

# 先导课

## SLAM的应用价值与技术难点



主讲人：张虎

(小虎哥哥爱学习)

### ■ 先导课 ✓

- 第1季：快速梳理知识要点与学习方法
- 第2季：详细推导数学公式与代码解析
- 第3季：代码实操以及真实机器人调试
- 答疑课

----- (永久免费 • 系列课程 • 长期更新) -----

## 本书内容安排

### 一、编程基础篇

第1章：ROS入门必备知识

第2章：C++编程范式

第3章：OpenCV图像处理

### 二、硬件基础篇

第4章：机器人传感器

第5章：机器人主机

第6章：机器人底盘

### 三、SLAM篇

第7章：SLAM中的数学基础

第8章：激光SLAM系统

第9章：视觉SLAM系统

第10章：其他SLAM系统

### 四、自主导航篇

第11章：自主导航中的数学基础

第12章：典型自主导航系统

第13章：机器人SLAM导航综合实战

附录A：Linux与SLAM性能优化的探讨

附录B：习题

# 内容概要

1. SLAM价值
2. 产业应用与生态
3. 核心技术与难点

## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM



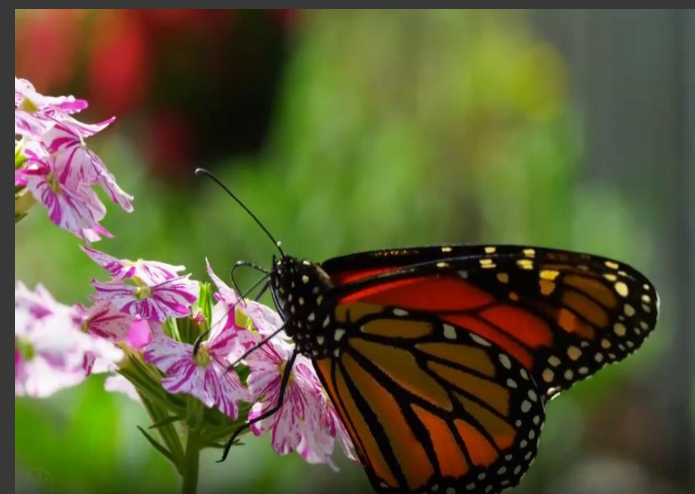
植物中隐藏的智慧



向日葵向阳



蒲公英随风飘扬



蝴蝶传粉

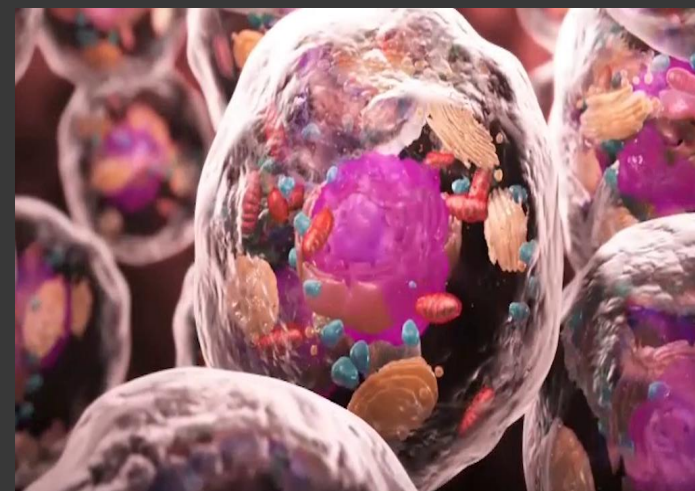


## 1. SLAM价值

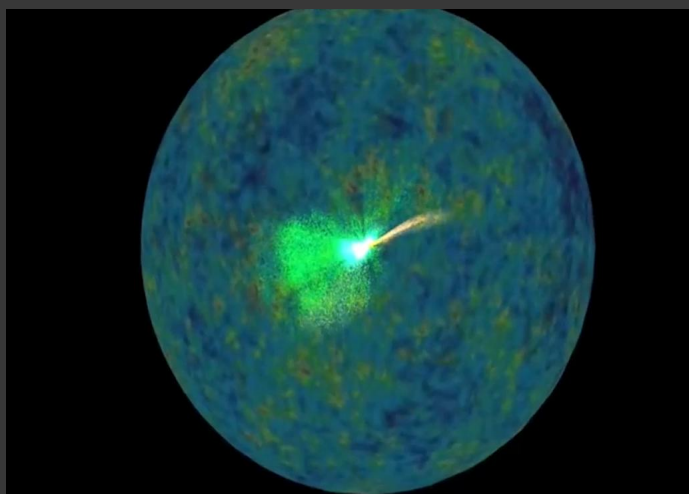
- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM



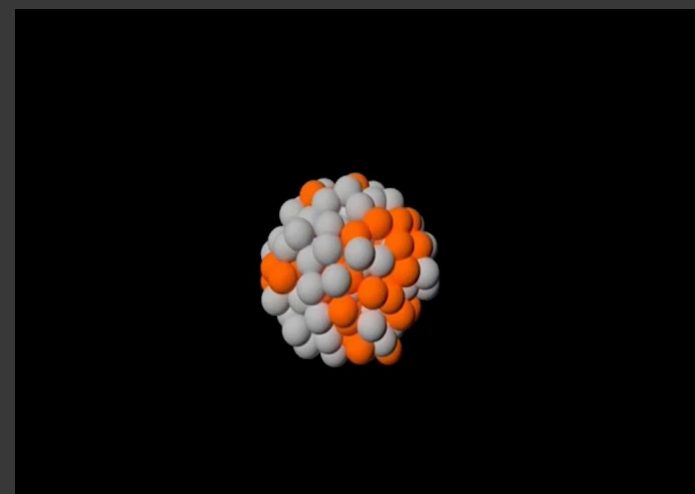
动物大迁徙



细胞代谢



星辰流转



原子裂变

## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM

躯体是智能的载体

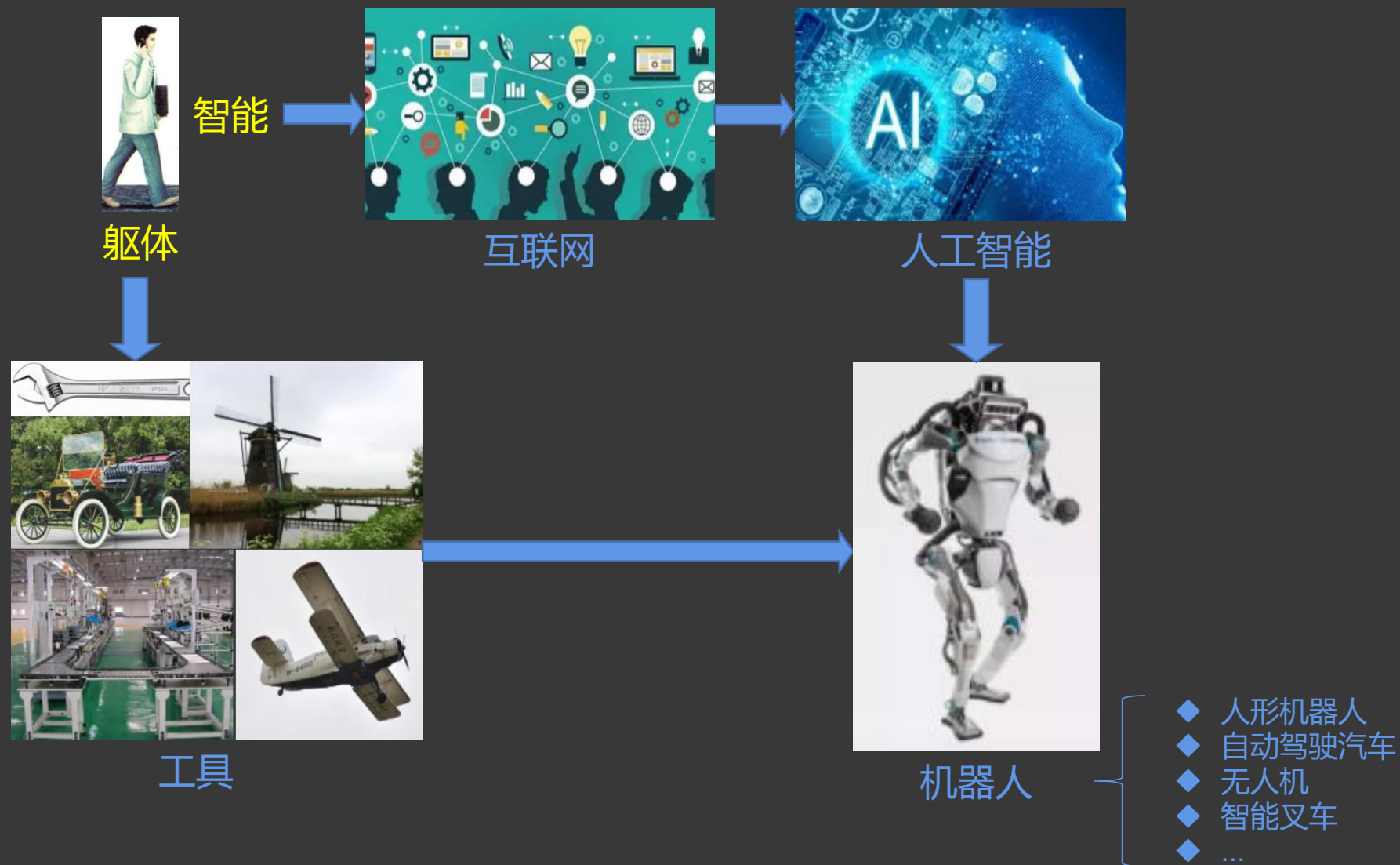
躯体延展了智能的边界



人类 = 躯体 + 智能

## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM



## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM

遥控机器人大战



载人机甲





## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
  - ✓ 让机器人实现完全自主化也就成了人类一直以来的梦想。
  - ✓ 没有外界指令的干预
  - ✓ 机器人能通过传感器和执行机构与环境自动发生交互
  - ✓ 完成特定的任务
- 自主移动技术
- SLAM

## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM



环境交互

上学、工作、吃饭、旅行、.....



环境交互

底层技术基石



实现机器人自主化的关键



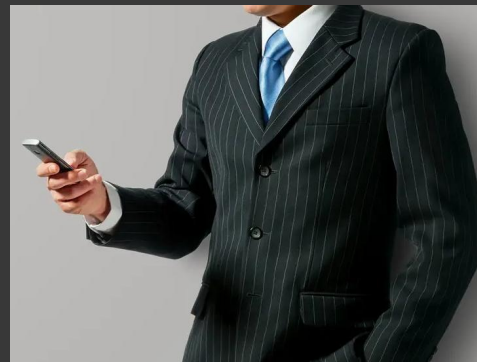
## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM

### 为什么需要自主移动？



世界上第一台计算机



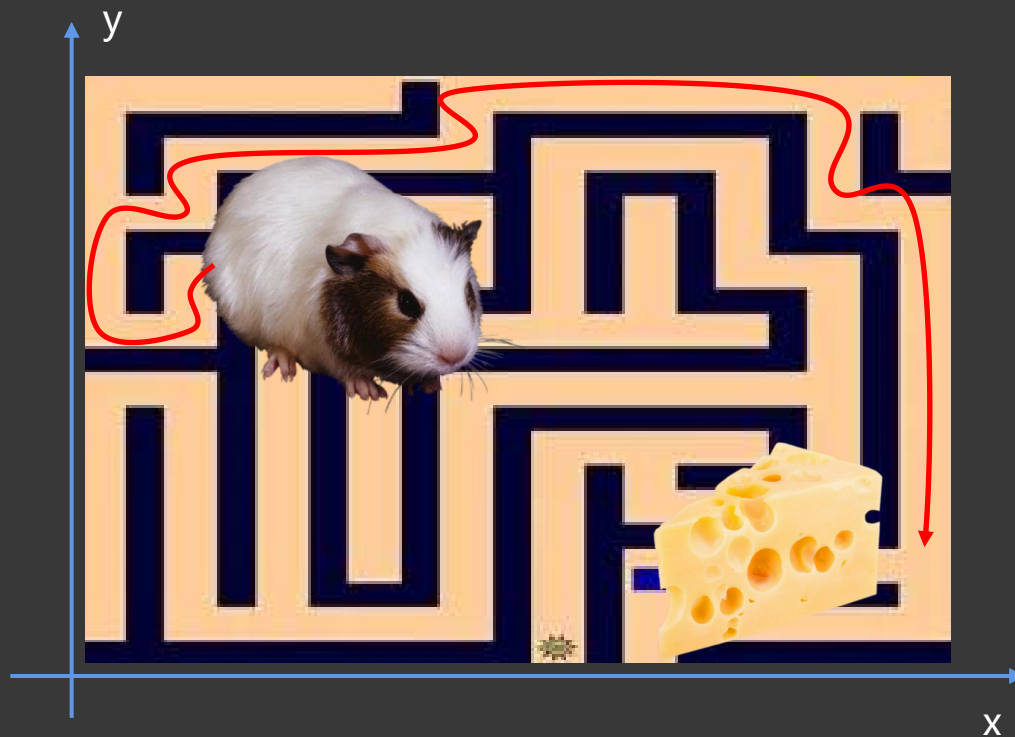
智能手机



自主移动机器人

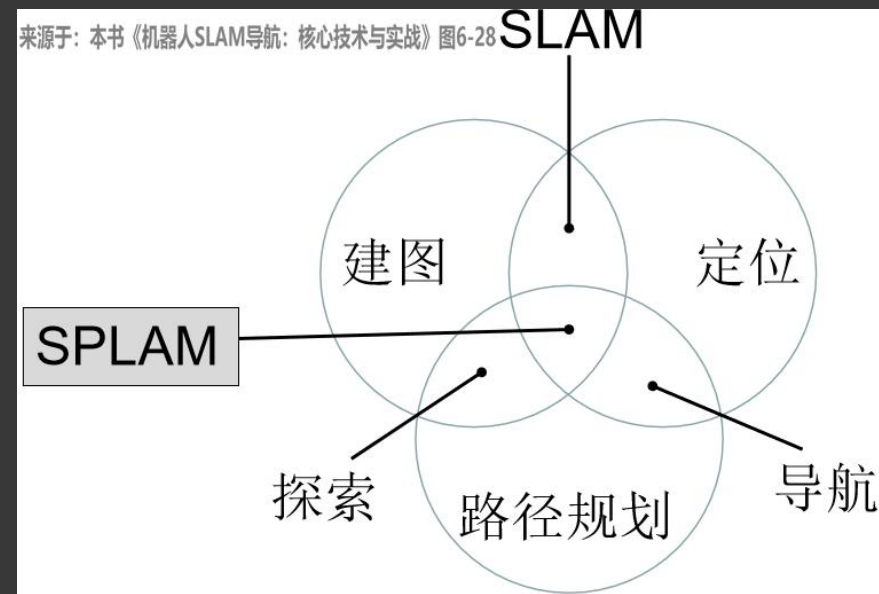
## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM



自主移动实质上就是解决从地点A到地点B的问题

- ① 我在哪？
- ② 我将到何处去？
- ③ 我该如何去

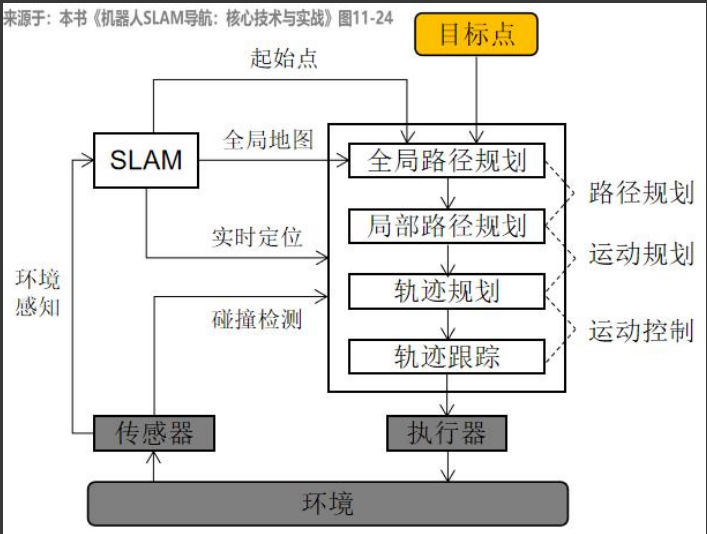
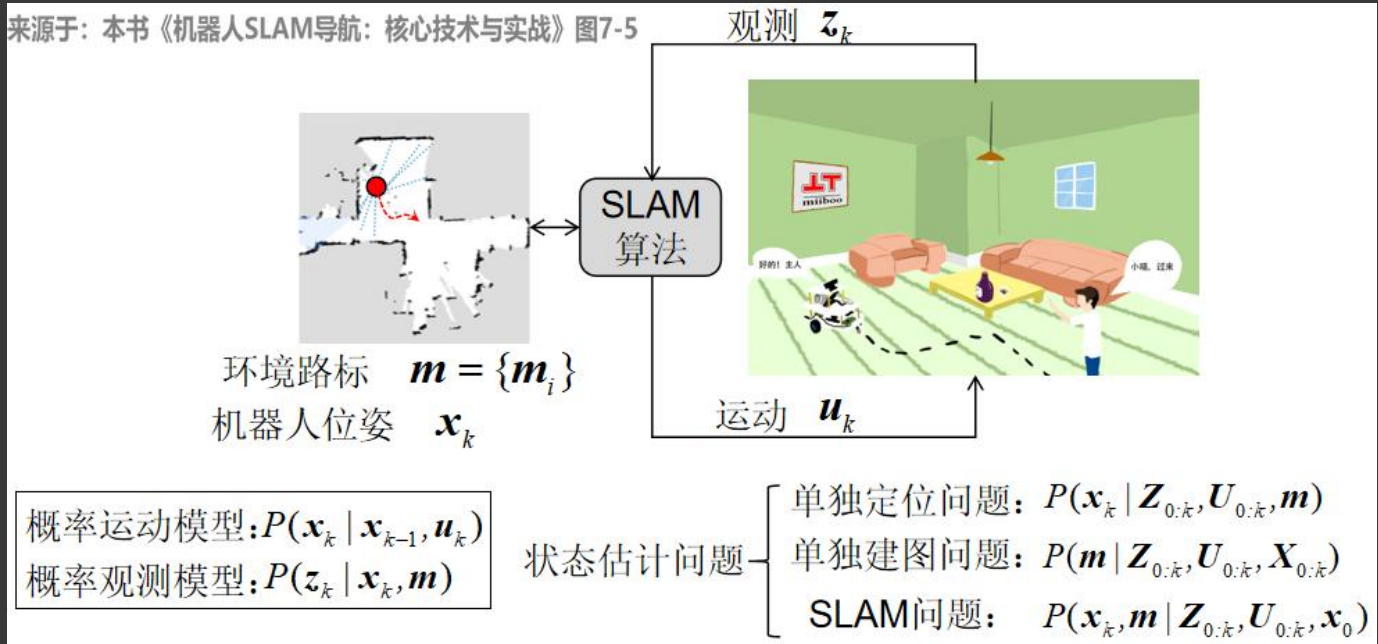


SLAM导航技术



# 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM

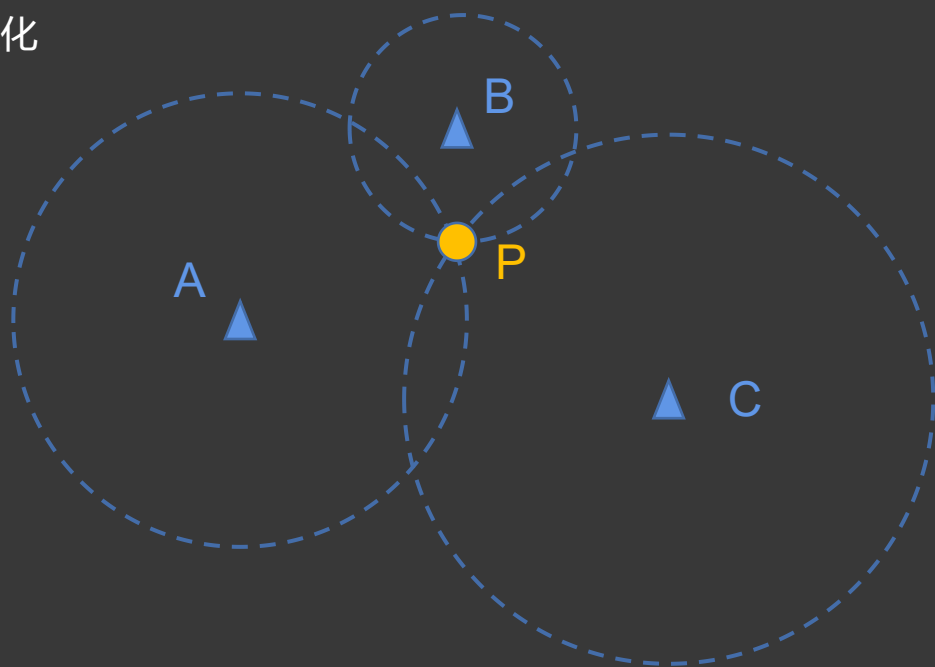


## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM

### SLAM究竟是什么？

SLAM用于解决定位和建图两个问题，因此要从单独的定位和建图分别说起。



#### 定位问题：

- 已知全局地图坐标信息
  - 利用观测求解机器人在地图中的坐标
- 
- 已知A、B、C在地图中的坐标值
  - 观测发现， $PA=6$ ， $PB=3$ ， $PC=7$
  - 求解P在地图中的坐标值

## 1. SLAM价值

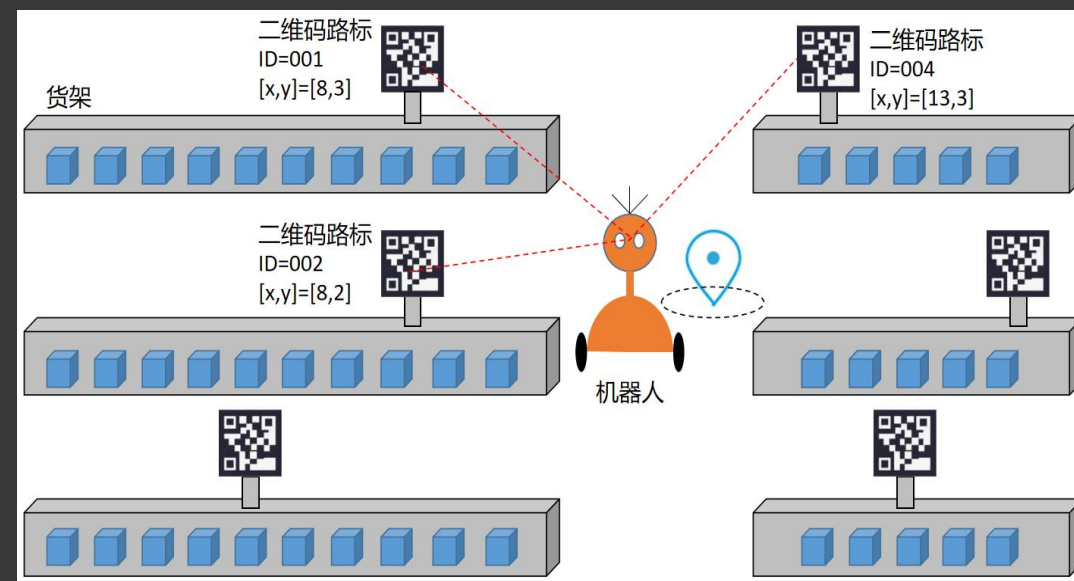
- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM

### SLAM究竟是什么？

SLAM用于解决定位和建图两个问题，因此要从单独的定位和建图分别说起。



全球卫星定位



二维码定位

## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM

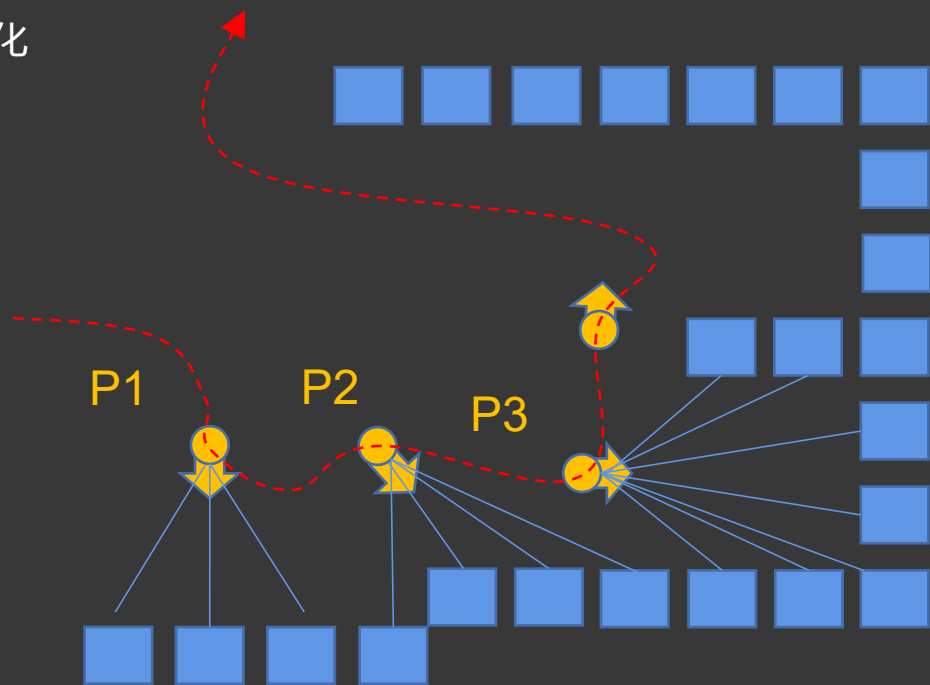
### SLAM究竟是什么？

SLAM用于解决定位和建图两个问题，因此要从单独的定位和建图分别说起。

#### 建图问题：

- 已知机器人的实时坐标
- 利用观测求解被观测物体的坐标

- 已知机器人的实时坐标 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、.....
- 通过观测可以获取物体与机器人的距离 $R$ 和角度 $\theta$
- 求解被观测物体的坐标，并构建出全局地图





