

中国计算机学会通讯



COMMUNICATIONS OF THE CCF

第15卷 第4期 总第158期 2019年4月



李建中任CCCCF新主编 P64

计算机教育的研究 P8

如何以计算的视角来思考 P62



2019 CCF CCD 计算机课程改革导教班

(8月10~17日, 北京)



学术主任: 李晓明

北京大学教授
CCF会士, CCF王选奖
杰出教育奖获得者



臧斌宇

上海交通大学教授
CCF杰出会员、监事
课程: 计算机系统基础



徐志伟

中国科学院大学教授
CCF会士、理事
课程: 计算机科学导论



杜小勇

中国人民大学教授
CCF会士、常务理事
CCF卓越服务奖获得者
课程: 数据库与大数据

联系: adl@ccf.org.cn 18810669757



中国计算机学会通讯

COMMUNICATIONS OF THE CCF



主办 中国计算机学会
China Computer Federation

刊名题字 张效祥

编辑 《中国计算机学会通讯》编辑部
编辑部主任: 李梅
地址: 北京市海淀区科学院南路6号
通信: 北京 2704 信箱 100190
电话: (010) 6267 0365
传真: (010) 6252 7485
<http://www.ccf.org.cn>
E-mail: cccf@ccf.org.cn
封面设计: SEEKLAB

声明

《中国计算机学会通讯》(CCCF) 刊登的文章, 除 CCF 或 CCCF 特别署名外, 仅代表作者的学术观点。CCCF 鼓励与支持学术争鸣。

版权声明

中国计算机学会 (CCF) 拥有《中国计算机学会通讯》所刊登内容的所有版权, 未经 CCF 允许, 转载本刊文字及照片会被视为侵权, CCF 将追究其法律责任。

编辑单位: 中国计算机学会
印刷单位: 北京华联印刷有限公司
发送对象: 中国计算机学会会员
印刷日期: 2019 年 4 月

主 编

李建中 CCF 会士、常务理事, 哈尔滨工业大学教授

专 题

主 编 陈宝权 CCF 会士、常务理事, 北京大学教授
编 委 黄 惠 CCF 杰出会员, 深圳大学特聘教授
贾 珈 CCF 高级会员, 清华大学副教授
李 涛 CCF 高级会员, 南开大学教授
谭晓生 CCF 副秘书长, 北京赛博英杰科技有限公司董事长
王长波 CCF 理事, 华东师范大学教授
杨 珉 CCF 专业会员, 复旦大学教授
张兴军 CCF 高级会员, 西安交通大学教授

专 栏

主 编 包云岗 CCF 理事, 中国科学院计算技术研究所研究员
编 委 崔 勇 CCF 杰出会员, 清华大学教授
郭得科 CCF 杰出会员, 国防科技大学教授
刘譞哲 CCF 专业会员, 北京大学副教授
陆品燕 CCF 杰出会员, 上海财经大学教授
张敏灵 CCF 高级会员, 东南大学教授

动 态

主 编 王 涛 CCF 理事, 爱奇艺资深科学家
编 委 陈云霄 CCF 杰出会员, 中国科学院计算技术研究所研究员
王 斌 CCF 专业会员, 清华大学副教授
王井东 CCF 专业会员, 微软亚洲研究院资深研究员
俞 扬 CCF 专业会员, 南京大学副教授
张 民 CCF 专业会员, 苏州大学教授
周庆国 CCF 高级会员, 兰州大学教授

译 文

主 编 胡春明 CCF 专业会员, 北京航空航天大学教授
编 委 姜 波 CCF 高级会员, 浙江工商大学教授
李 超 CCF 高级会员, 上海交通大学特别研究员
苗启广 CCF 理事, 西安电子科技大学教授

学会论坛

主 编 杜子德 CCF 秘书长

CONTENTS 目录

2019年4月 第15卷 第4期 总第158期



CCCF 新主编上任

2019年4月9日, CCF召开了《中国计算机学会通讯》(CCCF)编委会换届会议,从创刊到现在任职14年的主编李国杰教授(CCF名誉理事长)卸任,CCF会士、常务理事、哈尔滨工业大学教授李建中接棒担任CCCF主编。为感谢李国杰主编的卓越贡献,CCF前任理事长郑纬民代表CCF理事长高文向李国杰颁发感谢证书和感谢牌(左图)。CCF名誉理事长李国杰、前任理事长郑纬民向李建中颁发聘书(右图)。详见本刊第64页。

卷首语

7 非“首创”研究等于低价值吗?

