

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.03.008

# 应用于堆焊技术的变位机研制\*

张建新, 张国胜, 刘俊英, 蒋伯平  
(天津工程机械研究院, 天津 300409)

**摘要:** 针对工程机械回转类零件堆焊修复工艺, 研制了一种新型变位机。通过堆焊变位机结构及传动的设计, 实现了对工件的夹持、翻转、回转, 以适应堆焊中对工件空间位置及运动的要求。基于变频调速技术, 实现了堆焊变位机工作台主轴的无级变速、启动、停止及正/反转控制; 应用电气控制技术, 实现了变位机运转的独立控制模式、联机控制模式的切换与互锁。该堆焊变位机已在天津工程机械研究院的“工程机械零部件再制造关键技术与装备”这一科研项目中得到了成功应用。结果表明, 堆焊变位机能实现有效提高工程机械回转类零件堆焊修复的灵活性及自动化程度。

**关键词:** 堆焊技术; 变位机; 工程机械; 修复; 变频调速; 电气控制; 联机控制

**中图分类号:** TP439.2; TH133; TH39; TP29

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-4551(2013)03-0284-04

## Development of positioner applied in surfacing

ZHANG Jian-xin, ZHANG Guo-sheng, LIU Jun-ying, JIANG Bo-ping  
(Tianjin Research Institute of Construction Machinery, Tianjin 300409, China)

**Abstract:** Aiming at surfacing process for construction machinery disk type part, a new positioner was developed. The workpiece clamping, tilting and rotating were realized through the structure and transmission designing of the positioner. On the basis of frequency control, some functions such as infinitely variable speeds control, start, stop, status display and protection for positioner spindle were realized automatically. Applying electric control technique, two kinds of control modes were realized. The independent control mode and online control mode can be switched and interlocked. This positioner has been applied successfully in the project of "key technology and equipment for construction machinery parts remanufacturing" in Tianjin research institute of construction machinery. The results indicate that the application of this positioner may increase the automaticity and productivity effect remarkably.

**Key words:** surfacing; positioner; construction machinery; remanufacturing; inverter; electric control; online control

## 0 引 言

堆焊技术自20世纪50年代从前苏联引进我国, 至今走过了50多年的发展历程, 已由简单的修复技术发展成为新品制造、废旧产品再制造的重要工艺技术<sup>[1-2]</sup>。目前, 堆焊技术已经成为工程机械零部件修复的重要手段之一。在工程机械零件中, 轴类、盘类零件占有很大比例。这类零件的某些回转面也是易于损伤的。通过应用堆焊技术, 这些损伤可以得到有效的强化或修复<sup>[3]</sup>。

针对工程机械回转类零件堆焊修复工艺, 本研究介绍一种堆焊变位机的研制。

## 1 变位机机构设计

堆焊变位机是用于改变焊件、焊机等的空间位置来完成机械化、自动化堆焊的设备。本研究介绍的堆焊变位机用作实现对工件的夹持, 旋转、翻转等功能。

### 1.1 变位机的设计参数

变位机性能将直接影响堆焊的加工质量及工艺范围<sup>[4-6]</sup>。变位机的设计参数如表1所示。

收稿日期: 2012-05-23

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2011BAF11B08)

作者简介: 张建新(1980-), 男, 湖北武汉人, 主要从事机电一体化、工程机械再制造装备方面的研究. E-mail: zjx\_tj@189.cn

表1 变位机主要技术参数

项目	参数
工作台承载能力(立式)	180 kg
工作台承载能力(卧式)	100 kg
最大工件长度	800 mm
最大工件回转直径	500 mm
工作台最小回转速度	0.14 r/min
工作台最小回转速度	1.35 r/min
工作台翻转方式	手动
工作台翻转角度	0°~360°

