

智能时代卓越软件工程师的培养: 研究生课程体系 AI 化重构研究

印佳奇¹, 陆暑斌¹, 成研^{1,*}

1. 西北工业大学, 软件学院, 陕西 西安, 710129

摘要: 生成式人工智能正深刻重塑软件工程的方法体系与能力结构, 传统研究生培养模式已难以适应 AI 赋能的软件开发生命周期新范式, 当前教育中存在知识体系滞后、工具链脱节和能力结构失衡等突出问题。为此, 本文提出“知识—能力—素养”三位一体的培养模型, 并构建由基础层、核心层和顶石层组成的“三层融合”课程体系, 实现研究生软件工程教育的系统性 AI 化重构。该体系形成了面向智能时代的软件工程人才培养框架, 为卓越软件工程师的培养提供了可实施、可推广的整体方案。

关键词: 智能软件工程; AI 化课程重构; 研究生教育; 软件工程人才培养; 人工智能

Cultivating Outstanding Software Engineers for the Intelligent Era: Research on AI-Driven Reconstruction of Graduate Curriculum Systems

Jiaqi Yin¹, Shubin Lu¹, Yan Cheng^{1,*}

1. School of Software, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi, China, 710000

Abstract: Generative artificial intelligence is profoundly reshaping the methodology and competency framework of software engineering. Traditional graduate training models struggle to adapt to the new paradigm of AI-empowered software development lifecycles. Current education faces prominent challenges including outdated knowledge systems, disconnected toolchains, and imbalanced competency structures. Hence, this paper proposes a tripartite training model integrating “knowledge-capability-competency” and constructs a “three-tier integrated” curriculum system comprising foundational, core, and capstone layers. This achieves a systematic AI-driven reconstruction of graduate software engineering education. The system establishes a talent development framework for software engineering in the intelligent era, providing an implementable and scalable holistic solution for cultivating exceptional software engineers.

Keywords: Intelligent Software Engineering; AI-Driven Curriculum Reconstruction; Graduate Education; Software Engineering Talent Development; Artificial Intelligence

近年来, 生成式人工智能和大语言模型 (LLM) 快速发展, 这正深刻改变软件需求分析^[1]、代码生成^[2]、测试与运维等全过程^[3]。在此背景下, 传统软件工程教育的知识体系、教学方法与能力培养路径均面临严峻挑战, 难以满足对复合型创新人才的现实需求^[4]。

基于此, 亟需提出面向智能时代的新型软件工程研究生课程体系, 以回应上述理论与培养模式的不足^[5]。本文据此构建一个以 AI 原生思维为基础的“知识—能力—素养”三位一体培养模型, 并

提出“三层融合”的系统化课程重构方案，为卓越软件工程师的培养提供可实施路径。

1 相关理论与研究基础

1.1 “AI化重构”的教育学理论基础

生成式AI深度介入软件工程教育后，课程改革已由“工具补充”转向对学习目标、学习活动与评价方式的系统性重构^[6]。相关研究指出，生成式AI不仅影响学习效率，更重塑学习者的能力结构，因此课程设计需以学习产出为导向，将AI素养、使用规范与过程性证据纳入教学对齐框架之中^[7]。

1.2 AI融合课程改革实践

近年来，计算机教育领域逐步出现面向生成式AI的系统性课程改革实践。一方面，课程内嵌式改革通过在既有课程中将生成式AI作为学习支持工具嵌入教学流程。其中，Liu等对CS50课程的研究结果表明，将人工智能巧妙地融入教育环境，能够提供持续的、个性化的支持，并帮助教师解决复杂的教学问题，从而提升学习体验^[8]。另一方面，体系协同式改革从院系或学校层面建立AI融入课程的实施框架，明确多方角色与责任边界，并配套量化评估机制。例如，Shailendra等提出“考量要点”应用生成式人工智能的方式，为高校规模化推进AI课程改革提供了结构化路径^[9]。

总体而言，现有改革在工具嵌入与实施框架方面已取得初步进展，但在软件工程研究生培养中仍普遍存在生命周期覆盖不足、人机协同能力不充分等问题。本文提出的“三层融合”课程体系以AISDLC为主线，在课程群层面实现纵向进阶与横向协同，对上述不足形成系统性补充。

