

新工科背景下地球信息技术方向 研究生创新培养模式的思考

邹艳红, 杨福强, 王波, 王泽宇

(中南大学地球科学与信息物理学院, 湖南长沙, 410083)

[摘要] 新工科建设对地球信息技术方向研究生创新能力的培养提出了更高的要求。研究参照地球信息技术的发展特点和学科特征, 围绕当前“数-智”化转型和新工科背景下地球信息技术学科方向研究生培养的知识结构体系、科研创新训练平台与方法、个性化培养模式, 提出地球信息技术研究生培养的“数-智”化知识结构和融合课程设置, 构建了“四位一体”的启航式地球信息技术方向研究生创新培养体系, 探索学科交叉的研究生培养机制与个性化培养途径, 为培养地球信息技术交叉学科方向研究生创新人才提供思路。

[关键词] 新工科; 地球信息技术; 研究生培养; 交叉创新; 培养模式

[中图分类号] G643 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-893X(2023)01-0114-06

新工科是在国际竞争的新形势下, 为适应我国战略发展的需要而提出的工程教育改革方向。以新工科建设为引领, 近年来国内许多开设地球科学相关学科的高校以跨学科教育为突破点, 积极探索跨学科交叉融合的复合型创新人才培养改革。在国务院学位委员会发布的《学位授予和人才培养一级学科简介》中^[1], 地球信息技术作为地学领域交叉学科方向, 被定义为“以地球信息采集、分析处理和开发利用的理论、方法和技术为研究对象, 利用计算机和数学模型对信息进行挖掘、分析、融合, 并重建和推断各种地质过程和结果, 依托地理信息技术(GIS)以及面向对象数据库进行有效管理, 为资源勘查、工程建设、地质环境评价及灾害防治等信息支撑与服务”。近年来, 随着人工智能技术的发展, AI技术赋能传统的地球科学, 地球信息技术作为学科方向呈现出多学科交叉融合与“数-智”化(数字

化、智能化)发展趋势。

高校研究生创新能力的培养是一个复杂的系统工程, 在新工科建设和“数-智”化发展时代背景下, 地球信息技术交叉学科方向研究生的培养应充分考虑学科交叉和高新技术的应用特征, 针对目前研究生在解决综合问题时缺乏利用多学科交叉与融合的技术创新能力的问题, 研究生培养急需在以下几个方面进行探索: 设置适应新工科背景下地球信息技术应用型人才培养的跨学科“数-智”化融合课程体系; 建立学科交叉融合的研究生创新培养平台与多主体、多要素的协同创新创业训练模式; 思考大数据思维下地球信息技术新工科人才培养机制和个性化培养模式。本文将从地球信息技术的发展和研究生培养需求出发, 围绕这几个方面展开讨论, 探索多学科协同发展和新工科背景下地球信息技术方向研究生人才培养的知识结构与创新培养体系。

[收稿日期] 2023-01-12; **[修回日期]** 2023-01-20

[基金项目] 中南大学研究生教育教学改革项目“面向交叉学科方向地球信息技术的研究生创新培养模式研究”(2020JGB047)

[作者简介] 邹艳红, 女, 湖南桃江人, 博士, 中南大学地球科学与信息物理学院教授, 主要研究方向: 数学地质与地球信息技术, 联系邮箱: zouyanhong@csu.edu.cn; 杨福强, 男, 重庆南川人, 中南大学地球科学与信息物理学院博士研究生, 主要研究方向: 地学数值模拟; 王波, 男, 湖北黄石人, 中南大学地球科学与信息物理学院硕士研究生, 主要研究方向: 三维地质建模; 王泽宇, 男, 河南周口人, 中南大学地球科学与信息物理学院硕士研究生, 主要研究方向: 三维地质建模

