

新工科背景下的数据结构课程实践*

刘佳琪 刘海龙

西北工业大学计算机学院, 西安 710072

摘要 计算机领域专业人才的培养是我国成功实施科技强国梦的关键, 对服务和支撑我国经济转型升级意义重大。本文深入分析国内外计算机人才培养模式现状, 以数据结构课程为着手点探讨“新工科”背景下人才培养问题与挑战。课程旨在使学生掌握基本数据结构的表示、存储和操作, 具备选择数据结构的能力和应用所学知识求解实际问题的能力。建设方案共包含两个部分, 基础理论教学部分有助于学生学会从结构的本质理解数据间的关系, 工程实践教学能够帮助学生将所学的理论知识映射至工程开发过程。最后, 分别从成绩分析结果和评教问卷结果对本课程建设成效进行了评估, 结果显示通过课程学习学生能够有效提升其基础理论知识以及综合实践能力。

关键字 新工科, 课程实践, 数据结构

Course Practice of Data Structure under the Background of New Engineering

Jiaqi Liu Hailong Liu

School of Computer Science of Northwestern Polytechnical University
Xi'an 710072, China;
jqliu@nwpu.edu.cn

Abstract—The talent development in computer science is a key to develop the country's science and technology, and is significant to serve and support the country's economic transformation and upgrading. Through the data structure course, this paper analyzes computer talent training mode at home and abroad, and discusses the problems and challenges of talent training in the context of new engineering. The course aims to enable students to learn the representation, storage and operation of basic data structures, and have the ability to choose and apply the data structure they learned to solve practical problems. The construction consists of two parts. The theory teaching helps students learn to understand the relationship between data from the essence of the structure, and the practice teaching helps students apply the knowledge to real engineering development. Finally, we evaluate the course construction from two aspects. Both the results of exam and questionnaire showed that students could effectively improve their basic theoretical knowledge and comprehensive practical ability through the course learning.

Keywords—New Engineering, Course Practice, Data Structure

1 引言

2016年12月, 国务院颁发的《“十三五”国家信息化规划》^[1]中明确提出支持云计算与大数据、人工智能、物联网、智能制造、网络安全等领域的研发攻关和产业化发展。这一文件表明计算机领域智能应用已经上升为国家战略重点。近年来, 以物联网、大数据、人工智能、工业互联网为核心的智能计算层出不穷, 互联网+、物联网+、AI+等方向的发展方兴未艾, 成为引领和变革传统领域和行业的核心技术。新型产业的蓬勃发展依赖于新型人才的培养。不断加强人才培养, 补齐人才短板, 是我国计算机类人才培养的当务之急。高等院校是人才培养的急先锋, 承担着为国民经济各

条战线输送新鲜血液的任务。计算机领域专业人才的培养是我国成功实施科技强国梦的关键, 对服务和支撑我国经济转型升级意义重大。为了主动应对新一轮科技革命与产业变革, 支撑服务创新驱动发展, 2017年国家发力推进“新工科”建设, 设置大数据、云计算、人工智能、区块链、虚拟现实、智能科学与技术等相关工科专业, 并将电子技术类、计算机技术、网络与信息工程、安全工程、新能源、功能材料等专业统一纳入“新工科”的范畴, 全力探索形成领跑全球工程教育的中国模式、中国经验, 助力高等教育强国建设。

目前, 已有工作进行了新工科背景下人才培养的探索^{[2][3]}。尤其在计算机领域复合型人才培育和工程型人才培养方面, 国内外都开展了相关的前沿研究探索和人才培养实践。首先, 以学科交叉为核心的复合型

