# 数字技术对海洋产业生态化的影响

## ——以青岛市为例

苟露峰，王宁

（青岛理工大学商学院 青岛 266520）

**摘要**：产业生态化转型是实现海洋经济绿色发展和“双碳”目标的重要路径，数字技术是海洋产业生态化转型的重要助推因素。文章以海上丝绸之路节点城市——青岛市为例，综合梳理国外数字技术应用于海洋产业生态化转型的资料，选取青岛市海洋渔业、海洋交通运输业、海洋生物医药和滨海旅游业等重点海洋产业，分析不同行业现状并结合青岛市的海洋产业特点，提出数字技术助力海洋产业生态化转型建议，以全面提升青岛市海洋产业生态化水平，实现海洋可持续性发展。

**关键词**：数字技术；海洋产业生态化；绿色发展；青岛市

**中图分类号**：F127；P74 **文献标志码**：A **文章编号**：1005－9857(2023)09－0110－07

# Study on the Impact of Digital Technology on the Ecological Development of Marine Industry ：A case study of Qingdao

GOU Lufeng，WANG Ning

（Business college，Qingdao University of Technology，Qingdao 266520，China）

**Abstract**：The ecological transformation of the marine industry is an important path to achieve the green development of marine economy and the goal of “double carbon”，and digital technology is an important boosting factor for the ecological transformation of the marine industry. Taking Qingdao，a node city of the Maritime Silk Road，as an example，this paper comprehensively summarizes the data of foreign digital technologies applied in the ecological transformation of marine industry，and selects the key marine industries of Qingdao as follows. This paper analyzes the status quo of marine fishery，marine transportation，marine biological medicine and coastal tourism，and puts forward suggestions on the ecological transformation of marine industry aided by digital technology in combination with the characteristics of marine industry in Qingdao，so as to comprehensively improve the ecological level of marine industry in Qingdao and realize the sustainable development of marine industry.

**Keywords**：Digital technology，Ecological marine industry，Green development，Qingdao City

**收稿日期**：2022-12-15；**修订日期**：2023-07-27

**基金项目**：教育部人文社会科学研究青年基金项目“资源环境约束下的中国海洋经济增长质量测算与提升路径研究”(18YJC790035)；青岛市社会科学规划研究项目“数字经济助力青岛市海洋经济高质量发展的机制和路径研究”(QDSKL2101182).

**作者简介**：苟露峰，副教授，博士，研究方向为海洋经济增长理论与政策

**通信作者**：王宁，硕士研究生，研究方向为海洋经济增长理论与政策

## 0　引言

2005 年“绿水青山就是金山银山”理论首次被提出，2022 年党的二十大对环境保护提出了更高要求——坚持生态环境保护，坚持污染防治低碳发展，在发展经济过程中同样要兼顾生态环境保护工作。在海洋生态保护上，我国“十二五”规划明确提出“推进海洋经济发展”，党的十八大将海洋强国提升到国家发展战略层面，党的二十大进一步强调发展海洋经济的同时保护海洋生态环境，加快建设推进我国进入海洋强国行列。科技强国作为我国的基本国策，数字技术已成为 21 世纪国家发展的科技主流。《中国数字经济发展白皮书(2022)》中指出，2021 年，我国数字经济发展取得新突破，数字经济规模达到 45.5 万亿元，占 GDP 比重达到 39.8%，数字经济规模位居全球第二。我国数字技术应用已经成为国民经济的“稳定器”和“加速器”，但在海洋产业当中，数字技术应用方面程度不高、应用深度不够、应用技术陈旧等问题亟待解决。2021 年我国海洋生产总值首次突破 9 万亿元，海洋产业对我国 GDP 贡献持续增加，海洋产业可持续发展理应得到重视。将数字技术与海洋产业结合，普及数字技术，更新数字技术，让海洋产业在正常发展中，逐步实现产业全过程生态化，助力我国海洋产业可持续性、绿色化发展。

