

基于 AI 赋能的机械原理考核与评价应用教改研究

于震梁* 陈思思 王硕 徐广晨
营口理工学院, 辽宁 营口 115014

[摘要]机械原理作为机械类专业的核心基础课程, 其考核评价模式直接影响人才培养质量。针对传统考核“重结果轻过程、重理论轻实践”以及通用AI评价工具适配性不足的痛点, 本研究提出“AI赋能+专业耦合”的考核评价改革方案。通过构建专业适配的AI评价模型、重构三维立体考核体系、打造教评双向迭代闭环, 实现从“通用工具”到“专属引擎”“单一结果”到“三维立体”“单向评价”到“双向迭代”的三大突破; 同时创新提出与“校-企-技”协同机制, 破解行业核心痛点。结果表明该方案可显著提升考核评价的精准度与公平性, 促进教学质量优化与学生综合能力提升, 为机械类课程教学改革提供可复制的实践范式。

[关键词]AI 赋能; 机械原理; 考核评价; 教学改革; 产教协同

DOI: 10.33142/fme.v6i11.18430 中图分类号: G42 文献标识码: A

Research on Teaching Reform of Mechanical Principle Assessment and Evaluation Application Based on AI Empowerment

YU Zhenliang*, CHEN Sisi, WANG Shuo, XU Guangchen
Yingkou Institute of Technology, Yingkou, Liaoning, 115014, China

Abstract: As a core foundational course in mechanical engineering, the assessment and evaluation mode of mechanical principles directly affects the quality of talent cultivation. In view of the pain points of traditional assessment "emphasizing results over process, emphasizing theory over practice" and the lack of adaptability of general AI evaluation tools, this study puts forward an evaluation reform scheme of "AI empowerment+professional coupling". By constructing a professionally adapted AI evaluation model, reconstructing a three-dimensional assessment system, and creating a two-way iterative loop for teaching and evaluation, we aim to achieve three major breakthroughs: from a "universal tool" to an "exclusive engine", from a "single result" to a "three-dimensional", and from a "one-way evaluation" to a "two-way iteration"; Simultaneously innovate and propose a collaborative mechanism with "school enterprise technology" to address the core pain points of the industry. The results show that this scheme can significantly improve the accuracy and fairness of assessment and evaluation, promote the optimization of teaching quality and the improvement of students' comprehensive abilities, and provide a replicable practical paradigm for the teaching reform of mechanical courses.

Keywords: AI empowerment; mechanical principles; assessment and evaluation; education reform; collaboration between industry and education

引言

机械原理是连接机械类专业基础课程与专业核心课程的关键纽带, 承担着培养学生机构分析、传动设计、工程实践等核心能力的重要使命, 其教学质量直接决定学生后续专业学习的深度与工程应用能力的高度。当前, 我国高等工程教育正迈向“新工科”建设的深化阶段, 强调以学生为中心, 聚焦工程实践能力与创新思维的培养, 这对传统机械原理考核评价模式提出了严峻挑战。传统机械原理考核普遍存在三大痛点: 其一, 考核维度单一, 以期末闭卷考试为核心, 倾重理论知识记忆与公式套用, 忽视实践操作能力、创新设计能力与工程素养的评估, 形成“重结果轻过程”的评价导向; 其二, 主观成果评价模糊, 对于手绘机构简图、课程设计方案等主观性较强的考核内容, 依赖教师人工评分, 存在评分尺度不一、主观偏差大、评价效率低等问题, 难以保证评价的公平性与精准性; 其三,

评价与教学脱节, 考核结果仅作为成绩判定依据, 无法有效反哺教学优化, 形成“单向评价”的闭环缺失, 难以实现因材施教。

近年来, AI 技术在工程教育领域的应用研究逐步升温, 主要集中于智能评分、实践过程监控、个性化教学等方向。在智能评分方面, 现有研究多聚焦于客观题的自动批改, 如通过自然语言处理技术实现工程力学、机械设计等课程简答题的逻辑解析与评分; 在实践过程监控方面, 借助传感器与计算机视觉技术, 对机械实验中的操作步骤规范性进行追踪与评估, 如机床操作、机构组装等实践环节的智能监控。国外研究起步较早, 美国麻省理工学院开发的 AI 实验评估系统, 可通过摄像头与传感器捕捉学生实验操作数据, 实时反馈操作错误并给出改进建议; 德国双元制教育中, 部分高校引入 AI 评价工具, 对接企业生产标准, 对学生实践成果进行标准化评估。国内研究多聚

