

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2018.05.018

# 新型调心卡爪式外圆磨自动夹头设计

林钰珍<sup>1</sup>, 申文权<sup>2</sup>, 陈 澜<sup>2</sup>, 徐文俊<sup>1</sup>

(1. 衢州职业技术学院 机电工程学院, 浙江 衢州 324000; 2. 浙江万里扬股份有限公司, 浙江 金华 321042)

**摘 要:**针对现有外圆磨床夹头不能调心易导致过定位和自动化水平不高的问题,将调心卡爪应用到外圆磨床夹头上,设计出一种能自动调整卡爪回转中心的新型夹头。夹头由电机驱动,可实现自动夹紧工件、带动工件回转和自动松开工件等多重功能。基于虚拟样机技术完成夹头的仿真分析,将Creo软件中建立的夹头模型导入ADAMS软件,结合夹头的受力情况,分别对夹头与工件同心转动和偏心转动2种情况下夹头夹紧和松开工件的过程进行仿真。仿真结果表明2种情况下夹头均能快速地夹紧工件,稳定地带动工件绕顶尖回转轴线转动和快速地松开工件。文中夹头能保证工件回转轴线与顶尖回转轴线重合,提高了外圆磨床夹头的定心精度和自动化水平。

**关 键 词:**外圆磨床;调心卡爪;自动夹头;虚拟样机;Creo软件;ADAMS软件

中图分类号: TG581.1 文献标志码: A 文章编号: 1005-2895(2018)05-0092-05

## Design of New Type Automatic Fixture with Self-Aligning Jaw for Cylindrical Grinding

LIN Yuzhen<sup>1</sup>, SHEN Wenquan<sup>2</sup>, CHEN Lan<sup>2</sup>, XU Wenjun<sup>1</sup>

(1. College of Mechanical Engineer, Quzhou College of Technology, Quzhou, Zhejiang 324000, China;

2. Wanliyang Limited by Share Ltd., Jinhua, Zhejiang 321042, China)

**Abstract:** In view of the problem that the existing external cylindrical grinder chuck cannot be adjusted, which will lead to over-positioning and the low automation level. A new kind of chuck which can automatically adjust the rotary center was designed by applying the self-aligning jaw to the chuck of external cylindrical grinder. The chuck was driven by motor, thus the functions such as workpiece clamping, releasing and turning can be realized. Based on the virtual prototype technology to complete the simulation analysis of the chuck, the model of chuck established in Creo software was imported into the ADAMS software. Combined with the force of the chuck, the process of clamping and releasing the workpiece under the condition of concentric rotation and eccentric rotation of the chuck and the workpiece was simulated respectively. The results show that in both cases, the chuck can quickly clamp the workpiece, stably move the workpiece around the top rotation axis and quickly release the workpiece. It can be assured that the rotation axis of workpiece coincides with that of the center and the centering accuracy and automation level of the external cylindrical grinder chuck can be improved.

**Keywords:** external cylindrical grinding machine; self-aligning jaws; automatic chuck; virtual prototype; Creo software; ADAMS software

目前实际应用的的外圆磨床头架结构其工件的夹紧定位及回转运动方式主要有2种<sup>[1]</sup>:①采用头、尾架顶尖顶紧工件,手动调整三爪卡盘夹紧工件,通过电机驱动卡盘转动来带动工件回转;②头架上安装有拨杆,装

夹前先给工件套上夹头,将工件和夹头一起安装到磨床的头、尾架顶尖上,调整好头架拨杆与夹头的角向位置,通过拨杆带动夹头和工件一起回转。这2种方式当头、尾架顶尖顶紧工件后,工件的5个自由度即被限

收稿日期:2018-04-08;修回日期:2018-07-17

基金项目:浙江省教育厅一般科研项目(Y201534692);衢州市科技计划项目(2015Y016)。

第一作者简介:林钰珍(1984),女,浙江金华人,硕士,讲师,主要研究方向为机器人离线编程技术。E-mail:lyuz9999@163.com

制,再用卡盘卡爪或鸡心夹头夹紧工件都会对工件产生过定位,如果卡爪或拨杆的回转轴线与头、尾架顶尖的回转轴线不重合势必造成磨削时工件的偏心转动。因此,上述装夹方式不仅不利于提高装夹和加工精度,也不利于推动外圆磨削的自动化高效生产。