青岛地处我国华东地区，东濒黄海，是国家重要的现代海洋产业发展先行区、东北亚国际航运枢纽、海上丝绸之路的重要节点城市。青岛海岸线绵长蜿蜒，拥有得天独厚的海洋优势。青岛海洋产业在支持自身经济发展的同时又可以带动周边产业和其他省(自治区、直辖市)经济发展，是山东省整体的经济支柱。青岛市政府工作方案也对于发展智慧海洋、注重海洋生态、建设海洋大数据中心、海洋产业数字化转型提出了新要求。目前关于数字技术融入海洋产业生态化的研究资料较少、现有资料陈旧等问题，理论研究与经济发展不同步。因此引入数字技术助力海洋产业生态化发展，让海洋产业可持续的健康发展刻不容缓。

## 1　海洋产业生态化的内涵与经验梳理

### 1.1　海洋产业生态化的内涵

对于产业生态化概念方面国内外学者并未对这一概念和过程进行单独界定，其最早源自1989 年罗伯特·弗罗什和尼古拉斯·盖洛普发表文章《制造业的战略》(Strategies for manufacturing)中关于“产业生态系统”(the Industrial Ecosystem)的概念，文章中记录了“工业企业可以采用新的生产方式来大大减少对环境的影响”[1]。此外书中还提出为了促进产业的可持续健康发展，在相关产业系统建设过程中，使用自然界的能量传递、通过生态手段进行元素物质流动等生态循环原理。自此以后，产业生态学研究被广泛重视并开始快速发展[2]。1992 年，Tibbs[3]对产业生态学理论进行了界定，从本质上介绍和讨论了产业生态化，将产业生态化与产业基础设计相结合，成为一系列环环相扣的人造生态系统，与全球自然生态系统相连接。Lowenthal 等[4]研究分析了产业生态化中的能源系统，以及在生态化产业过程中涉及的材料和能源、元素循环要求。旨在促进工业生态学的理论基础，有助于开发比较能源生产和产业生态化工具，包括系统给物质、信息流动和能量来源对社会和环境的影响。随后，学术界开始重视产业生态化科目研究，将产业生态化当作一个实体概念并逐渐试验落地。

20 世纪 90 年代西方产业生态相关理论引入，刘则渊等[5]对于产业生态化的概念做出界定，即将生态环境作为物质生产过程中的重要参与者，使得受产业活动影响导致的自然资源消耗环节融入生态系统自身物质和能源的大循环体系中，依靠整体生态系统的净化作用实现绿色生态化和可持续发展。陆宏芳等[6]以广东地区产业生态系统为研究对象，针对当时产业生态化评价指标缺失和不完善的情况提出了具体的数值界定和评价指标。在资源消耗、内部循环、产出交换、废弃排放等方面，构建了区域产业生态系统能值分析指标体系。

目前产业生态化理论已经得到成熟研究，但是国内外对于产业生态化与海洋相结合方面还未建成相关体系，海洋产业生态化的概念在学术界尚未达成共识。基于国内外产业生态化的研究，本文认为海洋产业生态化即将海洋生态系统融入海洋产业，再提高海洋资源利用率，减少生产环节、转运环

节过程中资源损耗，降低污染排放并利用海洋生态循环的迅速性，加快对资源生产过程破坏环境的修复，实现海洋相关产业绿色清洁生产和海洋生态系统的可持续发展。

### 1.2 国外海洋产业生态化经验梳理

#### 1.2.1 美国

2022 年，美国国家科学技术委员会（NSTC）发布《2022—2028 年海洋科技机遇与行动》[7]，提出建设具有韧性的海洋科技基础设施。“韧性”即通过人工智能和机器学习等数字技术，提升海洋科技基础设施建设，实现净零碳排放的目标，有效减少温室气体排放，遏制温室效应发展。具体措施主要包括探索研究改造污染船只；利用数字技术控制船舶噪声、海洋垃圾和污染燃料，保护海洋生态系统；改进数据管理和网络基础设施系统，以确保公众及时获得和使用海洋数据等。

同时美国国家海洋和大气管理局（NOAA）宣布与国际海洋基金会（TOF）建立合作关系并签署了一份协议，为国家与国家之间的活动提供合作框架，促进人类对全球海洋的研究、保护和认知。

