

机器人学实验报告

李厚霖 520020910007

任务一：对给定的 Puma560 机械臂构型，使用正运动学在关节空间随机采样得到机械臂的工作空间，并画出 $-90 < q < 90$ 范围内工作空间。

实现思路：首先根据给定的坐标参数构建机器人的机械臂构型，之后再根据 $[-90, 90]$ 的角度限制各个关节的运动范围，最后根据随机采样获得限定范围内的工作空间的散点图。

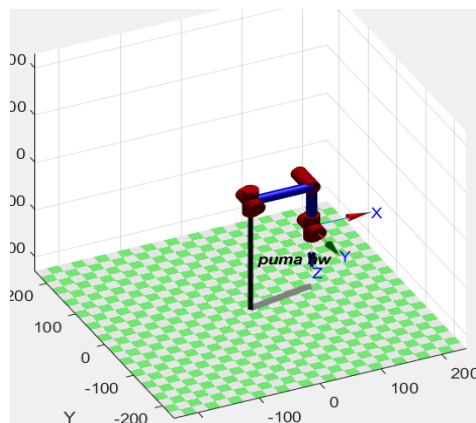
1、机械臂的构建

由课上已知的 puma560 机械臂的基本模型，修改其个别参数得到题目中的要求机械臂，代码和图片如下：

```
1  %设置DH参数
2  the1 = 0; d1 = 0; a1 = 0; alp1 = 0;
3  the2 = 0; d2 = 0; a2 = 0; alp2 = -90*pi/180;
4  the3 = 0; d3 = 20; a3 = 100; alp3 = 0;
5  the4 = 0; d4 = 100; a4 = 10; alp4 = -90*pi/180;
6  the5 = 0; d5 = 0; a5 = 0; alp5 = 90*pi/180;
7  the6 = 0; d6 = 0; a6 = 0; alp6 = -90*pi/180;
8  %建立六个连杆
9  L1 = Link([the1, d1, a1, alp1, 0], 'modified');
10 L2 = Link([the2, d2, a2, alp2, 0], 'modified');
11 L3 = Link([the3, d3, a3, alp3, 0], 'modified');
12 L4 = Link([the4, d4, a4, alp4, 0], 'modified');
13 L5 = Link([the5, d5, a5, alp5, 0], 'modified');
14 L6 = Link([the6, d6, a6, alp6, 0], 'modified');
15 %生成puma
16 mypuma = SerialLink([L1, L2, L3, L4, L5, L6], 'name', 'puma hw');
17 mypuma.display();
```

由此获得的 DH 参数表和机械臂结构如下：

puma hw:: 6 axis, RRRRRR, modDH, slowRNE					
j	theta	d	a	alpha	offset
1	q1	0	0	0	0
2	q2	0	0	-1.5708	0
3	q3	20	100	0	0
4	q4	100	10	-1.5708	0
5	q5	0	0	1.5708	0
6	q6	0	0	-1.5708	0



2、 限制关节角度并计算末端位姿

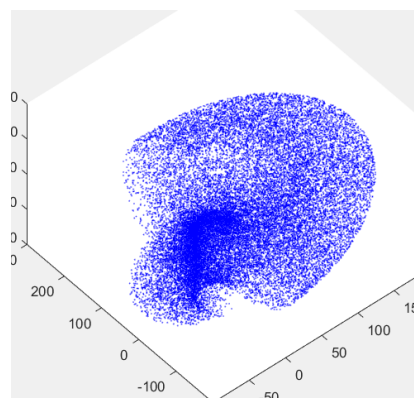
由 `rand()` 函数可以生成范围为 (0, 1) 的任意值, 根据公式:
 $\text{Theta} = (\text{最小角} + (\text{最大角} - \text{最小角}) * \text{rand}())$ 便可得到在限制角度范围内的随机采样点。

```
%随机次数
N = 30000;
theta1 = (-pi/2+(pi/2+pi/2)*rand(N,1));%关节1角度[-pi/2, pi/2]
theta2 = (-pi/2+(pi/2+pi/2)*rand(N,1));%关节2角度[-pi/2, pi/2]
theta3 = (-pi/2+(pi/2+pi/2)*rand(N,1));%关节3角度[-pi/2, pi/2]
theta4 = (-pi/2+(pi/2+pi/2)*rand(N,1));%关节4角度[-pi/2, pi/2]
theta5 = (-pi/2+(pi/2+pi/2)*rand(N,1));%关节5角度[-pi/2, pi/2]
theta6 = (-pi/2+(pi/2+pi/2)*rand(N,1));%关节6角度[-pi/2, pi/2]
q = [theta1, theta2, theta3, theta4, theta5, theta6];
%末端位姿
tail = mypuma.fkine(q);
```