一、地球信息技术的发展与新工科背景下研究生培养需求

地球信息技术是随着计算机技术的发展和地球科学信息化而发展起来的科学技术。在国外,特别是工业发达国家,凡是开设了与地球科学相关学科的大学,都会有地球信息技术的分支或方向,一般分属于地理学或地质学学科,有的强调资源勘查、地球物理或地质工程;有的强调测绘与遥感、地理信息技术;有的偏向地学信息处理。国外一些著名的大学,如美国的麻省理工学院、斯坦福大学、亚利桑那大学,英国的牛津大学、剑桥大学,澳大利亚的西澳大学、昆士兰大学,日本的东京大学、神户大学等高校都设有地球科学学院或地球科学系。这些大学在学科方向上都注重跨学科培养和交叉学科渗透,以实现培养目标的多样性,在以地球信息技术为基础的实验和计算地球科学方面都取得了丰硕的成果,建立了跨学科实验室或研究中心,注重研究生多学科交叉的知识结构与思维方式培养^[2-4]。

国内开设地质学或地理学一级学科的高校早在20世纪80年代就开始在研究生阶段设置了地球信息技术相关的交叉研究方向,随着跨学科交叉创新意识的加强,自20世纪90年代以来,“985”和“211”高校越来越重视学科交叉培养,逐步建立了多学科交叉的研究生培养体系,许多高校都在积极探索或进一步完善研究生学科交叉的培养计划^[5-6]。尤其是2011年后,随着二级学科概念淡化,高校可以自主设置学科方向,许多高校研究生招生目录中都增设了与地球信息技术相关的研究方向。

地球信息技术在国土空间规划、资源勘察、灾害防治、地质环境和城市建设等各领域得到了广泛的应用,但目前一些研究生的科技创新水平没有完全达到新工科建设背景下的人才培养需求,特别是在当前“数-智”化转型时期,学科交叉知识的掌握与应用能力较弱^[7-8]。为适应当前技术发展和应用需求,地球信息技术作为多门学科融合的交叉学科方向,其研究生的培养需要将学科建设与高新技术应用相结合,无论在培养目标和知识结构、培养体系方面都需要进行传承和改革,而随着大数据与人工智能技术的兴起与发

展,学科交叉融合已经成为当今世界科技发展的主流方向和必然趋势^[9]。作为一门运用基础理论解决实际问题的前沿科学技术,地球信息技术与新工科建设相适应,呈现出多学科交叉的高新技术应用特征与发展趋势,应为社会培养兼具地球科学基础知识和前沿信息技术应用能力的复合型人才^[10-11]。

为了加快一流大学和一流学科建设,从2018年开始,国务院学位委员会第七届地质资源与地质工程学科评议组一直在开展学科发展报告的基础数据收集、研究生核心课程指南编写等工作,中南大学主持或参与了《三维地质建模与可视化》《地质资源与地质工程进展》等多门研究生核心课程的指南编写工作。到2019年,已编写完成地质资源与地质工程一级学科发展报告和研究生核心课程指南,但如何进一步结合“数-智”化发展下的前沿应用与新兴学科知识,完善地球信息技术交叉学科方向的研究生培养知识体系,满足社会 and 经济发展对人才的更高要求,需要进一步探索。

二、地球信息技术方向研究生“数-智”化知识与融合课程设置

研究生教育是专注知识与技术的高级专业人才教育,也是注重实践与拓展的创新型人才培养。当今时代,“数-智”化转型是传统行业发展的必由之路,无论是地质勘查还是资源环境遥感或国土资源信息工程领域数字化的发展,都趋向于数据分析处理的智能化发展。现阶段我国地球信息科学技术的发展应用趋向于多学科交叉融合与高新技术的应用,特别是在寻找深部隐伏矿和勘查非常规(非传统)矿产资源,工程地质稳定性评价,地质灾害预测与防治,资源-经济-环境联合评价,天空地探测技术等方面,数字化、智能化管理融入了这些过程的全链条管理体系,并在深化推进各个应用领域“数-智”化的转型升级。地球信息技术方向培养的研究生是具有地球信息采集、分析处理和开发利用的理论、方法与人才,其培养方案需要体现“数-智”化的知识与学科交叉的融合课程体系。

