



基于“三螺旋”理论的工程博士产教融合培养机制探究

刘畅^{1*} 孙明东¹

(1 北京交通大学研究生院 北京 100044)

摘要: 在工业革命和产业结构变革的大背景下, 工程博士的培养质量的重要性愈发凸显。本文从我国目前工程博士的培养现状及工程博士培养过程中的主要问题为切入点, 从宏观、中观和微观三个层面四个角度对产生问题的原因进行分析, 将工程博士培养目标与国家和行业对人才的需求有机结合, 提出以“三螺旋”理论为基础, 深入研究政府、高校和企业三个主体在工程博士培养模式系统内的交叉作用, 以此进一步加强工程博士培养机制建设, 提升工程博士培养成效。

关键词: 工程博士培养, 三螺旋, 产教融合

为了适应创新型国家建设对高层次、应用型工程技术人才的需求, 推动工程技术进步和产业发展, 完善我国工程技术人才培养体系、培养高层次工程技术领军人才, 国务院学位委员会于 2011 年 3 月发布《工程博士专业学位设置方案》(以下简称《方案》), 同年 10 月,

作者简介:

*刘畅(通讯作者), 1992 年 2 月, 女, 汉, 黑龙江, 助理研究员/七级职员, 硕士研究生, 研究生培养过程管理、研究生课程建设

孙明东, 1987 年 9 月, 男, 汉, 山东, 助理研究员/七级职员, 博士研究生, 导师管理、学位点管理、研究生教育管理

联系方式:

北京市海淀区上园村 3 号北京交通大学研究生院, 100044, liu.chang@bjtu.edu.cn, 18614260672

2789-5521/© Shuangqing Academic Publishing House Limited All rights reserved.

Article history: Received August 11, 2023 Accepted August 21, 2023 Available online August 30, 2023

To cite this paper: 刘畅, 孙明东(2023). 基于“三螺旋”理论的工程博士产教融合培养机制探究. 教育研究前沿进展, 第 3 卷, 第 2 期, 57-66. Doi: <https://doi.org/10.55375/jerp.2023.3.11>

国务院学位委员会批准清华大学等 25 个学位授予单位作为首批招收培养工程博士专业学位研究生试点单位，于 2012 年开始招生。自此正式开启了我国的工程博士专业学位研究生教育。2018 年为进一步完善我国工程技术人才的需求，加强工程技术领军人才培养，订制了《工程类博士专业学位研究生培养模式改革方案》(以下简称《改革方案》)，对工程博士的培养体系进一步进行完善。

我国对工程博士培养问题的研究起步晚于欧美国家，国内的研究都是参考欧美工程博士教育推进的。当前，我国工程博士教育虽已经过 10 余年的发展，但目前整体还是处于起步、探索阶段。各工程博士培养单位结合自身特点及工程博士培养目标积极探索相应的培养模式。本文从工程博士培养现状出发，分析存在的问题及原因，并进一步探索工程博士培养机制。

1. 我国工程博士培养现状

1.1 工程博士招生情况

《方案》中明确了工程博士的招生对象“一般应具有硕士学位，具备较好的工程技术理论基础和工程实践能力”，在《改革方案》中补充指出工程博士可以采用全日制和非全日制两种学习方式。

在各个高校的招生简章中，2017 年及以前，工程博士的招生对象明确为“一般具有硕士学位或满足与硕士毕业生同等学力的条件、工作时间达到一定年限且具有较丰富实践及管理经验的企业高级工程技术人员或工程管理人员”。自 2018 年工程博士培养规模的扩大，工程博士的招生对象从原来的以企业在职人员为主，转变为除了企业在职人员，也允许应届硕士毕业生或本校在读硕士研究生以硕博连读的方式报考工程博士，工程博士受教育的主体逐渐“二元化”甚至“多元化”。

1.2 工程博士培养模式

工程博士的培养目标，工程博士专业学位获得者应具有相关工程技术领域坚实宽广的理论基础和系统深入的专门知识；具备解决复杂工程技术问题、进行技术创新以及规划和组织实施工程技术研究开发工作的能力；在推动产业发展和工程技术进步方面作出创造性成果(国务院学位委员会第二十八次会议审议通过)。为了完成这一培养目标，《方案》与《改革方案》中均指出工程博士应采取校企联合培养的模式，校企整合优势，以优化人才培养效果。