#### 1.2.2 英国

英国政府发布《绿色未来：英国改善环境 25 年规划》[8]，通过可持续地利用资源，减少产生垃圾塑料，使海洋更清洁、更健康。通过充分利用新兴技术，建设一个更清洁、更环保的国家，并从绿色清洁生产革命中获得经济回报。目前海洋酸化和对珊瑚礁的破坏是威胁英国海洋环境的两大因素，为解决此项问题，由英国政府提供经济支持，并与其他国家合作，推动监测和收集数据方面技术突破和创新，在政策和技术上共同保护英国海洋生态系统。

英国以现有计划为基础，通过完善管理生态协调的保护区网络，全方位保护最具生物多样性价值的地点。英国将引入数字技术支持，以应对海洋环境压力的变化、气候变化，以帮助管理海洋环境。通过遥感、地球观测卫星与大数据库信息结合，保护海洋栖息地和海洋生物，提高海洋系统复原能力，使海洋资源能够更好地应对人类生产活动的破坏性压力，并更迅速地从风暴和污染事件等个别事件中恢复过来。

#### 1.2.3 澳大利亚

澳大利亚政府很早便将科技与海洋资源相结合，旨在高效合理利用海洋资源。政府出台《澳大利亚海洋科技计划》《海洋研究与创新战略框架》等政策，通过政府规定划分各州及其下属地区之间的海洋管辖区域，各地区对责任海域直接管理，并结合新兴科技产业进行海洋管理，为澳大利亚海洋产业进一步实现可持续发展。

同时政府为了进一步保护海洋资源，同步制定了澳大利亚海洋产业发展战略。通过海洋产业的综合管理，重点放在数字技术开发和养护海洋渔业资源中，并且将发展成果直接链接到其他产业行业中，实现海洋生态环境的绿色化和生态化，这也为澳大利亚发展滨海旅游业提供了基础保障，生态环境的可持续发展推动澳大利亚海洋经济的可持续发展。

## 2 数字技术助力海洋产业生态化转型模式探讨

根据 2021 年《中国海洋经济统计公报》[9]显示，2021 年我国海洋生产总值比上年增长 8.3%，沿海地区生产总值贡献达到 15%。其中青岛市 2021 年海洋生产总值居全国沿海同类城市第一位，青岛海洋交通运输业、海洋船舶、海洋工程、海洋材料制造等重点海洋产业实现较大增长。通过选取青岛市重点海洋产业：海洋渔业、海洋交通运输业、海洋生物医药和滨海旅游业现状进行分析，并提出切实可行的数字技术融合模式，解决青岛市限制海洋产业 GDP 增长等一系列问题。

### 2.1 青岛主要海洋产业发展情况

#### 2.1.1 海洋渔业

青岛市气候四季分明，夏无酷暑，冬少严寒，属温带季风气候。海域开阔，水深较大，地形上海岸边坡度较大，离岸比较平缓。气候适宜，地理位置优越使青岛发展海洋渔业具有得天独厚的优势。2021 年青岛农林牧渔业增加值 500.05 亿元，比上年增长 6.8%；海水、淡水养殖面积 3.7 万 $hm^2$，增长 5.8%；远洋渔业产量 14.8 万 t，增长 0.7%。

青岛海洋渔业产业经济始终保持增长趋势，但是由于发展模式、技术体系等方面缺失，与现代化海洋渔业还有一定差距。目前，青岛海洋渔业仍然

存在只看经济效益，忽视生态效益的情况。经济发展和生态环境保护之间的矛盾极为突出，水资源污染严重，对于海洋资源环境治理方面仍需管理；青岛海洋渔业同样面临一些技术问题，海洋渔场模拟生态环境技术能力薄弱，北方海洋夏季气温高、氧气较少，环境条件无法改善；养殖业中生物食物链较为单一导致食物网不稳定，影响海洋渔业资源可持续发展能力；海域水栖生物资源监测能力不足，导致渔业资源难以准确评价和精准采捕[10]；青岛海洋渔业主要开发水下领域，而水上空间并未充分利用，水上水下立体空间综合开发能力弱，使得海洋渔业空间利用不足，资源浪费严重。

