

“一带一路”背景下广东海洋大学海洋牧场选址课程体系建设

陈凤英 (Cheng Fengying), 付东洋 (Fu Dongyang), 李志强 (Li Zhiqiang), 刘大召 (Liu Dazhao), 李灿萍 (Li Canping)

摘要: 海洋牧场是中国在“一带一路”倡议中推动海洋经济高质量发展的重要组成部分。作为海洋牧场建设的第一步,海洋牧场选址直接影响海洋牧场建设的成功与否。海洋牧场科学选址涉及多门课程内容,然而目前传统的课程体系还不能系统地作为海洋牧场选址课程的支撑,从而增加了海洋牧场建设的风险。本文基于海洋牧场选址相关课程体系的现状,结合广东海洋大学的地理位置、教学科研以及海洋牧场建设等方面的优势,在传统海洋牧场选址相关课程的基础上,通过对海洋牧场选址相关学科的归纳整理,结合实地调研国家级海洋牧场的实习实践方法,跟踪科研动态,以及满足海洋牧场的选址需求,对海洋技术专业开设海洋牧场选址课程。通过系统地研究与建设海洋牧场选址相关的课程体系内容及方法,降低海洋牧场建设的风险,为后续海洋牧场建设选址提供知识储备人才。

关键词: “一带一路”; 海洋牧场选址; 课程体系; 海洋牧场建设

作者介绍: 陈凤英, 广东海洋大学电子与信息工程学院助教, 研究方向: 海洋地球物理勘探, 电邮: chenfy@gdou.edu.cn。付东洋, 通讯作者, 广东海洋大学电子与信息工程学院教授, 研究方向: 海洋遥感, 电邮: fdy163@163.com。李志强, 广东海洋大学电子与信息工程学院教授, 研究方向: 海岸环境演变, 电邮: qiangzl1974@163.com。刘大召, 广东海洋大学电子与信息工程学院教授, 研究方向: 海洋遥感及应用, 电邮: llddz@163.com。李灿萍, 广东海洋大学电子与信息工程学院教授, 研究方向: 海洋天然气水合物和羽状流地震勘探, 电邮: canpinglihydx@163.com。

Title: The Construction of Marine Ranching Site Selection Curriculum System in Guangdong Ocean University under the “Belt and Road” Initiative

Abstract: Marine ranching serves as a crucial component in China’s Belt and Road Initiative to

promote high-quality development of the marine economy. As the foundational step in marine ranching construction, site selection directly determines the success of such projects. While scientific site selection for marine ranching involves multidisciplinary knowledge, the current traditional curriculum system fails to systematically support specialized courses in marine ranching site selection, thereby increasing construction risks. This paper examines the status quo of curriculum systems related to marine ranching site selection, leveraging Guangdong Ocean University's geographical advantages, educational resources, and expertise in marine ranching development. Building upon traditional course frameworks, we integrate interdisciplinary knowledge organization, field research methodologies from national-level marine ranching projects, tracking of scientific advancements, and practical site selection requirements. By systematically analyzing curriculum content and pedagogical approaches for marine ranching site selection within the Marine Technology program, this study aims to mitigate construction risks and cultivate professionals with essential knowledge reserves for future marine ranching site selection. The proposed curriculum enhancement combines theoretical integration with practical field experience, scientific trend monitoring, and industry demand alignment, ultimately contributing to risk reduction in marine ranching development and talent preparation for China's blue economy initiatives.

Keywords: “Belt and Road” initiative; marine ranching site selection; curriculum system; marine ranching construction

Author Biography: **Chen Fengying**, Assistant Professor at the College of Electronics and Information Engineering, Guangdong Ocean University. Research interests: Marine geophysical exploration. E-mail: chenfy@gdou.edu.cn. **Fu Dongyang**, Corresponding Author, Professor at the College of Electronics and Information Engineering, Guangdong Ocean University. Research interests: Ocean remote sensing. E-mail: fdy163@163.com. **Li Zhiqiang**, Professor at the College of Electronics and Information Engineering, Guangdong Ocean University. Research interests: Coastal environment evolution. E-mail: qiangzl1974@163.com. **Liu Dazhao**, Professor at the College of Electronics and Information Engineering, Guangdong Ocean University. Research interests: Ocean remote sensing and applications. E-mail: llddz@163.com. **Li Canping**, Professor at the College of Electronics and Information Engineering, Guangdong Ocean University. Research interests: Seismic exploration for marine natural gas hydrates and plumes. E-mail: canpinglihydx@163.com.

