

Research on Collaborative Innovation Cultivation Mechanisms for Graduate Students in Scientific Computing and Interdisciplinary Fields

Youqiong Liu^{1,2} Li Cai^{1*} Yaping Chen¹

1. Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi, 710129, China

2. Xinyang Normal University, Xinyang, Henan, 464000, China

Abstract

With the advancement of technology and significant improvements in computational performance, higher demands are being placed on cultivating graduate students in scientific computing and its interdisciplinary fields. This study examines graduate cultivation mechanisms from the perspective of collaborative innovation, focusing on graduate students in scientific computing and related interdisciplinary fields at Northwestern Polytechnical University. By integrating the university's "127" development goals and the "Chief Engineer" talent cultivation strategy, this study aims to offer new approaches and mechanisms to strengthen collaborative innovation in graduate cultivation. It promotes the diversification and systematization of training models, enhances university-industry collaboration and the integration of academia and industry, and facilitates the effective cultivation of high-level, interdisciplinary innovative talents as well as the practical application of research achievements.

Keywords

scientific computing; collaborative innovation; cultivation mechanism; graduate students

科学计算及其交叉领域研究生协同创新培养机制研究

刘友琼^{1,2} 蔡力^{1*} 陈亚萍¹

1. 西北工业大学, 中国·陕西 西安 710129

2. 信阳师范大学, 中国·河南 信阳 464000

摘要

随着科技的进步和计算性能的大幅提升,对科学计算及其交叉领域研究生的培养提出了更高的要求。本文针对协同创新视角下研究生培养机制进行研究,以西北工业大学科学计算及其交叉领域研究生为研究对象,结合该校的“127”发展目标和“总师型”人才培养战略,为其健全研究生协同创新培养机制提供新思路和新机制,推进培养模式的多元化和系统化,推动校企合作与产学研结合,促进高层次复合型创新人才的有效培养和科研成果的转化应用。

关键词

科学计算; 协同创新; 培养机制; 研究生

1 引言

总书记于2024年6月24日在全国科技大会、国家科

【基金课题】获西北工业大学学位与研究生教育研究基金(项目名称:科学计算及其交叉领域研究生协同创新培养机制研究,项目编号:2024JM011)资助。

【作者简介】刘友琼(1989-),女,中国云南曲靖人,博士,讲师,从事科学计算的模型理论与方法研究。

【通讯作者】蔡力(1980-),男,汉族,中国江西石城人,博士,教授,博士生导师,从事偏微分方程数值方法理论与应用研究。

学技术奖励大会、两院院士大会上的重要讲话,再次强调了科技创新在建设中国式现代化中的战略先导地位和根本支撑作用^[1]。科学计算作为实现复杂系统模拟与优化的核心技术,已在推动国家关键领域发展和应对全球挑战方面发挥了重要作用,尤其在能源、环境、医疗和人工智能等领域,为解决气候变化、资源枯竭和公共健康等问题提供了有力支持。然而,校企合作中仍存在态度冷热不均、周期短、深度不足等问题,导致协同培养资源不完善、产教脱节现象突出、育人成效有限。因此,在协同创新战略背景下破解高层次创新人才的协同培养问题,构建研究生协同培养长效机制,具有重要的理论和实践价值。

2 研究生协同创新培养机制研究现状

为满足科技进步带来的经济发展需求,美国及西方各国相继展开了相关产学研教育的探索,并逐渐使其成熟。在此过程中,国外学者对产学研协同培养的动力机制进行了诸多有益的研究。Santo等人则强调了高校和企业资源互补上的“双赢”合作模式,增强了双方的协同效应^[2]。Ankrah等人研究表明,合作双方的共同动机是寻求稳定的合作关系,以科研和教育为主要目标,促进了人才培养和科技进步^[3]。在绩效评价机制方面, Lee提出将“行为结果”纳入产学研协同培养研究生绩效评价评价指标中^[4], Patricia研究了合作各方相互信任程度对协同培养效果的影响,展示了信任机制在合作各方信息交流和科研进展中的关键作用^[5]。Bergh则提出了基于转换过程的输入、输出要素的评价模型,尽管有待完善,但为研究各方关系和信息沟通提供了有益的框架^[6]。

