

# 大型立式强力旋压机床人机界面技术应用研究\*

## Application Research of Human-Machine Interface Technology of Vertical Power Spinning Machine

中航工业北京航空制造工程研究所 关大力 王雅君 李继贞 李维涛

**[摘要]** 本文通过对大型立式强力旋压机人机界面技术的应用研究,介绍了易控 INSPEC 组态软件在大型立式强力旋压机的应用,完成了旋压机床人机界面组态画面的编程设计,为该机床提供了直观、丰富的监控操作界面,实现了旋压设备的实时监控、设备调试、参数编程、操作向导、故障诊断等画面显示功能,满足了大型立式强力旋压机床的工艺要求,为完成大型立式强力旋压机床工艺实验验证工作提供了技术保证。

**关键词:** 人机界面 组态软件 参数化编程 旋压数据自动记录 旋压力安全保护

**[ABSTRACT]** This article illustrates the application of Human-Machine Interface technology of Vertical Power Spinning Machine and presents INSPEC configuration software application in Vertical Power Spinning Machine. In this project, the programming design of spinning machine HMI configuration picture which provide intuitive and abundant monitoring interface is completed. The display function of real time monitoring, device debugging, parametric programming, TipWizard and fault diagnosis is realized in the device. The design work meets the technological requirements of Vertical Power Spinning Machine and provided technical support for Vertical Power Spinning Machine technological test.

**Keywords:** Human machine interface Configuration software Parametric programming Spinning data auto-recording Spinning force safety guard

大型立式 CNC 强力旋压机床是北京航空制造工程研究所为某航天企业研制的大型立式数控强力旋压机床<sup>[1]</sup>。在机床的研制调试过程中,解决了许多技术难点。其中,电气控制系统方面,为了满足旋压工艺及其实验验证的要求,在设备调试和旋压工艺实验验证期间,进行了旋压机床人机界面技术的应用研究,经过不断地创新构思、实践探索和经验总结,并进行机床人机界面组

态画面编程设计和 CNC 数控程序的编程,实现了一些控制和工艺上的创新性设计。

控制和工艺创新可简单概括如下:(1)旋轮起旋的平稳旋转过程控制;(2)变错距调整旋压控制;(3)旋压过程的 3 个旋轮压力平衡控制;(4)旋压中断停止后自动恢复旋压加工控制;(5)旋压工艺参数化编程;(6)旋压工艺过程数据自动记录(独立于现场控制系统);(7)故障诊断和旋压力安全保护等。

这些旋压控制和旋压工艺的方法、手段和技术,是通过对人机界面技术的应用研究,应用了组态编程软件,进行操作监控画面的编程设计和数控程序的编写得以实现<sup>[2]</sup>。

人机界面技术作为独立、重要的技术领域,越来越受到工业制造各行业的重视,在计算机行业,被认为有着突出的重要性,对其他工业也是很重要的。在制造装备行业的电气控制领域,随着人机界面技术的快速发展,其地位和作用越来越大,很重要的一点就是促进了控制技术和工艺技术的密切结合和相互促进。人机界面技术应用研究就是不断地进行工艺技术需求分析和工艺实验验证,同时完善操作监控画面的优化编程设计,为工艺实验提供合理、有效的方法和手段,是实现工艺技术研发的技术保证。

## 1 人机界面技术

### 1.1 人机界面

人机界面(Human Machine Interface, HMI),又称用户界面或使用者界面,是人与设备之间传递、交换信息的媒介和对话接口,是设备控制系统和用户之间进行交互和信息交换的媒介,或称人机结合面。HMI 由硬件和软件两部分组成,硬件由计算机和显示器(触摸屏)构成,软件通常采用组态软件进行操作监控画面的开发设计。

人机界面技术发展很快,目前,无论是大型的、复杂的控制(如轮胎成型机、药品压片机),还是小型的、简单的控制(如航空连接件的滚 R 机、汽车转向泵加工机床),均应用到了人机界面技术。通过人机界面技术的

\* “高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项课题——大型数控强力旋压机(2011ZX04002-141)资助。

应用,为设备的开发研制和操作维护,提供了很好的方法和手段。从而缩短了设备调试周期,并能有效加快设备开发研制的进程。

大型立式强力旋压机人机界面的硬件和软件应用了九思易自动化软件有限公司( Control Ease Automation Software )研发生产的人机界面产品,该产品由工业控制计算机和触摸屏组成,在工业控制计算机中内置了易控组态软件。

