

基于 OBE 理念强化研究生科创能力培养 —以“先进控制技术专题”课程改革为例

何叶, 贺勇, 吴乐园, 伍万能, 李彬艳
长沙理工大学人工智能学院, 湖南 长沙 410014

DOI: 10.61369/ETR.2025260040

摘 要 : 针对工科研究生科创能力培养中“目标模糊、实践脱节、评价单一”的痛点, 本研究以成果导向教育(OBE)理念为引领, 构建了“三维四阶”进阶式教学模型。基于控制科学与工程学科特点, 以《先进控制技术专题》课程为实践载体, 从“目标-路径-评价”三维度系统重构教学体系。目标维度: 紧密对接学科前沿与产业需求, 反向设计并更新教学内容, 构建“基础-交叉-创新”阶梯式课程内容, 优化知识体系。路径维度: 以项目驱动为核心, 构建“情境导入-协同探究-工程实践-反思迭代”四阶递进式学习流程, 强化研究生自主探究与个性化创新能力培养。评价维度: 依托动态评价机制, 建立“过程量化-多元反馈-持续改进”的闭环管理体系。实证结果表明, 改革显著提升了培养成效, 学生发表高水平学术论文、创新创业项目立项、省部级以上学科竞赛获奖均显著增长, 其创新思维、工程实践与自主学习能力得到实质性增强。

关 键 词 : OBE 理念; 科创能力; 课程改革; 控制技术; 研究生教育

Strengthening the Cultivation of Postgraduate Scientific and Technological Innovation Abilities Based on the OBE Concept —A Case Study of the Curriculum Reform of “Special Topics on Advanced Control Technology”

He Ye, He Yong, Wu Leyuan, Wu Wanneng, Li Binyan

School of Artificial Intelligence, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410014

Abstract : Aiming at the pain points of "ambiguous goals, disconnection from practice, and unitary evaluation" in cultivating the scientific and technological innovation abilities of engineering postgraduates, this study, guided by the concept of Outcome-Based Education (OBE), constructs a progressive "three-dimensional and four-stage" teaching model. Based on the characteristics of the discipline of Control Science and Engineering, taking the course "Special Topics on Advanced Control Technology" as the practical carrier, the teaching system is systematically reconstructed from three dimensions: "goals, paths, and evaluation". In terms of goals, it closely aligns with the forefront of the discipline and industrial needs, reversely designs and updates teaching content, constructs a ladder curriculum framework of "foundation-interdisciplinarity-innovation", and optimizes the knowledge system. Regarding paths, with project-driven learning as the core, a four-stage progressive learning process of "scenario introduction-collaborative exploration-engineering practice-reflection iteration" is established to enhance postgraduates' independent inquiry and personalized innovation abilities. In the evaluation dimension, relying on a dynamic evaluation mechanism, a closed-loop management system of "process quantification-multiple feedbacks-continuous improvement" is built. Empirical results show that the reform has significantly improved cultivation effectiveness, with notable increases in postgraduates' publications of high-level academic papers, approvals of innovation and entrepreneurship projects, and awards in provincial-level and above subject competitions. Their innovative thinking, engineering practice, and self-directed learning abilities have been substantially enhanced.

Keywords : OBE concept; scientific and technological innovation abilities; curriculum reform; control technology; postgraduate education

引言

人才资源作为国家核心竞争力的战略支点，其培育质量直接关系民族复兴的历史进程。在创新驱动发展战略实施的关键节点，突破工业物联网架构、数字孪生系统等新一代智能制造技术壁垒，已成为重塑全球产业竞争格局的制胜关键，这也促使市场对工程人才的需求发生深刻变革^[1]。但在新工科领域，传统研究生培养模式存在“重知识传授、轻能力培养”的结构性矛盾，在控制科学与工程专业中体现得更为典型^[2-3]。该学科以解决复杂系统建模、分析与控制为核心目标，强调“理论－仿真－实践”闭环能力。然而，现行课程体系多聚焦经典控制理论传授，导致学生面对实际课题时，暴露出创新方案设计乏力、多学科工具融合能力不足等短板，难以满足新工科的人才培养要求。

成果导向教育（OBE）作为一种先进的教育理念，自20世纪80年代由 Spady 等学者提出后，历经全球教育实践检验，逐步构建起系统的理论框架与操作范式，并成为高等工程教育改革的重要路径^[4-6]。其核心逻辑体现为：以学生能力发展为基点反向设计培养体系——培养目标与毕业要求紧密围绕学生成长需求制定；教学内容基于对学生核心能力的预期进行重构；师资配置及资源保障以支撑学生目标达成成为评价标准；教学评价聚焦学习成效的实质提升；同时强调教育公平性，关注全体学生而非仅培养少数精英^[7-8]。在新时代背景下，基于 OBE 理念的人才培养体系如何主动对接科技革命与产业变革趋势，立足“四个面向”战略导向，通过深化教育改革破解人才培养瓶颈，以持续创新赋能人才核心竞争力培育，是当前亟需认真思考、研究和解决的问题。