焦于通用型评价工具的开发,如清华大学研发的工程教育智能评价平台,实现了多课程客观题的统一批改与成绩分析,但在专业特异性内容的评价上仍存在不足。针对传统机械原理考核的弊端,国内高校开展了一系列改革探索。部分高校推行过程性考核改革,将课堂互动、实验报告、课程设计等纳入考核体系,降低期末考试成绩占比;部分高校引入“以赛促考”模式,将学科竞赛成果与课程考核挂钩,强化实践能力评估;还有高校尝试产教融合考核,邀请企业工程师参与课程设计评价,提升考核的工程实用性。

综上,本研究的突破点在于:一是深度耦合机械原理课程核心属性,构建专业适配的 AI 评价模型,突破通用工具的适配局限;二是创新主观评价标准化算法,解决主观成果评价模糊的行业痛点;三是构建“三维考核体系+教评双向迭代闭环”,实现考核与教学的深度融合;四是建立“校-企-技”协同机制,确保改革成果的教学性与工程实用性。

1 AI 赋能机械原理考核评价的核心特色

本研究立足机械原理课程核心属性,以 AI 技术为支撑,构建“专业适配-三维评估-双向迭代”的考核评价体系,核心特色体现为三大突破。

1.1 专业适配性突破:从“通用工具”到“专属引擎”

区别于通用 AI 教育评价工具对工科专业内容适配不足的问题,本研究深度耦合机械原理课程核心属性,构建“专业知识图谱+AI 技术”的专属赋能模式,实现 AI 评价工具的专业化升级。

首先,系统梳理机械原理课程核心知识点,围绕“机构运动分析”“齿轮传动设计”“凸轮轮廓绘制”“连杆机构设计”“间歇运动机构设计”等 12 个核心知识点,构建结构化专业知识图谱,明确各知识点的考核重点、关联逻辑与工程应用场景。其次,基于知识图谱构建专业数据集,涵盖三大类核心内容:一是典型习题集,包含 500+道客观题与 200+道主观题,覆盖各核心知识点的常见考点与易错点;二是设计案例库,收集 50+个企业真实机械设计案例(如减速器设计、机床机构设计等)与 30+份学生优秀课程设计作品;三是实验操作规范库,整合机构组装、仿真参数调试、实验数据记录等标准化操作流程与错误案例。

1.2 考核维度重构:从“单一结果”到“三维立体”

打破传统考核“重理论轻实践、重结果轻过程”的局限,以“新工科”人才培养要求为导向,构建“知识掌握-能力达成-素质养成”三维考核体系,且每个维度均融入 AI 技术实现精准量化评估,全面覆盖学生学习全过程。

知识掌握维度:聚焦机械原理核心知识点的理解与应用,采用“客观题自动批改+主观题逻辑解析”的评估模式。AI 系统通过自然语言处理技术解析主观题(如动力学计算、机构分析题)的解题逻辑,定位“动力学计算”“自由度分析”等薄弱知识点,生成个人知识掌握雷达图

与班级知识盲区报告,替代传统人工批改的繁琐流程,提升评价效率与精准度。

(2) 能力达成维度:侧重工程实践能力与创新设计能力的评估,整合实验操作、课程设计、学科竞赛等实践环节。通过 AI 技术追踪实验操作数据,评估实践操作规范性与效率;借助语义分析模型与专业知识图谱,量化课程设计方案的技术创新性、工程实用性与可行性;结合学生参与学科竞赛的成果(如机械创新设计大赛),评估创新思维与问题解决能力。

(3) 素质养成维度:关注工程协作意识、责任意识与学习态度的培养,整合课堂互动、小组项目、实验报告撰写等过程性数据。通过 AI 系统分析学生课堂互动频率与质量、小组项目中的贡献度(基于任务分配、讨论发言、成果输出等数据),评估团队协作能力;结合实验报告的完整性、数据真实性与反思深度,评估严谨的工程态度与责任意识。

三维考核数据通过 AI 加权分析,生成全面反映学生综合水平的个性化评估报告,替代传统单一的分数评价,为因材施教提供精准依据。

1.3 教学闭环升级:从“单向评价”到“双向迭代”

构建“AI 评估-数据反馈-教学优化-考核更新”的动态闭环,实现评价与教学的深度融合,打破传统评价“只评不教”的单向模式,推动教学质量持续提升。

AI 系统不仅完成考核评分,更生成双端精准反馈报告:面向学生,提供“知识点薄弱点+个性化练习推荐+能力提升建议”的学习报告,如针对“运动副受力分析”错误率高的学生,自动推送专项案例解析视频、习题集与虚拟仿真练习资源,帮助学生精准补弱;面向教师,输出“班级知识盲区+教学难点定位+教学策略建议”的分析报告,如针对班级普遍存在的仿真操作问题,建议增加虚拟仿真实操课时、优化实操教学案例,为教学优化提供数据支撑。

