

海洋特色气象类本 - 硕贯通教学设计与实践

——基于对称性与守恒律的跨课程整合

曹 宁, 刘春雷, 徐建军

广东海洋大学海洋与气象学院, 广东 湛江

收稿日期: 2025年7月20日; 录用日期: 2025年8月18日; 发布日期: 2025年8月27日

摘 要

对称性与守恒律之间的深层联系是现代物理学的重要基石, 为气象类课程本 - 硕贯通教学提供了新路径。本文基于“对称性 - 守恒定律 - 流体方程组”逻辑主线, 设计跨《数学物理方法》《流体力学》《动力气象学》《高等大气物理学》的教学案例, 通过诺特定理引导本科生与硕士生理解物理规律的统一性, 结合数学推导与气象应用强化流体方程理解。融入课程思政与海洋特色案例, 辅以专家讲座, 提升学生科学素养与社会责任感。本教学设计构建海洋特色本 - 硕贯通培养模式, 提升学生理论与应用能力, 助力新时代气象专业人才培养。

关键词

对称性与守恒律, 本 - 硕贯通, 跨课程教学, 课程思政

Teaching Design and Practice for Integrated Undergraduate-Master's Curriculum in Marine-Featured Meteorology

—Cross-Course Integration Based on Symmetry and Conservation Laws

Ning Cao, Chunlei Liu, Jianjun Xu

College of Ocean and Meteorology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang Guangdong

Received: Jul. 20th, 2025; accepted: Aug. 18th, 2025; published: Aug. 27th, 2025

Abstract

The profound connection between symmetry and conservation laws forms a cornerstone of modern

physics, offering a new pathway for integrated undergraduate-master's teaching in meteorology-related courses. This study designs a cross-course teaching case spanning *Mathematical Physics Methods*, *Fluid Mechanics*, *Dynamic Meteorology*, and *Advanced Atmospheric Physics*, guided by Noether's theorem to foster undergraduate and master's students' understanding of the unity of physical laws, while reinforcing comprehension of fluid equations through mathematical derivations and meteorological applications. By incorporating ideological and political education and marine-featured case studies, supplemented by expert lectures, the approach enhances students' scientific literacy and social responsibility. This teaching design constructs an integrated undergraduate-master's training model with marine characteristics, improving students' theoretical and applied capabilities, and contributing to the cultivation of meteorological professionals in the new era.

Keywords

Symmetry and Conservation Laws, Integrated Undergraduate-Master's Education, Cross-Course Teaching, Ideological and Political Education

Copyright © 2025 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

对称性与守恒律是物理学的核心概念,通过诺特定理揭示了连续对称性与守恒量之间的深刻联系[1],如时间平移对称性对应能量守恒,空间平移对称性对应动量守恒。这一理论由德国数学家埃米·诺特于20世纪初提出,不仅奠定了现代物理学的理论基石,也为气象类课程的跨学科整合提供了统一框架。在大气科学、应用气象学和气象专业相关课程中,这一思想贯穿数学建模与实际应用,成为连接理论与实践的桥梁。本研究依托广东海洋大学气象类本科和硕士专业教学实践,以“对称性-守恒定律-流体方程组”为主线,探索海洋特色气象类课程的本-硕贯通教学设计。

地方高校应立足“应用特色、地方特色和专业特色”,紧贴国家战略需求和优势产业、区域经济社会发展需求,突出思想引领,建立健全人才培养体系和机制,推动党建与高等教育工作的深度融合[2],因此气象类专业应着眼于从建立可靠的运行机制、制定完善的应用型人才培养模式、优化具有海洋特色的课程体系及挖掘优质的教学资源等方面入手,不断地进行应用型大气科学人才培养的探索与实践[3]。在本科阶段的大气科学与应用气象学专业课程(如《流体力学》《数学物理方法》《动力气象学》)及硕士阶段的气象专业课程(如《高等大气物理学》)中,学生普遍面临从物理现象到数学建模再到实际应用的理解困难。例如,在《流体力学》中,连续性方程、动量方程和能量方程是核心内容,但课堂反馈显示,约60%的本科生能正确写出方程,却仅有20%能准确解释其守恒本质或推导过程,反映出理论与物理意义的脱节。硕士生《高等大气物理学》中则需将理论应用于复杂气象问题(如台风动力学、海洋热通量分析),但常因本科基础薄弱而难以深入。问卷调查表明,70%的学生认为流体方程推导“抽象难懂”,50%以上对课程的应用价值(如气象预报、气候模拟)缺乏清晰认知。这种“知其然不知其所以然”的状态削弱了学习兴趣,难以满足气象专业对创新与实践能力的要求。

