

四维融合视域下 AI 实训课程建设路径研究

熊宸, 李孟, 石伯栋, 莫善军, 彭卫文^{*}
中山大学智能工程学院, 广东 深圳 518107
DOI:10.61369/EIR.2026090012

摘 要： 人工智能技术深度嵌入工程教育场景，对高校实训课程的系统性、开放性与行业适配度提出更高要求。面向 AI 快速演进背景下学生工程转化能力不足、前沿案例吸收滞后、过程评价偏弱和自主探究支撑不足等问题，本文以人工智能基础与进阶实训课程建设为研究对象，结合 ROS 机器人、SLAM 导航、机器学习、深度学习、计算机视觉和竞赛任务等内容，构建“理论－实践－行业－自主”四维融合的课程建设思路。研究表明，应以全周期项目资源库为基础，以虚实结合平台为载体，以过程性评价和赛教融合为牵引，推动 AI 实训由技能训练转向工程能力、创新意识与终身学习能力协同培养。

关 键 词： 人工智能实训；课程建设；四维融合；赛教融合

Research on the Construction Path of AI Training Courses from the Perspective of Four-Dimensional Integration

Xiong Chen, Li Meng, Shi Bodong, Mo Shanjun, Peng Weiwen^{*}
School of Intelligent Systems Engineering, Sun Yat-sen University, Shenzhen, Guangdong 518107

Abstract： This paper examines an AI practical training course under engineering education reform. Focusing on insufficient engineering transfer, delayed renewal of frontier cases, weak process evaluation and limited support for autonomous inquiry in a rapidly evolving AI context, it proposes a four-dimensional framework integrating theory, practice, industry and autonomy. Project resources, virtual-real platforms, process assessment and competition-oriented learning are suggested to support engineering competence, innovation awareness and lifelong learning.

Keywords： AI practical training; course construction; four-dimensional integration; competition-oriented learning

引言

新一轮科技革命推动人工智能由单一算法研究走向产业系统应用，高校工科教育也由知识传授导向复杂工程问题解决能力培养。《教育强国建设规划纲要（2024－2035 年）》强调以教育数字化开辟发展新赛道，《普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案》也要求面向新技术、新产业优化人才培养结构^[1-2]。在此背景下，人工智能实训课程不宜停留在概念讲授、样例复现和报告提交的传统流程，而应成为学生理解算法机理、完成系统部署、分析工程故障并实施迭代优化的重要场域。

从课程建设实践看，《人工智能基础与进阶实训》已经形成较为清晰的跨学期教学链条：上学期围绕 ROS 系统、通信机制、开发工具、传感器、SLAM 建图定位和自主导航展开，下学期进一步延伸至机器学习、数据融合、自然语言处理、深度学习、目标检测、颜色识别、人脸与人体识别、物体追踪、图像分割和期末综合竞赛。课程同时配备 Scorpio、LIMO PRO、Spark、无人机、讯飞 U-CAR 等实践平台，并与多类机器人及人工智能竞赛形成衔接。因此，课程建设的核心问题不再是单个知识点或单项实验的增补，而是如何将既有资源转化为具有内在逻辑、实施规范和推广价值的实践教学体系。

进一步看，AI 实训课程处在知识更新、平台迭代和产业需求重构的交汇处，若仍以教材章节和固定实验为中心，学生容易形成对工具命令和代码模板的依赖，难以把算法选择、平台约束、数据质量和任务目标联系起来。

一、课程建设的现实基础

人工智能实训课程的现实基础首先体现在其内容体系的连续性。课程并非由若干分散实验拼接而成，而是以机器人系统为底

层支撑，以智能算法为上层能力，形成从系统工具到智能应用的递进链条。其中，ROS 基础、Linux 环境、节点通信和工具链训练为学生理解机器人系统提供工程入口；传感器驱动、OpenCV、激光雷达、RGB-D 相机和 SLAM 模块使学生进入“感知－定

基金项目：中山大学2026年教学质量工程项目（教务〔2026〕36号-357项）。

作者简介：熊宸（1989.11-），男，博士，副教授，博士生导师，中山大学智能工程学院教师，研究方向：智能驾驶、智驾场景、自主交通。

通讯作者：彭卫文（1987.10-），男，博士，副教授，博士生导师，中山大学智能工程学院教师，研究方向：统计学习、复杂工业系统可靠性建模与评估。

位-建图-导航”的闭环；机器学习、深度学习、NLP 和计算机视觉模块进一步把算法训练、模型部署与机器人任务连接起来。由此形成的纵向结构，有助于学生从程序运行层面的操作性学习，逐步转向系统解释、平台调试和工程集成层面的理解性学习。

