

# 以机器人技术为主线贯通理论与实 践教学，提升学生创新实践能力

国防科技大学智能科学学院机器人研究中心  
卢惠民 肖军浩



lhmnew@nudt.edu.cn  
团队主页: <http://nubot.trustie.net/>

合肥 2018.11



- 一 . 研究背景**
- 二 . 以机器人为主线专业教学体系构建**
- 三 . 机器人实践平台的建设**
- 四 . 经验总结**

# 一、研究的背景

- **世界新一轮科技革命、新军事革命深入发展，要求院校培养的学员具有扎实的理论基础、更强的创新能力和解决实际问题的能力。**
- **新工科：当前世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，综合国力竞争愈加激烈，迫切要求我国高等院校培养造就更多创新型卓越工程科技人才，建成高等工程教育强国。**

# 一、研究的背景

- 以军用机器人为代表的智能无人系统是未来智能装备发展的方向。机器人特别适合作为培养学生创新实践能力的载体。
- 机器人工程专业：目前已有100余所高校获批开设机器人工程本科专业
- 国防科技大学智能科学学院正在建设无人装备工程、无人系统工程等强军新工科专业，已招收2届本科生，每届60人

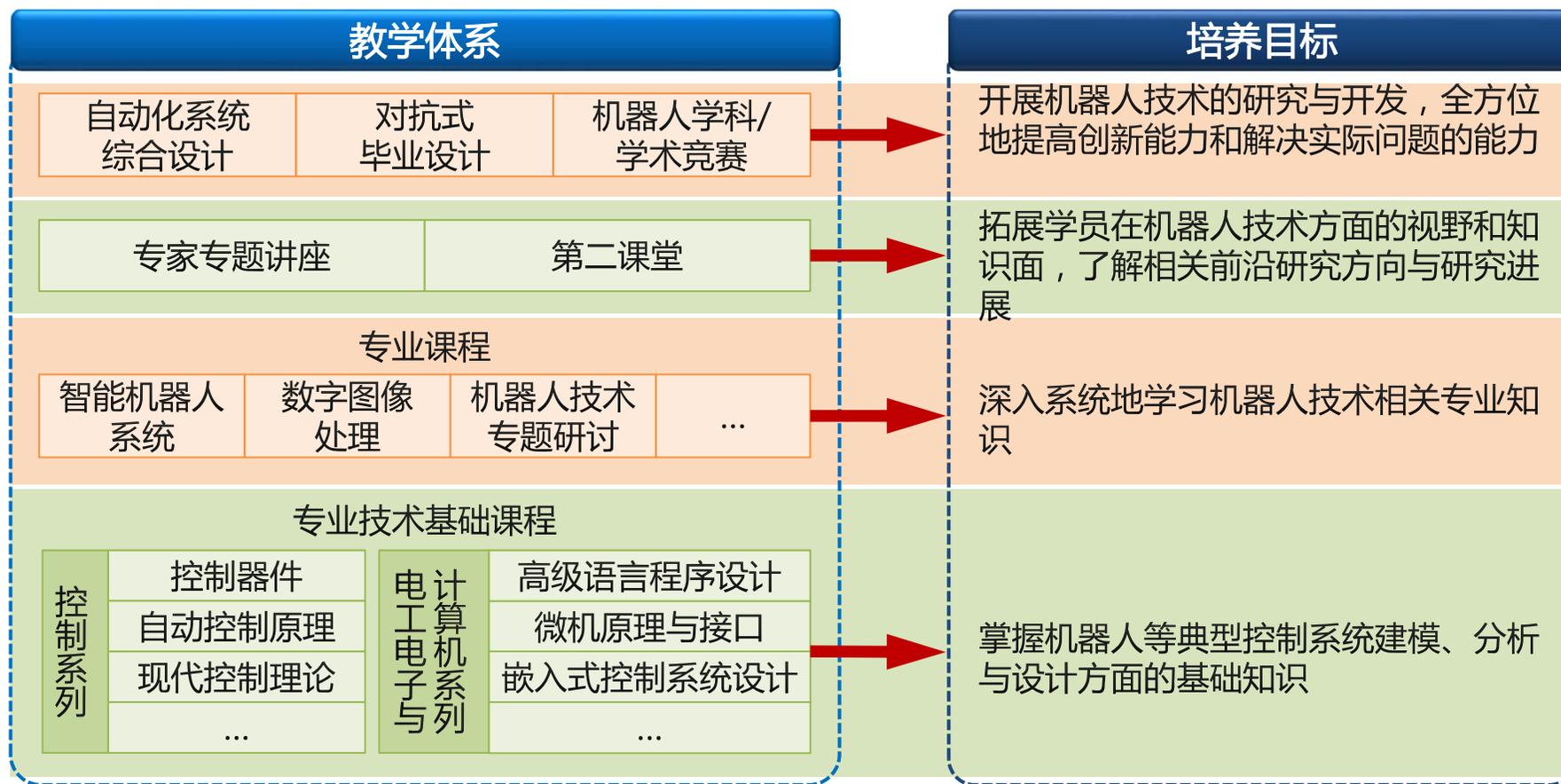
## 二、以机器人为主线专业教学体系构建

我们的理念：创新实践能力培养不是一蹴而就，应该通过将“课堂教学—课程实验—综合设计—课外实践—高水平学科竞赛”有机贯通，实现“基础实践—综合训练—竞赛创新”逐级进阶



## 二、以机器人为主线专业教学体系构建

瞄准智能无人系统技术发展，制定人才培养方案，以机器人技术为主线贯通控制大类基础和专业课程的理论与实践教学



## 二、以机器人为主线专业教学体系构建

瞄准智能无人系统技术发展，制定人才培养方案，以机器人技术为主线贯通控制大类基础和专业课程的理论与实践教学

- 新增了智能机器人系统、控制理论与工程概论、嵌入式控制系统设计、机器人技术专题研讨等课程，或教学内容即为机器人关键技术，或大量地使用各种最新的机器人研究进展作为教学案例，或以移动机器人作为明确的实验对象
- 将机器人操作系统（Robot Operating System）引入自动化系统综合设计
- 将乐高机器人的编程实践并开展机器人竞赛作为高级语言程序设计的实践环节
- 将全向移动机器人的建模与运动控制作为控制系统仿真设计的大作业
- 邀请国内外机器人研究领域的知名专家学者和本校机器人技术专家每学期均面向本科学员开设第二课堂等讲座

## 二、以机器人为主线专业教学体系构建

瞄准智能无人系统技术发展，制定人才培养方案，以机器人技术为主线贯通控制大类基础和专业课程的理论与实践教学

- 项目组2012年开始应用机器人操作系统（Robot Operating System）开展机器人技术研究
- 2014年引入自动化系统综合设计课程，36学时
- 目标跟踪
- 行人跟随
- .....



