

Reconstruction of the “History of Mechanical Development” Course for New Engineering Education: Pain Point Diagnosis, Content Innovation, and Evaluation System Reform

Jie Zhang

Chongqing polytechnic university of electronic technology Intelligent manufacturing and automobile school, Chongqing, 401331, China

Abstract

Under the strategic background of “Industry 4.0” and “China Manufacturing 2025”, the discipline of mechanical engineering is undergoing a profound paradigm shift from traditional mechanization to intelligent manufacturing. As a key general education course bridging the past and future, technology and humanities, the educational value of “History of Mechanical Development” has become increasingly prominent. However, the course currently faces widespread challenges such as scarce teaching resources, lack of standard systems, outdated teaching models, and fragmented content, making it difficult to meet the demands of cultivating new engineering talents. To address this, this paper proposes a systematic curriculum restructuring plan. First, a three-dimensional content system is constructed with “historical context as the warp, technical topics as the weft, and cutting-edge integration as the core”, designing six modular teaching modules covering the evolution from ancient mechanical origins to intelligent integration in the future. Second, a diversified assessment and evaluation system is established with “full-process, multi-dimensional, and competency-focused” criteria, incorporating engineering ethics, innovative thinking, and practical skills as core evaluation indicators.

Keywords

History of Mechanical Development; New Engineering Education; Curriculum Reform; Diversified Evaluation; Teaching Innovation

面向新工科的《机械发展史》课程重构：痛点诊断、内容创新与评价体系改革

张杰

重庆电子科技职业大学智能制造与汽车学院（航空学院），中国·重庆 401331

摘要

在“工业4.0”与“中国制造2025”战略背景下，机械工程学科正经历从传统机械化向智能化制造的深刻范式转移。《机械发展史》作为连接过去与未来、技术与人文的关键通识课程，其育人价值日益凸显。然而，当前该课程普遍面临教材资源匮乏、标准体系缺失、教学模式滞后及内容碎片化等痛点，难以满足新工科人才培养需求。为此，本文提出了一套系统化的课程重构方案。首先，构建了“历史脉络为经、技术专题为纬、前沿融合为魂”的三维内容体系，设计了涵盖从古代机械萌芽到智能融合未来的六大模块化教学内容；其次，建立了“全过程、多维度、重素养”的多元化考核评价体系，将工程伦理、创新思维及实践能力纳入核心评价指标。

关键词

机械发展史；新工科；课程改革；多元化评价；教学创新

1 引言

随着新一轮科技革命和产业变革的深入发展，工业化与信息化的界限日益模糊，机械工程学科的内涵与外延正在发生根本性变化^[1-3]。从蒸汽时代的机械化到电气时代的

大规模生产，再到信息时代的自动化及当前的智能化制造，技术迭代速度前所未有^[4-7]。然而，技术的飞跃不应以割裂历史脉络为代价。《机械发展史》不仅是一门追溯机械工程演进历程的学科史课程，更是一门引导学生洞察技术演化逻辑、理解技术与社会互动关系、塑造工程伦理观的通识性核心专业课^[8-10]。

对于低年级机械类专业学生而言，本课程是开启专业认知大门的“金钥匙”。它旨在帮助学生从宏观维度构建学科全貌，厘清核心技术知识框架，从而激发专业内驱力，实现从“被动接受”到“主动探索”的学习范式转变。然而，

【基金项目】重庆市教委科技计划项目（项目编号：KJZD-K202103101）。

【作者简介】张杰（1986—），男，中国湖北孝感人，博士，讲师，从事机电一体化领域的教学与科研研究。

审视当前高校《机械发展史》的教学现状，仍存在诸多与新工科建设目标不相适应的结构性矛盾，亟需进行系统性的重构与改革。

2 当前教学面临的痛点诊断

尽管《机械发展史》的重要性日益凸显，但我国高校在该课程的建设上仍存在显著短板，主要体现在以下四个维度：

2.1 资源供给侧结构性短缺

目前市场上缺乏实时更新的、统一且适配新时代技术背景的专用教材。教学依赖授课教师收集整理资料的讲义，教学内容碎片化，导致学生难以形成完整的技术演进逻辑链条。

2.2 标准体系缺失与质量参差

尚未形成统一的教学大纲与能力评价标准，各高校自行其是。部分课程沦为“故事会”，缺乏深度；部分则过于晦涩，陷入纯技术细节的泥潭。教学质量的参差不齐严重影响了课程的整体声誉与育人效果。

2.3 教学模式滞后与参与度低

传统的“灌输式”、“编年史”教学模式仍占主导。教师依赖PPT念稿，缺乏互动；学生面对平面图片难以理解复杂的历史机械结构。这种单向传输模式难以激发“互联网原住民”一代的学习兴趣，导致课堂“抬头率”低，难以达成“活学活用”的效果。