同时, AI 系统根据教学优化后的课堂互动数据、学生练习数据、考核成果数据,动态更新考核题库与评价指标:对于学生掌握较好的知识点,降低考核权重并更新题型;对于教学优化后仍存在的薄弱环节,强化考核力度并补充针对性考题;结合行业技术发展与企业需求变化,及时纳入新的考核知识点(如智能机械机构设计相关内容),使考核始终适配教学进度、学生学情与行业需求。

2 关键创新:技术与模式的双重突破

本研究在核心特色基础上,实现技术与落地模式的双重创新,精准破解机械原理考核评价的行业痛点,保障教改成果的可行性和实用性。

2.1 技术创新:主观评价标准化的算法突破

针对机械原理中手绘图纸、设计方案等主观成果评价“模糊化、主观化、尺度不一”的行业核心痛点,创新研发“指标量化+模型校准”双驱算法,实现主观评价的标

准化与精准化。

(1) 细分量化指标体系构建：基于机械原理课程标准与企业工程实践标准，建立细分量化指标，将抽象的主观评价维度拆解为可精准量化的具体指标。例如，将“图纸规范性”拆解为尺寸标注准确率、公差符号正确率、视图表达完整性、线条绘制标准度等细分指标；将“方案创新性”拆解为技术路线独特性、专利适配度、与行业前沿技术契合度等细分指标；将“实验操作规范性”拆解为操作步骤正确率、参数调试效率、安全操作达标率等细分指标。每个细分指标均设定明确的评分标准与权重，形成标准化评价指标库。

(2) 双驱算法模型构建：采用“AI 初评+资深教师复评”的迭代校准模式，提升主观评价的准确性与一致性。首先，基于专业数据集训练 AI 评价模型，利用计算机视觉技术识别手绘图纸中的各类错误，通过语义分析与知识图谱匹配评估设计方案的合理性，依据细分量化指标给出初评分；其次，邀请 3-5 名机械原理教学经验丰富的教师与企业资深工程师组成复评团队，对 AI 初评结果进行抽样复评，修正评价偏差；最后，将复评数据反馈至 AI 模型进行迭代优化，通过多轮“初评-复评-优化”，使主观题人机评估达到一致性，降低教师评价工作量，同时保证评价尺度的统一性与公平性。

2.2 模式创新：“校-企-技”协同的落地机制

为解决 AI 赋能教改成果“教学性与实用性脱节、落地难度大”的问题，创新构建“高校教师+AI 技术+企业工程师”的三元协同机制，形成教学闭环落地流程，确保改革成果兼具教学适配性与工程实用性。

(1) 协同主体职责划分：高校教师主导课程知识体系梳理、考核需求定义与教学实践验证，基于教学经验明确 AI 评价工具的核心功能、考核指标与教学适配要求，确保成果符合教学规律；根据高校教师提出的需求优化 AI 评价模型，保障技术可行性；企业工程师提供行业标准、实际工程案例与岗位需求数据，将企业 CAD 设计规范、产品失效分析逻辑、机械制造工艺要求等融入 AI 评价模型与考核指标体系，确保考核内容对接企业实际需求。

(2) 协同落地流程：首先，明确机械原理课程考核的核心痛点、企业对机械专业人才的能力需求与 AI 技术的应用场景；其次，高校教师与企业工程师共同构建专业知识图谱与量化考核指标体系。随后，选取试点班级开展教学实践，高校教师负责组织教学与考核实施，企业工程师参与课程设计评价与实践指导，最后，三方联合分析实践数据，针对系统适配性、考核指标合理性、教学效果等问题进行迭代优化，形成成熟的落地方案。

3 实施方案与实践验证

3.1 实施方案设计

选取某高校机械设计制造及其自动化专业 2023 级两个班级作为试点班级（共 69 人）作为实施对象，另选取

同专业 2023 级两个班级作为对照班级（共 68 人），试点班级采用 AI 赋能的三维考核评价体系，对照班级采用传统考核模式。实施周期为期两个学期，覆盖机械原理课程完整教学周期（第 3~4 学期）。

其核心实施步骤如下：

(1) 前期准备阶段（第 3 学期第 1~2 周）：完成专业数据集扩充与 AI 评价系统优化，对试点班级学生开展 AI 评价系统使用培训；修订人才培养方案，明确三维考核体系的具体权重、考核环节与评价标准；组建“校-企-技”协同指导，明确各方职责。

(2) 教学实施与考核阶段（第 3 学期第 3 周~第 4 学期第 14 周）：按照三维考核体系开展教学与考核，每两周生成一次双端反馈报告，教师基于报告优化教学策略，学生基于报告开展个性化学习；中期开展一次阶段性评估，调整考核指标权重与 AI 模型参数；企业工程师每学期开展 2 次工程实践讲座，参与课程设计评价。