## 1.2 变位机的传动设计

变位机的传动系统由两部分组成,分别是工作台的回转运动和工作台的翻转运动,这两个运动相互独立,构成变位机的两个自由度。

变位机传动结构如图1所示。

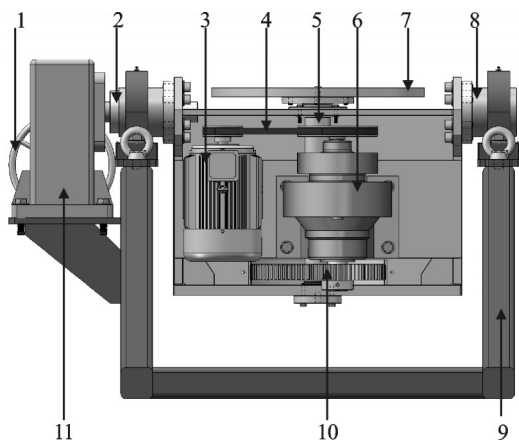


图1 变位机传动系统

1—手轮;2,8—工作台翻转轴;3—变频电机;4—V带传动机构;5—工作台回转主轴;6—摆线减速机;7—工作台;9—机架;10—齿轮副;11—蜗轮蜗杆减速机

### 1.2.1 工作台回转

变位机工作台用于夹持并驱动工件绕其轴线作回转运动,配合堆焊设备完成对零件回转面上损伤部位的修复。

变位机回转运动传动主要由变频电机、V带传动机构、摆线减速机、齿轮传动机构以及工作台主轴等构成。

为了满足不同回转直径及堆焊线速度的要求,变位机的回转运动转速在0.14 r/min~1.35 r/min范围内实现无极变速。该传动系统选用YVSP-712-4-B3V6型变频调速三相异步电机作为动力源,该电机额定功率为0.37 kW,额定转矩为2.36 N·m,恒转矩调频范围为0~50 Hz,恒功率调频范围为50 Hz~100 Hz。电机经V带传动驱动减速机。V带传动比为:

$$i_1 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{150}{63} = 2.38 \quad (1)$$

式中:  $D_1$ ,  $D_2$ —主、从动带轮基准直径。

减速机选用8000系列两级摆线减速机,该减速机具有体积小、速比大的优点。减速机速比  $i_2 = 187$ , 输出最大扭矩410 N·m。

减速机输出轴通过齿轮传动驱动工作台主轴旋转,齿轮传动速比为:

$$i_3 = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{83}{33} = 2.52 \quad (2)$$

式中:  $Z_1$ ,  $Z_2$ —主、从动齿轮齿数。

该传动系统的速比为:

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = 1121.6 \quad (3)$$

系统采用变频器作为控制电机,变频器输出频率设定在5 Hz~50 Hz范围内可调,电机输出转速范围为150 r/min~1500 r/min。经传动系统减速后,工作台主轴理论输出转速为0.14 r/min~1.35 r/min,转矩为950 N·m。

### 1.2.2 工作台翻转

根据工件的形状以及堆焊部位的不同,系统要求堆焊变位机对被装卡工件能进行翻转,以实现不同工位、空间位置下的定位回转。

变位机工作台的翻转运动传动系统如图1所示。该部分由手轮、蜗轮蜗杆减速机以及工作台翻转轴等组成。

该传动系统采用手轮输入驱动减速机蜗杆,经减速机蜗轮输出轴驱动工作台翻转。经测试,在变位机满载条件下,手轮输入力矩为9.5 N·m,工作台翻转90°大约需要小于1 min的时间。此外,蜗轮蜗杆减速机具有自锁功能,可将工作台在任意位置锁定。这种翻转结构具有结构紧凑、速比大、操作便利、稳定可靠等优点。

## 2 电气控制系统

### 2.1 变频调速原理

变频调速电机输出转速  $n_0$  满足如下关系式:

$$n_0 = \frac{60f}{p}(1-s) \quad (4)$$

式中:  $f$ —电源频率,  $p$ —电机极对数,  $s$ —转差率。

变频调速控制就是通过改变电机电源频率来实现对电机输出转速的控制<sup>[7-8]</sup>。

### 2.2 控制系统的主要功能

堆焊变位机的电气控制系统主要实现以下几方面的功能:

(1) 变位机工作台回转的控制,包括启动、停止、正转、反转、回转角度区域的控制以及转速的调节等;

(2) 变位机与其配套的相关设备,如焊机、送丝装置、焊接机械手臂、焊接机器人等联机互锁控制等功

能;

(3) 变位机的运行保护,主要包括电机及变频器的过载保护、短路保护、漏电保护、欠压保护;

(4) 变位机运行状态的显示,包括工作台的运转、停车、控制模式、变频器的运行参数以及故障报警等信息<sup>[9-10]</sup>。

### 2.3 电气控制原理

堆焊变位机电气原理如图2所示。

电气系统主电路为电机M供电。该电路为三相380 V交流电源经断路器QF1、接触器KM以及热继电器FR接入变频器的输入端(R、S、T);再经变频器输出端(U、V、W)接至电机M。

控制电路主要完成对变频器的控制,以实现来回转电机的控制。其控制功能如下:

(1) 变频器启动/停止及保护。按钮SB2和按钮SB1控制变频器的启动/停止。变频器电源被切断后,电机M以制动方式停车。热继电器用作主电路过载保护,主电路过载后,热继电器FR常闭触点断开,接触器KM线圈随之断电,变频器随之断电。