***基金资助:** 本文得到西北工业大学教育教学改革研究项目(2024233779)资助。

人才培养。中国科学院院士吴朝晖指出需要确立交叉融合的学科发展方式，并在浙江大学开设人工智能协同创新中心，充分汇聚计算机、统计、数学、医学、人文社会等领域的人工智能研究力量，全面推动人工智能相关学科的研究范式转型和实力提升。2021年，麻省理工学院（MIT）投资10亿美元成立施瓦茨曼计算机学院，其核心战略是“计算机+X”，要求学生必修计算机专业课程，并与生物学、经济学等其他多个专业联合。卡内基梅隆大学（CMU）也创新性地开设了计算生物学系，进行计算机与生物学的前沿交叉研究。张彦航等^[4]实施了面向专业交叉融合的C语言程序设计课程教学改革。朱秘等^[5]针对我国高等教育的现状和人才培养需求，提出建设“人工智能+X”时代创新人才培养模式的基本思路。叶含笑等^[6]以多媒体技术及应用课程为着手点探讨了多学科交叉融合教学。然后，以产教融合为核心的工程型人才培养。2017年，国务院发布《国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见》^[7]，指出深化产教融合，促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，是当前推进人力资源供给侧结构性改革的迫切要求，对新形势下全面提高教育质量、扩大就业创业、推进经济转型升级、培育经济发展新动能具有重要意义。2017年，浙江大学成立阿里巴巴-浙江大学前沿技术联合研究中心。该中心由浙江大学计算机学院与阿里巴巴共建，通过校企联合课程，学生可直接参与企业真实项目研发。北京航空航天大学、西北工业大学等多个院校设立了双导师制，要求企业工程师与高校教师共同指导学生。姜宏旭等^[8]进行了产教融合背景下嵌入式人工智能课程建设的探索。富丽贞等^[9]进行了产教融合思路下网页设计与网站建设课程建设探索与实践。邵桂芳等^[10]探索了产教融合引领下的新工科创新人才联合培养。

在上述背景下，本文将深入分析国内外计算机人才培养模式现状，以数据结构课程为着手点探讨“新工科”背景下人才培养问题与挑战。具体来说，新工科建设的内核对数据结构课程提出了多维度的转型要求。其一，知识体系的交叉性。传统的教学内容需要突破课程本身的基础理论边界，支撑计算机学科涵盖的人工智能、物联网、生物信息等新兴领域。其二，能力培养的复合性。需要从固有的算法实现能力单维目标转向数学建模-工程实现-系统优化立体能力矩阵。在此背景下，数据结构课程需从简单的知识容器转型为思维孵化课程，通过理论教学与代码实践环节的深度耦合，培养兼具科学思维与工程智慧的创新型人才。基础理论教学方面，需要实现从知识传递到思维建模的转变，以计算思维培养为核心的建构人才培养体系。工程实践教学方面，需要实现从技能训练到赋能创造的转变，突破验证性编程的局限，构建学习-重构-创造层层递进的能力进化链。在新工科范式下，数据结构课程的革新本质是教育理念的重定向：理论教学需

从解释世界走向设计世界，通过思维建模赋予学生解构复杂系统的理论工具；代码实践则需从复制世界转向创造世界，在实验中培育工程创新的核心素养。唯有将严谨的数学思维、灵活的工程直觉与跨界的系统视野相结合，才能培养出符合智能化时代要求的工程师。这一转型不仅是教学内容的更新，更是从“教书”到“铸魂”的教育价值转变。

2 课程设计

数据结构课程是计算机领域的重要专业基础课，是计算机程序设计的重要理论和技术基础。课程旨在使学生掌握基本数据结构的描述和基本操作，具备选择数据结构的能力和应用所学知识描述和求解实际问题的能力。同时，使学生能够掌握基本的算法设计技术，了解算法复杂性分析的概念和基本方法，并通过大量实例的分析和训练，使学生达到具备对简单工程应用问题的计算机求解能力。为进一步学习计算机领域的其它课程、从事软件工程的开发打下坚实的基础。数据结构课程的整体教学目标，是培养和检验学生以下能力及其达成情况，如表1所示。

