

机器人学II

李硕、李亮
控制科学与工程学院

内容概要（40学时）

- 简介（3学时）
- 导航规划（12学时）
 - 路径规划（4学时）、避障规划（1学时）、轨迹规划（3学时）、融合导航（2学时）
 - 课堂讨论（2学时）
- 移动机器人运动学建模（3学时）
 - 轮式移动机器人运动学建模（3学时）
- 地图表示与状态估计（22学时）
 - 地图表示与局部地图构建（3学时）、里程估计（5学时）、自主定位（9学时）、SLAM问题及求解（3学时）
 - 课堂讨论（2学时）



课程安排	周次	日期课时	内容	授课老师
	1	9月15日周一3-5节	移动机器人简介+路径规划I	李硕
		9月19日周五3-4节	路径规划II	李硕
	2	9月22日周一3-5节	避障规划	李硕
		9月26日周五3-4节	轨迹规划I	李硕
	3	9月29日周一3-5节	轨迹规划II+融合导航	李硕
		10月10日周五3-4节	轮式移动运动学建模	李硕
	4	10月13日周一3-5节	导航问题讨论及总结	李硕、助教
		10月17日周五3-4节	里程估计+视觉里程估计	李亮
5	10月18日周六3-4节【调-补10月24日】		自定位问题	李亮
		10月20日周一3-5节	运动模型、观测模型	李亮
6		10月27日周一3-5节	EKF自定位	李亮
		10月31日周五3-4节	粒子滤波自定位	李亮
7		11月3日周一3-5节	SLAM ▽	李亮
		11月7日周五3-4节	定位问题讨论及总结	李亮、助教



课程考核方式

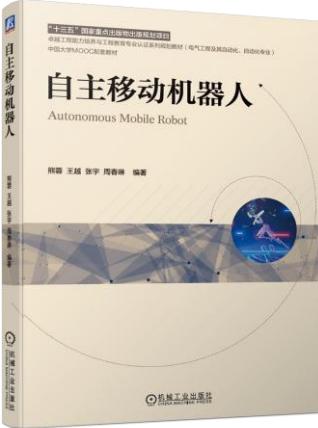
- 平时作业成绩**60%** (2人一组)
 - 导航规划 20分 (助教 : 贾泽美)
 - ICP里程估计 10分 (助教 : 庞博)
 - EKF定位估计 15分 (助教 : 庞博)
 - 移动机器人技术认知报告 10分
 - 平时课堂讨论5分
 - 2-4大作业要求提供源代码、实验结果视频和一份结果分析报告 (所用方法 · 实验中解决的问题 · 实验结果分析讨论 · 分工贡献 · A4 纸3页)
- 期末考试**40%** (闭卷 · 可带**1张手抄A4纸**)



报告：移动机器人技术认知报告

- 第一次课后：查阅一篇2020-2024年移动机器人导航、里程估计、定位、地图构建方面的文献，国内博士论文一章/T-ITS/JFR/RAS/ICRA/IROS/RSS等，写出该论文针对问题、主要创新点、方法思路，看懂了哪些，看不懂哪些，对哪些基础知识提出了需求（**ppt**方式，9月30日前提交）
- 最后报告，结合课程，再次回顾所阅读论文，看懂了哪些，看不懂哪些，并做一定拓展文献调研，总结比较国内外在这技术方面的成就和特色（课程结束后一周内提交）
- 采用**ppt**方式，最后一页列出参考文献，参考文献总数不超过5篇，参考文献格式：
 - 作者名. 论文名. 期刊[J]. 年份, 卷号(期号):页码
 - 作者名. 论文名. 会议名[J]. 年份, 页码
 - 作者名. 所阅读章名. 博士论文名[D]. 学校. 年份.

参考材料



- 教材：自主移动机器人，熊蓉等，机械工业出版社，2022年第二次出版
- 课件：学在浙大
- 程序例程 <https://github.com/AtsushiSakai/PythonRobotics>



