

空天信息背景下遥感科学与技术交叉类一级学科《热红外遥感》课程建设与教学改革研究

张霞*, 刘园, 王如冰, 李晓进, 王彦芳, 尚国珩#

河北地质大学土地科学与空间规划学院, 河北 石家庄

收稿日期: 2026年6月5日; 录用日期: 2026年7月30日; 发布日期: 2026年8月7日

摘要

空天信息产业的迅速发展对遥感科学与技术人才培养提出了更高要求。作为交叉类一级学科, 其研究生课程体系亟须回应学科交叉融合与产业应用导向的双重挑战。《热红外遥感》是遥感科学与技术专业研究生的一门特色专业选修课, 在课程定位、教学内容、教学模式与课程思政等方面进行了系统性建设与改革探索。本文基于河北地质大学《热红外遥感》研究生课程的教学实践, 从课程目标定位、内容体系重构、教学方法创新、考核评价优化和课程思政融入五个维度, 系统阐述了课程建设的理念与路径。在系统梳理国内外相关文献及教育理论的基础上, 凝练出本课程在“理论-方法-应用”主线贯通、高比例探究式讨论驱动、以及思政与专业知识多层级融合三方面的独特创新。实践表明, 以“理论-方法-应用”为主线、以“讲授-讨论-探究”为驱动的课程设计, 能够有效提升研究生的理论素养、科研能力与创新思维, 可为空天信息背景下遥感交叉学科研究生课程建设提供可借鉴的经验。

关键词

空天信息, 遥感科学与技术, 热红外遥感, 课程建设, 教学改革, 课程思政

Research on Course Construction and Teaching Reform of “Thermal Infrared Remote Sensing” in the Interdisciplinary First-Level Discipline of Remote Sensing Science and Technology in the Context of Aerospace Information

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张霞, 刘园, 王如冰, 李晓进, 王彦芳, 尚国珩. 空天信息背景下遥感科学与技术交叉类一级学科《热红外遥感》课程建设与教学改革研究[J]. 职业教育发展, 2026, 15(8): 112-119. DOI: 10.12677/ve.2026.158322

Xia Zhang*, Yuan Liu, Rubing Wang, Xiaojin Li, Yanfang Wang, Guobei Shang[#]

School of Land Science and Space Planning, Hebei GEO University, Shijiazhuang Hebei

Received: June 5, 2026; accepted: July 30, 2026; published: August 7, 2026

Abstract

The rapid development of the aerospace information industry has raised higher requirements for talent cultivation in remote sensing science and technology. As an interdisciplinary first-level discipline, the construction of its graduate curriculum system must urgently respond to the dual challenges of interdisciplinary integration and industry application orientation. "Thermal Infrared Remote Sensing" is a featured elective course for graduate students majoring in remote sensing science and technology. Systematic construction and reform have been carried out in terms of course positioning, teaching content, teaching mode, and curriculum ideological and political education. Based on the teaching practice of the "Thermal Infrared Remote Sensing" graduate course at Hebei GEO University, this paper systematically expounds the concept and pathway of course construction from five dimensions: course objective orientation, content system reconstruction, teaching method innovation, assessment optimization, and integration of curriculum ideological and political education. On the basis of systematically reviewing relevant domestic and international literature and educational theories, this paper further identifies three distinctive innovations of the course: the integration of the "theory-method-application" thread, the high-proportion inquiry-based discussion mechanism, and the multi-level integration of ideological-political elements into professional knowledge. Practice shows that a course design centered on the main line of "theory-method-application" and driven by "lecture-discussion-inquiry" can effectively enhance graduate students' theoretical literacy, scientific research ability, and innovative thinking. It provides referable experience for the construction of graduate courses in the interdisciplinary field of remote sensing under the background of aerospace information.

Keywords

Aerospace Information, Remote Sensing Science and Technology, Thermal Infrared Remote Sensing, Course Construction, Teaching Reform, Curriculum Ideological and Political Education

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

空天信息产业作为国家战略性新兴产业，正以前所未有的速度推动对地观测技术的变革与升级。遥感科学与技术是一门通过空天地一体化传感平台研究地球多维时空信息的交叉学科，其学科内涵与外延正在持续拓展。2024年，遥感科学与技术正式获批为交叉类一级学科，标志着该学科在高等教育体系中的地位得到了实质性提升。在这一背景下，如何构建科学、系统且具有前沿性的研究生课程体系，已成为支撑学科高质量发展、培养高层次创新型人才的重要基础。

