

# 机器人随动挂件系统设计与应用

邓博宁,熊 蓉

(浙江大学 控制科学与工程学院,浙江 杭州 310027)

**摘要:**针对刹车鼓悬挂链输送线上人工完成挂件效率低、劳动强度大、易发安全事故、自动化程度不高、存在工件磕碰伤等问题,应用 2D 视觉技术和机器人随动技术,设计了一种机器人随动挂件系统,并应用到悬挂链输送线上,实现了刹车鼓工件的型号识别、自动抓取、随动挂件、产品信息追溯。实际使用结果表明:机器人代替人工完成挂件,生产效率提高 25%,杜绝安全事故发生,避免工件磕碰造成损伤,提高企业自动化生产水平,具有良好的推广价值。

**关键词:**机器人随动;视觉抓取;挂件系统;悬挂链

中图分类号:TP275

文章编号:1000-0682(2024)01-0042-05

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.01.010

## Design and application of robot follow-up pendant system

DENG Boning, XIONG Rong

(College of Control Science and Engineering, Zhejiang University, Zhejiang Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** In response to the problems of low efficiency, high labor intensity, easy occurrence of safety accidents, low automation level, and the presence of workpiece bumps and bruises during manual hanging on the brake drum suspension chain conveyor line, a robot follow-up hanging system was designed using 2D visual technology and robot follow-up technology, and applied to the suspension chain conveyor line to achieve model recognition, automatic grasping, follow-up hanging, and product information traceability of brake drum workpiece. The actual use results show that robots replace manual labor to complete hanging parts, increasing production efficiency by 25%, preventing safety accidents, avoiding damage caused by workpiece collisions, and improving the automation production level of enterprises, which has good promotion value.

**Keywords:** robot follow-up; visual grasping; hanging system; suspension chain

## 0 引言

随着智能技术和工业机器人技术的不断成熟,生产智能化已经成为不可阻挡的趋势,越来越多的生产线都实现了自动化<sup>[1-2]</sup>。目前,视觉识别和机器人的结合系统在制造业生产领域应用越来越广泛,遍布厨卫、汽车、运动器材、医疗器械、家具、家电、航空、军工、船舶等行业<sup>[3-4]</sup>。其中,在汽车行业主要应用于打磨抛光、去毛刺、涂胶、焊接、搬运、堆垛等工作<sup>[5-6]</sup>。

铸造厂生产刹车鼓铸件时,采用悬挂链输送线

进行工序转运,工人在执行挂件操作时不好掌握力度,容易造成工件的磕碰,导致废品率高<sup>[7-8]</sup>。虽然悬挂链输送线是持续运动不停的,但人需要休息,跟不上机器的速度,生产效率低,或者采取多人轮岗的方式提高效率,但是人工成本又会上涨。将大重量的工件挂于吊钩上的操作本身也是危险的,一旦挂件失误使刹车鼓掉下来,容易砸到他人,安全隐患较大。由此可知,采用人工方式,已不符合制造的需要和市场需求<sup>[9]</sup>。但是,将视觉识别和机器人的结合系统,应用于悬挂链输送线中代替人工完成随动挂件,仍存在技术难题。