包云岗

专 题

8 计算机教育的研究

特邀编辑: 张 铭

10 面向可持续竞争力的未来高等工程教育态势及服务型教育

徐晓飞

16 计算机教育研究浅析——从 ACM 计算机科学教育大会看国内外计算机教育科研

张 科 张 铭 陈 娟 等

26 信息技术领域新工科建设与工程教育改革

张 龙 刘 华

30 加强文科生计算机教育,培养跨学科综合型创新人才

卢湘鸿



阅读整本



CCCF 微博

敬告读者

欢迎读者提出意见或建议。

编辑部联系方式:

电话: (010)6267 0365

E-mail: cccf@ccf.org.cn

查阅电子版:

<http://dl.ccf.org.cn/cccf/list>



《所有事情都会有新的开始……》的作者韩玉琦采访王传英（左）

- 34 中小学计算机基础教育与创新能力培养
陈 斌 李冬梅 毛华均

专 栏

- 40 所有事情都会有新的开始……
记我国第一个计算机三人小组之王传英
韩玉琦 徐祖哲 包云岗 等
- 44 面向健康的智能感知与计算研究进展和趋势——
记 CNCC2018 技术论坛“智能健康感知与计算”
周兴社 王 柱
- 48 数据中心的流量调度方法
白 巍 胡水海 曾高雄 陈 凯
- 53 面向新型智能设备的交互技术
伍楷舜 邹永攀
- 57 智能网卡：云计算时代的高新网络技术
陈 果 李肯立 罗腊咏 谭 焜
- 62 **The CS David 专栏**
如何以计算的视角来思考
作者：戴维·阿兰·格里尔 (David Alan Grier)
特邀译者：孙晓明

视 点

- 66 关于数据结构教材中一种常见说法的商榷
李晓明

动 态

- 68 AAAI 2019——在变革中创造历史
胡毅奇 庞振家
- 71 WSDM 2019——互联网搜索与数据挖掘领域的学术盛会
张俊祺 吴之璟 陈 冲 等
- 74 新技术 & 新应用

译 文

- 76 计算机体系结构将迎来黄金时代
作者：约翰·轩尼诗 (John Hennessy)
戴维·帕特森 (David Patterson)
译者：新智元

学会论坛

- 88 CCF 关于 NOI 若干问题的公告
- 90 关于 CCF 不再承担工程教育认证工作的公告
- 94 读编往来

信息索引

• CCF CCD	封二
• CCF ADL 工作组及年度计划	6
• CCCF 专题选题暨特邀编辑征集	15
• CCF 代表团出席日本 IPSJ 大会	29
• 2019 CCF 高性能计算专委会征文	38
• 记录中国计算机发展历史采访征集	39
• CCF ADL 工作组召开会议	43
• CCF 专委会活动计划 (2019.5)	52
• CCCF 编委会换届	64
• CCF 上海交通大学学生分会成立	67
• CCF 会员活动中心动态	73
• CCF YEF2019	91
• CCCF 征稿启事	91
• CCF 专委会活动计划 (2019.5-8)	92
• CNCC2019 启动会在京召开	93
• CCF 协办清华三亚人工智能高峰论坛	93
• CCCF 评刊员征集	95
• CSP 认证：评测大学生编程能力的重要手段	96
• CCF 会员续费	封三
• CNCC 2019	封底

Preface

7 **Is Non-Innovative Research Equal to Low Value?**

Bao Yungang

Features

8 **Research in Computer Education**

Guest Editor: Zhang Ming

10 **The Future Higher Engineering Education and Service-Oriented Education for Sustainable Competencies**

Xu Xiaofei

Several typical forms of higher engineering education in the future are identified in this article. In order to enhance the ability of life-time study and sustainable competencies of students, the service-oriented education, as well as its concept, characteristics, models and key factors, are presented. These new educational forms would be the development directions or referenced models of higher engineering education in the future.

16 **A Brief Overview of Computer Education Research in China and Abroad in Light of 50-Year ACM SIGCSE Technical Symposia**

Zhang Ke, Zhang Ming, Chen Juan and et al

This article gives an overview of four important CSE-related conferences organized by ACM SIGCSE, especially the recently held 2019 SIGCSE Technical Symposium that just celebrated its 50th anniversary. Several milestones as well as the latest trends and developments in international CSE are reviewed and presented. Moreover, crucial achievements in Chinese CSE and CSE research fields since the establishment of P. R. China 70 years ago are exhibited, manifesting the remarkable contributions made by Chinese computer science educators and researchers to the worldwide development of CSE.