本文以中南大学传统优势学科地质资源与地质工程一级学科下开设的地球信息技术方向

的研究生课程体系为例,在地质资源与地质工程研究生核心课程指南基础上,以地学大数据和人工智能技术为基础,以适应地球信息科学技术的

智能化、大数据化发展趋势,初步构思了地球信息技术研究生培养的“数-智”化知识结构融合课程设置,如图1所示。

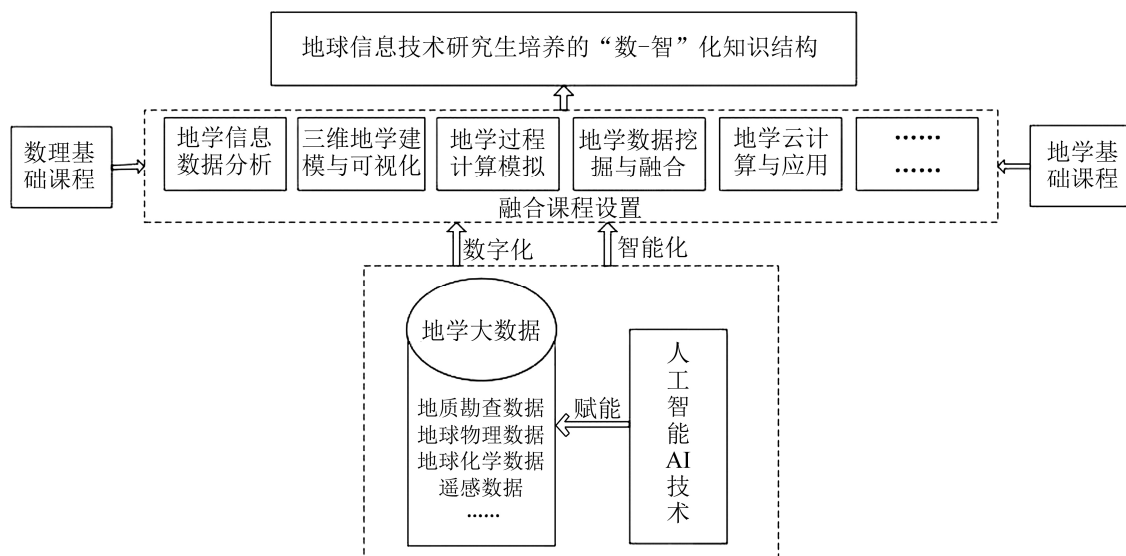


图1 地球信息技术研究生培养的“数-智”化知识结构融合课程设置

“数-智”化的知识结构以AI技术赋能地学大数据(包括地质勘查、地球物理、地球化学、遥感等不同来源的数据)为基础,在数理和地学基础课程之上,设置地球信息技术融合课程。目前中南大学正在调整的本科培养方案中除了公共的计算机基础课程外,将包括地质数据处理、大数据与人工智能等课程;研究生的地球信息技术融合课程设置将由核心课程和自主选修课程两部分组成,拟设计包括地学信息数据分析、三维地学建模与可视化等核心课程,以及地学过程计算模拟、地学数据挖掘与融合、地学云计算与应用等自主选修课程。这些课程以地学数据信息为对象,以数据分析的方法论为核心,辅以现代信息技术,或针对地质找矿、资源环境工程建设等过程中的地学数据处理、分布规律、预测与评价进行研究;或讲述三维地质建模理论、方法与实现过程,以及地学时空过程数值建模原理与应用案例;或结合国内外研究前沿介绍地学数据挖掘与融合的理论、方法,讲述机器学习与云平台计算原理及应用。融合课程设置既参照了教育部制定的《地质资源与地质工程一级学科研究生核心课程指南目录》,也在教学大纲中融入了中南大学地学传统优势学科建设和实际应用的特色。

