

机器人操作 | 第一周

机器人如何完成一次操作任务？

Robot Manipulation: From Motion to Task

感知世界 · 规划行动 · 操作未来



让机器人
理解物理世界
并与之交互

SENSE
PLAN
MANIPULATE
ACHIEVE



感知

获取环境信息
(如 RGB-D 图像)



位姿估计

识别物体并估计
6D 位姿



抓取规划

选择合适的抓取姿态
与夹爪策略



运动规划

生成无碰撞的
运动轨迹



控制

将轨迹转化为
关节 / 末端控制指令



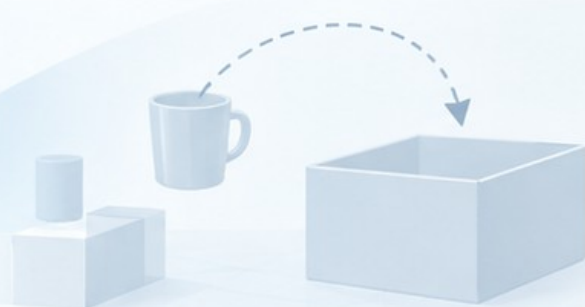
执行任务

完成抓取、放置等
操作任务

本周核心问题

- 1 什么是机器人操作？
- 2 机器人怎样“看见—移动—抓取—放置”？
- 3 这门课接下来会学什么？

从运动到任务
让机器人做有用的事情



课程大纲

Course Syllabus

9 周完成一次机器人操作任务所需的知识闭环

Sense / Plan / Control / Manipulate

课程定位与学习产出

围绕 **Pick-and-Place** 任务建立完整系统观

能把真实操作任务拆解为感知、规划与控制模块，并理解各模块如何协同完成闭环。

学习方式

案例驱动，图示讲解

少量核心公式，面向真实任务理解系统

9 周教学安排

每周建立一个关键能力，第 8 周完成系统集成，第 9 周复盘与拓展

第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周	第 5 周	第 6 周	第 7 周	第 8 周	第 9 周
导论 机器人如何完成一次操作任务	运动学 坐标与正运动学	求解 逆运动学与 Jacobian	规划 运动规划与避障	交互 抓取与接触	感知 感知与位姿估计	控制 力控制与柔顺操作	集成 Pick-and-Place 系统闭环	拓展 前沿方向与课程总结

课程主线

空间描述与运动建模

任务规划与环境交互

感知、控制与系统集成

最终目标：让机器人稳定完成感知、规划、执行与反馈的完整操作闭环

机器人操作课程导览

让智能机器人
服务真实世界

从感知到行动，让机器人完成真实世界任务

这门课学什么？



01 感知
看见物体与环境



02 位姿估计
判断物体在哪里、朝哪儿



03 抓取规划
决定怎么抓



04 运动规划
决定怎么移动



05 控制与执行
把任务稳定完成



06 反馈闭环
根据结果修正动作



机器人
让可能变为现实

怎么学？



案例驱动
从真实问题出发
学以致用



图示讲解
多图多演示
直观易懂



少量核心公式
抓住关键
不陷入推导细节



实验实践
上手操作
在做中学

怎么考核？



签到	10%
小组 Presentation	20%
随堂测试	20%
结课论文	50%

9周学习路线



最终目标：理解并搭建一个完整的机器人操作闭环。

本周学习目标与课程结构

Week 1 Overview

感知世界 · 规划行动 · 操作未来

学习目标



理解什么是“机器人操作”



认识一次典型操作任务的流程



了解机器人操作系统的关键模块



建立本课程的整体知识框架

课程结构（本周）

1

机器人操作的定义

2

典型任务：抓取与放置

3

系统组成：感知 — 规划 — 控制

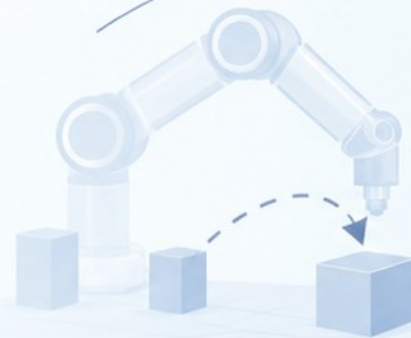
4

关键概念预览

5

小结与思考

从理论到实践
一步步掌握机器人操作



9 周课程路线图



导论

2

运动学

3

IK与Jacobian

4

规划

5

抓取

6

感知

7

力控

8

系统集成

9

前沿



九周构建完整
的机器人操作能力

从一个简单问题开始

如何让机器人把杯子放进箱子？

看起来很简单，但机器人必须同时解决：

看见

杯子在哪里？箱子在哪里？

判断

杯子的位姿、可抓取区域是什么？

行动

机械臂怎样安全到达并抓住？

完成

怎样稳定搬运并准确放下？

本周目标：先建立“机器人操作系统”的整体地图，而不是先陷入公式。

一次操作任务怎样才算成功?

