

现代渔业发展现状与科技应对

Status of development of Modern Fisheries and
Scientific and Technological Countermeasures

杨红生

中国科学院海洋研究所，青岛266071

中国科学院烟台海岸带研究所，烟台264003

2019年4月21日 北京

报告提纲

➤ 产业现状分析

➤ 国际发展态势

➤ 国内发展态势

➤ 未来发展战略

我国水产养殖特点分析

- 养殖种类296 个、新品种 215 个，合计为 **501个**。种类组成区域差异明显，淡水养殖鱼类占绝对优势，**草鱼、鲢鱼、鳙鱼、鲤鱼、鲫鱼和罗非鱼**排名前 6 个种类的养殖占淡水养殖产量 69.6%；海水养殖则以贝藻类为主，**牡蛎、蛤、扇贝、海带、贻贝和蛭** 6 个种(类)的养殖占海水养殖产量 71.3%，
- 养殖方式从天然养殖向投饵养殖转变，**不投饵率呈明显下降趋势**，从 1995 年 90.5%降至 2014 年 53.8% (淡水 35.7%，海水 83.0%)；营养级略有下降，从2005 年较高的 2.32 降至 2014 年 2.25 (淡水 2.35，海水 2.10)。营养级金字塔由 4 级构成，**以营养级 2 为主，近年占70%**。

我国海洋农业亟待第三次飞跃

生态优先，陆海统筹

第三次飞跃
现在

工程化 机械化
智能化 信息化

资源养护，食品安全

第二次飞跃
2010年

良种化 生态化
工程化 高值化

第一次飞跃
90年代前

人育化 家养化
规模化 多元化

产量第一，经济效益

单一物种——全产业链——全产业体系

报告提纲

➤ 产业现状分析

➤ 国际发展态势

➤ 国内发展态势

➤ 未来发展战略

1、水产生物组学和遗传工程

● 世界纷纷开展重要水产经济生物的基因组学研究

美国率先在牡蛎、对虾、大马哈鱼、虹鳟、鲟等水产经济生物的基因组研究取得进展，筛选到一批与发育、生殖及免疫相关的功能基因；加拿大、澳大利亚等国家陆续加入到水生生物基因资源争夺战的行列。

● 基因组信息辅助育种成为育种领域研究热点

美国、挪威分别开展了抗弧菌病、VNN病毒病鲑鳟、鳕的和抗弧菌病斑点叉尾鮰的全基因组选育。美国育成的“超级大马哈鱼”，经过20余年持续选育，使大马哈鱼的产卵期提早4-5个月，1龄鱼的体重比选择前增加1倍。

2、重要病害快速检测与防治

- **建立了多种病毒、细菌等病原快速检测方法**

对鲑、鳟的主要病毒及细菌病原的检测技术多数都开发成了商品化的**试剂盒**，如希腊开发销售的假结核性巴氏杆菌病的检测试剂盒，凭肉眼观察即可判定检测结果。

- **发达国家鱼类疫苗已经进入商业化**

挪威、日本、加拿大、智利等国家已有多种鱼类疫苗进行了商品化应用，包括弧菌病疫苗、爱德华氏菌病疫苗、耶尔森氏菌病疫苗、气单胞菌疫苗和链球菌病疫苗等鱼类**细菌病疫苗**。

商品化的鱼类病毒病疫苗取得了部分进展，如日本的真鲷虹彩病毒（RSIV）病疫苗等**灭活疫苗**，以及挪威、智利广泛使用的传染性胰脏坏死症病毒（IPNV）疫苗等**重组蛋白疫苗**。

3、健康养殖技术与工程装备

- **陆基工程化养殖系统已成为国际水产养殖研究热点**

以**池塘分隔**养殖为代表，推动了池塘养殖向标准化、设施化、机械化、智能化、多营养层级复合的精细化生态高效养殖发展。

欧美、日本、以色列等国将**工厂化循环水**养殖模式作为优先发展领域，形成了集养殖设施装备和系统制造、产业化于一体的完整产业链。

- **离岸深水养殖技术倍受关注**

发达国家的深水网箱养殖基本实现了机械化自动化生产，配备投饵、洗网、分级、吸鱼等装备，**智慧渔场**建设也进展迅速。

- **物联网技术在智能化养殖管理过程中得到充分体现**

发达国家的养殖设施已朝智能化管理方向迈进，建立了以养殖对象为主体的**数学模型和专家决策系统**。

4、渔业资源养护与环境修复

- **水生生物资源养护是国际生态学研究的前沿和热点领域**

美国在加利福尼亚建立起海洋牧场，休闲渔业年创收500亿美元以上；日本政府栽培渔业发展迅速，放流规模百万尾以上的种类超过30种。欧洲从流域、国家以至大洲的层面上制定鱼类洄游通道恢复规划和计划，对受损湿地进行恢复与重建，对河流进行自然化恢复，实现了流域水资源与生物资源协调发展。

