

直齿花键磨床数控电气系统改造及工艺

■ 哈尔滨电动机厂有限责任公司 (黑龙江 150040) 刘明阳 许 建

摘要: 采用西门子840C 数控系统与611D伺服驱动系统及1FT6交流伺服电动机, 实现了数控直齿花键磨床的技术改造。介绍了机床整体技术改造方案、工艺设计、性能参数和结构特点。通过设计、安装、调试, 使该机床无论在高精度、高控制功能及高可靠性等各项指标均达到了较高的设计要求, 满足了直齿型花键轴、花键拉刀等工件加工工艺的技术要求。

RSM 2000 G直齿花键磨床是20世纪80年代初期从西德REFORM公司引进的花键拉刀磨床, 原数控电气系统老化, 故障率高, 无备品备件, 已经停机多年, 现对数控电气系统进行升级改造。

德国RSM 2000 G直齿花键磨床是一种适用于磨削多种齿型的高精度的直齿型花键轴、花键拉刀、塞规、滚压轮及齿轮等工件的精密数控加工机床。其加工原理为成型法磨削, 即将砂轮轴截面修整为与键槽或齿轮齿槽相对应的截形, 进行成型磨削加工。该机床采用卧式布局, 共有1个卧式砂轮主轴(交流变频调速), 以及6个伺服进给轴(滑台纵向移动X轴、砂轮立柱垂直进刀Y轴、床头箱分度A轴、砂轮修整U轴、W轴、B轴), 采用全闭环控制方式。A轴分度测量装置采用海德汉36000线圆光栅编码器, 以保证测量精度, 分度完成后采用液压夹紧以防止工件窜动。工件的工艺编程可以在数控系统的操作显示面板上直接完成, 也可以在安装有工艺编程软件的外设计算机

上完成, 再通过西门子PCIN通信软件由RS232串口传输到840C数控系统中。RSM 2000 G直齿花键磨床设有闭环控制的砂轮修型装置, 全数控, 磨削工艺复杂, 技术难度大, 其优点是磨削精度高, 产品质量稳定, 产品更换灵活方便, 生产效率高。

1. 机械部分

(1) 机床主要技术参数。中心高度: 250mm; 工件最大可磨削直径: 350mm; 工件最小可磨削直径: 10mm; 头与尾架顶尖有效距离: 2 025mm; 砂轮主轴电动机最高转速: 6 000r/min; 最大砂轮直径: 250mm; 最大砂轮直径: 40mm; 磨削电动机功率: 10kW; X轴行程(线性): 0~2 050mm, 速度: 30m/min; Y轴行程(线性): 0~350mm, 速度: 10m/min; A轴行程(旋转): 0~360°, 转速: 10r/min; U轴行程(线性): 0~100mm, 速度: 1m/min; W轴行程(线性): 0~60mm, 速度: 1m/min; B轴行程(旋转): $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$, 转速: 5r/min; 砂轮最大线速度: 35m/min; 分度装置: 定心顶尖锥孔为莫氏锥度3号, 分度精度 $\pm 3''$, 分辨率0.001°; 工件最大磨削长度: 2 000mm (=工件在头与尾架顶尖之间最大的夹紧长度-25mm驱动法兰的宽度-砂轮的半径)。

(2) 机床结构。由工作台驱动、砂轮轴、分度装置、液压尾座、中心架、砂轮修整装置、液压系统、冷却系统、电气控制柜及数控操作站等组成。

(3) 直齿花键拉刀的磨削方法。直齿花键拉刀的磨削是靠工作台的往复运动(X轴纵向移动), 砂轮旋转(Y轴垂直移动)靠模齿形进行磨削, 并通过分度装置在工作台每一项或双向行程结束后, 带动工件按照程序分度一定角度后, 再由液压夹紧, 工作台再往复运动的办法进行磨削。由砂轮修整装置对砂轮进行修型。

2. 数控电气系统改造

去除原设备的数控电气系统及电气控制柜, 仅保留A轴海德汉圆光

栅编码器, 砂轮修型器的3个U/W/B轴的BBC直流伺服驱动系统和直流电动机及闭环反馈测量元件。采用西门子840C数控系统与三套611D驱动系统及电动机, 与测量系统组成全闭环控制系统, 完成对工件的精确磨削, 并通过S5 PLC对电气辅助部件及设备进行监控。直齿花键拉刀磨床要求西门子840C 数控系统具有花键轴工艺曲线的磨削功能, 具有电子齿轮轴、直线表插补和曲线表插补功能, 并确保直齿花键磨床的各项技术指标满足设计要求。

