

机器视觉在浸涂机器人上的应用

关科锋¹ 周珍珠²

1. 一拖(洛阳)液压传动有限公司 河南 洛阳 471003

2. 一拖(洛阳)车桥有限公司 河南 洛阳 471003

摘要: 某公司的 KW 铸造砂芯生产线每年要生产近 10 万件砂芯, 由于在线生产产品种类多, 目前砂芯的浸涂工序一直是人工进行操作, 而且涂料具有一定腐蚀性、工作环境差, 劳动强度大, 生产效率低。伴随当前人工成本持续升高, 产品品质要求不断提升, 生产准时化不断提升, 需通过技术改造, 实现自动化生产。

关键词: 铸造机器人; 自动化生产线; 定位视觉系统

1 项目总体方案

自动化改造方案采用机器人替代人工操作, 通过集成机器视觉等功能, 使浸涂工序全部实现自动化。工作过程如下: 组装好的砂芯由人工放上料辊道 1、2 入口, 上料辊道采用积放辊道把砂芯输送至机器人抓取工位, 通过两套机器视觉系统对砂芯进行识别, 确定机器人上料工位砂芯的种类和位姿信息, 并通知机器人, 机器人根据视觉系统反馈数据, 调整手指状态和手抓抓取坐标, 实现对砂芯的准确抓取; 机器人抓取砂芯后, 移动到浸涂池进行砂芯的浸涂和沥干, 最后把砂芯放入烘干炉入口; 砂芯通过辊道进行烘干炉烘干。(如图1所示)

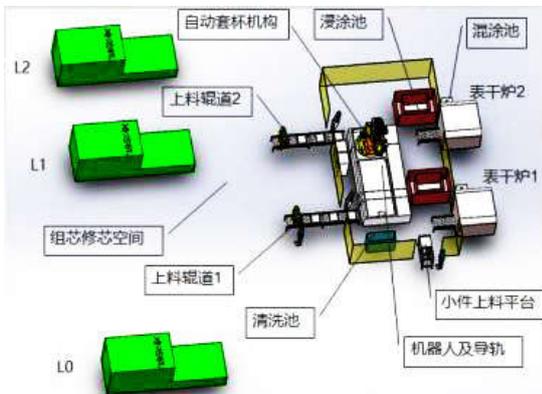


图1 项目总体方案原理

由于产品品种众多, 如图 2 所示, 重量从 60kg 到 310kg 不等, 长度从 400mm 到 1100mm 不等, 特别是每种砂芯的抓取部位和抓取方式也不同。因此, 综合各种机械理念, 设计出简单且兼容多品种的手爪; 电气控制上要通过机器视觉准确识别出产品种类和位姿信息, 从而保证机器人可靠的抓取, 保证生产线的稳定运行。从控制角度来看, 机器视觉识别效果决定了该项目的最终效果。

2 电气总体控制方案

根据项目方案要求, 设计出该项目电气控制的总体

方案(如图 2 所示)主要以下及部分组成:

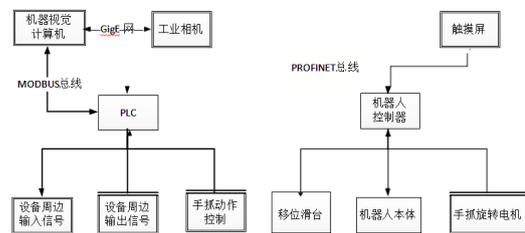


图2 电气控制总体方案

机器人控制器: 主要负责对机器人本体以及外部第七轴的控制; 它可以和 PLC 控制器、触摸屏通过 PROFINET 总线通信, 进行信息交互。

PLC 控制器: 主要负责设备周边信号的控制, 如辊道启停、手爪开合、相机拍照触发、门机安全连锁等。它可以和机器人控制器、机器视觉计算机、触摸屏通讯, 进行信息交互。在该系统中 PLC 的一个很重要作用就是信息传递中枢^[1]。

