

一流课程建设背景下机械工程测试技术基础课程教改研究

陈鑫^{1,2} 郭瑜^{*}^{1,2} 王志乐^{1,2} 康伟^{1,2}

1. 昆明理工大学机电工程学院 云南昆明 650500

2. 云南省先进装备智能制造技术重点实验室 云南昆明 650500

摘要:针对“机械工程测试技术基础”课程存在教学内容与工程实践及智能技术脱节、重理论轻应用、学生实践与创新能力不足等问题,研究提出“数据驱动、三维协同、闭环赋能”的教学改革模型。首先,以“数据驱动”为核心,将数据思维贯穿教学全过程,依托真实工业数据集与学习行为分析,推动教学内容重构与教学过程精准化管理;其次,通过“三维协同”实现系统化重塑,包括知识体系、教学场景以及教学主体;最后,以“闭环赋能”为价值实现路径,构建集成智能评估、学情诊断与动态优化的教学反馈系统,形成“全生命周期”育人闭环。通过该模型从而提升课程的高阶性与创新性,增强了学生的数据素养、工程实践与系统创新能力。

关键词:机械工程测试技术基础;一流课程;数据驱动;三维协同;闭环赋能

引言

2025年全国教育工作会议指出:推动课程内容与产业需求、科技前沿对接是建设国家一流课程“高阶性、创新性”的具体要求^[1]。在《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》引领下,国家一流课程建设已成为推动高等教育内涵式发展的核心引擎。机械工程测试技术作为智能制造装备研发与运维的关键支撑学科,其课程质量直接影响装备制造业高端化转型所需人才的工程实践能力,亟须破解教学内容滞后于工业物联网等新技术迭代、实践环节脱离复杂工程测试需求的结构性矛盾^[2]。因此,开展《机械工程测试技术基础》课程教改研究对于提升国家一流课程建设是至关重要的。

《机械工程测试技术基础》是机械工程专业开设的一门专业性、时代性的基础课程,传统教学课程体系面临严峻的挑战,难以完全切合“国家一流课程”建设与新时代工程认证的要求。为解决该问题,黄永跃等针对“信号分类与描述”章节提出引入了课程思政融入实例,为学生树立较好的创新意识^[3];珠明等研究提出一种应用“多维思维导图”的混合教学方法,将授课过程和混合课平台紧密结合^[4];王广林等梳理了《机械工程测试技术基础》课程的主要内容和知识点之间的逻辑关系,将自主命题模式引入传统的固定题目大作业中,以激发学生主动思考,培养创新能力^[5];高军芳等研究提出机械工程测试实验的创新改革路径

^[6],扩展了实验的丰富程度;裴世勋等以培养复合型和创新型质量与可靠性人才为目标,从理论教学和实验教学两个方面开展《机械工程测试技术基础》课程教学改革与实践,为扎实推进质量与可靠性专业人才培养质量提供理论支撑与实践经验^[7];龙慧等针对课程内容涉及知识面广、难度大、内容枯燥的问题,增加了实验课时、引入工程实例分析等多种教学方式,极大提高了学生参与课堂活动的积极性^[8]。值得指出的是,现有研究主要针对实验创新、教学方法混合以及作业模式的改革,如何将理论教学、实验实践、前沿技术、评价反馈等要素整合为一个有机的、相互支撑的教学生态系统的研究鲜见报道。

为此,笔者基于《机械工程测试技术基础》课程的数据类型多、知识面广、内容枯燥、实践能力需求大以及技术更新快等特点,研究提出了“数据驱动、三维协同、闭环赋能”的教改模型。该模型以“数据驱动”为核心,重塑教学内容与教学流程;通过“三维协同”(即知识体系上理论、实践与前沿的协同,教学场景上虚拟、实体与产业的协同,教学主体上师生、校企的协同),打破传统教学的教学模式单一问题;最终构建一个能够自我优化、持续改进的闭环赋能系统生态。

1 《机械工程测试技术基础》课程教学现状

在国家教育数字化战略行动与新工科建设的双重驱动下,高等工程教育的教学模式正经历深刻变革^[9]。教育部相

继颁布系列文件强调：以现代信息技术赋能教育，构建“互联网+教育”平台，推动一流课程建设，旨在培养具备跨学科融合能力与创新素养的卓越工程师^[10]。在该背景条件下，为《机械工程测试技术基础》等专业课程的改革指明了“数字赋能、智能融合”的总体方向。