一、引言

近年来，世界上诸多沿海国家将海洋牧场建设作为重大渔业发展战略，我国对海洋牧场建设及相关技术研究高度重视，广东省是我国最早开展人工鱼礁建设的海洋牧场建设省份（袁华荣等，2022）。大力推进海洋牧场健康发展是广东省和我国海洋经济发展的重要内容，也是我国“蓝色粮仓”建设与发展的重要战略需求。2023年以来，广东已开工现代化海洋牧场项目75个、总投资额超178.5

亿元，并且在全国首创的风渔融合项目方面迈出新步伐。其中，湛江“双百亿”项目落地建设，金鲳鱼、生蚝等国家优势特色产业集群项目启动实施。

海洋牧场作为目前世界各国重点发展的现代渔业模式，面对“一带一路”与海洋命运共同体的国际大环境，在推进国际渔业合作过程中扮演着重要的角色（[田涛等, 2021](#)）。海洋牧场是现代渔业的重要发展方向，成为中国绿色发展和对外开放的重要一环，在推动国际渔业合作、构建海洋命运共同体方面占据着关键领域。中国积极推动与共建国家在海洋牧场建设方面的合作，促进“一带一路”合作伙伴的经济发展，实现全球海洋资源的可持续利用。2004年9月，广东海洋大学在广州与印度尼西亚哈桑努丁大学开展了印尼海洋牧场技术合作交流会，推进广东海洋牧场发展和“一带一路”倡议实施。

海洋牧场建设是一个系统工程，涉及海洋生物、海洋生态、海洋物理、海洋化学、海洋地质、海洋管理及工程技术等多个学科领域（图1），其建设成本高、技术手段复杂、工程体量大（[陈坤等, 2020](#)）。海洋牧场选址受地理条件、生物环境条件、物理化学条件等诸多因素影响（[陈丕茂等, 2019](#)），其中地理条件是海洋牧场选址的决定性因素之一，对应的指标包括海岸线稳定性、海洋功能区划符合性、海洋生态红线区符合性、养殖水域滩涂符合性和海洋工程设施符合性（[谢笑艳等, 2022](#)）。



图1 海洋牧场建设涉及学科 (Figure 1 Disciplines involved in marine ranching construction)

海洋牧场选址问题随着海洋牧场快速发展愈发显得重要，并且涉及多方面的知识（图2）（[杨瑾等, 2011](#)）。同时海洋牧场为海洋科学研究提供了重要场所，有助于深入了解海洋生态和地质过程。海洋牧场选址研究对海洋牧场建设而言是一项挑战，需要通过开设相关课程系统培养专业的人才的方式来应对挑战（[林承刚, 2021](#)）。在许多情况下，不良的选址被认为是未能达到预期目标的重要原因（[Baine M, 2001](#); [谢笑艳, 2022](#)）。因此，海洋牧场科学选址需要系统的课程体系支撑。

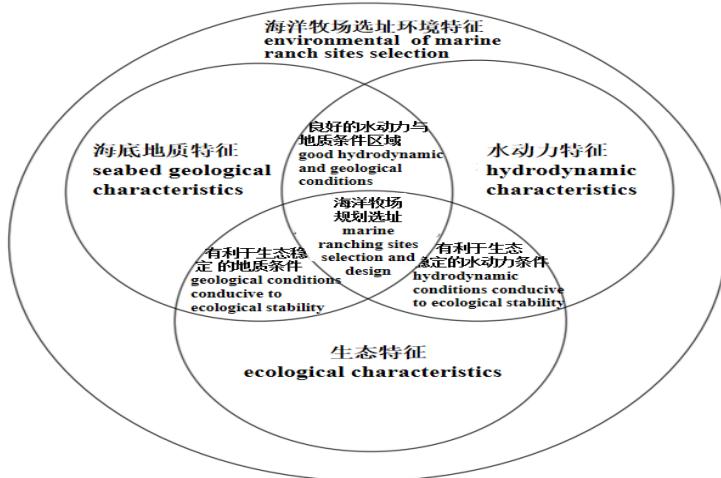


图 2 海洋牧场选址相关学科知识 (Figure 2 Related Disciplinary Knowledge for Marine Ranching Site Selection)

广东海洋大学作为广东省开展海洋牧场科研和技术服务队伍建设的重点院校，获批了南海海洋牧场智能装备广东省重点实验室；在海洋牧场水产养殖、海洋地质、海洋遥感、地理信息系统（GIS）、人工智能等方面有着丰富的教学和科研经历，主持参与多个国内外海洋牧场的建设。电子与信息工程学院在推进海洋牧场建设方面，引进海洋遥感专家潘德炉院士建立工作站，以海洋牧场建设为学科建设和人才培养为重点方向，为海洋牧场选址涉及的课程的建设与实施提供了良好的教学资源和平台；海洋技术专业团队拥有丰富的从事海洋遥感、海水动力特征、海洋地质、地理信息系统、人工智能等方面研究的教师，为海洋牧场选址课程建设提供了丰富的教学科研资源。通过在海洋技术专业建设海洋牧场选址方面相关课程，为今后海洋牧场的建设与发展夯实第一步选址的培养人才。

