

产学研用融合式《数字化设计与制造》校企合作课程探索与实践

曾德全¹, 胡一明¹, 张培志², 刘 颖¹, 艾田付¹, 梁成成¹, 谢冬福¹

¹华东交通大学机电与车辆工程学院, 江西 南昌

²同济大学汽车学院, 上海

收稿日期: 2024年10月12日; 录用日期: 2024年11月28日; 发布日期: 2024年12月9日

摘要

数字化设计与制造技术的学科体系具有多学科交叉的属性, 其课程具有知识面广且更新速度快的特点, 课堂教学模式和方法存在教师为中心、知识碎片化、偏重理论化、与前沿脱节的问题, 难以培养社会急需的创新人才。为解决这些问题, 教学团队开发产学研用融合式《数字化设计与制造》校企合作课程教学模式, 实施教师与学生并重、模块与系统并重、理论与实践并重、经典与前沿并重的教学方法, 并结合与企业开展的科技攻关项目开展实践教学, 提升学生的实践技能与塑造学生的创新能力, 培养可应对新科技革命挑战下的机械工程人才。

关键词

数字化设计与制造, 校企合作课程, 产学研用融合

Exploration and Practice for University-Enterprise Cooperation Course of “Digital Design and Manufacturing” with Industry-Academia-Research-Application Integration

Dequan Zeng¹, Yiming Hu¹, Peizhi Zhang², Ying Liu¹, Tianfu Ai¹, Chengcheng Liang¹, Dongfu Xie¹

¹School of Mechatronics and Vehicle Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang Jiangxi

²School of Automotive Studies, Tongji University, Shanghai

文章引用: 曾德全, 胡一明, 张培志, 刘颖, 艾田付, 梁成成, 谢冬福. 产学研用融合式《数字化设计与制造》校企合作课程探索与实践[J]. 社会科学前沿, 2024, 13(12): 168-174. DOI: [10.12677/ass.2024.13121091](https://doi.org/10.12677/ass.2024.13121091)

Received: Oct. 12th, 2024; accepted: Nov. 28th, 2024; published: Dec. 9th, 2024

Abstract

The discipline system of digital design and manufacturing technology has the attribute of interdisciplinary, and its curriculum has the characteristics of wide range of knowledge and fast update speed. The classroom teaching mode and method have the problems of teacher-centered, knowledge fragmentation, emphasis on theory, and disconnection from the frontier, which makes it difficult to cultivate innovative talents urgently needed by society. To address these issues, the teaching team developed an industry-academia-research-application integrated teaching model for the "Digital Design and Manufacturing" school-enterprise cooperation course. This model emphasizes teachers and students equally, balances modules and systems, integrates theory with practice, and combines classics with cutting-edge methods. It incorporates practical teaching through technological research projects in collaboration with enterprises to enhance students' practical skills, shape their innovative abilities, and cultivate mechanical engineering talents capable of meeting the challenges of the new technological revolution.

Keywords

Digital Design and Manufacturing, University-Enterprise Cooperation Course, Industry-Academia-Research-Application Integration

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。回顾工业历史，全球制造业的每一轮转型升级，往往都是受新一轮工业革命的核心科技所推动[1]。以动力变革为核心的第一次工业革命和第二次工业革命，推动传统制造业向现代制造业转型，极大地提升了生产力；以数字化技术为核心的第三次工业革命，则是持续推动现代制造业向先进制造业转型，在进一步提升生产效率的同时，极大地提高了生产品质。经过 40 余年的改革开放，我国制造业已基本完成三次变革，CAD、CAE、CAM、CAPP、PDM 等数字化设计与制造技术已然成为企业产品开发的基本技术手段，培育的大量数字化设计与制造的技术人才，助力我国成为全世界唯一拥有联合国产业分类中所列全部工业门类的国家[2]。