昆明理工大学机电工程学院振动噪声监测与控制研究所负责“国家一流课程—《机械工程测试技术基础》”的教学工作，长期以来作为重点建设的课程。经过多年的努力，尽管教学团队形成了较为完善的教学和评估体系，但目前仍有许多突出问题尚未得到有效解决，具体如下：

(1) 教学内容存在与快速迭代的工业现实脱节的现象。教材与教学重心仍停留于经典传感器与传统信号分析理论，对智能传感、工业大数据分析、数字孪生等前沿技术在测试领域中的应用涉及不深，导致学生所学知识难以直接服务于产业升级。

(2) 单向灌输为主的教学模式与以笔试为核心的考核体系，无法有效激发学生的学习主动性，也难以科学评估其在工程素养、创新思维等方面的真实成长。

(3) 理论、实验和扩展训练结合度较差。课程教学中存在“讲、做、拓”环节的深度割裂，理论教学缺乏对实验的设计导向，实验环节功能窄化为简单验证，而扩展训练项目作为关键拓展载体则因衔接不足而处于悬空状态，进而导致教学闭环失效，阻碍了学生从知识理解到能力提升的进步。

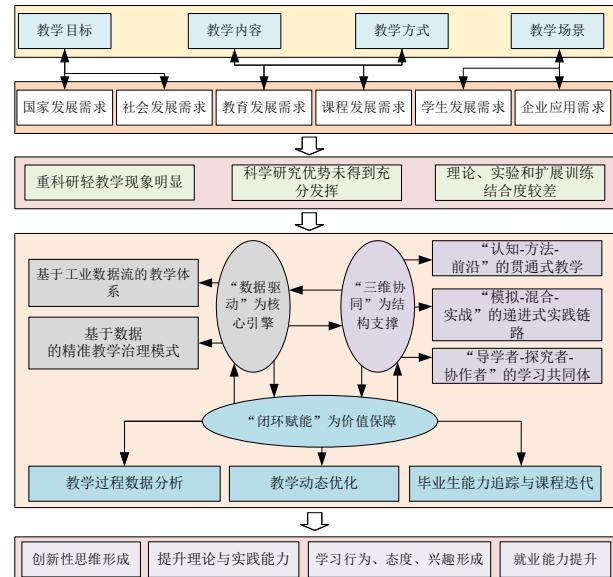
(4) 科学研究优势未得到充分发挥。《机械工程测试技术基础》课程与学科前沿技术(例如：机器学习、智能传感、工业大数据等)深度融合，教学团队尚未将研究方向深度融合到《机械工程测试技术基础》课程的教学中。

2 教学改革方法的研究与探索

2.1 “数据驱动、三维协同、闭环赋能”的改革思路

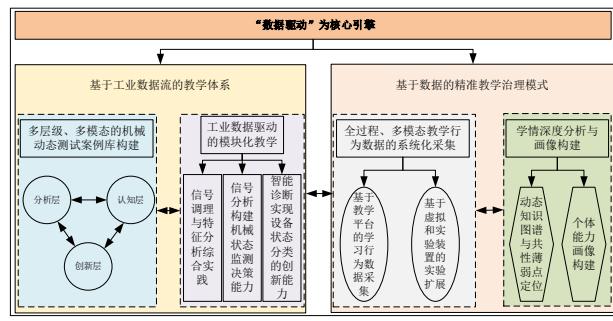
在智能制造与教育数字化战略深度融合的新时代背景下，《机械工程测试技术基础》课程的教学改革必须打破传统教学的零散修补，转而构建一个能够系统响应产业变革、技术发展与人才需求的教学范式。该课程的教学改革以“数据驱动”为核心引擎、以“三维协同”为结构支撑、以“闭环赋能”为价值保障的综合性教改方案，旨在最大限度地将理论教学、实验教学、扩展训练与创新能力培养融为一体，实现“教”、“学”、“评”、“改”的同向

发力与持续优化。总体改革思路如图 1 所示。



2.2 “数据驱动”为核心引擎

本文将“数据驱动”确立为《机械工程测试技术基础》课程教学改革的核心引擎，其目的在于推动课程教学从传统的“知识传授”向以数据为基础的“能力训练、精准教学”的范式转变。要求课程教学转向以工业数据流为主线，让学生在理解数据现象、数据处理、数据分析和诠释工程数据的过程中，主动构建机械工程动态测试的知识框架和发展能力。改革围绕“数据资源化”和“流程数据化”两个核心维度展开，具体实施框架如图 2 所示。