26 **New Discipline Construction and Engineering Education Reform in the Field of Information Technology**

Zhang Long and Liu Hua

This article discusses the importance and necessity of new discipline construction and engineering education reform in the field of information technology, and expounds the work that universities have already carried out and their future tasks.

30 **Strengthening the Computer Education of Liberal Arts Students, Cultivating Interdisciplinary and Comprehensive Innovative Talents**

Lu Xianghong

This article introduces the goal of computer education for liberal arts students and discusses the computer application needs in different liberal arts majors, e.g. cultivating scientific thinking and computational thinking in the teaching process, dealing with the information needs of liberal arts majors with new non-liberal arts thinking modes. On the basis of forming a multi-disciplinary, multifaceted knowledge structure and in the process of cultivating scientific thinking and computational thinking, the creative consciousness of liberal arts students and cultivate innovative ability of liberal arts talents will be inspired.

34 **Computer Basic Education and Training of Innovative Ability in Primary and Secondary School**

Chen Bin, Li Dongmei and Mao Huajun

In recent years, information technology education has been strengthened in all types of education and training institutions for k-12 students. This article intends to analyze the opportunities and challenges of basic computer education in primary and secondary schools, as well as its important role in the development of students' innovative capabilities.

Columns

40 **Everything will have a New Beginning...**

Wang Chuanying, the First Three-Person Computer Group in China

Han Yuqi, Xu Zuzhe, Bao Yungang and et al

This article is an interview with Wang Chuanying, who with Min Naida and Xia Peisu formed the first computer science research group in Chinese history and mainly studied the principle and design of computer.

44 **Research Progress and Trend of Health-Oriented Intelligent Perception and Computing**

Zhou Xingshe and Wang Zhu

This article introduces the new models of health intelligent perception and the new methods of health intelligent computing discussed at the “Intelligent Health Perception and Computing” technology forum organized and chaired by Northwestern Polytechnical University during the CNCC 2018.

48 **Data Center Flow Scheduling**

Bai Wei, Hu Shuihai, Zeng Gaoxiong and Chen Kai

Data centers host many real-time applications, which impose the stringent requirement to completion times of small flows. To this end, there are many data center flow scheduling proposals in recent years. In this article, we review existing data center flow scheduling solutions, including information-aware clean-slate solutions, information-aware dirty-slate solutions, and information-agnostic dirty-slate solutions. We also briefly discuss the future opportunities of data center flow scheduling.

53 **Interactive Technology for New Intelligent Devices**

Wu Kaishun and Zou Yongpan

As the era of the Internet of Things arrives, novel smart devices are springing up. Compared with the conventional smart devices (e.g. smartphones and tablets), these devices are distinctive in appearance, size, function and hardware architecture. As an important entrance of IoT, how to interact well with novel smart devices becomes a pressing issue. Starting from describing the features of novel smart devices, this article introduces the characteristics of smart device interaction, and finally summarizes the latest research results of human-device interaction.

57 **Smart NIC: High-tech Network Technology in Cloud Computing Era**

Chen Guo, Li Kenli, Luo Layong and Tan Kun

In recent years, smart NIC has been widely deployed in cloud data center. Different from traditional NIC, smart NIC not only has high networking processing speed, but also can be dynamically programmed. In this article, we discuss the origins of smart NIC, its successful applications, and its new challenges and opportunities.

62 **The CS David**

How Do We Think When We Think Computationally?

David Alan Grier(translated by Sun Xiaoming)

This article concerns the subject of computational thinking, which was pioneered by Jeannette Wing. Although I support that computational thinking should teach people to think more clearly about the world that is created by digital computation, I am skeptical about the idea that computational thinking should be about ideas not artifacts, the universal not the specific.

Points

66 **Discussion on a Common Saying in Data Structure Textbooks**

Li Xiaoming

Advances

68 **AAAI 2019: Creating History in Change**

Hu Yiqi and Pang Zhenjia

71 **WSDM 2019**

Zhang Junqi, Wu Zhijing, Chen Chong and et al

74 **New Technologies & New Applications**

Translations

76 **A New Golden Age for Computer Architecture**

*John L. Hennessy and David A. Patterson
(translated by AI Era)*

This article highlights current challenges and identifies future opportunities, projecting another golden age for the field of computer architecture in the next decade. Innovations like domain-specific hardware, enhanced security, open instruction sets, and agile chip development will lead the way to the golden age.

