

分类号: G640

单位代码: 10220

密 级:



东北石油大学
Northeast Petroleum University

硕士研究生学位论文

论文题目: 新工科”背景下产学研协同育人模式研究

硕士生: 孙雨婕

指导教师: 徐平

学科专业: 教育学

研究方向: 高等教育学

2020年 6月 20日

Research on collaborative education model of industry-university-research under the background of "new engineering"

by Sun Yujie

Supervisor: Professor Xu Ping



A Thesis Submitted to the Northeast Petroleum University

In partial fulfillment of the requirement

For the degree of Master of Education

June, 2020

“新工科”背景下产学研协同育人模式研究

摘 要

在新经济快速发展的关键转型期，新产业、新形态的出现对工程人才提出新要求，“新工科”作为智能时代下的产物出现在大众视野，自教育部提出大力发展“新工科”以来，全国各类高校围绕“新工科”建设的讨论愈来愈热。产学研合作是新工科建设的重要抓手，为教育教学工作提供了新思路，如何培养符合时代要求的“新工科”人才，已经成为高校、企业、科研机构共同关注的重点。

论文基于协同论和复杂适应系统(CAS)理论，首先通过文献研究法对“新工科”和“产学研协同育人”相关概念进行界定，主要从新工科建设的背景与挑战、内涵与特征、国内外工程教育建设和实施以及产学研协同育人发展现状等方面进行分析，厘清我国产学研协同育人和新工科建设目前所面临的问题与发展困境，主要表现为产学研协同在人才培养方面未形成成熟的育人模式和明晰的育人路径，“新工科”背景下的产学研协同需要深层次构建育人模式、进一步优化育人路径。其次针对问题提出解决办法，以培养“新工科”人才为目标，以产学研深度协同为重点，以两者高效结合为抓手，提出了以“一点两线三体四面五优”(1+2+3+4+5)为核心的育人框架，构建了产学研“多元融合”协同育人模式和以“优势互补”为原则、以“资源整合 集成服务”为核心、以“横向协同 纵向共享”为思路的协同育人云平台。最后，针对以上内容，从突出新工科人才培养主体的核心地位、加强合作主体的自我完善、“三导师”与“双师型”教师双轨发展、加强协同育人环境建设、营造创新创业氛围以及制定长期激励机制等多方面提出新工科人才培养的保障性建议，优化育人路径，以促进复合型卓越工程人才的培养目标的达成。

关键词：新工科；产学研合作；协同育人；人才培养模式

Research on collaborative education model of industry-university-research under the background of "new engineering"

ABSTRACT

In the critical transition period of rapid development of the new economy, the emergence of new industries and new forms puts forward new requirements for engineering talents. "New engineering" appears as a product in the era of intelligence. Since the Ministry of Education proposed to vigorously develop "new engineering", the discussion on the construction of "new engineering" in various colleges and universities across the country is getting hotter. Industry-university-research cooperation is an important starting point for the construction of new engineering, provides new ideas for education and teaching. How to train "new engineering" talents that meets the requirements of the times has become a common focus of universities, enterprises and scientific research institutions.

Paper based on the collaborative theory and the theory of complex adaptive system (CAS), first through the literature research to the "new engineering" and "collaborative education of production, study and defining the relevant concepts, mainly from the new background and challenges, the connotation and characteristics of engineering construction, construction and implementation of engineering education at home and abroad, and analyzes the current situation of the development of collaborative education of production, study and clarify the collaborative education of production, study and new engineering construction in our country at present problems and development dilemma, mainly for production of synergy in terms of talent training is not mature to educate mode and clear path, Under the background of "new engineering", it is necessary to establish the mode of education and further optimize the path of education. Second in view of the problems and solutions in order to cultivate new engineering talents as the goal, with an emphasis on collaborative production, depth, with both efficient combination of gripper, is put forward to "one point two line three body four aspects and five advantages" (1+2+3+4+5) as the core of educational framework, build the "diversity" collaborative education model of production, study and based on principles of "complementary", "resources integrated service" as the core, to the "horizontal longitudinal together sharing" for the idea of collaborative education cloud platform. Finally, in view of the above content, from the core of the new engineering talents training main body, strengthening the cooperation of self-improvement, teachers of the "three" and "double type" teachers double-track development, strengthening the construction of collaborative education environment, and build innovative entrepreneurial atmosphere and establish long-term

incentive mechanism aspects of recommending new engineering talents cultivation of affordable, optimize the educational path, so as to promote interdisciplinary engineering talents training target to achieve excellence.

Keywords: New engineering; Industry-University-Research cooperation; Cooperative Education; Talent training mode

创新点摘要

(1) 构建了以“一点两线三体四面五优”(1+2+3+4+5)为育人框架的“多元融合”协同育人模式，主要围绕一个基本点、两个原则、“KAQ”三位一体、四个育人方面以及五大优势开展。具体包括以培养复合型卓越工程人才为核心，以互惠互利和资源共享两大原则为主线，依托“KAQ”(知识、能力、素质)三位一体，立足于课程体系、育人队伍、实践教学和质量评价四个方面优化育人体系，充分发挥高校、企业、科研院所、政府以及信息平台的五大优势，产学研共建新型“多元融合”协同育人模式。

(2) 构建了新工科背景下的产学研主体以“优势互补”为原则，以“资源整合与集成服务”为核心，以“横向协同纵向共享”为思路的协同育人云平台。

目 录

学位论文独创性声明.....	I
学位论文使用授权声明.....	I
摘 要.....	II
ABSTRACT	III
创新点摘要.....	V
绪 论.....	1
一、问题的提出.....	1
(一) 研究背景.....	1
(二) 研究意义.....	1
二、国内外研究现状.....	2
(一) 国外研究现状分析.....	2
(二) 国内研究现状分析.....	7
(三) 国内外研究现状述评.....	11
三、研究思路和主要研究方法.....	11
(一) 研究思路.....	11
(二) 主要研究方法.....	12
第一章 相关概念及理论.....	13
一、相关概念.....	13
(一) 新工科.....	13
(二) 产学研协同育人.....	15
(三) 人才培养模式.....	16
二、相关理论.....	17
(一) 系统论.....	17
(二) 协同理论.....	18
(三) 复杂适应系统(CAS)理论.....	18
三、新工科与产学研关系辨析.....	18
(一) 新工科建设呼唤产学研协同育人.....	18
(二) 产学研协同育人促进新工科发展.....	19
(三) 新工科与产学研互依共存共同发展.....	19
第二章 新工科背景下产学研协同育人发展现状和问题.....	20
一、新工科背景下产学研协同育人发展进程.....	20
(一) 产学研协同育人探索与实践.....	20
(二) 新工科背景下的产学研协同育人发展现状.....	20
二、新工科背景下产学研协同育人存在的问题.....	23
(一) 产学研协同未形成成熟的育人模式.....	23
(二) 产学研协同未形成明晰的育人路径.....	24
(三) 产学研协同育人信息化应用亟待加强.....	26
三、新工科建设对产学研协同育人提出新要求.....	26
(一) 教育教学新理念.....	26
(二) 学科专业新需求.....	27
(三) 知识能力新结构.....	27
(四) 人才质量新标准.....	28

(五) 人才培养新模式.....	28
第三章 新工科背景下产学研协同育人模式的构建.....	30
一、产学研“多元融合”育人模式的指导思想.....	30
二、新工科背景下构建产学研“多元融合”协同育人模式.....	31
(一) 基于一个中心, 确定产学研协同目标.....	31
(二) 坚持两个原则, 确立组织领导架构.....	33
(三) 依托“KAQ”三位一体, 建立融合共享机制.....	34
(四) 立足四个方面, 优化育人体系.....	38
(五) 发挥五大优势, 完善育人机制.....	47
三、新工科背景下构建产学研协同育人云平台.....	48
(一) 云平台设计的目标与原则.....	48
(二) 云平台设计的构想与思路.....	49
(三) 云平台的功能与运行.....	50
(四) 云平台的实施策略与保障.....	51
第四章 新工科背景下产学研协同育人模式实施保障建设.....	55
一、突出新工科人才培养的核心地位.....	55
(一) 高校的自我完善.....	55
(二) 企业的自我完善.....	56
(三) 政府的自我完善.....	58
二、加强产学研协同育人环境建设.....	59
(一) 为产学研合作提供优越的政策法律环境.....	59
(二) 为产学研合作营造良好的创新创业氛围.....	60
(三) 为产学研合作制定长期激励机制.....	60
结 语.....	61
参考文献.....	62
发表文章目录.....	66
致 谢.....	67

绪 论

一、问题的提出

（一）研究背景

当前时代的特征是“大发展、大变革、大调整”，第四次工业革命（全新技术革命）和产业变革正在兴起，高新技术的发展将进一步引发社会变革，智能时代的网络新生代已然出现，这一切都在影响着高等教育的业态和形态。从美国的“再工业化”到德国的“工业 4.0”，世界各国无不紧握时代机遇，大力发展工程教育，纷纷出台相关改革政策与措施。在这样的大背景下，我国工程教育进入改革创新阶段，习总书记在十九大报告中指出“要加快双一流（一流大学和一流学科）建设，实现高等教育内涵式发展”，也多次强调“要推进产学研协同创新，积极投身实施创新驱动发展战略，着重培养创新型、复合型、应用型人才”。

“新工科”作为新一轮科技革命的产物出现在大众视野，教育部于 2017 年启动“新工科”建设，存量优化+增量更新，即改造升级传统工科专业，创设新型工科专业，加快培养新兴领域高层次工程技术创新人才，融合、多元、创新、复合等特点是社会各界对“新工科”人才的主流诉求。产学研合作教育自二十世纪初诞生以来历经百余年探赜索隐，在人才培养上正日益凸显其优越的先进性，为高校的人才培养提供新思路，产学研协同育人强调教育、科技、经济的相互促进、协调发展，通过生产、教育和科研三者相结合，把人才培养作为中心任务，以全面培养高校学生综合素质和创新能力、提高就业竞争力为目标，对企业、高校和科研机构资源进行优化配置，充分发挥各主体在人才培养方面的优势^[1]。随着我国产学研合作教育工作的不断推进，产学研协同育人愈发凸显其科学性，成为顺应高等教育发展趋势之举，是高等学校培养创新型、复合型、应用型人才的必然选择，也是高校开放办学、学生走出课堂、服务社会的前提和基础，更是实现“新工科”人才培养的重要途径。

（二）研究意义

1. 理论意义

通过对国内外产学研合作和工程教育的发展现状的梳理不难发现，针对产学研合作育人领域应用的新方法和新视角越来越多，研究也逐渐深入丰富，国内外工程教育建设也相继进入新阶段。但从产学研协同育人与新工科建设的实质性研究进展来看，虽然在产学研合作的研究中出现了基于各种方法对人才培养进行定量评估和实证分析，新工科建设也迈了一大步，但真正把产学研合作与新工科建设结合起来的相关研究并不多见。因此，产学研深度协同培养“新工科”人才，是对协同创新和人才培养在理论上的新拓展。对产学研协同育人体系中高校、企业和科研院所的优势和责任进行探究，明晰产学

研协同育人模式中各主体的职能、角色、社会责任等，探讨新工科背景下产学研协同育人模式的理论模型，为人才培养提供一个新的理论视角与理论支撑。

2. 实践意义

从“新工科”建设对人才培养提出的新要求出发，以产学研协同育人的视角深入分析和解读新工科人才培养的定位、内涵、特征与需求，积极探索新形势下产学研人才培养模式的新思路，有助于更大层面上促进高校、产业（企业）、科研机构之间沟通协作，为产学研协同培养人才提供宏观的应对思路、微观解决方案以及可操作性的实施路径，进一步改善人才与社会、企业需求脱节的现象，对提升学生的创新能力、实践能力和就业竞争力具有重要的现实意义。

二、国内外研究现状

（一）国外研究现状分析

1. 国外工程教育研究

国外工程教育作为一门学科(Engineering Education as Discipline)得到了高等教育界广泛关注和高度重视，并取得了卓越的成绩，尤其是欧美主要高经济开发国家(MEDC)的研究成果备受国际高等工程教育界的认可。工程教育的改革创新之路始终依附于工业革命的发展历程，具有先进性和层次性，国外工程教育的发展贯穿科技革命先后经过了实用导向-通识教育-科学基础研究-回归工程实践的改革阶段。国外学者普遍将工程教育改革分为两个阶段：科学化研究和回归工程实践。第一阶段的工程教育科学化伴随着19世纪40年代第一次工业革命在英、法、美、德、日、俄等发达国家相继发展，许多综合性大学、工科类专业院校以及独立职业院校纷纷创办“工学院”，主要标志性特点是蒸汽机联动的机械、土木、化学、电器和工业等众多基础学科及具体专业学科的建立。第二阶段的回归工程实践是继第一次工业革命后，国外工程教育经历19世纪中期的第二次工业革命、20世纪中叶的第三次工业革命以及21世纪第四次工业革命后，先后通过电气化催生电力学科、自动化生产与信息技术、电子、计算机以及工业物联网和信息物理系统下的互联网相关新型专业。随着21世纪智能经济时代的到来，国外工程教育在从科学基础研究到以实践为主进行转型，至此，工程教育回归实践。

通过 MedaLink 工具，以 engineering education 为检索词，截至 2020 年检索出相关文献 739059 种，外文图书 11914 种，外文期刊 530989 篇，外文学位论文 12994 篇。从 2011 年到 2020 年 4 月，每年期刊文献量分别是：2011 年 21395 篇、2012 年 25772 篇、2013 年 25706 篇、2014 年 31241 篇、2015 年 35356 篇、2016 年 35254 篇、2017 年 40469 篇、2018 年 51411 篇、2019 年 61193 篇、2020 年 14258 篇。由此可知国外有关“工程教育”研究总体呈上升趋势。（如图 1）

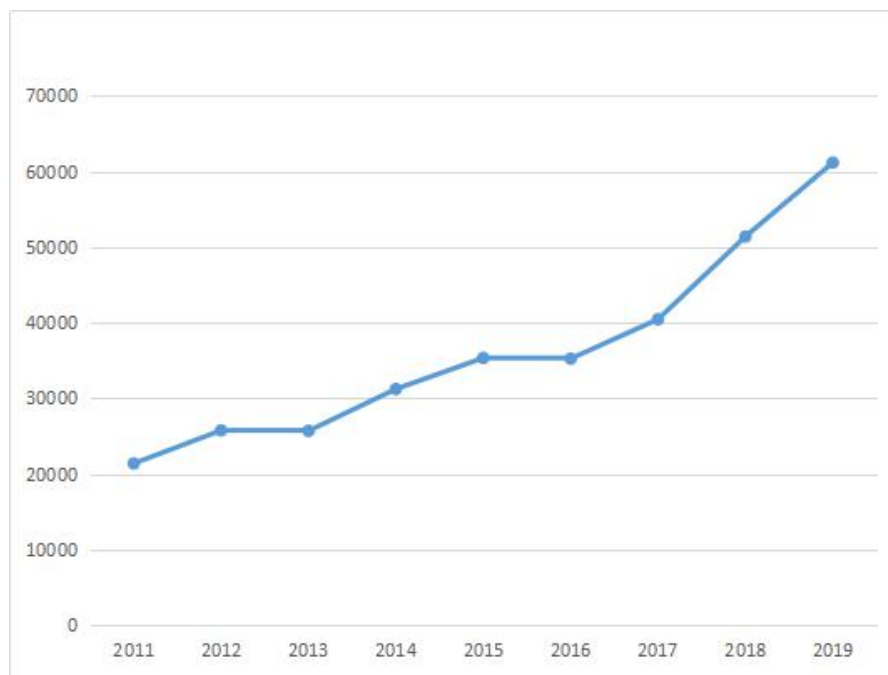


图1 国外“工程教育”研究趋势

美国的工程教育水平一路遥遥领先。美国国家工程研究院 (NAE) 工程教育委员会 (CEE) 早在 2001 年就提出“2020 工程师”人才培养规划, 针对本国工业发展需求、经济发展水平和社会未来发展走向对工科人才的要求, NAE 分别于 2004 年和 2005 年先后发表《愿景报告》和《行动报告》。美国的麻省理工学院 (MIT) 于 2001 年发表第一号 CDIO 报告, 并开展了“UROP”和“UPOP” (大学生研究和实践) 计划, 鼓励学生充分渗透到工程企业中去, 丰富实践经验。卡内基梅隆大学坚持开放包容的人才培养理念, 强调以开放积极的姿态面对社会。佐治亚理工学院坚信任何技术都需要被应用, 更加关注工程技术、工科教育独树一帜, 学生通常都会全面参与企业项目, 在实践中逐步形成创业精神和国际视野。还有基于问题的 PBL (Problem based learning) 学习模式, 改变了传统的以教师为中心的教学观念, 更加突出学生的主体地位; 德国有“机械之国”的美称, 德国工程教育发展的永恒主题是理论与实践的关系, 基于这个思想基础, 形成了既重视理论研究, 又密切联系工程实际的传统, 高校与企业在工程领域的合作进一步加强, 企业参与高等工程教育的趋势越来越明显^[2]; 法国的高等工程教育以“多科性”和“多面性”为特点, 也非常注重理论与实践相结合, 要求学生既要学习基础性专业学科知识, 也要掌握工程技术, 同时重视学生到工业企业实习, 与工业企业长期保持密切联系和合作的关系, 促进了校企共同发展^[3]; 日本工科教育在综合性的基础上更强调本科专业教育, 重视理论基础教育教学, 新专业设置不断随国家工业发展的需求进行调整^[4], 日本工科高校的学生在生产实习时, 通常都是由学生自主选择公司, 教师不直接参与实习过程, 学生独立、按时、高质完成实习报告, 日本比较重视工业实际, 善于从企业现场存在的问题中发现新工艺、新技术和新的研究课题。

通过对国外文献的梳理可以看出, 目前国际工程教育正处于回归工程实践的改革阶

段，更加强调综合性、跨学科性和整体性的实践本质，不同高校对于工程教育的创新使国外工程教育的质量和水平远远走在了世界前列。

2. 国外工程教育人才培养模式

国外高等工程教育在人才培养上比较成熟的模式可以概括为三类：能力导向教育(CBE)模式、成果导向教育(OBE)模式和构思-设计-实施-运行教育(CDIO)模式。

(1) 能力导向教育模式

能力导向教育(Competency-based Education, CBE)模式由美国麦克莱兰(McClelland)教授首次提出，他认为核心能力影响着学生的可持续发展，学生毕业后步入社会能否成功就业，就业后的表现是否出色都与自身的核心能力息息相关。2005年，美国为提高国内就业率制定相关规划，人力资源与培训部(Employment and Training Administration, ETA)为响应政府号召，提出了ETA金字塔模型(图2)，即员工实现自我管理和可持续发展的能力模型。该模型包含底层行业通用能力、中层行业相关能力和高层职业相关能力三个等级九个层次，由低到高分别为个人效能、学术能力、职场能力、整个行业的技术能力、具体行业的技术能力、特定职业知识、特定职业技能、特定职业要求、管理能力。该模式一经提出便在欧美等发达国家引起强烈反响，各行各业纷纷将此模型广泛应用于人才招聘、绩效考核、岗位培训等各个方面的工作中，并视为人力资源管理与评价的考核标准。工程教育领域也纷纷对现有的人才培养模式进行改革，基于工业发展和社会需求的核心能力培养成为重中之重。

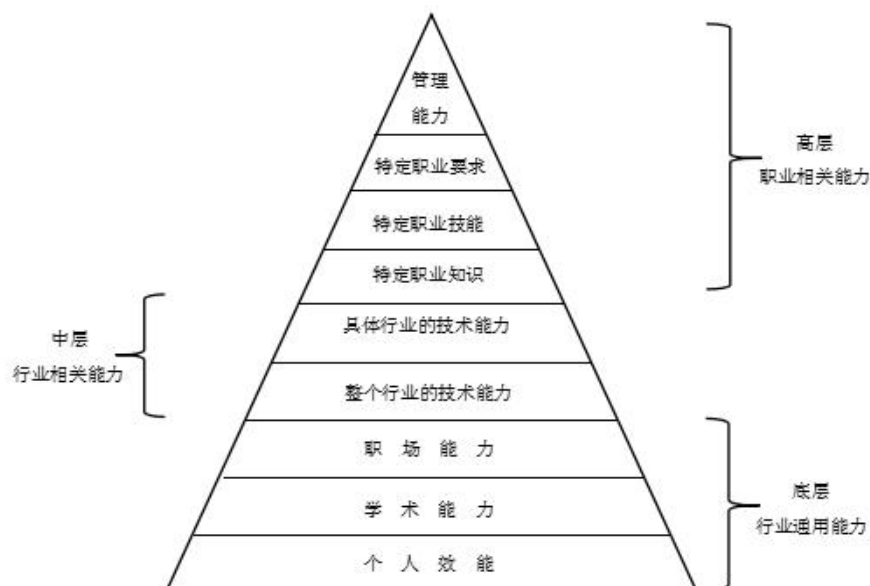


图2 ETA能力模型

(2) 成果导向教育模式

成果导向教育(Outcomes-based Education, OBE)是以学习成果的达成度为核心的教育模式，《华盛顿协议》作为工程领域极具权威性的国际化体系，OBE本科工程学位和

教育模式则是打开这扇门的钥匙，因此也是目前美国工程教育主要采用的人才培养模式。区别于 CBE 教育模式，OBE 更加强调目标成果的产出，前者则注重核心能力的提升，二者的培养目标略有不同。2017ABET（美国工程技术评审委员会）标准认为高等工程教育的本科毕业生需要顺利完成必备的跨学科知识、多种技能和良好素质等 11 项学习成果才可予以毕业。

(3) “构思-设计-实施-运行”教育模式

二战后，工程教育的发展与工程师的实际需求日渐脱离，麻省理工学院的航空航天系(MIT Aero-Astro)通过调查发现，工程教育的成功不仅需要工程基础知识，还要求具备项目构建、人际交往、团队沟通合作和实践操作等能力，对工程师的培训需要一个新的概念框架，为了弥合不断扩大的差距，MIT 开创了一种新的工程教育模式，即构思-设计-实施-运行(Conceive-Design-Implement-Operate,CDIO)模式，CDIO 框架基于教学大纲和标准两个基本文档，在 Wallenberg 基金会的资助下，MIT 于 2000 年加入了三所瑞典大学，形成了 CDIO 倡议，这是一项旨在改革工程教育的国际合作。自 CDIO 计划启动以来，国内外许多高校都加入了该计划，在共同框架的基础上融入了更多经验和成功的案例，也为我国新工科建设提供了新的平台和视角。

3.国外产学研协同育人模式研究

同样以 MedaLink 为检索工具，以 Industry-University-Research 为检索词，截至 2020 年检索出相关外文期刊 564771 篇，图书 3166 种，外文学位论文 98566 篇。从 2012 年到 2019 年，期刊文献量逐年递增。（如图 3）

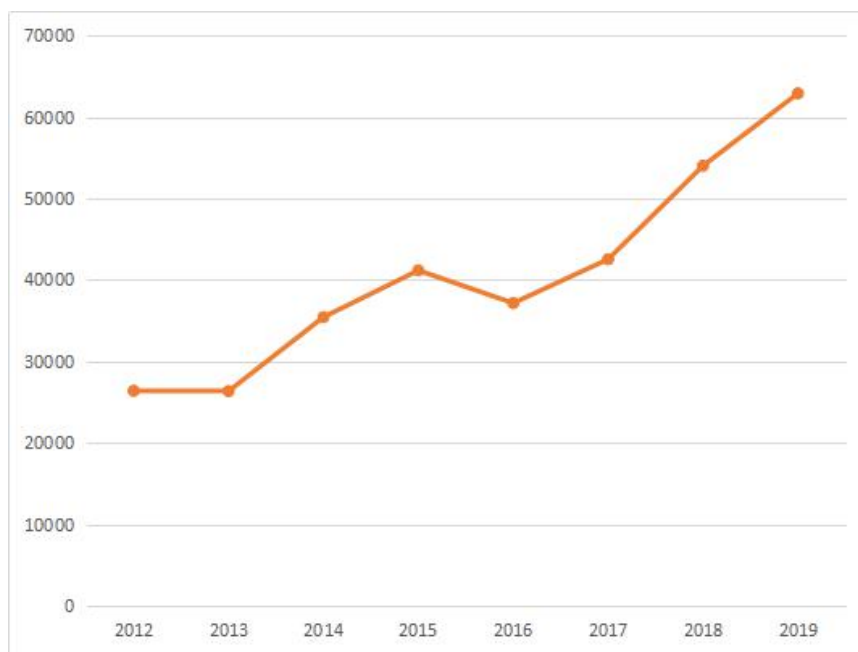


图 3 国外“产学研”研究趋势

国外关于产学研合作教育的研究已有了长久的历史和深远的探索。产学研“协同育人”的雏形可以追溯到 1946 年的美国合作教育^[21]，辛辛那提大学高度重视理论与实践

