

多学科交叉融合的智能机器人工程 人才培养模式探索与实践

——新工科研究与实践项目年度进展汇报

汇报人：姚建涛

燕山大学

2019年04月

一、项目概况

二、整体思路

三、工作进展

四、下步计划

一、项目概况

1.1 产业需求分析

机器人产业作为**战略性新兴产业**，被看成是中国未来经济增长新动能之一。区别于传统工程专业人才特征，机器人产业对工程专业**人才提出了新要求**：

- 不仅需要在传统某一工程专业上学业精深，而且应具有“**学科交叉融合**”特征；
- 不仅能运用所掌握知识去解决现有问题，而且具有**不断学习**新知识、新技术能力；
- 不仅在技术上优秀，同时懂得经济、社会和管理，而且兼具**综合创新素养**。



行业背景

- ❑ 朝阳产业：机器人被誉为制造业皇冠上的明珠，切合当前产业升级以及中国制造2025（工业4.0）战略方向。
- ❑ 市场巨大：目前中国是世界最大的工业机器人应用市场，并且每年以35%以上的速度持续增长。

人才形势

- ❑ 目前机器人行业人才严重短缺，机器人本体开发与系统集成人才处于供不应求的状态，平均薪资高于行业水平。企业之间抢人现象明显，从业人员离职率偏高。
- ❑ 应届毕业生很少有机器人相关的专业背景和实习背景，导致学校和企业人才需求与培养方面有一定的脱节。

1.2 拟解决关键问题



面向机器人产业的人才培养目标可分为研发型人才和应用型人才，针对各高校多数是在原通识教育的基础上扩展机器人专业知识体系，学生实践体系、综合能力与素养难以适应机器人产业对研发型创新性人才的需求。真正推动机器人产业持续健康发展，需要构建面向智能机器人创新研发的多学科交融型工程人才培养模式。

面向机器人产业的人才培养目标

研发型人才

- 以机器人机械结构、运动控制、可编程控制、微处理器应用、机器人控制技术与系统集成及编程应用、能力培养为主线，重视机电相结合、软硬件相结合、强弱电相结合。
- 培养掌握机械设计、电工电子技术、自动控制、自动检测技术、可编程控制系统、微处理器系统与网络技术、机器人结构与控制技术、机器人传感器等较宽领域的扎实的专业知识和工程能力。
- 能在自动化，特别是机器人技术及相关控制系统领域从事系统设计与开发、技术集成、软件开发和技术管理等方面工作的高级工程技术人才

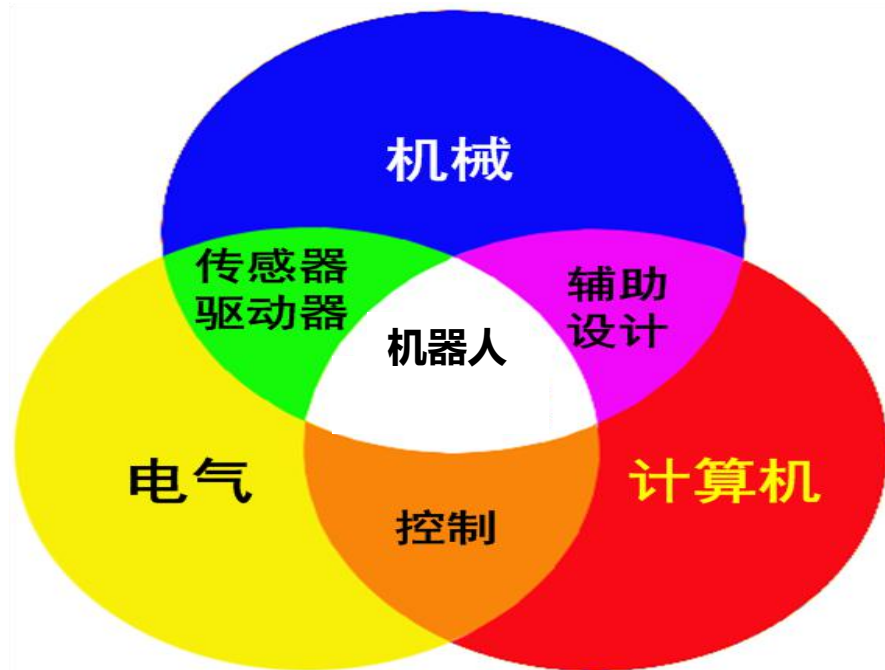
应用型人才

- 具备从事机器人组装与测试、操作编程与安装调试，机器人销售与技术服务，机器人自动化系统安装调试、运行维护及管理能力的，在先进加工制造业及机器人生产企业第一线工作的高级技术技能人才



1.3 工作目标

本项目旨在针对机器人工程领域对综合型创新人才的需要，在总结**卓越工程师教育培养计划**、**CDIO**和**OBE**等工程教育人才培养模式改革经验的基础上，采用**产教融合协调育人**理念，打破固有学科领域界限，探索与实践**多学科交叉融合的工程人才培养模式**，为面向机器人工程领域**新工科**人才培养提供**新理念与实践经验**。



二、整体思路

2.1 整体思路

◆ 面向新工科建设的机器人工程人才培养



面向新经济、新技术、新产业，跨领域、跨行业的新要求，**将传统课程体系推陈融新、打破隔阂**，需要培养具有跨界整合能力的工科专业人才，建立面向多学科交叉融合能力培养的工程教育培养模式。

新工科是我国工程教育发展的新思维与新方式

面向新兴

新理论、新技术、新
产业

推陈出新

新目标、新手段
新模式

融合求新

新交叉、新融合新实
践

2.1 整体思路

◆ 面向创新创业的机器人工程人才培养

国务院办公厅关于深化高等学校 创新创业教育的实施意见

国办发〔2015〕36号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

深化高等学校创新创业教育改革，是国家实施创新驱动发展战略、促进经济提质增效升级的迫切需要，是推进高等教育综合改革、促进高校毕业生更高质量创业就业的重要举措。党的十八大以来对创新创业人才培养作出重要部署。国务院对加强创新创业教育提出明确要求。近年来，高校创新创业教育不断加强，取得了积极进展，对提高高等教育质量、促进学生全面发展、推动毕业生创业就业、服务国家现代化建设发挥了重要作用。但也存在一些不容忽视的突出问题，主要是一些地方和高校重视不够，创新创业教育理念滞后，与专业教育结合不紧，与实践脱节；教师开展创新创业教育的意识和能力欠缺，教学方式方法单一，针对性实效性不强；实践平台短缺，指导帮扶不到位，创新创业教育体系亟待健全。为了进一步推动大众创业、万众创新，经国务院同意，现就深化高校创新创业教育改革提出如下实施意见。

2016

中国高校创新创业
教育发展蓝皮书（2016）

Blue Book of Innovation and Entrepreneurship
Education Development in Chinese
Universities (2016 Essentials)

机器人工程人才培养要面向创新创业能力培养，**构建各种创新创业实践平台**，强化实践教学环节，在学生知识和能力技能学习过程中，**引导学生拓展创新兴趣和创业意志**，培养学生勇于创新、敢担风险、团结合作、坚持不懈的精神。



2.1 整体思路



◆ 面向国际实质等效的机器人工程人才培养

教育部高等教育教学评估中心

关于《华盛顿协议》转正工作致有关高校的函

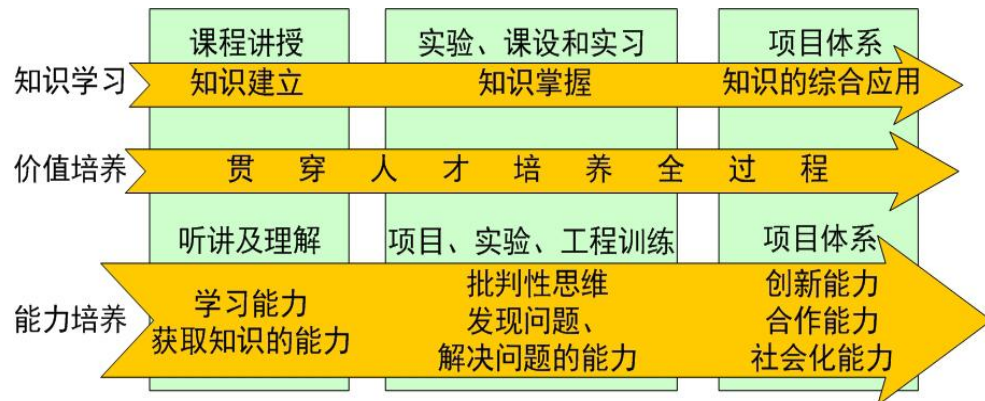
教高评中心函[2016] 39 号

北京交通大学、燕山大学：

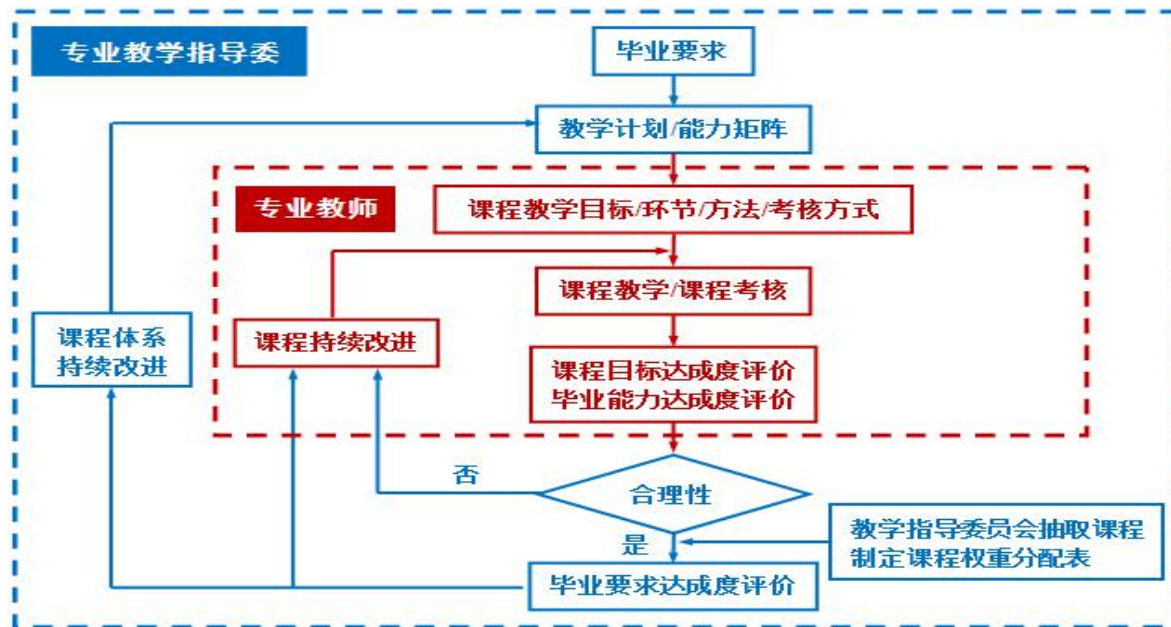
工程教育专业认证是促进工程教育改革，提高我国工程教育质量的重要手段，也是推动我国工程师制度改革，促进工程技术人员国际流动，增强我国工程教育国际竞争力的重要举措。

2013 年，我国加入《华盛顿协议》成为预备成员，今年年初接受了转正考察。日前，《华盛顿协议》组织秘书处发来转正考察报告，对我国的认证体系、认证标准、专家和学校的工作给予了高度评价，正式建议接纳中国为《华盛顿协议》正式成员。

