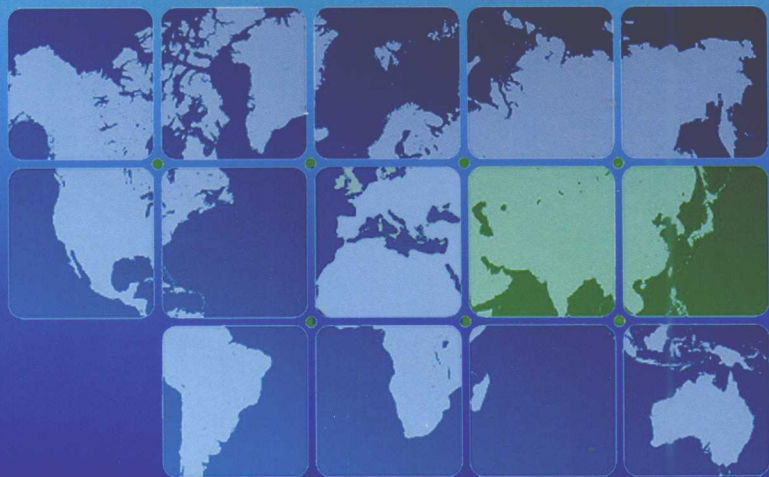




工业化水产养殖系统模式 国内外资料选编



国家鲆鲽类产业技术体系装备与工程研究室
中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所

2011. 9

前 言

我国工业化水产养殖技术与装备的研发，自上世纪 90 年代初始，已经走过了近 20 年的发展历程，取得了卓越的成就。特别是近 10 年，科研人员通过执行国家、地方及行业的各类研究项目，刻苦专研，努力攻关，取得了一大批研究成果，并且成功地进行了商业推广应用，初步形成了工业化水产养殖产业。

以鲆鲽类循环水养殖为代表的海水工厂化养殖在北方地区获得了成功推广，对我国工业化养殖业的发展起到了很大的推动作用。工业化水产养殖装备与工艺技术的日益成熟和完善，为我国渔业的可持续发展提供了强有力的科技支持。

放眼国际渔业，欧美日等一些发达国家，依托先进的工业技术，研究、开发了一系列循环水技术和装备，在工厂化循环水养殖领域，无论在理论研究，还是商业化生产，都取得了开拓性的进展。学习和借鉴国外先进的研究成果和应用实例，对加快我国的工业化水产养殖技术的发展具有积极意义。

值此中国工程科技论坛“鱼类工业化养殖与可持续发展”召开之际，国家鲆鲽类产业技术体系和水科院渔机所特为本次论坛编印了这本“资料选编”，旨在：（1）回顾与了解近几年我国在工业化水产养殖领域，特别是工厂化循环水养殖系统模式方面的发展状况和研究成果；（2）拓宽视野，了解更多国外的研究状况和典型模式；（3）祝愿论坛成功召开。

目 录

迎接鲆鲽类工业化养殖新时代	雷霖霖 (1)
中国海水养殖大产业架构的战略思考	雷霖霖 (7)
我国工厂化循环水养殖发展研究报告	陈 军, 徐 皓, 倪 琦, 等 (19)
我国鲆鲽类循环水养殖系统的研制和运行现状.....	倪 琦, 雷霖霖, 张和森, 等 (29)
海水工厂化循环水养殖工程前沿科技发展情况报告.....	刘 鹰 (41)
三种不同模式的工厂化循环水养殖设施	宋德敬, 薛正锐, 张剑诚, 等 (51)
节能型半滑舌鳎循环水养殖车间优化设计.....	曲克明, 杜守恩, 朱建新 (57)
工厂化养殖系统优化设计原则	刘 鹰 (62)
海水对虾工厂化循环水养殖系统模式分析	刘 晃, 倪 琦, 顾川川 (66)
对虾工程化循环水养殖系统构建技术	杨 菁, 倪 琦, 张宇雷, 等 (72)
凡纳滨对虾工厂化循环水养殖试验研究	管崇武, 刘 晃, 张宇雷 (80)
小型工厂化养鱼系统及设备的试验研究	罗 烽, 柴金龙, 凌文森, 等 (87)
美国工厂化循环水养殖中生物滤器的应用与研究	张宇雷, 刘 晃, 吴 凡, 等 (93)
国外海水工厂化循环水养殖系统简介	(101)
真鲷循环水养殖系统	(102)
日本银汉鱼封闭循环水养殖系统	(103)
BIOFISH 封闭循环水养殖系统	(104)
SUNFISH 封闭循环水养殖系统	(105)
鲆鲽类浅水跑道式封闭循环水养殖系统	(106)
日本牙鲆鱼养殖系统	(107)
国外淡水工厂化循环水养殖系统简介	(108)