的关系，力求通过高校与其他机构的合作来丰富教学方法和教学内容。美国 Etzkowitz 教授和荷兰学者 Leydesdorff(1995)提出的“官产学”三重螺旋模型(The Triple Helix)，在产学研发展史上具有里程碑意义，该模型是从生物学三螺旋 DNA 中衍生而来，他们将大学、政府和企业的关系比喻成三螺旋 DNA^[2]，认为三者相互协作能更快促进知识转化、技术升级和生产应用^[5]，该模型一经提出，就受到了国外不同领域、不同高校的广泛关注和高度重视，Etzkowitz(2003)采用三角螺旋理论来阐述协同育人的背景下产学研之间的关系转变^[6]。以产、学、研各主体的参与度和影响度为因素，可将国外产学研合作分为高校主导型、企业推进型和政府引导型三种育人模式。

(1) 高校主导型育人模式

以高校为主导的产学研合作教育模式包括“三明治”模式、辛辛那提模式、安提亚克模式和科技园模式。归纳总结如（表 1）

表 1 高校主导型育人模式

主要模式	代表高校	特点
“三明治”模式	英国桑德兰特技术学院	将理论教学、实际工作、合作训练三项任务穿插进行,实现产学研理论与实践结合,学校与企业协同育人
辛辛那提模式	美国辛辛那提大学	①学生学习时间分为两部分,一部分时间在学校学习专业理论知识,一部分时间在企业实习接受必要的知识和经验,即学习-工作-学习 ②固定相关企业进行社会实践,方便学生毕业后就业方向 and 上岗
安提亚克模式	安提亚克大学	学习和工作相结合,要求学生拥有多个社会生产领域和部门实习工作经验,促进学生的多样性知识结构,培养建筑、工程、设计等应用型领域的复合型人才
科技园模式	沃里克大学	学校和企业签订合作协议,企业为学生培养提供实习实训基地,这种模式为社会培养了大量的具有创新能力的专业科技人才

(2) 企业推进型育人模式

企业推进型产学研合作教育模式主要以德国的“双元制”和企业大学模式为代表，其中企业大学是一种新兴的产学研合作教育模式，主要有转换式、合成式和派生式以及平行模式、契约模式等相关模式^[7]。归纳总结如（表 2）

表2 企业推进型育人模式

主要模式	典型代表	主要内容
“双元制”模式	德国“双元制”	“双元”指的是学校和企业，学生在学校接受理论教育的同时也在企业接受职业技能等相关专业知识培训
企业大学模式	平行模式	学习时间富有弹性，学生可利用课余时间进行实践学习，同时还可获得较高的报酬收入
	契约（合同）模式	以签订合同的方式将产学研结合在一起，实现优势互补、互利共赢，达到协同育人的目标

(3)政府引导型育人模式

以政府为引导的产学研育人模式主要包括澳大利亚的职业技术继续教育(TAFE)模式和工程研究中心模式^[8]。归纳总结如（表3）

表3 政府引导型育人模式

主要模式	内容
“TAFE”模式	由澳大利亚国家培训局建立全国统一的“TAFE”标准，即国家职业资格框架，政府只对办学质量高、成本低的学院进行优先拨款，学生的理论课程都由公立或者私立的 TAFE 学院完成，通过政府主引标准指明人才培养目标来达到协同育人目标
工程研究中心模式	由美国国家科学基金会提出，由代表政府出资启动资金，在项目研究过程中，研究人员与优秀大学生共同参与研究过程，在完成任务过程中调整人才培养计划，提高高等级人才培养质量，形成政府-科研机构-高校共同参与的协同育人模式

国外产学研合作教育起步较早，已有了久远的发展历史，在人才培养上也更加强调政府的政策引导作用、科学技术的推动作用以及多方机构的协同作用，我国在产学研协同育人的模式探索上可以借鉴国外的先进经验，取其精华去其糟粕，结合我国的实际发展情况，探索出适合我国的产学研协同育人新模式，从而缩小与发达国家之间的发展差距，提高国际竞争力。

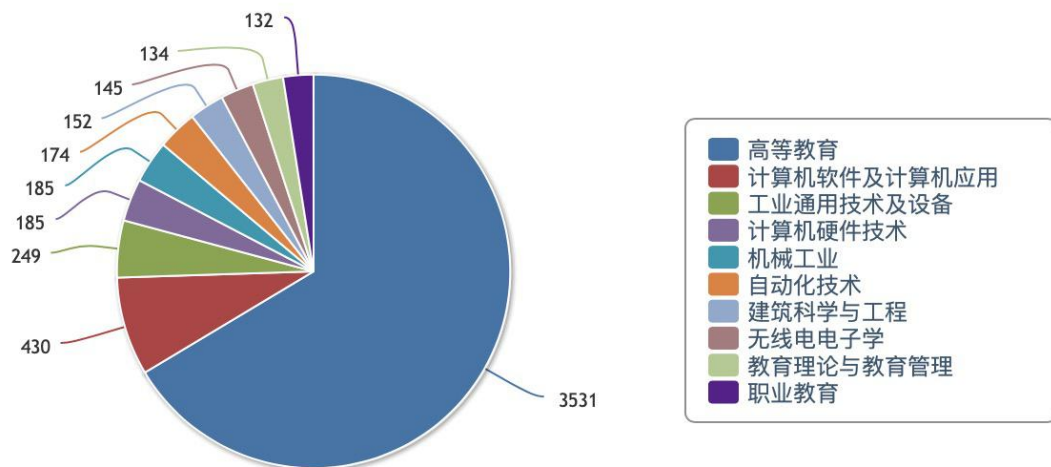
（二）国内研究现状分析

1.我国“新工科”建设研究

我国的工程教育研究主要分为从“技术范式”到“科学范式”到“回归工程”再

到“新工科”阶段的转变。20世纪90年代，我国遵循国际工程教育发展趋势，由“技术范式”开始转向“科学范式”^[9]；20世纪末以来，国际“回归工程”教育改革如火如荼，各类工程教育口号的相继提出使我国开始重视理论与实践教学的关系^[10]，我国工程教育呈现回归实践的发展趋势；2016年，“十三五”发展规划中指出要不断推进新工科建设与发展^[11]，2017年，“新工科”建设正式吹响前进的号角，掀起我国高等工程教育改革热潮，至此，我国工程教育开始由“回归工程”向“新工科”建设开始转变。

第四次工业革命带来的变化和挑战比以往历史性工业革命都影响深远，将不会像以前那样局限于某个领域，比如移动网络、传感器、纳米技术、3D打印、材料科学和计算机信息处理以及它们的交互功能都将受到第四次工业革命的极大影响，这是系统性的而不是单一性的改革，在这一国际环境下，“新工科”建设应运而生。以“新工科”为主题词在CNKI中国知网上检索，截至2019年底，共检索到相关中文文献4064篇，期刊3951篇，博硕士学位论文50篇，并且逐年呈上升趋势。需要注意的是，“新工科”这一名词是出现在2017年以后，在此之前有关工程教育的研究并未形成统一口径和战略目标。“新工科”研究中学科分布最多的是“高等教育”3531篇，其次是“计算机软件及计算机应用”430篇、“工业通用技术及设备”249篇。（如图4）



数据来源：中国知网 CNKI

图4 我国“新工科”研究主题分布

新工科建设重在行动，整合当前文献资料，可以将新工科建设与发展从宏观、中观和微观三个层面进行分析^[12]。一是宏观建设“三部曲”，我国于2017年的2月、4月和6月前后唱响了“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”新工科建设“三部曲”。2017年2月18日，教育部在复旦大学召开高等工程教育发展研讨会，提出工科专业改革新方向，与会高校达成了若干共识^[13]，同年4月8日，教育部在天津大学的研讨会上公布了《新工科建设行动路线》，“天大行动”讨论如火如荼，响应国家的战略目标，此次会议制定了2020~2050年三个阶段的路线和不同时期的目标^[14]，6月9日，新工科研究组专家在北京召开会议，通过了《新工科研究与实践项目指南》^[15]，至此，新工科建设

“三部曲”初步形成。二是中观建设“三层面”，新工科建设归根结底是人才的培养，当前我国的工程教育仍然面临很多问题，因此，新型工科人才的培养需要打破现实瓶颈，加强多维层面的发展，主要从推动学科建设、创新人才培养模式、优化教育教学体系三个方面开展育人工作^[16]。三是微观建设“三分类”，教育部依据“复旦共识”不同类型高校分类建设的原则，提出工科优势高校、综合性高校、地方性高校要发挥各自优势“齐头并进”^[16]。（如图5）

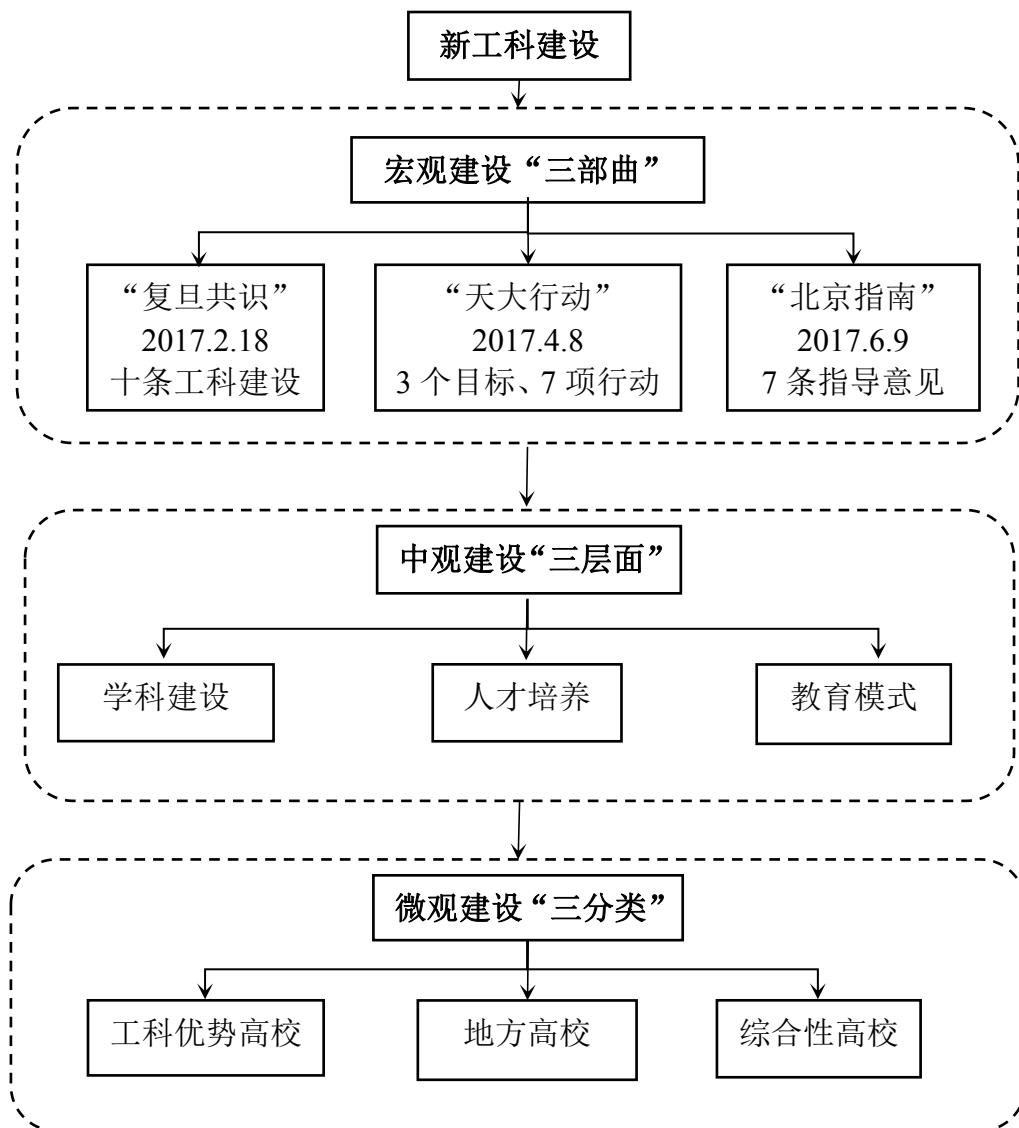


图5 我国“新工科”建设进展

2.我国产学研协同育人研究现状

以“产学研”为主题词在CNKI上检索，发现相关度最多的依次是“产学研合作”、“产学研结合”、“协同创新”、“人才培养”和“高校”。（如图6）

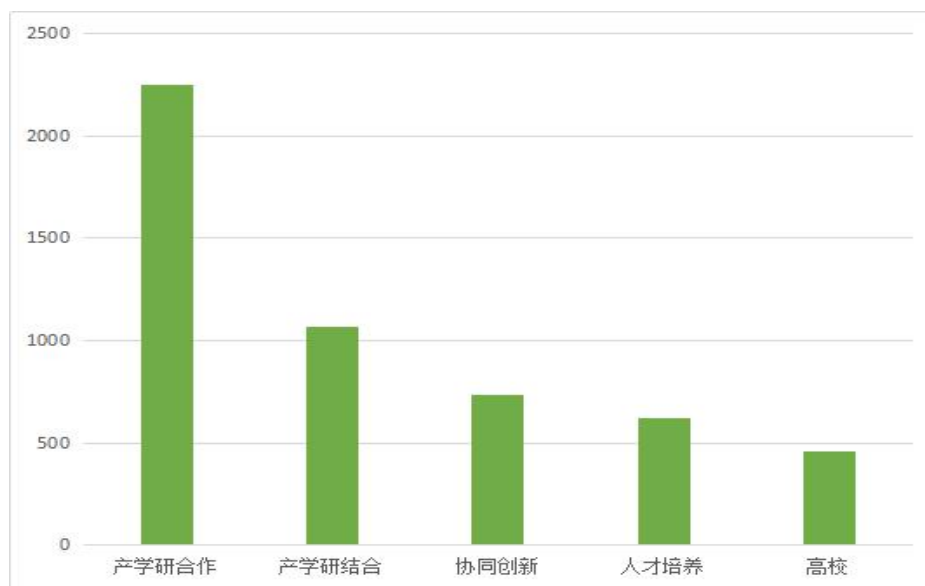


图6 “产学研”主题词相关度分布

我国的产学研合作教育始于20世纪80年代，随着高等教育的变革和发展，继211工程、985工程之后，“卓越计划”（卓越工程师教育培养计划）、“2011计划”（高等学校创新能力提升计划）以及“双一流建设”（建设世界一流大学和一流学科建设）等一系列国家重大战略相继提出，对于各个层次的高校来说，在“人才培养”过程中如何体现产学研的作用，并引入有效的协同创新机制，显然是较为重要的研究方向。在这样的背景下教育部积极响应国家战略，提出产学研协同育人，将“人才培养”放到更高的位置。

通过分析中国知网学术关注度指数，将检索时间设定为2013~2019年，发现“协同育人”相关文献是从2012年末2013年初开始出现，也正是“2011计划”提出后相继出现，并在接下来几年内关注度呈上升趋势。产学研协同育人相关理念提出后，国内各类高校、企业、科研院所相继开展有关工作。厦门理工学院认为产学研协同育人的关键是要突破高校、企业在运转过程中各自独立、融合度不高等瓶颈问题，提出把人才培养和教学科研、社会服务结合起来，使企业和高校成为人才培养的“双主体”，让在校生拥有“双导师”（学校导师+企业导师）和“双身份”（学生+预就业员工）；张霞(2014)发现地方高校产学研合作人才培养模式包括“订单式”“X+Y”模式和“工学交替式”类型存在不少问题，提出吉首大学工商管理专业在进行国家特色专业建设中搭建的具有地方特色的产学研合作人才培养模式，同时指出地方高校在进行产学研协同育人模式的构建中需注意的事项^[17]；姜鸿等(2015)认为产学研双方在合作培养创新人才问题上陷入了一种“囚徒困境”，因此，我国必须构建起政府部门政策支持到位、企业和学研机构措施保障完善的体系^{[17][18]}；刘立国等(2016)认为在“大众创业万众创新”的社会背景下，加大人才培养的力度和拓宽培养渠道迫在眉睫，提出面对当前信息经济时代的快速更迭，人才培养需要走向社会协同化、开放化、互助化，产学研协同育人是其发展的必然趋势^{[17][19]}；刘学忠(2017)在地方应用型大学协同育人机制新探中提出要发挥政府主导

作用,深化大学和企业的主体地位,大学、企业、政府和科研院所等多主体共建学科专业特区和创新平台与实践基地,通过点面结合与试点推进,产学研以“三共建四合作”为框架共建协同育人体系;吴洁等(2019)通过仿真分析法构建了以高校为主导、以政府为导向、与生产单位共同参与的产学研合作三主体博弈演进模型,并指出政府引导设置的激励机制对于高校和企业的激励效果与影响程度存在差异性^[17]。

随着产业技术发展日新月异,产学研协同育人模式正在以生产者为中心向以用户为中心进行转变,“政”和“用”在产学研合作中的重要地位日渐凸显,这里的“用”主要指“应用”和“用户”,包括用户体验和用户创新,“用”是人才培养的出发点和落脚点。新工科建设背景下的创新 2.0 形态推动育人模式由“产学研”到“政产学研用”再到目前的“政用产学研”方向发展,强调产学研协同育人必须以市场需求为导向,以企业、高校、科研院所为主体,以人才培养为中心,突出产学研协同育人模式中政府的政策引导作用和用户的创新主体地位,更加强调面向应用的价值体现。

(三) 国内外研究现状述评

综上所述,国外对“工程教育”和“产学研合作育人”的研究起步较早、发展较快、质量较高、覆盖面较广,相比之下,我国的工程教育改革比欧美发达国家滞后了 15-20 年,“新工科”建设起步虽晚,仍处于探索阶段,但到 2020 年初步形成新工科建设模式的目标已达成。另外,国内学者从多种角度对产学研协同育人进行了深入的研究,并且在实践层面已取得丰硕的成果,但由于深受国内外发展环境以及合作主体不同的利益诉求等主观和客观因素的影响,产学研协同育人仍存在许多亟待补齐的短板。

“新工科”建设是近几年高等教育界掀起的热潮,现有的“产学研协同育人”方面的研究大多是脱离“新工科”而谈,在人才培养方面缺乏新思维、新技术、新手段,没有和产学研协同育人深度结合。其次,国内目前对于产学研协同培养“新工科”人才影响机制的分析并不全面,协同育人的视角受到局限,缺少基于新视角的综合性研究,因而无法为产学研协同育人的实践教学提供有效指引。另外,我国关于产学研合作教育的研究不可胜数,所谓见仁见智,但是目前尚未形成成熟的协同育人模式和通畅的育人路径,政府和企业产学研合作中的地位还需进一步提高,尤其是在新工科建设的背景下,更是对产学研协同育人提出新要求,随着工程教育的范式转变,新工科与产学研互依共存实现共同发展是新经济时代发展的必然趋势。

三、 研究思路和主要研究方法

(一) 研究思路

论文以“新工科背景下的产学研协同育人模式”为研究核心,从相关概念、发展现状、现存问题、构建育人模式和云平台、提出对策建议和保障措施等方面层层深入、逐步展开。论文主要由以下几部分构成:第一部分是绪论,在研读大量文献的基础上综述

国内外相关研究现状，阐述选题缘由，明确论文研究的目的、意义、研究思路与方法。第二部分对相关核心概念进行界定并且阐述论文的理论基础。第三部分对“新工科”背景下的产学研协同育人发展现状和存在问题进行分析，阐述“新工科”对“产学研合作”提出的新要求。第四部分主要是针对问题提出解决办法，即产学研如何“协同育人”实现“新工科”人才的培养，需要在新工科背景下构建以培养复合型卓越工程人才为核心、以“一点两线三体四面五优”(1+2+3+4+5)为育人框架的产学研“多元融合”协同育人模式，也是本文的核心部分。第五部分是针对协同育人信息化应用亟待加强的问题，构建了新工科背景下的产学研协同育人云平台。最后一部分结合问题有针对性地提出保障措施。

(二) 主要研究方法

论文采取的主要研究方法是文献研究法、比较分析法。

1. 文献研究法

针对新工科与产学研协同育人的研究内容，借助学校图书馆、校教育科学学院图书资料室、中国期刊全文数据库、外文数据库检索系统等途径，进行大量的文献、期刊、论文、教育部文件和著作的查阅整理，基于对资料的深入分析，梳理新工科对工程人才的新要求，充分掌握当前的研究进展和研究成果，为本论文的开展奠定基础。

2. 比较分析法

通过对比国内外工程教育和产学研合作育人的发展现状，系统分析我国“新工科”实践探索与产学研协同育人的发展困境，在工程教育专业认证和质量评价的优化上，对比国际标准，总结适用于我国国情的工程教育发展经验，为我国“新工科”建设和产学研协同育人模式的构建提供良好的现实依据和经验借鉴。

第一章 相关概念及理论

一、 相关概念

(一) 新工科

2017年2月,教育部正式提出“新工科(New Engineering)”建设,加快推进我国成为工程教育强国。关于新工科的内涵,学界有不同的解读,通过大量研究发现,关于新工科的内涵和特征比较具有代表性的观点可分为以下几类:一是张大良总结的新工科研究与实践的“双五重点”,即5项内核和5项外延研究重点(如表1-1)。二是林健教授认为“新工科”是“卓越工程师教育培养计划”的2.0版,他指出“工科”指工程学科,“新”包含新兴、新型和新生三方面含义^[20](如表1-2),此观点深受广大学者认可。

表 1-1 张大良“双五重点”

5项内核研究重点	5项外延研究重点
新理念-工程教育	组织方式
新结构-学科专业	协调机制
新模式-人才培养	管理改革
新质量-教育教学	评价改革
新体系-分类发展	政策支持

表 1-2 林健“三新”

“新”	新兴	前所未有的全新工程学科门类
	新型	基于传统工科升级改造的新学科
	新生	基于传统工科与其他学科交叉融合产生的新学科
“工科”	工程学科	不同工程学科之间交叉
		工科与其他学科交叉

通过对国家相关政策文件的解读,“新工科”中的“新”主要体现在两个方面:

1. “立新”,是指为满足新经济和工业需求设置和发展一批新兴工科专业,制定一系列新计划。随着社会产业结构的发展变化和调整,新的产业形态不断涌现,比如物流、快递、无人机、人工智能、机器人、人工驾驶汽车等,很多前所未有的产业随着经济的发展已成为一种独立的产业形态和工程技术形态,新型产业形态在发展变化的同时要求学校的专业进行变化。据报道,我国人工智能产业的供求比例仅为1:10,在未来的几年

中，我国人工智能等新兴产业对人才的需要将供不应求，到2020年，中国信息技术、电子设备开发、高级数控机床制造、机器人技术和新材料等行业的人才缺口将达到750万，到2025年将上升至950万（表1-4）（图1.1）。新技术带动了相关产业的迅猛发展，同时也带来了人才供给与需求不平衡的问题，需要我国的工程教育建立新专业和新学科去适应新产业，以应对全球范围内迅速发展的技术革命。

2. “更新”，即存量优化，是指通过跨学科整合、不同学科交叉融合等方式推动现有工科专业的改革创新，增加实践、创新在人才培养计划中的比重已成为高等工程教育界的共识。不仅要更新课程，还有教学内容、方式方法、教学评价与管理以及其他影响工程教育质量的因素，都要根据工业需求和国际标准进行更新。无论是要“立新”建立新专业还是要“更新”现有的专业结构，新工科建设都着重于促进不同学科之间的联系，强调综合课程系统对于培养学生综合技能以及解决复杂工程问题的重要性，以此作为符合产业需求和社会发展要求的未来工程师的培育方法和衡量标准。

表 1-3 人力预测具体数值

年份 领域	2015年 (万)	2020年预 测(万)	2020年缺 口(万)	2025年预 测(万)	2025年短 缺(万)
新一代信息技术产业	1050	1800	750	2000	950
先进的数控机床和机器人	450	750	300	900	450
航空航天设备	49.1	68.9	19.8	96.6	47.5
船舶工程设备与高科技船舶	102.2	118.6	16.4	128.8	26.6
轨道交通设备	32.4	38.4	0.6	4.3	10.6
节能与新能源汽车	17	85	68	120	103
电子设备	822	1233	411	1731	909
农机设备	28.3	45.2	16.9	72.3	44
新材料	600	900	300	1000	400
生物医学与高性能医疗设备	55	80	25	100	45