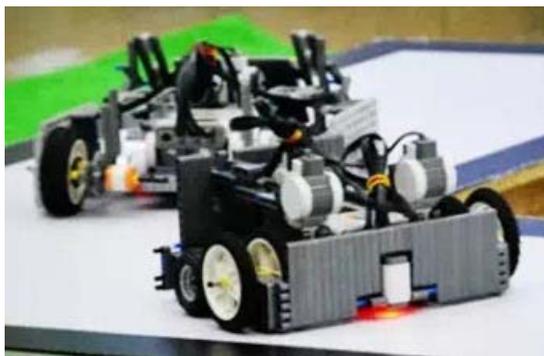
### 3. University (Undergraduate & Graduate) Courses

- International ROS Summer School (University of Applied Sciences in Aachen, Germany)
- 240AR060: Introduction to ROS (IRI-UPC) (Barcelona) (● IRI - ● UPC)
- Programming for Robotics – Introduction to ROS (ETH Zurich) (● Video lectures)
- Gaitech Education Portal, China
- Introduction to Robotics (CS460) (Prince Sultan University, Saudi Arabia)
- Introduction to Robotics (Bar-Ilan University, Israel)
- Advanced Robotics (CU Boulder)
- Advanced Robotics Systems (KU Leuven)
- Autonomous robotics (DEI - Università di Padova)
- Autonomous Vehicles - Freshman Research Initiative (University of Texas at Austin)
- CSCE 574: Robotics (University of South Carolina)
- CSE553: Mobile Robotics (Washington University in St Louis)
- CS1480: Building Intelligent Robots (Brown University)
- CS225B: Robot Programming Laboratory (Stanford University)

### 三、机器人实践平台的建设

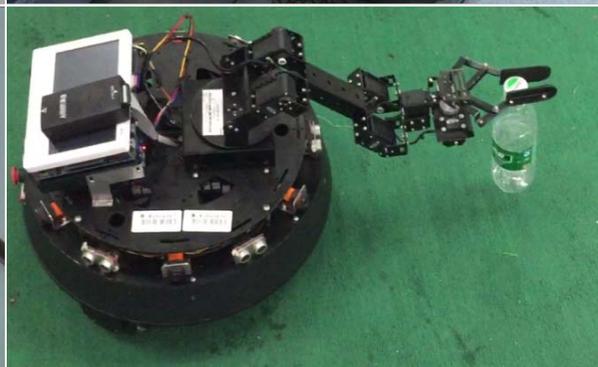
依托控制科学与工程国家一级重点学科，统筹建设教学实验室和创新实践基地，构建了面向广大学员的“创客空间”

- 按照“平台模块化、功能多样化”思路，建设了控制技术实验室的机器人设备群，支撑实践教学，为学员夯实学科基础知识、提高动手能力提供了环境保证。





- 机器人作为教学实践平台，趣味性强
- 涵盖控制、嵌入式、传感器等诸多知识单元
- 为学生深入学习自动控制、自动化系统综合设计、嵌入式控制系统等课程，提供多层次、全方位的实践训练平台





## 能适合不同教学对象、不同复杂度、不同难度的实验教学需求

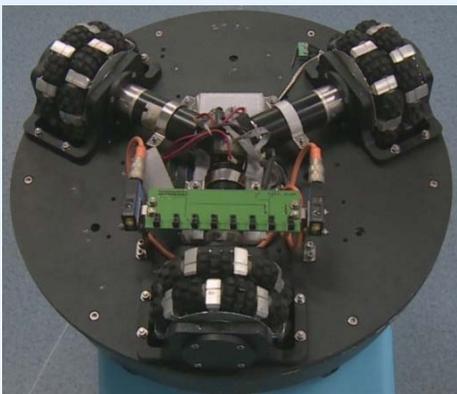
- 利用QT1传感器结合运动控制，可开展机器人巡线类实验；
- 利用超声波传感器或红外传感器结合运动控制，可以开展避障类或者走迷宫类实验；
- 利用色标传感器、摄像头结合机器臂控制，可开展路径规划、特定目标跟踪、物体搬运等实验。





控制方面，集成了多种控制器和执行器，既能完成单一器件的性能实验，又能支撑复杂控制系统设计

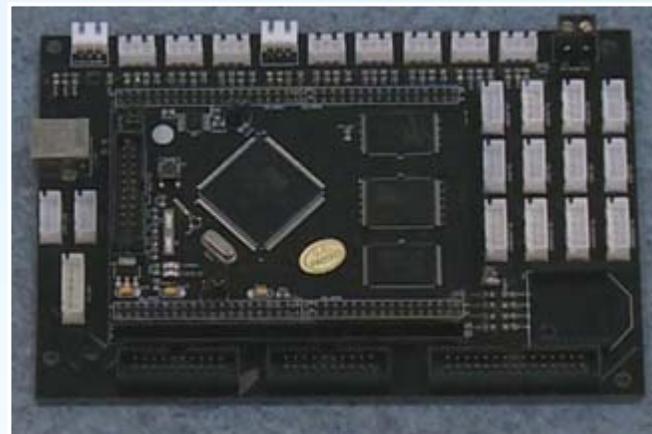
- 三轮均布的全向轮系底盘，由全向轮、直流电机、减速箱、编码器、驱动器组成
  - ◆ 开展闭环调速控制等电机实验
  - ◆ 机器人路径规划与跟踪控制等综合性实验
- 七舵机多自由度机械臂
  - ◆ 既可开展简单的舵机控制实验
  - ◆ 也可开展复杂的机械臂控制实验





嵌入式系统开发方面，构建了包括运动控制、传感器信息采集、应用集成的多级架构，能适用复杂任务开发

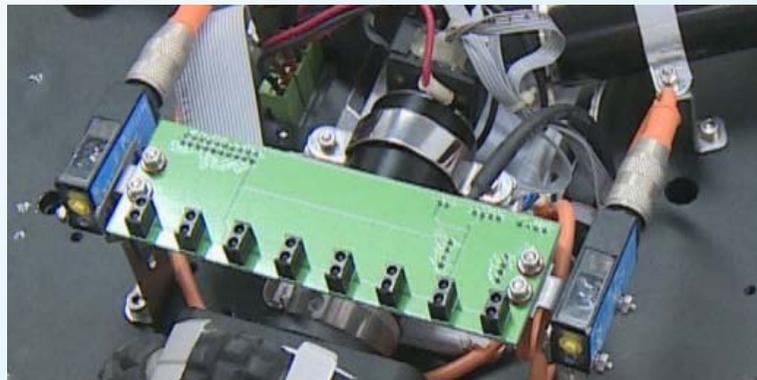
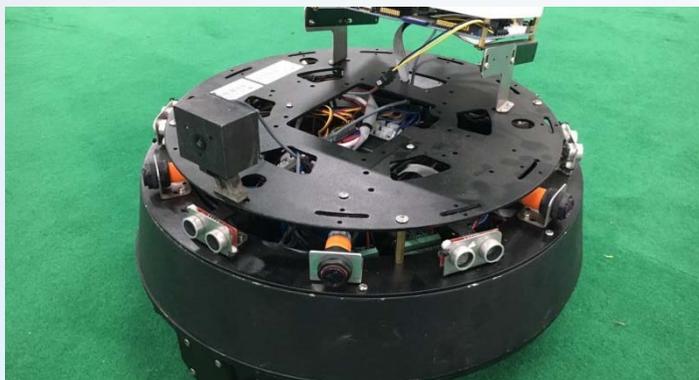
- 包含一款面向控制的STM32F407 芯片和一款面向应用的ARM11-6410芯片
- 包含RS232、RS485、CAN总线、以太网、SD卡、USB接口、数字IO、数模转换、模数转换等诸多接口，满足嵌入式系统设计、开发的需求





