引文格式：周纪,王子卫,蒋玲,等. 多维度一体化的研究生遥感实验课程教学改革[J]. 地理空间信息, 2024, 22(9): 124-128. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.09.027

多维度一体化的研究生遥感实验课程教学改革

周　纪[1]，王子卫[1]，蒋　玲[1]，曹入尹[1]，马　晋[1]，张　涛[1]，周贵云[1]，周　艳[1]
（1. 电子科技大学 资源与环境学院，四川 成都 611731）

摘　要：遥感实验类课程是测绘、遥感、地理等学科遥感方向研究生培养的关键环节，是培养未来具备扎实理论功底、良好实践能力和坚定理想信念遥感创新领军人才的基础。基于《遥感地面数据采集与实验方法》研究生实验课，开展了长期的教学改革与探索，建立了教学目标、教学内容、教学方法、课程思政、考核评价体系五维并举的一体化培养模式，增强了学生的创新能力。相关探索与实践经验可为高校理工科实验实践类课程建设与改革提供参考。

关键词：实验实践类课程；教学改革；遥感实验；课程思政；多维度一体化
中图分类号：G643　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）09-0124-05

Teaching Reform of Multi-dimensional Integration in Graduate Remote Sensing Experiment Courses

ZHOU Ji[1], WANG Ziwei[1], JIANG Ling[1], CAO Ruyin[1], MA Jin[1], ZHANG Tao[1], ZHOU Guiyun[1], ZHOU Yan[1]
(1. School of Resources and Environment, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: Remote sensing experiment courses are crucial for graduate remote sensing in disciplines such as surveying, remote sensing and geography. They serve as the foundation for cultivating future leaders in remote sensing with solid theoretical knowledge, practical skills and firm beliefs. Based on the graduate experiment course *Ground Experiment and Data Collection Methods for Remote Sensing*, we carried out a long-term educational reform and exploration, and established a multi-dimensional integration training model, encompassing teaching objectives, teaching contents, teaching methods, curriculum ideology and politics and evaluation systems, which could strengthen students' innovation capabilities. The relevant exploration and practical experience can provide valuable insights and references for the development and reform of experiment courses in science and engineering disciplines in universities.

Key words: experiment course, teaching reform, remote sensing experiment, curriculum ideology and politics, multi-dimensional integration

研究生专业教育不应只停留在课本理论知识的学习，更应注重科研素质的培养[1]。对于理工科研究生而言，锻炼实验实践动手能力是将理论知识与工程应用相结合的关键环节[2]。2013 年教育部、国家发改委、财政部联合发布了《关于深化研究生教育改革的意见》，强调研究生教育需要重点突出创新精神和实践能力的培养，鼓励科教结合和产学结合[3-5]。因此，在理工科类研究生培养过程中融入实验实践类课程教学，是实现研究生教育改革发展目标的关键环节。随着各国对地观测领域的快速发展，遥感数据采集和处理水平已成为国家实力的主要标志之一[6]。2014 年国务院办公厅印发的《关于促进地理信息产业发展的意见》明确提出，要提升遥感数据获取和处理的能力[7]。由于卫星远距离获取的遥感数据需要地面数据采集与实验予以校正、检验和完善，因此在科学研究和应用实践中遥感地面数据采集与实验是发展遥感理论方法的重要前提和关键[8-10]。

目前国内设有测绘、地理信息等学科的高校大多开设了遥感原理类的研究生课程，部分高校还开设了遥感实验类课程[11-13]。据调研，相关课程多集中于利用计算机实施遥感数据处理，与本科生遥感相关课程并无明显区别[14-16]。研究生遥感实验课程的目标往往更加专业化和深入，强调培养学生的研究能力、创新能力和解决复杂问题的能力；而本科生遥感实验课程的目标更倾向于奠定基础知识，培养学生的实验操作技能和基本数据分析能力。此外，研究生遥感实验课