触摸屏: 提供一种友好的人机交互界面, 主要用于生产过程的监控, 报警显示, 修改工艺参数等功能。通过总线可以直接对机器人和 PLC 参数进行读写操作。

机器视觉计算机: 它由工控机和专门开发的工业软件构成。主要负责快门触发、图像

采集、图像识别运算等, 最后把运算结果通过 PLC 传送给机器人, 指导其调整手抓坐标和姿态。

3 机器人选型

工业机器人的选择主要指标有机器人负载、自由度(轴数)、最大运动范围、重复精度、速度、防护等级等几个方面。

机器人负载是指机器人在工作时能够承受的最大载重。本项目最重工件达 310kg, 手爪重量 400kg 左右, 由于手爪有延长力臂作用, 考虑一定余量, 故选择 1000kg 负载机器人。

机器人轴的数量决定了其自由度。本例中由于浸涂、沥干砂芯需要多种角度，而且砂芯在生产线上姿态多变，故选择 6 自由度机器人。本项目由于使用较恶劣的铸造生产环境，粉尘沙粒严重，选择 IP65 防护等级机器人。由于国际上能生产满足以上三个指标要求的工业机器人寥寥无几，考虑到品牌和稳定性，本项目选择 KUKA KR1000titan 机器人。



图 3 KUKA KR1000 titan 机器人

由于本项目中一台机器人负责两个加热炉的浸涂、上料工作，工作范围已经远远超出机器人本身的工作范围，我们为此需要增加了一个外部第七轴移位滑台来保证满足工作要求。

4 视觉系统选型

4.1 工业相机的选择：

选择性能良好的工业相机，对于机器视觉系统的稳定性有着重要影响。在选购合适的工业相机时，首先要明确需求，确定检测产品的精度要求，确定相机要看的视场大小，确定检测物体的速度，同时确定是动态检测还是静态检测。其次是确定硬件类型，硬件的相关参数会影响其性能。

目前高级视觉算法的误差能保证不低于一个像素，所以可以通过如下计算公式：精度（物理分辨率）= 视场（长或宽）÷ 相机像素（长或宽）。本项目中最大工件长 1000mm，考虑到辊道定位误差及零件摆放误差，工件范围放大至 1200mm，抓取精度要求为 1mm，那么相机的像素 = $1200 \div 1 = 1200$ 像素，向上靠拢，那就只需要 200 万（1624 x 1234）像素的相机就可以。综合考虑速度和稳定性，我们选择最常用的 GigE 接口。本项目采用工件静止拍照，利用外部传感器感应工件到位后，由 PLC 通知机器视觉计算机，计算机通过软件触发模式，启动快门采样。综合各工业相机各品牌情况和型号系列，最终选择 Basler 的 acA1600 相机。

4.2 镜头选型：

本项目中物距设定为 2m，拍照区域设定 $1.2 \times 1m^2$ ，

为了在 CCD 芯片上完整成像，我们

需要为目标的高度和宽度计算焦距。其中宽度焦距 = $(2000 \times 7.16) / (1200 + 7.16) = 11.862mm$ ，高度焦距 = $(2000 \times 5.44) / (1000 + 5.44) = 10.821mm$ ，我们选择 12mm 标准镜头。

4.3 光源选型：

由于被照工件表面粗糙不平，且颜色深，不透明，经过测试我们选择左右各一根条形白色 LED 光源角度照射，方案。由于相机要是对整个工件进行识别和角度判断，需要光源能够覆盖所有工件的区域，没有大的阴影，要求光源分散安装并拉开距离，使光照射更均匀。且机器人在抓取时，光源不能干涉机器人的抓取路径，所以要求光源尽可能高安装。因此光源设计设计成两根条形光源安装高度小于相机高度，距离最高工件上表面 1500~1600mm 可调。两个条形光源水平安装分别距离相机 1200mm。

