

面向智能制造的工程测试与信号处理研究生课程教学改革与实践

颜建军, 高 阳, 曹 恒

华东理工大学机械与动力工程学院, 上海

收稿日期: 2024年5月13日; 录用日期: 2024年7月3日; 发布日期: 2024年7月12日

摘 要

工程测试与信号处理研究生课程的教学改革旨在提升学生的实践能力和创新思维, 以适应智能制造发展的需要。教学改革中强调理论与实践并重, 根据科技的发展不断更新教学内容, 注重跨学科知识的融合和应用, 引入先进的教学技术, 拓宽学生的知识面, 培养解决实际问题的能力。实践教学改革强调实验设计和实际操作的重要性, 引入先进的实验设备和虚拟实验, 提供更多实践机会, 加深学生对实验原理和流程的理解。通过产学研合作和实践项目, 促进团队协作和跨学科交流, 提高实践能力。同时, 教学改革注重培养学生的创新意识, 引入前沿技术和研究方向, 鼓励学生参与科研项目, 培养对人工智能等新技术的敏感性。积极进行师资队伍建设和提升教学水平。这一系列改革帮助学生更好地适应工程实践的需求, 提高他们在智能制造领域的综合素质, 为未来职业发展奠定坚实基础。

关键词

工程测试与信号处理, 智能制造, 教学改革

Teaching Reform and Practice of Graduate Course Engineering Testing and Signal Processing for Intelligent Manufacturing

Jianjun Yan, Yang Gao, Heng Cao

School of Mechanical and Power Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai

Received: May 13th, 2024; accepted: Jul. 3rd, 2024; published: Jul. 12th, 2024

Abstract

The teaching reform of the graduate course in engineering testing and signal processing aims to

文章引用: 颜建军, 高阳, 曹恒. 面向智能制造的工程测试与信号处理研究生课程教学改革与实践[J]. 创新教育研究, 2024, 12(7): 60-66. DOI: 10.12677/ces.2024.127430

enhance students' practical ability and innovative thinking to meet the needs of the development of intelligent manufacturing. The teaching reform emphasizes both theory and practice, constantly updates the teaching content according to the development of science and technology, focuses on the integration and application of interdisciplinary knowledge, and introduces advanced teaching technology to broaden students' knowledge and cultivate the ability to solve practical problems. The reform of practical teaching emphasizes the importance of experimental design and practical operation by introducing advanced experimental equipment and virtual experiments to provide more practical opportunities and deepen students' understanding of experimental principles and processes. Through industry-academy cooperation and practical projects, teamwork and interdisciplinary exchanges are promoted to improve practical skills. Meanwhile, the teaching reform focuses on cultivating a sense of creativity in students, introduces cutting-edge technologies and research directions, encourages students to participate in scientific research projects, and fosters sensitivity to new technologies such as artificial intelligence. Faculty development is actively pursued to improve the standard of education. This series of reforms will help students better adapt to the needs of engineering practice, improve their comprehensive quality in the field of intelligent manufacturing, and lay a solid foundation for future career development.

Keywords

Engineering Testing and Signal Processing, Intelligent Manufacturing, Teaching Reform

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在人工智能时代，工程测试与信号处理发挥着至关重要的作用，为现代工业注入了新的活力。工程测试通过高精度的传感器和检测设备，实时监测生产过程中的各种参数和信号，提供了全面的数据支持。信号处理技术则能够对这些数据进行精确分析和提取，为工业系统提供了准确的信息反馈。这些技术的应用使得现代工业能够更加自动化、智能化，提高了生产效率和产品质量。智能制造是互联网、大数据、人工智能与先进制造技术进行深度融合形成的制造业新形态，引发制造业发展理念及模式发生深刻变革[1]。智能制造技术是实现制造企业的转型升级和产业变革的关键[2]，工程测试与信号处理作为智能制造的重要基础[3]，在提高制造效率、保障产品质量、实现智能化生产方面发挥着关键作用。工程测试与信号处理结合人工智能还可帮助企业实现故障预测、设备健康监测等先进的预测性维护，降低了生产中断的风险。同时，它们还推动了工业大数据的应用，为企业决策提供了科学的依据。因此，工程测试与信号处理已成为智能制造的重要支撑，帮助企业更好地适应快速变化的市场需求，实现可持续发展。