收稿日期：2023-07-13。
项目来源：教育部产学合作协同育人资助项目（220603776134950、230902313160058）；电子科技大学基于项目的研究生创新培养计划资助项目（XMZ20203-6）；电子科技大学研究生精品课程建设资助项目（JPKC20192-30）。
第一作者简介：周纪（1983—），博士，教授，主要研究方向为热红外定量遥感、遥感图像处理、遥感实验与遥感应用，E-mail：jzhou233@uestc.edu.cn。

程可能涵盖遥感数据处理中的高级算法、多源数据融合等更多的前沿领域和高级技术，本科生遥感实验课程则更注重基本的遥感原理、常用数据处理方法和简单应用案例。2013年起电子科技大学资源与环境学院开设了《遥感地面数据采集与实验方法》课程，实现了先修理论课与室外实验课的贯通。本文结合当前国家对研究生培养的新要求以及科教结合的指导方针，在总结以往该课程教学过程中不足的基础上，探讨了将科研项目和课程思政等融入现有教学过程的改革实践与成效，从教学目标、教学内容、教学方法、课程思政、考核评价体系5个维度予以总结，以期为相关院校研究生理工科实验实践类课程的开设与改革提供借鉴。

1　课程简介与存在的问题

《遥感地面数据采集与实验方法》课程是面向测绘科学与技术专业学术学位硕士研究生和电子与通信工程领域专业学位硕士研究生开设的专业选修课。该课程与理论课《新型遥感信息处理与应用技术》《定量遥感》等协同，贯穿遥感基本原理、技术手段以及数据采集、地面实验等环节，以期巩固学生的理论基础、增强动手实践能力。目前，该课程已形成较成熟的教学模式和课程资源，并在学生中产生积极反响。改革前该课程存在的主要问题包括：①教学目标定位较为基础，原教学目标定位于掌握基础实验操作，不利于专业能力强、综合素质高拔尖创新人才的培养；②教学内容的深度和广度不够，原教学内容满足研究生培养基本要求，但前期专业基础良好的学生仍然“吃不饱”，限制了该类学生获取知识的上限，且教学内容与当今前沿科学研究的关联性稍显薄弱，不利于拓宽学生学术视野和培养科研思维；③教学方法较单一，原教学形式为教师讲授并提供实验方案，学生实施实验并完成数据处理、分析和撰写实验报告等过程，缺乏学生自主探索、自主设计实验等环节；④课程思政元素引入相对薄弱，原有各实验项目的教学内容未系统化地融入思政元素，思政教学存在浅显化、碎片化的不足；⑤课程考核与评价方式较单一，原有考核形式未引入多元化评价思想，课程考核方式对学生学习过程的关注力度不够，考核形式不全面。

2　改革思路

针对上述问题，教学团队从重塑教学目标、重构教学内容、创新教学方法、融入思政设计、重建课程考核与评价体系5个方面进行了教学改革与实践，实现了课程创新多维度、教学改革一体化。

1）教学目标维度：重塑教学目标，提升教学目标定位高度。原课程目标为：①使学生理解遥感地面实验的目的与意义，掌握地面实验与数据采集的基本原理与方法；②使学生掌握基本实验仪器的操作方法，理解仪器观测的基本原理，并熟练掌握观测数据的处理与分析方法；③通过上机操作与实例教学，使学生掌握遥感地面实验与数据采集在具体应用中的方法流程；④通过课程学习，使学生充分实现理论与实践的结合，增强其利用实验仪器分析和解决问题的能力。针对前期存在的问题，教学改革后该课程将达到3个层次的目标：①提升课程水准，包括深化课程教学内容、优化课程教学模式等，使课程知识点既有广度又有深度；②增强课程与本学科前沿、跨学科前沿的关联，使学生理解实际科研、生产与课程教学内容的区别与联系，最终服务于培养基础知识厚、专业能力强、综合素质高的拔尖创新人才；③在课程中系统性地融入思政元素，并形成典型案例，增强学生对我国遥感的“文化自信”和“制度自信”，在技术上促进学生对我国卫星遥感数据的掌握和使用，增强学生的社会责任感和家国情怀。

