

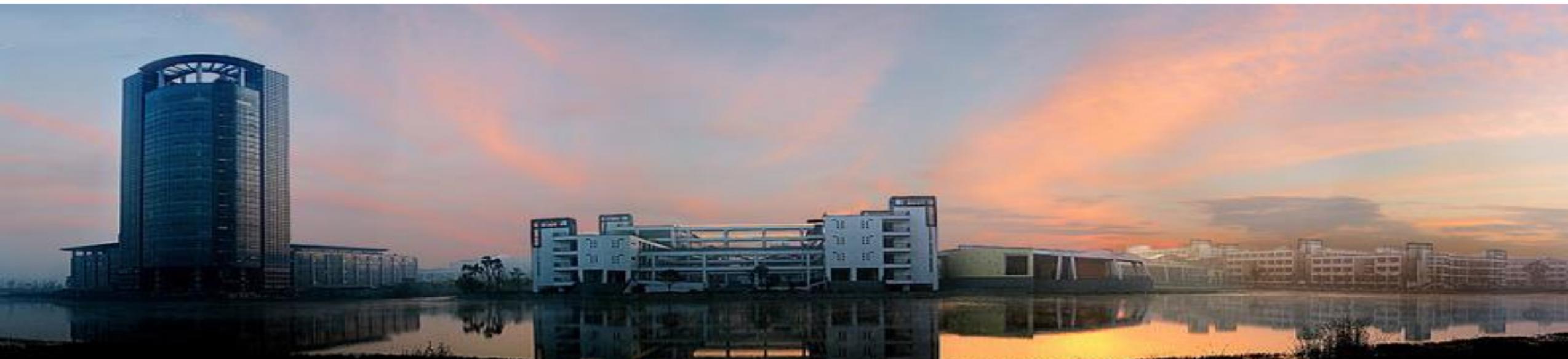


浙江大学中国科教战略研究院
Institute of China's Science, Technology and Education Policy, Zhejiang University

面向新工科的浙江大学工程教育改革实践

张 炜

浙江大学中国科教战略研究院



个人简介

- 浙江大学中国科教战略研究院副院长，科教发展战略研究中心副主任，教授，博士生导师。中国高等教育学会工程教育专业委员会（CSEE）副秘书长（新工科在线）、常务理事。研究方向工程教育与公共政策；科技教育与创新政策。
 - 浙江省首批“之江青年社科学者”；浙江省“新世纪151人才工程”第二层次培养人员。
 - 主持国家自然科学基金2项，省部级基金11项，参与国家自然科学基金和国家哲学社会科学基金共5项。先后获得浙江省第16届和第17届哲学社会科学优秀成果奖二等奖（基础研究类）。在ASEE（美国工程教育协会）年会、SEFI（欧洲工程教育协会）年会、新华文摘、科学学研究、科研管理、自然辩证法研究、中国高教研究、高等工程教育研究、比较教育研究、浙江大学学报（社科版）、科学学与科学技术管理等学术期刊发表论文100余篇，出版学术专著3部。
-
- 

工科优势、综合高校和地方高校组：从轰轰烈烈到扎扎实实

传统工科：

以**新模式探索**为重点，强调**产教融合—协同育人**，辅之以**学科评估（专业评估）**、交叉培养等机制，旨在提升学生**工程创新能力、实践动手能力、系统思维能力、主动学习能力、专业基础能力、软性能力**等。

新兴工科：

以**新结构设计**为重点，强调**学科会聚—交叉培养**，辅之以**学科评估（专业评估）**、协同育人等机制，旨在提升学生**计算能力、工程创新能力、实践动手能力、主动学习能力、系统思维能力、专业基础能力、软性能力**等。

