

基于科教融合的“岩石物理学”课程设计与探索

彭 诚, 邹长春, 肖 亮, 徐敬领

(中国地质大学(北京)地球物理与信息技术学院 北京 100083)

摘要 为适应新时代研究生教育改革发展方向,助力高素质创新人才的培养,文章以研究生课程“岩石物理学”为例开展基于科教融合理念的课程设计。针对“岩石物理学”课程的特点,构建了“问题引导—理论与案例结合”的理论课教学模式,帮助学生建立以解决问题为中心的知识体系;构建了“情境设置—方案制订—教学与操作—总结”的实验课教学模式,培养学生独立从事实验研究的能力。通过在教学中融入科研工作元素,实现以研促教、教研相长。

关键词 岩石物理学;课程设计;科教融合;研究生教育;实验

中图分类号:G424

文献标识码:A

DOI:10.16400/j.cnki.kjdk.2022.28.032

Curriculum Design and Exploration of Petrophysics Based on Science and Education Integration

PENG Cheng, ZOU Changchun, XIAO Liang, XU Jingling

(School of Geophysics and Information Technology, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083)

Abstract In order to adapt to the reform and development direction of graduate education in the new era and help cultivate high-quality innovative talents, this paper takes the postgraduate course "petrophysics" as an example to carry out the curriculum design based on the science and education integration. According to the characteristics of the course "petrophysics", the teaching mode of "problem guidance - combination of theory and cases" on theory teaching is constructed to help students build a knowledge system centering on solving problems. The experimental teaching mode of "situation setting - scheme formulation - teaching and operation - summary" is constructed to cultivate students' ability to engage in experimental research independently. By integrating the elements of scientific research into teaching, we can achieve the goal of promoting teaching through research and achieve the mutual benefits of teaching and research.

Keywords petrophysics; curriculum design; science and education integration; postgraduate education; experiment

2020年7月29日,习近平总书记就研究生教育工作作出了重要指示,指出研究生教育在培养创新人才、提高创新能力、服务经济社会发展、推进国家治理体系和治理能力现代化方面具有重要作用。我国已经进入了寻求高质量发展的新阶段,科技创新能力将成为第一动力,研究生教育是这一动力的重要来源。2020年教育部发布的《关于加快新时代研究生教育改革发展的意见》制订了“到2035年,初步建成具有中国特色的研究生教育强国”的目标,并将“完善科教融合育人机制”作为加强学术学位研究生知识创新能力的重要举措。

科教融合不仅是研究生教育中培养创新型人才的重要途径,也是研究生教育改革的必然趋势,还是当代世界一流大学办学的核心理念^[1,2]。通过将教师从事科学研究的思路与具体的科研工作融入研究生的教学之中,一方面能

够让教学过程带有探索性、实践性,引导学生思考问题,激发学生的创新意识,提高课程的教学质量;另一方面也能够让实际的教学聚焦于国家经济与社会发展关注的科技攻关方向,让学生的学习过程与我国的发展过程建立联系,提供课程思政的有利窗口,培养学生立志报国的情怀。然而,科教融合在实际的教学中具有实践途径多样化的特点,不同的学科与课程都需要根据自身特点探索出最佳的融合方式^[3]。

在当前国家大力实施一流大学和一流学科建设(“双一流”)的时代背景下,课程组依托全国高校黄大年式教师团队“地球物理与信息技术教师团队”,积极探索面向新时代的地球物理领域高素质创新人才培养模式。论文以中国地质大学(北京)地球物理与信息技术学院开设的研究生选修课“岩石物理学”为例,开展基于科教融合理念的研

究生课程设计,以期为相关领域内的教学改革提供参考。

1 课程内容优化研究

岩石物理学是物理学的一个独立分支,专门研究岩石的物理现象、物理性质、结构、相互作用和运动规律等,是利用地球物理手段解决资源、能源、环境、灾害等问题的基础。由于岩石物理学课程具有涉及的基本概念分散(来自物理学、地球物理学、岩石学等),涵盖的物理知识点多(包括了力学、声学、电学、磁学、放射学等),需掌握的技能实践性强(实验和数值模拟分析是岩石物理学研究中常用的手段)等特点,让学生在小时数的背景下全面掌握岩石物理学的知识与技能极具挑战^[4,5]。因此,“岩石物理学”课程在教学内容方面应根据人才培养目标与教学对象的不同有所侧重,并根据教学的侧重点进行系统的课程设计。