作为对我转正考察的重要内容，《华盛顿协议》专家全程观摩了



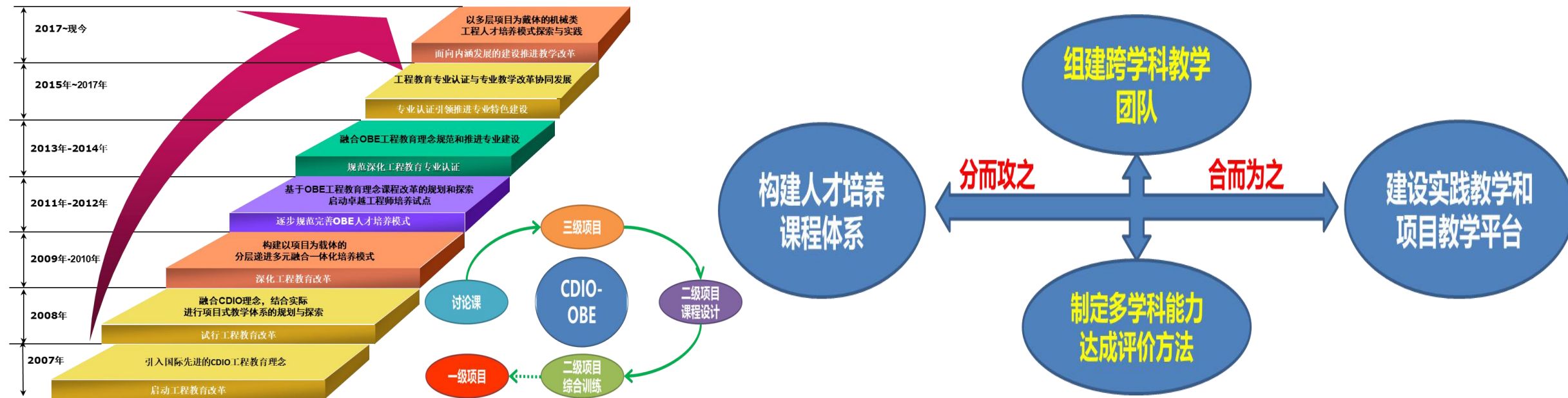
机器人工程人才培养要面向工程教育专业认证，**以产出为导向**，以培养智能机器人工程人才为目标，建立学生能力达成度考核机制，持续改进培养目标、毕业要求和培养方案，**切实保障机器人工程人才教育质量不断改进和提高。**



2.2 主要举措-做实多课程融合、多元化项目制人才培养模式



- ◆ **组建跨学科教学团队，建立跨学科交融的交流机制**，进行面向智能机器人创新设计与复杂工程问题的知识技能体系与能力解析；
- ◆ **依据各学科教研基础，分而攻之，分学科探索构建面向智能机器人工程人才培养的课程体系**；
- ◆ **融合各学科优势特色，和而为之，学科联合探索面向智能机器人工程人才培养的课外实践和课内项目教学平台**；
- ◆ **以产学研协同合作为引导，构建面向智能机器人工程人才培养的项目实践教学体系**；
- ◆ **以多学科融合培养为目标，制定多学科交叉能力达成评价标准和考核办法，建立质量监控和持续改进体系。**

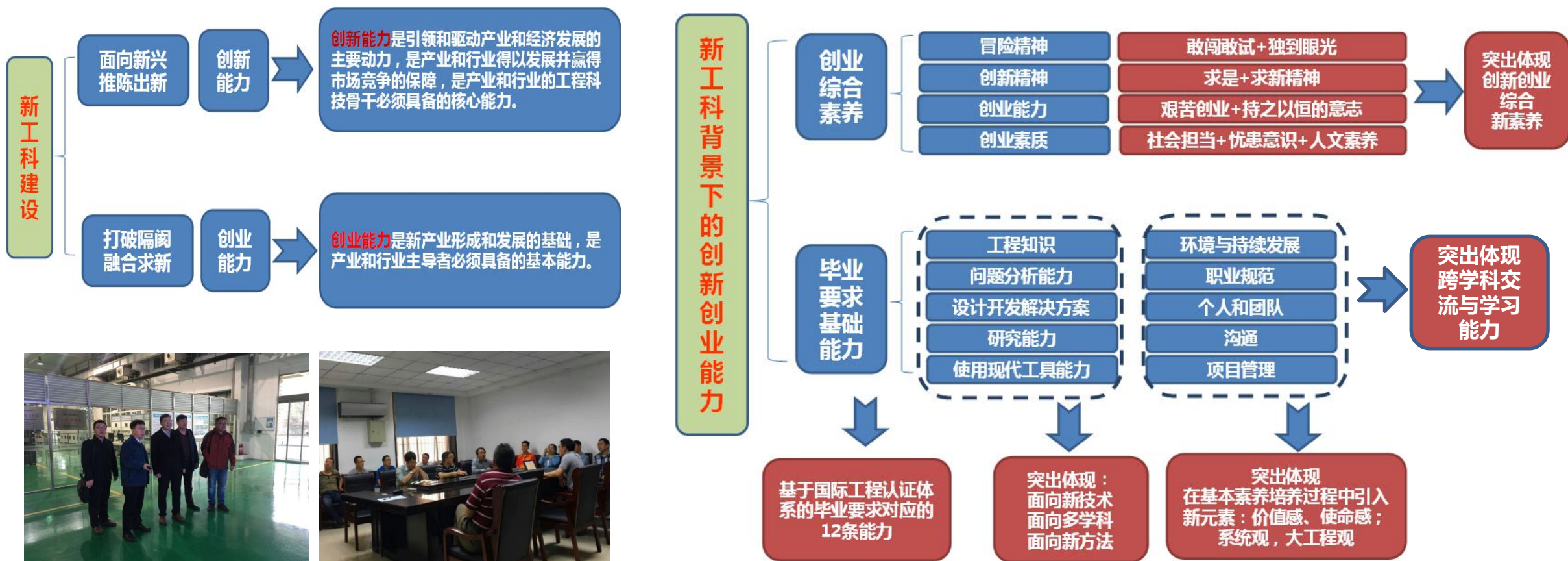


三、工作进展

3.1 面向智能机器人工程的知识能力体系解析与跨学科交流



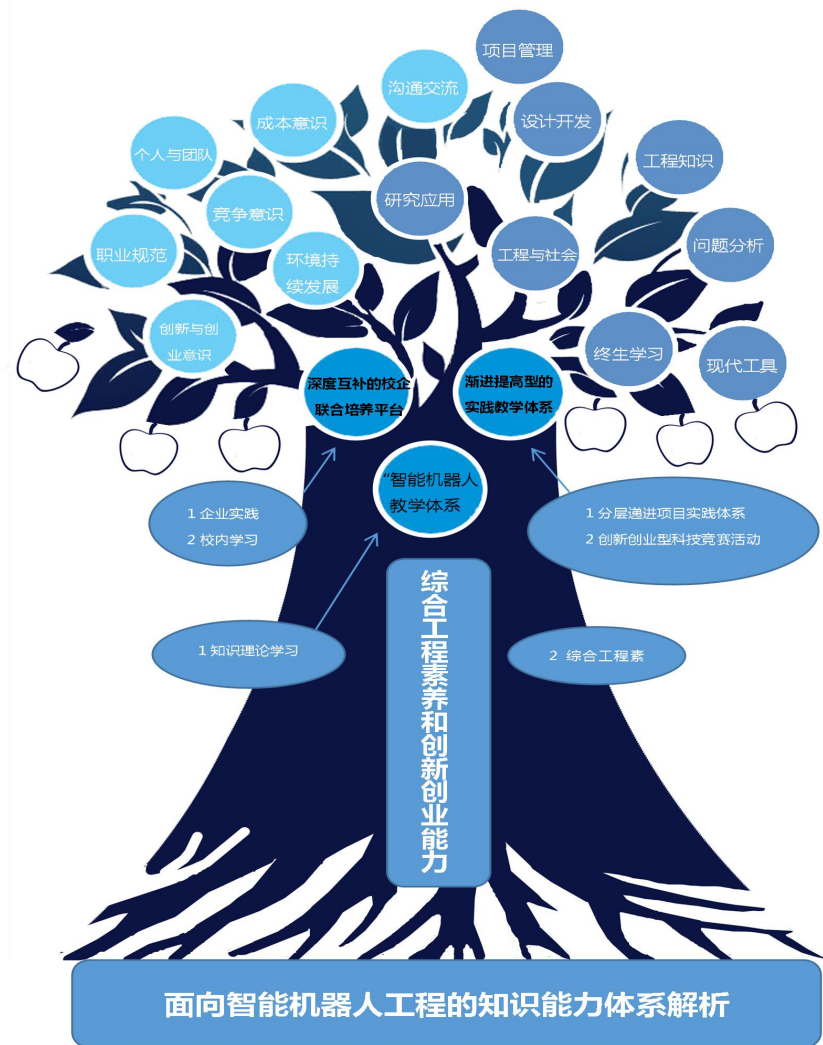
- 创新创业能力是新工科培养的工程技术人才的首要能力要求。联合中信重工开诚智能、鹰普（中国）、中国一重、特鲁门机器人公司、齐燕数控有限公司等多家企业专家，共同解析新工科背景下机器人工程人才知识能力体系，融合专业认证规范，以产出为导向，持续改进。



3.1面向智能机器人工程的知识能力体系解析与跨学科交流

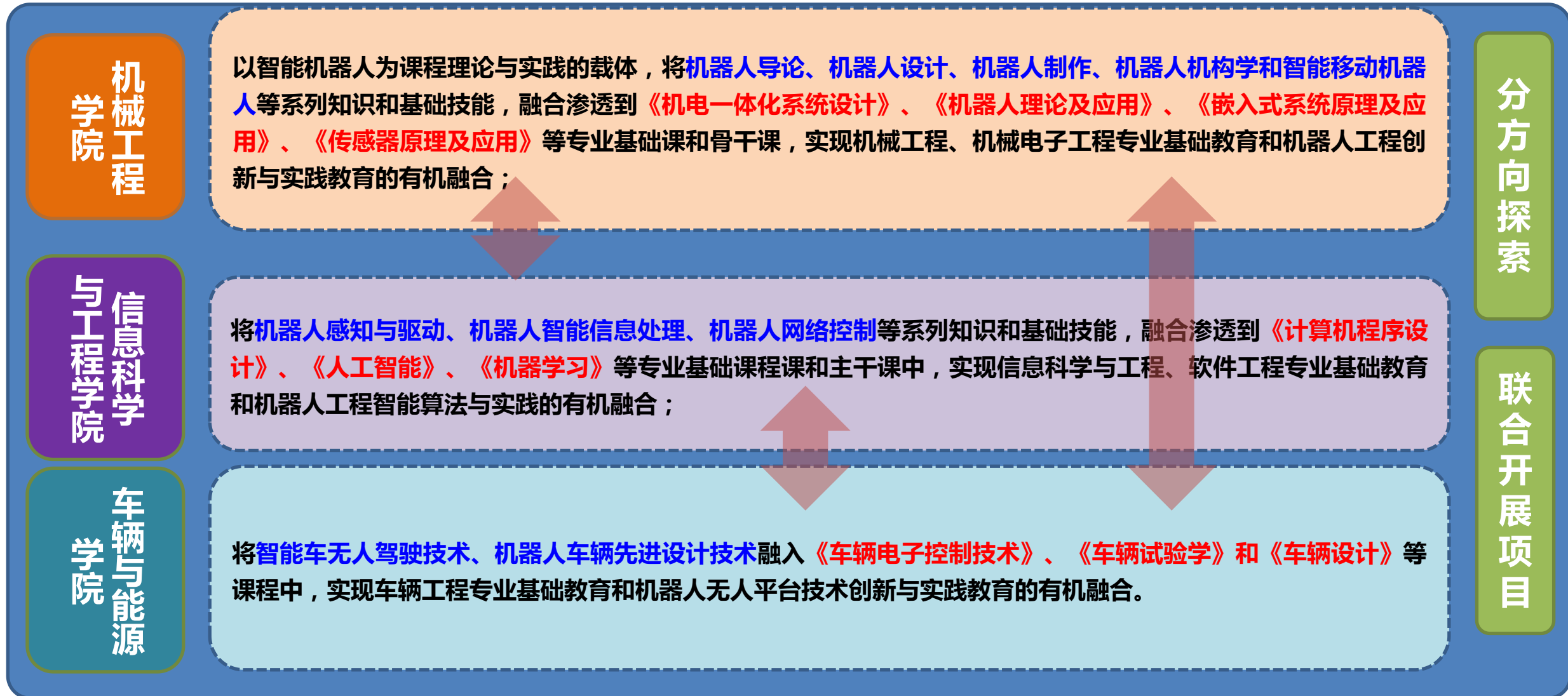


- **联合**信息科学与工程学院**软件工程专业**、车辆与能源学院**车辆工程**等专业**组建跨学科教学团队**，**围绕智能机器人技术创新设计与复杂工程**问题解决过程中的各个环节，深入系统的分析人才培养所需知识点、技能点以及能力点，**形成完整知识技能体系与能力矩阵**。