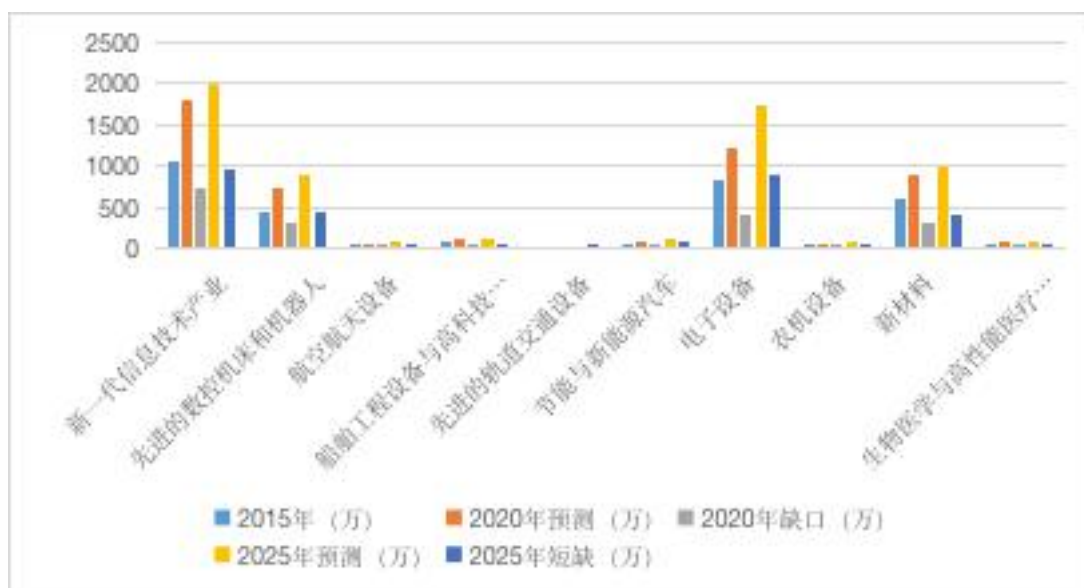


图 1.1 我国十个关键制造业的人力预测

综上，“新工科”是我国新经济转型形势下的一项重大改革举措，旨在全球“工业 4.0”技术革命和我国加入《华盛顿协议》的背景下，提升人才培养质量的中国工程教育改革创新。新型产业形态的出现对人才的知识、能力和素质结构都提出了新要求，高校作为人才“孵化器”，其人才培养体系也需要不断创新以适应新经济需求，但当前现状是人才的数量和质量都无法满足产业需求，因此，新工科就是要求在新的工程教育理念下，代表最新的产业、行业以及高等教育发展方向，紧密结合新的产业需求，创新人才培养模式、课程体系、学科专业结构和教学质量评价标准，以培养未来化、创新型、复合型卓越工程人才为目标，以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为途径，新工科建设要植根于我国的历史积淀和传统优势，要面向未来，全面加快改革创新。

（二）产学研协同育人

我国产学研合作教育从 20 世纪初发展至今一直是高等教育界及多个领域经久不衰的话题，2011 年胡锦涛在清华大学建校百年大会上指出高校发展方向是协同创新、协同育人，同年“高等学校创新能力提升计划”（2011 计划）提出，更加强调高校和产研之间的深度交流与合作，产学研协同育人是推动我国教育事业发展的重大战略，也是一种新型人才培养方式，其核心内容是：协作、共享、集成、融合，在协同育人这一复杂系统中，通过各子系统（产学研参与主体）和要素（影响因素）之间的协同作用，达到育人目的，产生 $1+1+1>3$ 的效果。

产学研协同育人的参与主体包括“产”（产业、企业）、“学”（高等院校）和“研”（研究机构、科研院所），其中企业是技术需求方，科研院所和高校是技术供给方，根据新工科人才的特征、内涵与要求，各主体要素在协同育人中分别扮演着不同的角色和责任。高校作为产学研协同育人的主体，可以为新工科人才培养提供良好的教育资源和教学环境，根据产业发展对人才不同阶段的需求及时优化课程体系、调整专业设置，宏

观指导产学研协同育人目标、计划、方案及策略的制定与安排，不断为社会输送所需要的人才；企业是新工科人才的使用者，也是技术创新的主体，承担着成果转化、资金支持等重要任务，高校的人才输出和研究机构的科研成果输出是企业发展的原动力；科研机构是产学研协同育人关系的纽带，有着科学技术研究成果优势和优越的科研条件，可以弥补高校资金短缺、教学设施不完备等不足，在产学研协同育人中，科研院所正在以单一的技术型向多方向兼顾的研究机构转型。目前我国产学研协同育人模式主要有“创新战略联盟”“1+1+1平台”“与地方对接合作”“校地共建大学科技园”“政用产学研协同”“政产学研金五位一体”等多种形式。如（图 1.2）

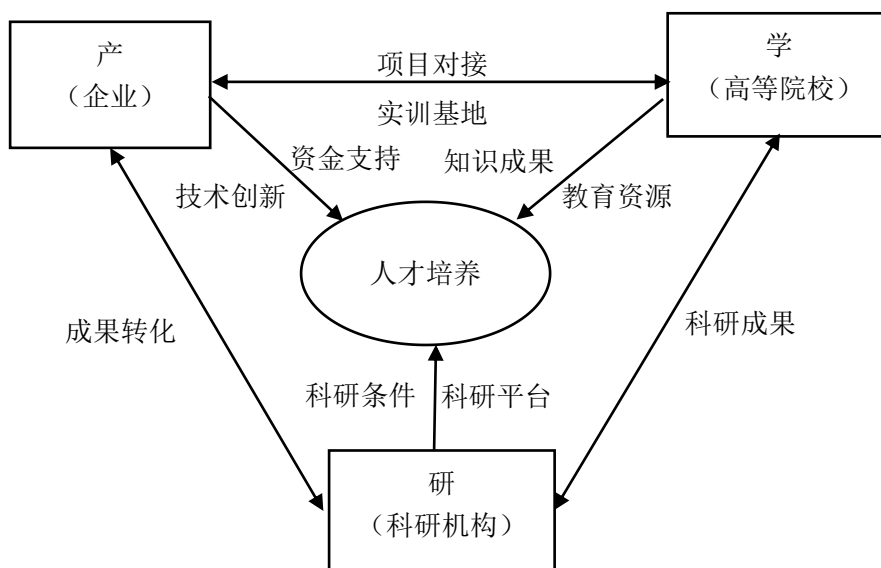


图 1.2 产学研协同育人概念图

通俗来讲产学研协同育人就是企业、高校、科研机构以资源共享、优势互补、互惠互利为基本原则紧密合作，目标一致，充分利用三方主体各自不同的教学环境和资源以及在人才培养方面的优势，共同参与人才培养计划，为解决社会需求输送大批高素质人才，人才输出的同时为企业带来直接效益，为研究机构带来最新科研成果，为高校扩充师资队伍且提高学生就业率，各参与主体互利共赢，是促进企业生产、实践教学、科技创新、经济发展、科研成果转化有机结合的教育形式，其前沿性与新工科人才培养原则相契合。

（三） 人才培养模式

“人才培养模式”在我国首次提出至今大约有 37 年的历史，1983 年，文育林最早提出了“人才培养模式”一词，许多教育家相继进行了研究，但其内涵没有得到明确的表达。1997 年，教育部强调时代的挑战需要更新教育思想和想法，指出“所谓的人才培养模式是指如何通过教育实现人才培养的知识、能力、素质结构”。1998 年 3 月，周远清在报告中指出“所谓的人才培养模式，事实上就是实现培养目标、培养规格的培养手

段和方法，它反映高等教育的思想和理念”。此后，国内学者对人才培养模式的研究就此展开，分别从不同的角度和层面出发，相关表述甚多，可谓见仁见智，目前认可度较高的观点认为“人才培养模式”是指在一定的教育理论和教育思想的指导下，根据经济和社会发展的需要，明确人才培养的目标，根据培养目标来确定培养规格和质量结构，在此基础上构建人才培养方案，确定人才培养的教学内容和课程体系，实现科学的教学方法和手段，并建立相应的管理和评价制度，确保育人过程的顺利实施，即目标、过程和方式（教学内容、方式、方法+课程体系+管理和质量评价制度）的总和。

产学研协同视域下人才培养模式的构建，是指在新工科建设相关教育理念的指导下，根据产业发展需求，产学研三方共同确定新型工科人才培养目标，以此目标为导向，参与主体基于互惠互利、资源共享等原则形成深度协同的合作关系，共同参与人才培养全过程，从共同制定人才培养方案、培养内容、培养制度、课程体系、实践教学、培养方式和质量评价等多方面开展，从而提高人才培养质量，加速新工科人才的高效产出。

二、 相关理论

（一） 系统论

“系统”顾名思义是由单一的有机体、各个子系统通过有规律的组合构成一个整体，可能是任何领域的组织或个体，作为一个存在于自然界和社会科学系统中复杂的科学理论，相关研究者一致认为是由美籍生物学家 L.Von.Bertalanffy 于 19 世纪 40 年代创立。当然，也有很多其他学者进行研究，Bertalanffy 的一般系统理论(GST)，开始是一个系统研究和实践的项目，后来被其他领域所采用，如塔尔科特·帕森斯和尼科拉斯·卢曼的结构功能社会学。系统论强调更改系统的一部分可能会影响其他部分或整个系统，各个子系统对于学习和适应程度取决于制度对它的环境经营，系统论的目标是对子系统进行建模，并阐明可以在嵌套的各个级别以及广泛范围内识别并应用到其他系统的原理（例如目标、度量、方法、工具），每个系统都受空间和时间的限制，受其环境的影响，由其结构和目的定义，并通过其功能来表达，如果一个系统表现出协同作用或紧急行为，则它可能不仅仅是其各个部分的总和。

新工科背景下的产学研协同育人是一个有机系统，从内部系统分析，相关利益主体是高校、企业、科研院所，直接参与的主体是高校教师、学生、企业工程技术人员、科研人员，强调“师生”“生生”“师师”在人员上的交流互动，从外部系统分析，产学研协同育人模式的构建又受政府、科技中介机构以及其他监督管理部门宏观调控，制约因素受多主体影响。产学研协同育人需要了解系统内外部各个要素联动和运行规律，并加以优化管理和利用，实现各类优质资源的合理配置，构成一个科学有效的人才培养系统，从而实现最优的育人效果。

（二）协同理论

“协同理论”最早是由著名的西德物理学家哈肯(H.Haken)于1977年发表的《协同学导论(Synergetics-An Introduction)》一书中提出的,他将一个系统中多个受同一原理支配的且独立存在的边缘学科成为“协同学”,协同理论认为,整个系统的各个要素之间、内外部环境之间可以通过深度合作,汇集系统内外所有因素的有效资源并进行最大化开发和利用,通过资源的优势互补激发系统新活力,形成新的有序结构,实现系统内各子因素从无序向有序发展^[21]。

新工科建设下要求产学研协同育人要以复合型卓越工程人才培养目标为导向,以产学研深度协同为抓手,政府、高校、产(企)业、研究院所以及科技中介机构等多主体共同参与人才培养全过程,充分发挥内外部动态因素的作用,形成深度协同关系,以互惠互利为原则,深化产学研合作,各子因素在系统内发挥互依共存又相互制约的功能。以协同理论为指导,产学研在协同育人的过程中要注重协同主体、协同路径、协同方式以及评价保障机制的多元性特征,加强合作主体之间的关联性,是实现新工科人才培养的重要条件。

（三）复杂适应系统(CAS)理论

20世纪80~90年代,随着科技进步,各类交叉学科的研究相继出现,科学研究也迈入了新的发展阶段,复杂性科学逐渐兴起,1994年,美国的霍兰(John Holland)教授在Santa Fe研究所成立十周年时正式提出复杂适应系统理论(Complex Adaptive System CAS),该理论以“适应性造就复杂性”为指导思想,以具有适应性的主体为研究对象,通过考究适应性主体之间以及与内外部环境之间的联动关系,揭示系统运行的动态规律。霍兰强调个体主要包括聚集、非线性、流、多样性4个特征,以及标记、内部模型和积木3个机制,CAS理论一经提出,便在高等教育、模拟生态、社会管理等多个领域都得到了广泛应用^[22]。

立足于CAS理论,将新工科建设下的产学研协同育人视作一个复杂适应系统,由高等院校、企业、研究院所、政府等不同类别的个体为了实现培养新工科人才的目标组合而成,这些子系统之间及其与内外部环境之间相互作用、互相制约,通过不断交流和互动,以便获取有效资源利用,针对人才培养的复杂性,尝试在复杂适应系统视域下进行建模,从而促进新工科背景下产学研协同育人模式的高效运行。

三、新工科与产学研关系辨析

（一）新工科建设呼唤产学研协同育人

产学研协同育人是新工科建设下的发展要求也是发展趋势,是追求也是必然。新工科背景下,人才发展引领社会变革,社会变革影响行业产业转型升级,产业形态的变化

又决定了人才培养的规格，因此，新型工科人才是社会经济发展需要，是产业转型升级需要，是企业等用人单位需要，也是高校最终的职责所在，而培养符合未来发展需求的复合型卓越工程人才需要一个环境优良、制度健全、路径畅通的“孵化器”，这个孵化器需要产学研协同共建，产学研协同育人是产业转型升级的“助推器”也是新工科人才的“催化剂”，新工科建设需要产学研协同育人的平台优势，因此，产学研进行深度合作对于新工科人才的培养至关重要。

（二） 产学研协同育人促进新工科发展

新工科背景下要求高校在进行专业调整时需要有前瞻性眼光和敏锐的洞察力，能根据将来可能出现或者发展的产业形态超前增设新专业或者优化已有的专业，目前我国很多高校都在要求企业和科研院所的专业技术人员参与到人才培养全过程，包括培养目标、教学计划、教学内容中去。比如大家所熟知的华为是做基础研究，在有些研究领域目前还没有形成专业，但华为的发展速度和研究所的成果预示着将来可能会发展成为一种产业形态，从这一角度看，学校的专业设置要适应、引导或超前满足发展需求，一方面要关注企业发展，另一方面要了解研究所的创新研究成果、方向和趋势，华为总裁任正非在接受采访时提到，华为崛起的根基是基础研究，华为的优势是工程能力，而华为目前的发展困境归根结底是跨学科人才的深度，解决芯片问题的关键不是资金，而是懂数学、物理、化学方面的工程师，正如我们广泛应用的4G网络，正常理论下载速度应该达到300~400兆，而普遍情况下的手机网络只有20~30兆，因为网络结构不好，也就是缺乏研究运营商网络结构的数学家^[23]，这个问题解决不了，就难以达到技术创新，作为行业领域的“领头羊”，华为的创新发展仍然急需大量具有跨学科知识的复合型卓越工程人才，也正是新工科人才，这种人才出自哪里，单靠高校的培养是远远不够的，必须融入企业和科研的力量，因此，产学研合作的深度和广度时刻影响着新工科人才的培养质量，同时新工科建设这个大环境又有助于产学研协同育人的顺利开展。

（三） 新工科与产学研互依共存共同发展

新工科建设的内涵就是存量优化和增量更新，设置新型工科专业，改造升级已有的工科专业，无论是调整优化还是增设创新，都要根据社会的产业结构和产业形态变化去调整，这种调整 and 变化需要产学研协同育人来实现，比如高校通过产业（企业）的变化、产业形态的变化、人才需求的变化可以及时更新调整原有的工科专业，也可根据现场和企业的新形态增设新专业，在进行专业结构调整的同时始终要贯穿新工科教育理念，注重学科交叉和跨界合作，培养出的人才既满足企业需求，又符合社会发展需要，同时还契合新工科建设的育人目标。另外，新工科建设对产学研合作也提出了新需求，要求产学研协同育人要因时而新，不断创新协同方式和协同手段，及时更新育人理念，产学研合作发展无法脱离新工科而谈，两者必须相互依存、互相制约，实现共同发展。

第二章 新工科背景下产学研协同育人发展现状和问题

一、新工科背景下产学研协同育人发展进程

（一）产学研协同育人探索与实践

长期以来，由于大学与产业的合作关系不够深入，我国的工程教育水平一直难以实现质的飞跃，在新工科建设的背景下，大学与企业 and 科研院所之间更深入、更广泛的合作再次被赋予了更高的价值，大学技术转让中心、大学科技园、高校附属的国家重点实验室以及产学研共建立校外实习基地等在全国范围内如雨后春笋般涌现。

继“2011计划”之后，教育部于2014年组织企业支持高校开展产学研合作协同育人项目，以产业和技术发展的最新需求推动高校人才培养改革，项目涉及新工科建设、教学内容和课程体系改革、师资培训、实践条件和实践基地建设、创新创业教育改革、创新创业联合基金等内容。政府搭台、企业支持、高校对接、共建共享，有效激发了各方合作的积极性，参与企业和高校数量不断增加，项目质量不断提升，项目管理不断规范，社会影响不断扩大，实现了高校人才培养与企业发展的合作共赢。2017年产学研合作协同育人项目主要对应物联网、嵌入式、云计算、智慧城市等地方产业需求，与学校共建相关专业，共同审定人才培养方案、合作编写教材，发挥工程教育在师资队伍、实践平台、行业协同等方面的优势，更大程度地实现学校与地方经济社会发展的同颜共报。2020年6月11日，教育部高等教育司公布了《2019年第二批产学研合作协同育人项目立项名单》，其中包括实践条件和实践基地建设2097项、创新创业教育改革项目561项、新工科建设759项、教学内容和课程体系改革3024项、师资培训1686项，共有916所高校的项目入选。

此外，国内高校积极开展产学研协同育人，许多高校已经制定了相关规章制度，教师在企业或相关行业中的实践经历也被纳入考核范畴，比如中国人民公安大学设有法医学和交通管理等课程，并在全国各地的警察局建立了实习基地，要求学生要在毕业之前必须在校外的相应基地进行3个月的实习，而且导师也要在学校合作的警察局有半年的工作经历；上海工程技术大学与申通地铁公司合作共建立实践基地，教师可以更容易地接触到行业的制造程序以及最新工艺和新技术；南京邮电大学建立了“三进三出”机制，以加强与信息产业的联系，“三进”是指将企业专业知识带入课堂，由大学和企业共同建立实验室，并引进企业开发课程的相关政策，“三出”是指向企业派遣讲师，以提高技术人员的理论基础，并在毕业前将学生派遣到企业实习，共同进行项目研发，同时，南京邮电大学和中兴通讯等电信巨头共同开发了一套与电信职业发展和销售管理相关的课程^[24]。

（二）新工科背景下的产学研协同育人发展现状

1. “新工科”建设发展进程

新工科建设的理念和愿景体现在教育部 2017 年发布的“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”这三份政策文件中，这三个文件相结合，描绘了中国未来十年工程师培养计划的蓝图。自 2017 年发布新工科建设系列文件以来，我国为推动工程教育领域的改革做出了许多重大努力，其中最具影响力的是制定了我国首个高等教育教学质量国家标准（以下简称《标准》），为新工科建设提供有效保障。此外，教育部还认定了 612 个首批“新工科”研究与实践项目，并且在开发跨学科课程、工程项目认证和加强产学研合作的伙伴关系等方面做了大量工作。

一是制定首个高等教育教学质量国家标准。专业是人才培养的基本单元，教育部于 2018 年 1 月发布《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》（以下简称《标准》），《标准》中涵盖 92 个本科专业类、587 个专业，其中大约一半是工科类，涉及 5.6 万多个专业点，主要包括概述、适用专业范围、培养目标、培养规格、师资队伍、教育条件、质量保障体系、附录等 8 项内容，紧紧围绕以学生为中心、以产出为导向、以持续改进为保障这三个原则，对师资结构、教师专业水平、教学设施建设、教师教学发展环境、办学条件、技术资源、经费投入、质量保障等方面提出定性定量相结合的要求，另外还对各专业类知识体系和核心课程体系的建设提出相关建议，强调《标准》的推行要和“三个一流”（一流本科、一流专业、一流人才）建设紧密结合，做好“兜住底线、保障合格、追求卓越”三级专业认证工作，同时紧紧追随“六卓越一拔尖”2.0 版人才培养领跑计划。《标准》的制定是一个系统工程，教育部委托相关委员会前后组织了数百场研讨会，共有 5000 多名专家和 50 多名院士参与研制^[25]。以制定药物专业类别的国家标准为例，在制定标准之前，所做的准备工作包括管理 15000 份问卷，创建 16 个项目和数据库，调查了大约 50 家代表性医学院和大医疗机构，该领域有 60 个制药业务基地和 30 个用人单位，它们提供了丰富的数据来支持标准的制定，此外，还有 80 多位与医学有关的专家和 20 位来自制药行业的专业人员参加了制定工作，《标准》的制定和实施是新工科建设和高等教育实现内涵式发展的一项重大举措。

二是认定首批“新工科”研究与实践项目。新工科的发展需要在新理念、新结构、新模式、新质量和新体系等多个方面做进一步探索，《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）精神认定了 612 个首批“新工科”研究与实践项目，包括 202 个新工科综合改革类项目和 410 个专业改革类项目^[26]，综合改革类项目有“建立多学科课程体系以培养工程人才”、“智能工程和创意设计项目”、“面向新工科的工程实践教育和实践基地开发”等，专业改革类相关的项目有“探索建立人工智能课程系统”、“数据改革与实践”、“VR+教育模式”等^[26]，作为新工科建设的主要项目，研究与实践项目分别从国家级、省级和校级不同层次全面布局，目前我国已有 300 所院校参与“新工科研究与实践项目”建设。在已批准的 612 个项目中，重视国际经验也是一个突出的特点，对工程教育发展改革国际经验的比较研究有很多，

比如“国际工程教育改革经验的比较”“具有国际特色的新工科教育模式探索和实践”等，这些研究与实践项目的认定进一步推动了新工科建设进程。

2020年2月27日，教育部发布《教育部办公厅关于推荐第二批新工科研究与实践项目的通知》（教高厅函〔2020〕2号）^[27]，同时有关高校、教指委、各级教育行政部门以及行业协（学）会研讨通过“国家级新工科研究与实践项目管理与服务系统”线上立项入口，教育部希望通过委托这些研究项目，使新工科建设在充分了解工程学科的内在要求和国际成功经验的基础上，实现由工程教育大国向工程教育强国的转变。

三是高度重视工程教育专业认证体系建设。中国工程教育专业认证协会（CEEAA）由33个团体成员组成，是负责认证我国工程教育质量的主要组织，在新工科建设的背景下，CEEAA高度重视严格的认证程序以确保符合《华盛顿协议》的国际标准。我国总计19000多个工程项目中，迄今已认证196所大学的846个项目，每年大约培养120万名工程毕业生。2017年11月，CEEAA发布了《工程教育认证自我评估报告指南》的更新版本，从学生、教师、课程设置、配套设施等七个方面制定详细指标，尤其在“研究生”部分借鉴了《华盛顿协议》，表明我国已经在用国际认可的标准来作为衡量工程教育的基本准绳，并且在“沟通”方面增加了“在具有全球视野的跨文化环境中进行有效沟通”^[28]，这进一步体现我国坚定融入国际社会，推动国际化的决心。2020年2月，CEEAA经学术委员会审议通过了《工程教育认证自评报告指导书（2020版）》，高度重视新工科人才培养质量，以《华盛顿协议》为国际标准，我国工程教育专业认证达到新高度。

2. “新工科”背景下的产学研协同育人发展进程

新工科背景下的产学研协同育人强调人才培养理念、目标、规格、培养路径、课程体系、质量评价、主体参与程度等多方面的深度协同与创新，国家教育部门、政府、企业、高校高度重视产学研合作和新工科建设相结合的育人模式，分别从不同层面做了大量工作。

一是宏观层面，国家、教育部门、政府纷纷采取相关举措，推进新工科建设下产学研协同育人发展。2017年11月，中国软件行业协会在教育部高等教育司的大力支持下与27所高校、5家科研院所和12家企业联合组建“信息技术新工科产学研联盟”（The Alliance of Emerging Engineering Education for Information Technologies），即“新工科联盟”，并于2018年1月召开“联盟第一届年会暨信息技术领域产学合作论坛”，主要包括由中国科技大学和百度共同发起的人工智能协同育人工作委员会和由中科院计算所、阿里云大学、北京理工大学共同建立的大数据与智能计算工作委员会，以新工科建设为导向，以产学研合作为路径，多所高校共同助力信息产业发展，联盟充分利用高校、行业企业和科研院所的优势，整合参与主体的力量，创新人才培养方式方法，为新工科建设输送卓越的工程技术人才^[30]。另外，教育部在“卓越计划2.0”中增加了新工科专业点，在产学合作协同育人项目中强调高等院校、企业、科研院所的资源整合，增设“新

工科建设专题”，鼓励政府将新工科建设纳入产业和人才发展规划，多渠道为新工科实践项目和产学研合作提供经费支持^[31]。

二是微观层面，根据新工科建设政策文件的基本要求，国内许多大学已经根据新的工业需求与产、研合作共同创建新课程，以“并行工程”理念为指导，要求学生注重不同工程学科、边缘学科以及与其他学科之间不同知识模块的学习。比如“物联网”计划要求学生在四年中学习不同方向的课程，涵盖信息技术、传感器技术和嵌入式系统技术等，在教育部审批下各个高校可根据自身办学特色与企业积极合作。大数据、机器人、AI是最热门的领域，目前共有250所大学与企业、科研院所共建“数据科学和大数据”相关课程，60所大学创建了“机器人工程”，15所大学建立了“新能源材料和设备”，还有“智能医疗工程”、“人工智能”等面向未来的新兴计划^[32]。除此之外，清华大学和南京大学等十多所一流大学也正式成立了人工智能独立学院，随着教育部制定的目标，到2020年全国范围内将拥有50个相关部门，预计在未来几年这一数字将持续增加。