《热红外遥感》是遥感科学与技术专业研究生课程体系中的一门特色专业选修课，聚焦热红外波段对地观测的理论、方法与应用，涉及物理学、大气科学、地理学、计算机科学等多学科知识的交叉融

合。该课程不仅是定量遥感方向的核心课程之一，也是连接遥感基础理论与行业应用的重要桥梁。然而，传统的以理论讲授为主的教学方式已难以满足复合型人才培 养要求。遥感类课程教学中普遍存在内容更新滞后、工程实践能力培养错配、评价维度单一等问题[1]，而研究生教学在教学理念、教学方法与课程考核方面，更表现出“重专轻博”（重专业深度而轻交叉广度）、重讲授轻讨论、重考试轻能力等传统缺陷[2] [3]。因此，亟须从课程目标、教学内容、教学方法与评价体系等方面进行系统性改革探索[4]。

本文以河北地质大学土地科学与空间规划学院《热红外遥感》研究生课程的教学实践为例，系统阐述在空天信息背景与遥感科学与技术交叉类一级学科框架下，该课程的建设理念、改革路径及实践成效，以为同类研究生课程建设提供参考[5]。

2. 文献综述与理论基础：国内外研究现状及本课程创新定位

2.1. 国内外遥感科学与技术专业研究生课程教学改革研究进展

近年来，围绕遥感科学与技术研究生课程的教学改革受到广泛关注。在国际上，欧美高校如马里兰大学、加州大学圣塔芭芭拉分校等在定量遥感研究生课程中强调物理模型与机器学习融合，采用项目驱动(Project-Based Learning, PBL)方式组织教学，注重培养学生解决实际地球科学问题的能力[6] [7]。国内多所高校亦开展了积极探索：中国地质大学(北京)在“资源与环境遥感”研究生课程中引入“案例学习法 - 问题学习法 - 研究学习法”三步式教学模式，探索了一种以课程为节点、以行业为支点的教学思路[2]；中国农业大学围绕农业院校的学科专业与行业特点，设计了遥感原理课程的 6 层级教学内容体系，有效提升了学生自主学习和持续学习的兴趣[3]；绵阳师范学院通过挖掘和梳理“高光谱遥感”课程中所蕴含的丰富思政元素，提高了学生学习专业知识的兴趣，帮助学生树立正确的世界观、人生观和价值观，以实现立德树人的目标[8]。在教学方法理论层面，PBL 教学法、探究式学习(Inquiry-based Learning)、翻转课堂等已被逐步应用于遥感类课程，相关研究表明这些方法有助于激发研究生主动学习意愿和科研创新能力[9] [10]。

然而，现有改革实践仍存在以下不足：其一，多数课程改革侧重于教学方法局部调整，缺乏从课程定位、内容体系、考核方式到思政融入的系统性顶层设计；其二，作为交叉类一级学科，遥感课程的“交叉性”在教学中往往流于形式，数理基础与多学科应用的融合深度不够；其三，课程思政在遥感专业课中的融入多停留在宏观叙事层面，缺少与具体知识点深度耦合的可操作案例。针对上述问题，本课程改革在以下三个方面形成差异化创新：① 构建“理论 - 方法 - 应用”纵向贯通的内容主轴，并在每一章均设置“前沿问题”模块，确保交叉知识的有序递进；② 将讨论课时提升至总课时的三分之一以上，并设计“主发言人 + 全员轮值”制度，将探究式学习制度化、常态化；③ 开发了“知识点 - 思政触点 - 教学活动”三维映射矩阵，实现思政元素与专业内容的精准对接。

2.2. 本课程改革的理论基础与创新凝练

本改革方案以建构主义学习理论和 OBE (Outcome-Based Education) 成果导向理念为支撑。建构主义强调学习者在已有知识基础上主动建构意义，这与研究生阶段“重理解、重批判、重创造”的学习特征高度契合；OBE 理念则要求课程设计从最终学习成果反向设计教学活动和评价标准。据此，我们将课程目标分解为知识、能力、价值三个可观测的成果维度，并据此设计教学内容、讨论主题和考核任务。基于上述理论与实践分析，本课程的独特创新可凝练为：“主线贯通、讨论驱动、思政融合”三位一体的改革框架，旨在回应交叉学科背景下研究生课程“如何深化学理、如何激发思辨、如何价值引领”的核心命题。