2.2.1 基于工业数据流的教学体系

为实现教学内容与工程实践的高度融合，系统性地将工业数据流引入教学，将其转化为支撑理论教学、实验与创新研究的核心资源，具体框架如图 3 所示。

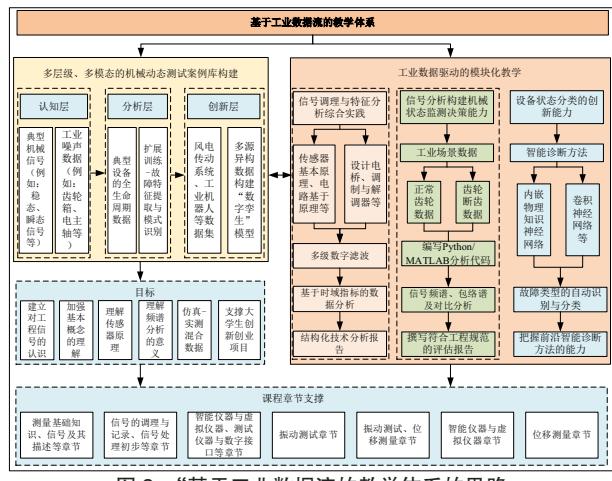


图3 “基于工业数据流的教学体系的思路”

1) 多层级、多模态的机械动态测试案例库构建

教学团队应基于研究方向和企业合作资源,例如风电装备、数控机床等龙头企业,共同构建涵盖“认知-分析-创新”三个层次的案例库。

(1) 认知层: 教学中通过典型机械信号(例如: 稳态、瞬态、周期、非周期等)的理想数据与典型工业噪声数据(例如: 齿轮箱、电主轴等)的数据集对比,建立学生对工程信号的认识,加强“测量的基本知识”、“信号及其描述”等章节中基本概念的理解,例如: 傅里叶级数、傅里叶变换、信号信噪比、数字滤波等。

(2) 分析层: 通过典型机械设备的全生命周期的数据增强学生对机械设备状态的认识,并通过频谱、包络谱、相关/相干分析进行扩展训练,掌握工业现场故障特征提取与模式识别的能力。例如,转子频繁启停的振动数据,可帮助学生理解电涡流传感器原理、振动传感器原理、阶次分析、瀑布图的工程意义。

(3) 创新层: 授课教师可引入具备前沿性的复杂机械设备(例如: 风电传动系统、工业机器人等)数据集,通过振动、电流/电压等多源异构数据构建“数字孪生”模型,生对应的成仿真-实测混合数据,支撑学生应对“大学生创新创业项目”,培养学生应对前沿挑战与开展交叉学科研究的能力。

2) 工业数据驱动的模块化教学

以工业级数据库为基础,系统化构建贯穿课程全程的项目式闭环学习框架,引导学生进入工业现场挑战场景中,实现知识的内在建构与能力迁移应用。

(1) 信号调理与特征分析综合实践: 教学过程中首先讲述传感器基本原理、电路基本原理、测量装置的静态和动态特性;其次,通过设计电桥、调制与解调、信号放大以及滤波器,引导学生设计测试装置;再者,通过采集低信噪比的旋转机械部件(例如: 齿轮、轴承等)振动信号,要求学生设计多级数字滤波器,并进行滤波降噪处理。此外,要求学生通过时域特征参数(例如: 峰值、有效值、峭度等)对滤波前后的时域数据进行定量分析,并阐明滤波策略的有效性与特征参数的物理意义,学生需撰写并提交一份结构化技术报告和答辩。

(2) 信号分析构建机械状态监测决策能力:

教学中通过展示工业场景中机械不同状态数据,例如正常齿轮数据、齿轮断齿数据等,要求学生自主编写Python/MATLAB分析代码,系统性实现各状态信号的频谱、包络谱计算及对比分析,并根据分析结果撰写符合工程规范的《设备健康评估报告》,通过此过程培养学生从数据采集、数据分析及诊断分析的完成工程训练,突破传统教学中理论、实验和扩展训练结合度较差的问题。

(3) 智能诊断实现设备状态分类的创新能力:

教学过程中教师需要把握动态测试领域前沿的智能诊断方法,例如,内嵌物理知识神经网络、支持向量机、卷积神经网络等,实现动态测试中故障类型的自动识别与分类,进而提高学生把握前沿智能诊断方法的能力,可使学生掌握在智能制造背景下基于数据驱动的动态测试基本范式。

2.2.2 基于数据的精准教学治理模式

精准教学管理的核心在于将教学管理从依赖经验的模糊决策,转变为基于全过程、多维度数据的科学决策。通过系统化采集、融合与分析教学数据,构建一个“可感知、可诊断、可干预”的智慧教学系统,如图4所示。具体实施路径如下:

1) 全过程、多模态教学行为数据的系统化采集

(1) 课程教学: 在教学课程中需要充分利用教学平台(例如雨课堂、超星学习通等)采集学生课前预习完成度、视频观看热力图、课堂实时答题的正确率、响应时间等高频互动数据,实现全过程、多模态掌握学生学习行为,促进授课教师的动态调整教学重点、难点以及时间分配。

(2) 实验扩展: 教学团队应该构建虚拟仿真实验平台和定制化小型试验台,为实现自动记录学生的操作序列、

参数设置的正误、实验结果的准确性以及代码调试的迭代过程，加强学生对采样定理、频率混叠现象、数字滤波设计等知识的理解，突破传统教学中重理论轻实践的局限性。

(3) 项目作业：教学团队通过构建代码在线评测系统，追踪学生代码提交频率、撰写逻辑、版本更迭、算法实现效率以及规范性，进而评估学生的工程实践习惯和问题解决的能力。

2) 学情深度分析与画像构建

(1) 动态知识图谱与共性薄弱点定位：基于学生的测验与作业数据，构建课程的动态知识图谱，揭示知识点之间的内在关联与共性薄弱环节。例如，通过关联规则分析发现，在“采样定理”掌握不牢的学生群体中，“频谱混叠”概念的错误率显著偏高，从而提示教师知识点需进行关联性强化教学。

(2) 个体能力画像构建：为每位学生成动态的多维能力画像，不仅涵盖“传感器原理”、“信号调理”、“频域分析”等知识维度，还包含“实验设计”、“数据处理”、“报告撰写”等能力维度。为每位学生成一份个性化学情诊断报告，明确指出其优势所在与待改进的具体技能短板。

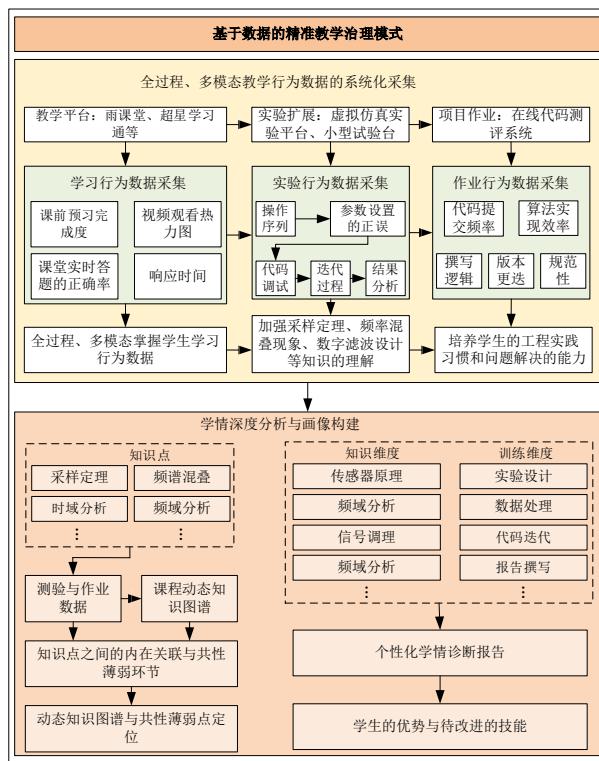


图4 基于工业数据流的教学体系的思路

2.3 “三维协同”为结构支撑

为突破传统教学模式中知识传授孤立化、能力培养碎片化、教学主体单一化的瓶颈，教学过程中构建了以“知识孵化、场景联动、主体共生”为内核的三维融合教学结构体系。该体系旨在通过三个维度的深度交织与系统化重构，为《机械工程测试技术基础》课程教学改革提供坚实的结构性支撑，具体框架如图5所示。

