

新时代软件卓越工程师人才培养研究与探索*

张广泉

苏州大学计算机科学与技术学院, 苏州 215006

摘要 为了进一步提高软件人才培养水平, 推动新时代软件学科教育高质量发展, 加快培养高质量的软件卓越工程师, 本文在研究与分析卓越工程师应具备的知识结构与软件创新人才需求的基础上, 从学科内涵与外延两个方面研究跨学科软件人才培养方法; 基于教育数字化转型, 构建基于自我调节学习和数据驱动的大规模因材施教的个性化软件人才培养方法。

关键词 卓越工程师、知识结构、软件学科、自我调节学习、个性化学习

Research and Exploration on the Cultivation of Software Excellent Engineers in the New Era

ZHANG Guang-Quan

School of Computer Science and Technology of Soochow University,
Suzhou 215000, China
gqzhang@suda.edu.cn

Abstract—In order to comprehensively improve the quality of talent autonomy cultivation and promote the high-quality development of software undergraduate education in the new era, this paper studies and explores the method of cultivating high-quality software excellent engineers with multi-disciplinary and interdisciplinary knowledge structures in depth, based on the in-depth research and analysis of the knowledge structure and innovative talent cultivation requirements of excellent engineers in the new era. The method of cultivating interdisciplinary software talents is studied from the perspectives of the connotation and extension of the discipline. Based on the digital transformation of education, a personalized software talent cultivation method based on self-regulated learning and data-driven large-scale individualized teaching is constructed.

Key words—excellent engineers, knowledge structure, software discipline, self-regulated learning, personalized learning

1 引言

为主动迎接新科技革命与产业变革浪潮, 紧扣经济社会发展的时代方位, 顺应数字经济蓬勃发展的时代趋势, 并前瞻性地把握行业产业的发展趋势, 近年来, 教育部围绕“新工科”建设要求, 不断推进工程教育的高质量发展, 并积极探索工程创新与创业人才培养新模式。2010年6月, 教育部正式启动了“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划1.0”), 这是一项旨在通过约10年时间培养百万名不同类型与层次的卓越工程师后备人才的重大改革计划, 也是我国工程教育改革的切入点与关键举措。

2017年, 教育部推行“卓越计划2.0”, 旨在培育大量创新能力卓越、贴合社会发展需求的工程技术人才, 为国家的新型工业化进程、创新型国家构建及人才强国策略提供坚实支撑。2021年9月, 在中央人才工作会议上, 习近平总书记着重指出卓越工程师在国家战略人才布局中的关键作用, 并呼吁高校与企业携手, 深化产学研融合。同年3月, 教育部启动了卓越工程师产教协同培养计划, 将其作为高等教育质量提升的关键一环, 积极推动相关改革进程。

2024年1月19日, 北京迎来了“国家工程师奖”首届颁奖典礼, 习近平总书记发表了重要的讲话, 指出工程师在推动工程科技进步、造福人类及开创未来中的核心作用, 强调工程师是国家战略人才力量的重要组成部分。

***基金资助**: 本文得到江苏省学位与研究生教育教学改革(重点)课题(JGKT23-B045)、江苏省高等教育教学改革研究课题(编号: 2021JSJG254)、2023年苏州大学高等教育教改研究课题资助。

2 新时代卓越工程师的知识结构要求

工程师，作为掌握现代科技理论、工程科学原理及系统方法的专业人士，在工业生产与工程建设中扮演着研发、设计、制造、施工及维护等多重角色。知识结构，是个人为满足个人成长及社会经济发展需求，通过持续学习与培训所积累的外在知识，并在大脑中进行整合、处理及内化的一个开放、动态且多层次的知识体系。

