

doi: 10.7690/bgzdh.2022.11.006

基于视觉引导的弹部件高效自动排序技术

刘锡朋¹, 杨海川², 石义官¹, 王尧¹, 李作武¹

(1. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000;

2. 陆装驻重庆地区第二军代室, 重庆 400060)

摘要: 针对延期体、枪弹弹壳、弹头等弹部件的高效自动排序需求, 基于视觉引导的工业并联机器人自动抓取系统进行自动排序技术研究。通过机器视觉自动识别弹部件位置, 引导并联机器人抓取工件后自动调整工件姿态并快速排序放置。运用该视觉引导排序技术的枪弹装配及延期雷管装配自动生产线已投产。结果表明: 该排序方式效率高、漏装反装失误率极低; 柔性化水平高, 可适应不同长度、外形的弹部件; 生产线的整体效率和运行可靠性大幅提高。

关键词: 视觉引导; 并联机器人; 自动排序; 弹部件

中图分类号: TJ410.5 **文献标志码:** A

Efficient Automatic Sequencing Technology of Bullet Parts Based on Vision Guidance

Liu Xipeng¹, Yang Haichuan², Shi Yiguan¹, Wang Yao¹, Li Zuowu¹

(1. Department of Intelligent Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China;

2. No. 2 Military Representative Office of Army Equipment Department in Chongqing District, Chongqing 400060, China)

Abstract: Aiming at the requirement of efficient automatic sorting of delay object, cartridge case, bullet and other bullet parts, the automatic sorting technology of industrial parallel robot automatic grasping system based on vision guidance is studied. The machine vision is used to automatically identify the position of the bullet parts, guide the parallel robot to automatically adjust the workpiece posture after grabbing the workpiece, and quickly sort and place the workpiece. The bullet assembly and delay detonator assembly automatic production line using the vision-guided sequencing technology has been put into production. The results show that the sequencing method has high efficiency, low error rate of missing and reverse loading, high flexibility, and can adapt to different length and shape of bullet parts. The overall efficiency and operation reliability of the production line have been greatly improved.

Keywords: vision guidance; parallel robot; automatic sequencing; bullet part

0 引言

在以延期体、枪弹弹壳、弹头等弹部件为原料的枪弹装配及包装、延期雷管及延期体等火工品装配自动装配生产线中, 需将处于无序上料状态的包括延期体、枪弹弹壳、弹头等弹部件进行自动排序, 以满足后续自动装配需求。作为重要的前道工序, 需要自动排序组件具备高效和高可靠性, 以保证生产线整体的生产节拍和稳定运行^[1-2]。

以往的弹部件自动排序工序, 普遍采用机械式自动换向技术, 如延期管的管壳通常采用自动调向箱进行换向。该技术利用管壳下落后的高度变化自动对弹簧管送来的管壳进行方向识别、调向并送入下部出口。自动调向箱主要由箱体、前后挡板、下挡板、夹管器、推管器等零件组成。通过连接的弹

簧管的数量以柔性适应不同模数的模具送料。该方式具有原理简单、成本低的特点, 在一定程度上能够满足延期体的生产需求, 但同时存在效率不高、管壳调向失误率高、兼容性差等缺点。在某延期雷管的装配生产线中使用的自动调向箱机构的最好效果为效率不高于 90 发/min, 调向失误率不低于 5%, 需要人工频繁进行干预, 给设备连续安全运行带来致命隐患, 且仅适用于直管状工件, 兼容性差。针对弹头、弹头壳等弹部件的机械式自动排序, 则普遍使用排序花盘。该方式采用仿形或重心位置匹配等方式对工件进行调向, 然后采用梭槽机构进行换向。经过多年使用验证, 该方式同样存在调试麻烦、柔性化程度低、调向失误率高等缺陷, 调向失误率也经常高达 0.1%及以上, 成为影响全生产线稳定运