首先,悬挂链输送线上用于挂件的吊钩,为适应各工序加工角度,与悬挂链采用活动连接方式,在运行时不规则运动。其次,悬挂链输送线是持续运

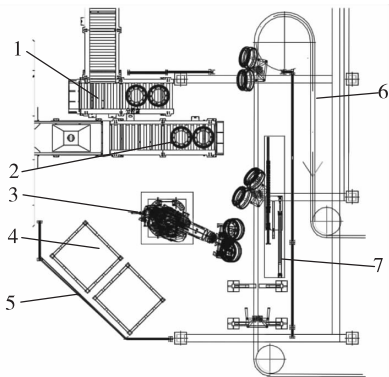
收稿日期:2023-10-07

第一作者:邓博宁(2004—),男,江西九江人,本科,研究方向为机器人与智能无人系统。

动不停的,需要在运行情况下完成挂件。为解决现有人工挂件的劳动强度大、劳动成本高、生产效率低、安全隐患高、废品率高的问题,急需一种可以应用于悬挂链输送线的机器人系统,代替人工完成在悬挂链运行状态下工件的挂件工作。因此,结合 2D 视觉技术和机器人随动技术,设计了一种机器人随动挂件系统,并应用到悬挂链输送线上,实现了刹车鼓工件的型号识别、自动抓取、随动挂件。实际使用效果较好,对于类似悬挂链输送线应用有借鉴意义。

## 1 机器人挂件系统

机器人挂件系统主要包括:六关节工业机器人、机器人抓手、悬挂链输送线、辊道输送线、吊钩同步检测及导向装置、随动系统、视觉系统、产品追溯系统、托盘出料装置、辊道定位系统、安全系统。实现代替人工完成对刹车鼓工件的定位、型号识别、抓取、随动挂件。机器人挂件系统结构图见图 1。



1-辊道输送线; 2-工件; 3-机器人; 4-托盘; 5-安全围栏;  
6-悬挂链; 7-吊钩同步检测及导向装置

图 1 机器人挂件系统结构图

生产时,刹车鼓从前工序的辊道输送线运送至机器人工作区域,通过辊道定位系统将刹车鼓进行固定和定位。定位完成后,机器人进行视觉拍照,识别产品种类和定位,然后机器人完成抓取。悬链吊钩识别装置判断悬链上是否有吊钩和吊钩上是否残留刹车鼓,若检测出现刹车鼓则系统作报警,人工介入处理。吊钩同步检测及导向装置识别吊钩位置,随悬链移动过程中调整并固定吊钩方向。机器人保持与悬链吊钩的移动速度同步达到相对静止,将刹车鼓悬挂到吊钩上,确认刹车鼓悬挂稳定后,抓手松开,继续拾取下一批刹车鼓;抓手上的激光测距传感器反馈刹车鼓到抓手的距离,判断是否上件成功;若上件失败,系统报警,人工介入。产品追溯系统将机器人悬挂的刹车鼓型号、挂件时间等信息,通过 RFID 读写头写入到 RFID 标签内,便于下一工序读

取产品信息。以上动作反复自动运行。当悬挂链或下一工序出现故障时,为保证生产,机器人会抓取辊道线的刹车鼓放置到托盘内,再由叉车进行临时转运。系统图见图 2。

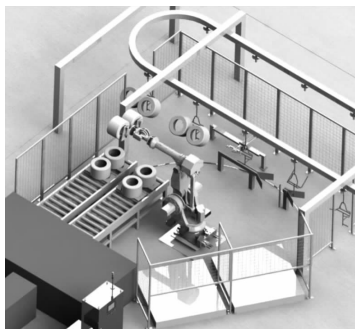


图 2 系统图

### 1.1 机器人系统

机器人系统由六关节工业机器人、控制柜、示教器、电缆等组成。工业机器人选用 FANUC 品牌,具有位移速度快、定位采用自动控制、参数可调、示教器操作方便等优点。在全自动、手动、单循环三种控制中,可任意切换选择。机器人系统和悬挂链输送线、辊道输送线相互通讯,保证机器人工作安全。机器人相关参数见表 1。

表 1 机器人相关参数

序号	主要参数名称	参数
1	额定负载	360 kg
2	轴数	6 轴
3	重复定位精度	$\pm 0.1$ mm
4	工作半径	2655 mm
5	防护等级	IP65

