



学汇百川 德济四海

机器人开发经验分享

大连海事大学

郑嘉熙

海洋微纳能源与自驱动系统重点实验室

2021.12.26



「01」 机器人概述

「02」 水下机器人

「03」 仿生机器人

「04」 总结与心得

01

PART

01

机器人概述



机器人

1. 为什么要研究机器人?

- 对于复杂机械的热衷，动手能力的实现，虚实结合的完整

2. 研究机器人的三点要素

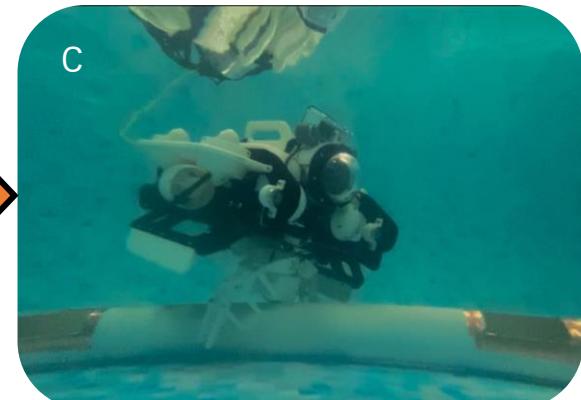
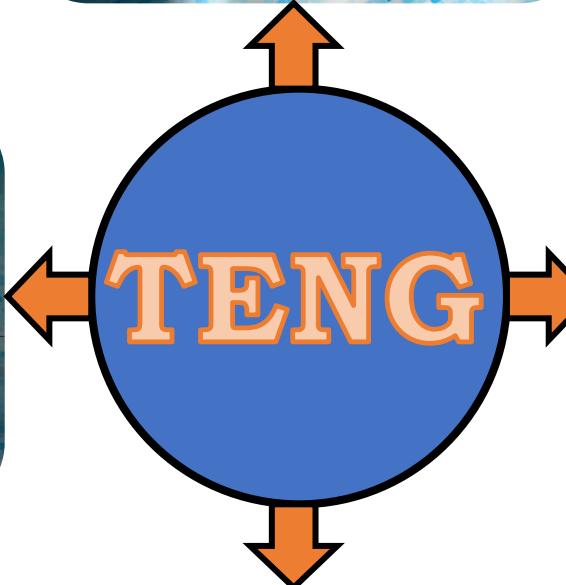
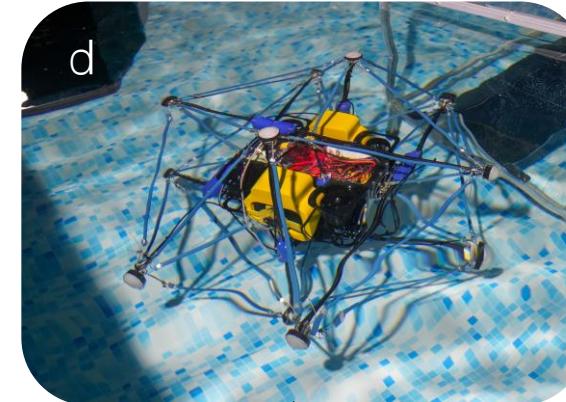
- **资金** 机器人硬件价高昂
- **团队** 互帮互助合作共赢
- **兴趣** 兴趣是最好的老师

3. 机器人与TENG交叉结合

- a : TENG作为微扰动感知传感器
- b : TENG作为仿生毛囊传感器
- c : TENG作为仿生海獭触觉传感器
- d : TENG作为Tensegrity结构传感器



Siyuan Wang et al.,
Nano Energy, 2022



Peng Xu et al.,
npj Flexible Electronics, 2022





1. 机器人是什么？

- 机器人是一种**自主机器**，能够**感知其环境**、执行计算以**做出决策**并在现实世界中**执行动作**

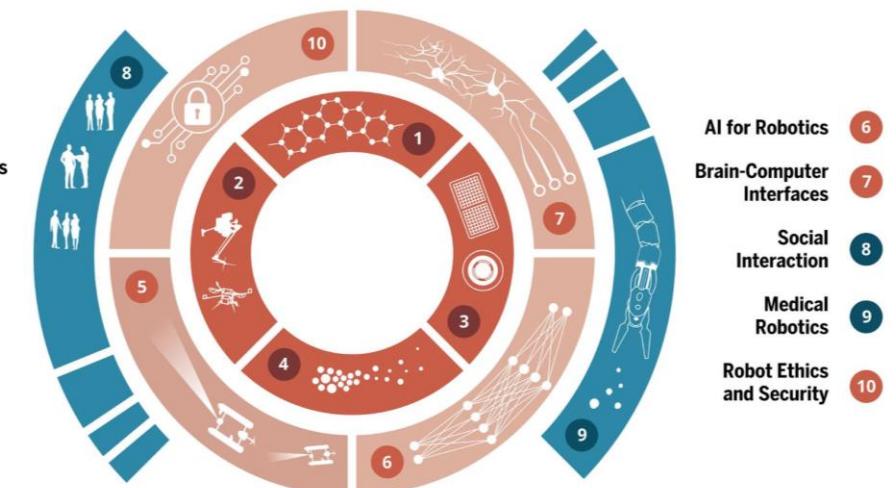
2. 机器人领域研究什么？

- **感知** 视觉传感器、图像传感器、触觉和力传感器、惯导等
- **认知** 人工智能、知识表达、规划、任务调度、学习等
- **行为** 运动学、动力学、控制、manipulation和locomotion等
- **数学** 最优估计、微分几何、计算几何、运筹学等

3. 机器人领域的挑战

- **用于开发新一代机器人的新材料和制造方案**
- **生物混合和仿生机器人**
- **用于移动机器人长期运行的新能源方案**
- **在极端环低成本以及模块化的集群机器人**
- **复杂环境中的导航和探索**
 - 机器人社交联系
 - 医疗机器人
 - 机器人伦理观与安全
- **机器人人工智能**
- **脑机接口 (BCI)**

- ① New Materials and Fabrication Schemes
- ② Biohybrid and Bioinspired Robots
- ③ Power and Energy
- ④ Robot Swarms
- ⑤ Navigation and Exploration
- ⑥ AI for Robotics
- ⑦ Brain-Computer Interfaces
- ⑧ Social Interaction
- ⑨ Medical Robotics
- ⑩ Robot Ethics and Security

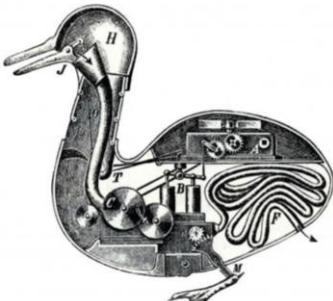




机器人发展

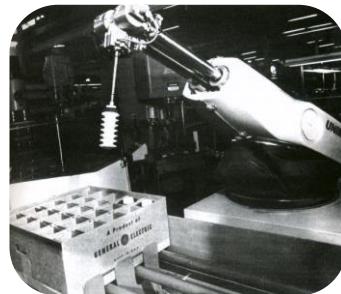
1700-1900

创造了包括机械鸭在内的自动机械



1700-1900

第一个可编程机械臂诞生



1986

首款基于乐高的教育产品发布



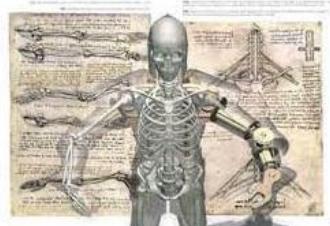
2004

Epsom 发布了携带相机的飞行机器人



1495

莱昂纳多·达芬奇
(leonardo da vinci)
为人形机器人绘制了
草图



1932

全世界第一个机器人玩具在日本生产



1969

自动机器人将人类送上月球



1997

机器人打败了国际象棋世界冠军加里·卡斯帕罗夫



2010-

boston dynamics发布了ATLAS和SPOT





机器人类别



航天航空



消费级



灾难响应



无人机



教育级



娱乐



外骨骼



类人形



工业级



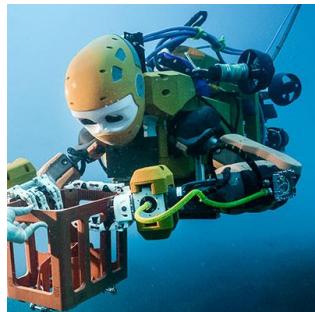
医疗



军事与安全



研究



水下环境



自动驾驶



机器人期刊与会议列表

Journal



IEEE RAL



IJRR



Science Robotics



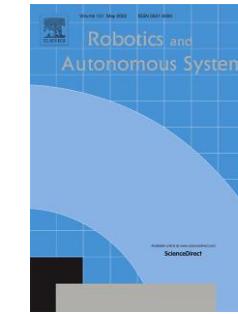
IEEE TRO



IEEE RAM



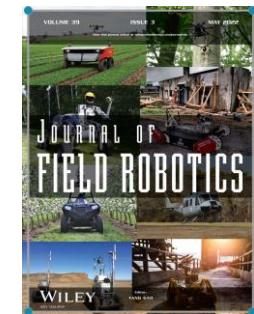
Nature Machine Intelligence



RAS

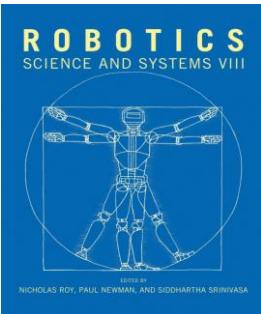


Soft Robotics



JFR

Conference



RSS



IEEE ICRA



IEEE IROS



IEEE RoboSoft



IEEE BioRob



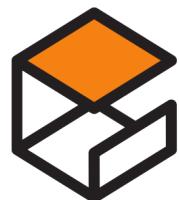
机器人开发工具

开发软件

编程语言

- C
- C++
- Python

软件平台



Webots
robot simulation



硬件

硬件平台

- Nvidia Jetson
- Robomaster
- STM32/Arduino



机械设计软件/电路设计软件



分工明确
分散拆解进行



机器人研究概述

课程学习专区



开发交流专区





机器人竞赛



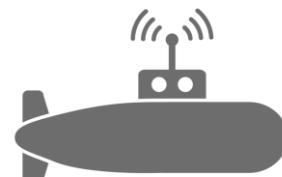
中国机器人大赛

crc.drct-caa.org.cn



Robocup

robocup.org



robosub

Robosub

robonation.smapply.org



全国水下机器人大赛湛江/大连

curpc.com.cn



国际水中机器人大赛

urc.ilur.org



机甲大师

robomaster.com



Robogames

robogames.net

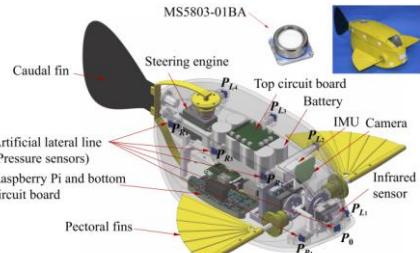


DARPA Subterranean

subtchallenge.com

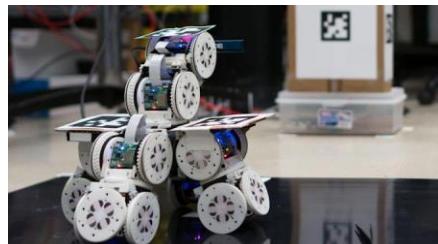


相关实验室



ibdl.pku.edu.cn

 Penn
Engineering | GRASP
Laboratory
General Robotics, Automation, Sensing & Perception Lab