先定义结果，再讨论算法

成功不只意味着物体到达目标位置

1

任务完成：目标物体被正确抓取并放到指定区域

2

过程安全：机器人没有碰撞环境，也没有损伤物体

3

结果稳定：位置误差、姿态误差和抓取稳定性满足要求

4

系统可恢复：发生滑落或遮挡时，系统能够检测并重新规划

课堂提问：如果杯子放进盒子但已经倾倒，这次任务算成功吗？

从目标到动作的任务分解

自然语言目标需要转化为机器人可以执行的子问题

01

任务目标

把红色杯子放入右侧盒子

02

环境理解

识别杯子、盒子、障碍物
和可操作空间

03

动作决策

选择抓取位姿，规划接近、
搬运和放置动作

04

执行监测

跟踪误差，检查是否抓稳
并判断是否需要重试

机器人操作的核心工作，是把模糊目标逐层转化为可测量、可规划、可执行的变量

什么是机器人操作？

Robot Manipulation $\neq$ 只有机械臂运动

感知世界 · 规划行动 · 操作未来



机器人操作： 机器人感知环境、接触物体，并通过抓取、搬运、装配、整理等方式改变物体状态或位置的能力。



机器人运动

- 关注“怎么动”
- 典型问题：末端到达目标位置
- 例子：轨迹跟踪



机器人操作

- 关注“如何完成任务”
- 需要看见、规划、抓取、接触
- 不只是到达，还要成功作用于物体
- 例子：抓杯子、装配、分拣



工业：抓取与上下料
将物体从一处搬运到另一处



仓储：分拣与整理
识别物品并放入指定位置



医疗：手术操作
在复杂环境中精细操作物体



家庭服务：整理物品
抓取并放置日常生活中的物体



一句话理解：机器人操作，就是让机器人真正“对物体做事”。

机器人运动 $\neq$ 机器人操作

从“到达那里”到“对物体做事”

机器人运动

关注“怎么动”

典型问题：

末端是否能到达目标位置？

轨迹是否平滑？

关节是否超限？



核心转变

机器人操作

关注“完成任务”