2.1.2　海洋交通运输业

目前，青岛已经实现大规模港口建设，包括青岛港、董家口港、黄岛油港区等在内的五大港口，每年完成货物吞吐量共计 5 亿～6 亿 t。青岛港口建设较早，行业服务标准不成体系，运输服务质量很大程度上依靠从业人员个人能力支持，难以规模化管理；港口老化导致物流处理效率低下；人工操作也容易发生灾害威胁他人生命安全；港口各部门之间通信能力存在传输时间，影响港口作业效率，港口在海上、陆地物流枢纽点和进出口物流基础设施之间的连接作用不足，物流整体数据利用率较低。船舶－港口－陆地之间物流信息连接不足，增加了青岛港口物流处理时间，影响企业的生产进度和货物交付时间。青岛海洋运输由于基础设施匮乏，技术缺陷且积累不足、产业制度不规范等历史原因，导致行业起步较晚，产品质量和服务不到位，行业供给不足，产业化程度较低，导致了用户需求难以得到及时满足。

2.1.3　海洋生物医药行业

国家对海洋生物医药的政策支持和研发力度不断加大，这也促使海洋生物医药产业化进程加快，2021 年我国海洋生物医药业全年实现增加值 494 亿元，比上年增长 18.7%。早在 1970 年，青岛市相关医药行业便开始海藻制药的研究，改革开放以后，青岛海洋医药产业的研究相关成果已经处在国际前沿，并取得了一系列创新成就，国内大部分海洋医药都来自青岛各高校、科研院和医药研究企业机构。

青岛海洋生物医药行业发展势头迅猛，在现有海洋资源条件下，青岛海洋生物医药产业特色并未得到展现，医药领域创新能力较低[11]。在科技飞速发展的大环境下，众多临海省（自治区、直辖市）均踏入海洋生物医药领域，这也让青岛海洋生物医药行业内竞争愈加激烈。同时，人口剧增导致海洋环境污染，进而影响生态环境中海洋生物活性，从而降低海洋生物制药材料质量，影响整个研发流程甚至达不到理想的实验结果，不能开展下一步环节[12]。

2.1.4　滨海旅游业

随着助企纾困和刺激消费政策的陆续出台，青岛滨海旅游市场逐步回暖，全年实现增加值 15 297 亿元，比上年增长 12.8%。目前，青岛滨海旅游业还是传统型旅游方式，旅游业基础设施较为完善但是文化产业展现不足，海洋文化资源被大量浪费。根据青岛滨海旅游业的发展情况来看，文化整合工作较差，文创产品类型较少，没有让游客体验到独特“山海间的青岛”，并未给游客留下深刻印象；对旅游产品的质量重视不够，忽略了在发展旅游资源中融入自身特色。

### 2.2　数字技术融合模式

根据中国互联网络信息中心（CNNIC）发布的第 49 次《中国互联网络发展状况统计报告》显示，截至 2021 年 12 月，我国网民规模达 10.32 亿人，较 2020 年12 月增长 4 296 万人，互联网普及率达 73.0%。5G 互联网的普及让智能手机与电脑实现信息的互联互通，加速信息流动和处理效率，让信息从个人端口向外辐射。

将数字技术引入青岛海洋渔业产业，使得传统海洋渔业转型为注重信息流动与加工的智慧管理型渔业，建立智能化养殖系统，帮助青岛地区海洋牧场高质量发展；在海洋交通运输方面，数字技术提供实时物流实况信息、利用物流数据等多种服务，极大增加港口物流运输效率。建立智能铁路环绕港口码头，并对整个运输流程跟踪，管理保证港口运输的安全性、及时性，建立港口社区系统；互联网、人工智能等数字技术为生物医药提供新技术支

持，加快生物提取和药物实验环节进程，推进青岛海洋生物医药产业创新，增加青岛市生物医药行业竞争力。利用大数据技术检测海洋生态环境水质、水温、含氧量等信息，保证生物医药制药环节原材料高质量，在源头上保障青岛海洋生物医药行业发展；同时以青岛海洋旅游项目为主线，建设青岛智慧旅游城市，利用数字技术开发应用软件，以数字智能支持五大要素提供智能服务，让首次踏入青岛的游客也有宾至如归之感，有利于增强游客的归属感，增加游客对青岛“红墙绿瓦，碧海蓝天”的向往感。提出“青岛智能旅游指标”，从大数据、人工智能技术统计游客人数、男女比例、年龄段等信息，经过数字分析后有的放矢改善景区服务。