grasp.upenn.edu


ETH zürich
RSL
Robotic Systems Lab



rsl.ethz.ch


Stanford
University



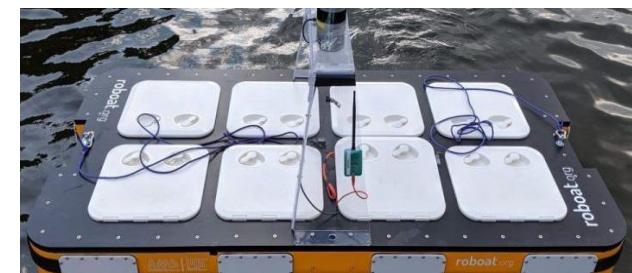
cs.stanford.edu


iit
ISTITUTO
ITALIANO DI
TECNOLOGIA



iit.it


MIT CSAIL



csail.mit.edu


Georgia Tech
ROBOTICS



[research.gatech.edu/
robotics](http://research.gatech.edu/robotics)


Carnegie Mellon University
The Robotics Institute



ri.cmu.edu



相关公司



腾讯 AI Lab
ai.tencent.com



大疆
dji.com



华为
huawei.com



阿里巴巴达摩院
damo.alibaba.com



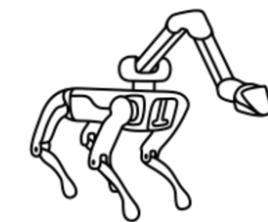
百度研究院
research.baidu.com



博雅工道
robosea.org



浪潮集团
inspur.com



宇树科技
unitree.com

02

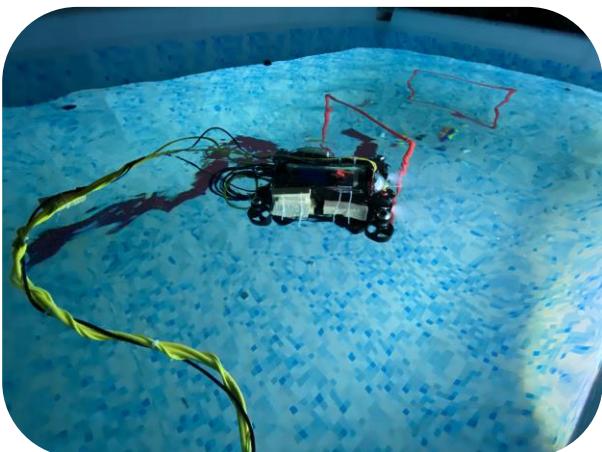
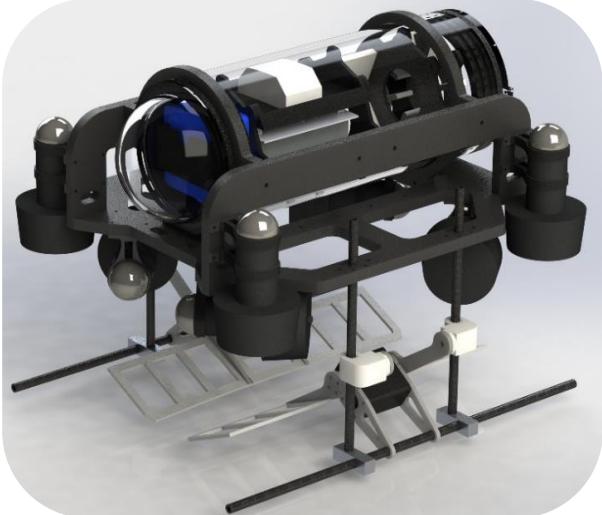
PART

水下机器人

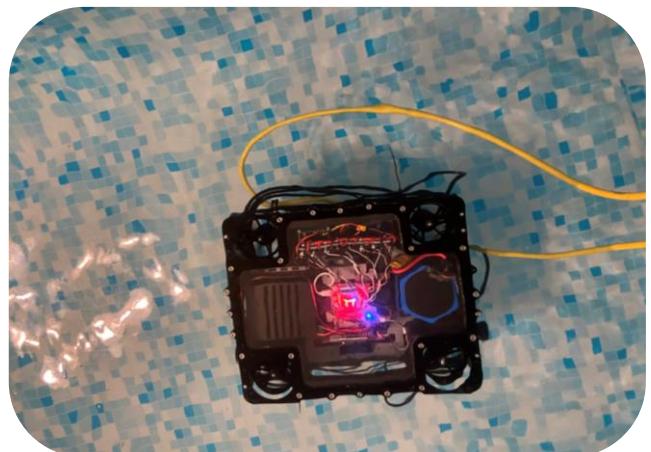
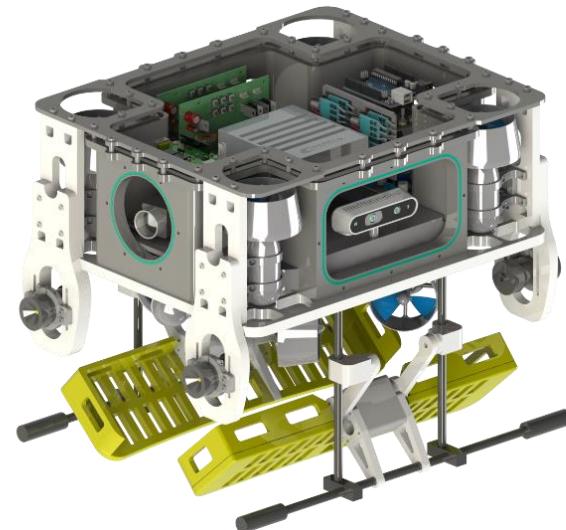
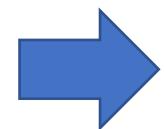


水下机器人发展路线

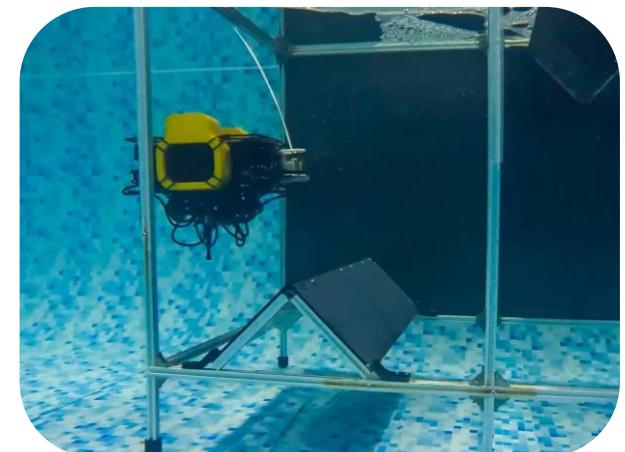
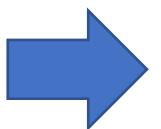
历代AUV展示



2020



2021

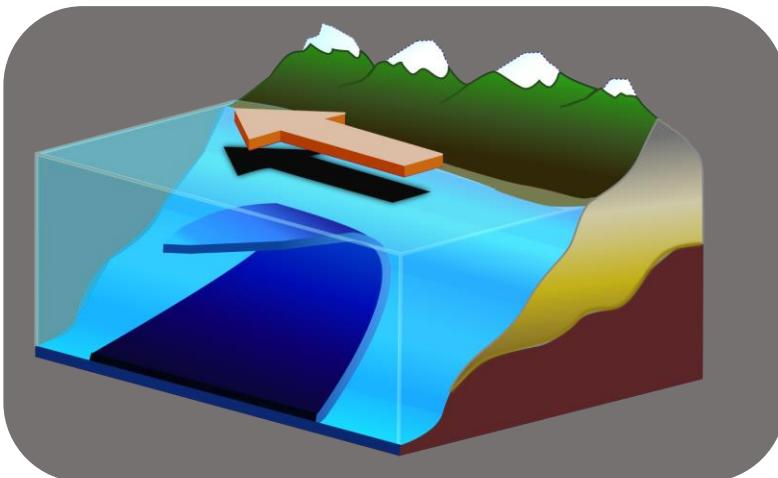


2022



水下机器人研发目标

港口、输水工程隧道、海洋环境等很多地方没有静水条件，需具备动水自稳定调节能力的水下机器人，本项目旨在工作稳定性、辅助作业、工作智能化等方面进一步提升水下机器人功能及性能，提高工作效率、减小工作难度、拓展工作能力及范围。



动水环境



全自由度运动控制

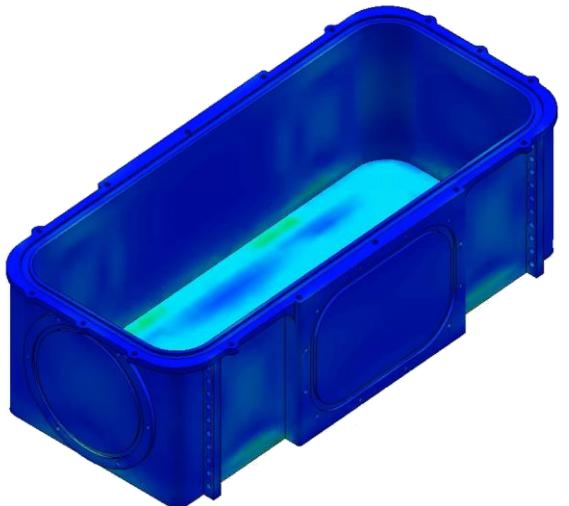


任意悬停

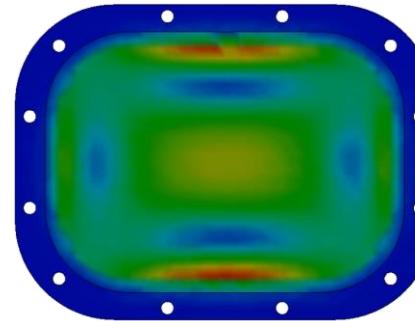


舱体静力分析

各舱在0.3MPa(30m)环境压力下静应力分析结果



主控舱



电池舱

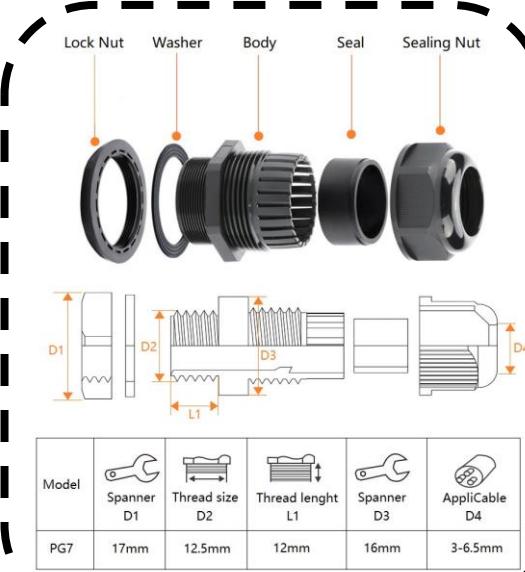
	主控舱	电池舱
使用材质	6061铝合金	6061铝合金
屈服强度	55.1485MPa	55.1485MPa
仿真最大应力	55.15MPa	55.15MPa



