

智能制造刀具管理系统及刀具 剩余寿命监测功能开发*

马晓帆¹, 姚 斌¹, 陈彬强¹, 王建军², 王维龙³

(1. 厦门大学航空航天学院, 厦门 361005;

2. 中国一拖集团有限公司, 洛阳 471003;

3. 厦门嵘拓物联科技有限公司, 厦门 361005)

[摘要] 伴随智能制造技术的深入推进, 刀具管理系统的功能根据用户业务需求在不断拓展。针对工艺设计后的刀具选购、使用直至报废等环节, 基于“刀具流”开发了一款智能制造刀具管理系统, 更精确地实现了刀具使用过程的数字化、网络化、智能化和可视化全生命周期管理。鉴于目前刀具状态监测技术的复杂和可靠性低等问题, 在工程应用上提出了一种基于被加工工件表面粗糙度间接预测刀具剩余寿命的方法。整个系统在现场得到了良好应用。

关键词: 智能制造刀具管理系统; 刀具流; 刀具剩余寿命预测; 在线监测; 可视化

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2018.18.068



马晓帆

硕士研究生, 研究方向为智能制造。

* 基金项目: 2016 年工信部智能制造综合标准化与新模式应用项目(工信部联装[2016]213号); 国家自然科学基金项目(51605403); 福建省产业技术联合创新专项(闽发改投资[2016]482号)。

航空制造业作为“中国制造 2025”国家战略的重点突破行业, 企业通过智能制造软硬件手段的转型升级和提质增效尤为重要。航空产品生产模式多为单件小批量, 生产工艺技术复杂, 所需刀具、辅具等资源数量多、金额大^[1], 因此对刀具、辅具等资源的有效管理至关重要。在加工过程中, 企业又非常重视刀具工作状态, 而目前的刀具状态监测技术比较复杂、可靠性低, 为此, 工程中一般采用加工工件个数或走刀次数的累加方式预测刀具剩余寿命, 以替代刀具磨损监测, 但是这个方法大多建立在加工环境理想化状况下, 缺乏准确性, 没有科学合理利用刀具资源。

刀具质量是影响工件切削加工质量与效率的关键因素。现代制造技术要求围绕刀具全生命周期的刀具信息流动(简称“刀具流”)管理模

式。与“刀具流”业务相关的各种管理系统不断涌现, 如计算机辅助工艺过程设计系统(Computer Aided Process Planning, CMPP)、供应链管理系统(Supply Chain Management, SCM)及刀具管理系统(Tool Management System, TMS)等。其围绕“刀具流”业务展开, 但仅针对工艺过程中的一个或几个环节, 没有形成对“刀具流”的全链条式系统化管理, 导致系统间信息缺乏交流, 企业内部刀具信息流动滞塞, 降低了企业管理效率。

通过对刀具状态监测技术和管理现状的分析, 本文将开发一款智能制造刀具管理系统(Intelligent Manufacturing Tool Management System, IMTMS), 实现对刀具的高效管理; 基于被加工工件表面粗糙度提出一种间接预测刀具剩余寿命的

方法,实现对刀具剩余寿命预测结果更可靠、更科学和数值更准确的在线监测可视化管理功能^[2-12]。

IMTMS 刀具管理业务流程功能分析及实现

1 刀具管理业务流程

产品图纸设计完成后,工艺部门制定工艺卡,根据加工工艺要求确定刀具类型、刀具零部件、刀具几何参数。采购部根据刀具选型参数购买刀具,刀具采购后入库刀具管理中心(简称“刀管中心”)。刀管中心的任务是负责生产前的刀具准备,刀具、辅具的库存管理、表单管理和刀具的报废及更换等业务。

刀管中心工作人员根据每道工序所用的刀具清单出库刀具零部件,包括刀片、刀柄、紧固件和连接件等,然后将其装配成一把新的刀具,在对刀仪上测量获取刀具几何参数并记录。随后配送员将刀具配送至加工机床,机床操作工将其安装在数控机床上,输入刀具参数,进行机械加工生产。