3. 课程定位与目标重构

3.1. 课程定位：服务学科交叉与行业需求

遥感科学与技术作为交叉类一级学科，其课程体系应突出学科的交叉融合特色，强化数理基础与前沿技术的结合。《热红外遥感》课程的定位正是基于这一学科属性而确立的。该课程是结合土地科学与空间规划学院重点研究方向开设的特色课程，面向自然资源与环境领域的具体问题，运用热红外遥感理论知识，通过各类专题训练，使学生掌握热红外遥感领域科学的研究方法和技术。课程的开设不仅服务于遥感科学与技术一级学科的人才培养目标[5]，也直接回应了河北省空天信息产业对遥感技术与工程人才的需求。

3.2. 教学目标：知识、能力与价值的有机统一

在“课程思政”理念的引导下，本课程力求将专业知识传授、能力培养和价值塑造有效融合。教学目标设定为三个层次：

在知识目标上，要求学生能够比较广泛、系统地认识和理解热红外遥感基本理论，掌握热红外遥感数据处理的基本方法，具体包括热辐射基本概念与定律、物体的热红外辐射特征、大气热红外辐射传输方程、热红外遥感信息模型、地表温度遥感反演原理等核心知识模块。

在能力目标上，要求学生能够在掌握基本理论与方法的基础上，运用所学知识分析自然资源与环境中的实际问题并加以解决。通过课程学习，学生应能独立开展热红外遥感数据的处理、分析与应用研究，具备初步的科学研究能力。

在价值目标上，要求学生坚定理想信念，塑造正确的世界观、人生观、价值观，增强道路自信、理论自信、制度自信、文化自信，增强时代责任感以及科技创新素养[11]。

4. 教学内容体系重构

4.1. 内容框架：理论与应用并重

课程内容由热红外遥感理论和热红外遥感技术应用两大部分构成。理论部分涵盖热红外遥感基础知识、热红外遥感信息探测、热红外遥感信息模型、热红外遥感计算机模拟模型等；应用部分涵盖地表温度遥感反演、热红外高光谱遥感反演、地表净辐射遥感估算、农田蒸散遥感定量监测、土壤水分与旱情遥感监测、城市热环境遥感监测以及森林火灾遥感监测等。这一框架体现了“理论-方法-应用”三位一体的设计理念，既保证了学生理论学习的系统性，又强化了理论向应用转化的能力培养。

4.2. 重点难点：聚焦学科核心问题

课程在各章节中明确了重点与难点内容，引导研究生聚焦学科核心问题。第一章“热红外遥感基础”的重点是物体的热红外辐射特征，难点是大气热红外辐射传输方程；第二章“热红外遥感信息探测”的重点是热红外图像预处理，难点是热红外设备定标；第三章“热红外遥感信息模型”的重点是热红外遥感信息模型及其计算机表达，难点是考虑温差的发射率定义及普朗克尺度效应；第四章“地表温度遥感反演”的重点是地表温度/发射率分离及像元平均温度的遥感反演，难点是组分温度的遥感反演；第五章“热红外高光谱遥感反演及地表净辐射遥感估算”的重点是热红外高光谱遥感反演，难点是地表净辐射遥感估算；第六章“农田蒸散遥感、土壤水分与旱情定量遥感监测”的重点是农田蒸散、土壤水分与旱情遥感反演，难点是蒸散遥感的时空尺度问题；第七章“城市热环境及森林火灾遥感监测”的重点是城市热环境遥感监测和森林火灾遥感监测，难点是城市人居环境评价。这种重点与难点的清晰划分，有助于研究生在有限课时内把握课程的核心内容。

4.3. 前沿融入：追踪学科发展动态

课程注重将学科前沿成果融入教学内容。在第一章设置“热红外遥感研究前沿综述”专题，使学生在课程伊始便了解学科发展的前沿与热点；在各章节的思考讨论题中，设置了诸如“地表温度和发射率反演的前沿问题与展望”“城市热环境遥感监测现状与发展趋势”等前沿性问题，引导学生关注学科最新进展。同时，课程参考了北京师范大学、南京信息工程大学、北京大学等院校同类课程的教学大纲，并引入了田国良等编著的《热红外遥感(第2版)》[12]、段四波等编著的《地表温度热红外遥感反演方法》[13]、祝善友等编著的《热红外遥感》[14]等权威教材与参考书。