## 1. SLAM价值

### SLAM究竟是什么？

SLAM用于解决定位和建图两个问题，  
因此要从单独的定位和建图分别说起。

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM



大地测绘



CT扫描

## 1. SLAM价值

### SLAM究竟是什么？

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM

定位问题

VS

建图问题



- 定位是以准确的地图信息为前提
- 实际往往不具备这样的前提条件
- 先有鸡还是先有蛋的问题



## 1. SLAM价值

### SLAM究竟是什么？

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM



## 1. SLAM价值

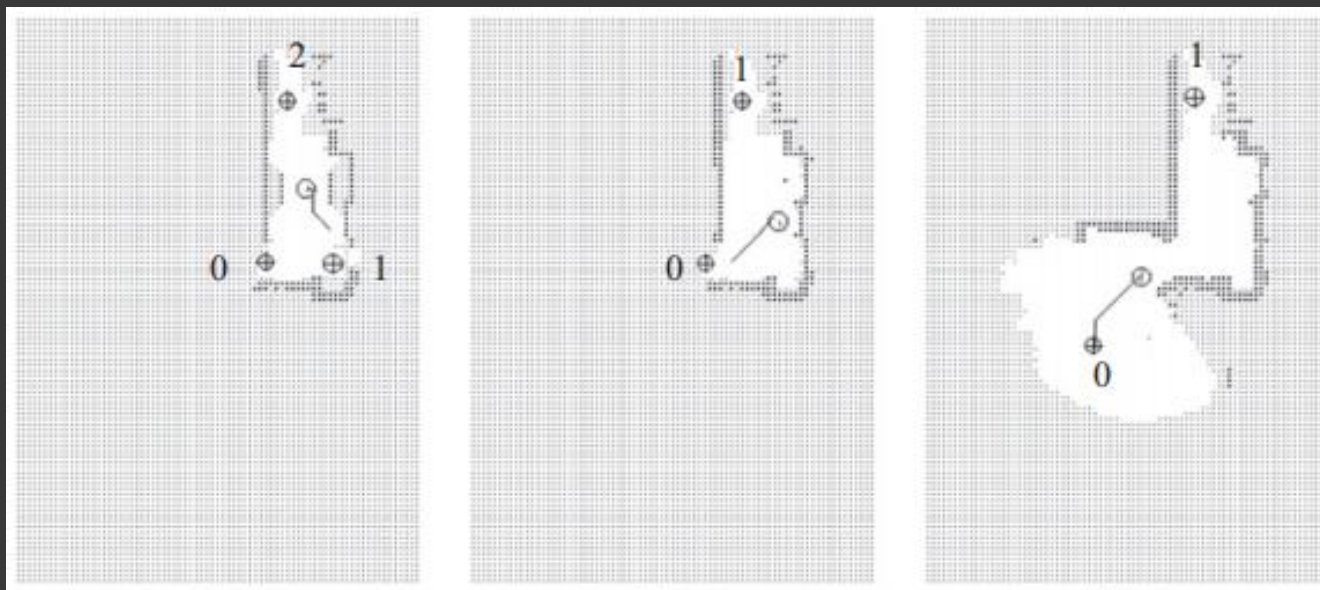
### SLAM究竟是什么？

- 躯体使智能得以延展
- AI的最终归宿是机器人
- 机器人的完全自主化
- 自主移动技术
- SLAM

定位问题：“我需要有地图，才能定位”

建图问题：“我需要有定位，才能建图”

SLAM问题：“定位和地图我都不需要，我自己能一边定位一边建图”

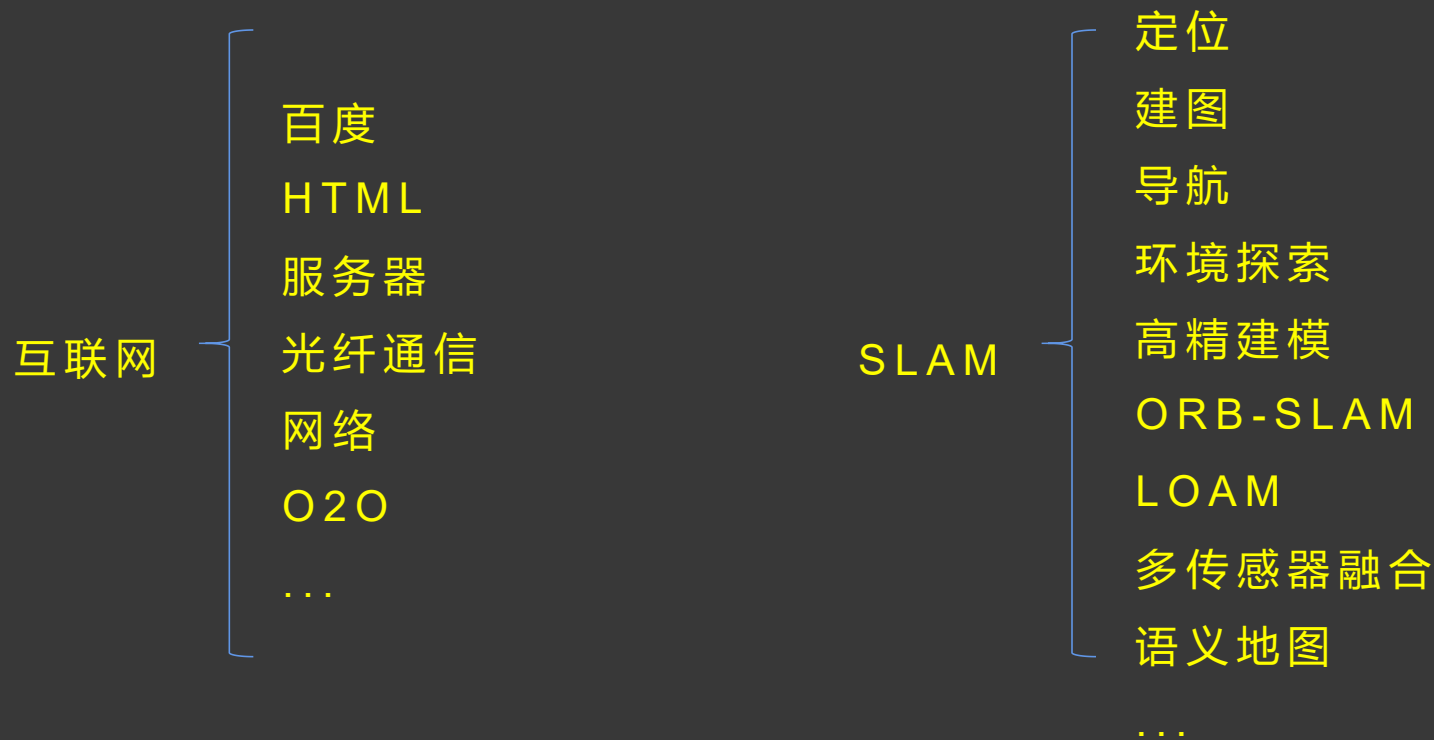


**SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)**  
**同时定位与建图**



## 1. SLAM价值

- 躯体使智能得以延展
  - AI的最终归宿是机器人
  - 机器人的完全自主化
  - 自主移动技术
  - SLAM
- SLAM并不仅仅指代某种特定算法
  - SLAM是一种问题的总称