近年，越来越多的高校立足于“新工科”特色优化课程体系，创新人才培养模式，新课程、新专业的创建都是基于行业特色和产业需求，企业、科研院所、高校协同育人模式的优越性日渐凸显。在新工科背景下，产学研协同育人已经由“学带动产”向“产带动学”进行转变，以往都是高校和科研院所的研究成果直接应用到行业、企业中，但现在的新技术都是由产业带动、由行业引领进行升级转化，在企业的孵化下进入商业化应用，也就是新产业的更新迭代速度越来越快，新技术的研发-使用周期越来越短，已经远远走在了学术研究的前面，因此，高校需要和企业、研究院紧密合作，把最先进的技术、工艺、科研成果、实验设备、师资等资源融入到新工科人才培养体系中，目前已有许多高校和企业正在践行这一育人模式，有突破性进展也有很多不足，新工科建设与产学研协同育人仍然需要深远的探索。

二、新工科背景下产学研协同育人存在的问题

我国产学研合作育人已经有了久远的实践和探索，相关研究甚多，而新工科建设起步较晚，属于初级发展阶段，近几年，在新工科建设的推动下，产学研协同育人在人才培养上有了很大的创新和突破，但在很多方面仍存在不足，新工科背景下的产学研协同育人尚未达到理想的合作状态，现存问题主要概括为没有形成成熟的协同育人模式和体系，现有的人才培养模式无法凸显新工科人才的特色；产学研协同育人的交流沟通路径、资源共享路径、评价保障路径、奖罚激励路径等不够畅通，影响合作实效；网络信息化平台建设力度不够，有待进一步加强建设。这些亟待补齐的短板需要产学研以新工科建设为契机，加强合作，深度协同。

（一）产学研协同未形成成熟的育人模式

自2017年首次提出新工科建设以来，新工科人才培养模式的创新风起云涌，近3年已经取得了较大发展，但总体还属于初步发展阶段，在很多方面存在不足。我国产学

研协同育人的研究虽然有了久远的探索但是内容较为零散,尤其在“新工科”建设的背景下,人才培养目标逐渐发生转变,产学研合作方在此领域上并没有形成成熟的协同育人模式,现有的育人模式比较单一,大多是站在高校的角度上谈协同,忽略了新工科建设对高素质技能型人才的需求,在新工科人才培养模式的构建上,产学研各主体协同性不足,从而导致院校与企业、科研院所等资源群体没有形成成熟的协同育人模式。

一是高校在协同育人中缺乏创新性。我国高校采用的管理模式与政府职能部门类似,普遍为直线职能制组织结构,这种组织结构有利也有弊,弊处在于各个部门之间的关联性较小,缺乏有效沟通,另外,由于不同类型院校的办学理念、办学定位和办学特色存在差异,高等院校之间在师生交流、知识成果互通、软硬件资源共享等方面缺乏长效协同机制,导致高校在课程设置、教学内容等方面缺乏创新性,难以突出各校特色与优势,同时与企业协同育人的深度不够,缺乏行之有效的实习管理机制,学术领导和双重能力教师的缺乏也严重制约了产学研协同育人的发展,久而久之,大学的基础研究能力薄弱,无法提供高质量的学术服务,更难培养出新工科所需要的卓越工程人才。

二是企业在协同育人中缺乏主动性。一方面,企业在育人费用的投资上缺乏积极性,高校和科研机构的基金扶持渠道较为单一,相比之下,企业的资金运转较为宽松,更具有资金支撑的优势,但是企业往往只看重眼前利益,缺乏长远的合作眼光,没有深刻意识到对人才的投资实际也是为企业运营带来直接效益的有效方式。在网络经济时代,实体经济面临巨大的压力和发展挑战,期望企业在合作过程中投入大量的精力、资源和资金也是不现实的,对于企业来说,如果他们不能从合作教育项目中获得相应的利益,那么合作只是暂时的和肤浅的。另一方面,企业之间也存在发展实力不均衡的问题,导致高校和科研院所在与企业合作的时候出现主体实力不对等的困境,像实力雄厚、资金充裕的大型企业能为学生提供更优质的实习基地和实践平台,但这类的企业数量并不多,小型企业占多数,可小型企业往往由于缺乏资金而无法为学生提供优良的实践环境和条件,久而久之自然会丧失与学、研长期合作的积极性,影响新工科建设下的人才培养数量和质量,从而造成了人才培养与企业需求之间很大的分歧,形成了企业无人可用,高校毕业生无处可去的尴尬局面。

在资格评估的推动下,很多新兴大学也掀起了产学研协同育人的新高潮,并涌现出许多成功的合作教育实例,教研人员对产学研协同育人进行了大量的实证研究并总结了许多有效措施,提出了多层次多种类的教育模式,丰富了我国的研究和实践,但从总体上看,紧紧围绕新工科建设开展的产学研协同育人模式仍需进一步构建。

(二) 产学研协同未形成明晰的育人路径

我国关于“产学研合作教育”“产学研协同创新”“校企合作”等相关研究如星罗棋布,在人才培养上也有了很大突破性进展,但是由于目前尚未形成成熟的育人模式,因此相应的路径也不够明晰,需要进一步优化,主要表现在以下方面:

1. 交流沟通路径不畅通

产学研三方之间缺乏有效的沟通机制，合作渠道的建设和维护是一个长期的过程，且需要投入较多的人力、物力和财力。有些大学由于软硬件设施较差，服务区域经济的能力不够强等原因，在产学研合作中没有发言权，合作的机会很少，最重要的原因就是沟通渠道不畅通，有效的协作机制不完善。通常企业为大学提供一定的资金和平台支持，不参与实施，一方面是因为缺乏实质性的交流和研究平台，另一方面是因为高校大多重视项目应用，不重视过程管理，国内外产学研合作教育的成功经验表明，没有长期的深入融合，就无法取得巨大的成就。

2. 资源共享路径不畅通

高校受传统的教育理念影响，以知识灌输为主要形式的“填鸭式”的人才培养模式还没有发生根本上的转变，在课程选择、教学安排以及考试内容上，主要依靠的还是教师当堂讲授为主，课程考试方面主要考察学生对基础知识的掌握或是对教材的死记硬背。另外，教师都具有硕士学位或以上学历，却没有在企业中进行实践学习的经验或与相关行业缺乏沟通，产学研协同育人仅仅停留在理论层面，难以付诸实践，这种脱离实际情况的教学就导致高校学生无法及时了解科研机构的最新成果和企业的新工艺、新技术，也远远达不到企业对人才的需求，更与新工科背景下对人才培养的新要求相去甚远。

3. 评价保障路径不畅通

产学研协同育人受内外部环境多种因素影响，国内学者对此从各个角度多个层面建言献策，但是由于角度不同、分类不同，在育人模式的路径优化以及评价考核机制上并未形成科学化和规范化的统一范式，微观、中观、宏观层面的措施不够具体化。从评估指标体系的角度来看，教务管理部门对合作教育的要求比较模糊，没有相应的评估体系可以有效地评价结果。

4. 奖罚激励路径不畅通

高校管理层缺乏有效的规章制度来鼓励教师参与合作教育，对于学术性教师而言，合作根本没有任何意义，甚至老师认为这与他们无关，开放教育和为当地经济服务的意识并不紧迫，这就导致他们对知识的认知与现实不符或落后于当前技术，没有先进的思想就很难促进教育改革，课程的贡献度也就无法有效地实现，从而导致产学研协同育人经验的不足，另外高校也没有制定有效的机制从企业引进人才，由于学校和企业均缺乏动力，就需要政府充分发挥引导作用，明确的政策法规对合作的广度和深度至关重要。尽管我国政府在《十三五规划纲要》中提出要鼓励产学研合作教育，但是参与合作主体的权利和义务并未明确规定，李桂民提出的产学研合作教育法则尚未制定，没有基于新工科建设的背景为产学研协同育人提供一个良好的外部环境^[33]。

长期以来，我国高校的人才培养模式仍局限于重理论轻实践的教育观念和单一化灌输式的“象牙塔”教学方式，学校与企业、研究机构尚未形成成熟的协同育人模式，从而造成最新的科研成果无法融入到教学中，教学内容无法与当前科技发展相匹配，学生

所学知识难以适应市场需求，新工科建设下，需要产学研进一步优化育人路径、创新育人模式。

（三） 产学研协同育人信息化应用亟待加强

2020年1月至今，我国新型冠状病毒肺炎的突然性大规模爆发深深影响着每个人的生活方式，小到个人大到企业，直接改变了以往学生的学习方式、教师的授课方式以及产业的生产方式，通过此次疫情防控工作的顺利进行，让很多教师和学生都深刻体会到了网络信息化建设的重要性。一方面，教师利用原有的网络信息化基础，通过网络教学、网上心理辅导、在线打卡汇报健康情况、线上视频了解学生学习进度和身心健康状况等方式进行学生管理，保证教学工作的顺利进行。另一方面，从长远发展来看，产学研协同育人在信息化建设与应用等方面仍然存在严重不足，需要在实践中发挥信息化的优势，运用现代信息技术手段解决复杂现实问题，产学研协同育人网络信息化平台的构建既是社会发展趋势和方向，也是新工科建设在实践中的迫切要求。

新工科背景下的产学研合作视角不应该仅仅停留在通过共建实验平台、实践基地等方面实现人员互动交流和资源共享，应该紧跟时代发展，充分与现代信息技术相结合，产学研共建协同育人网络信息化平台，企业技术人员、科研机构的研究人员、高校教学人员和广大学生都可以通过网络授课、视频直播等形式展示各自成果^[34]，实时、随时随地进行资源共享和信息互动，学生更容易接触到现场的工作情况，还可以拓展到全球范围内的信息资源互联，通过平台真正将产学研三方融为一体，集成优势，实现线上线下、课内课外、校内校外全方位协同育人，切实培养学生的创新意识和能力，更好更快更全面地实现产学研协同培养新工科人才。

三、 新工科建设对产学研协同育人提出新要求

从国家经济发展新常态出发，高等教育发展迈入了新阶段，时代的变迁和发展不断赋予人才更加深厚的内涵。新工科建设对产学研协同育人提出的新要求呈五大趋势：教育教学新理念、学科专业新需求、知识能力新结构、人才质量新标准、人才培养新模式。

（一） 教育教学新理念

人才培养理念的滞后直接影响新工科人才的培养质量，新工科建设要求产学研协同育人革新人才培养理念，更新工程教育观念。我国传统教育思想根深蒂固，在发挥作用的同时也带来不少问题，导致教育教学新理念尚未深入人心，影响新工科建设进展，比如以学生为中心、以成果为导向的工程教育理念没有完全融入教育过程，多学科交叉融合、跨学科整合的教育理念贯彻落实不到位，重理论轻实践的教学观念亟待转变，终身学习、个性化学习、创新性教学等理念尚未牢固确立，绿色工程教育和可持续发展理念有待加强等。新工科建设强调积极应对变化、主动塑造未来，产学研协同育人需要走出传统观念的藩篱，主动肩负起培育新型工程人才的责任和使命，积极探索不断更新变化

背景下的人才培养新理念，紧跟社会发展步伐，成为推动经济发展的重要力量。

（二） 学科专业新需求

问产业需求建专业，新工科建设要求产学研协同育人在学科专业的建设上要精准对接产业需求。目前，我国的工程教育在课程内容上过于陈旧，教材没有及时更新，导致教育教学和社会需求相脱节，在专业建设上，学科专业设置仍然呈传统的层级式结构，由于划分过细，导致知识体系缺乏学科交叉融合性与跨学科整合性，学科设置与专业建设由于灵活性不足，导致人才规格滞后于产业发展需求。新兴产业的转型升级引发人才市场需求的变化，以往单一型的工程人才已经不能满足社会经济发展需要，必须尽快调整课程结构，提高育人质量，向复合型卓越工程人才转型。

国家统计局印发的 2019 年国民经济和社会发展统计公报表明，战略性新兴产业增加值比上年增长 8.4%，高技术制造业增加值增长 8.8%，装备制造业增加值增长 6.7%，全年高技术产业投资比上年增长 17.3%，工业技术改造投资增长 9.8%^[35]。据统计，到 2020 年，新一代信息技术产业人才缺口将会达到 750 万人，制造业大专以上学历人才所占的比例要从 9.8% 到达到 20%。面对新兴产业的崛起和高新技术产业发展带来的人才缺口，新工科建设将工程实践能力提高到一个新高度，未来新型工程人才的培养要立足于产业需求，产学研协同育人在课程体系优化上需要注重学科交叉与整合，强化实践教学，不断创新优化工科专业结构，产学研深度协同将是实现新工科人才培养的重要途径。

（三） 知识能力新结构

面对新产业新经济的挑战，新工科对复合型卓越工程人才的知识、能力和素质提出了新要求，知识结构多元化、能力结构全栈化、素质结构全面化是未来工程师发展新趋势，迫切要求产学研协同育人改革工程专业人才的培养机制，创新人才的知识、能力和素质结构。新工科建设需要“全栈化”人才，“全栈”是通才的体现，“全栈工程师”通常是指掌握多种技能并能独立完成从设计、研发到产品应用的全部工作，能够准确判断每个环节之间的关系和运作。未来新工科人才要在知识结构上具有跨学科、跨专业、跨院系的宽度和知识结构自拓展、学科交叉与整合的深度，要具备工程实践能力、创新能力、领导能力、动手操作能力、解决复杂工程问题等能力，还要有批判思维、设计思维、创新意识、跨界交叉、全球视野、家国情怀等核心素养。对于培养工程专业人才的高校来讲，一方面要面向国家的重大战略需求，抓住新一轮科技革命和产业变革的重大机遇，推进产业关键领域的核心技术创新^[36]，由于新工科人才需求的多样化，高校必须健全与企业从研发、设计、生产、销售、管理到服务全产业链的全栈化人才培养结构，为所服务的产业转型升级作出贡献。另一方面要加快培养一大批创新能力强的高素质工程专业人才，通过构建产学研协同育人模式，推进深度协同长效机制，进行人员、师资、培养目标等多方面的协同和调整^[37]，实现人才与产学需求精准对接，并在人才培养的每个环节中得到体现。

（四） 人才质量新标准

新工科建设要求产学研协同育人的质量评估、质量标准向国际化方向靠拢，新工科人才培养质量要求面向未来。目前，我国有很多一流高校已经开始进行国际化工程专业认证，比如清华大学和北京大学，2016年8月，美国工程与技术认证委员会 ABET(Accreditation Board for Engineering Technology)宣布清华大学的四个本科专业正式通过认证，并成为我国通过 ABET 认证专业数量最多的高校。

在新工科建设提出的三份代表性政策文件中，“国际”一词共出现 18 次，这意味着我国在尝试发展具有中国特色的新工科建设的同时，仍然将发达国家的工程教育和相关的国际框架视为超越的高地。加入《华盛顿协议》是我国工程教育历史的里程碑，《华盛顿协议》关于加强实践教学，强调以问题为导向的合作学习以及建立大学与产业之间更紧密的联系等理念，已被多个国家借鉴并作为指导性文件制定的核心精神。除《华盛顿协议》外，新工科建设还通过其他国际公认的协议来规划我国工程教育的发展，比如在教学过程中，吸收 EUR-ACE 框架的重要标准以及 CDIO 方法，在“天大行动”中特别提到了根据学生的兴趣来创新教学方法，形成以学习者为中心的工程教育模式，还设定了一个目标，即通过产学研合作广泛地建立实践平台，使所有本科工程专业学生在校学习期间参与相关科研和项目实践研究的比例达到 50%^[38]。新工科建设相关政策文件中反复强调我国工程师缺乏足够的工程经验，这是阻碍工程教育整体升级的关键因素，因此在内部质量保障上，新工科建立与国际基本等效的认证体系，除了以工程项目为导向的教师评价标准和晋升机制外，还强调产学研协同多主体评估机制，融入企业、科研院所、政府以及其他三方机构等评价因素，将评估系统的出发点和落脚点真正转移到教学上，以确保新工科人才培养质量。

（五） 人才培养新模式

在新工科建设背景下，一系列颠覆性信息技术的发展使教育教学、生产经营、资源共享的方式发生了变化，随着科学技术的日新月异，知识总量呈指数化方向发展，新知识的积累也正以几何级数的趋势递增，在这一背景下，边缘学科、交叉学科不断涌现，企业的产品生产开发周期缩短，高校知识成果转化和科研成果转化周期也大大缩短。以“网络全球化”为特点的新经济时代下，现有的人才培养模式不能完全迎合新工科建设这一环境的新要求，市场经济和社会雇主对人才需求的变化要求产学研协同育人要不断创新人才培养模式，工程教育要从单一地追求学术表现回归到工程实践。预测到 2020 年我国各种类型的高层次创新人才至少要有 3~4.5 万人才能基本满足建设创新型国家的需要^[39]，这也从侧面表明我国高素质新工科人才数量的短缺，科技队伍的总体规模仍然需要大步发展，在我国高层次人才资源中，站在世界科技前沿以及取得重大科技创新成果的工程人才匮乏严重，创新型、复合型、应用型人才较发达国家相比也有明显缺口。新工科建设下，人才培养模式的创新与优化至关重要，需要产学研因时而进、因势而新，

不断优化创新协同育人模式，为国家发展源源不断地输送大批高素质新型工程人才。

新工科建设对产学研协同育人提出的新要求远远不止如此，除了以上几个方面之外，新工科建设更加强调产学研之间的紧密合作。工程教育的改革始终与经济发展、产业变革挂钩，如果将新型工程人才视为帆船，那么新工科建设就是助帆远航的微风，产学研合作则是推动船体徐徐前进的船桨，新工科和产学研两者必须互依共存，缺一不可，这样满载希望的帆船才能顺利抵达彼岸，实现共同发展。

第三章 新工科背景下产学研协同育人模式的构建

构建新工科背景下的产学研协同育人模式，意义在于产学研合作主体围绕新工科建设需要的复合型卓越工程人才这一培养目标，以互惠互利和资源共享为基本原则，共同参与人才培养计划的制定和实施全过程。论文以“一点两线三体四面五优”为育人框架，分别从不同层面确定协同目标、建立组织领导架构、构建融合共享机制、优化育人体系、完善保障机制，构建育人模式的重点在于产学研三方如何实现全方位协同，需要在育人过程中充分发挥高校、企业、科研机构的优势，从而构建新工科背景下的“多元融合”协同育人模式。

一、 产学研“多元融合”育人模式的指导思想

理论是实践的先导，思想是行动的指南，思路决定高度，产学研“多元融合”协同育人模式构建的第一步就是要确立指导思想，以战略性和纲领性指导思想为引领，可以为产学研协同育人的工作指明方向，确定育人目标、育人思路、育人途径、育人策略、育人重点等内容。只有在正确的指导思想指引下，协同育人模式的具体实施策略、目标任务、管理优化、制度保障等才能得以稳定开展^[40]，产学研协同育人工作才能顺利进行。

新工科背景下的产学研“多元融合”育人模式要以新型工程教育理念为指导，以知识广、能力强、素质高的复合型卓越工程人才培养为目标，产学研遵循互惠互利、资源共享的基本原则，以合作主体深度协同为切入点，坚持以人为本、以学生为中心，严格按照客观规律来育人，同时着力于人才培养的实践性、科学性、创新性、协调性和可持续性发展^[41]，利用现代信息技术手段，积极探索新工科建设下高度开放、深度协同、多元融合的产学研协同育人模式。如（图 3.1）

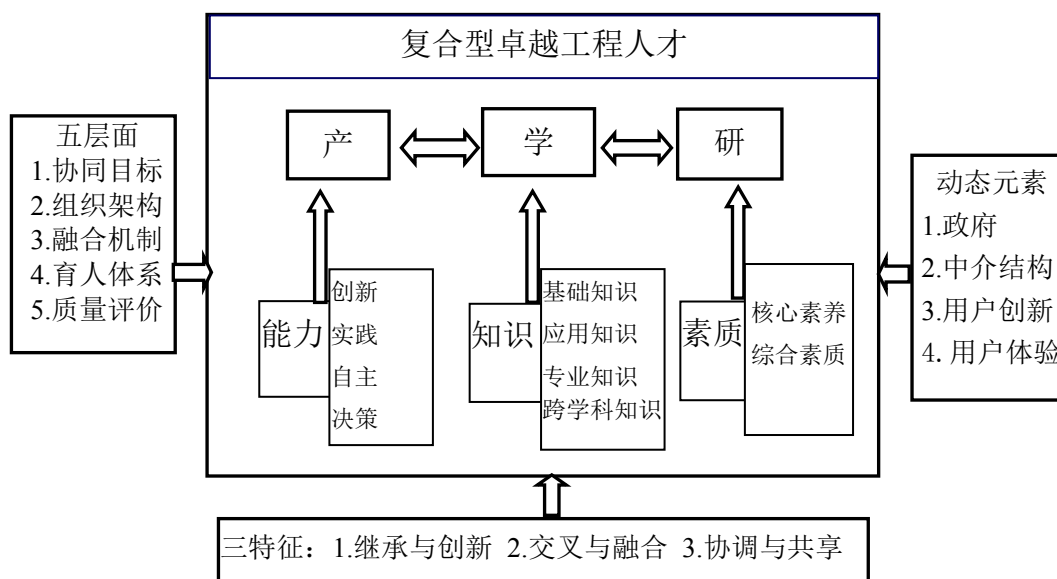


图 3.1 协同育人模式设计思路

产学研“多元融合”育人模式的指导思想既有系统性又有针对性，既有宏观性又有

抽象性，既有原则性又有完整性，既有理论性又有概括性，遵循顶层设计原则，“多元融合”协同育人模式要从两个方面进行设计，一是育人的三对核心要素（2W+1H），分别是为什么要做(Why)即培养必要性，做什么(What)即培养目标，如何做(How)即培养过程^[42]。二是强调协同育人的多元性，即通过多元融合来解决以上三个核心要素提出的问题，“多元融合”育人模式不管是横向还是纵向都具有多元化特征。

二、新工科背景下构建产学研“多元融合”协同育人模式

新工科建设下产学研“多元融合”协同育人模式以“一点两线三体四面五优”（1+2+3+4+5）为育人框架，主要围绕一个基本点、两个原则、“KAQ”三位一体、四个育人方面以及五大优势开展，具体指：以培养复合型卓越工程人才为中心，产学研三方确立协同目标；以互惠互利和资源共享两大原则为主线，确立组织领导架构；依托“KAQ”（知识、能力、素质）三位一体，构建融合共享机制；立足于课程体系、育人队伍、实践教学以及质量评价四个方面优化育人体系；充分发挥高校、企业、研究机构、政府和信息平台的五大优势，完善育人保障机制，建立新型“多元融合”协同育人模式。如（图 3.2）

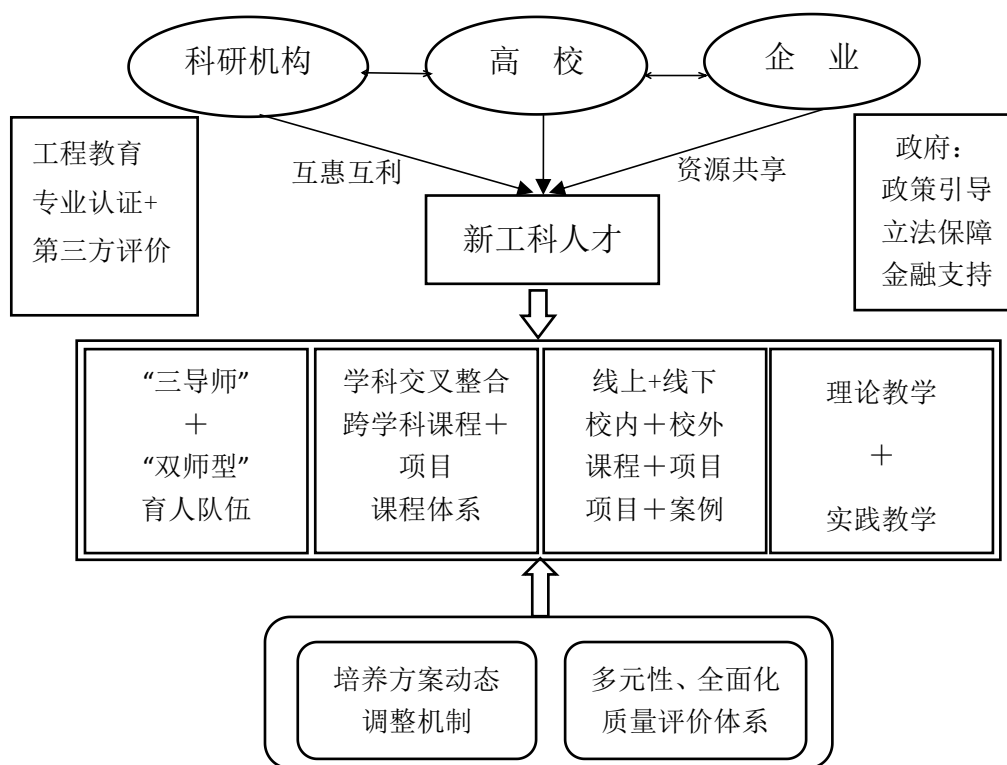


图 3.2 “多元融合”育人模式

（一）基于一个中心，确定产学研协同目标

在协同育人系统中，产、学、研作为独立存在的个体，由于属性不同，各自的目标追求也会有所区别，因此，参与主体需要以新工科人才这一总体协同目标为导向，从不

同层面对育人目标进行层次划分。

1. 高校育人目标

随着社会经济结构的发展变化和调整,新技术、新产业、新形态不断涌现,新工科建设要求高校在人才培养、课程体系、专业设置上做出调整,工科专业需要进行存量优化(已有的升级改造)和增量更新(没有的增设创建)去适应新产业,这些新学科、新专业的兴起都源于行业和产业需求,像RPA(Robotic Process Automation)+AI、大数据这类的新一代信息技术产业目前还没有在高校全面展开,导致企业很难接收到符合要求的人才^[43],对新兴工程人才的需求量越来越大。高校的主要组成部分就是教师和学生,是“教”与“学”的场所,作为人才供给侧,在产学研合作关系中关注的是新型卓越人才的产出,高校人才培养的能力结构,知识广度和综合素质需要不断优化以匹配企业日益增长的用人需求^[44],其主要目标就是提高我国人才培养质量,精准对接新经济快速发展的人才需求,为社会培养出大批符合要求的高素质人才,解决毕业生就业难、企业用人难的问题。