防水设计

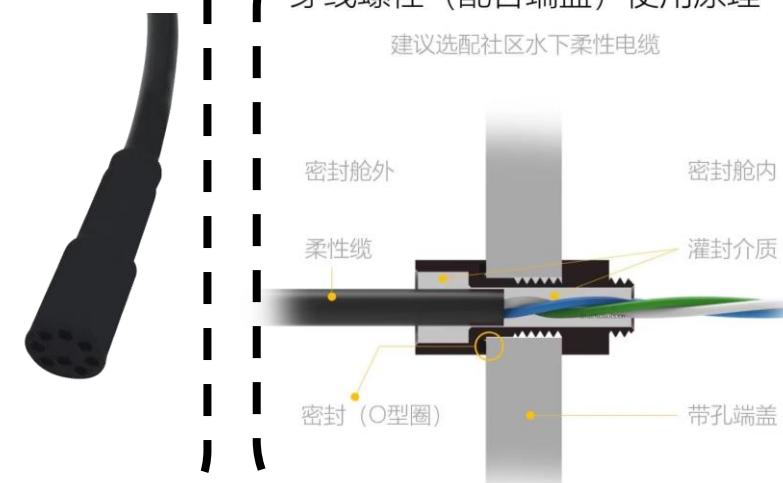
舱体密封方案

- 端面密封：参考Parker O型圈设计手册；
- 穿线密封：格兰头(Cable gland)/水密接插件/穿线螺栓
- 正常可通过硫化胶/环氧树脂密封，应急可使用“哥俩好速干胶”密封；

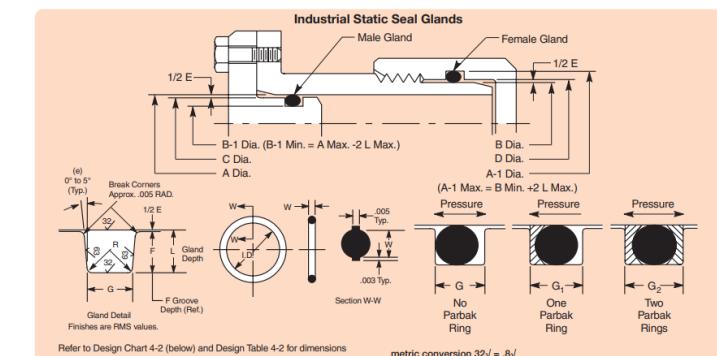
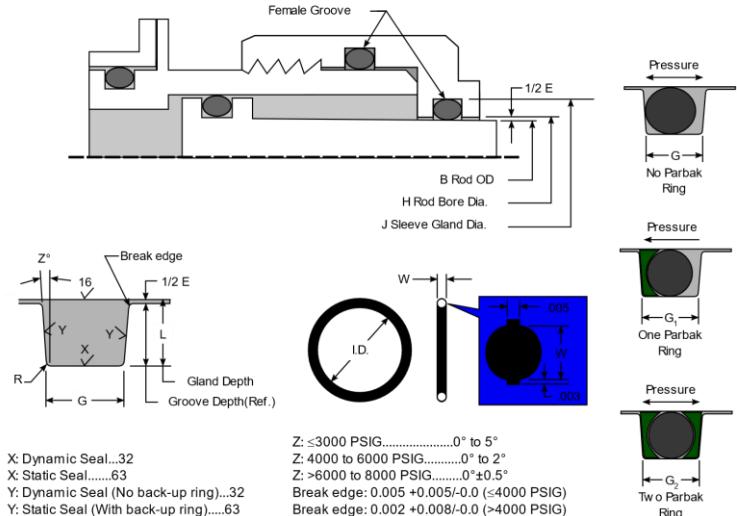


格兰头

水密接插件



穿线螺栓



O-Ring 2-Side AS568B	W Nominal	Cross-Section Actual	L Gland Depth Actual	Squeeze %	Eid Diagonal Clearance	G - Groove Width			F Groove Radius	Max. Eccentricity (b)
						No Parbak Ring (G)	One Parbak Ring (G1)	Two Parbak Rings (G2)		
004 through 050	1/16	.070 ±.003 (1.78 mm)	.050 to .052	.015 to .023	.22 to .32	.002 to .005	.093 to .098	.138 to .143	.005 to .015	.002
102 through 178	3/32	.103 ±.003 (2.62 mm)	.081 to .083	.017 to .025	.17 to .24	.002 to .005	.140 to .145	.171 to .176	.238 to .243	.005 to .015
201 through 284	1/8	.139 ±.004 (3.53 mm)	.111 to .113	.022 to .032	.16 to .23	.003 to .006	.187 to .192	.208 to .213	.275 to .280	.010 to .025
309 through 395	3/16	.210 ±.005 (5.33 mm)	.170 to .173	.032 to .045	.15 to .21	.003 to .006	.281 to .286	.311 to .316	.410 to .415	.020 to .025
425 through 475	1/4	.275 ±.006 (6.99 mm)	.226 to .229	.040 to .055	.15 to .20	.004 to .007	.375 to .380	.408 to .413	.538 to .543	.020 to .035

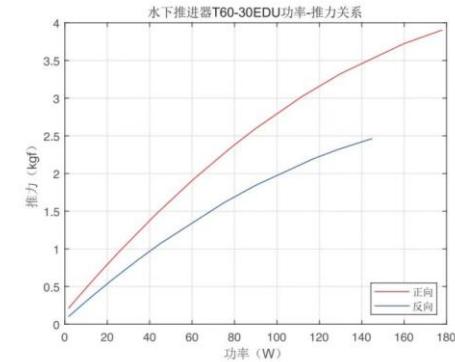
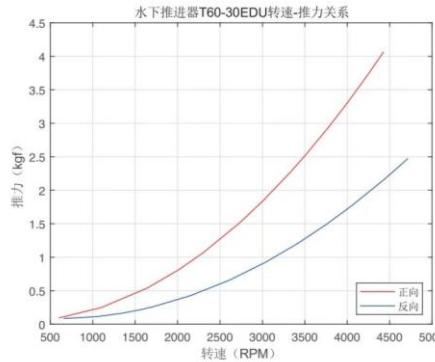
Parker O型圈设计手册



推进系统设计

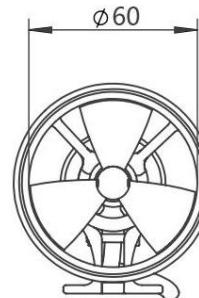
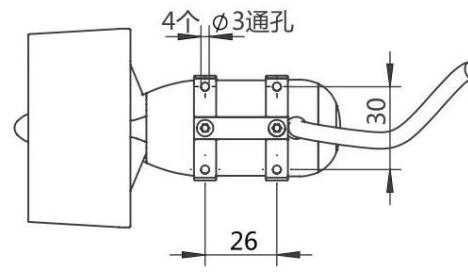
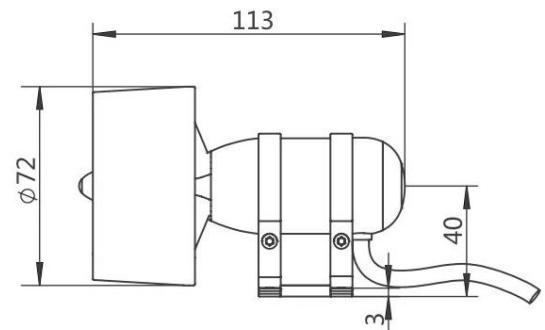
设计方案

- 采用水平方向4个推进器+垂直方向4个推进器，8推进器布局实现矢量推进；
- 推进器额定功率约178W,正向推力3.8kg,反向推力2.5kg；
- 推进器采用316L不锈钢，最大耐压20m；