课程间的知识割裂进一步加剧了学习难度。《流体力学》依赖《数学物理方法》中的偏微分方程工具,《动力气象学》需结合流体力学和大气物理和动力过程知识,《高等大气物理学》则要求综合应用能力。然而,传统教学多采用单课程独立讲授模式,缺乏系统性整合,导致学生难以将“对称性与守恒律”迁移至不同课程框架。例如,学生可能在《数学物理方法》中学习诺特定理,却未意识到其在《流体力

学》推导流体方程或《高等大气物理学》中分析海洋气象现象的关键作用。这种碎片化学习限制了本-硕贯通培养的连贯性。进一步，课程思政建设是落实立德树人根本任务和全面提高人才培养质量的重要举措，因此应当遵循专业课程“思政寓课程，课程融思政”的教学理念，在课程专业知识学习中自然地融入价值观层面的海洋精神指引[4]。

针对上述痛点，教研组尝试“串联式”教学法[5]和模块化改革[6]，提出课程思政助力三能人才培养的路径[7]，也提出了基于学科交叉理论，采用学科交叉方法，突出海洋特色，贯彻创新理念，以学生为主体，多种教学组织形式并施的教学模式[8]，取得一定成效，但仍未彻底解决学生对物理规律本质的理解难题。本研究提出以“对称性-守恒定律-流体方程组”为主线的跨课程教学设计，覆盖本科(《流体力学》《数学物理方法》《动力气象学》)和硕士(《高等大气物理学》)课程，构建海洋特色气象类本-硕贯通培养模式。通过案例教学(如海洋气旋模拟)、课程思政和专家讲座，强化理论与应用的衔接，提升学生的科学素养与社会责任感。本研究旨在弥补现有教学的系统性与应用性不足，为新时代海洋特色气象专业人才培养提供新路径。