步入新时代，卓越工程师在创造人工物品的实践活动中，需融合科技知识、工程知识、人文社科知识及情境性知识经验等多方面内容。其知识结构的核心构成主要涵盖以下四个方面：

2.1 稳固的自然科学根基

科学是工程的理论基石，技术则是工程的构建要素。对于工科大学生而言，无论未来投身于哪个行业或专业领域，都必须打下坚实的数学与自然科学基础。这些知识构成了知识体系中最为稳固、历久弥新的部分。本科阶段的工程专业学生应熟练掌握数学（涵盖高等数学、工程数学）、物理学、化学、力学、计算机科学乃至生物学等领域的自然科学基础，并能在工程实践中灵活运用。举例来说，计算机、软件工程等专业的学生需掌握离散数学、微积分、线性代数、概率论与数理统计等数学基础，以及电学等物理学知识。

2.2 深厚的工程科技与专业前沿知识

卓越工程师的知识储备应涵盖：

(1) 工程科技基础：这是培养卓越工程师的起点，深厚的专业基础是未来发展的潜力和创造力的源泉。

(2) 工程专业知识：这是工程师职业生涯的基石，也是获得工程师资格认证和工程专业认证的关键。

(3) 学科前沿动态：掌握学科前沿知识是专业精深的体现，只有紧跟最新成果和前沿信息，才能适应工程技术和科技发展的步伐。

(4) 实践能力：工程知识与实践紧密相连，卓越工程师需掌握与工程活动相关的实践知识与能力。

2.3 宽泛的跨学科知识视野

现代工程科学和技术的发展不断呈现跨学科、多学科交融的趋势。为了构建和管理复杂的现代工程，卓越工程师的知识结构应体现这一交叉性和创新性，拥有宽广的知识面和系统的工程知识。他们应以本专业知识为核心，向相关专业和学科拓展，成为既精通专业又具备广泛知识的复合型人才。

2.4 必要的人文社科素养

人文社科知识与素养对个人的社会态度、思维方式、价值观及品德有着深远的影响。卓越工程师应当具备多维知识架构，其专业修为不仅涵盖工程科学与技术创新能力，更要植根人文精神与社会担当，熔炼科学理性与工程伦理智慧。在知识图谱建构中，既要贯通文史哲的文明脉络，亦需融通经济管理的前沿认知，更要系统整合社会学方法论、艺术审美思维、心理行为规律及工程哲学体系，形成科技与人文交融的复合型知识生态。以确保在工程活动中能够关注社会福祉、服务于人类的长远利益。

3 软件卓越工程师的知识结构与人才培养

随着物联网、云计算、大数据、5G、人工智能、元宇宙等新一代数字技术的蓬勃发展，人类已迈入人机物三元融合的新时代，软件成为连接物理世界与“社会(H)-信息(C)-物理(P)”三元世界的桥梁，“软件定义一切”成为核心趋势。因此，软件卓越工程师的教育与人才培养面临着前所未有的机遇与挑战。

针对新时代软件学科的特点和人才培养需求，需深入探究软件学科与其他学科的交叉融合、软件价值取向的变化及其对知识体系的影响，以及软件学科自身的发展变革。同时，还需从能力培养的角度出发，分析系统思维与复杂工程问题求解能力同知识体系的映射关系，进而重构软件教育知识谱系，贯通核心知识域、模块化知识单元及要素化知识点三维架构。

作为基础学科，软件学科教育还需向其他学科延伸发展。针对不同专业的特点，结合软件知识在人才培养中的作用，采取“专业+软件”的复合知识结构，推动适用于各专业需求的教学改革。为此，需研究如何将软件知识有机地融入相关专业知识体系中，实现跨学科知识结构的交叉融合与互补，为跨学科人才培养打好坚实基础。

3.1 软件专业人才核心能力培养方法

新时代软件教育体系锚定系统能力与复杂工程求解能力为战略支点。这两类核心能力建构路径存在本质差异：前者侧重全局建模与结构解析，后者强调矛盾识别与创新突破。作为能力孵化的核心载体，实践教学系统通过虚实结合、螺旋递进的培养闭环，既支撑系统思维的拓扑演进，又驱动工程求解能力的迭代跃升。