3.2 面向智能机器人工程的课程体系探索与构建

➤ 跨学科团队，分方向探索，联合开展项目，将机器人元素融入课程体系，构建跨学科合作学习基础平台。

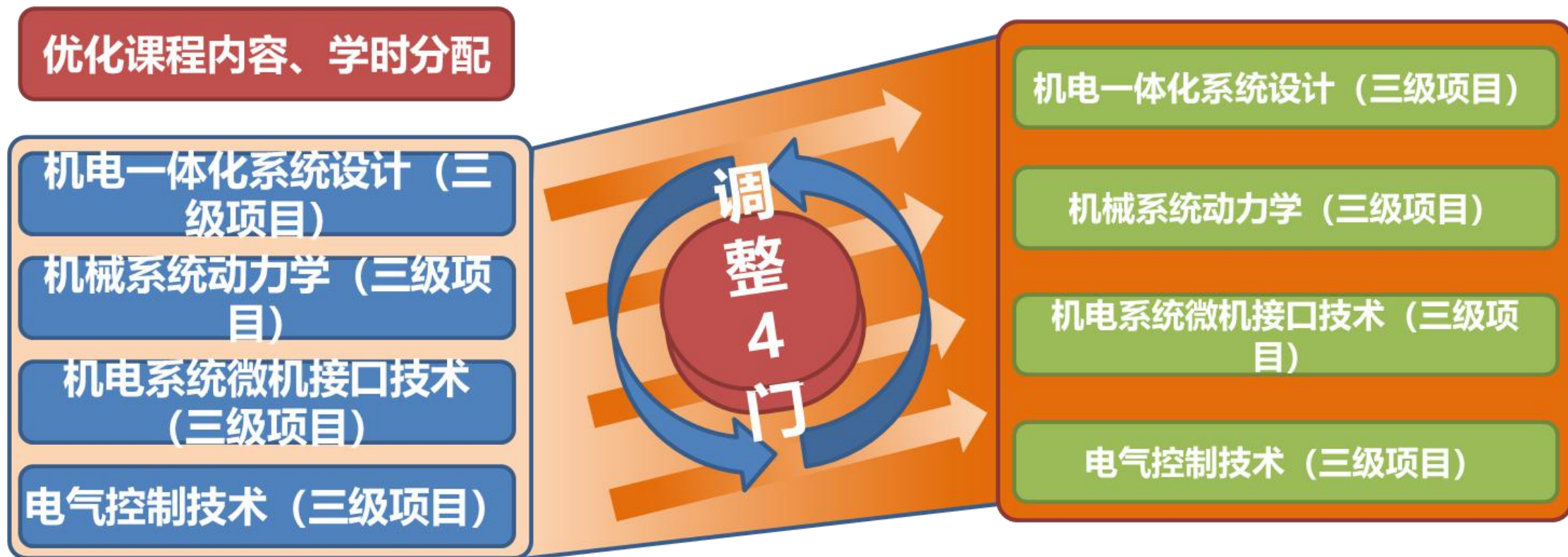


3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建---机电方向



推陈融新：聚科研特色、谋教研一体、融新工科、调课程体系

立足机器人科研特色，谋划教研一体化，融合新工科建设，渗透智能控制技术，系统优化课程体系，以机器人项目为课程理论与实践载体，对专业课程和项目进行调整与升级，将机器人理论、设计、制作及控制等知识和技能融合渗透并优化。



3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建

推陈融新：聚焦核心技术，升级三门，增设四门

融合新工科，围绕对工业机器人技术迫切需求，聚焦机器人信息提取、多轴运动控制核心技术人才培养，升级3门。

微机原理及应用（三级项目）

传感器原理及应用（三级项目）

机器人技术基础（三级项目）

融合新工科，围绕对工业机器人技术迫切需求，聚焦机器人创新设计及智能控制核心人才培养需求，增设4门专业课程。

升级
3 门

嵌入式系统设计及应用（三级项目）

现代传感与驱动技术（三级项目）

机器人技术（三级项目）

增设
4 门

+ 现代仿真技术（三级项目）

+ 自动化机构设计构思

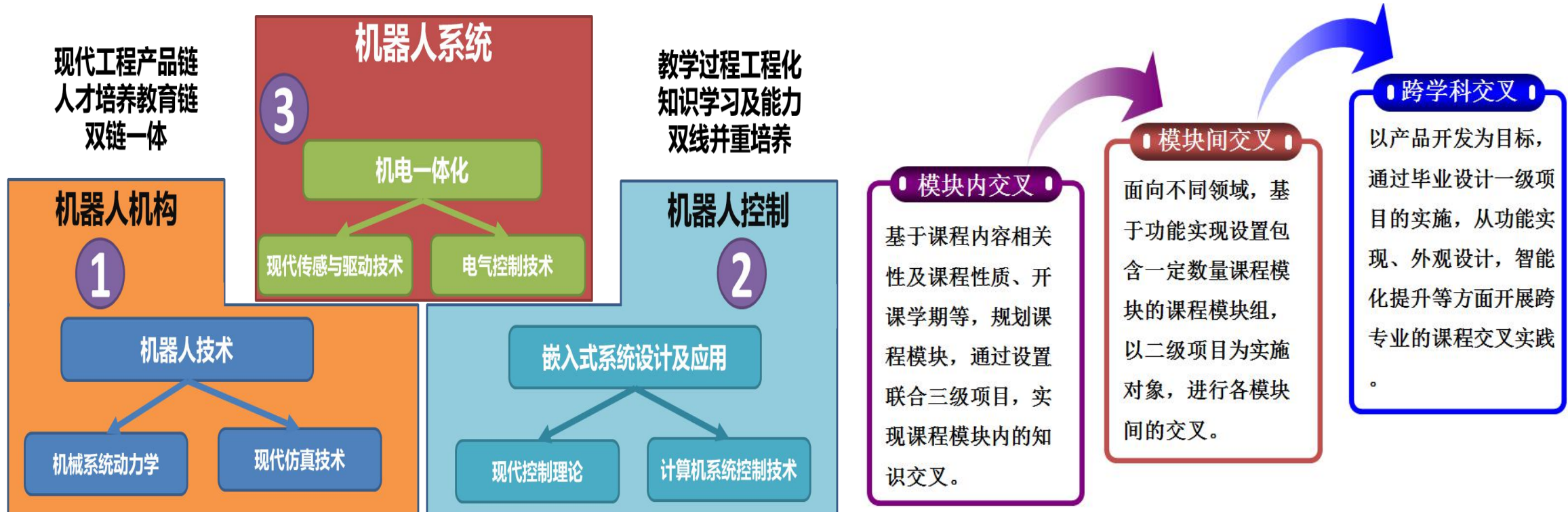
+ 计算机系统控制技术（三级项目）

+ 现代控制理论（三级项目）

3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建

推陈融新：努力打造以“机器人机构创新与工程实现”为特色的课程体系

深化课程体系结构，推动专业内多课程模块化主动融合，梳理不同课程间的内在关联，以机器人机构，机器人控制，机器人系统为支撑，打造实实在在的以“机器人机构创新与真实工程实现”为特色的机器人工程人才培养课程体系，重点打造超级金课模式。





3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建

“超级金课” 整体举措

不轻理论，更重实践

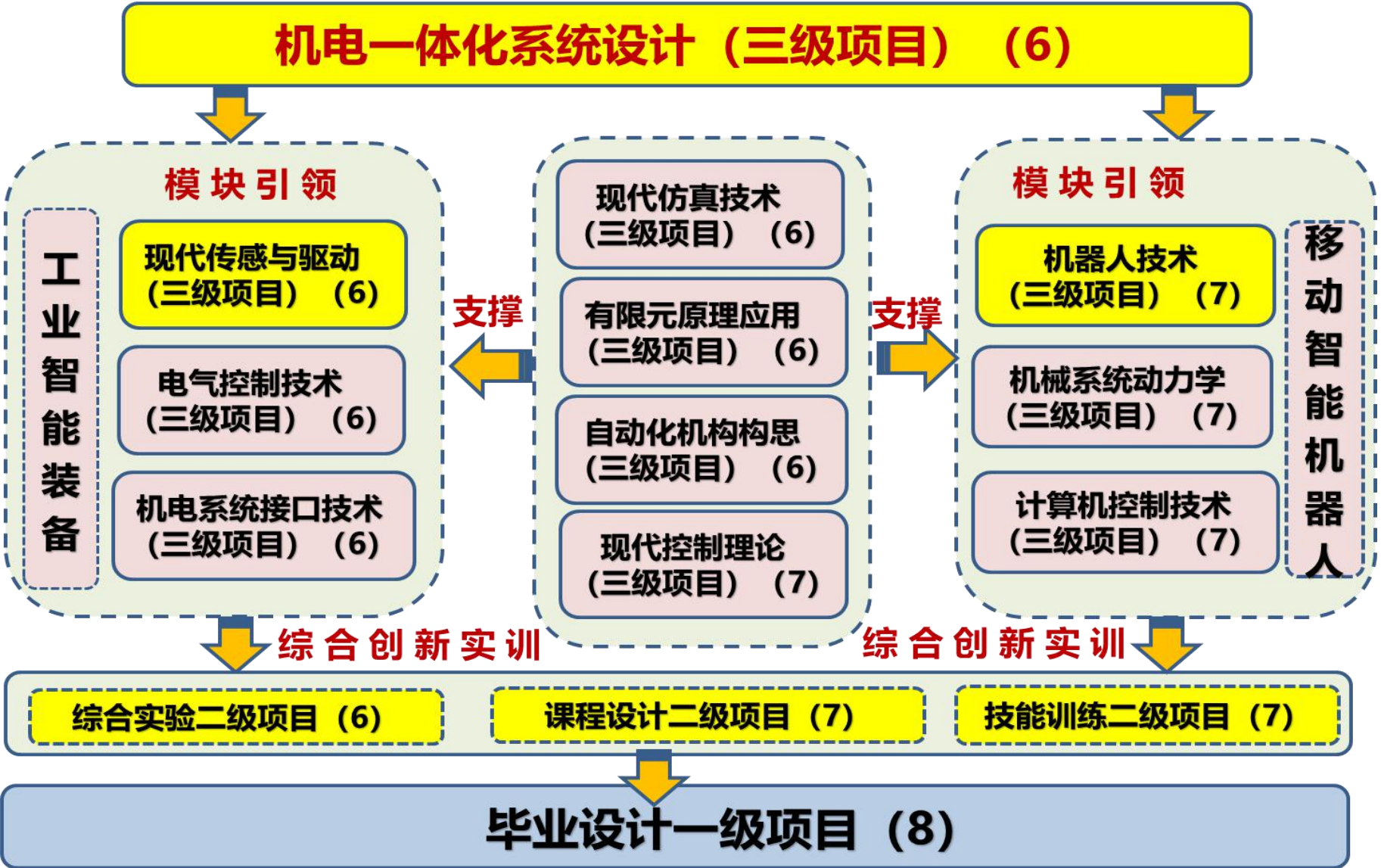
理论教学 + 项目教学

- 理论课可以是原有教学计划的单门课程或课程群，也可以是新设课程或课程群，如果包含多门课程，各门课程应分别考核。
- “超级金课” 中的**理论课**，按照**原有**培养方案的要求设置**学分**，实际**执行学时**按照计划学时的**2倍实施**。
- 其中**课堂授课学时**不超过执行学时的**1/3**（即不超过计划学时的2/3），**其余**的学时主要用于课程**项目**（三级项目）的**实施**。
- 例：一门课程计划学时为32学时，执行学时为64学时，课堂授课不超过22学时，剩余42学时应为实践环节。