### 1.2 机器人抓手

机器人抓手根据刹车鼓的尺寸、外形、重量具体设计,具备良好的夹紧和定位能力,同时兼容多种规格的刹车鼓,为抓取工作带来更高的效率。机器人抓手见图 3。

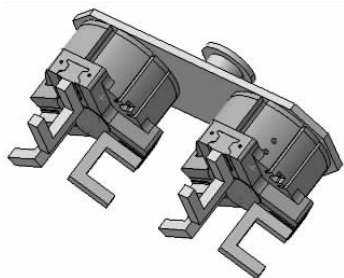


图 3 机器人抓手

机器人抓手采用双手爪结构,同时抓取 2 个刹车鼓,完成同时挂件或摆放到托盘内。机器人抓手

上安装有视觉系统和激光测距传感器。通过相机判断刹车鼓型号和位置,根据实际型号抓手自动调整开度,并调用对应抓取程序,机器人将抓手放进刹车鼓内孔中,气缸打开撑紧将刹车鼓提起。

在机器人抓手抓取刹车鼓的过程中,激光测距传感器反馈刹车鼓到抓手的距离,保证抓取成功。在机器人挂件完成后,激光测距传感器再次工作,检测机器人抓手上是否有工件,判断挂件是否成功。

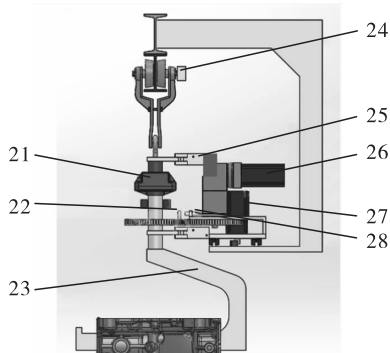
### 1.3 随动系统

机器人与悬挂链速度同步的精度决定了挂件准确率。随动系统通过将编码器安装在悬挂链输送线的驱动电机上,另一端连接到机器人的外部轴接口上,反馈电机的旋转圈数,进而可以反馈出悬挂链体速度,实现机器人挂件过程中与悬挂链速度保持一致。

### 1.4 吊钩同步检测及导向装置

悬挂链吊钩可以 360° 旋转,并且能够自由晃动,实现机器人精准挂件比较困难。

为了确保机器人抓取刹车鼓能够稳定、精确地悬挂到吊钩上,设计吊钩检测及固定装置,调整并固定吊钩方向。吊钩检测及固定装置见图 4。

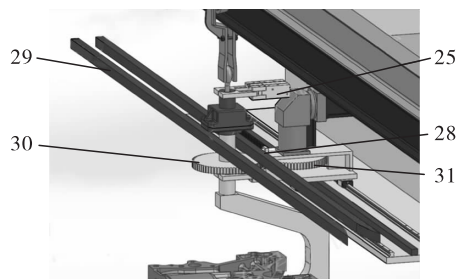


21-吊钩轴承；22-检测块；23-挂钩；24-RFID 标签；  
25-夹爪；26-伺服电机 A；27-伺服电机 B；28-接近开关

图 4 吊钩检测及固定装置

装在悬链上的接近开关检测到吊钩进入吊钩检测及固定装置范围内,首先通过导向槽,防止吊钩过度摇摆,吊钩导向装置见图 5。通过安装在悬挂链驱动电机编码器反馈悬链的速度,伺服电机 B 加速到与悬链同步的速度,装置上的夹爪夹紧吊钩上的圆柱位置,达到吊钩的固定效果,保证刹车鼓姿态调整过程中只存在一个旋转中心,就是吊钩轴承。夹紧吊钩后,伺服电机 A 转动齿轮 B,并且带动吊钩上的齿轮 A,对吊钩进行旋转,直至接近开关检测到吊钩上齿轮 A 的检测块,判断吊钩转动到位,发信号给机器人进行挂件;机器人挂件完成后,吊钩检测及

固定装置回至原点位置等待。



29-导向槽；30-齿轮 A；31-齿轮 B

图 5 吊钩导向装置

### 1.5 视觉系统

视觉系统采用国际知名品牌康耐视<sup>[10]</sup>,通过识别工件特征,来判断工件型号,机器人通过反馈的工件型号,来调用对应的抓取程序。当机器人需要将刹车鼓直接放到托盘上时,视觉系统通过拍照确定托盘的位置,保证放件的准确。