美国 CFFI 北极红点鲑封闭循环水养殖系统.....	(109)
大西洋鲑幼鱼淡水封闭循环水养殖系统	(110)
北极红点鲑封闭循环水系统	(111)
韩国 IBK 罗非鱼封闭循环水养殖系统	(112)
Blue Label 欧洲鳗鲡封闭循环水养殖系统	(113)
丹麦 Stensgårdenåleopdræt 欧洲鳗鲡封闭循环水系统	(114)
丹麦 Billund 欧洲鳗鲡封闭循环水系统	(115)
美国罗非鱼 MCR 封闭循环水系统	(116)
丹尼尔港北极鲑循环养殖系统	(117)
北卡罗来纳州立大学示范性养鱼系统	(118)
国外对虾工厂化循环水养殖系统简介	(119)
35 m ³ 半封闭循环水养殖系统	(120)
72 m ³ 跑道式循环水养殖系统	(121)
湿地式对虾封闭循环水养殖系统	(122)
对虾封闭循环水养殖系统	(123)
对虾亲虾封闭循环水养殖系统	(124)
荷兰最新一代再循环养殖系统	(125)
挪威北部北极红点鲑养殖场的冷水性再循环养殖系统	(131)
世界上首个欧洲龙虾再循环养殖场	(134)
欧洲再循环水产养殖系统新进展	(141)

迎接鲆鲽类工业化养殖新时代

——鲆鲽类走工业化养殖发展之路的战略思考

雷霖霖

(中国水产科学研究院黄海水产研究所)

我国的鲆鲽类初级工厂化生产,作为一种早期创新型养殖模式,具有强大的生命力,历时不到 20 年,就已经发展到相当大的规模,使我国一跃成为世界第一鲆鲽类养殖大国。但是,今天我们并不以此为满足,正在创建新的高度,迎接鲆鲽类工业化养殖新时代的到来。

当前,我们的首要任务是依靠产、学、研紧密结合和龙头企业的示范带动作用,不断调整产业结构,加快转型提升步伐,优化产业链上的各项技术,将之整合成一个工业化的工程系统,力求在陆基生产模式上达到全循环的工业化养殖、海基生产模式上达到生态型的牧业化养殖,使生产方式和经济增长方式获得根本转变。首先计划在北方沿海鲆鲽类主产区推进产业的全面转型升级,建立起节能减排、低碳养殖和质量安全的工业化养殖样板,而后向全国沿海辐射推广,以此促进我国海水工业化养殖的跨越式发展。

一、工业化养殖的思路和发展战略

从 18 世纪开始的世界工业革命(又称技术革命),界限比较明显的可以分为三次,它对全世界工农业生产和人类生活的影响巨大。每次工业革命,在改变生产方式的同时也改变了人类的生活方式和思想观念。但是,我们可以注意到一个现象,世界工业革命似乎对于工业本身的影响比较迅速,而对于农业的影响比较滞后,尤其对我国的水产养殖业相对更加滞后。我国的水产养殖业,从上世纪 60 年代至今,一直处于传统农业或稍有改进的发展水平,长期依赖扩大面积、粗放式的生产模式,获取有限规模的产量,以此应对粗放式的大市场和低端消费,限制了高端技术的进步与无污染产业的发展。尽管从上世纪 50 年代末开始,已有少数科学工作者提出了工厂化育苗与养殖的理念,并且不间断地致力于实践,但是数十年来技术与模式的变化甚微,偶有改变者也只是在局部或者形式上而已,涉及到产业的关键技术、核心问题和系统工程的研究,能得到项目支撑者甚少,深入研究

