面向具身智能产业的项目制跨学科人才培养路径

——平台支撑与项目制育人

陶 永[1]，薛 蛟[2]，万嘉昊[1]，高 赫[2]，蔡月日[1]，王 巍[1]，魏洪兴[1]

（1. 北京航空航天大学机械工程及自动化学院，北京 100191；2. 北京航空航天大学航空发动机研究院，北京 100191）

摘要：针对当前人才供给侧与产业需求侧在技术实践与跨学科协作上的结构性资源配置偏差，基于具身智能机器人与嵌入式系统技术底座，引入项目制人才培养理念，构建平台支撑、项目驱动、流程保障三位一体的跨学科人才培养路径。通过搭建硬件、软件、资源一体化工程实践环境，设计符合能力进阶规律的分层项目体系，并实施全培养周期贯通式管理与产学研成果多元化评价。探索出一条提升工程实践能力、跨界协作能力与创新能力的科技人才培养新路径，为具身智能及相关高端制造产业输送具备系统思维的复合型创新人才。

关键词：具身智能；嵌入式系统；产业需求；人才培养路径；产教融合

中图分类号：G642.0；TP242.6 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)11－0188－10

在新一轮科技革命和产业变革的驱动下，具身智能与嵌入式系统已成为智能机器人、工业自动化、服务机器人等领域的核心技术支撑，其硬件、软件、感知、交互的多维度融合特性，对人才的跨学科综合能力提出了前所未有的要求[1-5]。然而，当前产业所需的工程人才培养模式仍存在结构性局限。一方面，重理论、轻实践的惯性思维导致人才培养环节与产业需求脱节，尤其在具身智能机器人的感知、决策、执行闭环开发中，当前的知识传授与技能训练普遍缺乏与产业紧密结合的系统级实践环节；另一方面，具身智能产业的多学科交叉属性形成了较高的知识壁垒，导致基础知识碎片化，如计算机专业侧重算法设计却忽视硬件适配、电子信息专业专注电路开发却缺乏软件协同、机械专业聚焦结构设计却脱离智能控制，这种单一学科导向与具身智能技术多学科交叉融合的本质需求相悖。在此背景下，以具身认知为核心，整合视觉/触觉传感、自主决策算法、运动执行机构的具身智能机器人技术，以及以 STM32（微控制器）、FPGA（可编程逻辑）为硬件核心，搭配嵌入式 Linux/ROS 操作系统的嵌入式系统平台的发展，为跨学科工程实践提供了理想技术载体，为摆脱产业人才培养供给侧困境奠定了基础[6-10]。

基于这一技术基础，探索适配具身智能与嵌入式系统发展需求的跨学科产业人才培育模式，其核心价值不仅在于弥补传统培养路径知识体系分散化的短板，更在于精准衔接产业发展需求方向与人才培养成果供给。首先，对人才个体发展而言，该模式以具体产业项目实践为纽带，引导学生在具身智能机器人开发中主动整合嵌入式编程、机器视觉、运动控制等多学科知识，不仅能强化理论应用能力，更能系统培养工程实践能力、跨学科协作能力及创新能力。其次，对培养体系而言，传统人才培养模式以知识传授为核心，课程体系按学科分割、实验环节以验证性操作为主，难以实现能力培养的核心目标，而该模式通过搭建跨学科实践平台、设计分层项目体系，能推动产业人才培养体系从“学科导向”向“能力导向”转型。最后，对产业发展而言，具身智能与嵌入式系统领域的技术落地亟须大量具备系统思维与实战能力的复合型人才，该

收稿日期：2026-02-04

作者简介：陶永（1979—），男，河北新乐人，博士，副教授，研究方向为智能机器人控制与集成应用、嵌入式机电一体化控制、航空智能制造等；薛蛟（1995—），男，山西忻州人，博士研究生，研究方向为智能机器人控制；万嘉昊（1999—），男，山东青岛人，博士研究生，研究方向为协作机器人控制；高赫（1997—），男，山东滕州人，博士研究生，研究方向为机器人灵巧操作；蔡月日（1983—），男，河北承德人，博士，副教授，研究方向为仿生机器人、医用机器人及特种机器人；王巍（1973—），男，黑龙江哈尔滨人，博士，教授，研究方向为机器人及精密机电系统设计和控制、机器人导航定位；魏洪兴（1974—），男，内蒙古呼和浩特人，博士，教授，研究方向为嵌入式机电控制技术与机器人模块化技术。

模式通过引入产业真实项目、模拟产业标准开发流程,可直接为行业输送“上任即胜任”的实战型人才,大幅减少企业岗前培训成本,为具身智能技术的规模化应用和产业蓬勃发展提供动力。

为将上述面向产业需求的多维度人才培养价值落到实处,避免模式停留在理论层面,围绕“具身智能机器人技术+嵌入式平台支撑+项目制驱动”的核心逻辑,构建从基础支撑到实施路径的完整体系。在基础支撑维度,分析具身智能产业软硬件配套设施,搭建硬件、软件、资源三位一体的跨学科实践平台,为产业结合与项目实施提供物质与信息支撑。在载体设计维度,结合产业发展现状,遵循认知规律与能力成长曲线设计分层递进项目体系,规避项目难度失衡导致的学习强度过大或创新能力发掘不足。在实施路径维度,利用具身智能产业创新趋势,构建覆盖项目全生命周期的三位一体教学流程,推动具身智能知识内化与能力迁移,确保项目制人才培养的高效有序推进。