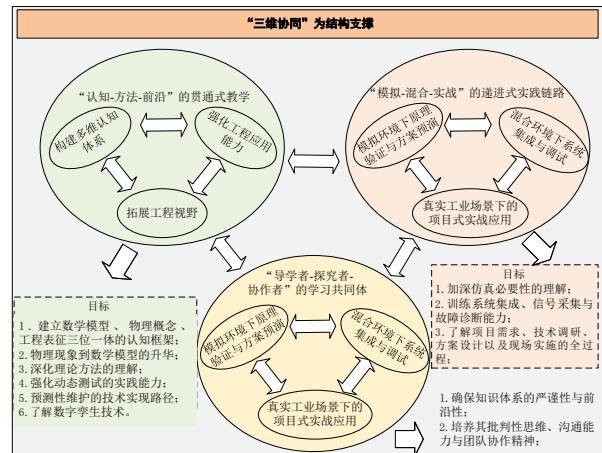


图5 “三维协同”为结构支撑的教改思路

2.3.1 “认知-方法-前沿”的贯通式教学

为实现知识传授从表层认知向深度能力建构的转化，本研究构建了“认知-方法-前沿”三级知识孵化机制。该机制通过层次化、系统化的课程内容重构，打通从基础理论认知到工程方法掌握，再到前沿视野拓展的完整培养路径，具体框架如图6所示。

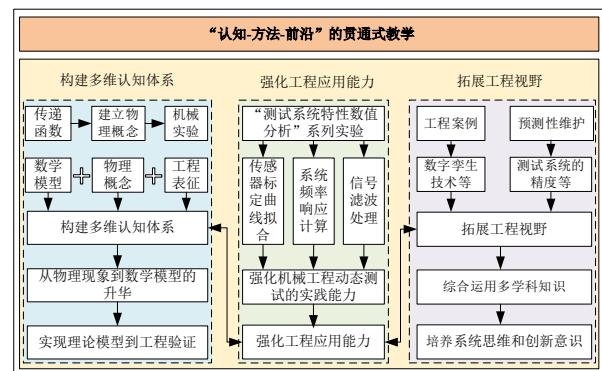


图6 “认知-方法-前沿”贯通式教学的思路

1) 构建多维认知体系

在理论教学阶段，突破传统单向灌输模式，建立“数学模型-物理概念-工程表征”三位一体的认知框架。以“传感器动态特性”教学为例，首先通过典型机械系统的阶

跃响应实验,建立动态特性的物理概念;继而引导学生推导一阶、二阶系统的传递函数,完成从物理现象到数学模型的升华;最后通过频谱分析仪的实际操作,观察不同频率输入下的系统响应,实现理论模型到工程验证。这种多维认知框架使学生能够从本质上理解测试系统的动态行为,为后续工程应用奠定坚实基础。

2) 强化工程应用能力

在理论教学的基础上,强化机械工程动态测试的实践能力。设计基于 Python/Matlab 的“测试系统特性数值分析”系列实验,要求学生编写程序实现传感器标定曲线拟合、系统频率响应计算、信号滤波处理等核心功能。特别是在“信号调理”章节,设置“抗混叠滤波器设计”专题,学生需综合考虑采样定理、系统频带等约束条件,通过算法实现滤波器参数的优化设计。该工程实践不仅深化了学生对理论方法的理解,更培养了其将工程问题转化为计算模型的核心能力。

3) 拓展工程视野

在前沿知识领域,采用“案例驱动+项目引导”的双轨模式。引入工业互联网中的智能传感器应用案例,分析其在预测性维护中的技术实现路径;结合数字孪生技术,展示如何通过虚拟标定提升测试系统精度。此外,教师可根据科研项目的需求,建立与“智能运维”相关的项目,引导学生综合运用多学科知识,探索测试技术在工业 4.0 背景下的创新应用模式。这一层次的教学着重培养学生的系统思维和创新意识,使其能够将课程所学与产业发展前沿紧密对接。