- **在渔业资源与环境管理中加强制定行业标准完善法律**

澳大利亚的《国家公园和野生动物保护法》，美国的《濒危物种法》等，建立了良好的鱼类增殖放流管理机制，自然保护区管理制度也日趋完善。

5、远洋渔业资源开发与利用

● 基于生态系统的渔业资源可持续利用和管理

世界远洋渔业发展趋势，是基于生态系统的渔业资源可持续利用和管理，加强**大洋和南极渔业资源渔场**的开发和常规调查；开发**高效和生态型捕捞**技术，降低捕捞作业对濒危种类、栖息地生物与环境的影响。

● 基本实现了船舶装备的现代化和信息化

日本重点研发资源与渔场**预测技术**、**节能型渔船**、**生态型和高效型捕捞技术**。

欧盟投巨资建造设备先进的渔船，配备高科技仪器和性能优良的渔具，**渔船趋向大型化、机械化和自动化**。

挪威采用先进的连续拖网泵吸捕捞技术，使单船产量**达到10万吨**，其船载磷虾粉和磷虾油提取加工技术属世界领先。

6、产品精深加工与安全保障

● 发达国家水产品加工产业呈现出多元化

发达国家消费者对高品质食品需求促进了生物工程、膜组合分离、微胶囊、非热杀菌、无菌包装、真空冷冻干燥、超微粉碎等**高新技术**的应用；重视加工副产物的**高值化利用**，如超高压、超声波等非热加工技术应用于杀菌、钝化蛋白酶类、水产蛋白的凝胶化、辅助提取海洋生物活性物质等。

● 世界各国十分注重检测方法的标准化战略

欧盟、美国、日本等国家一直致力于**国际和区域标准化**，并极力促进本国标准**变成国际标准**；**无损检测技术**已经在发达国家应用于各种食品的快速检测与鉴定；条码技术、电子标签、射频识别（RFID）等为**信息采集和传递**提供了技术支撑；在质量控制方面，先进国家已开始推动动物食品的HACCP计划。

报告提纲

➤ 产业现状分析

➤ 国际发展态势

➤ 国内发展态势

➤ 未来发展战略

1、遗传工程与病害防控获得新认知

● 重要性状分子调控机制和遗传网络解析取得重要突破

水产动物病原致病力和疾病流行的**分子基础**、**宿主免疫系统**及其对病原侵染的应答机理和免疫防治的**技术原理及有效途径**等方面研究取得了**国际瞩目**的研究成果。**水生生物组学**研究与国际同步发展。

● 现阶段存在的问题

重要养殖动物的生长、发育、抗病、抗逆等经济性状的生物学基础研究有待进一步深入；除鱼类之外，由于**转基因、细胞培养、胚胎干细胞**等技术在水生无脊椎动物中一直未有重要突破，一定程度上制约了生物组学后续研究和应用。

2、良种培育与苗种扩繁取得新突破

● 建立并完善了现代良种培育体系

成功培育出了215个高产、优质、抗逆的水产新品种；创制一批新种质材料，定位了一批与重要生产性状相关的QTL，育种技术持续保持着世界第一养殖大国的领先地位；先后有30多个水产名特优种的规模化苗种繁育技术相继取得成功。

● 现阶段存在的问题

种质资源评价利用和育种材料构建等基础工作薄弱，育种理论和技术有待进一步提升，适于水生生物后裔多、遗传多态性高等特点的分子育种理论和技术尚需发展，一些名贵的养殖物种的苗种繁育技术亟待开发。

3、养殖装备与关键技术迈上新台阶

● 渔业设施工程化技术研发取得了一定进展

建立了节能环保型陆基高效养殖生产技术，构建工厂化和池塘养殖标准体系；浅海养殖多营养层次综合养殖模式备受国际推崇；深水网箱工程技术取得长足发展；研发成功多种疫苗、微生物制剂和绿色环保渔药；发展了环保型、功能性饲料并得到应用，无公害、绿色产品逐渐增多。