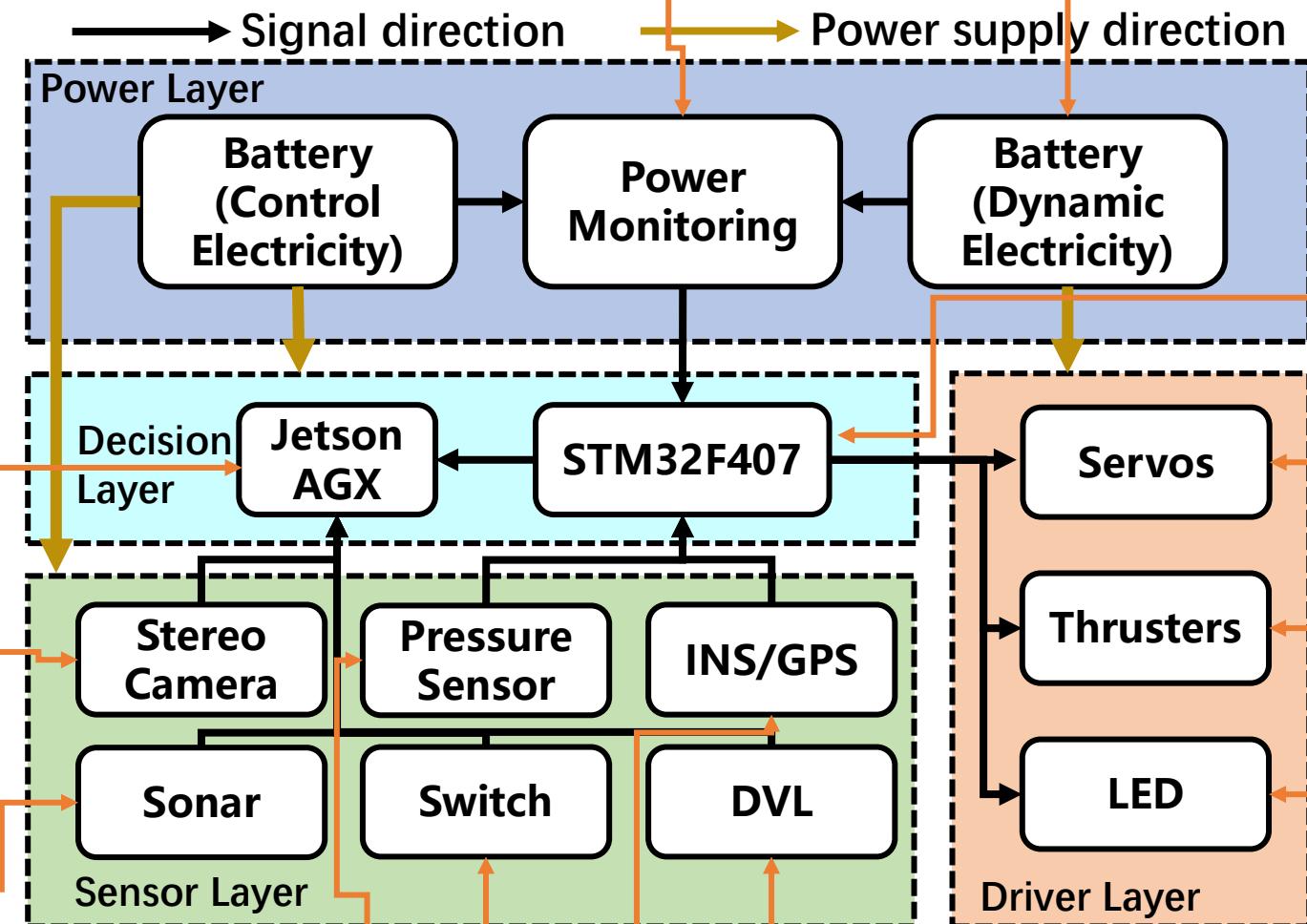
方案优势

- 结构强度可靠性强；
- 体积轻小，方便调试；
- 零浮力配置，重心浮心高度重合；
- 模块化设计，便于二次开发，改装潜力大；





电气系统

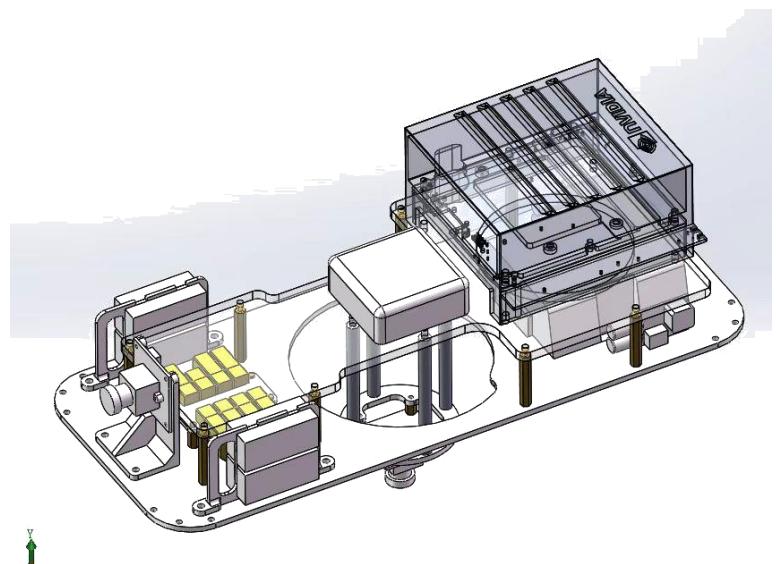
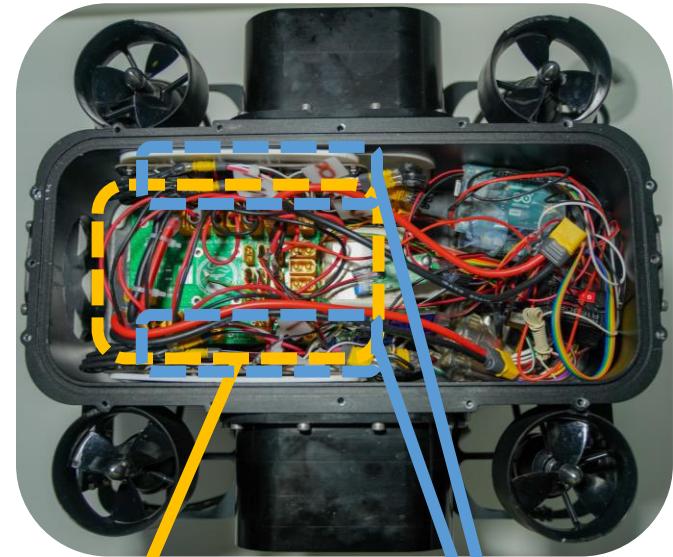




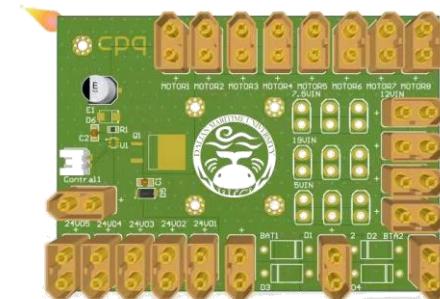
电气系统

控制系统布局设计

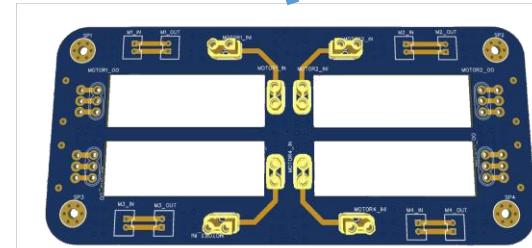
- 控制设备：飞控安装于电子舱中心，Jetson AGX安装于电子舱尾部；
- 电源设备：电池安装在电子舱两侧外部延伸舱内，电源稳压位于Jetson AGX下端；
- 图像设备：摄像头安装于电子舱头部；
- 驱动设备：电子调速器安装于摄像头与飞控之间，贴紧铝合金壁面高效散热；



总装配图



主分电板



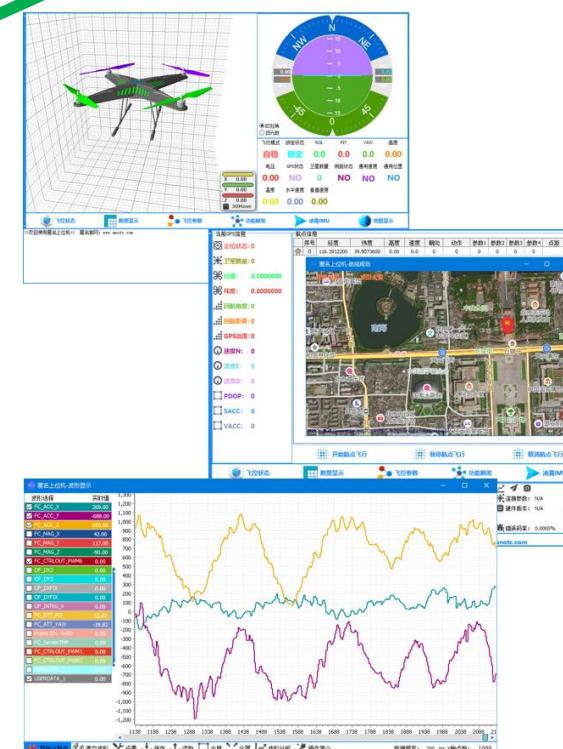
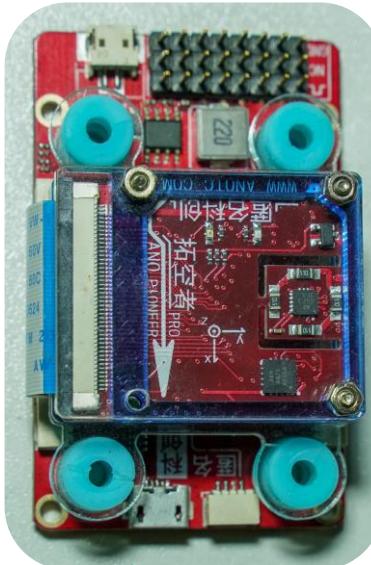
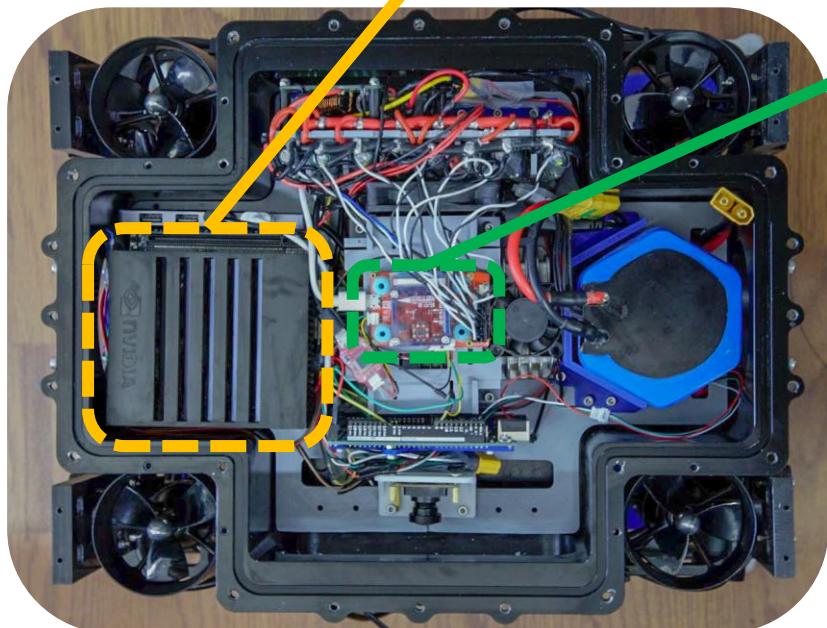
电调驱动板



电气系统

Jetson AGX Xavier技术规格

- **GPU:** NVIDIA Volta 架构, 配备 512 个CUDA Core/**32 TOPS (INT8)**
- **显存64GB** 256 位 LPDDR4x136.5GB/s;
- **CPU:** 8 核 NVIDIA Carmel 64 位 CPU 8MB L2 + 4MB L3;
- **DL加速器:** 2x NVDLA 10 TOPS (INT8);
- **视觉加速器:** 2xPVA;
- **功耗:** **30W (max)**



主控芯片	兼容STM32F407、TM4C123、MSP432
惯性传感器	BMI088 3轴加速度+3轴陀螺仪 (板载)
磁场传感器	AK8975 3轴磁力计 (板载)
气压传感器	SPL06 高精度气压高度计 (板载)
参数存储	SPI FLASH芯片 (板载)
拓展串口	飞控预留5个拓展串口, 同时串口可以配置为普通IO使用
接收机接口	可兼容PPM、SBUS总线接收机
电调接口	板载8通PWM输出接口, 可适用4轴、6轴、8轴不同模式
调试接口	板载SWD程序烧写、调试接口
供电接口	供电接口支持3S到6S航模锂电池, 集成电压测量、报警功能