### 1.2 组态软件

组态软件是一种通用数据采集和监控(SCADA)平台软件,主要用于构建人机界面软件环境。它源自早期的DCS系统,后来发展成为一种在工业自动化领域广泛使用的通用型软件,并逐渐渗透到传统工业自动化之外的其他领域,组态软件已经成为自动化和信息化领域的重要组成部分。

易控INSPEC组态软件,是架构在.NET平台上的新一代组态软件,它具有技术领先、性能稳定、功能强大、图形精美、易学易用、架构灵活、扩展容易等一系列优点<sup>[2]</sup>。

### 1.3 人机界面的关键技术

人机界面的关键技术主要为画面的编程设计,而画面编程设计的工具开发软件无论采用VB、VC、C++软件,还是使用人机界面专用开发的组态软件,均表现在人机对话的画面结构设计上,关键技术主要为人类工程学、画面设计的原则、画面设计的评价3个方面。

#### (1) 人类工程学。

画面设计的理论基础为人类工程学,人类工程学是一门应用广泛的综合性边缘学科。在画面设计上,通过研究人的特性,实现最好的人机分工,采用最大最小原则,让机器承担工作量最大,而人承担的工作量最小,并发挥人的积极的主导和决策作用。

#### (2) 画面设计的原则。

画面设计的原则遵守最佳组合、画面分析与规范、图标与表格优化、错误处理等原则。

#### (3) 画面设计的评价。

设计评价是画面设计的重要组成部分,需要在系统初期就进行,可以及早发现设计缺陷,评价的基本要求为:用户目

标的完成率、学习和使用的容易性、使用效率的情况、潜在问题的隐患等,具体要求画面的品质特性为:适应性、有效性、易学习性、用户的熟悉性、用户的满意度等。

## 2 旋压机人机界面应用的画面设计

根据大型立式强力旋压机设备和工艺的要求,在旋压机床操作台的控制界面上,对机床人机界面技术进行应用研究,采用人机界面的关键技术和易控INSPEC组态软件的特点,进行旋压控制的组态画面的编程设计,实现了管理画面、实时监控、设备调试、参数编程、操作向导、故障诊断、帮助说明等功能显示画面的编程设计。

### 2.1 实时监控

大型立式强力旋压机3个旋轮横向坐标为X1、X2、X3,纵向坐标为Z1、Z2、Z3,它们采用液压油缸驱动,每个旋轮下方的卸料机构坐标为Y1、Y2、Y3,为伺服电机驱动。主轴电机为660kW的直流电机,采用西门子直流驱动装置驱动。根据旋压加工的工艺要求,加工时需要对3个旋轮横向X和纵向Z的旋压力以及主轴的负载情况,进行实时监控。

图1所示的实时监控画面中,图1(a)设计了各坐标的位置和速度显示,以及油缸两端压强显示和油缸压力输出显示,并给出了液压油缸位置示意图和输出压力方向的提示;图1(b)设计了旋压参数、位置坐标及旋压力负载显示,还设计了旋压加工过程位置棒图显示,