课程知识方面：

第一，系统地掌握数据结构的基本概念和基本方法，包括线性表的概念、线性表的顺序表示和实现、线性表的链式表示和实现以及顺序表和链表的应用；栈和队列的概念、栈和队列的顺序表示和实现、栈和队列的链式表示和实现、栈和队列的应用、栈和递归；稀疏矩阵的概念、存储及操作、广义表的概念和存储结构；树的定义及表示方法、二叉树概念、性质、存储与遍历、线索二叉树、森林的存储表示和与二叉树的对应关系、树和森林的遍历、哈夫曼算法及其应用；图的概念、存储结构、遍历、连通性、最小生成树、有向无环图及拓扑排序、最短路径、关键路径。

第二，系统地掌握查找和排序算法的基本原理和使用方法，包括查找表的概念、静态查找表与动态查找表的概念、分类及算法；内部排序概念、插入排序、交换排序、选择排序、归并排序、基数排序以及各种排序算法的比较。第三、初步掌握算法的时间复杂度分析和空间复杂度分析方法。

综合能力方面：

第一，自主学习能力。能够自主查阅资料和案例程序，掌握常用数据结构的基本概念及使用方法，会对一些常见问题设计算法，实现并验证，形成报告。

第二、工程能力、问题分析能力、设计开发、工具应用能力和研究能力。提高学生应用数学理论知识建模、分析计算机加工的数据的特征以及选择合适数据结构、算法和工具解决简单工程技术问题和对解决

方案进行验证的能力,并且使学生具备数据抽象能力。第三,社会责任。了解和掌握数据处理技术现状及其与法律、社会、安全等的关系,培养学生一定的人文、科学素养以及选择合适的数据结构和算法时综合考虑经济、环境等非技术因素从多个角度探寻解决问题途径的素养。第四,团队意识及沟通能力。掌握基本的

技术沟通能力,要求能够清晰撰写技术报告和回答关于设计总体思路及细节的质询。具备团队协作的意识,共同合作解决问题,共同学习。第五,职业规范。学习和了解计算机领域工程职业规范的要求,并能遵守诚实守信等核心规范要求。

表 1 各章节课程目标与教学要求

| 章节 | 课程目标 | 教学要求 |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第一章 绪论 | K1 (工程知识) K2 (问题分析) K6 (工程社会、职业规范) | 掌握数据结构及其相关的概念、数据的逻辑结构和存储结构之间的关系(K1、K6); 了解算法的五要素、算法与程序的区别(K1); 熟练掌握语句频度和时间复杂度的估算方法(K2) |
| 第二章 线性表 | K1 (工程知识) K2 (问题分析) K3 (设计开发、研究、工具) K4 (沟通) K5 (终生学习) | 线性表的概念及存储结构(K1); 顺序表和链表的操作包括构造空顺序表、插入、删除、查询数据元素和归并算法等(K2、K3、K5、K4(实验支持)); 算法的时间复杂度和空间复杂度的分析(K2)。 |
| 第三章 栈和队列 | K1 (工程知识) K2 (问题分析) K3 (设计开发、研究、工具) K5 (终生学习) | 栈的概念、栈的顺序表示和实现、栈的链式表示和实现(K1、K2); 栈与递归的关系(K1、K2); 队列的概念、队列的顺序表示和实现、队列的链式表示和实现(K1、K2); 栈和队列的应用(K1、K2、K3、K5)。 |
| 第四章 稀疏矩阵和 广义表 | K1 (工程知识) K2 (问题分析) K3 (设计开发、研究、工具) K4 (沟通) K5 (终生学习) | 稀疏矩阵的概念(K1); 稀疏矩阵的存储及操作(K2、K3、K4(实验支持)); 广义表的概念(K1); 广义表的存储结构(K1); m元多项式的表示(K1、K2、K3、K5)。 |
| 第五章 树和二叉树 | K1 (工程知识) K2 (问题分析) K3 (设计开发、研究、工具) K4 (沟通) K5 (终生学习) | 树的定义及表示方法(K1); 二叉树的定义及表示方法(K1、K2); 二叉树的存储遍历及线索化(K1、K2、K3); 森林的概念(K1); 树和森林的遍历(K1); 哈夫曼树及哈夫曼编码(K2、K3、K5、K4(实验支持)) |
| 第六章 图 | K1 (工程知识) K2 (问题分析) K3 (设计开发、研究、工具) K4 (沟通) K5 (终生学习) | 图的定义及表示方法(K1); 图的存储结构(K1); 图的遍历(K1、K2、K3); 图的连通性(K1、K2); 最小生成树(K1、K2、K3); 有向无环图及拓扑排序(K1、K2、K3); 最短路径(K1、K2、K3、K5、K4(由实验支持)); 关键路径(K1、K2、K3)。 |
| 第七章 查找 | K1 (工程知识) K2 (问题分析) K3 (设计开发、研究、工具) K5 (终生学习) | 静态查找表的概念、分类及算法(K1、K2、K3、K5); 动态查找表的概念、分类及算法(K1、K2、K3、K5)。 |
| 第八章 排序 | K1 (工程知识) K2 (问题分析) K3 (设计开发、研究、工具) K5 (终生学习) | 静态插入排序、交换排序、选择排序、归并排序、基数排序五类基本的排序算法(K1、K2、K3、K5)。 |