随着人工智能技术的不断突破，其与制造业现有技术的结合，已被行业视为推动第四次工业革命的新浪潮。美国的“未来工业发展规划”、德国的“工业 4.0 战略计划”、英国的“英国工业 2050 战略”、法国的“新工业法国计划”、日本的“超智能社会 5.0 战略”、韩国的“制造业创新 3.0 计划”都明确表示要持续推动人工智能技术与现有制造业现有技术的融合，从而实现先进制造业向智能制造转型。在第四次工业革命这一新形势、新环境下，作为制造业大国的我国，与欧美等制造业发达国家已然处于同一起跑线，如果能在此时率先掌握核心科技，则将促使我国成功转型为制造强国。为此，我国国务院关于印发的《中国制造 2025》进一步明确指出“要加快新一代信息技术与制造业深度融合，推进智能制造的主攻方向”。数字化设计与制造技术作为产品开发的基本技术手段，在智能制造的新形势下也将迎来巨大的变革，但是，这将为我国相关人才的培育以及企业的发展带来新的挑战。为此，我国发改委发布《国家产教融合建设试点实施方案》，强调要推进产教融合校企合作。在此形势下，校企合作课程机制

作为高等教育和职业教育的一种重要教学模式，也愈发凸显其在创新科技人才培育和增强企业竞争力方面的重要性。

Etzkowitz 和 Leydesdorff [3]于 1995 年提出了著名的三重螺旋关系，构建出政校企三者的产教融合模式。Kolade 等人提出大学和企业必须以动态的协同作用开展工作，才能互利共赢，实现产教深度融合 [4]。Bjerregaard [5]指出通过产教协同育人达到技术革新的目标，人类知识正在以非凡的速度增长，知识更新迭代之快超乎人们以往的预期，学科之间的界限正在被打破 [6]，我们需要通过建立产教融合协同育人的新模式培养现代人才，实现技术创新，来适应新时代的变化 [7]。中国教育科学研究院杜云英等人 [8] 基于 2019 年我国 2241 所高校的调查数据，采用熵权法构建评价模型，对不同类型高校开展校企合作的状况及类型偏好进行分析，研究结果表明，我国高校开展校企合作力度普遍较弱，其中教育合作更弱，为此，作者提出强化校企合作尤其是教育合作。南京财经大学张庆民等人 [9] 的研究提出领先企业产业链、创新链与高校教育链之间的有机衔接是深化产教融合、协同育人项目的关键，加强产教融合物理链接新基建和协同软实力建设是推进产教融合“四链”有机衔接的基础性保障，对化解产教鸿沟现象起到关键性作用。

综上所述，结合智能制造以及产学研用校企合作的新形势、新趋势与新理论，本教学团队创新地开发产学研用融合式《数字化设计与制造》校企合作课程教学模式，实施教师与学生并重、模块与系统并重、理论与实践并重、经典与前沿并重的教学方法，并结合与企业开展的科技攻关项目开展实践教学。

2. 《数字化设计与制造》课程现状分析

数字化设计与制造技术作为新一代信息技术与制造业深度融合的典型产物，已日趋成为提升制造企业竞争力的有效工具，也是我国高等教育和职业教育中机械类学生的必修课程。因其学科体系具有计算机、材料、通信、管理等多学科交叉的属性，如图 1 所示，《数字化设计与制造》课程具有知识面广且更新速度快的特点。例如，云计算、大数据和人工智能等技术的应用正逐步推动 CAD/CAE/RE/VP、CAPP/NC/GT/AM、PLM/PDM/ERP 向云端化、智能化发展，以实现数据的实时共享、协作和智能分析。尤其是受疫情冲击的影响，设计、制造和管理的从业人员不得不居家办公，得益于云端化、智能化的数字化设计与制造手段，各类制造业的生产活动得以有序稳健的推进。

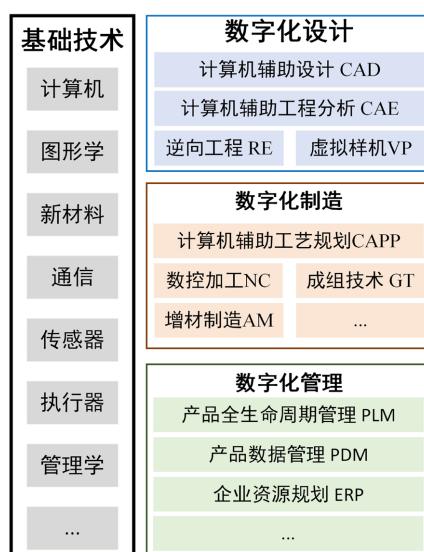


Figure 1. Diagram of the discipline system of digital design and manufacturing
图 1. 数字化设计与制造学科体系图

