

人工智能与机器人 2023 秋季机械臂三级项目

—— 2023 年 10 月 25 日

机械臂作为一个多输入多输出、高度非线性、强耦合的复杂系统，凭借其独特的操作灵活性已在工业装配、安全防爆等领域广泛应用。在之前的学习中，我们已经了解了机械臂的空间坐标描述、正运动学、逆运动学以及雅克比矩阵。通过掌握这些基本概念，我们现在将进一步运用 MATLAB 来实现一个三自由度机械臂控制的仿真。在本项目中，我们将探索如何使用 MATLAB 的强大功能，结合先进的算法和技术，实现对机械臂运动的精确控制。

通过仿真，我们将能够观察机械臂在不同位置和姿态下的运动轨迹，理解运动学求解的过程，以及掌握运动规划和路径规划的基本方法。此外，我们还将考虑机械臂的运动性能、稳定性和抗干扰能力，以提高系统的精确性和鲁棒性。在完成本项目后，我们将具备更深入的机械臂控制理论和实践经验，为未来的机器人研究和应用奠定坚实的基础。

1、三级项目说明

与概率机器人的三级项目一样，机械臂部分的三级项目将沿用上一部分的分组。每个小组由三名成员组成，也可以选择个人完成。最终，所有小组将一同提交项目报告，报告格式与之前相同。请记得在报告中明确说明各组员的分工情况。请注意，如果发生学术不端行为（违反诚信代码），将会得到零分的处罚。

项目报告的提交截止时间为期末考试前一周。

2、MATLAB 的安装

MATLAB 是由美国 MathWorks 公司开发的商业数学软件，它不仅可以用于算法开发、数据可视化、数据分析，还包括高级技术计算语言和交互式环境，主要包括 MATLAB 和 Simulink 两大部分。对于工程科学的学生而言，MATLAB 是一个非常常用的工具。相信你们大部分同学已经对 MATLAB 的安装相当熟悉了。在这里推荐安装 MATLAB 的 2023a 版本。可以在微信公众号“软件管家”中，回复 matlab 即得到软件资源和安装教程，如图 1 所示。

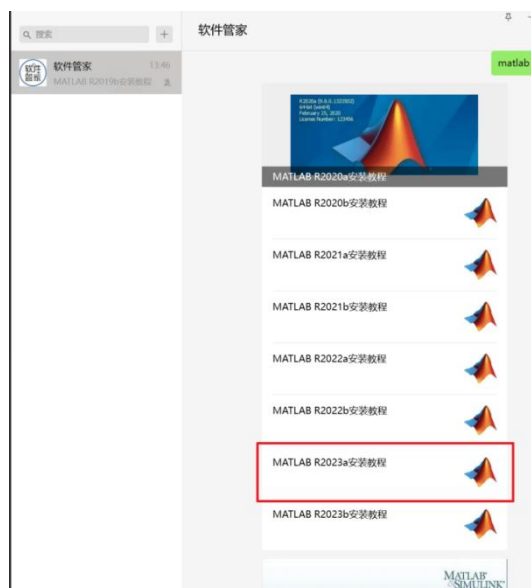


图 1：软件管家提供的软件资源和安装教程

也可以直接在学校金凤 BT 平台上下载，如图 2 所示。从此途径下载后的安装教程可以参考以下网址：<http://www.zhanshaoyi.com/6938.html>



图 2：金凤 BT 的 matlab 下载

此外，要使用 matlab 进行机械臂的仿真开发需要配置 robotics toolbox。robotics toolbox 的下载地址为：https://petercorke.com/resources/downloads/#all_0-27-wpfd-rtb，如图 3 所示。