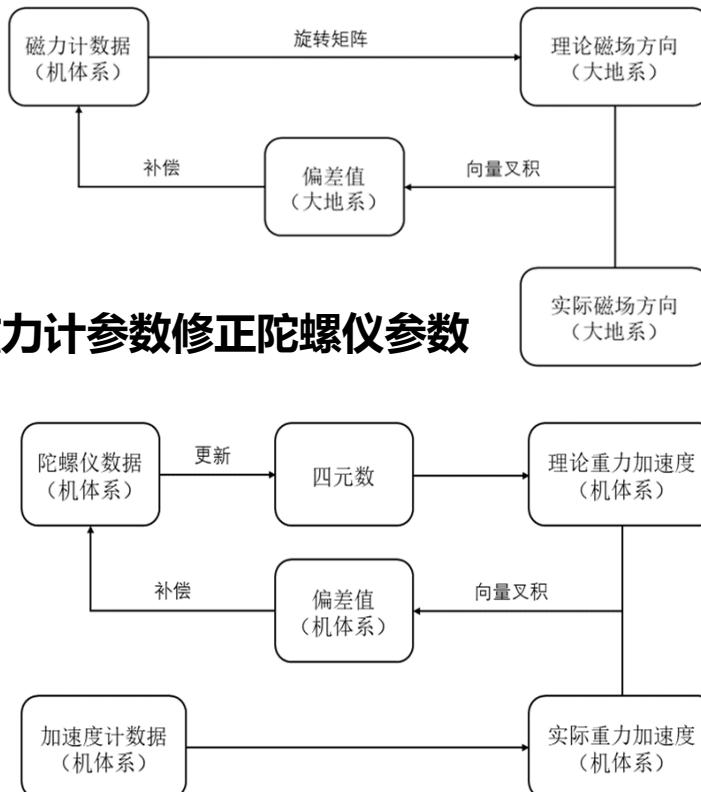




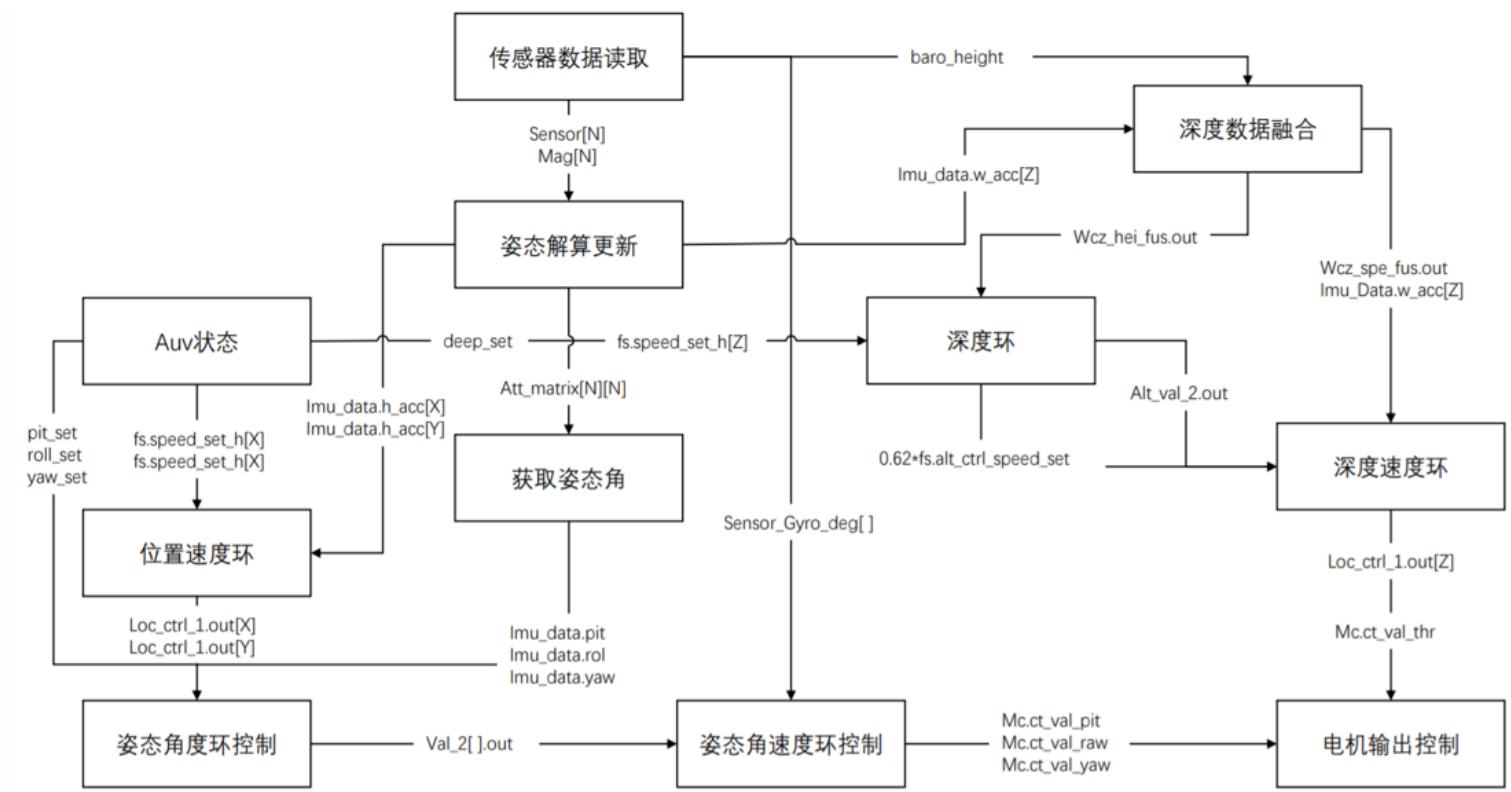
控制系统

水下机器人姿态控制方案

- 三阶互补滤波算法用于获取精确姿态信息；
 - 串级PID控制可以改善严重滞后的系统，从而实现更平滑的控制；



磁力计参数修正陀螺仪参数



加速度计数据修正陀螺仪数据



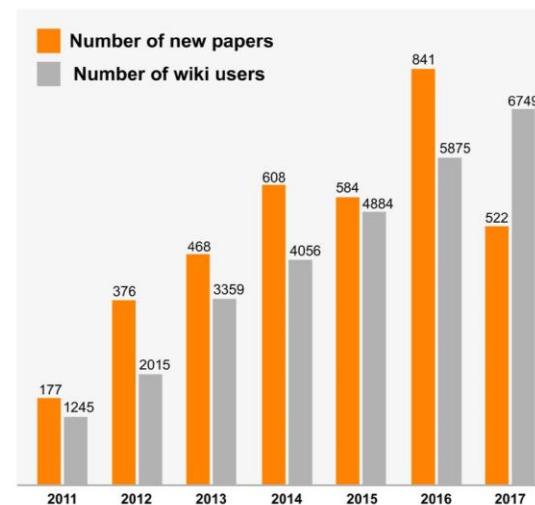
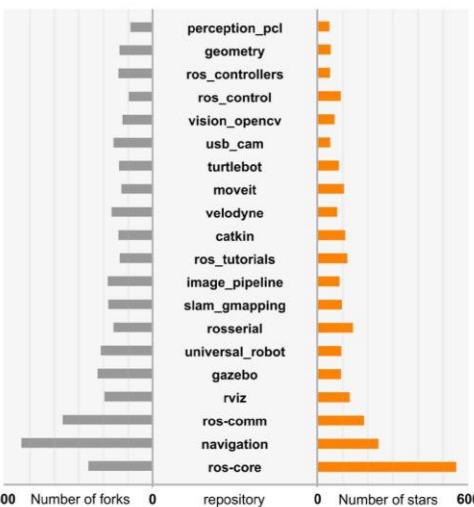
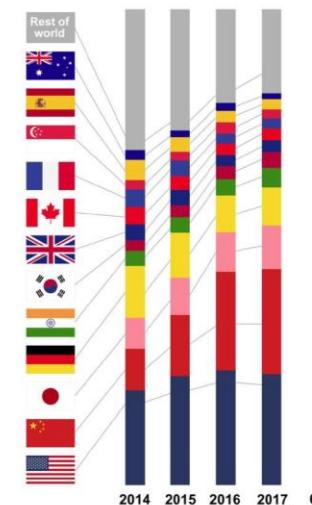
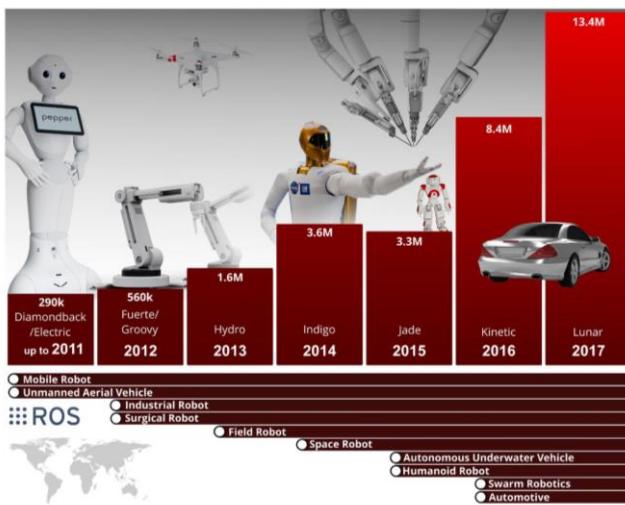
控制系统





为什么选择ROS?

