

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2019.11.014

基于多传感器的新型电动刀架及其监控系统研究*

赵 飞^{1,2}, 唐 乾¹, 赵帅楠¹, 王 骏¹, 张 铮¹

(1. 无锡职业技术学院 机械技术学院, 江苏 无锡 214121; 2. 江苏大学 流体机械研究中心, 江苏 镇江 212013)

摘要:针对当前电动刀架无法有效进行加工过程刀具状态感知和监控等问题,对电动刀架的机械结构及监控系统进行了研究,提出了一种新型四工位电动刀架机械结构。设计了基于霍尔传感器、温度传感器、加速度传感器、PLC及触摸屏的新型电动刀架监控系统,实现了刀架内旋转部件中传感器的持续供电与数据监控;对新型电动刀架及其监控系统进行了点动换刀、自动换刀、刀具温度及振动实时监测等功能的测试。研究结果表明:新型四工位电动刀架换刀速度优于900 ms/工位,可有效监测刀具工作状态,使得机床切削加工过程更加智能。

关键词:四工位电动刀架;换刀速度;机械结构;监控系统

中图分类号:TH122;TP23

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2019)11-1198-05

Electric tool-holder and its monitoring system based on multi-sensor

ZHAO Fei^{1,2}, TANG Qian¹, ZHAO Shuai-nan¹, WANG Jun¹, ZHANG Zheng¹

(1. School of Mechanical Technology, Wuxi Institute of Technology, Wuxi 214121, China;

2. Research Center of Fluid Machinery Engineering and Technology, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Aiming at the problem that the current electric tool holder cannot effectively perceive and monitor the tool state in the process of machining, the mechanical structure and monitoring system of the electric tool holder were studied. A new mechanical structure of the four-position electric tool holder was proposed. A new type of electric tool holder monitoring system based on Hall sensor, temperature sensor, acceleration sensor, PLC and touch screen was designed, which realizes the continuous power supply and data monitoring of the sensor in the rotating parts of the tool holder. The new electric tool holder and its monitoring system were tested for the functions of point change, automatic tool change, real-time monitoring of tool temperature and vibration. The results indicate that the speed of tool change of the new four-position electric tool holder is better than 900ms/station, which can effectively monitor the working state of the tool, and make the cutting process of the machine tool more intelligent.

Key words: four-position electric tool holder; speed of tool change; mechanical structure; monitoring system

0 引 言

刀架是机床的重要部件,用于装夹固定刀具,其性能直接影响机床加工性能和运行可靠性^[1-4]。四工位刀架可以安装4把刀具,根据其换刀方式的不同,可以分为四工位手动换刀刀架和四工位电动换刀刀架两类。前者多用于普通车床,后者多用于数控车床。根据具体工作原理,四工位电动刀架又分为齿盘啮合型

电动刀架、液压型电动刀架和伺服/步进型电动刀架等不同种类,其中齿盘啮合型电动刀架具有价格低、结构可靠、性能稳定等优点^[5-7],使用较为广泛。

目前,各种形式的四工位电动刀架功能大都较为单一^[8-12],无法有效地进行加工过程刀具状态的感知和监控。

针对当前电动刀架的不足,本文开发一种基于多传感器的新型电动刀架及其监控系统,实时采集刀具

收稿日期:2019-07-16

基金项目:国家自然科学基金资助项目(11602097);江苏高校品牌专业建设工程项目(PPZY2015A086);无锡职业技术学院科研项目(ZK201804)

