

新工科：政策实践与研究进展

李明磊^{1a}, 杜娟^{1a}, 王传毅², 赵良玉^{1b}

(1. 北京理工大学 a. 人文与社会科学学院; b. 宇航学院, 北京 100081;
2. 清华大学 教育研究院, 北京 100084)

摘要: 新工科作为新时代高等教育领域的政策焦点和社会热点, 指引着工程教育改革发展的战略部署和宏观走向。为了廓清新工科发展的演进逻辑, 我们从政策、实践、研究等梳理新工科建设的基本脉络。新工科政策构成了标志性的行动宣言, 制订了系列文件, 实施多样的实践项目。新工科研究聚焦于内涵实质、人才培养、实践路径等方面。

关键词: 新工科; 政策; 研究; 实践

中图分类号: G640 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-8874(2020)01-0060-06

Emerging Engineering: Policy Practice and Research Progress

LI Ming-lei^{1a}, DU Juan^{1a}, WANG Chuan-yi², ZHAO Liang-yu^{1b}

(1a. School of Humanities and Social Sciences; 1b. School of Aerospace Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 2. Institute of Education, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: As a policy focus and social hotspot in the field of higher education, emerging engineering guides the strategic deployment and macro direction of engineering education reform and development. In view of clarifying the evolutionary logic of the development of emerging engineering, it is necessary to sort out the basic context of emerging engineering construction from policies, practices, and research. The action statement, which constitutes the logo on the emerging engineering policy, has developed a series of documents and implemented various practical projects. Emerging engineering research focuses on the essence of connotation, talent cultivation, and practice path.

Key words: emerging engineering; policy; research; practice

当今世界新一轮科技革命和产业革命兴起, 国家经济、产业、科技等面临重大创新挑战。随着“互联网+”、人工智能、网络强国、“中国制造2025”等重大战略实施, 国家适时推出新工科政策, 全面深化工程教育改革发展战略, 引起了产业界、学术界、社会公众的广泛关注和共识凝聚。新工科成为新时代我国工程教育变革的战略趋势, 引领工程教育强国建设。

一、新工科政策实践

国家大力推动新工科发展政策, 培养新一代工程科技人才以支撑新经济发展、传统产业转型升级, 同时启动新工科实践项目, 加强新工科研究。

(一) 新工科政策进程

收稿日期: 2020-02-25

基金项目: 教育部哲学社会科学重大课题攻关项目(16JZD044)

作者简介: 李明磊(1984-), 男, 河南郑州人。北京理工大学人文与社会科学学院助理研究员, 博士, 硕士研究生导师, 主要从事高等教育政策研究。

自2017年起教育部召开了关于新工科的系列研讨会,形成了“复旦共识”“天大行动”“北京指南”三个标志性的行动宣言,出台了相关政策文件。

“复旦共识”探讨了新工科建设与发展的经济基础和时代背景,阐述了新工科的基本内涵和特征,首次提出新工科建设的“五个新”,即新理念、新结构、新模式、新质量和新体系;划分“工科优势高校、综合性高校、地方高校”三类高校开展实践探索,需要政府部门和社会力量的支持和参与;提出启动新工科研究与实践项目^[1]。“天大行动”规划了新工科的建设路线、明确了时间表,首次提出探索新工科发展范式,涵盖“六个问”即专业如何建、内容如何改、方法如何变、改革如何推、条件如何创、标准如何立^[2]。“北京指南”全面部署了新工科建设实践项目,进一步指出更加注重“理念引领”“结构优化”“模式创新”“质量保障”“分类发展”,并正式成立教育部新工科研究与实践专家组,指导新工科建设与发展^[3]。

伴随新工科的标志性宣言,国家制定了新工科建设的系列政策文件。《关于开展新工科研究与实践的通知》重申新时代工程教育变革应围绕新工科的“五个新”,主要采用课题项目展开实践^[4]。《关于推荐新工科研究与实践项目的通知》围绕“五个新”重点布置了新工科研究与实践项目的选题内容、申报主体和推荐方式^[5]。《关于公布首批“新工科”研究与实践项目的通知》系统提出新工科的核心理念、实践需求、交流平台、

