

# 综合课程设计Ⅱ报告

题目：SCARA 工业机器人设计

院系：机电工程学院

班级：\*\*\*\*\*

： \*\*\*\*

\*\*： \*\*\*\*\*

指导教师：\*\*\*

工业大学

2021年10月26日

# 目录

## 第1章 SCARA 机器人简介 1

## 第2章 SCARA 机器人的总体设计 1

### 2.1 SCARA 机器人的驱动方式 1

液压驱动 1

气压驱动 1

电力驱动 1

### 2.2 SCARA 机器人驱动方式确实定 1

### 2.3 SCARA 机器人的减速器选择 1

### 2.4 SCARA 机器人传动机构的比照与分析 1

### 2.5 SCARA 机器人机构杆件参数初定 1

### 2.6 SCARA 机器人运动空间计算 1

### 2.7 SCARA 机械臂材料初定 1

## 第3章 SCARA 机器人关节元件设计计算 1

### 3.1 滚珠丝杆滚珠花键的计算及选型 1

#### 3.1.1 计算滚珠丝杆花键的负载 1

#### 3.1.2 计算滚珠丝杠花键的转速 1

#### 3.1.3 螺母的选择 1

#### 3.1.4 计算滚珠丝杠花键的最大动载荷 1

#### 3.1.5 刚度的验算 1

#### 3.1.6 计算传动效率 1

#### 滚珠丝杠花键选择 1

#### 3.1.8 滚珠丝杠花键驱动电机的选择与计算 1

### 3.2 3 轴同步齿形带的设计与选型 1

#### 3.2.1 确定同步齿形带的计算功率 1

#### 3.2.2 选定带型和节距 1

#### 3.2.3 大小带轮齿数及节圆半径。1

#### 3.2.4 同步带带速计算 1

#### 3.2.5 初选中心距 1

#### 3.2.6 带长及齿数确定 1

#### 3.2.7 根本额定功率 1

|       |                       |   |
|-------|-----------------------|---|
| 3.2.8 | 带宽计算                  | 1 |
| 3.2.9 | 作用于轴上的力计算             | 1 |
| 3.3   | 4 轴同步齿形带的设计与选型        | 1 |
| 3.3.1 | 确定同步齿形带的计算功率          | 1 |
| 3.3.2 | 选定带型和节距               | 1 |
| 3.3.3 | 大小带轮齿数及节圆半径。          | 1 |
| 3.3.4 | 同步带带速计算               | 1 |
| 3.3.5 | 带长及齿数确定               | 1 |
| 3.3.6 | 根本额定功率                | 1 |
| 3.3.7 | 带宽计算                  | 1 |
| 3.3.8 | 作用于轴上的力计算             | 1 |
| 第 4 章 | 1 轴和 2 轴电机及减速器的选择与计算  | 1 |
| 4.1   | 小臂驱动电机〔2 轴〕及减速器的计算与选择 | 1 |
| 4.2   | 大臂驱动电机〔1 轴〕及减速器的计算与选择 | 1 |
| 第 5 章 | 刚度校核                  | 1 |
| 5.1   | 大臂的刚度校核               | 1 |
| 5.2   | 小臂的刚度校核               | 1 |
| 附录 1  | 滚珠丝杠花键                | 1 |
| 附录 2  | 安川伺服电机                | 1 |
| 附录 3  | 谐波减速器                 | 1 |
| 参考文献  |                       | 1 |

# 第1章 SCARA 机器人简介

〔教师评价：设计的很笨。

嘤嘤嘤。。。。。。〕

SCARA 机器人，又称选择顺应性装配机器手臂，是一种圆柱坐标型的特殊类型的工业机器人。

SCARA 机器人有 3 个旋转关节，其轴线相互平行，在平面进展定位和定向。另一个关节是移动关节，用于完成末端件在垂直于平面的运动。手腕参考点的位置是由两旋转关节的角位移 $\varphi_1$  和 $\varphi_2$ ，及移动关节的位移  $z$  决定的，即  $p=f(\varphi_1,\varphi_2,z)$ ，如下图。这类机器人的构造轻便、响应快，例如 Adept1 用于平面定位，垂直方向进展装配的作业。1978 年，日本山梨大学牧野洋创造 SCARA，该机器人具有四个轴和四个运动自由度，(包括沿 $x,y,z$  方向的平移和绕  $Z$  轴的旋转自由度)。