工程测试与信息处理课程作为机械工程相关专业硕士生的学位课，是一门理论和实践并重的课程，在智能制造的创新型和复合人才培养中，其地位和作用变得更加重要。工程测试和信息处理两个领域的融合为研究生提供了强大的工具和技术，使他们能够更深入地理解、分析和优化机电系统的性能。工程测试与信号处理课程为学生提供实验设计和操作技能、数据处理和分析技术的基础，有助于培养学生独立解决实际工程问题的能力。这两个领域的知识与技能相辅相成，帮助研究生提升深度和广度兼备的专业素养，使他们能够在智能制造领域中更加深入地开展研究和实践。

本文将分析研究生课程工程测试与信号处理教学实践中现状、问题，探讨相应的改革措施。在智能制造背景下，课程设置应该顺应制造业数字化、网络化、智能化的发展趋势，注重创新思维和动手能力

的提高,以培养更多具备智能制造相关领域综合素养的高水平复合型研究生,为我国智能制造的持续发展贡献人才和智慧。

2. 工程测试与信号处理教学存在的问题

研究生课程工程测试与信号处理在培养智能制造领域高层次人才中扮演着重要角色。然而,在教学实践中面临一系列问题,直接影响到学生的创新能力和实践能力的培养。下面将探讨在研究生课程工程测试与信号处理教学中存在的主要问题。

1) 理论与实际脱节问题

在工程测试与信号处理课程中,理论与实践并重。但理论知识往往与实际应用存在较大的脱节。学生在课堂上接触到的不同传感器、调理电路、数据采集卡等方面知识限于书本,学习的信号分析基础理论、数字信号处理等理论和方法难以直接应用于实际工程问题,导致他们在实际工作中可能感到束手无策。这种理论与实际脱节的问题影响了学生的实际操作能力的培养。

2) 教学内容陈旧问题

随着科技的不断发展,工程测试与信号处理领域的技术更新速度加快。然而,课程所使用的教材滞后于最新的技术进展,未能及时更新教学内容。学生学习到的知识可能已经过时,无法满足当前工程测试与信号处理领域的实际需求。当前新型传感器技术、人工智能、机器人等发展迅速,教材和教学内容需要补充这方面的理论知识和应用实例。

3) 实践环节不足问题

传统的研究生课程更加注重理论知识的传授,而实际操作环节相对较少,学生的动手机会有所欠缺。工程测试与信号处理是实践性较强的课程,缺乏足够的实际动手操作机会将影响学生的实践能力培养。并且理论知识的掌握需要通过实际应用来巩固,而实践环节不足则成为一个制约学生综合素质发展的瓶颈。另外,研究生需要培养独立科学研究的能力,设立开放的课题和项目以锻炼学生的创新思维和科研能力也势在必行。

4) 师资队伍结构问题

工程测试与信号处理课程的师资队伍结构可能存在问题。缺乏具有实际工程经验和行业背景的教师,导致教学内容更偏向于理论,无法真实地反映企业的实际需求,并影响学生对实际工作环境的深刻理解。

5) 评价体系不完善问题

目前,研究生课程工程测试与信号处理的评价体系存在不足。重视理论知识的传授,而忽略实践动手的能力评价,造成学生在理论知识上表现出色但在实际应用中存在欠缺的情况。评价体系不完善影响了对学生全面素质的准确评估。

