

面向新兴车辆系统动力学的研究生教育改革探索

沈钰杰, 杨晓峰, 杨红波

江苏大学 汽车工程研究院, 江苏 镇江 212013

DOI: 10.61369/SDME.2025220030

摘 要 : 随着汽车产业“电动化、智能化”的深度演进, 车辆系统动力学领域涌现出角模块、分布式驱动等前沿技术, 对高层次人才培养提出新要求。本文面向新兴车辆系统动力学, 以新工科建设为指引, 构建了以复杂工程问题为导向、多学科深度融合、产学研协同的研究生教育改革路径。通过深化 OBE 理念、推进产学研融合、突出学科交叉, 重塑课程体系、创新培养模式、依托平台资源, 旨在提升研究生解决复杂工程问题的能力, 培养契合产业需求的高层次工程科技人才, 为我国汽车产业抢占智能底盘技术制高点提供人才支撑, 并形成可推广的新工科培养范式。

关 键 词 : 新工科; 车辆系统动力学; 研究生教育; OBE; 产学研融合

Exploration of Graduate Education Reform for Emerging Vehicle System Dynamics

Shen Yujie, Yang Xiaofeng, Yang Hongbo

School of Automotive Engineering Research, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013

Abstract : With the profound advancement of "electrification and intelligence" in the automotive industry, cutting-edge technologies such as corner modules and distributed drive have emerged in the field of vehicle system dynamics, placing new demands on the cultivation of high-level talent. This paper, oriented towards emerging vehicle system dynamics and guided by the construction of Emerging Engineering Education, establishes a graduate education reform path focused on complex engineering problems, deeply integrated multidisciplinary approaches, and industry-academia-research collaboration. By deepening the Outcome-Based Education (OBE) concept, promoting industry-academia-research integration, and emphasizing interdisciplinary convergence, the reform reshapes the curriculum system, innovates training models, and leverages platform resources. It aims to enhance graduates' ability to solve complex engineering problems, cultivate high-level engineering and technological talent that meets industry needs, provide talent support for China's automotive industry to seize the high ground of intelligent chassis technology, and form a replicable model for Emerging Engineering Education.

Keywords : new engineering disciplines; vehicle system dynamics; postgraduate education; Outcome-Based Education(OBE); industry-university-research integration

引言

过去十年, 汽车产业“电动化、智能化”叠加演进, 使车辆系统的动力学边界被重塑。首先, 电动化带来“毫秒级”扭矩响应与可逆能量回收, 车辆垂-纵-横耦合效应显著放大, 对动力学模型的实时精度与执行器冗余设计提出更高要求; 智能驾驶要求车辆具备更精确、更鲁棒的动力学状态感知、预测与主动控制能力。车辆动力学研究已从传统的被动分析与简单控制, 转向主动、协同、预测性的复杂系统控制。

在这一进程中, 以轮毂/轮边电机驱动为核心的分布式驱动技术, 以及集成驱动、转向、制动、悬架等多功能于一体的角模块技术, 成为支撑技术跨越的关键抓手^[1]。这些技术赋予了车辆前所未有的自由度, 为实现极致操控性、主动安全性和驾驶舒适性提供了硬件基础, 但也带来了多执行器强耦合、非线性显著、失效模式复杂等车辆系统动力学领域的新挑战。角模块通过将制动、驱动、转向、悬架功能深度集成, 可独立控制四轮运动, 其机电-液-磁多场耦合动力学机理尚待深入; 分布式驱动则通过轮端/轮毂电机冗余布局, 实现转矩矢量与失效容错双重功能, 已成为未来底盘的发展方向^[2]。

与此同时, 国家“新工科”建设, 对车辆工程高层次人才培养提出“厚基础、强交叉、重创新、能落地”的持续要求。通过重塑课程体系、升级实践平台、打通学科壁垒, 全面提升研究生的原始创新能力与产业契合度, 培养具备深厚科学基础、卓越工程能力、创新思维和跨学科素养的高层次工程科技人才, 为我国汽车产业抢占下一代智能底盘技术制高点提供坚实的人才与智力支撑。

一、面向前沿技术的核心培养理念与模式

（一）深化 OBE 理念

OBE (Outcome-Based Education)^[9]聚焦复杂问题解决能力的产出导向,以成果导向教育(OBE)理念为基石,彻底重构培养过程。针对角模块与分布式驱动带来的多执行器冗余、非线性耦合及失效容错挑战,培养方案将课程单元、实验项目、企业课题等问题展开,以培养解决复杂车辆动力学创新能力为核心,搭建传授知识和培养能力的完备体系,教师导学和学生自主学习相结合。细化支撑解决上述复杂问题所需的具体能力维度,如复杂系统建模能力、先进控制算法设计能力、实时软件开发能力、HIL 验证能力、跨学科知识整合能力、系统思维与创新能力^[4]。