根据国家层面的研究生培养建议,参照国务院学位委员会地质资源与地质工程学科评议组编写的一级学科发展报告和研究生核心课程,中南大学后续将围绕研究生课程改革、学分比例分配、培养方案侧重点、野外工作实践、日常学业考核等诸多问题,针对目前地球信息技术学科方向设置的专业基础课程,重新优化设计培养方案,整合资源,进一步探索这些融合课程的教学实施方法。在设置课程内容时强化交叉学科及相关应用技能所占比例,从而为进一步实现学科交叉、联合培养创造先行条件,针对学术型研究生和专业硕士学位研究生的教育特点,面向新工科建设,突出融合课程特色。

三、“四位一体”的启航式地球信息技术方向研究生创新培养体系

面向新工科背景和地球科学技术的“数-智”化转型,如何增强地球信息技术方向研究生的创新意识和多学科交叉的复合创新能力,是高校地球信息技术方向研究生培养模式调整中需要考虑的问题。针对研究生多学科交叉的创新意识培养以及实践训练不足的问题,本文构建了“四位一体”的启航式地球信息技术方向研究生创新培养体系。

启航式地球信息技术方向研究生创新培养体系以构建研究生创新培养体系为中心(机身);以研究生创新意识培养为机首导航, 培育地球信息技术方向研究生多学科交叉的创新意识;以建设高水平学科交叉的导师团队作为右翼护航;以多学科交叉协同创新培养机制为左翼护航;以建立在“数-智”化知识结构体系基础上的“产学研”学术提升和工程创新平台为机尾护航。“四位一体”共同构筑的研究生创新培养体系如图2所示。

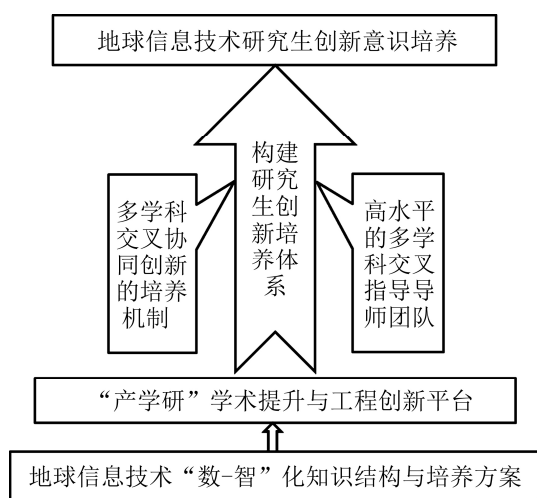


图2 “四位一体”的启航式地球信息技术方向研究生创新培养体系

(一) 以研究生创新意识培养为机首导航, 构建多学科交叉的创新意识孕育体系

地球信息技术应用涉及地球科学、资源环境与工程建设等各个领域, 体现不同的学科基础。地球信息技术方向的研究生培养无论在专业素养还是工程实践的动手能力方面都有了更深一层的要求, 并且新工科建设更加强调研究生学术提升与工程结合的创新意识培育。

研究生自主创新思维是创新意识孕育的主要源泉。一方面, 通过课程、讲座、会议、学术研讨等多渠道的教育形式, 引导研究生树立家国情怀的科技创新理念, 强化多学科交叉融合意识, 提升自我研究创新的能力, 努力成为高水平科研创新人才; 另一方面, 通过学科交叉产生创新的思想、解决问题的新方法, 鼓励研究生交叉合作, 勇攀科学高峰, 通过不同学科的思想碰撞及知识渗透, 建立多学科交叉的创新意

识培育网络。

(二) 构建“产学研”学术提升与工程创新平台

在地球信息技术“数-智”化知识结构与培养方案的基础上搭建“产学研”相结合的创新人才培养平台, 构建适应社会需求的地球信息技术人才培养创新训练框架体系。融合地质资源与地质工程、测绘工程、遥感与地理信息科学专业实验室平台与数据, 学科交叉形成相互支撑; 依托国家和教育部重点实验室等教学科研平台, 结合教师科研、生产实践等前瞻性研究课题, 建立科研创新训练平台; 设计创新训练内容, 研究学科交叉融合创新的各种表现形式, 形成研究案例。