中国地质大学(北京)地球物理与信息技术学院开设的研究生选修课“岩石物理学”主要面向地球物理学、地球探测与信息技术、资源与环境工程等专业,旨在培养能够从事矿产资源、工程地质、生态环境等领域地球物理工作的高素质创新人才。通过考查往届毕业生的就业情况、研判本行业的未来发展趋势,课程组制订了“岩石物理学”课程的教学目标:使学生掌握岩石力学、声学、电学、核磁共振等相关的基本概念、基本原理与主要方法技术;使学生能够借助岩石物理学知识,对专业内遇到的主要岩石物理现象与地球物理的相应特征进行恰当分析,并解释其形成原因;使学生能够利用岩石物理学的基本原理,针对地球物理勘探中遇到的典型问题提出相应的解决方案。为了培养学生的工程实践动手能力,让学生掌握岩石物理学领域的关键技能方法,课程组在本课程内设计了数值模拟训练与岩石物理实验课程。本课程一共设置了32个课时,其中28个课时为课堂讲授学时,数值模拟训练被安排在课堂授课过程中;4个课时为岩石物理实验的实习课时,实际的教学工作安排在实验室内开展。根据上述教学目标,

对岩石物理学的知识进行重构,建立了本课程的教学内容体系(表1)。考虑到课时有限,本课程的教学内容以岩石力学、声学、电学、核磁共振的理论、方法和应用为主。

2 教学模式研究

2.1 理论课教学模式

“岩石物理学”的课堂讲授包括4学时的绪论与24学时的核心内容,其中核心内容包括岩石力学、声学、电学与核磁共振四个部分。传统的课堂讲授常采用“概念与理论介绍—案例分析—总结归纳”的教学模式。该模式虽然在理论教学之后设置了案例分析环节,在一定程度上有助于学生理解相关的概念与理论知识,但课堂上仍是以教师讲课为主,缺乏对学生实践能力的培养。此外,对于知识点较多的课程,学生在这种教学模式下难以建立牢固的知识体系,这导致学生在面对具体问题的时候,无法有效地利用所学知识形成解决方案。

针对上述问题,论文基于“岩石物理学”课程的特点与科教融合理念,对理论教学、案例分析、学生实践等三部分进行重组,最终形成了“问题引导—理论与案例结合”的教学模式。在该模式中,知识讲授是以专业内关键的科学技术问题为引导,让学生从解决问题的角度去学习新的知识点;以流程齐全的典型科研工作为案例,让学生在系统了解科研工作的同时,建立以解决问题为中心的知识体系,形成从事科研工作的研究思维;在案例分析中融入学生实践,设计了多个课堂练习环节(包括数值模拟训练),教师指导学生利用 Matlab 等平台编程实现经典的岩石物理模型,并结合案例中的实测数据与数值模拟开展分析讨论。对于该教学模式,科研案例的选取非常关键。好的科研案例不仅能够提高理论课教学质量,还能够拓展学生的视野。对于不同的教学内容,教师需要根据所在课题组的科研工作,合理地配备相应的资源。

中国地质大学(北京)在岩石物理学研究方面具有较

表1 “岩石物理学”课程的教学内容与课时分配

序号	教学内容	课时
1	绪论:岩石物理学的研究对象、研究内容与研究方法;岩石物理学的发展历程与现状;岩石的基本物理性质	4
2	岩石力学:岩石力学性质;岩石力学参数获取方法;岩石力学理论的应用	4
3	岩石声学:岩石声波速度与弹性模量;岩石声波速度的测量方法与影响因素;岩石声学模型(边界模型、球体模型、包裹体模型、孔隙流体模型等);岩石声学理论的应用	12
4	岩石电学:岩石的导电性;岩石的导电模型;岩石导电理论的应用	4
5	岩石核磁共振:岩石核磁共振测量原理;岩石核磁共振实验;岩石核磁共振技术的应用	4
6	岩石物理实验:实验室安全培训与考核;实验仪器介绍;岩石物理实验仪器操作	4

好的科研队伍与科研平台。中国地质大学(北京)测井实验室拥有岩样制备与面向测井的岩石物理实验各类仪器,可以对岩石样品开展物性、声学、电学、核磁共振等参数的测量研究。依托该实验室,中国地质大学(北京)岩石物理与测井课题组长期从事页岩、煤岩、碳酸盐岩、天然气水合物、海底多金属硫化物、科学钻探等的岩石物理学研究,致力于解决深海、深地、深时等领域的关键问题。目前,课题组拥有前沿的攻关项目,积累了丰富的科研资料,为开展基于科教融合的岩石物理学课程教学提供了丰富的教学资源。