第一讲 絮论

李硕，浙江大学 控制科学与工程学院

智能移动技术应用需求



移动机器人



智能移动技术应用需求



无人驾驶



智能移动技术应用需求

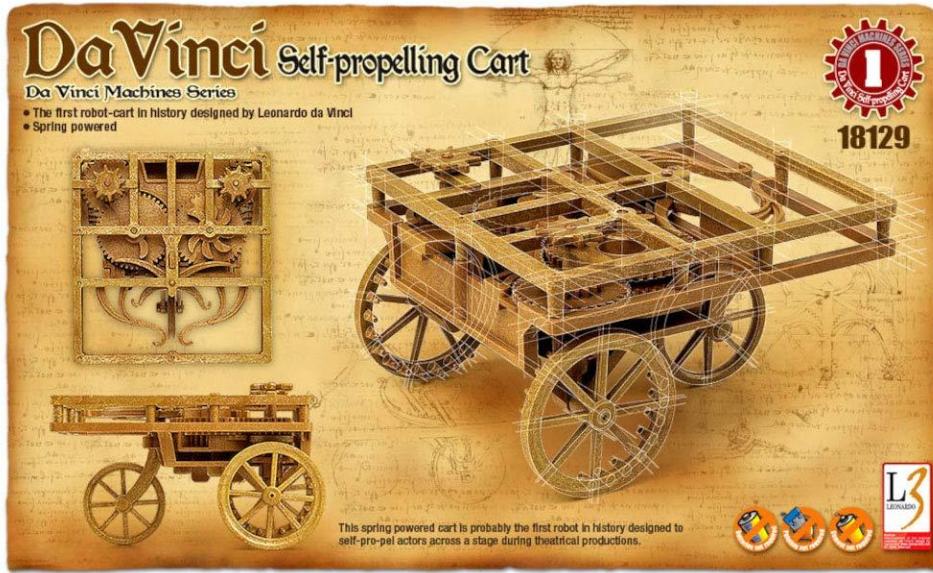


AR



VR

智能移动技术及应用发展历史



1480年达芬奇发明self-propelled cart（自行式手推车），通过对称压缩弹簧和预设转向装置，实现手推车在无人协助的情况下自行移动

智能移动技术及应用发展历史

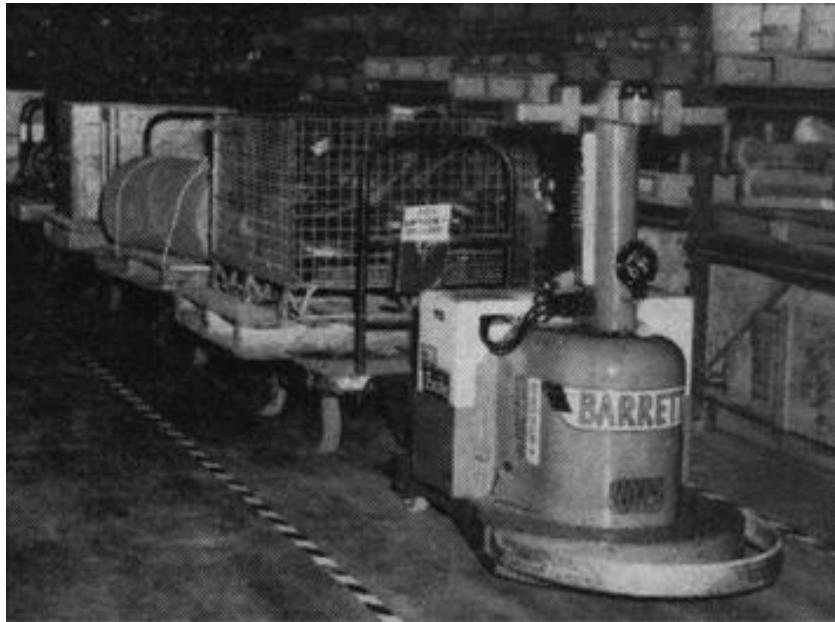


1949年，英国神经生理学家和发明家William Grey Walter演示了光源引导下自主移动的龟型移动小车



