

# 项目 1 搬运机器人的设计与制作

---

## ☆ 项目说明

工业机器人是现今机器人技术应用最成熟、最广泛的一个分支。国外汽车行业、电子电器行业、工程机械等行业已经大量使用工业机器人自动化生产线，在保证产品质量、提高生产效率的情况下，同时降低了工人的劳动强度，避免了大量的工伤事故。全球诸多国家近半个世纪的工业机器人使用实践表明，工业机器人的普及是实现自动化生产、提高社会生产效率、推动企业和社会生产力发展的有效手段。图 1.1 展示的是一些常见的工业机器人。

由于工业机器人具有一定的通用性和适应性，能适应多品种、中/小批量的生产，常与数字控制机床结合在一起，成为柔性制造单元或柔性制造系统的组成部分。

搬运是生产线上常见的一项工业机器人工作任务。本项目利用机器人套件搭建一个多自由度搬运机器人，可判断工件的有无，并能够抓取与放置工件。本项目旨在让学生对工业机器人的运动控制有一个较为清晰的认知，为以后学习工业机器人的专业知识及从事与工业机器人相关的工作岗位打下良好的基础。



图 1.1 常见的工业机器人

## ☆ 项目要求

本项目要求设计若干个工件抓取工位与放置工位，一旦工件可以抓取并放置时，机器人便从初始位置利用其关节运动至目标工位上抓取工件，并放置于相对应的放置工位上。

搭建的机器人可参考图 1.2。

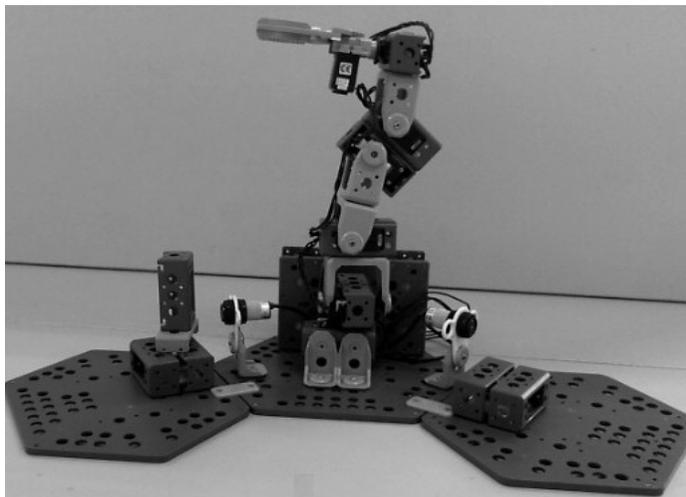


图 1.2 搬运机器人的实体搭建示例

### 1. 基本要求

- ① 机器人只能在拾取工位有工件而放置工位没有工件的情况下开始工作。

② 非工作状态下，机器人必须恢复至初始状态。

③ 机器人在运动时不能与其他机构相碰撞。

## 2. 扩展要求

① 抓取工位可以有多个并设置优先级。

② 阶段运动完成间隙中能够响应中断停止信息，并在完成中断后继续后续工作。

(可根据自身想法追加合理的扩展要求，例如放置工位也可有多个并设置优先级)