支持途径^[6]。

此外,其他政策文件也涉及新工科建设。《国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见》指出“建立紧密对接产业链、创新链的学科专业体系……加快推进新工科建设”^[7]。《高等学校人工智能创新行动计划》提出“积极开展‘新工科’研究与实践,重视人工智能与其他专业教育的交叉融合……建立人工智能领域‘新工科’建设产学研联盟”^[8]。《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划2.0的意见》要求深入贯彻新工科发展战略,全方位细化了工程教育新理念、教学组织新模式、协同育人新机制、工程实践新能力、创新创业新体系、国际交流新合作、质量保障新体系的政策内容^[9]。

(二) 新工科实践项目

新工科实践最显著的特征是依托高校开拓创新,激发高校首创活力。经统计,国家认定了612项新工科研究与实践项目,包括202项综合改革类项目和410项专业改革类项目,同时划分了30个项目群。表1显示,综合改革类项目涵盖地方高校类、工科优势高校类、综合性高校类、理论研究及国际化类、建设进展与效果研究类等类型。其中,地方高校类项目占比超过50%,表明其在新工科实践中的重要地位。其次为工科优势类项目,接近四分之一。从项目群统计看,相比综合性高校类,工科优势高校类项目群类型更为细致。另外,理论类研究、政策类研究项目仅占10%。

表1 “新工科”综合改革类项目统计

| 项目类型 | 项目群 | | | 数量 | 占比 |
|-------------|-------------|----|--------|-----|--------|
| | 项目群分类 | 数量 | 占比 | | |
| 地方高校类 | 地方高校二组 | 59 | 29.21% | 113 | 55.94% |
| | 地方高校一组 | 54 | 26.73% | | |
| 工科优势高校类 | 工科专业更新改造 | 12 | 5.94% | 50 | 24.75% |
| | 学科交叉融合 | 11 | 5.45% | | |
| | 协同育人与实践教育改革 | 11 | 5.45% | | |
| | 高层次人才培养模式探索 | 9 | 4.46% | | |
| | 创新创业教育改革 | 7 | 3.47% | | |
| 综合性高校类 | 个性化培养模式改革 | 9 | 4.46% | 17 | 8.42% |
| | 新兴工科探索 | 8 | 3.96% | | |
| 理论研究及国际化项目类 | — | 14 | 6.93% | 14 | 6.93% |
| 建设进展与效果研究类 | — | 8 | 3.96% | 8 | 3.96% |

注:整理自教育部办公厅.关于公布首批“新工科”研究与实践项目的通知(教高厅函〔2018〕17号)[EB/OL].(2018-03-21)[2019-04-21].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201803/t20180329_331767.html.

新工科建设既要改造升级传统工科专业,同时发展新兴工科专业。表2统计反映出,新工科专业建设路径多样。传统工科专业改革项目占据绝大比例,体现了既有工科的交叉复合。新工科实践中,医工结合类、工科与人文社科交叉类专业

等体现了工科与其他学科的交叉融合。数学、物理、力学、化学类项目代表从应用理科拓展至新工科。新兴工科专业改革类项目包括智能制造类、大数据类、人工智能类,占比近15%。

表2 “新工科”专业改革类项目统计

| 项目群名称 | 数量 | 占比 | 项目群名称 | 数量 | 占比 |
|--------------|----|--------|--------------|----|-------|
| 电子信息、仪器类 | 45 | 10.98% | 航空航天、交通运输类 | 20 | 4.88% |
| 计算机和软件工程类 | 40 | 9.76% | 食品、农林类 | 19 | 4.63% |
| 机械类 | 38 | 9.27% | 环境、纺织、轻工类 | 18 | 4.39% |
| 自动化类 | 35 | 8.54% | 人工智能类 | 16 | 3.90% |
| 土木、建筑、水利、海洋类 | 35 | 8.54% | 医工结合类 | 15 | 3.66% |
| 材料、化工与制药类 | 29 | 7.07% | 生物、医药类 | 11 | 2.68% |
| 矿业、地质、测绘类 | 26 | 6.34% | 工科与人文社科交叉类 | 11 | 2.68% |
| 智能制造类 | 22 | 5.37% | 数学、物理、力学、化学类 | 8 | 1.95% |
| 能源、电气、核工程类 | 22 | 5.37% | 安全、公安、兵器类 | 6 | 1.46% |
| 大数据类 | 20 | 4.88% | | | |