的则更少。所以长期以来，一直不能形成具有自主知识产权的水产养殖系统工程技术。

上世纪 90 年代初，当我国绝大部分养殖项目仍处于传统模式之下时，鲆鲽类养殖却较早地突围了传统，开辟了“温室大棚+深井海水”初级工厂化养殖模式，开创了我国海水工业化养殖的先机。当前，在工农业生产、技术经济高速发展的大背景之下，国内外的产业技术革新与革命风起云涌，又给鲆鲽类产业带来了一个难得的机遇，即获得了由初级工厂化养殖向高级工业化养殖转型的大好时机。这一转型的战略意义重大、影响深远。鲆鲽类之所以能够在这一难得的历史机遇下，确立其优先提升的前提是：现有的鲆鲽类养殖无论从形式到内容上都已经具备了准工业化养殖的初步基础，实现转型提升的可行性大，速度会更快、示范意义会更先需要官、产、学、研各界统一认识，提出一个切合实际、科学合理的工业化转型、提升方案，然后通过大协作方式推动全盘计划的实施。

我们的总体思路是：从现代渔业建设的全局性、战略性和关键性考虑，确立以工业化理念为指导、以开发低碳养殖（低能耗、低排放、低污染）为发展方向，借助半岛蓝色经济区建设和国家产业技术体系建设项目实施的大好时机，充分发挥鲆鲽类养殖产业已有的优势，全方位、高起点，谋划一个循环利用资源、实施海陆统筹联动，因地制宜地科学规划和合理布局，构筑起海基（生态型）和陆基（集约型）两大类型的工业化养殖模式，以便快速推进鲆鲽养殖产业由线性经济向循环经济方向转变。进而依靠科技进步、政策支持和龙头企业的组织带动，在沿岸带、浅海区和深水区构筑起若干个具有“四化养殖”（装备工程化、技术现代化、生产工厂化、管理工业化）内涵的、可持续发展的鲆鲽类工业化养殖产业群和产业带。借此不断提升鲆鲽类养殖在海水养殖业中的经济和战略地位，为我国的海水养殖现代化建设奠定基础、树立典范。具体方案如下：

1. 要确立循环水工厂化、专用网箱和循环水池塘等几种模式作为实现工业化养殖的基本形态，以区别于过去工厂化养殖的简单含义。因为工业化养殖的内涵更加广泛、更加深刻，它不仅包括了工厂化的全部技术内容，而且还包括了规划、标准、经营、管理、生态环境、产品质量安全和人才培养等更加丰富的内容；即便是海上的网箱和沿岸带的土池，虽然外部形态各不相同，但它们都一样需要按照工业化的理念和管理模式进行运作。

2. 在确立工业化养殖时，对陆上循环水养殖系统的选择，可以一步到位，也可以分两步走，即第一步由当前的开放式模式，先上升为半循环模式；第二步再从半循环模式上升为全循环模式，以利于装备技术和系统管理的逐步优化、升级。

3. 为了取得工业化养殖的最佳效果，除要不断优化循环系统的主体装备外，还要及时确立并优化产前、产中、产后各阶段的具体运作模式和技术，最终形成一体化的产业链运作模型，并以此为典范，带动整个产业朝着规范化、标准化的方向发展。

4. 确立主养品种至关重要，这是实施鱼类工业化养殖的核心。大菱鲆的工厂化养殖已经有了较好的实践基础，并且形成了相对较为完整的模板。今后的目标除要把“温室大棚

“十深井海水”工厂化养殖模式逐步提升至全封闭式循环水养殖外，还要以此为样板，引领其他海水鱼类实现工业化养殖的升级换代。

5. 推动全循环系统的工业化养殖，需要有官、产、学、研的密切配合和互相支持。从技术层面上考虑，最重要的是要做到多学科交叉融合，打造出国产化的全循环系统或经济适用的半循环系统，作为样板工程，经过中试评估达到实用化后，方可进行大规模普及推广，或者采用龙头企业先行先试的办法，树立典型，然后在各个主产区中进行示范推广，以此带动和扩大工业化的实施效果。

二、发展鲆鲽类工业化养殖的机遇和挑战

新世纪以来，有三次机遇对于海洋水产业，尤其对促进海水养殖业的转型与升级、技术的进步与发展显得极为重要。在此期间，业内人士会明显地感受到水产养殖业的转型期已经到来了。