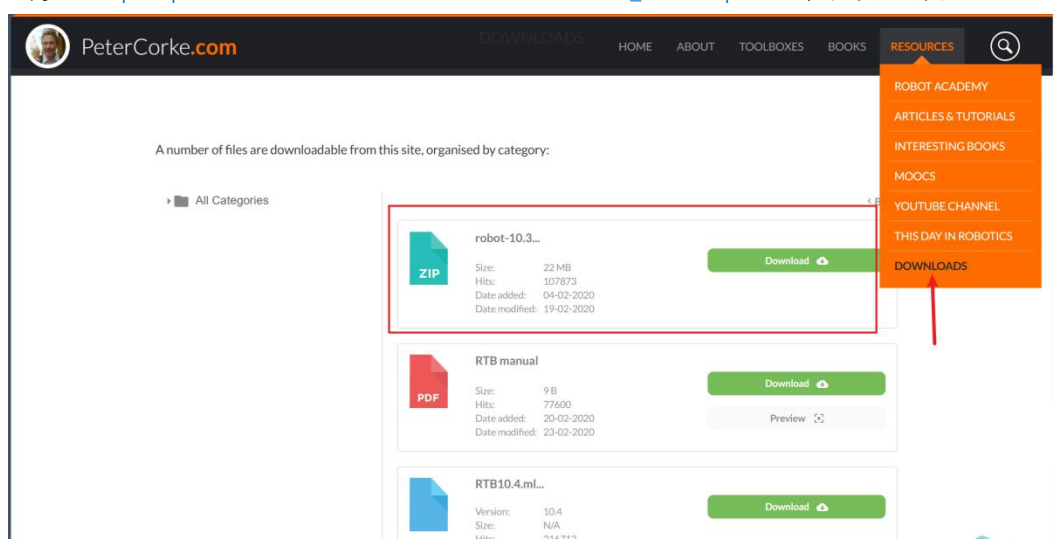


图 3：robotics toolbox 的下载网站

下载完 robotics toolbox 的安装过程可以参考以下教程：[Matlab 机器人工具箱 Robotics ToolBox --rvctools 安装 图文详解（附 rvctools 工具箱资源）LXzerorb 的博客-CSDN 博客](#)

具体步骤可以简要概括为：

- 1、先将下载后的 robot-10.3.1 压缩包解压，得到 rvctools 文件夹
- 2、将解压后的文件夹放入到 MatLab 安装位置的 toolbox 文件夹中，如图 4 所示

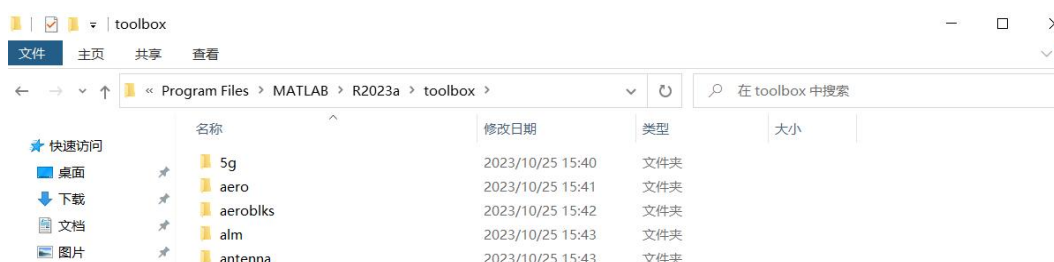
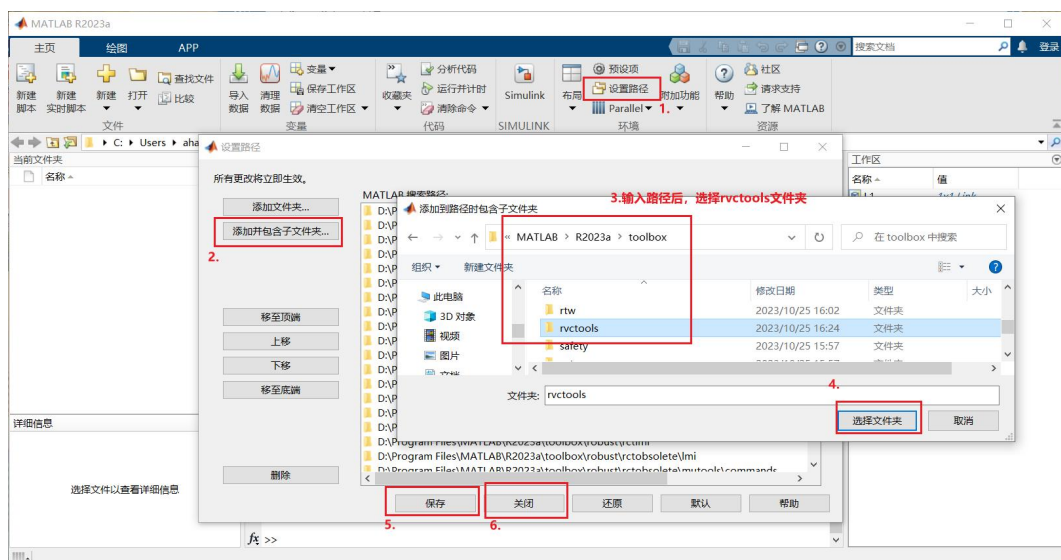