以问题为导向, 激励研究生主动投身科研探索, 勇于创新, 提升学术水平; 参与导师的实际科研项目, 通过野外场地数据采集、调研和校企合作创新训练。同时, 邀请校内导师与校外兼职导师联合指导, “产学研”结合构建多主体、多要素的协同创新训练模式和创新平台。

(三) 面向地球科学技术的“数-智”化转型, 建设高水平学科交叉的导师团队

2020年9月11日, 习近平总书记在科学家座谈会上, 对科学家和广大科技工作者提出明确要求: “坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康, 不断向科学技术广度和深度进军。”高校研究生导师往往是国家科技攻关项目的主力军和研究生科研的领路人, 导师的指导为构建研究生创新体系保驾护航。一方面, 导师要跟踪地学信息前沿技术发展的最新动态, 具有开放性的国际化视野, 将最新理论方法、前沿技术与实际工程相结合传授前沿知识点; 另一方面, 导师应通过承担科研课题, 以科研课题引领前沿知识体系更新, 特别是新工科建设背景下学科交叉内容的扩充与发展, 关注“数-智”化转型的前沿技术。

针对单一导师指导力量薄弱的问题, 可以建立多学科、多导师的复合交叉培养方式, 同时聘请企业导师, 提升研究生多学科交叉的科技创新思维与工程实践能力。以课题组交流的方式探索研究生交叉创新思维培养, 不同学科方向的研究

生在课题研讨中各抒己见,产生共鸣,推动多学科交叉研究与融合创新。同时“多导师制”也有助于开拓研究生的研究视野,开展多领域研究合作,提高研究生交叉创新的实践能力。

(四) 探索地球大数据思维下研究生的个性化培养模式,构建多学科交叉协同创新的培养机制

在地球大数据思维引导下,地球信息技术学科方向研究生的开放式培养除了体现在多领域、多学科的协同培养上,也体现在研究生的个性化培养模式上。一方面,课程体系中设置了自选课程,体现了交叉学科方向的个性化课程学习;另一方面,通过研究生的独立科研(或者是科研合作中独立完成其中一部分工作),促使研究生运用跨学科思维、激发创新灵感,进而提高解决实际问题的能力。同时尊重研究生个性成长中的多元化教育理念,鼓励参与不同项目的学生通过交流学习,互补融合,分享科研经验,撰写科研论文,共同攻克科研难题,联合创新。

对于研究生来说,创新不一定非得高大上,只要与以前的工作不同,并且有所改进,就可以体现创新。理论上的创新可以从多个方面展现,例如提出新概念、采用新方法、建立新模型或优化原来的模型等;实际应用中的创新,则体现于从某个新方向或使用新方法剖析旧数据,或者采用旧方法对新领域开展研究,等等。

学科交叉融合的创新训练方式可以包含以下几种类型:一是方法型,使用其他学科的知识与方法解决科学问题,这种类型表现为针对具体的地学科研问题引入跨界方法进行解决。二是交流型,即学科间的学术知识交流,如地学过程动力学模型的构建涉及地学专业知识、计算机模型算法等方面的知识交互。三是项目型,即对于一些涉及多学科的重大地学问题,如结合国家重点研发计划项目或课题,需要以项目的形式融合多学科的力量来解决问题,与前两个类型相比,这一类型更具有统筹性及规划性。四是平台型,即以跨学科问题作为研究重点,通过不同学科的思想碰撞与知识融合,经过长期研究合作而组成相对固定的研究平台,比如一些专业的国家或教育部重点实验室,借助实验室平台,通过举办学术

论坛、加强校企合作等方式提升研究生多学科融合的创新能力。

另外,开展协作创新的同时需要健全多学科交叉协同创新的培养机制,完善交叉学科实验室共用数据和相关实验室的开放式管理制度。如导师负责制下针对研究生个体采用的“张弛法”管理方式:在野外场地信息采集、处理分析,室内地学建模、程序编写、计算模拟过程中,给予研究生充分的科研创新自由;针对多元化的研究生学习和科研活动,建立相应的管理模式与灵活多样的考核方式。既可以通过论文、专利与软件著作权等科研成果进行考核,也可以针对不同科研情景下研究的进展和阶段性结果进行考评,导师可将科研情景建立的贡献度作为考评指标。