2）教学内容维度：重构教学内容，拓展教学内容的深度和广度。遥感在本质上是一门与实验密不可分的学科。地面实验与数据采集是发展定量遥感模型、将相关理论与方法用于具体实践的重要前提，因此该课程实验内容设置均为遥感领域中的基础和关键内容，具体内容与方案设计见表1。

为进一步对上述基本课程内容进行优化和拔高，并增强课程与学科前沿的关联、调动学生的主观能动性、激起学生的求知欲和积极性，基于课程主讲教师承担的科研项目，提炼科研项目中的内容，形成了高阶的课程内容，提高了学生解决卫星遥感实际问题的能力。例如，针对遥感知识体系的重中之重——“反射和辐射”两方面内容，分别引入了实际科研项目中的“MODTRAN辐射传输模拟”与“无人机机载热像仪和地面热像仪远距离测温”等内容。

3）教学方法维度：创新教学方法，优化教学模式。基于课程主讲教师承担的实际科研项目，提炼科研项目内容，采用“科研融入教学”的模式形成高阶的课程内容，提高学生解决卫星、无人机遥感实际问题的能力，加深学生对“反射与辐射”知识的理解。

表1 教学内容与方案设计

教学项目名称	学时数	教学内容	教学重点
遥感地面实验基础与实验设计	2	①遥感地面数据采集与实验的概念、内涵、目的和意义；②遥感实验的流程与规范	①遥感地面实验的目的及其重要性；②遥感地面实验的流程与规范
地物反射光谱采集实验	10	①地物光谱曲线、双向反射率因子采集与处理；②地物反射光谱与遥感传感器波段转换；③应用实例1：遥感传感器反射波段场地定标；④应用实例2：遥感反射率产品真实性检验	①地物光谱仪等仪器的使用；②地物反射光谱曲线与遥感波段转换的原理与方法
地物辐射参数采集实验	10	①热红外辐射计和红外热像仪定标；②地物热辐射参数采集与处理；③应用实例1：遥感传感器热红外波段定标；④应用实例2：遥感地表温度产品真实性检验	①热红外辐射计（手持式和固定式热红外测温仪）、红外热像仪、黑体辐射源的使用；②热红外辐射计和红外热像仪的定标方法
气象参数采集实验	6	①气象学基本概念、气象参数的含义、地表辐射平衡与能量收支；②自动气象站组成结构与工作方式、近地面气象参数采集与处理	①气象参数的基本概念；②地表辐射平衡与能量收支；③自动气象站的组成结构与工作方式
土壤参数采集实验	6	①土壤参数的含义和用途，土壤湿度、土壤温度等参数的测量原理与仪器；②土壤参数采集与处理	①土壤温度、土壤湿度、土壤介电常数、土壤粗糙度等基本概念与应用；②土壤湿度和土壤温度测量仪器的原理与操作过程；③土壤热传导方程
环境遥感综合实验	6	①环境遥感综合实验设计；②环境遥感综合实验实施	①环境遥感综合实验的设计；②环境遥感综合实验所采集数据的处理与综合分析

教学方法从传统的教师讲解转变为小班研讨，旨在锻炼学生的口头表达能力、团队协作能力和团队交流能力。针对“反射和辐射”两个重点内容，开展了基于科研项目的教学创新，形成了两个典型的教学案例。

案例一：地物反射光谱采集实验。为帮助学生深入体会地物的反射光谱特性以及大气对地物反射的影响，在课程中引入了科研项目中的MODTRAN辐射传输模拟内容，具体方案为：①在实验前1~2周，教师发布该实验的相关学习材料，学生在课前进行学习，帮助学生更扎实、全面地了解实验涉及的基础理论；②以卫星传感器观测信息的正向模拟为基础，丰富反射光谱采集实验的理论教学环节，即讲解地物光谱与地物自身的关系、反射波段卫星遥感的辐射传输过程以及大气对卫星观测数据的影响方式，分析辐射传输模拟的迫切需求，进一步分析项目实现的技术路线及其原理与方法，通过与实际项目相结合帮助学生建立发现问题、提出方案、测试方案到最终解决问题的思维路径；③在数据处理阶段，要求学生在教师和助教的帮助下复现项目中与地物光谱和大气校正相关的数据处理过程并按要求撰写实验报告，在课程中还加入了研讨内容，让学生以小组的形式从实验原理、实验过程、实验数据处理、实验数据分析等方面对参与过的实验进行汇报交流，以增强学生自我展示和交流沟通的能力。

