套管加工产线引入管体拧内环机器人生产实践*

哈 鑫,郭利中,赵海燕,刘铁军,张朕军

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章简要介绍了包钢石油套管加工产线引入管体拧内环机器人组成构件及工作原理,通过管体拧内环机器人代替人工进行内螺纹保护器的拧接安装,解决了人工成本昂贵,施工环境恶劣,在整个工艺管控方面无法对螺纹保护器的拧紧扭矩实现标准化作业等问题。

关键词: 管体拧内环机器人; 人工智能; 标准化作业

中图分类号: TG333.8; TP242 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)06-0070-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.06.018

Production Practice on Introducing Robot of Screwing Inner Ring in Tube Body for Production Line of Casing Processing

Ha Xin, Guo Li-zhong, Zhao Hai-yan, Liu Tie-jun, Zhang Zhen-jun

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this article, the components and working principle of the robot of screwing inner ring in tube body introduced for the production line of casing processing of Baotou Steel are briefly introduced. Such problems as the high labor cost, hostile construction environment and the standard working of tightening torque for thread protector in the entire process control cannot be realized are solved through replacing the manual screwing and installation of inner thread protector with robot of screwing inner ring in tube body.

Key words: robot of screwing inner ring in tube body; artificial intelligence; standard working

工业机器人技术是综合了计算机、控制论、信息、人工智能、仿生学等多种学科而形成的高新技术[1]。机器人一般是由机械本体、控制器、伺服驱动系统和检测传感装置构成,是一种综合了人和机器的特长、能在三维空间完成各种作业的机电一体化装置。目前,工业机器人广泛应用于零件制造业、机械加工行业、电子电气行业、食品工业等等。包钢石油套管加工Φ245 mm生产线工艺流程为:上料→探伤→管端车丝机→接箍拧接机→水压测试机→管端车丝机→测长称重→打包机,生产线按照API工艺要求,需要在管体打包工艺单元前对接箍端进行螺纹脂喷涂及内螺纹保护器的拧接安装,以确保石油套管在下井前接箍内螺纹的完好。原现场工艺需要人工进行内螺纹保护器的拧接安装,人工成本昂贵,施工环境恶劣,且在整个工艺管控方面无法对螺纹保护器的拧紧扭矩实现标准化作业。通过实际测绘及技术要求的比对,引进工业机器人取代人工实现螺纹保护器的视觉识别、拾取、拧紧工作,因此姑且称其为管体拧内环机器人。该机器人的引入与应用,不仅提高产品的质量与产量,而且对保障人身安

* 收稿日期:2020-07-13

作者简介:哈 鑫(1977-),男,内蒙古包头市人,工程师,现从事设备管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

全、改善劳动环境、减轻劳动强度、提高劳动生产率、节约消耗、降低生产成本有着十分重要的意义。

1　工业机器人工作原理

1.1　管体拧内环机器人基本结构介绍

管体拧内环机器人本体为川崎 3CX210L－BC02 系列，由机器人本体、马达（电机、编码器、抱闸机构）、电缆构成，机器人本体上装有伺服马达，传动机构及减速机等机械装置，管体拧内环机器人主体基本构成见图 1。

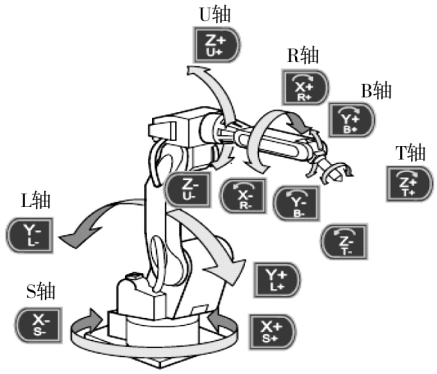


图 1　管体拧内环机器人主体基本构成

从图 1 可以看出，机器人由 6 个轴、6 台伺服马达和 6 套传动机构组成。6 个轴分别为 S 轴、L 轴、U 轴、R 轴、B 轴、T 轴，其中 S 轴控制本体的来回旋转，L 轴控制机器人下臂的前后摆动，U 轴控制机器人上臂摆动，R 轴控制上臂的来回旋转，B 轴控制机器人的上下摆动，T 轴控制手腕的来回旋转，由于现场螺纹保护器的摆放位置与拧接工作区域跨度较大，通过机器人 6 个轴的协同动作，6 个马达共同运动可以使机器人运行到其工作范围内的任意一个空间位置，保护器搬运又快又稳，大幅提升了工作效率及生产节奏。控制柜内部装有控制装置、在线操作盒及示教盘。管体拧内环机器人辅助设备主要是控制装置，包括主计算机（CPU 单元）、伺服马达驱动器、各种外部信号输入输出板及电源装置等。