作者简介:赵飞(1982-),男,江苏张家港人,博士研究生,讲师,主要从事测控技术及流体机械等方面的研究。E-mail:zhaof@wxit.edu.cn

的温度和振动等信息。

1 电动刀架机械结构设计

新型四工位电动刀架由刀架本体、机夹车刀、信号采集盖和电动刀架监控系统组成。电动刀架监控系统由 PLC、触摸屏、外围电路等部分组成。

其机械部件图如图 1 所示。

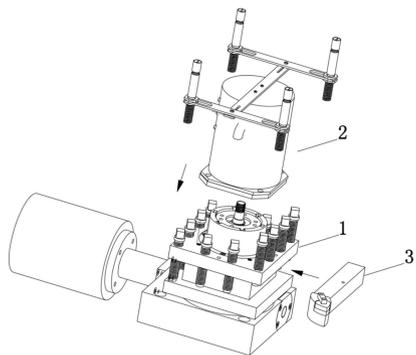


图 1 新型电动刀架机械部件图

1 - 刀架本体;2 - 信号采集盖;3 - 机夹车刀

刀架本体采用蜗轮蜗杆传动,离合销和离合盘导向,上刀体和下刀体的端面齿相互啮合定位锁紧的结构。

发讯盘固定在中轴上部,发讯盘内圆周方向均布有 4 个霍尔传感器。在中轴上端设有中轴走线孔,用于发讯盘上的霍尔传感器供电线、信号线的走线。

罩座固定在上刀体顶端,罩座内部凹槽内嵌有磁铁,当上刀体旋转时,磁铁会接近发讯盘上的各个霍尔传感器,霍尔传感器发出信号给刀架控制器,从而可以感知刀具位置。

信号采集盖装配在刀架本体上,信息采集盖用于采集机夹车刀刀片的温度和振动信息。

刀架本体爆炸图如图 2 所示。

信号采集盖由电磁屏蔽层、无线充电发射模块、无线充电接收模块、内铝盖、外铝盖、固定支架、加速度传感器、无线传感器和红外温度传感器等部分构成。

信号采集盖中内铝盖内有 3 层抽屉,上层抽屉放置无线传感器,通过无线方式将汇总的温度、加速度信息发送到独立设置的控制器中;中层抽屉放置加速度传感器,采集刀体振动信息;下层抽屉放置无线充电接收模块(将磁能转换为电能),给加速度传感器、无线传感器、红外温度传感器、机夹车刀上的温度传感器提供直流电源。

在无线充电接收模块正下方设有与刀架本体中轴螺纹连接的无线充电发射模块(将电能转换为磁能)和电磁屏蔽层;无线充电发射模块的供电电源通过中轴的通孔接入,电磁屏蔽层的作用是隔离无线充电模块的磁场,使下方发讯盘内霍尔传感器的工作不受干扰。电磁

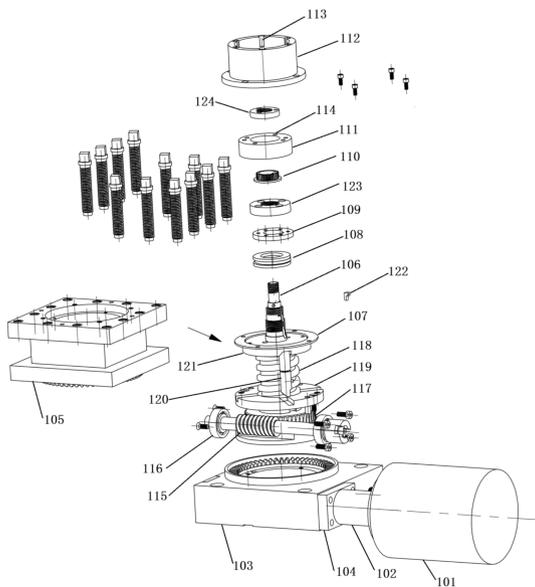


图 2 刀架本体爆炸图

101 - 驱动电机;102 - 套筒;103 - 下刀体;104 - 电机安装座;105 - 上刀体;106 - 中轴;107 - 垫片;108 - 推力球轴承;109 - 止退圈;110 - 发讯盘定位齿圈;111 - 发讯盘;112 - 罩座;113 - 槽子;114 - 霍尔传感器;115 - 蜗杆;116 - 轴承;117 - 蜗轮;118 - 螺杆;119 - 下离合盘;120 - 离合销;121 - 上离合盘;122 - 楔键;123 - 止退圈紧固螺母;124 - 发讯盘紧固螺母

