

控制工程基础的实践教育探索

陈浩 张韵 程广贵 张忠强

江苏大学机械工程学院

DOI:10.12238/er.v7i11.5598

摘要：控制工程作为自动化、机械、电子等领域的基础学科，实践能力的培养对于学生理解理论知识和解决实际问题至关重要。然而，传统教学模式中，实践环节往往不足，学生难以将理论知识与实际应用有效结合。为提升学生的实践能力，笔者围绕所在学院现有的多学科布局，探索了一系列以项目驱动、实验室实践、仿真模拟为主的教育方法。这些方法包括将实际工程项目引入课堂教学，通过软硬件结合的实验平台进行实时控制系统的开发与调试，并利用现代仿真软件让学生模拟真实控制系统的运行情况。通过这种实践教育模式，学生对控制工程基础理论的理解得到了深化，动手能力和问题解决能力显著提升。同时，学生在毕业设计和实际工程项目中表现出更强的应用能力和创新能力，教学效果显著改善。该探索为控制工程教育提供了有效的实践教学模式参考。

关键词：控制工程基础；实践教育；项目驱动；智能化

中图分类号：G64 **文献标识码：**A

Exploration of Practical Education in Control Engineering Fundamentals

Hao Chen, Yun Zhang, Guanggui Cheng, Zhongqiang Zhang

School of mechanical engineering, Jiangsu University

Abstract: Control engineering, as a fundamental discipline in the fields of automation, mechanical, and electronics, plays a critical role in cultivating students' practical skills, which are essential for understanding theoretical knowledge and solving real-world problems. However, traditional teaching models often lack sufficient practical components, making it difficult for students to effectively integrate theory with practical applications. To enhance students' practical abilities, the author has explored a series of education methods centered around project-based learning, laboratory practice, and simulation, leveraging the multidisciplinary framework of the school. These methods include incorporating real engineering projects into classroom teaching, developing and debugging real-time control systems through hardware-software integrated experimental platforms, and using modern simulation software to model the operation of real control systems. Through this practical education model, students have deepened their understanding of fundamental control engineering theories, significantly improved their hands-on and problem-solving skills, and demonstrated stronger application and innovation abilities in their final projects and real engineering tasks. The teaching outcomes have shown remarkable improvement, providing an effective reference for practical teaching models in control engineering education.

Keywords: Fundamentals of control engineering; Practical education; Project-based learning; Intelligentization

引言

现代大学教育的目的不仅是传授知识，更重要的是培养学生的综合能力，使其能够在未来的工作中解决实际问题、创新发展、并推动社会进步^[1]。作为现代工程学科的重要基础，控制工程广泛应用于自动化、机器人、航空航天、能源系统等多个领域。因此，进行控制工程基础的教育是为了使学生具备分析、设计和优化动态系统的能力，从而为未来参与复杂工程项目奠定基础^[2]。控制工程基础涉及系统的建模、

分析、设计和优化，是很多工程领域的核心技能。例如，自动化生产线的运行、无人驾驶技术的开发、电力系统的稳定控制等，都需要控制工程的知识。通过控制工程基础教育，学生能够掌握动态系统的行为，了解如何设计有效的控制策略，以确保系统在各种条件下的稳定运行。这些技能对于学生未来的职业发展至关重要，同时也符合大学教育培养解决实际问题的能力和创新能力的目标^[3]。尽管控制工程基础在本科阶段已经成为核心课程，但当前的教学模式仍存在一些

局限性：（1）理论与实践脱节：目前控制工程基础课程过于强调理论知识的传授，实践环节相对较少。学生虽然掌握了理论，但在实际应用时却缺乏动手能力和解决实际问题的经验。实践教育的不足导致学生在面对复杂的工程项目时感到无从下手；（2）教学方法传统：控制工程的授课方式多以讲授为主，缺乏互动和创新的教学方式。对于一些复杂的数学推导和算法设计，传统教学方法往往难以调动学生的积极性，导致学习效果不理想；（3）实验设备的限制：控制工程实验对硬件设备要求较高，许多高校由于资源限制，实验设备不足或陈旧，难以为学生提供足够的实践机会。这使得学生难以深入理解控制系统的实际运行；（4）跨学科整合不足：控制工程涉及数学、物理、计算机科学等多个学科的知识，然而在本科教学中，课程之间的整合性较弱，学生难以在不同学科知识之间建立联系，导致学科之间的应用与整合能力较弱。