1. 本世纪以来，国际风云变幻，国外市场屡屡对我国的出口产品高筑技术壁垒，提出了前所未有的苛刻要求。自 2005 年以来，国家从宏观经济层面调研中发现，大农业中普遍存在着技术体系不健全、核心问题尚未得到根本解决等问题，极大地阻碍了产业经济的可持续发展。于是下达了一大批以品种为单元的国家重大专项和国家产业技术体系建设项目，期望通过项目实施获得核心问题的根本解决，以促进产业转型和技术经济的高速发展。这就是从国家层面上立项重点解决系列技术的开始。我们的鲆鲽类项目就是在这一特定的历史时期，荣幸地进入了国家项目行动，开始了鲆鲽类产业技术体系的全方位研究。

2. 两年前发生的全球金融危机，使鲆鲽类养殖产业和其他产业同样经受了一场严峻的挑战，但由于国家实施了“保增长、保民生、保稳定”和拉动内需的宏观经济策略，而使产业的严峻形势转变为一次前所未有的战略机遇。业内同仁都直接地感受到，由压力所带来的发展动力是多么的宝贵。

3. 胡锦涛总书记在 2009 年 4 月视察山东时发出了“要把山东半岛打造成蓝色经济区”的号召，为整个海洋产业，包括海水养殖业，指出了一条海陆统筹、调整结构、转变生态方式和经济增长方式的产业发展战略。对于鲆鲽类养殖产业的提升、转型，无疑将起到非常重要的推动作用。

就上述机遇来临之时，我们审时度势，在落实政府抉择之时，先选择了不失良机地谋划产业结构调整，完善体制与机制，实施海水养殖的大产业架构的道路，尤其紧紧抓住了已经出现的鲆鲽类养殖产业的转型期，努力增加人才与资金投入，重点安排好国家重大项目和国家产业技术体系建设等项目，大力倡导节能减排和低碳养殖，实践一场工业化革命，使鲆鲽类养殖产业由线性经济向循环经济的方向发展。但是，正当海水养殖产业进入转型的大好时期，近几年沿海的客观形势又迅速发生了变化。如在海陆联动发展沿海经济的口

号下，许多内陆工业，如石化、钢铁、制造等有机排污问题的巨型工业聚集沿海，还有大量岸段为旅游和航运所占用，而使水产养殖的空间受到极大的挤压，甚至大规模退出岸带和近海，同时还给现有岸带上仅存的水产养殖带来用地、用水困难和环境污染等诸多挑战。

三、构建工业化养殖的路径和方法

1. 基本思路

我国鲆鲽类的初级工厂化生产，已经有了相当大的产业规模和技术基础。为此可以在工业化思想指导下，确立节能减排、低碳养殖、质量安全的战略发展目标，整合各类软硬件资源和生产要素，通过海基和陆基两条路径，遵循“研究、集成、配套、组装”的设计理念和创新“四化养殖”技术，首先在北方沿海的鲆鲽类主产区做出封闭式循环系统养殖样板，然后，实施宏观规划、合理布局，逐步向全国沿海推广，在我国全面架构起符合国情、达国际先进水平的鲆鲽类工业化养殖大产业。

2. 构建方案

(1) 陆基型集约化养殖 以大菱鲆、牙鲆、半滑舌鳎为第一批工业化养殖示范品种，依托国家重大专项和国家产业技术体系两大项目先行先试。首先建立起具有“四化养殖”内涵、“五大板块”一体化运作的全循环养殖系统。系统建设时，可以根据各地条件分两步走（即先建半循环系统，然后提升到全循环系统），也可以一步到位完成全循环系统建设。样板形成后，可先在各个主产区进行示范推广，然后再向整个产区辐射。这就是我国当前开放式流水养殖方式直接转向工业化养殖方式的一条必由之路。

(2) 海基型牧业化养殖 我国现正处在新一轮的“科技兴海”时代。对海基型牧业化养殖来说，客观形势要求我们必须引领产业从资源依赖型向技术支撑型、从数量增长型向生态质量安全型、从无序分散型向区域统筹型、从规模扩张型向核心竞争型的方向转变。为达此目的，在保护生态环境的大前提下，必须尽早重点培植一批低碳型的海基养殖产业，包括人工渔礁的放流增殖、鲆鲽类专用网箱养殖和沿岸循环水池塘。建成一批海基型的样板工程，作为今后鱼类生态养殖的另一条重要途径。