一、先进控制技术专题教学改革的思考

《先进控制技术专题》是长沙理工大学控制科学与工程专业研究生的必修课程，现有课程在满足工业4.0时代对高素质工程人才的需求方面，主要存在三个关键不足^[9-10]：

（一）教学内容更新滞后，与前沿及产业需求脱节。

课程内容未能及时反映工业4.0背景下工业现场智能化、网络化的迅猛发展趋势，对学科前沿和产业需求响应不足。这使得学生难以有效应对真实工程场景中日益复杂的控制挑战，优化知识体系的需求迫切。

（二）教学模式固化，实践创新能力培养薄弱。

教学方式仍以教师单向知识灌输为主导，缺乏以“项目驱动”为核心、以真实问题为导向的“自主探究”式学习环节。学生被动接受算法讲解，却缺乏将算法向实物系统部署迁移的关键训练。工程实践环节薄弱或缺失，导致学生难以体验完整的研发流程，团队合作以及协同创新能力得不到有效锤炼。

（三）评价体系单一，非技术能力与过程评估缺失。

现有的教学评价体系过度依赖理论考试和学术论文，未能科学、客观地衡量学生的核心能力，尤其忽视了“工程伦理”、“团队协作”等对于现代工程师至关重要的非技术能力评估。同时，缺乏对学习过程的量化跟踪和多元反馈，无法为持续改进提供有效依据，难以形成闭环管理的动态评价机制。

二、先进控制技术专题教学改革的实施

为有效解决上述痛点，本教学团队以成果导向教育（OBE）理念为根本指引，将培养契合控制科学与工程领域发展要求的高素质工程人才作为核心目标，系统性地构建了“三维四阶”进阶式教学模型，如图1所示，从“目标－路径－评价”这三个相互支撑、紧密耦合的关键维度进行深度教学改革，以期实现人才培

养质量的全面提升。

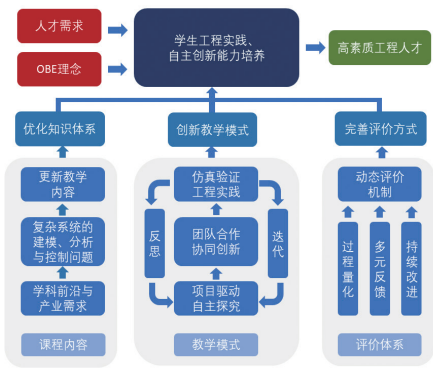


图1 OBE 理念下的先进控制技术教学体系框图

（一）对标学科前沿与产业需求，反向设计阶梯式课程内容

为改变教学内容滞后于工业现场的情况，教学团队反向设计“基础－交叉－创新”阶梯式课程内容，以产业需求与学科前沿为起点，进行需求深度调研，联合头部企业梳理工业4.0智能化场景中的核心问题，提炼共性技术需求，转化为课程模块，如表1所示。

表1 “基础－交叉－创新”阶梯式课程设计

产业痛点	学科前沿	课程内容模块
汽车焊装线多机器人协同精度不足	分布式预测控制、边缘计算	基础：多刚体动力学建模 + 李雅普诺夫稳定性分析 交叉：视觉－力觉混合伺服控制 创新：焊接机器人集群协同避障优化
风光储能微网频率波动大	鲁棒优化、联邦学习	基础：风光出力概率建模 + 储能 SOC 动态约束 交叉：基于一致性的 ADMM 分布式频率调节 创新：设计社区微电网“源－网－荷－储”联邦协同控制
港口自动驾驶引车集群调度冲突	多智能体强化学习、运筹学	基础：自动驾驶引车运动学模型 + Dijkstra/A* 算法 交叉：动态任务分配策略 创新：20 台 AGV 真实场景协同装卸系统

此方案将扭转课程内容滞后问题，使知识体系始终锚定工业4.0演进前沿。通过基础层课程内容，培养学生对复杂系统建模与分析的能力。交叉层课程主要训练“多技术融合”的设计思维。最后，通过创新层实现“从算法到产线”的技术闭环。

