图示

描述已自动生成图示, 工程绘图

描述已自动生成2025秋冬机器人技术与实践 实验四

1. 写出ZJU-I型桌面机械臂的DH参数；

建立如右图所示的坐标系，得到该机械臂的**标准**DH参数表为

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| 1 | 0 | -90° | 230mm |  |
| 2 | 185mm | 0 | -54mm |  |
| 3 | 170mm | 0 | 0 |  |
| 4 | 0 | 90° | 77mm |  |
| 5 | 0 | 90° | 77mm |  |
| 6 | 0 | 0 | 85.5mm |  |

1. 写出ZJU-I型机械臂的正运动学解，采用XY’Z’欧拉角表示末端执行器姿态









式中，以此类推

1. 将以下5组关节角参数带入正运动学解，计算机械臂末端Tip点的空间位置，计算末端执行器的姿态，以XY’Z’欧拉角表示结果，写出计算过程；

MATLAB计算得到结果：（源代码附尾页）  
--- 计算组 1 ---  
输入关节角 (rad): [0.5236, 0.0000, 0.5236, 0.0000, 1.0472, 0.0000]  
末端位置 (m) [X, Y, Z]: [0.0905, 0.1643, 607.5333]  
末端姿态 (XY'Z' 欧拉角, deg) [rx, ry, rz]: [-104.5025, -3.3258, -154.2947]  
  
--- 计算组 2 ---  
输入关节角 (rad): [0.5236, 0.5236, 1.0472, 0.0000, 1.0472, 0.5236]  
末端位置 (m) [X, Y, Z]: [0.2455, 0.2538, 347.4647]  
末端姿态 (XY'Z' 欧拉角, deg) [rx, ry, rz]: [-123.6901, -25.6589, -76.1021]  
  
--- 计算组 3 ---  
输入关节角 (rad): [1.5708, 0.0000, 1.5708, -1.0472, 1.0472, 0.5236]  
末端位置 (m) [X, Y, Z]: [-0.0970, 0.2455, 460.3090]  
末端姿态 (XY'Z' 欧拉角, deg) [rx, ry, rz]: [-120.0000, -60.0000, -150.0000]  
  
--- 计算组 4 ---  
输入关节角 (rad): [-0.5236, -0.5236, -1.0472, 0.0000, 0.2618, 1.5708]  
末端位置 (m) [X, Y, Z]: [-0.2715, 0.2088, 472.8014]  
末端姿态 (XY'Z' 欧拉角, deg) [rx, ry, rz]: [-13.0643, 7.4355, 150.8526]  
  
--- 计算组 5 ---  
输入关节角 (rad): [0.2618, 0.2618, 0.2618, 0.2618, 0.2618, 0.2618]  
末端位置 (m) [X, Y, Z]: [0.2257, 0.1072, 551.9702]  
末端姿态 (XY'Z' 欧拉角, deg) [rx, ry, rz]: [-148.0010, 36.3526, -106.9990]

1. 将以上5组关节角分别输入仿真程序，将仿真得到的末端位姿与第3步得到的计算结果进行比对；

--- 计算组 1 ---



--- 计算组 2---



--- 计算组 3 ---



--- 计算组 4 ---



--- 计算组 5 ---



与第3步得到的计算结果一致

附：MATLAB正运动学计算源代码

定义DH参数 (单位: mm, deg)

a\_i = [0; 185; 170; 0; 0; 0];

alpha\_i\_deg = [-90; 0; 0; 90; 90; 0];

d\_i = [230; -54; 0; 77; 77; 85.5];

theta\_offset\_deg = [0; -90; 0; 90; 90; 0];

% 将角度转换为弧度 (rad)

alpha\_i = deg2rad(alpha\_i\_deg);

theta\_offset = deg2rad(theta\_offset\_deg);

theta\_sets = {

[pi/6, 0, pi/6, 0, pi/3, 0]; % 组 1

[pi/6, pi/6, pi/3, 0, pi/3, pi/6]; % 组 2

[pi/2, 0, pi/2, -pi/3, pi/3, pi/6]; % 组 3

[-pi/6, -pi/6, -pi/3, 0, pi/12, pi/2]; % 组 4

[pi/12, pi/12, pi/12, pi/12, pi/12, pi/12] % 组 5

};

fprintf('=== 机器人正运动学计算 ===\n');

fprintf('使用DH参数表 (a, alpha, d, theta\_offset):\n');

disp(' No. | a\_i | alpha\_i(rad) | d\_i | theta\_offset(rad)');

disp('--------------------------------------------------------------');

for k=1:6

fprintf(' %d | %7.1f | %12.4f | %7.1f | %16.4f\n', k, a\_i(k), alpha\_i(k), d\_i(k), theta\_offset(k));

end

fprintf('\n');

for i = 1:length(theta\_sets)

% 获取当前组的关节变量 (转为列向量)

q\_variable = theta\_sets{i}';

% 计算总的关节角 (变量 + 偏移)

q\_total = q\_variable + theta\_offset;

% 初始化总变换矩阵为单位矩阵

T06 = eye(4);

%计算 T06 = A1 \* A2 \* A3 \* A4 \* A5 \* A6

for j = 1:6

Ai = get\_A\_i(q\_total(j), d\_i(j), a\_i(j), alpha\_i(j));

T06 = T06 \* Ai;

end

% 提取位置向量 (单位: mm)

Position\_mm = T06(1:3, 4);

% 提取旋转矩阵

Rotation = T06(1:3, 1:3);

% 转换姿态为 XY'Z'' 欧拉角 (intrinsic 'xyz')，单位为弧度 (rad)

eul\_xyz\_rad = rotm2eul(Rotation, 'xyz');

% 将弧度转换为角度

eul\_xyz\_deg = rad2deg(eul\_xyz\_rad);

% 打印计算结果

fprintf('--- 计算组 %d ---\n', i);

fprintf('输入关节角 (rad): [%.4f, %.4f, %.4f, %.4f, %.4f, %.4f]\n', q\_variable);

fprintf('末端位置 (m) [X, Y, Z]: [%.4f, %.4f, %.4f]\n', Position\_mm(1)/1000, Position\_mm(2)/1000, Position\_mm(3))/1000;

fprintf('末端姿态 (XY''Z'' 欧拉角, deg) [rx, ry, rz]: [%.4f, %.4f, %.4f]\n\n', eul\_xyz\_deg(1), eul\_xyz\_deg(2), eul\_xyz\_deg(3));

end

%辅助函数：计算单个齐次变换矩阵 A\_i

function A = get\_A\_i(theta, d, a, alpha)

% A\_i = Rot(z, theta) \* Trans(z, d) \* Trans(x, a) \* Rot(x, alpha)

cT = cos(theta);

sT = sin(theta);

cA = cos(alpha);

sA = sin(alpha);

A = [ cT, -sT\*cA, sT\*sA, a\*cT;

sT, cT\*cA, -cT\*sA, a\*sT;

0, sA, cA, d;

0, 0, 0, 1];

end