1　产业需求与人才能力缺口分析

1.1　关键技术载体与人才能力要素

具身智能机器人是以具身认知理论为核心,整合环境感知、自主决策、物理交互3大功能的智能系统,其本质是将抽象理论转化为具象实践载体。具体而言,环境感知模块通过视觉相机、触觉传感器、激光雷达等设备获取外部信息;自主决策模块依托嵌入式算法实现数据处理与行为规划;物理交互模块通过电机驱动、机械结构完成动作执行。与传统机器人相比,具身智能机器人更强调身体与环境的动态交互。在工程实践场景中,具身智能机器人作为关键技术载体,能够将控制理论、人工智能、机械设计等抽象知识转化为可调试、可验证的实践内容,帮助产业人才建立系统思维[11-14]。

嵌入式系统平台是由硬件核心与软件体系构成的专用计算平台,是连接多学科知识的技术枢纽。硬件层面以单片机、FPGA为核心,搭配传感器接口、电机驱动模块、通信模块,负责数据采集与物理控制;软件层面包括嵌入式操作系统、驱动程序、应用算法,负责资源调度与功能实现。在工程人才培养中,嵌入式系统平台可帮助学生理解软件算法如何依赖硬件运行、硬件设计如何适配功能需求,打破学科知识的碎片化局限,是构建技术贯通能力的基础[15-17]。

具身智能机器人与嵌入式系统平台均要求人才具备以下核心能力:①系统级思维。能够理解从底层硬件驱动到上层算法实现的完整技术链条。②跨学科整合能力。能够打破机械、电子、计算机、自动化等学科界限进行协同创新。③工程实践能力。能够在真实场景下完成从需求分析到系统交付的全过程。这些能力的培养并非单一学科的课堂教学所能实现,必须依托高度仿真的工程实践载体。面向具身智能产业需求,特此设计项目制人才培养新路径。

项目制育人模式是以真实问题或任务为驱动,通过项目目标确立、任务拆解、跨角色协作、成果验收与反思的闭环流程,实现理论应用、实践操作、协作创新能力协同提升的教学模式。其核心特征包括:①真实性。项目源于产业实际需求,而非虚构任务。②跨学科性。项目需整合多学科知识,单一学科无法独立完成。③自主性。学生作为项目主体,自主规划开发流程、解决技术问题,教师仅提供引导;④过程性。关注项目开发过程中的能力成长,而非仅以最终成果为评价标准。与传统案例式教学相比,项目制育人更强调完整项目周期的体验,与产业技能需求与发展方向的结合也更为紧密[18-20]。

1.2　传统人才培养模式的供给瓶颈

具身智能机器人与嵌入式系统平台本应成为工程实践的重要支撑,但传统模式未能发挥其价值,具有以下不足。

(1)理论与实践脱节,技术载体价值失效。传统实践环节以验证性操作为主,学生仅需按照手册完成固定步骤,无需深度思考知识的应用逻辑,导致具身智能机器人与嵌入式系统的理论具象化价值失效。例如,在相关技能训练中,实验任务多为按步骤配置STM32寄存器、编写LED(发光二极管)闪烁程序等单调操作,学生虽掌握了编程语法,却无法理解如何将嵌入式编程用于具身机器人的传感器数据处理;在机器人学课程中,学生学习了A*等路径规划算法,但实验仅要求在仿真软件中运行算法,无法在真实机器人硬件上实现功能落地。

(2)学科壁垒显著,技术枢纽作用割裂。传统人才培养体系按单一学科划分,嵌入式系统作为多学科枢纽的特性被拆分,导致人才无法形成系统思维。具体而言,计算机专业的嵌入式编程技能培养通常关注软件语法,不涉及硬件电路设计;电子专业的嵌入式硬件课程通常讲解电路原理,不涉及软件算法优化;机械专业的机器人结构课程通常聚焦机械设计,不涉及智能控制。专业技能分割式教

学,使学生无法理解嵌入式软件如何控制机器人运动、硬件电路如何适配传感器需求。在实验环节,计算机专业学生开发的机器人算法常因未考虑硬件算力限制而无法运行,电子专业学生设计的硬件电路常因未适配机器人运动需求而导致功能失效。传统模式下培育的学员往往难以具备全面的产业视角判断能力、技术需求分析能力与人才技能协作能力,学科壁垒严重阻碍了学生的具身智能机器人系统级开发能力培养。

(3)评价体系单一,能力培养目标背离。传统人才评价以理论考试成绩为核心,侧重考核学生对知识点的记忆,忽视对实践能力、协作能力、创新能力的评估,与项目制人才培养的能力导向目标背离,具体表现为评价内容片面、评价主体单一与评价过程固化等方面。考试题目多为理论填空、公式推导,极少涉及硬件调试技巧、软件优化方法等实践内容;仅由教师根据考试成绩评分,缺乏学生互评、企业导师评价等多元视角;评价过程固化,仅关注期末考核结果,不关注项目开发过程中的能力成长[21-22]。