5 识别定位软件设计

当工件从辊道线上输送至机器人抓取工位时，光电开关给 PLC 发信号，PLC 将该信息传

递给机器视觉系统，视觉系统触发快门，进行拍照和图像数据采集。视觉系统要完成工件的种类信息和位姿信息识别，就需要设计相应的图像。

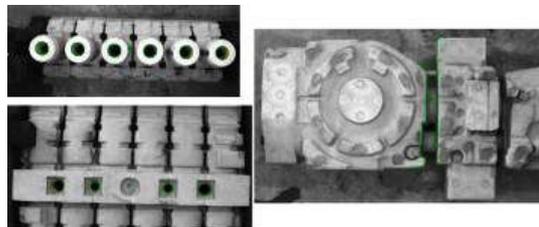


图4 部分工件特征轮廓

为了后序定位引导的准确性，每个品种的第一个模板零件放置位置要尽可能在视觉相机的中间位置，姿态端正，侧线要和辊道尽可能平行。不断调整光源角度，使相机采样图像轮廓清晰，便于图像分割和轮廓提取。此时，对各种零件进行标准模板图像采集并保存。由于工件外形复杂（如图 4 所示），我们在创建模板前要进行充分的图像预处理和特征分割，让最突出的特征得以保留，减少由于工件外形磕碰伤造成的错误识别^[2]。

创建好模板后，就可以用相机采集新的图像，来进行模板匹配。由于外部条件不断变化，需要多次测试，不断调整优化匹配参数，使软件运行效果最佳。

为了向 PLC 传送数据，需要视觉系统与 PLC 进行通讯。因为选择 PC 机作为机器视觉软件的处理单元，我们就是需要开发相应的通讯程序。本项目使用 C# 语言开发

多线程软件实现视觉处理和通信功能,其中,与 PLC 通信使用成熟的 NModbus4 库来实现 ModBUS 协议通信。

6 简易的机器人坐标标定

当视觉系统把工件型号和位姿信息通过机器视觉软件计算出来传递给 PLC, PLC 就把这信息传递给了机器人,但是机器人并不能准确的找到工件的位置。因为图像处理和机器人运动是在不同的坐标系下执行。为了能把两个坐标系联系起来,就需要坐标的标定。

由于工件是平放在辊道上的,图像处理只涉及到两个自由度,这就大大简化了标定的复杂性。由于本项目对定位精度要求不是很高,所以本文从实用角度出发,提出一种简单的坐标标定方法。

计算机对图像的处理都是基于像素的,利用前面所讲知识,我们假设相机已经标定过,所有运算结果都是基于物理单位的。假设标准模板工件重心坐标为零点,此时的机器人的笛卡尔坐标为 (X_0, Y_0, Z_0, C_0) ,由于工件高度和辊道高度固定,机器人的 Z 坐标是固定的,机器人第六轴表示工件旋转角度,也就是手爪的角度。

当新工件相对于标准模板工件有偏移时,机器人坐标就为 (X_0+X_d, Y_0+Y_d, Z_0) ,但是有可能新工件同时相对标准模板工件有旋转,由于这个旋转只发生在 x,

y 平面,因此最终定位坐标为 $(X_0+X_d, Y_0+Y_d, Z_0, C_0+C_d)$ 。在编写机器人移动程序时,把每个产品的 $X_0, Y_0, Z_0, C_0, X_d, Y_d, C_d$ 定义为库卡机器人系统的全局变量,每次工件识别工件完成后,更新这变量的值,再执行搬运程序。同时为了调试方便,以上声明的全局变量,我们可以通过 PROFINET 总线在触摸屏上显示出来,如果需要重标定或微调,只需要在触摸屏上进行设置就可以了,非常方便。

结束语

本文以具体项目为背景,阐述了如何系统的搭建一个基于机器视觉的工业机器人控制系统。对项目开发过程中涉及到的关键部件选型给出理论指导,实现了预期功能,有效降低工人劳动强度,提高生产线的柔性化和自动化程度,同时,对其它工业自动化改造有一定的指导意义。

参考文献

- [1]祝庆智.ABB机王成军,机器人在铸造行业整体浸涂上的应用[J].金属加工(热加工).2010,(19).64-66.
- [2]褚金钱,徐方.基于Solidworks与Matlab的码垛机器人动力学仿真[J].组合机床与自动化加工技术.2013,(9). DOI:10.3969/j.issn.1001-2265.2013.09.008.