图 4：matlab2023a 的 toolbox 文件夹

3、将该文件夹添加到 matlab 的路径中



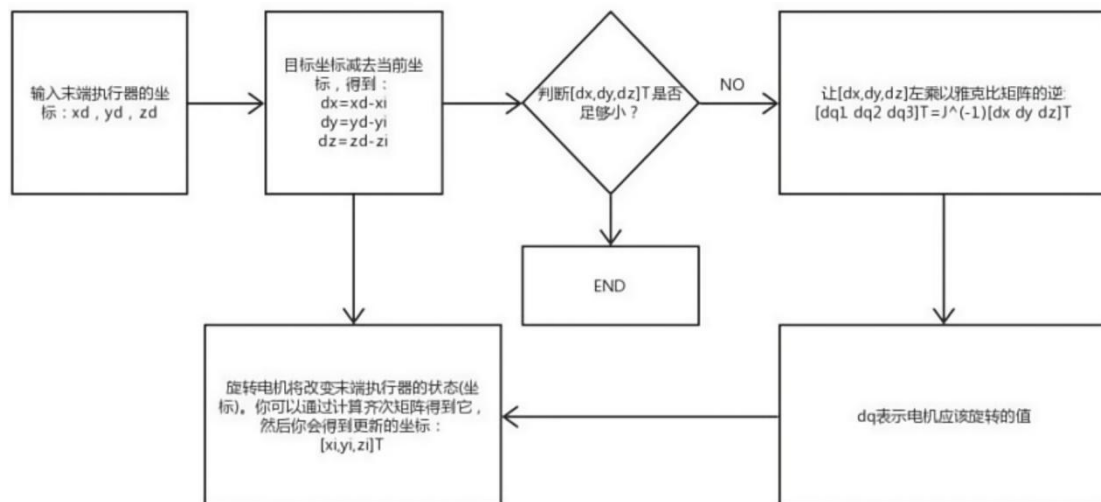
最后，在 Matlab 的命令行窗口下运行下面的命令：startup_rvc，启动安装程序。若当显示以下字符就说明完成安装



3、机械臂三级项目介绍

在这个项目中，我们的目标是为机械臂开发一个控制器，使其能够执行特定的任务，具体来说，是让机械臂的末端执行器移动到指定的位置。事实上，如果我们将这个项目分解成几个步骤，它们都相对简单。接下来将提供一些关于实现的细节：

- 1) 首先，我们需要根据 D-H 法计算出齐次变换矩阵。
- 2) 接着，我们可以利用这些结果来计算机械臂的雅可比矩阵。
- 3) 一旦获得了雅可比矩阵，就意味着我们已经为控制器的建立做好了充分准备。
- 4) 现在，让我们构造一个控制器。你可以使用表一中介绍的结构，或者你也可以设计出自己的控制器。