2. 企业育人目标

企业在产学研协同育人中的角色是用户方,重视的是产品生产和经济效益,随着产业转型升级的步伐越来越快,企业在技术革新和产品创新等方面提出了更高的要求^[45],现场需要新工科人才,要求高校培养出的人才除了具备扎实的专业基础知识以及良好的实践操作能力之外,还要有举一反三的创新能力,以及作为新型工程师必须具备的核心素养和综合素质,可以将知识转化为生产力并获得实际效益,以达到科研成果转化和高新技术产业化的目标^[46]。

3. 科研机构育人目标

研究院所的核心在于“研”,关注的是学术成就及高水平科研成果的研发,新工科理念下,科研院所通过为人才的培养提供良好的科研平台和学术环境,弥补“产学”在软硬件设施上的不足,其育人目标就是协助高校拓宽学生科学研究的广度和深度^[47],提升新工科人才的实践能力和科研创新能力,同时建设科研队伍,为研发团队注入新鲜血液。

4. 产学研共同育人目标

产学研在协同培养人才的过程中需要有一致的目标,并为了达成这个目标携手并进,才能获得长远的发展和稳固的合作关系,这个目标就是“复合型卓越工程人才”的培养。目标-路径理论认为,领导者(产学研)要为下属(各子因素)理清各种障碍并提供必要的指导和支持以确保各自的目标与群体或组织的总体目标相一致并实现最终目标^[48]。新工科人才是高校、企业、研究院所的共同诉求,产学研各方围绕这一基本点建立合作关系,通过坚持互惠互利原则,在技术集成、资源共享、人才培养等多方面进行全方位协同,做到方向明确、目标统一、利益共享,切实提高高校人才培养质量,解决用人单位无人可用的局面,打破人才培养供给侧与需求侧之间的瓶颈,共同实现复合

型卓越工程人才的培养^[49]。

（二）坚持两个原则，确立组织领导架构

“没有规矩不成方圆”，一个成熟的模式离不开相应的组织架构，通常的组织架构包括矩阵式、直线式、中央集权制、分权制，其中企业就是典型的直线式组织架构，架构内容主要包括组织资源、搭建流程、开展业务、落实管理等，另外，架构的设计还受到内外部环境、发展战略、生命周期、技术特征、组织规模人员素质等因素的影响^[50]。新工科背景下的产学研“多元融合”育人模式是以培养新工科需要的“复合型卓越工程人才”为目标，以“产学研协同”为切入点，为了保证协同的深度、广度和持久度，需要以互惠互利和资源共享这两个原则为主线，形成以管理层为主导、以执行层为重点、以监督层为辅助的领导机构，各主体和要素之间有序进行，确保人才培养质量。如（图 3.3）

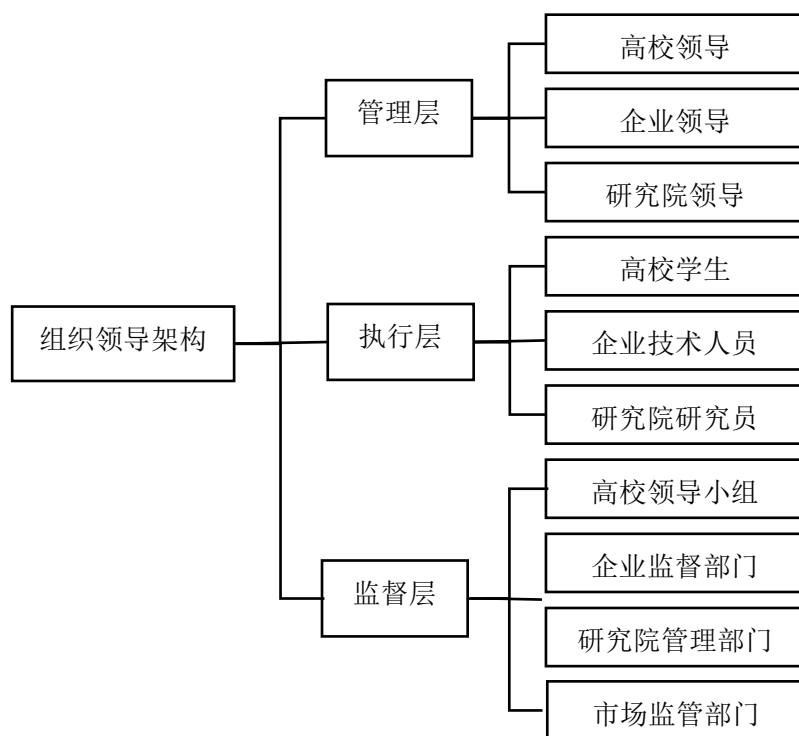


图 3.3 组织领导架构

1. 坚持互惠互利原则

互惠互利原则 (mutualbenefit) 又称对等原则，此原则强调权利与义务的综合平衡，产学研协同育人必然是三方共同受益的一种行为或过程，实现产学研深度协同、建立长久合作的稳固关系需要依据互利互惠原则，充分调动合作主体的积极性，使产学研三方能自觉、主动地为新工科人才培养做贡献^[51]。新工科理念下，高校注重高质量工程人才的输出，企业追求研究成果的转化，即效益最大化，研究院所则掌握最新的科研成果和前沿动态，高校、企业、科研机构有各自的优势，三方需要深度协同，取彼之长补己之

短,才能在实现成果最优化的同时带动边缘产业的发展,促进学科交叉融合,刺激新兴、新型和新生专业的升级优化,继而提高企业技术水平,扩大科技成果的应用范围,达到互利共赢的目的。互惠互利原则强调主体利益的获得是产学研合作关系的保鲜剂,也是产学研开展合作的基本原则。

2.坚持资源共享原则

资源共享(resource sharing)是指产学研基于共同追求,形成密切联系,为了防止主体间利益冲突,通过合理途径、有效手段对资源进行优化配置,达到高效有序、合理利用资源的目的,有效实现资源要素的价值转移^[52]。共享的资源分为显性资源与隐性资源,包括人力资源共享、科研资源共享、知识成果资源共享、信息技术资源共享、软硬件资源共享等多种要素,显性资源指产学研导师队伍、教学设施、实验设备、实践平台和实习基地等,隐性资源是指线上育人平台、管理系统、信息资料、校园文化、企业文化和政策环境等,新工科人才的培养需要高校之间、校企之间加大各方面资源投入,通过产学研合作育人的途径,参与主体共同打造线上线下资源共享平台,形成信息交互和资源流动,最大程度上实现优势互补,从而推动新工科人才的输出。资源共享原则强调产、学、研责任与利益相统一,合作主体要同舟共济,有共同分担、共同拥有、共同分享、共同使用资源的责任,同时通过共享使主体获得相应利益,是产学研协同育人建立稳固、长久合作关系的必要条件。

(三) 依托“KAQ”三位一体,建立融合共享机制

谈人才培养,必然要结合知识(Knowledge)结构、能力(Ability)结构、素质(Quality)结构来考量(以下简称为“KAQ”结构)。当前,产业结构呈现出交叉融合的趋势和特征,人才需求更加多样化,新工科背景下的卓越工程人才在KAQ结构上提出更高要求和新的挑战^[53]。以“KAQ”三位一体为依据分析复合型卓越工程人才的特征,产学研三方共同参与人才在知识、能力、素质方面的培养和提升,各主体在育人过程中建立沟通协调的融合共享机制,实现优势互补和人才、成果、信息等资源的深度融合与共享,协助高校设置工程知识、工程能力和工程素质新模块,为“多元融合”育人模式的构建提供理论依据和支撑。

1.产学研共同调整知识结构,实现人才的融合共享

新工科建设和产学研协同育人都是以“人才”为核心,产学研协同育人模式稳固运行的关键在于人员的交流和互动,人才的融合共享机制就是企业、高校、科研院所通过政策引导、利益驱动、目标导向、市场定位等形式实现人力资源的跨界使用。通过产学研协同育人,将现场的实践知识、研究单位的创新知识和高校的专业理论知识深度融合起来,同时结合三方优势实现资源共享。

新工科建设要求人才知识结构不仅要精深、扎实,而且要“新”,强调学科、专业的跨度以及学科交叉与整合,除了掌握扎实的基础知识、专业知识、应用知识之外,还

要涉猎其他跨学科知识,注重知识的多维综合和前沿化。企业需要宽口径、厚基础、高素质的人才来提高生产效益,这就需要高校精准对接行业发展需求,对人才的知识结构进行调整,可以通过增加实践课程的比例,在学科设置上融入跨学科、跨专业思维,根据交叉学科设置新专业等手段,协同企业和科研院所及时跟进高校课程体系优化全过程。人才共享的方式具有灵活性,目前我国产学研合作主要依托项目进行人才共享。

(1) 项目委托方式

基于企业生产对技术人才的需要,将单项性项目以签订协议的形式委托于高校和研究机构,并制定严格的质量标准和考核制度,依托人才的专业知识优势完成项目。通过承接项目,在参与产品研发、项目设计、投入生产的过程中不断发现新问题,继而拓展人才的知识面,接触到课堂之外的新知识,又能锻炼跨学科思维和边缘学科的涉猎,同时需求方可提供相应酬劳,使三方共同受益,保持合作活力^[54]。

(2) 借用人才方式

这种人才共享形式主要适应于临时性项目,当高校、企业、科研院所任何一方特定阶段和发展领域缺乏专业技术人才时,可以通过正规途径从其他其他两方暂借所需要的人才,并根据项目进展情况给予相应报酬,这种人才共享方式不需要长期聘用,可以有效节约参与主体的成本和资金投入,提高三方合作积极性。

(3) 合同购买方式

产学研以项目为导向开展合作,在实现人才、信息、技术资源的交流的同时形成流动系统,为了保持系统的稳定发展,合作方以签订合同或者通过中介机构购买劳务的形式维护合作关系,人才的知识结构直接影响着解决复杂项目问题的能力,这也是激励高校重视新工科人才知识结构调整的有效途径。

新工科人才的知识结构是否适应产业发展需求这一点至关重要,合理的知识结构可以有效带动实现人才深度融合与共享,有助于学生接触到不同领域的新知识,快速获取科研机构最新的研究成果和研究动态,了解企业的最新工艺、最新技术,多方面开拓学生的学习视角和纬度,形成知识流动,为企业新产品的开发和科研机构的研发注入新鲜血液。

2. 产学研协同强化能力结构,实现成果的融合共享

目前,我国企业的研发能力普遍较弱,研究机构和高校的科研成果转化率相对较低,企业、高等院校和研究机构的跨界合作是促进科研成果、知识成果和高新技术成果转化的有效方式。新工科建设强调人才的实践能力、创新创业能力、沟通协作能力、应变能力以及跨学科思维的培养,要求产学研要改变传统的学科导向培养理念,以新工科对工程人才培养的新理念为指导,基于成果导向原则构建产学研协同育人模式。

新工科人才能力的培养需要通过产学研的长效合作来实现,在三方协同互动的同时完善知识成果、科研成果融合共享机制,提高成果转化率。比如人才实践能力的培养仅靠书本和课堂是远远不够的,必须将人才投入到企业的实际生产中,通过亲身实践来提

高动手操作能力、解决复杂工程问题等能力；人才科研能力的培养则需要借助研究院所优越的科研环境、研究人员的专业指导，弥补高校实验设备不先进等问题。在协同育人过程中，产学研三方共派导师，共同指导学生完成项目设计、产品研发，建立技术创新、能力提升、知识转化等多方面共建共管的成果融合机制，形成利益共同体，高校的知识成果、研究院的科研成果、企业的技术成果都可以在协同育人平台上进行共享。

新工科建设注重学生能力发展与产业需求的吻合度，人才培养质量的高低最终是由社会来考核。新型工程人才能将理论知识应用于实践并得以创新，善用复合、创新的思维对知识内容作综合分析并用于解决实际问题，还要具备终身学习的能力，教育观强调，学习是伴随人一生的活动，也是成本最低的财富。产学研协同育人通过为学生搭建实践平台和实习基地，有助于帮助学生将知识有效地转化为能力，实现纵向培养，使新型工程人才以达标的的能力结构满足行业需求，得到社会认可。

3. 产学研协同拓展素质结构，实现信息资源的融合共享

大学时期是学生树立正确的世界观、人生观和价值观的关键时期，学生的在校时间只有短暂几年，毕业后要投入到社会中，未来的大部分时间都是在工作单位中度过，因此，人才素质的高低直接影响着企业和社会发展。新工科建设强调人才的综合素质以及核心素养的培育，“面向 2030 的工程师核心素养标准”中提到了全球视野、批判性思维、工程领导力、沟通与协调、环境与可持续发展等十项未来工程师需要具备的核心素养^[5]。人才的培养最终是要投入到社会中去，反观现实中的很多犯罪案例，破坏性强、性质恶劣、影响巨大的犯罪活动大多是接受过高等教育的高智商群体，所谓金玉其外败絮其中，这从侧面说明，新型工科人才只具备丰厚的知识和卓越的能力是不够的，教师不仅要注重知识和技能的传授，还要重视人才的素质、文化以及三观的塑造等，“高素质”是新工科人才必须具备的品质。

一是以产业需求为导向、以现代信息技术为手段、以信息资源深度共享为原则，产学研共同开发信息资源共享系统，整合高校、行业企业、科研机构的最学术信息和科技信息，融合国际最新发展动态，拓展学生的全球视野。

二是信息共享系统的运行需要以信息交互、知识共享为纽带，产学研共同监管学生的每一个发展阶段，人才的素质结构需要在不同环境下全面发展，高新技术企业拥有现代技术主导权，高校拥有教育资源，研究院所拥有优越的科研条件，通过信息共享提高人才的科研素质，促进人才可持续发展。

三是在信息融合共享系统中，产学研以团队合作的形式组织竞赛、产品设计研发等活动，锻炼学生的团队精神、工程领导力以及沟通与协调素质，并不断完善服务信息，

四是高素质人才的培养离不开软硬件设施和环境的支持，产学研合作主体需加大信息化资金投入，从实验设备、信息化管理、网络建设、校园文化等多方面提供支持，实现硬资源、软环境高效协调，为高素质人才提供良好的信息化环境。

五是新工科理念下对人才的素质评价不能仅以高校为主体，要充分考虑企业和科研

院所的诉求，多方协同拓展人才素质结构，共同制定技术、工程、理念等方面标准规范，将人才素质的考评始终贯穿于人才培养全过程，这样的评价结果才更具说服力。

另外，产学研在协同育人的过程中不能流于表面，要注重学生五大品质的培养，即批判性思维、知识结构自拓展、技术理解力、设计思维和领导能力，还有家国情怀和奉献精神等综合素质的培养，这样的高素质人才才会对社会带来正面的、积极的影响，继而推动社会的发展，未来的新型人才不仅是能够通过技能改善自身生活，更可以用自己的所学改变世界。归纳总结如（表 3-1）

表 3-1 新工科人才需要具备的知识、能力和素质

序号	知识结构	具体内容
1	科学知识 (基础知识)	基础知识，如自然、社会、人文、科学等学科
2	技术知识 (应用知识)	一般的应用技术知识，如信息技术等学科
3	专业知识 (工程知识)	工程哲学、工程伦理、工程发展历史方法论
4	跨学科知识	工科与其他学科、工科与边缘学科
序号	能力结构	具体内容
1	自学能力	通过自身主动学习获取相关知识
2	分析解决问题能力	善于发现问题，分析问题和解决遇到的问题
3	工程实践能力	参加实践活动的工作能力、动手操作能力
4	创新创业能力	有创新思维，了解和掌握创新的原理和方法
5	协作能力	能与他人很好地协作，共同完成集体事业
6	宣传能力	能进行口头宣讲，或通过各种媒体进行宣传
7	组织协调能力	能组织大家做好集体的工作
8	应变能力	能机智应对紧急突发情况
9	终身学习能力	能通过不断的学习实现自我更新
序号	素质结构	具体内容
1	家国情怀	要有正确的三观和奉献精神
2	全球视野	要有前瞻性和战略性眼光
3	团队精神	要学会沟通协作

（四）立足四个方面，优化育人体系

产学研协同育人有了一致的目标、相应的组织领导架构和资源共享机制后，下一步就需要将人才培养具体化，育人体系的优化可采用逆向设计思维：首先通过企业调研获得新工科人才的主要就业方向，了解岗位对人才知识结构、职业能力和素质等方面的要求^[56]，高校依据产业需求设计课程体系，细化课程知识点，构建基于跨学科交叉融合的知识-能力-素质实现矩阵的育人体系。由于人才培养的相关组成要素和影响因素颇多，本论文立足于产学研合作，主要从课程体系、育人队伍、实践教学以及质量评价四个方面进行育人体系的优化。

1.以学科交叉为引领，产学研协同优化课程体系

一个成熟的人才培养模式一定是建立在与之培养目标相辅相成的课程体系、教学内容和教学方法上，产学研在合作中需要注重核心课程、通识课程、专业基础课程和工程技术课程的设计，新工科背景下的课程体系不仅仅是简单的课程总和，而是通过学习体验、成果导向、学科整合引导学生获得多方面的知识积累。

（1）产学研协同开发跨学科课程和项目

绝大多数的工程实际问题都是跨领域、跨学科的，在课程体系的优化上，产学研三方要注重跨学科项目和课程的开发、整合，学科交叉始终贯穿课程体系的构建和各个教学环节中，这里的跨学科并不是简单的将各个学科专业杂糅到一起，而是依据社会发展需要，提升课程的综合性和交叉性。

目前我国在高等工程教育课程体系的构建上已经存在“多元复合”“二元复合”和“通识”等类型，但这些课程体系的设计都有一个不足之处，就是没有真正体现“学科交叉融合”的特点，学生自然无法将所学知识付诸实践，用于解决实际问题。产学研需要协同开发科研项目、技术项目和跨学科课程，比如高校除了公共必修课、公共选修课、专业必修课、专业选修课等通识类课程外，还要增设工科与边缘学科交叉、工科与其他学科交叉以及不同学科专业之间交叉的跨学科综合课程，在这个过程中，高校可以凭借优势学科增设理工科交叉课程、文理交叉课程等，同时教师要发挥组织领导作用，以问题为导向，让学生带着问题去主动学，同时教师也要做到“教学相长”；企业可以依据自身优势和资源背景，为学生开设创新创业课程、创新思维训练课程、企业经营管理课程以及工程师素养与伦理课程等；科研机构主要负责跨学科项目的研发，可以通过竞赛、签约等方式开展，比如机器人设计大赛、AI 项目设计、科研项目、产品项目设计等，学生可以以团队的形式来共同完成，目前很多一流高校早已在践行并取得了丰硕的成果，在很大程度上有助于学生进行跨领域知识交流，将工程思维和跨学科知识综合运用到系统开发中去，进而提高学生解决复杂工程问题的能力。如（图 3.4）

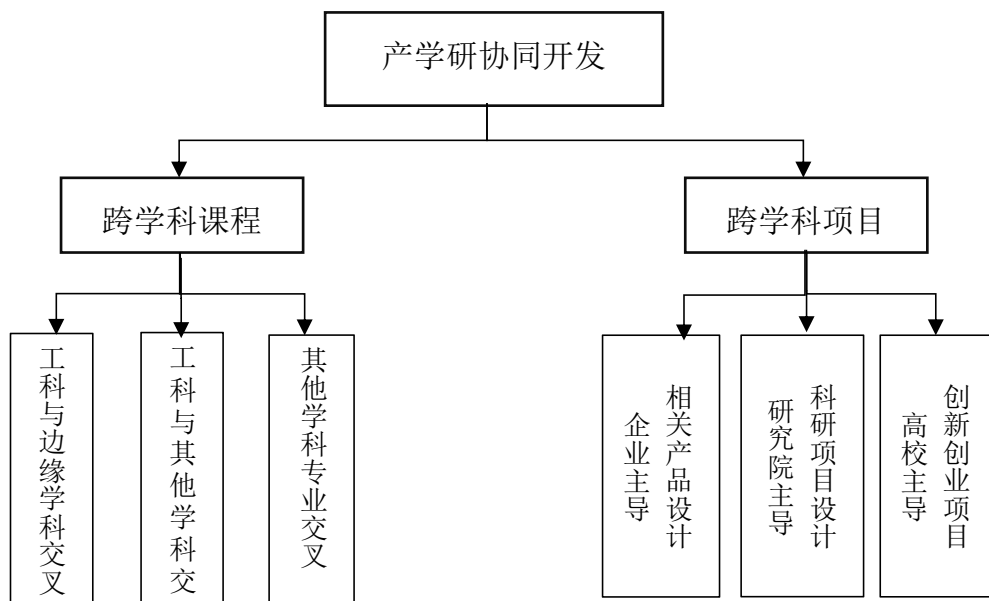


图 3.4 跨学科课程、项目设计

(2) 产学研共同参与课程结构调整

在新工科背景下，课程结构也需要随着时代变迁不断进行调整、优化，产学研在共同调整课程结构时，要以产业需求、行业发展为导向，比如新经济背景下衍生出的大数据、云计算、物联网、生物工程等，高校在进行专业设置时要考虑到市场的需要，以“复旦共识”对不同类型高校分类建设的原则，工科优势高校、综合性高校、地方性高校要结合自身办学特色，分别发挥各自优势，设置合理科学的培养环节和课程学分比例，适当增加学术活动和实践课程在总学分中所占的比重。美国的富兰克林欧林学院（Franklin W. Olin College of Engineering）是一所主攻工程学的院校，在课程结构上通过整合不同的学科知识组成了三个课程模块，培养出了一大批优秀的工程人才。德国的汉诺威应用科学大学（Hannover University of Applied Sciences and Arts）就将行业需求与专业设置相结合，他的课程结构就有明显的职业领域特征，并根据产业需求对课程体系、专业设置会及时进行动态调整。另外我国的西安电子科技大学和汕头大学、燕山大学分别通过组建人工智能学院、立足 CDIO 工程教育模式对课程结构进行优选和调整，将课程分成课程群，并在人才培养的成果上卓有成效，这些成功的案例都可为产学研在共同参与课程结构的优化上提供新思路^[57]。

(3) 产学研共同参与育人全过程

产学研三方围绕育人目标共同参与制定人才培养方案，创新教学内容和教学方法。人才培养方案要体现出新工科人才的特点，基于产学研主体的优势，针对行业发展、企业建设和服务地方经济的需求，及时对人才培养目标、规格、内容、途径、方法以及质量评价体系等进行改革创新。

一是高校教师、企业工程技术专家和科研人员要共同参与制定人才培养方案、优化

课程体系、合理设置“三新”专业、编写实践教学和理论教学大纲、把关毕业设计、拟定实习计划。

二是集聚三方优势，高校积极对企业和科研院所的需求进行调研，在教学方法和教学活动设计上注重多样化，将企业和科研院所的有效资源纳入到课堂教学和教材中，在教学方法上及时创新，重视对学生复合能力的培养，在教学内容上及时更新，增加自主选题和自主实践的课程，实践教学体系要充分体现学生专业能力、工程实践能力、创新创业能力和动手能力的训练，提高综合素质的横向扩展和专业知识的纵向提升，真正实现社会资源向育人资源的转化。以上目标的达成需要产学研各方人员全程、全面、全方位、多层次的参与教学活动，协同优化教学方式方法。

2. “三导师”与“双师型”教师双轨发展，强化育人队伍

“用最优秀的人去培养更优秀的人”，振兴教育在于教师，教师团队水平的高低直接影响着人才培养的质量，高质量的育人队伍是实现新工科人才培养目标的前提，实行“三导师”制与“双师型”教师双轨发展是教育教学改革的趋势也是新工科建设下推进产学研协同育人工作的根本保障。

(1) 加强“双师型”教师队伍建设

我国高等教育界普遍将“双师型”师资队伍的建设应用于高职院校，其发展根植于校企合作、产教融合，在新工科建设背景下，“双师型”教师的培养与制度建设同样适用于综合类高校、地方性高校以及工科优势学校。教育部与其他相关部门联合印发的《深化新时代职业教育“双师型”教师队伍建设改革实施方案》（以下简称《方案》）中明确指出近期目标：到2022年，职业院校“双师型”教师占专业课教师的比例超过一半，并在教师培养补充、资格准入、培训发展、考核评价、待遇保障等方面提出了12条相关举措，同时建设100家校企合作的“双师型”教师培养培训基地和100个国家级企业实践基地，“双师型”教师数量逐渐增加，教师队伍整体素质不断提升，产学研协同建设“双师型”教学团队，优先引进工程领域的重要领军人才，同时注重留学深造人员的回引措施，促进人才集聚的共振效应，加强发挥知识协同效应，为全面提高复合型卓越工程人才培养质量提供强有力的师资支撑。