四、加速培植工业化的鲆鲽类新型养殖产业

现在，我国开发的鲆鲽类养殖品种（包括本地种和引进种）多达 17 种。其中大菱鲆、牙鲆、半滑舌鳎是当前的 3 个主养品种。鲆鲽养殖作为我国海水养殖业的一个重要分支，现已进入到国家产业技术体系，成为我国工业化养殖发展的“引擎”，所以，在国内外享有较高的知名度。

目前，这项由产、学、研紧密结合，共同构建的工业化养殖雏型，已经在环渤海沿海

岸形成了大规模的产业带。沿岸所见，工厂鳞次栉比，蔚为壮观。它不仅在我国北方沿海占据着重要的产业地位，而且随着工厂与网箱接力、北南轮养模式的建立和养殖良种的增多，已经或正要辐射到东南沿海，为我国的海水鱼类养殖走向规模化和工业化奠定了坚实的基础。为了加快迎接鲆鲽类养殖技术的转型升级，促进工业化养殖产业的早日实现，当前最紧迫的任务有如下几点：

1. 创新设计，精心规划

坚持科学设计，规划先行，首先由产学研结合组成科研班子，以此为核心把握产业发展命脉，紧紧抓住产业跨越式发展的主动权，与此同时在精心规划下，将支撑陆基和海基主产业的系列研究项目进行分类，按需纳入科研计划分期实施，并精心进行动态管理。

2. 针对需要，深化研究

系统装备方面要求解决循环水系统中的长效生物滤膜等核心问题。通过研究、集成、配套、组装和一体化动作模式，整合配套工程装备，实现全封闭工厂化养殖系统的国产化、系统的自动化控制，达到安全、高效运行；培训专业人才、建立专门的管理队伍等。

品种选育、苗种繁育与养殖方面重点选育新品种、全雌苗种的规模化生产，将“四化养殖”技术贯穿于养殖全过程。

疾病防控和早期安全控制方面要加快研制主要流行病疫苗、疾病的早期诊断方法；苗种生产过程中的流行病防控和疫苗的普及使用；陆基主产业中的亲鱼培育、育苗早期质量安全检测和跟踪预报方法等也要开展研究。

配合饲料方面要研制系列专用高效配合饲料，达到国产化和实用化的水平，并形成国产品牌；饲料的替代蛋白源也要列入研究。

加工和产品质量安全方面如养殖环境和产品质量检测、产品的地理标识溯源方法、方便食品和深加工产品等，都要开展研究，并希望得到强有力的项目支持。

海基主产业方面首先要求研究解决在高海况条件下的防灾减灾方法，以及远程智能化管理的技术与装备，如放流增殖用的标志与自动跟踪系统、深水网箱用的远程可控制、可视存储系统、浮式消波堤或防浪霸、机器人洗网机、海底造林、海底沉箱养殖、营造人工湿地、底播养殖改善底质、环保人工渔礁构件等应该有计划开展研究。

我们认为，今后的科学研究和科技支撑概念，已经不再是单一的生物技术一个方面，而应该是生物科学与工程技术的交叉融合或协同支撑作用，方能发挥出更加完美的工程与生态效果。

3. 政策支持，条件保障

目前期待国家与地方政府出台一系列推动迎接鲆鲽类工业化养殖的政策、法规，如岸带、岛屿、浅海区、深水区开发、利用的具体政策；物种自然保护区政策；养殖环境保护和优化政策；养殖新能源开发利用政策；推进深水区大网箱养殖政策；放流增殖、海洋牧

业化等政策。此外还希望政府出台与海基陆基养殖产业升级相关的基础性建设和开辟水产养殖业保险制度的政策；有关防灾减灾高新技术，如远程控制、机器人等一系列项目研发的鼓励性政策，以及技术人员的岗前培训和在岗技术考核等，也应当有相应的人事管理政策做支撑。

鲆鲽类工业化养殖的构建，是一个庞大的系统工程，需要有国家、地方、企业家和科技界的通力合作，提供政策、资金、技术、管理、金融、保险等条件的保障，方可确保海陆工业化养殖大产业的顺利架构和有序运行。

