

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.02.004

盘类转子可收缩式接盘自动动平衡机

封高歌, 吴建民, 焦艳艳, 肖静文

(上海工程技术大学 机械工程学院, 上海 201620)

摘要:为了解决盘类转子的动平衡问题,研究了立式盘类转子自动动平衡机的整体机构设计方案,对其进行功能模块化的划分,建立了其相互校正量闭环反馈系统以及校正系统工作流程图。在此基础上研究设计了一种新式的可收缩式接盘装置,消除定位夹紧时夹具产生径向力对主轴损害的功能;可收缩式接盘装置相对传统解决此类问题的技术结构简单易行,在提高了立式自动动平衡机可靠性的基础上降低了成本。

关键词:动平衡机;立式动平衡;可收缩式接盘;模块化

中图分类号:TH877 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2014)02-0012-04

Research of Automatic Retractable Flange Plate Type of Rotor Dynamic Balancing Machine

FENG Gaoge, WU Jianmin, JIAO Yanyan, XIAO Jingwen

(College of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: In order to solve the problem of plate type of rotor dynamic balance, the overall organization design scheme of vertical plate type automatic rotor dynamic balancing machine was researched and the function modular was divided, and the mutual correction quantity closed loop feedback system and calibration system work flow chart was established. On the basis of the study a new type of retractable type flange device was designed, and it eliminated the damage of positioning clamping fixtures generating radial force function of spindle. Retractable type flange device relative to the traditional technology solves the problem of this kind structure simply and easily, and improves the reliability of vertical dynamic balancing machine based on lower costs.

Key words: dynamic balancing machine; vertical dynamic balancing; retractable type flange; modularity

盘类转子应用于许多常见的机器、机构上,并且承担非常重要的功能,例如,离合器、压盘及轮毂和飞轮类薄片型转子等。由于其材料的品质、装配质量和加工工艺等各方面的问题必然会导致转子的质量分布不均或者偏离设计互换性范围、产生了一些不期望的装配间隙等等^[1-4]。随着工业现代化的发展,致使对于旋转类机械要求的精密化和高速化,所以消除机械的振动和噪声问题也日渐重要,对于旋转机械(如鼓风机、电动机、柴油机、汽车、飞机等)它的旋转部件产生的危害振动,直接影响了机器的效率,机器的寿命和人身的安全问题^[5-7],而动不平衡是此类旋转机械产生振动的主要原因之一,因此为了有效地解决机器振动问题,

对盘类转子旋转体(以下简称转子)进行静、动平衡是必不可少的工艺步骤。

此外,在解决夹具对工件夹紧时对主轴的伤害方面,文中提出了一种简单可靠的可收缩式接盘装置的方案。现阶段进行自动动平衡相关企业解决此类问题主要采用“主轴抽轴技术”方法,该方法使主轴套筒的结构变得复杂,成本代价高且不易掌握。而通过可收缩式接盘的仿真设计,经过测试分析,确定其可行性。

1 系统组成与整体方案结构设计

主要介绍盘类转子立式自动动平衡的整体设计思想和方案,描述系统的总体结构以及校正控制系统的流程,重点研究各部件的动作顺序以及反馈信息形成

收稿日期:2013-08-12;修回日期:2013-09-18

基金项目:上海工程技术大学研究生科研创新专项项目(A-0903-13-01012)

作者简介:封高歌(1989),男,安徽蚌埠人,硕士研究生,主要从事动平衡机研究。E-mail:fenggaoge@163.com

整个闭合回路的系统^[8]。同时对转子不平衡量的数据处理方法进行探讨。盘类转子的动平衡主要采用的是立式动平衡机,全自动动平衡机中主要是由检测系统、定位夹紧系统、去重系统三大系统构成,电气全过程采用 PLC + 触摸屏控制。PLC 根据摆架传送来的测量的动不平衡矢量值进行分析,并且计算出需要的去重量与零相位之间的角度以及铣刀加工的深度,并且采用闭环回路控制实现精确去重^[9]。系统组成见图 1,总体设计方案见图 2。