配备了多种传感器接口，能实现单传感器的性能验证和多传感器的信息融合

- 现已集成1组QT1传感器、6个超声波测距传感器、6个红外反射传感器、2个色标传感器和1个视觉摄像头
- 能支持多类型传感器拓展





用于本科实践教学，从2011年开始，支撑了6门（24次）课程，共计1113名学生

序号	课程名	开设年度	人次
1	嵌入式控制系统设计	2014、2015、2016	205
2	自动化系统综合设计	2011、2012、2013、2014、2015	182
3	计算机辅助控制系统设计	2012、2013、2014、2015、2016	264
4	数字化装备接口课程设计	2014、2016	102
5	计算机接口与应用课程设计	2011、2012、2013、2014、2015	182
6	嵌入式控制系统原理与应用	2012、2013、2014、2015	178
合计			1113

序号	开设实验	序号	开设实验
1	电机闭环控制实验	8	物体跟踪实验
2	超声波测距实验	9	穿越迷宫实验
3	CAN通信实验	10	巡线实验
4	RS232通信实验	11	物体抓取实验
5	Zigbee通信实验	12	轨迹规划实验
6	色彩识别实验	13	机器人姿态控制实验
7	物体识别实验	14	机械臂控制实验
.....			

# 三、机器人实践平台的建设

依托控制科学与工程国家一级重点学科，统筹建设教学实验室和创新实践基地，构建了面向广大学员的“创客空间”

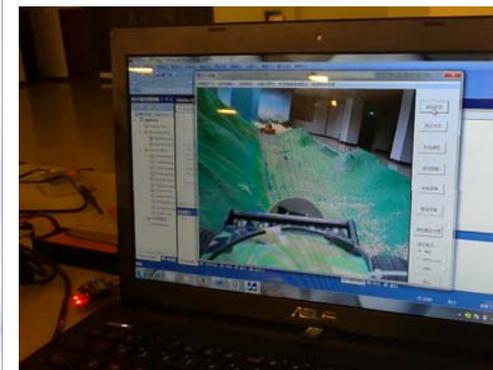
- 按照“虚拟与实际结合、技术与战术结合”思路，建设了无人系统实验室的机器人设备群，支撑学员系统地学习机器人技术专业知 识，为无人作战对抗式毕业设计提供一流环境。



# 三、机器人实践平台的建设

依托控制科学与工程国家一级重点学科，统筹建设教学实验室和创新实践基地，构建了面向广大学员的“创客空间”

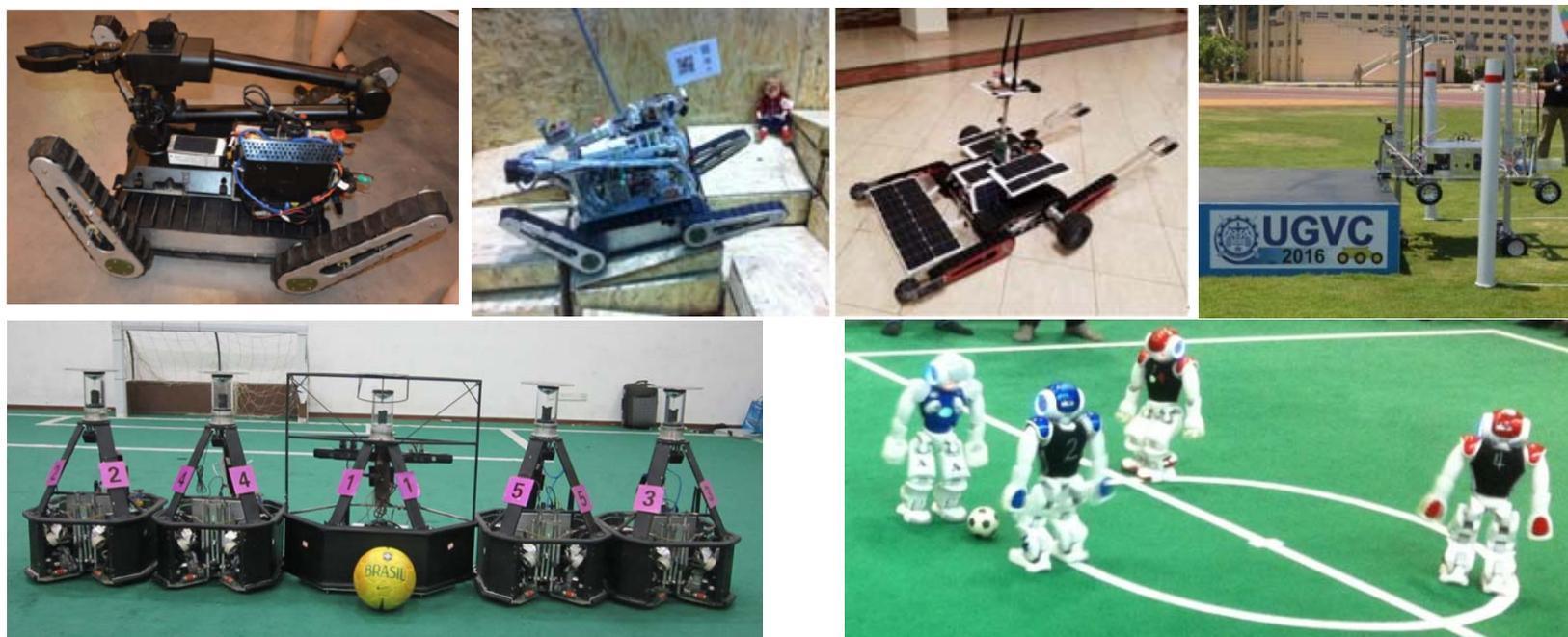
- 按照“虚拟与实际结合、技术与战术结合”思路，建设了无人系统实验室的机器人设备群，支撑学员系统地学习机器人技术专业知识，为无人作战对抗式毕业设计提供一流环境。



# 三、机器人实践平台的建设

依托控制科学与工程国家一级重点学科，统筹建设教学实验室和创新实践基地，构建了面向广大学员的“创客空间”