面向可持续竞争力的未来高等工程教育态势及服务型教育

徐晓飞

哈尔滨工业大学

关键词：高等工程教育 服务型教育 敏捷教学 新工科 可持续竞争力

引言

以新一代信息技术为代表的技术革命浪潮正在席卷全球。技术革命引发产业变革与结构调整的速度不断加快，新技术引领的新产业与新业态不断涌现，推动着技术与产业的跨界融合。“互联网+教育”、“智能+教育”、在线教育与慕课、智慧学习等“教与学”新形式引导了高等工程教育不断改革与创新。“工程科技改变世界，工程教育领跑创新。”^[1]

新技术革命与信息化社会对人才的需求也在变化。新技术与新经济发展的跨界性与快速变化特征要求工程人才具备更高的创新创业与跨界整合能力，要求具有适应未来技术与社会变化的可持续竞争力。“**可持续竞争力**”是指面对未来社会变化和竞争的适应能力、基于使命和技术的创新能力、推动社会发展与科技进步的行动能力^[2, 3]。如何培养具有可持续竞争力的人才成为高等工程教育面临的新挑战。未来的高校使命既要通过教育快速提升学生的知识、能力和素质，培养合格的毕业生，更要努力保持和提升学生在其终生职业生涯中的可持续竞争力与胜任力。这要求高校应该从传统的固定学制式教育向为学生提供终生可持续竞争力的教育服务转型。这一新使命将引发高等工程教育形态与模式的大革命。

高等工程教育的发展变化

近年来，受到新科技革命的深刻影响，全球高等工程教育的发展态势呈现多种转变：

学科交叉 从基于独立专业培养方案与核心课的教育，向多学科交叉融合培养的教育转变，为学生提供更加丰富的教育内涵与学习选择。

注重能力 从传统的以知识为核心的教育向面向能力培养的教育转变，为学生提供更加多样的能力训练、教育环节及训练方式。

项目实践 从注重课堂的教学方式向基于项目实践的学习方式转变，使学生通过各种创新项目的实践来提高综合素质与创新能力。

信息技术 从基于黑板与书本的传统教育方式，向信息技术与工程教育相融合的现代教育方式转变，通过互联网与智能化信息技术手段提高教学水平和学习效率。

校企联合 从学校内部教育向产学合作与跨界融合转变，学校与企业协同培养人才，为学生提供更加贴近产业的师资与场所。

面向未来 从关注产业界当前发展向面向产业未来发展转变，注重面向未来的新机器与新工程体系办教育，提高学生探索未来的创新能力与可持续竞争力。

国际合作 从立足本校教育向跨校乃至国际合

作教育转变,通过多种形式的跨国联合人才培养提高学生的国际竞争力。

终生教育 从培养高质量毕业生向支撑学生终生职业能力的转变,通过全新的服务型教育为学生提供多阶段与持续的终生教育服务。

未来高等工程教育典型形态

随着新技术、新产业和新经济的迅猛发展,工程技术及产业呈现出高度的交叉融合性、复杂系统性、跨界连通性以及可持续发展等特点。相应地,面向可持续竞争力的未来高等工程教育发展也随之而变。

目标导向的多学科交叉式工程教育

“基于成效的教育”(Outcome Based Education, OBE)已成为当今工程教育认证的核心标准内涵。OBE是一种培养目标导向的教育模式,强调以学生为中心、以学习成效为导向、不断持续改进。新兴的技术产业不断跨界融合且日益复杂化,使得工程教育越来越关注面向未来产业的学科交叉和综合能力培养。2017年8月,麻省理工学院(MIT)启动了“新工程教育转型(New Engineering Education Transformation, NEET)”计划^[4,5],代表着美国工程教育的最新发展方向。NEET计划强调工程教育以学生为中心,变革学生的学习方式与学习内容,以培养能够引领未来产业界和社会发展的工程领军人才为目标,构建面向未来的新机器与新工程体系;以工程人才培养为本,而非以学科为本,强调学生的工程思维、科学思维与人本思维,整合机械、信息、分子、生物、建筑、能源等跨学科资源,激发学生的主动探究与自学能力;组建跨学科工作组、执行组等多个任务组,采取项目学习、小组学习、团队合作、智慧学习等手段,培养未来工程领军人才^[4,5]。