二、建设海洋牧场选址课程体系的意义及优势

（一）建设海洋牧场选址课程体系的意义

研究经验表明，选址建设比后续任何一个环节都更加重要（Bohnsack Sutherland, 1985; 杨红生, 2022）。例如，海洋牧场底质稳定性是海洋牧场选址非常重要的影响因素，主要表现在底质发生搬运位移或剪切破坏等失稳时，使海洋牧场设施的稳定性遭到破坏并产生泥沙和浑浊的海水水体，导致海洋牧场设施的淤埋或倾覆，进而影响到牧场的经济效益和环境效益；另外，海底地层中储藏的浅层气也可能沿地层的破碎带运移到海水中，污染海水，导致海洋牧场养殖效益降低。因此，海洋牧场选址研究具有重要意义。

1. 海洋牧场选址涉及广泛的地质问题

例如选址应避开断层活动、海底火山活动等构造不稳定的地质区域。通过开设与海洋牧场选址相关的课程，详细充分认识海底断层的特征以及识别方法，火山活动的特征以及火山活动之后海底地层沉积情况，在海洋牧场选址时可通过判断这些特征来避开这类不合适的区域。

2. 海洋牧场选址涉及水动力问题

海水运动、水温、盐度等因素不同程度地对海洋牧场造成影响；另外，在海洋牧场建设之后，反过来影响该海域海水运动与温盐特征。开设与海洋牧场选址相关的课程，需要了解海洋水运动与温盐特征，选择更合适的海域建设海洋牧场。

3. 海洋牧场选址涉及生态问题

在近海、水深比较浅的区域，包括海滩、海岸带附近区域，该区域海底底质一旦沉积较厚的泥质沉积物，在外力扰动下颗粒悬浮，影响海水水质环境以及海底底栖生物的生活环境。了解近海域海滩、海岸带生态特征，分析海底沉积物物源及水质环境，更有利海洋牧场的选址研究。

（二）建设海洋牧场选址课程体系的优势

1. 政策优势

国家政策制定中长期海洋经济发展规划，明确海洋产业为重点领域，支持海洋经济发展，政府鼓励发展海洋经济。政策为海洋牧场建设提供资金和资源支持；对新兴海洋产业（如海洋牧场、海洋旅游等）给予优惠政策，促进其快速发展（[狄乾斌等，2015](#)）。广东省在金融方面加大支持力度，推进海洋牧场示范区建设，支持海洋牧场产业发展（[谭广权，2023](#)）。广东海洋大学在教育教学改革项目支持方面，特别增设了海洋牧场课程建设研究方向的重点项目。这些支持政策促进了海洋牧场组选址相关课程的落地。

2. 地理位置优势

海洋牧场建设需要进行科学选址，例如在岛周尽可能选择避风效果较好的一侧或海湾内，降低台风带来的破坏性。湛江市位于广东省西部，海岸线长度达2023.6公里，海湾位置丰富，为海洋牧场选址提供丰富的地理优势。在上世纪90年代，湛江水产学院（现广东海洋大学）刘思俭教授就认识到了湛江的地理位置优势，提出大力发展海洋牧场的研究（[刘思俭，1995](#)）。

3. 资源优势

广东海洋大学位于广东省湛江市，毗邻南海，具备丰富的海洋资源和海洋生态环境，优越的地理位置是国家海洋牧场重点区域的优越资源。目前广东规模最大的海上智能养殖平台“威海1号”和“威海2号”组成的海上智能化养殖孪生平台落户湛江。另外湛江还有四个国家级海洋牧场，分别是：遂溪江洪海域国家级

海洋牧场示范区、硇洲岛海域国家级海洋牧场示范区、吴川博茂海域国家级海洋牧场示范区，2024年农发国家级海洋牧场再次落户湛江雷州流沙湾海域。这些大型的海洋牧场为课程建设的落地提供实习和实践基地，增强学生的实践能力，为课程建设提供有利的分析地质条件的实例。

4. 教学优势

广东海洋大学拥有经验丰富的授课教师和先进的海洋科研设施及实验室，支持理论课堂和实验、实地课程的落实。海洋技术专业教职员中有多位与海洋地质学、海洋遥感、海洋水动力、海洋生态、人工智能等相关的专家可提供理论知识指导；通过与当地企业和研究机构的科研合作，将前沿知识带入课堂，融合知识促进海洋牧场相关学科整合，更好地推进课程的实施。

三、海洋牧场选址课程体系现状分析

海洋牧场选址涉及的课程内容广泛，本文通过对国内海洋高校有关海洋牧场的课程开设情况的统计，分析海洋牧场选址课程体系的现状。

(一) 海洋牧场相关课程统计

目前对海洋牧场相关课程的探讨，可以对同济大学、中山大学、厦门大学、中国海洋大学、浙江大学、宁波大学、海南大学、广东海洋大学、浙江海洋大学、上海海洋大学、江苏海洋大学、大连海洋大学、海南热带海洋学院等13所与海洋相关的高等院校进行调研，统计在海洋牧场领域设置的课程开设情况，如表1所示。

表1 各高校与海洋牧场相关课程
(Table 1 Marine Ranching-Related Courses at Various Universities)

开设学校	课程名称	与海洋牧场相关的课程	与海洋牧场相关课程开设目的
浙江大学 同济大学 中山大学 厦门大学 中国海洋大学 宁波大学 海南大学 上海海洋大学 广东海洋大学 海南热带海洋学院	生态学	研究海洋生态系统及其动态	了解海洋牧场生态系统的基本特征和功能