5. 教学方法与模式创新

5.1. 讲授与讨论相结合

课程总学时为32课时，其中讲授约21课时，讨论约11课时，讨论课时占比超过三分之一。这一课时分配体现了“以学生为中心”的教学理念转变。在讨论环节，教师按照教学进度提前1~2周布置讨论内容，每一讨论题指定一名主发言人，根据发言内容的深度、广度及正确性给出成绩。每位学生至少担任一次主发言人，确保所有研究生都能获得深度参与和表达的机会。这种教学设计有效克服了传统研究生教学中“重讲授轻讨论”的弊端。

5.2. 问题驱动与探究式学习

课程在每一章均设计了思考讨论题，形成了“问题驱动”的教学模式[9]。例如，第一章设置了“热辐射的基本规律有哪些？”“热红外遥感发展面临的几大难题？”等问题；第四章设置了“地表温度遥感反演的基本问题有哪些？”“温度/发射率分离的典型算法？”等问题；第六章设置了“蒸散遥感的空间尺度效应分析？”“由瞬时到日蒸散的计算方法？”等问题。这些思考讨论题覆盖了从基础知识到前沿问题的多层次内容，引导研究生在课前预习、课堂讨论和课后探究中逐步深化对课程内容的理解。同时，课程注重将实际科学问题融入教学，以启发式案例教学的方式，将科学问题、研究方法、前沿进展等内容循序渐进地引入课堂[10]。

5.3. 理论教学与科研实践融合

课程注重科研反哺教学。在讲授热红外遥感发展前沿时，引入近年来我国发射的高分卫星、北斗卫星、风云卫星及大疆无人机的实例，展现我国遥感卫星的发展成就。在讲授具体应用时，结合学院正在承担的国家重点研发计划项目课题、子课题等科研项目，将科研成果转化为教学案例，使学生了解热红外遥感技术在实际科研项目中的应用场景与研究方法。这种“科研-教学”融合的模式，有助于激发研究生的科研兴趣，培养其创新思维和科研能力[15][16]。

6. 考核评价体系优化

6.1. 多元化考核方式

课程改变了传统“重考试轻能力”的考核模式，建立了“课堂讨论20%+课后作业10%+课程论文70%”的多元化考核体系。其中，课堂讨论考核学生的参与度、思维深度与表达能力；课后作业考核学生对核心技术与方法的掌握程度；课程论文考核学生的综合分析能力、学术写作能力和创新思维。课程论文要求包含首页、正文和参考书目三部分，体现了学术规范训练的要求。

6.2. 过程性评价与结果性评价结合

课堂讨论和课后作业属于过程性评价，占总成绩的30%；课程论文属于结果性评价，占总成绩的70%。

这一评价结构既关注了学生在学习过程中的参与和成长,又重视了其最终的学术产出能力。在课堂讨论环节,每位学生至少担任一次主发言人,确保了过程性评价的覆盖面和公平性。此外,课程还提出了“上课不迟到、不早退、手机关闭”等基本要求,以培养研究生的学术规范意识。

7. 课程思政建设与实践

7.1. 思政教学目标:价值引领与专业教育同向同行

课程围绕“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人”这一教育根本问题,坚持专业课教学与课程思政同向同行,深度挖掘课程中的思想政治教育资源。具体目标包括:坚定理想信念,培养和塑造学生正确的世界观、人生观、价值观;增强学生的“四个自信”;增强学生的时代责任感以及科技创新素养;树立科研诚信理念、法治理念和规则理念。

7.2. 思政教育内容:多层次融入

在课程思政核心教育内容方面,课程通过引入遥感学界著名科学家的学术成长经历和爱国奉献事迹,以及“遥感人”服务国家需求的典型案例,培养学生的爱国主义情怀与科学精神。在讲授热红外遥感发展史时,单独开设中国遥感专题,让学生了解中国热红外遥感事业取得的伟大成就;在讲授热红外遥感发展前沿时,引入高分卫星、北斗卫星、风云卫星和大疆无人机实例,说明我国遥感卫星发展成就,尤其是无人机拍摄技术已占全球 66% 的份额,以此增强学生的文化自信。

在其他思政教育内容方面,课程在讲授被动式遥感与主动式遥感的区别时,融入信息化军事发展、国防安全等国际时事思政元素;通过高分系列卫星遥感数据及其应用的学习,培养学生对中国特色社会主义道路和制度的自信;在课程安排中,将遥感影像分类设计为跨境生态合作区遥感技术应用,使研究生树立生态环境保护国际合作的大局观。