1.3 基于项目制的跨学科协同培养路径

传统培养模式痛点的本质是知识传授型模式与具身智能机器人需系统实践的技术载体需求、复合型人才需跨学科能力的人才培养目标不匹配。而项目制人才培养凭借其真实性、跨学科性、自主性特征,成为破解上述痛点的关键路径。

(1)以项目驱动破解理论实践脱节。具身智能机器人项目制人才培养以机器人开发为核心任务,将理论知识转化为实际产业问题的解决工具。学生需在项目中应用嵌入式编程、机器视觉、运动控制等知识,通过编码、部署、调试、优化的迭代过程,深刻理解理论如何指导实践。通过“即学即用、即用即验”模式,可有效弥合理论与实践的鸿沟,发挥具身智能机器人与嵌入式系统的理论具象化价值。

(2)以跨学科协作破解学科壁垒。项目制人才培养要求学生组建跨专业团队,围绕来源于具身智能机器人产业的实际项目开展分工协作。计算机专业学生负责算法设计,电子专业学生负责硬件开发,机械工程专业学生负责结构优化,嵌入式系统作为“技术枢纽”,串联各学科知识。通过协同开发模式可帮助学生理解不同学科的技术逻辑,建立系统思维,充分发挥嵌入式系统的多学科衔接作用。

(3)以多元评价破解能力评估缺失。项目制人才培养采用“过程+成果”的多元评价体系。过程评价关注学生在项目中的协作效率、问题解决能力;成果评价关注机器人功能实现、创新点,评价主体包括教师、企业导师、学生同行。这种评价模式不仅覆盖理论知识,更重视实践能力、协作能力、创新能力的考核,与复合型人才培养目标高度契合,可有效引导学生从被动记知识转向主动练能力。

综上,依托具身智能机器人与嵌入式系统平台,引入项目制人才培养模式,是解决传统教学痛点、实现多学科交叉人才培养的必然选择,也为后续面向产业的创新人才培养模式构建奠定了基础。

2 培养路径与运行模式构建

为有效落实项目制跨学科人才培养,培养面向具身智能未来产业方向的核心人才,构建了一套系统化的创新教学与实验模式。该模式以跨学科实践平台为支撑、以分层递进项目体系为载体、以三位一体教学实施流程为路径,三者环环相扣,共同保障人才培养目标的实现。

2.1 跨学科工程实践平台支撑模式

工程实践平台是项目实施的物质基础。为打破传统实验室按学科划分的壁垒,围绕具身智能构建了集硬件、软件、资源于一体的开放式跨学科实践平台,为不同专业的学生提供统一的综合的实践环境。

构建了包括机器人整机、驱动、控制、传感等多层、多种、多类的硬件实验平台,如图1所示,包括实时嵌入式系统实验平台、基于嵌入式控制的 XY 电机驱动平台、三维双目视觉相机平台、激光雷达感知测试平台、TurtleBot 移动机器人实验平台、移动协作复合机器人实验平台、移动双臂人机交互实验平台、人形运动控制实验平台、四足越障测试实验平台等。可完成包括闭环控制、轨迹插补、平面运控、视觉感知、物体识别定位、SLAM(simultaneous localization and mapping,同步定位与建图)导航、移动操作、双臂协作、双足运控、四足运控等实验训练,涵盖包括机构、电子、控制、算法等多个学科,一系列机器人平台相互配合,共同支撑起从底层驱动开发、环境感知、智能决策到整机集成与应用的完整创新链条,使学生能够在一个真实、完整的环境中,完成从基础实验到产业前沿的全谱系项目实践。

同时,为打造一个低门槛、高效率的开发环境,搭建了基于 Keil、STM32CubeIDE、ROS 机器人操作系统、Isaac Sim 机器人仿真平台、PQArt 机器人工艺仿真平台等的软件开发栈。同时,平台提供丰富的封装核心算法库,包括 SLAM、路径规划、图像



(a) 嵌入式实验教具　　(b) 移动机器人实验教具



(c) 人形机器人实验教具

图 1　硬件实验平台

识别、运动控制等功能和多样的项目案例模板。学生无需从零开始编写并掌握所有代码,可直接调用算法库接口,或将案例模板作为起点进行二次开发。上述设计降低了非计算机专业学生的入门难度,使他们将精力集中于本专业知识与机器人技术的产业交叉融合点上,而非陷入复杂的编程细节,有效加速了项目进程。

最后,为发挥实践育人的综合成效,建立了资源共享平台,整合 3 大核心资源:院系内设备资源与教师资源,实现跨实验室的设备预约与使用,组建名师工作站提供师生交流平台;系统化的教学资源,包括课程讲义、软件教程、硬件手册、技术文档等;来自行业企业的真实项目案例与实习岗位。资源共享平台不仅是一个资料库,更是一个协作空间。学生可以在此获取知识、分享进度、讨论问题,教师可发布任务、跟踪指导,企业导师也可以参与其中。集成化管理打破了信息孤岛,实现了知识、设备和人才资源的全方位复用与增值,营造了开放、协同的创新生态。