注:整理自教育部办公厅.关于公布首批“新工科”研究与实践项目的通知(教高厅函〔2018〕17号)[EB/OL].(2018-03-21)[2019-04-21].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201803/t20180329_331767.html.

二、新工科研究进展

新工科及相关领域的研究已取得了初步成果。通过CNKI中国知网平台,以“新工科”为主题,检索CSSCI来源期刊文献,检索时间设定为2017年1月至2018年12月,共计147篇文献。经筛选,有效文献为133篇。新工科领域文献研究主要集中在内涵特征、人才培养、实践路径等方面。

(一) 新工科文献概况

图1显示新工科研究文献的发展趋势^①。总体上看,2017年发文量为40篇,2018年达到93篇,增幅为133%。季度统计显示,2018年第一季度和第三季度,发文量较多。

从文献第一作者分布看,发文量最多的是林健教授(清华大学),为8篇;其次是叶民研究员(浙江大学)和夏建国教授(上海工程技术大学),各为3篇。

从期刊来源看,《高等工程教育研究》位居首位,共计59篇,占比44%。《中国大学教学》为29篇,占比22%。《黑龙江高教研究》《中国高等教育》《中国高校科技》发文量在5篇至10篇

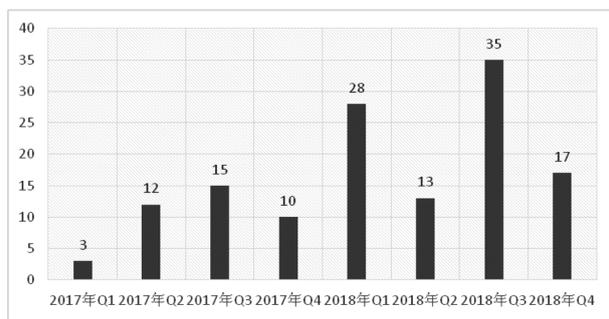


图1 2017年—2018年新工科文献统计

之间。

从发文机构看,清华大学发文最多,为13篇,占比近10%;其次是浙江大学,为10篇,占比8%;天津大学、武汉理工大学、汕头大学分别为7篇、4篇、3篇。上述高校均为新工科实践项目中的工科优势高校,其中浙江大学、汕头大学分别为工科优势高校组和地方高校组的牵头单位。

(二) 新工科内涵研究

新工科内涵研究包括新工科的背景和动因、概念和本质以及特征等。

新工科是我国工程教育领域的新变革,其发展与建设带有鲜明的时代背景和形势动因。有学

者认为新工科建设是应对新一轮科技革命和产业变革、新经济发展、未来战略竞争、高等教育改革创新的时代挑战^[10-11]。有学者提出新工科理论与实践的双向建构发轫于科学技术的发展、知识的累积、范式的变迁、认识的拓展等,以及外界社会环境的变化^[12]。还有学者认为新工科是工科教育及专业建设供给侧结构性改革的必然产物,满足赶超世界经济科技发展、适应国家发展战略、经济转型升级的需要^[13]。

新工科内涵较为丰富。有学者指出新工科是新的工科形态,是对工科注入新的内涵以适应新经济发展需要而产生的工科新形态^[14]。有学者认为新工科可理解为科学、应用科学、工程科学和工程实践的创新与进步、交叉与交融,所形成的新兴工程学科或领域、新范式和新工科教育的综合性概念^[15]。有学者提出新工科是以立德树人为引领,以应对变化、塑造未来为建设理念,以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径,培养未来多元化、创新型卓越工程人才^[16]。有学者指出新工科是以社会需求为导向,直接面向新经济发展、为新经济提供持续的“跨界”工程科技人才,支撑、引领新经济发展的新形态^[17]。