3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建

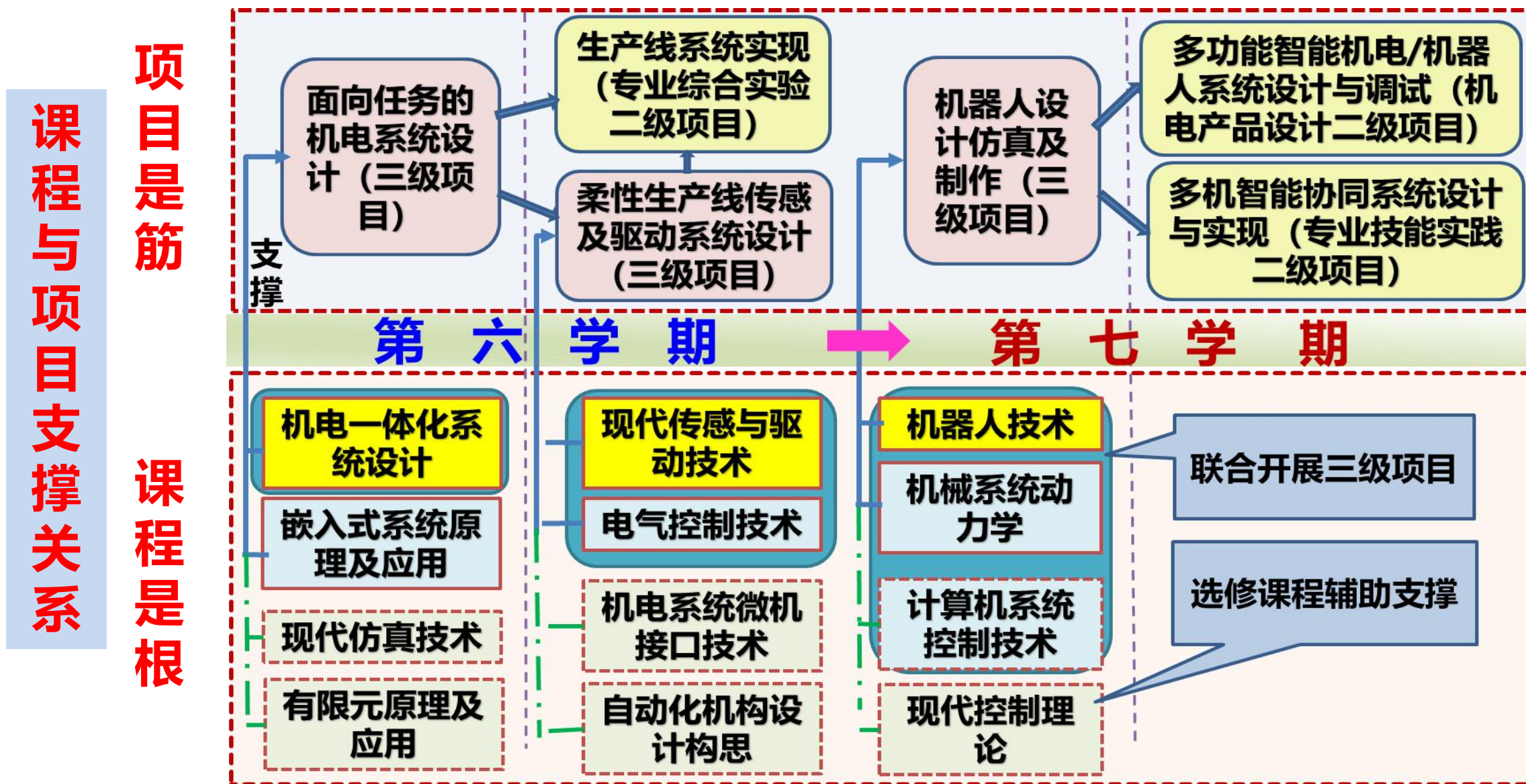
整体设计：设三门金课、一总体引领、二模块引领、强高阶实训

打基础
课程群
提能力



打基础
项目群
扬个性

3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建



3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建——实验课程



融合新工科，增设本科生校级实验实践类通识选修课-智能控制认知与实践 1门。通过教师指导、学生动手实践的教学方式，使学生了解最小系统的基本原理及硬件电路搭建的方式，完成基于MCS51微控制器的“摇摇棒”系统搭建与实物制作。

智能控制认知与实践 课程教学大纲

英文名称: Intelligent control cognition and practice 课程编码:
学 时: 16 学 分: 1
课程性质: 公共通识选修课
课程类别: 纯实验课
开课学期: 第 3 学期 适用专业: 机械设计制造及自动化

一、本实验课的教学目标

- 通过本实验课的训练，使学生具备下列能力：
- 1、能够了解多轴联动设备的硬件组成及控制原理；
 - 2、能够了解最小系统的基本原理组成及硬件电路搭建的方式；
 - 3、能够运用所学知识对实验过程中出现的问题进行分析，制定解决方案；
 - 4、掌握工程领域中与实验内容相关的基础理论知识和工程相关背景知识；

二、本实验课的教学目标与毕业要求的对应关系

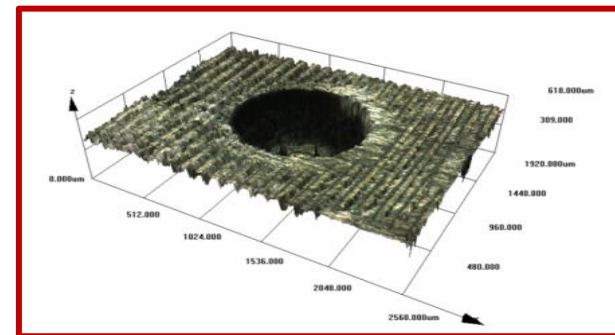
毕业要求	毕业要求的指标点	本实验课的教学目标
6、工程与社会：能够基于工程相关背景知识进行合理分析，评价专业工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，并理解应承担的责任。	6-1 掌握工程领域中与社会、健康、安全、法律以及文化等相关的基础理论知识和工程相关背景知识	教学目标 4



3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建



面向机器人检测技术的发展与需求，**增设本科实验课程-大型检测类仪器设备认知**。将**激光跟踪仪、光学光笔测量仪、激光共聚焦显微镜**3类大型精密检测设备应用于本科教学，搭建学习平台，促进学生了解先进检测设备在工程实际中的应用，初步掌握其工作过程和操作步骤。



3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建



增设智能控制与编程实验课程，学习微型控制器在工程应用中的程序设计方法，了解树莓派的硬件组成并掌握Python编程语言，设计实验电路并进行电路搭接，完成控制程序的编写及调试。

《智能控制与编程技术 综合实验》教学大纲

英文名称	Intelligent Control and Programming Technology Comprehensive Experiment					课程编号	
开课学期	二	实践/实验学时	32	学分	2	考核方式	☐ 考试 ☒ 考查
指导教师	唐艳华、张庆玲、丰宗强、王鑫			开课学院	机械工程学院		
相关课程	机电一体化，机器人技术，嵌入式系统，单片机原理						
适用类别 (领域)	机械工程（0802）、流体机械及工程（080704）学术学位硕士研究生；机械工程领域工程（085201）专业学位硕士研究生；机械工程（0802）、材料加工工程（080503）博士研究生						

- 一、教学目标与要求（说明：根据学科培养目标，紧密结合相关课程体系，概括性的确定出学生学习该课程后，在知识、技能能力和其他方面应达到的目标与要求）
- 1. 培养学生综合运用所学各科理论知识解决实际问题的能力，使学生掌握机电智能控制系统综合应用的设计原理与设计方法；
 - 2. 具有针对性地掌握微型控制器在工程应用中的程序设计方法和特点；了解树莓派的硬件组成并掌握 Python 编程语音；
 - 3. 培养学生了解工程设计的基本步骤和方法，根据工程设计的目标，要求学生独立设计实验方案，并论证实验方案的可行性；设计实验电路并进行电路搭接；完成控制程序的编写及调试。



3.2面向智能机器人工程的课程体系探索与构建



面向学生实践能力的培养，增设工业测量系统、小型机器人、多轴联动加工技术和工业自动化生产线控制4个**机器人技术类校内实践模块**。

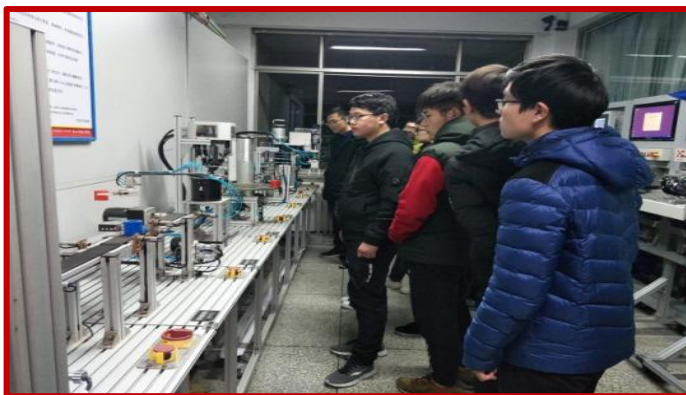
多轴联动加工技术



工业测量系统



工业自动化生产线控制



小型机器人



3.3 面向智能机器人工程的课程项目实践教学体系构建



融合新工科建设，围绕智能机器人创新设计与复杂工程问题，融合创新创业能力培养，探索开展**机电工程、软件工程、车辆工程**多个专业方向学生共同进行**多学科交叉融合**的**二级项目实践实训活动**，注重培养学生在机构创新、智能感知、网络控制等跨学科专业知识与技能，加强学生专业研发和创新探索能力。



跨学科团队



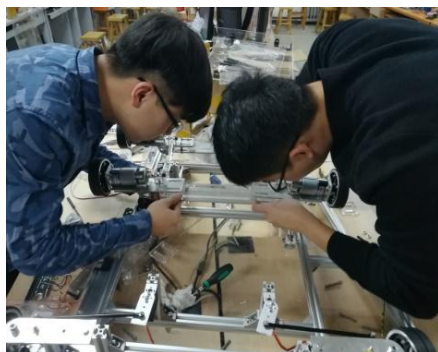
教学平台规划



跨学科指导



学生项目汇报



加工制作样机



学生作品汇报



学生作品展演



教师学生合影

3.3面向智能机器人工程的课程项目实践教学体系构建



项目主题源于智能消防机器人**企业需求**，基于教学科研一体化培养方案，**融合**《欧盟地平线2020计划项目“Smart Robots for Firefighting”》和科技部**国际合作重大研发计划项目**，**将前沿科研、企业需求与项目融合提炼适合学生成长规律的主题**，结合多学科交叉融合培养理念，开展以消防机器人为主题的三级项目、二级项目课程设计内容规划。

申报编号: YS2017YFGH000038

国家重点研发计划
项目申报书

项目名称: 智能消防机器人研究创新计划

所属专项: 政府间国际科技创新合作重点专项

指南方向: 先进制造、信息通信技术

管理机构: 中国科学技术交流中心

推荐单位: 河北省科学技术厅

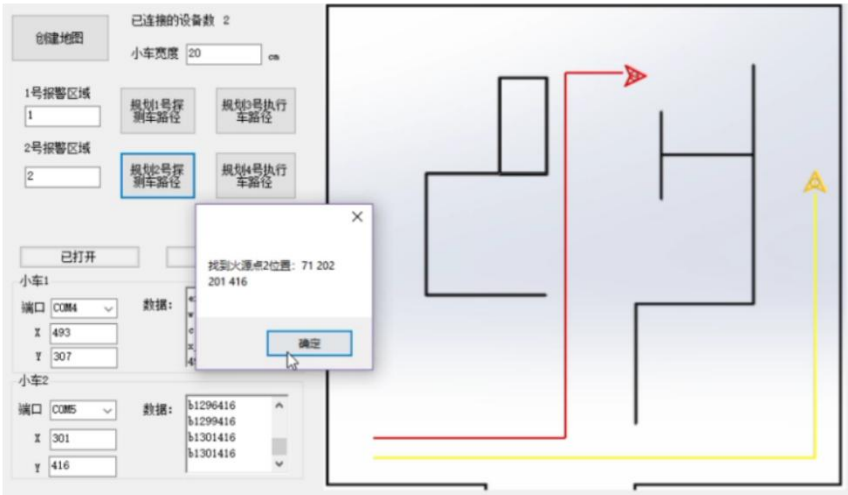
申报单位: 燕山大学 (公章)