- 全球社区：全球社区可以自由、不受限制地访问K；
- 完全开源：高质量、一流、功能齐全的机器人 SD；
- 多领域覆盖：从室内到室外，从家庭到汽车，从水下到太空，从消费者到工业；
- 多平台兼容：Linux、Windows 和 macOS 以及各种嵌入式平台；



ROS社区内的功能包数量、关注度、相关文章均呈指数级增长

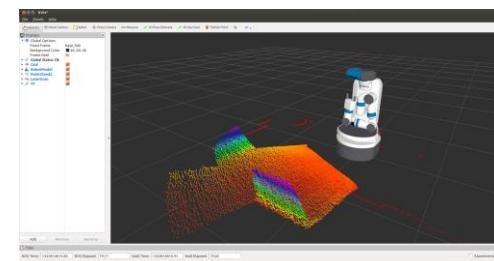
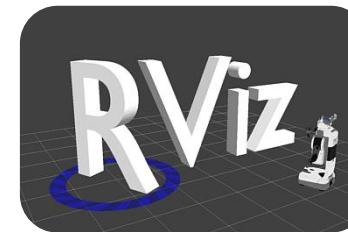
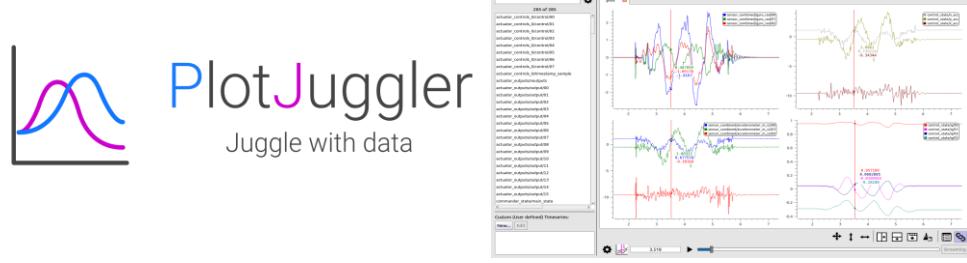
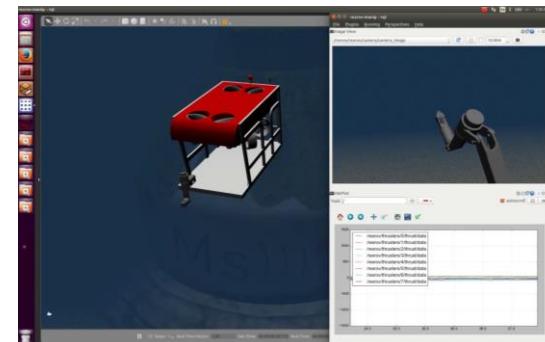


ROS总体设计 三个特点

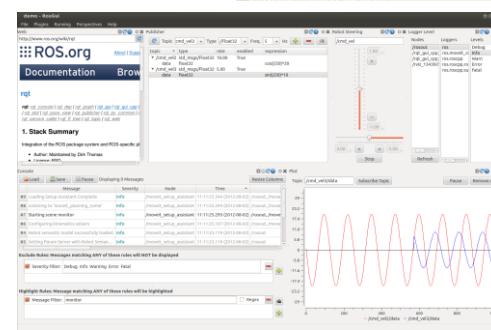
- 点对点设计，分布式网络，TCP/UDP通信系统；
- 多语言支持：Python、C++、Java等；
- 架构精简、集成度高：接口统一，提高软件复用率；

ROS组件工具包

- **RVIZ** 3D可视化工具。
- **GAZEBO** 物理仿真环境；
- **plotjuggler** 数据可视化平台；
- **Rqt_*** GUI 开发工具；

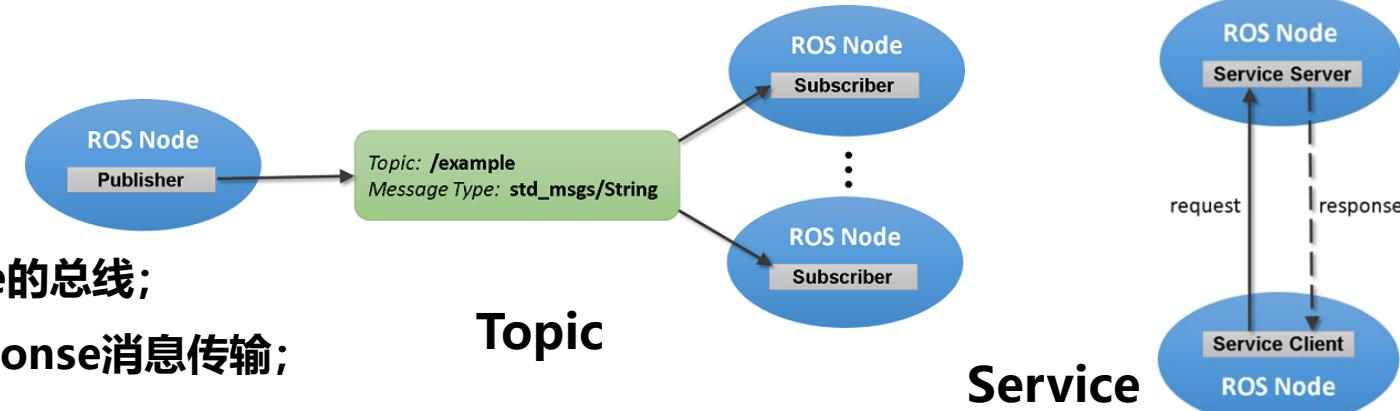


rqt



ROS系统实现

- **Node** 软件模块；
- **ROS Master** 控制中心；
- **Topic** 异步通信机制，Node交换Message的总线；
- **Service** 同步通信机制，通过Request/Response消息传输；





机器视觉的意义?

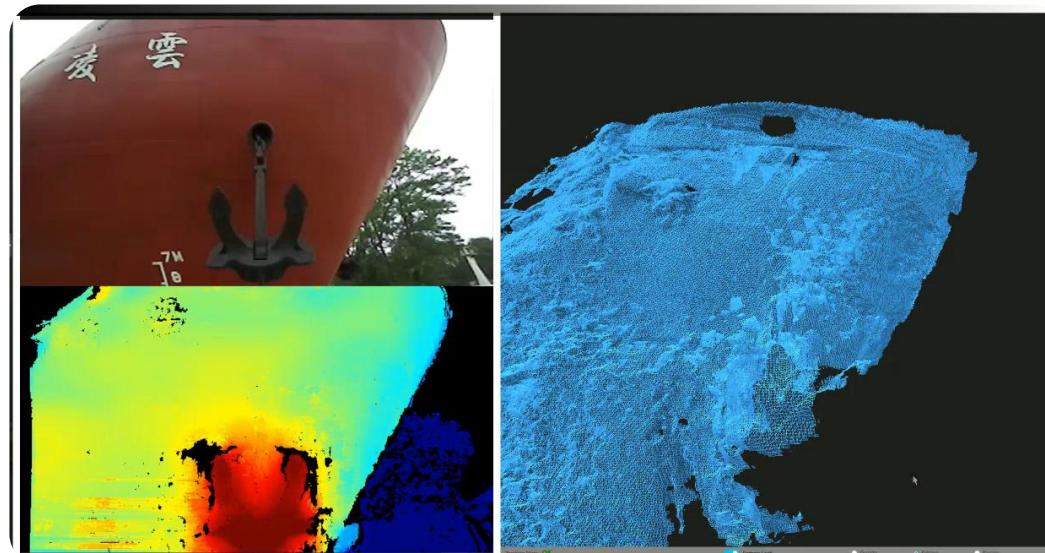
- 本体定位，视觉反馈：通过判断环境特征点位置，输出 (X、Y、R) 进行运动控制；
- 地图构建，视觉导航：解决机器人在未知环境中的运动；
- 代替或帮助人工对质量控制、安全检查进行所需要的视觉检验



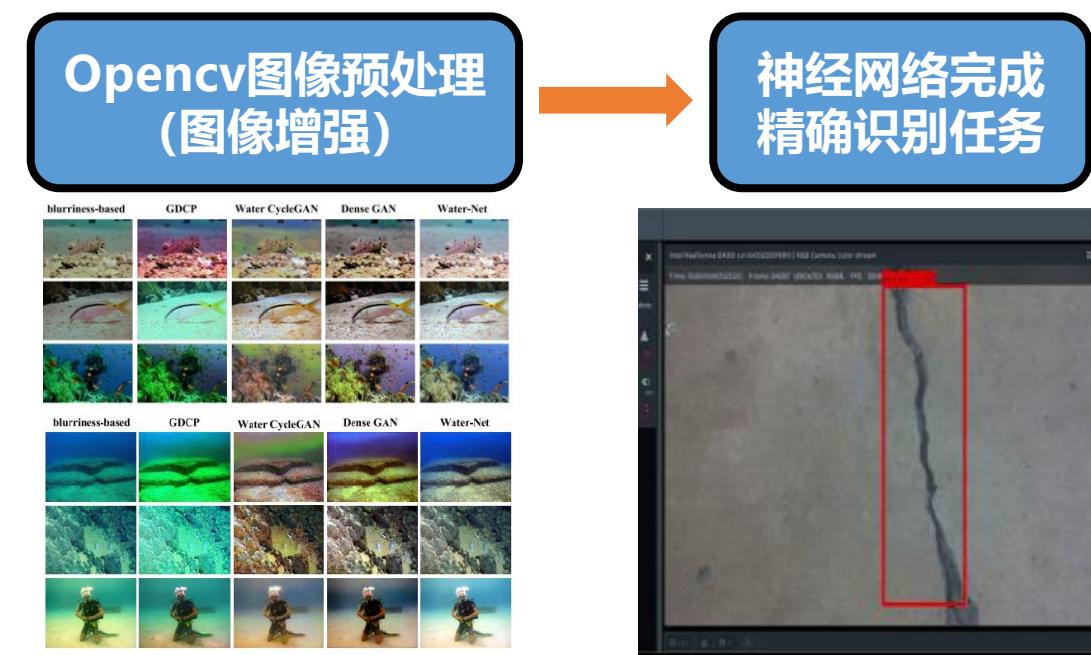
Opencv：基于BSD许可发行的跨平台开源计算机视觉库 (Linux、Windows、Mac OS)；