2.2　能力进阶导向的分层项目体系

项目是人才培养的核心载体。遵循人才成长认知规律与工程能力进阶曲线,设计了由浅入深、由单一到综合的基础、综合、创新 3 层递进式项目体系,覆盖不同年级、不同能力水平学生的学习需求。

为具身智能机器人项目制实验班设计了从项目认知到应用实践 6 个阶段的培养体系规划,如图 2所示。项目认知阶段主要通过基于已有关节样品实现关节建模、控制和交互,了解各专业知识体系、与具身智能机器人的关联、各专业协作关系等;项目技能阶段主要完成具身智能机器人系统仿真,掌握机器人系统建模和仿真原理及工具;单元实践阶段完成竞技型人形机器人上下肢样机和控制;系统实践阶段完成竞技型人形机器人系统集成+参加人形机器人竞技赛,形成以赛促学的核心模式;进阶实践阶段面向场景实际需求,完成任务导向型人形机器人手部集成和系统优化;应用实践阶段完成任务导向型人形机器人整体系统测试,最终完成核心项目实践。

通过上述项目制人才培养体系设计,完成了单技能突破、多学科协同、真需求牵引的育人链条,为培育具身智能机器人领域拔尖创新人才与产业领军人才提供有力支撑。

2.3　项目运行与质量保障模式

为确保项目制教学的有效落地,设计了贯穿项目全生命周期的启动、执行、验收与反思三位一体教学实施流程,强调学生的主体地位与教师的引导作用。

在项目启动阶段,由教师或企业导师发布对学生而言具有一定挑战性的项目任务书,明确学习目标、任务边界、评价要求与可用资源。随后,学生根据项目需求和个人兴趣,自主组建跨学科小组。小组内部按任务需要进行学习型角色分工,如结构与

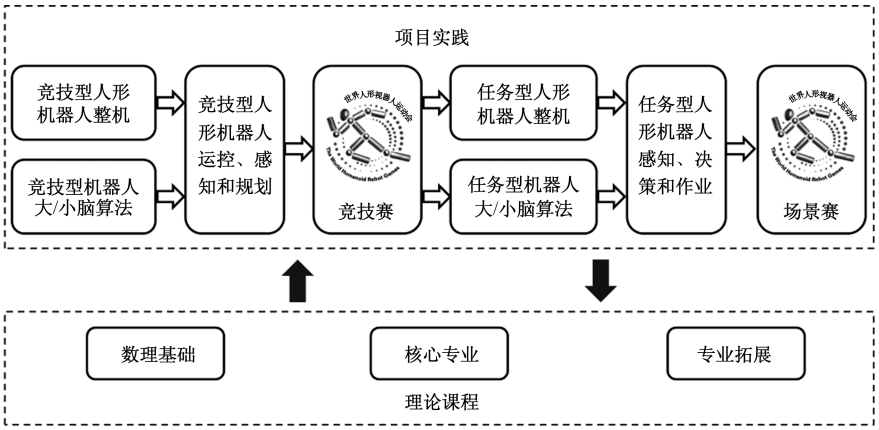


图 2　具身智能机器人项目制分层递进实践规划

装配、嵌入式接口、控制与算法、测试与文档等，并鼓励在阶段性任务之间进行岗位轮换，以促进学生形成整体理解。教师通过目标、任务、产出物 3 个评价维度对齐与学习诊断，帮助学生建立时间规划与责任意识。

在项目执行阶段，学生团队围绕任务书开展资料查阅、方案设计、动手开发、系统调试与迭代优化。教师的角色从知识讲授者转变为学习促进者与过程指导者，通过问题引导、阶段检查与及时反馈，帮助学生把握关键概念、厘清技术路径并形成可复现的实验记录。同时，课程设置周例会与阶段汇报，组织组间交流思路、共享资源与互相借鉴。图 3 为项目现场实践与例会示例。

为使跨学科协作既能够“各司其职”又可以“通力合作”，课程在组间协作上设置了可操作的教学安排。①“接口交接单＋共同规范”模式，由教师提供统一模板，要求各组在阶段节点提交接口说明，包含输入/输出、数据格式、参数含义、测试方式等，并进行现场讲解与答疑；②“组间结对联调”互动，在课程中期研讨与冲刺阶段，安排跨组结对调试与互助排错，教师重点评价协作中的沟通方式与问题拆解方法；③“互评与共评”机制，组间互评重点围绕交付质量、沟通效率与协作态度，结果纳入协作维度评分；④“协作复盘”环节，每个阶段结束后提交简短协作反思，形成“问题-原因-改进”闭环。

在项目验收与反思阶段，采用多元综合评价体系，包括成果展示（如机器人功能现场演示）、项目报告与答辩（如阐述技术路线、创新点与心得体会），以及同行评审（学生间就项目的创新性、完成度、团队协作等进行互评），实现从技能掌握到思维锤炼、再到知识内化和能力迁移的升华，最终达成知行合一的教学目标。