收稿日期: 2022-07-07; 修回日期: 2022-08-03

作者简介: 刘锡朋(1984—), 男, 山东人, 硕士, 高级工程师, 从事兵器工业、民爆领域高危产品自动装药装配工艺及装备技术研究。

E-mail: 15881601210@163.com。

行的最大故障点。

为解决上述问题，实现高效稳定的自动排序，保证生产线的节拍和低故障率，笔者通过研究基于视觉引导机器人系统，以完成弹部件的高效、可靠、兼容性强的自动排序。

1 系统组成

系统组成如图 1—3 所示。

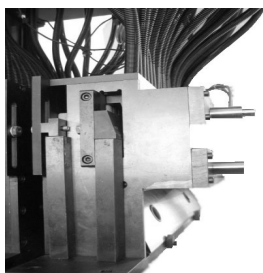


图 1 机械式延期体自动调向箱



图 2 机械式弹壳自动排序花盘

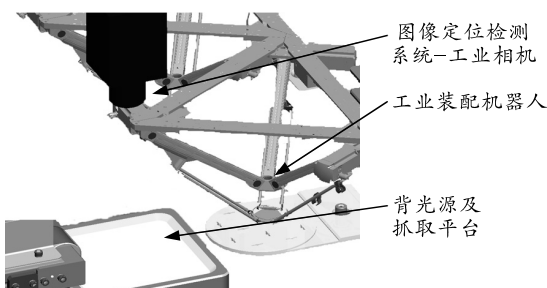


图 3 视觉引导自动排序系统

视觉引导自动排序系统由图像定位检测处理系统、工业装配机器人和抓取平台等组成。

图像定位检测处理系统包括图像采集和图像处理 2 部分。其中，图像采集部分由用于底部定位的大面阵工业相机、镜头、大面积背光源和自动调焦机构等组成，主要完成对弹部件的位置、姿态信息的获取，通过数据通信将采集到的特征图像传输到图像处理系统。基于背光源的弹部件背影成像检测方式，能够避免因弹部件颜色差异、污渍、划痕等对检测的干扰，提高检测可靠性。图像处理部分基于工控机平台，主要是完成特征图像的处理，包括图像的阈值选取、降噪处理、二值化、边缘提取

和定位计算等。通过图像处理，获取待抓取零件的相对位姿信息，视觉系统根据采集到的位置、形状、姿态等图像信息，完成对弹部件的识别、定位、精确测量等，用于引导机器人进行高精度位置抓取^[3-4]。

工业装配机器人由机器人本体、控制器和抓取吸盘组成。机器人采用结构紧凑、刚度高、动态响应好、适用于高速抓取搬运的并联机器人，单次搬运节拍可达到小于 0.2 s，可以实现高速、高精度的弹部件抓取和排序放置^[5-6]。

2 视觉引导机器人自动排序原理

当待抓接管壳工件散落于抓取平台上时，图像检测系统在拍照后经过运算对被抓工件位置和方位信息进行确定，并将数据传送到机器人。机器人根据视觉系统的引导信息自动运行到抓取平台工件位置，对准被抓取工件并吸取，之后搬运至待排序放置位置，并依次放下。

具体方式：通过背面光源的照射，找出弹部件目标物体的外轮廓，确定目标物体的中心点在标准物体坐标系中的位置；同时利用目标物体中心线和标准位置的夹角，计算出当前目标物体的偏移角度。在偏移坐标 $(\Delta L_x, \Delta L_y)$ 和偏移角度 $\Delta \alpha_x$ 确定后，再转换成机器人的工具坐标系数据，同时告知机器人将机械手臂移动至目标物体的中心点位置及角度，并由机器人完成目标物体的抓取，再送到待排序放置位置，并依次放下，完成排序。

2.1 工件位置和方位的确定

首先，建立机器人和抓取工件平台的坐标系。按右手法则建立机器人坐标系，如图 4 所示。

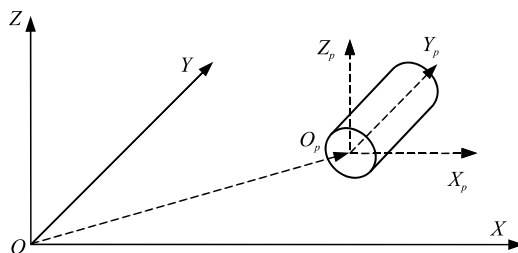


图 4 机器人和工件平台坐标系

由上图可知：抓取工件平台原点 O_p 在机器人坐标系的位置为 $(x_0, y_0, z_0, \theta_0)$ ；平台坐标系的 X_p 轴和 Y_p 轴与机器人坐标系的 X 轴和 Y 轴平行；原点 O_p 为抓取平台对角线交点。即平台坐标系 $X_p O_p Y_p$ 和机器人坐标系 XOY 平面平行。 θ_0 为机器人手臂到达抓取工件平台原点 O_p 时，机器人基座相对于机器人坐