（二）深化产学研融合

引入资深企业技术专家作为共同导师或特聘讲师,全程参与研究生选题、过程指导、成果评价。企业导师负责提供产业视角、技术痛点、工程约束和行业标准。通过“需求导向、问题驱动、协同攻关”的闭环机制,实现高校科研成果与企业技术迭代同频共振,形成人才培养与产业升级的正向反馈^[9]。

（三）突出学科交叉融合

打破壁垒,重塑知识图谱,以“车辆+控制+通信+电气”四大学科为基座,构建“智能车辆系统科学”交叉学科平台,在课程层面开设跨学科模块,由车辆、控制、通信、电气教师协同授课;在项目层面:设立交叉创新项目,每年围绕一个产业真问题组建跨学科小组,依托学校企业科研平台,进行车辆半实物仿真,实现数据、模型、算法、硬件四维度互联,为学生提供“一站式”交叉创新环境。通过课程-项目-平台三维联动,培养具备综合系统思维的复合型创新人才,为下一代智能底盘技术的新发展奠定坚实基础。

二、结合江苏大学实际的改革路径探索

（一）前沿化与交叉化的课程体系重构

江苏大学立足车辆工程学科优势,紧扣汽车产业“电动化、智能化”转型需求,以“前沿引领、交叉融合、实践落地”为核心,从课程体系、培养模式、平台资源、实践保障四个维度,构建具有校本特色的研究生教育改革路径^[6,7]。聚焦新兴车辆系统动力学领域的技术发展,重构课程体系旨在深度融入前沿知识。在《车辆系统动力学》中增补角模块结构设计、分布式驱动架构建模与分析等前沿议题;《车辆控制理论》则重点强化多执行器协同优化、容错控制策略及智能控制算法等关键技术点,确保教学内容与行业尖端技术同步。

（二）以项目为核心的研究能力培养模式创新

为切实提升学生的研究素养与解决复杂工程问题能力,大力推行“研-学”一体化项目驱动模式^[8,9]。该模式有机衔接课程大作业、学期项目与学位论文选题,引导学生围绕角模块动力学、分布式驱动系统的核心问题展开深度探究。借鉴项目式教学理念,通过真实工程问题的引领,有效激发学习动力与自主探究能

力,促使学生在解决综合性问题过程中融汇多学科知识,锤炼团队协作与创新思维。

（三）依托江苏大学平台资源

江苏大学丰富的科研平台为研究生培养提供了坚实支撑。充分利用包括“混合动力车辆技术国家地方联合工程中心”、“江苏省道路运输装备与智能运控系统重点实验室”在内的校内优质资源,借助驾驶模拟器、轮毂电机试验台、HIL 测试系统等先进设备,为学生实践操作提供硬件保障。同时,积极对接校内车辆动态控制、新能源动力、智能网联汽车等优势科研团队的前沿项目,为学生参与高水平研究、强化理论联系实际创造有利条件^[10,11]。

（四）多元化实践平台与资源建设

为满足高阶实践需求,着力推进硬件与仿真平台的升级完善:(1)仿真环境建设:构建或优化面向分布式驱动、线控技术的专用仿真环境。(2)实验平台强化:加强硬件在环(HIL)、快速控制原型(RCP)等实验台架建设,使学生能在接近真实的场景下进行系统测试与验证。(3)校企协同深化:持续拓展与长三角汽车零部件企业、测试机构的合作深度,建立稳定的联合培养实践基地网络。依托这些基地,学生得以深度参与企业实际研发项目,及时把握行业动态与技术需求,显著提升实践与创新能力^[12,13]。这种合作模式有力促进了产学研深度融合,为区域汽车产业转型升级提供了强有力的人才支撑。

三、预期成效与保障措施

（一）预期成效

研究生在角模块多场耦合动力学建模、分布式驱动转矩矢量控制、多执行器失效重构等前沿领域的理论深度显著增强;基于跨学科项目训练和 OBE 闭环评价,其系统思维、创新能力和解决“卡脖子”技术问题的综合素养将全方位提升^[14]。人才培养与产业需求深度契合。依托“需求导向-问题驱动-协同攻关-成果回流”的产学研闭环机制,培养的研究生将精准匹配智能电动汽车产业对高端研发人才的核心能力要求,显著提升就业竞争力与产业贡献度。通过“前沿课程重构-项目式能力培养-深度产学研融合-多维度能力评价”的系统改革,形成一套以复杂工程问题为牵引、多学科深度交叉融合、产学研无缝协同为鲜明特色的研究生培养新模式。