加工过程中,当刀具出现磨损或破损情况时,需要对刀具的零部件进行更换。

图1所示为“刀具流”管理业务,刀具流动过程中会产生相关业务表单,按照流程图中数字顺序依次为①工具一览表、②出库单、③配刀记录

表、④领用申请表、⑤正常情况损坏表、⑥消耗品更换台账。

2 IMTMS 功能分析

根据刀具管理业务流程,对系统各模块划分权限,使各部门只能管理与其相关的业务数据^[7]。图2为IMTMS模型图。

IMTMS包括工艺卡模块、系统管理模块、刀具监测模块、采购模块、辅具模块、刀具柜模块、刀具模块和表单模块^[10]。

工艺卡模块将产品图纸分为多个加工工序,每一道加工工序使用的刀具以刀具清单格式保存在工艺卡模块中。采购模块,其功能为采购刀具、辅具。在刀具柜的子模块设置最小库存

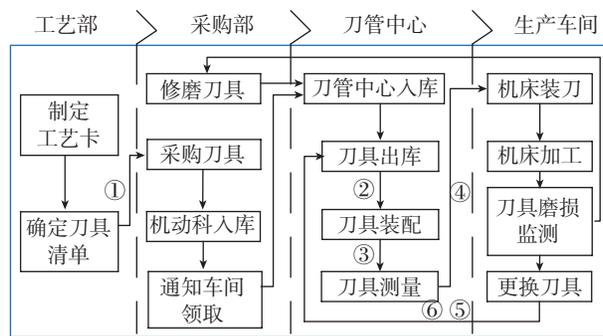


图1 刀具流管理业务流程图

Fig.1 Cutting tool-flow management business flow chart

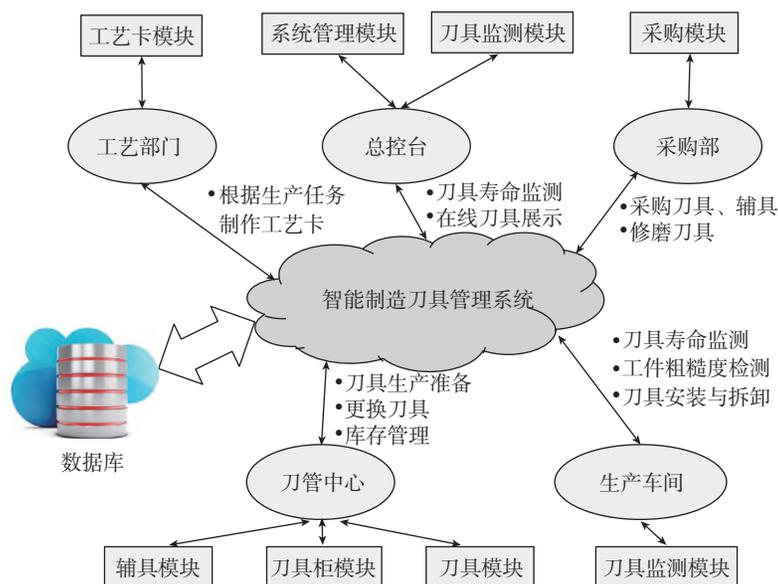


图2 IMTMS系统模型图

Fig.2 IMTMS system model

量,当库存零部件数量小于最小库存量时,采购模块会自动生成采购清单,完成物品采购工作。刀具模块、辅具模块和刀具柜模块,由刀管中心操作,完成刀具生产准备,刀具、辅具的库存管理以及刀具的更换工作。IMTMS 各业务功能模块如图 3 所示。

3 IMTMS 实现与应用

ITMS 的系统框架包含车间现场、数据库表单、开发技术、模块和用户 5 个框架层。系统框架如图 4 所示。

(1) 车间现场层。其功能是为系统提供实时现场数据。在现场机床上布置数据采集线和工件表面粗糙度测量仪,实时获取机床在线刀具位置和被加工件表面粗糙度,为 IMTMS 刀具监测的可视化管理提供了原始数据。

