

doi: 10.7690/bgzdh.2021.07.020

## 工件堆列实现的几种方法

周丽娟<sup>1</sup>, 杨帆<sup>2</sup>, 赵建抒<sup>1</sup>, 何川<sup>1</sup>

(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. 陆装信息保障室, 北京 100071)

**摘要:** 工业机器人在先进制造技术领域的大量应用, 极大提高了自动化产线产品集放时码垛和拆垛效率。以 NACHI 公司的 MZ07-CFD 系列机器人为例, 介绍六轴工业机器人实现码垛及拆垛功能的 3 种方法: 轨迹示教法、设置堆列功能、示教点移位变换, 并对各方法的实现过程及其适用场景进行对比说明。结果表明: 可根据工件实际排列和要求选择合适的实现方式, 3 种方法同样适用于其他品牌六轴机器人的码垛和拆垛功能的实现。

**关键词:** 工业机器人; 码垛; 轨迹示教; 移位变换

**中图分类号:** TP242.2 **文献标志码:** A

## Several Methods for Realization of Work Pieces Stacking

Zhou Lijuan<sup>1</sup>, Yang Fan<sup>2</sup>, Zhao Jianshu<sup>1</sup>, He Chuan<sup>1</sup>

(1. Department of Intelligent Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China; 2. Information Support Office of PLA Army Equipment Department, Beijing 100071, China)

**Abstract:** The wide applications of industrial robots in the field of advanced manufacturing technology have greatly improved the efficiency of palletizing and de-palletizing products in automated production lines. Taking NACHI company's MZ07-CFD series robot as an example, introduced 3 methods for the 6-axis industrial robot to achieve palletizing and de-palletizing functions. That is, trajectory teaching method, setting stacking function, teaching point shift and transformation. We also compared the implementation process of each method and its applicable scenarios. The results showed that we can select a suitable realization method according to the actual arrangement and requirements of the work pieces, and 3 methods are also suitable for the realization of the palletizing and de-palletizing functions of other brands of 6-axis robots.

**Keywords:** industrial robot; palletizing; trajectory teaching; shift transformation

### 0 引言

自第一台工业机器人“Unimate”<sup>[1]</sup>诞生之日起, 经过 60 多年的发展, 工业机器人已成为柔性制造系统、自动化工厂等先进制造技术的重要工具<sup>[2]</sup>。

码垛作为自动化生产过程中产品集放及分发的关键一环, 已经成为各类工业机器人标配的一种基础功能<sup>[3-4]</sup>。码垛, 是将工件按照预先规划的存放路径顺序整齐摆放到指定位置。拆垛, 是将已堆叠好的工件按相反顺序卸载。笔者使用 NACHI 公司的 MZ07-CFD 系列六轴机器人作为开发平台, 以最基础的单层堆叠为例, 采用 3 种不同的方式来实现某类产品的堆列或下料。

### 1 MZ07-CFD 系列机器人简介

如图 1 所示, NACHI 公司的 MZ07-CFD 机器人是一种六轴机器人。该机器人手腕部的最大载荷为 7 kg, 机器人完全伸展开的最大臂展为 700 mm, 重复定位精度±0.02 mm, 具有垂直放置、壁挂、倾

斜放置和天吊等多种安装方式, 机器人本体的防护等级为 IP67。机器人标配高性能示教器, 语言的源程序为纯文本形式, 可使用普通计算机文本编辑器及机器人控制装置的“ASCII 文件编辑功能”制作源程序, 非常方便。



图 1 MZ07-CFD 系列机器人

### 2 轨迹示教法

轨迹示教法需要操作人员根据工件初始摆放位

收稿日期: 2021-03-04; 修回日期: 2021-04-20

作者简介: 周丽娟(1979—), 女, 四川人, 高级工程师, 从事自动控制研究。E-mail: 3434045007@qq.com。

置以及待放置的目标位置<sup>[5]</sup>，综合规划机器人的合理运行轨迹，在姿势文件中示教不同的姿势点，每一个工件的堆列轨迹由一组手动示教完成的姿势点确定。机器人运行时控制程序根据工件号，选择对应的姿势点组合来实现不同位置工件的抓取和放置。