人才需求和人才类型决定人才培养模式，工程博士培养模式主要有以下特征：首先是以工程项目为导向，复杂的工程问题需要在具体的工程项目中体现出来，工程博士的培养一定要以项目为导向才能实现培养应用型人才的目标。其次工程博士的培养模式应充分体现其前沿性和高端性，工程博士作为适应“中国制造 2025”战略前沿产业发展需求的工程领域的最高层次的学位类型，其培养模式要能促进高校和企业在前沿高端领域开展深入合作，实现优势资源交叉融合。最后，工程博士的培养模式要具有跨学科性，由于多学科集成的合力不断推动工程活动的发展，使得工程问题成为复杂的跨学科、多背景问题，这就要求工程博士培养模式要克服科学壁垒。

1.3 工程博士毕业标准

《改革方案》中对工程博士学位论文的选题、研究内容、成果形式等方面都进行了具体的规定：其中学位论文的选题应来自相关工程领域的重大、重点工程项目，并具有重要的工程应用价值。研究内容应与解决重大工程技术问题、实现企业技术进步和推动产业升级紧密结合。成果形式要求应作出创造性成果，成果形式包括学术论文、发明专利、行业标准、科技奖励等，且成果应与学位论文相关，并在攻读学位期间取得。

从各试点高校的培养方案及毕业的相关规定看，各高校对工程博士学位论文的要求均侧重与解决工程实践领域的问题，突出工程实践创新能力。与此同时，对科研成果的要求也呈现出多元化的评价标准^[1]。

2. 工程博士培养过程中的主要问题

2.1 生源不同导致学生基础水平不同

工程博士的主要两类生源可以说是出于完全不同的两个人生与职业生涯阶段，其求学动机和所具备的能力素质差异较大^[2]。求学动机反映了个体对专业学位博士生教育的不同诉求，对于无工作经历的应届硕士毕业生或本校在读硕士研究生以硕博连读的方式攻读工程博士，他们的求学动机主要是提升专业能力、追求薪资职位等；而对于有工作经验的个体来说，求学动机则主要是提升专业能力或是扩展人脉。在能力素质上，不同生源的差异也十分的明显，对于无工作经历的应届硕士毕业生或本校在读硕士研究生以硕博连读的方式攻读工程博士，他们的学习没有中断过，有更多的时间和经历投入到科研学习中；但对于有工作经验的个体来说，特别是企业在职人员，在博士就读期间因其还要兼顾企业中的工作内容，科研学习时间被工作挤占，工学矛盾较为突出。

2.2 工程博士和工程硕士培养目标断层

工程博士和工程硕士教育都是专业学位研究生教育，工程硕士专业学位和工程博士学位都强调实践，都突出校企联合培养。但工程博士专业学位比硕士专业学位高一层次，二者在人才培养规模和质量等方面存在质的区别。工程硕士教育是为了满足社会对工程人才的规模需求；而工程博士培养是精英教育，是为了满足国家对高层次人才的质量需求。

工程博士以培养“高层次领军人才”为定位，而工程硕士以“技术骨干”为定位，两者在年龄、知识、能力等维度的存在较大的断层^[3]，不利于建立工程领域人才贯通式培养体系的构建。

2.3 工程博士和工学博士培养模式趋同

工程博士专业学位与工学博士学位虽处于高等工程教育的最高层——博士学位层次，但是类型不同，各有侧重。早在 2011 年，时任教育部副部长杜占元指出：“博士教育需要把握好定位，工程博士与工学博士属于同一层次，要求都是高标准的。但是在规格、培养目标和使命等方面存在不同。”

对工程博士的培养定位是“培养工程技术领域高层次领军人才”，这一目标定位明显高于工学博士的培养定位，因“领军人才”一定是要在实践中锻炼成长的，其成长不仅仅是教育，更是包括能力、决策、机遇等多方面因素^[3]。在实际培养过程中，工程博士的培养定位远离专业性且远未达到领军性。与此同时，工程博士的培养成效很难在短时间显现，这导致很多人在毕业的时候并没有达到既定的培养目标。

2.4 工程博士的培养没有很好的兼顾人文素养

工程博士要培养的是“既能埋头拉车，也会抬头看路”的工程类高层次复合型创新人才，要完成这样的培养目标，对工程博士人文素养水平的提升是十分必要的。但现阶段工程博士的培养主要集中在对其知识、能力、成果等维度的培养，凸显科研素质和实践能力，对道德修养和人文情怀的维度则很少体现。