视觉系统在进行工件型号识别前,首先通过 In-Sight Explorer 软件将所有型号刹车鼓工件进行拍照,并将特征区域标记出来,作为模板存储到相机内。机器人拍照抓取时,使用所拍照片与模板进行比对,如果评分结果大于 96 分,则此模板型号工件就是机器人所拍照的刹车鼓型号,机器人自动调取程序完成抓取。

### 1.6 产品追溯系统

产品追溯系统采用 RFID 技术,主要由 RFID 读写头、RFID 标签、RFID 控制器等组成。RFID 技术具有分布式数据存储、数据动态读写、长距离数据传输等优点,可向每个 RFID 标签内写入不同工件的数据信息<sup>[11-12]</sup>。

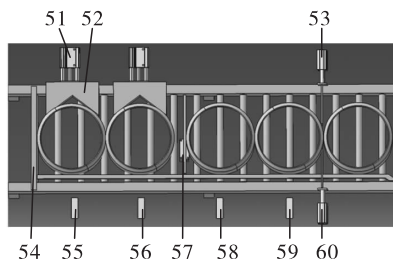
RFID 标签固定在每个吊钩上,RFID 读写头固定在机器人完成挂件后的区域。机器人挂件时,将产品信息与吊钩上的 RFID 标签绑定,形成一一对应的关系,生产过程中通过读写挂钩标签数据,实现产品追溯。

### 1.7 辊道定位系统

辊道定位系统包括定位气缸、V 形定位块、挡板、挡停、传感器,避免在机器人抓取过程摩擦造成刹车鼓磕碰。辊道定位系统见图 6。

传感器 3 和传感器 4 检测没有工件时,2 号挡停上升状态,挡板 3 和挡板 4 缩回,工件随辊道运动,工件到达 2 号挡停位置时,传感器 3 和传感器 4 都检测到工件到位,挡板 3 和挡板 4 伸出,传感器 1 和传感器 2 检测没有工件,2 号挡停下降,工件随辊道运动,运动到传感器 1 和传感器 2 检测到工件,且

工件运行到 1 号挡停后,定位气缸夹紧,2 号挡停上升,工件到位,机器人进行拍照定位抓取。

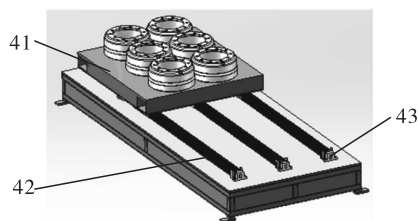


51-定位气缸; 52-V形定位块; 53-4号挡板; 54-1号挡停;  
55-传感器1; 56-传感器2; 57-2号挡停; 58-传感器3;  
59-传感器4; 60-3号挡板

图 6 辊道定位系统

### 1.8 托盘出料装置

托盘出料装置的主体结构材料为钢材,导向结构采用直线导轨,动力采用气缸进行往复运动。机器人每完成一托盘工件的放置,托盘自动退出安全围栏外,等待人工更换托盘。托盘出料装置设置有定位销,确保每次装卸位置相同。每端安装有到位开关,确保托盘移动时位置准确。托盘出料装置见图 7。



41-托盘; 42-直线导轨; 43-到位开关

图 7 托盘出料装置

## 2 控制系统

控制系统采用西门子 S7-300 系列 PLC,通过 Profinet 通讯方式和工业机器人、2D 相机、RFID 读写头、变频器等进行通信,急停、光栅、安全门锁等安全元器件将连接到主控柜中统一由 PLC 完成处理。

设备具有手动、自动、单循环、连续循环等功能。在控制柜上安装有人机界面(HMI),显示挂件系统的工作状态,具有调整运行参数、故障显示、实时报警等功能。生产过程信息、管理数据、设备的停歇时间、故障记录等至少能够存储 1 个月。