典型问题：

是否看见目标物体？

是否抓得稳？

接触后是否安全？

能否在不确定环境中完成任务？

一句话：机器人操作，就是让机器人真正“对物体做有用的事情”。

开环执行与闭环执行

反馈决定系统能否应对真实环境中的偏差

开环执行

- 根据初始信息生成动作
- 执行过程中不再测量结果
- 结构简单，但对误差敏感

闭环执行

- 持续读取传感器反馈
- 比较目标状态与当前状态
- 出现偏差时修正动作或重规划

真实机器人通常需要闭环执行，因为物体位置、接触状态和机器人模型都可能存在误差

机器人操作能应用在哪些场景？

From Factory to Daily Life

让机器人
理解物理世界
并与之交互



工业装配 →

高重复性、高精度装配任务



仓储分拣 →

识别并抓取不同包裹/物品



医疗手术 →

高精度器械操作



家庭服务 →

整理、收纳、递送物品



农业采摘 →

识别成熟果实并柔性抓取



人形机器人 →

在复杂环境中进行双手操作



共同挑战：

对象多样、环境复杂、接触不确定。



看得见



够得着



抓得稳



放得准



不同场景，问题其实很相似

机器人操作的四个共同挑战

1 看得见

目标物体是否被遮挡？相机能否获得可用信息？

感知

2 够得着

机械臂是否有足够自由度和工作空间？

运动学

3 抓得稳

抓取点、摩擦、夹爪姿态是否可靠？

抓取

4 放得准

路径是否安全？接触后是否稳定？

规划与控制



工业装配 →

高重复性、高精度装配任务



仓储分拣 →

识别并抓取不同包裹/物品



医疗手术 →

高精度器械操作



本课程的主线：围绕真实任务，把这些挑战逐个拆开、再重新组合。

真实环境中的不确定性

实验室里看似简单的动作，进入现实后会遇到多种偏差

系统需要识别误差来源，并为变化保留余量

1

感知误差：遮挡、光照变化和深度噪声影响物体定位

2

模型误差：机器人尺寸、关节零位和摩擦参数并不完全准确

3

执行误差：控制延迟、机械回差和负载变化影响轨迹

4

环境变化：物体被移动、抓取后滑动，或有人进入工作区

讨论：上述哪一种不确定性最容易造成抓取失败？为什么？

贯穿案例：机器人如何把杯子放进箱子？

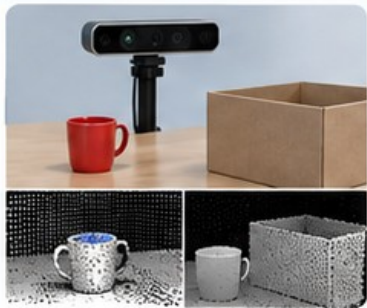
Pick-and-Place Task Pipeline

感知世界 · 规划行动 · 操作未来

让机器人
理解物理世界
并与之交互

1 看见杯子

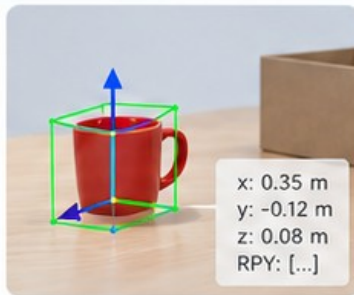
(相机获取 RGB-D 图像)



相机拍摄场景，获得彩色图像和深度信息。

2 判断位置

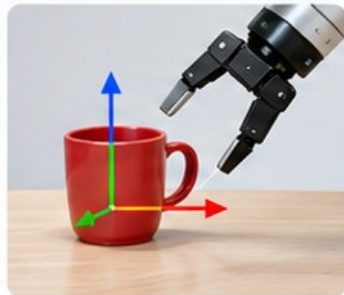
(估计杯子的位姿)



通过视觉算法识别杯子，估计它在空间中的位置和朝向。

3 决定怎么抓

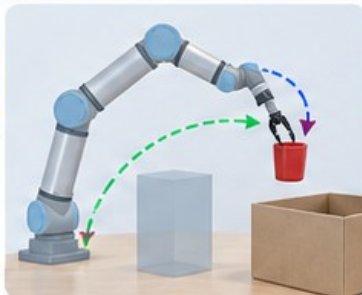
(生成抓取姿态)



根据杯子的形状和位置，选择合适的夹爪姿态进行抓取。

4 规划路径

(避障到达抓取位置)



根划一条安全、平滑的运动路径，避开桌面障碍物，移动到抓取位置。

5 抓取并搬运

(夹爪闭合，稳定移动)



夹爪闭合抓住杯子，并稳定控制机械臂将杯子搬运到目标位置。

6 放入箱子

(完成任务)



将杯子放入箱子中，完成整个任务。

本课程主线

围绕一个真实操作任务，逐步理解“看见—移动—抓取—放置”的每个环节。



把“拿杯子”翻译成机器人语言

从自然语言任务到系统模块



如何把杯子放进箱子？

eline

3 决定怎么抓
(生成抓取姿态)



根据杯子的形状和位置，选择合适的夹爪姿态进行抓取。

4 规划路径
(避障到达抓取位置)