浙江大学 同济大学 中山大学 厦门大学 宁波大学 中国海洋 大学 广东海洋大学 浙江海洋 大学	环境科学与 管理	关注海洋环 境保护和 管理策略	在建设海洋牧场的同时 保护海洋环境
浙江大学 厦门大学 中国海洋大 学 宁波大学 海南大学 广东海 洋大学 浙江海洋大学 上海海洋 大学 大连海洋大学 江苏海洋大学	水产养殖 技术	涵盖养殖方 法与管理	海洋牧场水产养殖基 础、养殖工程与管理等 课程，侧重于实践技能 和养殖技术的应用
浙江大学 同济大学 中山大学 厦门大学 中国海洋大学 宁波大 学 海南大学 广东海洋大学 浙 江海洋大学 上海海洋大学 江苏 海洋大学 大连海洋大学 海南热 带海洋学院	海洋地质学	研究海底地 质特征和稳 定性	海洋牧场海底地质特征 以及稳定性等课程，避 免发生地质灾害
浙江大学 同济大学 中山大学 厦门大学 中国海洋大学 宁波大 学 海南大学 广东海洋大学 浙江海洋大学 上海海洋大学 江苏海洋大学 海南热带海洋学	地理信息 系统	教授空间分 析与数据处 理	掌握空间分析技术，进 行海洋牧场选址地理信 息分析
厦门大学 中国海洋大学 海南大 学 广东海洋大学 浙江海洋大学 上海海洋大学 大连海洋大学 江 苏海洋大学 海南热带海洋学院	海洋遥感	水质监测、 海洋动力 环境响应	检测海洋牧场的水质特 征，以及海水动力对海 洋牧场的影响
浙江大学 同济大学 中山大学 厦门大学 中国海洋大学 宁波大 学 海南大学 浙江海洋大学 上海海洋大学 大连海洋大学 海南热带海洋学院	人工智能	通过人工智 能大数据为 海洋选址进 行数据分析	利用人工智能大数据分 析已有海洋牧场数据， 预测未来海洋牧场相关 数据变化趋势

浙江大学 同济大学 中山大学 厦门大学 宁波大学	可持续发展	探讨资源利用与可持续管理理论	设有可持续发展理论与实践、海洋资源管理等课程
宁波大学 中国海洋大学 广东海洋大学 浙江海洋大学	海洋经济学	分析海洋资源的经济效益	强调海洋牧场生态、经济与社会的综合考量
厦门大学 中国海洋大学 大连海洋大学 海南大学	海洋政策与法律	介绍相关法律法规和政策背景	海洋牧场开设海洋法律、渔业政策等课程，帮助学生理解相关法律法规和政策背景
浙江大学 中山大学 中国海洋大学 宁波大学 海南大学 广东海洋大学 大连海洋大学	实践课程	通过实地调研和实践，增强实际应用能力	参与实际的海洋牧场项目，提升实践能力。

通过表1中的课程统计表明，大多数海洋类的高校都开设水产养殖技术专业、生态学、海洋地质学、环境科学与管理、地理信息系统、海洋遥感、人工智能等相关课程；可持续发展、海洋经济学、海洋政策与法律等相关学科也有不少海洋类高校开设；另外，浙江大学、中山大学、中国海洋大学、宁波大学、海南大学、广东海洋大学、大连海洋大学在海洋牧场建设方面，带领学生进行实地调研和项目实践，实地进行海洋牧场学习。

（二）海洋牧场选址相关课程体系建设的现状

国内海洋类高校开设海洋牧场相关课程的科目总体上比较完整，与海洋牧场选址相关的课程主要有海洋地质学、海洋遥感、人工智能、地理信息系统、生态学等，在传统的课程实施过程中，并没有与海洋牧场选址很好地关联起来。

为了进一步做好海洋牧场的选址研究，通过分析海洋牧场选址课程的现状，结合海洋牧场选址具有复杂性的特征，认为海洋牧场选址非常需要有相关的课程体系进行支撑，开设与海洋牧场选址相关的课程建设迫在眉睫。

（三）广东海洋大学开设海洋牧场选址相关课程体系建设的需求

广东海洋大学目前开设与海洋牧场相关的课程包括：生态学、环境科学与管理、水产养殖技术、海洋地质学、地理信息系统、海洋遥感、海洋经济学以及相关实践课程。其中与海洋牧场选址有关的是生态学、环境科学与管理、海洋地质

学、地理信息系统、海洋遥感及相关实践课程。这些课程在授课的过程中，缺少系统地支撑海洋牧场选址研究的体系。因此，亟须开设一门综合性、系统性的海洋牧场选址理论与实践性课程。