● 现阶段存在的问题

信息化、数字化、自动化、智能化等现代物联网技术在海水养殖中的应用率较低；湖泊、池塘养殖技术规范和技术标准有待建立完善，滩涂养殖人工调控技术缺乏，浅海底播养殖生物存活率低和采捕难度大，离岸深水养殖技术尚处于起步阶段。

4、资源养护与生态修复实现新跨越

● 提出“海洋农牧化”的发展思路

建立了基于生物资源养护的健康增养殖**新模式**，建立了鱼、虾蟹、参、贝、藻生态高效海水增**养殖新生产体系**，针对内陆水域，实施了增殖放流、建立保护区和渔业水域生态环境监测等措施；厘清了**淡水鱼类多样性、生物地理学**及其开发利用现状，为淡水渔业资源保护提供了基础依据。

● 现阶段存在的问题

对**渔业水域生态系统的现状和变化趋势**尚缺乏系统和长期的调查、评价和预警，对**突发事件**提供快速决策和采取有针对性措施的支撑能力较弱；应对不断出现的**修复后环境和资源变动**问题的解决能力薄弱。

5、资源探查与综合利用开辟新空间

● 形成了国际先进的远洋渔业捕捞技术

开发了西非、东非、南太平洋和南美洲等过洋性资源和渔场，开发了日本海太平洋褶柔鱼、西北太平洋柔鱼等鱿鱼类渔场，大西洋赤道附近公海和地中海公海等金枪鱼渔场，智利外海、秘鲁外海、纳米比亚外海等竹筴鱼渔场，南大洋附近海域南极磷虾渔场、北太平洋秋刀鱼渔场等。

● 现阶段我国远洋渔业面临的突出问题

世界渔业资源总体衰退，后备资源和渔场不足；远洋渔船总体装备及捕捞技术水平不高，关键渔捞装备多为进口，核心竞争力不强；缺乏对远洋渔业资源渔场的系统监测，中长期渔情预报技术及能力较弱；高新技术在远洋渔业中的应用不足。

6、绿色加工与安全保障凸显新进展

● 我国水产品加工与综合利用的研究水平取得了长足发展

水产食品加工与流通装备自主研发和与制造能力初步形成，在鱼、虾、贝类等**保鲜保活、精深加工与副产物综合利用**等领域建成了一批产业化生产线。水产品质量**安全检测技术**及体系更加完善合理，水产**食品溯源技术和风险分析技术**取得初步成效。

● 现阶段存在的问题

基础理论研究对水产品加工技术创新的支撑不够，装备和技术创新难以满足产业快速发展；**水产品精深加工的生产装备自动化程度差、能耗和物耗偏高**；水产品质量安全保障仍存在诸多薄弱环节，如**监测与预警体系不健全、质量控制技术体系尚不能覆盖全产业链**。

蓝色粮仓建设

➤ 产业现状分析

➤ 国际发展态势

➤ 国内发展态势

➤ 未来发展战略

发展途径

- **建设蓝色粮仓**
- **构建海洋牧场**

蓝色粮仓四大创新行动

- **“蓝色粮仓良种引领行动”**，围绕结构调整，在产前链条中，突出种业产业需求，创制产业急需的优良种质，推进产业跨越发展的现代农业理念
- **“蓝色粮仓技术升级行动”**，围绕质量控制，应对资源和环境的刚性约束，在产中产后链条中，体现保护淡水、精准陆基、优化滩涂、养护近海的发展思路
- **“蓝色粮仓空间拓展行动”**，围绕营养提升，强化水产品冷链物流和精深加工，维护我国海洋权益，参加国际资源分配，实现拓展深水、发展远洋的战略思想
- **“蓝色粮仓产业示范行动”**，围绕产业转型，强化成果的集成创新和成果转移转化，形成三产融合、链条完整的产业集群，建成区域性蓝色粮仓

科学问题和技术瓶颈

● 重大科学问题

我国在水产生物**种质创制**、**健康养殖**、**资源养护**、**流通加工**等方面基础理论相对薄弱，必须聚焦重要养殖生物**种质资源利用的遗传基础**、**水产动物营养代谢调控与免疫机制**、**重要养殖生物与环境互作机理**、**渔业水域环境退化与生物资源补充机制**、**水产品营养品质保持机制与功能解析**等重大科学问题，实现新认知和原理突破，为蓝色粮仓建设提供理论支撑。