思政育人方面:课程思政育人的总体目标是将价值塑造、能力培养和知识传授有机融合,贯穿于课堂

教学的各个环节。使学生了解数据结构在计算机及其他工程领域的重要意义,充分认识科学技术是第一生

产力,培养勇挑重担的使命感,培养敢于挑战难题和科学严谨的价值观。本课程从下面五个方面践行思政育人。第一,讲解我国软件在自主可控方面的紧迫性以及面临的机遇和挑战,介绍我国大数据发展的战略和发展现状。第二,阐明核心理论、核心技术对提升国家核心竞争力的重要意义。第三,分析个人能力、职业发展、社会、国家和人类命运的密切关系。第四,结合实际软件工程、算法在信息安全、工业、国防等重要领域的重要作用。第五,在理论和实践教学,演示从简单到复杂、从一般到特殊/从特殊到一般、抓住主要矛盾等方法论和哲学思维的实际应用,逐步提高学生自主理解抽象理论和清晰构建系统设计思路的能力。

3 建设方案

建设内容以西北工业大学计算机学院大类平台课程《数据结构》课程为试点进行。该课程共 56 学时、3.5 学分。每学年春季学期面向大一计算机专业学生开放,选课学生约一百余人。建设方案共包含两个部分,基础理论教学及工程实践教学。

3.1 重视基础理论

在新工科建设背景下,数据结构课程的理论教学需承载跨学科知识融通的时代使命。随着人工智能等领域的兴起,数据结构课程已从单纯的计算机学科基础课程演变为多领域数字化建模的通用语言基础。例如,在智慧城市领域,交通流量预测任务需要使用图结构对路网拓扑进行建模,图中节点度分布特征直接影响路径规划算法的选择。在磁盘存储领域,文件系统普遍采用 B+树作为索引结构,其多叉平衡特性能够将树高控制在 $O(\log N)$ 级别,有效减少磁盘的查询效率。重视数据结构课程中的基础理论教学,有助于学生会从结构的本质理解数据间的关系,并在多种不同场景中的进行灵活应用。具体来说,本课程从教材、教学、作业这三个维度进行基础理论教学的开展与强化。

教材方面,本课程采用的教材为耿国华等编著的《数据结构:用 C 语音描述》。除此之外,还为学生提供了若干本中英文经典教材作为参考,包括俞勇等编著的《数据结构》、严蔚敏等编著的《数据结构(C 语言版)》、殷人昆等编著的《数据结构(用面向对象方法与 C++ 描述)》、Weiss 等编著的《Data Structures and Problem Solving Using C++》、Kruse 等编著的《Data Structures and Program Design in C++》。授课过程中,按照主要教材的设计思路进行知识点讲授,同时选取参考教材中的优秀实例作为补充,多角度、全方面的为学生进行授课。

