

# 砂芯自动修芯系统的设计与实现

岳东海, 邓志辉, 颜 鹏, 涂 琴

(常州信息职业技术学院 智能装备学院, 江苏常州 213164)

**摘要:** 针对现有砂芯制作工艺流程中人工修芯生产效率低、砂芯外形一致性差的问题, 设计了一种自动砂芯修芯系统。基于双针浮动打磨技术和工业机器人技术设计了打磨机构, 实现对砂芯坯缝线的去除。设计了带有弹簧定位夹紧机构的工装板, 以实现砂芯阵列的定位与夹紧。设计了倍速链机构, 以直线循环方式实现工装板在各个工位的流转与顶升定位。测试结果表明: 产线运行可靠, 修芯速度为16 s/个, 有效改善了砂芯外形一致性, 保证了铸件的质量。

**关键词:** 修芯; 双针打磨; 浮动主轴; 机器人; 倍速链

砂芯主要作用是形成铸件的内腔<sup>[1-2]</sup>, 砂芯在成形后会在分型面处形成坯缝<sup>[3]</sup>, 坯缝的存在将影响铸件的质量<sup>[4-5]</sup>。为此, 需要将砂芯上的坯缝去除, 该过程在铸造工艺中称之为修芯。目前铸造行业中修芯工艺普遍采用人工方式完成, 修芯效率低, 修磨外形一致性无法保证。本文设计研发一种自动砂芯修芯系统, 采用双针浮动打磨技术, 利用工业机器人实现打磨轨迹路径优化, 实现对砂芯坯缝的自动打磨。

## 1 修芯原理设计

砂芯外形各异, 本次选用的是某企业0098-XD型号砂芯作为修芯对象, 其三维模型如图1所示。

企业普遍采用人工方式对图1所示的坯缝线进行修磨, 进而完成砂芯的修芯工艺。

本系统采用工业机器人完成修芯作业, 机器人末端安装浮动磨头, 通过示教打磨路径, 并进行轨迹优化, 实现对砂芯坯缝线的修磨。为提高打磨效率, 本系统采用双针同步打磨方式, 一个打磨流程完成两个砂芯的修芯作业。修芯的工作原理如图2所示。

作者简介:

岳东海(1974-), 男, 教授, 硕士, 主要研究方向机电一体化系统设计。电话: 13775135023, E-mail: 107040866@qq.com

中图分类号: TG231.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2022)04-0462-05

基金项目:

江苏省高校“青蓝工程”项目资助; 常州市应用基础研究计划项目(CJ20210037); 常州信息职业技术学院2018年度校级科研平台(KYPT201801G); 国家自然科学基金项目(51609104)。

收稿日期:

2021-10-12 收到初稿,  
2021-12-19 收到修订稿。

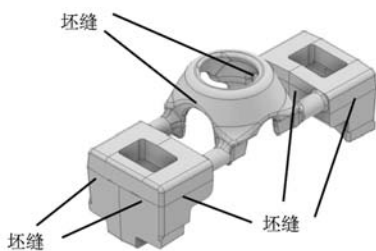
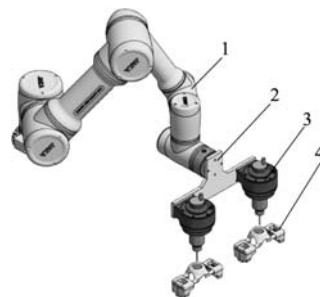


图1 砂芯模型

Fig. 1 Model of the sand core



1. 机器人 2. 联结板 3. 浮动打磨头 4. 砂芯

图2 修芯工作原理

Fig. 2 Working principle of the dressing

## 2 机构设计

基于图2所示的工作原理进行了机构设计, 主要包括定位夹紧机构、倍数链输送机构和双针浮动打磨机构等三部分。

### 2.1 定位夹紧机构设计

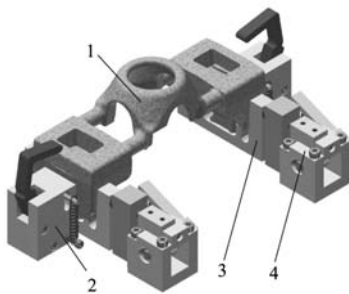
定位夹紧机构用于固定砂芯并保证相互之间的位置精度, 为双针同步打磨创造条件。该机构将作为工装板由循环输送机流转至相关工位, 所用定位夹紧机构中动作执行不适于采用电动或气动方式。本机构中定位和夹紧动作采用纯机械方式实现, 主要利用弹簧装置实现其功能。整体结构如图3所示。