SCARA 系统在 $x,y$  方向上具有顺从性，而在  $Z$  轴方向具有良好的刚度，此特性特别适合于装配工作，例如将一个圆头针插入一个圆孔，故 SCARA 系统首先大量用于装配印刷电路板和电子零部件；SCARA 的另一个特点是其串接的两杆构造，类似人的手臂，可以伸进有限空间中作业然后收回，适合于搬

动和取放物件，如集成电路板等。

如今 SCARA 机器人还广泛应用于塑料工业、汽车工业、电子产品工业、药品工业和食品工业等领域。它的主要职能是搬取零件和装配工作。它的第一个轴和第二个轴具有转动特性，第三和第四个轴可以根据工作的需要的不同，制造成相应多种不同的形态，并且一个具有转动、另一个具有线性移动的特性。由于其具有特定的形状，决定了其工作围类似于一个扇形区域。

SCARA 机器人可以被制造成各种大小，最常见的工作半径在 100 毫米至 1000 毫米之间，此类的 SCARA 机器人的净载重量在 1 千克至 200 千克之间。

## 第 2 章 SCARA 机器人的总体设计

SCARA 机器人之所以能够在平面灵活定位，依靠的是三个轴线相互平行的

旋转关节。同理，之所以能够在垂直方向上定位是因为拥有一个移动自由度。SCARA 机器人的 1 个移动自由度和 3 个旋转自由度使其能满足要求的情况下完成一系列复杂的运动。

### 2.1 SCARA 机器人的驱动方式

SCARA 机器人的驱动方式可分为液压，气动和电动三种根本类型。

#### 液压驱动

液压传动机械手有很大的抓取能力，抓取力可高达上百公斤，液压力可达 7MPa，液压传动平稳，动作灵敏，但对密封性的要求高，不宜在高或低温现场工作，需配备一套液压系统。

液压驱动有以下特点：

〔1〕 输出功率大；

〔2〕 控制精度较高，可无极调速，反响灵敏，可实现连续轨迹控制；

〔3〕构造适当，执行机构可标准化，模拟化，易实现直接驱动；

〔4〕液压系统可实现自我润滑，过载保护方便，使用寿命悠长；

〔5〕适用于低速，重载传动。

## 气压驱动

气压传动机械手构造简单，动作迅速，价格低廉，由于空气可压缩，所以工作速度稳定性差，气压一般为 0.7MPa，因而抓取力小，只有几十到几百牛。

气压驱动具有以下特点：

〔1〕输出功率大；

〔2〕气体压缩性能大，精度低，阻尼效果差，低速不易控制，难以实现高速高精度的连续轨迹控制；

〔3〕构造适当，执行机构可标准化，模拟化，易实现直接驱动；

〔4〕适用于中小负载驱动，精度要求较低的有限点位程序控制机器人。

## 电力驱动

电力驱动是目前在工业机器人中用的最多的一种。早期多采用步进电机

驱动，后来开展了直流伺服电机，现在交流伺服电机驱动也开场广泛使用。

上述驱动单元有的直接驱动机构运动，有的通过谐波减速器装置来减速，构造简单紧凑。

电动驱动的控制精度高，功率较大，能准确定位，反响灵敏，可实现高速、高精度的连续轨迹控制，伺服特性好，控制系统复杂。适用于中小负载、要求具有较高的位置控制精度和轨迹控制精度、速度较高的机械手，如 AC 伺服喷涂机械手、点焊机械手、弧焊机械手、装配机械手等。