(2) 数据库表单层。其功能为将从车间现场获取的实时数据保存在数据库表单中^[3],表单分别为工艺卡表单、采购表单、刀具表单、辅具表

单、寿命监测表单和业务单据表单等。对表单大量实时数据进行分析处理,实现系统智能化、数字化和精确化管理功能。

(3) 开发技术层。开发技术层包含的是开发本系统所用到的关键技术。IMTMS 基于 B/S 架构,采用 SSH (SpringMVC+Spring+Hibernate) 框架,利用 JDK、Maven、JavaScript 技术工具,在 Java 环境下编写程序,通过 JSP(Java Server Pages) 将网页

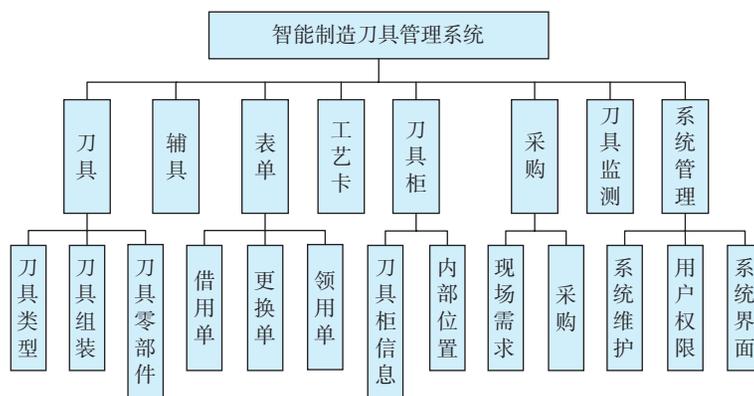


图3 系统功能模块

Fig.3 System function module

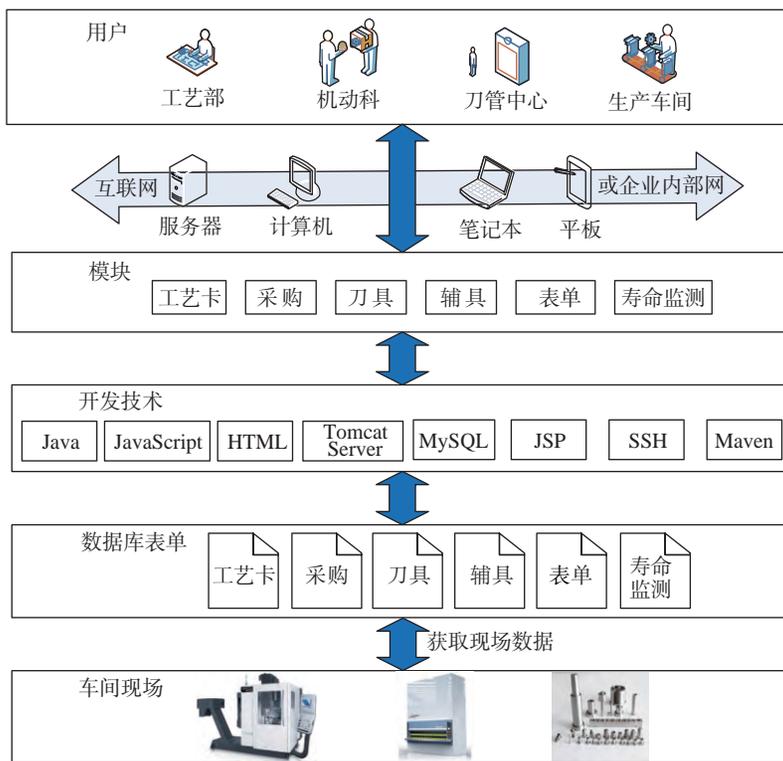


图4 系统框架图

Fig.4 System frame diagram

逻辑与网页设计分离,获取服务器端数据,实现网页动态显示^[12]。整个系统的数据,存储在MySQL数据库管理系统中,系统服务器选用的是Tomcat。

(4) 模块层。模块层包含的是IMTMS的主要业务模块,是企业各部门完成工作任务的操作对象,包括工艺卡模块、采购模块、刀具模块、辅具模块、表单模块和寿命监测模块。模块间数据流动的实时性和准确性要求,保证了系统模块间业务功能的正常实现。

