面向全流程工程训练的“无人”专业综合实践教学体系

徐　明，卢惠民，徐晓红，肖军浩，李治斌，曾志文
（国防科技大学　智能科学学院，湖南　长沙　410073）

摘　要：为适应新型工程科技人才培养，文章提出以机器人为主线，以“3 + 1”一体化综合实践项目群为载体，以项目开发的全流程工程训练为手段，开展多学科知识交叉融合的无人装备工程、无人系统工程专业创新人才培养实践教学体系研究。通过实践环境建设与组织管理保障，确保实践教学体系的顺利实施，提高人才培养质量。

关键词：机器人；实践教学体系；综合实践项目
中图分类号：G642　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1672 - 8874（2022）01 - 0098 - 04

Comprehensive Practical Teaching System Based on the Whole Process of Engineering Training for “Unmanned” Majors

XU Ming，LU Hui-min，XU Xiao-hong，XIAO Jun-hao，LI Zhi-bin，ZENG Zhi-wen
（*College of Intelligence Science and Technology*，*National University of Defense Technology*，*Changsha* 410073，*China*）

Abstract：In order to adapt to the cultivation of new engineering talents，this paper proposes to build a practical teaching system for talents of unmanned engineering majors，cross-fertilized by multidisciplinary knowledge with robotics as the main line，“3 + 1” integrated comprehensive practical project group as the carrier，and the whole process engineering training of project development as the goal. The smooth implementation of the practical teaching system was ensured and the quality of talent cultivation has been improved by building the practical environment and organizational management.

Key words：robot；practice teaching system；comprehensive practice project

一、引言

日益复杂激烈的国际竞争，归根到底是人才的竞争[1]。人才是科技创新的主要承载者，是一个国家竞争力和软实力的主体依托。新型工程科技人才的培养，是我国“中国制造 2025”“互联网 +”“网络强国”“一带一路”等重大战略顺利实施的重要保障，更是我国在未来全球创新生态系统中占据战略制高点的迫切需求[2]。这就要求高等院校培养的学生要具有坚实的理论基础、更强的创新能力和解决实际复杂问题的能力，适应以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济发展需求[3]。

新质作战力量的建设发展迫切需要军队院校培育大批无人装备工程、无人系统工程专业的高素质新型专业化军事人才[4]。本文提出了以机器人为主线，以“3 + 1”一体化综合实践项目群为

收稿日期：2021 - 06 - 17
基金项目：第二批新工科研究与实践项目（E-ZNZZ20201206）；教育部自动化类专业教学指导委员会研究课题（2019A06）；国防科技大学教育教学研究课题（U2018013）
作者简介：徐　明（1982 - ），男，浙江嘉兴人。国防科技大学智能科学学院副教授，博士，主要从事机器人技术领域教学和研究。

载体，以项目开发的全流程工程训练为手段，构建多学科交叉融合的无人装备工程、无人系统工程专业创新人才培养实践教学体系[5]，并通过实践环境建设与组织管理保障，确保实践教学体系的顺利实施，进而提高了人才培养质量，取得了阶段性显著成效。

二、综合实践体系设计

考虑到学生从知识到能力转化训练机会少、工程实践能力偏弱等现实问题，教学团队以机器人为主线，以激发学生学习兴趣为出发点，注重知识应用训练和工程实践训练，以此提高学生工程实践能力，培养创新思维[6]。

（一）“3 + 1”一体化综合实践体系设计

以“机电技术”“信息系统”“控制系统”和“智能系统”四个课程群为基础，一体化设计“机电系统综合实践项目”“信息系统综合实践项目”“控制系统综合实践项目”“专业一级项目”综合实践项目群，如图 1 所示。其中，“机电系统综合实践项目”又分为“电类”和“机械类”两类。“电类”侧重电路设计与开发，“机械类”侧重结构设计与制作，学生可根据自己的兴趣选择不同类别。“专业一级项目”又分为“对抗类”与“维修保障类”，学生根据出口不同可选择不同的类别。整个实践体系涵盖机械、电子、通信、控制、计算机与人工智能等诸多学科知识，是支撑四个课程群、引导学生综合应用所学知识、提升工程实践能力的重要手段，如图 2 所示。