国内关于研究生协同创新培养机制的研究起步相对较晚,前期研究主要集中在“联合培养”和“产学研合作培养”等主题。王家全等人则研究了课程设置,建议融合理论与实践,促进多学科交叉融合,构建创新知识体系,并强调教师队伍建设,注重培养研究生综合素质^[7]。张新厂等学者对校企联合培养研究生的“双导师制”进行了研究,建议由校内专家和企业技术专家共同指导^[8],陈力等学者进一步强调高校导师负责研究生理论课程和学术/学位论文的指导工作,而企业导师负责科研技术指导^[9]。然而在研究生联合培养成效评价机制方面,国内研究相对较少。邓艳等学者提出需要构建一个多主体、多元化的保障体系,以确保全日制工程硕士的培养质量^[10]。刘晓莉等学者基于知识转移视角,探讨了“双一流”建设中高校图书馆的学科服务协同创新机制,提出了一个用户和供应商参与的影响机制模型,以助力“双一流”建设战略目标的实施^[11]。邱月等学者则通过大数据分析,深入探讨了“双一流”背景下的研究生培养机制,并提出了相关意见^[12]。张会文以研究生培养为中心,研究了交叉学科视角下的培养模式创新,分析了交叉学科人才特征及高校培养现状,提出了改进高校交叉学科研究生培养模式的策略^[13]。周海龙等学者在新工科与产学研协同创新背景下,针对现有问题提出新的工科研究生培养模式及其实现策略^[14]。刘江坤等学者以常州大学为例,通过“政产学研用”体系化设计,深化产教融合,建立了“五位一体、四链融通、三重保障”的研究生协同培养长效机制,以应对研究生教育的机遇与挑战^[15]。

综上所述,尽管国内外学者在研究生协同创新培养领域取得了较为丰富的研究成果,但在宏观层面仍存在一些不足,制约了研究生协同创新培养的高效高质完成。例如,目前对“双一流”战略影响下研究生协同培养机制的研究不充足,且具体领域在“双一流”战略下的协同培养机制研究较为欠缺。本文将以此为切入点,系统探索与实践计算科学及

其交叉领域研究生协同创新培养机制改革,推动计算数学领域高层次人才培养的组织模式和实施路径的变革。

3 健全科学计算及其交叉领域研究生协同创新培养机制

为适应学科发展与社会需求的变化,特别是在科学计算及其交叉领域,我们将重点开展研究生协同创新培养机制的研究。通过探索新型的培养模式,融合理论学习与实践应用,构建协同创新的教育体系,旨在为科学计算及其交叉领域培育具备创新能力和综合素质的杰出人才。

3.1 科学制定培养目标,完善人才培养方案

在科学计算及其交叉领域的研究生培养中,必须以需求牵引为核心,聚焦学科前沿,确保研究方向紧贴国家重大需求与行业发展趋势。通过跨学科深度融合,培养能够将理论创新转化为实际应用的高层次人才,推动学术成果在实际工程和产品研发中的应用。特别是要注重研究成果服务于国家战略产品的研制,使培养的研究生不仅具备扎实的理论基础和创新能力,还能够为国家的科技进步和战略需求贡献力量,助力国家战略目标的实现。

3.2 夯实理论知识体系,狠抓人才培养质量

首先,必须构建系统且前沿的课程体系,涵盖科学计算的核心理论、数学基础、计算方法、计算机编程以及相关交叉学科的知识,如数据科学、人工智能和应用数学等。通过严谨的课程设计和教学安排,确保研究生能够掌握坚实的理论基础,理解复杂计算模型和算法的原理。其次,要强化实践环节,通过实验课程、项目研究和课题讨论等方式,将理论知识与实际应用紧密结合,培养学生的综合分析能力和解决实际问题的能力。此外,定期组织学术交流、研讨会和前沿讲座,引导学生关注最新的研究进展和技术动态,促进其不断更新知识体系和提升专业素养。这样,才能在理论知识的深厚基础上,培养出具备高水平科研能力和创新思维的优秀人才。

3.3 重视科研能力训练,强化实践双创能力

首先,应通过系统的科研能力培训,提升学生在研究设计、数据分析、算法开发和结果验证等方面的综合能力。这包括提供实际的科研项目、鼓励研究生多参加学术会议及学术论文撰写,培养研究生的独立研究能力和辩证思维。其次,强化实践双创能力,需将理论知识与实际应用紧密结合,通过校企合作项目、实习机会和创新创业竞赛,提升学生在实际工程问题解决、技术转化和创新创业方面的实践经验。这不仅能够锻炼学生的动手能力和创新思维,还能培养其在团队合作中的沟通与协调能力。通过这一系列措施,确保研究生在科学研究和实际应用中都能表现出色,为未来的科技创新和产业发展做出积极贡献。