(5) 用户层。通过互联网或企业内部网络支持,用户层的用户通过计算机、笔记本和平板等设备访问系统服务器^[9]。用户发送请求到服务器,服务器响应请求,并把内容显示在操作设备屏幕上,实现对系统数据的操作管理。

刀具剩余寿命预测方法及应用

1 刀具剩余寿命预测方法

刀具损坏的主要原因是磨损和破损。而当刀具材料、加工参数选择合适后,决定刀具寿命的主要物理现象就是刀具磨损,刀具磨损是一个渐

变演化过程。依据这个推理,现有刀具剩余寿命的预测方法主要以刀具加工次数、加工工件个数、加工时长作为寿命预测指标。

$$F=N-n$$

式中, F 为刀具剩余寿命,反映刀具剩余加工次数、加工工件个数、加工时长; N 为刀具额定寿命规定的加工次数、加工工件个数、加工时长; n 为刀具已使用的加工次数/加工工件个数、加工时长。

但是这种刀具剩余寿命预测方法大多建立在加工环境理想化状况下,忽略了机械加工工艺参数、加工工件材料以及机床操作人员工作状态等外界因素对刀具寿命的影响,预测结果缺乏准确性^[8],没有科学合理利用刀具资源。众所周知,一把刀具的寿命是否完结,最终反映到该把刀具加工的工件是否满足产品要求。

研究发现,将被加工工件表面粗糙度作为刀具剩余寿命预测指标,对刀具剩余寿命的预测结果更可靠,数值更准确。刀具磨损又主要发生在刀具后刀面,刀具磨损随工件表面粗糙度变化曲线是一条连续的非线性曲线(在此不作为论文的主要研究内容),刀具寿命的变化可以通过刀具磨损的

变化程度直接反映。在刀具初期磨损阶段,工件表面粗糙度随刀具磨削量的增加而变大,当刀具磨损到一定值时,工件表面粗糙度下降;在刀具正常磨损阶段,工件表面粗糙度随刀具磨损缓慢上升,表面粗糙度变化率较小;在刀具急剧磨损阶段,表面粗糙度值快速增长,工件表面质量迅速下降^[2]。在定性地掌握了某种刀具寿命随工件表面粗糙度变化曲线后,企业为保证加工效率,用表面粗糙度测量设备每隔一段时间跟踪测量工件表面粗糙度值,用离散的表面粗糙度测量值拟合表面粗糙度变化曲线,以实现刀具剩余寿命的预测。

为此,本系统选用具有开放接口的便携式表面粗糙度测量仪,针对其开放接口开发了系统接口软件。工件加工完成后,使用便携式表面粗糙度测量仪测量工件不同加工面的表面粗糙度。测量完的数据保存在测量仪的数据库中,通过接口软件将表面粗糙度数值传送给系统服务器,保存在数据库表单中。图5为工件表面粗糙度获取示意图。

需要说明的是,工件不同加工面对应着不同的加工工序机床所用刀具,系统根据加工工序对应的产

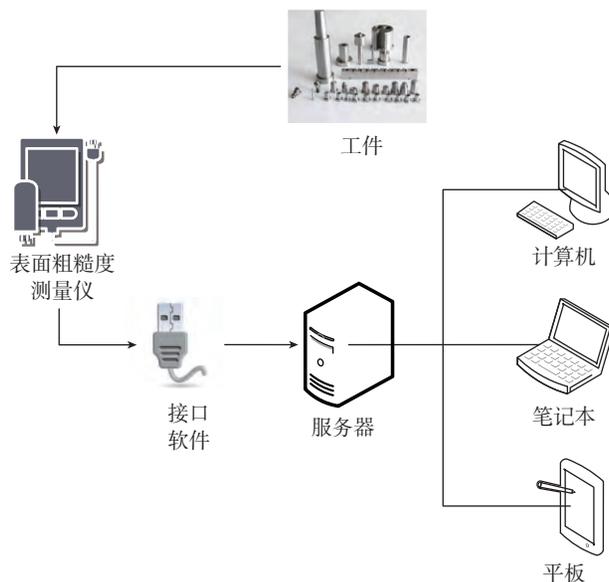


图5 表面粗糙度获取示意图

Fig.5 Surface roughness acquisition diagram

品要求比较表面粗糙度实际值与产品设计值大小,确定机床在线刀具寿命状态并将其反馈到刀具寿命监测页面^[4]。通过对工序刀单、加工机床、加工刀具及加工要求等程序字段建立逻辑关系,系统获取刀具在机床刀库位置后,经过程序算法处理,实现机床刀具剩余寿命在线监测的可视化管理。刀具监测模块接口数据及处理逻辑如图6所示。