3　实施成效与产业适配验证

3.1　实践背景

针对 2023—2025 年秋季学期开设的两门项目制课程开展具体实践，并对课程教学过程与学习成效进行记录。实验组来自两门实施平台支撑的项目制教学课程：其一为“实时嵌入式系统设计”，覆盖 2023 年与 2024 年秋季学期两个课程班级；其二为 2025 年秋季学期新开设的“具身智能机器人项目制实践”，面向 2024 级与 2025 级各开设一个课程班级。两门课程均以嵌入式系统与机器人平台为支撑，采用任务驱动、阶段检查、成果展示与反思改进的组织流程，并使用同一套多维评价指标体系。基于此，将前期嵌入式课程的项目制数据纳入统计，用于检验培养路径在不同项目载体下的稳定性。对照组数据来自同一时期同专业相关课程中采用常规讲授与基础实验组织方式的班级数据，形成可比样本。

为具体说明项目组织与跨学科协作方式，以北京航空航天大学机械工程及自动化学 2024 级学生“具身智能机器人项目制实践”课程教学培养为例进行详述。该课程分为实验组和对照组，实验组由具身智能机器人项目制 25 人构成，采用本文的研究模式；对照组由机器人工程 27 人构成，采用传统教学模式。实践周期设置为 1 学期，即 16 周，实验组依托一体化平台开展人形机器人竞赛项目。依据产业研发流程与学生的专业领域特长，划分出机器人工程组、人工智能组、自动化组 3 个专项小组，如图 4 所示。机器人工程组的学生擅长机器人结构设计与底层测控，聚焦基于动力学的机器人设计优化和底层测控核心能力，承担本体研制及测控任务，具体开展关节和部件的设计、驱动与传感工作；人工智能组的学生擅长算法研发与智能决策，负责感



(a) 例会



(b) 项目现场实践

图 3　项目现场实践与例会

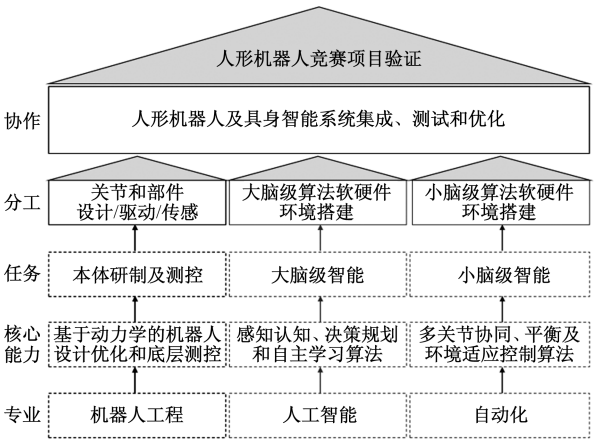


图 4　人形机器人竞赛项目专业分组协作实施架构

知认知、决策规划和自主学习算法相关内容,推进大脑级算法智能开发任务;自动化组的学生擅长系统控制与协同调试,主攻多关节协同、平衡及环境适应控制算法,落实小脑级控制智能落地任务。各专项小组基于自身专业擅长领域推进对应模块工作,同时通过跨组协作衔接各环节,逐步完成人形机器人及具身智能系统的集成、测试与优化,最终依托一体化平台的硬件、软件及资源支撑,实现该人形机器人竞赛项目的实践验证。

3.2　评价指标与数据来源

为系统评估基于具身智能与嵌入式平台的项目制跨学科人才培养模式的实施成效,构建了涵盖知识整合、创新产出、团队协作与发展潜能的多维度综合评价体系,并确立了多元数据采集方法,以确保评估的科学性与客观性。

在指标量化方面,采用五维综合评价框架,并以加权方式形成综合得分 S。

$$S=0.20K+0.40P+0.20C+0.15I+0.05R \quad (1)$$

式中:K 为理论考试成绩,采用统一命题与统一评分;P 为实践操作评分,以阶段成果与最终演示为依据,主要从功能实现效果、工程规范情况、文档与展示等方面综合评定;C 为跨学科协作能力评分,同时关注组内分工与组间协作,重点考查任务衔接、沟通效率、协同排错与复盘改进,并引入组间互评作为佐证;I 为创新成果评分,综合课程内方案创新与质量,以及竞赛、作品展示、专利与论文等外部成果证据;R 为过程素养与反思评分,依据过程记录完整性、问题迭代闭环与反思深度评分。各维度均换算为 0～100 分,评分遵循证据支撑与分层量表相结合原则,评价主体由跨学科导师组、企业导师与学生互评共同构成。

数据采集采用三角互证法,结合量化与质性资料。量化数据源包括学生课程成绩单、项目各阶段评分表(由跨学科导师组与企业导师共同评定)、技术考核测试成绩、学科竞赛获奖证书、专利或论文录用通

知等;质性数据源包括学生提交的项目全过程文档(包含需求分析、设计方案、测试报告、最终总结等)、个人和小组反思日志、针对学生和教师及企业导师的半结构化访谈转录文本、项目答辩全程录像等;过程性观察数据包括研究团队对项目小组例会、中期检查、调试测试等关键环节的参与式观察记录等。