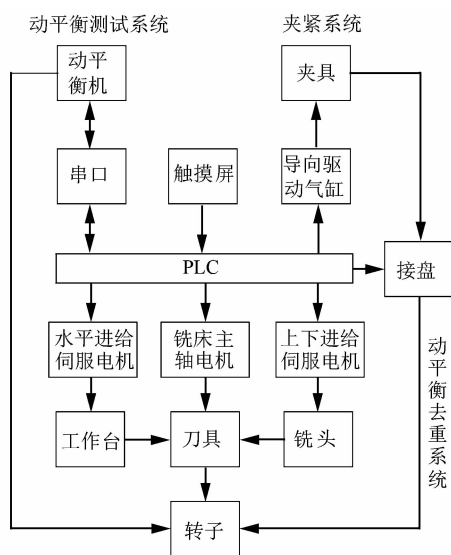
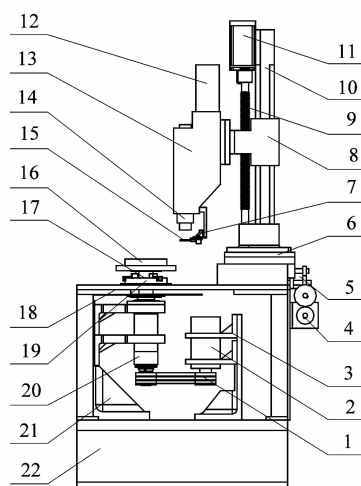


图 1 系统组成示意图

Figure 1 System schematic diagram

开始测试时待加工工件被放置在可收缩式的接盘上,通过接盘与主轴固定,由电机拖动传动头,使工件旋转,由于工件的不平衡量产生离心力,迫使摆架受力,传递给压电传感器,压电传感器受力产生电信号,输入 PLC,另一方面由光电开关发出与工件转速同频率的一组基准信号输入 PLC,作为相位参数基准和测速电信号。传感器输出的不平衡信号和光电开关发出的基准信号经 PLC 运算、放大处理后,算出转子的不平衡量的大小和相位。PLC 将基准信号传入主轴伺服电机将工件的去重相位转到校正工位,接盘内开关继电器控制内销弹出,导向汽缸驱动三爪卡盘对接盘定位夹紧,由夹紧装置夹紧以保证在铣削过程中工件稳定不晃动。PLC 输出脉冲驱动水平进给伺服电机使工作台面左进,探杆接触器与转子接触瞬间,限位开关送出信号,将探杆拉回。PLC 再次输出脉冲驱动上下垂直伺服电机将铣头送到指定校正面,铣刀主轴电机带动铣刀进行端面去重铣削。在刀具与工件有效接触的瞬间,启动光栅计数对进刀量控制进行位置反馈,通过



1—同步带轮;2,4,11—伺服电机;3—主轴电机固定架;5—水平滚珠丝杆;6—铣刀台面;7—限位开关;8—升降台;9—垂直滚珠丝杆;10—铣头导轨立柱;12—铣刀主轴电机;13—铣头;14—铣刀;15—探杆接触器;16—工件;17—可收缩式接盘;18—三爪卡盘;19—工作台面;20—主轴部件;21—支撑架;22—底座

图 2 总体机构设计方案图

Figure 2 Overall organization design diagram

光栅的读数对切削量进行精确控制^[10]。铣削完成,夹具松开,进行复测。

为了便于设计、制造、工艺及调试的进行,采用模块化设计的方法,将整体系统结构按动作将部件划分模块,各模块之间相对独立研究,通过 PLC 和触摸屏连成整体系统。在调试阶段,可采用手动控制,分别调试各部件,包括接盘收缩、定位夹紧、工作台的进给、铣头上下进给等动作^[11]。