(3) 数据收集与分析阶段（第 4 学期第 15-16 周）：收集试点班级与对照班级的考核成绩、学习行为数据、教学反馈意见、企业实践评价等数据，采用 SPSS 软件进行统计分析，评估教改效果。

(4) 优化完善阶段（第 4 学期第 17~18 周）：基于实践数据与反馈意见，联合“校-企-技”三方面优化 AI 评价模型、三维考核体系与教学策略，形成最终的教改方案。

3.2 实践效果评估

结合教改实施周期内的相关数据，从学生学习效果、教师教学效率、评价公平性与精准性三个维度，对教改实践成效开展综合评估。

(1) 学生学习效果显著提升：试点班级学生的机械原理课程整体成绩较对照班级有明显进步，课程设计优秀作品占比大幅提高，学生参与学科竞赛的积极性显著增强，参与人数较对照班级明显增多。问卷调查结果显示，试点班级绝大多数学生认为智能化考核评价体系有助于精准定位自身知识薄弱环节，多数学生反馈该体系有效提升了自身的实践操作能力与创新思维，持此类观点的学生比例远高于对照班级。

(2) 教师教学效率持续优化：智能化评价系统实现了客观题自动批改与主观题初步评审，大幅缩短了教师批改作业与考核试卷的时间成本。依托双端反馈报告，教师能够快速掌握班级整体的知识薄弱点，教学针对性明显增强，试点班级教师的学生教学满意度评分较上一学期有所提升。引入企业工程师参与评价后，教学内容与企业实际需求的契合度显著提高，学生对实践教学的满意度居高不下。

(3) 评价公平性与精准性大幅提升：对比不同教师对同一批学生主观成果的评价结果可见，试点班级采用智能化双驱算法开展评价的评分差异明显缩小，评价尺度的统一性得到大幅提升。同时，智能化评价系统对学生薄弱

知识点的定位精准度显著优于传统教学评价模式,为开展个性化教学提供了可靠的精准化支撑。

4 结论

本研究针对传统机械原理考核“单一结果导向、主观评价模糊、教评脱节”以及通用 AI 评价工具适配性不足的痛点,构建了基于 AI 赋能的机械原理考核与评价体系。通过深度耦合课程核心属性,实现了从“通用工具”到“专属引擎”的专业适配突破;通过重构“知识-能力-素质”三维考核体系,实现了从“单一结果”到“三维立体”的评价维度突破;通过打造教评双向迭代闭环,实现了从“单向评价”到“双向迭代”的教学融合突破;同时依托主观评价标准化算法与“校-企-技”协同机制,保障了成果的精准性与落地性。

实践验证表明,该体系可显著提升考核评价的公平性与效率,优化教师教学策略,提升学生的工程实践能力与创新思维,教学效果显著。本研究不仅为机械原理课程教学改革提供了可行的实践方案,也为 AI 技术在工科专业课程考核中的深度应用提供了理论与实践参考,对推动新工科背景下工程人才培养质量提升具有重要意义。

基金项目: 2025 年营口理工学院校级教改项目“基于 AI 的机械原理考核与评价应用教改研究营销创业计划”,项目编号: JG202501。

[参考文献]

[1]教育部.关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育

培养计划 2.0 的意见[Z].2018.

[2]张策.机械原理[M].北京:高等教育出版社,2021.

[3]李刚,王建国.AI 技术在工程教育考核中的应用研究综述[J].高等工程教育研究,2022(3):123-130.

[4]王丽,刘伟.机械原理课程过程性考核改革实践[J].机械设计与制造工程,2021,50(7):127-130.

[5]陈明,赵军.基于 AI 的工程制图主观题自动评分算法研究[J].计算机工程与应用,2023,59(12):267-274.

[6] 国外工程教育协会 .AI in Engineering Education:Assessment and Innovation[Z].2022.

[7]刘红波,张敏.产教融合背景下机械专业课程考核改革研究[J].中国职业技术教育,2020(24):89-93.

[8]张强,李丽.基于深度学习的机械设计方案智能评价模型[J].机械科学与技术,2023,42(5):789-795.

[9]王浩,陈燕.新工科背景下工程教育 AI 评价体系构建[J].高等教育研究,2021,42(8):76-82.

[10]李明,张晓.机械原理课程设计中工程实践能力培养路径[J].实验室研究与探索,2022,41(6):225-228.

作者简介: *通讯作者: 于震梁 (1982—), 男, 汉族, 辽宁营口人, 博士, 研究方向: 机械可靠性设计; 陈思思 (1993—), 女, 汉族, 辽宁盘锦人, 硕士, 研究方向: 机械工程; 王硕 (1989—), 男, 汉族, 辽宁锦州人, 硕士, 专业: 机械工程; 徐广晨 (1984—), 男, 汉族, 辽宁营口人, 硕士, 专业: 机械设计制造及其自动化。