规划一条安全、平滑的运动路径，避开桌面障碍物，移动到抓取位置。

，逐步理解“看见—移动—抓取—放置”的每

ovelt Pick and Place 示例

学会这套“翻译”，就能把很多操作任务拆成可实现的工程模块。

感知模块的输入与输出

感知把传感器数据转化为规划可以使用的场景描述

输入

- RGB 图像、深度图或点云
- 关节角、夹爪状态与力传感器读数
- 相机标定和机器人模型

输出

- 目标物体的类别、位置和姿态
- 障碍物与可操作空间
- 置信度、接触状态和异常提示

规划模块需要的不只是“看见了什么”，还需要知道物体在哪里、是否可达以及结果有多可靠

位姿估计为何关键

同一个物体在不同位置和朝向下，需要不同的抓取与运动方案

01

位置

描述目标在三维空间中的
x、y、z 坐标

02

姿态

描述物体的朝向，例如杯
口向上还是侧倒

03

坐标系

说明这些数值相对于相机、
机器人底座还是世界坐标
系

04

不确定度

说明估计结果可能偏离真
实值的范围

位姿是感知与规划之间的共同语言，坐标系不一致会让正确的数值产生错误动作

任务规划与运动规划

两个层次回答不同的问题

任务规划

- 决定先做什么、后做什么
- 选择抓取、搬运、放置或重试等动作
- 关注任务逻辑与状态转换

运动规划

- 计算机械臂怎样从当前状态运动到目标状态
- 满足关节限制并避开障碍物
- 关注路径可行性与运动代价

任务规划给出动作序列，运动规划为每个动作寻找可执行的机器人运动

路径与轨迹

空间路线与时间安排是两个不同问题

路径 Path

- 描述机器人经过哪些构型或空间位置
- 重点关注连通性、可达性和碰撞
- 通常不直接规定每一时刻的速度

轨迹 Trajectory

- 在路径基础上加入时间信息
- 规定位置、速度与加速度随时间的变化
- 需要满足执行器能力和运动平滑性

一条无碰撞路径仍可能因为速度过快、加速度突变或动力学限制而无法安全执行

一次机器人操作系统由哪些部分组成？

Anatomy of a Manipulation System

感知世界 · 规划行动 · 操作未来



四个核心环节



感知

知道物体是什么、在哪里



规划

决定怎么抓、怎么走



控制

把计划转成机器人动作



执行

稳定抓取并完成任务



关键点：没有任何单一模块可以独立完成操作任务，必须系统协同。

系统接口与数据流

稳定接口让各模块可以独立开发并协同工作

01

场景状态

物体位姿、障碍物、机器人当前关节状态

02

任务与约束

目标区域、允许的抓取方式、安全距离和速度限制

03

规划结果

动作序列、抓取位姿和机器人轨迹

04

执行反馈

跟踪误差、接触信号、成功状态和异常代码

每个模块都应明确输入、输出、坐标系、单位、时间戳和失败状态

机器人操作系统的最小闭环

Sense → Plan → Act → Feedback

Sense → *Plan* → *Act* → *Feedback*

感知 **Sense**

- 知道物体是什么
- 知道物体在哪里
- 获得环境信息

规划 **Plan**

- 决定抓哪里
- 决定怎么过去
- 处理障碍和约束

行动 **Act**

- 控制机械臂运动
- 控制夹爪开合
- 改变物体状态

反馈 **Feedback**

- 观察结果是否成功
- 根据接触 / 视觉修正
- 形成闭环

关键点：没有任何单一模块可以独立完成操作任务，必须系统协同。

控制器怎样把轨迹变成动作

控制循环持续比较期望状态与真实状态

01

读取目标

获得当前时刻的期望关节位置、速度或末端位姿

02

测量状态

读取编码器、力传感器或视觉反馈

03

计算误差

比较期望值与实际值，并考虑速度和接触约束

04

输出命令

向电机发送位置、速度或力矩命令

控制器负责缩小误差，规划器负责决定目标与约束，两者需要以合适频率交换信息

反馈如何触发重规划

系统既要知道动作是否偏离，也要知道何时需要改变计划

异常处理需要明确的触发条件

- 1 抓取前：目标物体移动或置信度下降，重新估计位姿
- 2 接近时：检测到新障碍物，暂停运动并重新规划路径
- 3 抓取后：夹爪闭合位置异常或物体滑落，执行重试策略
- 4 放置时：目标区域被占用，选择备选位置或请求人工处理