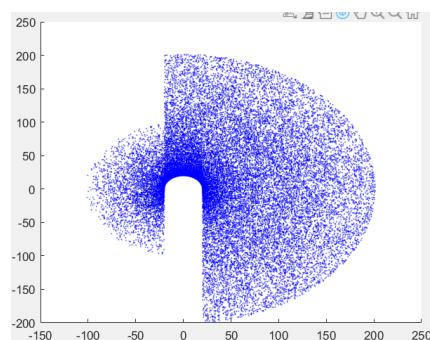
3、 画出末端位姿的工作空间

```
X=zeros(N,1);
Y=zeros(N,1);
Z=zeros(N,1);
for n=1:N
    X(n)=tail(n).t(1);
    Y(n)=tail(n).t(2);
    Z(n)=tail(n).t(3);
end
plot3(X,Y,Z,'b.','MarkerSize',0.5);%画出落点
hold on;
```

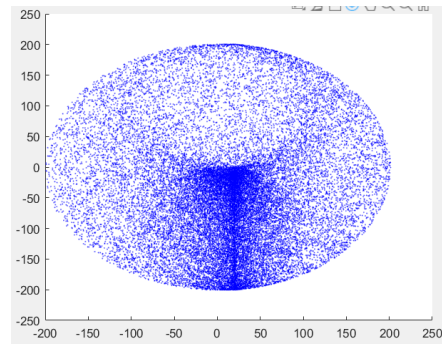
整体散点分布图:



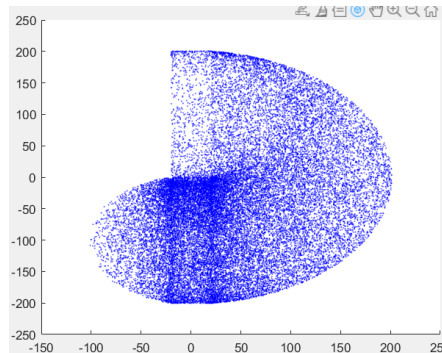
X-Y 分布图:



Y-Z 分布图：



X-Z 分布图：



任务二：2. 工作空间的 $\text{origin}=[100, 0, 50]$ （中心）位置处有一块 $\text{size}=[200, 30, 150]$ 的障碍物。使用逆运动学规划一条从起点 $\text{pini}=[100 \ 100 \ 10]$ 到终点 $\text{pend}=[100 \ -100 \ 10]$ 的路径。画出机械臂从起点到终点的工作空间路径及关节角度变化曲线。

基本思路：同第一题一样先构建好机械臂(此处我为了方便计算更改了机械臂的参数)。此后手动找到几个符合限制的点，这些点能确保机械臂在角度限制范围内通过且不会碰到障碍物。之后，通过这几个点确定起始点和到达点，用五次曲线拟合机械臂的运动轨迹。最后再验证整个轨迹是否符合题意（角度限制、绕过障碍）。

1、 构建机械臂

此处与任务一基本一致，仅为了简便计算将 a_3, d_3 设为 0, a_2, d_4 设为 150，且将机械臂的基点延 x 轴负方向移动 50，得到的 DH 参数表如下：

j	theta	d	a	alpha	offset
1	q1	0	0	0	0
2	q2	0	0	-1.5708	0
3	q3	0	150	0	0
4	q4	150	0	-1.5708	0
5	q5	0	0	1.5708	0
6	q6	0	0	-1.5708	0

base: $t = (-50, 0, 0)$, RPY/xyz = (0, 0, 0) deg

2、 找到符合限制的点

由题目可知起始点为 $[100 \ 100 \ 10]$ ，终点为 $[100 \ -100 \ 10]$ 。为了让机械臂不碰到障碍物，我找到了离障碍物较远且机械臂能到达的点。

