，避免主轴突发故障，极大缩短停机维修时间。

2. 碟形弹簧的寿命次数研究根据《GB_T_1972-2005（碟形弹簧）》和电主轴的松抓刀机构在实际使用中寿命的分析研究。数据可靠，准确。

3. 本技术实施后可对主轴寿命进行实时查看，当碟簧寿命已到时将直接出现报警提示告知，报警直观有效。

四、社会效益及经济效益

通过本次开发的主轴抓松刀记录及寿命报警功能在数控钣金下料铣上的实际应用。达到了对主轴寿命预测的功能需求，可明确维修周期，避免主轴非人为损坏的突发故障，可提前做好维修计划，减少备件周期造成的停机损失，提高设备使用效率。

结束语

设备是公司科研生产的基础，为保障公司设备的稳定运行，需合理展开设备预防性维护工作。结合具体的关键设备现有情况，计划并完成设备预防性维护的工作，达到规避故障，规避风险，规避生产安全隐患。从而使设备能够处于良好的运行状态，增加设备稳定性与安全性，实现公司科研生产的顺利发展。

参考文献

[1] 张魏，许鸿林. 浅析电气自动化控制中人工智能技术应用. 建筑设计及理论, 2021-12.

[2] 高磊，高利波. 浅析电气自动化控制中人工智能技术应用. 电力系统及自动化, 2021-03.