电力驱动可分为普通交流电动机驱动，交、直流伺服电动机驱动和步进电动机驱动。

各种电机驱动的特点：

(1) 普通交、直流电动机驱动需加减速装置，输出力矩大，但控制性能差，惯性大，适用于中型或重型机械手。

(2) 直流伺服电动机：直流伺服电动机具有良好的启动、制动和调速特性，可很方便地在较宽围实现平滑的无级调速，动态响应特性和稳定性好，可适应频繁启动、反向、制动等工作状况。直流伺服电动机按励磁方式不同，有永磁式和电磁式之分；按转速上下及转子的转动惯量大小，有高速、小惯量〔小

惯量直流伺服电动机有多种：无槽电枢直流伺服电动机，绕组铁芯细长，故转动惯量小，其功率较大；空心杯转子直流伺服电动机，转动惯量很小，灵敏度更高，功率较小；印制绕组直流伺服电动机，可承受频繁的起动、换向，切率中等。这类电动机的转子转动惯量小，电感小，故换向性能好，动态响应快，快速性能好，低速无爬行〕和低速、大惯量〔大惯量直流伺服电动机有永磁式和电磁式两种，其中永磁式用得较多，它的低速性能好，输出转矩大，调速围宽，转子惯量大，受负载影响小，故可与丝杠直接连接，承受过载、重载能力强〕之分。

(3) 交流伺服电动机：交流伺服电动机几乎具有直流伺服电动机的所有优点，且构造简单，制造、维护简单，具有调速围宽、稳速精度高，动态响应特性更好等技术特点，可到达更大的功率和更高的转速。随着计算机控制技术、电子技术的开展，交流伺服电动机已广泛取代直流伺服电动机。

(4) 步进电动机：步进电动机是由电脉冲信号控制的，它可将电脉冲信号转换成相应的角位移或直线位移，有回转式和直线式两种。步进电动机构造简单、控制简便、价格较低，但易失步，具有转子惯量低、反响灵敏、能提供较大的低速转矩、无漂移、无积累定位误差等优良性能，其控制线路简单，

不需反响编码器和相应的电子线路。步进电动机输出转角与输入脉冲个数成严格正比关系，转子速度主要取决于脉冲频率，故控制简便。步进电动机系统主要由步进控制器、功率放大器及步进电动机组成。纯硬件的步进电动机控制器由脉冲发生器、环形分配器、控制逻辑等组成，它的作用就是把脉冲串分配给步进电动机的各个绕组，使步进电动机按既定的方向和速度旋转。假设采用微机技术，用软件与硬件相结合，则控制器不仅可在硬件上简化线路，降低本钱，而且又提高可靠性。

## 2.2 SCARA 机器人驱动方式确实定

对于 SCARA 机器人的驱动装置的一般的要求：

- (1) 驱动装置的质量要尽可能的轻，但是单位质量的输出功率〔功率/质量  $m$  的比〕要高，效率也要高；
- (2) 反响的速度需要快些，也就是力/质量和力矩/转动惯量比直要大些；
- (3) 动作要平滑，不产生冲击；
- (4) 控制应要尽可能的灵活，位移和速度的偏差要小些；
- (5) 驱动装置要平安可靠；
- (6) 驱动装置要操作方便和它的维护也很方便；

(7) 它对环境无污染或污染很少，噪音也要小；

(8) 经济要廉价些，最主要的是要尽量减少它的占地面积。

综合考虑所设计的 SCARA 机器人的参数和所需要完成的工作条件，所以本次设计的关节都选择交流伺服电机驱动系统。

## 2.3 SCARA 机器人的减速器选择

现在，在机器人的传动系统中最常使用的有 RV 减速器和谐波减速器，根据设计要求选择了斯诺伐克 Spinea 谐波减速器。

减速器的类型和特点：

谐波减速器 RV 减速器：该减速器具有较大的传动比和较大的承载能力，而且它的传动精度也比拟高，传动中比拟的平稳，传动的效率比拟的理想，它的构造简单、体积比拟小质量又轻，它的制造的本钱价格要比 RV 减速器制造的本钱价格要低的很多。