五、结语

开拓工业化养鱼、走现代渔业道路、发展循环经济是我们业界几代人的共同梦想，经过产学研近 20 年的不懈努力，以大菱鲆为代表的几种优质鲆鲽类，终于抢占了工业化养殖先机，成为首批走上工业化养殖发展道路的海水鱼类。

经验证明：优良的养殖品种、先进的养殖模式、成功的营销策略是发展一项养殖大产业的必备条件。为此，业界人士应当主动抓住宝贵时机，加速推进循环水养殖系统、配合饲料、人工疫苗、产品追溯等系列技术的研究与提升，以便早日投入全循环系统中运行。展望未来，其他鱼类也完全可以照此样板转型升级，最终达到工业化的养殖水平。

现在，假若我们把推进工业化养殖比喻为正在“做一艘机器船”，那么我们就必须建立一种全局观点，当前除要抓紧、抓好产业技术体系的实施之外，还应当尽可能地做好工业化相关的人文理念、文化宣传、市场需求和社会经济等一系列社会学问题，并与之相链接，才有可能使整个产业链达到畅通无阻；与此同时，还要政府、企业、园区密切合作，方可建成高水平的新型工业化养殖产业。

值得欣慰的是，我们现在承担的体系建设项目，在农业部、渔业局、水科院领导的密切关心下和全体同仁的共同努力下，立足突破产业关键技术，并开展基础性、前瞻性和应用性研究，完全按照原定计划实施，形成了一个密切联系产业的运作模式。最近捷报频传，在全循环水养殖系统、爱德华氏菌疫苗、牙鲆品种选育、全雌苗种的规模化生产和胶体金免疫层析快速检测技术在水产上应用等方面都已取得了实际应用价值的成果。

我们预感到，当前和未来的世界第 4 次工业革命，应该是生物工业革命，也就是说，鲆鲽类的工业化养殖发展正逢良时，大有发展前途。

原载 《科学养鱼》2010（10）：1-4

中国海水养殖大产业架构的战略思考

雷霖霖

(中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室)

摘 要: 当前, 全球海水养殖业已经进入工业化发展新时期。为了促进海水养殖经济增长方式的转变, 本文分析了中国的海水养殖现状和存在的问题; 论述了发展工业化养殖的必要性和可行性; 重点提出了转变养殖观念、确立节能减排、推进低碳养殖的战略发展目标。通过海基生态型和陆基集约型两条路径的大产业架构, 实施“四化养殖”技术的研究、集成、配套、组装, 以及覆盖全国沿海各类产业的合理布局和宏观管理, 将可使中国的水产养殖产业面貌发生历史性的变革, 一个工业化的海水养殖大产业不久将出现在世界面前。

关键词: 海水养殖; 大产业架构; 工业化养殖; 循环经济; 战略

1 概述

当前, 中国 and 世界各国一样, 同处于全球金融危机的大背景之下, 为了应对这种严峻的挑战, 中国政府提出了“保增长、保民生、保稳定”的基本方针, 并确定今后的经济发展方向要从根本上改变内需不足, 特别是农村消费不足和生产方式落后的现状。国家为此下大力气强化基础性建设, 带动城乡一体化发展, 有效遏制了金融危机蔓延, 促进了国民经济新的腾飞。一年来, 在中央政府的宏观调控和全国各行业的共同努力下, 中国的工农业生产战线开始走出低谷, 整体经济回升向好。

对于海水养殖界来说, 一年前全球金融危机的出现, 使产业面临挑战的同时, 也迎来了一次前所未有的战略机遇期。胡锦涛总书记在 2009 年 4 月发出了“要把山东半岛打造成蓝色经济区”的号召。其深远的意义在于指引我们突显半岛的区位优势, 为整个海洋产业, 包括海水养殖业, 绘就一幅宏伟的国家战略蓝图。为此, 我们应当审时度势, 不失时机地去规划、调整产业结构, 完善体制与机制; 尤其需要增加科技投入, 重点安排好产业化的科研项目, 通过国家重大专项和国家产业技术体系建设等项目, 实践一场工业化革命, 去全面架构海水养殖大产业(图 1)和普及“四化养殖”(图 2)理念, 加速提高技术内涵, 努力增强核心竞争力, 以便早日把海水养殖业由线性经济转变为循环经济, 为中国海水养殖的技术与装备彻底甩掉落后尾巴、显著提升产品价值、保障质量安全、不断增强海水养殖低碳经济活力和国际地位而做出新贡献。