屏蔽层安装在中轴上端的凸台上,无线充电发射模块通过内螺纹与中轴顶端的外螺纹相配合固定。

信号采集盖爆炸图如图 3 所示。

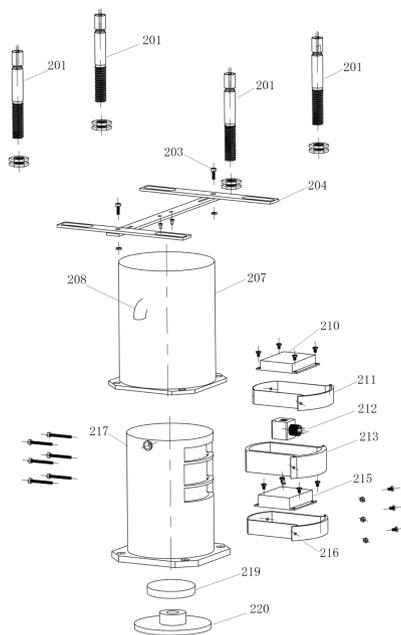


图 3 信号采集盖爆炸图

201 - 红外温度传感器;203 - 螺栓;204 - 固定支架;207 - 外铝盖;208 - 走线管;210 - 无线传感器;211 - 上抽屉;212 - 加速度传感器;213 - 中抽屉;215 - 无线充电接收模块;216 - 下抽屉;217 - 内铝盖;219 - 无线充电发射模块;220 - 电磁屏蔽层

外铝盖上固定支架上的 4 个红外温度传感器用于非接触式测量机夹车刀上刀片温度。

机夹车刀包括刀体、固定块、刀片和垫片状温度传感器。本研究使用垫片状温度传感器代替机夹车刀上的传统垫片,从而使温度传感器能紧密贴合机夹车刀刀片,间接感知刀片温度。刀体前后有第一通孔,位于垫片状温度传感器后侧中心位置至刀体后端面,刀体上表面中部有第二通孔,第二通孔与第一通孔垂直相连,用于垫片状温度传感器的走线。

上刀体发讯盘中的 4 个霍尔传感器通过有线的方式与刀架控制器相连,用于感知电动刀架当前工位;信号采集盖中加速度传感器、红外温度传感器、机夹车刀上垫片状温度传感器信号通过有线方式传递给无线传感器,无线传感器通过无线方式将上述信号发送给 PLC。

2 电动刀架电气设计

新型四工位电动刀架控制电路电气原理图如图 4 所示。

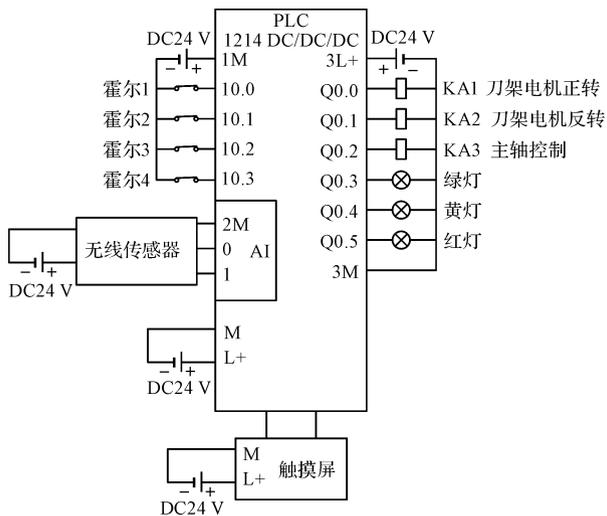


图 4 控制电路电气原理图

霍尔传感器采用 NPN 接线方式,4 个霍尔传感器分别接入 PLC 的 I0.0、I0.1、I0.2 和 I0.3。无线传感器用于无线接收刀架本体上机夹车刀的温度、加速度信息,并将信息通过有线的方式发送给 PLC。PLC 中两路模拟量分别接无线传感器节点的温度和加速度传感器数据输出端子。PLC 输出控制中间继电器 KA1 和 KA2 线圈,通过两个接触器 KM1 和 KM2 进一步控制电机的正、反转。PLC 输出控制中间继电器 KA3 的线圈,通过接触器 KM3 进一步控制主轴及机床系统电源,当温度和加速度超过设定的阈值时,PLC 将切断主轴及机床系统电源,起到停机保护的功能。