外圆磨床自动夹头的设计难点主要集中在简化夹具结构的同时还能可靠地夹紧和松开工件,并解决过定位问题。课题组设计的新型外圆磨床自动夹头带有调心卡爪结构,通过3个卡爪的径向移动实现夹紧、松开工件和调整卡爪回转中心的目的。课题组对磨削时夹头的受力情况进行了分析,利用Creo建立夹头的简化模型,并利用ADAMS软件完成了夹头与工件同心和偏心转动2种情况下夹头夹紧和松开工件过程的仿真测试,结果显示夹头满足预期设计效果。

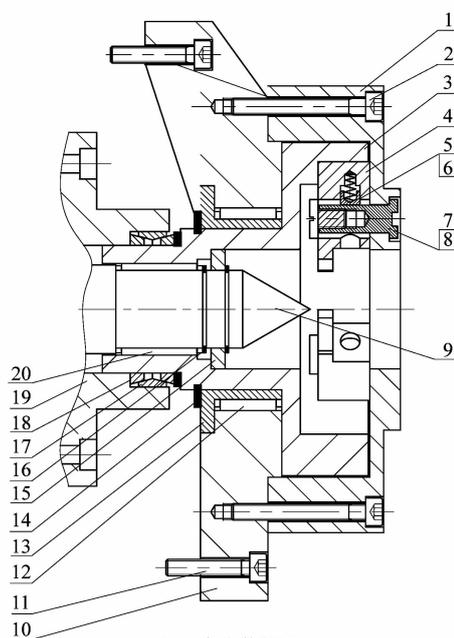
### 1 夹头结构

夹头结构如图1所示。拨盘1上圆周均布有3个拨销孔,3个调心卡爪4的中部设有腰型槽结构,拨销7穿入卡爪腰型槽并与拨销螺母8拧紧,将3个卡爪安装在拨盘1上,且卡爪可以相对拨盘做径向运动。楔盘3上均布有3个斜面槽结构,调心卡爪4嵌在楔盘3的3个斜面槽内,卡爪中部安装有弹簧套5和弹簧6保证调心卡爪4的斜面始终与楔盘3槽的斜面保持接触。拨盘1通过螺钉2与支撑盘10固定,支撑盘10通过轴承套筒13、滚针轴承12安装在楔盘3的外圆上,通过挡圈14确定支撑盘10在楔盘3的轴向位置。整套夹头通过滚针轴承20安装在顶尖9的外圆上,定位套15和挡圈16确保夹头在顶尖9的轴向位置,支撑盘10通过螺钉11与电机驱动部件连接,楔盘3与外套筒19之间安装有胀紧的外锥弹簧18和内锥弹簧17,外套筒19通过螺钉连接固定在机床头架上,整套夹头的自重基本由磨床头架承担。

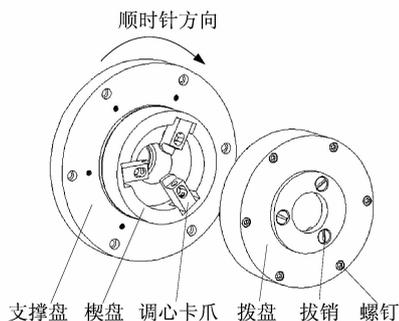
### 2 夹头工作原理

装夹时将外圆工件放入3个卡爪内,由头、尾架顶尖顶紧工件,使砂轮靠近工件,启动机床头架电机,电机带动夹头的支撑盘10和拨盘1沿图1(b)逆时针方向转动,初始楔盘受内、外锥弹簧的胀紧力作用而静止不动,3个调心卡爪4在拨销7的作用下随拨盘1转动,并沿楔盘3槽的斜面向下移动。卡爪上设计的腰型槽可以满足卡爪一边随拨盘转动一边沿拨盘径向运动的需求,直至3个卡爪均与工件外圆接触并夹紧工件再使拨盘、卡爪、楔盘和工件成为一个整体一起转动。

磨削过程中若拨盘的回转轴线与头、尾架顶尖的



(a) 夹头装配图



(b) 夹头三维模型

1—拨盘;2—螺钉;3—楔盘;4—调心卡爪;5—弹簧套;6—弹簧;  
7—拨销;8—拨销螺母;9—顶尖;10—支撑盘;11—螺钉;12—滚  
针轴承;13—轴承套筒;14—挡圈;15—定位套;16—挡圈;17—  
内锥弹簧;18—外锥弹簧;19—外套筒;20—滚针轴承。