新工科人才培养机制

概念化

范畴化

实践实训机制

体验教育、实践平台、创新训练计划……

协同育人机制

产学研协同、科教融合、军民融合……

交叉培养机制

学科交叉、学科联盟、专业融合……

贯通培养机制

专辅结合、通专结合、本研贯通……

资源共享机制

翻转课堂、模块课程、数字化资源建设……

评估评价机制

质量监督、专业认证、职业认证……

师资建设机制

导师制、师资储备、师资培训……

组织管理机制

试点改革学院、专家顾问委员会、学校领导小组……

新工科教学体系的能力特征

概念化

工程创新能力

实践动手能力

软性能力

系统思维能力

主动学习能力

专业基础能力

计算能力

范畴化

工程创新精神、创新创业能力

工程实践能力、工程使用能力

国际竞争力、沟通交流能力

跨学科思维能力、解决复杂工程问题的能力

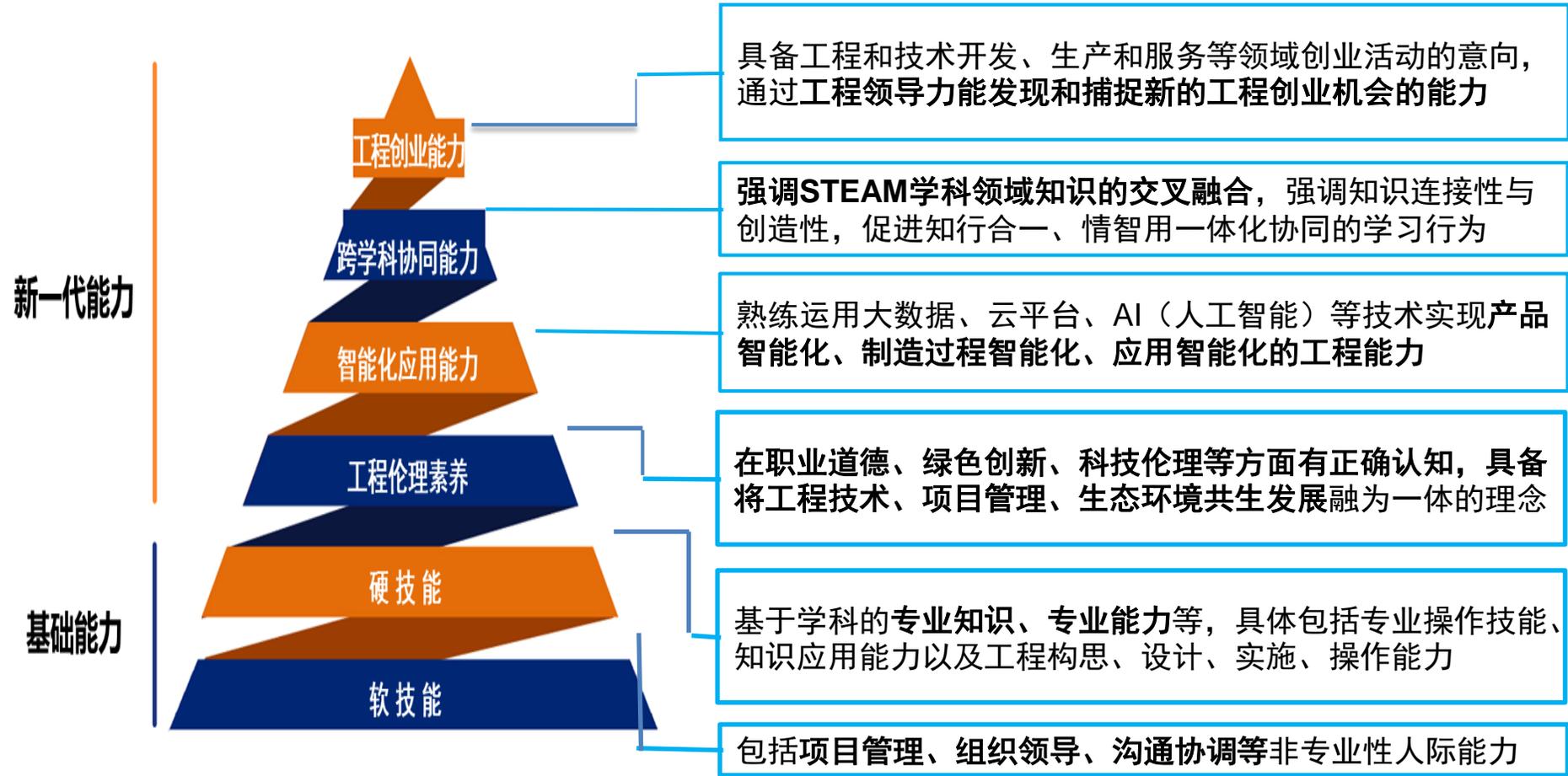
学习与应用能力、适应变化能力

专业技术能力、基础理论能力

工程设计能力、计算思维

- 传统工科和新兴工科关注的能力特征为**工程创新能力**、**实践动手能力**、软性能力、系统思维能力、主动学习能力、专业基础能力、**计算能力**，频次为**77、72、66、48、40、38、10**

我国新一代工程师胜任能力模型



新工科人才培养改革的实践探索

浙江大学案例



7大学部、12个学科大类



专业、学科体系

本科专业	148个，工学专业48个
二级学科硕士点	308个，工学学位84个
专业学位	27个，涉工类别2个
一级学科博士点	54个，工学学位19个
二级学科博士点	273个，工学学位80个

- 一级国家重点学科 14 个
- 二级国家重点学科 21个
- 进入ESI前1%学科18个
- 进入ESI前100位学科7个
- 教育部认定拟建设一流学科18个
- 学校重点建设学科及学科群30个

建设路径：产业驱动、工程科学与学科会聚



浙江大学工程教育改革的总体思路

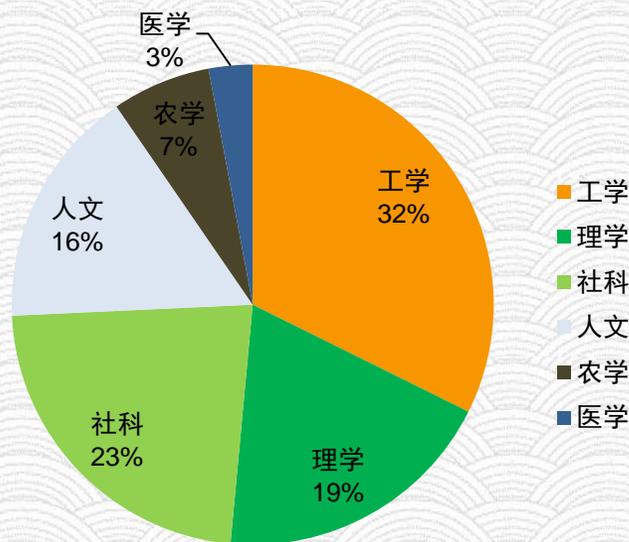


新工科是持续性的工程教育转型变革，而不仅仅是教改项目。
不是概念，而是行动

1. 优化本科专业布局——推进一流本科、一流专业建设



浙江大学建设一流大学是目标，一流学科是条件，一流本科是根本，一流专业是基础。一流专业是一流人才培养的基本单元。



优化本科专业布局

适应社会发展需求

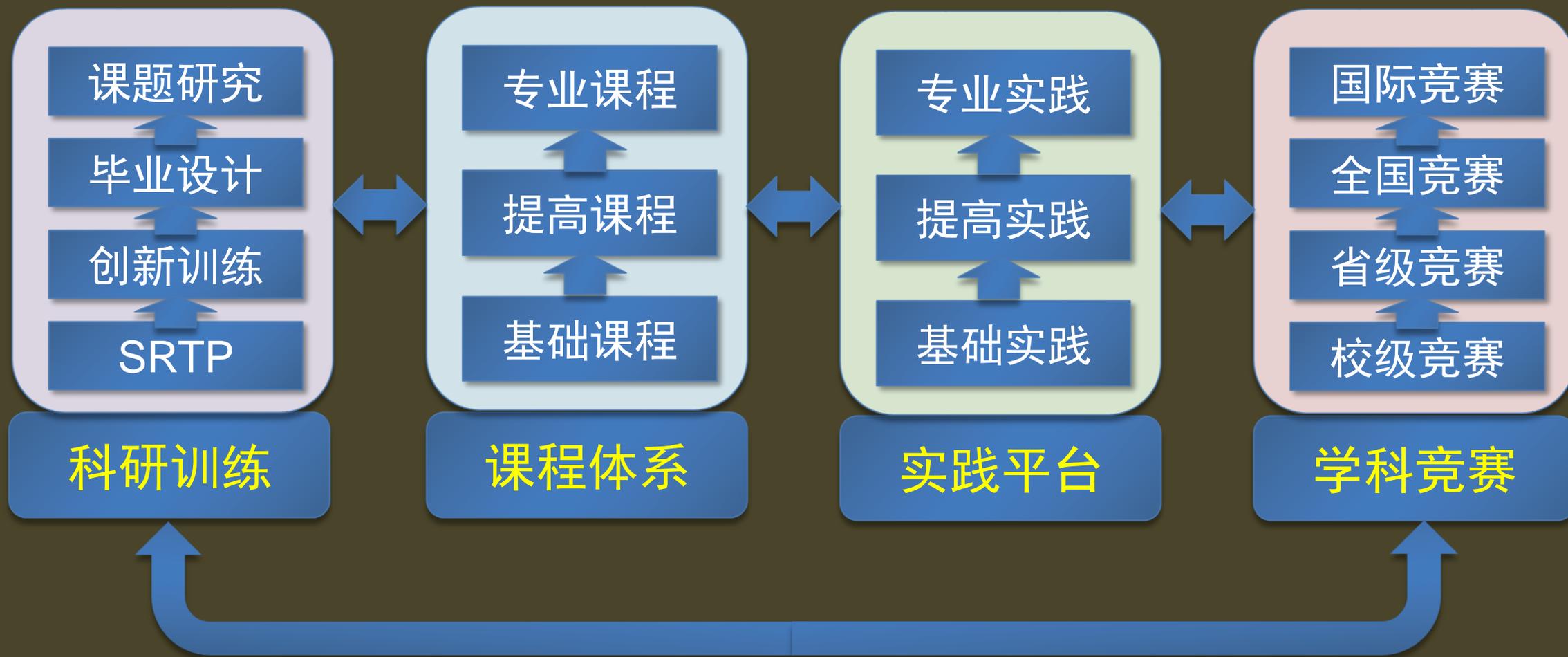
推进新工、文、医、农科建设

到2020年，力争将本科专业优化至100个以内。
其中一流专业占50%以上。

实现本科专业：数量适度
结构布局合理
争创建设一流专业



本科生教学体系（SEP模式）：学习-体验-实践



2. 催生复合型专业——瞄准产业需求，促进学科融合



浙江大学中国科教战略研究院
Institute of China's Science, Technology and Education Policy, Zhejiang University