然而,剖析当前我国《数字化设计与制造》课程教学,还存在以下问题及重要挑战:

1) 教师为中心的问题。课堂教学过程往往是以教师为中心,严重依赖于授课教师对教学材料的分析、理解并讲授,从而达到让学生理解并掌握相关知识,这种单向输出的模式,容易压制学生的自主思考能力,限制学生想象力的发挥,不利于学生的创新。为此,如何做到教师能讲透彻课程知识点,同时,又能发挥学生主观创造力,促进其对课程知识的创新理解及应用,是该课程教学的一个挑战。

2) 知识碎片化的问题。数字化设计与制造技术是设计、制造、管理有机组合的整体,是一个体系化的闭环系统。但是,因为其学科体系涉及计算机、材料、通信、管理等多个学科,如图1所示,导致课程知识面特别广泛,每一个知识点的内涵还非常庞大,具有独立的碎片化的特征。为此,如何让学生能扎实地掌握每一个独立的碎片化的知识点,同时,又能培养其系统性思维,是该课程教学的另一个挑战。

3) 偏重理论化的问题。受限于课堂教学环境、学校实验设施限制以及教师队伍的实践水平,教学设计不得不把更多的课时和精力放置在理论知识的讲解上,加之,课程考核形式多以试卷答题的方式,导致学生更为偏重理论知识的学习,而忽视了实践技能的锻炼。为此,如何夯实学生理论基础的同时,提升学生的实践能力,是该课程教学的又一个挑战。

4) 与前沿脱节的问题。在《数字化设计与制造》课程的课堂教学中,往往是以出版了多年的教材为主,慕课、微课等电子教学材料为辅,而且,这些教学材料都是经过多年沉淀得到的经典知识,难免和最新、最前沿的知识、技能出现脱节。为此,如何教授学生经典知识的同时,引导学生对前沿技术的深入探讨,是该课程教学的再一个挑战。

3. 产学研用融合式校企合作课程改革措施

党的二十届三中全会提出,强化企业科技创新主体地位,加强企业主导的产学研深度融合。作为企业产品开发的基本技术手段和提升制造企业竞争力的有效工具,数字化设计与制造技术在第四次工业革命这一新形势下也将迎来量的变化和质的提升,所以,传统的课堂教学模式,将难以培养社会急需的创新人才。为此,教学团队开展产学研用融合式校企合作课程改革,实施教师与学生并重、模块与系统并重、理论与实践并重、经典与前沿并重改革措施,以科学地解决该课程教学的问题、合理地应对学生培养的挑战。其中,产学研用融合式校企合作课程改革措施为:

1) 教师与学生并重。以我国著名教育改革家钱梦龙提出的“以学生为主体、以教师为主导、以训练为主线”的“三主”原则,在课程设计和教学实施过程中,设置影视资料与提问导入环节,在课前播放教学内容相关的影视资料,适时设疑激趣,引起学生的积极性思维,引导学生主动探索知识。

2) 模块与系统并重。以思维导图、知识图谱、技术路线图等方式,将各章节细分知识点,以层次化、脉络化的方式呈现给学生,尤其是在教学案例中,设置相关的系统性解决方案给学生以引导。例如,在基础技术教学章节中,引入“数字化设计与制造的行业泰斗”周济院士提出的我国电子陶瓷发展路线图,如图2所示[10],让学生能够层次化、系统性掌握相关知识点。

3) 理论与实践并重。从企业广泛征集难点、痛点、堵点问题,组织教学团队将问题提炼为实践课题,并建立“揭榜挂帅”的悬赏机制,将提炼的实践课题向学生发布,最大程度地调动学生的智力潜能,激发学生的创造力。

4) 经典与前沿并重。构造科技前沿案例库,既剖析其所基于的经典知识,又解析其所研发的最新科技,引导学生发挥想象力,在夯实经典知识水平的基础上,培养其前瞻性思维。例如,在增材制造教学章节中,引入“中国3D打印之父”卢秉恒院士最新提出的“5D打印”概念[11],解析前沿的“5D打印”与现有的“3D打印”之间的关联与区别,并结合卢秉恒院士的心肌组织支架的制造、类脑神经组织制造、爬行生命机械混合机器人的最新研究成果,突出其创新性与突破性技术手段,从而引导学生对前沿技术