(2) 建立“三导师”协同育人梯队

一是导师组要树立正确的工程教育理念。意识形态是决定教师行为的重要因素，在教师培训中植入工程教育新理念对促进课程改革非常有帮助。导师组自身需要具备强大的理论知识储备，还要有扎实的工程实践能力，在人才培养的课程体系选择优化方面首先要做到对课程内容的精选、重组和优化，在课程内容选择上要以经济发展和企业需求为出发点，以“多学科交叉”为基础，将对人才培养的人文素养、科学精神和创新能力融合统一，符合新工科人才的培养特点。另外，课堂教学、课外活动要与企业项目协同并进，实现专业教师与行业技术人员一体化联动，提高科研转化能力，同时在扎实掌握相关专业基础理论知识的基础上，合理权衡理论与实践的比重，将两者充分结合，而不

是纸上谈兵。

二是建立“三导师”交流联络机制。高校、企业和科研院所的导师由于其擅长的领域不同，自然都会有各自的知识盲区，“三导师”之间需要互相兼职，定期交流与合作，鼓励高校教师走出校门，进入企业和研究院所挂职或顶岗工作，亲身参与企业生产、设计、研发、管理全过程，在企业真实的工程环境和先进的装备技术环境中，在经验丰富、动手能力强的专业技术人员的指导下，培养自身的工程实践能力、工程设计开发能力和工程技术创新能力，强化工程背景，同时鼓励企业和研究院的导师进入到高校课堂，为更好地科研、开发巩固理论基础，“三导师”共同解决在生产、学习和科研中遇到的复杂工程问题，更好的服务于新工科人才的培养。

产学研三方可以通过共建联席会议制度、定期会商制度、对口人员交流制度、人员互相兼职制度方式开展，让学生在高校、企业、研究院都有导师指导学习。企业技术人员可作为“实践导师”进入高校课堂，高校导师也可去现场兼任“工程师”、“技术人员”和“研发人员”，将企业理念带回课堂教学，通过下企锻炼，真正了解市场需求，从而带动教学改革和专业建设。另外，产学研三方还可以通过共建联合实验平台互相兼职，在平台上三方相互交流、学习、开发、研究，共同参与人才培养，从而最大程度上发挥各自优势，通过优化人员交流路径，帮助新工科人才培养的实现。

三是优化“三导师”选聘制度。突破以往高校师资聘任在体制和机制上的束缚，高校要从企业和科研机构引进具有丰富经验的企业工程技术人员和掌握核心领先技术的科研专家，建立高水平的科研团队，成立“三导师”育人梯队，使其渗透到新工科人才培养中，有效解决高校师资队伍工程实践能力缺失的现实问题，同时优秀人才的模范作用和集体效能也会得到提高。

四是完善“三导师”激励考核机制。为提高教师工程实践能力，强化工程背景，要定期组织导师组到相关企业进修或参加职业技能培训，鼓励教师在相关企业内挂职或顶岗工作，为导师获取进修学习的机会，同时鼓励青年教师“双师”转型，保障企业的最新技术、最新工艺、最新设备以及科研机构的最新研究成果能够第一时间进入高校课堂。要安排企业兼职教师到高校接受继续教育，更新技术人员的专业知识，提高工程领域的理论水平，促进实践经验与理论知识的结合^[58]。另外，要充分利用地方政府的相关政策，为技术成就和科研成果转换率高的教师授予更高的荣誉和奖励，激发“三导师”队伍育人活力，提高教师的积极性和主动性，另外试图扩大成果使用率，科研成果直接转化为实际生产力，吸引企业和政府更多的资金投入。另一方面，还要有相应的评价管理制度，可以根据国家权威性的职业资格认证通过率等方式来建立“三导师”育人评价指标，在建立激励机制时，要注意根据不同层次的导师组分别制定不同层次的聘用标准、绩效考核、奖励金等激励制度，通过完善评价机制改进导师育人成效。

导师队伍是人才培养过程中至关重要的环节，导师水平的高低直接影响着人才培养的质量。产学研协同育人过程中人员的流动带动了资源共享，系统稳固运行的关键在于

产学研三方人员的积极性和协同性，所以必须打通以人员对接为核心的沟通交流渠道，高校、企业和研究院分别筛选和聘任企业工程技术人员、科研人员作为高校特聘导师，长期指导高校学生在相关企业和机构的实习、研究和实践。

3. 以产业需求为抓手，产学研协同完善实践教学体系

新工科建设更加注重对学生实践能力的培养，实践教学环节是新工科背景下产学研协同育人模式的重要组成部分，目前已经有很多高校出现了“产业班”、产学研共建“产业学院”等多主体育人试点，更加注重实践内容与产业需求相结合，实践过程与项目开发相结合，实践任务分工与岗位职责相结合，实践教学的范畴不仅仅是生产实习、毕业设计，包括学生的日常管理、思想政治工作等方面都需要产学研共同参与，形成一种全方位、多层次的密切协同关系，具体可以通过以下方面开展：

(1) 设计项目驱动与产品开发相结合的实践体系

实践教学设计要紧紧围绕以学生为中心，培养学生工程实践能力、动手操作能力以及发现问题并能用所学知识来解决问题的能力，梳理新工科人才所需的知识和技能，通过实训项目贯穿的形式，形成基于项目-设计思维的实践教学体系。以“创新项目设计”为例，产学研三方通过共建项目驱动与产品开发结合的实践教学可以在很大程度上推进教学方式方法改革，增强学生的“向学力”^[59]。（表 3-2）

表 3-2 “创新项目设计”实践教学

学年	实践课程	主要内容
第一年	创新项目课程 I	初步完成一个具备特定要求的创新设计
	项目课程 I (寒假)	进行功能要求的持续升级
	创新项目课程 II	中国创新方法大赛去年主题训练及组队
	市场调研与实践 (暑假)	到相关产业基地参与暑期培训和市场实地调研
第二年	创新项目课程 III	中国创新方法大赛专题训练
	企业参观调研 (寒假)	到企业和市场进行实地考察调研
	创新项目课程 IV	中国创新方法大赛当年主题训练及组队
第三年	暑假课程及原型 项目设计与开发 (暑假)	参加暑期系列课程选修并完成原型产品初步设计与开发全过程
	产品设计项目课 程 I (定义)	精心选题，结合实际市场需求和团队技术进行实物产品设计或系 统开发
	产品市场调研 (寒假)	产品设计项目课程 II (迭代) 产品定位与市场调研

第 四 年	产品设计项目课程 II (迭代)	精心选题, 结合实际市场需求和团队技术对产品设计项目课程 I (定义) 产品进行深入改进或重新选题, 进行实物产品设计与系统开发
	毕业设计市场调研	初步进行毕业设计调研, 完成市场调查与定位
	毕业设计 I	精心选题, 结合实际市场需求和团队技术对产品设计项目课程 II (迭代) 产品进行深入改进或重新选题, 结合毕业设计选题进行实物产品设计与系统开发
	毕业设计 II	完成毕业设计选题、开题和任务分析等工作; 经历项目训练后提升及综合性很高的产品设计级设计
	毕业设计产品/原型展示与反馈	进行产品展示与评估反馈, 对有价值产品进行研发孵化培育

基于项目-设计思维的实践教学体系始终贯穿学生本科四年的学习。美国学者麦肯奇曾经说过最有效教学法与目标、内容、学生、教师有关, 次之就是学生教学生, 由此可见合作学习的重要性, 实践教学体系注重团队协作能力的培养。产学研协同视角下的“项目+产品设计”实践教学具体以“跨学科指导教师团队”和“学生团队项目设计”为核心, 通过团队教学的方式^[60], 组织学生在团队中以单元系统为单位仿真现实工程项目设计。企业在这个过程中至关重要, 为学生的实习、调研、敞开式实践项目提供平台, 同时可以为学生参加的各类比赛、项目设计提供资金援助。“三导师”在整个实践教学过程中随着项目的不断推进, 层层深入引导学生, 帮助学生更好地运用所学所知解决复杂问题。

(2) 共建“线上线下校内校外”的实践平台

新工科建设下产学研协同构建育人实践平台要用多维度的视角去考量, 如今是信息化时代, 实践平台的构建不应思维定式仅仅局限于实体平台, 要打开思维, 通过线上线下、校内校外结合来丰富实践教学内容, 为提高学生的工程实践能力提供良好的教学环境和条件。

一是校内外实践平台的建设。校内实践基地构建的重点在于加强实验室建设, 学校领导层面要根据实验人员对实验室不同的需求, 努力创建集教学、科研、培训功能一体化的现代化实验室, 使学生通过仿真模拟打造与现实场景相近的环境随时随地进行实际操作, 从而提高学生的工程意识和工程实践能力; 校外实践平台主要包括产学、学研多方共建实验平台、实践教学基地、创建联合实验室等协同育人平台, 将各类比赛同企业项目、产品设计、工程项目设计相结合, 作为对课堂教学的有力补充。新工科背景下要鼓励高校与企业、科研院所共建“产业学院”, 比如浙江大学就很好的融合校内校外平台建设^[61], 为培养高质量的复合型工程人才助力。分析我国实践教学成功的案例, 产学研共建校内外实践教学平台时可以从三个阶段来考虑: 第一阶段是操作层和基础层, 主要指大二阶段以理论教学为主, 企业实习为辅, 让学生早早地和企业接轨; 接下来是设计层, 这一层面主要是学生各类创新大赛与工程项目、企业产品设计相结合, 推动科

技成果的产业化；最后是综合层，主要针对学生的毕业设计，通过之前科研项目、工程项目、产品设计及创新大赛的磨练，鼓励学生为就业做好准备。如（图 3.5）

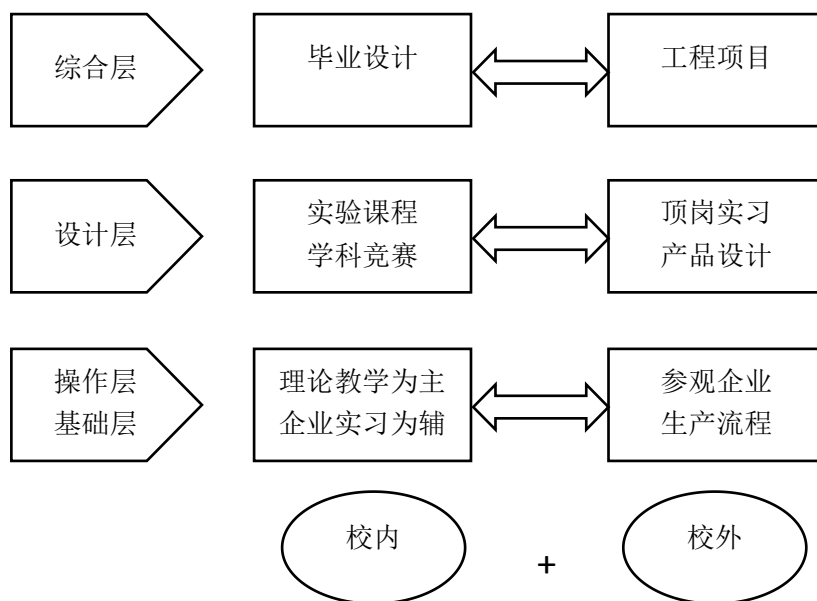


图 3.5 “校内+校外”实践教学

二是线上线下实践平台的建设，具体指线上共建信息合作平台，线下共建实践基地，组织合作沙龙，落实产学研合作联动机制。随着教育技术信息化的进步，在线教育风起云涌，MOOC（Massive Open Online Courses 大型开放式网络课程）、SPOC（Small Private Online Course 小规模限制性在线课程）、翻转课堂、网络直播等刷新了教育教学方式和方法^[62]，“线上+线下”实践平台的建设极大地提升了教学效果，增强了产学研全员参与的积极性和师生互动性，为产学研协同育人的工作带来全新动力。一是参与平台建设的教师可以来自不同的部门，实现学校内部和外部的知识共享。二是指出现实中存在的问题，教师可以根据企业技术创新的瓶颈来修正研究方向，企业可以通过高校教师来解决理论问题，实现合作共赢的机制创新。同时加强三方合作过程管理，注重过程数据的积累，促进产学研协同育人的活性、自觉性、长期性和制度化。对于企业而言，项目式和案例教学无疑是很好的选择，可以将行业发展的最新动态融入到教学过程中，同时还可以构建校内外信息资源共享机制，将产学研之间的各种图书情况资源和更多的信息资源进行网络互联，甚至拓展到全球范围内的信息资源互联，切实培养学生的复合创新意识和能力。如（图 3.6）

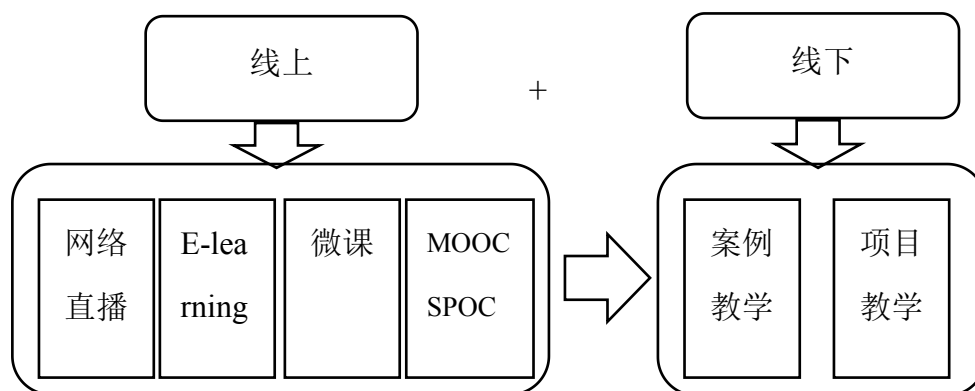


图 3.6 “线上+线下”实践教学

4. 以标准化建设为重点，产学研协同优化质量评价体系

我国自 2016 年成为《华盛顿协议》正式成员以来，工程教育专业认证随之迈入新的发展阶段，工程教育认证是人才培养体系建设的重要依托，人才培养模式的成功运作离不开相应的管理制度和质量评价体系。在育人模式的构建上，有了育人目标、组织领导机构、沟通协调渠道以及具体执行策略后，需要对人才培养的质量进行检验，以验证育人模式的可行性，因此科学的质量评价是保证新工科人才培养质量的有效手段，论文主要从评价主体、评价内容、评价方式三个方面完善质量评价体系。

(1) 评价主体多元化

由于产学研“多元融合”育人模式下的参与主体具有多元性，因此，在对人才培养质量进行评价时也要从不同角度、多个层面进行考量，通过确立不同的评价主体，有助于保证评价结果的真实性、公平性、合理性和有效度。

一是宏观层面，主要包括领导部门、执行部门、监督部门和国家相关资格审核，在这个过程中，相关利益者之外的第三方评价机构尤为重要，通过科学有效的评价方法和手段，对人才培养质量评价结果进行全面分析和宏观调控，有利于对改进人才培养质量提出可行性建议，从而最大程度发挥各参与主体的作用。

二是微观层面，可以具体到产学研“三导师”评价、企业和研究院用人单位的人力资源部门评价、高校科研处和教务处评价、各二级院评价、同行专家评价、学生自评、社会第三方机构评价以及相应的管理监督部门考核等，由于各个评价主体的关注点不同，更能从多维度、多方面对人才培养质量进行综合性评价，对学生各阶段的成果进行考核并记录存档，从而全面客观的反映评价结果的科学性与可靠性。

(2) 评价内容全面化

教学质量是高等学校生存和发展的生命线，是专业取得可持续发展的根本保证，为保障新工科人才培养目标的实现，要实施与复合型卓越工程人才培养质量相契合的评价工作，产学研协同育人要求质量评价内容全面化。宏观层面的评价内容包括教学质量、

教学过程、教学效果、教学条件等多方面评价,微观层面可以具体到理论教学、实践教学、科研成果、毕业设计以及对导师的评价。

一是教学质量考核与评价的对象主要由产学研“三导师”牵头,本着客观公正、实事求是、定性与定量相结合、全面综合评价的原则。高校导师从教学计划、教学内容、教学资料的归档、课程设置、学生评价、教学信息反馈评价、教学大纲、教授委员会听课评价等方面进行考核,企业导师要参与到学生的生产(毕业)实习、毕业设计(论文)、实践技能评价等方面,研究院导师从实验教学、科研活动、教研室评价、科研成果等多方面开展,在评价过程中三方领导小组还要重视对教师教学质量进行全面、综合考评^[63]。

二是教学过程和教学效果评价主要针对学生的知识、能力、素质评价,产学研三方要结合新工科人才对“KAQ”结构的要求,需融入学科交叉知识、跨学科思维、工程实践能力、创新意识创新能力以及核心素养等考核元素。

三是教学条件评价主要包括实验室建设、科研经费投入情况、学校软硬件设备及应用情况、实践基地和平台建设等方面。另外还要完善企业、科研机构对新工科人才的质量评价体系,融入职业素养、合作意识、组织领导能力等评价因素,充分发挥教学评价的引导、激励和改进功能,切实保障新工科人才培养质量。

(3) 评价方式多样化

“多元融合”协同育人模式决定新工科人才的质量评价不能局限于单一的评价方法,评价方式要多样化。

一是采用定性与定量评价相结合。教学活动是一个教与学的复杂过程,影响人才培养质量的因素有很多,有些是定性指标,有些是定量指标,产学研三方要在充分调查研究的基础上,采取定性评价与定量评价相结合的方法,以提高评价结果的可信度。

二是校内自评与校外他评相结合。产学研协同育人强调高校、企业、科研机构的共同参与,因此在人才培养质量评价上不能脱离行业需求,从校内和校外、主观和客观方面,对人才培养质量进行严格把关。

三是过程与结果评价相结合。CBE 模式强调能力导向,OBE 模式强调成果导向,CDIO 理念强调过程的实施和运行,可见过程性评价和终结性评价相辅相成缺一不可^[64]。

四是师生互评、学生自评、生生互评、教师自评、师师互评相结合。产学研合作是多元参与、多元协同的育人系统,其多元化的互评方式有助于师生更加全面的认识自己的优势和不足,从而不断提高自身能力和素养,使评价结果更具有效性。

五是分类管理和分类评价相结合。根据科研能力、教学业绩、绩效考核、成果贡献度等方面对教师进行分类别、分层次评价,同时结合团队绩效考核的方式,鼓励个人利益与团队利益相结合,引导教师提高教学质量,整体达到可观的“六率五度”,即学生就业率、专业对口率、职业稳定率、自主创业率、岗位晋升率和对地方经济建设的贡献率以及培养目标达成度、学生生及家长满意度、质量保障运行有效度、用人单位满意度、社会需求适应度等,切实提高新工科人才培养质量。

（五）发挥五大优势，完善育人机制

1.发挥高校的主导优势

高校有着人才培养、科学研究、社会服务、文化传承创新、国际交流合作这五大职能，在产学研协同育人过程中起着主导作用。知识经济时代背景下，企业的竞争归根结底是高素质人才的竞争，而高校正是直接为企业输送人才的场所，因此，具有实践能力的高素质工程人才的质量和数量直接影响着产业行业发展和企业效益。在协同育人系统中，高校需要通过利用自身的教育资源和教学环境等育人优势，整合企业、科研院所的资金支持、项目引导、技术支撑等优势资源，创新人才培养模式、教育教学方法和手段，优化育人路径、拓宽育人渠道，加快知识成果产业化。通过利用自身办学优势提高新工科人才培养质量，为产学研协同育人进一步发展奠定理论基础，这既是新工科建设的需求也是我国高等教育创新改革的内在要求。

2.发挥企业的应用主体优势

具备高素质的复合型技术人才是企业提高竞争力和技术发展的源动力，在产学研协同育人模式中，企业是驱动变量，既是技术使用者又是投资者，能为人才培养、技术创新、科技研发提供资金和平台支撑，为产学研协同育人的发展奠定物质基础。目前我国企业主要以项目牵头、共建培养基地、引进企业技术人才为校外导师这三种方式参与协同育人。新工科人才的培养目标要求高校培养的人才要有较强的实践能力和综合素质，比如高新技术项目研发能力、实践经历、生产、运营、管理能力以及解决复杂工程技术问题的能力，通过与高校、科研院所强强联手，可以补齐高校传统人才培养模式下实践教学环节薄弱、专业性不强等短板，使学生能够较早进入企业和研究院，亲身体验企业产品研发全过程，以及企业管理、成果转化、技术开发等工作，能够在第一时间接触企业的最新工艺、新设备和新技术，从而培养其实践能力、动手操作能力、组织管理能力、沟通协调能力、技术研发能力等，以便将来更好地为企业所用。

3.发挥研究机构的科研创新优势

科研院所主要致力于科学研究，旨在提高我国科研水平，在产学研协同育人模式中，其优越的科研条件和科研环境可以弥补高校和企业软硬件设施等方面的不足，力求科研成果能在合作中实现增值。高校通常因为经费问题导致实验设备不能及时更换，无法为学生和教师提供一个良好的科研环境，从而影响课题和科研项目的进度和质量。通过产学研协同育人平台，科研院所同高校和企业建立合作关系，为人才培养指明方向的同时帮助高校和企业经费短缺、缺乏人财物资源的困境下借助科研机构先进的仪器设备、最新的科研成果、浓厚的科研氛围、良好的科研环境等优越条件进行深度合作，共同培养新工科人才。同时，科研院所也是科学技术与教育教学之间沟通的桥梁，通过高校与科研机构的合作，有助于学生及时掌握科研第一线，了解最新的科研动向和研发成果，补充学校缺乏的科研知识领域，使知识产权（智力成果权）可以得到有效保护，从

而达到提高新工科人才培养质量的目的。

4. 发挥政府的政策引导优势

政府作为宏观调控者，是产学研协同育人有效开展的根本保证，在整个育人模式的构建中起着统筹发展和规划建议的作用，在合作关系中有着政策引导、立法保障以及金融支持等优势。新工科建设的核心在于人才，政府要改变以往的形式主义原始范式，真正投入到协同育人的整个过程中来。一是可以组织相关教育部门、工程研究院和企业共建“新工科人才发展平台”，根据“工科优势高校”“地方性高校”和“综合类高校”的不同特色设计与之匹配的人才培养规格，并为平台的顺利运行制定相关规章制度，提供政策引导和资金支持，为国家发展培养复合型卓越工程人才。二是通过完善的保障体系和激励机制等外部环境建设，扩大高校的育人空间、研究机构的研发自主权以及企业的技术创新平台，为产学研协同育人营造良好的氛围。三是通过立法保障等政策支持，组织协调各个主体之间的关系，通过优化资源配置，充分调动合作主体的积极性，建立科研与应用相互促进、技术需求与技术供给有效对接的产学研长效合作机制，为产学研协同育人模式的顺利开展保驾护航。

5. 发挥信息化平台的桥梁优势

新工科背景下的学科界限不断突破，边缘学科和交叉学科不断涌现，一系列高新技术成就离不开现代信息技术的发展，互联网、大数据、云计算等新技术已经充斥着我们生活的方方面面^[65]，新工科背景下的产学研协同育人更是无法脱离信息化建设而谈，网络信息化平台在产学研协同育人中发挥着促进合作主体进行全方位深度融合共享的桥梁作用，也是实现高素质新工科人才培养的先决条件。

网络信息化平台可以帮助解决产学研合作在实践教学中的时间地域限制、实验设备管理、资金有限等现实问题，新工科建设下要求人才要全面发展，变革创新思维，提高自身综合素质，学生待在“象牙塔”内是无法获取这些技能的，因此，需要高校、企业、科研单位多层次、全方位协同起来。产学研合作的领域和视角不应仅仅停留在共建校外实习基地、实训平台和创新创业孵化基地等层面上，要主动迎接新科技新技术带来的机遇和挑战，共建集教育教学、设计研发于一体的多功能型协同育人信息化平台。目前，我国产学研协同育人在信息化建设上已有很大进步，很多高校与企业已经开始共建线上信息平台，利用“互联网”进行教育教学，将高校、企业、研究院的优质资源反哺人才培养全过程，实现新兴工程人才从“创意”到“创新”再到“创业”的蜕变^[66]。

三、新工科背景下构建产学研协同育人云平台

新工科背景下，产学研加强信息化网络平台建设，有助于复合型卓越工科人才快速获取多方面的信息，提高人才质量评价-反馈-改进的工作效率，充分发挥多主体在育人过程中的积极作用，为人才培养质量的持续改进提供强有力的技术手段支撑^[67]。

（一）云平台设计的目标与原则

1. 云平台设计的目标

许多成功的企业都需要依靠网络效应获取重要信息，新工科人才的培养更是离不开信息化网络环境的支持。产学研协同育人云平台的构建是以互联网为手段，利用现代信息技术与将需求方与供应方相连接，其目标是实现各行各业的跨界融合，即为高校、企业、科研机构三者之间创造价值互动，通过合作主体在人员、资金、知识、成果、技术和服务之间的共享与交流，为其他参与者创造价值或共同创造价值，从而实现新工科人才的培养。