3. 教学改革的具体措施

针对上述问题,我们可以通过优化课程设计、更新教学内容、增加实践环节、完善评价体系以及优化师资队伍结构等多方面进行改革探索。在课程的教学应该综合考虑理论与实际的结合,推动教学理念的创新,注重最新科学技术的介绍和跨学科的融合,加强实际案例的引入,引导学生开展项目研究,提高实践操作能力,为研究生提供更加全面和实用的教学内容,提升研究生在工程测试与信号处理领域的综合素养,以培养适应智能制造行业需求的高层次创新型复合人才。

3.1. 理论教学改革

研究生课程工程测试与信号处理在理论教学方面的改革举措涉及多个层面,以更好地满足当今智能

制造领域的需求和学生的学习需求。课程的教学内容主要包括信号基本理论、传感器技术、数据采集技术、信号分析与处理、工程测试的典型应用等。

针对机械类专业研究生培养的需要,以培养创新能力和实践能力为目的,加深对信号的基本概念和基本理论的理解,注重对测试信号分析本质的理解,但不强调数学推导的严密性。强化传感器的原理及其在工程领域中的使用,充实智能传感器和新型传感器的内容,介绍国内外传感器大型生产商的产品和性能。强调采集电路的搭建以及测试系统的开发,以突出测试技术的工程应用意义[4]。在教学内容中增加人工智能、机器人等学科前沿的新内容,使工程测试与信号处理课程能紧跟时代的发展。

1) 理论教学应强调实际应用

与本科生相比,研究生已具备了一些相关机械专业的基础知识,并具有较强的接受能力和自学能力。根据研究生培养目标和学习特点以及研究生课程特点和课程内容,在教学中可采用讲授、研讨、汇报、自学等几种方式,其授课过程应更倾向于引导和指导,而非本科阶段的“讲授”[5]。

传统的理论课教学往往以抽象的概念和数学公式为主,但在现代工程实践中,学生更需要理论与实际的结合。测试技术和信号处理是数控机床、工业机器人、自动驾驶、智能楼宇、智慧工厂和 CT 等自动化检测设备和仪器的基础,实践性很强。因此应采用实践型的学习模式,在理论课后的实践环节,学生学习并使用 LabVIEW 等软件,熟悉测控系统软件的开发流程,掌握工程测试和信号处理相关方法的应用,快速进行虚拟仪器等相关测控软件的开发。引入实际案例、工程项目以及行业应用场景,使学生能够将所学理论知识更好地应用于实际工程问题的解决,达到学以致用、学有所用的目的。

2) 注重跨学科融合

工程测试与信号处理是一个涵盖多学科知识的领域,包括物理学、电子工程、计算机科学等。理论教学改革应促使不同学科的知识相互融合,培养学生更全面的工程思维。通过引入跨学科的综合案例,使学生能够形成更为完整的学科认知。

在课程中增加与智能制造相关的内容,包括物联网技术、人工智能在制造中的应用、工业大数据分析等。学生应该了解如何将工程测试与信号处理技术与智能制造相结合,实现智能化的生产和制造。针对大数据时代的来临,加强学生的数据科学和分析技能培养,包括数据挖掘、深度学习等。这对于学生在智能制造领域的发展具有重要的作用。

3) 引入先进的教学技术

借助现代教育技术,如虚拟实验室、模拟软件等,可以提升理论教学的效果。通过模拟真实工程场景,学生可以更直观地理解理论知识的应用,加深对信号处理等概念的理解。同时,引入在线学习平台,提供学生自主学习的机会,鼓励其通过实际项目来深化对理论知识的理解。

利用学校学习通平台构建工程测试与信号处理研究生课程在线教学平台,课程的相关教学内容、教学资源都放在在线教学平台,通过多媒体资源(视频、模拟实验等)更生动形象地呈现学习内容,并保持其动态性、开放性,提升学生的学习兴趣和参与深度。在线学习方式打破了传统的课堂理念,加强了师生之间的互动交流,促进了教学水平和教学质量的进一步提高,对于教学改革、课程建设也具有重要意义[4]。