YOLO(You Only Look Once)：是一种基于深度神经网络的对象识别和定位算法；

PCL：是一个独立的、大规模的、开放的 2D/3D 图像和点云处理库；



船体三维建模

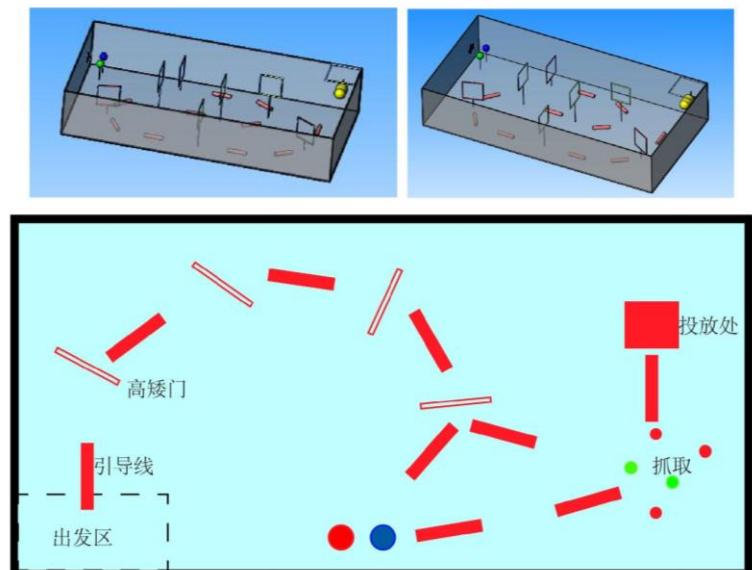
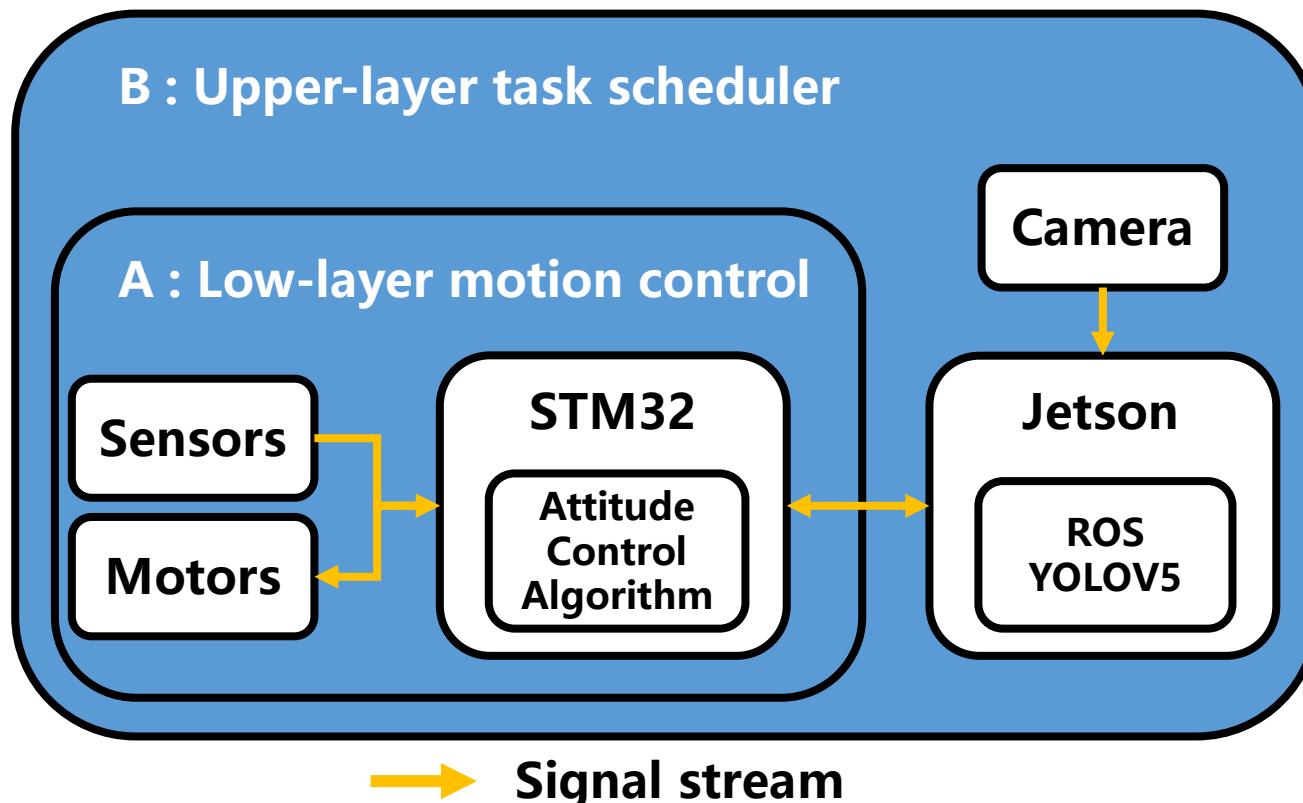




软件开发流程

嵌套式开发

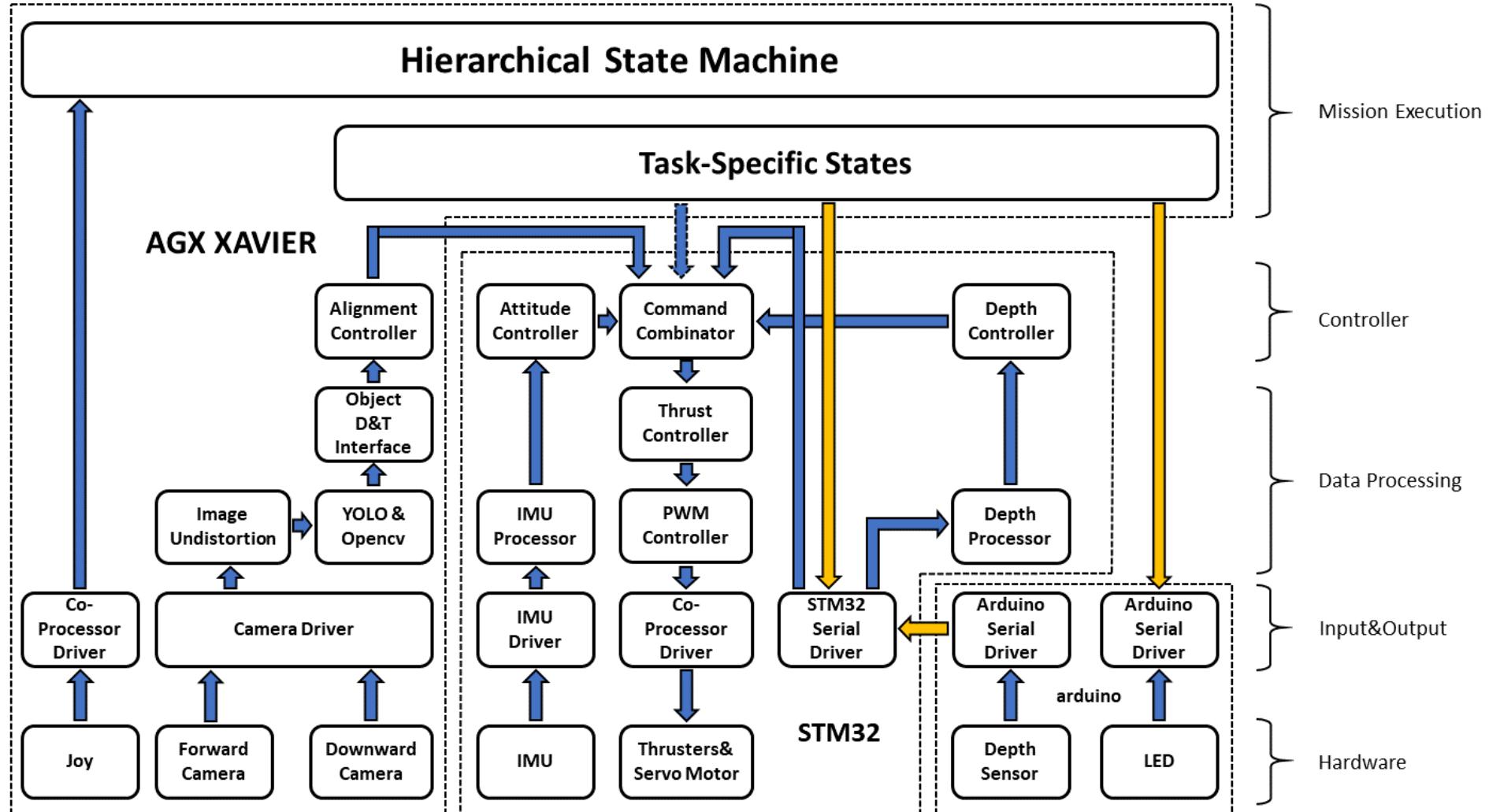
- 底层进行运动控制：STM32读取传感器数据，在其内运行姿态控制算法，可直接控制电机；
- 上层进行任务调度，Jetson将数据打包发送给STM32，通过串口进行任务指令交互；
- 将机器人的基本运动控制模式封装在底层，上层负责告诉底层该怎么移动；



中国机器人大赛2021-
AUV组参赛场地



软件开发流程



Software stream

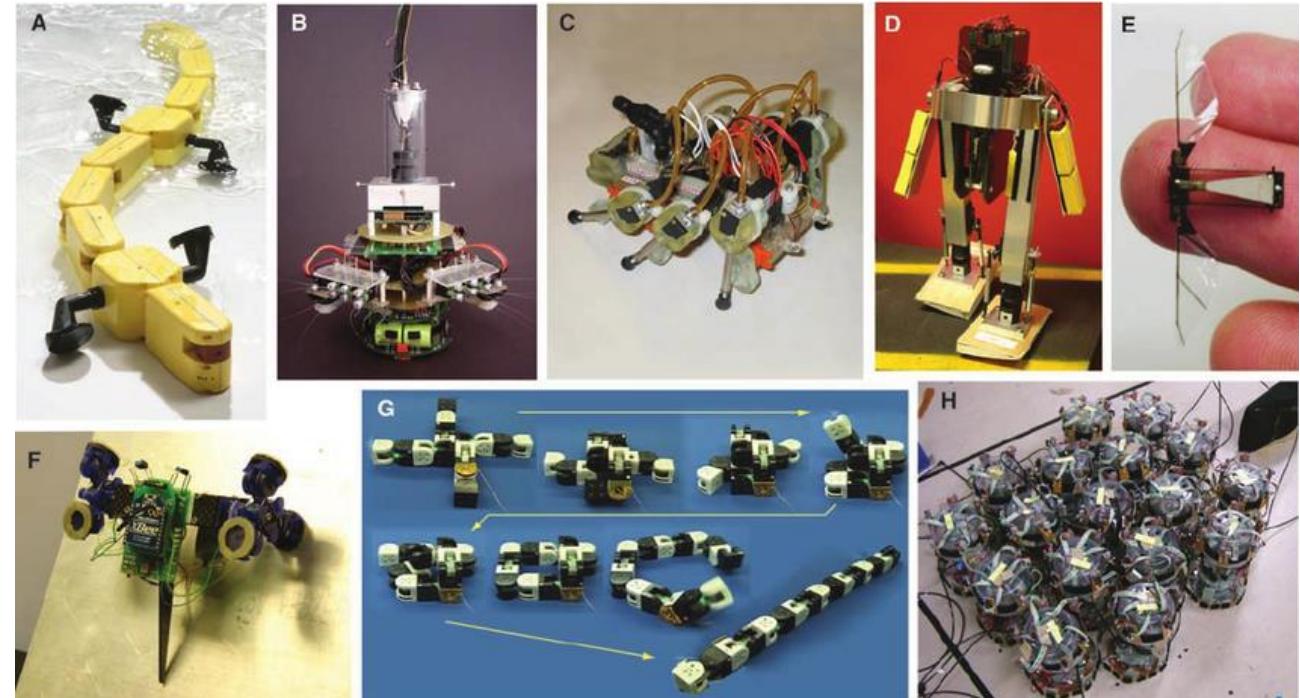
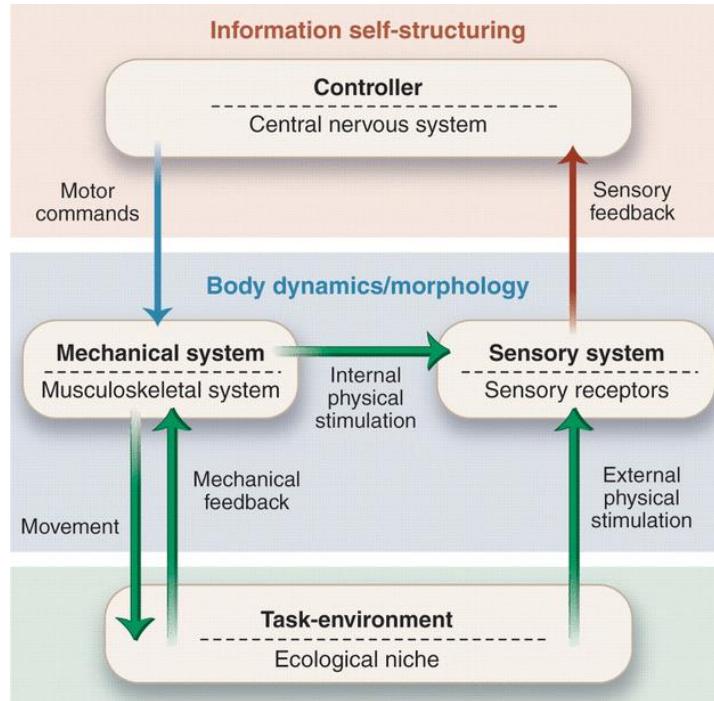