其配置主要如下: ①硬件配置: 选用840C, 操作台HMI选用MMC与OP液晶显示器、MCP机床控制面板, 611D伺服驱动, 3台20N·m、2 000r/min 1FT6交流伺服电动机, 1台10kW、6 000r/min1PH7交流驱动电动机。②选件配置: 电子齿轮、直线表插补及曲线表插补等。

3. 直齿花键拉刀磨床电气系统设计

电气系统设计的目的是将磨床机械部分与电气部分有机地结合起来, 使磨削加工成为高精度、高效率、安全可靠的全自动化生产。

电气系统设计总体上包括硬件、电气系统调试和软件三大部分。

硬件设计的原则是在满足磨削功能的条件前提下, 降低成本; 系统调试的原则是将标准的840C系统通过调整相关参数, 使之符合直齿花键拉刀磨床工作特性; 软件设计的原则是采用结构化程序设计, 对每个部件的运行要进行安全可靠的动态控制, 并具有丰富的信息指示。

(1) 电气系统硬件设计。NC硬件设计主要是数控轴的设计。本磨床的数控轴有X、Y、A、U、W、B和SP共7个。其中, X轴为工作台移动轴, Y轴为磨头垂直进给轴, A轴为分度旋转轴, U轴为修整器纵向移动轴(平行于X轴), W轴为修整器横向移动轴, B轴为修整器旋转轴, SP轴为砂轮主轴。

PLC硬件设计主要是指对外部执行部件监控电路的设计, 包括机床控制面板、机床辅助控制面板、驱动系统、液压系统及冷却系统等电气系统, 这些电气的信号都要与840C的PLC模块(I/O输入输出模块)连接。

(2) 电气系统调试。电气系统调试是对配置好的数控硬件系统进行相关参数的调整, 使之符合直齿花键拉刀磨床的工作要求, 主要包括NC机床数据和PLC机床数据调整。NC机床数据调整主要是直齿花键拉刀磨床各轴参数的设置, 其关键参数如下: 设置直齿花键拉刀磨床具有1个方式组、1个通道、6个进给轴和1个主轴; 6个进给轴各位置环测量接口, 1个主轴速度环控制接口; 设置6个进给轴可计算的位置控制参数, 如位置当量值、理论速度值等参数; 设置6个进给轴运动特性的位控参数, 如位置增益、加速度及轴速度等参数。

轴的运动特性与磨床的机械结构、磨损程度等有密切的关系。轴的位控参数是根据轴的运动特性来设定。轴的位置增益是反映位置环中对轴运动位置的动态跟踪特性。轴的位置加速度是反映位置环在轴启动到设定速度和设定速度到停止期间, 运动位置的加速、减速特性。轴的速度能反映出磨床的工作效率, 速度越大, 效率越高。它一般分为最大速

度、手动快速度、手动速度及回零速度等。轴的位置增益与加速度也是互相影响。

(3) 电气控制软件设计。电气控制软件设计主要是指PLC程序的设计。在PLC系统中, 为用户设计了标准的接口模块, 即OB块, 除OB块外, 还有受OB块调用的PB、FB和DB块。用户控制软件就编写在这些块中, 它是用西门子STEP 5语言编制而成的。在本控制软件中, OB块只使用OB1, 程序块PB是按照控制对象功能编制的, 采用结构化编程。

主要完成如下任务: ①初始化处理程序。②基本信号处理程序(包括机床控制键盘、NC系统的通道、进给及砂轮轴等轴限位信号、轴回参考点信号和急停处理)。③异步电动机处理程序(包括冷却水、液压、电气系统及润滑系统等控制处理)。④电磁阀处理程序(包括工件、砂轮、冷却、液压开/关和工件夹紧/松开)安全保护程序。安全保护系统在磨床中起着很重要的作用: 第一, 保护人的生命安全; 第二, 避免设备受损。

4. 直齿花键磨床工艺设计

由于花键轴生成曲线的特殊性, 它既不是圆弧也不是直线, 类似于渐开线, 这就决定了花键磨床磨削工艺的特殊性。

提供给磨床的生成花键渐开线的曲线需解决以下三个关键问题: ①花键轴渐开线曲线数学模型的建立, 可利用840C 曲线表功能实现, 生成渐开线曲线转为磨削曲线。由于花键轴磨削时, 磨削点与生成点不在一个点上, 必须进行数学模型变换与补偿。②

编制NC磨削加工程序,完成所有磨削工艺及关键问题。直齿花键磨床加工程序是根据花键轴磨削过程及840C提供的相关功能编制而成,主要包括花键轴渐开线生成/速度曲线计算和花键轴磨削二部分。③花键轴渐开线生成/速度曲线计算程序。花键轴渐开线生成/速度曲线计算将给定的花键轴生成表转换与补偿为磨削用的磨削曲线。