2 核心理念：AI驱动的软件工程教育新范式

2.1 智能时代软件工程教育的三重范式变革

从“工具辅助”迈向“思维重塑”已成为智能时代软件工程教育变革的核心方向。随着大模型等技术渗透软件生命周期，教育重点不应再停留于工具使用，而应关注认知框架与方法体系的重构^[10]。基于此，本文提出由“AI作为开发伙伴—AI作为系统组件—数据与模型一等公民”构成的三重新范式，并据此重塑软件工程教育的能力培养路径，为卓越人才的培养提供系统化支撑，如图1所示。

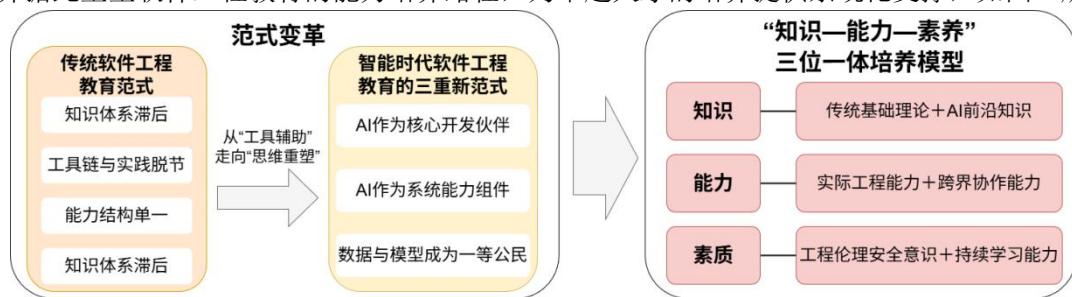


图1 现状问题与核心理念图

Fig. 1 Current Issues and Core Concepts Diagram

首先，AI已成为核心开发伙伴。教育需培养学生的人机协同编程能力，使其能够基于提示工程高效利用模型完成需求澄清、代码生成与质量审查，并在“AI生成—人类判断—协同优化”的新型工作流中形成稳健的工程判断。其次，AI正加速演化为系统的核心能力组件，教育需培养学生将AI模型（如预测、识别、生成模型）作为核心模块的思维，指导学生掌握模型与传统逻辑的协同设计方法，使其具备构建智能系统的能力。最后，在AI驱动的软件工程生命周期中，数据与模型成为与代码并列的一等公民，数据治理、模型训练与MLOps全流程构成系统演化的核心。教育因而需强

化学生对数据质量、模型偏差与模型治理的理解，提升其在智能系统开发中的工程性与可靠性。

2.2 “知识—能力—素养”三位一体培养模型

在前述范式转型的基础上，本文提出面向智能时代卓越软件工程师的“知识—能力—素养”三位一体培养模型，以构建覆盖技术基础、工程能力与专业素养的系统性培养框架。

在知识层面，学生需具备由软件工程基础、计算机科学核心内容以及 AI/ML 前沿技术共同构成的复合知识体系。传统的软件工程方法论、算法与系统基础提供理论支撑，机器学习、大语言模型与 MLOps 等前沿知识构成理解智能系统开发的关键内容，同时适度补充行业领域知识，以支持“AI+软件+行业”场景中的系统构建。在能力层面，重点强调将知识转化为实际工程能力，包括人机协同编程、智能系统架构设计、数据驱动的工程分析与治理，以及复杂问题建模与跨界协作等关键能力，使学生能够在智能软件工程任务中实现有效应用与综合创新。在素养层面，要求学生具备智能时代必需的工程伦理、安全意识与持续学习能力，能够理解 AI 系统在公平性、透明度与隐私保护方面的潜在影响，并在快速迭代的技术环境中保持自我更新与适应能力。

3 课程体系重构：三层融合模型设计

为回应智能时代人才培养的知识、能力与专业素养需求，本文在现有软件工程教育体系基础上，原创性地提出基于“基础层—核心层—顶石层”递进框架的“三层融合”课程体系模型，如图 2 所示。不同于当前高校采用的以“传统软件工程课程+局部 AI 补充”为主的松散式结构，该模型以 AI 原生的软件工程教育理念为指导，通过纵向层次递进与横向内容协同，形成统一的学习与实践体系，从而构建适配 AISDLC (AI-Software Development Life Cycle) 特征的研究生教育体系。