奠定了智能移动技术架构

智能移动技术及应用发展历史



1953年第一台AGV(Automated Guided Vehicle 自动导引车)
跟踪嵌入工厂地板中的电线轨道导航



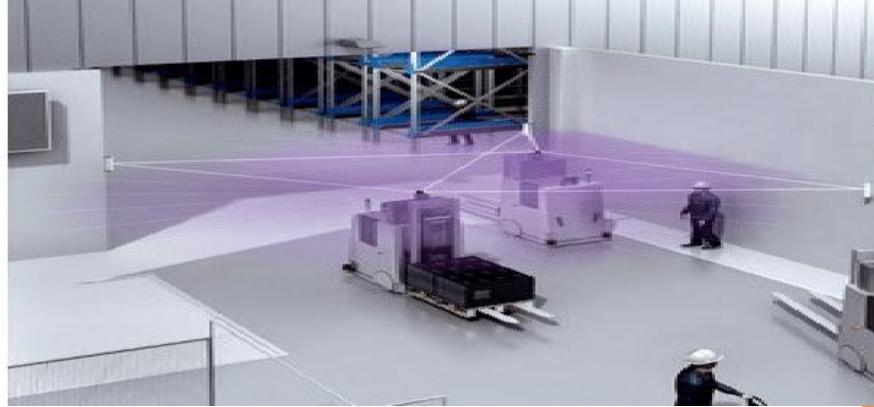
磁条导引



磁钉导引



视觉导引



激光反射板导引

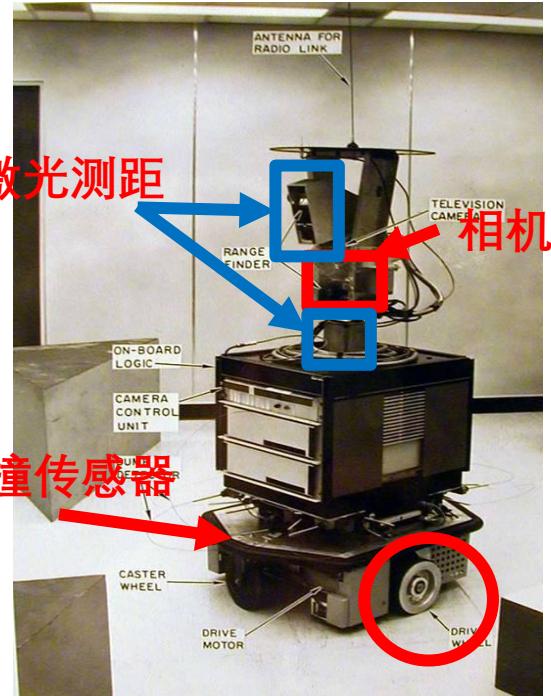


2012年亚马逊收购KIVA，在电商仓储中规模应用采用二维码导引的AGV

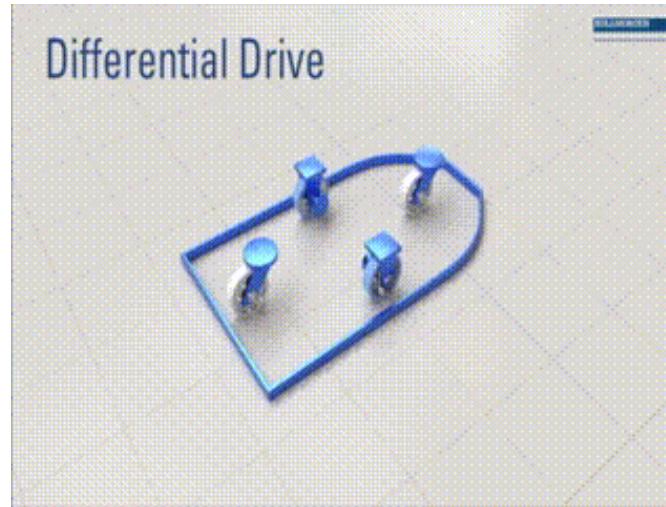