主要包括以下几部分:

(1) 花键轴磨削参数。花键轴加工中磨削程序要涉及许多相关参数来保证产品质量,如磨削量、磨削速度值,若选择不当将引起工件变形、尺寸超差。

(2) 渐开线齿形参数。①模数:渐开线标准参数。②齿数:渐开线标准参数。③压力角:渐开线标准参数。④最大接触直径:外圆直径。齿顶无复合齿形时,一般输入值略大于理论值;有复合齿形时,按节点圆直径理论值输入。⑤最小接触直径:齿根圆直径。⑥齿根圆半径、齿顶圆半径、螺旋角、位置参数、花键角度、倒角、顶角及修正半径等参数。

(3) 砂轮参数。砂轮直径、砂轮宽度。

(4) 修整砂轮参数。金刚笔修型器进给位置、速度、修磨量及修磨次数等。

(5) 磨削参数。工作台的进给位置及速度、工作台的进给次数、砂轮的进给位置、粗磨量、半精磨量、精磨量、修整量、补偿量及修整速度等。这些参数有些是固定的,有些是根据磨削效果进行调整的。

5. 花键渐开线曲线数学模型的建立及计算举例

(1) 非对称齿形的加工。非对称齿形由修改过的花键齿形组成。通过齿面修改将原直齿花键改为工件带有角度的花键,根据内圆半径计算键宽,这样可以得到基本上符合要求的齿形,但由于是非对称齿形,还需要做些计算。对于这种齿形理论上砂轮倾斜于工件,但实际上不可能,因此必须借助于修整的横向位移和分度装置做零点修正。

非对称齿形输入参数计算实例,工件参数 d_w 为内圆直径; D_w 为外圆直径; a_w 为圆中心偏移角;砂轮角度为 α_w ;倾斜角为 β_w ;中点为 M_w ;修正中点为 m_w ; z 为齿数。需要注意的是,在花键轴程序中输入的内圆直径、外圆直径、键宽及齿面修正等参数必须计算。

齿面修正

$$F_k = (\alpha_w - 360^\circ / z) / 2 \quad (1)$$

分度装置零点修正

$$\gamma = \beta_w - \alpha_w / 2 \quad (2)$$

由横向修正值计算

$$\sin^{-1}[a_w / (\alpha_w / 2)] \quad (3)$$

$$h = \cos \delta \cdot (d_w / 2) \quad (4)$$

$$d = \tan \gamma \cdot h \quad (5)$$

$$e = \cos \gamma \cdot (a_w + d) \quad (6)$$

$$h' = [(d_w / 2) - e^2]_{1/2} \quad (7)$$

计算实际内圆直径

$$d_R = 2h' \quad (8)$$

计算键宽

$$O = \sin (360^\circ / z) \cdot h' \quad (9)$$

计算实际外圆直径

$$u = 2h' + 2O \quad (10)$$

在计算和输入数值后,做出类似 N 边齿形的修整砂轮,同时观测齿形,如果修整器移入砂轮出现误动作,必须逐渐减小键宽,直到误动作消失。

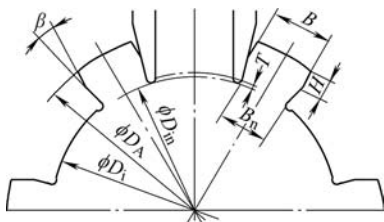
(2) N 边齿形输入参数计算实例。磨削 N 边齿形,选择花键齿形程序输入必要的参数,这种方式将花键最小接触直径设定为0,将最大接触直径设定到内径的数值上。此时得到只由顶角和顶半径组成的修整齿形,在输入 180° 顶角时,只有横向修整砂轮,必须经过计算获得键宽参数(见附图)。

工件参数: D_A 为花键轴细端面外径175mm; D_i 为标准面内径135mm; D_{in} 为后角面内径(自由面内径) $D_{in} = D_i - 2T = 131\text{mm}$; T 为后角槽深度2mm; H 后角面的刃面高度10mm; β 为后角 15° ; B 为图样键宽30mm。