● 重大技术瓶颈

我国在**生殖操作**、**精准养殖**、**生境修复**、**资源探测和精深加工**等方面的技术基础十分薄弱，必须聚焦**种质创制**、**健康养殖**、**资源养护**、**友好捕捞**、**流通加工**等重大技术瓶颈，实现**新设施**、**新技术**、**新模式**与**新制品**的突破，为蓝色粮仓建设提供技术与装备支撑。

注重能力的提升

- 提升现代渔业**原始创新**能力，实现对健康养殖、资源养护、绿色加工等基础科学问题的新认知。
- 提升主导水产**种质创制**能力，提供良种增产贡献率和良种覆盖率。
- 提升养殖捕捞**装备研发**能力，研制养殖、捕捞自动化设施与装备，提高养殖轻简化效率。
- 提升生态养殖**精准管理**能力，疫苗或新药获得国家新兽药注册证书，降低重大疫病发生率。
- 提升渔业资源**高效养护**能力，评估典型水域承载力，技术支撑国家现代化海洋生态牧场建设。
- 提升水产食品**绿色加工**能力，研制绿色加工重大装备，提高主导水产品加工利用率。

预期突破性技术

- **系统创建水产主养品种分子性控制种技术：**创新建立鱼、虾、贝、藻等水产主养品种的单性育种技术，突破水产主导养殖品种的单性规模繁育和经济杂交种制种技术。
- **创新突破水产品智能化作业装备与技术：**攻克精准化生境调控、智能化自动投喂、机械化高效作业等现代生产装备，全面支撑生产模式转型升级。
- **全面攻克水产品生化工程高值化加工技术：**突破鱼、虾、贝、藻等大宗水产品酶工程、发酵工程、膜组合分离等系列生化工程技术，创制大宗水产品全利用关键装备。
- **综合提升鱼类高效疫苗开发与应用技术：**构建高保护效应的多价/多联疫苗和分子疫苗；攻克疫苗介导的鱼类免疫系统高效激活技术，开发疫苗的大规模应用技术。

期待的标志性成果

- **创建池塘绿色养殖和渔农综合种养新模式：**创新构建主养品种的池塘高效新型健康养殖新模式和工程化渔农生态综合种养新模式，催生绿色水产养殖新业态。
- **引领支撑现代化海洋牧场三产融合新业态：**创制海洋牧场资源环境监测与生态安全保障平台，建立海洋牧场一二三产融合产业新模式，引领新业态的创新发展。
- **创制深远海大型智能化养殖新装备：**创制出适应-30米以深开放海域的大型深水网箱、养殖工船等智能化设施平台，打造深远海工业化新型生产体系。

蓝色粮仓科技创新整体布局图



产业亟待转型升级兴业

产业链

蛋白高效供给
转型升级兴业

问题链

良种覆盖
不足

工程装备
落后

养殖病害
频发

生境资源
衰退

资源空间
受限

加工水平
低下

信息化基
础薄弱

创新链

育种技术
与种业工程

养殖设施与新
生产模式

高效营养饲料
与病害防控

生物资源环境
监测与保护

生境修复
与资源养护

友好型捕捞与
新资源开发

绿色加工
与高值利用

实施途径

陆基：
精准养殖场

滩涂：
生态农牧场

浅海：
生态牧场

离岸深水：
智慧渔场

亟待开展的工作

- 评估我国近海海域的养殖承载力。
- 实施海水养殖良种工程
- 提升病害免疫防治与生态防控
- 实施陆基工程化精准养殖
- 发展离岸深水设施养殖
- 推进现代化海洋牧场建设
- 促进生物资源的综合利用

发展途径

- **建设蓝色粮仓**
- **构建海洋牧场**

- 第一批, 20处
- 第二批, 22处
- 第三批, 22处
- 第四批, 22处

国家级 海洋牧场布局

全国223个海洋牧场, 用海面积850平方公里, 投放鱼礁6094万空立方米。国家级海洋牧场示范区86个。

● 第一批, 20处
2015. 12

● 第二批, 22处
2016. 12

● 第三批, 22处
2017. 11

● 第四批, 22处
● 2019. 1



国家级海洋牧场示范区建设进展

省份	个数	面积
河北	11 (12.8%)	6830.3
辽宁	19 (22%)	18250.22
天津	1	2360
山东	32 (37%)	31403.09
江苏	2	7420
浙江	6	15950.5
上海	1	1440
福建	1	724
广东	11 (12.8%)	60505
广西	2	1355.3