（二）综合实践项目之间的关系

四个综合实践项目虽然分属于不同课程群，但以“机器人”为主线，前后继承与连贯，如图 3 所示。其中，“机电系统综合实践项目”要求学生综合运用所学知识设计和实现一套智能机器人的机械子系统或者电源子系统，完成智能机器人的平台搭建，实现机器人的“生出来”；“信息系统综

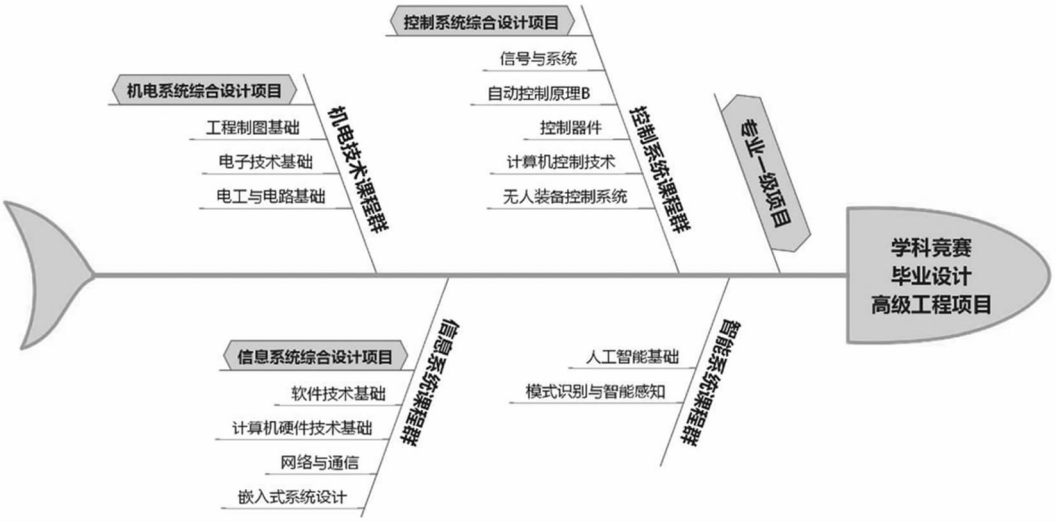

图 1　四个课程群

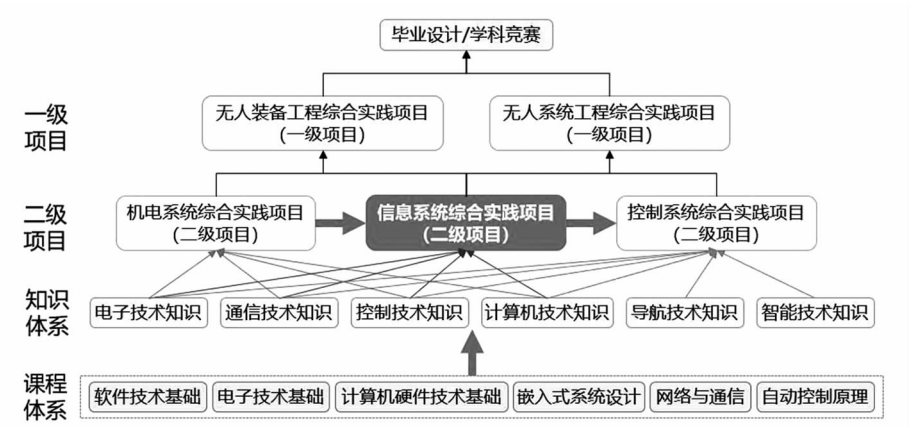

图 2　综合实践项目所需知识体系

合实践项目”要求学生设计和实现一套机器人的信息子系统，完成机器人的电气搭建，使平台“动起来”；“控制系统综合实践项目”要求学生设计和实现一套机器人的控制子系统，使平台能通过遥控手段被“控起来”，并完成环境建图和目标识别任务；“专业一级项目”要求学生在虚拟战场环境下完成机器人保障维修、远视距资源点争夺和对抗打击竞赛，实现机器人的“打起来”。四个项目在体系上自成一体，在内容上前后连贯，在要求上逐级提高。