新工科有着独特的特征。有学者提出新工科具有引领性、交融性、创新性、跨界性和发展性特征^[18]。有学者从经济与科技发展以及大学自身创新发展的需要出发,提出新工科具有前瞻性、交叉性、开放性、实践性等特点^[19]。有学者从深化传统工科专业内涵改革、设置新专业两个角度出发,提出新工科具有创新性、前瞻性、交叉性、多样性和引领性特征^[20]。

(三) 新工科人才培养研究

新工科建设的核心是培养新型工程人才。现有文献中关于人才培养的研究主要分析了新工科的人才能力与素养,提出了新型工程人才的培养模式等。

部分文献探讨了新工科人才应具备的能力。有学者认为新工科培养的一流工程科技人才要注重立德树人、德学兼修、德才兼备^[21]。有学者认为新工科人才新能力包括工程思维能力、合作学习能力、跨界整合能力、融合创新能力、互联网思维能力、伦理思维能力、全球思维能力和终身学习能力^[22]。有学者提出新工科人才应更加具有家国情怀、更加具备国际视野及交往能力、更加具有社会责任感、更加具备工程创造力、更加具

备工程领导力、更加具备终身学习能力^[23]。有学者认为领导力应成为新工科人才培养的重要方向,其领导影响力主要源于卓越的创新能力^[24]。有学者提出新型工程人才的培养应注重新素养、空间感、关联力、想象力等方面的能力^[25]。

部分文献构建了新工科人才培养模式,包括人才培养的一般模式和专业领域的培养模式。新工科人才培养一般模式的要素和内容比较广泛,并且抽象度、指导性较强。有学者提出新工科人才培养应更新理念,从传统工科学科导向转向成果导向;推进范式转换,重构培养目标和素质结构;遵照顶层设计,重建培养方式^[26]。有学者提出新工科人才培养应以创新创业教育为引领,以未来卓越人才标准为依归,创新新工科人才培养模式^[27]。还有学者提出构建创新型的新工科人才培养大链,打破专业限制选拔优质生源;实施专业内外兼修、项目驱动、团队培养的教学模式;甄选创新型教师,组建跨界指导团队^[28]。

新工科专业领域的人才培养模式更有针对性,更加细化。有学者总结了纳米科技领域“三融合”的新工科人才培养模式,包括创建以研究性学习为载体的教学科研深度融合机制;建立学段贯通、学科交叉融合的个性化体系;建成多方协同的国际资源融合平台^[29]。有学者提出依据“产业需求”和“技术发展”更新化工类人才培养方案,注重学科交叉和学科前沿、改进教学方法、完善多层次评价机制^[30]。有学者基于智能科学与技术的发展,建议在新工科中设置智能学科,构建以“知行合一、学以致用”为特色的包括课程设置、实验平台、成果转化在内的智能人才培养体系^[31]。

(四) 新工科实践路径研究

现有文献探究了新工科建设的路径、方法,并根据高校、专业的实际情况提出了相关措施。

部分文献从宏观视角探讨了如何建设新工科。有学者认为建设发展新工科应统筹高校人才培养工作新形势新任务、支撑服务经济发展动能转换产业升级、全面深化高等工程教育等宏观因素^[32]。有学者指出新工科建设的基本路径包括关注教师和学生、培养工程创新和适应变化能力、做好专业认证与认定、融通线上和线下空间、协调校内和校外平台等^[33]。有学者提出新工科建设应始终坚持需求导向,更加注重人才培养的应用情境和可适应性;积极运用新兴技术,形成契合学生学习特征的智慧教学模式;立足国际标准,建立成

熟完备并与国际实质等效的工程教育认证体系;坚持多主体合作育人,构筑工程教育共同体^[34]。有学者认为新工科必然要应对工程业态的复杂变化,应重新设计工程范式、课程体系和工程教育体制^[35]。有学者提出新工科应调整学科专业建设思路、拓展工程教育改革内涵,包括教育教学理念、学科专业结构、人才培养模式、多方合作教育、实践创新平台、教师队伍建设等^[36]。