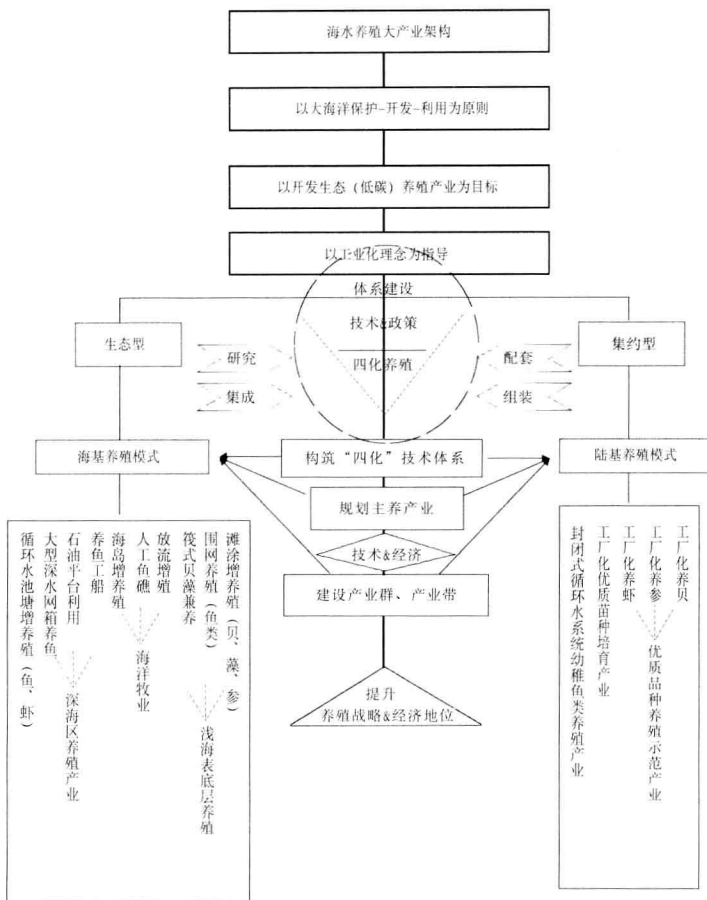


图 1 中国海水养殖大产业构建方案图

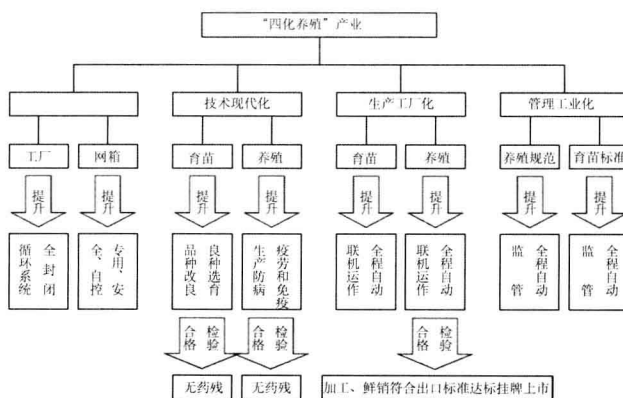


图 2 “四化养殖”产业技术体系框架图

为了实现上述战略目标，从行业角度考虑，科研人员首先应当与业内人士共同思考、分析和解决如下几个基本问题，以助于业界相关人员了解现状、明确架构大产业的必要性和可行性、充满自信引领行业朝着循环经济方向扎实前进。