新工科教育

为了应对新技术、新产业、新经济对工程人才

的新需求,教育部于2017年提出并实施了新工科建设战略^[1,6,7]。实际上,我国在新工科建设之前,就开展过战略性新兴产业相关专业建设、卓越工程师教育培养计划、示范性软件学院和微电子学院建设、CDIO¹工程教育改革等探索^[7]。新工科教育涉及新的工科专业建设与传统工科专业的升级改造。新工科建设强调树立工程教育改革的“新理念”,构建新兴工科和传统工科相结合的学科专业“新结构”,探索实施工程教育人才培养的“新模式”,打造具有国际竞争力的工程教育“新质量”,建立完善中国特色工程教育“新体系”^[6,7]。新工科在跨学科交叉融合构建新专业、建设未来技术学院与现代化产业学院、深化产教融合与校企合作协同培养人才、促进科学教育/人文教育/工程教育的有机融合等方面进行了许多有益探索,成为我国高等教育改革和引领未来发展的热点。

产学研合作协同创新教育

在工程教育发展进程中,始终都伴随着高校与工业界的密切合作,并通过校企技术与人才合作相互影响。21世纪以来,作为工程教育的发源地,欧洲各国为了维持其国际竞争优势,一直在大力推进工程教育改革,强调产学研的密切合作,共建产学研联合实验室,共建课程体系,联合培养人才。我国近年来也在积极推动产学研合作共同发展工程教育。国务院推动深化产教融合和创新创业教育^[8],教育部组织了一大批产学研合作协同育人项目。2018年设立2万多项,数百家企业投入82亿元,参与高校600多家。可以预见,高等工程教育未来发展将包含产学研合作协同育人的形态,高校与工业界将在新兴工科专业建设、工程教育教学内容与课程体系改革、基于项目的学习、创新创业教育、校企联合实验室、实践条件与实践基地、学生企业实习实训、人才交流与师资培训、联合创新创业基金等方面不断深入合作,从而推动高等工程教育更加适应新技术与新产业的持续发展变化。

¹ CDIO代表构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate)。

“互联网 + 教育”与慕课教学

随着信息技术与教育的深度融合,“互联网 + 教育”对于高等教育产生着巨大的影响,其中,影响最大的当属“慕课(Massive Open Online Courses, MOOC)”。2012年,慕课兴起于美国,通过大规模在线开放课程在互联网上广泛传播与教学,拓展了教学时空,改变了传统教育与学习方式,激发了学习者的学习积极性和自主性,受到世界各国的高度重视。我国以开放姿态迎接慕课浪潮的到来,并迅速行动起来。教育部发布《关于加强高等学校在线开放课程建设应用与管理的意见》^[9],高校主动作为,社会各方与师生踊跃参与,慕课在我国蓬勃发展,成效显著。我国提出并实施了具有中国特色的慕课跨校协同教学模式和各种线上线下混合教学方法,构建了全国的慕课联盟。近年来,中国慕课建设数量超过1.25万门,在线学习者注册数超过2亿,成为了世界慕课大国。慕课带来的不仅是“以学生为中心”的现代教育理念,还引发了基于信息技术的教学模式与教学方法革命。基于MOOC/SPOC²的跨校“1+M+N”协同教学模式^[10]、基于“MOOC/SPOC+ 翻转课堂”的混合式教学方法、多元化多渠道学习、交互式学习、主动式学习、线上线下群研讨式学习等都是未来高等工程教育可以借鉴和采纳的教育新模式与教学新方法。

基于人工智能的“智能 + 教育”

当前,人工智能浪潮又一次席卷全球,并促进了“智能 + 教育”革命。人工智能技术不仅引发各相关专业教学内容的变革,而且支撑着人才培养模式创新、教学方法改革、高校治理能力的提升。人工智能专业学科及其与其他专业学科教学内容的交叉融合、智能教育教学平台与智能辅助教学工具、网络化智慧课堂、仿真虚拟实验、基于大数据的教学质量精准评估、智能化教学管理系统等都是“智能 + 教育”的结晶。2018年,教育部发布了《高等

学校人工智能创新行动计划》,对我国“智能 + 教育”进行了全面部署^[11]。“人工智能 + X”的人才培养模式与教学改革、基于智能技术的现代教育、智能化高校管理体系将成为工程教育的重要发展方向,构建智能化、网络化、个性化、终生化教育体系也将是高等工程教育的未来发展目标。