声光报警器用于刀架工作状态的显示。正常工作时显示绿色;温度或加速度超过第一阈值时,显示黄色并闪烁;温度或加速度超过第二阈值时,显示红灯并闪烁、蜂鸣。

3 电动刀架控制程序设计

3.1 自动选刀程序设计

自动选刀程序的控制流程如图 5 所示。

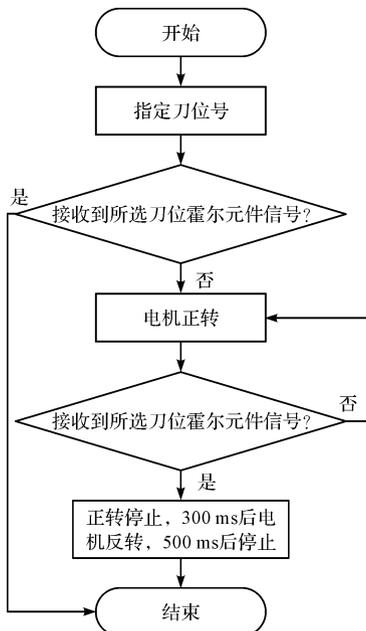


图 5 自动选刀流程图

3.2 点动选刀控制程序设计

点动控制程序的控制流程如图 6 所示。

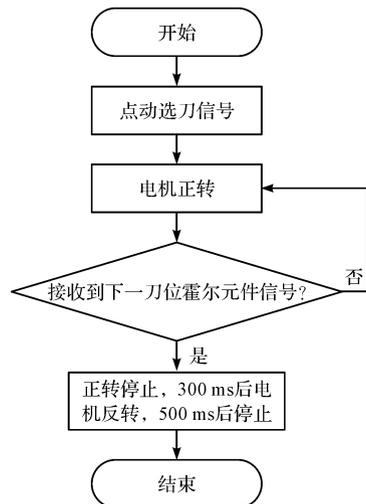


图 6 点动选刀流程图

3.3 传感器数据采集处理程序设计

所选温度传感器输出信号为 0 ~ 10 V 的电压信号,编程时测量值的计算方法是将 0 ~ 27 648 的数字值乘以温度传感器的量程 10 V,再除以 27 648,通过

比较指令将采集数据与设定阈值进行比较。

温度、振动传感器控制流程如图 7 所示。

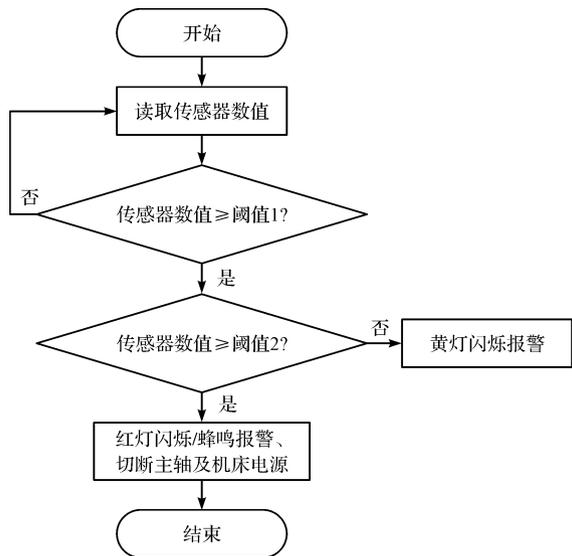


图 7 传感器数据采集流程图

在 PLC 内采用数组进行传感器数据的存储,以 500 个数据为一组进行数据存储,温度数据移位指令如下:

```
IF #Enable AND NOT "数据温度触点"
THEN
FOR #i := 1 TO 500 DO
#array_in[500 - #i + 1] := #array_in[500 - #i];
END_FOR;
END_IF;
"数据温度触点" := #Enable
```

4 触摸屏设计

新型四工位电动刀架触摸屏界面由监控主界面、阈值设置及主轴控制子界面、温度历史趋势查询界面、振动历史趋势查询界面构成。监控主界面主要由温度显示、振动显示、温度报警、振动报警、温度趋势按钮、振动趋势按钮、4 个工位的选择按钮、各工位对应状态指示灯、主轴控制按钮和点动控制按钮等部分构成。