由此可见，通过增强实践教育、创新教学方法、改进实验设备和加强学科整合，控制工程基础教育能够更好地培养学生的实践能力和创新思维，满足大学教育的目标。

一、工程在制造领域中起着至关重要的作用

特别是在机械工程、仪器科学与技术研究等学科中^[4]。它通过提供自动化、精确控制、优化生产流程等手段，提升了制造过程的效率、质量和可靠性^[5]。以再制造过程为例，控制工程在整个过程中的应用尤为突出，从产品的拆解、检测、修复到最终的再制造过程，都离不开控制系统的支撑^[6]。

再制造是指对废旧或失效产品进行修复、再加工，使其恢复原有功能并重新投入使用的过程。这个过程具有循环经济的意义，在节约资源、减少环境污染等方面起到了积极作用。控制工程在再制造过程中的应用贯穿整个流程，从拆解到修复，再到重新装配，确保整个过程的高效和质量控制。产品拆解是再制造的第一步，通常需要自动化设备来执行。例如，机械手臂在拆解过程中依赖于控制系统实现精确定位和操作，避免对可修复部件的二次损伤。拆解后的零部件需要经过详细的检测，以确定其损坏程度和可修复性。控制工程通过对检测设备的自动化控制，提升了检测的精度和效率。例如，视觉检测系统、超声波检测设备等在控制系统的协调下能够自动调整检测参数，并实时反馈检测结果。对于损坏的零部件，控制工程确保了修复设备的精确操作^[7]。例如，激光熔覆^[8]、热喷涂^[9]等修复工艺需要高度精确的控制，以确保材料在修复过程中均匀分布和稳固结合。数控机床在再制造过程中用于对修复后的零部件进行再加工，使其恢复到原有的尺寸精度和表面光洁度。通过控制系统，机床能够精确执行加工任务，保证产品的质量。控制系统用于协调机械装配设备，使得修复后的零部件能够自动、高效地重新装配成完整产品。例如，在再制造的发动机组装过程中，控制

系统可以实时监控装配过程中的每一个步骤，确保装配精度^[10]。再制造的产品在装配完成后，需要经过严格的质量检测和性能测试。控制工程通过检测设备的自动化控制，保证了测试过程的全面性和精确性。例如，振动测试、耐久性测试等在控制系统的辅助下，能够自动化地执行并分析测试结果，确保再制造产品符合标准。

具体在汽车再制造领域，废旧发动机的拆解、零件检测、再加工和重新装配都依赖于高度自动化的控制系统。例如，发动机缸体的再加工过程通过数控机床和激光修复技术的精确控制，能够使其恢复到出厂时的状态，并通过自动化检测系统对其性能进行全面测试。另一个领域为航空发动机叶片再制造：航空发动机叶片的再制造过程包括损坏叶片的修复与再加工。由于航空发动机叶片对材料性能和加工精度要求极高，控制系统在激光熔覆修复、数控加工以及最终装配和测试中发挥了关键作用。控制系统能够确保修复材料与原材料的结合质量，同时在加工过程中维持高精度，最终通过自动化检测设备对叶片进行性能测试。

二、具体措施与培养目标

进一步加强控制工程基础课程的工程实践教育，是培养学生实际操作能力、工程思维和解决问题能力的重要举措。随着科技和工业的发展，控制工程在各个工程领域中的作用日益重要，因此，控制工程基础课程的实践教育也需要与时俱进。以下是几点加强控制工程基础课程工程实践教育的措施：

（一）结合实际工程需求，设计多层次实践教学内容

面向实际工程问题：实践教学应当结合真实的工程项目或问题，设计多层次、多维度的实践内容。例如，在自动控制、系统建模和优化等核心内容上，可以设计基于工业生产过程的控制系统搭建与调试任务，让学生通过解决实际问题理解控制理论的应用^[11]。分阶段设置实践目标：可以将实践课程设置为由简单到复杂的多个阶段，从最基础的控制器设计、仿真、实验验证，到复杂的多变量系统控制、优化控制等^[12]。这样能够帮助学生逐步提升实践能力，使他们更容易理解并掌握控制工程理论知识。

（二）加强校企合作，建立真实的工程实践平台

引入企业资源：通过与企业合作，将企业中的实际控制系统引入到教学中。学生可以在企业工程师的指导下参与实际项目的设计、调试和优化，真正体验控制系统在工业生产中的应用。校外联合实践基地：在加强校内实验室建设的基础上，与企业联合建立校外实践基地，为学生提供参与实际工程项目的机会。通过在实践中进行的实地操作，学生可以更深入地理解控制工程的实际应用和操作技能。

（三）创新实践教学模式，注重多学科交叉融合

项目驱动教学法：可以采用项目驱动教学法（PBL），

让学生在团队合作中完成一个完整的控制系统设计与实施项目。通过这样的实践，学生不仅可以掌握控制工程的基本理论和方法，还能学会如何在团队中分工合作、解决实际工程问题。多学科交叉实践：控制工程与其他学科（如机械工程、电子工程、计算机科学等）有着紧密的联系，因此，实践教学应注重多学科交叉融合。例如，可以组织跨学科的项目，让学生在工程实践中同时应用机械设计、编程、控制理论等多种知识，培养他们的系统性思维和综合实践能力。