2.5 针对工程博士的分类培养、分类评价尚未规范

从培养环节来看，各环节自成体系，没有很好的形成合力^[3]。现阶段，在实际培养过程中，课程设置、培养环节等方面工程博士和工学博士虽有不同，但并无本质差别。首先在课程设置上，部分高校的工程博士课程体系仍然按照工学博士的课程来设置，课程门类略有不同，学分要求也不同，但是针对工程博士的培养目标，跨学科课程较少，人文素养类课程不够，且缺少指导职业发展的课程。其次，在大部分高校的工程博士培养方案均明确提出校企合作的培养方式，但是没有明确具体要求和形式，在实际操作中仍是“重科研轻实践”，虽然在培养环节中增加了“工程实践”环节，但在实际操作中，受到机制、体制的限制，企业很难充分发挥育人的主体作用，不少联合基地的企业导师都是“挂名”，培养过程中“校企分离”的情况严重影响了工程博士的存在部分工程博士进入企业参与项目的机会较少，校企合作的方式单一且不够深入。最后在工程博士的学位认定环节，毕业条件还是以成果为导向，与工学博士并无太大差别。

工程博士存在按期毕业难、延期率高的问题^[3]，且工程博士的评价体系不够完善。对工程博士成果的评价应包括技术水平、经济及管理效益等多个维度^[3]，但在实际情况中，对工程博士的研究成果目前只局限于技术水平层面的评价，缺乏对经济及管理效益的综合评价。这样的情况导致对工程博士成果质量的评价出现一定的偏差和误解。

三、工程博士培养存在问题的原因分析

工程博士培养问题背后的原因有很多，本文从宏观、中观和微观三个角度来进行剖析。

3.1 宏观——国家顶层制度设计不健全

在学生培养过程中，国家相关制度的制定是一双“有形的手”。由于国内工程博士起步较晚，所以当前针对工程博士培养的文件并不完善^[3]。2011年3月颁布《工程博士专业学位设置方案》提出设置工程博士专业学位并于2012年在25所高校建立试点，2018年5月颁布《工程类博士专业学位研究生培养模式改革方案》对工程博士的培养体系进行了进一步的

规范。2019 年颁布的《中国教育现代化 2035》中提出的十大战略中，其中之一是“加大应用复合型和技术技能型人才培养的比重”。

国家层面的文件对工程博士的培养制度的设置也有很多脱离现实之处。国家层面培养目标定位过高、课程设置及实施构想落实难度大、校内外导师联合指导的设计过于理想化。且工程博士学位标准的确定缺乏顶层设计，工程博士因其培养目标与招生要求均于学术型博士不同，但是对其学位标准的要求并没有与学术型博士有明显差异性的标准。

随着时代发展的需要，欧美国家最先开始重视工程博士的培养，通过总结欧美国家工程博士的培养发展历程，我们发现欧美国家对工程博士培养的顶层设计是采取循序渐进的过程。最开始是二十世纪九十年代初，有学者批评了当时工学博士培养计划过于狭窄且过于学术化，故英国工程和自然科学委员会设立了与工学博士培养计划并行却突出应用型的工程博士计划的提议，并于 1992 年设立了第一个工程博士中心；1994 年，麻省理工学院乔尔·莫西斯提出了“大工程观”，其主旨即希望在培养工程技术人才过程中重视工程实践。“大工程观”的教育理念引导欧美国家工程教育发展的新方向。总结起来，欧美国家对工程博士的培养计划是不断完善的，先后经历了技术模式、科学模式，再到以大工程观为教育理念的工程模式，至此欧美国家的工程博士培养基本形成完善的体系。

3.2 中观——院校培养运行机制不完善

由于国家顶层制度的不健全，各试点院校也均处于探索阶段^[3]，在具体的培养层面，各院校的具体培养运行机制还有待完善。

高校对工程博士的培养存在意识偏差，主要表现在将获得工程博士培养点作为反映师资力量和科研实力的一种体现，虽然经过多年的摸索，但是对培养怎样的工程博士、如何培养工程博士没有成熟的培养体系^[4]。且院校对于工程博士的培养大多由二级学院具体负责，培养工作以课题组为单位，以课题组的风格为导向，且多数情况下工程博士和非工程博士混合培养，在日常管理制度等方面没有进行相应的区分。同时在课程设置中，虽有专业实践和创新课程模块的设计，但在实际执行过程中缺少相应的监管制度，实际执行情况并不理想。此外在学位授予条件中，存在“唯论文”的倾向。