RV 减速器：该减速器一般应用于负载比拟大，速度和精度要求比拟高的场合等特点。

## 2.4 SCARA 机器人传动机构的比照与分析

SCARA 工业机械手的传动系统要求构造紧凑、重量轻、转动惯量和体积

小，要求消除传动间隙，提高其运动和位置精度。工业机械手传动装置除齿轮传动，蜗杆传动，链传动和行星齿轮传动外，还常用滚珠丝杠、谐波齿轮、钢带、同步齿形带和绳轮传动，以下就是工业机械手常用的传动方式及其特点：

(1) 滚珠丝杠：传动效率高，达 0.9-0.98,有利于主机的小型化和减轻劳动强度；摩擦力矩小，接触钢度高，使温升及热变形减小，有利于改善主机的动态特性和提高工作精度；工作寿命长，传动无间隙，无爬行传动精度高，具有很好的高速性能；抗冲击振动性能差，承受径向载荷能力差。

(2) 同步带：靠齿啮合传动，传动比准确，传动效率高，初紧力最小，瞬间速度均匀，单位质量传递的功率最大；与链和齿轮传动相比，噪声小，不需润滑，传动比、线速度围大，传递功率大；耐冲击振动较好，维修简便、经济。广泛应用于各种机械传动。

(3) 谐波齿轮传动：传动比大、围宽；元件少，体积小，重量轻；同时啮合的齿数多，承载能力高；且误差能互相补偿，故运动精度高。可采用调整波发生器到达无侧隙啮合；运转平稳、噪音低，传动效率也比拟高，且传动比大时，效率并不显著下降，但主要零件一柔轮的制造工艺比拟复杂。

(4) 蜗杆传动：传动比大，工作平稳，噪声较小，构造紧凑，在一定条件下有自锁性，效率低。

根据设计任务书的要求，对 SCARA 机器人的各个关节的传动方式进展合理的选择，为后续的关节电机型号的选择和具体计算校核提供根底。各关节的传动方案决定了整体机器人的构造，是 SCARA 机器人能否传输运动、精准定位的一大参考值，因而在传动方案的选择中，查询"国典型工业机器人图册"的机器人传动的经典传动方案，现给出传动方案如下：

第一二关节自由度均选择交流伺服电机传动，不仅保证了传动精度，而且在效率和振动方面，也有良好的提高，此外，模块化的产品也市场化，所以易购置，而且安装也较为方便；

第三关节和第四关节选择滚珠丝杆滚珠花键以及同步带传动，在构造紧凑的根底上，保证了设计任务书中对三，四关节速度及运动围的要求。

最终的传动方案如表 2-1 所示：

| 关节       | 传动方案                |
|----------|---------------------|
| 大臂回转     | 伺服电机1→谐波减速器→大臂      |
| 小臂回转     | 伺服电机2→谐波减速器→小臂      |
| Z轴方向直线运动 | 伺服电机3→同步齿形带→丝杆螺母→主轴 |
| Z轴回转运动   | 伺服电机4→同步齿形带→花键→主轴   |

表 2-1 传动方案

## 2.5 SCARA 机器人机构杆件参数初定

由于 scara 是相对成熟的工业级产品, 因此可参考具体的实机进展参数初定。这里选用 ABB 公司 3 公斤级臂展 550mm 的 SCARA 机器人作为参考, 其外形图如图 2-1 所示。