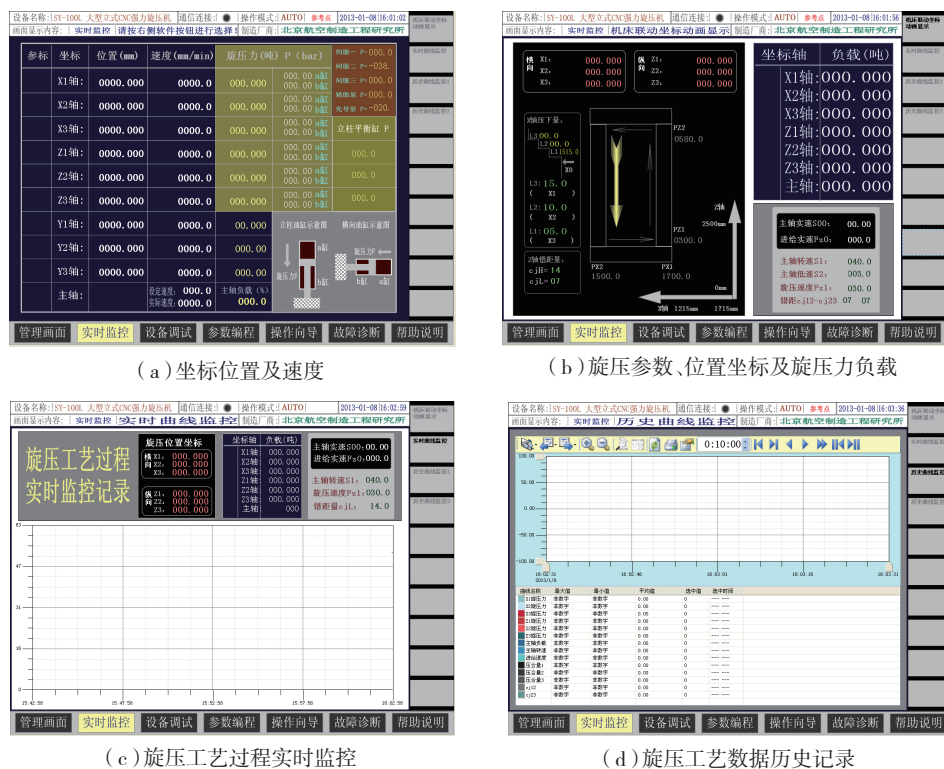


图1 实时监控画面

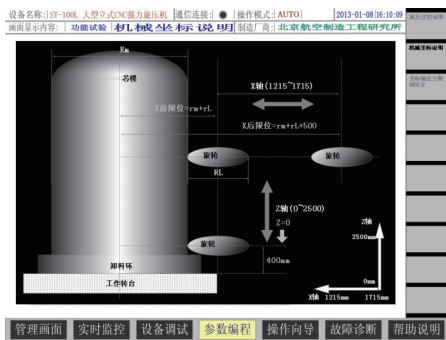
Fig.1 Real time monitoring

直观给出了旋压加工过程的进程显示;图 1(c)设计了旋压工艺过程实时数据监控记录,能够以旋压过程数据曲线的形式,显示旋压加工的工艺过程;图 1(d)设计了旋压工艺数据当天历史记录显示,用于设备完成旋压加工后,在设备关机之前,对旋压工艺过程数据进行事后曲线分析。

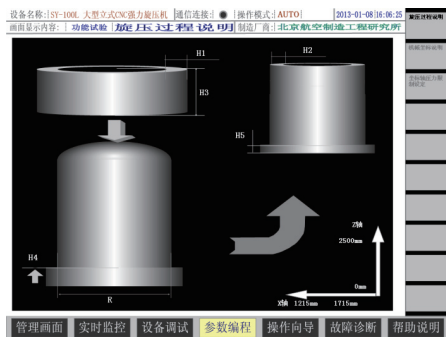
## 2.2 参数化编程

该旋压机床的控制系统为西门子 840D 数控系统,数控系统提供了通用的 G 代码编程指令,旋压加工程序可以通过 G 代码编程来实现。针对旋压加工的特点,设计了参数化编程画面,使用参数化旋压编程方法,可以有效提高旋压加工的编程效率。

图 2 所示的参数化编程画面中,图 2(a)设计了旋压机床的坐标及行程范围的提示显示,使操作人员清楚了解设备的机械坐标情况,以便于进行旋压工艺参数的编程设计;图 2(b)设计了旋压加工工艺过程的提示显示,便于操作人员了解旋压加工的工艺过程,从而保证正确进行参数编程数据的输入,并经过系统程序的自动转换,实现旋压加工工艺程序的设计。



(a) 旋压机床坐标及行程范围



(b) 旋压加工工艺过程

图2 参数化编程画面

Fig.2 Parametric programming

## 2.3 操作向导

操作向导除了有常规的设备开机、关机操作之外,根据旋压工艺要求,还需要有“旋压加工”、“旋轮错距”和“工件卸料”等操作,所有这些操作均是通过操作台

上的控制按钮和西门子机床操作面板来实现。为了更好地操作设备,防止误操作,对旋压机床各种操作进行分析研究,完成了设备操作向导的画面设计,实现旋压设备操作向导动画提示功能。

图 3 所示的操作向导画面中,图 3(a)为运行准备



(a) 运行准备操作向导



(b) 旋压加工操作向导



(c) 错距操作向导



(d) 卸料操作向导

图3 操作向导画面

Fig.3 Tip wizard

操作向导画面,设备开机上电时,操作人员通过该画面的操作向导提示,完成设备运行准备的操作;图3(b)为旋压加工操作向导画面,通过该画面的操作向导提示,完成旋压加工操作;图3(c)为错距操作向导画面,通过该画面的操作向导提示,完成旋轮错距操作;图3(d)为卸料操作向导画面,通过该画面的操作向导提示,完成旋压工件的卸料操作。