3.3 实施成效验证

为检验结论的稳定性,以“具身智能机器人项目制实践”为核心案例,同时纳入“实时嵌入式系统设计”项目制班级数据,在同一评价框架下进行对比统计。表1给出了近3个学年多班级样本的对比结果,分数采用“均值±标准差”的形式表示。在理论知识层面,实验组 K 值整体高于对照组,但提升幅度相对小于实践与协作指标,表明常规授课已能够形成较为扎实的理论基础;在此基础上,项目制教学通过任务牵引与阶段性验证,使学生对关键概念与原理的掌握进一步巩固并获得稳步提升。对比两门课程可见,具身智能课程班级的 K 值略低于实时嵌入式课程班级,这与具身智能理论体系更为庞杂、知识跨度更大、课程难度更高相一致,属合理现象。

在工程实践与协作表现层面,实验组 P 与 C 指标明显高于对照组,且差距显著大于 K 指标差距,说明项目制教学更能促进知识迁移与工程能力形成,并有效提升组间沟通、任务衔接与共同解决问题能力。综合得分 S 由此呈现更为积极的评价结果,体现出较为清晰的实验效果。

从离散程度看,实验组各指标的标准差整体小于对照组,说明项目制班级中学生对知识与技能的掌握更为均衡,两极分化现象得到一定缓解。这一结果与课程组织方式相关:项目制教学将学习任务嵌入持续迭代的真实任务链条中,通过阶段检查、过程反馈与同伴协作,使基础薄弱学生获得更高频的支持与纠偏机会,同时促使基础较好的学生在系统集成与协作推进中承担更明确的责任,从而提升整体水平并缩小差异。

实证研究显示,在学生反馈方面,平均95% 的实验组学生认为该模式提升了实践能力和跨学科思维,88% 的学生表示对专业学习的兴趣显著提高;在外部评价方面,参与教学的指导教师均对实验组学生的工程实现能力、技术领悟力和团队协作精神给予高度肯定。基于上述对比结果,可以发现常规授课在理论知识体系梳理方面具有较强基础,但项目制教学不仅进一步增强学生对理论知识的理解与掌握,而且在工程实践与协作能力方面带来更为显著的增量,最终形成更积极的综合评价表现,更符合具身智能产业导向的人才培养目标。

在创新成果方面,实验组在2025世界人形机器人运动会场景赛拆药分装组获得季军,在2025国际人形机器人技能大赛张江启动赛应用场景挑战赛取得张江纪录第3名。图5展示了典型比赛场景与任务要求。此类场景任务对系统的稳定性、任务链条完整性与组间协同效率要求较高,与课程中后期的系统集成、联调优化和场景验证环节高度一致。依托平台支撑与阶段性检查机制,学生能够在模块实现后快速进入系统联调,通过反复测试与迭代优化提升鲁棒性,并将课堂中的过程记录与测试证据转化为可追溯的工程改进依据,从而支撑竞赛场景下的稳定表现。另外,在同类机电课程的课程设计评价中,实验组课设优秀率达到100%,实验组学生在平台支撑下能够形成基本完善的设计文档、测试记录与迭代依据,作品完成度与工程规范性较高。

依托各类机电实践平台,实验组学生完成了多项具有代表性的课程设计成果,如自主优化的主动同步 XY 运动平台、基于机电一体化 XY 平台与三指夹爪的智能下象棋机器人、基于实时嵌入式系统的打砖块游戏、机械臂辅助操作的轮式寻迹小车等,部分成果如图6所示。这些作品覆盖从底层驱动、传感与执行到算法与系统集成的完整链条,能够较好地体现平台支撑与项目制育人在工程实践、协作推进与创新产出方面的综合效应。

表1 近3个学年多班级样本对比结果

学期	组别	课程(教学模式)	学生人数	K	P	C	S
2023年秋	实验组	实时嵌入式系统设计(项目制)	28	85.0±2.4	86.5±2.3	84.2±2.5	85.5±2.0
	对照组	实时嵌入式系统设计(常规授课)	29	84.1±3.0	78.5±3.6	72.5±3.8	76.8±3.1
2024年秋	实验组	实时嵌入式系统设计(项目制)	30	85.6±2.2	87.2±2.1	85.0±2.4	86.2±1.9
	对照组	实时嵌入式系统设计(常规授课)	30	84.0±3.1	78.5±3.4	77.6±3.6	77.2±3.0
2025年秋	实验组	具身智能机器人项目制实践(项目制,大二班)	25	83.8±2.3	88.0±2.0	87.6±2.1	86.5±1.8
	对照组	具身智能机器人项目制实践(常规授课,大二班)	27	82.9±3.0	76.4±3.8	75.7±3.7	77.1±2.8
2025年秋	实验组	具身智能机器人项目制实践(项目制,大一班)	24	83.2±2.5	88.5±1.9	86.0±2.3	86.0±1.7
	对照组	具身智能机器人项目制实践(常规授课,大一班)	26	82.4±3.2	75.8±4.0	74.9±3.9	76.6±2.9