2.3.2 “模拟-混合-实战”的递进式实践链路

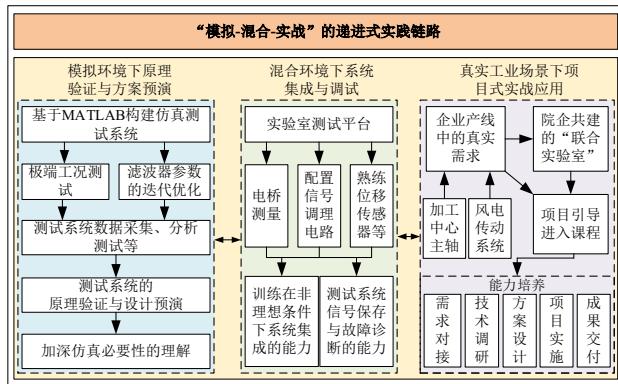


图 7 “模拟-混合-实战”的递进式实践链路思路

通过构建多层次、递进式的实践环境,实现理论教学

与实践训练的无缝衔接与能力螺旋式上升,具体框架如图 7 所示。

1) 模拟环境下原理验证与方案预演

教学团队可基于 MATLAB 构建仿真测试系统,学生可在虚拟空间中无风险地进行极端工况测试(如共振点搜寻)、滤波器参数的迭代优化、测试系统数据采集、分析测试等,在方案实施前完成充分的原理验证与设计预演,进而加深学生对仿真必要性的理解。

2) 混合环境下系统集成与调试

在实验室中,学生基于开放的实验平台自主搭建测量电桥、配置信号调理电路,并连接真实的扭矩、位移传感器等。重点训练在非理想条件下(如接地回路干扰、通道串扰)系统集成、信号完整性保障与故障诊断的能力,锤炼扎实的“工程手感”。

3) 真实工业场景下项目式实战应用

通过院企共建的“联合实验室”,将企业产线中的真实问题(例如,“加工中心主轴状态监测”、“风电传动系统状态监测”等)引入课堂。学生以项目组形式,经历从需求对接、技术调研、方案设计、现场实施到成果交付的全过程,提升学生对工业场景需求的理解。

2.3.3 “导学者-探究者-协作者”的学习共同体

本维度重塑教学中的角色关系,构建一个以学生为中心,教师与企业专家共同引导、深度互动的学习生态系统。

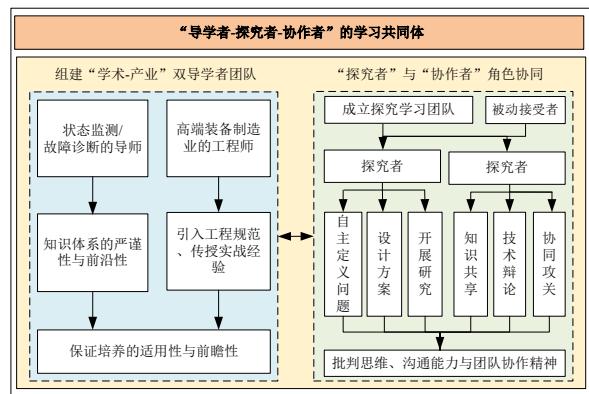


图 8 “导学者-探究者-协作者”的学习共同体思路

1) 组建“学术-产业”双导学者团队

课程教学团队由校内专注于状态监测/故障诊断的学术导学者,与本地高端装备制造企业的产业导学者共同构成。学术导学者确保知识体系的严谨性与前沿性;产业导学者负责引入工程规范、传授实战经验并以工业标准评价项目

成果,保证人才培养的适用性与前瞻性。

2) “探究者”与“协作者”角色协同

教学过程中可分组“探究学习团队”,学生不再是知识的被动接收者,而是以“探究者”身份。授课教师可提出特定领域的需求,引导学生自主定义问题、设计方案、开展研究;同时以“协作者”身份,在团队中承担特定职责,通过知识共享、技术辩论和协同攻关,培养其批判性思维、沟通能力与团队协作精神。

2.4 “闭环赋能”为价值保障

通过构建“数据分析-动态优化-迭代完善”的完整闭环,实现教学质量的持续提升。具体实施路径如图9所示。

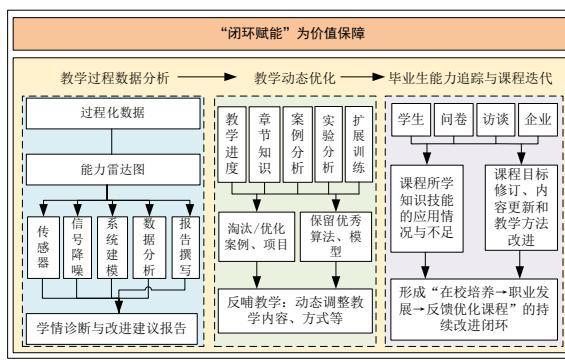


图9 “闭环赋能”为价值保障的思路

2.4.1 教学过程数据分析

基于过程化数据,利用数据分析技术,为每位学生生成可视化的“能力雷达图”(涵盖传感器选型、信号降噪、系统建模、数据分析、报告撰写等维度),并出具个性化的学情诊断与改进建议报告。