四、广东海洋大学课程体系建设的方法与目的

（一）课程体系建设方法

1. 课程内容体系建设

广东海洋大学目前开设与海洋牧场相关的课程，内容涉及面广泛，且教学理论课时有限，无法系统支撑海洋牧场选址的需求。通过建设一门综合性、系统的理论与实践性海洋牧场选址课程体系，结合教师在教学过程中优化和提炼课程教学内容，为海洋牧场选址提供科学依据。

首先，制订以海洋牧场建设选址需求为导向的教学大纲。将课程内容与海洋牧场选址关联起来，围绕海洋牧场选址所涉及的地理信息系统、海洋地质学、海洋遥感、人工智能、生态学等学科理论知识进行展开讲解。同时结合课程思政，引导学生们树立正确的学习观。

其次，细化海洋牧场选址与地理信息系统、海洋地质学、海洋遥感、人工智能、生态学等的关系。海洋牧场选址需求是在稳定安全、有利于牧场养殖的位置，都受到海底地质条件的影响；海洋牧场海水水质以及水动力特征可通过海洋遥感进行实时监测；海洋牧场选址的生态需求以及海洋牧场建设之后对生态的影响等都需要学习海洋生态学；地理信息系统的空间分析技术，以对海洋牧场选址进行地理信息分析；人工智能可进行大数据分析，通过分析海洋牧场选址之处的历年数据，总结该海域海水水质和水动力特征的变化趋势，为海域未来特征作出预警。根据海洋牧场选址需求，通过相关课程系统的学习，分析不同海域海底质特征、水质水动力特征、生态特征等与海洋牧场选址的关系，为选址分析奠定基础。

最后，引入大量实际的海洋牧场选址建设的案例。通过对多个国家级海洋牧场建设案例的深入剖析，让学生理解不同的海域海洋牧场的建设特点和适宜性以及对海洋牧场建设的影响。

2. 实地调查课程建设情况

在课程建设内容以课堂理论为主的基础上，了解到海洋牧场的选址需要满足的海底地质条件、生态条件、海水水质及水动力条件等。结合广东海洋大学在湛江市的地域优势以及4个国家级海洋牧场的资源优势，组织学生到国家级海洋牧场示范区项目基地进行实地考察，通过现场观摩、调查、实习等实践活动，亲身体验海洋牧场各种海底地形、沉积物分布、生态特征、水质和水动力特征等，以

及海洋牧场建设之后又如何影响该水域，增加实地对海洋牧场生态选址的认识。通过理论与实际相结合的课程实践方法，进一步讲解海洋牧场选址特征，让学生们切实体会海洋牧场的海水水质特征与海水运动特征与海洋牧场之间相互作用的过程等，加强对现场课堂的领悟。

3. 科研融合教学的课程体系建设

在理论课程和实践课程建设的过程中，可就目前科研、生产中的研究进展以及前沿问题展开讨论。例如，在海洋牧场智能养殖平台切实感受海洋牧场的海水运动作用过程，同时结合广东海洋大学南海海洋牧场智能装备广东省重点实验室和电子与信息工程学院引进的海洋遥感专家潘德炉院士建立工作站平台，充分将海洋牧场遥感方面的科研动态与教学工作结合起来，服务于海洋牧场的建设。

建立课堂理论与实际生产科研知识相结合的课程体系，不仅能够丰富课堂内容，也通过适当引入科研进展和科研难题激发学生们的兴趣，提高课堂质量，同时更加深刻地认识国家级海洋牧场是如何选址的，逐步启发学生如何将理论知识应用于实践。

另外，邀请海洋牧场选址领域的专家举办专题讲座，介绍最新的海洋牧场选址的研究成果和技术方法，如避免海洋地质灾害的评估、根据海洋牧场区域历年水动力条件参数预测该区域未来水动力条件的特征等，拓宽学生的知识面和视野。

（二）课程体系内容建设目的

通过上述课程建设方法，建立综合的、系统的海洋牧场选址相关的课程体系，主要有以下几个目的：

首先，通过建设理论课程内容体系，系统地将海洋地质学、生态学、海洋遥感、人工智能、地理信息系统等与海洋牧场选址相关的知识综合起来，使学生掌握海洋牧场选址的基础知识，理解海洋牧场选址涉及的底质类型、水动力条件和生态特征，将海洋牧场选址的需求与课程内容关联起来，系统讲授与海洋牧场选址相关的基础理论知识。

其次，通过建设实践课程体系，将理论课程内容与海洋牧场选址相关的专业知识与国家级海洋牧场等实地考察以及实验室实践相结合。通过实地考察海洋牧场选址区域地质、水动力等因素对海洋生态系统的影响，为海洋牧场选址提出合理化建议。同时锻炼学生自主学习和思考的能力，并激发学习课程内容的兴趣，有利于学生学习海洋牧场建设相关专业课程，为后续海洋牧场的科学研究等做好铺垫。