仿生机器人



仿生机器人研究

随着人类技术具有更多自然的特征，自然成为更有用的老师。通过仿生机器人，我们将基本的生物学原理转化为工程设计规则，以创建像自然系统一样运行的机器人。如果使用不止一种生物特性来设计机器人，那么我们将其称为混合仿生机器人。



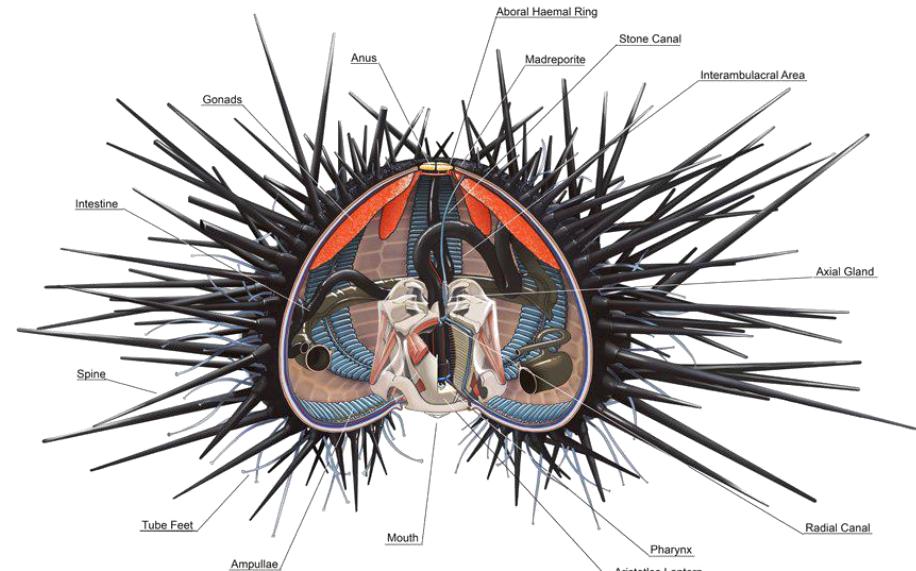
Rolf Pfeifer et al., *Science*, 2008



仿生机器人研究

海胆(Urchin)

- 全向滚动，不会发生卡壳
- 各向同性，可以在非结构化地形灵活移动
- 通过管足脊椎推动自己前进
- 封闭外壳，保护内部结构
- 多维感知，每根脊柱具有感觉单元
- 分布式神经系统



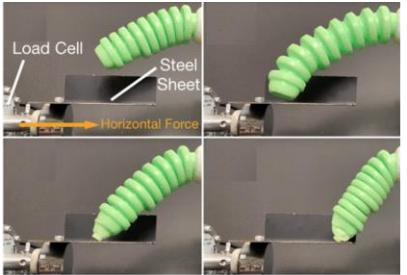
风滚草(Tumbleweed)

- 滚动前进，受风驱动
- 封闭外壳，保护内部结构
- 各向同性，可以在非结构化地形灵活移动
- 被列为美国的非本土和极具入侵性的植物，可见其运动扩散性能超群





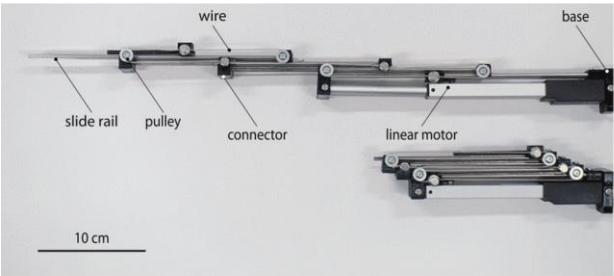
伸缩单元设计



(A)



(B)



(C)

TABLE 1



(D)

Physical Parameters of Telescopic Units

	Telescopic ratio	Max Force (N)	Minimum Length(mm)	Overall Weight (N)	Power (W)	Telescopic Speed(mm/s)
(A)	300%	2.48	126			
(B)	356%					100
(C)	250%	25	212	4		200
(D)	129%	60	170	8		
ours	340%	60	100	7	240	180

Performance of telescopic unit under 5kg load

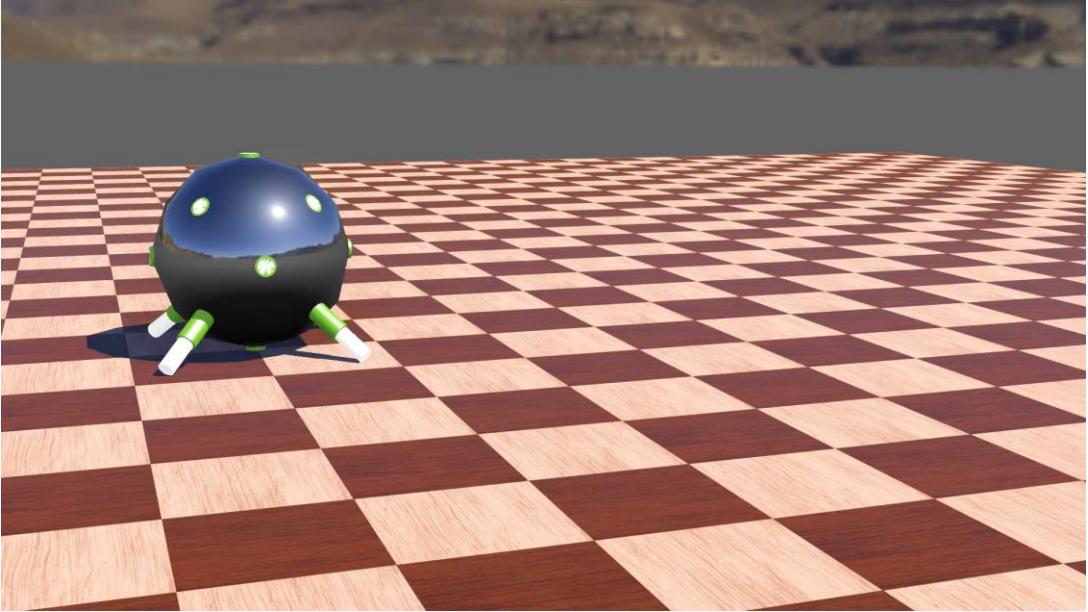


仿生机器人研究



Webots

robot simulation



04 PART 总结与心得

总结与心得



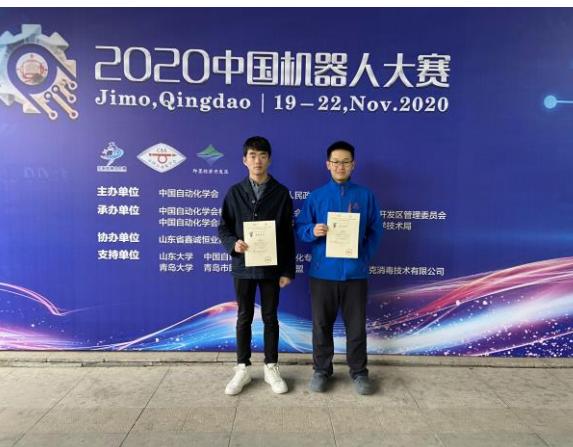
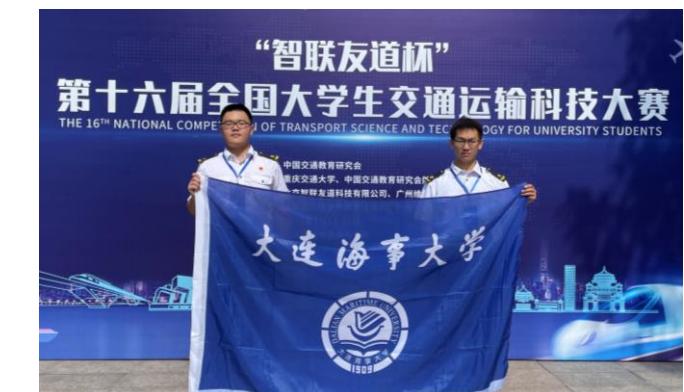
竞赛工作心得

竞赛特点

- 机会多，周期短
- 赛规清晰，目标明确
- 以实物为主，稳扎稳打

团队合作

- 软硬件开发分工明确
- 开发过程，无缝对接
- 做好时间规划

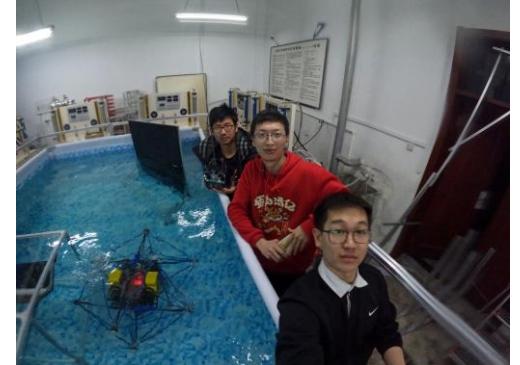




科研工作心得

科研特点

- 方向多，周期长
- 个人为主，团队为辅
- 逻辑性强，始终自洽
- 完全自命题，工作内容极其灵活





总结与心得

1. 坚定的信念
2. 超人般的毅力（毅力是爱好加上坚忍）
3. 耐得住寂寞，与孤独作伴
4. 年纪渐长，最容易欺骗的人是自己
5. 时刻保持头脑清醒，热衷于跳出舒适圈
6. 对自己下手，挑战自己的极限（精神、技术、身体）
7. 舍得为自己投资，“舍不得鞋子套不着狼”
8. 善于调节个人状态，规避干扰心绪的事情
9. 吾日三省吾身，随着年岁的增长，有用的批评则愈加稀缺宝贵



学以至诚 德济四海

Thank You