(2) 工作台正/反转、停止控制。电机的正/反转控制是通过变频器运转控制端子DCM/FWD与DCM的接通来实现的。工作台回转电机的正/反转的启动与停止控制模式有两种,分别是现场独立控制模式和与其配套设备(如机械手臂、焊机、送丝装置、焊机机器人等)的联机控制模式。这两种控制模式可通过转换开关SA进行选择,由指示灯HL1和HL2对被选择的控制模式进行显示。当需要选择现场独立控制时,本研究旋转转换开关SA,使其常开触头断开,常闭触头闭合。这时继电器KA1线圈失电,其常闭触点KA1接通。启动开关SB3或SB4用于该控制模式下工作台电机正/反转的启动和停止。当需要选择联机控制模式时,本研究旋转转换开关SA,使其常闭触头断开,常开

触头闭合,继电器KA1线圈得电,其常开触点KA1闭合。本研究通过控制SB5和SB6即可控制继电器KA2、KA3线圈的通电与断电,通过继电器KA2、KA3的常开触点来控制工作台电机正/反转的启动和停止。为了提高系统的可靠性,两种控制方式的选择分别受继电器KA1的常闭触点和常开触点控制,这样两种控制模式形成互锁。每种控制模式下,控制工作台电机正/反转的开关SB3和SB4、SB5和SB6以及相应继电器KA2和KA3分别形成互锁,确保了正转指令和反转指令不能同时生效。根据堆焊工艺需要,现场独立控制模式下的启动开关SB3和SB4可选用脚踏开关或行程开关等元器件,其位置布置于变位机附近便于操作处。联机控制模式下的启动控制触点SB5和SB6的信号可由其他配套设备提供。

(3) 工作台转速调节与设定。电机转速的调节是通过调节变频器输出频率来实现的。该系统采用了3种频率调节方式:方式1是通过在接线端子+10 V(变频器内置频率设定专用电源),AVI和ACM之间接入电位器,通过调节电位器来调节AVI端子的输入电压信号,从而实现变频器输出频率的调节;方式2是通过外部配套设备给变频器输入端子ACI提供4 mA~20 mA的模拟信号来实现对变频器输出频率的调节;方式3是通过外部配套设备给变频器输入端子AUI提供0~10 VDC的模拟信号来实现对变频器输出频率的调节;这3种方式中,第1种方式的电位器安装在变位机控制柜操作面板上,适用于独立控制模式,第2、3种方式用于与其他配套设备的联机控制模式。这3种调节方式的选择通过操作按钮SB7、SB8和SB9完成。按钮SB7、SB8和SB9分别用于控制继电器KA4、KA5和KA6线圈的得电,KA4、KA5和KA6的常开触点分别控制3种频率调节方式相应控制线路的接通。按钮SB7、SB8和SB9配备两对常闭触点,用于与其他两种

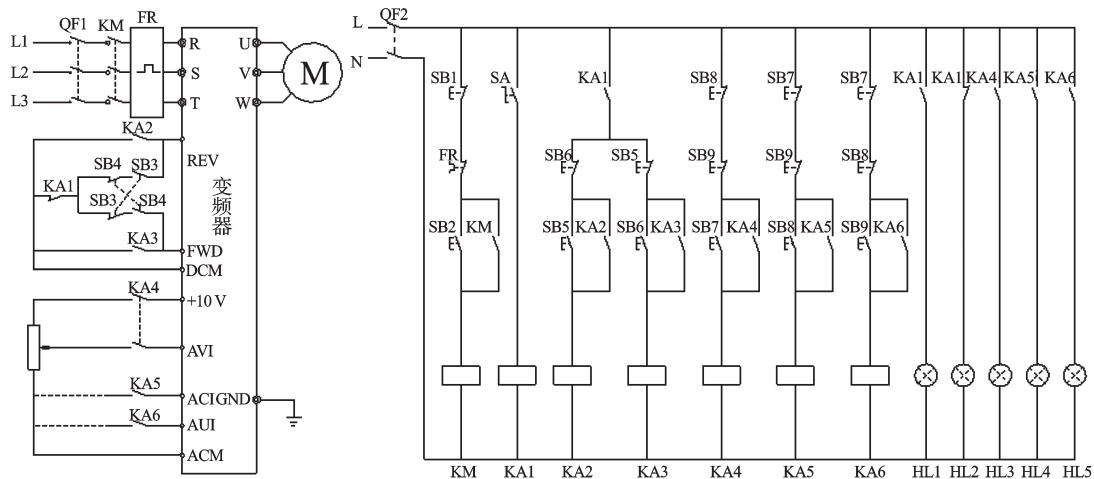


图2 电气原理图



频率调节方式的互锁。本研究通过指示灯 HL3、HL4 和 HL5 对被选择的频率调节模式进行显示。

(4) 变频器参数的设定及系统状态的显示。要满足上述的电机启动及调速控制功能,除了具备上述控制电路外,研究者还要对变频器的运转指令来源、频率指令来源等功能参数以及相应的运转状态参数进行设置。此外,工作台转速是变位机运转过程中需要监视的关键参数之一,研究者通过对变频器开机显示参数、频率显示倍率等参数的设定,可实现变频器操作面板上工作台转速的显示。本研究设定变频器为矢量控制方式,以提高低频下输出转矩。