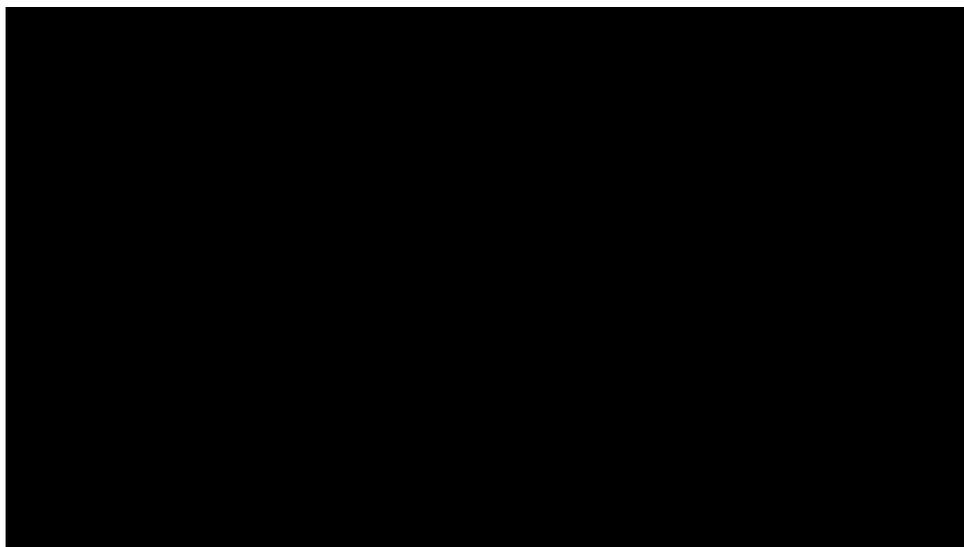
- 按照“学科竞赛牵引、自主创新研制”思路，建设机器人技术创新基地，为学员参加高水平机器人竞赛取得优异成绩奠定了基础。



## 三、机器人实践平台的建设

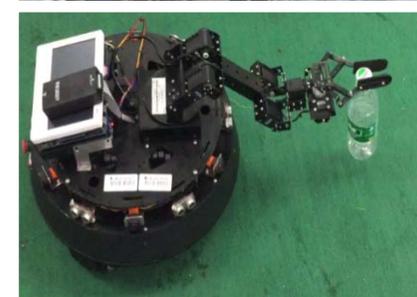
依托控制科学与工程国家一级重点学科，统筹建设教学实验室和创新实践基地，构建了面向广大学员的“创客空间”

- 按照“学科竞赛牵引、自主创新研制”思路，建设机器人技术创新基地，为学员参加高水平机器人竞赛取得优异成绩奠定了基础。



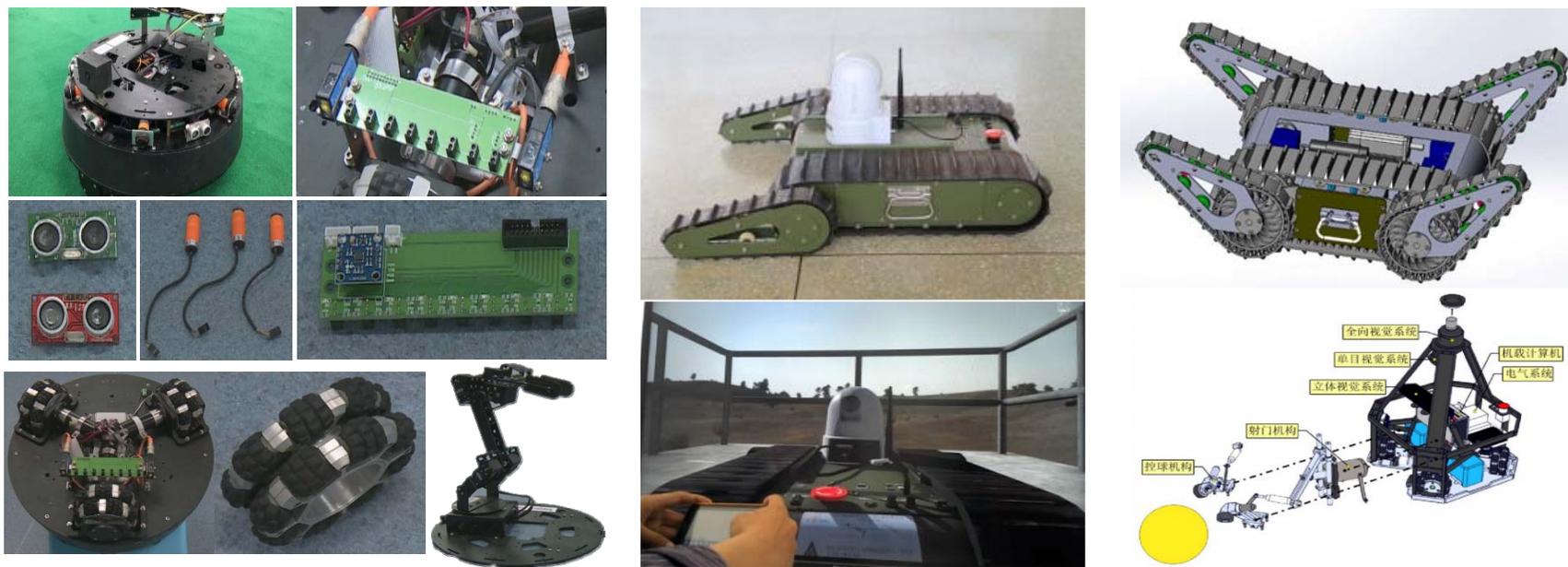
# 四、经验总结

提出并建设了以**机器人技术为主线贯通基础课程和专业课程**的理论与实践教学全过程的教学体系。



## 四、经验总结

提出了控制技术实验室“平台模块化、功能多样化”、  
无人系统实验室“虚拟与实际结合、技术与战术结合”、  
机器人技术创新实践基地“学科竞赛牵引、自主创新研  
制”等创新建设思路，将科研成果转化为优质教学资源。