2.4.2 教学动态优化

建立基于教学反馈的资源优化机制。每学期授课教师需要从教学进度、章节知识讲解、案例分析、实验分析、扩展训练等方面进行调研,对于学生评价低、使用效果差的案例或仿真项目,予以淘汰或重构;同时,将优秀的项目成果、学生开发的算法模型转化为新的教学资源,反哺教学。

2.4.3 毕业生能力追踪与课程迭代

通过问卷、访谈等方式,对毕业1-5年的学生进行追踪,调研其职业发展中课程所学知识技能的应用情况与不足;此外,将用人单位的反馈信息,系统性地整理并反馈至课程组,作为课程目标修订、内容更新和教学方法改进的核心依据,从而形成“在校培养→职业发展→反馈优化课程”

的持续改进闭环。

3 结语

本论文构建了“数据驱动、三维协同、闭环赋能”的教学改革模式,实现《机械工程测试技术基础》课程从知识传授到能力培养、积极创新的转型。通过建立工业级案例库和实施模块化项目教学,将真实数据流深度融入教学全过程,有效破解了理论与实践脱节的难题。此外,基于“认知-方法-前沿”的贯通式知识孵化机制和“模拟-混合-实战”的递进式实践链路,形成了系统化的能力培养体系。通过全过程数据采集与学习分析,构建了精准教学治理模式,实现个性化学习支持。建立的内外双循环质量保障机制,确保了课程持续改进与产业需求同步。

参考文献:

- [1] 高毅哲. 2025年全国教育工作会议召开[J]. 青海教育, 2025, 1(1):11-14.
- [2] 于兆吉, 耿雪园, 吴兴伟. 数字化赋能高校教育改革研究现状与演进可视化分析[J]. 沈阳工程学院学报(社会科学版), 2023, 19(4):129-134.
- [3] 黄永跃, 阚延鹏. 《机械工程测试技术基础》课程思政教学改革探讨——以“信号的分类与描述”为例[J]. 家电维修, 2024, (08): 22-24.
- [4] 珠明, 刘文婧. 应用“多维思维导图”的“机械工程测试技术基础”混合课构建[J]. 装备制造技术, 2023, (04): 279-282.
- [5] 李跃峰, 潘旭东, 王广林, 等. “机械工程测试技术基础”大作业考核方式的探索与实践[J]. 机械设计, 2018, 35(S2): 26-28.
- [6] 高军芳, 刘畅, 郭瑜. 机械工程测试技术创新实验改革与探索[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(6): 160-165.
- [7] 裴世勋, 石承飞, 文振华. 质量与可靠性专业“机械工程测试技术基础”课程教学改革与实践[C]//教育部高等学校航空航天类专业教学指导委员会. 第五届全国高等学校航空航天类专业教育教学研讨会论文集. 郑州航空工业管理学院航空发动机学院, 2023: 359-364.
- [8] 龙慧, 胡松喜. 《机械工程测试技术基础》本科课程教学方法探讨[J]. 装备制造技术, 2016, (05): 255-257.
- [9] 国家教育数字化战略行动 2025 年部署会举行深入推动人工智能赋能教育变革 [J]. 中国教育技术装备, 2025, (07):

159.

[10] 龚阳玉洁.蒋南翔工程教育思想对新时代卓越工程人才培养的启示[J].工程研究——跨学科视野中的工程, 2025, 17(05): 614–623.

作者简介: 陈鑫 (1995—), 男, 汉族, 重庆垫江人, 博士/讲师/研究生导师, 主要从事机械系统故障检测、信号分析等方面的研究工作。

通讯作者: 郭瑜 (1971—), 男, 汉族, 教授, 研究方向为旋转机械的故障诊断、动力学分析等。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (52405593)、云南省基础研究专项-重点项目 (编号: 202501AS070116)、云南省基础研究项目 (批准号: 202401BE070001-027、202501AT070308)。