部分文献探讨了某一高校的新工科建设路径。比较有代表性的工科优势高校,浙江大学探索“新工科”教育改革的模式与实施路径为“新生”与“转型”相结合推动工程教育持续变革,优化需求导向的学科专业结构,优化工程人才培养层次结构等^[37]。地方行业高校代表,武汉工程大学转变学科建设思路,促进学科交叉和跨学科集成;加强学科布局规划寻求学科新的增长点、建立院校两级四层学科建设管理责任体系等^[38]。

部分文献研究了国外高校工程教育,讨论对新工科建设的启示。有学者研究了哈佛大学工学院的发展路径,提出新工科建设应以服务国家战略、适应未来需求为导向,推动学科深度交叉融合;以融入区域发展、优化空间布局为抓手,推动产学研一体化发展^[39]。有学者分析了普渡大学工程教育改革实践,认为新工科建设要构建多学科交叉融合的人才培养体系,发挥学生的推进作用,全方位多角度培养和提升学生的核心能力^[40]。

三、结语

综合现有文献看,新工科研究仍处于起步阶段,尚属于较新的研究领域,需要探索的研究空间非常大。研究内容上可分为宏观、中观和微观等层面,宏观上涵盖时代背景、形势任务、动力范式等;中观上包括高校、专业等建设主体的研究;微观上包括课程教学、人才培养等。研究方法上主要是以理论思辨研究和政策研究为主,案例研究为辅,实证研究较少。未来新工科研究应更加注重研究范式的综合性、研究内容的实践性、研究方法的多样性。当前国家正全力推进新工科实践探索。新工科政策规范了发展建设的顶层设计,在工程教育变革中发挥了主导作用,尤其是统领了新时代卓越工程师培养的理念、方法和路径。新工科政策指导了新工科的实践和研究,但仍需要纵向深化、横向拓宽建设领域。

注释:

① 研究梳理部分,少量采纳2019年1月发表的文献。

参考文献:

- [1] 教育部高等教育司.“新工科”建设复旦共识[EB/OL].(2017-02-18)[2019-04-21].http://www.moe.edu.cn/s78/A08/moe_745/201702/t20170223_297122.html.
- [2] 教育部高等教育司.“新工科”建设行动路线(“天大行动”)[EB/OL].(2017-04-08)[2019-04-21].http://www.moe.gov.cn/s78/A08/moe_745/201704/t20170412_302427.html.
- [3] 教育部.新工科建设形成“北京指南”-新工科研究与实践专家组成立暨第一次工作会议在京召开[EB/OL].(2017-06-10)[2019-04-21].http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/moe_1485/201706/t20170610_306699.html.
- [4] 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)[EB/OL].(2017-02-20)[2019-04-21].http://www.moe.edu.cn/s78/A08/A08_gggs/A08_sjhj/201702/t20170223_297158.html.
- [5] 教育部办公厅.关于推荐新工科研究与实践项目的通知(教高厅函[2017]33号)[EB/OL].(2017-06-21)[2019-04-21].http://www.moe.edu.cn/srcsite/A08/s7056/201707/t20170703_308464.html.
- [6] 教育部办公厅.关于公布首批“新工科”研究与实践项目的通知(教高厅函[2018]17号)[EB/OL].(2018-03-21)[2019-04-21].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201803/t20180329_331767.html.
- [7] 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)[EB/OL].(2017-12-19)[2019-04-21].http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-12/19/content_5248564.htm.
- [8] 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)[EB/OL].(2018-04-03)[2019-04-21].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html.
- [9] 教育部,工业和信息化部,中国工程院.关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划2.0的意见(教高[2018]3号)[EB/OL].(2018-10-08)[2019-04-21].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_742/s3860/201810/t20181017_351890.html.
- [10] 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(1):1-9.
- [11] 吴爱华,杨秋波,郝杰.以“新工科”建设引领高等教育创新变革[J].高等工程教育研究,2019(1):1-