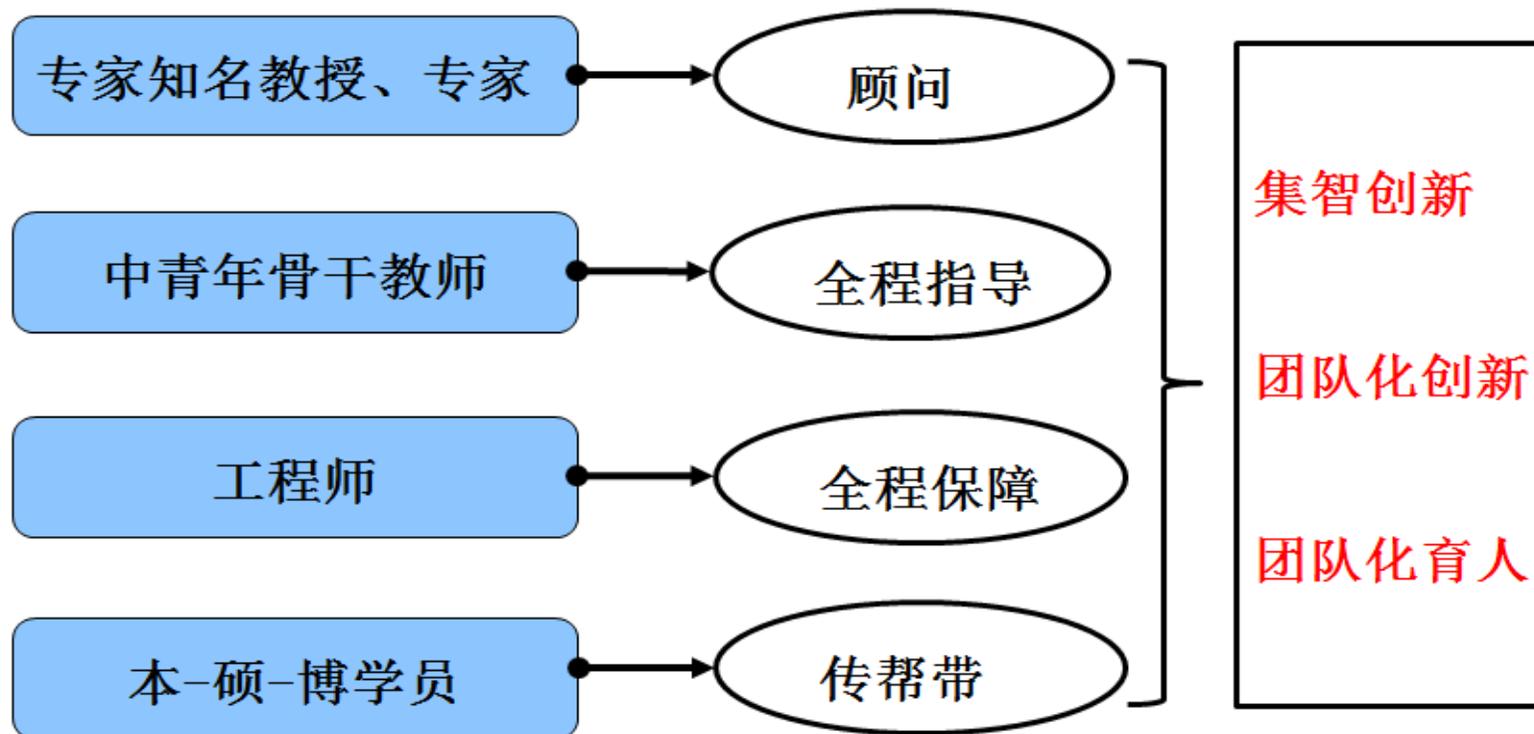
## 四、经验总结

形成“教员团队化育人、学员阶梯式成长”的创新能力培养长效机制，教师指导团队学科背景交叉融合、专业特长优势互补，学员团队“见习者-参与者-领导者”有机结合，“基础实践—综合应用—竞赛创新”逐级进阶。

## 四、经验总结

发挥国家级教学团队引领作用，创新团队育人机制，形成了“教员团队化育人、学员阶梯式成长”创新能力培养长效机制

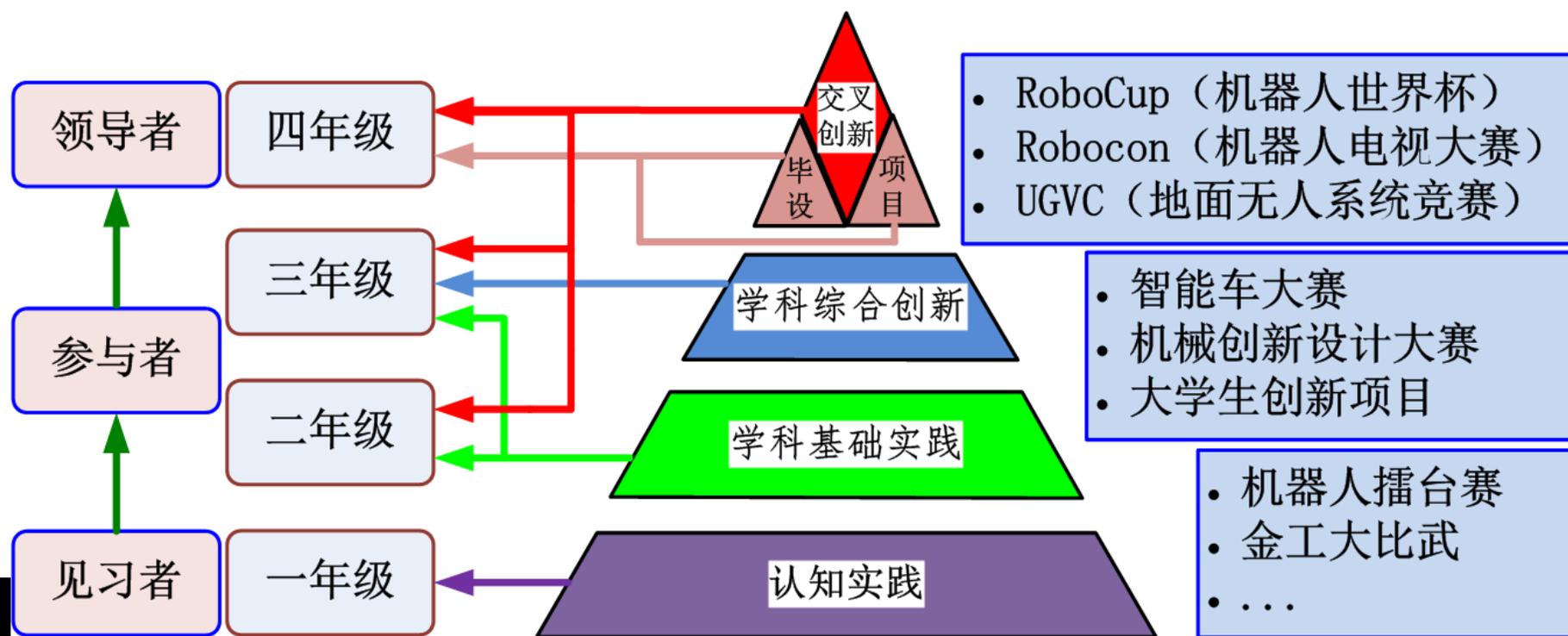
### ■ 建设一支多学科/方向交叉融合、专业互补的创新实践指导团队



## 四、经验总结

发挥国家级教学团队引领作用，创新团队育人机制，形成了“教员团队化育人、学员阶梯式成长”创新能力培养长效机制

- 制定学员阶梯成长计划，搭建“基础实践—综合训练—竞赛创新”创新实践平台，学员在“见习者—参与者—领导者”的角色中成长。



# 阶段性成效

- 学科竞赛成绩优异：合计52人次获国际级奖、407人次获国家级奖、301人次获省级奖
- 获批国家级大学生创新训练计划项目12项
- 本科学员获发明、实用新型专利17项