2. 教学设计与实践

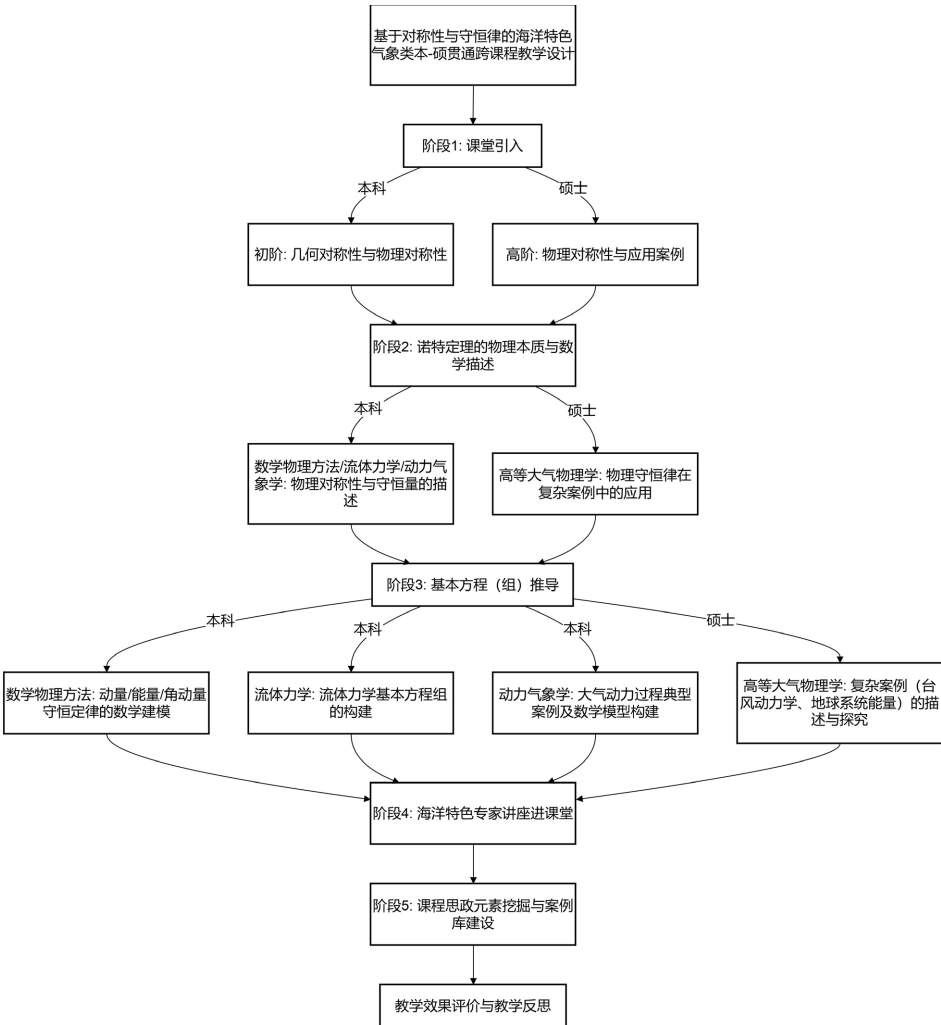


Figure 1. Diagram of the teaching system
图 1. 教学流程示意图

以“对称性－守恒定律－流体方程组”为主线，整合本科阶段大气科学与应用气象学专业课程和硕士阶段气象专业课程，构建海洋特色气象类本－硕贯通教学体系。通过案例教学、专家讲座和课程思政，强化理论与应用的衔接，提升学生的科学素养、实践能力与社会责任感。教学设计流程图如图1所示。

2.1. 课堂引入：从形象到抽象

教学从学生熟悉的几何对称性入手，引导理解“对称性”概念。几何对称性指图形在平移、旋转、镜像等变换下的不变性，蕴含“不变性”思想。教师进一步引出物理对称性：物理规律在时间平移、空间平移或旋转下的不变性。通过《三体》电视剧片段中的“台球试验”，展示时空对称性对应的动量与能量守恒。教师引导讨论：“为何不同时空条件下实验结果一致？若结果不同，意味着什么？”结合“物理学不存在了”的台词，激发哲学思考，为诺特定理引入铺垫。本科生通过此环节建立直观认知，硕士生进一步探讨对称性在海洋气象建模中的意义，融入课程思政，培养科学精神。

2.2. 诺特定理：对称性与守恒量

在《流体力学》和《动力气象学》中，教师介绍诺特定理及其提出者埃米·诺特的贡献，突出其在理论物理中的奠基作用。诺特定理揭示连续对称性与守恒量的对应关系，如时间平移对能量守恒、空间平移对动量守恒、旋转对角动量守恒。通过可视化图示和板书推导，学生理解对称性如何统一物理规律。本科生通过《数学物理方法》掌握诺特定理的数学推导(如拉氏量不变性)，为《流体力学》方程推导奠基；硕士生在《高等大气物理学》中结合海洋气象案例(如台风动力学)，探讨对称性在复杂系统中的应用。课程思政融入诺特事迹，激励学生追求科学真理与社会责任感。