依托上述科研成果与资料,课程组将优选的科研案例融入岩石力学、声学、电学与核磁共振四个部分的教学。

岩石力学:基于松科二井超声波成像测井与阵列声波测井等资料,以揭示松辽盆地深部地层的地应力状态为目标,讲解研究思路;结合岩石力学理论,指导学生对测井资料进行分析,确定水平最大主应力与水平最小主应力方向。

岩石声学:①基于前人测量的泥质砂岩声波速度数据,以建立能够进行准确预测声波速度的岩石物理模型为目标,指导学生利用Matlab编程对比Wyllie、Wood、Xu-White等模型的预测效果,并从中优选最佳的模型,分析不同模型的适用条件;②围绕碳酸盐岩和天然气水合物储层,以储层的准确评价为目标,介绍这两类储层的声学模型研究进展。

岩石电学:①基于实际钻井的测井数据,以常规砂岩储层的电阻率饱和度评价为目标,利用阿尔奇公式等对储层进行评价,并分析其适用条件;②以实验室内水合物合成动态监测为目标,介绍电阻率层析成像技术的研究进展;③以海底多金属硫化物勘探为目标,介绍硫化物导电机理研究进展。

岩石核磁共振:①以龙马溪组页岩核磁共振实验为例,介绍岩石物理实验流程与实验参数优选方法;②以岩石孔隙结构表征为例,介绍基于核磁共振数据的孔隙结构分析方法与研究进展。

通过上述设计,课程组将多个领域的前沿科研工作融入了“岩石物理学”理论课教学中,在增加课程探索性与实践性的同时,也增强了课程的趣味性与多样性。这些科研案例是“问题引导—理论与案例结合”教学模式的关键部分,它们引出问题,同时也串联起了课程讲授的主要知识点。该教学模式利用优秀的科研成果支撑教学,在实现“科研反哺教学”的同时,也促进了教研相长。

2.2 实验课教学模式

岩石物理实验教学能够帮助学生理解理论知识、提高学生的实践能力、培养学生发现并解决问题的能力,是“岩石物理学”课程教学的关键一环^[6-11]。本课程设计了4学时的岩石物理实验,具体内容包括:在课程开始前,教师对学生进行安全培训与考核,学生考核合格后进入实验室;教师带领学生参观实验室的岩样制备与岩石物理实验仪器,讲授岩石密度、孔隙度、渗透率、电阻率、声波速度与核磁共振等的测量方法;围绕实验室拥有的NMI20-030H-I岩心核磁共振分析与成像系统、SCMS-DS岩心声电测量系统、SCMS-CS岩心孔渗联测系统等开展教学,学生在教师的指导下操作仪器、开展实验,这部分也是岩石物理实验课的核心环节。

传统的实验教学通常遵循“理论方法介绍—实验步骤演示—学生实际操作”的模式。在该模式中,教师首先向学生介绍实验目的、实验涉及的理论与方法,然后演示实验过程中仪器操作的每一个步骤,最后让学生根据教师的演示过程对实验仪器进行操作。在该模式下,大部分学生往往只是根据教师的演示过程重复操作了一遍仪器。这种教学模式虽然能够让学生阶段性地掌握岩石物理实验的仪器操作步骤,但也存在学生缺乏思考与热情、对实验过程与原理印象不深、对知识理解不透彻等问题。

本课程采用科教融合的方式开展岩石物理实验教学,其教学模式可以总结为“情境设置—方案制订—教学与操作—总结”。在该模式的实验教学中,教师首先设置具体的科研情境:研究区在哪里?研究对象是什么?已采集到的资料有哪些?目前需要通过岩石物理实验解决什么问题?相比于传统教学模式中直接告诉学生实验目的,预设情境使得教学更有科研代入感,有助于引发学生的思考。然后,针对这一预设情境,教师引导学生思考并提出岩石物理实验方案。该实验方案包括实验目的、实验步骤、实验任务分解等。在对实验方案进行充分讨论之后,教师根据这一方案指导学生开展岩石物理实验。根据实验任务分解情况,学生需要分成多组,每组学生领有特定的实验任务,组内每个学生又有相应的分工。因此,学生不仅要熟练掌握完成分配任务的必要技能,而且要与其他小组的学生配合,在相互协作的过程中达成实验总目标。相比于教师演示、学生操作的传统教学模式,学生为主、教师为辅的实验教学能够提高学生学习的自主性。实验完成之后,围绕学生自己测量的数据与本实验的研究目的,教师组织学生展开分析与讨论。每一个学生小组分别介绍其任务