两个侧面定位装置用于砂芯的侧面定位固定, 其单边结构如图4所示。

工作原理: 顶杆3由外力作用被向上顶起, 摇杆2逆时针转动一定角度, 通过转轴1、齿轮5和齿条4带动侧面定位柱9后退一定距离。砂芯放置在托架8内侧后, 去除作用在顶料3的外力, 侧面定位柱9在支架6内压缩弹簧7的作用下前移, 顶住砂芯的侧面, 实现侧面定位固定。

两个顶部夹紧装置用于实现砂芯垂直方向的压紧固定, 其结构如图5所示。

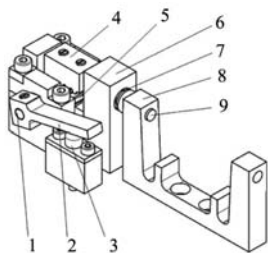
工作原理: 顶杆3由外力作用被向上顶起, 压爪1逆时针转动一定角度后张开, 砂芯6放入托架5底部



1. 砂芯 2. 顶部夹紧装置 3. 托架 4. 侧面定位装置

图3 定位夹紧机构

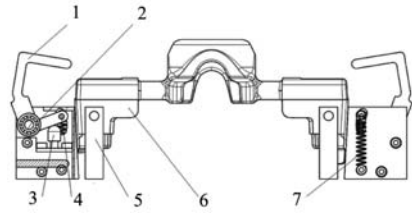
Fig. 3 Positioning clamping mechanism



1. 转轴 2. 摇杆 3. 顶杆 4. 齿条 5. 齿轮 6. 支架  
7. 压缩弹簧 8. 托架 9. 侧面定位柱

图4 侧面定位装置

Fig. 4 Side positioning device



1. 压爪 2. 轴承 3. 顶杆 4. 拉杆 5. 托架 6. 砂芯 7. 拉伸弹簧

图5 顶部夹紧装置

Fig. 5 Top clamping device

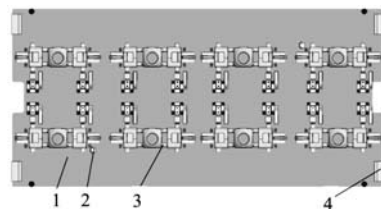
后, 去除作用在顶杆3的外力, 拉伸弹簧7通过拉杆4带动夹爪1顺时针转动, 作用到砂芯6的两侧, 在拉伸弹簧7拉力的作用下, 夹爪1在垂直方向给予砂芯6一定的压力, 实现了垂直方向上的压紧固定。

图4和图5中去除顶杆外力时, 应保证图4中侧面定位先于图5中顶部夹紧动作。若图5中压爪1先于图4中侧面定位柱9接触到砂芯, 会造成侧面定位时遇到摩擦阻力, 影响侧面定位效果。图5所示砂芯6两侧的顶部夹紧装置除了垂直方向上压紧固定外, 也限制了砂芯6左右移动, 设计间隙为0.1 mm。由于打磨机构中采用浮动磨头, 允许砂芯定位时存在一定的位置偏差。将图3所示的定位夹紧机构固定在工装板上, 以便输送机对其进行流转, 其布局如图6所示。

由图1所示修芯工作原理可知, 需要4次打磨即可完成图6所示布局中8个砂芯的修芯作业, 能够有效提升打磨效率。

### 2.2 倍数链输送机构

倍速链输送机构是将图6所示的工装板流转到不同的工位, 以实现砂芯的上料、打磨和下料。倍速链输送机, 主要用于装配及加工生产线中的物料输送, 其输送原理是运用倍速链条的增速功能, 使其上承托货物的工装板快速运行, 通过阻挡器停止于相应的操作位置<sup>[5]</sup>。完成工装板的流转作业, 倍速链输送机需要与顶升平移机、上下升降机等配套构成水平或垂直循环系统。本文设计的倍速链输送机构采用水平循环系统, 以实现图6所示工装板在各个工位的流转。倍速链线体上设置有上料工位、打磨工位和下料工位等三个