如图 2 所示，轨迹示教法操作较为简单，适合工件数量较少或者工件坐标位置分布不均匀的情况。

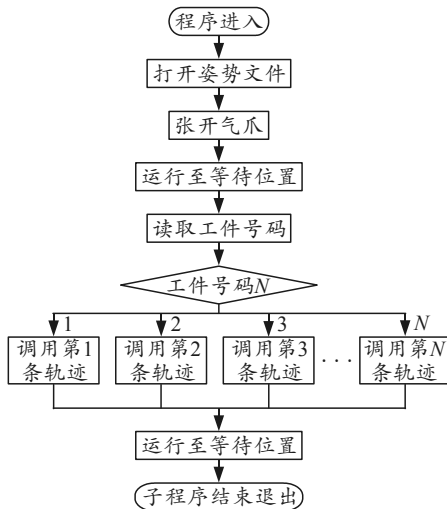


图 2 轨迹示教法流程

示例源程序如下，其中每个工件的抓取位置由 3 个点组成：抓取上点、中点和下点；O1 为第 1 组普通输出的第 1 个输出点，定义为手爪电磁阀。

```

//轨迹示教法(文件名)
USE 1 //调用姿势文件 1
RESET O1 //松开手爪
MOVEX
A=6,AC=0,SM=1,M1X,L,P1,R=60.0,H=1,MS
//USE1 P1 抓取待机点
SWITCH V1% //V1%为当前工件号
CASE 1 //第 1 个抓取位置
MOVEX
A=4,AC=0,SM=1,M1X,L,P10,R=40.0,H=1,MS
//P10 抓取上点
MOVEX
A=6,AC=0,SM=1,M1X,L,P11,R=20.0,H=1,MS
//P11 抓取中点
MOVEX
A=8P,AC=0,SM=1,M1X,L,P12,R=05.0,H=1,MS
//P12 抓取下点
SET O1 //抓取
DELAY 1 //抓取后延时
  
```

```

MOVEX
A=8P,AC=0,SM=1,M1X,L,P11,R=05.0,H=1,MS
//P11 抓取中点
MOVEX
A=4,AC=0,SM=1,M1X,L,P10,R=20.0,H=1,MS
//P10 抓点上点
BREAK
CASE 2 //第 2 个抓取位置
MOVEX
A=4,AC=0,SM=1,M1X,L,P20,R=40.0,H=1,MS
//P20 抓取上点
MOVEX
A=6,AC=0,SM=1,M1X,L,P21,R=20.0,H=1,MS
//P21 抓取中点
MOVEX
A=8P,AC=0,SM=1,M1X,L,P22,R=05.0,H=1,MS
//P22 抓取下点
SET O1 //抓取
DELAY 1 //抓取后延时
MOVEX
A=8P,AC=0,SM=1,M1X,L,P21,R=05.0,H=1,MS
//P21 抓取中点
MOVEX
A=4,AC=0,SM=1,M1X,L,P20,R=20.0,H=1,MS
//P20 抓点上点
BREAK
CASE N //第 N 个抓取位置
.....
BREAK
ENDS
MOVEX
A=6,AC=0,SM=1,M1X,L,P1,R=40.0,H=1,MS
//P1 抓取待机点
END
  
```

### 3 设置堆列功能

MZ07-CFD 机器人控制器集成有堆列标准程序，使用中可以直接调用机器人控制装置的堆列功能，用以实现工件的码垛和拆垛。所谓堆列，是将工件按照一定的顺序整齐摆放，使用机器人的堆列功能，只需对一个工件的装载(卸载)动作进行示教，通过设定功能块中的工件个数、装卸载方式、工件配置等参数，就能简单地实现对全部工件的装载(卸载)动作。该方法适用于工件数量较多、工件垂直位置一致且工件间水平方向间距均匀的情况。

MZ07-CFD 系列机器人可以注册 255 种堆列模

式,1 个堆列模式最多能注册 4 个工件抓取位置和 8 种平面模式;1 个平面模式最多能注册 99 个工件和 100 个托盘,可同时进行的堆列数量最多为 32 个,多重堆列数量最多可达 8 层<sup>[6]</sup>。机器人实施堆列作业的流程如图 3 所示。