项目负责人: 赵永生

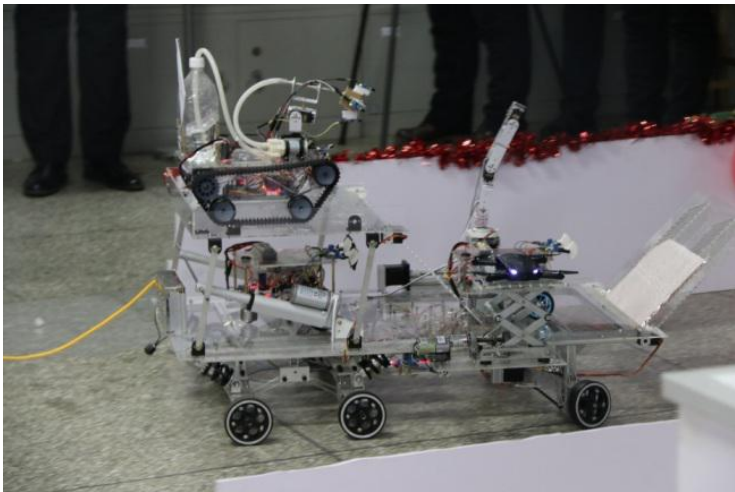
中华人民共和国科学技术部制
二〇一七年十月十日



3.3面向智能机器人工程课程项目实践教学体系的构建



虚拟消防场地



母车 - 运载配给中心



执行车 - 消防灭火



SLAM车 - 地图构建

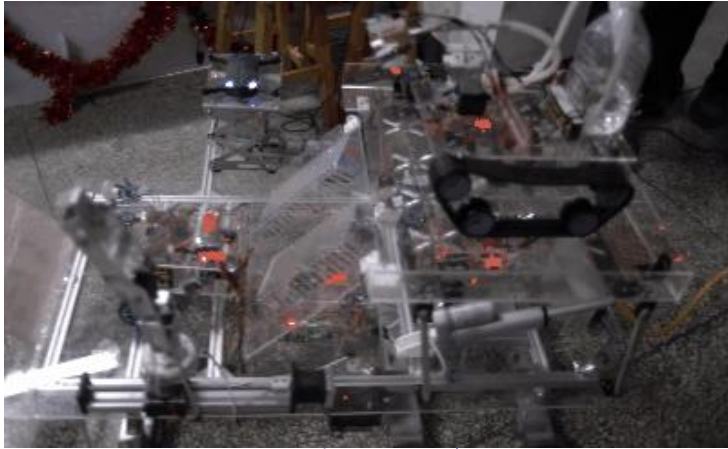


指挥决策中心



侦察车 - 消防检测

3.3面向智能机器人工程的课程项目实践教学体系构建



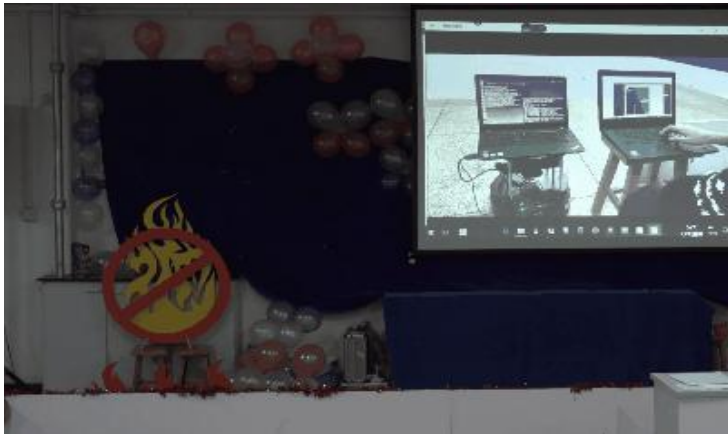
母车平台



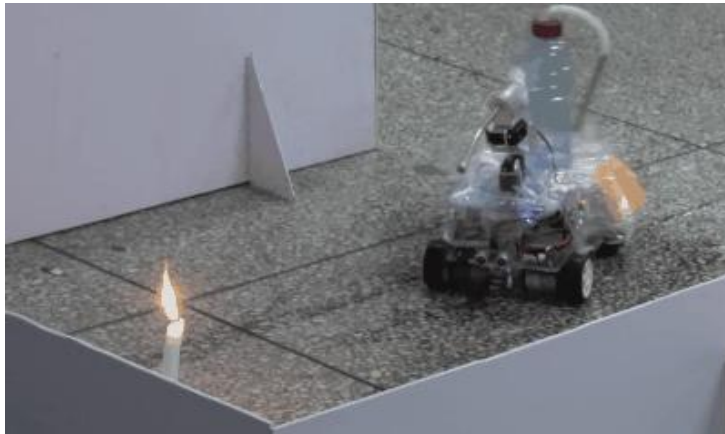
子母车



全自动保姆车



SLAM地图车

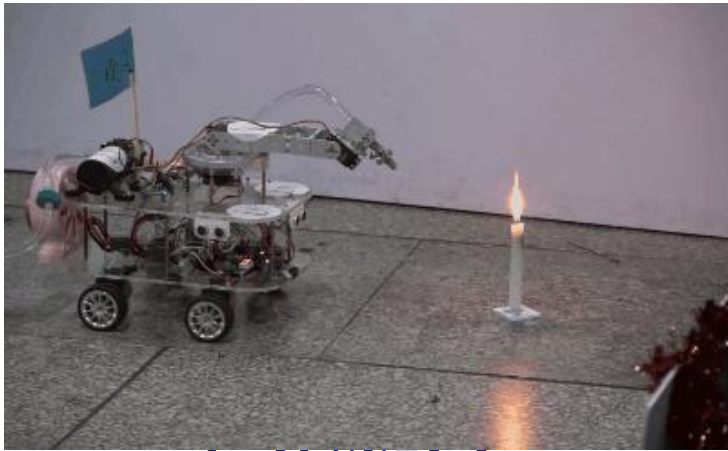


智能消防车

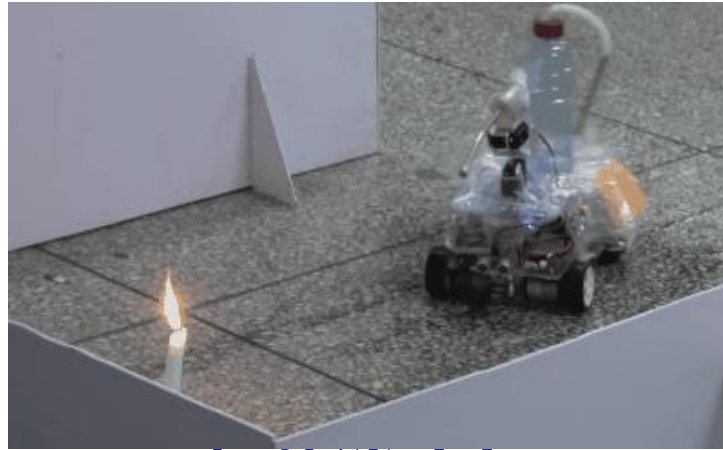


工程机械

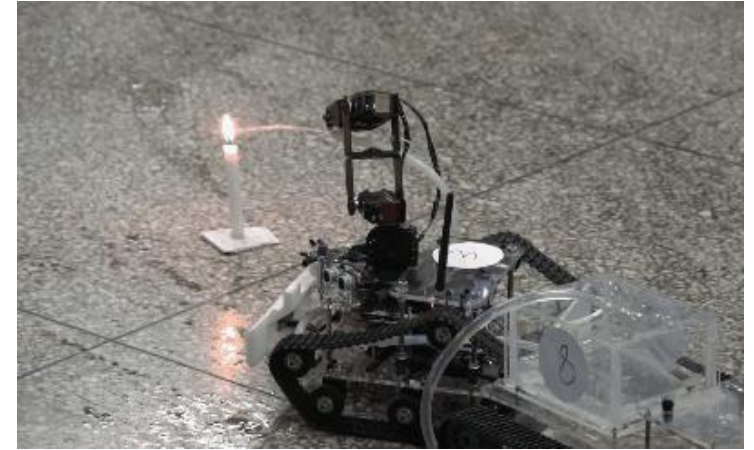
3.3面向智能机器人工程的课程项目实践教学体系构建



智能消防车1



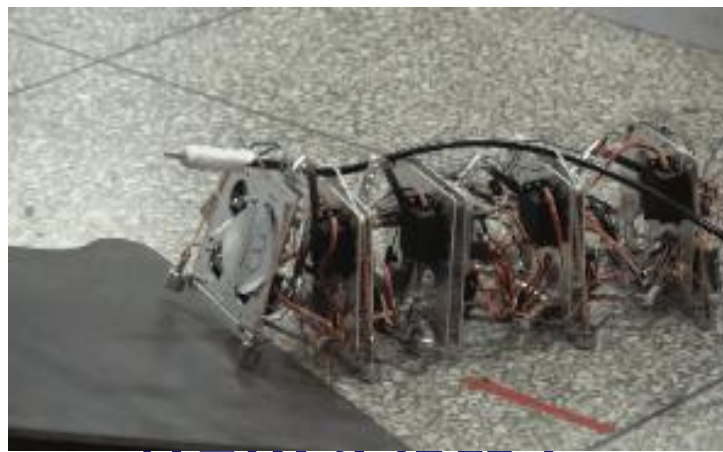
智能消防车2



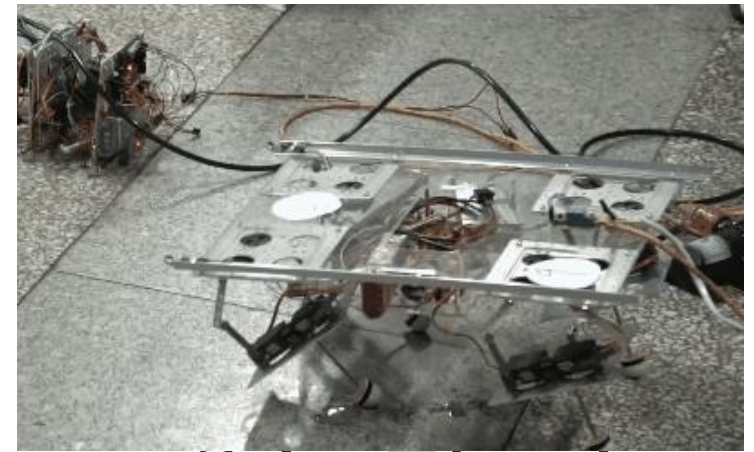
智能消防车3



自动灭火机器人



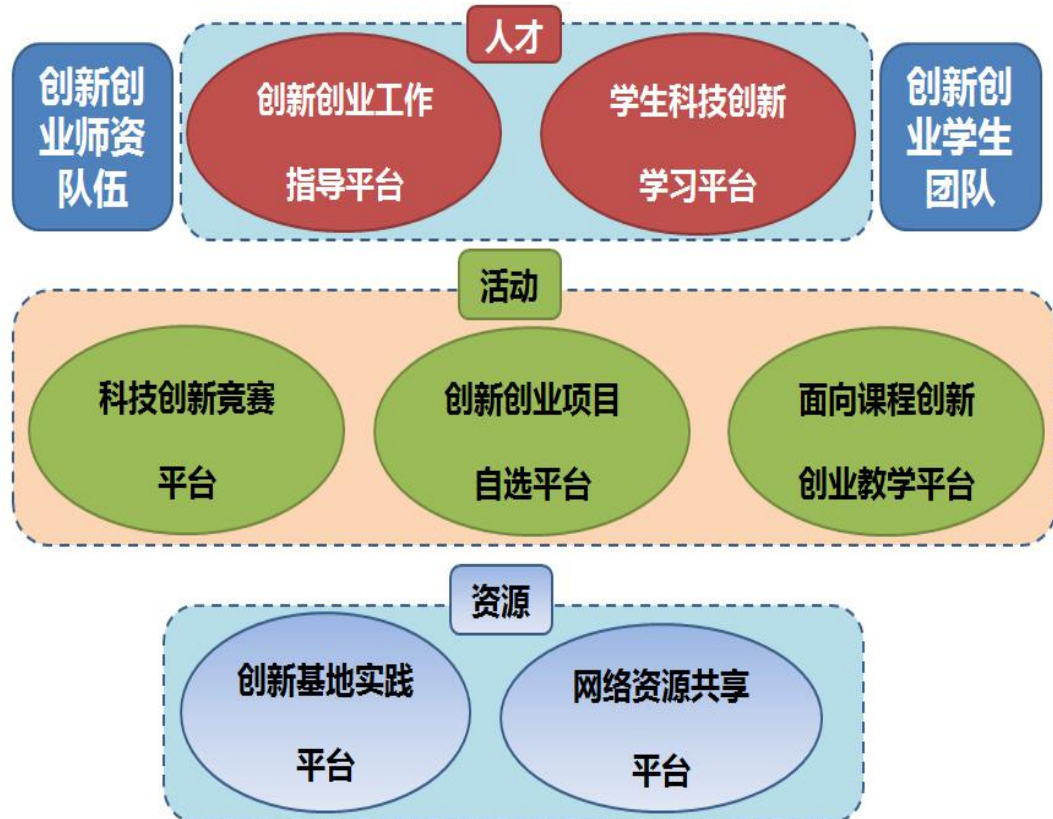
蛇形仿生机器人



仿生四足机器人

3.4面向智能机器人工程的课外创新实践教学体系构建

与昆山孚思格机电科技有限公司等**企业专家**研讨规划，从**人才、活动、资源3个维度**，以“校内创新与校外竞赛”融合、以“专业教育”与创新创业有机融合为原则，**构建了7个创新创业教学平台**。平台由创新基地和团委共同指导与管理，学生起主导作用，面向大一、大二学生开展创新创业基础知识、硬件软件技能培训活动，组织校内科技活动，协助组织校内、校外竞赛任务。



一个宗旨：以全面提高创新创业能力为宗旨

两项原则：

以“校内创新活动”与“校外科技竞赛”有机融合为原则
以“专业教育”与“创新创业教育”有机融合并纳入课程体系为原则

七大平台：

“创新创业工作指导平台”、“学生科技创新学习平台”、“科技创新竞赛平台”、“创新创业项目自选平台”、“创新基地实践平台”、“面向课程的创新创业教学平台”、“网络资源共享平台”