# 阶段性成效

“以机器人为主线构建课堂教学与创新实践相融合的教学体系，创新人才培养”，获得**2017中国自动化学会高等教育教学成果一等奖**

“厚基重实强能，打造控制类精品教学资源，提升专业人才培养质量”，获得**2016中国自动化学会高等教育教学成果一等奖**

“打造四位一体的竞赛实践平台，培养创新型机电控制类军事人才”获得**军队级教学成果奖二等奖、国防科技大学教学成果奖一等奖**

“紧贴装备信息化发展，培养控制大类创新人才的实践与探索” 获得**国防科技大学教学成果奖一等奖**

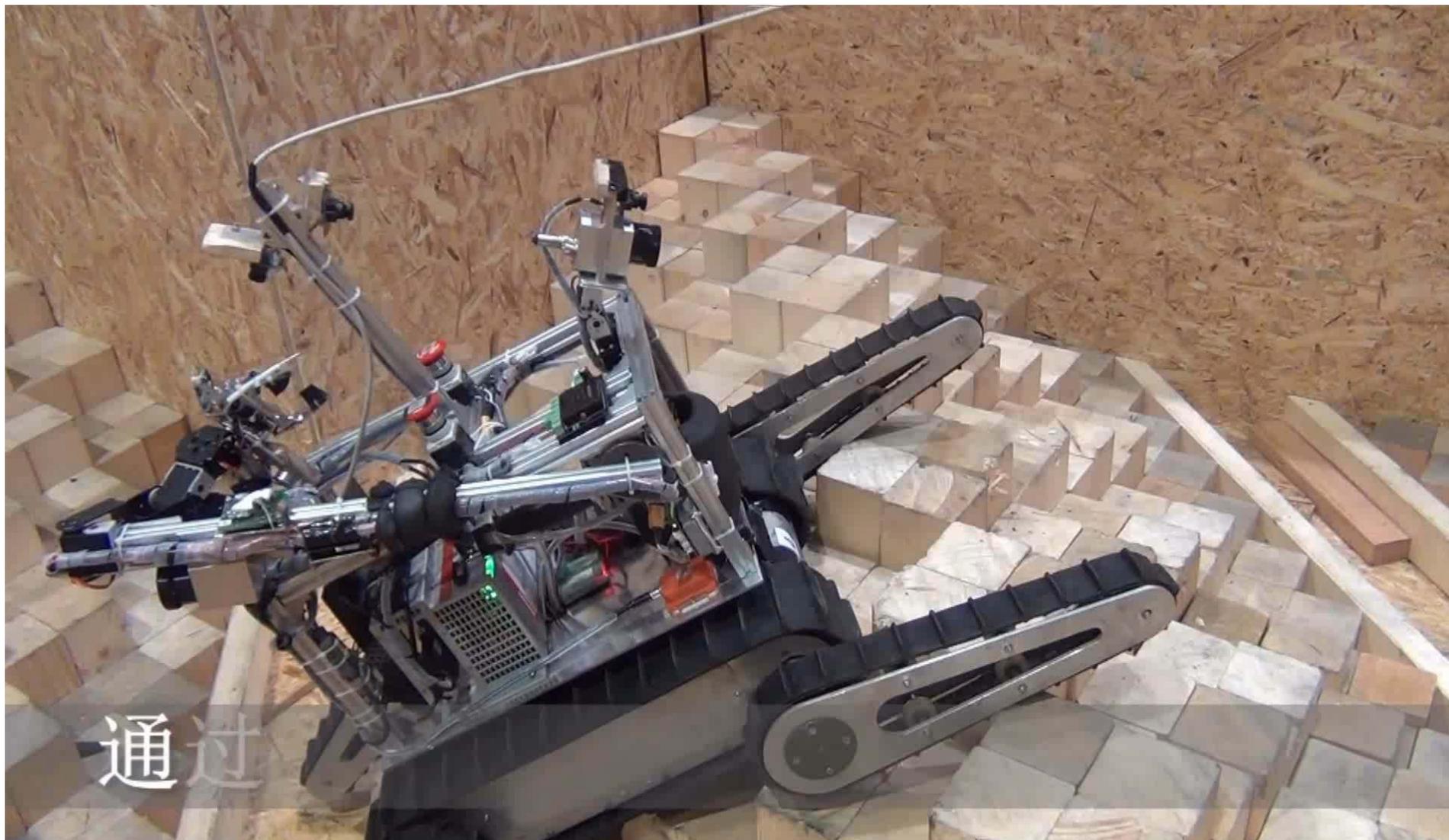
“以创新实践基地建设为牵引，构建立体化实践教学体系，提高专业人才培养质量”，获得**军队级教学成果奖三等奖、国防科技大学教学成果奖一等奖**