2 IMTMS 的现场应用

为验证以上理论,将IMTMS应用于某一航空件的智能制造管理中。图7为工作人员使用便携式表面粗糙度测量仪测量被加工件表面粗糙度,并通过接口软件将测量值反馈给IMTMS,经过系统程序处理将刀具的剩余寿命状态显示在系统刀具监测界面。

图8为IMTMS的刀具监测界面,界面右下方图形为数控加工机床刀库的链形示意图。从图8中可知该机床刀库总共有180个刀位,目前已占用151个刀位。页面刀位颜色——红、黄、绿、白分别对应刀具的不同寿命状态^[6]。红色代表刀具寿命终结,黄色代表刀具寿命预警,绿色代表刀具寿命正常,白色说明刀位为空。从刀具监测页面可得知该机床刀库15、16号刀位无刀具;19号刀位刀具的寿命已终结,需要立即更换;14、23、24刀位刀具的寿命即将完结,提醒工作人员提前准备更换。

结论

本文围绕航空制造业设计了一套智能制造刀具管理系统,提出了一种刀具剩余寿命在线监测方法,主要工作有:

(1)根据“刀具流”业务设计了系统模型,确定了系统功能模块,搭建了从车间现场、数据库、开发技术、模块到用户的系统框架,完成了基于B/S架构的系统开发,实现了对“刀

具流”的全链条式系统化管理。

(2)提出了一种基于被加工工件表面粗糙度间接推测刀具剩余寿命的方法,通过系统集成,将此方法应用于智能制造刀具管理系统,实现了机床刀具剩余寿命在线监测的可视化管理。现场应用显示,该方法预测结果更可靠,数值更准确。

参考文献

[1] 蒯娜,冀阿强,张余升,等.面向航天制造企业的数字化刀具管理系统研究[J].制造业自动化,2013(10):14-17.

LIN Na, JI Aqiang, ZHANG Yusheng, et al. Research on the digital tool management system oriented to aerospace manufacturing enterprises[J]. Manufacturing Automation,

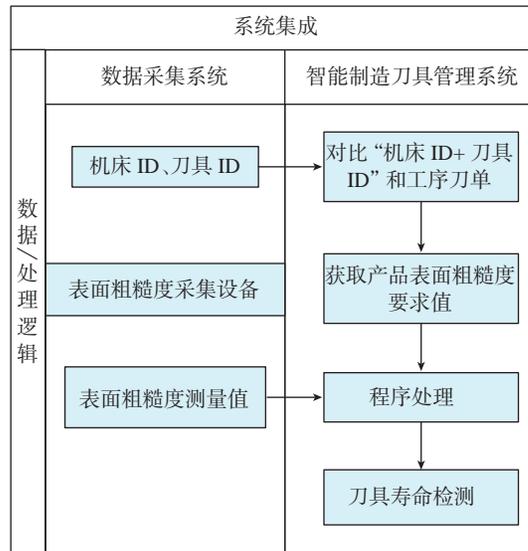


图6 刀具监测模块接口数据及处理逻辑

Fig.6 Tool monitoring module interface data and processing logic



图7 车间现场测量

Fig.7 Workshop field measurement



图8 刀具监测界面

Fig.8 Tool monitoring interface

2013(10): 14-17.

[2] 倪君辉, 詹白勺, 沈科灯. 高速铣削时钛合金刀具的磨损及对工件表面粗糙度的影响[J]. 工具技术, 2017, 51(4): 110-112.

NI Junhui, ZHAN Baishao, SHEN Kedeng. Influence on surface roughness and tool wear in high-speed milling titanium alloy[J]. Tool Engineering, 2017, 51(4): 110-112.