由**新经济新业态**驱动的以工+工、医、信、农、人文社会学科交融方式的**学科融合教育改革**路径。

交叉创新平台



智能机器人（竺院、控制学院、机械学院）

新医科、新工科
交叉融合平台



人工智能—大数据（计算机、数学学院）

医工信（医学院、生科院、信息学部所在学院）

新农科、新工科
交叉融合平台



农工信（农学院、生工食品学院、信息学部所在学院）

项目1：以机器人工程新工科专业建设为例

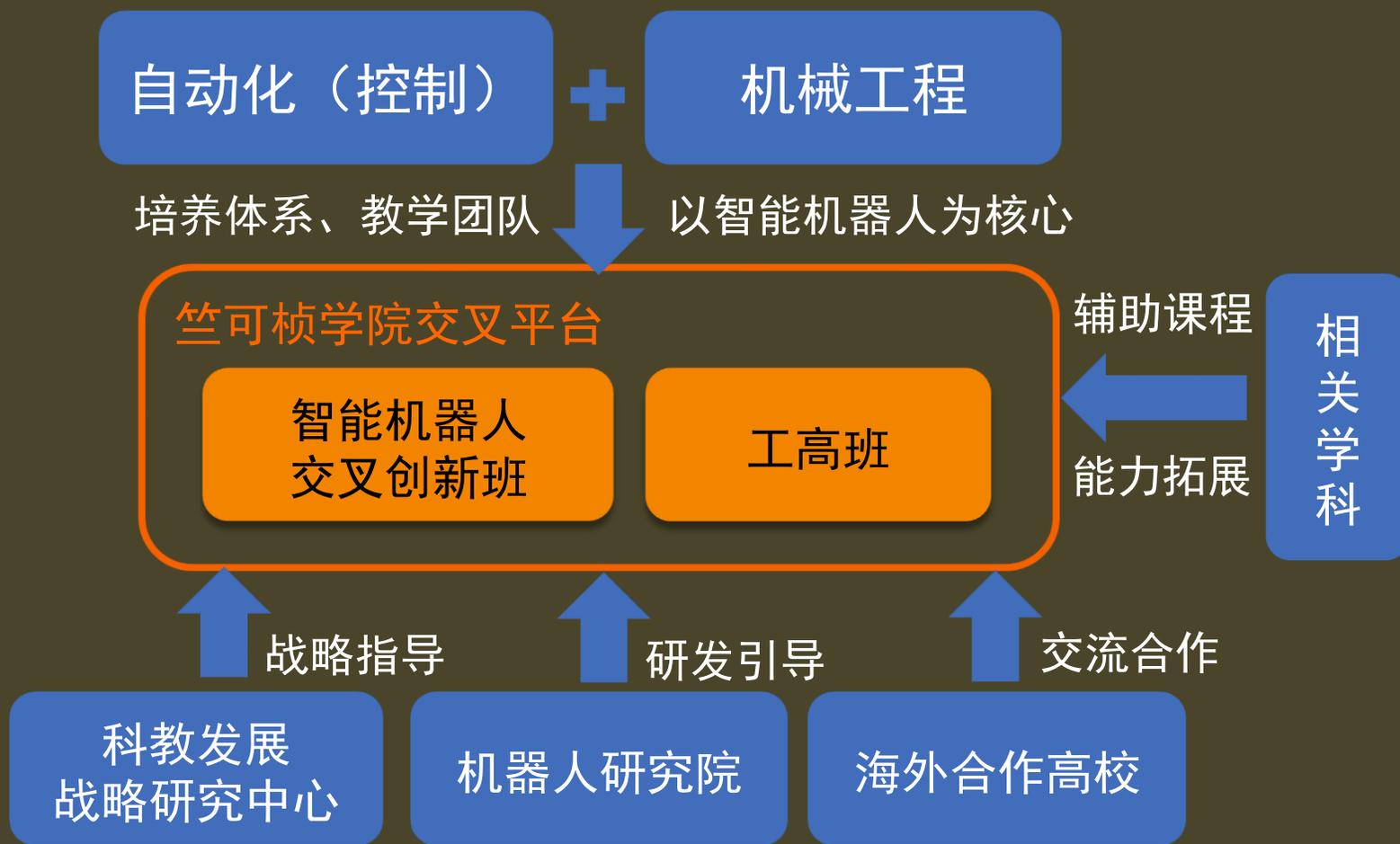
- 现有机器人教学资源分散在不同学科领域中，需要整合优化
 - 每个学科往往从自身学科特点出发进行专业建设