为了更有效地培养这两种能力,需要首先深入研究它们的内涵、构成和模型。系统能力强调对软件系统的整体把握、设计和优化能力,涉及系统分析、设计、实现、测试等多个方面。而复杂工程求解能力则侧重于在复杂的工程环境中,运用专业知识和技术手段,创造性地解决实际问题的能力。在分析这两种能力的内涵和构成的基础上,还需要进一步探究它们之间的内在关联性。系统能力和复杂工程求解能力在很多情况下是相互依存、相互促进的。一个具备强大系统能力的软件工程师,往往能够更好地应对和解决复杂的工程问题;而一个擅长解决复杂工程问题的软件工程师,也往往能够更深入地理解和把握软件系统。

其次,需要探究能力持续性培养和形成的特点和规律性。这包括了解能力形成的不同阶段、影响能力形成的关键因素、以及如何根据这些阶段和因素来制定有效的培养策略。通过渐进式、综合性的实践教学,我们可以逐步提升学生的系统能力和复杂工程求解能力。实践教学应该贯穿整个教育过程,从基础到高级,从理论到实践,形成一个完整的培养体系。

最后,还需要针对能力培养制定合适的考评方法。考评方法应该能够全面、客观地反映学生的系统能力和复杂工程求解能力。这可以通过综合运用笔试、项目实践、案例分析、学科竞赛等多种方式来实现。同时,考评结果也应该及时反馈给学生和教师,以便他们了解自身的能力水平和学习效果,从而及时调整学习策略和教学方案。

3.2 复合型、创新型的跨学科软件人才培养方法

跨学科人才培养已成为当今教育的重要趋势。然而,由于不同学科背景和专业思维的差异性,专业人才培养方案在软件学科知识储备方面面临诸多挑战。为了应对这些挑战,我们需要探究并实施“因材施教”的教学理念,以满足不同学科对软件学科的“个性化”需求。

首先,需要深入分析不同专业对软件学科的具体需求。这包括了解各专业在软件技术方面的应用方向、所需的软件工具和技术栈,以及专业内部对软件能力的期望和标准。通过深入了解这些需求,我们可以为不同专业量身定制软件课程,确保课程内容与专业的实际应用紧密结合。

其次,需要构建专业软件化的新型课程体系。这个体系应该包括基础软件课程、专业软件课程和实践环节三个层次。基础软件课程旨在为学生提供必要的编程和算法基础,以及软件工程的基本理论和方法。专业软件课程则根据各专业需求,有针对性地引入与专业相关的软件技术和工具,帮助学生掌握在专业领

域内应用软件的技能。实践环节则通过项目实践、案例分析等方式,让学生在实际操作中提升软件能力。

在设计跨学科软件人才培养方案时,需要注重课程之间的衔接和融合。这可以通过设置跨学科的课程模块、开展联合实验和项目实践等方式实现。同时,我们还需要加强与企业和行业的合作,引入实际项目案例和行业经验,让学生在学习过程中更好地了解行业需求和应用场景。

最后,需要建立有效的评估和反馈机制。通过定期的考试、作业和项目实践等方式,对学生的软件能力进行评估和反馈。同时,我们还需要与各专业教师 and 行业专家保持沟通,及时了解课程内容和教学方式的改进方向,以确保培养方案的有效性和针对性。

3.3 基于自我调节学习和数据驱动的个性化人才培养方法

如果说数千年前的一对一指导标志着个性化学习的起源,那么随着一百多年来学习教育教学系统化、标准化水平的提升,人们已逐渐意识到千篇一律的课程很难同时满足众多学生的需求。因为只有当学习环境适应学习者的需求时,每个学习者的潜能才可以得到充分发挥。教育数字化技术提供了通过人机协同的个性化学习辅助实现,文献2将汽车领域的自动化驾驶六级模型引入教育领域,提出个性化学习六级自动化模型,即从最低等级的完全由人工控制走向最高等级的完全由机器控制,并详细阐述了各等级中教师与技术的角色与作用。