创新支撑海洋生态牧场建设

针对问题

理念模糊
标准缺乏

设施简陋
生境退化

资源衰退
忽视生态

难测难控
监管乏力

技术突破

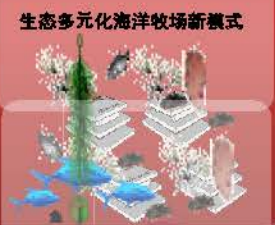
出版专著
制定标准



设施研发
海藻(草)修复



承载力评估
资源修复



标记遥测技术
监测预警平台



成果跨越

海洋牧场理念
从模糊认识到
系统表述



牧场生境
从局部修复
到系统构建



生物资源
从生产型修复
到生态型修复



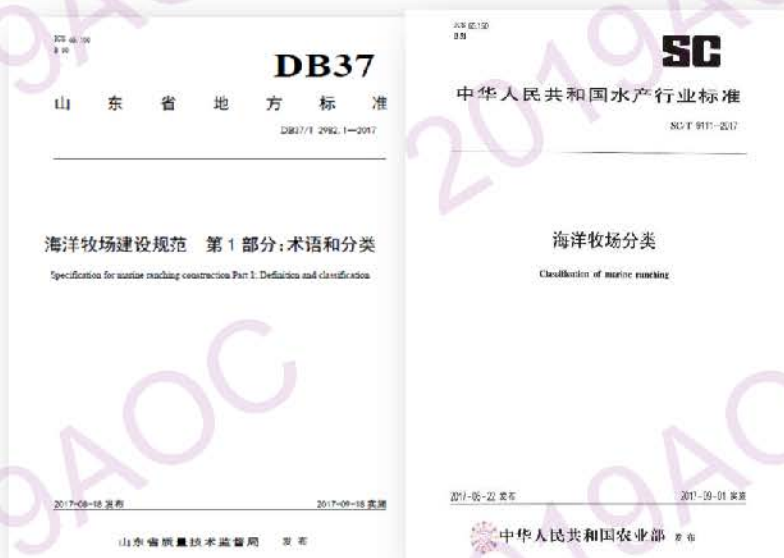
资源环境
从单一监测评价
到综合预警预报





海洋牧场理论丰富和创新

- 水产行业标准《海洋牧场分类》（SC/T 9111-2017）
- 山东省地方标准《海洋牧场建设规范》系列标准
- 召开现代化海洋牧场构建，提出“着力实现海洋牧场建设的理念、装备、技术、管理现代化”。



● 理念引领海洋牧场建设

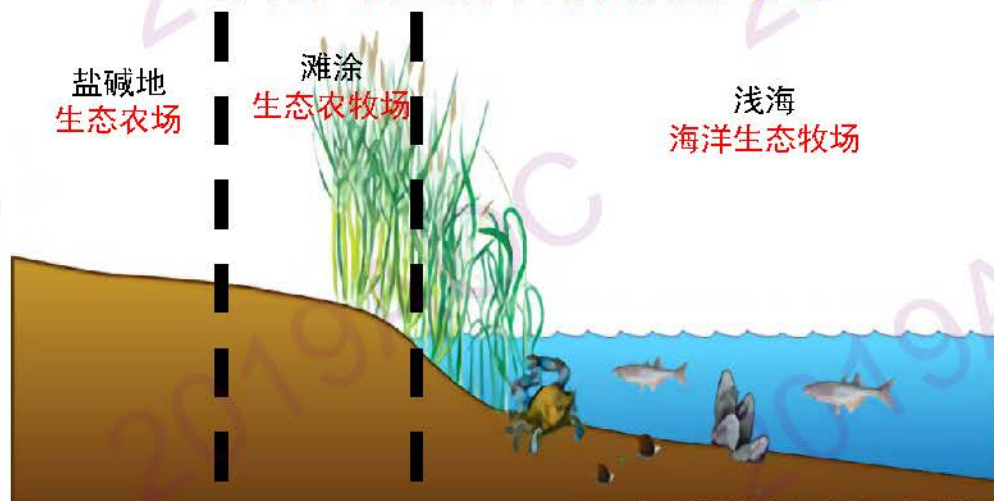
● “现代化海洋牧场构建” 鳌山论坛

海洋牧场生态安全保障

- **监测预报**：初步实现了资源和环境“**可视、可测、可预警、可识别**”。开展有针对性的环境保护研究和风险预警，为海洋牧场乃至近海增殖养殖产业提供数据支持。
- **模式创新**：提出了“**海岸带生态农牧场**”、“**海洋牧场+海上风电**”融合发展等新模式。