# 内容概要

1. SLAM价值
2. 产业应用与生态
3. 核心技术与难点

## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他



火星探测



机器人士兵



救援抢险



深海勘探



农业采摘



无人驾驶



物流配送



服务机器人

总之，就是需要自主移动的各种场景应用

## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他





## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他



## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他





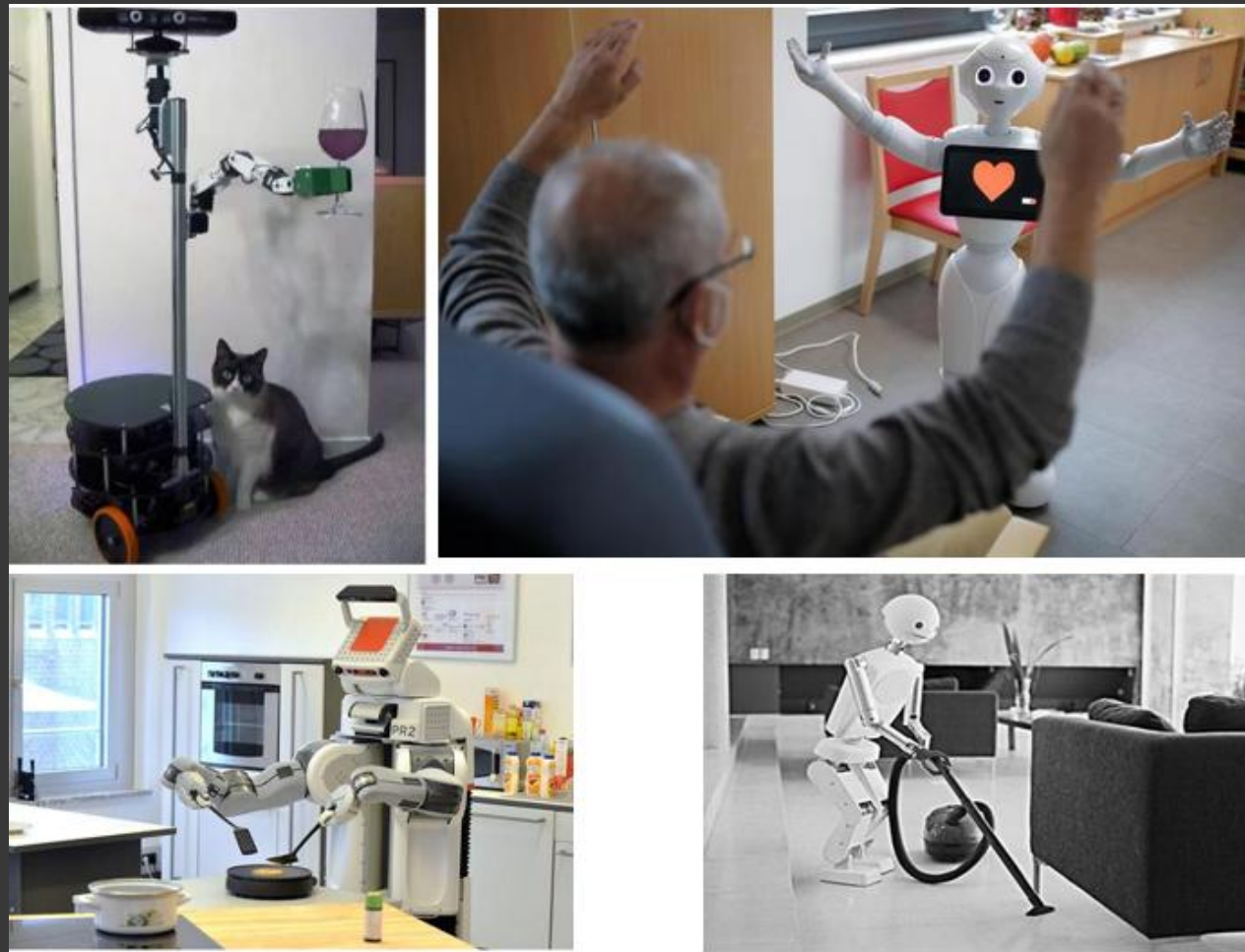
## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他



## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他





## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- **农业机器人**
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他





## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他



## 2. 产业应用与生态

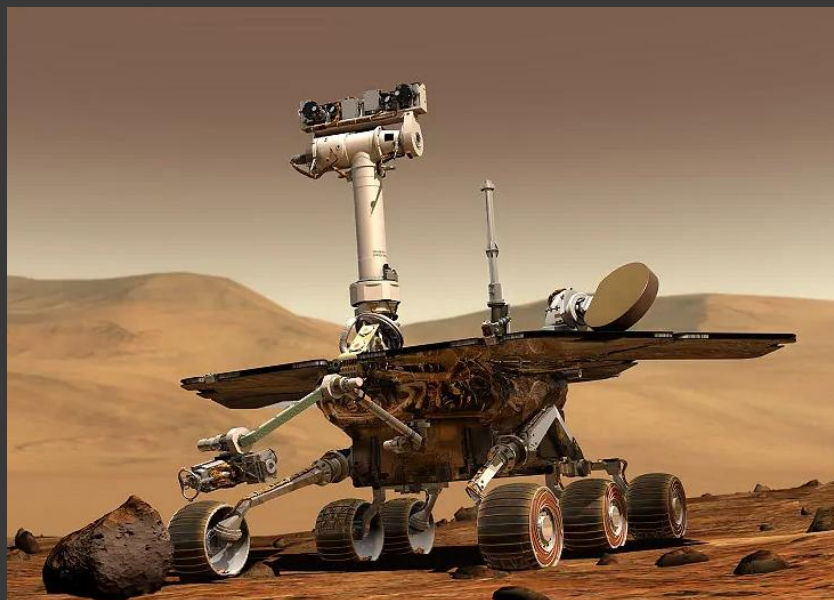
- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他





## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他



火星探测车



军事补给运输机器人

## 2. 产业应用与生态

- 导览机器人
- 安防机器人
- 清扫机器人
- 配送机器人
- 家庭服务机器人
- 农业机器人
- 无人驾驶
- 特种作业机器人
- 航天军工
- 其他



# 内容概要

1. SLAM价值
2. 产业应用与生态
3. 核心技术与难点



### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

		在线SLAM系统	完全SLAM系统
贝叶斯网络表示	EKF滤波	EKF-SLAM	
	粒子滤波		Fast-SLAM
最小二乘表示	直接法		Graph-SLAM
	优化法		现今主流SLAM

3. 核心技术与难点

■ SLAM主要技术路线

■ AI与SLAM的强强联合

■ 行业痛点

■ 学习方法论

■ 如何寻找研究方向

滤波方法

$$P(x_k \mid z_{1:k}, u_{1:k}, m)$$
$$P(x_k, m \mid z_{1:k}, u_{1:k})$$
$$P(x_{1:k}, m \mid z_{1:k}, u_{1:k})$$

卡尔曼滤波

信息滤波

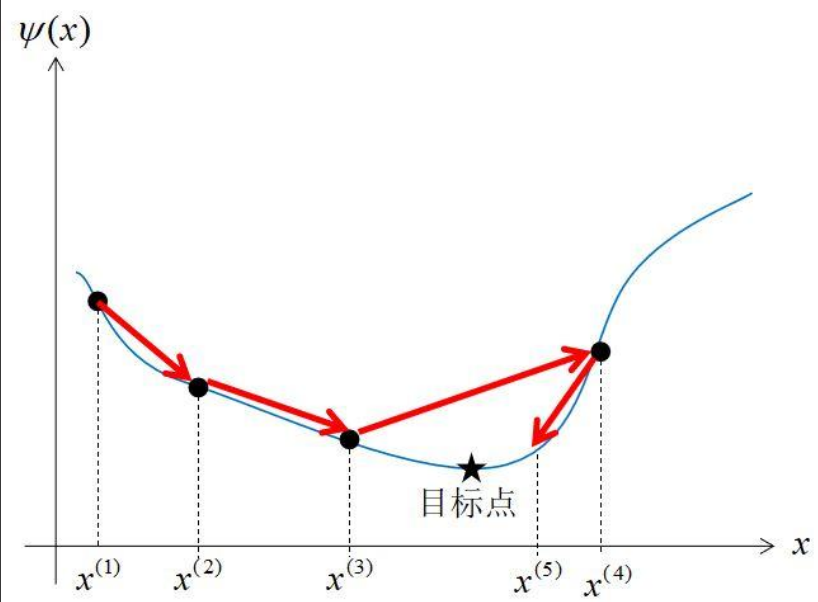
粒子滤波

VS

优化方法

$$\min_x \sum_i \|y_i - f(x_i)\|_{\Sigma_i^{-1}}^2$$

梯度下降



举个例子：用两只温度计如何估计温度？

$$\hat{T}_{\text{est1}} = \frac{T_1 + T_2}{2}$$
$$\hat{T}_{\text{est2}} = \alpha \cdot T_1 + (1 - \alpha) \cdot T_2$$