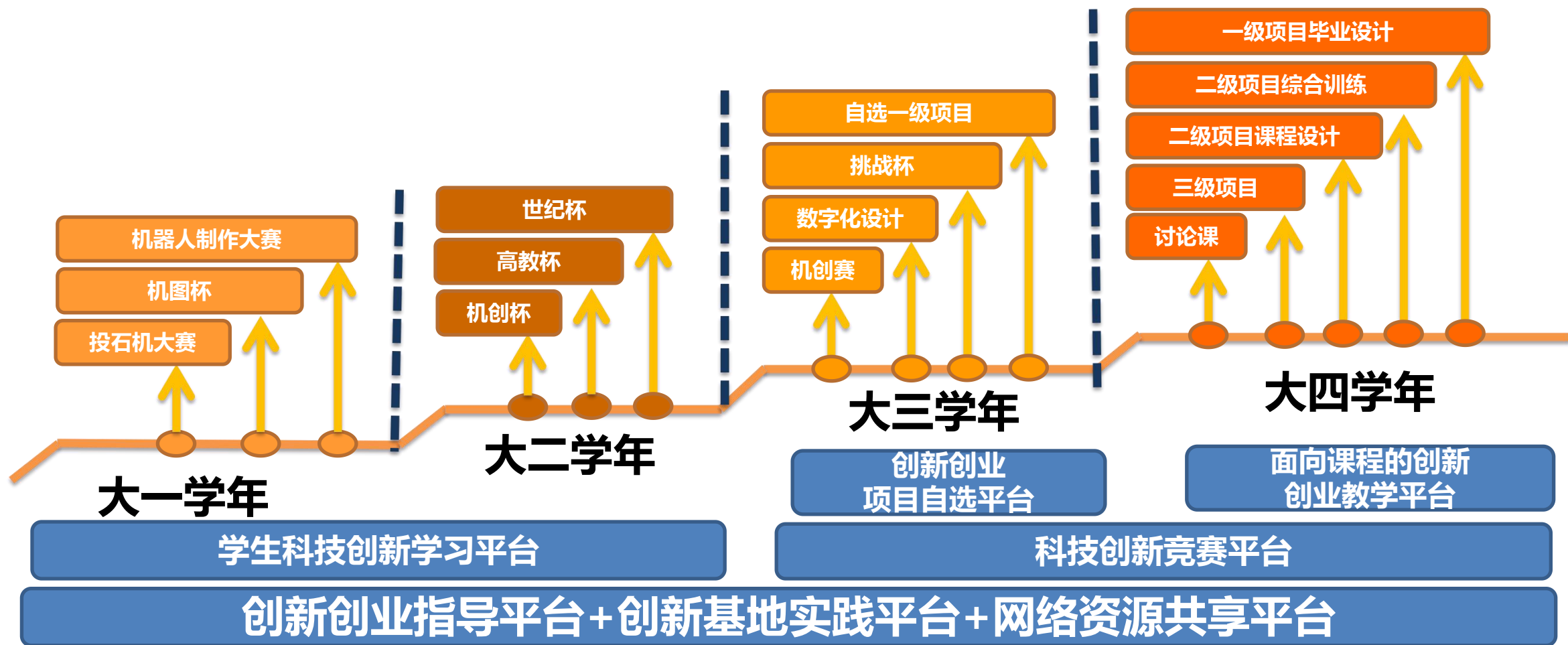
多项竞赛：

机创杯、世纪杯、机械数字化设计大赛、挑战杯”全国大学生课外学术科技竞赛、全国大学生机械创新设计大赛、全国大学生机器人大赛RoboMasters等竞赛

人人参与：以机械电子工程专业全体同学为载体，小组分工、团队协作的方式

3.4面向智能机器人工程的课外创新实践教学体系构建

细致规划了创新创业教学平台与四个学年的对应关系，通过分层次、能力逐步递进的、全面开放的自主创新实践学习培养平台，构建出**不同层次实践创新大平台**，组织不同学科专业的学生面向特定目标合作实践活动，持续推动智能机器人工程人才培养环节中的专业创新和多学科融合。



3.4面向智能机器人工程的课外创新实践教学体系构建



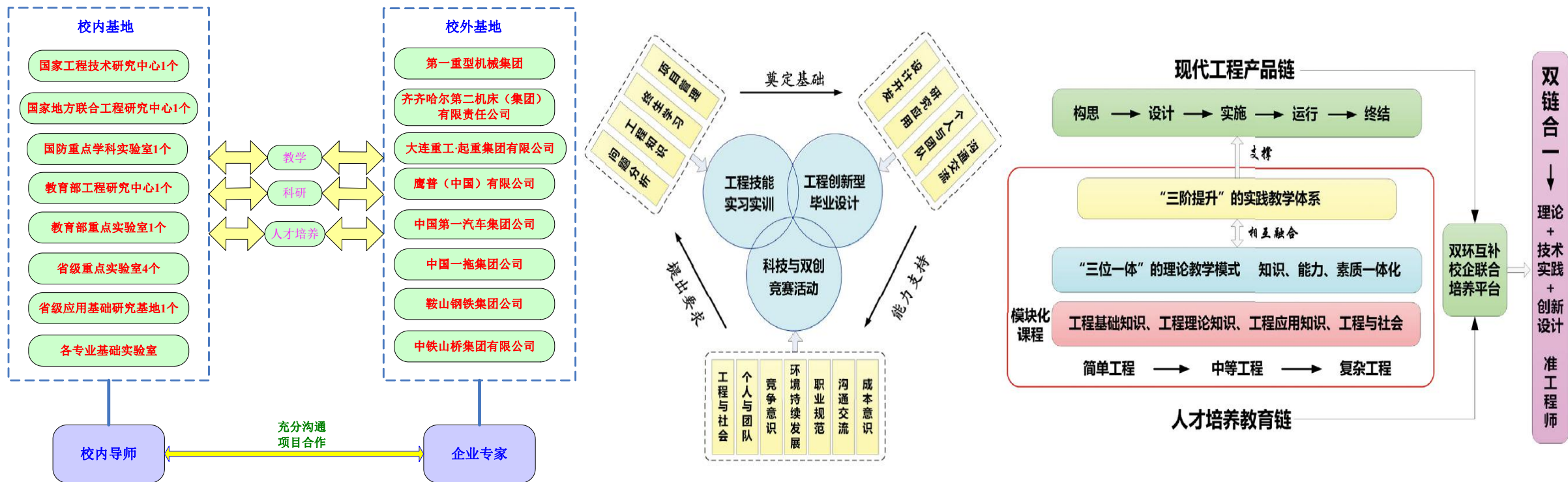
成立机械学院创新基地RoboMasters**机器人俱乐部**，成为面向全校的科技含量较高的校级学生科创团体。在“第十七届**全国大学生机器人大赛**ROBOMASTER 2018机甲大师总决赛”**中荣获二等奖。**



3.5 面向智能机器人工程的产学研协同实践体系构建



以与学校科研平台的深度合作为前提，以与国家级工程实践教育中心为主的多个校外实践基地为基础，进行协同育人培养。将智能机器人前沿发展方向与工程实践应用技术应用于项目实践体系中，学生参与前沿课题和企业相关创新产品研发，提高学生应用多学科交叉知识解决前沿问题的能力。



3.5面向智能机器人工程的产学研协同实践体系构建



“卓越工程师”班级全体同学，在**鹰普集团顶岗实习**，**昆山孚思格机电科技有限公司**进行**创新产品研发**

鹰普集团



学习



实践



汇报



评审

昆山孚思格



自动售药机器人



生产线搬运机器人



直角坐标机器人



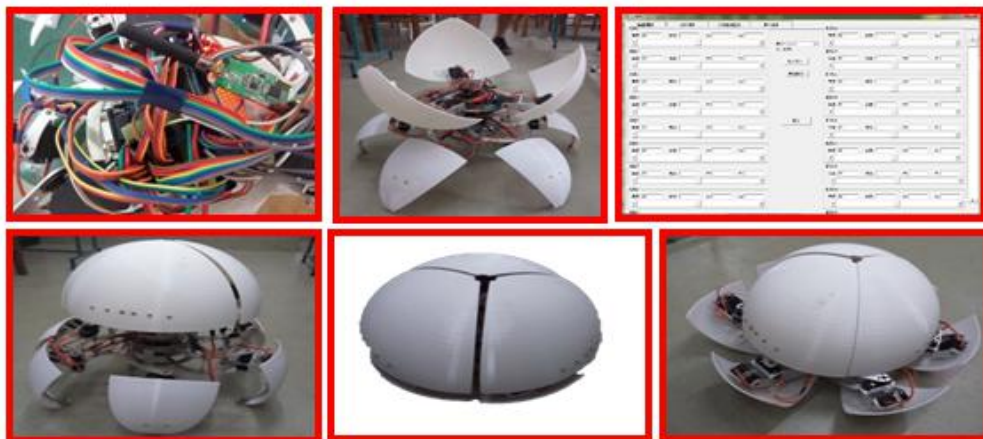
纺纱自动上料机器人

3.5面向智能机器人工程的产学研协同实践体系构建

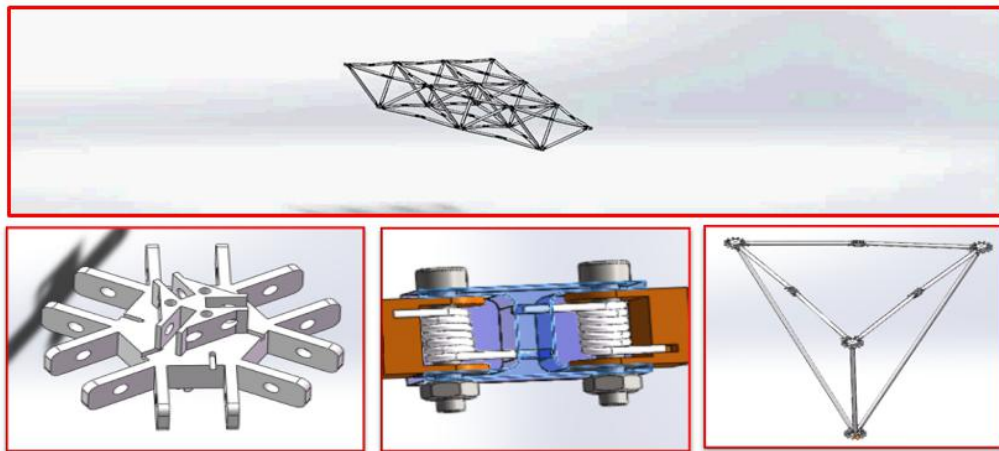


与中国一重集团公司、航天五院等单位及相关科研团队协同开展本科生**产学研协同**

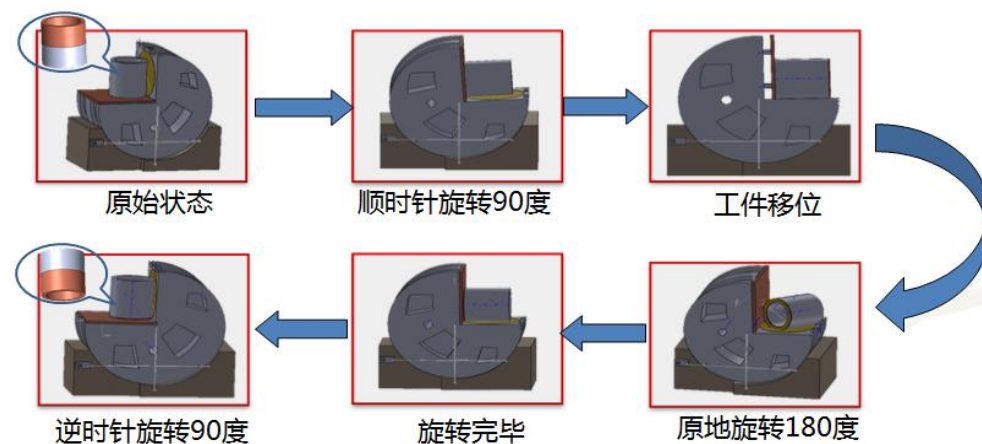
毕业设计一级项目



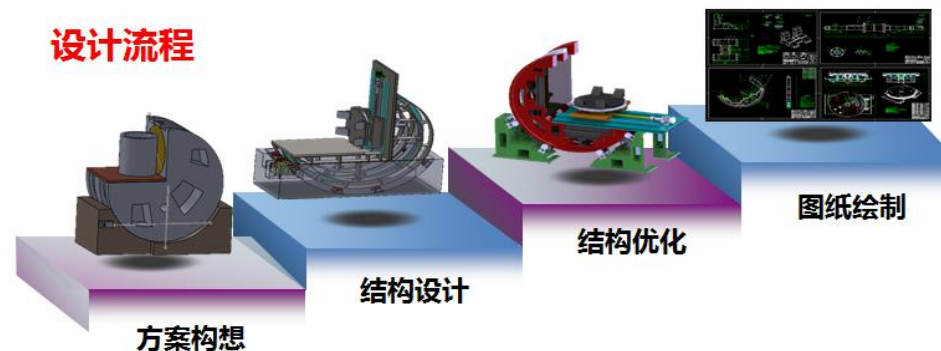
面向复杂科研项目问题——多用途变胞机器人设计与制作



面向复杂实际工程项目问题——可展天线及其支撑结构的设计与分析



设计流程



面向复杂实际工程项目问题——180度自动翻转机结构设计与分析

3.6多学科交叉融合能力评价考核机制和质量监控体系构建



以促进和提高学生多学科交叉融合能力培养与考核为主线，提出**多元化考核方式**，以**量化的形式**对学生学科交叉融合能力**进行层级评价**，更好的实现学生综合能力培养全过程的评测。在实施过程中**制定了跨学科的项目实施指导书等教学文件**，制定了**跨学科**本科学生课程**档案提交方法和成绩评定方法**，推动了学校跨学科交融教学模式的质量监控体系和持续改进机制的构建。