控制系统流程图见图 8。刹车鼓从前工序的两条辊道输送线运送至机器人工作区域,首先传感器检测到工件到位,通过档停机构将工件档停,辊道定位系统对刹车鼓进行定位,定位完成后,机器人进行视觉拍照,通过与相机模板对比,确定刹车鼓型号,

机器人自动调取对应型号抓取程序,完成抓取,机器人运行到挂件等待位。

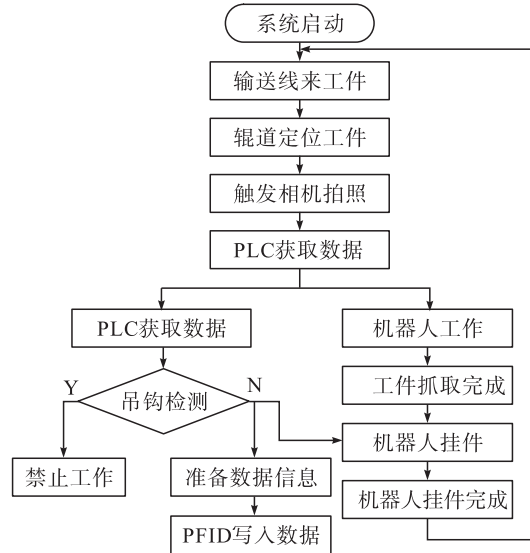


图 8 控制系统流程图

悬链吊钩识别装置判断悬链上是否有吊钩和吊钩上是否残留刹车鼓,若检测出现刹车鼓则系统作报警,人工介入处理。吊钩同步检测及导向装置识别吊钩位置,随悬链移动过程中调整并固定吊钩方向。机器人保持与悬链吊钩的移动速度同步达到相对静止,将刹车鼓悬挂到吊钩上,确认刹车鼓悬挂稳定后,抓手松开,继续拾取下一批刹车鼓;抓手上的激光测距传感器反馈刹车鼓到抓手的距离,判断是否上件成功;若上件失败,系统报警,人工介入处理。机器人完成挂件后,RFID 读写头将机器人悬挂的刹车鼓型号、挂件时间等信息写入到 RFID 标签内,便于下一工序读取产品信息。

当悬挂链或下一工序出现故障时,需要机器人抓取辊道线的刹车鼓放置到托盘内。首先,机器人抓取刹车鼓到达托盘上方,进行拍照对托盘定位,然后进行码放,托盘装满后,由 PLC 发送信号,托盘出料装置将托盘自动送到安全围栏外,等待人工更换托盘,再由叉车进行临时转运。

## 3 应用效果

机器人随动挂件系统在悬挂链输送线上的应用,实现了悬挂链在运行状态下机器人随动挂件,通过实际使用情况,得到如下应用效果:

(1)设计的吊钩同步检测及导向装置,使吊钩沿其轴线旋转到固定的方向,使机器人可以准确地将刹车鼓挂于吊钩上,解决了现有技术中吊钩无规律运动,机器人无法挂件的问题。



(2) 随动系统中将编码器安装于悬挂链驱动电机位置,由编码器采集悬挂链运动速度,实现机器人与悬挂链速度保持一致,完成在悬挂链运动状态下的随动挂件。

(3) 机器人抓手柔性设计,兼容多种刹车鼓铸件型号,实现产线的混线生产,减少更换抓手时间。

(4) 机器人工作快速准确,有效替代人工挂件,生产效率提升 25%,生产效率对比见表 2。

表 2 生产效率对比

工作方式	效率	
人工	50s / 钩	72 钩/小时
机器人	40s / 钩	90 钩/小时

(5) 通过机器人代替人工,实现生产自动化,大大减少了人工操作环节,不仅节约劳动成本,降低劳动强度,更有效地提高了各个加工生产环节中加工质量、加工效率、工艺准确率的一致性。