“全向移动机器人开放式综合实验平台” 参加首届全国高校自动化专业青年教师实验设备设计“创客大赛”，获得**“运动控制系统”组银奖（金奖空缺）**

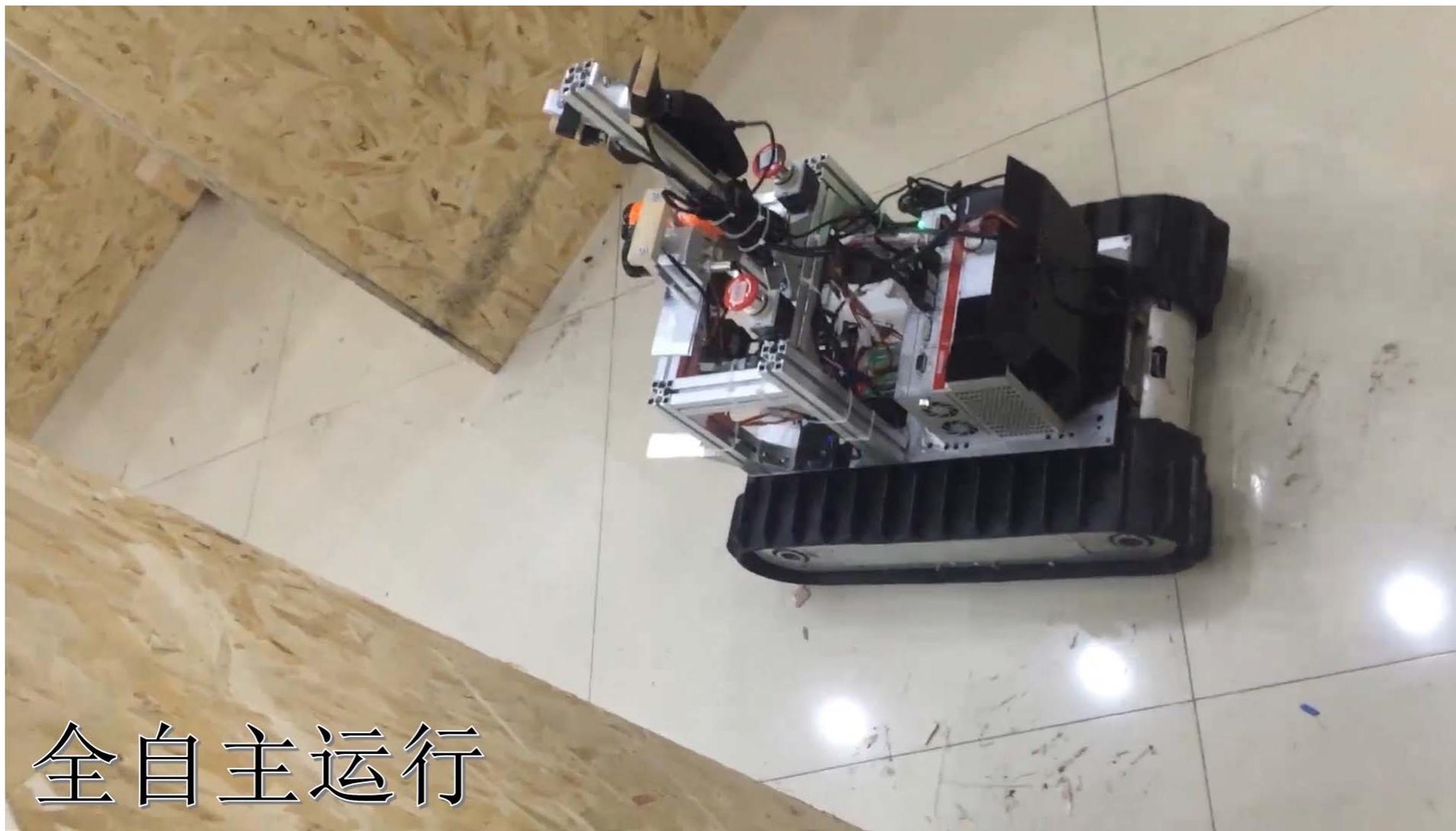
# 机器人足球



# 机器人救援



# 机器人救援



全自主运行

# 国防科技大学机器人研究中心

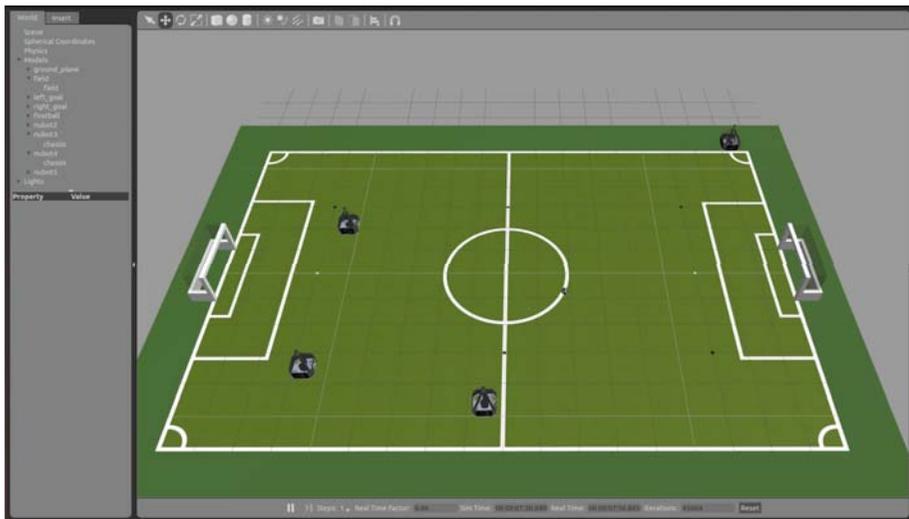
- **移动机器人视觉感知**：同步定位与建图（SLAM）、仿生视觉SLAM、目标识别、环境建模与理解等
- **多机器人协同控制**：多机器人任务分配、编队控制等，注重提高存在机器人失效、少通信/无通信情况下的多机器人系统鲁棒性
- **机器人系统的鲁棒、柔性控制**：机器人运动学和动力学控制、智能控制、基于脑电/肌电信号的人机交互控制



# 国防科技大学机器人研究中心



# 国防科技大学机器人研究中心



Cooperative Encirclement Control for a Group of Targets by  
Decentralized Robots with Collision Avoidance

Junchong Ma, Weijia Yao, Wei Dai,  
Huimin Lu, Junhao Xiao, Zhiqiang Zheng

College of Mechatronics and Automation  
National University of Defence Technology