案例二：地物辐射参数采集实验。为强化学生对地物辐射相关知识的掌握，了解地表温度反演的理论基础和具体实施步骤，课程内容中引入了科研项目里有关无人机机载热像仪和地面热像仪远距离测温的实验内容，具体方案为：①加强学生对相关内容的自主学习，课程开始前要求学生回顾或自学基础知识（辐射传输方程等），推荐相关的学习材料使学生了解相关公式的推导过程、科研项目背景与意义、无人机遥感实验的实施方案等，进一步提高听课效率，还可锻炼学生查阅文献资料和整理学习材料的能力，培养良好习惯；②增强课程内容与科研项目的关联，结合具体的科研项目，对课堂教学进行改进，即讲解无人机热红外遥感的基本工作模式以及与卫星遥感的区别和各自的优缺点，讲解遥感地表温度反演的基本理论方法，指出无人机热红外遥感地表温度反演的难点和亟待解决的问题，使学生了解热红外遥感的前沿发展态势、认识到实际科研项目中可能遇到的问题，培养其解决问题的创新性思维（图1、2）；③加强课后的巩固锻炼，课后基于科研项目获取的部分无人机实测数据，使学生掌握MODTRAN大气校正的基本方法，能基于辐射传输方程进行地表温度反演，并比较其与卫星遥感地表温度反演的不同，最后形成实验报告进行汇报，可锻炼学生写作的规范性、学术性和条理性，提高学生的学术规范意识和口头表达能力。



图1 课程部分研究生参加无人机遥感数据采集作业

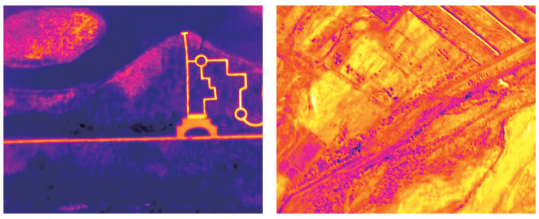


图2　野外实验采集的部分热红外数据

4）课程思政维度：融入思政元素，增加课堂内容的温度。思政入课堂，应当与课程教学内容紧密结合、相互呼应。为了克服以往教学内容中存在的思政引入浅显化、碎片化的问题，本文在深入分析课程教学内容的基础上，针对各项目教学内容的特点，系统性地设置了思政教学元素并形成了典型课程思政案例。各项目课程思政元素引入和典型案例设置见表2。

表2　各教学项目课程思政元素引入与典型案例

教学项目名称	思政元素引入	典型案例
遥感地面实验基础与实验设计	先进文化自信：增加对我国遥感实验（试验）发展历史的介绍，特别是我国早期开展的腾冲、天津—环渤海、二滩三大遥感实验和黑河系列遥感实验 立志报国、责任担当：增加对我国遥感学家特别是实验遥感学家的重点介绍	我国遥感实验的发展及其影响
地物反射光谱采集实验	先进文化自信：面向我国国产卫星遥感传感器（反射波段），开展基于地面反射光谱的前向仿真 实践意识：讲授我国主要的遥感定标场（反射）	面向我国国产卫星遥感传感器观测信息的仿真与数据处理
地物辐射参数采集实验	先进文化自信：面向我国国产卫星遥感传感器（热红外波段），开展基于地面发射辐射的前向仿真 实践意识：讲授我国主要的遥感定标场（热红外） 立志报国、责任担当：介绍我国学者研发的全球热红外遥感参数产品	我国学者设计实施的热红外遥感观测实验和研发的遥感参数产品
气象参数采集实验	实践意识：增加对我国气象站点分布、气象仪器研制过程的介绍 先进文化自信：介绍我国风云卫星系列的内容	遥感技术在我国气象科学发展中的推动作用
土壤参数采集实验	实践意识：增加遥感在监测我国土壤污染中作用的介绍	遥感技术在我国农业、水文发展中的推动作用
环境遥感综合实验	先进文化自信：介绍我国高分、环境等国产卫星遥感平台 实践意识：增加对遥感在我国灾害应急、环境保护等典型领域应用的介绍	为开发新时代背景下的遥感实验仪器，电子科大学子能做什么？