教学方面,采用课堂教学为主、线上教学为辅的模式。课堂教学过程中,注重各个章节知识点的覆盖,并使用 PPT 动画演示的方式为同学们讲解一些重要算法的设计思路以及执行过程。线上教学作为课堂教学的补充,主要服务于学习能力较弱的学生,为其提供知识温习以及习题讲解。本课程为需要的学生提供课堂教学录像供其温习,录像来自于前几年疫情期间线上教学内容,采用专业的图像声音采集设备,保证录像的可观看性。另外,本课程以线上会议的形式为需要的学生提供习题。每周末集中为学生进行讲解上周布置的作业题,保证学生有效掌握课程知识内容。上述教学内容不强制、不记名,仅面向有需要的学生开设,有力保障了不同层次学生各自的需求。

作业方面,采用书面作业与编程作业相结合的方式。每节课后布置若干书面作业,要求学生在作业本上完成并交由助教批改。书面作业的内容类型广泛,包括概念阐述,如栈和队列各自特点简述,其目的在于加强学生对于重要概念的理解与记忆;代码分析,如给出一段代码并分析其功能,其目的在于培养学生的代码理解能力;重点知识点考察,如求给定图结构的最小生成树,其目的在于重点知识点的练习与巩固;综合设计,如用代码实现数组中所有元素的循环右移,其目的在于锻炼学生分析、解决问题的问题的能力,以及将所学数据结构与实际工程需求联系起来的能力。除了书面作业,本课程还以章节为单位配置了编程题目,题目涵盖所学数据结构的基本操作以及经典应用。学生在线上平台完成并进行实时编译以查看结果。

3.2 强化工程实践

在新工科建设推动工科课程教学模式转型的背景下,工程实践作为数据结构课程的核心能力培养环节,亟需实现理论知识与代码能力的融合贯通。传统教学模式中普遍存在的代码实现与算法理论脱节现象,导致学生虽能理解抽象数据模型与算法逻辑,却难以在工程场景中完成高质量代码实现,暴露出需求分析能力薄弱、代码可维护性差、异常处理机制缺失等典型问题。这种能力断层制约着新工科人才系统能力的形成。工程实践教学的核心在于构建算法思维与工程能力的双向映射。通过模块化代码设计训练,学生可以掌握接口抽象与功能解耦的工程思维;通过版本迭代开发实践,学生能够深入理解技术选型与重构优化的决策逻辑。

本课程的编程题目覆盖各章知识点,具体包括:线性表顺序存储结构、链式存储结构的表示及应用编程共计 6 题;栈和队列的表示及应用编程共计 5 题;稀疏矩阵和广义表的表示及应用编程共计 3 题;树和二叉树的表示及应用编程共计 7 题;图的表示及应用编程共计 4 题;查找算法编程 1 题。编程的题目设

计时需要既注重基础知识的巩固又强调综合能力的提升。基础知识层面,题目直接覆盖所讲授数据结构的核​​心操作,例如通过单链表的创建、插入和删除等基础训练,强化学生对指针管理和内存分配的理解。综合能力层面,更加侧重知识迁移能力的培养,例如线性表就地逆置,这类题目要求学生根据实际需求选择顺序表或链表结构,灵活运用插入、删除操作并考虑时间复杂度。

课程依托头歌教学平台^[11],要求学生完成相应的编程作业,自主编写代码、运行调试。头歌平台是一种大规模专业课程在线实践教学平台,为计算机专业师生提供了一种在线实验、在线实训、在线学习的工程实践能力培养的环境和创新社区。平台支持教师在