2013年起国内电商仓储机器人快速发展并规模应用

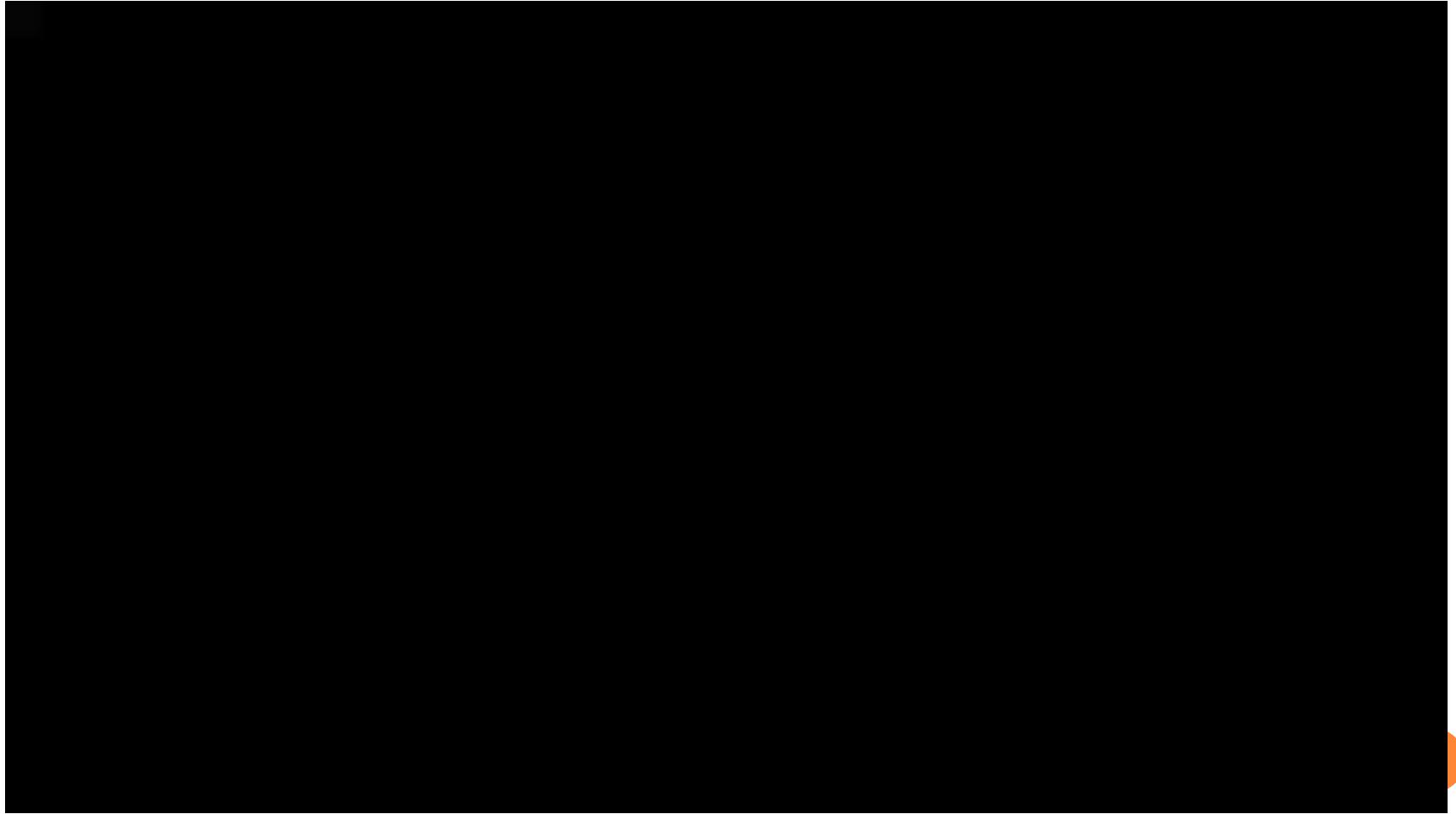
智能移动技术及应用发展历史



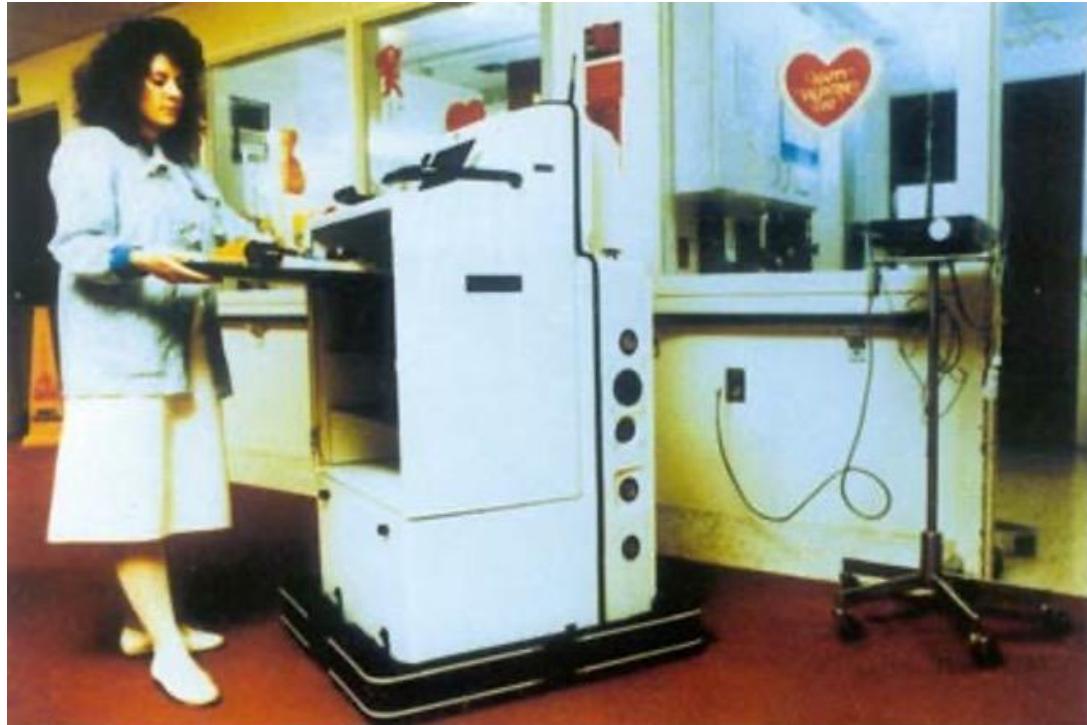
1966-1972年斯坦福大学机器人研究所推出第一台智能轮式移动机器人



差分驱动方式



智能移动技术及应用发展历史



1984年工业机器人发明人英格伯格推出医生机器人助手Helpmate，并预言“我要让机器人擦地板、做饭、洗车、检查安全”

2002年家庭清洁机器人诞生并被广泛应用



iRobot®





智能移动技术及应用发展历史



'VaMoRs' and 'VaMP'