### 2.4 故障诊断与旋压力安全保护

旋压机的控制系统控制点多、动作功能比较复杂,按系统功能划分为:机械、液压、润滑、冷却、电控等子系统,各个子系统的正常运行是保证该旋压设备正常使用的前提,所以各个子系统的故障诊断就显得非常重要。另外由于该旋压机床的纵向和横向旋压力很大,属于大型强力旋压机床,任何旋轮碰撞的误操作都会造成旋压设备的巨大损坏,这样在进行各种手动或自动操作时,进行旋压力安全保护也就非常必要。通过对该旋压机故障特点和故障类型进行研究和分类,以及对液压伺服驱动油缸的特点进行分析和总结,完成了故障诊断与旋压力安全保护画面的设计,实现了旋压机床的故障诊断与旋压力的安全保护。

图4所示的故障诊断和压力安全保护画面中,图4(a)为故障诊断的报警显示画面,当出现设备故障时,画面上将会显示出报警类型、报警内容、报警时间以及采

取措施;图4(b)为报警诊断的列表显示画面,故障发生时,根据设备系统分类,在对应的框图内显示报警内容。在人机操作界面上,通过对X1, X2, X3, 以及Z1, Z2, Z3的正向和负向压力限制设置,可以实现设备手动操作和自动加工操作的压力限制保护,在正确进行旋轮压力保护设置操作的情况下,能够有效保护主轴芯模和旋轮等机械部件。

### 2.5 旋压过程数据记录

旋压过程数据记录系统,独立于现场设备监控系统,是由笔记本电脑和二次开发的旋压过程数据记录软件组成。该软件运行于笔记本电脑中,笔记本电脑通过以太网和现场控制系统进行通讯,并从现场控制系统中采集旋压加工过程的各种旋压工艺过程数据,存储于笔记本电脑的数据库中。在笔记本电脑离线的任何时候,通过画面历史数据曲线调用功能,进行旋压过程数据曲线显示,实现对数据库中储存的旋压工艺过程数据,进行浏览、分析和显示。

图5所示的旋压过程数据记录画面中,图5(a)为旋压过程数据记录系统主画面,通过该画面可实现旋压过程数据记录的启动和停止操作;图5(b)能够实现工艺数据的曲线显示及旋压过程的监控,为操作人员提供丰富的旋压加工过程信息。



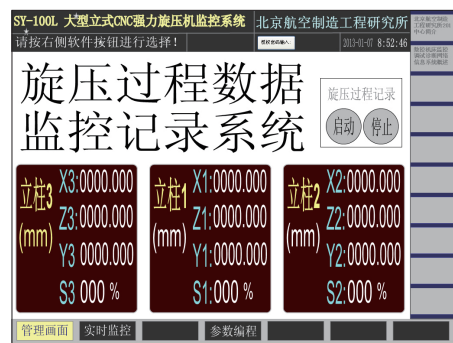
(a) 报警显示画面



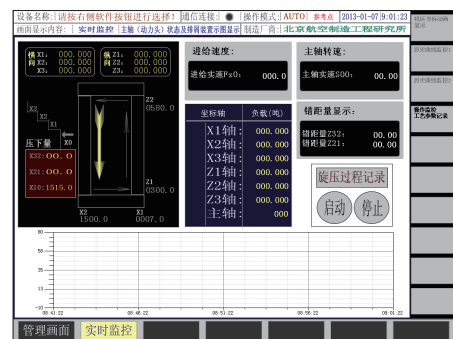
(b) 故障诊断列表显示

图4 故障诊断和压力安全保护画面

Fig.4 Fault diagnosis and pressure safety guard



(a) 记录系统主画面



(b) 曲线显示及过程监控

图5 旋压过程数据记录画面

Fig.5 Recording of spinning process data

(下转第 68 页)

CYCLE/THRMIL,1,23.000000,1.000000,22.000000,0,15.000000,\$1000.000000, 70.000000,0,0,\$0,1.450000,1.450000,2,1,\$33.000000,30.000000,1.000000,1,1,\$0.000000,0.000000,MMPM,RPM,300.000000,\$1000.000000

对以上 CYCLE 语句及上下文关键字定义中的各类信息进行解析和处理,主要处理策略见下文。

#### 4.1 每个导程加工的螺纹数量的处理

由于此值需根据螺纹铣刀类型、刀具刃长度以及 Machining Strategy 参数共同控制,因此按如下方式解析。

(1) 刀具名称信息作为后续深化处理螺纹铣削方式的判定因素。先根据刀具类型判断哪种类型螺纹刀,如果刀具名称中含有“bar”字样,则为单齿 bar 类型刀;如果刀具名称中含有“Thread mill”字样,则为多齿 thread mill 刀具,可用软件将字符串大小写统一以利于比较判断。