（四）增强实践教学的智能化与虚拟仿真手段

虚拟仿真实验平台：通过搭建虚拟仿真实验平台，学生可以在虚拟环境中进行复杂控制系统的设计、调试和仿真。虚拟仿真不仅可以弥补实验设备不足的问题，还可以让学生在安全、低成本的环境下进行多次试验，直观理解控制系统的动态响应和参数调整的影响。智能化实验室建设：随着智能制造、工业4.0的快速发展，实践教学中可以引入智能化实验室建设^[13]。例如，使用物联网技术实现实验设备的联网和数据共享，使用人工智能技术分析和优化控制策略，提升实践教学的现代化水平。

（三）预期可以达到以下培养目标。

1.提升学生的实际操作能力与技术应用水平：通过加强实践教育，学生能够掌握控制工程中的核心技术和工具，具备独立设计、分析和调试控制系统的能力。确保学生不仅能理解理论知识，更能够将其应用到实际工程问题中。

2.培养创新思维与工程实践能力：培养学生的创新意识和创造性解决问题的能力，鼓励他们在实践中发现问题、提出新思路，并通过实验、项目等形式进行验证。使其具备面对不确定性和复杂工程环境的应变能力。

3.增强学生的就业竞争力与社会适应能力：通过实践教育的深化，学生在毕业后具备较强的市场竞争力，能够快速适应职业岗位，并在工作中持续发展。

通过这些目标的实现，可以全方位提升控制工程专业学生的实践能力、创新思维与综合素质，满足现代工业与科技发展的需求，为国家和社会培养出具有较强实践能力、创新精神和综合素养的控制工程专业人才。

三、结语

笔者围绕所在江苏大学机械学院现有的多学科布局，探索了一系列以项目驱动、实验室实践、仿真模拟为主的教育方法。这些方法包括将实际工程项目引入课堂教学，通过软硬件结合的实验平台进行实时控制系统的开发与调试，并利用现代仿真软件让学生模拟真实控制系统的运行情况。通过

这种实践教育模式，学生对控制工程基础理论的理解得到了深化，动手能力和问题解决能力显著提升。同时，学生在毕业设计和实际工程项目中表现出更强的应用能力和创新能力，教学效果显著改善。该探索为控制工程教育提供了有效的实践教学模式参考。

[参考文献]

[1]潘懋元.多学科观点的高等教育研究.高等教育研究,2002,23(1):8.

[2]徐明,胡国良,丁孺琦.工程教育认证背景下控制工程基础课程改革[J].教育现代化,2019,6(65):69-70.

[3]刘雪东,张炳生.过程装备与控制工程专业学生工程实践能力的培养.常州大学学报(社会科学版),2004,5(4):66-69.

[4]高士根,周敏,郑伟,等.基于数字孪生的高端装备智能运维研究现状与展望[J].计算机集成制造系统,2022,28(07):1953-1965.

[5]夏建国,赵军.新工科建设背景下地方高校工程教育改革发展刍议[J].高等工程教育研究,2017,(03):15-19+65.

[6]徐滨士,董世运,朱胜,史佩京.再制造成形技术发展及展望.机械工程学报,2012,48(15),96-105.

[7]董昌利,王军,王传海.计量仪器测量过程中误差控制分析.机械与电子控制工程,2024,6(1):64-66.

[8]宋建丽,李永堂,邓琦林,等.激光熔覆成形技术的研究进展[J].机械工程学报,2010,46(14):29-39.

[9]陈永雄,罗政刚,梁秀兵,等.热喷涂技术的装备应用现状及发展前景[J].中国表面工程,2021,34(04):12-18.

[10]徐滨士,刘世参,史佩京,邢忠,谢建军.汽车发动机再制造效益分析及对循环经济贡献研究.中国表面工程,2012(1),1-7.

[11]Goodwin, G. C., Graebe, S. F., & Salgado, M. E. (2001). Control system design (Vol. 240). Upper Saddle River: Prentice Hall.

[12]Tedrake, R. Underactuated robotics: Learning, planning, and control for efficient and agile machines course notes for MIT 6.832. Working draft edition, 2009, 3(4):2.

[13]董海棠,冯中毅.“控制工程基础”课程教学改革探索与实践[J].中国电力教育,2009,(09):81-82.

作者简介:

陈浩（1989—），男，汉族，江苏武进人，工学博士，教授，研究方向：机电系统。