图 3 为校正系统整体流程,当摆架测量出待加工工件的有不平衡量时,首先需要判断其不平衡量是否在允许的规定范围内,即是否需要进行平衡的校正。当检测结果表明加工件需要进行平衡校正时,系统将对其完成一次校正过程^[12],然后再对其进行平衡复测。

综合上述模块结构,基于 SolidWorks 三维建模软件,完成虚拟样机装配,如图 4 所示(未显示同步带轮)。

2 可收缩式接盘的模型设计

2.1 可收缩式接盘设计方案

盘类转子的动平衡主要采用的是立式动平衡机。工件通过接盘与主轴固定,电动机带动主轴转动,摆架检测不平衡量之后,通过三角卡盘夹紧接盘,继而转向定位、去重。定位夹紧系统是全自动动平衡中最为关键的部分之一,在此过程中,三爪卡盘对工件的定位夹紧是通过对接盘的直接夹紧来实现的。三爪卡盘对主轴的损害最主要构成因素有:①三爪卡盘盘体上的 3

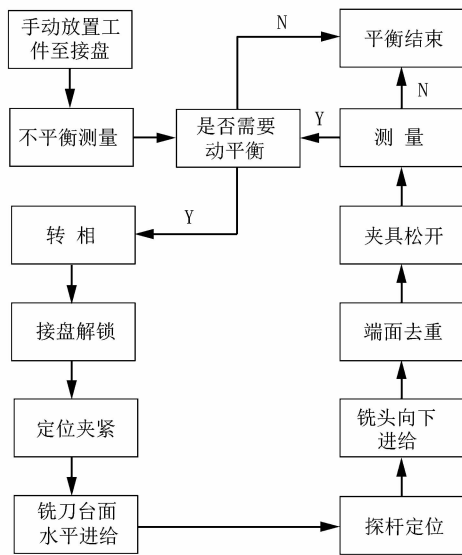


图 3 校正单元系统流程图

Figure 3 Calibration unit system flow chart

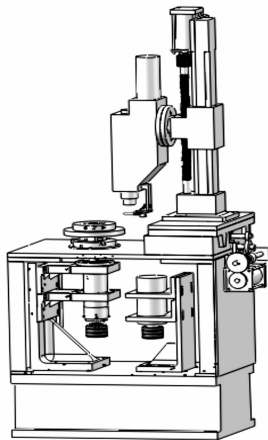


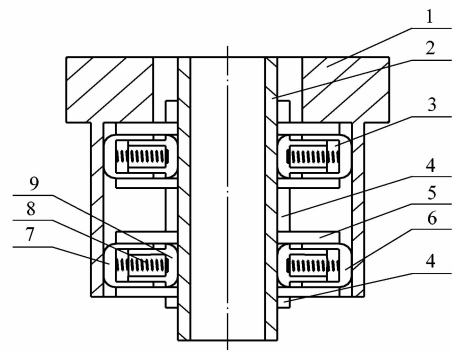
图 4 结构模块三维装配图

Figure 4 Structure module of 3-D assembly drawin
 个活动卡爪的径向移动自动夹紧时产生较大的径向力,这种较大的夹紧力通过接盘传递到主轴上;②三爪卡盘使用久了,随着卡盘的磨损三爪会出现喇叭口状^[13];③加工和磨损等各种原因,三爪也会慢慢偏离盘体的主轴中心;④主轴接盘为实心结构。以上几种原因均可造成对主轴接盘夹紧时产生的径向力对主轴造成的伤害。主轴是自动动平衡机最为主要部件之一,主轴套筒安装比较复杂、主轴也不易更换,因此,急需一种对主轴套筒以外的机构进行改造的新方案。

为了克服三爪卡盘对工件定位夹紧时对主轴带来的损害和现阶段弥补技术方法的不足之处,文中提出一种新型的可收缩主轴接盘装置(图 2 中 17),该接盘装置能消除卡盘夹紧对主轴的伤害,而且不会影响主轴传动工件对不平衡量的测定,相比较于现阶段解决