关键问题：哪些异常可以自动恢复，哪些异常必须立刻停机？

先认识 4 个关键概念

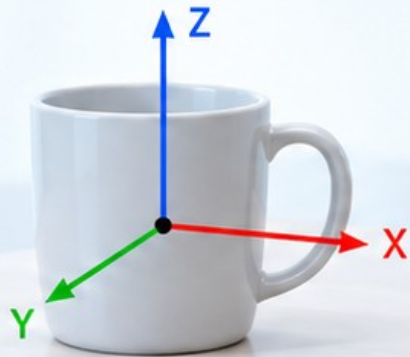
位姿、自由度、工作空间、末端执行器

从基础概念开始
让机器人更容易理解

感知世界
规划行动
操作未来

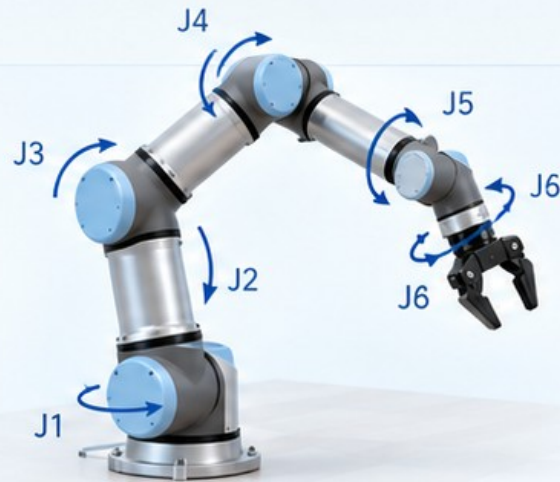
1 位姿 Pose

位姿描述物体
“在哪里、朝哪儿”。



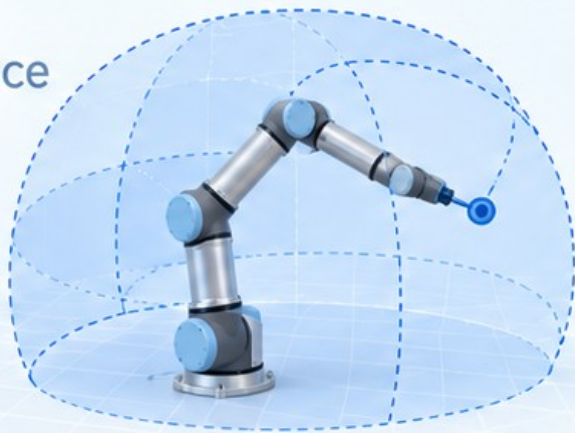
2 自由度 DOF

自由度越多，机器人
可实现的运动越丰富。



3 工作空间 Workspace

工作空间表示机械臂
末端可到达的范围。



4 末端执行器 End-effector

不同任务需要不同的
“手”。



夹爪



吸盘



灵巧手



课堂提示

今天先建立直观理解，后续周次再深入数学与算法。

参考：Modern Robotics 基础概念；机器人学通用术语

坐标系与变换链

机器人需要把相机看到的位置转换到自身可以执行的坐标系

01

相机坐标系

感知算法首先给出物体相对于相机的位置与姿态

02

世界坐标系

统一描述环境、工作台和目标区域

03

机器人基座

运动学计算常以机械臂基座为参考

04

末端工具

抓取位姿最终需要转换到夹爪或吸盘的工具中心点

变换链中的任一标定误差都会传递到抓取位姿，因此必须同时核对方向、单位和变换顺序

自由度与冗余

自由度决定机器人可以独立改变多少个运动变量

自由度

- 平面刚体通常需要 3 个自由度描述位姿
- 空间刚体通常需要 6 个自由度描述位姿
- 机械臂关节数量决定其构型维度

冗余

- 关节自由度多于任务所需自由度
- 同一末端位姿可能对应多个关节构型
- 可以利用额外自由度避障或远离关节极限

冗余增加了选择空间，也让逆运动学和运动规划需要明确优化目标

工作空间与可达性

目标位于工作空间内，并不代表每个姿态都能到达

工作空间

- 机器人末端可能到达的位置集合
- 受到连杆长度、关节范围和机构结构影响
- 常用来判断任务布局是否合理

可达性

- 还要考虑目标姿态和接近方向
- 障碍物会排除一部分原本可达的构型
- 靠近边界时通常精度和运动余量更差

工位设计应把常用目标放在舒适工作区，而不是机械臂勉强能够触及的边界

关键概念 1：位姿 Pose

“在哪里” + “朝哪儿”