1987年，慕尼黑邦迪威大学的Ernst Dickmann研制了在第一辆现代自动驾驶汽车，可以识别其他汽车并超越

智能移动技术及应用发展历史



1989年，卡内基梅隆大学Dean Pomereau领导研发ALVINN（神经网络中的自主陆地车辆）旨在使用现代人工智能驾驶汽车



2004年，DAPRA启动 Ground Challenge

第一届比赛于2004年3月
在美国莫哈韦沙漠地区举行，240公里，无人完成

2005年，5支队伍走完全程，包括通过三条狭窄隧道、100多个左右急转弯

2007年11月在乔治空军
基地举行，96公里，要求
遵守所有交通规则，6支
队伍完成



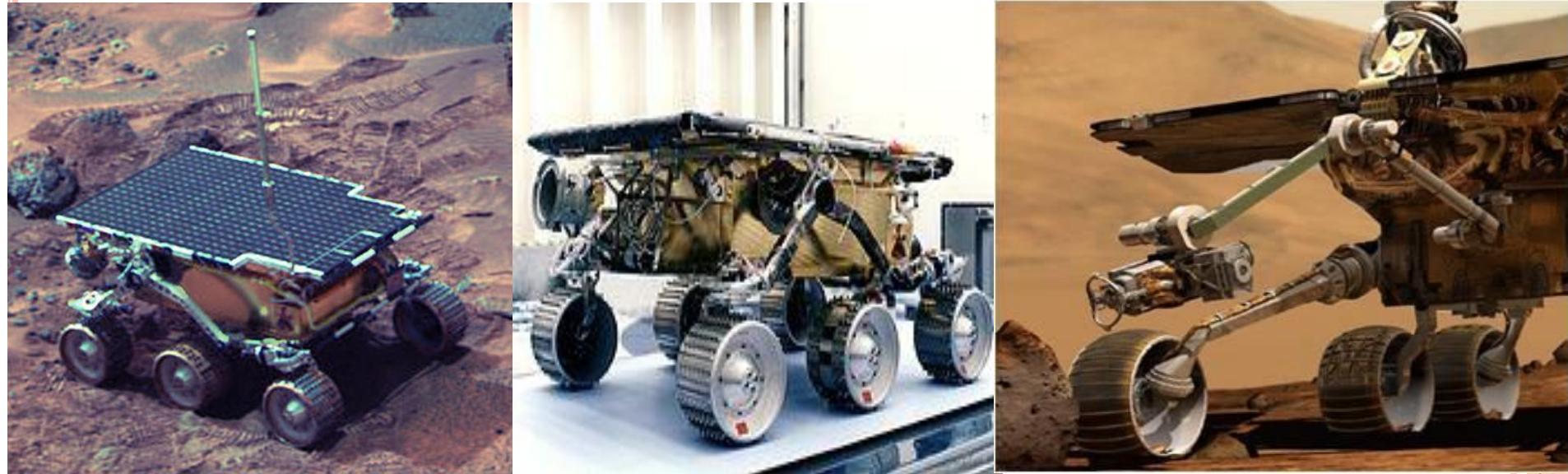


from
2014

**The
Guardian**

2009年，Google启动无人驾驶汽车项目，并在2014年完成原型样机

智能移动技术及应用发展历史



1997年美国宇航局NASA将两台移动机器人探路者和旅行者送到火星上，开启无人星面探测

1997年, 探路者和旅行者



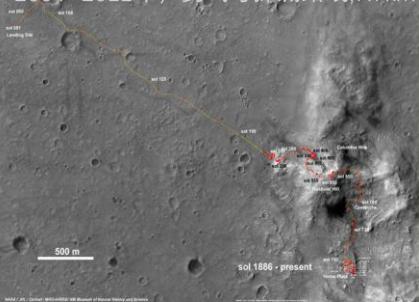
2004年, 勇气号和机遇号



2021年毅力号和机智号



2004~2011年, 勇气号探测路线, 7.7km



共工作3个月
总行驶距离100m

勇气号工作6年,
最后因陷入沙坑
而停止运行, 合
计运行7.7公里
机遇号于2019年
2月因电量不足而
静默, 共运行15
年45km

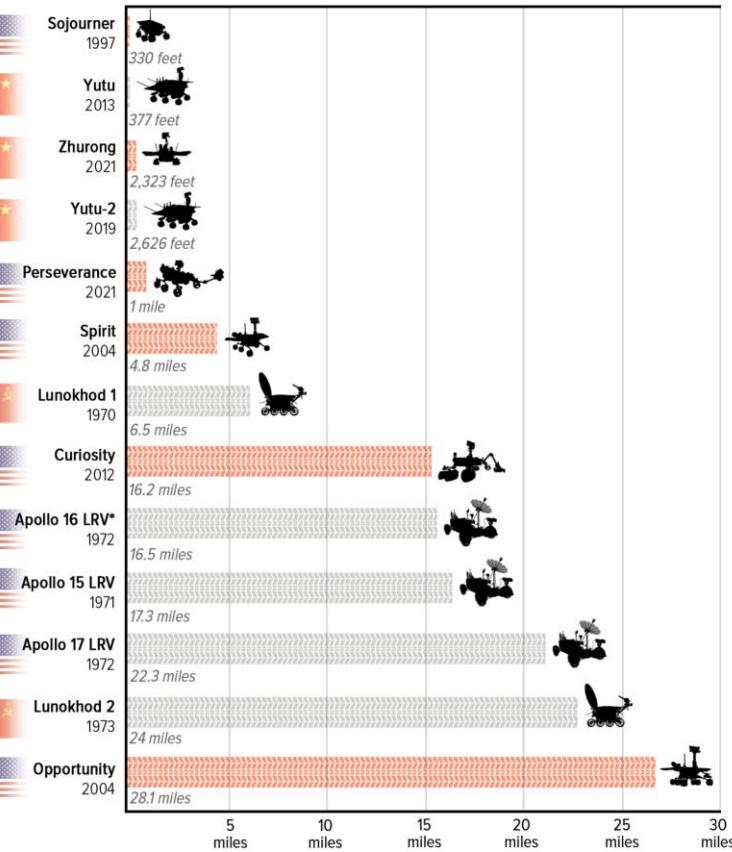
毅力号火星车可
智能自主导航10~
20km/year
并带有一架名为
机智的直升机



Oh, the places we've roved!

From only a few hundred feet to nearly 30 miles, these are the total distances traveled by the rovers we've sent to Mars and our moon.