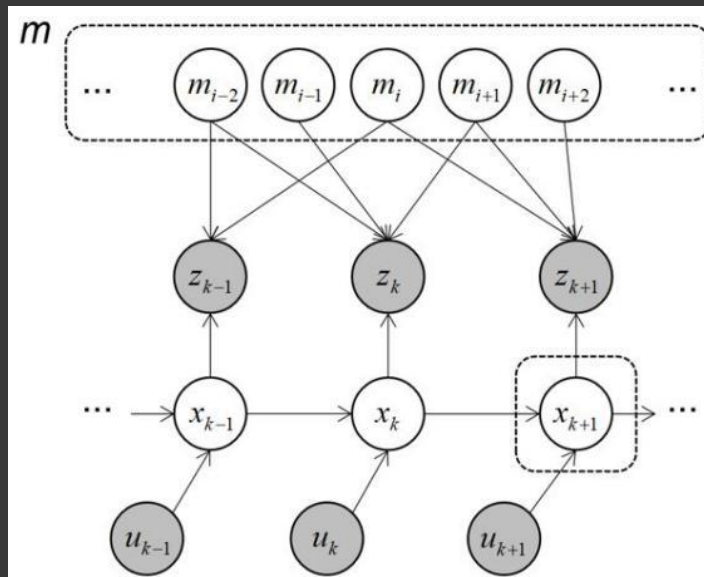
### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

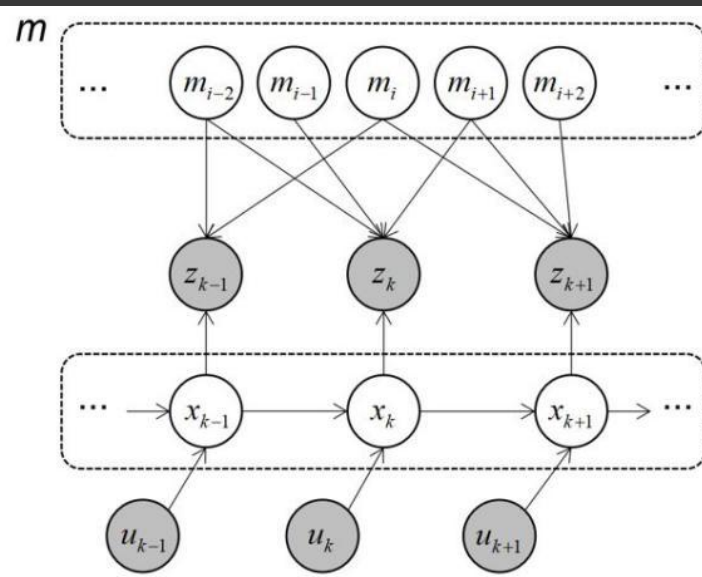
在线SLAM

VS

完全SLAM



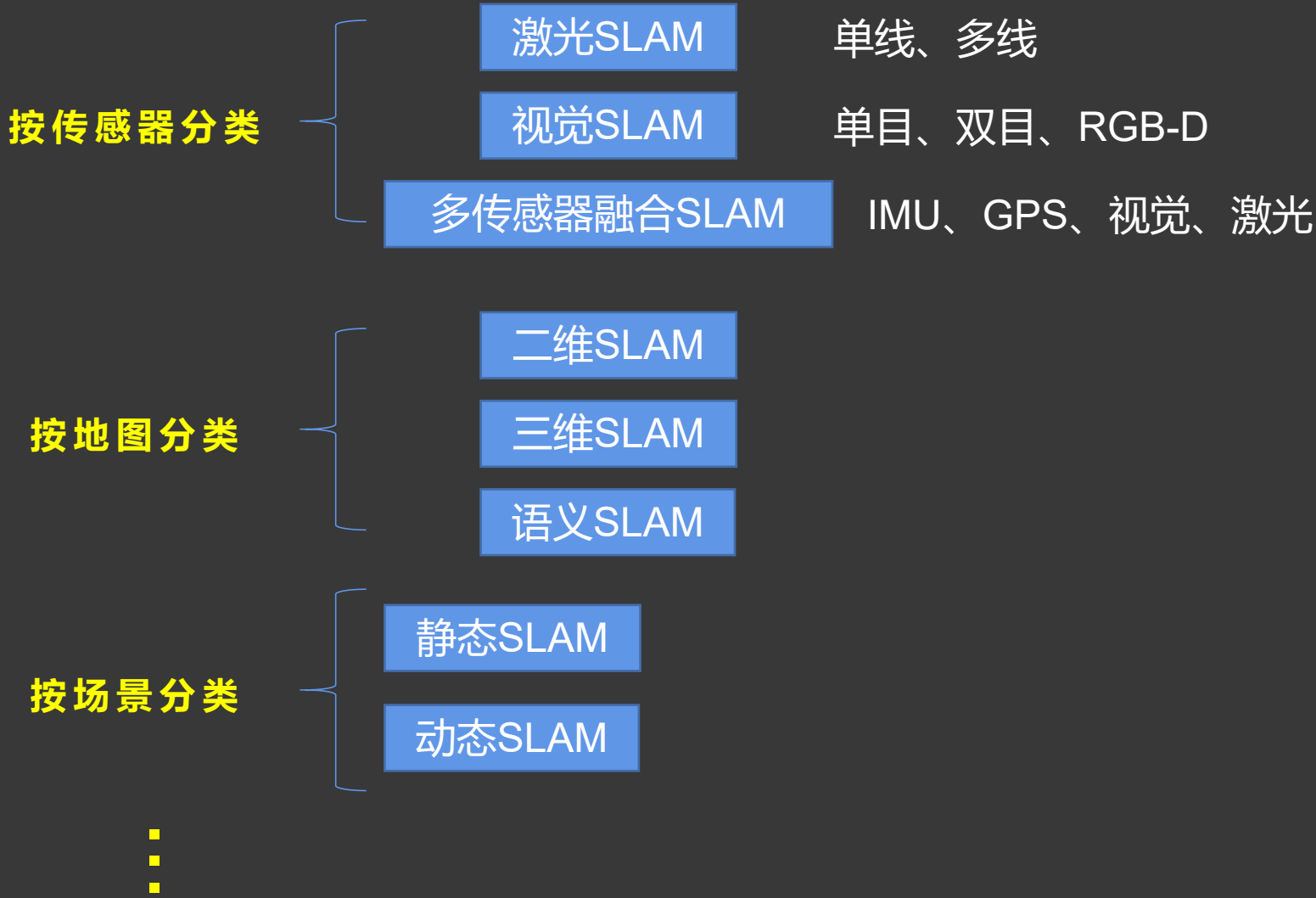
(a)在线SLAM系统



(b)完全SLAM系统

### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向



### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

AI与SLAM的结合大致分为3个思路：

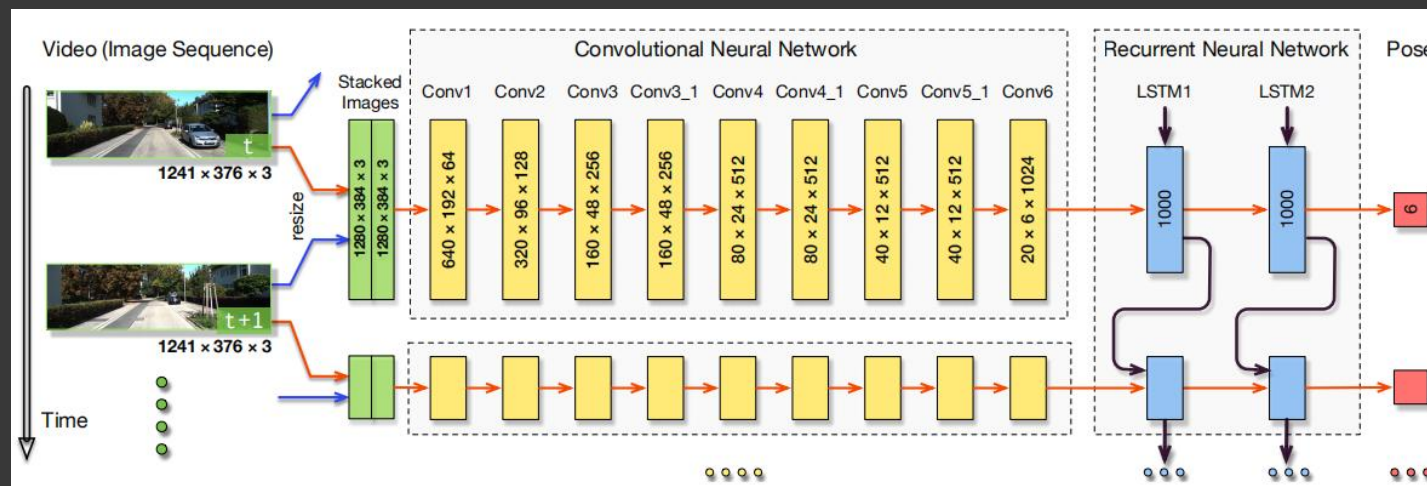
- 思路1：用AI实现SLAM的所有功能
- 思路2：用AI改进SLAM的部分功能
- 思路3：介于思路1和思路2之间



### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

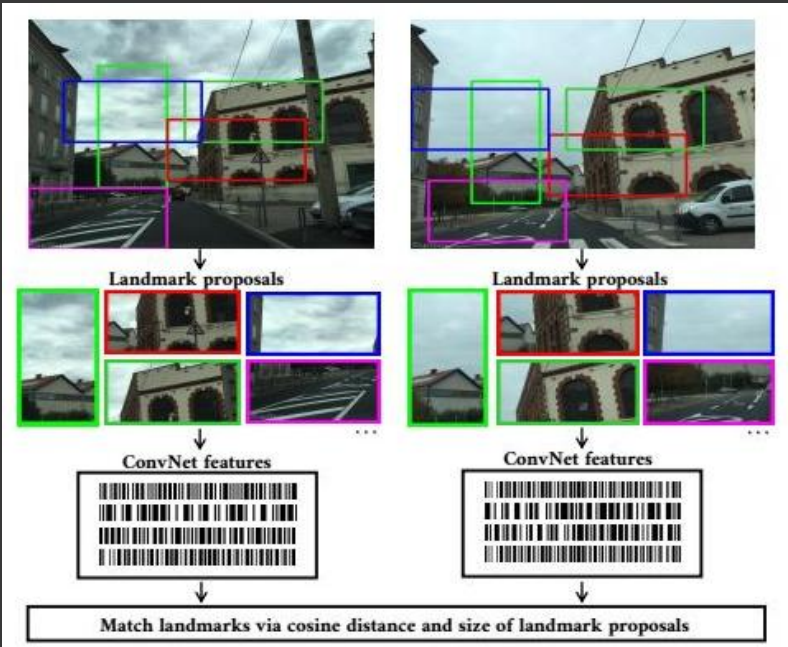
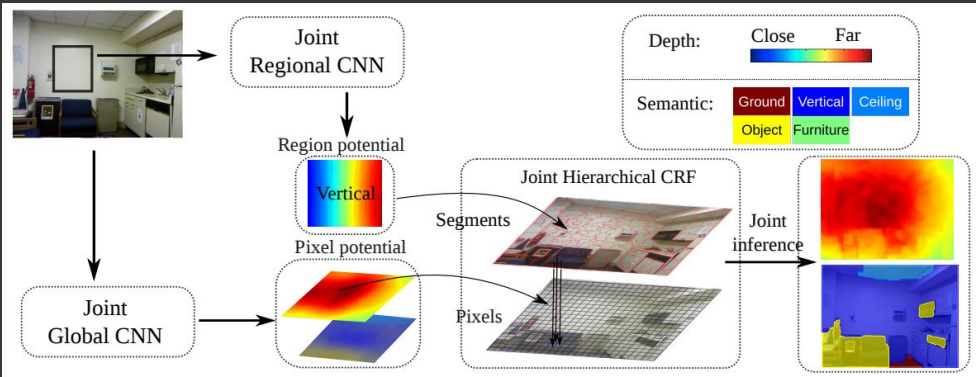
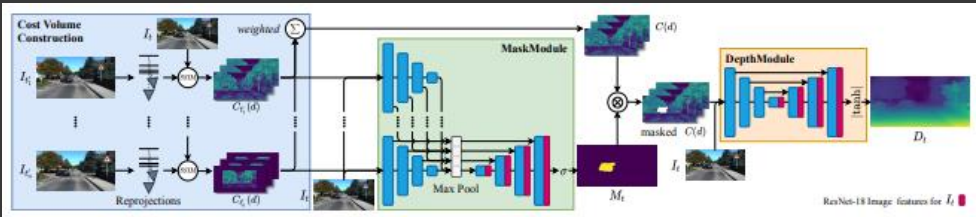
#### 思路1：用AI实现SLAM的所有功能



### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

#### 思路2：用AI改进SLAM的部分功能



### 3. 核心技术与难点


- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向



学习SLAM数学理论的心路历程

### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

 SLAM

- [raulmur/ORB\\_SLAM2](#)
- [cartographer-project/cartographer](#)
- [tum-vision/lsl\\_slam](#)
- [introlab/rtabmap](#)
- [TixiaoShan/LIO-SAM](#)
- [RobustFieldAutonomyLab/LeGO-LOAM](#)
- [mp3guy/ElasticFusion](#)
- [koide3/hdl\\_graph\\_slam](#)
- [rpng/open\\_vins](#)
- [gradslam/gradslam](#)
- [MIT-SPARK/Kimera-VIO](#)
- [Ewenwan/ORB\\_SLAM2\\_SSD\\_Semantic](#)


```
// Perform all RANSAC iterations and save the solution with highest score
for(int it=0; it<mMaxIterations; it++)
{
    // Select a minimum set
    for(size_t j=0; j<8; j++)
    {
        int idx = mvSets[it][j];

        vPn1i[j] = vPn1[mvMatches12[idx].first];
        vPn2i[j] = vPn2[mvMatches12[idx].second];
    }

    cv::Mat Hn = ComputeH21(vPn1i,vPn2i);
    H21i = T2inv*Hn*T1;
    H12i = H21i.inv();

    currentScore = CheckHomography(H21i, H12i, vbCurrentInliers, mSigma);

    if(currentScore>score)
    {
        H21 = H21i.clone();
        vbMatchesInliers = vbCurrentInliers;
        score = currentScore;
    }
}
```



矩阵?  
向量?  
加减乘除?