(5) 回转导电系统。为满足电弧堆焊工艺要求,必须将焊机地线安全、可靠接入变位机。本研究在工作台主轴末端与主轴同轴安装导电滑环,通过导电滑环将焊机地线接入工件。导电滑环的两接线端子同轴线安装,可作相对转动。两接线端子分别接入主轴和焊机地线。导电滑环为单极,允许通过最大电流为 650 A。

### 3 结束语

轴类、盘类零件是工程机械典型零件之一。在工程机械零件修复中,常常需涉及这类零件某些回转面的堆焊修复。本研究介绍了一种用于装卡工程机械轴类、盘类零件,并对零件回转面进行堆焊的变位机。该设备通过工作台的翻转,可以实现工件空间位置的优化。通过变频技术的应用,可以实现工作台回

转的启动、停止、正/反转、调速等控制。通过变频器的设定以及相应控制电路,不仅能实现变位机的独立控制,而且还实现了与焊接机器人、机械手臂等其他配套装备联机控制。

### 参考文献(References):

- [1] 曾江. 堆焊技术的发展及实践经验的推广[J]. 金属加工, 2010, 24(4): 8-9.
- [2] 何实, 李家宇, 赵昆. 我国堆焊技术发展历史回顾与展望[J]. 金属加工, 2009, 24(22): 24-27.
- [3] 杨威, 张海燕, 尼军杰. 原料立磨的自保护堆焊技术[J]. 新世纪水泥导报, 2009, 12(6): 51-53.
- [4] KIM D W, CHO J S, NNAJI B O. Robot arc welding operations planning with a rotating/tilting positioner [J]. **International Journal of Production Research**, 1998, 36(4): 957-979.
- [5] 唐佳富. 新型焊接变位机的研制[J]. 机械工人, 2007(1): 31-32.
- [7] 韩安容. 通用变频器及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [8] 刘治平, 章青编. 机电传动控制[M]. 天津: 天津大学出版社, 2007.
- [9] 康艳军, 朱灯林, 陈俊伟. 曲线焊缝弧焊机器人和变位机之间协调运动的研究[J]. 机械制造与自动化, 2005, 34(1): 76-80.
- [10] ZHANG Qing, ZHANG Jian-xin, XV Lian-jiang. Grouting control for deep-water jacket skirt pile [J]. **Transactions of Tianjin University**, 2006, 12(5): 369-372.

[编辑: 李辉]

(上接第 283 页)

因, 而声压的分布随着声悬浮结构变化而变化。通过测量而得不同功率下磨粒最大速度与超声波发射端功率呈线性关系。因此, 声悬浮抛光装置可以产生一种稳定的磨粒运动, 该运动可以有效地降低纳米试样的表面残余应力与表面损伤层。

### 参考文献(References):

- [1] 杨卫, 马新玲, 王洪涛, 等. 纳米力学进展[J]. 力学进展, 2002, 32(2): 161-174.
- [2] 张泰华. 微纳米力学测试技术及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] RING T A, FEENEY P, BOLDRIDGE D, et al. Brittle and ductile fracture mechanics analysis of surface damage caused during CMP [J]. **Journal of the Electrochemical Society**, 2007, 154(3): 239-248.
- [4] 袁巨龙. 功能陶瓷超精密加工技术[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2000.
- [5] 黄志刚. 基于数值仿真的流体振动抛光机理研究[D]. 广

州: 广东工业大学机械电子工程学院, 2007.

- [6] 郝鹏飞, 何枫, 王健, 等. 利用 PIV 研究超声波引起的微流动现象[J]. 机械工程学报, 2005, 41(3): 64-68.
- [7] ZHEN Y, SOHEI M, HISOSHI G, et al. Ultrasonic micro-mixer for microfluidic systems [J]. **Sensor and Actuator A**, 2001, 93(3): 266-272.
- [8] RIFE J C, BELL M I, HORWITZ J S, et al. Miniature valueless ultrasonic pumps and mixers [J]. **Sensors and Actuators**, 2002, 86(1): 135-140.
- [9] 冯大圣. 单轴式声悬浮器的优化设计及其悬浮性能研究[D]. 焦作: 河南理工大学机械与动力工程学院, 2007.
- [10] THEUNISSEN R, SCARANO F, RIETHMULLER M L. An adaptive sampling and windowing interrogation method in PIV [J]. **Measurement Science and Technology**, 2007, 18(1): 275-287.
- [11] MEINHART C D, WERELEY S T, SANTIAGO J G. PIV measurements of a microchannel flow [J]. **Experimental in Fluids**, 1999, 27(5): 414-419.

[编辑: 张翔]