（二）保障措施

(1)政策机制保障^[15]。学校层面出台专项政策,认可并奖励跨学科课程共建、企业导师实质性参与教学指导的工作量。建立“研-学”一体化项目的管理与质量认证体系,明确其学分替代和成果认定规则。(2)资源条件保障。持续投入建设与维护针对分布式驱动、线控技术的专用仿真环境和高阶硬件平台。设立“智能底盘前沿技术研究”和“跨学科创新项目”专项基金,保障复杂实验、企业课题攻关、学术交流等关键环节的运行经费。(3)质量监控与持续改进。建立改革过程的关键指标监测体系。定期收集研究生、校内导师、企业导师、合作单位对培养各环节的反

馈，结合产业技术发展趋势和毕业生追踪评价，形成年度改革评估报告。基于监测数据与反馈报告，动态调整课程内容、更新产业问题库、优化实践平台配置、完善评价标准，实现培养模式的螺旋式上升。

四、结论

（一）总结改革核心

本研究以电动化、智能化重塑车辆系统动力学为时代背景，以角模块深度集成动力学和分布式驱动智能控制等前沿技术为具体牵引，以 OBE 成果导向教育理念为根本遵循，构建了“前沿问题驱动、多学科深度交叉、产学研全链融合”的研究生培养核心模式。通过项目式贯穿、平台化支撑、多元化评价，系统性地重构了课程体系、强化了高阶工程实践、创新了能力评价机制。

（二）强调改革价值

本改革是江苏大学主动应对汽车技术深刻变革、深化落实国家新工科建设内涵要求的关键举措。其核心价值在于紧密服务区域汽车产业升级战略，通过培养具备解决复杂前沿工程问题能力的高层次创新人才，直接支撑区域车企及零部件企业抢占下一代智能底盘技术的全球制高点，实现教育链、人才链与产业链、创新链的深度协同。

（三）展望未来

未来将持续深化探索，拓展与国际顶尖高校及头部企业的合作维度，引入全球前沿议题；推动“智能车辆系统科学”交叉学科平台的实体化运作与资源整合；基于改革实践凝练理论成果，形成具有普适性的工程教育方法论。江苏大学致力于将此模式打造为培养引领未来汽车技术发展的高层次工程科技人才的标杆范式，为中国汽车产业由大到强提供坚实的智力与人才支撑。

参考文献

- [1] 罗禹贡, 陈辛波, 张农, 等. 分布式电驱车辆底盘控制关键技术研究综述 [J]. 中国公路学报, 2023, 36(01): 1-21.
- [2] 余卓平, 张农, 熊璐. 面向分布式驱动车辆的集成控制与失效重构技术综述 [J]. 中国公路学报, 2023, 36(9): 30-46.
- [3] 王辉, 李建秋, 张扬军. 新工科背景下车辆工程专业课程体系重构与实践 [J]. 高等工程教育研究, 2022(04): 132-137+144.
- [4] 陈虹, 徐向阳, 王云鹏. 新工科背景下车辆工程研究生校企协同培养模式研究 [J]. 高等工程教育研究, 2023(6): 109-115.
- [5] 李锋亮, 刘惠琴. 新工科产教融合培养卓越工程人才: 模式探索与路径创新 [J]. 清华大学教育研究, 2021, 42(05): 51-59.
- [6] 张涵, 张杰, 钱德猛, 等. 新工科及产教融合背景下新能源汽车工程专业课程体系建设 [J]. 科教文汇, 2025, (15).
- [7] 巨子琪, 郭雄雄, 陈永娥. 车辆工程专业人才培养途径的探究 [J]. 时代汽车, 2025, (01): 54-56.
- [8] 王翔, 何静, 赵强. 新工科背景下电气类专业学生创新创业能力培养模式研究 [J]. 才智, 2025, (22): 165-168.
- [9] 张颖, 冯桑, 刘延伟, 等. 面向车辆工程的基于 OBE-CDIO 融合理念的理論力学教学改革探索 [J]. 时代汽车, 2025, (07): 74-76.
- [10] 闫祥海, 吴依伟, 张静云, 等. 新工科智能车辆工程创新育人平台构建探索 [J]. 汽车知识, 2025, 25(08): 194-197.
- [11] 王靖岳, 李柏姝, 李美华. OBE 理念下轮式装甲车辆理论课程教学改革探索 [J]. 汽车实用技术, 2025, 50(08): 122-126.
- [12] 李小燕. 新能源汽车技术专业课程体系优化与人才培养质量提高的实践方法 [J]. 汽车维修与保养, 2025, (08): 90-92.
- [13] 徐肖. 校企合作视域下车辆工程专业实验实训体系建设研究 [J]. 汽车测试报告, 2025, (10): 97-99.
- [14] 黄仁凯, 黄林青, 杨友文, 等. 基于 OBE 理念的智能制造工程专业人才培养模式改革策略研究 [J]. 产业与科技论坛, 2025, 24(16): 152-154.
- [15] 侯伟, 赵东平, 曾立伟, 等. 新工科视域下应用型本科产教融合与创新发展路径研究 [J]. 科技风, 2025, (23): 122-124.