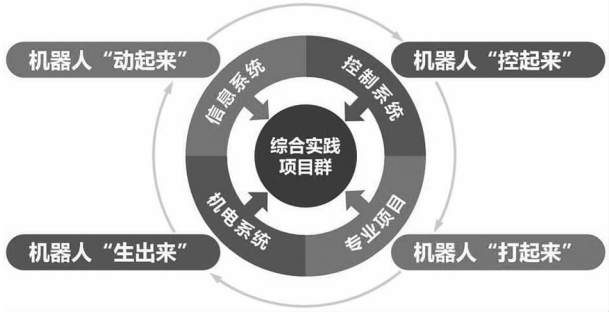

图 3　各综合实践项目之间的关系

（三）培养手段与目标

以机器人的设计、实现、调试、优化、运用全流程为牵引，使学生掌握工程项目开发的完整流程，从而运用所学知识解决实际问题，实现知识到能力的转化。项目涉及电子、通信、计算机、控制等多学科知识的综合应用，可提升学生对知识的掌握程度，实现从分散到贯通的融合。采用继承与差异化相结合的项目要求，给学生创造了兼顾传承与创新的良好条件，实现了从模仿到创新的飞跃，如图 4 所示。

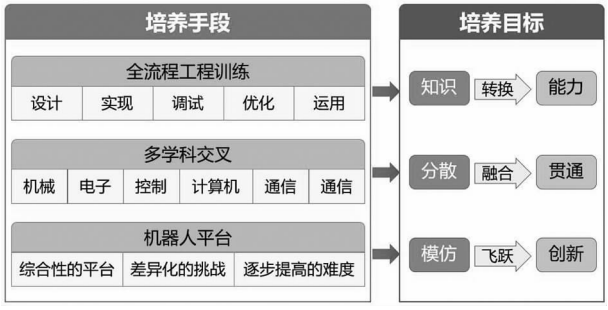

图 4　培养手段与目标

三、保障实践教学体系实施的措施

（一）教学设备保障

在机器人实践平台的建设上，指导团队摆脱了只为单一实践项目服务的局限性，站在了更高更系统全面的角度，按照体系化、模块化的思路，自研定制了一系列机器人平台及配套实验系统，这些设备“同芯”设计，复杂度与难度各异，通过合理设计实践体系，达到逐级进阶培养学生工程实践能力的目标[7-8]。

在体系建设上，按照“虚拟与实际结合、技术与战术结合”的思路，建设了机器人设备群及应用环境，如图 5 所示。考虑无人系统在未来作战中的应用，设计制作了战场沙盘模型、高精度局部定位系统，可以满足多机多人在模拟战场环境中的对抗演练。开发了三维虚拟对抗平台，可进行无人系统虚拟对抗作战；也可将空地无人平台实物、三维虚拟对抗平台和局部定位系统结合，完成虚实结合的对抗演练[9]。通过体系环境构建，学生既可以深入学习并实践机器人技术，又可以探讨未来无人作战的应用技术战术，为培养复合新型军事人才奠定了基础。

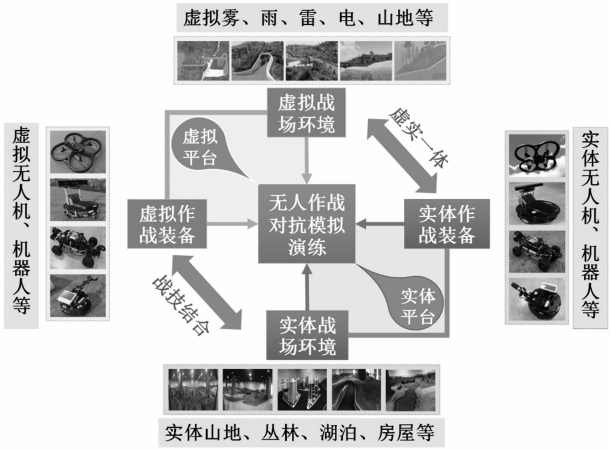

图 5　虚实结合实践环境

（二）指导与组织方式

以团队和特定老师构成的双重指导架构，指导整个综合设计的实施过程。学生以小组为单位参加实践，每个小组有具体指导老师负责，同时受团队导师组管理。对于多个小组的共性问题，可以由团队导师组指导；对于每个小组的特定性问题，主要由小组的指导老师负责解答和处理。探索运用合作学习的教学模式，通过组间竞争组内合作的方式，引入竞争机制，激发组内学生的责任感和团结协作精神。指导教员努力做到既把好技术关，避免不必要的时间、物质上的浪费，帮助学生在有限的实践学时内完成好综合实践项目，又充分鼓励和尊重学生的想法，支持学生的