此外,理论教学还应强调问题导向的学习。通过提出真实的工程问题,让学生运用所学知识去解决问题,培养其解决实际工程难题的能力。问题导向的学习可以激发学生的学习兴趣,使其在解决问题的过程中更好地理解和应用理论知识。

最后,邀请在工程测试相关领域具有丰富实践经验的专业人士参与理论教学,分享实际工程案例和项目经验,帮助学生理解理论知识在实际工程中的应用。与行业的接轨可以使课程更具前瞻性,更好地适应智能制造领域的发展趋势。

总体而言, 工程测试与信号处理课程的理论教学改革注重实际应用、跨学科融合、引入先进技术、问题导向学习以及与行业接轨等方面的综合措施, 以培养具有全面素质的机械工程专业人才。

3.2. 实践教学改革

研究生课程工程测试与信号处理的实践教学具有重要的意义。通过实际操作, 学生可以更好地理解理论知识, 并培养实际应用的能力。下面将探讨在工程测试与信号处理研究生课程的实践教学内容更新, 以提高学生的综合素质和实践能力。

1) 实验项目设计

为了提升学生的实践能力, 可以设计一系列具有实际应用价值的实验项目。这些项目可以涉及到工程测试中常见的问题, 如传感器性能测试、信号滤波、相关分析等。通过实际操作, 学生能够获得工程测试与信号处理领域的感性认识和基本技能, 提高解决实际问题的能力。

2) 案例分析与解决

引入实际案例是培养学生实际应用能力的有效手段。通过分析真实工程测试与信号处理案例, 学生可以了解行业实际需求, 培养创新思维以及解决工程问题的能力。案例分析也有助于拓展学生的思维广度, 使其能够从多个角度思考问题, 并综合运用所学知识进行解决。

传统的案例通常限于基本的信号采集、信号分析等, 可以引入更丰富、复杂的实际工程案例, 如智能传感器与无线传感器网络、动量矩实验系统、反应釜工况在线监测系统、机床振动分析、电力系统监测、医学信号处理、自动驾驶道路识别、数字孪生系统等。通过更具挑战性的实际案例, 学生能够更好地理解理论知识在实际工程中的应用情况。

3) 先进实验设备和技术的引入

随着智能制造技术的不断创新, 学生需要接触和使用最新的工程测试与信号处理软件和设备。引入最新的实验设备、仪器, 借助信息化技术建立虚拟实验室, 学生能够随时随地进行实践操作, 拓宽学生的学习渠道, 加深学生对工程测试与信号处理的理解, 并提高实验资源的利用效率。

在实践教学中, 可以引入先进的数值计算、开发软件, 如 MATLAB、Python、LabVIEW 等, 用于模拟和分析工程测试与信号处理中的复杂问题[6]。而且我们建立了逆变器的仿真模型, 可以产生各种逆变器的故障, 并可以建立机器学习模型进行故障诊断; 自主开发了基于 FPGA 的电机仿真控制平台, 实现电机的快速仿真与控制。通过在虚拟环境中进行实践, 学生能够更深入地理解理论知识, 并通过数据的分析处理提高实际动手操作能力。

4) 产学研合作

产学研合作是实践教学的重要环节。智能制造领域的发展往往依赖于工业创新和技术推动。因此, 课程应当紧密结合企业的实际需求, 加强与企业的合作, 邀请专业人士参与实践教学, 组织学生进行实地考察, 走进工厂企业, 让学生有机会参与实际的工程项目, 亲身体验企业的需求和挑战。产学研合作还可以通过联合实验室、实习项目等形式展开, 让学生有机会在真实的工业环境中应用所学知识, 有助于缩小理论与实际之间的鸿沟, 提高他们的实际操作能力, 可以确保学生接触到最前沿的工程技术和实践经验。通过产学研合作, 学生不仅能够更好地理解智能制造领域的实际情况, 提高学生的动手能力和科研能力, 还能够建立起与企业的紧密联系, 使他们更好地适应未来的工作需求, 为毕业后的就业提供更多机会。