位置 Position

描述物体在空间中的坐标：

x、y、z

姿态 Orientation

描述物体的朝向：

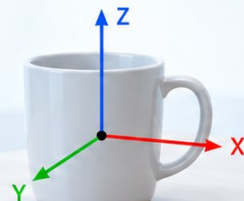
roll、pitch、yaw / 旋转矩阵 / 四元数

先认识 4 个关键概念

位姿、自由度、工作空间、末端执行器

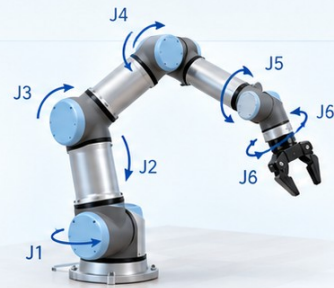
1 位姿 Pose

位姿描述物体
“在哪里、朝哪儿”。



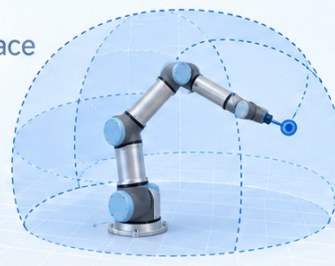
2 自由度 DOF

自由度越多，机器人
可实现的运动越丰富。



3 工作空间 Workspace

工作空间表示机械臂
末端可到达的范围。



4 末端执行器 End-effector

不同任务需要不同的
“手”。



从基础概念开始
让机器人更容易理解

感知世界
规划行动
操作未来



课堂提示

今天先建立直观理解，后续周次再深入数学与算法。

参考：Modern Robotics 基础概念；机器人学通用术语

在操作任务中，“杯子在哪里”和“杯口朝哪儿”一样重要。

关键概念 2：自由度与工作空间

机器人能不能“够到”，取决于结构能力

自由度 DOF

自由度越多，机器人可实现的姿态通常越丰富。

例如：6 自由度机械臂可以控制末端 3 个位置 + 3 个朝向。

工作空间 Workspace

工作空间表示末端能够到达的区域。

能看到目标物体，不等于机械臂一定够得到。

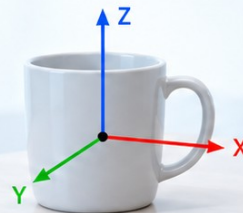
识 4 个关键概念

自由度、工作空间、末端执行器

从基础概念开始
让机器人更容易理解

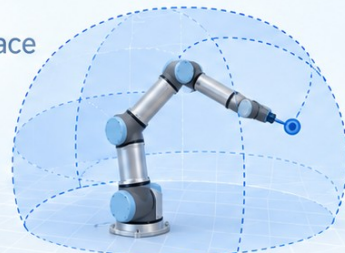
Pose

本
哪儿”。



空间 Workspace

示机械臂
的范围。



2 自由度 DOF

自由度越多，机器人
可实现的运动越丰富。



4 末端执行器 End-effector

不同任务需要不同的
“手”。



示 | 今天先建立直观理解，后续周次再深入数学与算法。

参考：Modern Robotics 基础概念

操作任务失败的第一类原因：目标看得见，但机器人够不到或姿态不合适。

关键概念 3：末端执行器

机器人真正“接触世界”的手

两指夹爪

适合规则物体、盒子、杯子等

吸盘

适合平整表面、快递包裹等

灵巧手

适合复杂抓握和手内操作

专用工具

焊接、打磨、手术、装配等

同一个机械臂，换一个“手”，能完成的任务可能完全不同。

抓取成功的四个条件

抓取同时受物体、末端执行器和运动过程影响

稳定抓取需要几何与接触共同满足要求

- 1 抓取位姿合适：接近方向、夹持位置和手指空间可行
- 2 接触稳定：夹持力和摩擦能够抵抗重力及运动扰动
- 3 路径可执行：接近与撤离过程没有碰撞，也不触及关节极限
- 4 结果可检测：系统能够确认是否抓稳，并在失败时停止或重试

思考：透明杯、软包装和金属零件会分别带来什么抓取困难？

末端执行器的选择

工具选择决定可抓物体、控制方式和失败模式

夹爪

- 适合具有稳定夹持面的刚性物体
- 能够提供明确的机械约束
- 需要为手指宽度和碰撞留出空间

吸盘与柔性工具

- 吸盘适合表面平整且相对密封的物体
- 柔性工具能适应形状变化或脆弱物体
- 需要监测真空、变形或接触状态

末端执行器没有通用最优解，选择应同时考虑物体属性、任务动作和工作环境

为什么机器人操作很难?

真实世界不是干净的数学题

1

环境不确定

光照变化、遮挡、物体位置随机

2

物体多样

形状、材质、重量、摩擦都不同

3

接触复杂

碰撞、滑动、夹持力很难完全预测

4

任务闭环

执行过程中需要不断修正

课堂小问题

为什么“把末端移动到杯子中心”不一定能把杯子抓起来?

机器人操作的本质：在不确定的物理世界中，稳定地完成任务。

安全边界与异常处理

任何操作策略都必须服从安全约束

安全要求应进入规划、控制和系统状态机

- 1 空间边界：设置禁入区、碰撞模型和最小安全距离
- 2 运动边界：限制关节位置、速度、加速度和允许的接触力
- 3 状态监测：持续检查通信、传感器、夹爪和控制器是否正常
- 4 停机策略：定义减速、暂停、急停与人工恢复的适用条件

课堂判断：检测到有人进入工作区时，系统应该减速、暂停还是急停？

本周怎么学?