7.3. 思政与专业知识融合的典型案例分析——以“城市热环境遥感监测”为例

为具体展示课程思政与专业教学的无缝对接,选取第七章“城市热环境及森林火灾遥感监测”中的“城市热环境遥感监测”知识点进行详细说明。该知识点的专业核心内容是:利用热红外遥感数据反演地表温度,分析城市热岛强度及其时空演变规律,并探讨植被覆盖、不透水面、城市形态等因素对热环境的影响机制。

思政触点设计:① 可持续发展观——城市热岛效应直接关联到联合国可持续发展目标(SDG 11 “可持续城市和社区”),引导学生从全球视野理解城市热环境研究的现实意义;② 人民生命健康——极端高温事件对城市居民健康(尤其是老年人和户外工作者)构成威胁,热红外遥感可为城市高温预警和适应性规划提供科学依据,体现“以人为本”的科技价值观;③ 生态文明建设——通过分析绿地和水体对热岛的缓解效应,引导学生认识城市生态修复和绿色基础设施建设的重要性,与我国“双碳”目标和美丽中国建设相呼应。

教学活动融合设计:在讲授环节,教师首先介绍热岛反演的基本原理和算法,然后展示京津冀地区多年夏季地表温度遥感监测图,引导学生直观感受城市热岛的空间格局。在讨论环节,设置主发言题目:“结合你所在城市的热岛现状,分析热红外遥感可如何服务于城市高温适应性规划?”要求学生从技术可行性和社会需求两个维度展开论述,并鼓励学生查阅当地政府发布的城市热岛应对政策文件。在探究环节,布置课后小组任务:利用公开的 Landsat 或 MODIS 热红外数据,选取一个典型城市,反演其热岛强度并分析主要影响因素,最后撰写一份面向城市规划部门的建议报告。通过这一系列教学设计,学生不仅掌握了热红外遥感在热环境监测中的具体方法,更在真实问题情境中体会到遥感技术对人民福祉、

城市可持续发展和国家生态文明战略的支撑作用,从而自然生发社会责任感和专业使命感,实现了“润物细无声”的思政育人效果。

8. 讨论与展望

8.1. 改革实践中面临的挑战与应对

尽管本课程改革取得了初步成效,但在实施过程中也暴露出若干现实挑战,值得深入反思。

第一,学生参与度不均衡问题。在讨论环节,虽然设置了“主发言人”轮值制度,但非主发言学生的主动参与意愿存在明显差异。部分性格内向或基础薄弱的学生倾向于保持沉默,导致讨论质量两极分化。为此,我们在后续教学中尝试引入“小组内预讨论 + 随机抽取代表发言”机制,并要求每位学生在讨论前提交一份简要的发言提纲,以书面准备带动口头表达,初步改善了参与均衡性。

第二,讨论质量的量化评价难度较大。课堂讨论属于主观性较强的表现型评价,教师现场打分易受个人偏好和即时印象影响。为解决这一问题,我们开发了“讨论质量三维评价量表”,从“内容准确性”“逻辑与创新性”“表达与互动性”三个维度进行评分,并提前公布评分标准,使学生明确努力方向。同时,试行学生互评与教师评分相结合的方式,提高评价的客观性。

第三,课程论文质量参差不齐。部分学生将课程论文写成文献综述的简单堆砌,缺乏独立分析和批判性思考。对此,我们在布置论文题目时提供“问题导向型”选题建议,例如“针对某类地表覆盖类型,比较不同温度反演算法的适用性”,并要求论文中必须包含作者自己的实验或模拟结果,以此强化研究性写作训练。

第四,学科交叉内容的深度把控困难。热红外遥感涉及辐射物理、大气科学、地理学、计算机编程等多学科知识,研究生专业背景差异较大(部分来自测绘、部分来自地理信息科学、部分来自土地资源管理),统一教学进度下,部分学生感觉数理推导吃力,而另部分学生则希望加快进度。我们通过“课前自学资源包 + 课堂重点突破 + 课后分层答疑”的模式进行差异化教学,并提供补充数学物理材料供学生自主选用,取得了一定缓解效果。

8.2. 未来改进方向

展望未来,本课程计划在以下方面进一步深化改革:

一是引入智能化教学工具。利用雨课堂、智慧树等平台实现课前预习检测、课中实时投票和课后数据追踪,精准掌握学生学习状态;探索利用 AI 辅助生成个性化讨论题目和拓展阅读推荐,实现因材施教。

二是强化产教融合实践项目。与河北省空天信息相关企业(如航天宏图等)合作,设立“企业出题 - 学生解题 - 教师指导”的联合实践课题,让学生在企业真实数据和应用场景中完成课程大作业,提升工程实践能力。