## ★ 项目分析与任务分解

首先进行项目流程分析，在逻辑层面上分析项目的可行性，然后对机器人的功能进行系统层面的划分，明确各子系统的任务要求并构建子任务。

### 1. 项目流程分析

项目整体运行流程的可行性是项目能否最终实现的基础。通过分析项目要求，可以得到以下的项目基本功能流程和扩展功能流程。

#### (1) 项目的基本功能流程

SP① 初始复位阶段：机器人刚上电时，回归初始位置。

SP② 工件判断阶段：如果放置工位有空余，则判断拾取工位上是否有工件，有则转至

SP③，否则继续 SP②。

SP③ 拾取工件阶段：机器人运动至拾取工位并抓取工件，然后运行至临时过渡位置。

SP④ 放置工件阶段：机器人运行至放置工位并放置工件，然后运行至临时过渡位置，进行类似 SP②的判断，如可进行抓取操作，转至 SP③，否则转至 SP⑤。

SP⑤ 循环工作阶段：机器人返回初始位置，转至 SP②，循环运行。

## (2) 项目的扩展功能流程

SP① 初始复位阶段：机器人刚上电时，回归初始位置。

SP#：如果有中断信号输入，停止运行任务，等待中断完成信号。

SP② 工件判断阶段：如果放置工位有空余，则判断抓取工位是否有工件，如有，进行工件优先级判断并转至 SP③，否则继续 SP②。

SP③ 抓取工件阶段：机器人运动至拾取工位并抓取工件，然后运行至临时过渡位置。

SP④ 放置工件阶段：机器人运行至放置工位并放置工件，然后运行至临时过渡位置，进行类似 SP②的判断，如可进行抓取操作，转至 SP③，否则转至 SP⑤。

SP⑤ 机器人返回初始位置，转至 SP②，循环运行。

## 2. 项目系统结构

一个完整的机器人系统，应该包含控制模块、感知模块与执行模块。

控制模块控制项目实现的整个流程。

感知模块负责外部信息的收集，在本项目中，需要的外部信息有：① 抓取与放置工位上有无工件的信息；② 各个位置点的信息。

执行模块负责将机器人运动至指定地点。

根据本项目的基本功能要求，上述各个模块在项目实现流程中所负责的工作任务是：

① 控制模块：合理的运动轨迹与时序安排（SP① ~ SP⑤）。

② 感知模块：工件有无状态检测（SP②）。

③ 执行模块：各个关节配合运动至指定地点（SP①、SP③、SP④、SP⑤）。

可以得到如图 1.3 所示的系统结构示意图。

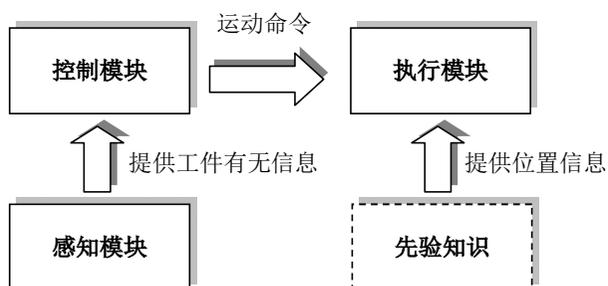


图 1.3 本项目的系统结构示意图

### 3. 项目实施所需的主要技术与算法

#### (1) 控制模块

FN① 编程语言与编写环境的使用 ( NorthSTAR )。

FN② 流程控制程序编制。

#### (2) 感知模块

FN③ 传感器的选择与使用。

#### (3) 执行模块

FN④：运动部件的选择与使用 ( 舵机 )。

FN⑤：单舵机的控制。

FN⑥：多舵机联合控制 ( 运动至定点 )。

### 4. 任务分解

根据项目需要完成的主要功能，可将其分解为以下几个子任务，在各个子任务完成后，再进行综合项目的设计与实现。本项目设计了以下子任务：

① 基本机械结构的搭建：基础任务，介绍本书所使用的机器人套件与机械结构件，并学会搭建基本的机器人模块。

② 舵机调试与参数设置 ( 实现 FN②、FN④ )：基础任务，介绍如何依靠 NorthSTAR 软件与专用舵机调试软件进行机器人运动模块——舵机的调试与参数设置。

③ 多关节机械手的运动控制 ( 实现 FN①、FN②、FN⑥ ): 技术任务, 实现如何确定一个多关节机械手的位置, 并控制机械手的时序运动。

④ 简易扫描雷达的设计与实现 ( 实现 FN②、FN③ ): 技术任务, 掌握如何在程序中控制舵机的转动, 以及舵机与光电传感器的配合使用。

⑤ 完成搬运机器人的设计与制作: 综合任务, 利用之前分任务实现的功能与技术, 完成综合项目的设计制作与实现。

## 任务 1 基本机械结构的搭建

### 【学习目的】

掌握机器人套件搭建要点, 为后续搭建项目所需的机器人机械主体打下前期基础。

### 【任务说明】

仿照人体或其他足类生物特点搭建一个简易的双足或多足机器人。

### 【任务要求】

- ① 熟悉机器人套件的各种结构件。
- ② 熟练装配基本舵机组件。
- ③ 掌握结构件之间常见的连接方法。
- ④ 能够仿照示例搭建足型机器人。

### 1. 机器人结构件简介

“创意之星”是一种模块化机器人组件, 其特点是: 组成机器人的各种零件都是通用、可重组的, 各个零件之间有统一的连接方式, 零件之间可以自由组合, 从而构建出各种各样的机器