从案例到系统，再到概念

1

从案例进入

杯子放入箱子：把自然语言任务拆成机器人任务

2

建立系统图

感知、位姿、抓取、规划、控制、执行

3

掌握关键词

位姿、自由度、工作空间、末端执行器

4

形成课程地图

明确后续 9 周理论与实验如何衔接

今天先建立直观理解；后续周次再深入数学、算法与实验实现。

课堂练习：诊断一次抓取失败

场景：机器人接近杯子后闭合夹爪，但抬升时杯子滑落

01

观察

列出可以看到或记录的信号，例如位姿、夹爪开度和力

02

假设

区分定位偏差、抓取位姿不佳、夹持力不足等可能原因

03

验证

为每个假设设计一个最小测试，并说明预期结果

04

修正

选择重新感知、调整抓取位姿、降低速度或改变夹持力

小组输出：一个最可能原因、一项验证方法和一个安全的修正方案

这门课接下来会学什么？

9 周课程预告

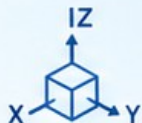
感知世界 · 规划行动 · 操作未来

第1周



导论：
机器人如何完成
一次操作任务

第2周



坐标与
正运动学

第3周



逆运动学与
Jacobian

第4周



运动规划
与避障

第5周



抓取与接触

第6周



感知与
位姿估计

第7周



力控制与
柔顺操作

第8周



系统集成：
Pick-and-Place

第9周



前沿方向
与课程总结

学习方式



案例驱动



图示讲解



少量核心公式



面向真实任务理解系统

目标不是死记公式，
而是理解机器人如何真正完成任务。

理论 × 实验双线课程地图

从“理解”到“做出来”