最后，通过海洋牧场选址课程的学习，在课程思政的引导下，可鼓励学生进一步关注与海洋牧场相关的水产养殖技术，增强学生的培养实践能力，为海洋牧

场建设提供专业的人才储备。

以上课程体系建设的目标，旨在培养具备高素质和实践能力的专业人才，以更好地推动海洋牧场的科学选址与可持续发展。

五、课程体系内容

广东海洋大学开设一门与海洋牧场选址相关的综合性课程，内容可从理论知识、技术应用与案例分析、实践实训三方面展开，为海洋牧场选址提供完整的课程体系。

（一）理论知识

海洋牧场选址的研究尚处于探索阶段，课程体系内容还需紧跟时代潮流，将海洋地质学、海洋生态学、海洋遥感等相关学科与海洋牧场选址需求紧密结合起来。在课程建设过程中，需打破传统的课程体系，根据需求对课程内容进行整合。

1. 海洋地质学内容

海洋地质学知识与海洋牧场的稳定性、生态适宜性和生产能力有关。海洋牧场的海底组成部分和海底地质构造稳定性研究，是海洋牧场选址基底底质分析部分重要的内容。通过分析底质类型（如沙、泥、岩石等）有助于选择适合养殖的环境，确保生物生长和繁殖的基础。

地球内部板块之间的构造运动，影响海洋牧场选址基底构造稳定性；海洋中海水运动特征，包括水流、潮汐、波浪、洋流等，影响着海水侵蚀、搬运、剥蚀作用等相关理论知识，是海洋牧场选址水运动特征研究的内容，直接影响到养殖环境的稳定性、养殖种类的选择以及资源的利用效率；海洋中海底地形特征（如海底坡度、水深等）影响水流和养分分布，关系到海洋牧场的生产能力；海底沉积物的组成成分，可以判断海洋牧场区域的生态稳定性及其对养殖物种的适宜性；通过地质调查了解海洋油气等资源的分布，避免资源冲突并促进可持续发展。

2. 海洋生态学内容

海洋生态学研究生态环境承载力，是分析适宜的养殖规模和区域的理论基础。海洋生态环境、生态系统结构稳定性、生物栖息需求、生态保护与可持续发展等都是海洋牧场的选址的重要内容。

海水水质是海洋牧场选址的关键因素之一。海洋生态学研究水质与海洋生物之间的关系，能够提供指导海洋牧场建设选择适宜的水域。海水中的氧气、营养盐、温度、pH值等因素都对海洋牧场的生长和生产力有重要影响；海水水体的流动性和交换能力关系着营养物质和氧气的分布，水流良好、能保持水质稳定的区域更适合建设海洋牧场选址。

在海洋牧场的选址前评估生态系统的健康状态，确保所选区域生态环境能够承载养殖活动，且保持区域生态系统平衡。不同海洋生物对栖息地有不同的要求，栖息地的类型受海底类型、深度、水流速度、温度等因素影响。海洋生态学根据这些栖息地需求，为牧场选址提供依据。评估海洋牧场的长期可持续性，避免过度捕捞或过度养殖导致生态退化，确保养殖活动不会对环境造成不可逆的影响。

3. 海洋遥感内容

海洋遥感为海洋牧场选址提供适宜的水温和盐度参数的空间分布等研究，以促进养殖物种的生长和繁殖。同时还可以监测海水的浑浊度、藻类分布等，分析海洋牧场的生态环境和养殖效益等因素，在海洋牧场选址过程中进行生态条件分析和资源评估。

海水中潮汐与海流影响海洋牧场水流的稳定性。适中的水流速度有助于促进水体循环，保证海洋牧场内的氧气和营养盐充足，同时防止养殖物的滞留。但过强的水流可能导致设备损坏或养殖物被冲走，过弱的水流则可能导致水体滞留、污染物积累和氧气不足。海洋遥感实时监测分析不同区域的潮汐流动情况和海流数据，确保牧场选址有良好的水交换条件，促进养殖物种的生长。

另外，海洋遥感还能够为海洋牧场提供灾害监测和预警服务，比如监测海浪、风暴潮、污染物扩散等数据，在灾害前提出预警，避免可能对海洋牧场造成的严重影响。

（二）方法技术与应用

1. 海洋地质调查方法

海洋地质调查包括海洋地质取样、勘探研究、数据分析等内容，分析海底地质结构稳定性、底质类型、沉积物分布特征；研究海洋牧场选址区域海底地层中断层、地震、火山等地质构造发育情况，避开可能存在地质灾害的风险区域，提高海洋牧场的建设成功率和养殖效率。

海洋牧场通常需要在海底安装养殖设施或栖息架，特别是对于网箱、浮筏等养殖设施。泥沙底质可能导致设施不稳定，而岩石底质则更有利于固定设施。通过海洋地质调查识别海底为沙质、泥质或是岩石底质类型，评估不同区域的底质特点，从而选择最适宜的建设位置。

另外，不同类型的海底适合不同的养殖物种。例如，贝类、海藻等常常需要坚硬的底质（如岩石底质或硬砂底质），而鱼类养殖可能更适合泥沙底质区域。海洋地质调查可以提供准确的底质信息，帮助选择最合适的区域。