2.3. 诺特定理：对称性与守恒量

以“对称性－守恒定律－流体方程组”为主线，跨课程推导流体基本方程组，并探究在具体的大气动力物理场景下的应用，体现本－硕贯通特色。

(1) 《数学物理方法》：搭建数学和物理的桥梁

通过诺特定理阐述对称性与守恒律一一对应的物理学本质，通过实际物理场景下推导守恒定律(如质量、动量、能量守恒)，结合偏微分方程工具，讲解波动方程、热传导方程、位势方程等的导出和应用，结合海洋特色教学案例，融入课程思政元素，强调科学方法的严谨性。

(2) 《流体力学》：量化描述流体运动

基于守恒定律推导流体基本方程组：连续性方程：从质量守恒推导，阐释流体连续介质假设。动量方程(纳维－斯托克斯方程)：基于动量守恒，引入牛顿黏性假设和应力张量，描述流体加速度与外力关系。能量方程：基于能量守恒，分析内能、动能与热传导耦合。

(3) 《动力气象学》：旋转地球下大气运动的基本规律

通过引入旋转地球背景下的大气运动规律，利用流体力学基本方程组，量化描述大气环流典型案例(如西风带分析)，将方程组应用于气象现象，强化理论与实践衔接。教学采用板书推导、Matlab数值模拟(如不同初始条件下方程解的变化)和小组讨论，培养本科生的理论基础与批判性思维。

(4) 《高等大气物理学》：高阶气象应用

基于本科理论基础，硕士阶段将方程组应用于复杂海洋气象问题，如台风动力学模拟、海洋热通量分析。通过数值模拟实验，学生深入理解方程组的应用与局限性。融入课程思政，通过海洋环境保护案例(如海洋热通量对气候变化的影响)，培养社会责任感。

2.4. 应用导向：专家进课堂活动

知识迁移是将已经掌握的知识和技能应用到新的情境解决新问题，包含对新情境的感知和处理、旧

知识与新情境的关联以及对新问题的认知和解决等[9]。为增强学生对基本方程组理论与实际应用的理解,本课程引入“专家进课堂”活动,开展主题讲座。通过专家讲解,引导学生将对称性与守恒定律等物理思想迁移至大气科学问题中,增强跨学科认知能力。设置两个主题讲座,每场讲座约40分钟,包含30分钟主题讲解与10分钟问答互动,旨在拓宽视野、激发兴趣、强化理解。

(1) 主题讲座一:涡旋动力学与台风模拟

讲座聚焦角动量守恒在大气涡旋中的应用,阐释其与旋转对称性的内在联系。专家从大气基本方程出发,介绍涡旋动力学的基本概念,结合台风这一典型大尺度旋涡系统,讲解角动量守恒如何影响涡旋的形成、发展与结构演化。以台风的轴对称结构为例,说明对称性在简化N-S方程建模与数值模拟中的关键作用。讲座中,专家展示了如何利用连续性方程和N-S方程构建台风数值模型,并分析近年来典型强台风(如2024年“摩羯”)的路径预测与强度模拟,强调流体方程在气象预报中的实际价值。问答环节中,学生围绕台风路径预测不准确等问题积极提问,深化了对课堂内容的理解。

(2) 主题讲座二:地球系统能量循环

该讲座聚焦能量守恒定律在全球气候系统中的作用,通过地球系统能量收支分析,引导学生理解时间对称性与能量守恒的对应关系。专家系统梳理太阳辐射、地表吸收、长波辐射等能量流动路径,结合能量方程讲解大气中的热量传输及其在哈德雷环流等大尺度环流形成中的作用。讲座展示了简化的全球环流模型,说明如何借助N-S方程和能量方程模拟热量由低纬向高纬传递的过程。结合当前气候变化背景和课题组近期研究成果,专家分析了如北极海冰消融等现象对全球能量循环的影响,突出流体方程在气候模拟与预测中的关键角色。互动环节中,学生就气候模型精度、地球系统能量不平衡等问题展开讨论,深化了对能量守恒及其应用的认识。