2.4 师资结构与跨学科融合不足

授课教师多为纯机械背景，擅长讲结构原理，但缺乏历史学素养与人文叙事能力；或缺乏信息技术背景，难以深入讲解数字化、智能化转型的历史逻辑。单一学科视角限制了课程在工程伦理、社会影响等深层次问题上的探讨。

3 课程教学体系的系统化重构

针对上述痛点，本文提出基于“以史为鉴、面向未来、知行合一、素养为本”理念的重构方案，旨在打造一门既有历史厚度又有时代高度的精品课。

3.1 教学目标体系

知识目标：掌握机械工程发展的关键节点、标志性成果及其技术原理；理解工业化与信息化融合的历史必然性。

能力目标：具备从历史案例中提炼工程规律、解决实际问题的能力；养成善于观察、独立思考的习惯。

素质目标：树立严谨的科学态度和精益求精的工匠精神；强化职业道德意识与社会责任；激发对机械专业的浓厚兴趣。

3.2 “三维立体”教学内容设计

打破单纯按时间轴罗列史实的传统模式，构建“历史脉络为经、技术专题为纬、前沿融合为魂”的内容体系，具体划分为六大模块：

模块一：文明曙光与机械萌芽（古代至18世纪前）

核心主题：从自然力利用到简单机械的标准化雏形。

教学重点：理解人类如何利用杠杆、轮轴等原理突破体能极限，以及早期工匠的经验主义设计思维。原始工具与简单机械石器时代的工具演变：从打制到磨制的工艺进步。

“六简单机械”的起源：杠杆、滑轮、斜面、楔、螺旋、轮轴的考古实证（如古埃及金字塔建造、古希腊阿基米德螺旋泵）。中国古代机械成就：指南车、记里鼓车、水运仪象台（苏颂）、木牛流马中的机构学智慧。动力源的早期探索：人力、畜力向自然力（风力、水力）的过渡。

水车与风车的结构演变及其在农业、手工业中的应用。钟表机械与精密制造启蒙：擒纵机构的发明对精密加工的推动。达·芬奇的手稿：早期自动化构想与机构设计草图分析。

模块二：蒸汽轰鸣与机械化革命（18世纪中叶 - 19世纪末）

核心主题：动力革命驱动生产方式变革，标准化与互换性的确立。

教学重点：剖析第一次工业革命的核心技术逻辑，理解“机器代替手工”的历史必然性。蒸汽机的演进与完善：从纽科门大气机到瓦特改良蒸汽机：分离冷凝器、行星齿轮机构的技术突破。高压蒸汽机的发展及其在交通（火车、轮船）领域的应用。机床之母的诞生：莫兹利（Maudslay）与车床的革新：螺纹切削与刀架的发明。惠特尼（Whitney）与“互换性”概念：从枪支制造看标准化生产的开端。刨床、铣床、钻床的相继问世：现代机械制造体系的奠基。纺织机械与工厂制度：珍妮纺纱机、水力织布机的机构分析。流水线作业的早期形态与工厂管理模式的建立。

模块三：电气驱动与大规模生产（19世纪末 - 20世纪中叶）

核心主题：能源多样化与生产规模化，科学管理引入工程领域。

教学重点：探讨电力如何改变机械传动方式，以及泰勒制、福特制对机械设计的深远影响。内燃机与汽车文明：奥托循环、狄塞尔循环的原理与结构演变。卡尔·本茨与亨利·福特：T型车与移动装配线对机械结构简化、模块化设计的推动。电动机的普及：从集中式天轴传动到独立电机驱动的转变。电气控制技术在机械设备中的初步应用。航空机械的飞跃

莱特兄弟的飞行者一号：空气动力学与轻量化结构的结合。喷气式发动机的发明：材料科学与高速旋转机械的挑战。科学管理与工程设计：泰勒的科学管理原理对机械加工工艺优化的影响。工程制图标准的统一与公差配合体系的成熟。

模块四：自动控制与数字化起步（20世纪中叶 - 20世纪末）

核心主题：电子技术与机械技术的初步融合，数控与机器人的出现。

教学重点：理解“硬机械”如何向“软控制”转型，第三次工业革命的特征。数控技术（NC/CNC）从穿孔带

控制到计算机数控：伺服系统与反馈机制的引入。加工中心（Machining Center）的出现：工序集中与柔性制造系统（FMS）。工业机器人的诞生与发展：Unimate机器人的问世。SCARA、关节型、并联机器人结构的演变与应用场景拓展。CAD/CAM/CAE技术的兴起：从手绘图纸到计算机辅助设计。有限元分析（FEA）在机械强度设计中的革命性应用。