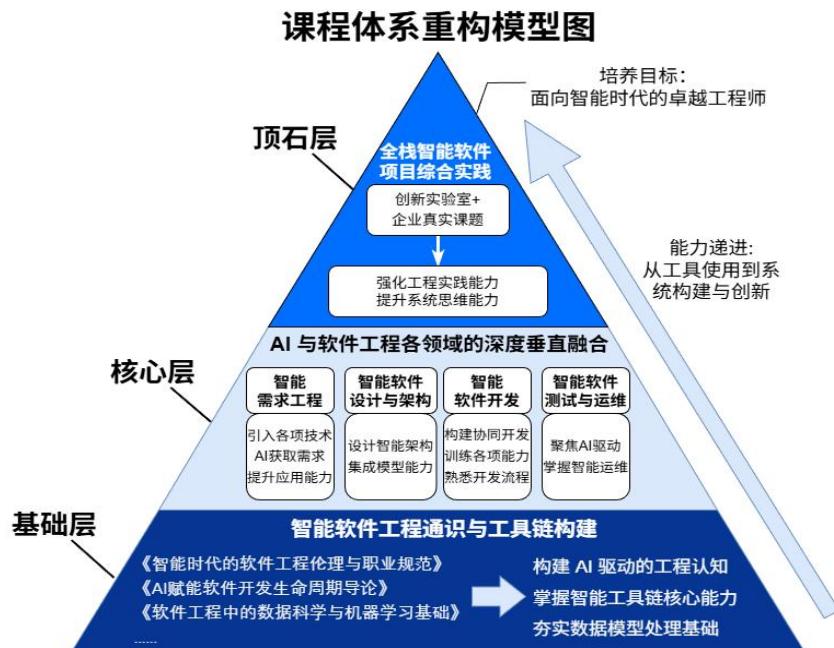


图 2 课程体系重构模型图

Fig. 2 Course System Reconstruction Model Diagram

3.1 基础层：智能软件工程通识与工具链构建

基础层承接了国内外已有课程中关于机器学习、软件工程导论等内容的教育共识，但不再将其视为“前置知识补充”，而是作为学生进入 AI 时代软件工程学习的底层思维框架。作为培养体系的

第一阶段，基础层主要完成两项工作：其一，帮助学生形成面向 AI 驱动的软件工程思维；其二，构建后续课程所需的智能工具链基础能力。本层课程的内容主要涵盖智能时代的软件工程伦理与职业规范、AI 赋能的软件生命周期导论，以及面向软件工程的数据科学与机器学习基础。教学过程中，引导学生理解 AI 在需求、设计、开发、测试和运维中的关键作用。通过训练，学生能够逐步形成“AI 生成—人类审查—协同优化”的初步工程工作流。

3.2 核心层：AI 与软件工程各领域的深度垂直融合

核心层是课程体系的主体部分，重点在于对传统软件工程核心课程进行 AI 化重构，形成与 AISDLC 深度耦合的垂直融合课程群。其内容涵盖以下四个方面：

- (1) 智能需求工程：通过引入自然语言处理、大语言模型和信息抽取技术，支持需求获取、澄清与结构化建模的自动化与半自动化处理，提升学生在需求建模与分析中的智能工具应用能力。
- (2) 智能软件设计与架构：聚焦 AI 组件驱动的架构特性，讲授适配模型部署与在线推理的微服务、事件驱动架构及 MLOps 相关机制，引导学生从系统视角理解智能组件对整体架构设计的影响。
- (3) 智能软件开发：构建人机协同开发场景，系统训练学生的任务分解、提示设计与代码重构能力，强调以工程判断支撑 AI 辅助的开发过程，使学生能够掌握从需求到可运行系统的开发流程。
- (4) 智能软件测试与运维。聚焦 AI 驱动的测试用例生成、缺陷定位、故障预测和根因分析等技术，同时结合 AIOps 框架，引导学生掌握日志分析、异常检测、自动化运维等智能化运维方法。

3.3 顶石层：全栈智能软件项目综合实践

顶石层延续了已有的项目制教学传统，但在内容与形式上进行了面向智能时代的系统创新。本文设计的顶石项目要求学生进行完整的 AISDLC 实践，形成“AI+全栈软件工程”一体化项目模式。顶石层是课程体系的应用环节，其目标在于促使学生在真实的工程场景中，综合运用前两层的知识与技能，完成面向产业应用的智能软件系统开发。本层采用项目驱动学习模式，通过与企业联合实验室、跨学科协同项目等形式，为学生提供“AI+软件”系统构建的实践机会。学生需在项目中完成需求分析、方案设计、模型集成、系统开发、测试与部署等任务，并通过答辩与成果展示实现对学习成效的综合评价。该层不仅强化工程实践能力，也有效提升学生的沟通与系统思维能力。