2. 云平台设计的原则

产学研协同育人云平台的建设要以“优势互补”为原则，汇集高校、企业和研究院所不同的资源优势，精准对接学术发展和产业需求，将社会资源、智力资源、信息资源等联结在一起，围绕新工科人才培养这一共同目标，针对不同合作主体现状及个性化需求，提供咨询、规划、设计、开发、实施、培训、维护等专业化全程服务，产学研共建集教学、管理和服务一体化的综合性云端信息平台。

（二） 云平台设计的构想与思路

1. 云平台设计的构想

云平台的建设是为了提高产学研协同育人的效率，助力新工科人才的培养。平台设计是以“优势互补”为原则，以“资源整合 集成服务”为核心，以“横向协同 纵向共享”为思路，主要依靠产学研三方之间的深度协同，受益于多方协同网络效应，平台的关键支持技术是互联网和分布式网络计算（云计算）。通过产学研各主体的积极参与，形成信息化协同路径，促进价值转移，实现新工科人才的培养。

2. 云平台设计的思路

在产学研协同育人云平台的构建中，由高校、企业、科研院所共同建立云端信息平台组织管理架构，工程技术人员、科学研究人员、高校教学人员和广大学生是主要参与者，通过建立知识库和综合数据库，汇集高校教育资源、科研院所的科研资源和人才智力资源、企业的实践基地资源和高新技术资源，针对育人的三对核心要素（2W+1H），解决育人过程中的生产、教学、科研等问题。以“横向协同 纵向共享”为设计思路，从合作伙伴关系、知识产权、技术转移、成果转化到商业发展，甚至学生包括实习，都可以通过云端平台的网络效应促进产学研之间的学术交流、成果展示、项目对接、技术集成和资源整合，更好地实现高校学术成果转化和研究院科研成果转化。如（图 3.7）

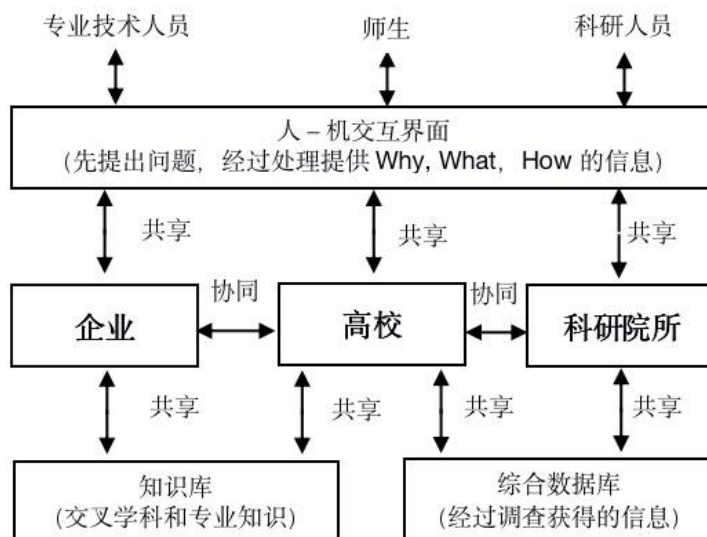


图 3.7 云平台设计思路

云端信息平台的建设可以帮助产学研三方不受时间、地域的限制，通过网络授课、视频直播等形式展示各自成果，学生可以实时、随地通过线上与企业导师、研究院导师进行信息共享和交流互动，更容易接触到现场的工作情况，真正将产学研三方融为一体，深度协同，集成优势，通过信息资源的互联互通可以更全面地实现新型工科人才的培养。

（三） 云平台的功能与运行

1. 云平台的功能

一是人员实时互动功能。在产学研协同育人的过程中，不管是人员的交流还是信息的共享，都会受到时间、地域的影响，比如学生很少会在第一时间掌握科研院所的最新研究成果、企业的最新技术、行业的最新发展动向，频繁的会议对于工作繁忙的专家组而言也是一种负担，通过构建云端信息平台，可以很好地解决时空和地域问题，产学研各参与主体可以随时随地通过视频会议、网络直播等形式，进行实时交流和互动，并且企业、研究院的最新发展动态可以实时上传到平台上，以供学生掌握最新的科研方向和产业需求。

二是信息实时更新功能。互联网的力量是强大的，可以利用大数据、云计算等信息技术手段，对云端信息平台的数据进行实时更新。像今年全世界范围内大规模爆发的疫情，我们每天足不出户也能实时关注到疫情的发展程度，甚至包括国外的疫情数据，具体到某省市几例都非常的准确且实时更新，云端共享平台的建设也具备这一特点，各主体通过定期更新数据库，可以将最新、最准确的信息传达给高校师生、企业技术人员以及科研人员，带动产学研三方共同发展。

三是资源实时共享功能。资源共享是新工科建设下产学研协同育人的关键，也是云端信息平台建设的核心，平台整合国内外优质教育教学资源，建立精品课程网络教学资源库，包括网络精品课程、特色课程、基础理论课程、跨学科课程、工程伦理课程等，

线上线下同步进行授课，高校、企业、科研院所在这个过程中实现优质资源共享，满足新工科人才的多样化需求。

2.云平台的运行特点

产学研协同育人云端信息平台的主要优势在于其网络效应可以帮助参与主体更加快速、更加便捷地获取信息，从而大大提高新工科人才培养的效率和质量，在教学、管理和服务上最大程度发挥优势，云平台的特点主要包括以下几个方面：

一是实现了新工科背景下教学方式、教学方法和教学技术的创新；二是打通了协同育人模式下利益相关者的沟通渠道；三是为育人工作节省时间、提高效率；四是通过现代信息技术手段，大大减少人力资源成本；五是通过云端信息平台实现教学、管理和服务一体化，切实提高参与主体的办公效率和人才培养质量；六是对线下育人工作的不足进行补充改善，强化实践创新能力，保障产学研协同培养新工科人才工作的顺利开展。

结合新工科人才的要求，不断完善产学研网络信息化平台建设，通过密切合作实现人员与资源的实时互动，可以及时发现人才培养中存在的问题，并及时解决，确保三者之间信息的互通。

（四）云平台的实施策略与保障

1.云平台的实施策略

一是科学合理的分工。云平台的具体实施首先需要对合作主体进行科学合理的分工，由于产学研主体的属性不同和内部运行机制不同，分工方式要以责、权、利对等为基准，对协同育人参与主体进行合理分工。在云端信息平台运行中，企业拥有先进的工艺、设备、应用技术和充足的资金，具有成果转化的优势，还有敏锐的市场洞察力，可以精准判断市场需求，企业专业技术人员的实践操作能力往往比较强；科研院所是科技创新的源头，往往掌握最前沿的研究成果，在创新上独具优势，为产学研协同育人提供科研支持；高校则具备优越的教育环境和教学资源，承担着为新兴产业输送大批复合型卓越工程人才的责任。根据合作主体不同的优势，将产学研进行合理分工，明确责任，实现优势互补。

二是丰富的网络教学资源。以今年新型冠状病毒肺炎为例，疫情的大规模爆发打乱了全国各类院校的教学计划和产业生产安排，导致高校无法开课，企业无法复工，这一突然的变故致使学生的学习质量受到严重影响，在这一背景下，“网络授课”的教学形式风起云涌，线上直播、视频教学、网络会议、在线答疑成为当前最流行的教学方式，因此，云平台的构建也要因时而新，不断优化线上课程资源，创新平台的课程知识库和综合数据库，及时发布科研进展、学术成果等信息，使导师、学生、企业技术人员、科研院所科研人员不受地域、时间和空间的影响能实时沟通交流，让学生足不出户也能学习新知识，同时拓展产学研协同育人新渠道，为科技成果转化和新工科人才的产出提供良好的网络平台。

一方面产学研三方以“在线云课堂”的形式展开合作，通过人员互动和信息互通优化线上课程知识库和综合数据库，其中网络课程知识库的建立要以学科交叉融合为特点，包括基础课程、专业课程、特色课程和国家精品课程，综合数据库包括教育资源存储库、信息收集库、多媒体数据库、和育人基金管理库。通过网络课程的实时更新，使高校学生能第一时间获取最新科研成果，了解产业最新发展动向，同时可以解决线下教学的环境、设施等软硬件资源短缺问题，节约育人成本。

另一方面由产学研共同成立数据统计部门，对云端信息平台的教学资源进行集中存储和管理，通过采集、筛选、汇总和比较分析研究，将具有创新性的科研项目、课题、竞赛投放至云端平台，给所有云用户平等的参与机会，还可制定激励奖励政策，适当设置奖金，鼓励产学研三方人员积极投入到合作平台中来，挖掘除了导师组之外的有才之士，可以是具备高技能的企业工程技术人员，或是科研能力较强的研究员，都可以借助云端信息平台发挥才能、展现优势，同时为新工科人才的培养出谋划策。

最后利用活跃的网络系统，将现场教学与在线教学相融合，通过“线上云课堂”“现场云直播”等形式创新教学方法，在实践教学中融入网络课程，对新工科人才进行分层次、分类型培养。针对现场存在的问题进行“在线云答疑”，使企业技术团队可以根据其生产或专业知识要求利用云平台与研发团队进行合作，广泛征求高校和科研院所的建议，建立稳固的伙伴关系，最大程度将知识成果、科研成果脱离实验室带入市场，在推动社会经济发展的同时助力新工科人才培养。

此外，还可以以高校为中心构建“本校+外校”信息资源共享机制，将各个高校之间的图书馆资源进行网络互连，切实培养学生的信息素质能力，为学生的专业知识研究和跨学科思维锻炼拓宽信息获取渠道。如（图 3.8）

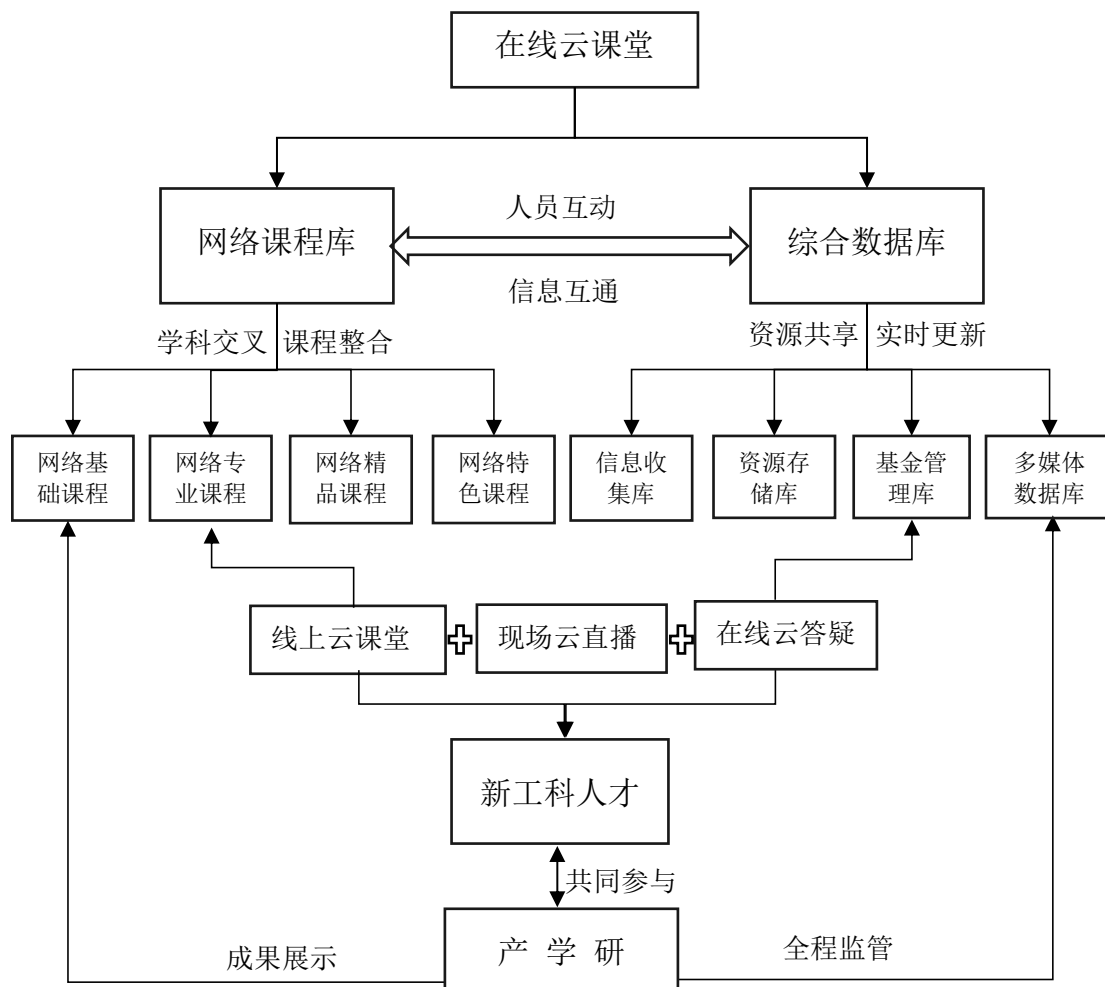


图 3.8 “在线云课堂”示意图

三是平台运行的总体规划。产学研协同育人云平台通过收集、整合各类高校和研究机构的科研成果、项目、专利、课题、专家、资金等众多资源，利用线上智能匹配功能引导企业、高校和科研院所实现精准对接，每个参与主体都在云平台上拥有独立的页面和空间，以便于及时发布本领域最新的知识研究成果、科研成果、技术创新成果以及发展动态，而每一个云用户也可以直接在云平台发布技术难题和要求，帮助高校及时了解产业需求，真正做到人才与需求相匹配，解决成果转化率低、实验室研究和企业的市场导向性技术相脱节等问题。

2. 云平台的运行保障

一是公平有效的利益分配机制。在新工科建设环境下，利益分配的公平与否是产学研云端信息平台顺利运行的关键，对合作关系的持续发展具有重要意义。我国的高等教育机构属于分层结构，位于顶部的机构总是在吸引资金和认可，而位于底部的机构则处于劣势，近年来，这种不平衡现象变得越来越严重，导致产学研各个机构发展步伐不均衡。云平台的建设必须具备公平公正、透明合理的利益分配制度，借助市场监督管理优势和政府的宏观调控，给予高校、科研机构、企业同等承接项目、信息获取、资源配置

以及成果展示的机会,各主体通过携手合作,从内外部完善平台合作主体之间的关系和产学研利益分配机制。

二是内外衔接的组织管理机制。为保障产学研协同育人云平台的顺利运行,需要由高校、企业、科研院所成立领导小组,实行“设计-研发-执行-反馈-监督”等级组织管理机制。产学研三方通过云端信息平台成立协同育人委员会,利用智能匹配算法和主动扩展,以项目对接的方式,将项目、课题发送至平台,由师生、科研人员、企业技术人员组成研发团队,共同设计研发,并将成果及时展示反馈至平台,所有参与者针对不足提出解决办法,共同解决育人过程中的问题。最后,还需要产学研三方共同制定保障云平台运行的相关规章制度,成立监督管理小组,构建平台保障体系,同时利用现代信息技术手段,通过平台的数据追踪,可以自动筛选项目匹配度并过滤有效信息,大大提高产学研协同育人效率。

以互联网为特点的新经济区别于旧经济的标志之一就是网络互通和信息资源共享,“课程网络化”是课程体系优化的新特色,也是产学研实现新工科人才培养的一大创新举措。目前,由于信息化建设不健全,监督管理机制不成熟,导致信息资源共享困难,主体协同化程度低,也是阻碍产学研信息化发展的主要症结。云平台可以充分利用最先进的信息技术手段,整合国内外优质课程资源,帮助高校丰富网络课程,建立丰富的网络教学资源库,拓宽学生学习新途径,实现线上教学新形势。

新工科建设浩浩荡荡,复合型卓越工程人才的培养如何落地引起了社会各界的广泛关注,产学研合作在人才培养上独具优势,也是新工科建设的重要途径,因此越来越多的学者提出将“新工科”与产学研“协同育人”并重考虑。高校、企业、科研院所以“一点两线三体四面五优”为育人框架共建新工科背景下符合社会发展需求的“多元融合”育人模式,积极探索学科交叉和专业整合,改善传统工科专业存在的弊端,为我国建设创新型国家的目标提供素质优良的人才队伍,以期为其他学者提供有效参考。

第四章 新工科背景下产学研协同育人模式实施保障建设

为确保新工科背景下产学研协同育人模式的有效运行，需要从高校、企业和政府的自我完善、“三导师”与“双师型”教师双轨发展、国家和政府的政策法律支持、优化双创环境以及制定长期激励机制等多方面加强建设，优化育人路径，以促进复合型卓越工程人才的培养目标的达成。

一、突出新工科人才培养的核心地位

新工科背景下产学研协同育人的出发点和落脚点就是“育人”，合作三方紧紧围绕“为什么育人”“育什么人”“如何育人”形成紧密合作关系，因此，突出“新工科人才”的核心地位显得尤为重要。在育人模式中，由于各个主体的属性不同，其目标追求也会有所差异，企业和科研院所的目标就区别与高校，其利益追求并不完全在人才上，为实现产学研深度协同育人，需要高校、企业和政府不断进行自我完善和自我管理，同时为新工科建设添砖加瓦。

（一）高校的自我完善

新工科建设为我国高等教育带来新挑战和新机遇，这就要求高校要从五大职能以及办学定位、办学理念、现代大学制度建设、治理能力和治理体系现代化等方面统筹推进，实现教育现代化，加快改革创新步伐。在产学研协同育人模式中，高校在人才资源方面独具优势，要主动肩负起塑造未来的责任和使命，通过产学研协同来实现新工科人才培养这一愿景，归根结底还是需要高校主动作为、积极变革，从内部进行自觉行动、自我完善和自我管理，成为推动经济社会发展的重要力量。

1. 高校要转变传统的教育理念

新工科建设强调“应对变化塑造未来”的人才培养新理念，在工程教育回归工程的趋势下，不管是工科类院校还是地方性高校或是综合性高校，都需要改变传统重理论轻实践的办学理念，在新工科建设的指引下，立足大工程观，围绕市场需求制定学科专业建设与调整规划，重构人才知识体系，重塑人才培养质量观，创新教学方式与技术手段，建立与市场经济体制和产业需求相辅相成的人才目标。

理念创新源于意识形态的改观，工程教育理念的转型需要从高校领导到全体师生全方位革新思想。可以通过线上线下相结合的形式进行广泛宣传，使新型教育理念深入人心，帮助师生从责任意识、全球视野、创新思维、学习能力以及工程实践能力等方面进行转型。另外，可以由高校领导小组组织座谈会和研讨会，使全体师生全面了解目前的社会发展现状、产业需求和未来教育发展趋势，做到思想和行动保持一致，人才培养不能局限于眼前，要着眼于未来。

2. 高校要重视多方协同育人

各类高校都应重视与中小企业的沟通协作，充分利用科技中介结构，让外界更多地

了解高校的成就和特色，从而获取更多与企业产业、科研机构合作的机会，并主动为地方政府服务，积极提出利于地方经济建设和社会发展的建议。为满足新工科人才的需求，高校要基于理论性教学、实践性教学和应用性教学三个方面加强多方协同育人。

一是协同多方开展在职培训和定点培训，加强理论性教学，提高人才培养的针对性，鼓励学生多多参与产学研协同育人项目小组，在“三导师”的带领下承担科研项目，获取专业的科研知识，同时对培养师生的科学思维方法和科研技能大有帮助，为产学研协同育人提供工程文化和工程理论支撑。

二是加强实践性教学，围绕新工科人才的创新能力和实践能力的培养，可在原有校外实践基地的基础上，拓展实训基地功能，协同企业、研究院所共建集教育、培训、研发于一体的共享型协同育人实践平台，共担实践教学任务，加强实践能力的训练，培养高校人才实际处理和解决复杂工程问题的能力。

三是加强应用性教学，依托高校的学科优势协同产研建立长期的合作机制，使用人单位可以利用高校的育人资源为自身定制所需要的人才，并能直接反馈对学生的评价，努力培养宽口径、厚基础、素质高、能力强、会创新的复合型卓越工程人才，解决交叉学科中的研发迭代问题。

3. 高校要加快课程改革步伐

新工科建设要求高校的课程改革要因时而动，加强跨学科专业和课程建设以及工程学科与边缘学科的交叉整合，动态设计课程内容，优化课程体系。研究表明，学生对大学的满意度很大程度上取决于课程体验，受传统观念影响，目前我国大学的教学方法主要还是以课堂授课为主，基于建构主义的学习科学和认知科学表明，缺乏实践经验和体验学习的环境会影响学生对新型工程教育的理解，并阻碍工程实践能力的发展。因此，高校的课程改革需要在夯实通识课程、专业课程的基础上，加大技术课程、交叉课程、整合课程和实践课程的比例，具体可以通过“跨学科多专业融合”的组织形式开展，采用“跨学科导师团队”和“创新项目学生团队”并驾齐驱的团队教学模式，通过学科交叉整合和团队项目研究，组织学生利用仿真系统模拟实际工程单元模型，切实培养学生的知识交叉整合等能力，同时课程改革要随产业和技术的发展动态实时调整和更新。

4. 高校要健全内部管理机制

利用大数据、云计算、互联网、人工智能等现代信息技术手段，在高校内部建立网上学习系统和监督管理系统，对人员、设施、资金、知识、成果等所有有形和无形资源进行有效管理，打破学院之间、学科之间、专业之间、行政与教学之间的壁垒，通过优势互补将各个部门的所有人员结合起来，推动高校教学管理决策科学化，形成高校内部教学和科研的有机结合。

（二）企业的自我完善

企业在产学研协同育人中占据主体地位，是实现科研和知识成果转化的主要场所，

能为协同育人提供实践平台、技术支撑和资金支持。企业的利益追求并不仅限于人才培养，企业更加追求产业利润和经济效益，因此，为保障产学研协同育人的良好运作，需要企业树立正确的合作意识^[68]，提高合作积极性和主动性。

1.企业要加强合作意识

企业需要有资金才能做战略投入，引领社会前进，而这个资金需要先进的科学技术和雄厚的人才为支撑，这就需要企业技术人员和所有工作人员共同去创造，能为企业带来巨大效益的人才必须是全面综合发展、具有学科交叉思维、具备解决复杂工程问题的能力、具有创新意识和创新能力、具备较强工程实践能力的人才，这类优秀的工程技术人员仅靠高校是无法培养的，必须与企业 and 科研院所深度合作、协同培养，这是一个良性的循环系统。

美国的拜杜法案赋予大学和非盈利科研机构对联邦政府的财政资助享有专利权和申请权，从而产生推进科研成果转化的强大动力。反观我国高新技术产业为了短暂的利益需求，与学研建立短期协同关系以取得技术突破，这样的行为和理念导致产学研三方无法建立信任机制，更不会完全发挥各主体优势，合作关系成为空壳，久而久之，人才培养与产业需求相脱离，企业也会失去发展的源动力，这对于合作各方都是不利的。因此，企业需要树立正确的产学研合作意识，认清当前人才发展趋势，在合理的利益分配体制下明晰企业定位，与高校、研究院所展开深度合作，达到互利共赢的效果。

2.企业要加强主体作用

企业既是经济市场的主体，又是技术创新的先驱者，通过强化企业的主体作用，有助于促进产学研协同育人的深度合作。在一个运行良好的产学研协同育人模式中，大学和研究机构的目标是将其科学创新、知识成果和科研发明推向市场，从而促进经济发展，并为研发获得更多的资金支持，企业则希望获得更多的先进技术来升级产品、提升价值继而创造经济效益，此外，一些颠覆性创新会帮助企业产生更多的竞争优势和更高的利润，同时价值较高的科研成果也能为企业带来高额利润，企业自然愿意给予其最大程度的资金支持。

企业参与产学研合作的最终目标是将高校的人才资源和研究院的科研成果转化为自身优势，成为企业生产力，最大程度获取现实效益，通过产学研深度合作，可以帮助企业实现知识产业化，不断向市场提供新产品和新服务。同时，企业可根据岗位职能参与高校的课程优化和专业设置，并全方位渗透到人才培养过程中，引导学研机构基于产业需求进行协同育人。

3.企业要加强实践平台建设

高校和研究机构的知识成果和科研成果转化需要平台，这个平台需要企业来搭建。越来越多的企业在积极地为高校设立研发基金和奖学金，与学研共建实验室和技术俱乐部，通过产业技术创新联盟、共建实践基地等合作模式联合大学、科研机院所共同进行核心技术攻关、创新方法竞赛、知识成果转化等一系列科技创新活动，为产学研合作增

添活力，目前已出现许多企业家与高校携手创建工程研究中心，积极参与高校相关课题和高科技项目的研发。另外，企业大量科技经费的投入可以为新工科人才的培养提供有力的物资保障，同时缩短高新技术产业化周期，更进一步深化产学研协同育人。

（三）政府的自我完善

政府在产学研协同育人中扮演着引导者、推动者和协调者的角色，为了保障产学研协同育人的顺利进行，需要政府进一步自我完善，充分发挥在育人模式中的政策引导作用、统领作用、宏观调控作用和沟通桥梁作用。