模块五：智能融合与未来制造（21世纪至今）

核心主题：工业化与信息化的深度融合，数据驱动的智能机械。

教学重点：紧扣当前技术热点，探讨大数据、AI、3D打印如何重塑机械设计与制造全流程。增材制造（3D打印），从快速原型到直接制造：SLA、SLS、SLM等技术原理。拓扑优化与点阵结构：传统减材制造无法实现的复杂结构设计。工业互联网与数字孪生：CPS（信息物理系统）：机械设备的状态感知、数据采集与远程运维。数字孪生技术在产品全生命周期管理中的应用案例。人工智能与自主决策：具备自主学习、自适应能力的智能机床与协作机器人（Cobot）。生成式设计（Generative Design）：AI辅助工程师进行方案创新。绿色制造与可持续发展，再制造工程：废旧机械产品的修复与升级技术。低碳设计理念在机械产品开发中的实践。

模块六：工程伦理、职业素养与未来展望（贯穿全程的专题研讨）

核心主题：技术背后的社会责任与工程师的使命。

教学重点：通过历史教训与现实案例，培养学生的职业道德与宏观视野。重大工程事故的历史反思。案例分析：挑战者号航天飞机、切尔诺贝利核电站、波音737MAX等事故中的机械设计缺陷与伦理缺失。讨论：安全系数、冗余设计与工程师的道德底线。机械工程对社会发展的双重影响，技术进步带来的生产力飞跃 vs. 环境污染、资源枯竭与就业结构变化。

探讨工程师在可持续发展中的责任。未来机械工程师的能力画像。跨学科能力：机械+电子+软件+数据的复合知识结构。创新思维与全球视野：如何在全球化竞争中保持技术领先。终身学习：应对技术快速迭代的心理准备与方法论。

4 多元化考核与评价体系改革

为落实“理论联系实际、活学活用”的目标，摒弃“一张试卷定成绩”，构建“全过程、多维度、重素养、强实践”的评价体系。

4.1 考核设计原则

坚持过程性评价为主（60%），弱化期末突击；突出能力导向（30%），重点考察逻辑分析与创新设计；将素养融入（10%），使职业道德与安全意识显性化；鼓励非标准化答案，重在论证逻辑。

4.2 具体考核模块

平时表现与职业素养（10%）：涵盖课堂辩论参与度、作业规范性及课外资料查阅主动性。

阶段性专题作业（40%）：包括古代机械原理图还原、著名机械事故多维分析报告、技术进化树绘制等，重点考察资料详实度与逻辑深度。

期末综合考核（50%）：采用半开卷或开放式大作业形式，增加案例分析与综合论述题比重，考察历史观的正确性与专业见解的深度。

4.3 特色评价机制

引入“增值评价”机制，关注学生从期初到期末在专业认知与思维方式上的进步幅度；建立“负面清单”一票否决制，对学术不端及违反工程伦理行为实行零容忍。

5 结语

《机械发展史》课程的改革是新工科建设背景下机械类专业人才培养的重要环节。通过重构“三维立体”教学内容、创新“沉浸式+交互式”教学方法以及实施多元化考核评价体系，本课程成功实现了从“知识传授”向“能力与素质全方位塑造”的转变。

改革后的课程不仅帮助学生构建了系统化的学科宏观认知，更在潜移默化中培育了科学素养、工匠精神与工程伦理意识。通过将历史经验投射到未来场景，学生得以在理解技术演进逻辑的基础上，更好地应对智能制造时代的挑战。未来，随着数字化资源库的进一步完善及校企合作的深化，《机械发展史》有望成为培养具备深厚历史底蕴、广阔国际视野及强烈创新精神的新时代卓越工程师的标杆课程。

参考文献

- [1] 教育部高等学校机械类专业教学指导委员会. 普通高等学校本科专业类教学质量国家标准（机械类）[M]. 北京：高等教育出版社，2018.
- [2] 李培根. 新工科建设与工程教育创新[J]. 高等工程教育研究，2017(3): 1-5.
- [3] 王阳明，张华. 机械发展史课程中的工程伦理教育路径研究[J]. 机械职业教育，2022(4): 45-48.
- [4] Vincenti, W. G. What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History[M]. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1990.
- [5] 刘建平，陈明. 基于OBE理念的《机械工程史》课程教学改革与实践[J]. 实验室研究与探索，2021, 40(2): 189-193.
- [6] 吴晓蓓，徐志伟. 新工科背景下工程史教育的价值与实施策略[J]. 中国大学教学，2019(11): 23-27.
- [7] Petroski, H. The Evolution of Useful Things: How Everyday Artifacts-from Forks and Pins to Paper Clips and Zippers-Came to be as They are[M]. New York: Vintage Books, 1994.
- [8] 赵韩，杨敏. 虚拟仿真技术在机械发展史教学中的应用研究[J]. 图学学报，2020, 41(5): 712-718.
- [9] 中共中央国务院. 中国制造2025[Z]. 2015.
- [10] 熊丙奇. 工程教育认证背景下的课程体系重构[J]. 高等工程教育研究，2018(2): 12-17.