的深入探讨。

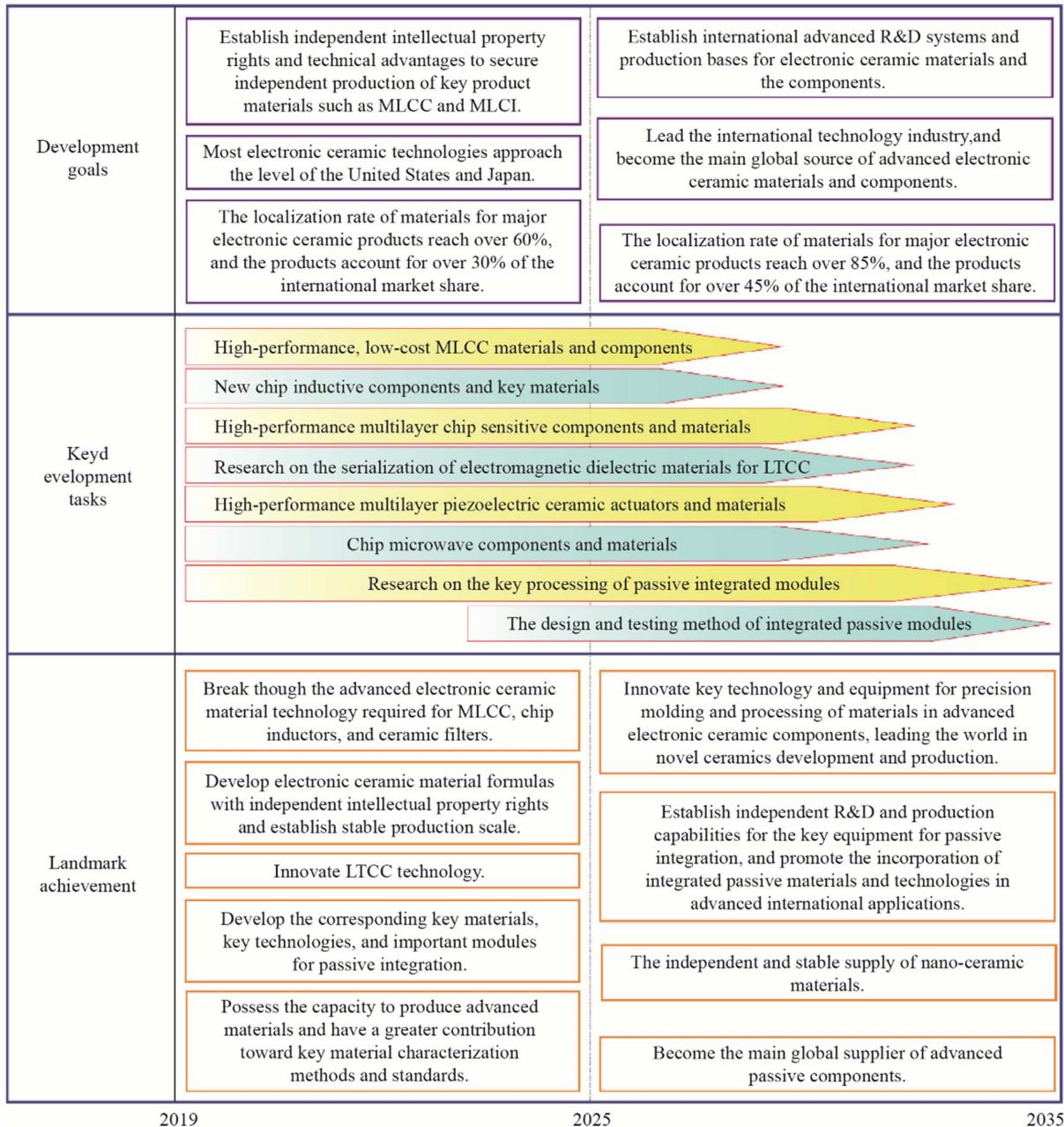


Figure 2. Roadmap of electronic ceramic development [10]

图 2. 电子陶瓷发展路线图[10]