标的旋转角。

被抓工件在平台坐标系的位置和方位，如图 5 所示。

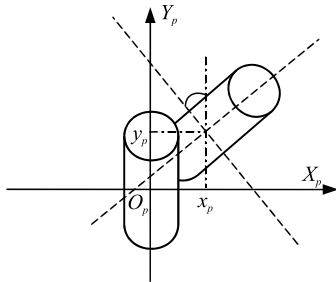


图 5 工件在平台坐标系上的位置和方位

2.2 工件在机器人坐标系的位置和姿态

被抓工件平面在平台坐标系的位置有 2 种情况：

1) 被抓工件平面的对角线交点和平台坐标系原点重合，只是被抓工件两对边中点连线偏离 Y_p 轴的角度为 α ，则被抓工件在机器人坐标系的位置为：

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ \theta_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ \theta_0 + \alpha \end{bmatrix} \quad (1)$$

2) 被抓工件平面的对角线交点和平台坐标系原点不重合，则存在：

被抓工件的工件中心点在平台坐标系的位置为 (x_p, y_p) ；被抓工件中心线偏离平台坐标 Y_p 轴的角度为 α ；则被抓工件在机器人坐标系的位置为：

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ \theta_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ 0 \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 + x_p \\ y_0 + y_p \\ z_0 \\ \theta_0 + \alpha \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.3 视觉引导机器人抓取系统的实现

如图 6 所示，根据以上所述实现步骤如下：

表 1 自动排序效果对比数据

排序方式	方式	效率/(发/min)	调向失误率/%	平均连续稳定运行时间/h	兼容性	对比结果
调向箱	机械	90	5	0.5	差	差
花盘	机械	140~250	0.1	1.2	差	一般
视觉引导排序	视觉引导机器人抓取	280	0	≥8	好	优

4 结论

笔者基于视觉检测引导机器人技术研制了弹部件自动排序系统，实现了高效、调向失误率极低、运行稳定、柔性化程度高的弹部件自动排序。

该技术已成功应用于多条生产线的实际生产中，

1) 用示教方法确定：工件放置处 P_g 和抓取工作平台 $P(x_0, y_0, z_0, \theta_0)$ ；

2) 用图像检测法求出被抓工件平面在被抓工件平台的位置方位参数 (x_p, y_p, α) ；

3) 求取被抓工件平面在机器人坐标系上的参数 $P(x, y, z_0, \theta)$ 将所得参数 (x, y, z_0, θ) 送入机器人控制器，则机器人自动按以下顺序执行：

P_0 (起点) $\rightarrow P(x, y, z_0, \theta)$ (抓取点) $\rightarrow P_i$ (途中点) $\rightarrow P_g$ (排序放置点)。

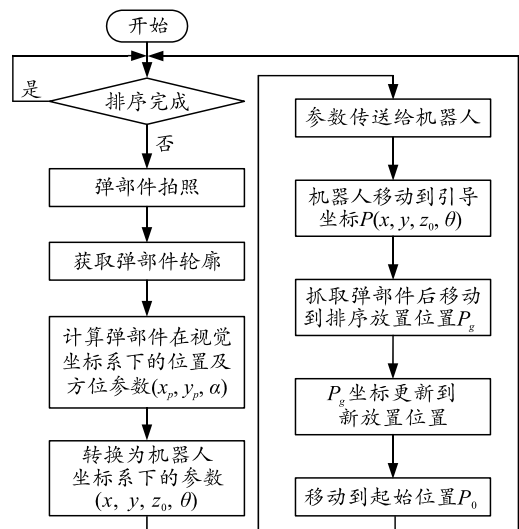


图 6 视觉引导排序过程流程

3 应用效果

该视觉引导排序技术已成功应用于延期体、枪弹弹壳、弹头等自动排序生产，提高了全生产线的整体效率和运行可靠性。应用该技术的某延期雷管自动装配生产线及枪弹自动装配生产线已顺利累计完成 10 万余发延期雷管、枪弹的生产任务。经过生产验证可知：该视觉引导排序方案自动排序效率达到 280 发/min，调向失误率为 0，平均连续稳定运行时间不小于 8 h，兼容性好，综合效果最优，达到了预期设计效果。自动排序效果对比数据如表 1。

应用效果表明：该视觉引导排序方案自动排序效率达到 280 发/min，调向失误率为 0，平均连续稳定运行时间不小于 8 h，兼容性好，综合效果最优，提高了全生产线的整体效率和运行可靠性。