3.4 实行双导师制度,严格考核过程管理

双导师制度是提升科学计算及其交叉领域研究生培养

质量的有效途径。通过学术导师和实践导师的联合指导,学生可在理论学习和实际应用中实现全面发展。学术导师注重理论知识和研究方法的传授,实践导师则聚焦实习经验和项目实施,促进理论与实践的深度融合。同时,严格的考核管理是确保培养质量的关键。通过明确标准和定期评估,全面考察学生的研究成果、实践能力和创新表现,确保其成长符合培养目标。同时,应将爱国情怀融入培养过程,通过课程、实践和活动,引导学生关注国家战略需求,将个人学术追求与国家发展紧密结合。这种培养模式既激励学生科研创新,也推动他们为国家进步贡献力量,实现个人与社会的双赢发展。

3.5 项目牵引,构建多层次协同创新平台

通过围绕具体的科研项目和技术挑战,整合高校、企业、科研院所等多方资源,形成协同创新的工作机制。这种平台不仅汇聚了各方的专业知识和技术力量,还促进了学术研究与实际应用的紧密结合。各主体在平台上共同参与项目研究、技术开发和成果转化,通过密切合作和信息共享,实现创新资源的优化配置。这样的平台能够加速技术突破,提升研究生的实践能力和创新意识,最终推动科技成果的转化应用,助力行业和社会的发展。

4 西北工业大学科学计算及其交叉领域研究生协同创新培养的实践与探索

对标学校“127”目标,按照“强特色、筑高峰”的工作思路,计算数学及其交叉领域致力于数学与三航、计算机、力学、材料、生命科学等交叉应用学科领域中的可计算建模与共性高效算法研究,全面深化“总师型”人才培养体系建设。

4.1 需求牵引,聚焦前沿

以航天面窗、高铁头灯、人工血管、黑洞吸积、石油勘探等领域为应用背景,研究内容涵盖物质的跨尺度建模与计算、复杂流动的建模与计算、高聚物成型的建模与计算、机器学习与智能流体计算、计算流体力学与数值相对论、心脏物理场计算与形状优化、偏微分方程的虚拟元方法、多物理场耦合问题等关键技术。具体案例包括开发高效计算软件、优化汽车把手的气辅注塑成型工艺、研究聚合物晶体结构、研究心脏流固耦合问题,以及模拟血流动力学过程。通过交叉融合与创新,研究成果已服务于国家战略产品的研制、中国乐凯集团(含两家上市公司)、陕西应用物理与化学研究所等多家机构,推动了相关行业的科技进步和产业发展。

4.2 目标明确,精准培养

培养目标对人才培养过程起着重要的导向作用,它决定了研究生人才的培养方向和规格。在明确的培养目标指导下,研究生将获得扎实的数学算法基础、深厚的流体计算功底和强大的计算机编程能力。通过系统的课程体系和实际项

目经验的积累,学生能够在复杂的科学与工程问题中展现出卓越的能力。此外,为了促进学生全面发展,学校还提供足够的成长空间,组织翱翔四海暑期项目,鼓励海内外的学术交流与深造,帮助他们拓展国际视野,提高创新能力,从而培养出具有国际竞争力的高层次科技人才。

4.3 多元培养模式,团队协同指导

从2014年起,围绕心血管建模、计算与应用这一交叉研究领域成立了ChinaHeart团队。于2016年建立了西北工业大学-格拉斯哥大学心脏学计算与应用国际联合实验室,对科学计算方向的全日制研究生培养进行了持续地探索与改革,致力于研究如何有效提升研究生交叉创新能力。2018年,ChinaHeart团队增加了清华大学、北京大学、西安交通大学、山东大学、重庆大学等高校的相关科研人员。通过切实、紧密地合作交流,顺利开展了心脏的“重构-计算-分析-应用”交叉合作研究工作,使得国际联合实验室逐步形成了围绕计算心脏学等多学科交叉的理论与应用研究体系。

4.4 依托纵横向项目,实施综合项目实训

针对研究生培养存在的问题,结合科研项目需求和学科优势,通过本方向的28项科研项目对学生进行科研引导和培养学生的创新意识,充分利用IB-NPUHeart计算平台来有效培养学生的计算思维能力。以强化培养学生的科研创新能力为目标,形成了一个系统化的实训模式。该模式不仅涵盖了从基础理论到实际应用的全链条,还通过跨学科的协作和纵深的项目实践,提升学生的综合素质和解决复杂问题的能力。通过这一综合项目实训,学生能够在真实的科研环境中锻炼创新能力,培养团队合作精神,并将理论知识转化为实际成果,为未来的科研工作和职业发展打下坚实的基础。