电动刀架触摸屏监控主界面如图 8 所示。

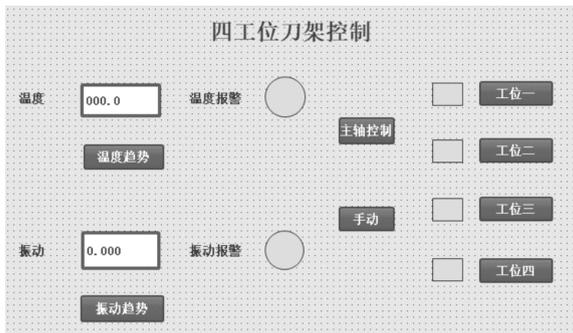


图 8 监控主界面

阈值设置及主轴控制子界面中设有:温度阈值 1 设定、温度阈值 2 设定、振动阈值 1 设定、振动阈值 2 设定、主轴启动按钮、主轴停止按钮和主轴状态灯。

5 样机搭建与测试

本研究搭建了新型电动刀架及其监控系统的样机,使用的主要电气元件如表 1 所示。

表 1 电气元件表

序号	电气元件名称	型号	数量
1	PLC	1214 DC/DC/DC	1
2	触摸屏	KTP700 Basic PN	1
3	温度传感器	Pt100 - A	1
4	温度变送器	Pt100 - 10V	1
5	加速度传感器	HG6801X - 04G - 05	1
6	信号隔离器	WS15241	1
7	无线传感器	CC2530	2
8	空气开关	DZ47SLEEC20	1
9	开关电源	S - 100 - 24	1
10	接触器	LC1 - D09C	3
11	中间继电器	RU2S - D24	3
12	变压器	HUAT100VA	1
13	端子排	UK2. 5B	50
14	熔断器	RT18 - 32	3
15	声光报警器	TB53 - 3T/W	1

本研究编写了 PLC 程序和触摸屏程序,对监控系统进行了测试,并对 PLC 程序进行了优化。测试结果表明:该新型电动刀架及其监控系统实现了手动换刀、自动换刀功能、温度振动检测功能、温度振动报警功能、温度数据存储功能、温度数据处理功能和温度振动过高时主轴暂停功能。

本研究搭建的新型电动刀架及其监控系统样机实际换刀速度优于 900 ms/工位,传感器数据采集的响应时间优于 50 ms(其中,无线传感器数据发送及接收延时小于 20 ms,PLC 响应时间约 30 ms)。

6 结束语

(1)本研究进行了新型四工位电动刀架样机的结构设计及 PLC 监控系统设计,实现了电动刀架旋转部件内传感器的持续供电与数据监控;

(2)本研究搭建了样机系统,实现了手动换刀、自动换刀功能、刀具温度振动监测功能、温度振动数据存储处理功能和超阈值预警保护功能;

(3)新型电动刀架及其监控系统样机实际换刀速度优于 900 ms/工位,传感器数据采集的响应时间优于 50 ms,可有效监测刀具工作状态,使得机床切削加

工过程更加智能;

(4) 新型电动刀架及其监控系统可以直接加装在普通机床上,也可在现有数控机床电动刀架和 PLC 控制系统的基础上进行改造。

参考文献 (References):

- [1] 李建国. 运用刀具集成法降低数控机床电动刀架故障率[J]. 工具技术, 2015, 49(6): 50-52.
- [2] 孙椰望, 罗 扉, 杨秋娟. 基于模态分析原理的机床动态研究[J]. 制造技术与机床, 2014(2): 48-52.
- [3] 王凤平, 孙洪强. 立式电动刀架刀位检测常见三种方式的比较分析[J]. 制造技术与机床, 2014(2): 150-153.
- [4] 喻步贤. 数控机床的电动刀架故障诊断与维修[J]. 机床与液压, 2013, 41(22): 160-162.
- [5] 谢祥强, 湛年远. 数控机床电动刀架故障的深度剖析[J]. 制造业自动化, 2012, 34(17): 73-75.