(3) 教学效果与评价

为评估本次“专家进课堂”活动的教学效果,课后对参与学生进行了问卷调查,共回收有效问卷55份,涵盖满意度、教学设计、学习兴趣及理解能力提升等多维度评价。结果显示,学生对活动的整体满意度较高,90.9%(50人)选择“非常满意”或“比较满意”,仅9.1%(5人)表示“一般”或以下。对教学设计思路(如将地球系统能量循环引入大气能量学教学)的满意度同样乐观,87.3%(48人)认为设计“非常满意”或“比较满意”,反映出跨学科整合的教学方式受到普遍认可。在活动对课程改革的积极作用方面,多选题结果显示,92.7%(51人)认为活动“丰富了教学内容和案例”,89.1%(49人)认为“提高了学习兴趣和参与度”,85.5%(47人)认同“引入了新的教学理念和方法”,表明活动在内容拓展和兴趣激发上成效显著。在理论与实践结合方面,85.5%(47人)认为专家“非常有效”或“较为有效”地将理论知识与实践案例相融合,帮助理解“大气能量学”,81.8%(45人)认为专家讲解复杂概念时“非常清晰”或“比较清晰”,显示出较高的教学可接受性。教学目标达成度评价中,87.3%(48人)表示活动“完全达到”或“基本达到”增强对大气能量学理解和应用能力的目标,仅12.7%(7人)认为“有所欠缺”。此外,85.5%(47人)对教学时间安排表示“非常满意”或“比较满意”,90.9%(50人)认为活动“极大激发”或“有一定激发作用”于学习兴趣,反映出活动在时间设计和兴趣驱动上的成功。问卷设置的开放性问题的进一步补充了量化数据。例如,学生提到“大气能量学中各种能量形式的转换和平衡让我认识到自然界规律的普遍性”,以及“模式资料的不足提示我们在科研中需关注数据与物理机制的结合”,显示出活动激发了学生对科学思维和研究方法的深刻思考。然而,部分学生提出改进建议,如“语速太快,内容偏专业,稍难消化”,“希望多结合基础理论或课本知识讲解”,表明对于基础较弱的学生,理论深度和讲解节奏仍需优化。总体而言,本次活动在提升学生对能量方程的理解、激发科研兴趣及促进教学改革方面取得显著成效。

2.5. 课程思政元素挖掘与案例库建设

作为气象类专业的核心课程，教研组承载着“双重使命”：不仅要传授科学理论和数学工具，更要肩负起立德树人的根本任务。通过深入挖掘课程内容中蕴含的思想政治教育资源，结合科学史、名人事迹、文学作品、国家战略等素材，课程设计有意识地融入课程思政元素，实现知识传授与价值引领的有机统一[7]。在教学实践中，课程思政通过案例教学、思辨性讨论和跨课程整合，涵盖以下四个维度：(1) 弘扬科学精神，激发探索真理的志向；(2) 强化家国情怀，突出科技服务社会的责任；(3) 拓展人文视野，深化对物理规律的哲学思考；(4) 对接时代需求，培养海洋环境保护与全球公平正义意识。

具体的实施方式包含以下几点：

(1) 科学精神：通过诺特定理提出者埃米·诺特的事迹，讲述其在科学史中的突破性贡献，引导本科生思考科学探索的严谨性与创新性，激发追求真理的志向。讨论环节设置问题：“诺特定理如何体现物理规律的统一性？”引导学生从数学推导中感悟科学的哲学意涵。

(2) 家国情怀：通过台风路径预测案例，分析气象预报对防灾减灾的贡献，引导学生认识科技服务社会的责任。硕士生进一步探讨台风预测模型的不确定性与公共政策的关系，如预测误差如何影响沿海地区应急决策，培养家国情怀与社会责任感。

(3) 人文视野：在课堂引入阶段，借助《三体》“台球试验”案例，引导本科生与硕士生探讨物理定律的哲学意义，如“对称性是否暗示宇宙的普适规律？”通过思辨性讨论，拓展学生对科学与人文的综合理解，深化跨学科思维。