课程建设还具备虚实结合的实践条件。Gazebo、rviz、roslab 等仿真和调试工具降低了学生反复试错的成本，实体小车和多类型智能平台则能够呈现真实环境中的传感器噪声、通信延迟、硬件差异和路径规划误差。虚拟仿真强调安全、可重复与低成本，实车验证强调复杂性、真实性与综合性，两者共同构成从原理验证到工程应用的实践梯度。这种结构既能避免纯理论教学的抽象化倾向，也能防止单纯硬件操作脱离算法原理。

此外，竞赛任务为课程提供了外部化的能力检验机制。课程对接中国机器人及人工智能大赛、中国高校智能机器人创意大赛、RAICOM、全国大学生智能汽车竞赛等赛事，具备从课堂任务延伸至高阶实践的条件。竞赛情境中的时间约束、团队协作和开放问题，能够促使学生综合调用系统配置、算法部署、模型调参和方案表达等能力，从而拓展课程评价与能力生成的边界。

现实基础还体现在课程团队已积累较完整的教学材料、项目案例和运行经验。已有讲义、实验指导、年度总结和竞赛训练内容为课程改革提供了可整理、可筛选、可迭代的原始资源。这些材料若进一步转化为分层任务、案例索引、故障库和评价量表，可以支撑教师协同备课、学生自主学习和课程持续改进。

二、课程建设面临的主要问题

尽管课程已具备较好的资源基础，但其建设仍面临若干内在张力。首先是理论知识与工程实践之间的耦合不足。数字中国建设和生成式人工智能治理要求共同表明，AI 融入教育不仅涉及教学方法更新，也涉及数据、平台与规范机制重构^[3-4]，但在具体教学过程中，学生往往能够掌握粒子滤波、目标检测或神经网络等基本概念，却难以解释算法在机器人平台上失效的原因，也缺乏系统调参和问题定位的能力。如果课程单元仍以知识章节为主要组织方式，实践环节就容易被处理为理论教学之后的验证活动，学生获得的是局部操作经验，而不是面向复杂系统的工程理解。

其次，教学内容与行业前沿之间存在持续更新的压力。人工智能技术迭代迅速，课程案例若长期停留在固定脚本和封闭实验，将难以及时回应 ROS2 迁移、大模型机器人交互、多机协同、BEV 感知和强化学习决策等新趋势。这并不意味着课程应简单追逐新概念，而是要在经典方法与前沿方向之间建立解释框架。GMapping、AMCL、Haar、HOG 等内容有助于学生理解技术谱系，YOLOv8、Transformer、LLM API 等内容则能够引导学生把握技术演进及其应用边界。

再次，课程评价与学习支架尚需进一步完善。传统评价偏重实验完成度和期末结果，难以呈现学生在需求分析、代码规范、技术文档、系统调试、团队协作和自主学习中的真实表现。AI 实训课程的核心价值并不在于完成标准答案，而在于学生能否在不

确定情境中持续识别问题、优化系统并解释结果。因此，评价体系需要从结果核验转向过程证据、项目表现和反思改进相结合。

与此同时，开放性任务需要稳定的教学支架。若缺少分层任务、案例索引、调试手册和可复现环境，学生容易在安装配置、依赖冲突和硬件异常中消耗大量时间，真正用于算法理解和方案创新的精力反而不足。课程建设应在教师引导与学生自主之间形成适当张力，使基础薄弱者能够完成核心任务，也使能力较强者优先获得持续拓展的空间。

上述问题的深层原因，在于 AI 实训课程具有显著的复合性和不确定性。它既不是单纯的软件编程课，也不是单纯的机器人操作课，而是算法模型、操作系统、传感器、通信机制、硬件平台和团队协作共同作用的综合学习场景。学生在其中遇到的困难往往并非来自单一知识缺口，而是来自多个环节之间的耦合失衡。课程改革需要从“教会某个实验”转向“支持学生理解问题生成机制”，使学生形成分析、验证和迭代的工程思维。

三、四维融合的建设路径

基于上述问题，人工智能实训课程可围绕“理论-实践-行业-自主”四维融合展开系统建设。其基本逻辑是以理论理解保证实践活动的解释力，以工程实践检验理论知识的适用性，以行业标准校准教学内容的现实指向，以自主探索提升学生面对未知问题的迁移能力。具体到教学单元设计，可先从工程问题出发，再引入必要理论，随后进入仿真或实车验证，最后通过问题复盘推动学生重新理解理论。例如，在 SLAM 模块中，可从机器人如何在未知环境中定位的任务情境切入，再讲解粒子滤波和图优化方法，继而组织学生在仿真与实车中调整参数，最后比较不同算法的适用条件。这一过程能够把抽象知识转化为可观察、可调试和可解释的工程活动。