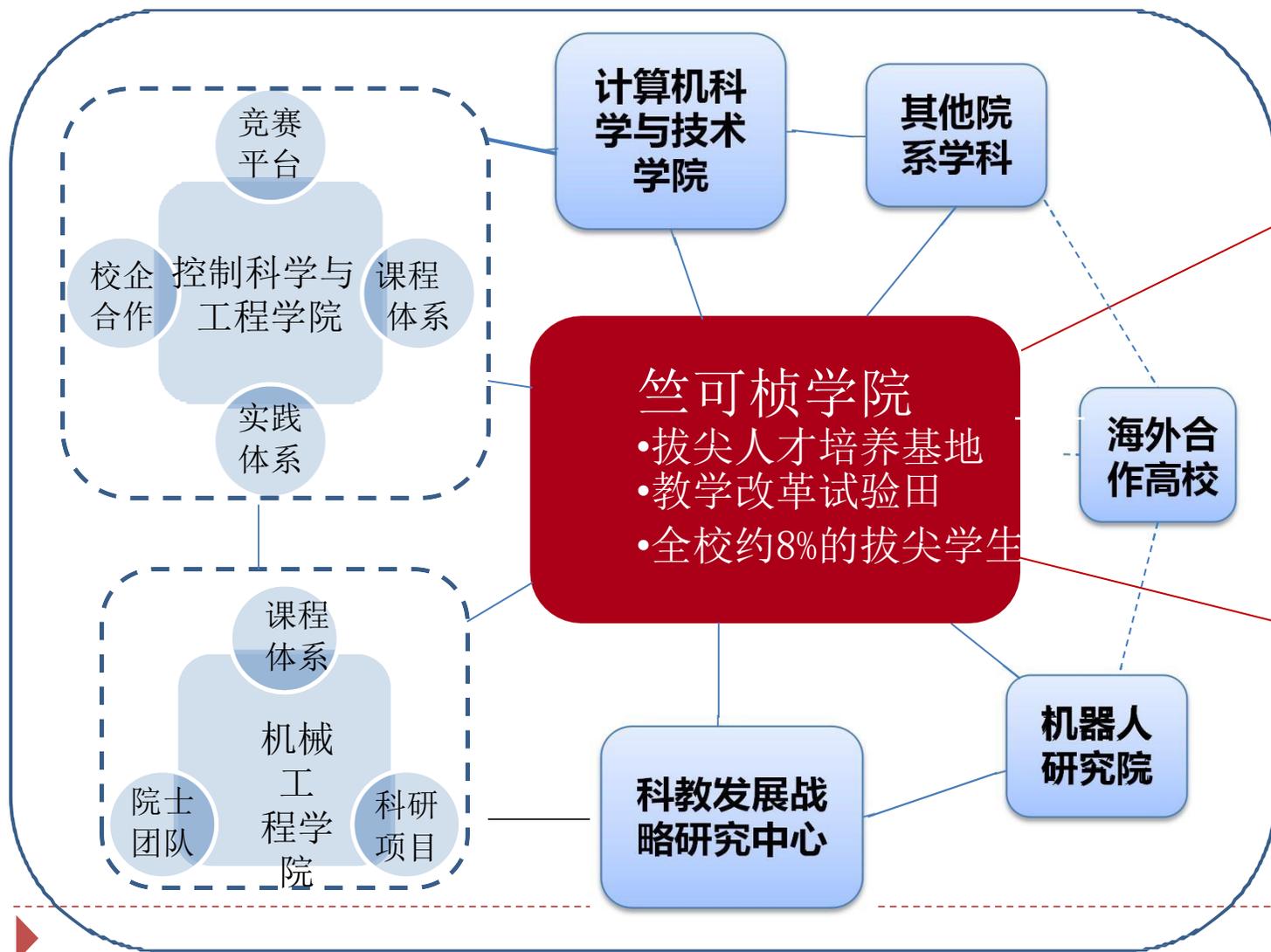
- 现有交叉融合基本依托于科研环节，不利于学生系统化学习机器人专业知识

松散非体系化模式难以形成综合性、系统性的交叉科学知识体系和实践体系
难以培养掌握并融会贯通多学科知识的创新型人才

1) 多方融合共同建设智能机器人拔尖人才培养体系



实施平台



人工智能

- 2016起
- 特色主修班
- 约60人/届
- 高考最高分直招
- 全新培养方案

机器人交叉创新平台

控制 机械

工程基础

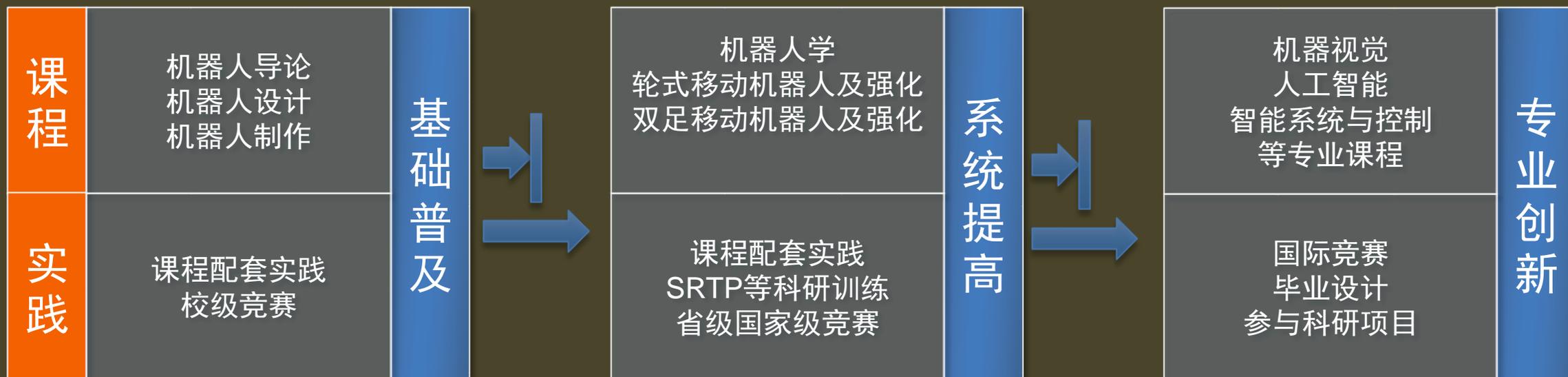
- 1994起
- 特色辅修
- GPA>4.2
- 40人/届
- 最优质师资

工程设计 工程教育高级班 工程管理

工程实践



2) 递进式多目标的培养模式



面向全校理工农艺文学生
课程每年100人左右
实践每年800余人

课程及配套实践面向控制学院、竺可桢学院学生，每年120人左右
竞赛面向全校相关专业学生，每年40人左右

3) 以多路径培养目标为思路的学位授予计划

学生可根据其发展需要灵活选择专业课程，定制培养方案

智能机器人交叉班

工高班

双学位

同时选择两个方向的专业课程，从而获得“自动化(控制)”和“机械电子工程”双学位

单学位+辅修

选择某一方向专业培养方案作为主修专业，同时辅修另一方向专业培养方案部分课程

单学位

仅仅选择某一方向专业培养方案作为主修专业

主修专业+工高班辅修

主要进展1：完成申报“机器人工程”新专业

- 浙江大学于2018年7月向教育部提交了机器人工程专业的建设申请
- 2019年拟以机器人工程专业进行招生，在竺可桢学院培养



专业核心课程：

- 《机器人导论》
- 《机器学I》
- 《机器学II》
- 《机器视觉与机器学习》
- 《人工智能概论》
- 《机电系统动力学建模仿真及优化设计》

“机器人工程”：自动化类（0808）下的特设专业（专业代码080803T）（2016）

主要进展2：制定了新专业交叉培养方案

定制《智能机器人创新班培养方案》

- **培养目标：**旨在培养具有深厚的交叉理论技术基础、严密的逻辑推理能力、创新的动手实践能力，在智能机器人领域具有国际视野的卓越人才和技术引领者。
- **培养特色—三个结合：**浙江大学控制科学与工程、机械电子工程等**优势专业学科相结合**，**基础知识与创新实践相结合**、**学术前沿与社会需求相结合**
- **课程体系—四大模块：**通识课程、专业课程、实践课程、个性课程

课程设置与学分分布：

课程模块	课程类别	培养内容	学分要求			
			一课堂学分	附加学分	二/三/四课堂	
通识课程	思政类	强调思想品德、身心素质教育,强化自然科学基础、计算机和外语应用能力,培养学生科学思维方式和能力	63.5	14	+2	
	军体类			5.5	+3	
	外语类				+1	
	计算机类			5		
	自然科学类			27		
	创新创业类			1.5		
	通识选修课程			10.5		
专业课程	专业基础课程	实施专业教育,培养学生专业知识和能力	75.5	27		
	专业核心课程			20		
	专业选修课			28.5		
实践课程	实践、竞赛类	强化实践训练,培训学生创新和实践能力	15			
个性课程			6			
毕业设计			8			
第二课堂		课外实践			+4	
第三课堂		校外实践(国内竞赛)			+2	
第四课堂		国际交流(国际竞赛)			+2	
合计			168	+6	+8	