教育数字化转型中需要关注的另一个重要方面是自我调节学习能力,这是一种被视为人类未来数十年必不可少的技能。自我调节能力是关于一个人在学习过程中如何调节自己的情绪、认知、行为和其他方面,包括学生制定自己的目标、计划自己的学习、独立执行学习计划、把握自己的学习成效等。如何在学习过程中对自我调节学习进行测量,文献3提出了一种逐时学习算法,使用来自自适应技术大规模应用产生的日志数据来检测自我调节学习过程。

此外,数据驱动的大规模因材施教也是教育数字化的重点之一。运用核心数字技术,如软件资源大数据与人工智能,结合学习者的个性化特征和需求,依托教育大数据来定制学习路径,力求实现个性化教学,并对学习者的进展和成长实施跟踪评估。此外,通过信息追踪、数字回溯、科学评测等手段,我们探索大数据赋能的智慧评估体系,优化教学质量监控流程,保证反馈机制的闭环运作,加强持续改进机制,从而精确提升软件人才的培养质量。

3.4 基于开源软件和群体智能的数字化在线学习模式

随着软件学科的持续发展和积累，尤其是近年来开源软件和群智软件开发模式的崛起，已经积累了庞大的、多元的且极具价值的软件资源库。这些资源包括以开源社区为平台的开源代码、知识问答平台上的宝贵经验、以及软件开发过程中的历史数据等。为了充分发挥这些资源在教育领域的价值，需要系统地探索如何在课程理论教学、实践教学以及人才培养的各个环节中有效地运用它们。

具体而言，我们需要研究如何将抽象的软件知识与具体的软件资源相结合，以促进学生对知识的深入理解和有效掌握。同时，我们还需关注如何利用这些资源来推动实践教学，从而培养学生的实际操作能力和专业素养。

在当前的教育背景下，一种被称为“群体化在线学习”的新兴智慧教育学习模式逐渐受到人们的关注。该学习模式植根于一种新型协同计算模式——群体智能的核心理念，同时吸纳了新建构主义的理论精髓与开源社区的协作模式。借助互联网平台，该模式能有效吸引、集结并管理庞大的学习者群体，促进他们通过竞争、合作等多种自主协同形式进行学习。在学习过程中，学习者能利用互联网大众的群体智慧来解决遇到的难题。

针对软件工程师的培养，群体化在线学习模式展现出非凡的价值。它助力实现大规模且个性化的培育目标，旨在培养出拥有坚定价值观、卓越数字素养、出众创新能力、可持续发展观念和终身学习能力的多领域、跨学科乃至超学科软件卓越工程师，为国内外软件产业的蓬勃发展提供坚实的人才基石。

通过实施上述教学改革与实践，我们在软件卓越工程师的培养上取得了显著成果。学生的综合素养、跨学科融合技能以及个性化教学的成效均实现了大幅提升。

4. 教学改革与实践成效

通过改革与实践，学院在软件卓越工程师人才培养方面取得了显著成效。学生的综合素质、跨学科融合能力和个性化教学效果均得到显著提升。

4.1 学生综合素质显著提升

通过实施跨学科软件人才培养方法和个性化教学方案，学生的综合素质显著提升。据统计，自教学改革实施以来，我院学生的平均绩点（GPA）由改革前的3.0提升至3.4，优秀率由20%上升至35%。此外，学

生在国内外各类学科竞赛中的获奖数量和质量均有显著提高，如全国大学生程序设计竞赛、ACM国际大学生程序设计竞赛等，获奖人数和奖项级别均创历史新高。

表 1 学生综合素质提升情况

| 项目 | 改革前 | 改革后 |
|-----------|------|--------------------|
| 平均绩点(GPA) | 3.0 | 3.4 |
| 优秀率 | 20% | 35% |
| 学科竞赛获奖人数 | 312人 | 312+105人(105为增长人数) |