[3] 蔺小军, 高春, 徐永新, 等. 刀具管理系统中的数据库技术[J]. 航空制造技术, 2013, 56(7): 70-73.

LIN Xiaojun, GAO Chun, XU Yongxin, et al. Database technology in tool management system [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2013, 56(7): 70-73.

[4] DING S L, IZAMSHAH R A R, MO J, et al. Online tool life prediction in the machining of titanium alloys[J]. Key Engineering Materials, 2011, 458: 355-361.

[5] 周济. 制造业数字化智能化[J]. 中国机械工程, 2012, 23(20): 2395-2400.

ZHOU Ji. Digitization and intellectualization for manufacturing industries[J]. China Mechanical Engineering, 2012, 23(20): 2395-2400.

[6] 刘刚, 莫悦, 刘吉庆. 浅谈刀具在马扎克机床上的应用[J]. 数控机床市场, 2010(3): 26-29.

LIU Gang, MO Yue, LIU Jiqing. Application of the tool in the MARZAK machine[J]. CNC Machine Tool Market, 2010(3): 26-29.

[7] WAN S, LI D, GAO J, et al. Process and knowledge management in a collaborative maintenance planning system for high value machine tools[J]. Computers in Industry, 2017, 84: 14-24.

[8] SAINI S, AHUJA I S, SHARMA V S. Influence of cutting parameters on tool wear and surface roughness in hard turning of AISI H11 tool steel using ceramic tools[J]. International Journal of Precision Engineering & Manufacturing, 2012, 13(8): 1295-1302.

[9] LIN Y L, LIN C C, CHIU H S. Developing a cloud virtual maintenance system for machine tools management[C]// International Conference on Heterogeneous Network. Taiwan, 2015.

[10] 海源, 张松, 李剑峰, 等. 基于射频识别技术的车间级刀具管理系统[J]. 计算

机集成制造系统, 2016, 22(8): 1907-1918.

HAI Yuan, ZHANG Song, LI Jianfeng, et al. Workshop-level tool management system based on radio frequency identification technology[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2016, 22(8): 1907-1918.

[11] XU H N, WANG T Y, ZOU X X, et al. Development of an information management system for NC machine tools based on B/S architecture[J]. Key Engineering Materials, 2016, 693: 1854-1860.

[12] 刘丰文, 董惠敏, 钱峰. 刀具全生命周期智能管理系统开发[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2015(11): 137-140.

LIU Fengwen, DONG Huimin, QIAN Feng. Development of intelligent tool management system in lifecycle[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2015(11): 137-140.

通讯作者: 姚斌, 博士、教授, 研究方向为智能装备技术、复杂曲面成形机理、数控加工技术、特种加工技术及切削原理、工具系统的研究和制造业信息化技术, E-mail: yaobin@xmu.edu.cn.

Development of Intelligent Manufacturing Tool Management System and Monitoring Function of Tool Residual Life

MA Xiaofan¹, YAO Bin¹, CHEN Binqiang¹, WANG Jianjun², WANG Weilong³

(1. School of Aerospace Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Yto Group Corporation, Luoyang 471003, China;

3. Xiamen RunTop IOT Tech Co., Ltd., Xiamen 361005, China)

[ABSTRACT] With the development of intelligent manufacturing industry, the function of tool management system is steadily broadened for diversified demands of customers. Aiming at taking the entire chain of cutting tool after process design, which incorporates selection, purchasing, usage and scrape, into consideration, this paper presents an intelligent manufacturing tool management system (IMTMS) for cutting tool-flow monitoring, and achieves of advantages of digitization, networking, intelligence and visualization for whole life-cycle management of cutting tool. In view of the complexity and low reliability of current available tool condition monitoring technologies, an indirect tool residual life prediction methodology is proposed based on the surface roughness of the workpiece in engineering applications. The IMTMS has been demonstrated of good performance by insitu tests.

Keywords: Intelligent manufacturing tool management system (IMTMS); Cutting tool-flow; Tool residual life prediction; Online monitoring; Visualization

(责编 大漠)