（二）以项目驱动为核心，强化研究性学习与个性化创新能力

1. 情境导入：锚定真实问题，激发探究动力
- 设计涵盖复杂系统控制痛点的项目情境，如多机器人协同避障控制，引导学生分析场景中的建模、分析与控制需求，明确项目需解决的核心工程问题，形成个性化研究目标。通过工业案例视频、现场工程师访谈等，唤醒学生对学科前沿与产业需求的认知。
2. 协同探究：团队协作攻坚，深化自主创新
- 按研究方向组建跨学科团队，设定技术负责人、仿真工程师、系统集成师等角色，明确协作流程。定期举行方案评审会，邀请企业导师参与，推动多视角优化（技术可行性、工程成本、伦理合规性）。
3. 工程实践：全链路闭环验证，强化能力迁移
- 从算法仿真验证到半实物仿真测试，最后到实物系统部署，实现虚实结合的开发流程。根据测试结果优化参数或重构算法，并引入动态扰动因素（如突发负载变化、通信中断），要求学生设计容错机制，锤炼复杂工程问题解决能力。
4. 反思迭代：元认知提升，推动持续创新
- 建立多维度复盘机制，从技术层面分析控制效果未达预期的根因，在协作层面通过团队互评反思沟通效率与决策合理性，并基于工程伦理角度讨论方案的社会影响。鼓励将优化后的算法申请软著/专利，或参加学科竞赛，实现创新价值外溢。
- 通过四阶递进流程，学生将完成从“算法跟随者”到“系统设计者”的角色转变，在解决复杂控制问题的过程中，深度锤炼自主探究能力、工程实现能力、协同创新素养，最终支撑高素质工程人才培养目标落地。
- （三）依托动态评价机制，建立闭环管理体系
- 建立全周期、多维度数据采集机制，将课程目标拆解为“技术能力”（如系统建模、算法部署、仿真验证）与“非技术能

力”（工程伦理、团队协作、创新思维）两大维度，设计可量化指标，构建四维立体评价机制，如表2所示。

表2多元反馈评价

评价主体	评价焦点	反馈形式与工具
教师团队	技术深度与工程规范性	阶段性项目评审表
企业导师	产业适配性与实践价值	工业场景模拟任务完成度反馈
学生互评	团队协作与领导力	匿名贡献度雷达图
学生自评	自主学习与反思能力	迭代式学习日志

根据上述多元反馈评价进行能力短板诊断。诊断结果若为技术能力不足，则触发“增强工业现场案例库”措施；若为协作能力不足，则启动“强化跨学科团队项目”方案。最终，结合两类改进措施调整下阶段教学目标，形成闭环反馈。整个过程通过持续的数据采集－诊断－干预－目标优化循环，实现教学体系的自我迭代。此闭环体系将评价从“终点裁判”转变为“过程导航员”，真正实现 OBE 理念下“评价即学习”的改革目标。

三、先进控制技术教学改革成果

经本次基于 OBE 理念的先进控制技术教学改革，近年来学生取得了多项相关的学习成果，产出高质量学术论文十余篇，并获得全国研究生电子设计竞赛、全国研究生人工智能创新大赛、全国研究生“双碳”创新与创意大赛等多项竞赛大奖。研究生主持实践创新与创业能力提升计划项目多项，展现了他们突出的科学研究能力和实践创新能力。

四、结束语

我校在实践教学中坚持 OBE 理念，以学生的工程实践能力及创新意识培养与学习成果密切结合为立足点，开展先进控制技术教学体系研究与优化，有效调动了学生学习的主动性和积极性，有利于培养学生的工程实践能力和创新意识，为社会培养高素质工程人才。

参考文献

[1] 中共中央, 国务院. 国家创新驱动发展战略纲要 [EB/OL]. (2016-05-19)[2025-06-19]. https://www.gov.cn/zhengce/2016-05/19/content_5074812.htm.

[2] 门洪, 石岩, 史冬琳, 等. 控制科学与工程专业硕士研究生质量提升策略研究 [J]. 科教文汇 (下旬刊), 2019, (21): 79-80.

[3] 平续斌, 刘鼎, 刘永奎. 基于科教融合的工科研究生科研能力培养探索——以控制科学与工程专业为例 [J]. 教育教学论坛, 2024, (38): 97-100.

[4] 吕帅, 朱泓, 赵磊. 基于成果导向理念的教育改革实践与探索——以英国邓迪大学为例 [J]. 重庆高教研究, 2017, 5(02): 101-106.

[5] 苏芃, 李曼丽. 基于 OBE 理念, 构建通识教育课程教学与评估体系——以清华大学为例 [J]. 高等工程教育研究, 2018, (02): 129-135.

[6] 齐书宇, 李国香. 《华盛顿协议》毕业生素质规定及其对地方高校工程人才培养的启示 [J]. 高校教育管理, 2018, 12(01): 48-53.

[7] 李志义. 解析工程教育专业认证的成果导向理念 [J]. 中国高等教育, 2014, (17): 7-10.

[8] 李志义. 成果导向的课程教学设计 [J]. 高教发展与评估, 2021, 37(03): 91-98+113.

[9] 庞爱平, 杨靖. 浅谈新工业时代控制科学与工程的新发展与基础教育 [J]. 科教文汇 (上旬刊), 2021, (04): 88-89+92.

[10] 王后能, 李自成, 田斌. 多元化研究生课程体系的构建与改革研究——以控制科学与工程学科为例 [J]. 高教学刊, 2022, 8(01): 128-131.