线发布代码编程作业,学生在平台上进行代码的编写,编译和运行及自动测试,系统界面如图1所示。在教师端,教师能够自选实验内容发布给根据需要设置发布时间、截止时间、统一发布或分班发布。学生完成实验作业后,教师可以查看学生实验作业的完成情况。平台支持教师对作业进行点评、调分、导出实验报告等操作,同时,教师或助教可以对学生的实验报告进行评阅。在学生端,学生进入实验作业后,阅读任务描述、编程要求、测试说明后可以进行代码的编写及测试,并可以查看配置信息等、本实验最大执行时间等。如果代码存在问题,提交之后会提示 error 并给出相关提示;如果代码没问题但是没有完成题目要求,会提示存在测试结果不匹配。学生通过错误提示可以继续进行修改。



图 1 头歌编程实践平台

4 建设成效

对于本课程建设成效评估分别从成绩分析和评教问卷两个方面展开。

4.1 成绩分析

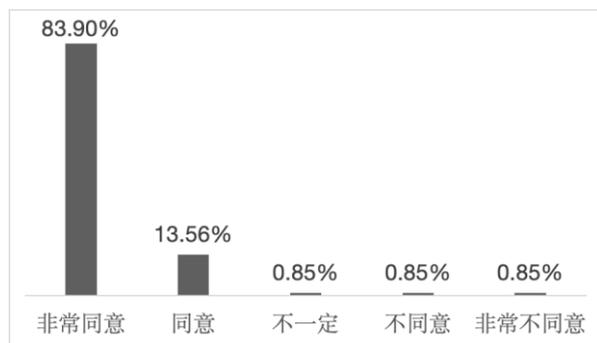
学生的最终考核成绩如表2所示。从表中可以看出,考核成绩的分布基本符合正态分布,90%以上的学生通过考核,这一结果表明绝大多数学生能够有效掌握课程的理论知识。工程实践方面,全部学生均能按时完成平时布置的在线编程作业,对于提高其代码实践能力有着重要的促进作用。

表 2 学生考核成绩

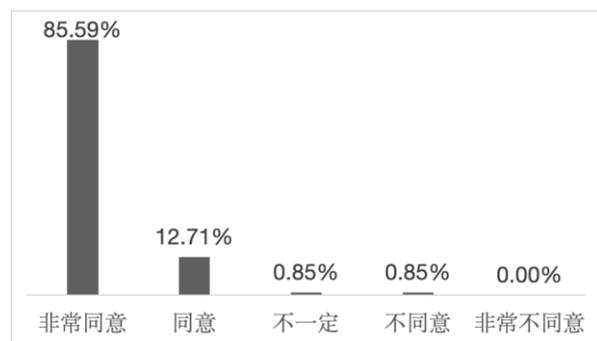
| 分数段 | [90, 100] | [80, 90) | [70, 80) | [60, 70) | [0, 60) |
|-----|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 人数 | 10 | 46 | 47 | 13 | 10 |
| 占比 | 7.87% | 36.22% | 37.01% | 10.24% | 7.87% |

4.2 评教问卷

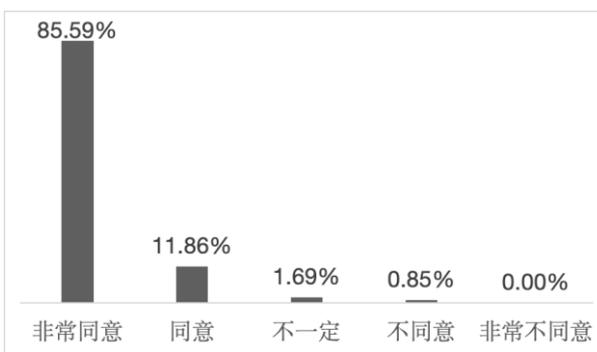
为了评估学生对本课程的满意程度，我们在学期结束后向学生下发了调查问卷，以匿名的形式提交。课程学生共 127 人，下发问卷后收回 118 份，回收率为 92.9%。问卷设置的问题如下：