八、考核方式

本课程设计的成绩由组内学生自评成绩、指导教师评阅成绩、比赛表演成绩和汇报成绩四部分组成，其中组内学生自评成绩占 15%，指导教师评阅成绩占 25%，比赛表演成绩占 30%，答辩成绩占 30%。

序号	评定条目	评定标准
1	本组学生自评分（15 分）	由本组学生根据对项目贡献多少、成本分析以及团队合作能力进行相互打分，最后由所有成员签字后上交给指导教师，每组学生平均分不超过 12 分，最高分与最低分的分差不小于 3 分。
2	指导教师评分（25 分）	由指导教师根据学生出勤、平时表现、项目规范性、图纸完成质量及其制作调试情况给学生打分。
3	比赛（30 分）	根据赛程要求和具体比赛结果评定成绩。每组两次机会，取成绩最好的一次为最终成绩。 注意：比赛过程中，不能用手或其他物体移动机器人，如有移动发生，视为本次失败。 比赛时，可以有干扰模块，但驱动器数量不能多于给定量。
4	答辩（30 分）	PPT汇报10分钟，由现场评委根据项目报告、工程图以及答辩表现进行打分。



四、课程设计主要内容

- (1) 资料分析
查阅相关文献资料，对资料进行分析总结。
- (2) 机器人总体设计
确定机器人的具体任务要求，根据任务初步拟定机器人的技术参数、运动形式、机械结构、驱动方案、传动方案、控制方案等。
- (3) 机器人机械结构设计
将机器人分解为车身结构、机械臂和手爪等若干部分，分别对各个结构的关键部件进行详细设计并校核，绘制机器人总装图和关键零部件图。
- (4) 传感和信息检测及信息传输
根据任务要求，完成相关信息检测、处理，并完成信息的正确传输。
- (5) 运动控制方案设计
基于传感信息，采用单片机完成机器人控制系统硬件和软件的设计和系统调试。
- (6) 创新性功能设计
完成原有基本功能的基础上，鼓励加入创新性功能设计，实现性能提升、功能拓展。
- (7) 编制课程设计说明书

3.6 多学科交叉融合能力评价考核机制和质量监控体系构建



在新工科项目的推动下，学校积极推进学科交叉融合和协调发展，布局新兴研究领域和研究方向，不断推进有组织的科技创新活动，努力培养高素质创新型人才，批准设立了燕山大学“**人工智能与机器人学院**”与“**人工智能与机器人研究院**”，建设机器人双创基地，统筹协调学校相关课程资源、实践场地、产学合作相关事宜，从组织运行、师资保障、机制体制上不断构建多学科交叉的质量监控体系。



3.7 阶段性成果

3.7.1 教学成果推广汇报

在全国各类教学改革会议、新工科会议作报告8次，校内各类培训报告12次。



3.7 阶段性成果



3.7.2 方案报告与发表论文

- 撰写了面向机器人工程人才培养的《**新工科研究与实践建设方案**》报告，提出了机械电子工程专业方向转型升级方案，探索与实践多学科交叉融合的工程人才培养模式。
- 撰写了面向机器人工程人才培养的《**先进检测设备应用**》实施报告，并发表论文《**三维扫描仪在实验教学中的应用**》。



新工科研究与实践建设方案

专业名称（方向）：机械电子工程

专业（方向）负责人：姚建涛

专业（方向）所在学院：机械工程学院

负责人联系电话：13613351927

填表日期：2018年6月

2018年6月

先进检测设备应用实施报告

项目名称：多学科交叉融合型智能机器人
工程人才培养模式探索与实践

负责人：姚建涛

所在单位：机械工程学院

填表时间：2018年10月

联系电话：13613351927

三维扫描仪在实验教学中的应用

王 鑫, 唐艳华, 张庆玲, 史艳国
(燕山大学 机械工程学院机电系, 河北 秦皇岛 066004)

摘 要: 为了提高学生对实验教学的兴趣和实验能力, 拓展学生的视野, 熟悉本领域的各类先进检测装备, 培养学生在机械工程专业领域内的专业技能和检测的方法, 燕山大学机械电子工程系实验室特开设了三维扫描仪应用实践课程, 与传统实验方法相比提升了学生的实践能力, 提高了实验效率, 教学效果得到明显改善, 为学生学习进阶工程及精度检测提供了良好的平台。

关键词: 实践教学; 三维扫描仪; 精度检测; 3D 打印

三维扫描检测是一种物体三维尺寸的测量技术, 主要用于对物体空间外形和结构进行扫描, 以获得物体表面的空间坐标, 然后将物体表面空间坐标导入到计算机中, 通过软件与设计数模进行比较, 从而获得误差结果。对于三维扫描仪在实验教学中的应用, 我国许多高校已经开设了相应的课程, 例如河北工业大学的三维扫描与 3D 打印实验室已向全校本科生开设实验课程, 使学生自主的参与先进制造技术的实践中, 并取得了良好的效果”。四川大学工程训练中心也开设了“快速成型技术”课程, 为学生们提供 3D 打印的平台”。但大多数高校都是停留在模型的打印输出上而没有对打印出的实物与数模的误差进行分析, 因此, 我校机电实验室使学生在实践的基础上又对数模与实物的误差进行分析, 使学生能够更清晰的了解误差形成的原因从而优化模型。

实验过程中, 对于学生的观察能力、动手操作能力、分析和解决问题的能力、团队协作能力以及数据处理能力都将作为考察对象, 并进行评估, 最后体现在实验报告中, 如表 1 所示。

表 1 实验能力达成度要求	
观察能力	10%
仪器操作能力	30%
分析、解决问题的能力	20%
团队协作能力	10%
数据处理能力	30%

1.2 教学内容

为了使学生对工业设计流程有深入的理解, 首先, 要求学生根据不同的任务, 利用 UG、CATIA 等三维设计软件, 对零件进行造型设计, 然后将设计完成的零件转换成 STL 格式输出并进行 3D 打印, 最后将学生分组, 利用三维扫描仪对打印好的零件进行扫描, 最后将扫描结果与原始数模进行对比分析, 形成完整的闭环系统, 如图 1 所示。

1.1 教学目的

本实验课是基于理论课工程机具有限原理及分析课程设置的, 为了增加实验教学的直观性和生动性, 提升学生学习实验课的兴趣, 也为了拓展学生视野, 激发其探索科学的欲望, 机电系实验室创新性的将三维扫描仪引入实验教学中, 与传统的实验过程相比, 改革后的实验将设计完成的数模进行 3D 打印, 利用三维扫描仪对模型进行扫描, 并与设计数模进行对比, 从而能够更清晰快速的对误差进行分析, 找出规律, 以便优化模型。

图 1 三维扫描检测闭环系统

其中, 对三维扫描仪的应用作为实验的重点考察内容, 包括了实验能力达成度要求中的前 4 项: 最后的误差分析则考察学生的数据处理能力, 即能力达成度的最后一项。由于设计零件的复杂程度不同, 每组实验操作的难易程度也略有不同, 这就需要实验教师的耐心指导, 并且根据经验帮助学生快速的掌握实验原理, 掌握仪器的使用规范, 确保实验课程的顺利完成。

设计数模的 3D 打印是基于机电系创新基地的 3D 打印机实现的, 如图 2 所示, 采用的打印材料为 PLA 材料, 它具有高温速冷后定型且不易变形的特点, 还有较高的强度和耐冲击性, 是一种在较宽

基金项目: 2015 年燕山大学教学改革项目 (项目编号: J20150005)

第一作者: 王 鑫 (1985—), 女, 硕士, 实验师, 主要研究方向为机器人、精度检测、工业自动化。

收稿日期: 2018-02-11

— 39 —

3.7 阶段性成果

3.7.3 基于OBE理念的教材建设

基于OBE产出导向的理念，结合毕业要求，组织编写面向机器人工程专业方向本科生教学应用的《机电一体化系统设计》、《嵌入式系统设计》、《机器人技术及应用》三部教材，依据课程与毕业要求及细化指标的支撑关系，针对毕业要求指标点进行教材整体内容的设计，其中《机电一体化系统设计》教材已通过教务部门评审，开始应用于课程教学。

第2章 总体设计

2.1 单元导言

一、单元学习目标

能够应用数学方法、机械设计、电气设计、控制设计、系统设计等技术路线，对设计方案的可行性进行论证。

1. 了解总体设计方法；
2. 掌握工程路线；
3. 熟悉机电装备设计的流程。

二、知识点及运用

机电一体化系统总体设计就是应用系统总体技术，从系统整体要求以及各机电组成单元的特性，选择最合理的单元组合方案，实现过程。

市场竞争规律要求产品不仅具有高性能，而且要有低价格，这就要求。另一方面，种类繁多、性能各异的标准组件、电气元件、机电一体化产品设计人员提供了众多的可选方案，使设计工作条件，应用机电一体化技术，开发出满足市场需求的机电一体化产品。

总体设计的内容涵盖设计类型、设计思想、设计方法和设计流程。

知识点1	设计分类
知识点2	设计分类
知识点3	机电一体化系统设计思想
知识点4	设计流程
知识点5	产品预研
知识点6	概念设计
知识点7	详细设计
知识点8	设计工具

2.2 设计概述

产品设计是一个建立在知识和经验基础上的综合信息处理的系统实现预期功能，从而满足人们的某种需要。图 1 是对 415 家德研。结果表明在产品的整个寿命周期中，产品设计的成本不足总 75% 的成本，由此可见设计在产品研发中的重要性。

2.3 系统思想

系统的设计思想就是依据系统论的观点，将机电一体化产品个全局的、系统的高度来进行产品的分析与设计。系统论主要是部的协调优化。依据系统论的观点，机电一体化产品及其个部件所谓设计既是寻找满足要求输入输出关系的系统结构。系统论中关联性、统一性。整体性强调系统是由若干要素构成的有机整体素性能之和。层次性是指一个系统总是有若干子系统组成的，而一个子系统。关联性强调系统与子系统间、各子系统间和系统系。统一性承认客观物质的层次性和各不同层次上系统运动的特运动规律的统一性。

就机电一体化系统而言，其内部的控制、驱动、检测、机械、机电一体化产品与包括操作人员在内的外部环境构成了产品的外部想就是在设计时不能将各子系统彼此割裂，也不能将系统与环不能仅仅以完成子系统功能为设计目标，还要考虑各子系统间的能的同时能为其他子系统的功能提供有益的条件，此外还有考虑

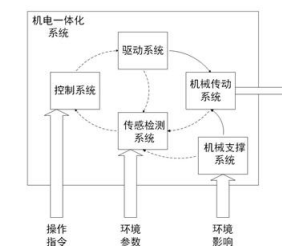


图 2-2 系统的设计思想

3. 模块化思想

随着社会的发展，市场的需求呈现多样化以及个性化趋势，即不同客户对性能需要，这就要求企业将自己的产品进行系列化，即将同种功能的产品设

2.5 讨论要点

讨论 1：应用功能论设计方法对下列产品进行原理方案设计。

功能原理设计任务 1：设计地面反恐防爆机器人的机械系统。要求地面反恐防爆机器人能爆炸物、侦察、抢救人质、与恐怖分子对抗等。



功能原理设计任务 2：汽车举升机原理方案设计。



应用功能论设计方法对上述产品进行原理方案设计。

3.5 讨论与作业

讨论 1：光栅与磁栅

- 1、光栅传感器的工作原理及特点；
- 2、磁栅传感器的工作原理及特点；
- 3、二者通常采用哪些测量方式？
- 4、二者对安装有什么要求？

讨论 2：视觉传感器

- 1、固态图像传感器的工作原理及特点；
- 2、视觉传感器的特点与应用领域；
- 3、视觉传感器的实现方法。

实验二 计算机控制系统设计

一、实验目的

1. 培养学生初步的 MATLAB 编程能力。
2. 培养学生初步利用 MATLAB 对控制系统进行分析的能力。

二、实验原理及方法

1. 对如下高阶控制系统进行单位阶跃响应分析。

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 3.4s + 1.5}$$

2. 用到的控制系统工具箱函数有：

3. 用 MATLAB 语言进行编程：

$$\text{num}=[2 \ 3.4 \ 1.5];$$

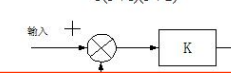
4. 得出仿真结果曲线。

三、实验仪器及材料

1. 计算机一台；
2. MATLAB 平台；
3. 打印机一台。

四、实验步骤

1. 开机，进入 MATLAB 记事本窗口。
2. 新建“*.m”文件，输入程序。
3. 进入命令窗口，运行“*.m”文件。
4. 参照上述例子完成下面的仿真任务。