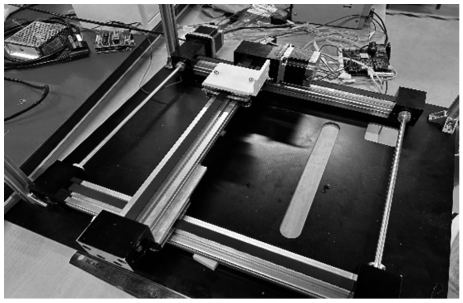


(a) 2025国际人形机器人技能大赛(张江启动赛)应用场景挑战赛比赛现场

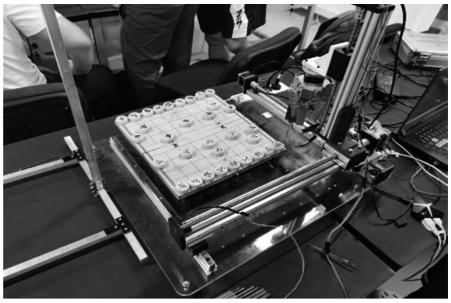


(b) 2025世界人形机器人运动会场景赛拆药分装比赛现场

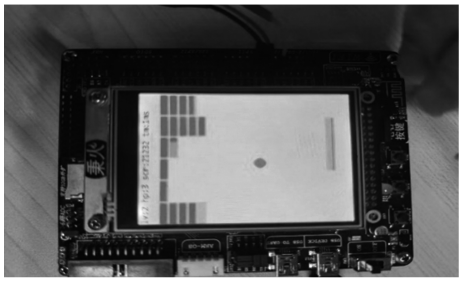
图 5　部分竞赛场景



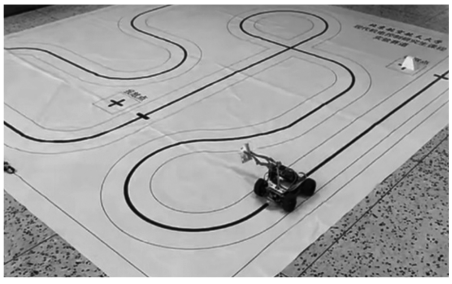
(a) XY平台



(b) 智能下象棋机器人



(c) 打砖块游戏



(d) 轮式寻迹小车

图 6　部分优秀课设内容

3.4　结果分析

基于上述实证数据,对该培养模式的运行效能与产业适配性分析如下。

(1)一体化平台为理论知识与产业实践的结合提供了高效载体,解决了传统人才培养模式中“学用脱节”问题。传统的理论授课与实验、课程设计等环节往往存在时空与内容上的分离,学生学习过程与产业实际存在隔阂,难以形成对复杂系统的整体认知。本文的模式所依托的具身智能与嵌入式一体化开发平台,为知识与技能的应用提供了高仿

真的物理实体和统一的开发环境。平台使学生能够“即学即用，即用即验”，在反复的编码、部署、调试、观察、改进迭代循环中，深刻理解理论参数如何影响实体行为，从而有效弥合了理论认知与工程实践之间的鸿沟，显著提升了知识转化的效率和对产业理解的深度。

(2)产业项目的真实性与多学科属性，促进学生主动整合不同专业知识，提升协作与创新能力。项目制的核心是面向真实产业需求的跨学科项目，其真实性与复杂性，决定了任何单一学科的知识都无法独立解决问题，从而形成一种“倒逼”机制。来源于产业需求的项目任务，其真实性赋予了学生学习实践强烈的目标感和内驱力；而多学科交叉特性，则迫使角色各异的学生必须建立共同的技术语言，通过协作将分散的知识模块整合为一个有机运行的智能系统，培养了学生解决开放复杂工程问题的综合素养。

(3)阶梯式项目设计符合人才成长规律，实现了能力的循序渐进。为避免学生在复杂项目面前无从下手，采用了基础认知、模块深化、系统集成、创新拓展的阶梯式项目设计。每一阶段都为下一阶段奠定必要基础，并将挑战控制在学生的“最近发展区”内，既避免了初期因难度过高而产生的挫败感，又保证了后期有足够的深度和空间激发顶尖学生的创新潜能。问卷调查显示，超过85%的学生认为项目难度递进合理，始终保持了较高的挑战欲和完成信心。

4 结论

针对具身智能与嵌入式系统产业对跨学科复合型人才的迫切需求，面向具身智能、机器人与嵌入式系统的多学科融合特性，开展了平台支撑、项目驱动、流程保障三位一体的跨学科工程人才培养路径创新研究和探索。通过搭建硬件、软件、资源一体化跨学科实践平台，设计基础、综合、创新分层递进的项目体系，实施启动、执行、验收与反思三位一体教学流程，遵循过程与成果多元评价体系，进行项目制跨学科人才培养模式创新探索。实践验证表明，该人才培养模式显著提升了学生的工程实践能力、跨界协作能力与创新素养，实现了人才培养与产业需求的精准对接，为多学科交叉人才培养提供了可复制推广的实践路径。

未来将进一步深化产学研用协同机制，引入更多企业前沿课题与真实场景，优化平台的智能化水平，并将该模式推广至更多新工科领域，为发展新质生产力提供强有力的人才支撑。

参考文献

[1] 王建虎，王静，万亚玲. 具身智能赋能教育的内涵、框架与研究路向[J]. 电化教育研究，2025，46(11)：18-24.