4 实施路径与关键保障

为确保“三层融合”课程体系的有效落地，需从教学平台、师资队伍与评价体系三个方面构建系统化实施路径与保障机制，形成支撑智能时代软件工程教育的整体生态，如图 3 所示。

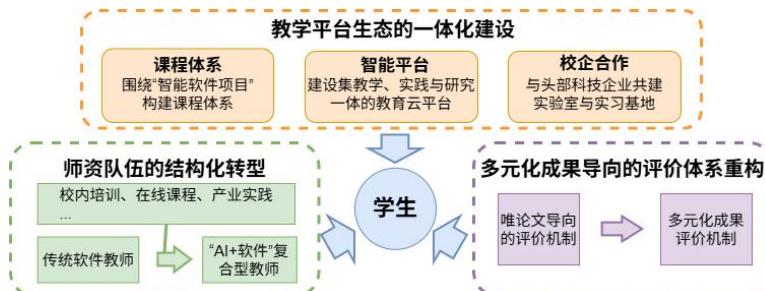


图 3 实施路径与保障机制图

Fig. 3 Implementation Path and Safeguard Mechanism Diagram

4.1 教学平台生态的一体化建设

在教学组织上，学院应制定《项目驱动学习实施手册》，推动多课程围绕统一智能项目递进式贯通教学，并建设覆盖开发全过程的案例库，以科研成果反哺教学。在平台建设上，应立项建设智能软件工程教学云平台，集成AI编程与测试工具，支持项目协作与过程数据分析。在生态构建上，可以联合企业共建实验室与实习基地，建立真实项目引入与产业导师机制，探索“课程—竞赛—实习”贯通培养模式，提升学生智能工程实践能力。

4.2 师资队伍的结构化转型

智能软件工程教育需要复合型师资支撑。应通过校内培训、在线课程、访学与产业实践等方式提升现有教师的AI技术素养，要求教师在两年内完成至少一项AI能力认证，并将学习成果应用于课程设计，促进其向“AI+软件”复合型教师转变。同时，引进兼具人工智能研究背景与工程实践经验的教师，构建在智能软件工程方向具有国际视野的骨干队伍。通过设立“产业教授”与“工程实践导师”等岗位，引入企业专家参与教学与项目指导，实现产业经验对课程内容的持续输入。

4.3 多元化成果导向的评价体系重构

面向智能时代的软件工程人才培养，需要构建可操作可量化的评价体系。为突破以论文为中心的单一评价方式，学校应正式发布《智能软件工程研究生成果评价指南》，将“AI驱动的软件工程工具创新”“开源贡献质量”等指标纳入毕业要求，并设立对应的成果认定标准。在过程评价方面，可依据人机协同效率、代码质量、创新程度与社会影响等指标，对学生的工程能力与实践水平进行综合评估。同时鼓励学生将项目成果申请专利或软件著作权，实现学术价值与工程价值的双向促进。

5 案例研究：核心基础课程的AI化重构实践

为增强本文提出课程体系重构方案的实践支撑，选取软件工程研究生核心基础课程《数理逻辑与程序设计原理》开展AI化重构的初步案例研究。该课程以形式化逻辑与程序正确性证明为核心，传统教学中存在抽象性强、学习门槛高等问题，因而成为验证AI化教学模式可行性的典型对象。

5.1 实施方案

本次实践于2024年秋季学期实施，面向我校软件工程学术型硕士一年级学生。课程在保持理论体系完整性的前提下，引入大语言模型作为“智能协作者”，将教学目标由“手工完成逻辑推导”拓展为“在理解理论基础上，具备利用AI工具进行形式化建模、辅助证明与结果审校的能力”，体现了基础理论课程由知识传授向人机协同能力培养的转型。