图1 夹头结构

Figure 1 Structure of chuck

回转轴线不重合,3个卡爪可以其沿腰型槽方向也就是拨盘径向作微小的位移调整,使卡爪的回转轴线与头、尾架顶尖的回转轴线重合。解决过定位问题。

磨削结束后,机床头架电机驱动支撑盘和拨盘沿图1(b)顺时针方向转动,初时楔盘受内、外锥弹簧的胀紧力作用而静止不动,3个调心卡爪在拨销的作用下跟随拨盘转动和沿楔盘槽的斜面向上移动,卡爪即与工件脱开。

### 3 夹头载荷分析

磨削过程中夹头受电机驱动并受到来自砂轮的磨削力矩  $M_1$  和来自内、外锥弹簧的摩擦力矩  $M_2$  作用。

### 3.1 磨削力矩 $M_1$

砂轮对工件的切向磨削力<sup>[2-3]</sup>

$$F_t = k\omega d^{-2\varepsilon} [a_p]^{1-\frac{\varepsilon}{2}} \left[ \frac{v_w}{v_s} \right]^{1-\varepsilon} \left[ \frac{r+R}{2rR} \right]^{\frac{\varepsilon}{2}} \quad (1)$$

式中： $k$  为与材料有关的系数，铬钢  $k = 205 \text{ kg/mm}^2$ ； $\omega$  为砂轮宽度， $\omega = 70 \text{ mm}$ ； $d$  为磨粒间隔， $d = 0.54 \text{ mm}$ ； $\varepsilon$  为切削系数， $\varepsilon = 0.25$ ； $a_p$  为磨削深度， $a_p = 0.01 \text{ mm}$ ； $v_s$  为砂轮圆周速度， $v_s = 4.5 \times 10^3 \text{ mm/s}$ ； $v_w$  为工件圆周速度， $v_w = 2\pi nr/60 \approx 325 \text{ mm/s}$  ( $n$  为工件转速， $n = 100 \text{ r/min}$ )； $r$  为磨削段工件半径， $r = 31 \text{ mm}$ ； $R$  为砂轮半径， $R = 250 \text{ mm}$ 。

则砂轮对工件的磨削力矩

$$M_1 = F_t \times r = 23\ 157 \text{ N} \cdot \text{mm}。$$

### 3.2 摩擦力矩 $M_1$

图 2 所示为磨削时拨销（拨盘）、楔盘、工件与一个卡爪之间的受力简图。 $O$  点为工件回转中心， $F$  为拨销（拨盘）作用在卡爪上的驱动力； $N_1$  和  $\mu N_1$  分别为楔盘作用在卡爪上的正压力和摩擦力，楔盘与卡爪的摩擦因数  $\mu = 0.15$ ； $L_1$  为楔盘与卡爪之间的力作用点到工件回转中心的距离； $N_2$  和  $\mu N_2$  分别为工件作用在卡爪上的正压力和摩擦力，卡爪与工件的摩擦因数  $\mu = 0.15$ ；工件被夹持轴段的半径  $r' = 15 \text{ mm}$ ；楔盘槽斜面与水平面的夹角  $\alpha = 5^\circ$ ；工件作用在卡爪上的正压力的偏置角  $\beta = 5^\circ$ 。

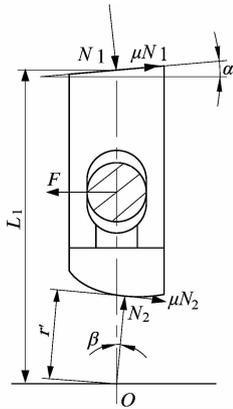


图 2 卡爪受力简图

Figure 2 Force diagram of claw

磨削时，3 个卡爪作用在工件上的驱动力矩应大于砂轮对工件的磨削力矩，即

$$3\mu N_2 r' \geq M_1 \quad (2)$$

根据卡爪受力平衡有

$$\left. \begin{aligned} F &= \mu N_1 \cos \alpha + N_1 \sin \alpha + \mu N_2 \cos \beta + N_2 \sin \beta; \\ \mu N_1 \sin \alpha + N_2 \cos \beta &= N_1 \cos \alpha + \mu N_2 \sin \beta. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

将  $M_1$  值代入公式(2)，并根据公式(3)计算得

$$N_1 = N_2 \geq 3\ 430.66 \text{ N}。$$

因此，内、外锥弹簧对楔盘的摩擦力矩满足

$$M_1 = 3(\mu N_1 \cos \alpha + N_1 \sin \alpha) \times L_1 \geq 128\ 733 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