完成情况,其余小组学生参与学习讨论。最后,教师对本次实验进行归纳总结,对学生实验结果能否实际问题进行评估,指出实验可能存在的不足之处与改进的方法。该模式能够让学生在特定的科研情境下自主学习、相互协作,在整个过程中,教师都是以“顾问”的形式协助学生设计并完成实验。这不仅能够激发学生的积极性,而且有助于培养学生独立从事实验研究的能力。

3 课程考核方式研究

为了更全面、更有效地考查学生对知识点的掌握,保障教师“教”和学生“学”的质量,课程组研究了课程的考核与检查方式,并最终选取了课上提问、课堂练习、读书报告等多种方式来检查教学效果。课上提问的作用不仅在于让教师实时了解学生对知识点的掌握情况,而且能够调整课堂气氛、引导学生思考、增加互动讨论。在基于科教融合的教学过程中,综合了实际问题、具体方法与真实数据的课堂练习能够让学生模拟科研工作,加深对重要知识点的理解,培养科研思维。读书报告是期末的最终考核方式,其题目是开放性的,即学生通过本课程学习之后,可以针对自己感兴趣的方向自拟题目。学生可以针对课堂上涉及的知识点或者问题进行更深入的调研学习,也可以是学习课堂上没有涉及的其他岩石物理性质(放射性、磁性、热物性等)。综合上述检查方式,本课程形成了“平时成绩+读书报告”的考核形式,其中平时成绩主要由5次课堂练习组成,每次8分,共40分;期末的读书报告为60分。这种方式不仅能够对学生的课堂知识掌握情况进行考核,而且兼顾了学生的自主性。

4 结语

“岩石物理学”是中国地质大学(北京)地球物理与信息技术学院具有特色的一门研究生选修课。围绕高素质创新人才的培养目标,论文开展了基于科教融合的“岩石物理学”课程设计与探索,主要工作如下:

(1)制订了“岩石物理学”课程的教学目标,建立了涵盖岩石力学、声学、电学、核磁共振的教学内容体系。

(2)针对本课程的特点,构建了“问题引导—理论与案例结合”的理论课教学模式与“情境设置—方案制订—教学与操作—总结”的实验课教学模式。

(3)通过对考核方式的优化,形成了课上提问、课堂练习、读书报告等多种方式相结合的教学检查方法。

★基金项目:教育部第二批新工科研究与实践项目(E-KYDZCH20201804);国家自然科学基金项目(42002029)。

参考文献

- [1] 马洪芳,王文语,鲁南,等.基于科教融合的研究生培养质量保证体系构建[J].教育现代化,2020,7(55):8-11,21.
- [2] 苏俊宏,徐均琪,吴慎将,等.科研赋能教学模式下研究生创新能力培养的探索与实践[J].学位与研究生教育,2021(2):36-39.
- [3] 曲英梅, Russ Taylor. 科教融合背景下语言学研究生课程设计研究[J].林区教学,2021(6):81-84.
- [4] 熊健,刘向君,李玮.新工科背景下岩石物理实验教学改革创新思路[J].高教学刊,2020(12):85-88.
- [5] 熊健,林海宇,刘向君,等.基于任务驱动的岩石物理课程综合性实验教学设计——以岩石热物性参数测定为例.[J].实验室研究与探索,2021(2):222-226.
- [6] 韩学辉.应用PBL教学模式开展岩石物理实验的教学实践[J].中国地质教育,2013(4):63-65.
- [7] 刘丽,赵晓明,邱春宁,等.基于工程教育理念的综合性实验改革模式——以“岩石物理”实验课程为例[J].中国地质教育,2017(2):82-86.
- [8] 张佳佳,印兴耀,张广智,等.地震岩石物理综合实验设计[J].实验技术与管理,2016,33(7):67-70.
- [9] 张佳佳,张广智,吴国忱,等.岩石物理综合实验——压力、温度和流体对岩石速度的影响[J].实验室研究与探索,2018,37(2):72-75.
- [10] 张丽华,潘保芝,单刚义.岩石物性测试实验室开放创新实验设计与实践[J].大学物理实验,2018,31(3):128-130.
- [11] 郑晶,陈琼,裴烁瑾.地球物理专业岩石物理实验教学实践[J].实验室研究与探索,2018,37(6):170-172.