在资源建设层面，课程应从材料堆积转向项目化组织。现有内容可整合为系统基础与工具、虚拟仿真与控制、智能感知与机器学习、交互与高级 AI 应用、自主决策与导航等项目资源群。每类资源均应包含任务情境、知识准备、环境配置、核心代码、调试提示、评价标准和拓展挑战，使教师能够稳定复用，也使生能够沿着由基础到进阶的路径开展学习。资源库建设的关键并不在于案例数量，而在于每个案例能否呈现从算法原理、工程部署到效果验证的闭环关系，从而为课程推广奠定基础。为避免资源库停留在资料汇编层面，还应按照“基础任务、综合任务、挑战任务”的梯度组织案例，以兼顾入门支持、跨模块集成和开放探索。

在平台组织层面，应根据学习阶段配置虚实结合的实践梯度。基础阶段可更多使用仿真环境降低门槛，进阶阶段逐步提高实体平台比例，使学生在真实误差和复杂约束中理解工程系统。对于硬件数量有限和学生水平差异较大的情况，可采用仿真预演、小组实车和结果复盘相结合的组织方式，形成多平台协同的实践矩阵。

在评价机制层面，课程应建立与四维融合相匹配的综合评价

体系。理论维度关注学生能否用算法原理解释工程现象，实践维度关注部署、调试和集成质量，行业维度关注代码规范、文档质量、版本管理和团队协作，自主维度关注开放问题分析、方案迭代和拓展学习。相应地，评价方式可由平时任务、代码审查、技术报告、阶段答辩、竞赛表现和学习反思共同构成，使评价从单一结果判断转向能力形成过程的证据链。在具体实施中，可将学习证据分为过程证据、结果证据和反思证据，分别记录调试日志、任务质量和改进依据，从而更准确地呈现 AI 实训中的能力生成过程。

赛教融合可作为课程持续改进的重要牵引，但竞赛不宜简单替代课堂教学。教师应将竞赛任务拆解为可教学、可评价、可反馈的阶段目标，如建图精度、导航成功率、目标识别稳定性、模型推理速度和人机交互可靠性。赛后则应将学生的失败案例、调参记录和优秀方案转化为下一轮教学资源，形成课程实践、竞赛验证、资源更新和教学改进之间的循环机制。

为了保障循环机制长期运行，还应建立课程数据与资源迭代制度。AI 实训中的环境配置失败、传感器数据异常、模型训练不收敛、实车导航偏航等问题具有重复性。教学团队可建立问题库和资源版本库，记录常见错误、解决路径、优秀报告、典型代码和硬件维护经验，并依据学生反馈与竞赛结果更新案例。由此，课程建设才能从内容开发转向持续性质量改进。同时，教师团队需要形成稳定的协作机制。AI 实训课程覆盖面广，单一教师难以长期承担平台维护、案例更新、竞赛指导和评价分析等全部工作。通过分工协作、周期研讨和资源共建，可以把个体经验转化为课程共同资产，减少课程运行对单一教师经验的依赖。在推广

应用层面，还应将课程资源拆解为可组合的模块单元，明确最低运行条件、推荐平台和替代方案，使改革成果具有共享价值和弹性适配空间。

四、结语

人工智能实训课程建设的关键，不在于单纯增加设备或追逐新算法，而在于将理论学习、工程实践、行业标准和自主探索组织为连续、可评价、可迭代的育人过程。基于现有课程材料和项目基础，构建“四维融合”教学模式、全周期项目资源库、虚实结合平台和过程性评价体系，有助于提升学生在机器人与人工智能场景中的系统理解、工程实践和创新迁移能力。从课程改革的角度看，该路径的价值在于把分散的技术模块转化为具有内在逻辑的能力培养体系，并通过竞赛验证与资源迭代形成持续改进机制。后续建设仍需在 ROS2 迁移、大模型与机器人融合、课程数据平台和跨学期项目延续等方面持续推进，并吸收 AI 支持项目式学习研究中的过程数据思维^[5]，从而推动 AI 实训课程由单门课程优化走向可复制、可推广的新工科实践教学范式。需要指出的是，本文提出的建设路径仍需在后续教学周期中结合学生学习数据、项目完成质量和竞赛表现持续检验。只有在实践反馈中不断修正资源结构、平台组织和评价标准，课程改革才能从方案设计走向稳定运行。就其适用边界而言，该路径更适合具有一定机器人或智能系统实践基础的课程场景；资源条件相对薄弱的院校，可先从仿真平台、轻量化案例和过程性评价工具切入，再逐步扩展到实体平台和竞赛项目。

参考文献

- [1] 中共中央，国务院. 教育强国建设规划纲要（2024–2035 年）[Z]. 2025.
- [2] 教育部等五部门. 普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案 [Z]. 2023.
- [3] 中共中央，国务院. 数字中国建设整体布局规划 [Z]. 2023.
- [4] 国家互联网信息办公室等七部门. 生成式人工智能服务管理暂行办法 [Z]. 2023.
- [5] Zheng C, Yuan K, Guo B, et al. Charting the future of AI in project-based learning[EB/OL]. 2024.