此类问题的“主轴抽轴技术”具有结构简单、易于安装及成本较低等优点,可应用于盘类转子的立式自动动平衡机的定位夹紧。

图 5 是可收缩式接盘整体全剖视图,上下两套可收缩式接盘通过卡盘将可收缩式内套筒 2 与可收缩式接盘外套筒 1 组装一体,全方案过程使定位销与固紧件内套筒 9 脱离定位连接关系,固紧件的内外套筒可以自由的轴向位移滑动。在主轴带动接盘旋转工件时,开关继电器处于常开状态,定位销将固紧件内外套筒卡住相连接为一体。主轴带动接盘转向之后,需要夹具对接盘定位夹紧时,给开关继电器信号将其变为闭合状态,继电器运动使连接在开关上的定位销产生向外的径向位移,设置既定位移即固紧件内套筒的壁厚,继电器停止。开关继电器运动使定位销产生向外的径向位移差,设置既定位移即固紧件内套筒的壁厚,最终达到消除主轴径向力的功能作用。



1—外套筒;2—内套筒;3—收缩式轴承;4—定位卡环;5—定位套筒;6—收缩式固紧件;7—半封闭式外套筒;8—弹簧;9—半封闭式内套筒

图 5 可收缩式接盘

Figure 5 Retractable type flange

2.2 力学分析

三爪卡盘对可收缩式接盘的 3 个力是呈 120° 作用于接盘的外套筒上,并且 3 个力处于同一水平面上,每个可收缩式接盘的 4 个固紧件于 90° 互为对称的贴近可收缩式接盘的外套筒内壁上。在定位夹紧系统中,三爪卡盘伸出卡爪夹紧接盘,接盘受到卡盘的 3 个轴向径向力作用,根据运动学和几何关系的相关原理,可收缩式接盘外套筒 1 受力如图 6 所示,在此基础上分析其对固紧件所处的 4 个位置的受力和弯矩影响,判断三爪卡盘与接盘放置关系旋转到何种位置对接盘固紧件相接的 1,2,3,4 四个点上的受力与弯矩最小。

假设 1 点为起始位置,三爪卡盘的 3 个互为相等的径向力 F 逆时针旋转 θ 角度,4 个固紧件位置不变,根据力学转换原理 3 个力分别转移到中心点 O 位

置上,大小,方向不变。弯矩 $W_{\sigma} = F \cdot R \cdot \sin(F, FO) = 0$,其中 (F, FO) 之间的角度为零,即 $\sin(F, FO) = 0$,且3个力的矢量方向均为之前的矢量方向。

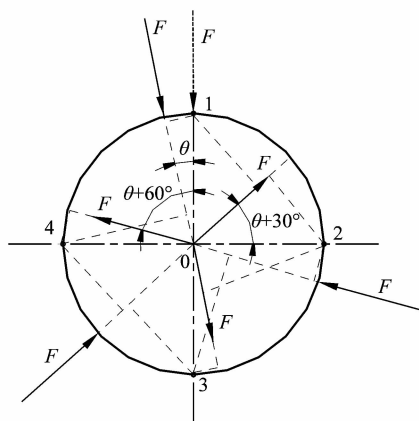


图6 受力分析图

Figure 6 Stress analysis diagram

同理可以得出1,2,3,4四个点的所受合力均为0。其四个点弯曲变形产生的弯矩 M_1, M_2, M_3, M_4 分别为

$$M_1 = F \cdot R \cdot \sin \theta - F \cdot R \cdot \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) - F \cdot R \cdot$$

$$\sin\left(\theta + \frac{\pi}{3}\right)$$

$$M_2 = -F \cdot R \cdot \cos \theta - F \cdot R \cdot \sin\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) + F \cdot R \cdot$$