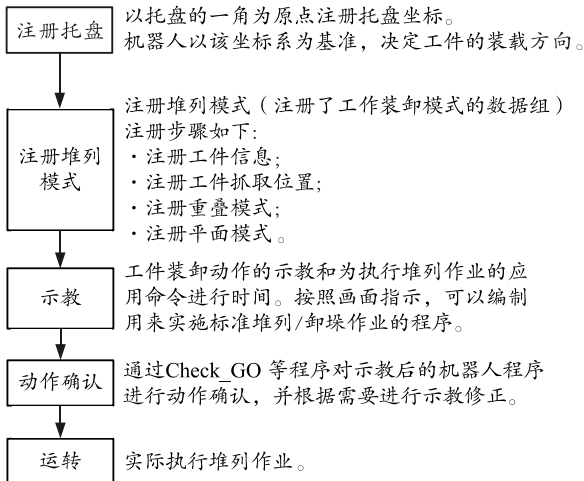


图 3 堆列作业流程

堆列过程的机器人动作轨迹演示如图 4 所示。

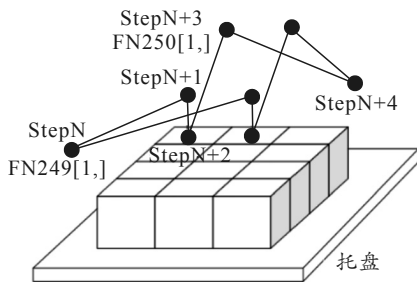


图 4 堆列过程的机器人动作轨迹演示

### 4 示教点移位变换

在实际应用过程中,如果工件数量较多,在工件间的垂直高度呈线性变化时,不方便使用机器人系统配置的堆列功能。此时可以使用示教点移位变换的方法完成工件的码垛和拆垛动作。该方式综合了轨迹示教法和调用堆列功能法的优点,对 1 个工件(基准工件)的装载(卸载)动作进行示教,通过测量工件间 X、Y、Z 3 个坐标方向的位置偏差,在机器人程序中根据基准工件的坐标位置和位置偏差值计算得到待装载工件的目标位置,机器人运行时自动将工件放置到对应的目标位置处,实现对不同工件的码垛动作。具体流程图如图 5 所示。