开环大学教育

2013年,美国斯坦福大学发布了“斯坦福2025计划(Stanford 2025)”,大胆地提出了具有颠覆性的“开环大学(Open Loop University)”的概念^[12]。开环大学计划采取了新型的教育教学模式、校园消费制度、教学方法和灵活学制,打破了固定式四年制本科教育模式,采用面向终生教育的自定节奏式六年制。开环大学将六年制分为“CEA: Calibrate (调整)、Elevate (提升)和Activate (激活)”三阶段,学生可以在一生中随时离开或随时回到大学学习6年。学生可以在课堂以及职业实践中汲取知识、提高能力,并在具有较丰富经验的基础上重回学校学习,再将知识转化到后续的实际项目服务、高水平研究和创业应用活动中。这种将“先知识后能力”翻转为“先能力后知识”的“轴翻转(axis flip)”教学方式和“目标性学习(purpose learning)”将成为斯坦福大学本科生的基本模式。开环大学将建立若干学科交叉教学中心,通过“轴翻转”强化能力培养,实现目标导向学习。该计划贯彻社会化终生教育理念,关注人的自我发展和完善,健全人在发展过程中的社会性功能,对未来高等工程教育极具参考价值。

敏捷教学体系

为应对迅速变化的信息化社会对于具有可持续竞争力人才的需求,中国“计算机教育20人论坛”一直在研讨面向可持续竞争力的计算机人才培养与未来10~15年的教育新模式,并提出了全新的“敏捷教学(Agile Education)”概念^[2,3]。“敏捷教学”的提出是受到了20世纪90年代制造领域“敏捷制造(Agile

² SPOC: Small Private Online Courses, 小规模专属在线课程。

Manufacturing)”和软件工程领域“敏捷软件开发 (Agile Software Development)”等的启发。“敏捷教学”是应对新时代教学目标多元化和人才需求个性化的特征,以学生发展为中心,通过理论、技术、实践教学的交叉并行与快速重构,以及跨校跨界教育资源的高效协同,实现知识学习与能力提升的多轮迭代,具有高度灵活性和动态适应性的一种教学形态。“敏捷教学”面向可持续竞争力的大规模个性化学生培养目标,实施针对培养目标与要求的精准教学,充分利用网络化平台和智能教育等先进信息技术,汇聚各类跨域跨界跨校的优质教学资源,动态分解教学内容、课程与能力训练环节,对教学内容与能力训练实行非线性组合及混合式并行编排与多轮迭代,实施精准优化的协同教学与培养进程,实现学生探究式、主动式、渐进式学习过程和能力的逐步增强。敏捷教学包括多元化培养目标与按需培养方式、面向学生需求的分类化与可灵活重构的模块化课程体系、支持理论与实践相结合的学做交叉并行的迭代教学过程及基于项目的学习方式、跨校跨院的协同教学模式及网络平台支持等方面。敏捷教学最大限度地允许学生根据自身能力和兴趣安排个人学习计划、自定学习节奏、选修课程,实现个性化教育与学习,并面对各种新兴技术,结合能力的“多轮迭代”培养进行课程重构,对教学内容与方法进行优化设计,易于学生学习、理解与掌握。敏捷教学体系还需要与之相适应的大学管理体系变革、敏捷教学资源与信息化平台支撑、基于大数据的教学质量精准评价与改进、开放教育生态环境等等。这是一种面向未来的高等工程教育形态。

服务型教育

面对不断变化的信息化社会与经济的人才培养需求,高校办学目的将从“学制型知识传授”向“持续型终生能力”方向转变,着力培养学生自主学习能力和终生可持续发展能力。可以预见,面向可持续竞争力的“服务型教育 (Service Oriented Education)”将应运而生。服务型教育将引发高校体制机制的变革,建立跨界交叉融合的持续型智能教育服务机构,以全新的形态为学生提供多阶段敏捷教学与

持续的终生教育服务,不断保持学生的职业发展能力和持续应变的竞争力。

未来的高等工程教育可能会采用上述某一种或几种形态相融合,培养具有可持续竞争力的人才。

面向可持续竞争力的服务型教育体系及要素

背景与特点

在“互联网+”和“智能+”时代,新一轮科技革命不仅引发了社会与经济变革,也促使各种新业态、新模式不断涌现,服务化是一种重要趋势。以服务产品为主的传统服务业迅速转向以用户服务为中心的新兴现代服务业,以产品销售为主导的传统制造业也转向以服务为主导的服务型制造业^[13]。在高等教育领域也存在或将出现类似的趋势。以学位教育项目为主导的传统教育模式将转向以学生终生持续发展能力为目的的服务型教育模式。