四、结语

面向“数-智”化转型与新工科建设背景下地球信息技术的发展与人才培养需求,本文设计了地球信息技术方向研究生“数-智”化知识结构及融合课程体系,以“研究生创新意识孕育为导航-‘产学研’学术提升与工程创新平台护航-高水平学科交叉的导师团队与多学科交叉协同创新培养机制共同护航”的形式,构建了启航式的一体化地球信息技术方向研究生创新培养体系。

探索地球信息技术方向研究生的创新培养模式,需要进一步营造跨学科培养的良好环境,开发利用已有教育资源、学科特色以及办学基础,全面提升地球信息技术交叉学科方向研究生的综合素质与能力。希望就本文与同行们讨论,共同为培养具有开拓进取精神和创新能力的地球信息技术一流人才提供思路。

参考文献:

- [1] 教育部. 国务院学位委员会. 学位与研究生教育发展“十三五”规划[EB/OL]. (2017-01-20) [2023-01-10]. https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjjzxgh/201706/t20170619_1196805_ext.html.
- [2] 张长厚. 从美国南加州大学地球科学系“高级地质填图”课程谈研究生实际工作能力的培养[J]. 中国地质教育, 2000(3): 18-22.

- [3] 杨天水. 日本高校研究生培养方式和管理模式的初步探讨——以日本神户大学地球行星科学系为例[J]. 中国地质教育, 2010, 19(1): 121–124.
- [4] 田成诗, 刘亚雪, 任淑宝. 研究生培养模式:世界优秀大学比较及启示[J]. 智库时代, 2019(5): 269–270.
- [5] 王超, 李昂. 国外研究生培养模式对我国研究生培养的启示[J]. 教育教学论坛, 2020(2): 1–2.
- [6] 栾冬, 张鹏. 基于学科交叉科教平台的工科研究生跨学科培养模式研究[J]. 教育现代化, 2019, 6(A0): 8–9.
- [7] 朱璉, 邓小乔, 李效龙, 等. “人工智能+新工科”背景下研究生创新能力培养模式研究[J]. 高教学刊, 2019(21): 35–37.
- [8] 刘宝, 陈鸿龙. 面向新工科的研究生创新能力培养体系构建[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(3): 199–202, 207.
- [9] 付建伟. 学术型研究生创新能力培养现状及改善策略[J]. 教育教学论坛, 2019(4): 132–133.
- [10] 武雪玲, 牛瑞卿, 王毅, 等. 面向“卓越计划”的地球信息科学与技术专业人才培养模式探讨[J]. 中国地质教育, 2015, 24(1): 28–31.
- [11] 王新茹, 许梅兰, 潘懋. 关于地球科学研究生教育的一些思考[J]. 大学教育, 2015(1): 68–69.

Studying the innovative education mode of postgraduates in geo-information technology discipline in the context of Emerging Engineering Education

ZOU Yanhong, YANG Fuqiang, WANG Bo, WANG Zeyu

(School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Emerging Engineering Education has put forward higher requirements for the innovative cultivation of postgraduate students majoring in geo-information technology. In the context of the current “digital-intelligent” transformation and new engineering, this paper studies the knowledge structure system, innovative research training platform and methods, and personalized cultivation mode for postgraduate geo-information technology education. This paper proposes the “digital-intelligent” knowledge structure and the integrated cultivating curriculum given the discipline characteristics. On this basis, this paper constructs an innovative “four-in-one” training mode and explores the interdisciplinary and personalized cultivation mechanism for postgraduates. This study could provide profound ideas for cultivating innovative postgraduates in the interdisciplinary direction of geo-information technology.

Key Words: Emerging Engineering Education; geo-information technology; graduate education; intersection innovation; training mode

[编辑: 陈一奔]