按照给定公式顺序计算如下

$$Z = B \tan[\sin^{-1}(B/D_A) / 4] = 1.293\text{mm} \quad (11)$$

$$Y = D_A / 2 - Z - H = 76.207\text{mm} \quad (12)$$



不带尾坐台高的齿侧铲磨示意图

$$W = [Y - (B/2 \tan \beta)] \times (-1) = -20.226 \text{ mm} \quad (13)$$

$$\gamma = 180^\circ - \beta = 165^\circ \quad (14)$$

$$\varepsilon = \sin^{-1} (2W/D_{in}) \sin \gamma = -4.584 \text{ mm} \quad (15)$$

$$X = 90 - \beta - \varepsilon = 79.584 \text{ mm} \quad (16)$$

D_{in} (内径) = 131mm 代入下述公式, 输入到指令中的键宽 B_n 计算得到

$$B_n = D_{in} \cos X = 23.684 \text{ mm} \quad (17)$$

相关参数的计算如下

工件参数: S 为边长; n 为边数; $\alpha = 360^\circ / n$ 。

$$\text{外圆直径 } D = S / \sin (\alpha/2) \quad (18)$$

$$\text{内圆直径 } d = S / \tan (\alpha/2) \quad (19)$$

$$\text{输入的花键宽度 (理论图样) } B = d \cdot \sin (\alpha/2) \quad (20)$$

把工件参数内径 $D_{in} = 131 \text{ mm}$ 、齿面后角修正 $-\beta = -15^\circ$ 和计算得到的实际键宽 $B_n = 23.684 \text{ mm}$ 取代图样数据输入到机床程序中, 用于机床加工。

在磨削时, 只要求修整器横向移动修整砂轮, 必须以 0.02 mm 的步距增大键宽, 每次修整一个修整循环就进行测量, 在测量中, 一旦看不到砂轮对齿形中点的旋转运动时, 即达到了所要求的齿形。

在磨床工艺加工中, 建立数学模型, 推导数学公式, 用经验公式、实际数据采集测量等工艺方法进行误差修正, 对于提高机床工作精度, 完成工艺加工功能是非常重要的。

6. 直齿花键磨床实际磨削效果

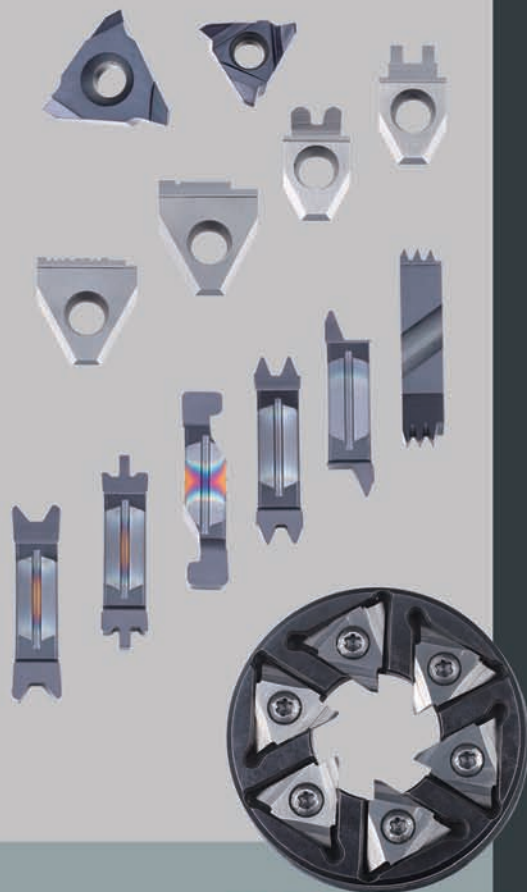
采用西门子840C的花键轴磨床, 经调试磨削出一件生成值和表面粗糙度合格的直齿型花键轴拉刀; 又连续加工10件, 检查系统的可靠性和稳定性。检查结果: 各项技术指标完全符合产品设计要求。

参考文献:

- [1] 赵榕, 王银山. 花键磨床数控改造[J]. 金属加工 (冷加工), 2014 (12): 85-86.
- [2] 赫连霞. 花键磨床磨削齿形修形齿轮的渐开线形面[J]. 现代制造工程, 2005 (03): 27-28.
- [3] 鲜志刚. 应用西门子840C数控系统改造Fortuna凸轮轴磨床的研究[D]. 四川: 四川大学, 2002.

MW (收稿日期: 20170810)

非标 刀片定制



让您的生产效率全面提速



东莞市锐锋精密刀具有限公司

地址: 东莞市长安镇乌沙李屋第一工业区沙梨坝6号

电话: 0769-85350968

传真: 0769-85350917

网址: www.ruifeng-tools.com

邮箱: ruifeng@ruifeng-tools.com

高精度
专业化

拥有德国五轴数控磨削中心, 专业技术团队, 提供高品质非标刀片的定制



◆广告 查询编号: 2600