(2) 单齿 bar 类型刀,则 MFG\_THREAD\_STRATEGY 关键字无效,一圈一个螺纹,根据深度计算螺纹数量。

(3) 多齿 thread mill 刀具。

若定义为 mono pass,则一圈一个螺纹导程,根据螺纹深度计算螺纹导程数量;若定义为 optimized pass,则:

- 刀具螺纹长度 > 螺纹深度,只计算最深处一圈螺纹;
- 刀具螺纹长度 < 螺纹深度,以最深处为基准点,向上计算需几个导程完成螺纹加工。

#### 4.2 具有明确数值可直接用到固定循环控制中的参数值处理

对于一些可以直接从 CAM 前处理文件中解析出来并可直接用于固定循环控制中的参数值,均无需特殊处理或进行很少量的数据转换或输出判别控制,如安全退刀平面、基准平面、最终螺纹孔深度、螺纹孔标称直径等。

#### 4.3 用圆弧螺旋拟合进行螺纹铣加工的数据及控制命令处理

在固定循环指令的基础上,增加一个关键字控制命令 CYC\_STAT/ON 或 CYC\_STAT/OFF 来控制是否使用固定循环方式处理。并按照以下几个方面来进行必要的的数据处理以满足圆弧螺旋拟合运动控制。

(1) 计算螺纹铣总长度 = 螺纹有效长度 + 螺纹溢出长度 + 螺纹引入长度。

(2) 根据螺纹加工策略和螺纹方向、螺纹类型等特性征参数计算螺纹螺旋线切入控制命令及数据、主体螺纹铣削控制命令及数据、螺纹螺旋线切出控制命令及数据,难点是根据角度计算切入切出圆弧起点、圆心坐标。控制系统类型不同,需要计算和处理的难易程度有所不同。

(3) 对于斜面上的螺纹孔,须进行必要的空间局部坐标系换算,如海德汉系统则是通过 CYCL DEF 19.0 和 CYCL DEF 19.1、西门子系统通过 AROT 命令进行局部坐标系定义,并将后续螺纹孔数据转换到此坐标系下再进行数据处理。

根据以上处理策略,采用 C++ builder6.0 进行开发,软件功能界面和处理结果如图 2 所示。

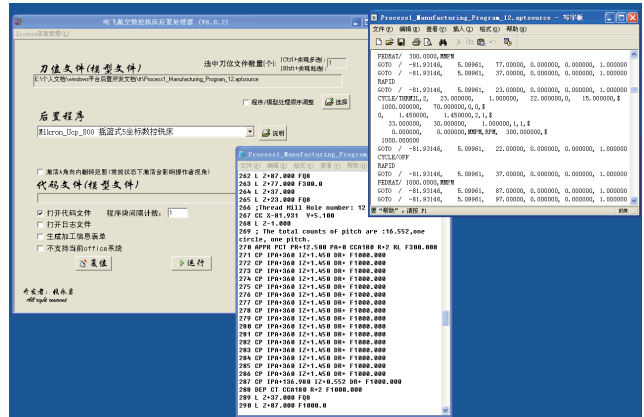


图2 后处理软件界面实现及处理结果  
Fig.2 Realization of postprocessor interface and postprocessing results

## 5 结束语

通过采用前述的后处理原理,开发出了基于 CATIA V5 软件的针对西门子、海德汉等多个控制系统的螺纹铣削后处理工具,能够比较系统地处理出满足工程应用需要的多类型、灵活的螺纹铣数控代码数据,实现了螺纹铣削基于 CATIA V5 软件的自动化编程。

(责编 良辰)

(上接第 65 页)

## 3 结束语

通过人机界面技术在大型立式强力旋压机上的应用与实践,实现了旋压控制技术和旋压工艺技术的密切结合。工艺是目标,设备是基础,控制是手段,通过旋压机床人机界面技术的应用研究,并进行人机界面组态画面的编程设计,实现了控制和工艺上的一些创新性研发设计,为旋压工艺实验验证打下了基础。

### 参考文献

[1] 王雅君,林春庭,李继贞.大型立式强力旋压机的研制.航空制造技术,2011(17): 62-65.  
[2] 张贝克,尉龙,杨宁.组态软件基础与工程应用.北京:机械工业出版社,2011.

(责编 深蓝)