1.2　管体拧内环机器人软件[2]

管体拧内环机器人系统程序，类似于计算机的操作系统，为系统自带，不可更改。而用户程序，则是用户编写的应用程序，示教程序（顺序执行）（运动指令、条件判断跳转、输入输出等），CONCURRENT IO 程序（内置 PLC 程序）（循环扫描）（逻辑指令、赋值运算、移位）。管体拧内环机器人的程序执行采用的顺序执行结构，与 PLC 程序执行有所不同（PLC 采用的是循环扫描的执行方式）。所以机器人的程序结构与一些计算机高级语言的结构和面向硬件的汇编语言结构类似但又有所区别，程序结构主要有以下这几种：顺序结构、分支结构与循环结构。

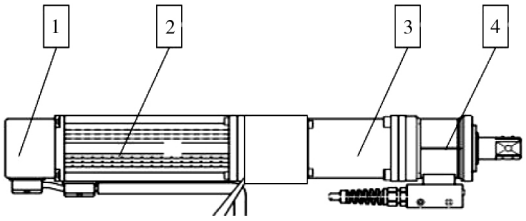
1.3　管体拧内环机器人视觉系统

机器人视觉系统其原理为图像处理器来模拟人的视觉，完成得到人的视觉系统所得到的信息，视觉系统主要由图像采集系统、图像处理系统及信息综合分析处理系统组成。视觉系统基本结构包含：光源、相机、图像采集、图像处理。光源选择的好坏对视图效果有较大的影响，不同光源对不同的被测物有不同的效果，选择好光源是对后期图像处理的一个必要条件。相机作用是将通过镜头聚焦于像平面的光线生成图像，相机中重要的组成部分是数字传感器。相机主要包含以下两种相机 CCD 和 CMOS。CCD 实际上只是把一个图像半导体中出来的电子有组织的存储起来。CMOS 实际上只是将晶体管放在硅块上的技术，可以将光敏元件、放大器、A/D转换器、存储器、数字信号处理器和计算机接口控制电路集成在一块硅片上，具有结构简单、处理功能多、速度快、耗电低等优点。不论 CCD 或 CMOS 对于图像感应都没有用，真正感应的传感器称作“图像半导体”，图像半导体是一个 PN 结合半导体，能够转换光线的光子爆炸结合处成为成比例数量的电子。电子的数量为计算信号的电压，光线进入图像半导体的越多，电子产生的也就越多，从传感器输出的电压也就越高。图像采集又称图像捕捉，是一种可以获取数字化视频图像信息，并将其存储和播放出来的影像设备；其功能是将图像信号采集到电脑中，以数据文件的形式保存在硬盘上。在机器人视觉系统中，图像是基本的数据结构，所包含的数据通常是由图像采集设备传送到计算机的内存中；采集到理想的图像以后经过一系列处理和分析，得出正确结果。

1.4　管体拧内环机器人执行机构

当机器人运行到指定姿态时，通过执行机构完成对目标工件的上扣拧接动作。在整个拧接过程中整个执行机构处于浮动状态，当执行机构接近目标钢管时能够更好的调整螺纹保护器与钢管中心线的位置，同时伺服电机进行螺纹保护器的拧接上扣动作。执行机构主要由伺服电机、行星齿轮减速机构、编码器、力矩传感器等组成，具体如图 2 所示。

中国知网　https://www.cnki.net



1－编码器;2－驱动电机;3－行星齿轮减速机构;
4－力矩传感器

图2 执行机构组成部件

编码器起到传感器的作用,把电动机旋转的转角(或位置)信号输出送给驱动器,及时向控制器反馈转速、扭矩、角位移的单元。驱动电机主要供给拧紧机动力,把电能转化为机械能。行星齿轮减速机构是起到降低齿轮转速,增大扭矩的作用。力矩传感器是把旋转扭矩由驱动杆传递输出拧紧工件所用的模拟信号变成数字信号传递给控制器的单元,执行机构的控制系统原理见图3。