1. 政府要加强科研经费和教育经费制度建设

资金支持作为推动技术创新、教育教学改革和科学技术研发的重要资源，直接影响着工程教育的发展和人才培养质量的高低，并影响着产学研之间的关系。目前我国高等教育机构由于层次性划分导致不同层次的高校所接受的资源分配极为不平衡，顶级机构获得的赠款金额可能是底层机构获得的赠款金额的150倍。例如，2017年，清华大学位居我国研究资助总额之首，共获得16亿元的资助，其次是一流大学的上海交通大学、南京大学和浙江大学，获得约8亿元研究资助，相比之下，武汉理工学院甚至更低层次的高校获得的的资金支持更是少得可怜，这种分层和资源差异影响了高校在人才培养方面的执行能力和其他方面的质量差距。由于双一流大学的显著优势和地位，资金分配的差距性不太可能被完全填补，但政府必须合理调动资源以实现平衡发展，从“锦上添花”转向“雪中送炭”，使较低层次的大学也可以获得更多基金扶持来全面改善其教育教学资源，提高人才培养水平。

2. 政府要发挥桥梁作用

政府作为产学研协同育人的协调者，通常负责调节产学研与其他部门之间的关系，主要提供数据咨询、法律咨询、政策咨询、技术咨询等服务。在政府的引领下，目前已经建立了产学合作协同育人平台(cxhz.hep.com.cn)，但是缺乏相关的评估机构和评价机制，为了更好地发展合作教育，有必要引入第三方来跟踪双方的实施和完成情况，这个第三方评估机构既可以是政府牵头成立，也可以由行业协会和社会中介组织发起，比如日本的产学研评价体系就是由政府协同其他部门共同制定的，而美国的合作教育与实习认证委员会则是由各类行业协会和专业协会组成。

3. 政府要加强政策引导作用

作为协同育人模式健康运行的保障者，政府有着立法保障、制度建设和舆论倡导的引导作用，运用经济手段、法律手段和政策手段完善《企业法》《劳动法》《教育法》《产学研合作法》等相关法律法规^[75]，利用财政资助，制定财政结构调整相关政策，加强对重点科研项目、技术创新项目等专项基金支持。目前，减少税收和成本是地方政府的普遍做法，还应进一步增加对高校财政支持和对中小企业的政策支持，保障产学研协同育人顺利进行。

4.政府要加强监督规范作用

政府不仅仅是产学研协同育人的指引者，更是监督者。政府应该运用现代化管理手段，打破传统的规则界限，由专门领导小组成立产学研协同育人监督部门，并完善相应评价管理机制，对协同育人各主体的人财物等资源进行风险评估和监督管理，加强协同育人过程的监督与规范。同时，在产学研协同育人的过程中，各合作主体的权利、义务以及资格、地位都是平等的，如果有合作方利用技术上、经济上或行政上的优势签订不合理协议，政府应给予严厉的经济惩罚，使其承担起违约责任，为产学研协同育人提供一个公平、公正的发展环境。

二、 加强产学研协同育人环境建设

任何一个模式、制度、体系的形成都离不开其内外部环境以及国家政府这个大环境的支持，以今年新冠肺炎的爆发为例，国家采取一系列重大举措使疫情得到较好的控制，《求是》中指出，要推进疫苗研发和产业化链条有机衔接，为有可能出现的常态化防控工作做好周全准备，要加快推进已有的多种技术路线疫苗研发，同时密切跟踪国外研发进展，加强合作，加快建立以企业为主体，产学研相结合的疫苗研发和产业化体系，建立国家疫苗储备制度，同时制定了相关保障制度和措施^[69]。由此可以联想到，产学研协同培养新工科人才也是在一个大的社会环境下进行，不仅受到参与主体的实力和经验影响，还受政府的宏观调控以及国家政策法律制度等软环境的影响，良好的外部环境和政策支持能切实保障新工科人才培养工作的顺利进行。

（一） 为产学研合作提供优越的政策法律环境

通过分析国外发达国家产学研合作教育的成功案例不难发现，成功的产学研合作教育除了三主体的责任感和社会公德之外，国家的制度保障也是必不可少的。要实现产学研协同育人的制度化建设，必须有完善的法律基础和保障，需要国家及相关部门根据经济发展和行业产业需求，制定行之有效的法律法规来为新工科培养提供一个良好的政策环境，确保协同育人模式的顺利运行。

高等教育已日益成为各国经济持续增长和社会可持续发展的基础，长期以来，我国对于如何开展产学研合作教育，已采取一系列有效措施，目前我国有关产学研合作建立的专门组织有产学研合作促进会，该组织是由高校、行业企业、政府部门和科研机构等共同组成的社会团体，其主要任务是为产学研合作搭建桥梁，完成相关部门交办的工作任务，但该组织缺乏符合国情的产学研认证标准和评价体系，另外，我国关于“产学研合作”相关的法律法规和政策并不完善，缺乏具有权威性的保障机制和评价机制，多方协调沟通机制以及激励机制都存在明显不足，这样的环境不利于产学研协同育人的顺利进行。这就需要国家政府对产学研协同培养人才这一有效模式给予充分的重视，有必要制定专门的产学研合作发展规划，通过规划的实施，完善配套政策，充分发挥国家政策的引导作用和政府的宏观调控作用，完善的政策和良好的法律环境对产学研协同育人

绩效的提升有着不可小觑的作用，推行完善的政策和制度保障体系，确保整个培养过程的各个步骤都得到法律和制度的有效保障。

（二） 为产学研合作营造良好的创新创业氛围

新工科人才是推动新兴产业发展的基础，营造一个有利于新工科人才成长和交流互动的良好环境至关重要，一个好的创新创业环境能促进复合型卓越工程人才的高效高产。高校要认真落实和完善国家、政府的一系列政策措施，可以针对高校的办学特点和自身优势，适当调整课程体系，让学生在入学 1-2 年内学习专业基础知识的同时培养学生的创新意识、创新思维以及创新所具备的基本技能，在 3-4 年级尤其是毕业设计环节前应增加与创新创业有关的实训课程，把学生投入到产学研联合共建的实践基地或各类中小型企业进行实践学习，还可与科研人员及企业工作人员共同参与科技产品的研发，通过提供真实的创新创业环境，实实在在的将理论与实践相结合，能够综合运用专业知识和技能、熟练掌握科学方法和技术手段以及丰富的工程经验来解决复杂工程技术问题的新工科人才也正是我国进行教育教学改革的出发点和落脚点。企业在为学生的双创项目提供雄厚资金保障和更多实践机会的同时也为自身发展拓展了新思路和技术创新支持，实现互利共赢。

（三） 为产学研合作制定长期激励机制

近几年从中央到地方虽从各个层面制定了人才引进相关政策，但显然还是存在种种问题，仍然有一系列工作需要强化。宏观角度上，国家和政府要强抓高层次工程人才的引进和培育，完善相关人才引进扶持政策、知识产权政策及技术参股等政策，也可以通过引进国外高级人才的方式，以“帮、扶、带”的学习方式，快速提高新型工程人才的素质和掌握先进技术的经验，同时为引进复合型卓越工程人才提供相应的保障措施，构建物质激励、成就激励、发展激励“三位一体”的多维激励机制，对有重大贡献和重大科技成果的科技人员实施奖励政策。微观角度上，产学研三方也要制定相应的奖惩制度，激发参与主体的积极性，形成多方监督管理体制，为产学研协同育人工作带来活力。

结 语

新工科建设对人才的培养规格提出了新要求，同时也为高校、企业和科研院所带来了新挑战，产学研协同共建符合经济发展需求的育人模式是新工科建设需要，是产业变革需要，更是国家发展需要。论文以系统论、协同理论和复杂适应系统理论为基础，通过文献研究法、比较分析法，对新工科背景下产学研协同育人的发展现状进行系统剖析，揭示了产学研协同育人目前存在的主要问题以及新工科背景下提出的新要求，针对问题提出解决策略，构建了以“一点两线三体四面五优”(1+2+3+4+5)为育人框架的“多元融合”协同育人模式和以“优势互补”为原则，以“资源整合与集成服务”为核心，以“横向协同纵向共享”为思路的产学研协同育人云平台，并从多方面优化育人路径，提出新工科人才培养的保障性建议。论文主要得出以下结论：

(1) “工业 4.0”背景下，数字渗透到各行各业，云计算、大数据、物联网、AI 等新型工程技术形态和新产业的相继出现对人才的知识、能力和素质结构提出了更全面的要求。受传统教育模式的影响，我国现有的工程人才能力结构比较单一，无法满足新经济快速发展的需求，为解决人才供给侧与需求侧不平衡等问题，需要工程教育领域进行创新、升级和优化以达到《华盛顿协议》的标准，同时培养大批优秀的新型工程人才以应对市场经济提出的新要求和新挑战。

(2) 新工科建设下，产学研协同育人还面临着许多问题，主要表现在未形成成熟的协同育人模式、未形成明晰的育人路径、信息化应用亟待加强等方面。根据新工科建设对人才提出的新要求，实现人才培养模式的创新与改进，产学研协同育人是最优路径。

(3) 为提高新工科人才培养质量，产学研三方首先需要确立协同目标；以互惠互利和资源共享两大原则为主线，确立组织领导架构；依托“KAQ”（知识、能力、素质）三位一体，构建融合共享机制；立足于课程体系、育人队伍、实践教学以及质量评价四个方面优化育人体系；最后充分发挥高校、企业、研究机构、政府和信息平台的五大优势，完善育人保障机制，建立新型“多元融合”协同育人模式，保证新型工程人才能够很好地适应产业需求和社会经济的发展要求。

(4) 新工科背景下的产学研协同育人要结合现代信息技术创新育人方法和手段，加强网络信息化平台的建设。另外，产学研在协同育人过程中要始终突出新工科人才培养的主体地位，从加强合作主体的自我完善，“三导师”与“双师型”教师双轨发展，加强协同育人环境建设，制定长期激励机制等多方面优化育人路径，以促进新工科人才培养目标的达成。

由于“新工科”建设这一主题较新，在研究中相关的一手资料和数据收集不够丰富，研究视角缺乏创新性，对“新工科”和“产学研协同育人”的系统分析不够透彻，产学研协同育人模式的构建更多的是停留在理论层面，对于细节性地问题考虑的不够深入，需要在今后的研究中加强实践，不断完善。

参考文献

- [1]徐平,孙雨婕.产学研协同培养复合创新型人才模式与路径研究[J].学理论,2019(11):138-140.
- [2]宋东佳.国外高校工程教育模式分类及其比较研究[D].吉林:吉林大学,2019.
- [3]Borys B,Jemison D B.Hybrid Arrangements as Strategic Alliances:Theoretical Issues in Organizational Combinations[J].Academy of Management Review,2010,14(2):234-249.
- [4]World Economic Forum.The Future of Jobs[R].2016:22.
- [5]Kaufmann A,Tödting F.How effective is innovation support for sems.An analysis of the Santoro region of Upper Austria[J].Technovation,2002, 22(3):147-159.
- [6]Ancona D G,Caldwell D F.Demography and Design:Predictors of New Product Team Performance[J].Organization Science,2016,3(3):321-341.
- [7]Elias G.Carayaimis,Jeffrey Alexander.Anthony Ioannidis.Leveraging,learning,and innovation informing strategic GUI R&D partnerships in the US,Germany,and France[J].Technovation,2013(9):477-488.
- [8]Laursen K,Salter A.Searching high and low:what types of firms use universities as a source of innovation[J].Research Policy,2017,33(8):1201-1215.
- [9]朱正伟,周红坊,李茂国.面向新工业体系的新工科[J].重庆高教研究,2017(3):15-21.
- [10]胡波,冯辉.加快新工科建设,推进工程教育改革创新[J].复旦教育论坛,2017(2):20-23.
- [11]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.
- [12]徐敦辉.学科交叉视域下新工科人才培养研究[D].南京:南京邮电大学,2019.
- [13]“新工科”建设复旦共识[J].高等工程教育研究,2017(1):10-11.
- [14]“新工科”建设行动路线(天大行动)[J].高等工程教育研究,2017(2):24-25.
- [15]“新工科”建设指南(北京指南)[J].高等工程教育研究,2017(4):20-21.
- [16]姚伟.我国新工科思想和建设路径刍议—基于文献综述的整合性框架[J].高等建筑教育,2018(6):12-15.
- [17]初国刚.产学研合作创新型人才培养模式和机制研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2018.
- [18]姜鸿,张韬,刘德光.产学研合作培养创新人才的博弈模型及其应用[J].创新与创业教育,2015(05):9-12.
- [19]刘立国,唐少清.校企合作培养创新人才模式研究[J].中国高校科技,2016(07):76-78.
- [20]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.
- [21]谷摧摧.研究生协同培养机制构建研究[D].镇江:江苏大学,2018.
- [22]王松博.新工科建设背景下地方高校工科人才培养模式改革研究[D].广西:广西师范大学,2019.

- [23] Davies D. Action to Strengthen University-industry Cooperation[J]. *Technology in Society*, 2015(3-4):317-323.
- [24] 朱扬勇,熊贲. 大数据人才培养的基础条件初探[J]. *大数据*, 2016,2(05):107-114.
- [25] Rai K R, Peterson B L, Appelbaum F R, et al. Fludarabine compared with chlorambucil as primary therapy for chronic lymphocytic leukemia.[J]. *New England Journal of Medicine*, 2000,343(24):75-79.
- [26] 教育部办公厅关于推荐新工科研究与实践项目的通知[S]. 教高司函(2017)33号.
- [27] 教育部办公厅关于推荐第二批新工科研究与实践项目的通知[S]. 教高厅函(2020)2号.
- [28] Grosskopf M J, Drake R P. Modeling of aspheric, diverging hydrodynamic instability experiments on the National Ignition Facility[J]. *High Energy Density Physics*, 2013.(2):22-28.
- [29] Williamson, Oliver E. *The Nature of the firm*: [M]. Oxford University Press, 2016.
- [30] 李培根. 工科何以而新[J]. *高等工程教育研究*, 2017(4):1-4.
- [31] 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):16-18.
- [32] 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.
- [33] 李丽, 刘晴, 符轶, 等. PBL联合CTM教学法在面向医学生计算机基础教学中的应用[J]. *数理医药学杂志*, 2011,24(3):363-365.
- [34] Krysko D V, Berghe T V, D'Herde K, et al. Apoptosis and necrosis: detection, discrimination and phagocytosis.[J]. *Methods*, 2015,44(3):205-221.
- [35] 国家统计局. 中华人民共和国2019年国民经济和社会发展统计公报[R]. *中国信息报*, 2020.
- [36] 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.
- [37] Plewa, Korff, Baaken, T. & Rampersad, G. The evolution of university-industry linkages-A framework[J]. *Journal of Engineering and Technology Management*, 2013(1):21-44.
- [38] Bercovitz J E L, Feldman M P. Fishing upstream: Firm innovation strategy and university research alliances[J]. *Research Policy*, 2017,36(7):930-948.
- [39] 徐完平. 大数据背景下软件工程专业教学模式的思考[J]. *福建电脑*, 2017(09):169-172.
- [40] 李正良, 廖瑞金, 董凌燕. 新工科专业建设: 内涵、路径与培养模式[J]. *高等工程教育研究*, 2018(2):54-57.
- [41] 张辉, 王辅辅. 社会需求导向下工程人才培养中存在的问题及对策[J]. *江苏高教*, 2016(1):30-33.
- [42] 李茂国. 工程教育范式: 从回归工程走向融合创新[J]. *中国高教研究*. 2017(6):87-88.
- [43] 杨宗仁. 产学研合作的渊源及合作模式演进研究[J]. *生产力研究*, 2015(8):126-130.
- [44] Cohen W M, Nelson R R, Walsh J P. Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D[J]. *Management Science*, 2012,48(1):1-23.

- [45]Eom B Y, Lee K. Determinants of industry-academy linkages and, their impact on firm performance: The case of Korea as a latecomer in knowledge industrialization [J]. Research Policy, 2010, 39(5): 625-639.
- [46]Fontana R, Geuna A, Matt M. Factors affecting university-industry R&D projects: The importance of searching, screening and signaling [J]. Research Policy, 2017, 35(2): 309-323.
- [47]闻邦椿, 李小彭. 科学发展观指导下的产品系统化设计的理论与方法 [J]. 机械工程学报, 2013(10): 25-29.
- [48]Carayannis E G, Alexander J, Ioannidis A. Leveraging knowledge, learning, and innovation in forming strategic government-university-industry (GUI) R&D partnerships in the US, Germany, and France [J]. Technovation, 2000, 20(9): 477-497.
- [49]Aokimasahi Harayama Yuko. Industry-University Cooperation to Take on Here [J]. Research Institute of Economy, Trade and Industry, 2012, (4): 42-49.
- [50]Curien H. Actions to Facilitate Cooperation Between Industries, Universities and Other Research Organizations Attitudes and Experiences of Governmental Institutions [J]. Technovation, 2011, (2-3): 235-239.
- [51]Mary henkey. Academic identities and policy change in higher education [M]. United Kingdom Jessica kingsley publisher. Ltd, 2000.
- [52]Philip G. Altbach. The emergence of a field: research and training in higher education [J]. Studies in Higher Education, 2014, 39(8): 1306-1320.
- [53]M. Cyert R, S. Goodman P. Creating Effective University-industry Alliances: An Organizational Learning Perspective [J]. Organizational Dynamics, 2010, 9(1): 56-57.
- [54]中共中央国务院. 关于加强和改进新形势下高校思想政治工作的意见 [N]. 人民日报, 2017-02-28.
- [55]中郭伟. 凝心聚力为中外合作办学提质增效保驾护航 [J]. 世界教育信息, 2016: 12-17.
- [56]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.
- [57]孙峻. “新工科”土木工程人才创新能力培养 [J]. 高等建筑教育, 2018, 27(2): 05-09.
- [58]郁嘉祺. 产学研联合培养研究生模式及其运行机制的研究——以“上海市张江研究生联合培养基地”为例 [D]. 上海: 华东师范大学, 2011.
- [59]周开发, 曾玉珍. 新工科的核心能力与教学模式探索 [J]. 重庆高教研究, 2017(3): 22-35.
- [60]鲁正, 上官玉奇. 基于本科生导师制的新工科人才培养探究——以同济大学土木工程学院为例 [J]. 高等建筑教育, 2018, 27(2): 01-04.
- [61]赵聪慧. 新工科背景下产教融合育人模式研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019.
- [62]吴磊. 新工科理念下工业设计专业教学方法与实践 [J]. 高等建筑教育, 2018, 27(2): 4-9.
- [63]王瑜, 李维, 谈美兰. 新工科背景下建筑环境与能源应用工程专业传热学课程教学研究 [J]. 高等建筑教育, 2018, 27(5): 14-19.

- [64]徐雷,胡波.关于综合性高校开展新型工程教育的思考[J].高等工程教育研究,2017(2):6-12.
- [65]陈慧,陈敏.关于综合性大学培养新工科人才的思考与探索[J].高等工程教育研究,2017(2):19-23.
- [66]陈建中."新工科"背景下职业院校工程技术教育改革创新思考[J].中国管理信息化,2017(14):213-214.
- [67]马睿.新工科背景下行业特色型大学工程人才培养模式研究[D].大庆:东北石油大学,2019.
- [68]王素君,吕文浩.校企协同育人的机制和模式研究[J].现代教育管理,2015(2):57-60.
- [69]李琪飞,李寿图,张钊.新工科背景下产学研协同创新人才培养体系研究课程教育研究[J].课程教育研究,2019,(11):246-247.

发表文章目录

1.徐平,孙雨婕.产学研协同培养复合创新型人才模式与路径研究[J].学理论,2019(11):138-140.

摘要:随着国家多项重大战略的实施及教育政策的相继颁布,培养符合社会发展要求的复合创新型人才已成为当前高校教学改革的重点,产学研协同育人更加强调各主体在知识共享、行动同步、资源优化等方面发挥各自优势,并通过高效整合实现创新要素的产出,进而使协同效益达到倍增效果。本文从复合创新型人才与产学研合作的关系入手,构建产学研合作视域下的复合创新型人才培养模式,优化人才培养路径,集成优势共同培养符合市场需求的复合创新型人才。

关键词:产学研合作;复合创新型人才;人才培养模式与路径

2.孙雨婕.高校主导型产学研合作育人路径研究[J].教育教学论坛,2019(25):138-139.

摘要:产学研合作育人是一种具有先进性的人才培养方式,强调多个主体之间的组织协调。本文从高校主导型产学研合作育人模式的内涵与需求出发,详细分析高校产学研合作育人中的优势以及现存问题,针对问题提出解决策略,同时优化协同育人路径,最大程度发挥高校在产学研协同育人中的作用。

关键词:高校;产学研协同创新;人才培养

3.徐平,孙雨婕.战略型石油工程人才培养模式研究[J].石油人力资源(拟于7月见刊)

摘要:第四次工业革命和产业改革正在兴起,高新技术的发展进一步引发社会变革,智能时代的网络新生代已然出现,这一切都将影响教育的业态和形态。为适应新经济发展与新时代诉求,教育部于2017年启动“新工科”建设,加快培养新兴领域高层次战略型工程技术人才,产学研协同育人是高校培养战略型石油工程人才的必然选择,更是实现“新工科”教育目标的重要途径。

关键词:战略型人才;人才培养模式;产学研合作

4.孙雨婕.“产学研赛”相融合培养创新型人才[J].大庆社会科学(拟于9月见刊)

摘要:自2017年教育部提出“新工科”建设以来,高校对人才培养的要求达到新高度,为适应新经济发展和社会需求,具备高素质的应用型、复合型和创新型人才已成为人才培养新目标。为了适应新经济发展、社会转型和人才需求的变化,迫切需要改革创新型人才培养模式。通过将“产学研赛”相融合,实现教学、科研、生产、竞赛一体化人才培养模式,并切实将理论与实践相结合,培养国家需要的创新型人才。

关键词:产学研赛;创新型人才;人才培养模式

致 谢

从着手撰写论文时，内心就一直期盼何时能进行到“致谢”，经历无数个日夜的学习和钻研，如今看到“致谢”两字却不禁潸然，内心五味杂陈。三年的硕士生活如白驹过隙，一晃眼，马上面临毕业，要告别学生时代奔赴工作岗位，学生生涯也即将画上圆满的句号。回顾这三年，遇过坎坷，有过迷茫，但在老师、同学、亲人、朋友的帮助和鼓励下，更多地还是收获了无尽的幸福和快乐，在此，我要向所有关爱我的良师益友表达最真挚的感谢。

首先，我要感谢我的恩师徐平老师，师从于徐老师门下是我读研期间最大的幸运。初见徐平老师便被他严谨的治学态度所感染，熟络之后了解到，徐平老师不仅是一位对工作认真负责、精益求精、诲人不倦的师者，还是一位知识渊博、朴实无华的学者，每次和徐平老师交流都会感叹老师的博学。徐平的工作非常繁忙，但是始终会把学生的事情放在第一位，总是尽最大努力对学生给予帮助。在学习上，从论文的选题、开题、中期检查、预答辩到正式答辩，都是徐平老师为我层层把关，一遍又一遍的修改框架、丰富内容，遇到问题总是不厌其烦的为我耐心解答。在生活上，老师一直教导我要全面发展，要养成每天研读文献的好习惯，还要多锻炼，保证身体的健康和心情的愉悦，在这一点上，老师一直以身作则，只要一有时间就会去学校活动室打乒乓球，锻炼身体。印象里老师经常问的一句话就是“家里情况怎么样，有什么困难吗”“有任何困难都要及时和老师说”，徐平的关心和鼓励让我深受感动，使只身一人远在他乡求学的我深深感受到了亲人的温暖。在此祝福我敬爱的徐平老师永远健康，永远快乐，永远幸福。

其次，我要感谢教育科学学院的所有老师和同学们对我的悉心指导和帮助，在论文的撰写过程中遇到了许多问题，正是大家对我的支持与帮助使我克服困难。尤其要感谢马云阔老师一直以来对我的关心和鼓励，由于专业跨度，马老师担心现在的研究方向对我有难度，便一直悉心为我提供指导和帮助，并多次鼓励我让我充满信心，使我深受感动，马老师是一位真正亲近学生的好老师，求学途中能遇到这样的老师是我的荣幸，我会将这段经历视若珍宝，永远珍藏。

另外，我要感谢父母，含辛茹苦养育我二十余载，为我遮风挡雨，父母无私的爱、悉心的照顾和无条件的支持是我前进的动力源泉，永远感恩父母，你们陪我长大，我陪你们变老，希望家人身体健康，万事顺意。

最后，我要感谢母校，这里承载了我七年的青春和难忘的回忆，即使步入社会参加工作，我也会谨记老师的谆谆教诲，时刻以老师的高尚师德和崇高风范要求自己，绝不辜负母校对我多年的培养，回馈母校最好的方式就是成为一个对社会有用的人。

再次向所有的良师益友鞠躬致谢，恩师难忘，师情永存，在未来，我会继续披荆斩棘，努力前行！

艰苦创业 严谨治学

严谨朴实 勤奋创新



招生办：0459-6503721

培养办：0459-6504792

学位办：0459-6503938

学校网址：<http://www.nepu.edu.cn>