服务型教育是指通过对传统的学制学位型教育体系重构而形成的一种“以学生终生可持续发展能力为中心”的多阶段、交叉型、持续性、应变式的教育服务新形态,它能够为学生提供多阶段敏捷教学与持续的终生教育服务,以保持和提升学生终生职业发展可持续竞争力。服务型教育是一种对传统高校教育体系具有颠覆性的新型教育模式,也是10~15年后未来高等工程教育的主流形态。服务型教育将颠覆人们关于传统高等教育的观念,重构高校的办学体系、组织架构与运行机制,建立更多的新型教育模式与服务提供机制,并根据学生的志向和职业发展需要提供多学科、多阶段、多领域的增值教育服务,保持学生的职业发展能力和持续应变的竞争力。

服务型教育的主要特点为定制服务化、应变持续化、迭代敏捷化、跨界协同化和智能网络化,涉及面向未来产业发展与可持续竞争力、面向学生终生职业能力需求导向的教育、以学生发展为中心的大规模个性化教育定制服务提供、多阶段迭代式与

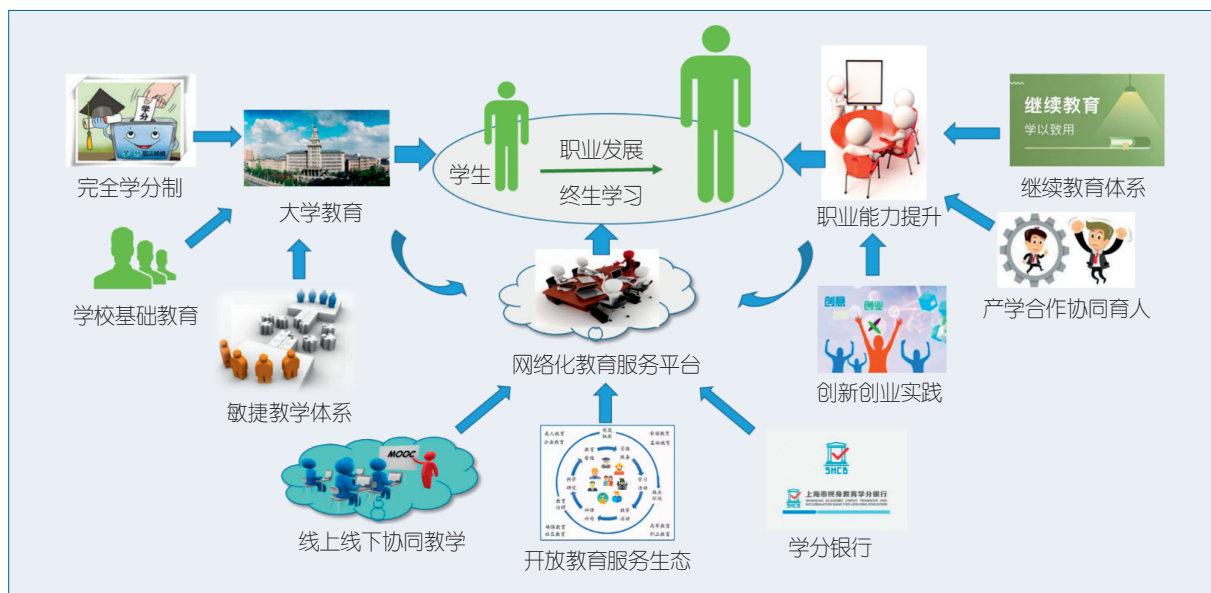


图1 面向可持续竞争力的服务型教育体系

累加式敏捷教育服务、跨学科交叉融合与产学研跨界合作协同育人、在校与离校相结合的继续教育、网络化智能教育服务支撑、学习者价值提升及行业能力评估与认证，等等。

模式与形态

服务型教育的实现可以有多种教育模式与服务提供方式。典型的服务型教育模式与形态包括：基本型“基础+技术+能力”教育、升级型赋能教育服务、自定义学制的多阶段终生教育模式、基于慕课的跨校“1+M+N”线上线下协同教学、不脱产的业余教育与全脱产的在校赋能教育模式、基于第三方网络化服务平台的教育服务提供、产学研合作协同教育模式等。