FOR A BETTER TOMORROW



理论课：理解机器人操作系统

1



看懂系统

理解整体架构、核心概念与数据流

2



理解运动

理解运动学、坐标系与运动控制

3



理解抓取

理解末端执行器、抓取策略与力控制

4



理解规划

理解路径规划、避障与任务规划

5



理解交互

理解感知、力/触觉与人机交互



实验课：逐步增加机器人能力

Lab 1



让机器人动起来

控制机械臂，完成基本运动

Lab 2



让机器人绕过去

感知障碍物，实现避障运动

Lab 3



让机器人抓起来

控制夹爪，完成稳定抓取

Lab 4



让机器人感知 / 接触

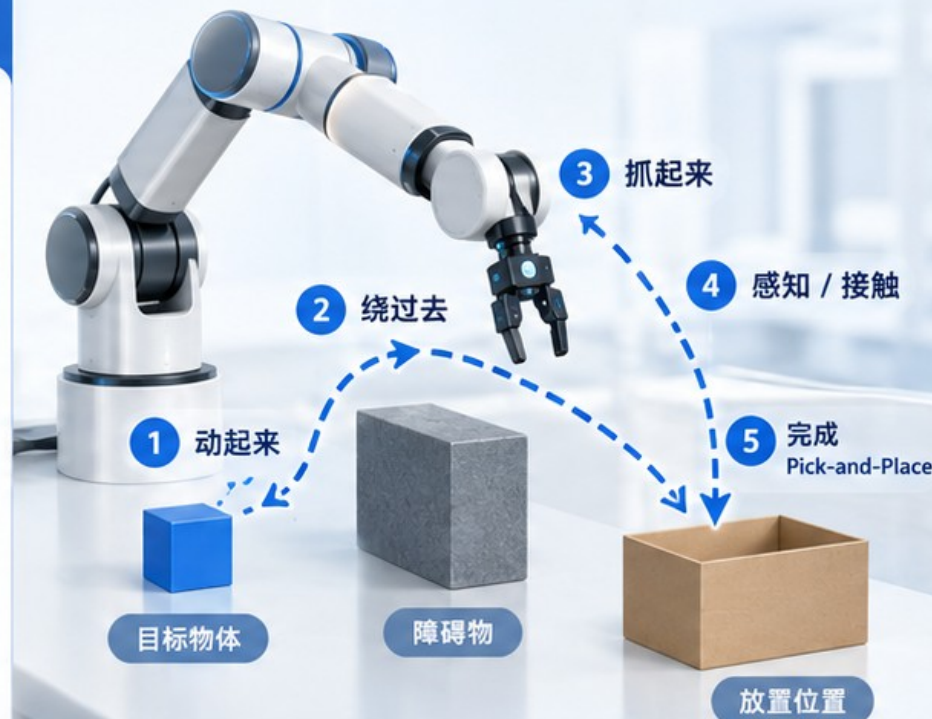
使用视觉或力/触觉，实现感知与接触

Lab 5



完成 Pick-and-Place

综合运用，实现完整操作任务



每一次实验，都为最终完整操作任务增加一种能力。

课程设计：9 周理论 + 4-5 周实验，围绕 Pick-and-Place 主线展开

5 次实验，我们最终要做到什么？

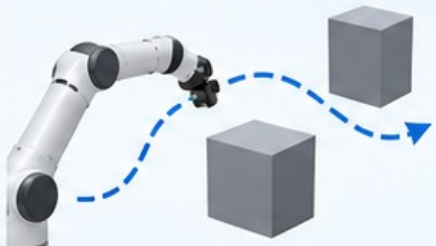
实验主线： Move → Plan → Grasp → Sense / Interact → Manipulate

Lab 1 Move 机械臂运动基础



学会控制机械臂，
让它准确、平稳地运动。

Lab 2 Plan 避障与运动规划



学会为机械臂规划安全、
可行的运动轨迹，避开障碍物。

Lab 3 Grasp 夹爪抓取与搬运



学会使用夹爪稳定抓取物体，
并完成简单的搬运。

Lab 4 Sense / Interact 视觉感知或柔顺接触



学会使用视觉感知识别物体，
或通过力控实现柔顺接触。

Lab 5 Manipulate 综合 Pick-and-Place 挑战



综合运用运动、规划、抓取、感知等能力，
完成指定物体的 Pick-and-Place 挑战。



最终目标： 让机器人把指定物体抓起，避开障碍物，并放入目标区域。

这门课不是只看公式

学习方式：案例驱动 + 图示讲解 + 少量核心公式 + 实验验证

案例驱动

- 每周都围绕一个真实操作问题展开

图示讲解

- 用系统图、流程图、场景图理解模块关系

少量公式

- 只保留支撑理解和实验实现的核心公式

实验验证

- 让学生亲手把每个模块跑起来

课程目标不是死记公式，而是理解机器人如何真正完成任务。

从“机器人怎么动”走向“机器人怎么做事”。

课堂讨论：一次操作任务为什么会失败？

把失败原因映射到系统模块

看错了

感知 / 识别

位置估错了

位姿估计

抓点不好

抓取规划

路径撞了

运动规划

夹不稳

接触 / 摩擦

放歪了

控制 / 反馈

讨论方式

小组任选一个失败场景，说明：失败发生在哪个模块？应该如何改进？

分析失败，是理解机器人操作系统最有效的入口。

下一节课预告

机器人怎样知道“东西在哪里”？

下一节课核心问题

相机说杯子在它前面 **30 cm**，机器人怎样知道杯子相对于机械臂基座在哪里？

关键词

坐标系 · 齐次变换 · 正运动学 · 物体位姿

下周开始进入理论，但目标仍然是服务真实操作任务。

本周小结与思考题

Summary & Questions

感知世界 · 规划行动 · 操作未来

本周小结

-  机器人操作关注的是“完成任务”，而不只是“机械臂运动”。
-  一次操作任务通常包含：感知、位姿估计、抓取规划、运动规划、控制与执行。
-  典型案例是 Pick-and-Place：
看见 → 判断 → 抓取 → 搬运 → 放置。
-  后续课程将逐步展开每个核心模块。

参考资料



MIT Robotic Manipulation course notes



Modern Robotics book and video resources



Movelt 2 tutorials

思考题

-  为什么仅仅让机械臂到达某个位置，不一定能完成抓取任务？
-  如果桌面上有障碍物，机器人还需要增加哪一个关键模块？
-  家庭机器人与工业机器人在操作任务上面临的困难有什么不同？

让机器人
理解物理世界
并与之交互

下一周：
机器人怎样知道物体在哪里？

参考资料与建议阅读

第一周课后资料

MIT Robotic Manipulation

课程主结构、操作系统视角、Pick-and-Place、感知—规划—控制框架

<https://manipulation.mit.edu/>

Modern Robotics

刚体运动、自由度、位姿、运动学、Jacobian 等基础概念

<https://modernrobotics.northwestern.edu/>

MoveIt 2 Tutorials

运动规划、避障、Pick-and-Place 与 ROS2 机器人操作实践

<https://moveit.picknik.ai/main/>

课后思考

找一个你身边的操作任务，尝试拆成“感知—位姿—抓取—规划—控制—执行”六个环节。

下一周：坐标与正运动学。