在教学内容上，部分重复性较高的符号推演移至课后练习，课堂聚焦于推理策略、不变式设计思路等。同时，课程新增AI辅助形式化建模等实践环节，引导学生在教师指导下使用AI输出，使形式化方法学习与软件工程核心能力要求形成衔接。在教学流程上，以“循环不变式”章节为例，课程采用“课前探索—课中评析—课后验证”的组织方式：学生课前与AI交互生成不变式候选，课堂中通过讨论比较其充分性与严密性，课后作业要求提交形式化证明结果，并附带关键人机交互日志与反思说明，从而完整呈现协同推理过程。

5.2 实施效果与初步分析

通过课程分析与问卷调查发现，92%的学生认为运用AI进行形式化思维的能力提升，88%对程序正确性证明不再畏难。与往届相比，学生验证对象复杂度提高，部分作品体现出“生成—质疑—修

正”的人机协同特征，表明基础层课程有效支撑了核心层课程。同时，初期存在少数组学生过度依赖AI输出，凸显了教学中强化工程判断与验证意识的必要性。

该案例表明，将AI作为认知支持工具引入基础课程，不仅有助于降低学习门槛、提升学习深度，也验证了“三层融合”课程体系中基础层—核心层能力递进设计的可行性与一致性，为本文提出的研究生课程体系AI化重构方案提供了初步实践佐证。

6 结论与展望

本文面向软件工程研究生教育的现实痛点，提出以“三层融合”为核心的AI化课程重构方案，并通过教学平台建设、师资队伍转型和评价体系改革等措施构建完整的实施路径，从而为智能时代卓越软件工程师培养提供可行的整体方案。该体系在落地过程中仍面临若干挑战，包括AI技术快速迭代导致的课程更新压力、复合型师资储备不足、高性能教学平台建设成本高等问题。

AI与软件工程的深度融合将不断推进，对人才能力结构提出更高要求。软件工程教育应保持持续演进，通过引入前沿技术、强化产学研协同与创新教学模式，推动学生从技术使用者成长为智能软件范式的构建者与引领者，为国家科技竞争力提供重要支撑。

参考文献

- [1] Marques, N, Silva, R. R, & Bernardino, J. Using chatgpt in software requirements engineering: A comprehensive review [J]. Future Internet, 2024, 16 (6): 180.
- [2] Bistarelli, S, Fiore, M, Mercanti, I, et al. Usage of Large Language Model for Code Generation Tasks: A Review [J]. SN Computer Science, 2025, 6 (6): 673.
- [3] Ozkaya, I. Application of large language models to software engineering tasks: Opportunities, risks, and implications [J]. IEEE Software, 2023, 40 (3): 4-8.
- [4] 李博. 人工智能时代下高校软件工程专业课程教学研究 [J]. 教育理论与研究, 2025, 3 (16): 34-36.
- [5] Lopez-Fernandez, D, & Vergaz, R. ChatGPT in Computer Science Education: A Case Study on a Database Administration Course [J]. Applied Sciences, 2025, 15 (2): 985.
- [6] Kasneci, E, Seßler, K., Küchemann, S, et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education [J]. Learning and Individual Differences, 2023, 103: 102274.
- [7] Fu, Y, Weng, Z, & Wang, J. Examining AI use in educational contexts: A scoping meta-review and bibliometric analysis [J]. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 2024, 35: 1388-1444.
- [8] Liu, R, Zenke, C, Liu, C, et al. Teaching CS50 with AI: leveraging generative artificial intelligence in computer science education [C]//Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education. Vol 1. New York: ACM Press, 2024: 750-756.
- [9] Weng, X, Qi, X. I. A, Gu, M, et al. Assessment and learning outcomes for generative AI in higher education: A scoping review on current research status and trends [J]. Australasian Journal of Educational Technology, 2024, 40 (6): 37-55.
- [10] 刘邦奇, 喻彦琨, 王涛, 等. 人工智能教育大模型: 体系架构与关键技术策略 [J]. 开放教育研究, 2024, 30 (5): 90-100.

基金项目：西北工业大学学位与研究生教育研究基金项目（2025HZ017）

¹ **第一作者：**印佳奇（1995-），男，博士研究生，西北工业大学软件学院助理教授，研究方向：可信人工智能、智能化软件工程。E-mail: jqyin@nwpu.edu.cn。

*** 通讯作者：**成研（1986-），女，博士研究生，西北工业大学软件学院，研究方向导航制导与控制。E-mail: chengyan@nwpu.edu.cn。