1. 工装板 2. 定位套 3. 定位夹紧机构 4. 缓冲块

图6 定位夹紧机构安装布局

Fig. 6 Installation layout of the positioning clamping mechanism

工位，其结构与布局如图7所示。

图7所示倍速链的驱动电机6为三相异步电动机，由变频器控制，速度可调，实现倍速链的速度调节，工装板在倍速链链轮上的移动速度控制在5~15 m/min。顶升平移机3中平移运动由单相交流电机实现，同时配置单相电机调速器，可实现平移速度的手动调节，以满足现场调速要求。

图7所示的上料工位5、下料工位2和打磨工位4安装有顶升定位机构。图6所示工装板流转在上述工位，阻挡器动作，顶升定位机构将工装板顶起使其脱离倍速链轨道。流转到上下料工位，由人工完成砂芯的上下料；流转到打磨工位，机器人完成自动打磨。缓冲工位1无顶升机构定位机构，该工位用于工装板的缓冲积放。上下料工位所在的顶升定位机构如图8所示。

图8所示的顶升定位机构中，安装板6底部安装有气缸，可以推动顶板1做升降运动。直线轴承4和导柱5对于顶板1起到支撑与导向作用。由图6可知，每个工装板上有8组定位夹紧机构用于固定8个砂芯，由图3、图4、图5可知，每组定位夹紧机构有4个顶杆，因此图6中工装板1上有32个顶杆。因此图8中顶板1上安装有32个顶销2，用于顶起32个顶杆，实现图4和图5所示机构中的相关动作。锥销3与图6中定位套2配合，实现图6中工装板的定位。

图7中打磨工位4中也安装有定位顶升机构，其结构与图8类似，唯一的区别是无图8中顶销2。打磨过程

中需要砂芯处于夹紧固定状态，图4和图5中的顶杆3不必顶起。

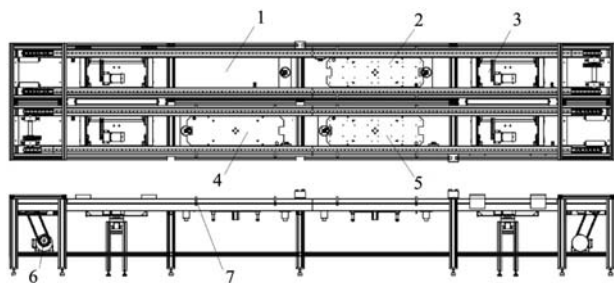
顶升平移机也称顶升移栽机，与倍速链线体配合实现工装板的循环流动，图7中顶升平移机3结构如图9所示。

图9中平移输送通过链条传动方式实现，输送带2借助摩擦力带动工装板实现平移，由电机1提供动力，通常该电机选用直流电机或单相电机。本机构采用单相电机提供动力，并配置有调速器实现调速。顶升机构采用四导柱气缸5实现升降，升降过程平稳。

### 2.3 双针浮动打磨机构

打磨机构是本系统的核心，是砂芯修芯的关键。基于打磨效率的提升，本文提出了采用双针打磨的方案，采用协作型机器人作为执行机构<sup>[7]</sup>。图1所示的砂芯，在外形上是存在个体差异的，而需要打磨去除的坏缝线高度仅有0.1~0.3 mm。图6所示的工装板上有8组定位夹紧机构，人工放置在定位夹紧机构上的8个砂芯，相互之间也存在一定的位置偏差。基于上述分析，安装在机器人末端的两个打磨头需要具有浮动功能，以克服砂芯个体差异及相互之间位置偏差。本文选用浮动主轴带动磨针对砂芯进行打磨修芯，修芯效果符合企业标准。双针浮动打磨机构如图10所示。