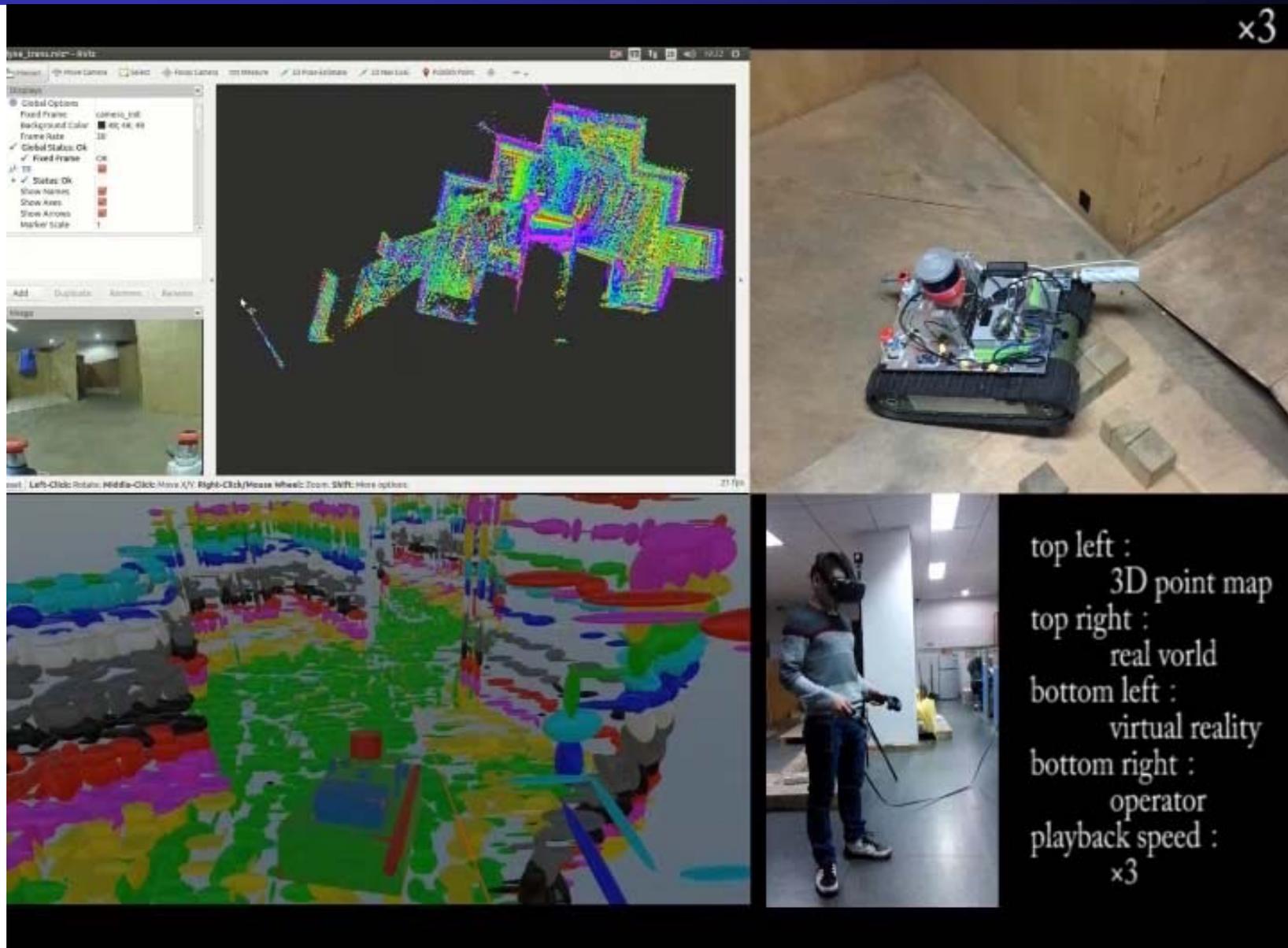
## Simulation with Simulink

Formation Guideline 2 is adopted. The utilities of robots are as follows:

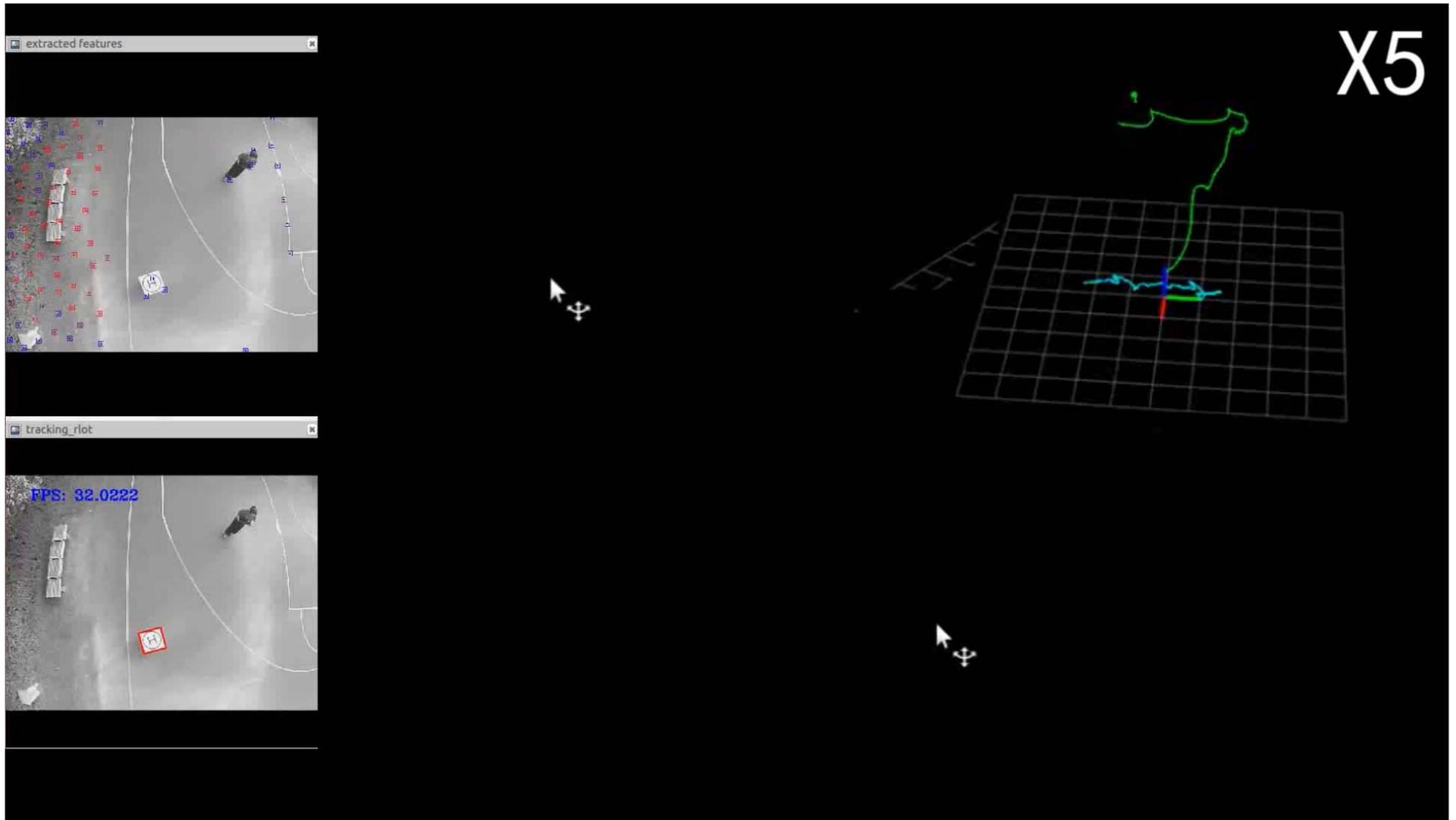
$$\mu_1 = \mu_3 = \mu_4 = 1, t \geq 0,$$

$$\mu_2 = \begin{cases} 2, & 0 \leq t < 5, & \text{Stage 1} \\ 0, & 5 \leq t < 10, & \text{Stage 2} \\ 0.5, & t \geq 10. & \text{Stage 3} \end{cases}$$

# 国防科技大学机器人研究中心



# 国防科技大学机器人研究中心



# 国防科技大学目前正在开展的工作

- 已经完成无人装备工程、无人系统工程专业人才培养方案的制定工作，按照**（强军）新工科**的要求具体实施
- 按照课程群划分构建专业课程体系，包括机电系统课程群、信息系统课程群、控制系统课程群和智能系统课程群
- 主要特点：以**智能机器人/无人系统为主线，贯通理论教学与实践教学**，每个课程群设置综合实践项目，最后还有一个专业综合设计项目。
- 学员需要综合运用所学的机械、电子、通信、控制、导航、智能等方面知识，设计并实现一套典型的地面无人系统装备，完成**复杂地形穿越或者对抗竞赛**等预定任务。学生通过该综合设计，实践典型无人系统装备的“**需求分析、资料查阅、方案设计、理论计算、工程实现、试验调试**”的全套设计实现流程，巩固所学的基础理论和专业知识，培养工程素养和协作精神，激发创新思维和科研兴趣，提升创新实践能力和解决实际问题的能力。
- 结合**学院使命任务，以智能无人系统为主线，贯通本硕博培养**

**谢谢！请多多批评指正！**  
**欢迎大家来访国防科技大学智能**  
**科学学院**