在服务型教育体系中，学历教育与职业教育的界限将越来越模糊，传统的继续教育学院经过改造将发挥重要的教育服务支撑作用。

关键要素与高校改革

为了实现服务型教育，高校需要组织和改造好教育教学相关要素，包括个性化定制人才培养模式、多阶段自定学制与累加式教育教学、灵活的模块化

课程体系与微课程、项目学习实践与创新创业教育体系、跨专业学习与跨校联合连续培养、产学研协同育人与企业实习基地、多元化教师与导师制、完全学分制与累加学分制、学分银行、按需教育服务与服务计费方式、敏捷教学体系、教育质量评价与改进机制、信息化教学支撑系统、开放教育生态等。

服务型教育将引发高校组织与教学管理的改革，涉及学校组织管理体制改革、学制与教学体系改革、教学管理体系与机制改革、分级学历与学位改革、教师队伍结构改革、质量保障体系改革、面向行业或领域的交叉教学服务中心与网络化平台等等。

开放教育生态环境

服务型教育还需要开放教育生态环境的支撑，涉及学科交叉与跨专业学习、多阶段跨时空学习、基于慕课的线上线下跨校协同教学、产学研用融合、在校集中教育与离校业余教育、国际交流与学分互认机制、第三方行业资质与能力认证、教育服务提供机构与服务平台、社会实践与培训服务机构等方面，构建一个整合多方资源的教育服务生态。图1是一个开放式服务型教育的示意图。

结语

信息技术革命改变着世界,改变着教育,也改变着工程教育。可持续竞争力人才需要适应不断变化的技术与社会,并具有国际竞争力。未来高等工程教育具有信息化、网络化、智能化、交叉化、跨界协同化等新特点。“互联网+智能+敏捷教学+服务型教育”将是10~15年后高等工程教育发展的高级阶段与形态。

面向可持续竞争力的服务型教育将给高校提出巨大挑战,引发高等工程教育的革命,也将是我国高等教育实现跨越发展的重要途径。提供和保持学生的终生可持续竞争力是大学未来的使命,也是高等工程教育的目标,并将成为高校发展的持续驱动力。 ■



徐晓飞

CCF 会士、理事、服务计算专委会主任。哈尔滨工业大学副校长、教授。主要研究方向为服务计算、服务科学与工程、软件工程、企业计算等。
xiaofei@hit.edu.cn

参考文献

- [1] 吴岩. 新工科: 高等工程教育的未来——对高等教育未来的战略思考 [J]. 高等工程教育研究, 2018(6):1-3.
- [2] 计算机教育 20 人论坛报告编写组. 计算机教育与可持续竞争力 [M]. 高等教育出版社, 2019.
- [3] 徐晓飞, 李廉, 战德臣, 等. 新工科的新视角: 面向可持续竞争力的敏捷教学体系 [J]. 中国大学教学, 2018(10):44-49.
- [4] Ruth Graham. The Global State of Art in Engineering Education[R]. Massachusetts Institute of Technology (MIT), March 2018.
- [5] 肖凤翔, 覃丽君. 麻省理工学院新工程教育改革的形成、内容及内在逻辑 [J]. 高等工程教育研究, 2018(2): 45-51.
- [6] 教育部高等教育司. 教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知: 教高司函 [2017]6 号 [A/OL]. (2017.2.20). http://www.moe.edu.cn/s78/A08/A08_gggs/A08_sjhj/201702/t20170223_297158.html.
- [7] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科, 主动适应和引领新经济 [J]. 高等工程教育研究,

2017(01):7-15.

- [8] 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: 国办发 [2017] 95 号 [A/OL]. (2017.12.05). http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-12/19/content_5248564.htm.
- [9] 教育部. 教育部关于加强高等学校在线开放课程建设应用与管理的意见: 教高 [2015]3 号 [A/OL]. (2015.04.13). <http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/s7056/201504/186490.html>.
- [10] 徐晓飞, 李廉, 傅育熙. 发展中国特色的慕课模式提升教改创新与人才培养质量 [J]. 中国大学教学, 2018(01): 23-24.
- [11] 教育部. 教育部关于印发<高等学校人工智能创新行动计划>的通知: 教技 [2018]3 号 [A/OL]. (2018.04.03) http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html.
- [12] Stanford University. *Open Loop University - Stanford 2025*[M]. 2100 Stanford University Press, 2013.
- [13] 工业和信息化部. 工业和信息化部 国家发展和改革委员会 中国工程院. 关于印发《发展服务型制造专项行动指南》的通知: 工信部联产业 [2016] 231 号 [A/OL]. (2016.07.24). <http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057267/n3057273/c5499678/content.html>.