图 2-1 IRB 910SC - 3/0.55 外形图

任务书要求最大展开半径要求为 560mm, 初定大臂 325mm, 小臂 235mm。

## 2.6 SCARA 机器人运动空间计算

利用 Matlab 结合 DH 法计算 SCARA 机器人运动空间, 计算程序如下所示。运动空间如图 2-2 所示。

```
%前置法计算 scara 运动空间
```

```
L1=325;%大臂长度
```

```
L2=235;%小臂长度
```

```
a=[];%空矩阵保存解点坐标
```

```
theta1_ma*=130;%关节 1 最大运动围
```

```
theta2_ma*=125;%关节 2 最大运动围
```

```
theta3_ma*=180;%关节 3 最大运动围
```

```
d1=0;    d2=0;    d3=0;%建立 DH 坐标参数参数取决于机器人关节构造
```

暂取 0 不会影响最终成图形状

```
d4_ma*=80;%关节 4 最大运动围
```

```
deg2rad=pi/180;
```

```
N=10;%设置循环次数嵌套循环运算量大求解费时
```

```
r=10; %设执行器距关节四在*方向上偏移量为 r
```

```
A=[r;0;0;1];%执行器坐标原点在第四关节坐标中表示
```

%机器人学中的算法

```
for i=-N:N
```

```
    theta1=i*theta1_ma**deg2rad/N;
```

```
    A01=[cos(theta1) -sin(theta1) 0 0
```

```
        sin(theta1) cos(theta1) 0 0
```

```
        0 0 1 d1
```

```
        0 0 0 1
```

```
    ];
```

-

```
for j=-N:N
```

```
    theta2=j*theta2_ma**deg2rad/N;
```

```
    A12=[cos(theta2) -sin(theta2) 0 L1
```

```
        sin(theta2) cos(theta2) 0 0
```

```
        0 0 1 d2
```

```
        0 0 0 1
```

```
    ];
```

```
    for k=-N:N
```

```
        theta3=k*theta3_ma**deg2rad/N;
```

```
        A23=[cos(theta3) -sin(theta3) 0 L2
```

```
            sin(theta3) cos(theta3) 0 0
```

```
            0 0 1 d3
```

```
            0 0 0 1];
```

```
    for p=0:N
```

```
        d4=p*d4_ma*/N;
```

```
        A34=[1 0 0 0
```

```

0 1 0 0

0 0 1 d4

0 0 0 1];

T04=A01*A12*A23*A34;

a=[a T04*A];

end

end

end

end

scatter3(a(1,:),a(2,:),a(3,:));%绘三维散点图

a*is equal;

```

图 2-2 SCARA 机器人运动空间

## 2.7 SCARA 机械臂材料初定

机械臂的材料要根据工作状况来选择，SCARA 机械臂具有体积小，重量轻的特点，对于实现运动的机械臂来说，在满足轻度和刚度的条件下，零部件越轻越好。

通常情况下，可以从以下大类材料中选取：

〔1〕 合金钢

〔2〕 经过热处理的优质钢

〔3〕 轻型合金，如铝合金

综上，本次设计拟定大臂、小臂材料为铝合金 1060。

## 第 3 章 SCARA 机器人关节元件设计计算

经查询市场上现有 SCARA 机器人的各项参数，主要是负载和本体质量的比照，发现任务书所提负载所对应的本体质量余量很大，所以此次设计按照从末端开场设计的思路来进展设计。

### 3.1 滚珠丝杆滚珠花键的计算及选型

相比于传统的构造设计，新一代的 SCARA 机器人使用了滚珠丝杆花键由丝杆螺母、花键螺母、丝杆三局部组成。由于丝杆中的钢球在螺母与丝杆之间来回滑动，保证了其传动的高效性，与过去的滑动丝杆相比，其驱动扭矩仅占传统丝杆的三分之一

#### 3.1.1 计算滚珠丝杆花键的负载

由于 3 轴是竖直安装，滚珠丝杆的负载力主要包括手腕和负载本身的重力和加速运动时产生的惯性力。如前所述，设手腕的质量为 4.5kg，负载质量为 1.5kg，第 3 轴的运动直线加速度最大设为  $a=25\text{m/s}^2$ ，则机器人手腕加速度时产生的惯性力为

手腕的重力为

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/617000144025006113>