5) 项目实践

实践项目的设计是实践教学的重要组成部分。项目应当紧密结合智能制造领域的实际需求, 使学生能够将所学理论知识运用于解决实际工程问题。这可以通过与企业合作, 设计项目案例, 让学生参与到

实际的研发过程中。例如，设计一个基于智能传感器的制造过程质量监控项目，让学生通过数据采集、信号处理、机器学习等环节，全面了解智能制造中质量管理的流程和方法。项目中的实际操作将加深学生对于工程测试与信号处理的理解，使其具备更强的实际应用能力。

鼓励学生积极参与科研项目，开展与工程测试和信号处理相关的项目实践，进行相关技术的前沿研究，模拟真实工程团队的合作方式，让学生学会设计项目实施方案，规划技术路线，进行关键技术和难点分析，撰写项目总结报告。通过与导师和团队合作，学生能够接触到最新的研究成果，提高独立思考、解决问题的能力，并为其未来的科研工作打下坚实基础。

实践教学应注重创新精神的培养。引入开放性课题，鼓励学生提出并解决真实工程中的问题，培养其创新思维和解决实际挑战的能力。学生进行自主选题、自由组合、分工合作，搭建硬件采集装置，设计采集分析软件，进行传感器选型、调理电路设计、采集装置搭建、下位机软件 and 上位机软件设计等完整虚拟仪器系统的开发，引导学生结合选题加入人工智能的应用，进一步提升课题的创新性。

学生在项目实践活动后撰写实践报告，并进行成果展示。通过书面表达和口头汇报，学生能够更清晰地呈现他们在实践中的思考和实际操作成果，提高学生的表达能力和对所学知识的整合能力。

另外，在实践能力的评价方面，根据项目创新性、硬件搭建、软件开发、团队合作等设立不同的奖项，学生对开放课题进行投票，评选出优秀的项目，激发学生动手的积极性和主动性。这样可以有效补充评价体系的完整性。

从实验室项目到实际案例分析，再到参与实际项目，这些实践教学方式有助于打破理论与实际之间的隔阂，锻炼学生的创新能力、实践能力、项目管理和团队协作技能，帮助学生更好地适应智能制造领域的变化和创新需求，也为学生的职业发展奠定了坚实的基础，使其更具竞争力。因此，研究生课程应不断更新实践教学内容，更好地满足学生和企业的需要，为智能制造行业培养知识面更全面、实践和创新能力更强的研究生。

3.3. 师资队伍建设

师资队伍是研究生教育的核心资源，尤其在工程测试与信号处理等前沿领域，具备丰富实践经验和深厚学科造诣的教师对于培养高水平的研究生至关重要。下面将探讨在研究生课程中，如何进行工程测试与信号处理领域的师资队伍建设，以促进学科的发展和学生的综合素质提升。

1) 实践经验丰富的教师

在工程测试与信号处理课程的师资建设中，教师的实践经验至关重要。拥有在相关行业从业多年的教师，能够为学生提供丰富的实际工程经验和实战技能。这些教师通常对行业的最新发展趋势有深刻的理解，能够指导学生更好地开展贴近实际工作环境的实践。拥有负责纵向或横向科研项目经验的教师，不仅能够将最新的科研成果引入教学，还能够将学术研究与实际工程相结合，为学生提供高水平的科研训练。

2) 跨学科的师资团队

工程测试与信号处理领域常常涉及电子工程、计算机科学、机械工程等多个学科的知识。因此，建设跨学科的师资团队至关重要。拥有多领域背景的教师团队能够为学生提供更全面的知识结构，激发学生的跨学科思维，培养他们综合解决问题的能力。