主要进展3：建设核心课程体系

通识课程： 竺可桢学院系列荣誉课程

专业核心课程：

- 《机器人导论》、《机器学I》、《机器学II》
- 《机器视觉与机器学习》、《人工智能概论》
- 《机电系统动力学建模仿真及优化设计》

专业基础课程：

- **数学基础：** 《常微分方程》、《矩阵论》、《数学建模与仿真》
- **电路基础：** 《电路与模拟电子技术》、《电路与模拟电子技术 实验》、《数字电路分析与设计》
- **机械基础：** 《工程图学》、《工程力学》、《机械设计基础（甲）》
- **软件基础：** 《面向对象程序设计》、《嵌入式系统》
- **控制基础：** 《自动控制原理》、《传感与检测》

课程设置与学分分布：

课程模块	课程类别	培养内容	学分要求			
			一课堂学分	附加学分	二/三/四课堂	
通识课程	思政类	强调思想品德、身心素质教育,强化自然科学基础、计算机和外语应用能力,培养学生科学思维方式和能力	63.5	14	+2	0
	军体类			5.5	+3	0
	外语类			0	+1	0
	计算机类			5	0	0
	自然科学类			27	0	0
	创新创业类			1.5	0	0
	通识选修课程			10.5	0	0
专业课程	专业基础课程	实施专业教育,培养学生专业知识和能力	75.5	27	0	0
	专业核心课程			20	0	0
	专业选修课			28.5	0	0
实践课程	实践、竞赛类	强化实践训练,培训学生创新和实践能力	15	0	0	
个性课程	0	0	6	0	0	
毕业设计	0	0	8	0	0	
第二课堂	0	课外实践	0	0	+4	
第三课堂	0	校外实践(国内竞赛)	0	0	+2	
第四课堂	0	国际交流(国际竞赛)	0	0	+2	
合计	0	0	168	+6	+8	

主要进展3：建设核心课程体系

建设MOOC课程2门

两门课程《机器人学》与《机器人与人工智能导论与实践》获得浙江大学MOOC课程建设立项，已启动课程建设工作，拟2019年在中国大学MOOC平台上线

视频课程概况			
课程名称	《机器人学》	拟上线平台	中国大学MOOC平台
授课讲数	60讲	总时长	10小时
计划录制完成时间	2019.3	计划课程上线时间	2019.6
课程名称	《机器人与人工智能导论与实践》	拟上线平台	中国大学MOOC平台
授课讲数	60讲	总时长	10小时
计划录制完成时间	2019.3	计划课程上线时间	2019.6



主要进展3：建设核心课程体系

完善升级核心课程

■升级改造机电专业核心课程

提升、扩充《机电系统设计》的课程内容，建成了《机电系统动力学建模与仿真》课程。学习了移动机器人基础和机电系统建模与数值仿真的基本理论，培养了系统建模、数值计算和仿真分析等多方面综合知识的联系和应用能力。

■升级改造自动化专业机器人方向核心课程

《轮式/双足机器人强化训练I&II》强调理论应用和多学科交叉领域知识的能力拓展，是《机器人学》配套实践课程。课程针对两大类机器人系统开展：移动机器人和关节型机器人，采用仿真、在NI DaNI移动机器人、NAO仿人机器人平台上开展实验验证基础知识，均要求学生提出大作业设计内容并在机器人上完成设计和展示。



主要进展3：建设核心课程体系

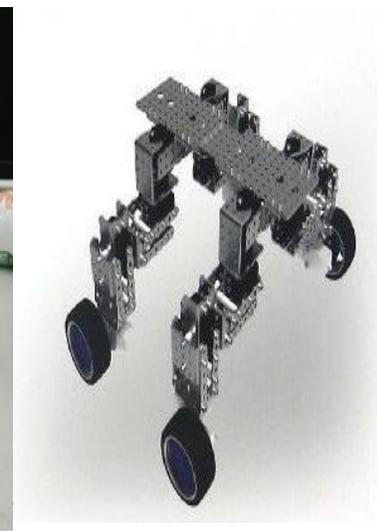
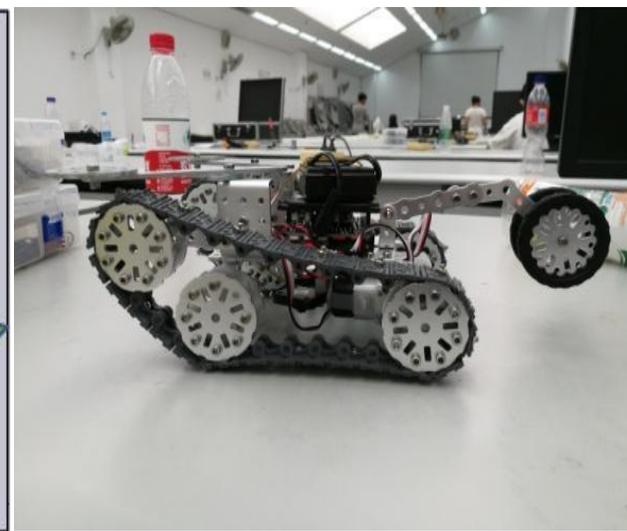
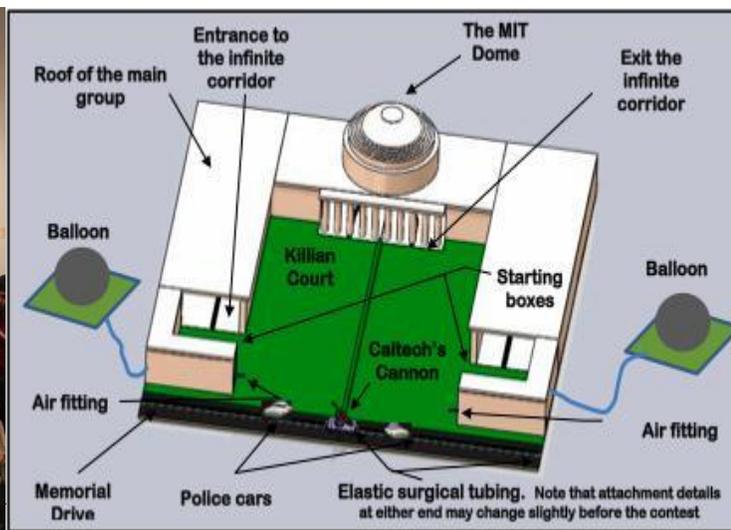
开设海外教师主导的全英文课程1门

邀请德累斯顿工业大学Klaus Janschek教授面向智能机器人交叉班学生开设《移动机器人与机电一体化专题》课程。学生普遍反应受益匪浅，掌握了学科前沿知识，体验了海外名师深入浅出、灵活多变的讲授风格。