- 7,61.
- [12] 赵军,申怡,夏建国.产教合作命运共同体导向的地方高校新工科建设研究[J].中国高教研究,2018(7):75-78.
- [13] 沈毅,宁永臣.从专业建设供给侧结构性改革看新工科建设[J].高等工程教育研究,2018(3):71-74.
- [14] 李华,胡娜,游振声.新工科:形态、内涵与方向[J].高等工程教育研究,2017(4):16-19,57.
- [15] 顾佩华.新工科与新范式:概念、框架和实施路径[J].高等工程教育研究,2017(6):1-13.
- [16] 钟登华.新工科建设的内涵与行动[J].高等工程教育研究,2017(3):1-6.
- [17] 杨毅刚,唐浩,宋庆,等.企业视角下新工科建设与工程教育改革[J].高等工程教育研究,2018(3):18-23,28.
- [18] 林健.面向未来的中国新工科建设[J].清华大学教育研究,2017(2):26-35.
- [19] 赵继,谢寅波.新工科建设与工程教育创新[J].高等工程教育研究,2017(5):13-17,41.
- [20] 郑庆华.以创新创业教育为引领 创建“新工科”教育模式[J].中国大学教学,2017(12):8-12.
- [21] 林健.引领高等教育改革的新工科建设[J].中国高等教育,2017(22):40-43.
- [22] 龙奋杰,邵芳.新工科人才的新能力及其培养实践[J].高等工程教育研究,2018(5):35-40.
- [23] 项聪.培养工具理性与价值理性兼备的工程师——兼论新工科人才培养目标定位[J].高等工程教育研究,2017(6):51-56.
- [24] 申小蓉.价值引领:新工科学生领导力培养的核心目标[J].中国高等教育,2018(8):26-28.
- [25] 李培根.工科何以而新[J].高等工程教育研究,2017(4):1-4,15.
- [26] 姜晓坤,朱泓,李志义.新工科人才培养新模式[J].高教发展与评估,2018(2):17-24,103.
- [27] 张凤宝.新工科建设的路径与方法刍论——天津大学的探索与实践[J].中国大学教学,2017(7):8-12.
- [28] 蒋海云,温辉,金继承.创新型新工科人才培养大链的构建及实践[J].现代大学教育,2018(3):103-110.
- [29] 秦炜炜,王穗东.新工科教育的融合创新与路径突破——苏州大学纳米科技创新人才培养的案例研究[J].高等教育研究,2018(2):79-84.
- [30] 张凤宝,夏淑倩,李寿生.问“产业需求”和“技术发展”,开展化工类专业新工科建设[J].高等工程教育研究,2017(6):14-17,32.
- [31] 李德毅,马楠.智能时代新工科——人工智能推动教育改革的实践[J].高等工程教育研究,2017(5):8-12.
- [32] 张大良.因时而动 返本开新 建设发展新工科——在工科优势高校新工科建设研讨会上的讲话[J].中国大学教学,2017(4):4-9.
- [33] 陆国栋,李拓宇.新工科建设与发展的路径思考[J].高等工程教育研究,2017(3):20-26.
- [34] 张海生.知识生产模式转型与新工科建设的基本策略[J].中国高校科技,2018(9):47-51.
- [35] 叶民,钱辉.新业态之新与新工科之新[J].高等工程教育研究,2017(4):5-9.
- [36] 林健.新工科建设:强势打造“卓越计划”升级版[J].高等工程教育研究,2017(3):7-14.
- [37] 邹晓东,李拓宇,张炜.新工业革命驱动下的浙江大学工程教育改革实践[J].高等工程教育研究,2019(1):8-14,33.
- [38] 黎红.“新工科”背景下学科转型发展路径探讨——以武汉工程大学为例[J].中国高校科技,2018(7):69-71.
- [39] 原帅,贺飞.哈佛大学工学院发展战略及其对新工科建设的启示[J].高等工程教育研究,2018(2):67-70,89.
- [40] 林健,彭林,Brent Jesiek.普渡大学本科工程教育改革实践及对新工科建设的启示[J].高等工程教育研究,2019(1):15-26.

(责任编辑:王新峰)