## 3 数字技术助力海洋产业生态化转型实施路径

### 3.1 海洋渔业

帮助青岛海洋养殖业构建环保智能养殖基础体系，通过数字技术建立“海洋水产新产业生态系统”，将依靠肉眼观测和经验养殖的传统方法逐步转换。将饲料机复合传感器等标准化、自动化器材普及到海洋渔业养殖场中，节省劳动力和饲料费，降低养殖门槛。为了精确控制流程并进行数据积累和共享，系统中人工智能（AI）程序模块将记录信息并由大数据程序分析计算，进一步优化饲养程序，实现高度智能化。

海洋水产新产业生态系统具体流程包括：

（1）事前预测。通过互联网软件模拟预投放养殖水产全部流程，并增加后续投入环节，根据不同水产生物传染病发生的概率增加养殖损失，让养殖户在投放幼苗之前即可获得合理预期。

（2）信息收集。利用人工智能＋大数据技术，在养殖过程中持续关注幼苗生长情况、生长环境、温差、水质等信息，通过传感器记录实时信息入库分析，实时调整养殖计划。人工智能技术也可以追踪表现异常的水产生物并及时锁定位置，报告饲养者进行捕捞清除，保证水产品的安全性。

（3）产品质检。对于抽检批次的产品，通过大数据系统记录从幼苗投放环节到达到出售标准之间全过程信息，利用实验室检测与 AI、大数据技术相结合的智能质检技术，快速准确获得检验结果，节省养殖户的等待时间和成本，也为质检机构提供便利。

（4）产销结合。引进水产品养殖－委托销售－流通－进出口环节全过程“智能水产品冷链”体系，保证整个过程绿色环保、消费者使用手机软件扫描包装条码即可查到从养殖－流通－上架整个环节的信息记录，同时对于问题水产也可以通过批次信息及时追回，防止食品安全问题影响扩大。（图 1）

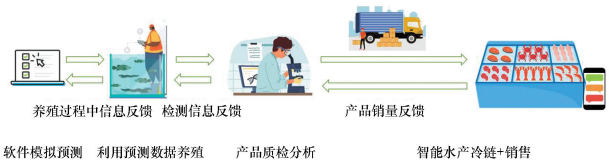


图 1 海洋水产生态系统

Fig.1 Marine aquatic ecosystem

### 3.2 海洋交通运输业

利用数字技术支持海运物流产业自动化、智能化，研发使用新型智能集装箱系统，记录货物装箱到卸货的整个运输环节，对货物情况留下图片和视频记录，并将相关货物信息计入大数据系统，帮助相关海运公司管理货物。若货物出现问题也可以提高追回速度，为海关执法部门提供便利。将船舶－港口－陆地之间物流信息通过互联网信息传输进行互通，建立综合“港口社区系统”。具体包括：当船舶出港时，进港地区和收获方则可以立即收到提醒，出港路线、入港时间、货物具体位置、预计卸货时间等详细信息都支持查询，并进行实时位置报告。港口收到预计到达时间后进行码头安排和后续卸货工作，通过系统预测港口完成的作业时间，收货方收到预测信息则可以安排时间取货，减少货物在中转环节的滞留时间，也保证了食品货物的新鲜度。2022 年我国“双 11”期间全网交易额为 5 571 亿元，包裹数量约为 5.52 亿个，海运物流基础设施之间的数字化，将会减少物流费用并创造附加价值（图 2）。

建设港口运输单独数字铁路，将港口各部分区域连接起来，通过港口－铁路的自动化装卸系统，数字智能载货车根据货物运输程序从铁路线下来到港口的物流分配据点，自动卸货系统将集装箱放置到数字系统指定位置，保证运输全过程数字系统

图 2　港口社区系统

Fig.2　Port community system

自动化。整个数字化智能运输流程无须人工操作，避免了青岛港口工人的意外伤害，同时在新冠肺炎疫情的特殊时期，海外集装箱无人运送也保障了港口工人的安全，为青岛疫情防控工作做出努力。