三是构建动态更新的案例库。热红外遥感技术发展迅速,新的卫星传感器(如中国的高分五号、风云四号等)和反演算法层出不穷,课程将建立“年度前沿案例更新机制”,每年至少新增 2~3 个最新科研或应用案例,确保教学内容的时效性。

四是探索跨校课程资源共享。依托河北省遥感类研究生教育联盟,与其他高校共享优质教学视频、讨论题库和实验数据,通过校际线上联合讨论课等方式,拓宽学生学术视野,促进教学优势互补。

9. 结语

在空天信息产业快速发展和遥感科学与技术升格为交叉类一级学科的双重背景下,研究生课程建设面临着前所未有的机遇与挑战。《热红外遥感》课程的建设与教学改革实践表明,以“理论 - 方法 - 应

用”为主线重构教学内容体系、以“讲授-讨论-探究”为驱动创新教学模式、以“过程-结果”相结合优化考核评价、以价值引领为导向融入课程思政,是实现研究生课程“知识传授-能力培养-价值塑造”三位一体目标的有效路径。同时,通过反思改革中的实际挑战并规划智能化、产教融合等改进方向,课程建设将保持持续优化动力。

课程的建设与改革也回应了当前遥感类课程教学中存在的普遍问题,为遥感科学与技术交叉类一级学科的研究生课程建设提供了可借鉴的经验。未来,随着人工智能、大数据等新兴技术的发展,热红外遥感课程还需持续更新教学内容、优化教学方法、完善评价体系,以适应空天信息时代对高层次遥感人才培养的更高要求。

基金项目

河北地质大学研究生课程建设与教育教学改革研究项目:空天信息背景下遥感科学与技术交叉类一级学科《热红外遥感》课程建设与教学改革研究(YJG2026013)。

参考文献

- [1] 徐培培, 宋立生. 学科交叉背景下遥感应用课程教学改革模式探讨[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(8): 1-3.
- [2] 赵洁田, 田淑芳. 研究生“资源与环境遥感”课程“三步式”教学模式探索[J]. 中国地质教育, 2026, 35(2): 26-30.
- [3] 刘哲, 张超, 黄健熙, 杨建宇, 纪文君, 张晓东. 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.
- [4] 薛允恒, 蔡鹏, 喻小勇. 热红外遥感课程教学改革研究与实践[J]. 科教导刊(电子版), 2026(2): 86-88.
- [5] 西安科技大学. 遥感科学与技术硕士研究生培养方案[EB/OL].
<https://chxy.xust.edu.cn/info/1044/1955.htm>, 2025-09-08.
- [6] Justice, C.O., Townshend, J.R.G., Vermote, E.F., Masuoka, E., Wolfe, R.E., Saleous, N., et al. (2002) An Overview of MODIS Land Data Processing and Product Status. *Remote Sensing of Environment*, **83**, 3-15.
[https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(02\)00084-6](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(02)00084-6)
- [7] Gillespie, A., Rokugawa, S., Matsunaga, T., et al. (2020) A Temperature and Emissivity Separation Algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **58**, 4208-4220.
- [8] 刘秀英. “高光谱遥感”课程思政案例分析[J]. 绵阳师范学院学报, 2025, 44(8): 126-133.
- [9] Hmelo-Silver, C.E. (2004) Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, **16**, 235-266. <https://doi.org/10.1023/b:edpr.0000034022.16470.f3>
- [10] 李玉珍, 刘美, 李晓宁, 蒋林城, 刘建康, 王佳佳. 遥感原理与方法课程思政教学案例[M]. 成都: 西南财经大学出版社, 2025.
- [11] 邵振峰, 徐小迪, 吴文福, 胡滨. 前沿科研和课程思政驱动的城市遥感教学改革与实践[J]. 测绘地理信息, 2024, 49(2): 135-138.
- [12] 田国良, 柳钦火, 陈良富, 等. 热红外遥感[M]. 第2版. 北京: 电子工业出版社, 2014.
- [13] 段四波, 李召良, 范熙伟, 等. 地表温度热红外遥感反演方法[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [14] 祝善友, 林芬芳. 热红外遥感[M]. 北京: 科学出版社, 2023.
- [15] 宋承运, 张传才. “AI+新工科”理念下遥感类课程教学改革探讨[J]. 泰山学院学报, 2026, 48(1): 106-113.
- [16] 周纪, 王子卫, 蒋玲, 曹入尹, 马晋, 张涛, 周贵云, 周艳. 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.