2. 海洋遥感数据分析方法

海洋遥感技术通过卫星、无人机、船舶等平台获取海洋的多维度数据，涵盖

了海洋表面温度、盐度、波浪、流速、光照、水质等信息。分析这些精确的、实时的海洋环境数据，以全面了解海洋牧场选址区域的自然条件和生态状态，确保选址的科学性。因此，海洋遥感与海洋牧场选址具有紧密的关系，是实现高效、可持续海洋牧场发展的关键技术之一。

利用遥感技术分析海水的水温与盐度空间分布，选择适宜该区域生长和繁殖的物种养殖；监测海水的浑浊度、藻类分布等，研究海洋牧场的生态环境和养殖效益；将精确的海洋环境空间数据，包括温度、盐度、海流、潮汐等多维度数据的生成空间分布图，选择适宜的海洋牧场位置，避免选择受污染、环境不适宜的地区。分析潮汐与海流的水流方向、潮汐幅度、潮汐周期、波浪的周期性和高度、波浪与风的方向等参数，确保牧场的长期安全，降低设施的维护成本和风险；海域水体流动带动水质更新和食物链的循环，带走有害物质，防止污染积聚，有利于养植物种的生长。经过海洋遥感数据分析，确保选址更为科学，降低风险，提升海洋牧场的生产效率和可持续发展潜力。

3. 地理信息系统（GIS）数据分析方法

地理信息系统（Geographic Information System, GIS）是一个强大的数据分析工具，将来自卫星遥感、现场调查等不同数据源的环境、地形、水文、气候等空间数据整合到一个统一的系统中，例如，将水深、海流、底质等信息叠加在同一张地图上，直观地展示出各个区域的特点，并进行分析与可视化。在海洋牧场选址过程中采用GIS的数据分析方法，评估海域是否具备建设海洋牧场的条件，避开靠近污染源、渔业资源过度开发等区域。综合不同的评估结果合成地图，能够直观地选择最适合建立牧场的区域。

4. 人工智能数据分析

人工智能（Artificial Intelligence, AI）数据分析在海洋牧场选址中的应用，主要是通过先进的数据分析、机器学习算法和预测建模技术，为优化选址提供依据，进而提高选址的科学性和精确性。

海洋牧场选址可通过海洋遥感、海洋地质调查等方法获取大量水温、盐度、深度、洋流和生物多样性等生态环境相关数据，采用人工智能技术能够高效地处理和分析这些海量的信息。人工智能的预测模型可用于预估某海域气候、海洋条件以及生态系统的动态等长期环境变化；在综合考虑港口距离、生态影响、基础设施建设成本和水质等多种因素的基础上，运用遗传算法、神经网络等优化算法寻找到最合适的海洋牧场选址；此外，AI可对自然灾害、海洋酸化等环境变化的潜在威胁进行评估，避免由于环境变化造成的潜在风险，降低海洋牧场建设过程中的潜在风险。

人工智能还可以通过AI驱动的工具，实现实时监测海洋牧场周围水质、海洋污染等环境变化，有助于保障海洋牧场的长期可持续运营。

（三）课程实训

实践课程可根据课程教材中实践部分制定的内容，结合湛江4个国家级海洋牧场的优势，带领学生对威海1号、威海2号海洋牧场智能养殖平台进行观察、采样等，分析海洋牧场的海底地质特征、海水水质和水动力条件、海洋生态特征等，并邀请平台专家做讲解和学术交流等活动，分享最新研究成果，拓宽学生的视野。直观的实地考察海洋牧场选址和监测工作，了解不同海域特征对选址的影响，结合海洋生态系统响应政策背景下的海洋牧场管理，能帮助学生深入了解海洋牧场选址的内容。

科研实训课程可邀请相关领域的专家进行专题讲座或合作授课，丰富学生的视野，并帮助他们理解不同学科如何在海洋牧场选址的实际应用中互相配合，为海洋牧场建设培养综合性人才。

六、结语

作为海洋牧场建设中非常重要的第一步，海洋牧场选址需要有系统课程知识作为支撑。广东海洋大学通过开设与海洋牧场选址相关的综合性课程，可以为海洋牧场选址提供科学的方法。

与海洋牧场选址相关的综合性课程，主要包含海洋地质、海洋遥感、海洋生态等理论知识，让学生能够深入理解海洋牧场选址的基本理论知识；海洋地质调查方法、海洋遥感数据处理、人工智能数据分析、地理信息系统方法能够将海洋牧场选址相关的海底地质特征、海水水质与水动力条件、海洋生态特征参数进行分析论证为海洋牧场选址提供科学依据；结合实地考察和实习实践，将理论知识与实际相结合，使学生更好地掌握选址技术和方法，增强实践能力；同时根据海洋牧场科研动态，培养学生的科学研究能力和创新意识。海洋牧场的科学选址与课程思政相结合，培养学生的环境责任感和社会责任感。

随着海洋经济的发展，海洋牧场建设对海洋牧场选址的专业人才需求不断增加。该课程能够帮助学生在就业市场中具备竞争优势，培养适应海洋经济发展的专业人才，提升学生在相关行业的就业竞争力。与海洋牧场选址相关的综合性课程为学生未来在海洋研究和相关行业的进一步学习和发展打下坚实基础，为海洋牧场的可持续发展培养专业人才和贡献力量。