(1) 问题 1 的统计结果



(2) 问题 2 的统计结果



(3) 问题 3 的统计结果

图 2 问卷反馈统计结果

问卷问题 1：我对这门课程的总体满意度；

问卷问题 2：通过学习这门课程，我的理论知识水平得到了较大的提升；

问卷问题 3：通过学习这门课程，我的综合能力水平得到较大的提升；

对于每个问题，学生从下面五个选项中进行选择：“非常同意”、“同意”、“不一定”、“不同意”以及“非常不同意”。三个问题的问卷反馈统计结果如图 2 所示。

从统计结果中可以看出，对于问题 1（总体满意度），超过 83% 的学生选择了“非常同意”，表明大多数同学对于课程的整体设置是满意的。对于问题 2（理论知识水平提升），超过 85% 的学生选择了“非常同意”，表明课程中学生能够有效学习到基础理论知识，掌握数据结构的基本概念和基本方法、对于问题 3（综合能力水平提升），超过 85% 的学生选择了“非常同意”，表明课程中学生能够有效提升其工程能力、问题分析能力、设计开发、工具应用能力和研究能力等综合能力。

4 结束语

在国家“新工科”建设的驱动下，数据结构课程作为计算机领域人才培养的核心基础课，正经历从知识传授到能力塑造、从单一学科到跨界融合的深刻转型。本文以西北工业大学数据结构课程为实践样本，系统探讨了课程教学的实践路径：通过基础理论教学中计算思维的凝练与工程实践中创新能力的孵化，构建了理论与实践并重的立体化能力培养框架。课程建设成效表明，理论教学与工程实践的深度融合不仅显著提升了学生的算法设计与系统开发能力，更培育了其应对复杂工程问题的跨学科思维与社会责任意识。

当前，全球科技创新竞争日益聚焦于智能技术领域，人才培养的范式革新已成为高等教育改革的战略高地。未来，数据结构课程的建设需进一步深化学科交叉与产教协同，在“计算机+X”的框架下探索更具弹性的知识体系与评价机制，将企业真实场景引入教学全链条。唯有持续推动教育理念从学习技术向引领创新跃迁，才能真正培养出兼具科学素养与工程智慧的新一代科技人才，为我国实现高水平科技自立自强提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 国务院. “十三五”国家信息化规划[EB/OL]. https://www.gov.cn/xinwen/2016-12/27/content_5153558.htm
- [2] 向凌云, 史长琼, 夏卓群. 新工科背景下地方高校网络工程人才培养模式创新研究[J]. 计算机技术与教育学报, 2024 年 12 月, 12(6):37-43
- [3] 郑瑞娟, 刘铭, 赵旭辉, 张明川, 王勇. 新工科软件类专业创新创业教育改革模式研究[J]. 计算机技术与教育学报, 2024 年 11 月, 12(5):37-41

- [4] 张彦航, 苏小红, 张羽, 袁永峰. 面向专业交叉融合提升学生的软件设计能力[J]. 计算机技术与教育学报, 2024年9月, 12(3):88-92
- [5] 朱秘, 廖宁生, 彭波, 肖汉光, 杨平安. 聚焦学科交叉融合的“人工智能+X”时代创新人才培养模式探索[J]. 计算机教育, 2024, 357(09):5-10
- [6] 牛淑芬, 于斐, 杨平平, 方丽芝. 交叉学科背景下信息安全数学基础理论与实践教学方法研究[J]. 计算机教育, 2021, 314(02):149-152
- [7] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-12/19/content_5248564.htm
- [8] 姜宏旭, 赵梅娟, 李辉勇. 产教融合背景下嵌入式人工智能课程建设的探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2024年12月, 12(6):1-7
- [9] 富丽贞, 马巧梅, 何志英, 张静. 产教融合思路下网页设计与网站建设课程建设探索与实践[J]. 计算机技术与教育学报, 2024年10月, 12(4):56-61
- [10] 邵桂芳, 刘瞰东, 祝青园, 高云龙. 产教融合引领下的新工科创新人才联合培养[J]. 计算机教育, 2024, 352(04):75-80
- [11] 头歌. 头歌实践教学平台[EB/OL]. <https://www.educoder.net>