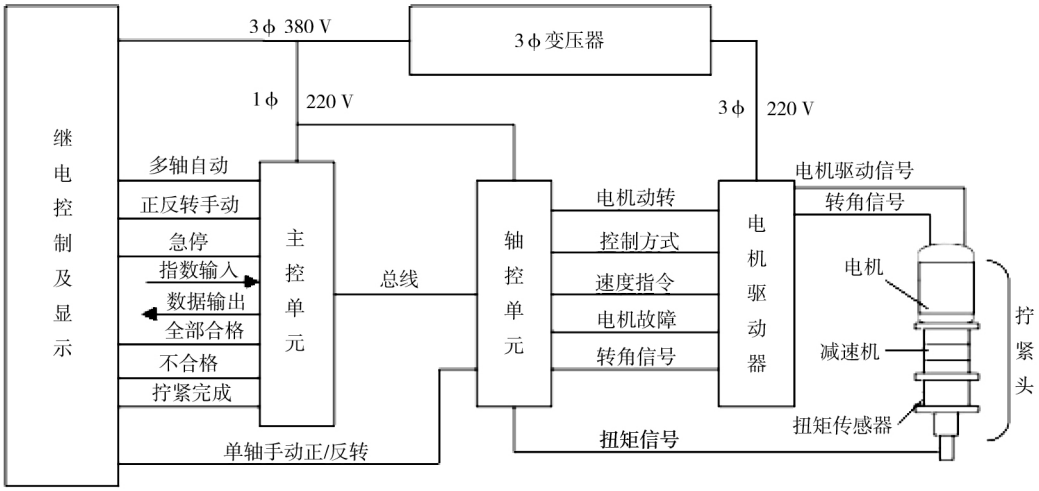


图3 执行机构的控制系统原理

由图3可见,拧紧机的控制及检测系统主要分为三相变压器、继电控制及显示、主控单元、轴控单元、电机驱动器、拧紧头等几大部分。主控单元通过控制、协调各轴控单元来实现整个系统拧紧动作的协调控制,通过输入、保存拧紧过程所需的各种参数,统计拧紧产量及拧紧结果,对拧紧结果进行判断,并发出合格、不合格、拧紧完成的控制信号,另外还具有判别工艺参数的合理性,对非法参数报警以及对与之有关的硬件进行检测故障报警等功能。轴控单元功能在于接受主控单元及继电控制系统中的单轴操作指令,并按指令控制所对应的轴及单轴操作动作。接受拧紧头中扭矩传感器传送来的扭矩信号,进行放大和转换,判别拧紧结果,并给出合格与否的指示,将拧紧结果传送给主控单元。电机驱动器输入、保存拧紧过程所需的各种参数,按轴控单元发出的指令,输出功率,驱动伺服电机旋转。按拧紧系统的要求,处理转换转角信号。监视伺服电动机运行状况,并发出相应显示信息。拧紧头主要包含有:交流伺服电动机、减速器、扭矩传感器(电阻应变式)、驱动杆等部件。其中电动机为三相交流伺服电动机,内部包含有转角传感器,在实际应用时,通常与电机驱动器配套使用。其主要功能是把由驱动器输入的电能转换成旋转的机械能输出以驱动负载。把电动机旋转的转角(或位置)信号输出送给驱动器。扭矩传感器用以检测拧紧过程中的扭矩;旋转扭矩由驱动杆传递输出。

1.5 管体拧内环机器人运行原理

管体拧内环机器人运行至需采集物品信息的附近,脉冲信号触发光源,通过以太网通讯向相机发送拍照信息,图像采集部分按照事先设定的程序向摄像机发送启动脉冲,相机打开曝光机构,重新开始新的一帧扫描。相机曝光后正式开始一帧图像的扫描和输出。图像采集部分接受模拟视频信号,通过A/D将其数字化,将数字化图像存放在处理器中,处理器对图像进行处理、分析、识别,获得测量结果,处

(下转第83页)