$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+2)}, K=1.5$$


实验三 典型机电一体化系统设计 (智能小车的设计与制作)

一、实验目的

- 1、掌握智能自动车的结构、控制电子元器件组成及其工作原理；
- 2、掌握传感检测系统的设计方法，掌握常用传感器的原理和使用方法；
- 3、掌握小型直流电机的选型、驱动及控制方法；
- 4、掌握机电一体化系统的设计、制作和调试方法。

二、实验原理

智能小车是采用电机驱动后轮带动前轮移动，控制电路板是以单片机为核心，外加黑白线传感器和红外传感器，编程实现小车的前进、后退、转弯、循迹和避障等功能。

在电动机的选择上，可以根据选择步进电机或直流电机，步进电机的一个显著特点就是具有快速启停能力，如果负荷不超过步进电机所能提供的动态转矩值，就能够立即使步进电机启动或反转。另一个显著特点是转换精度高，正反转控制灵活。直流电动机具有优良的调速特性，调速平滑、方便，调整范围宽；过载能力强，能承受频繁的冲击负载，可实现频繁的无级快速启动、制动和反转；能满足各种不同的特殊运行要求。

电动机驱动方案需要根据所选电机考虑可以采用电阻网络或数字电位器调整电动机的分压，从而达到调速目的；也可以采用继电器对电动机的开与关进行控制，通过控制开关的切换速度实现对小车的速度进行调整，或者采用四个大功率晶体管组成 H 桥电路，根据各种方法的优缺点选择使用。

探测路面黑线的基本原理：光线照射到路面并反射，由于黑线和白纸对光的反射系数不同，可根据接收到的反射光强弱来判断黑线，可以采用普通发光二极管及光敏电阻组成的发射接收方案（电路如图 3-1 所示）或用脉冲调制的反射式红外发射接收器（电路如图 3-2 所示）。

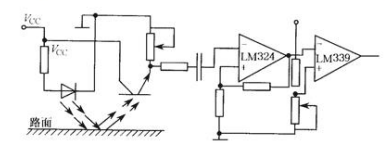


图 3-1 普通发光二极管及光敏电阻组成的发射接收方案

避障检测和处理采用一种集发射与接收于一体的光电传感器，如图 1-11。检测距离可以根据

3.7 阶段性成果

3.7.4 创新创业教育网站

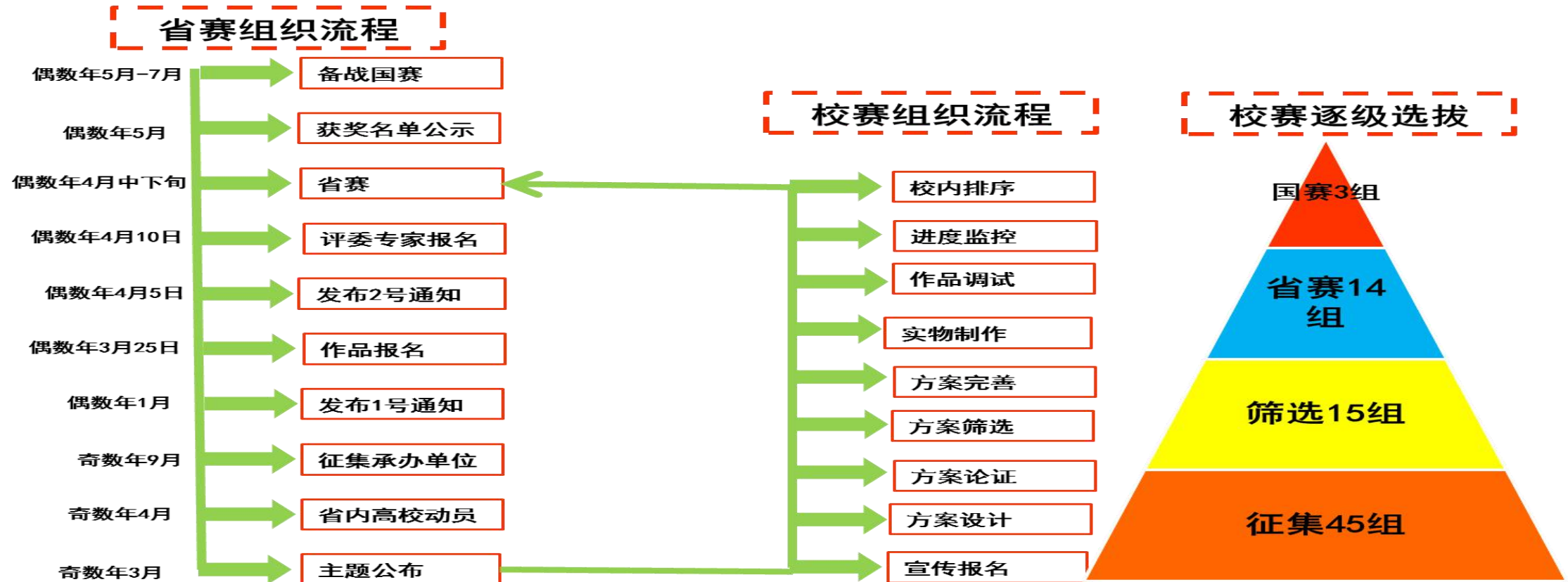
构建了**机械学院科协**与**学生创新基地网络平台**，为通知发放、资源共享、参赛报名、成果展示等提供了很好的线上平台。



3.7 阶段性成果

3.7.5 组织河北省大学生机械创新设计大赛

作为河北省大学生机械创新设计大赛组委会秘书处，成功组织2018年度河北省大学生机械创新设计大赛。
2018年燕山大学共有15支队伍参赛。



3.7 阶段性成果

3.7.6 承办华北五省机器人大赛河北赛区选拔赛

成功组织承办**2017年度和2018年度**华北五省机器人大赛河北赛区选拔赛，其中学生共获得9个一等奖、10个二等奖、10个三等奖，项目组成员赵逢达当选 为中国人工智能学会机器人文化艺术专业委员会委员。

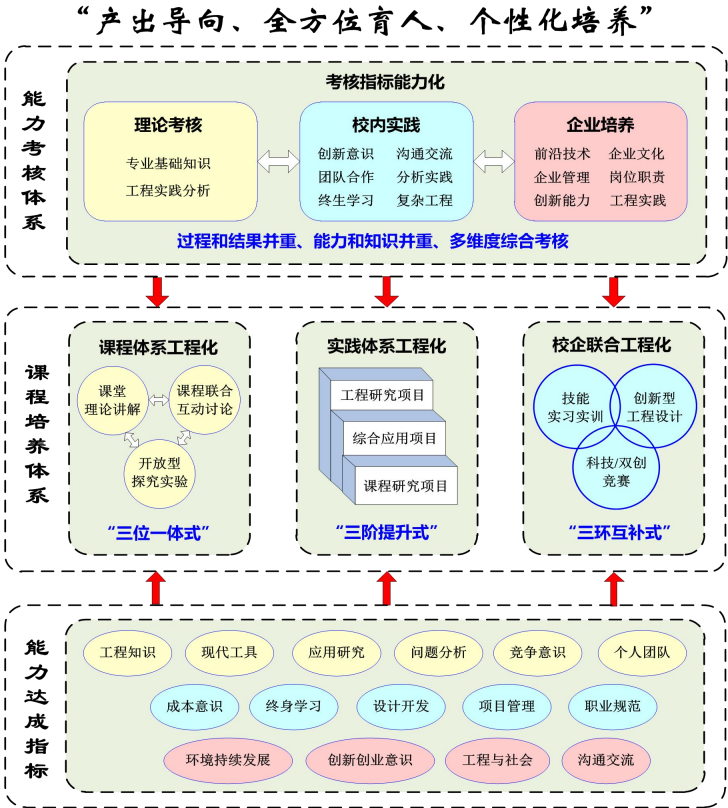


3.7 阶段性成果



3.7.7 获教学成果奖

该项目成果作为重要的支撑材料，支撑团队教学成果获**河北省教学成果奖一等奖**，2018年度高等教育**国家级教学成果奖二等奖**。



教育部文件			
教师〔2018〕21号			
教育部关于批准2018年国家级教学成果奖获奖项目的决定			
国家级教学成果奖评审委员会评审确定的2018年国家级教学成果奖项目，已经过异议处理，共计1355项成果获得国家级教学成果奖。			
经国家级教学成果奖评审委员会评审确定，依据国务院公布的			
序号	成果名称	完成人	完成单位
317	“三三三”本科教育培养体系的构建与实践	刘华东、陶有桑、冯其红、陈德春、刘欣梅、张乐勇、金玉洁、李锐东、马建山、石永军、唐忠健、孙清波、王新博、郭毅梅、孙高亮、陈墨、吕宏涛	中国石油大学（华东）
318	基于工程教育国际实质等效的“三三三”人才培养模式构建与实施	史艳国、姚建涛、赵永生、史小华、赵延治、李艳文、陈子明、张庆玲	燕山大学
319	适应国家能源战略需求，培养行业特色卓越人才的十六年探索与实践	刘吉臻、安连顺、柳长安、肖万里、梁光胜、高继周、杨凯	华北电力大学
320	以学为中心的高校课程质量持续提升机制的构建与实施	冯晓云、郝莉、朱志武、尹静旭、张国正、姬晓旭、范怡红、赵屹、冷伟、王克贵、葛兴来、雷鸣、宋爱珍、郭永春、梁慧娟	西南交通大学
321	质量导向的研究生教育“三三三”综合改革探索与实践	赵美蓉、白海力、陈金龙、孙莉、蔡继红、潘峰、卢仲松、明东、殷红香、赵红星、蔡建英、张立廷、顾丽娜、王玮、巩乐、郑刚、齐晨	天津大学
322	基于兵棋推演的陆军合同战术教学改革	何昌其、张俊杰、胡永、陈志发、李梁、黄宏强、王勇、吕少刚、陈会群	陆军指挥学院
323	科学选材、因材施教、教育育人——西安交大少年班32年拔尖创新人才培养探索与实践	朱世华、郑庆华、杨森、宋红霞、王娟、邵捷、曹艳阳、李福利、张毅民、梅红、王佩东、张昕	西安交通大学
324	“113”应用型人才培养体系改革与实践	袁德成、李志义、汪凌、金志浩、于三三、张铁军、张运华、杨小林、李志旺、佟玉平、樊立萍、方庆红、付广彬、陈晓东、战洪仁、王国防、苏晓明、纪秋颖、张新民、李萌	沈阳化工大学、沈阳工业大学、五邑大学、河南理工大学、长春大学
325	构建全程、全方位因材施教的课外创新人才培养体系	史宗熙、过勇、郑浩、孙宏斌、刘宇	清华大学

四、下步计划

4 下一步计划



分析总结并持续改进人才培养模式改革存在的**问题**，**深化**课程体系和实践体系**改革**，**完善**跨学科交融教学模式的质量监控体系和持续改进机制。

2019年05月-2019年12月

- (1) 探索性的开展基于多学科交融理念的分层次、递进式、全面开放的**自主创新实践学习培养平台**；
- (2) 构建出不同层次的目标导向型（校内竞赛）和目标引领型（校外竞赛）智能机器人课外实践创新大平台，
- (3) 通过精心组织不同学科专业的学生，**面向特定目标合作开展实践教学活动**，持续推动机器人工程人才培养的专业实践创新和多学科交叉融合。
- (4) 持续地研究并完善各学科联合开展课程教学和项目教学的方式方法、考核机制和方法，进行**较大范围内学生自愿联合开展的多学科联合项目实践活动**。

2020年01月-2020年12月

- (1) **分析总结并持续改进**基于多学科交融理念的机器人工程教育人才培养模式存在的问题；
- (2) 完善跨学科教学团队共同制定的讨论课、项目**设计**等教学文件；
- (3) 完善跨学科本科学生课程**档案提交方法和成绩评定方法**，**推动**跨学科交融教学模式的质量监控体系和持续改进机制制定。

祝各位老师：身体安康、工作顺利！

谢谢大家！