与机器人自带的设置堆列功能相比较,该方法可以通过设置单个或某行列 Z 轴偏移值,弥补料盘水平高度有偏差的情况。同时该方法也适合于不具备自带堆码功能的简单机器人。

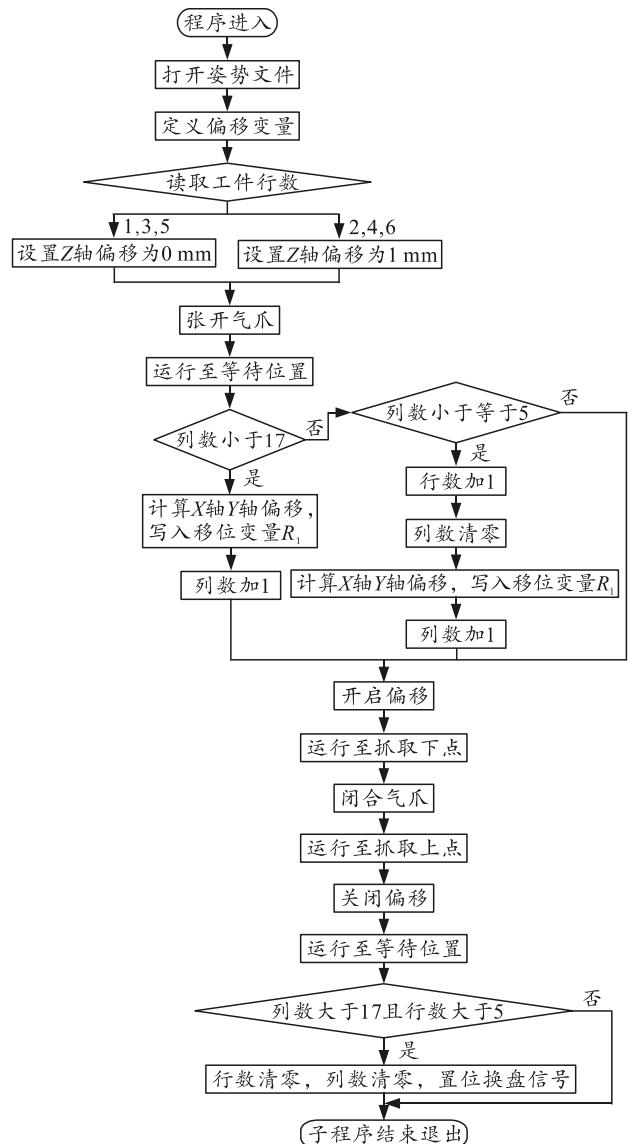


图 5 示教点移位变换法流程

示例源程序如下,所述示例程序定义变量 V2% 为料盘的行数最大值是 6,变量 V3% 为料盘的列数最大值是 18。假设第 1,3,5 行 Z 轴没有偏移,2,4,6 行 Z 轴偏移量为 1 mm。O1 为第 1 组普通输出的第 1 个输出点,定义为手爪电磁阀。O2 为第 1 组普通输出的第 2 个输出点,定义为通知换盘信号。R1 为系统移位变量,使用 SHIFTR 移位指令时,机器人运行的实际点位是指定点位叠加 R 移位变量的偏移值组成。

```

//移位变换法(文件名)
USE 1//调用姿势文件 1
DIM sgnFShiftX AS SINGLE //定义 X 轴偏移量
DIM sgnFShiftY AS SINGLE //定义 Y 轴偏移量
    
```

```

DIM sgnZShiftZ AS SINGLE //定义 Z 轴偏移量
sgnFShiftX=10 //定义抓取 X 偏移量 10 mm
sgnFShiftY=15 //定义抓取 Y 偏移量 15 mm
sgnZShiftZ=0 //定义抓取 Z
偏移量 0 mm

SWITCH I2% //读取行数
CASE 1,3,5
sgnZShiftZ=0 //1、3、5 行 Z 轴补偿 0
BREAK
CASE 2,4,6
sgnZShiftZ=1 //2、4、6 行 Z 轴补偿 1
BREAK
ENDS
RESET O1 //松开手爪
MOVEX A=8P,AC=0,SM=1,M1X,L,P1,R=60.0,H
=1,MS
//USE1 P1 待机点
/*坐标变换*/
IF I3% <=17//列数小于 18
sgnFShiftX=I2%*sgnFShiftX //计算 X 轴偏
移位置
sgnFShiftY=I3%*sgnFShiftY //计算 Y 轴偏
移位置
R1=(sgnFShiftX,sgnFShiftY,sgnFShiftZ,0,0,0)
//偏移量赋值到 R1 变量
I3%=I3%+1 //列数自加 1
ELSE
IF I2% <=5 //行数小于 6
I2%=I2%+1 //行数自加 1
I3%=0 //列数清零
sgnFShiftX=I2%*sgnFShiftX//计算 X 轴
偏移位置
sgnFShiftY=I3%*sgnFShiftY//计算 Y 轴
偏移位置
R1=(sgnFShiftX,sgnFShiftY,sgnFShiftZ,
0,0,0)
//偏移量赋值到移位变量 R1 中
I3%=I3%+1 //列数自加 1
ENDIF
ENDIF
SHIFTR 1,2,R1,10000 //工具坐标系偏移 R1
的值开启
MOVEX A=1P,AC=2,SM=2,M1X,L,P3,R=5.0,

```

```

H=1,MS //P3 抓取上点
MOVEX A=1P,AC=2,SM=2,M1X,L,P4,R=5.0,
H=1,MS //P4 抓取中点
MOVEX A=1P,AC=2,SM=2,M1X,L,P5,R=03.0,
H=1,MS //P5 抓取下点
SET O1//气爪闭合抓取工件
DELAY 0.1 //抓取后延时
MOVEX A=1P,AC=2,SM=2,M1X,L,P4,R= 05.0,
H=1,MS //P4 抓取中点
MOVEX A=1P,AC=2,SM=2,M1X,L,P3,R=05.0,
H=1,MS //P3 抓取上点
SHIFTR 0,2,R1,10 000//工具坐标系偏移 R1 的
值关闭
MOVEX A=6,AC=2,SM=2,M1X,L,P2,R=20.0,
H=1,MS //P2 抓取接近点
MOVEX A=8P,AC=0,SM=1,M1X,L,P1,R=60.0,
H=1,MS //USE1 P1 待机点
IF (I2%=6) AND (I3%=18)
SET O2 //料盘更换信号
I3%=0 //列数清零
I2%=0 //行数清零
ENDIF
END

```

## 5 结束语

笔者以 NACHI 公司的 MZ07-CFD 系列六轴机器人为开发平台,测试并实现了 3 种常用堆码和拆垛的基本方法,在实际应用过程中可根据工件实际排列和要求选择合适的实现方式。由于六轴机器人工作原理的共性,上述方法也适用于其他品牌六轴机器人的码垛和拆垛功能的实现。

## 参考文献:

- [1] 计时鸣,黄希欢.工业机器人技术的发展及应用综述[J].机电工程,2015,32(1):1-13.
- [2] 张宇洋.我国工业机器人技术现状与产业化发展战略[J].商,2015(34):257.
- [3] 张国洲,朱晨炜,卢加津,等.一种水面垃圾清理机器人[J].兵工自动化,2020,39(3):90-92.
- [4] 孙玉娟,陆倩倩,夏庆锋,等.一种水中机器人协作项球策略[J].兵工自动化,2020,39(7):93-95.
- [5] 罗定吉,高学山,李健,等.下肢外骨骼康复机器人轨迹跟踪控制[J].兵工自动化,2020,39(11):87-89.
- [6] 株式会社不二越.TFDCN-013-004\_Palletize\_function\_FD 控制装置操作说明堆列功能篇[S].4版.