$$\cos\left(\theta + \frac{\pi}{3}\right)$$

$$M_3 = -F \cdot R \cdot \sin \theta + F \cdot R \cdot \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) + F \cdot R \cdot$$

$$\sin\left(\theta + \frac{\pi}{3}\right)$$

$$M_4 = F \cdot R \cdot \cos \theta + F \cdot R \cdot \sin\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right) - F \cdot R \cdot$$

$$\cos\left(\theta + \frac{\pi}{3}\right)$$

其中 $\theta \in (0, \frac{\pi}{3})$,化简合并后得到矢量结果为

$$M_1 = -2 \times F \cdot R \cdot \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right), M_2 = -2 \times F \cdot R \cdot$$

$$\sin\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right), M_3 = 2 \times F \cdot R \cdot \cos\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right), M_4 = 2 \times$$

$$F \cdot R \cdot \sin\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right)。$$

从上式可知 M_1, M_2, M_3, M_4 随着旋转角度 θ 变化为正余弦函数关系,其中无论 θ 角处于何种位置, M_1

与 M_3, M_2 与 M_4 均互为数值相反的矢量值。

可以得到 $M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 0$, 以此得出结果: 无论三爪卡盘三爪与接盘放置关系旋转到何种位置, 对接盘紧固件相接的1,2,3,4四个点上的弯矩矢量值整体为零, 外套筒整体无弯矩影响而变形, 对4个紧固件受力不会影响, 验证了可收缩式接盘在结构原理设计及应用上的可靠性。

3 结语

在机械系统运动仿真平台 SolidWorks 上完成了立式盘类转子自动平衡机整体机构的设计方案及运动仿真, 完成了对可收缩式接盘以及核心可收缩式紧固件的原理机构设计并且对其进行力学分析验证了收缩式接盘设计上的可靠性, 开关继电器运动使定位销产生向外的径向位移差, 设置既定位移即紧固件内套筒的壁厚, 最终达到消除主轴径向力的目的, 为其解决夹具对主轴的径向力伤害提供很好的借鉴方法。

文章通过软件 SolidWorks 建立三维设计模型, 能快速将设计思路转化为产品原型, 可获得关于该产品性能的综合描述, 因此在产品技术设计上给相关工程技术人员带来很大便利, 具有较好的实用推广价值。

参考文献:

- [1] YU Yueqing, JIANG Bin. Analytical and experimental study on the dynamic balancing of flexible mechanisms [J]. Mechanism and Machine Theory, 2007, 42(5): 626 - 635.
- [2] HENDRICKSON B, DEVINR K. Dynamic load balancing in computational mechanics [J]. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 2000, 184(2/4): 485 - 500.
- [3] 杜守成. 动平衡测试系统仿真及检测技术研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2004.
- [4] 李念峰, 丁原. 全自动平衡机系统组成与控制[J]. 制造业自动化, 2007, 29(11): 48 - 51.
- [5] 李顶根. 新型立式动平衡机的研制与工件动不平衡量的测量[D]. 武汉: 华中科技大学, 2004.
- [6] 褚建忠, 宋荣. 基于流动平衡的大型单型腔注射模流道优化设计[J]. 轻工机械, 2012, 30(5): 8 - 11.
- [7] 刘佳, 蔡萍, 赵鼎鼎. 两工位自动钻削动平衡机及其去重策略[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2009(5): 29 - 32.
- [8] 李莉. 转子不平衡量自动钻削校正系统研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [9] 刘佳. 两工位自动钻削动平衡性能改进与提高[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [10] 董文仲, 董文胜, 安础, 等. 船用柴油机及内燃机车曲轴的磁粉探伤[J]. 中国修船, 2000(5): 21 - 24.
- [11] 都强. 轮胎动平衡试验机算法解法和控制方法的研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2005.
- [12] 张超群. 全自动动平衡去重机去重策略研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [13] 李文峰. 三爪卡盘装夹偏心轴数控车削探析[J]. 中国科技纵横, 2011(19): 118 - 119.