结合工程博士的培养全流程，院校对工程博士培养运行机制不完善主要表现在课程结构学分设置、“导师组”制度设置、论文分类考核制度不完善等方面。此外，校级单位与院级单位缺少对应的制度执行准则，也缺少对相关制度执行情况的监督。

相比之下，欧美国家的机制更加完善。如英国的工程博士培养统一由英国工程和自然科学委员研究会管理，自 2009 年开始，获得委员会资助的工程博士中心每年招收 10 个学生，为期 5 年，且项目开展后三年进行中期检查。美国密歇根大学制造业领域工程博士项目将学校和工学院包括艺术设计、商业、文学、科学等方面的资源都整合到了一起，在学校利用合作的、在线的学习环境，链接全世界各个地方，提供课程和学位项目，这样的资源整合有效的解决了工学博士和工程博士课程设置上的差异问题。

3.3 中观——企业作为教育主体参与度不够

《改革方案》中明确提出工程类博士专业学位研究生应采取校企合作的方式进行培养，同时要求工程类博士专业学位研究生的培养应采取校企导师组的方式进行，聘请企业(行业)具有丰富工程实践经验的专家作为导师组成员。

但在实际培养过程中，工程博士的校企联合培养方式基本承袭工程硕士的方式，并没有本质的改变。受体制机制的限制，企业普遍缺少参与制定招生计划、选拔生源、制定培养方案等环节^[3]，导致企业的外驱力不足，企业及企业导师的参与度很低^[1]。部分高校存在企业导师落实情况不到位，校内外导师的合作指导效果欠佳，且不少联合培养基地的企业导师仅仅是“挂名”，并没有实际参与到工程博士的培养过程中来。与此同时，校企联合培养一般建立在项目合作的基础上，如果没有相应的项目合作，工程博士在企业进行的实践环节会流于形式，不能发挥校企合作的实质作用。

欧美国家在工程博士培养过程中已经形成了深度融合的校企联合培养机制。如英国制造技术工程博士中心与航空发动机公司、空中课程公司等进行了深入合作，工程博士要在校内校外导师的联合指导下，为工业界完成实践项目，且与工业界合作开展研究的时间不得少于学制的 75%。荷兰工程博士项目面向高层次工业需求，工程博士项目和高科技公司始终保持密切的合作关系，通过校企深度合作，不仅为工程博士提供了参与大型跨学科设计项目的机会，同时也提供了与业界人士构建良好人际关系的机会。

3.4 微观——工程博士自身的工学矛盾突出

工程博士因其生源来源不同，攻读学位的内驱力也不同。对于应届硕士毕业生或本校在读硕士研究生以硕博连读的方式报考工程博士的学生，在科研和实践上的时间投入还是可以保证，但是对于在职人员，工作任务繁重，承担了很大的工作压力和工作强度，花费在工作和学习上的精力矛盾使得其学习时间投入不够，时间上缺乏连贯性，无法保证同其他全日制博士一样集中精力在校学习，难以保证其在课程学习、课题研究以及论文撰写等方面投入的时间和精力。

另还存在工程博士与导师交流频次低、沟通少。工程博士一般应有一个校内导师有一个企业导师，对于应届硕士毕业生或本校在读硕士研究生以硕博连读的方式报考工程博士的学生，和校内导师能保持较好的沟通，但是和企业导师的沟通不论是线上还是线下频次都不高；而对于在职的工程博士，可能和导师的沟通就更少了，有的工程博士甚至无法做到与导师一个月进行一次线上沟通、一个学期进行一次线下沟通。这样的沟通频次无法保证师生间的交流互动，不利于导师对工程博士按时完成学业任务的督促和监督。

最后，工程博士缺乏与博士生群体的同辈交流。相对于非工程博士的学生，工程博士显得有些“各自为战”，在客观条件上缺乏相应的交流平台，主观上也缺乏沟通交流的意愿，这就导致工程博士在培养过程中缺乏学术氛围和与同学讨论问题的机会，不利于学术思想的碰撞。