### 3.3　海洋生物医药

在青岛海洋生物医药原材料管理海域增添数字技术设备，通过 AI 和大数据传感器的监管，在电脑中记录水质、含氧量、水温、盐度等海洋生态环境信息并进行监测，当异常情况发生时立即发出警告提醒，保证青岛海洋生物医药原材料品质。同时数字技术对于海洋生物生长情况也能进行跟踪，方便研究人员可以取得处在不同生长周期内的实验材料。同时数字技术也可以跟进管理海域内海洋生物生活动向，为研究人员提供新生物医药材料信息。

生物医药研究阶段耗时长、投入大，将数字技术融入青岛医药行业的研发过程，在实验初期帮助研发人员模拟实验结果，成为推进实验展开的依据；AI 传感器和热成像技术实时关注实验发展情况，一旦相应数据超过研究人员设定的安全范围则首先发出提醒并进行智能调节，智能系统调节成功或失败都会传递出信息，帮助研发人员跟进整个实验过程（图 3）。

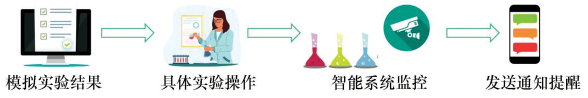


图 3　生物医药系统

Fig.3　Biomedical systems

在此基础上青岛海洋生物医药需要发挥出自身特色，借助互联网、5G 时代的浪潮，通过目前流行的短视频、公众号推送等新媒体方法，简单记录海洋医生物医药取样、研发、生产到成品的全过程，让消费者了解生物医药生产环节，增加青岛海洋生物医药品牌的可信赖度，提高青岛海洋生物医药行业竞争力。

### 3.4　滨海旅游业

建立青岛智慧旅游城市系统，突出青岛作为“山海间的城市”旅游特点，以智能视觉、智能便利、智能服务、智能交通和智能平台五大要素为中心分类，在游客旅程前、中、后 3 个阶段提便利。①智能视觉，利用 AI、计算机算法技术、增强现实（Augmented Reality，AR）技术、虚拟现实（Virtual Reality，VR）技术等，最大限度地发挥自然文化、历史等观光魅力，让游客身临其境体会出海捕鱼、模拟帆船等海上项目，让参加实体项目受限的游客（如，老人和儿童）也可以感受到青岛旅游项目乐趣。通过 VR 观光系统的内容联动，也会拉动实体项目游客的增长。②智能便利，通过智慧城市系统软件推荐相应景区的旅游路线、景区周围特色餐厅等实时预约和支付系统，游客也可以将意向地点全部选中，智能系统为其安排最佳旅游路线选择。③智能服务，提供景区免费 Wi-Fi 服务，引进多语种翻译，扫除外国友人游玩时的语言障碍；添加地区方言，如广东话、闽南语、上海话等，解决外出旅游沟通不畅等问题。设置观光联络中心、智能语音客服、智能观光音频等，游客无须导游也能了解青岛历史，方便快捷。④智能交通，系统连接共享汽车、共享单车等城市间移动交通工具，并提供实时地铁和公交车信息，打造智能交通。⑤智能平台，支持青岛智能观光城市内各种信息服务，同时对平台上的数据进行收集、共享、应用等，建立综合移动数据平台。其中前 4 部分主要面向游客服务，智能平台主要致力于后台分析计算，根据游客喜好、年龄段、景区人流量时间段等有针对性改善服务（图 4）。

图 4　智慧旅游城市系统

Fig.4　Smart tourism city system

通过青岛智能旅游系统让青岛传统旅游方式焕发新活力，提出“智能旅游城市指标”，从运营角度将青岛向智慧旅游城市的方向发展，以数字技术为基础助力青岛未来旅游服务，保证青岛滨海旅游业的效率性和可操作性，建设以旅游服务与营销为

一体的良性循环体系。

## 4 结论

随着数字技术的长足发展及其向海洋产业的广泛赋能，数字技术已成为海洋产业提质升级、追求高质量发展的主要方向。立足海洋产业生态化的演进规律，谋划数字技术赋能海洋产业生态化转型的推进策略，成为政策的关注点和研究的着力点。海洋产业生态化转型能否顺利实施，一定程度上决定了未来一段时期我国海洋产业发展的质量与效益，在海洋产业发展格局中具有全局性意义。