主要进展4：优化实践教学硬件设施

- **核心课程注重实践教学**，重点培养学生的综合设计能力、创新能力和工程实践能力；
- **学校专项投入100万，新增购置“探索者机器人套件”**，有效支持了试验实践课的开展；
- 国际机器人设计大赛（IDC RoboCon）的主题作为设计大作业，加强实践环节。



主要进展5：开展学生科研创新训练

科研训练项目1：无人自行车



作业一：

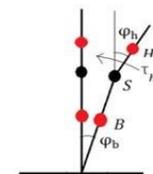
问题

已知：系统模型参数

m_b (kg)	m_h (kg)	J_{bh} (kgm ²)	J_h (kgm ²)	h_b (m)	h_s (m)	h_h (m)	l_b (m)	l_h (m)	c
55	30	54	2.0	0.50	0.90	0.26	0.35	0.30	0.91

求：系统的状态空间模型

$$\begin{bmatrix} \dot{\varphi}_b \\ \ddot{\varphi}_b \\ \dot{\varphi}_h \\ \ddot{\varphi}_h \end{bmatrix} =$$



课程建设目标：

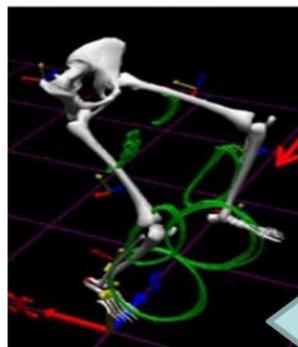
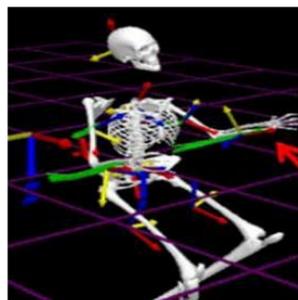
✓学生的理论结合实际的动手能力

创新设计能力：结构设计、驱动控制、传感检测。实现初步样机搭建，测试实验，申请发明专利。

主要进展5：开展学生科研创新训练

科研训练项目2：非稳定人机交互的自行车机器人

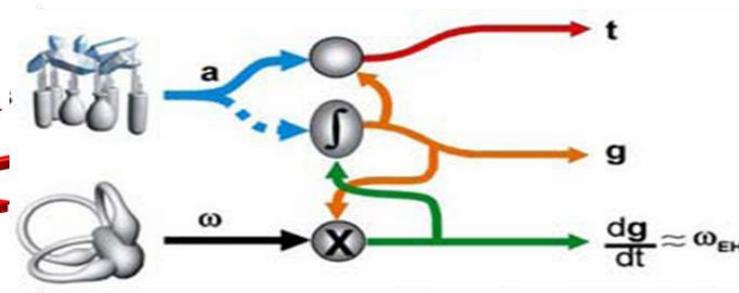
基于机器学习的动力学模型



非稳定欠驱动机器人平台



虚拟现实的康复训练



前庭和平衡感知视觉神经反馈的动平衡训练

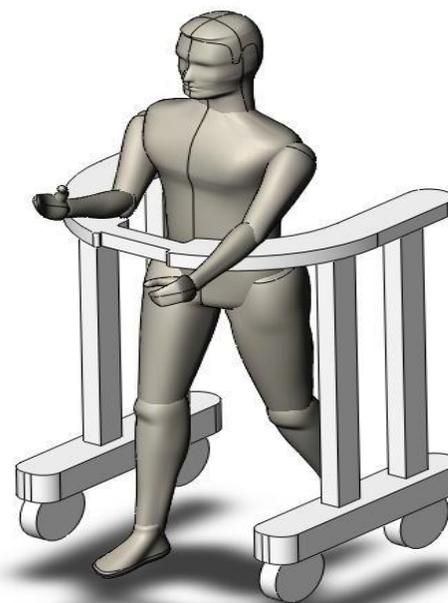
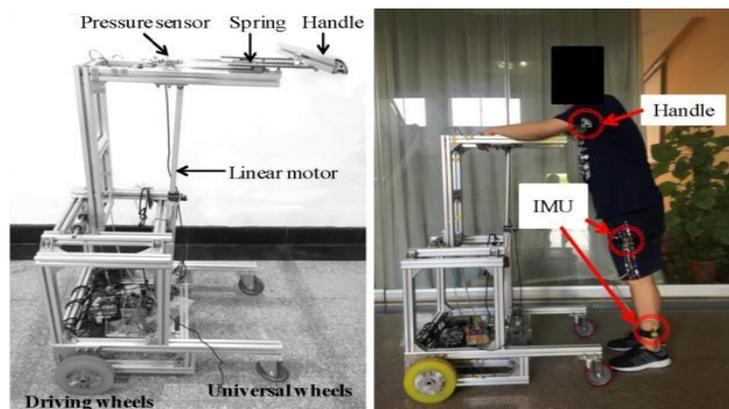
人与机器的物理交互研究可以促进人类运动技能的提高和机器作业智能的增强。

已经搭建初步的实验样机，申请发明专利。

主要进展5：开展学生科研创新训练

科研训练项目3：人机友好交互的步态训练康复机器人

使用机器人辅助进行步态康复训练，精准分析评估患者行走能力，提高康复效果。本课题采用多种人机交互方式如交互力反馈、步态信息反馈、肌电等，实现机器人与使用者的友好交互。



意外跌倒的检测与保护关键技术研究



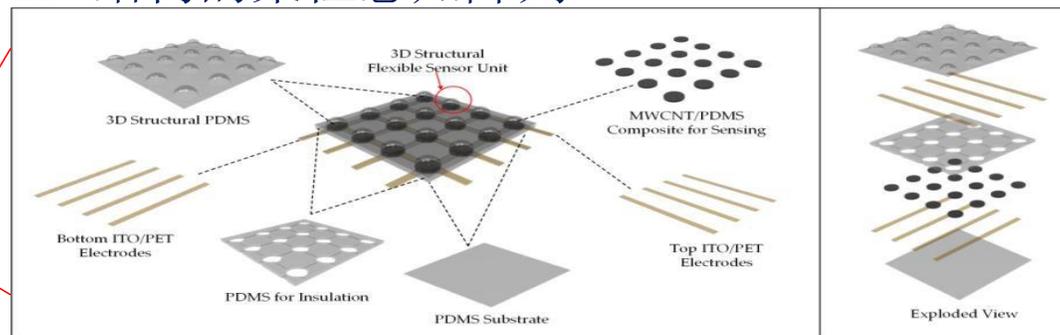
优化设计实验样机，已经结合前期原理样机和工业设计要求，穿戴式传感器设计，并且开展建模和仿真