[2] 刘敏，王耀南，张辉，等. 新工科背景下机器人工程人才培养体系的建设：以湖南大学机器人工程专业为例[J]. 教育教学论坛，2024(4)：1-4.

[3] 王竹立，关向东，罗霖. 数智融合课程：“人工智能＋课程”教改新方向[J]. 开放教育研究，2025，31(1)：34-41.

[4] 朱秘，廖宁生，彭波，等. 聚焦学科交叉融合的“人工智能＋X”时代创新人才培养模式探索[J]. 计算机教育，2024(9)：5-10.

[5] 何超. 人工智能时代高校实验室人才培养模式的创新与构建[J]. 人才资源开发，2025(4)：31-34.

[6] 魏斌，王自豪，王萍，等. 视触融合传感技术发展现状及应用[J]. 河北科技大学学报，2024，45(6)：644-652.

[7] 孔晶，杨媛，廖倩，等. 国内外基础教育领域跨学科学习实践研究：基于系统性文献综述法[J]. 现代教育技术，2024，34(6)：63-70.

[8] 李双寿，张晓晖，胡庆夕，等. 面向新工科的工程实践与创新能力竞赛平台构建[J]. 实验技术与管理，2023，40(1)：185-190，202.

[9] 林恬在. 从人工智能到跨学科教育：北师香港浸会大学高质量课程改革的探索[J]. 教育国际交流，2025(5)：58-61.

[10] 张立华，程嘉瑜，李晨溪. 基于学科竞赛＋科研项目融合的大学生实践创新能力提效策略研究[J]. 中国管理信息化，2024，27(21)：180-186.

[11] SUN F，CHEN R，JI T，et al. A comprehensive survey on embodied intelligence：advancements，challenges，and future perspectives[J]. CAAI Artificial Intelligence Research，2024，3：9150042.

[12] 刘永奎，王芊骥，朱子璐，等. 具身智能工业机器人：体系架构、关键技术与案例研究[J]. 计算机集成制造系统，2025，31(12)：4513-4541.

[13] 陶永，万嘉昊，王田苗，等. 构建具身智能新范式：人形机器人技术现状及发展趋势综述[J]. 机械工程学报，2025，61(15)：121-147.

[14] 范玫杉，刘嘉，马伟佳. 协作机器人技术与产业分析[J]. 科技和产业，2024，24(11)：282-288.

[15] LEE S，LEE K. Smart teachers in smart schools in a smart city：teachers as adaptive agents of educational technology reforms[J]. Learning，Media and Technology，2024，49(3)：456-477.

[16] XU L. Application of real-time embedded control system in automatic instrument[J]. China CIO News，2024(10)：20-23.

[17] ZHOU X，ZHOU J. Application of Embedded technology in automatic measurement and monitoring system of chemical industry[J]. Chemical Engineering，2024，52(9)：111-112.

[18] 郝梦羽. 项目制管理：解锁学校高质量发展新密码[J].

当代教育家，2025(19)：28-29.
[19] 靳渊博. CDIO理念在高校实践育人“项目制课程”构建中的创新探赜[J]. 才智，2025(28)：113-116.
[20] SHENBAGAVALLI D. Interdisciplinary learning and project-based education [J]. International Journal of Emerging Knowledge Studies，2025，4(2)：89-95.
[21] 王建，陆颖. 产教融合合作对象能力评估及耦合点选取机制[J]. 科技和产业，2025，25(10)：290-295.
[22] 李莉莉，焦江丽. 具身认知理念下教育教学改革的可能与限度[J]. 当代教育科学，2022(8)：39-46.

Project-based Interdisciplinary Talent Training Path for Embodied Intelligence Industry: Platform Support and Project-based Talent Cultivation

TAO Yong[1], XUE Jiao[2], WAN Jiahao[1], GAO He[2], CAI Yueri[1], WANG Wei[1], WEI Hongxing[1]
(1. School of Mechanical Engineering and Automation, Beihang University, Beijing 100191, China;
2. Research Institute of Aero Engine, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: Currently, structural resource allocation imbalance exists between the talent supply side and industrial demand side in technical practice and interdisciplinary collaboration. Based on the technical foundation of embodied intelligent robots and embedded systems, the concept of project-based talent training was introduced, and a trinity interdisciplinary talent training path featuring platform support, project-driven mechanism and process guarantee was constructed. An integrated engineering practice environment of hardware, software and resources was built, a hierarchical project system conforming to the law of ability advancement was designed, and the whole-cycle management and diversified evaluation of industry-university-research achievements were implemented. A new path is explored to train scientific and technological talents with enhanced engineering practice, cross-border collaboration, and innovation capabilities. Compound innovative talents are provided with systematic thinking for the embodied intelligence industry and related high-end manufacturing fields through this path.

Keywords: embodied intelligence; embedded systems; industrial demand; talent training path; industry-education integration