4.2 跨学科融合能力增强

教学改革注重培养学生的跨学科融合能力，通过开设跨学科课程、组织跨学科项目实践等方式，有效促进了学生多学科知识的融合与应用。据统计，学生在跨学科项目中的参与度由改革前的60%提升至90%，跨学科项目完成质量显著提高。同时，学生在毕业论文中涉及跨学科内容的比例也大幅提升，由改革前的15%增加至40%。

表 2 跨学科融合能力提升情况

| 项目 | 改革前 | 改革后 |
|-------------|-----|-----|
| 跨学科项目参与度 | 60% | 90% |
| 毕业论文跨学科内容比例 | 15% | 40% |

4.3 个性化教学效果显著

基于自我调节学习和数据驱动的大规模因材施教方法，有效提升了个性化教学效果。据统计，个性化教学实施后，学生的学习满意度由改革前的75%提升至95%，学习效率和成绩均有显著提升。

表 3 个性化教学效果提升情况

| 项目 | 改革前 | 改革后 |
|----------|-----|-----|
| 学生学习满意度 | 75% | 95% |
| 学习效率提升比例 | | 30% |
| 成绩提升比例 | | 25% |

上述成果不仅为学院的高质量发展提供了有力支撑，也为新时代软件学科教育的发展提供了有益借鉴。

5. 结束语

本文在深入研究与分析新时代卓越工程师应具备的知识结构与软件学科创新人才培养要求的基础上，从学科内涵与外延两个维度出发，探究了跨学科软件人才培养的有效方法。特别是，本文基于教育数字化

转型的大背景,构建了基于自我调节学习和数据驱动的大规模因材施教个性化软件人才培养策略。

本文的研究不仅对我校国家级特色化示范性软件学院的高质量发展具有直接的实践指导意义,同时也对江苏省卓越工程师教育培养计划 2.0(软件工程)专业的高水平建设提供了有价值的参考。

随着信息技术的飞速发展,软件学科在制造业、服务业乃至整个社会经济体系中的地位日益凸显。因此,培养具备多学科交叉融合能力的软件人才,对于实施国家级战略方针、从制造大国向制造强国转变的国家级战略任务具有重大意义。

参考文献

- [1] 国家自然科学基金委员会,中国科学院编. 中国学科发展战略: 软件科学与工程[M]. 科学出版社, 2021
- [2] 李永智. 教育数字化转型[M],上海教育出版社,2023
- [3] (美) 克莱顿·M. 克里斯坦森,(美) 迈克尔·B. 霍恩,(美) 柯蒂斯·W. 约翰逊著 周爽译,创新者的课堂:颠覆式创新如何改变教育[M], 机械工业出版社, 2020
- [4] 曾永卫. 卓越工程师培养论[M],湘潭大学出版社, 2020
- [5] 王章豹. 大工程时代的卓越工程师培养[M], 上海科技教育出版社, 2017
- [6] 王章豹. 工程哲学与工程教育[M], 上海科技教育出版社, 2018
- [7] 李曼丽. 工程师与工程教育新论[M], 商务印书馆, 2010
- [8] 张广泉. 面向校企合作的软件工程人才培养模式探讨与实践[J]. 计算机教育,2008,21:29-32
- [9] 程宝雷,樊建席,张广泉. 高质量创新型本科人才的培养实践研究[J], 计算机技术与教育学报, 2023,11(4):5-9
- [10] 张广泉. 《形式化方法》课程建设探索与实践. [J]计算机技术与教育学报, 2021.9(2):59-64
- [11] 张广泉. 面向人机物融合的软件学科高质量创新人才培养研究[J],计算机技术与教育学报, 2023,11(4):95-99
- [12] 张广泉. 面向工业4.0的CPS多学科交叉融合课程教学改革与探索[J], 计算机技术与教育学报, 2022.10(2):40-44.