Lunar rovers Mars rovers



*Lunar Roving Vehicle

Source: NASA, JPL-Caltech, GSFC, Arizona State University, China National Space Administration

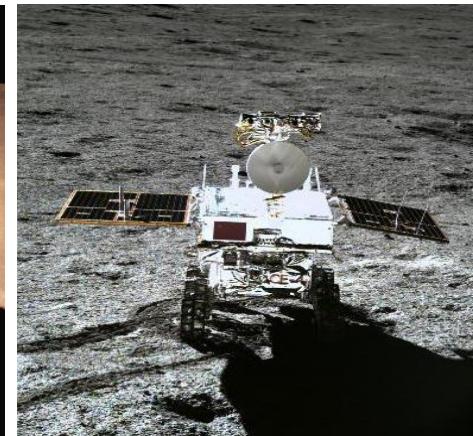
Mashable



2013年玉兔号



2019年玉兔二号



2021年祝融号



中国首次实现月球背面软着陆和巡视探测，首次实现月球背面与地球的中继通信。

2020年7月23日天问一号发射，
2021年5月19日火星车祝融号从着
陆器上分离，采用主动悬架，6个
车轮均可独立驱动，独立转向。除
前进、后退、四轮转向行驶等功
能外，还具备蟹行运动能力，用于灵
活避障以及大角度爬坡，100天行
驶了1000米

自主移动技术应用发展演变

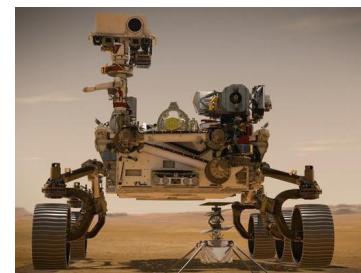
无智能



弱智能



智能



智能移动技术应用面临挑战

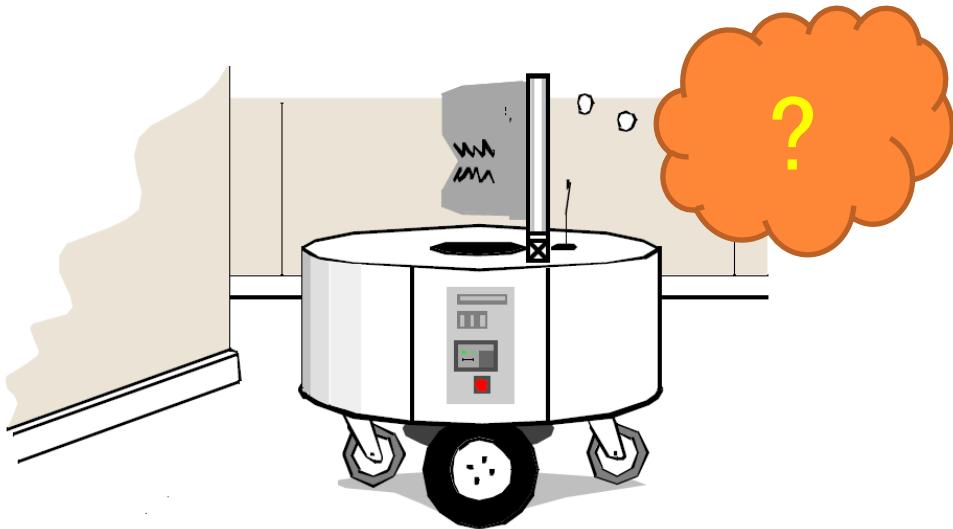


环境的复杂性、动态性和开放性



无基础设施（GPS、导引标识等）下长期鲁棒高效精确的自主移动

智能移动的三个关键问题

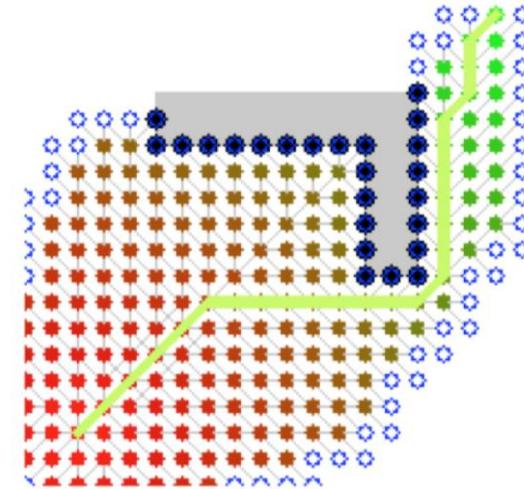
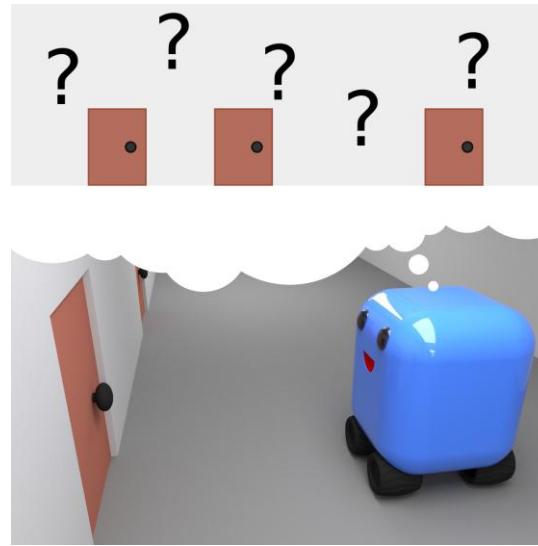


Where am I ?