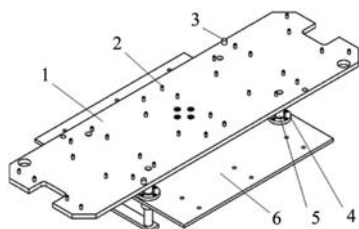
图10中机器人采用吊装形式安装，可以充分利用机器人动作空间（范围）。本系统选用的是节卡Zu系



1. 缓冲工位 2. 下料工位 3. 顶升平移机 4. 打磨工位  
5. 上料工位 6. 驱动电机 7. 压板

图7 倍速链输送机构布局

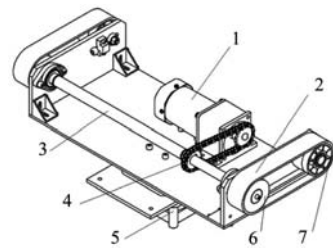
Fig. 7 Layout of the double speed chain conveying mechanism



1. 顶板 2. 顶销 3. 锥销 4. 直线轴承 5. 导柱 6. 安装板

图8 顶升定位机构

Fig. 8 Jacking positioning mechanism



1. 电机 2. 输送皮带 3. 传动轴 4. 链条 5. 四导柱气缸  
6. 主动轮 7. 从动轮

图9 顶升平移机构

Fig. 9 Jacking translation mechanism



图10 双针浮动打磨机构

Fig. 10 Double needle floating grinding mechanism

列协作型机器人，型号为JAKA Zu 7，负载7 kg，工作半径819 mm。该系列机器人图形化编程，机械臂自主学习记忆完成编程，人机协作更加人性化。

主轴选用立得FD-30/40型号浮动主轴，浮动量：平面6维浮动正负5度，上下浮动0~5 mm。功能示意图如图11所示。

将图10所示的双针浮动打磨机构安装在图7所示的倍速链输送机构上，形成本文所设计的自动砂芯修芯总体结构模型，如图12所示。

### 3 控制系统设计

#### 3.1 控制系统总体设计

控制系统采用三菱FX3U系列PLC为控制核心，并采用触摸屏作为人机交互设备，具有系统工作平稳、通用性强、可靠性高、抗干扰能力强等优点<sup>[8]</sup>。控制系统原理图如图13所示。

PLC与触摸屏之间通过RS422方式实现通信，除此以外，都是采用硬点 I/O，实现底层信号采集与输出，用以控制机构运行。

#### 3.2 控制系统程序设计

系统启动后，PLC控制的两台变频器运行，倍速链输送机构启动。图7所示上料工位与打磨工位的程序流程图如图14所示。

下料工位的流程图与图14a所示的上料工位流程图类似，只是将“上料工位有料？”作为顶升机构下降的

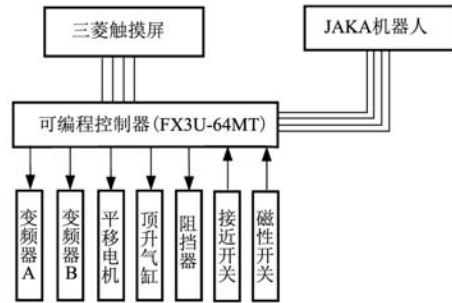
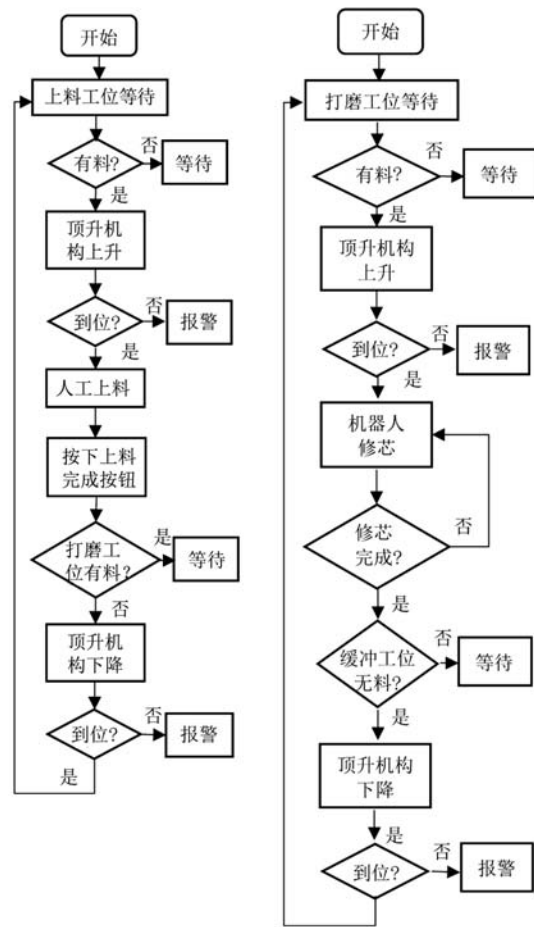