分别为[100 50 200]和[100 -50 200]。且这两个点都不会让关节角度超过限制。

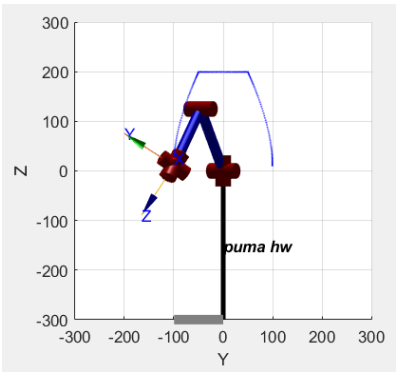
3、拟合机械臂的运动轨迹并绘制

根据起始点、终点加上步骤二手动找的两个点共四个点，分别做三段点与点之间的拟合（以下以第一段五次曲线拟合为例）：

```
%first line
q0 = mypuma.ikine(transl(100, 100,10),'tol',1);
q1 = mypuma.ikine(transl(100, 50,200),'tol',1);
t = [0:0.025:2];
qf = mtraj(@tpoly, q0, q1, t);
T1 = mypuma.fkine(qf);
```

其中，由于机械臂可能无法完全收敛到设置的点，故设置了一个容忍误差，经报错提示在此处设置为‘1’。之后绘制拟合曲线和机械臂的运动过程如下：

```
for i = 1:1:81
    plot3(T1(i).t(1),T1(i).t(2),T1(i).t(3),'b','MarkerSize',0.5);
    hold on
end
mypuma.plot(qf);
```



其余两端轨迹绘制的代码与上述第一段的类似。

4、验证是否符合题意

由于是手动设置的经过点，因此要确保在拟合曲线过程中各个关节的不会超过[-90 90]的角度限制，我从 matlab 中找到存储各关节角度的参数（qf,qs,qt），部分截图如下：

	1	2	3	4	5	6
1	0.5854	-0.9846	0.2831	1.0261	0.4910	-0.3390
2	0.5854	-0.9846	0.2831	1.0261	0.4910	-0.3390
3	0.5853	-0.9846	0.2830	1.0260	0.4909	-0.3389
4	0.5852	-0.9848	0.2828	1.0256	0.4907	-0.3388
5	0.5851	-0.9851	0.2823	1.0249	0.4904	-0.3386
6	0.5848	-0.9856	0.2815	1.0239	0.4899	-0.3382
7	0.5844	-0.9864	0.2804	1.0223	0.4891	-0.3377
8	0.5838	-0.9874	0.2788	1.0202	0.4881	-0.3369
9	0.5831	-0.9887	0.2769	1.0174	0.4868	-0.3360
10	0.5822	-0.9903	0.2744	1.0140	0.4852	-0.3348
11	0.5811	-0.9922	0.2713	1.0098	0.4832	-0.3334
12	0.5798	-0.9946	0.2678	1.0048	0.4808	-0.3317
13	0.5783	-0.9973	0.2636	0.9991	0.4781	-0.3297
14	0.5766	-1.0004	0.2588	0.9924	0.4749	-0.3274
15	0.5747	-1.0039	0.2534	0.9849	0.4714	-0.3248
16	0.5725	-1.0079	0.2473	0.9765	0.4674	-0.3220
17	0.5701	-1.0123	0.2406	0.9672	0.4630	-0.3188
18	0.5674	-1.0171	0.2332	0.9570	0.4581	-0.3153
19	0.5646	-1.0223	0.2251	0.9459	0.4528	-0.3115
20	0.5614	-1.0280	0.2164	0.9338	0.4471	-0.3073

可以发现其范围都在[-pi/2 pi/2]之间，符合题目要求，故该任务能够完成。