## 4 结论

国内在悬挂链输送线上实现机器人随动挂件仍是一个技术难题,为解决这个问题,设计的设计了一种机器人随动挂件系统,实现了刹车鼓工件的型号识别、自动抓取、随动挂件、产品信息追溯。系统运行稳定可靠,取得了良好的收益,对提高企业自动化生产效率具有重要意义,同类生产线实现自动化值得借鉴,应用前景较好。

### 参考文献:

[1] 周志军,李鹏飞,蓝伟. 基于视觉的工业机器人下料与铣边操作[J]. 组合机床与自动化加工技术,2022,578(04):184-188.

[2] 余稳胜,段海峰,黄凌森,等. 汽车主轴带轮轴机器人打磨技术研究及应用[J]. 机床与液压,2022,50(11):67-71.

[3] 刘天宋,张俊,张任天,等. 基于视觉的工业机器人码垛控制系统[J]. 工业仪表与自动化装置,2023(01):51-55+126.

[4] 薛家兴,刘晓琳,薛彦杰. 一种基于视觉识别的机器人随动挂件系统[J]. 制造技术与机床,2023(03):71-75.

[5] 段海峰,韩伟,陈晓斌,等. 汽车水冷机壳铸件机器人打磨工作站设计[J]. 铸造,2023,72(05):607-611.

[6] 王成军,韦志文,严晨. 基于机器视觉技术的分拣机器人研究综述[J]. 科学技术与工程,2022,22(03):893-902.

[7] 何习达,黄超,王海丽,等. 悬挂链输送系统关键技术研究与应用[J]. 煤炭加工与综合利用,2023(03):60-65.

[8] 李怀政,司卫征,曹剑君,等. 一种轮毂压铸件搬运机器人设计与仿真[J]. 制造技术与机床,2021(08):85-90+96.

[9] 黄才英,甘超,刘云云. 机器人随动技术在铸造行业悬链上下件中的应用分析[J]. 中国铸造装备与技术,2022,57(01):57-59.

[10] 徐征,翟季青,陈永强,等. 基于机器视觉的机器人作业目标定位[J]. 机床与液压,2023,51(11):72-75.

[11] 凌颖. 基于有源 RFID 的造车零件运输位置追踪方法[J]. 机械制造与自动化,2023,52(03):232-235.

[12] 刘美珍,袁俊宝,侯志平. RFID 在智能制造系统中的应用研究[J]. 电子元器件与信息技术,2023,7(03):106-108+112.

(上接第 37 页)

[9] 朱文辉,李伟,代勇. 多变量时序关联分析的跌倒预测算法[J]. 电子测试,2021,32(17):74-77.

[10] 王莉,张紫烨,牛群峰,等. 基于 MPU9250 和 MS5611 的人体姿态检测系统设计[J]. 电子器件,2019,42(4):978-983.

[11] 杨光耀,夏振华,肖一帆,等. 基于 IMU 和 Mahony 算法的人体手臂关节角度姿态测量系统研究[J]. 电脑知识与技术:学术版,2023,19(5):111-114.

[12] 徐甲栋,陈强,徐一雄,等. 基于 MEMS 传感器的实时跌倒检测系统设计[J]. 传感器与微系统,2022,41(7):77-80.

[13] 李京慧,迟宗涛,李钟晓. 基于阈值分析法的人体跌倒检测系统[J]. 传感器与微系统,2019(8):80-82+86.

[14] 贾黎,刘忠超,李英玲. 基于 SpringBoot + Vue 新冠疫苗接种全过程管理系统[J]. 西南民族大学学报:自然科学版,2022,48(2):181-189.

[15] 时元振. 基于 OneNET 和 ZigBee 的多节点燃气监测[J]. 物联网技术,2023,13(5):20-21+24.

[16] 吴昊,唐忠. 基于物联网技术的广西城镇智慧居家养老服务体系构建[J]. 数字技术与应用,2023,41(4):102-104.