4. 产学研用融合式校企合作课程实践案例

以产品造型和装配技术的教学组织和实施为例，在课程设计和教学实施过程中，植入我国运 20 大型运输机设计开发的纪录片，引起学生的积极性思维，引导学生主动探索先进设计和装配方法。在教学材料中，构建线框、曲面、实体、特征、参数化、参数化特征、直接和同步等造型技术及自顶向下、自底向上的装配技术的思维导图，清晰地向学生呈现系统知识点。教学团队还根据省部级基金课题，结合校企

合作的技术攻关项目,以“揭榜挂帅”的形式发布了“先进汽车设计”、“智能机器人开发”、“可视化系统研发”等课题,先后指导50余名学生在全国三维数字化设计大赛《基于5G+BDS的道路救援卡车》获得一等奖、《智能AR探测履带式机器人》获得三等奖,在第二十三届全国大学生机器人大赛RoboMaster2024机甲大师高校联盟赛《3V3对抗赛》《步兵对抗赛》获得三等奖,并获批《融合5G+BDS技术的自动驾驶物流卡车系统》(国家级)、《智慧物流——无人运输车助力医院可视化运维》(省级)、《基于多源感知的智能停车场管理系统》(省级)、《基于V2X技术定制特种车辆车路协同系统》(校级)、《基于自动化气动设备的智能物流分拣小车》(校级)等大学生创新创业训练计划项目,在夯实学生理论知识的基础上,挖掘了学生的创造潜力。

同时,本教学团队还在相邻两届本科生教学中进行了不同教学模式的培养,学生个体课程目标达成度如图3所示。数据显示,实施了本教改方案的本科生在目标1~目标5的达成度方面均有所提升。这表明产学研用融合式校企合作课程能有效地提升本课程的教学质量,促进了学生的全面发展。