基金项目：广东海洋大学校级教育教学改革重点项目：《海洋地质学》中海洋牧场选址教学

内容体系建设与实施（项目编号：PX-982024020）。

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Chen Fengying ^{ID} <https://orcid.org/0009-0008-9411-4856>
Fu Dongyang ^{ID} <https://orcid.org/0000-0003-0426-4356>
Li Zhiqiang ^{ID} <https://orcid.org/0000-0001-9139-9579>
Liu Dazhao ^{ID} <https://orcid.org/0009-0002-2987-7394>
Li Canping ^{ID} <https://orcid.org/0009-0000-1063-0813>

References

- 陈坤、张秀梅、刘锡胤，等（2020）：“中国海洋牧场发展史概述及发展方向初探”，《渔业信息与战略》（35）：12-21。
[Chen Kun, Zhang Xiumei, Liu Xiyin et al (2020). "Overview of the Development History and Preliminary Exploration of Development Direction of Marine Ranching in China." *Fisheries Information & Strategy* (35): 12-21.]
- 陈丕茂、舒黎明、袁华荣等（2019）：“国内外海洋牧场发展历程与定义分类概述”，《水产学报》（43）：1851-1869。
[Chen Pimao, Shu Liming, Yuan Huarong et al (2019). "Overview of Development History, Definition and Classification of Marine Ranching at Home and Abroad." *Journal of Fisheries of China* (43): 1851-1869.]
- 狄乾斌、周琳、董少彧（2015）：“‘十三五’时期我国海洋产业发展的主要目标及推进策略”，《经济纵横》（1）：5。
[Di Qianbin, Zhou Lin, Dong Shaoyu (2015). "Main Goals and Promotion Strategies for the Development of China's Marine Industry During the '13th Five-Year Plan' Period." *Economic Review Journal* (1): 5.]
- 林承刚、杨红生、陈鹰等（2021）：“现代化海洋牧场建设与发展：第230期双清论坛学术综述”，《中国科学基金》（35）：143-152。
[Lin Chenggang, Yang Hongsheng, Chen Ying et al (2021). "Construction and Development of Modern Marine Ranching: An Academic Summary of the 230th Shuangqing Forum." *Bulletin of National Natural Science Foundation of China* (35): 143-152.]
- 刘思俭（1995）：“广东省应大力发展海洋牧场”，《湛江水产学院学报》（15）：1-43。
[Liu Sijian (1995). "Guangdong Province Should Vigorously Develop Marine Ranching." *Journal of Zhanjiang Fisheries College* (15): 1-43.]
- 谭广权（2023）：“金融支持海洋牧场建设的发展现状与推进措施”，《金融纵横》（8）：49-54。
[Tan Guangquan (2023). "Development Status and Promotion Measures of Financial Support for Marine Ranching Construction." *Financial Perspectives Journal* (8): 49-54.]
- 田涛、张明煜、杨军等（2021）：“国际化海洋牧场的体系构建及未来发展浅析”，《海洋开发与管理》（38）：55-61。
[Tian Tao, Zhang Mingyi, Yang Jun et al (2021). "A Preliminary Analysis of the System Construction and Future Development of Internationalized Marine Ranching." *Ocean Development and Management* (38): 55-61.]

- 谢笑艳、陈丕茂、佟飞等 (2022): “珠海外伶仃岛海域海洋牧场选址探讨”,《南方水产科学》(18): 18-29。
[Xie Xiaoyan, Chen Pimao, Tong Fei et al. (2022). “Site Selection for Marine Ranching in the Sea Area of Wailingding Island, Zhuhai.” *South China Fisheries Science* (18): 18-29.]
- 杨红生、丁德文 (2022): “海洋牧场 3.0: 历程、现状与展望”,《中国科学院院刊》(37): 832-839。
[Yang Hongsheng, Ding Dewen (2022). “Marine Ranching 3.0: History, Current Situation, and Prospects.” *Bulletin of Chinese Academy of Sciences* (37): 832-839.]
- 杨瑾、王维 (2011): “建设海上牧场振兴海洋渔业经济”,《海洋开发与管理》(28): 126-129。
[Yang Jin, Wang Wei (2011). “Constructing Marine Ranching to Revitalize Marine Fishery Economy.” *Ocean Development and Management* (28): 126-129.]
- 袁华荣、陈丕茂 (2022): “广东省海洋牧场发展现状、问题与对策”,《广东农业科学》(49): 141-154。
[Yuan Huarong, Chen Pimao (2022). “Development Status, Problems and Countermeasures of Marine Ranching in Guangdong Province.” *Guangdong Agricultural Sciences* (49): 141-154.]
- BAINE M (2001). Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance. *Ocean Coast Manage* (44): 241-259.
- BOHNSACK J A, SUTHERLAND D L (1985). Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science* (37): 11-39.