4.5 实践校企深度融合,提高育人质量

与江苏域圆智能科技有限公司、太仓市数字经济科技发展有限公司、太仓市大数据有限公司签订共建实习实践基地协议,充分发挥基地作用,实现资源共享、优势互补。通过“课程建设合作型”“创新技术带动型”“综合工程体验型”“企业项目协同型”等多种方式,将校企融合贯穿培养目标、教学资源建设、实践教学和毕业设计等环节。以“校企融合”为主线,“市场技术发展”为导向,“企业需求”为驱动,构建涵盖教材、课程、实训和毕业设计的体系化教学资源,有效提升育人质量和学生实践能力。

科学计算的模型、理论与方法团队深入实施协同创新战略,着力构建以“总师型”人才培养为核心的体系,为推动科学计算及其交叉领域研究生教育高质量发展奠定了坚实基础,促进了科产教融合育人和产学研协同创新的良性发展。团队围绕研究生培养需求,建立了以课程教学、科研实践和企业实践为核心的“三位一体”实践教学体系。截至目前,已培养博士生30余人、硕士生70余人。博士毕业生中,三分之二进入高校,成为所在单位的青年学术骨干;硕士毕业生中,约15%投身国防领域,服务国家战略需求;近三

分之二凭借卓越的计算机编程能力进入IT高薪企业,展现出强劲的职业竞争力。

5 结论

社会需求的变化对研究生创新就业提出了更高要求,协同创新视角下的联合培养模式为高校提供了新思路。结合西北工业大学的“127”发展目标和“总师型”人才培养体系,构建了学校、企业、研究所多方合作平台,以协同创新为核心,以项目和团队为支撑,实现培养质量高效化、模式多元化。毕业生广泛活跃于国内外知名企业和科研机构,展现了该机制的成功。西北工业大学的科学计算及其交叉领域研究生协同创新培养机制在推动人才培养质量和科研创新方面取得了显著成效,形成了理论学习与实践应用相结合的高效培养体系。

参考文献

- [1] 习近平. 习近平在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话[EB/OL]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202406/content_6959120.htm, 2024-06-24.
- [2] M. D. Santoro, S. Gopalakrishnan. Relationship dynamics between university research centers and industrial firms: their impact on technology transfer activities. *Journal of Technology Transfer*, 2001(1-2): 163-171.
- [3] S. N. Ankrah, T. R. Burgess, P. Grimshaw, N. E. Shaw, Asking both university and industry actors about their engagement in knowledge transfer; what single-group studies of motives omit. *Technovation*, 2013(2-3): 50-65.
- [4] Y. S. Lee. The sustainability of university-industry research collaboration: an empirical assessment. *Journal of Technology Transfer*, 2000(2): 111-133.
- [5] Patricia M. Norman. Knowledge acquisition, knowledge loss, and satisfaction in high technology alliances. *Journal of Business Research*, 2004(6): 610-619.
- [6] L. V. D. Berghe, P. D. Guild. The strategic value of new university technology and its impact on exclusivity of licensing transactions: an empirical study. *Journal of Technology Transfer*, 2008(1): 91-93.
- [7] 王家全, 唐毅. 校企联合培养硕士研究生课程设置的实践与思考. *大众科技*, 2013(4): 247-248+175.
- [8] 张新厂, 钟珊珊. “产学研”联合培养复合型研究生模式探讨. *高等教育研究*, 2009(1): 57-60.
- [9] 陈力. 地质工程专业产学研联合培养研究生的机制研究. *人力资源*, 2012(5): 81-82.
- [10] 邓艳, 吴蒙. 全日制工程硕士专业学位联合培养质量保障制度研究. *黑龙江高教研究*, 2014(10): 134-136.
- [11] 刘晓莉, 张雷. “双一流”建设中高校图书馆学科服务协同创新机理研究: 知识转移视角. *西南民族大学学报(人文社会科学版)*, 2018(6): 235-240.
- [12] 邱月, 方娇娇. “双一流”背景下研究生培养机制研究——基于大数据分析. *科技文汇*, 2018(2): 28-29.
- [13] 张会文. 交叉学科视角下研究生培养模式创新机制改革研究[J]. *当代教育实践与教学研究*, 2020(04): 125-126.
- [14] 周海龙, 李昊, 王海龙. 浅析新工科背景下产学研协同创新研究生培养机制[J]. *黑龙江教育(高教研究与评估)*, 2022(04): 7-9.
- [15] 刘江坤, 何岩峰, 郭登峰. 协同创新战略背景下研究生协同培养长效机制研究与实践. *学位与研究生教育*, 2023(11): 15-22.