在师资建设中，教师团队协作非常有必要。通过建立教师团队协作机制，鼓励教师之间互相交流、合作，可以形成更有力的师资队伍，促进教学和科研水平的全面提升。

3) 定期学术交流与培训

为了确保师资队伍的水平能够与时俱进，需要定期组织学术交流与培训活动。邀请国内外知名

学者和业界专家来校进行讲座,组织教师参与学术研讨会,拓宽教师的学术视野,激发创新思维。

研究生课程工程测试与信号处理的师资队伍建设是提升教育质量和培养高水平研究生的关键因素。通过优化师资队伍的结构,引入经验丰富的导师,建立跨学科的师资团队,定期学术交流等多方面措施,有助于提高研究生的综合素质,使其更好地为智能制造领域的发展和创新做出贡献。

4. 课程教学改革效果

三年来工程测试与信号处理研究生课程教学改革取得了较好的改革效果。在教学中,引入新型传感器、人工智能和智能制造等最新的知识,介绍无人机飞行控制、自动驾驶中障碍物检测与道路识别、发动机数字孪生模型等实践案例,学生们对工程测试和信号处理的最新进展及其实际应用有了更深入的认识。

改革后的课程更注重实践环节,学生积极利用实验室资源、科研项目等进行动手实践,共完成开放性课题 100 余项,包括机床振动信号采集分析系统、外骨骼机器人步态数据采集与识别、工业机器人数字孪生系统开发、人体动作捕捉与动作识别、储氢压力容器的状态检测、肌电信号采集与动作识别、脉搏信号采集与分析等,学生搭建工程测试装置,将深度学习、机器视觉等人工智能技术融入课题中,结合实际应用开发了传感测控系统,有效地锻炼了学生的实践能力、创新能力以及团队合作能力。

目前教师团队中拥有在工程测试领域丰富实践经验的教师,并引入了精通传感器技术的教师,相互合作、定期交流,在工程测试与信号处理课程建设中发挥着重要作用。另外,授课教师参加了英伟达公司校园大使培训项目,积极将最新人工智能技术与课程相结合,进一步提升教师和学生的理论水平与动手实践能力。

改革后的工程测试与信号处理课程教学在理论教学、实践环节、教师队伍建设等方面取得了显著的改进效果,为培养具有实践能力和创新精神的智能制造人才奠定了良好的基础。

5. 结束语

在智能制造的浪潮下,研究生课程工程测试与信号处理的教学内容需要不断更新,以适应工程领域的新要求。同时人工智能和智能制造的快速发展为研究生课程工程测试与信号处理提供了丰富的实践教学资源。通过教学理念的创新、最新科学技术的介绍、跨学科的融合和先进教学技术的引入,提高学生在工程测试和信号处理领域的理论水平并拓宽其知识面;通过搭建先进的实验平台、设计切实可行的实践项目、产学研合作以及教师团队的建设等,提高学生在智能制造领域的综合素质,培养具备创新能力和实践能力的研究生,使其毕业后能够迅速适应企业的需求,能够在智能制造领域中发挥更为重要的作用,为先进制造技术的发展做出积极的贡献。

参考文献

- [1] 王书亭,谢远龙,尹周平,丁汉.面向新工科的智能制造创新人才培养体系构建与实践[J].高等工程教育研究,2022(5): 12-18.
- [2] 李健,杜彦斌,陈鹏.“新工科”与“智能制造”背景下“测试技术基础”课程新型教学探讨[J].南方农机,2023,54(24): 178-180+183.
- [3] 陈俊襄,徐海.基于智能制造专业技能实践的教学改革[J].科技与创新,2022(8): 129-131.
- [4] 隋秀华,王芳,戴向云,王明燕.“工程测试与信号处理”课程教学改革研究[J].中国电力教育,2014(21): 58-59.
- [5] 明廷锋,张永祥.研究生“检测技术与信号处理”课程教学效果的提升策略[J].黑龙江教育(高教研究与评估版),2015(7): 3-4.
- [6] 龙慧,李东畅.“工程测试与信号处理”课程教学探索与实践[J].装备制造技术,2022(10): 185-187.