Where am I going ?

How do I get there ?

主要研究内容



地图构建

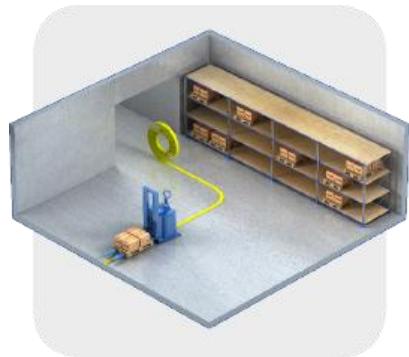
定位

导航规划

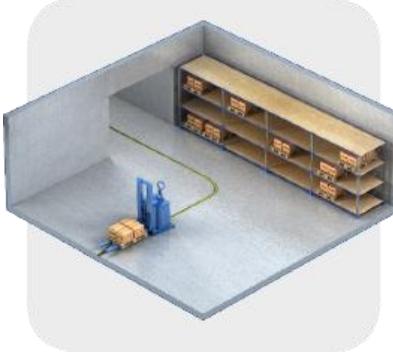
里程估计



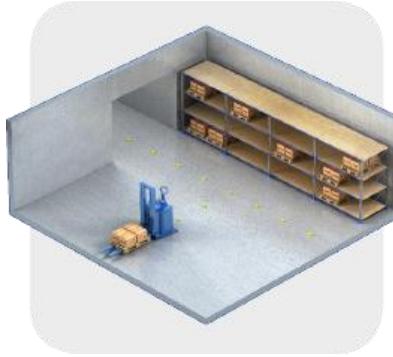
定位导航方式1：有人工标识导引且路径固定



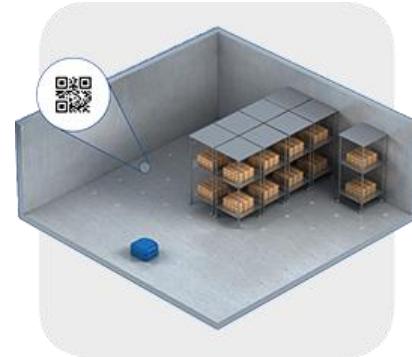
磁条导航



磁感应线导航



磁钉导航

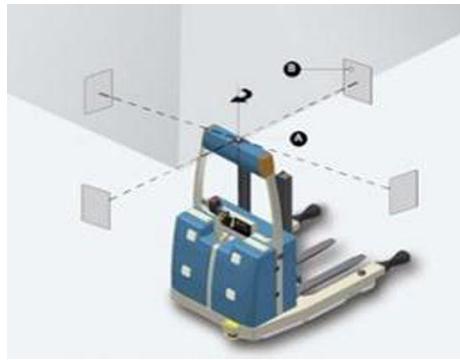


二维码导航



- 优点：技术成熟、稳定可靠、价格优惠
- 缺点：需要施工和维护、路线无法调整