- [6] 李瑞春. 球形内孔车刀工具的结构设计[J]. 煤矿机械, 2011, 32(3): 131-132.
- [7] 刘丽红. 应用发那科系统实现电动刀架在数控车床的应用[J]. 制造业自动化, 2011, 33(1): 127-128, 131.
- [8] 刘子贵. 数控机床四工位电动刀架的改善性维修[J]. 机床与液压, 2012, 40(8): 182-184.
- [9] 罗相文. 基于比例方向阀的数控折弯机液压系统浅析[J]. 液压气动与密封, 2018(4): 13-20.
- [10] 郭建业. 一种新型数控旋芯式直动比例阀[J]. 液压气动与密封, 2018(7): 87-90.
- [11] 王建强, 潘王琴, 张棉好. 基于 Mach3 的开放式数控车床系统换刀宏程序开发[J]. 制造业自动化, 2012, 34(5): 63-66.
- [12] 林 翔, 孙 刚, 张顺琦, 等. 拉削工艺和装备设计方法研究综述[J]. 机电工程, 2019, 36(2): 124-130.

[编辑: 李 辉]

本文引用格式:

赵 飞, 唐 乾, 赵帅楠, 等. 基于多传感器的新型电动刀架及其监控系统研究[J]. 机电工程, 2019, 36(11): 1198-1202.

ZHAO Fei, TANG Qian, ZHAO Shuai-nan, et al. Electric tool-holder and its monitoring system based on multi-sensor[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2019, 36(11): 1198-1202.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 1197 页)

参考文献 (References):

- [1] 郭景宏. 往复压缩机管系振动机理分析及实验研究[D]. 兰州: 天华化工机械及自动化研究设计院有限公司, 2014.
- [2] 张 谦, 舒 悦, 王 乐, 等. 往复压缩机故障诊断方法研究概述[J]. 流体机械, 2018, 46(3): 37-41.
- [3] 白文杰, 李涌泉, 谢旭梦, 等. 孔板消减气流脉动的数值模拟[J]. 应用力学学报, 2013, 30(6): 828-832.
- [4] 张俎琛, 何立东, 万方腾, 等. 离心压缩机管线过滤分离装置阻尼减振技术[J]. 石油机械, 2018, 46(11): 128-133.
- [5] 叶少宁, 李 颖, 王俊东. 缓冲罐在往复泵长距离输送管道减振中的应用[J]. 新疆石油天然气, 2009, 5(2): 77-81.
- [6] 袁 伟, 赵 杰, 邓贵德, 等. 孔板及缓冲罐对管内气流脉动影响实验研究[J]. 中国特种设备安全, 2018, 34(7): 15-18.
- [7] SOROKIN S V, OLHOFF N, ERSHOVA O A. Analysis of the energy transmission in spatial piping systems with heavy internal fluid loading[J]. *Journal of Sound and Vibration*, 2008, 310(4): 1141-1166.

- [8] 崔巍升, 宫建国, 金 涛. 化工厂管道振动原因分析及控制[J]. 流体机械, 2011, 39(10): 34-38.
- [9] 唐 雨, 何 沫, 刘 畅. X80 管线钢夏比冲击功能量分配研究[J]. 压力容器, 2017, 34(4): 1-5.
- [10] 袁 伟, 赵 杰, 杨智荣, 等. 往复压缩机管道振动的控制标准分析[J]. 流体机械, 2019, 47(1): 52-57.
- [11] 陈章华. 压缩机出口管道振动原因分析及对策[J]. 化工设备与管道, 2016, 53(2): 51-53.
- [12] 杨秀峰, 何立东, 吕 江, 等. 往复压缩机管线的阻尼减振应用[J]. 噪声与振动控制, 2016, 36(1): 183-186.
- [13] 黄振仁, 魏新利. 过程装备成套技术[M]. 第 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [14] 陈 果, 何立东, 韩万富, 等. 丁烯离心泵和柱塞泵的管道振动分析及阻尼减振研究[J]. 机电工程, 2013, 30(2): 167-170.
- [15] 刘桓秀, 陆佳平. 基于 ANSYS 的弹性约束包装件的随机振动特性分析[J]. 包装与食品机械, 2019(1): 63-68.
- [16] 杨准楠, 麦云飞. 弹性支撑颗粒碰撞阻尼的设计与实验研究[J]. 轻工机械, 2017, 35(2): 22-25.
- [17] 刘胜林. 粘滞阻尼器在超高层建筑中的应用[D]. 天津: 天津大学研究生院, 2016.

[编辑: 方越婷]