(4) 时代需求：通过海洋热通量与气候变化案例，分析北极海冰消融对全球气候的影响，引导硕士生探讨气候模型的不确定性与全球公平正义的关系。例如，讨论“发达国家与发展中国家在‘双碳’目标中的责任分配”，激发学生对海洋环境保护和全球可持续发展的责任意识。

以此为基础，建设海洋特色气象类本-硕贯通跨课程整合的课程思政案例库，并在气象类相关专业进行推广应用。表 1 展示了在本课程教学实践中融入的部分课程思政案例。通过系统性地设计和实施课程思政内容，学生不仅掌握了流体力学的基本理论和应用方法，也在潜移默化中增强了价值认同、理想信念与时代使命感，实现了“知识传授 + 价值引领”的协同育人目标。

Table 1. Ideological and political education case design
表 1. 课程思政案例设计

案例名称	案例来源	课程思政融入点	育人效果
广义相对论	爱因斯坦理论体系	从广义相对论引出能量-动量守恒观念，强调科学理论的发展离不开对数学与物理统一性的追求。	培养学生理论联系实际、追求逻辑严密与思想深刻的科学素养。
宇称不守恒	李政道、杨振宁的科学突破	分析宇称守恒被打破的科学史背景，讨论科学发展中质疑与创新的精神，科学结论需建立在实验证据上。	强化实证主义思维方式，激发创新意识与科研独立思考能力。
毛主席会见李政道谈话	新中国科技发展史	毛主席问李政道：“为什么对称性重要？”引导学生思考对称性在自然规律中的普遍意义，理解科技服务国家战略与人民福祉的重要性。	激发学生的哲学思辨力与家国责任感，增强使命意识。
诺特与诺特定理	现代科学女性与对称性数学基础	介绍诺特定理将“连续对称性”与“守恒律”对应，体现抽象数学对物理世界的深刻揭示，并强调女性在科学中的贡献。	激励学生追求学术理性与性别平等，增强对科学本质的理解。
三体：物理学不存在了	《三体》小说与电视剧片段	借助“三体世界试验失败”片段，引导学生讨论物理规律为何重要，强调自然定律的稳定性与科学探索的不确定性。	增强学生科学信仰与危机意识，培养科学素养和逻辑推理能力。

续表

茅屋为秋风所破歌	杜甫诗歌与流体知识结合	诗句“卷我屋上三重茅”引入空气流动与压强关系，引出伯努利方程的数学表达，强调科学原理蕴含于生活与文学之中。	提升学生跨学科素养，增强文化认同与知识迁移能力。
地球能量平衡与双碳战略	地球系统科学与国家“双碳”目标	讲解地球能量平衡与碳循环模型，引出热力学定律与流体方程在气候模拟中的应用，结合国家低碳发展战略，强化绿色科技与新质生产力意识。	提升学生环境责任感，增强将科学知识服务国家战略的使命感。
钱学森与流体力学	钱学森流体力学科研与“两弹一星”精神	引导学生了解钱学森如何将流体力学应用于国家重大工程，强调科学报国、实事求是、勇攀高峰的精神。	树立科技报国理想，引导学生将专业所学服务国家发展。
南水北调与流体输运	国家重大水利工程	利用连续性方程与能量方程分析“南水北调”水流分布，引导学生思考自然科学如何服务于民生和国家区域协调发展。	强化学生问题导向思维，增强科学应用于社会实践的意识。
我国气象预报发展史	新中国气象科技进程	结合流体方程组在数值预报中的作用，讲述我国自主发展气象系统(如风云卫星、GRAPES 模式)的历程，彰显科技自立自强精神。	增强学生科技自信，理解自主创新在科学发展中的重要意义。

