

# 《智能机器人基础》作业

2023 年秋季

提交方式：网络学堂

截止日期：2023 年 11 月 12 日 23:59

考虑七自由度 KUKA iiwa 机械臂：



机器人的运动学、动力学、Jacobian 矩阵等信息参看：

[https://ww2.mathworks.cn/help/robotics/robot-models.html?s\\_tid=CRUX\\_lftnav](https://ww2.mathworks.cn/help/robotics/robot-models.html?s_tid=CRUX_lftnav)

作业相关文件参看：

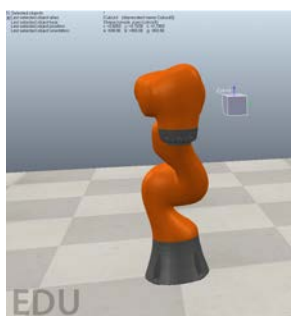
[https://github.com/yanseim/pd\\_plus\\_gravity\\_control](https://github.com/yanseim/pd_plus_gravity_control)

其中文件夹 pd\_plus\_gravity\_example 给出了 Coppeliasim 和 MATLAB 之间通信和简单控制的例程，本次作业中控制部分请参考该例程。

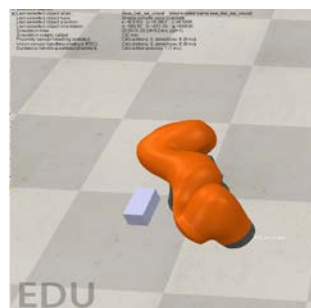
在文件scene\_with\_obstacle.ttt填写对应的MATLAB代码完成以下任务：

1. （35 分）设计任务空间的避障轨迹，从 $[0.617, -0.0054, 0.5980]^T$ 位置开始到达 $[0.617, 0.3946, 0.5980]^T$ 位置，不碰到障碍物（ $0.1 \times 0.05 \times 0.05$ 的立方体，中心位于 $[0.6, 0.15, 0.7]^T$ 处）。提交程序代码（10分）、仿真结果（10分），说明设计思路（5分）、创新性（10分）。

注1：避障效果如下图所示



起始时刻姿态



终止时刻姿态（不唯一）

注2：不限实现手段，如，手工设置一系列离散点，或采用基于采样的规划方法等

注3：作业网站中的hw3\_1文件夹提供了2D平面的RRT算法例程，若采用该算法完成以上避障任务，创新性部分为满分，其他方法将对照该算法给出创新性分数

2. （55分）当机器人避开障碍物达到第1步的期望位置后（ $[0.617, 0.3946, 0.5980]^T$ ），

从该位置出发追踪期望轨迹（轨迹自行设计）。设计基于动力学补偿的任务空间轨迹算法，连续实现第1步与第2步的轨迹追踪任务（参看机器人课程控制方法讲义公式(13)与(14)）：

$$u = -K_s s + M(q)\ddot{q}_r + C(q, \dot{q})\dot{q}_r + g(q)$$

$$s = \dot{q} - J^+(q)(\dot{r}_d - \alpha(r - r_d))$$

$$\dot{q}_r = J^+(q)(\dot{r}_d - \alpha(r - r_d))$$

提交程序代码（20分）、仿真结果（20分）、调参分析（15分）（提示： $\ddot{q}_r$ 可通过对 $\dot{q}_r$ 求数值差分得到，只考虑末端位置，不考虑姿态）。

3. （10分）如果重力相关扭矩  $g(q)$  的精确值未知，有何影响？如何解决？结合仿真结果说明。

其它需要说明问题：

1. 本次实验需要下载Matlab和coppeliasim。先运行Matlab端程序，再开启coppeliasim端仿真（这样的目的是为了以防coppeliasim开启之后，Matlab端的控制器尚未施加。）
2. 用coppeliasim打开pd\_plus\_gravity.ttt文件后，所有参数（比如物理引擎用Newton，仿真步长为0.005s等）都不要更改，否则会有不同的运动效果或者和Matlab中的代码不一致。
3. 运行pd\_plus\_gravity.ttt之后，可能会有两条warning，不用管它。
4. Matlab需要安装robotics system toolbox。在菜单【HOME】下，选择【Add-Ons】，搜索robotics system toolbox，点击install就安装上了。有些新版本Matlab可能已经将该Toolbox集成了，可以直接尝试跑其例程检验一下。
5. 在实验3中，需要用到M,C,G三个矩阵（向量），其中M和G可以利用robotics system toolbox中的api获得（参考上方给出的链接），C矩阵可以通过函数coriolis\_kuka/autogen/C\_mtrx\_fcn.m获得，该函数是利用symbolic math toolbox生成出来的，生成文件是coriolis\_kuka/generate\_rb\_dynamics.m，如何使用该函数请参考coriolis\_kuka/test\_coriolis\_matrix.m。第19行中，C\_mtrx\_fcn的前两个参数分别是角度和角速度，第三个参数kuka.pi(:)表示kuka的动力学参数。