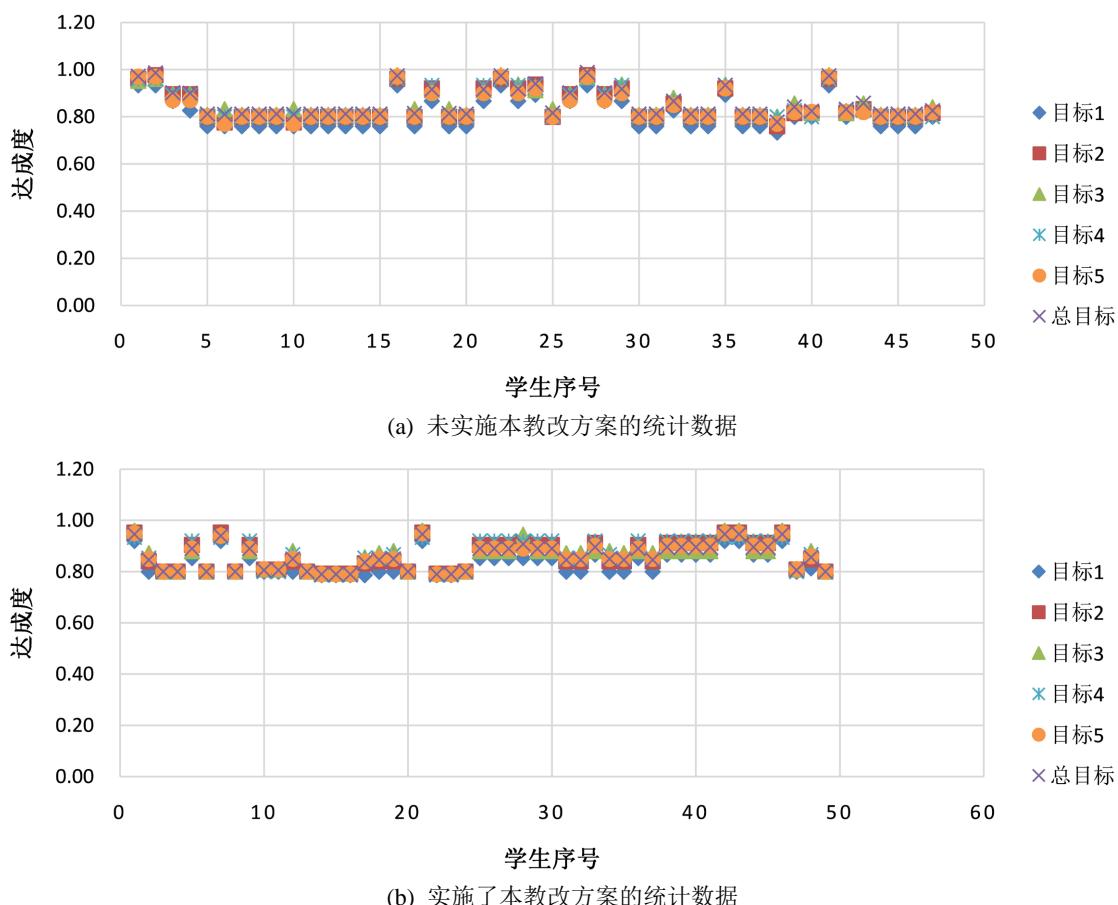


Figure 3. The achievement of students' individual curriculum goals

图3. 学生个体课程目标达成情况

5. 结语

在第四次工业革命这一新形势、新环境下,开展产学研用融合式《数字化设计与制造》校企合作课程探索与实践,实施教师与学生并重、模块与系统并重、理论与实践并重、经典与前沿并重的教学方法,从而解决教师为中心、知识碎片化、偏重理论化、与前沿脱节的问题,结合与企业开展的科技攻关项目

开展实践教学，有利于提升学生的实践技能与塑造学生的创新能力，并培养可应对新科技革命挑战下的机械工程人才，从而推动我国制造业的高质量跨越式发展。

本教学团队通过创新教学案例植入、省部级基金课题、校企合作的技术攻关项目、相邻两届本科生教学对比的实践案例，论证了产学研用融合式校企合作课程的有效性。在后续的研究中，本教学团队将补充完善对课程改革方案实施效果的评价指标，例如学生学习效果、创新能力提升、企业满意度等，以更加全面地评估课程改革方案的实施效果。

基金项目

2024 年华东交通大学校级课堂教学改革项目，资助号：24JG01。

中国交通教育研究会 2024~2026 年度教育科学研究课题，课题编号：JT2024YB065。

2023 年江西省赣鄱俊才支持计划 - 主要学科学术和技术人带头人培养项目，资助号：20232BCJ23091。

2023 年江西省自然科学基金青年基金项目，资助号：20232BAB214092。

2022 年江西省教育厅科学技术研究项目，资助号：GJJ2200662。

参考文献

- [1] 苏春. 数字化设计与制造[M]. 第 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2021: 1-20.
- [2] 周济, 李培根, 赵继. 智能制造导论[M]. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2024: 1-20.
- [3] Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. (1995) The Triple Helix University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *EASST Review*, **14**, 14-19.
- [4] Kolade, O., Adegbile, A. and Sarpong, D. (2022) Can University-Industry-Government Collaborations Drive a 3D Printing Revolution in Africa? A Triple Helix Model of Technological Leapfrogging in Additive Manufacturing. *Technology in Society*, **69**, Article ID: 101960. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101960>
- [5] Bjerregaard, T. (2010) Industry and Academia in Convergence: Micro-Institutional Dimensions of R&D Collaboration. *Technovation*, **30**, 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.11.002>
- [6] 任幼巧. 新工科背景下产教融合协同育人机制研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2022: 3-10.
- [7] Gürdür Broo, D., Kaynak, O. and Sait, S.M. (2022) Rethinking Engineering Education at the Age of Industry 5.0. *Journal of Industrial Information Integration*, **25**, Article ID: 100311. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311>
- [8] 杜云英, 李永强. 不同类型高校开展校企合作的状况及类型偏好研究——基于全国 2241 所高校的调查数据[J]. 教育政策与制度, 2022(10): 41-49+61.
- [9] 张庆民, 顾玉萍. 链接与协同: 产教融合“四链”有机衔接的内在逻辑[J]. 国家教育行政学院学报, 2021(4): 48-56.
- [10] Zhou, J., Li, L. and Xiong, X. (2020) Strategic Thinking on the Development of Electronic Ceramic Technology in China. *Chinese Journal of Engineering Science*, **22**, 20-27. <https://doi.org/10.15302/j-sscae-2020.05.003>
- [11] 李涤尘, 贺健康, 王玲, 等. 5D 打印——生物功能组织的制造[J]. 中国机械工程, 2020, 31(1): 83-88+99.