中国知网 https://www.cnki.net

GD 作为起始时间点，建立 4 套运输机架的上 1 辊、上 2 辊、上 3 辊、上 4 辊向上脱离时刻模型。

$$T_{OFFn} = \frac{L_n - H \times 0.001}{V_1} \quad (5)$$

模型中，T_{ONn} 是 4 套运输机架的上辊向下压靠动作时刻，s；T_{OFFn} 是 4 套运输机架的上辊向上脱离时刻，s；L_n 是检测光电 GD 至 4 套运输机架的上辊中心距离，m；H 是管端到加厚消失长度，mm；n 为 1，2，3，4。

4.2　压辊动作时刻 T(s) 的扰动因素与抑制

检测光电 GD 到 4 套运输机架的距离 L_n，会因为调整检测光电位置或更换检测支架而发生变化；还会因为加厚钢管规格不同，管端到加厚消失处长度 H 存在参差。由此，L_n 和 H 构成了扰动因素。此扰动因素使 4 套上辊在钢管上的落点和脱离点不精确，动作过程中会磕碰到加厚钢管的头部和尾部外径膨大部分，使管体在运动中产生倾斜并振动，致使钢管的传运线速度 V_1(m/s) 发生变化，管体中心线不能稳定，最终管端加厚钢管在探伤区域的检测条件缺失，探检失败。

为此，定期按时测量扰动点 L_n 和 H 的实时数据，并且及时调整参数，才能保证管端加厚钢管穿过 4 套运输机架时，依靠 PLC 的逻辑控制，在上辊的压靠与脱离作用下，钢管的速度 V_1(m/s) 和管体中心线更加稳定[4]。

5　结束语

通过对设备的系统分析、测试考核，“V”型辊道转速模型和上辊动作时刻模型，能够抵抗因工艺参数变化而引起的扰动，保证了管端加厚钢管传送姿态的稳定性，使设备能够平稳运行，减少夹辊的磨损，避免撞坏探头，减少探伤误检率、漏检率，满足了 API 标准所规定的针对管端加厚钢必须经过全通体无损探伤检测的要求。

参　考　文　献

[1] 宋天民. 超声检测 [M]. 北京: 中国石化出版社，2012.

[2] 朱卫波，马福全. V 型辊道输送机设计及研究 [J]. 制造业自动化，2018，40(2)：3.

[3] 王树. 变频调速系统设计与应用 [M]. 北京: 机械工业出版社，2005.

[4] 廖常初. S7 - 300/400PLC 应用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社，2005.

(上接第 72 页)

理结果发送至机器人进行定位、纠正、抓取。

2　工业机器人现场应用效果分析

管体拧内环机器人运行 1 年来，拧接质量、拧接效率及标准化程度方面都有较好的效果。

实践证明，管体拧内环机器人的引入，提高了拧接产品质量，改善了劳动环境，减轻了劳动强度，提高了劳动生产效率。管体拧内环机器人的成功应用，为其他类似企业和工序引入机器人实现智能制造奠定了基础。

钢管公司针对管加工作业区提升生产节奏优化现有工序，降低职工劳动强度合理优化用工，开展了智能制造在现场应用的可行性分析及设计交流工作，通过现场实际测绘及技术要求的比对，确定了智能机器人在现场应用的可行性，最终确定增设磷化码垛机器人、管体拧外环机器人、拧接机上料机器人在生产中代替人做一些单调、频繁和重复的长时间作业。

3　结束语

包钢石油套管加工产线中引入工业机器人，代替人完成单调、频繁和重复的内螺纹保护器的拧接安装作业，改善了职工劳动条件，实现了生产工序智能控制，提高了生产效率，保证了产品质量，降低了生产成本，随着管加工作业区管体拧内环机器人上线及平稳运行，工业机器人将被逐步推广应用到其他类似工况。本次包钢石油套管加工产线中引入工业机器人的实践，不仅创造了社会效益与经济效益，同时为其他产线的智能制造的推广提供了借鉴之路。

参　考　文　献

[1] 杨杰忠. 工业机器人技术基础 [M]. 北京: 机械工业出版社，2017.

[2] 张明文. 工业机器人离线编程 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社，2017.

中国知网　https://www.cnki.net