主要进展5：开展学生科研创新训练

科研训练项目4：基于类人双臂机器人平台的人机交互建模与控制研究

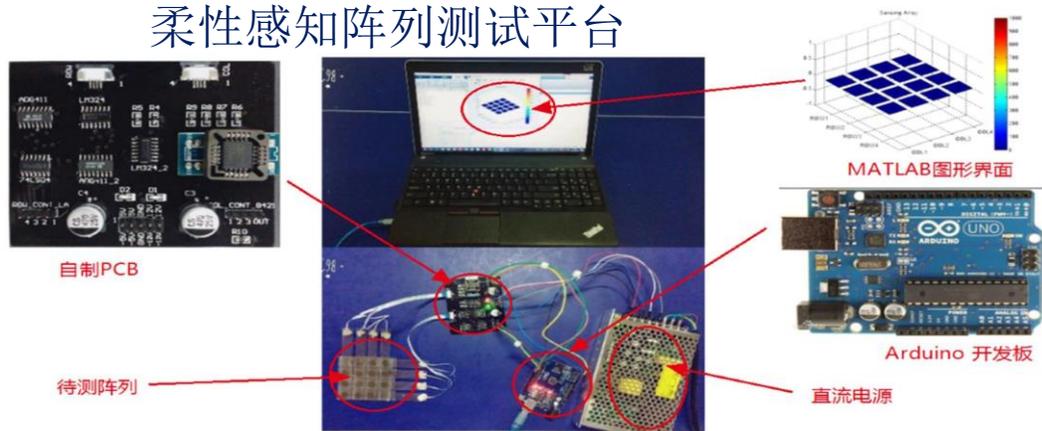


3D 结构的柔性感知阵列



基于实验室的Baxte和ABB两台类人双臂机器人平台，开展初步实验研究。

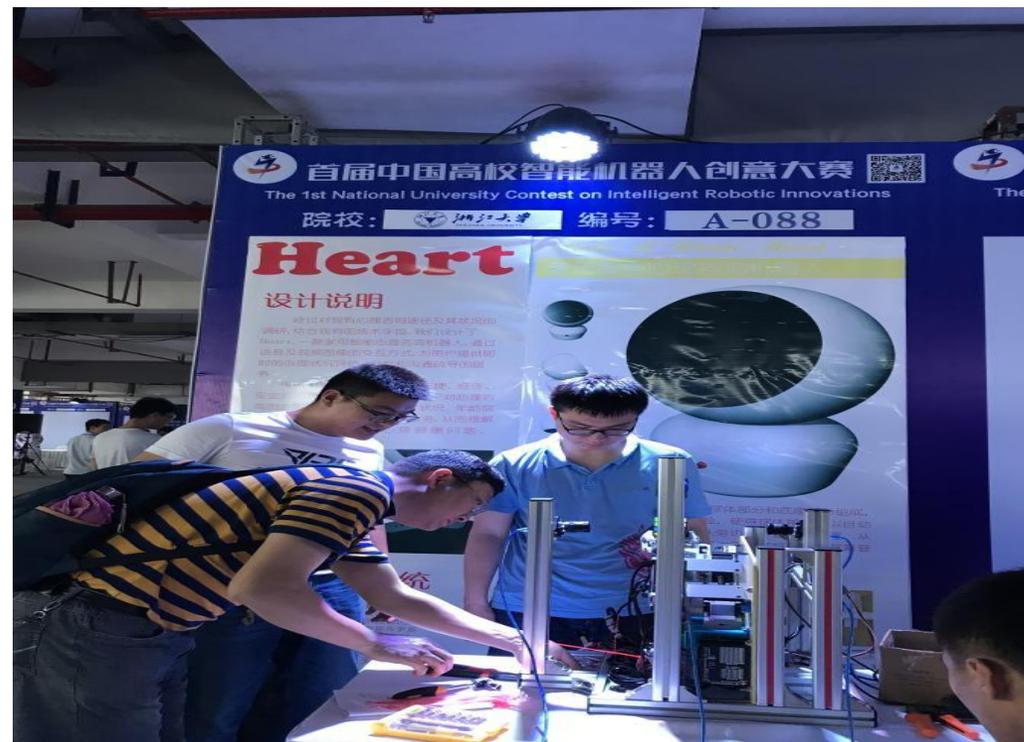
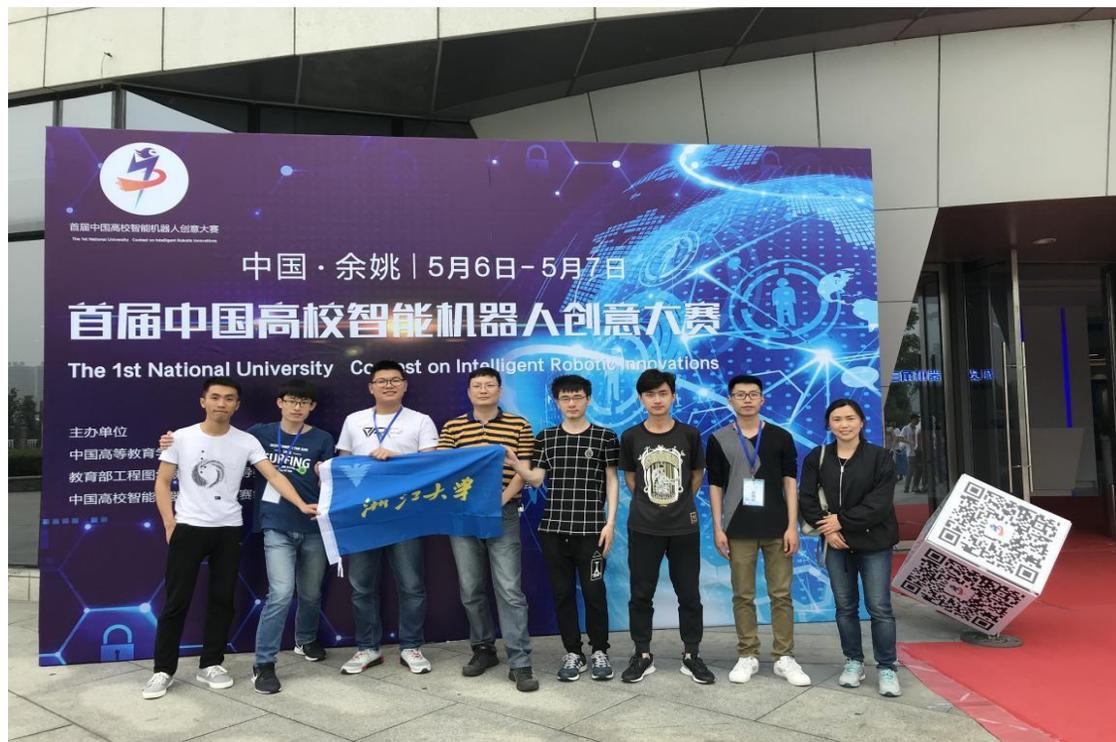
柔性感知阵列测试平台