海洋是青岛最大的特色和优势所在，也是实现高质量发展的战略要地。青岛市第十三次党代会明确提出了加快迈向“活力海洋之都、精彩宜人之城”的城市愿景，将青岛的海洋发展摆在前所未有的位置。青岛海洋产业应紧跟时代潮流，将重点海洋产业生态化转型融合数字技术，加快数字经济与海洋产业融合发展，赋能海洋产业生态发展。利用物联网、云计算、大数据等数字技术，推进传统海洋制造业转型升级。提升港口物流智能化水平，促进海洋产业数字化升级和提升海洋服务业服务效率，催生海洋生物医药、海洋新材料等海洋战略性新兴产业与智慧渔业、智慧海上旅游新业态的快速发展壮大，实现海洋产业向低碳、绿色产业结构升级。

随着数字技术的迭代和数字环境的变迁，海洋产业生态化也将面临一些新问题。对此，学界还须做出深入探讨，以更好地运用数字技术赋能海洋产业生态化转型的实施。

**参考文献(References)：**


[1] ERKMAN S.Industrial ecology：a historical view[J].Journal of Cleaner Production，1997，5(1－2)：1－10

[2] 邱跃华.产业生态化理论综述及创新展望[J].现代经济信息，2015(11)：237－240.
QIU Yuehua. Review of industrial ecological theory and innovation Prospect [J]. Modern Economic Information，2015(11)：237－240.

[3] TIBBS B C.Industrial ecology：an environmental agenda for industry.[J].Whole Earth Review，1992(77)：4－4.

[4] LOWENTHAL M D. Industrial ecology and energy systems：a first step[J].Resources Conversation and Recycling，1998(27)：241－247.

[5] 刘则渊，代锦.产业生态化与我国经济的可持续发展道路[J].自然辩证法研究，1994(12)：38－42，57.
LIU Zeyuan，DAI Jin. Industrial ecology and sustainable development path of Chinese economy [J]. Studies in Dialectics of Nature，1994(12)：38－42，57.

[6] 陆宏芳，彭少麟，任海等.产业生态系统区域能值分析指标体系[J].中山大学学报(自然科学版)，2006(2)：68－72.
LU Hongfang，PENG Shaolin，REN Hai ，et al. Index system of regional emergy analysis of industrial ecosystem [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni (Acta Sci Nat Univ Sunyatseni) ，2006(2)：68－72.

[7] National Science And Technology Council. Opportunities And Actions For Ocean Science And Technology (2022－2028) [EB/OL].(2022－03－11). https://www.white house.gov/wp－content/uploads/2022/04/03－2022－SOST－Opportunities－and－Actions－for－Ocean－Science－and－Technology－2022－2028.pdf.

[8] Department for Environment，Food & Rural Affairs. A green future：our 25 year plan to improve the environment[EB/OL].(2018－01－11). https://www.gov.uk/government/publications/25－year－environment－plan.

[9] 中华人民共和国自然资源部.2021 年中国海洋经济统计公报[Z].2022.
Ministry of Natural Resources of People's Republic of China. China marine economy statistical bulletin 2021[Z].2022.

[10] 李加林，沈满洪，马仁锋，等.海洋生态文明建设背景下的海洋资源经济与海洋战略[J].自然资源学报，2022，37(4)：829－849.
LI Jialin，SHEN Manhong，MA Renfeng，et al. Marine resource economy and marine strategy under the background of marine ecological civilization construction [J]. Journal of Natural Resources，2022，37(4)：829－849.

[11] 张栋华，杨剑，孙逊，等.山东省海洋生物医药产业发展研究[J].海洋开发与管理，2021，38(10)：33－38.
ZHANG Donghua，YANG Jian，SUN Xun，et al. The development of marine bio-medicinal industry in Shandong Province [J].Ocean Development and Management，2021，38(10)：33－38.

[12] 李晓，王颖，李红艳，等.我国海洋生物医药产业发展现状与对策分析[J].渔业研究，2020，42(6)：533－543.
LI Xiao，WANG Ying，LI Hongyan，et al. Analysis on the development status and countermeasures of Chinese marine biomedicine industry [J]. Journal Of Fisheries Research，2020，42(6)：533－543.