## 4 ADAMS 仿真

为了研究拨盘回转轴线与工件（顶尖）回转轴线重合和不重合 2 种情况下卡爪夹紧工件和松开工件的动态过程，运用 ADAMS 软件对夹头进行仿真。

### 4.1 导入简化模型

由于在磨削过程中拨盘、支撑盘、拨销、拨销螺母和螺钉做相同的运动，在图 1(b)基础上省略支撑盘和螺钉，同时增加一外圆半径  $r'$  为 31 mm 的轴段（工件），初始时刻 3 个卡爪与工件之间的间隙约 0.5 mm。将修正后的简化模型导入 ADAMS 软件，生成 6 个活动构件，分别是圆柱体工件、3 个卡爪、拨盘和楔盘，设置所有活动构件的材料均为钢。

### 4.2 添加约束

根据夹头中各构件的运动情况设置相互接触构件之间的运动副、接触和柔性约束。拨盘转动后，3 个卡爪一边随拨盘转动，一边沿拨盘径向微移，在拨盘和每个卡爪之间设置移动副，同时在移动副方向添加柔性约束来代替弹簧的作用效果。卡爪夹紧工件后每个卡爪与楔盘槽斜面和工件外圆均产生接触，因此在每个卡爪和楔盘槽斜面之间设置接触，在每个卡爪与工件之间设置接触。卡爪夹紧工件后，工件、楔盘均跟随拨盘一起转动，在拨盘与大地之间、楔盘与大地之间以及工件与大地之间分别设置转动副。

设置的运动副、接触与柔性约束具体见表 1。表中分别设置了拨盘和工件转动副回转轴线重合以及拨盘和工件转动副回转轴线相距 0.1 mm 2 种情况。

表 1 构件及约束类型

Table 1 Components and constraint types

序号	构件 1	构件 2	约束类型
1	拨盘	大地(顶尖)	转动副
2	拨盘	卡爪	移动副
3	拨盘	卡爪	柔性约束
4	楔盘	卡爪	接触
5	楔盘	大地(顶尖)	转动副
6	卡爪	工件	接触
7	工件	顶尖(大地)	转动副

### 4.3 施加驱动和载荷

给拨盘施加驱动速度函数，给楔盘施加摩擦力矩  $M_1$  函数，给工件施加磨削力矩  $M_1$  函数。其中 0.3 ~ 0.6 s 为启动夹紧阶段，拨盘角速度为  $10\pi/3 \text{ rad} \cdot$

$s^{-1}$ ,楔盘的摩擦力矩为  $-128\ 733\ N \cdot mm$ ,工件的磨削力矩为  $-23\ 157\ N \cdot mm$ ;  $0.3 \sim 0.6\ s$  为松开阶段,拨盘的角速度为  $10\pi/3\ rad \cdot s^{-1}$ ,楔盘的摩擦力矩为  $128\ 733\ N \cdot mm$ ,工件的磨削力矩为  $0\ N \cdot mm$ 。

#### 4.4 求解与后处理

设置求解时间为  $0.6\ s$ ,求解得出拨盘回转轴线与工件回转轴线重合时工件的角速度曲线和卡爪与工件之间的接触力曲线如图 3 所示;得出拨盘回转轴线与工件回转轴线相距  $0.1\ mm$  时工件的角速度曲线和卡爪与工件之间的接触力曲线如图 4 所示。

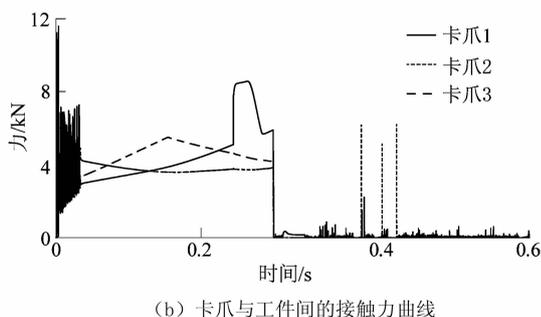
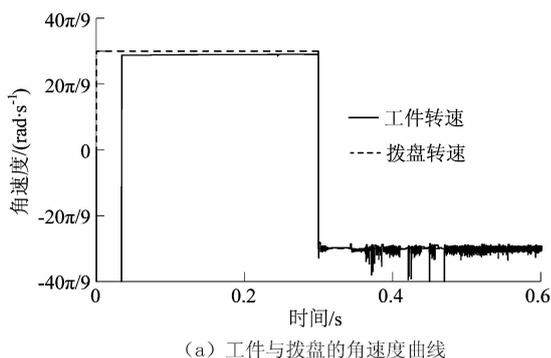