3. 教学反思与未来展望

本教学实践以“对称性 - 守恒定律 - 流体方程组”为主线，整合本科阶段的大气科学与应用气象学专业课程(《流体力学》《数学物理方法》《动力气象学》)和硕士阶段的气象专业课程(《高等大气物理学》)，构建海洋特色气象类本 - 硕贯通教学体系，取得了显著成效。依托广东省学位与研究生教育改革项目等教改项目，教学设计通过案例教学(如台风动力学、海洋热通量)、专家讲座和课程思政，强化了理论与应用的衔接。问卷调查显示，90.9%学生对跨课程教学表示满意，87.3%认为“从现象 - 建模 - 求解 - 解释应用”的教学方式提升了抽象思维与综合分析能力。本科生在《流体力学》等课程中深化了对守恒定律的理解，硕士生在《高等大气物理学》中通过海洋气象案例增强了应用能力。课程思政融入科学家和工程师事迹、海洋环保、双碳战略等案例，85.5%学生表示科学素养与社会责任显著感知提升，体现了“学识筑基 - 思政铸魂 - 应用导向”的培养目标。

反思教学实践，部分问题值得关注。部分基础较弱的本科生在将抽象对称性概念与流体方程组关联时存在困难，硕士生则需更多复杂案例支持高级建模。课程间的知识整合深度不足，如《数学物理方法》的数学工具与《高等大气物理学》的气象应用衔接需进一步优化。此外，专家讲座内容偏专业化，部分学生的理解门槛较高，教学节奏与分层设计有待改进。

未来教学将从以下方面优化：(1) 加强跨课程协同，完善《数学物理方法》《流体力学》《动力气象学》《高等大气物理学》的知识网络，强化本 - 硕贯通的递进性；(2) 开发更多海洋气象案例(如热带气旋路径预测、热通量气候效应、海洋热浪与生态环境)，增强应用导向；(3) 引入可视化工具(如 Matlab、Python 数值仿真)，提升抽象方程的可视化解理解；(4) 实施分层教学与混合式学习，满足本科生与硕士生的差异化需求；(5) 深化课程思政，通过台风预测的社会价值、海洋环保案例，进一步培养家国情怀与时代使命感。通过持续优化，推动气象类课程从“知识传授”向“思维训练”与“能力建构”转变，为新时代海洋特色气象专业人才培养提供创新路径。

基金项目

广东省学位与研究生教育改革研究项目(编号：2025JGXM_085)；广东海洋大学研究生教育创新计划资助项目(编号：202425)；广东海洋大学教育教学改革项目(编号：PX-972023003)；广东海洋大学本科教

学质量与教学改革工程建设项目(编号: PX-52024004; PX-92025004)。

参考文献

- [1] 刘雷. 对称和守恒在物理学研究中的意义[J]. 广西物理, 2021, 42(4): 36-38.
- [2] 曹宁, 林海峰, 陈晓. 特色党建助力地方高校研究生教育创新能力培育[J]. 大学教育, 2023(9): 73-76.
- [3] 范伶俐, 张光亚. 多科性海洋大学应用型大气专业人才培养的探索与实践[J]. 海洋开发与管理, 2011, 28(11): 47-50.
- [4] 王磊, 甘秋莹, 彭旭钢. 具有海洋特色的课程思政建设——以“海洋气象学”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2021(14): 125-128.
- [5] 曹宁, 欧念森, 薛宇峰. 数学物理方法教学中“串联式”方法探索[J]. 大学教育, 2022, 147(9): 125-128.
- [6] 曹宁, 欧念森, 陈志强, 刘春雷. “金课”视域下《数学物理方法》课程的模块化改革与实践探索[J]. 创新教育研究, 2025, 13(3): 356-362.
- [7] 张宇, 罗小青, 廖晓霞. 应用气象学专业课程思政改革与实践——以流体力学为例[J]. 大学教育, 2023(4): 110-112.
- [8] 罗小青, 徐峰, 薛宇峰. 基于学科交叉理论的大气专业教学模式初探[J]. 科教文汇(中旬刊), 2016(8): 50-52.
- [9] 王道航, 兰树伟, 韩宇. 基于知识迁移的《流体力学》课程教学模式探索与实践[J]. 中国安全生产, 2024, 19(3): 43-45.