四、工程博士培养机制改进建议

针对目前工程博士培养过程出现的问题及成因,拟引入“三螺旋”理论,深入研究政府、高校和企业三个主体在工程博士培养模式系统内的交叉作用,以建立工程博士创新能力与实践能力互促共进的培养新模式。

4.1 “三螺旋”理论为产教融合共同体培养模式提供理论基础

“三螺旋”的主要观点是大学-企业-政府在保持各自独有特性的基础上实现三方的紧密合作、相互作用,在工程博士的培养过程中三者不仅要关注自身职能,同时互相配合,通过不同领域之间的相互作用来维持自身的活力,以实现工程博士的创新能力和实践能力的互促共进。

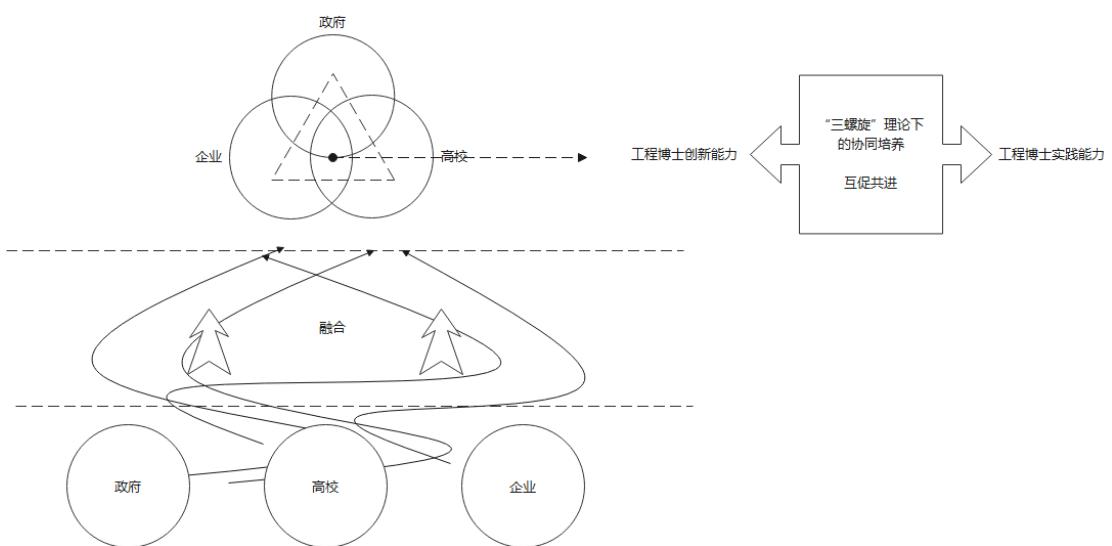


图1 “三螺旋”理论示意图

“三螺旋”理论可以作为工程博士产教融合的理论基础,可以从理论上对工程博士的培养进行一定的指导。政府、高校和企业这三个主体在他们共同构建的产教融合共同体中即独立扮演自己的角色,同时也交互重叠产生影响。首先,各主体均具备一定的“自螺旋”能力,在国家层面通过制定各类促进政策来引导高校和企业重视对工程博士的培养,引导其对工程博士的培养目标和培养过程进行调整和不断完善;企业作为工程博士培养过程中重要参与者的主体之一,要积极主动的参与到培养过程中,发挥其对人才培养的促进作用,并给政府和高校以正向的反馈;高校是工程博士培养过程中最直接的参与者,具有知识生产力,在与企业进行合作的过程中不断调整工程博士的培养目标导向,为企业提供科研成果创新,为经济社会发展增强创新驱动力。其次,“三螺旋”模型的三重维度强调了工程博士产教融合共同体培养模式中各主体的共同利益目标。以“三螺旋”理论作为依据,对于工程博士的培养要符合三方主体依照共同的目标愿景,以非线性的螺旋形式组织而成的一种混合结构参与其中[5]。

4.2 强化产教融合共同体培养模式的主体参与度与积极性

我国存在固有的“重学术轻实践”的观念，这在很大程度上成为工程博士招生的障碍，同时又一部分考生对工程博士并没有充分的了解，促进产教融合共同体培养模式的前提是要扭转片面的观念同时加强认识，提升社会对工程博士的认可度。与此同时，提高工程博士培养质量成为当前要解决的首要问题，要努力形成“进口旺、出口畅、培养环节有质量”的工程博士培养模式。