图13 控制系统原理图

Fig. 13 Schematic diagram of the control system



(a) 上料工位流程图

(b) 打磨工位流程图

图14 程序流程图

Fig. 14 Program flow chart

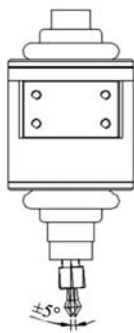


图11 浮动主轴功能示意图

Fig. 11 Function diagram of the floating spindle



图12 自动砂芯修芯系统模型

Fig. 12 Model of the automatic core dressing system

条件。系统运行后，操作人员以上料工位为起点，依次放置三块工装板，倍速链输送机实现三块工装板的顺序循环流转。每个工位之间都会有转换判断信号，控制阻挡器动作，以保证三块工装板的正常流转。

### 4 结论

(1) 经过现场测试，基于机器人和浮动主轴设计的双针浮动打磨系统运行稳定，打磨效果符合企业

标准, 修芯速度为16 s/个, 生产效率是人工修芯的1.5倍, 砂芯修芯一致性明显强于人工修芯, 保证了铸件的质量。

(2) 针对不同型号的砂芯, 根据其外形特点, 重

新设计工装板的装夹固定机构, 重新编程机器人的打磨轨迹, 也可实现修芯工艺的自动化操作, 使得本系统具备一定的通用性。

#### 参考文献:

- [1] 王文清. 铸造工艺学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 120-130.
- [2] 韩海全, 曹玉亭. 芯盒排气设计对砂芯硬化的影响 [J]. 现代铸铁, 2021, 41 (2): 51-55.
- [3] 谭东, 夏少华, 史耀君, 等. 基于3D打印技术的车钩快速铸造工艺研究 [J]. 铸造, 2018, 67 (6): 475-478.
- [4] 汪立平, 孙斐, 庄晔, 等. 一种砂芯修整装置. 中国, CN203030832U [P]. 2013-07-03.
- [5] 孙斐, 周兰美. 铸造砂芯修芯机的设计与应用 [J]. 热加工工艺, 2014, 43 (19): 79-81.
- [6] 胡成怀. 常用倍速链输送机的设计与选型要点 [J]. 硫磷设计与粉体工程, 2017 (6): 15-19+5.
- [7] 赵媛, 曹平国, 马婷婷, 等. 一种浮动打磨头结构设计与运动仿真研究 [J]. 机械研究与应用, 2020, 33 (2): 10-14, 17.
- [8] 朱征东, 胡慧利. 倾斜缸成套装备的设计及其应用研究 [J]. 机电工程, 2021, 38 (7): 886-891.

---

## Design and Implementation of Sand Core Automatic Dressing System

YUE Dong-hai, DENG Zhi-hui, YAN Peng, TU Qin

(Department of Intelligent Equipment, Changzhou College of Information Technology, Changzhou 213164, Jiangsu, China)

#### Abstract:

Aiming at the problems of low production efficiency and poor consistency of sand core shape in the existing sand core manufacturing process, an automatic sand core dressing system was designed. Based on double needle floating grinding technology and industrial robot technology, a grinding mechanism was designed to remove the gap of the sand core blank. The tooling board with spring positioning and clamping mechanism was designed to realize the positioning and clamping of the sand core array. The speed chain conveyor was designed to realize the circulation and jacking positioning of tooling board in each station in a straight-line cycle. The test results showed that the production line run reliably and the core repair speed was 16 seconds per piece, which effectively improved the shape consistency of the sand core and ensures the quality of the castings.

#### Key words:

dressing; double needle grinding; floating spindle; robot; speed chain conveyor