代码中的各种矩阵向量的运算公式都是什么鬼哦



### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向



移植代码过程中的心酸只有自己知道



### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向



各种辣眼睛的传感器融合方法

## 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

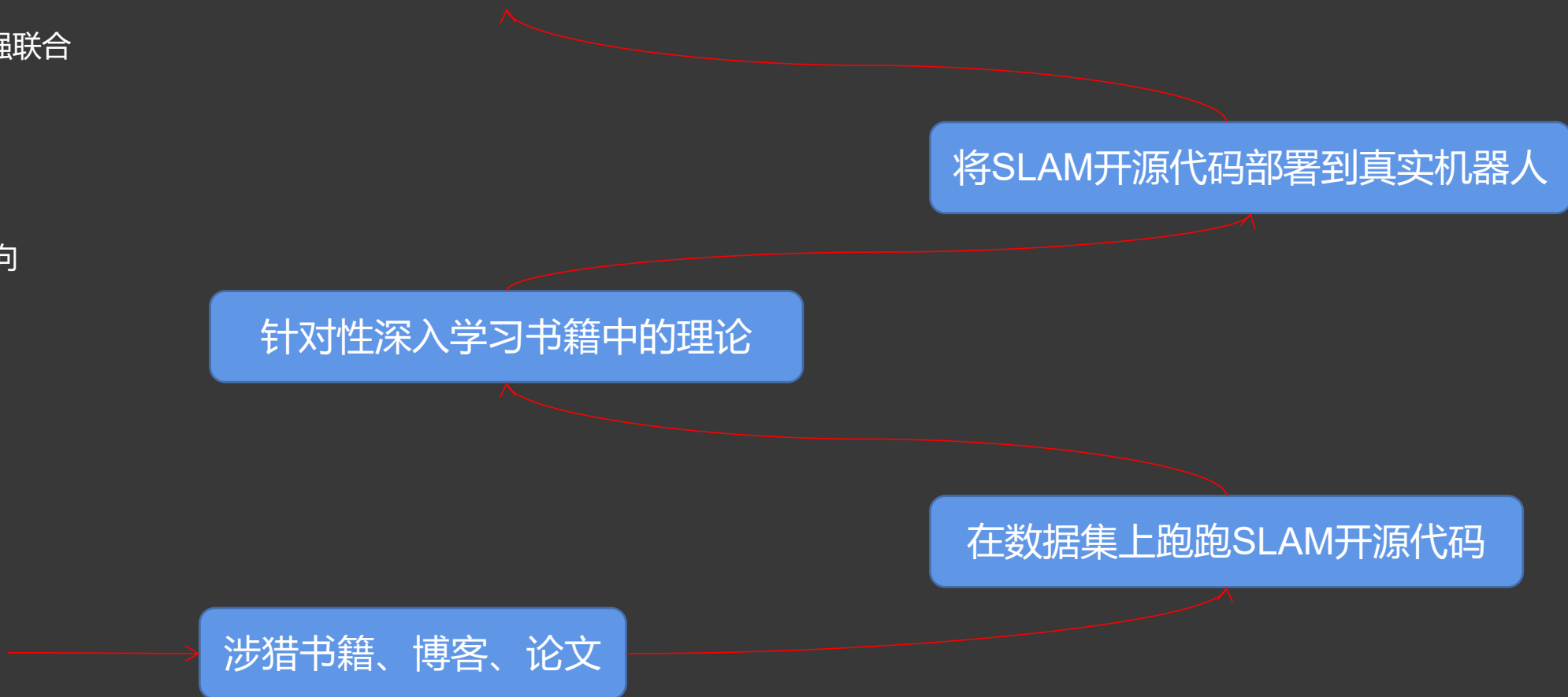
**SLAM**是一个软硬件相结合，理论加实战的浩大工程性问题

企业的目的是要将**SLAM**技术真正落地到产品，  
而不是等你慢慢研究数学理论或简单调几个参数，  
每个从业者都应该建立起大局观以避免重复造轮子，  
换句话说我们缺乏**SLAM**全栈人才，这也正是我写这本书的初衷。

### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

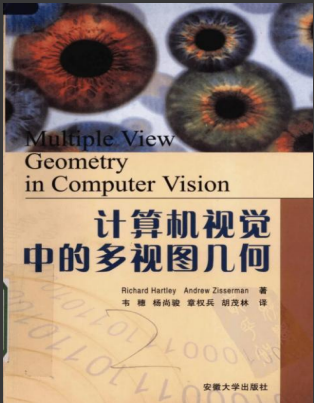
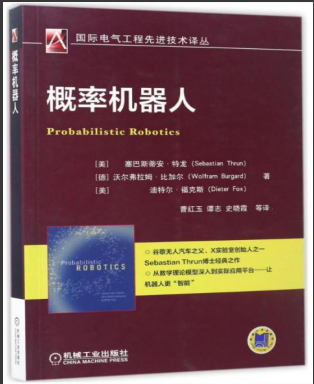
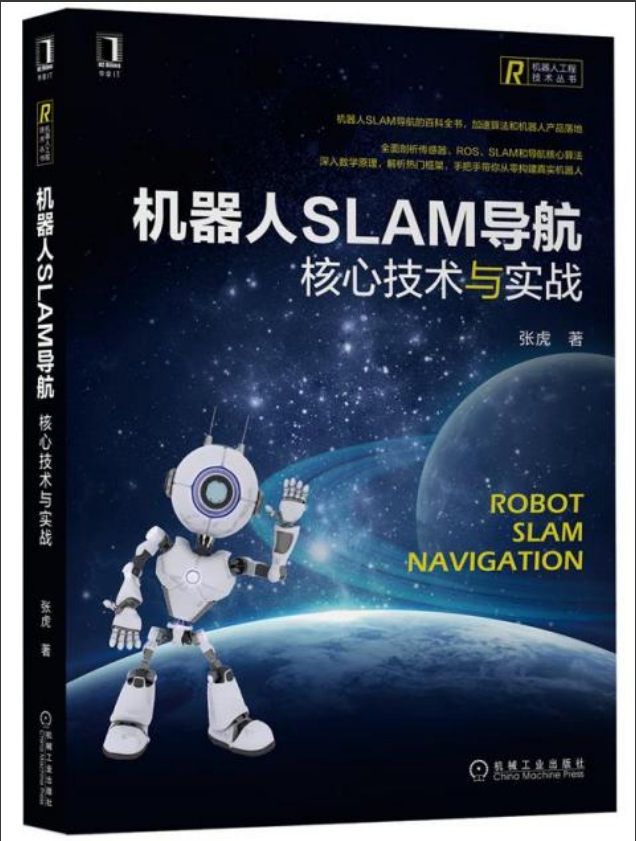
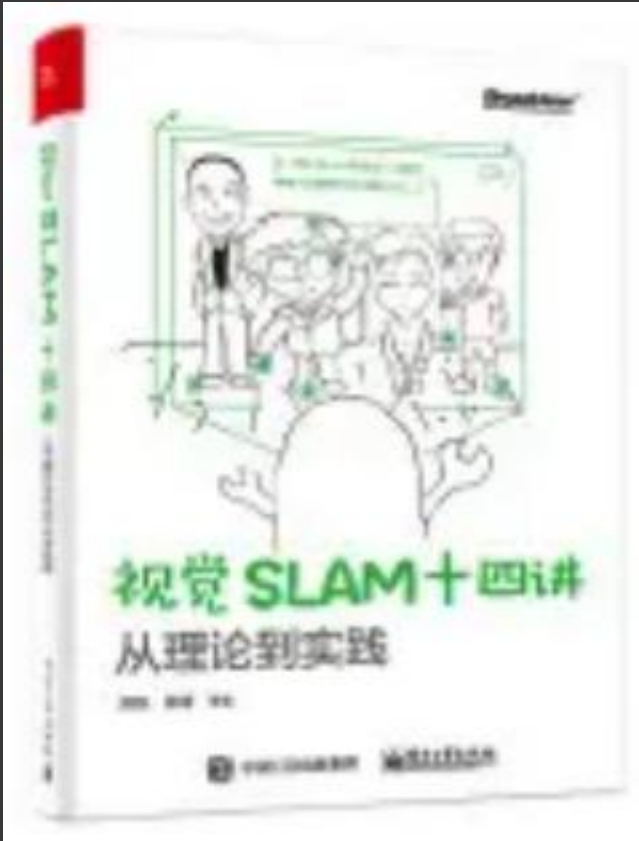
螺旋上升



3. 核心技术与难点

螺旋上升

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向



### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

巨大的信息量是获取研究思路的前提

国际顶级会议：

- ✓ CVPR
- ✓ ICRA
- ✓ ICCV
- ✓ IROS
- ✓ NIPS
- ✓ RSS
- ✓ ICML

国际顶级期刊：

- ✓ JFR
- ✓ IJCV
- ✓ IJRR
- ✓ TRO



### 3. 核心技术与难点

- SLAM主要技术路线
- AI与SLAM的强强联合
- 行业痛点
- 学习方法论
- 如何寻找研究方向

我给大家建议的研究方向：

- ① 发现新应用领域：水下SLAM应用、手动编辑SLAM地图、SLAM云计算化
- ② 软件工程的优化：去ROS化、裸机级SLAM、跨平台兼容
- ③ 改进SLAM某些功能模块：特征提取新方法、闭环检测可靠性、持久化建图机制
- ④ 多传感器融合：传感器标定、时间戳同步、去干扰数据、数据关联
- ⑤ AI+SLAM：端到端SLAM、语义SLAM、特征工程
- ⑥ 克服异常场景：玻璃障碍物、传感器盲区、光照变化、上下坡问题

- 例程源码下载: [https://github.com/xiihoo/Books\\_Robot\\_SLAM\\_Navigation](https://github.com/xiihoo/Books_Robot_SLAM_Navigation)
- 课件PPT下载: [www.xiihoo.com](http://www.xiihoo.com)

## 【先导课】

- 第1期：课程大纲 ✓
- 第2期：如何安装Ubuntu系统 ✓
- 第3期：SLAM的应用价值与技术难点 ✓

完结撒花

【第 1 季】：快速梳理知识要点与学习方法

【第 2 季】：详细推导数学公式与代码解析

【第 3 季】：代码实操以及真实机器人调试

【答疑课】

敬请关注,长期更新...

下集预告