首先，要明确工程博士的培养目标。从把控培养目标的角度，高校作为三大培养主体之一，要从企业甚至是国家层面，用宏观的视角，了解其对人才的需求。结合我国工业发展需要和工程教育发展现状，在大工程观教育理念指导下，工程博士的培养目标是希望工程博士学位获得者具有跨学科的专门知识、理论基础、实践经验和较宽的工程背景，具有较高的胜任力，是所在领域高层次、应用型的工程技术人才。在明确培养目标的基础上，严格把关专业人才培养过程，保证工程博士的培养质量。高校应深入了解各行业现阶段的发展状况并预测行业未来的发展走向，通过与共同体的政府主体和企业主体沟通，机制对产教融合培养方案进行调整，以适应其对工程博士的能力需求。

其次，要改革招生录取方式，保障工程博士的生源质量。固有思维认为专业学位竞争小，而且很多专业学位的研究生是调剂过来的，要从根本上保证工程博士的整体培养质量把好入口关很重要。提升社会和企业对工程博士的认可程度，扭转社会认知导向，产教融合的协同培养模式作为我国实施科教兴国的重要基础工作之一，要以培养目标为导向，科学设置招生标准和条件，完善招生环节，以提高人才培养质量为出发点和落脚点，可通过提高报考条件、调剂标准等来提高生源质量，打好人才培养的基础。

4.3 健全产教融合共同体培养模式的机制体制建设

优化课程体系。课程学习是博士培养的基础，也为工程博士参与时间提供了前期指导。在工程博士产教融合共同体培养模式下，课程体系建设是整个培养过程的基础，要优先进行建设。课程体系的建设要以产教融合共同体的育人理念为指导，需要校企这两大主体的共同参与，只有这样才能建立起科学知识体系与实践创新能力互相促进的课程体系。优化课程体系首先表现在课程内容要结合行业特点以及科技前沿内容，课堂案例教学也要融入新的技术。另一方面，课程教学的目标也要锚定培养学生解决实际问题能力、培养独立思考能力，提升工程博士的职业胜任力。

合理安排实践课程。高校与企业协同育人模式是产教融合共同体培养模式的核心要义，实践教学在工程博士培养过程中占据重要地位，要加大时间课程的比例，且在实践课程的建设过程中，要注重专业理论学习和实践场景的有机融合。

发挥导师团队指导作用。工程博士在培养过程中具有其独特性，应采取导师团队的培养模式，导师团队的构成应包括校内学术导师和企业导师。校内学术导师有博导等相应的选拔机制作为基础，但是对于工程博士企业导师的选拔却没有明确的遴选条件，因此在签订联合培养协议过程中，应明确企业导师的选拔流程以及校内学术导师和企业导师的权责分配内容

等。

五、结语

随着新业态、新场景的不断涌现，我国工程博士的培养目标要对标“中国制造 2025”、“互联网+”、坚持创新驱动发展等国家战略对人才的需求，要充分发挥政府、企业和高校的多方力量，深度探求产教融合的培养模式，将工程博士培养成为具有卓越的专业能力、完整的理论体系和伦理道德观念、且能够适应和引领行业发展的全面型领军人才。

参考文献：

- [1] 朱学红, 李欢欢, 戴吾蛟, 汤启萍(2023). 工程类博士专业学位研究生教育发展的思考与改革思路[J]. 高教学刊, 9(06) :17–21. DOI:10. 19980/j. CN23-1593/G4. 2023. 06. 005.
- [2] 耿娇娇, 金衍, 詹亚力, 李一鸣, 祝宁(2022). 我国工程博士教育现状与培养模式研究[J]. 大学教育, (02) :26–28+49.
- [3] 丁楠, 杨院(2021). 工程博士生培养中的问题表征、原因探析及改进建议——基于部分试点院校调研数据的实证分析[J]. 学位与研究生教育, (07) :19–23. DOI:10. 16750/j. adge. 2021. 07. 004.
- [4] 范青青(2022). 我国工程博士培养问题及对策研究[D]. 华东理工大学, 2022. DOI:10. 27148/d. cnki. ghagu. 2022. 000086.
- [5] 王红军(2018). 跨境电子商务人才创业胜任力培养机制研究[D]. 浙江大学.