图 3 拨盘、工件回转轴线重合时求解曲线  
Figure 3 Solving curve when the dial and workpiece rotation axis coincide

#### 4.5 结果分析

图 3(a)和图 4(a)中,在  $0 \sim 0.3\ s$  启动阶段工件角速度均达到  $29\pi/9\ rad \cdot s^{-1}$ ;在  $0.3 \sim 0.6\ s$  松开阶段,拨盘角速度为  $-10\pi/3\ rad \cdot s^{-1}$ ;工件转速均在  $0.3\ s$  时瞬间反向转动,之后工件角速度在  $10\pi/3\ rad \cdot s^{-1}$  附近小幅变动。说明 2 种情况下,卡爪均能快速地夹紧工件和稳定地带动工件回转。

图 3(b)和图 4(b)中,在  $0 \sim 0.3\ s$  启动阶段,拨盘正向转动,启动时 3 个卡爪均与工件产生冲击碰撞。图 4(b)中卡爪与工件接触碰撞的次数较 3(b)多,说明拨盘回转轴线和工件回转轴线不重合情况下卡爪与工件在短期内连续地碰撞接触并逐渐夹紧工件。在

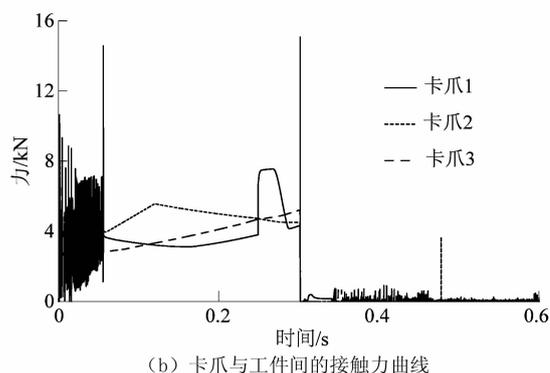
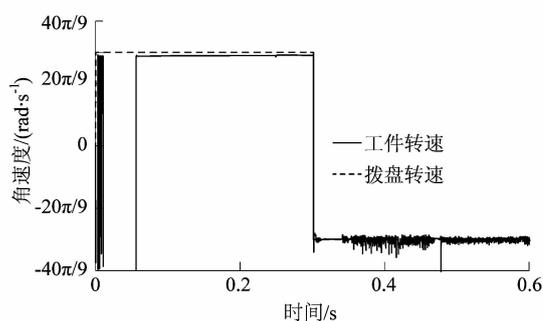


图 4 拨盘、工件回转轴线相距  $0.1\ mm$  时求解曲线

Figure 4 Curve of dial and workpiece rotation axis with  $0.1\ mm$  apart

$0.3 \sim 0.6\ s$  松开阶段,拨盘反向转动, $0.3\ s$  时卡爪与工件之间的接触力均突变成  $0\ N$ ,说明卡爪与工件之间有一个瞬间脱开的趋势,之后卡爪又断断续续地与工件碰撞然后脱开,直至  $0.6\ s$  左右卡爪与工件之间的接触力基本恒定在  $0\ N$ 。说明 2 种情况下卡爪都能与工件顺利脱开。

## 5 结语

1) 将调心卡爪设计到外圆磨自动夹头中,夹头启动夹紧阶段,卡爪一边随拨盘正向转动一边沿拨盘径向微移,实现自动夹紧工件、带动工件回转和调整卡爪回转中心多重功能;夹头松开阶段卡爪跟随拨盘反向转动并沿拨盘径向远离工件,实现自动松开工件的目的。

2) 运用 ADAMS 软件分析拨盘回转轴线与工件回转轴线重合和相距  $0.1\ mm$  时卡爪夹紧工件和松开工件的动态过程。运用 Creo 建立夹头的简化模型,将简化模型导入 ADAMS 软件,结合夹头的受力情况,设置夹头各接触构件间的约束、接触,给夹头相关构件施加驱动和载荷。最后得出 2 种回转情况下工件的转速

(下转第 101 页)