人构型。

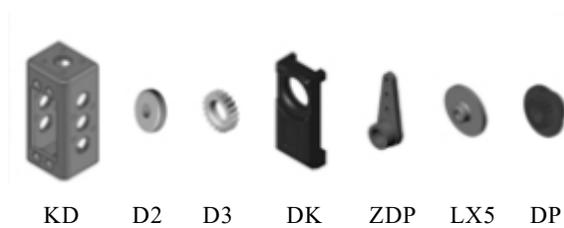
“创意之星”结构件根据功能可以分为 7 大类：LUI 型结构件、连接件、舵机结构件、机械手结构件、履带全向轮结构件、仿人结构件和其他结构件，详见图 1.4。LUI 型零件和舵机结构件是机器人骨架的主体，通过连接件将其组合在一起构成机器人主体；仿人结构件、履带全向轮结构件、机械手结构件都是比较专用的零件。



(a) LUI 结构件组



(b) 连接件组



(c) 舵机结构件组



(d) 机械抓手结构件组  
(e) 其他结构件组  
(f) 履带全向轮套件  
图 1.4 “创意之星”零件汇总

## 2. ConnFLEX 连接结构

在“创意之星”机器人套件里，各种结构件的连接遵循统一的标准。这种标准连接方式称为“ConnFLEX 连接结构”。ConnFLEX 连接结构主体是统一尺寸的花键（如图 1.5 所示）和键槽，每个花键或键槽具有 20 个齿，每个花键可以转动的角度是  $18^\circ$  的整数倍。因此，ConnFLEX 连接结构使得各个零件之间可以不同角度连接，例如平行连接、垂直连接或者以  $18^\circ$  为增量的角度来连接。为了适用于各种连接场合，还派生出两并联、三并联、加长型、扁形等零件。

ConnFLEX 连接结构连接简单，只需要一颗螺丝就可实现牢固的连接效果，两个或多个零

件通过连接件可以实现各种角度的连接组合，如图 1.6 所示。ConnFLEX 连接结构连接精密、无间隙，单个连接可承受 5 Nm 以上的弯矩和扭矩，如图 1.7 所示。

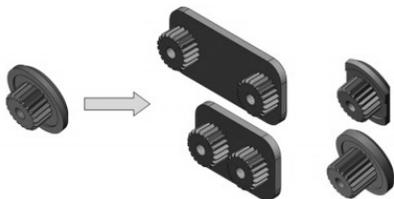


图 1.5 花键的种类



图 1.6 ConnFLEX 连接结构

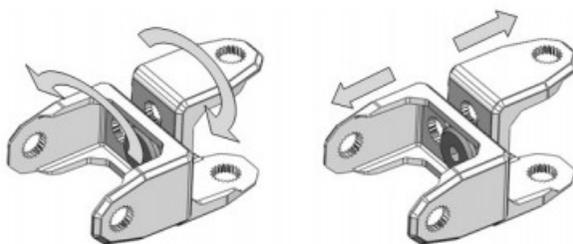


图 1.7 ConnFLEX 连接结构的受力示意图

### 3. 常见舵机组件

舵机组件是后续的机器人搭建中主要的驱动部件，由于运动机构的不同，常见的组件方式有基本型和关节型。

#### 3.1 基本型舵机组件的装配（见图 1.8）

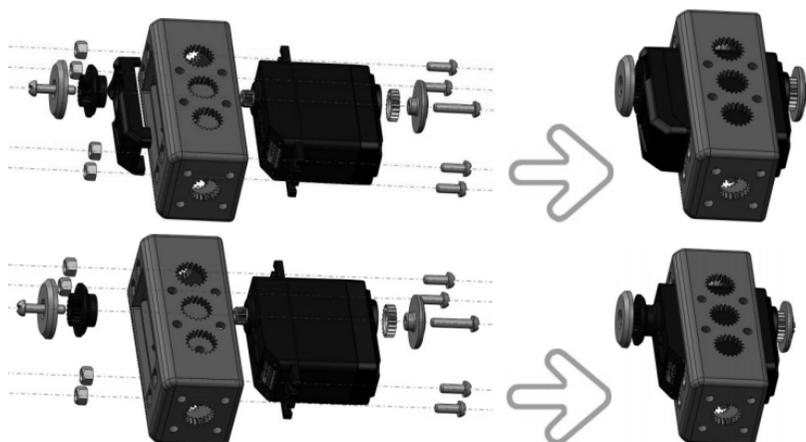


图 1.8 基本舵机组件装配示意图

### 3.2 关节型舵机组件的装配（见图 1.9）



图 1.9 常见舵机组件