

---

# 《机器人建模与仿真综合实验》任务书

## 六连杆机械臂运动学建模与分析

### 一、目的与要求

《机器人建模与仿真综合实验》是培养学生的系统分析与设计能力、动手能力和创新精神的重要教学环节。通过实验进一步提高学生应用数学、物理等知识建模的能力；学生通过调研工程应用环境、查阅法规规范、自动化工程手册等设计解决方案，并应用计算机软硬件技术、实验工具和数据处理方法对实验结果进行有效性分析；培养学生在自动化、数学、计算机、工程管理等学科背景下团队协作能力和法律责任意识；学生经历方案优化、电路搭建调试或软件编程测试、实验分析、交流咨询、报告撰写以及汇报、答辩等环节，提高报告撰写和口头交流、表达能力。

### 二、主要任务

#### 1、基本要求

- (1) 了解六连杆机械臂的机械结构，并掌握六连杆机械臂的运动学，包括正向运动与逆向运动；
- (2) 掌握利用 Matlab 编写程序，可以计算在任意机械臂参数下的 D-H 表格。（以函数的形式体现，机械臂的连杆参数作为输入值  $(\alpha_{i-1}, a_{i-1}, d_i, \theta_i)$ ，输出六连杆机械臂的 D-H 表格）
- (3) 确定一组机械臂连杆参数，利用 Matlab 编写程序，以机械臂的关节角  $\theta_i$  为变量，随机选取不少于 10 组的  $\theta_i$  值，分别计算六连杆机械臂的末端位姿（以函数的形式体现，关节角作为输入值，输出机械臂末端位姿）
- (4) 假设机械臂沿地面坐标系的  $X_0$  轴运动，形成的轨迹为  $(0:0.1:1, 0, 0)$ ，计算机机械臂各个关节角的变化轨迹。

### 三、设计（实验）原始资料

#### 1、机械臂的机械机构如图所示

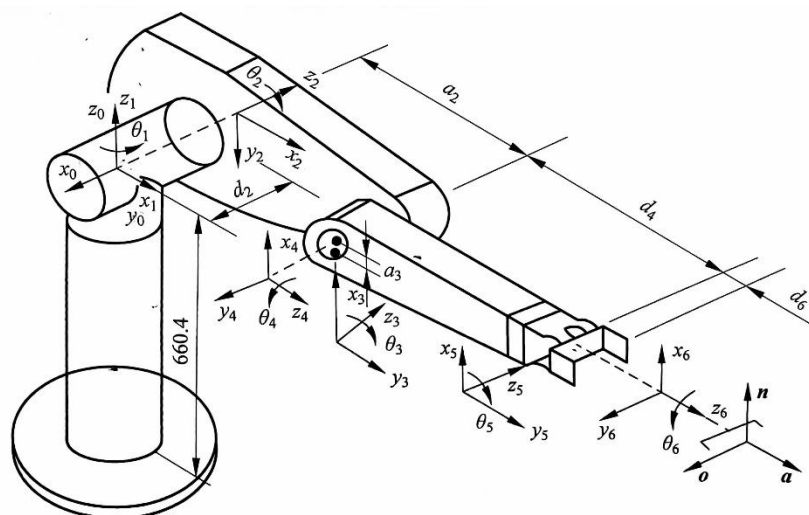


图 1 六连杆机械臂

如图 1 所示六连杆机械臂，其中， $a_2 = 431.88mm, a_3 = 20.32mm, d_2 = 149.09mm, d_4 = 433.07mm, d_6 = 56.25mm$ 。该数据仅供参考，可用于进行正向与逆向运算。

#### 四、 实验说明

1、在理论分析方面，需明确机械臂的运动学转换机理，并能够利用拉格朗日建立机械臂的动力学模型，进而并分析计算机械臂在运动状态下各个关键的负载情况。

2、利用 Matlab 建立机械臂的控制学仿真模型，要求以函数的形式呈现。即可是实现利用该函数在命令窗口输入任意输入值，均可输出相应的结果。

3、要求开展不少于 5 组的计算实验，在实验报告正文中应包括系统总体框图、仿真软件场景图、控制算法原理、主要流程图、主要的测试结果分析等。完整的源程序和完整的测试结果可用附件形式给出。

#### 五、 进度计划

| 序号 | 设计(实验)内容                       | 完成时间 | 备注 |
|----|--------------------------------|------|----|
| 1  | 收集整理必要的参考文献，了解二连杆机械臂运动学与动力学原理。 | 第一周  | 无  |
| 2  | 确定原理后，完软件环境的配置，搭建原型。           | 第一周  | 无  |
| 3  | 完成程序设计和仿真设计，搭建原型，调试硬件，开展实验。    | 第二周  | 无  |
| 4  | 完成实验报告及答辩。                     | 第二周  | 无  |

#### 六、 设计（实验）成果要求

- （1）完成实验报告一份，包含模块设计、程序设计等内容
- （2）二连杆机械臂建模与控制仿真程序。

---

## 七、主要参考资料

- [1] Peter Corke, *Robotics, Vision and Control*[M], Spring, 2017
- [2] T. Mei et al., "Simulation Research on Motion Trajectory of PUMA 560 Manipulator Based on MATLAB," 2019 Chinese Control And Decision Conference (CCDC), Nanchang, China, 2019, pp. 4857-4862, doi: 10.1109/CCDC.2019.8832476.
- [3] B. Armstrong, O. Khatib and J. Burdick, "The explicit dynamic model and inertial parameters of the PUMA 560 arm," *Proceedings. 1986 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, San Francisco, CA, USA, 1986, pp. 510-518, doi: 10.1109/ROBOT.1986.1087644.
- [4] M. B. Leahy, "Experimental analysis of robot control: a performance standard for the PUMA-560," *Proceedings. IEEE International Symposium on Intelligent Control 1989*, Albany, NY, USA, 1989, pp. 257-264, doi: 10.1109/ISIC.1989.238684.
- [5] Abdel-Razzak (2024). PID control of PUMA560 robot (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/22017-pid-control-of-puma560-robot>), MATLAB Central File Exchange. 检索来源 2024/9/1.
- [6] Abdel-Razzak (2024). Nonlinear Control of 3 DOF PUMA Robot (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/22077-nonlinear-control-of-3-dof-puma-robot>), MATLAB Central File Exchange. 检索来源 2024/9/1.