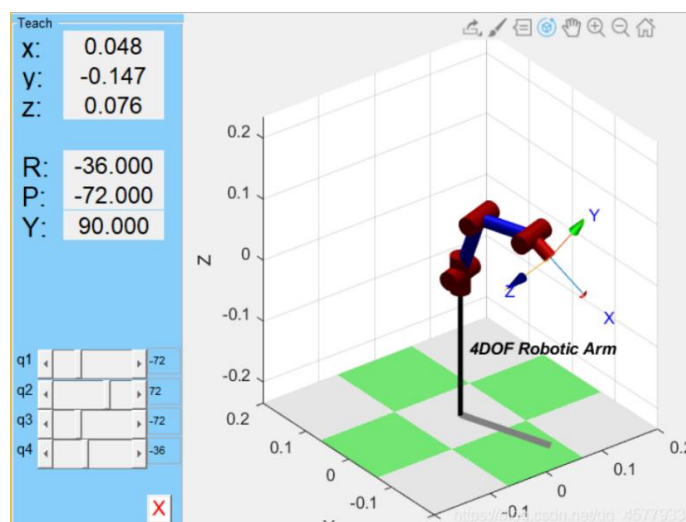
图三：机械臂控制器流程示意图

表一：机械臂的 DH 表

| i | theta | d(单位:m) | a(单位:m) | alpha |
|---|-------|---------|---------|-------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | $\pi/2$ (z1绕x1旋转90°到z2) |
| 2 | 0 | 0 | 0.105 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0.09 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0.04 | 0 |

4、必做题项目要求

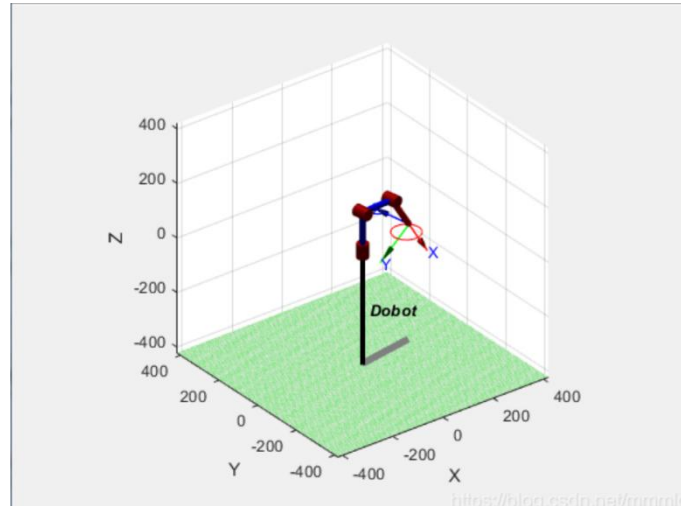
- (1) 项目代码能够控制一个 4 自由度的机械臂完成正向运动
- (2) 项目代码要有足够的注释来解释它是如何工作的。
- (3) 项目代码要包括控制过程的可视化，展示机械臂在 3D 图形环境中移动。
- (4) 本项目为三级项目，可以由至多 3 人自由组队完成，最终提交完成的报告，并需要 PPT 汇报（最后两周课）各自完成的部分及其分工情况



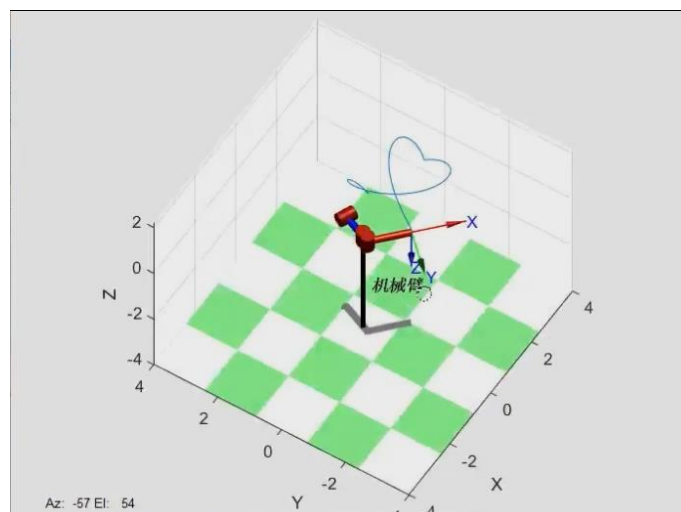
图四：基于 Matlab 的 4 自由度机械臂建模

5、扩展题项目介绍

在实现机械臂简单的移动任务的基础上，希望能够控制机械臂，以指定的线速度、角速度或指定轨迹完成运动这需要用到机械臂的动力学部分的知识，呈现效果如下图所示。学有余力的同学可以了解一下。



图五： 基于 Matlab 的机械臂圆型运动



图六： 基于 Matlab 的机械臂心型运动