探索精神。优化考核方式，采用过程性与终结性考核相结合的方式，覆盖项目实施全过程。每个综合实践项目设置5个阶段性考核任务与1个竞赛型/对抗性考核内容。以“信息系统综合实践项目”为例，包括方案设计（20分）、避障功能（10分）、远距离遥控（10分）、视频传输（10分）、人机交互（10分）以及综合竞速（40分），如图6所示。

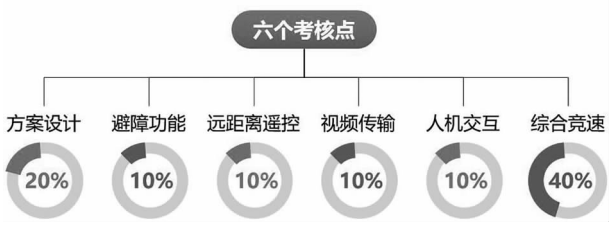

图6　“信息系统综合实践项目”考核方式

四、教学体系实施阶段性成效

（一）实践项目效果显著

自2019年第一次开课以来，3个二级项目已完成15个班次的实践教学，一级项目完成4个班次的实践教学。学生通过各个项目的逐步开展，实践典型机器人的“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，有效提升了创新实践能力和解决实际问题的能力。

（二）提升学科竞赛成绩

基于本综合实践项目群训练获得的能力提升，大批学生在各类学科竞赛中成为主力队员，并在比赛中获得了优异成绩。2019年以来，100余人次在国际级、国家级、省级学科竞赛中获奖。例如，获得UGVC国际无人系统创新挑战赛冠军2项；获得机器人世界杯冠军1次、季军1次。

五、结语

本文提出并构建了面向全流程工程训练的无人装备工程、无人系统工程专业综合实践教学体系。以实践教学为基石、团队合作为手段、对抗竞技为平台，以机器人的构思、设计、实现、调试、应用的全流程工程训练为主线，多维度地培养学生工程实践能力与创新思维，有效提高了人才培养质量。

参考文献：

[1]　陈伟，易芬云，吴世勇. 新工科人才培养的目标逻辑和过程逻辑[J]. 高教探索，2020(10)：42－48.

[2]　“新工科”建设复旦共识[J]. 高等工程教育研究，2017(1)：10－11.

[3]　姜晓坤，朱泓，李志义. 新工科人才培养新模式[J]. 高教发展与评估，2018，34(2)：17－24，103.

[4]　卢惠民，曾志文，吕云霄，等. 以机器人技术为主线构建强军新工科“无人”专业课程体系[C]//2019年全国自动化教育学术年会论文集，北京：清华大学，2019：201－204.

[5]　卢惠民，吕云霄，徐晓红，等. 以机器人为主线构建控制类专业教学体系[J]. 电气电子教学学报，2018，40(5)：31－34.

[6]　肖军浩，卢惠民，薛小波，等. 将机器人操作系统(ROS)引入本科实践教学[J]. 科技创新导报，2016(22)：157－158.

[7]　徐明，肖军浩，李治斌，等. 面向自动化专业的移动机器人综合实验平台[C]//2017年全国自动化教育学术年会论文集，北京：清华大学，2017：316－319.

[8]　徐明，曾志文，肖军浩，等. 面向新工科的“嵌入式控制系统设计”程序架构案例教学探索[C]//2019年全国自动化教育学术年会论文集，北京：清华大学，2019：158－161.

[9]　徐晓红，郑志强，卢惠民. 构建机器人技术创新实践基地的探索与实践[J]. 实验室研究与探索，2015，34(3)：185－189.

（责任编辑：邢云燕）