5）课程考评维度：重建课程考核与评价体系，强化过程考核力度。课程成绩评定方式为考查，主要由过程考核和期末考核两部分组成，过程考核占比为60%，包括实验参与程度（10%）、实验报告（30%）和课程研讨（20%）；期末考核（环境遥感综合实验设计和实施水平、实验报告）占比为40%。另外，为了进一步提高期末综合实验考核的全面性，将学生在小组实验中的团队协调性、仪器操作规范性等纳入评价标准。部分期末综合实验考核场景见图3。



图3　期末综合实验考核实景

课程结束后主讲教师通过调查问卷的形式收集了关于课程的积极反馈：①通过作业任务中的文献查阅、材料整理等学习过程，培养学生良好的学习习惯，为今后撰写科研论文打下了基础；②通过结合具体科研项目实验，使学生了解了项目的难点以及主讲教师提供的解决思路，有利于学生了解遥感科学的前沿发展态势，培养学生解决问题的创新性思维；③通过撰写期末实验报告，提升了学生写作的规范性、学术性和条理性，有利于形成严谨的科研作风。同时，针对目前课程的教学内容和方法，学生也反映了一些问题：课程教学中的媒体形式较单一，不利于课程内容的充分展示；各实验小组内组员任务分配不均衡，每个组员得到锻炼的机会不充分。这些意见为课程教学的进一步改革指明了方向。

3　结　语

实验实践类课程作为理工科研究生培养方案的重要组成部分，也是全面深化研究生教育改革和全面提高研究生教育质量的关键环节。以电子科技大学《遥感地面数据采集与实验方法》课程为例，总结了以往课程教学过程中存在的问题。针对这些问题，教学改革从教学目标、教学内容、教学方法、课程思政、考评体系5个维度对症下药，实现了多维度一体化的教学模式创新，提升了课程水平和学习成效，具体包括：①注重前沿技术与实际应用的结合，使学生更加贴近行业需求；②采取以问题为导向的学习方式和团队合作模式；③课程思政注重培养学生的社会责任感和道德情操；④考核评价体系强调对学生综合素质的全面考察。课程改革实践可为相关高校理工科实验实

践类课程建设与教学改革提供有益参考。

参考文献

[1] 纪金豹,王树青,章慧蓉,等. 大数据时代下研究生科研素质培养研究[J]. 高等建筑教育,2021,30(3):72-78

[2] 张铁群. 加强专业实验,提高研究生的动手能力[J]. 光电子技术与信息,2005(3):89-91

[3] 黄宝印. 适应发展新常态全面深化研究生教育改革全面提高研究生教育质量[Z].