海岸带生态农牧场模式图



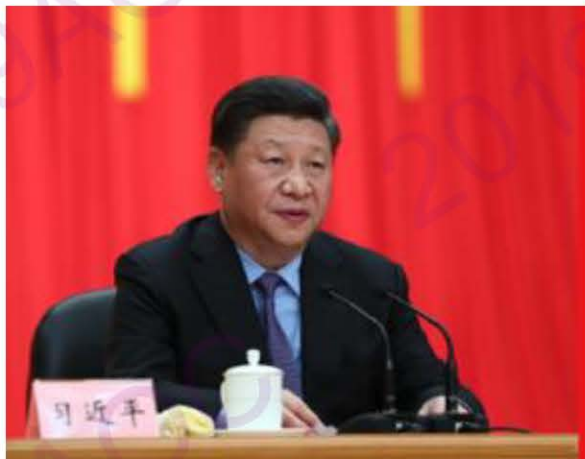
面临的挑战

- **宏观布局基础理论支撑不足**：生态优先是海洋牧场建设的首要原则。我国近海哪些区域可以建设海洋牧场？能建多大的海洋牧场？能建什么样的海洋牧场？一系列亟待明确的问题缺乏科学依据。
- **生境营造工程技术能力不强**：生境营造是海洋牧场建设的关键基础。人工构件投放缺乏理论依据，建设设施作用机理不明，设施-生物-环境三者之间的耦合机制不清，海草（藻）床、珊瑚礁修复缺乏有效措施，生物功能群构建缺乏科学基础等问题。

面临的挑战

- **生物资源效应认知不明**：海洋牧场重要经济生物的行为特征认识不清，生物之间的相互作用以及功能群构建缺乏理论支持，增殖放流物种对海域生物多样性和群落结构的影响不明，重要经济生物精准采捕缺乏科学标准。
- **风险防控管理水平不高**：全球气候变化和人类活动影响下生态灾害时有发生，生态风险的信息化预警与精准预报支撑能力不足；高精度实时监测系统与设备研发针对性不强，无法实现真正意义上的可视、可测、可报；管理模式和机制亟待创新和完善。

国家战略需求明显提升



- 2017年**中央一号**文件：发展现代化海洋牧场
- 2018年**中央一号**文件：建设现代化海洋牧场
- 2019年**中央一号**文件：推进海洋牧场建设

- **习总书记**在海南强调：支持海南建设现代化海洋牧场
- **习总书记**在山东提出：海洋牧场是发展方向，山东可以搞试点。



社会、产业、科技需求更加强烈

大力推进海洋牧场建设

- 86个**国家级海洋牧场示范区**
- 北方海域：打造“**升级版**”
- 南方海域：拓展“**新空间**”

海洋牧场现代化标志

- **理念**现代化
- **装备**现代化
- **技术**现代化
- **管理**现代化



亟待解决的科技问题

- 海洋牧场环境监测与评价、选址与布局
- 海洋牧场生物承载力评估与提升途径
- 海洋牧场建设专用设施（人工鱼礁）研制与投放
- 海洋牧场动物行为学机制与行为控制技术
- 海洋牧场生境修复与资源养护技术
- 海洋牧场与海上风电融合发展技术
- 海洋牧场渔业资源精准捕捞技术
- 海洋牧场产业发展新模式
- “一带一路” 倡议下海洋牧场的国际合作途径

蓝色粮仓未来发展模式

陆基

滩涂

浅海

离岸深水

陆基精准
养殖场

滩涂生态
农牧场

浅海生态
牧场

智慧渔场



结 语

- **蓝色粮仓建设必须坚持与自然共建**，能保护的就不要修复，能修复的就不要重建。
- **海洋牧场建设不仅仅是新模式**，更是一种**新业态**。海洋牧场建设**初见成效**，现代化海洋牧场建设**刚刚起步**。
- **坚持理念、设备、技术和管理**的现代化，坚持原创驱动、技术先导和工程实施，一系列重大基础科学问题和技术瓶颈亟待系统研究与突破。
- **拓展发展空间与布局**，实现集约化精准养殖场、滩涂生态农牧场、浅海生态牧场和离岸深水智慧渔场融合发展。

An aerial photograph of a city skyline, likely Hong Kong, viewed from across a large body of water. The city features numerous high-rise buildings and a prominent skyscraper with a distinctive top. The water is dark blue with some small boats. The sky is blue with scattered white clouds. The text '谢谢!' is overlaid in the center in a large, bold, yellow font. There are also faint, repeating watermarks of '2019AOC' across the image.

谢谢!