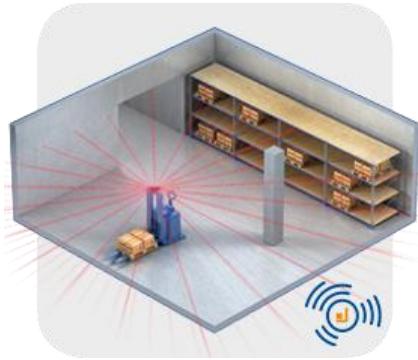
定位导航方式2：有人工标识导引、无固定路径



激光反射板导引

- 优点：技术成熟、路径可调
- 缺点：需要施工和维护、价格昂贵

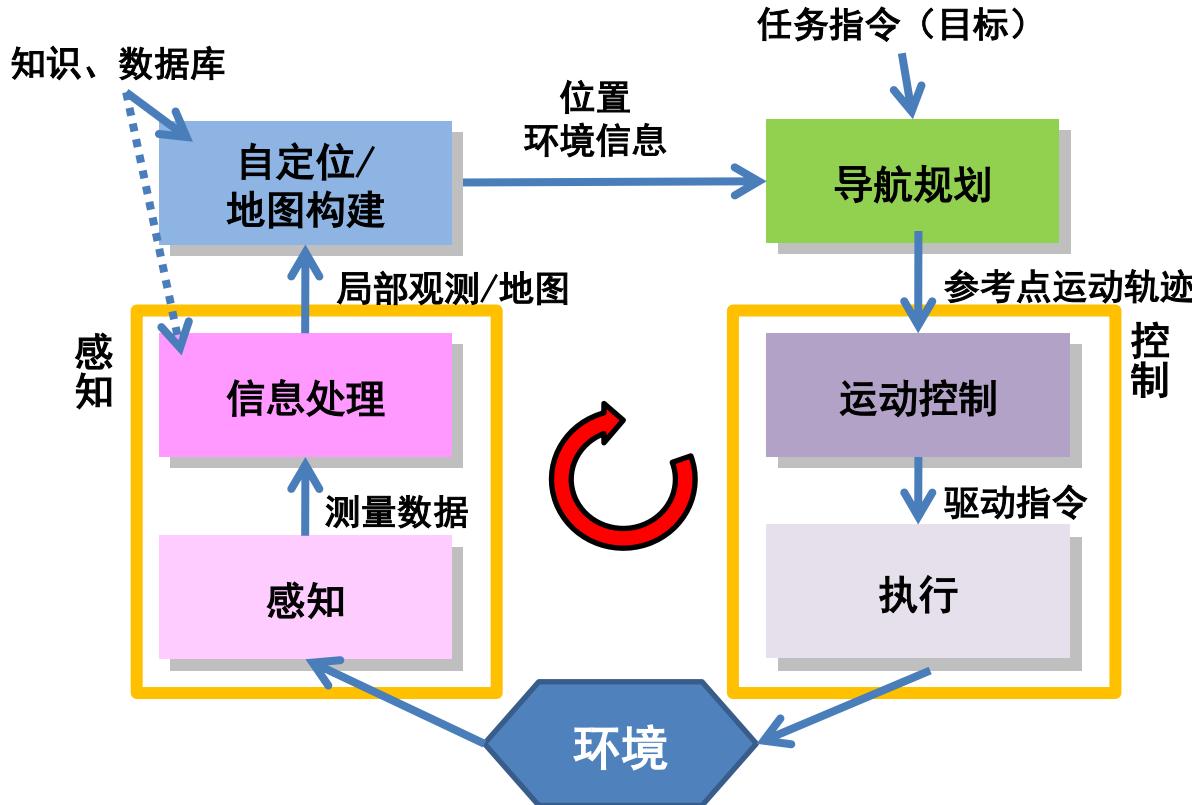
定位导航方式3：无人工标识导引、无固定路径



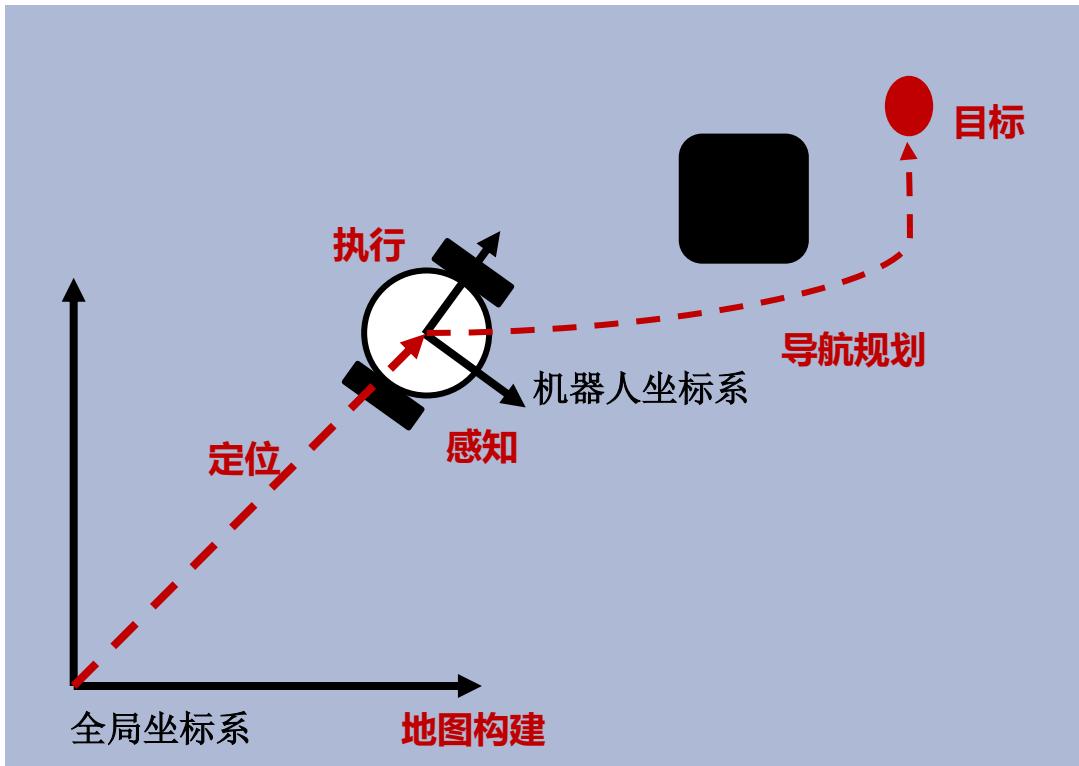
自然导航

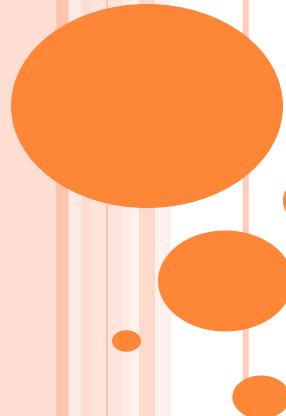
- 优点：无需施工、路径可调、连续定位、室内外通用
- 缺点：算法复杂，环境变化影响定位可靠性和稳定性

自主移动机器人一般架构：感知-决策-执行



必须建立的坐标系概念





END !