[4] 李璇琼.《地理信息系统技术》课程信息化教学设计研究[J]. 地理空间信息,2021,19(12):139-143

[5] 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

[6] 陈健,赵巧华. “定量遥感”课程教学与实践改革[J]. 地理空间信息,2011,9(2):127-129

[7] 云成. 优化国土空间布局转变经济发展方式:国务院办公厅发布《关于促进地理信息产业发展的意见》[J]. 卫星应用,2014(2):28-30

[8] 梁顺林. 中国定量遥感发展的一些思考[J]. 遥感学报,2021,25(9):1 889-1 895

[9] 石文轩,张熠,李四维,等. 遥感物理基础课程组织设计及实验教学[J]. 地理空间信息,2021,19(12):154-156

[10] 王英华. 由知识内化到外化的遥感专业实验课程改革[J]. 教育教学论坛,2023(41):45-48

[11] 刘哲,张超,黄健熙,等. 农业院校遥感原理课程教学改革探讨[J]. 地理信息世界,2021,28(2):16-19

[12] 竞霞,任志远,鲍艳. 测绘工程专业“遥感原理与应用”课程教学探讨[J]. 现代测绘,2019,42(3):61-64

[13] 戚晓明,朱兰保,徐善健,等. 环境工程专业遥感课程实践能力培养[J]. 测绘科学,2015,40(10):167-170

[14] 蒋艳玲,夏既胜. 基于CDIO模式将GEE平台引入遥感实验的探讨[J]. 地理空间信息,2022,20(2):166-169

[15] 孔祥生,钱永刚,张安定. Google Earth Engine云平台下的遥感实验教学改革与实践[J]. 地理空间信息,2021,19(10):137-143

[16] 李刚,秦昆,万幼川. 新工科背景下遥感实验教学CDIO-OBE模式改革[J]. 测绘通报,2019(6):140-145

(上接第93页)

了符合县域数据可获取性的方法与实践，对于区县提升产城融合水平、针对性持续性改善城市功能等具有一定作用。同时，由于数据来源有限、以人为核心指标指代复杂、定量化产业信息难获取等原因，指标构建与分析深度均有待深化。遵循以人为核心的原则，结合获得感、幸福感理论研究与代表性问卷调查，选择代表性强、符合本地实际、具备较强可操作性的指标开展产城融合专项体检评估，发现其中的短板，深入剖析其内因，进而传导至国土空间规划的动态调整与国土空间治理措施优化，是新发展理念下产城融合研究与实践的努力方向。

参考文献

[1] 邓郴宜,万勇. 长三角产城融合水平测度、时空特征及驱动因素:基于修正后耦合协调度模型的研究[J]. 城市发展研究,2023,30(6):18-24

[2] 张道刚. “产城融合”的新理念[J]. 决策,2011(1):1

[3] 刘诗源,向海凌,吴非. 产城融合能促进区域创新吗? 来自中国285个地级市的经验证据[J]. 科研管理,2022,43(7):37-44

[4] 金贤锋,王昌博,罗跃,等. 面向精准施策的城市专项体检思考与实践[J]. 地理空间信息,2023,21(3):15-20

[5] 刘瑾,耿谦,王艳. 产城融合型高新区发展模式及其规划策略:以济南高新区东区为例[J]. 规划师,2012,28(4):58-64

[6] 林华. 关于上海新城“产城融合”的研究:以青浦新城为例[J]. 上海城市规划,2011(5):30-36

[7] 宁雅静,阳建强. 新加坡产业园区综合规划方法及其对我国产城融合的启示:以纬壹科技城为例[J/OL]. (2023-11-07)[2024-01-15]. https://kns. cnki. net/kcms2/article/abstract?v=0uJvuxkiqRtxxjDqPl0NqGmQEsSCcbQU9nz1DM3-umyCnr0L2UZd_R_-OjkL5GVb8yW1AxcnE13c8RmxPc_c-MOAcOYqEFhCGC3y9W4qskUTNYlv1UYG2aMzwaLo-1WXTivDKwpH9OHT8=&uniplatform=NZKPT& language=CHS

[8] 李文彬,陈浩. 产城融合内涵解析与规划建议[J]. 城市规划学刊,2012(增刊1):99-103

[9] 石忆邵. 产城融合研究:回顾与新探[J]. 城市规划学刊,2016(5):73-78

[10] 国土空间规划城市体检评估规程: TD/T 1063-2021[S].

[11] 城区范围确定规程: TD/T 1064-2021[S].

[12] 杜平. 基于百度地图API的城市运动场所可达性分析[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(5):156-158

[13] 罗名海,谭波,秦思娴,等. 基于大数据的武汉市疫后人口恢复研究[J]. 地理空间信息,2022,20(1):5-9

[14] 孟祥凤,马爽,项雯怡,等. 基于百度慧眼的中国收缩城市分类研究[J]. 地理学报,2021,76(10):2 477-2 488

[15] 尹旭,魏慧,李裕瑞,等. 中国不同类型地区人口时空分异特征:基于“五普”至“七普”分县人口数据的分析[J]. 地理科学进展,2023,42(3):452-463