主要进展6：搭建创新实践平台基地

(1) 发起、组织机器人方向学科竞赛

发起并承办了“首届高等学校智能机器人创意大赛”（浙江余姚），来自全国172所院校共756支参赛队伍参赛。



主要进展6：搭建创新实践平台基地

(2) 积极组织、参与机器人方向学科竞赛

- **国际级**：2018年机器人世界杯竞赛获小型组冠军，**第三次夺冠**
- **省级**：“机器人小镇杯”浙江省第三届大学生机器人竞赛奖
- **校级**：第十三届“中控杯”大学生机器人竞赛运输机器人组：一等奖1项，二等奖1项，三等奖3项；空中机器人组：二等奖1项，三等奖1项；超市机器人组：一等奖1项，三等奖1项



主要进展6： 搭建创新实践平台基地

(3) 多渠道建设企业合作实习平台



南江机器人

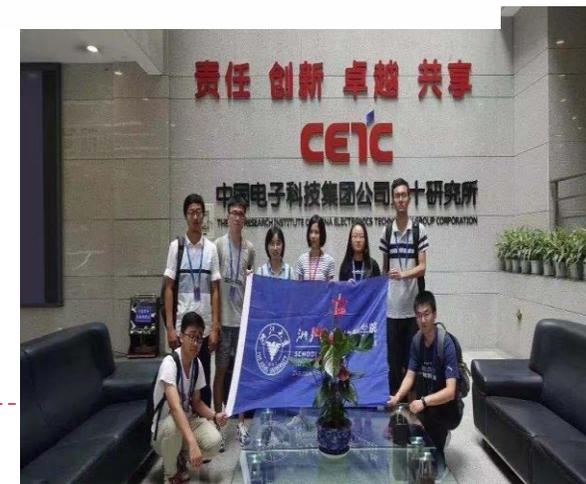


中国空间技术研究院
China Academy of Space Technology



博智林机器人
Bright Dream Robotics

中国兵器工业集团 中国北方车辆研究所
CHINA NORTH VEHICLE RESEARCH INSTITUTE



项目2：面向产业链的本研贯通式高层次工程人才培养

产教融合路径：产业需求驱动的课程、教材和实践教学体系

- 浙江大学工程师学院基本定位：以“高层次、高素质、国际化”的人才培养理念，探索应用型、复合型、创新型的工程技术人才培养体系。主要特色：

工程实践实训

校内实训平台训练+企业实践实训

国际交流

海外高校或知名企业短期课程培训与实践

项目式毕业设计

面向产业技术前沿或企业研发实践，完成学位论文

3. 本研贯通、产教融合人才培养——浙江大学工程师学院

■ 基于产业化实践，打造本研贯通新体系 实现从专业到产业的无缝对接

实践体系贯通

多元化的人才培养模式
多渠道的学生发展路径

本科生阶段

产业
实践

研究生阶段

产学研协同的人才培养模式
面向产业链的复合型人才

源自实践的研究课题

理论知识的综合运用

课程体系贯通

3. 本研贯通、产教融合人才培养——浙江大学工程师学院

■ 基于项目制培养，打造本研贯通新体系

打通选课、保研、实践和研究环节，让学生在本科阶段能选硕士阶段的课程，能开展有深度的产业实践，能到硕士导师实验室做研究。

选拔2014级本科生：从专业到专业的贯通培养

- 选拔5人给予保研资格，大四阶段确定校内外双导师
- 企业实习9个月后进入工程师学院学习

选拔2015级本科生：从专业到项目的贯通培养

- 选拔人数增加至15人，扩大选拔专业范围
 - 打破硕士阶段专业限制，企业实习后进入工程师学院项目制培养
-

3. 本研贯通、产教融合人才培养——浙江大学工程师学院

信电学院3+1+2本硕连读卓越计划班 新质量

2017年9月，在2014级本科生中选拔5名学生，给予保研资格

——信息工程4人，电子科学与技术1人

2017年10月开始，进入企业实习，双导师制

2018年5月底或6月初完成实习，回校参加毕业设计答辩

2018年9月，专硕阶段（电子与通信工程，集成电路工程），进入工程师学院

3. 本研贯通、产教融合人才培养——浙江大学工程师学院

工程师学院项目制培养计划



2018级，汽车工程及其智能化

- 动力工程 10人
- 电子与通信工程 7人
- 光学工程 3人



面向产业链的专业学位研究生培养，体现学科交叉性和跨专业协同，嵌入产业情境化学习，培养产业急需的高层次复合型人才。

2019级扩大至机械、电气、控制、计算机等。

3. 本研贯通、产教融合人才培养——浙江大学工程师学院

基于全产业链条，打造产教融合新体系

- 以企业研发项目为载体，在具体工程项目实践中培养学生研发创新能力
- 邀请行（企）业专家制定培养计划，聘请1位实务专家参与同堂授课
- 推行“学校导师+校外合作导师”双导师制
- 与浙江省经信委、华为技术公司、吉利集团、苏州三星、苏州博众集团、成飞公司、西飞公司等签署合作协议
- 工程职业资格证书



吉利汽车
GEELY AUTO



LEAPMOTOR

4. 我国新工科建设存在的难点与瓶颈

专业大类培养划分口径待商榷

过窄的专业划分会极大地束缚学生，将一门新兴技术作为一个新工科专业的做法也值得商榷

交叉学科专业办学模式难突破

课程体系交叉容易，深度融合的跨学科人才培养体系与整合式学习缺失，学科组织陷阱尚无法突破

工程学科教师评价体系须革新

过度学科导向和论文导向的科研考评机制，极大的打击了工科教师课程教学和教材建设积极性

校企合作教育长效机制难保障

工科学生长周期、规范的工学交替实习模式受限，与各类企业专家长期合作教学难，授课效果欠佳

5. 我国新工科人才培养体系的多元化路径

总体路径	转型路径 (Transforming Path)		新生路径 (Emerging Path)		
分路径	产业驱动 转型路径	工程科学 转型路径	学科衍生 新生路径	学科融合新生路径	
				工+工式	工+理式
工科优势高校	√	√	*	√	√
综合性高校	*	√	√	*	√
地方性高校	√	*	*	*	*

注：“√”为主要路径，“*”为辅助路径。**工科优势高校**是指传统的工科特色高校和行业特色高校，高校自身具有与行业产业紧密联系的优势。**综合性高校**具有学科综合和基础科学研究的优势。**地方高校**，包含地方行业性高校和一般地方高校，地方行业性高校主要是指聚焦于农林、水利、地矿、石油、交通、电子等行业的地方高校。

5. 多元路径探索：产业驱动+学科融合（衍生）+工程科学

- **工科优势高校**：优先采纳“产业驱动”路径与“学科会聚”路径（如浙大的医、工、农、信交叉融合），探索新型工科，本硕博一体化（第5轮学科评估），强化学生的**工程创新与跨界应用能力**。
- **综合性高校**：发挥基础学科支撑作用和多学科交叉融合优势，优先采纳“工程科学”和“学科衍生”路径（如中科大的量子通信与信息安全），探索**新生工科**，围绕**工程知识体**，构建**面向复杂系统的课程体系**。
- **地方性高校及职业技术学院**：优先采纳“产业驱动”路径，构建**产教融合协同育人体系**，培养**高层次技术型工程师**。



谢谢大家!