(1) 中国海水养殖业现状如何？

(2) 怎样以战略眼光去谋划工业化的海水养殖业？

(3) 如何向政府和业界人士预告 10~20 年后的海水养殖业前景？

(4) 如何实现山东半岛蓝色经济区的梦想？

(5) 归根到底，从现在开始，应当怎样去建设一个有中国特色的现代渔业，怎样去发展低碳型的养殖业，尤其是怎样做大、做强具有工业化内涵的海水养殖业？

2 中国海水养殖业现状

2.1 取得的成就

改革开放 30 年来，中国的水产养殖业受到政策扶持、科技进步、市场拉动和国家综合实力增强等诸多因素的激励，获得高速发展。水产养殖总产量增长了 10 倍，产生了巨大的经济和社会效益。以 2007 年产量统计为例，全国水产品总产量达到 4 747.5 万 t，其中海水养殖产量为 1 307.3 万 t，淡水养殖产量为 1 971.0 万 t。养殖产量连续 11 年超过捕捞产量，连续 18 年居世界首位，占世界总产量的 70%，占全国农业总产值的 10.5%，取得了举世瞩目的成就，是举世闻名的水产养殖大国。

2.2 与发达国家的差距

(1) 海水养殖发展历史尚短，产业模式不多，固定的主产业不够突出。整体而言，海水养殖业与可持续性发展尚存较大差距，是养殖大国但尚不是养殖强国。

(2) 形成商业化订单经营模式的龙头企业为数不多，低水平运转的个体生产者数量庞大，表现出组织化程度低和经营素质不高。

(3) 养殖业的工业化程度低，系统工程少，资源与环境付出的代价大。

(4) 养殖从业者受传统农业思维束缚，对新理念、新科技的吸收转化速度缓慢。

(5) 国家对已有的主产业和新产业扶持力度不大，对养殖产业基础设施的投入很少。

(6) 产业主管部门对养殖业出台的政策不多且执行的力度不够大。

2.3 存在的问题

近 10 多年来，高速发展的中国水产养殖业在给社会带来巨大财富的同时，也给自身带来了许多亟待解决的技术和环境问题，对此科研人员已经清楚地认识到，并产生了忧患意识和紧迫感，目前正积极地与从业者共同寻求解决方案。

2.3.1 种质资源

目前中国已经形成规模化生产的鱼虾贝藻养殖品种有近 100 种。这些品种中，仅有海带、紫菜、鲍、扇贝等少数种类有人工选育品种或杂交后代的利用，绝大多数养殖品种都还停留在野生种的利用阶段。由于近亲交配、累代养殖等原因，遗传多样性不断丢失，加之苗种交易失控、养殖不规范和受环境胁迫等诸多因素的影响，造成种质混乱，养殖效果逐年下降，因此良种选育工作迫在眉睫。

2.3.2 养殖饲料

人工配合饲料的普及率尚低。到目前为止，海水鱼类养殖中配合饲料的普及率尚不足 1/3，多数养殖种类的饲料系数还在 2.1~4.0，远高于国外 1.0~1.8 的水平。由此带来每年 400~500 万 t 饲料杂鱼的消耗，增加了捕捞和环境的压力。这除了与科技水平较低有关外，还与观念、经济成本以及企业管理和宏观政策等一系列问题有关，尚需根据具体问题研究解决。

2.3.3 环境污染

内湾、滩涂和近海养殖水域受陆源、船舶和养殖自身污染的情况日益严重。推行具有节能减排、防污治污、清洁生产、保障环境安全等内涵的养殖循环经济，已成为当前养殖界最迫切的任务之一。

2.3.4 病害防治

随着海水养殖业的迅速发展，病害现象也日趋严重。现已发现的水产养殖病害超过 120 种，每年造成的经济损失高达 150 亿元，疾病防治形势非常严峻。

2.3.5 生产模式

目前生产模式虽较 30 年前有了较大的进步，有海上筏式养殖藻、贝类；近岸、内湾有小型网箱养鱼；陆上有温室大棚+深井海水开放式工厂化养殖鱼类。但总体而言，科技含量都比较低、规模化和集约化程度也不高，尚处于劳力密集型或准工厂化的养殖水平。

2.3.6 设施设备

目前，海上的网箱、浮式养殖筏架以及陆上的养殖工厂的基础设施都比较简陋，养殖系统中配套装备很少，较完善的、封闭性较强的工厂化养殖流水线则更少，而难以抵御自然灾害，或易受环境影响和病害的入侵。

2.3.7 发展空间

过去，过分依赖于内湾和近岸带发展养殖，对深水区和外海岛礁区的利用则考虑甚少。其原因之一是科技支撑不足；其二是因为经费投入少，而不敢组织产业大军向深水转移，以致造成沿海 15 m 等深线以内 1 330 万 hm^2 的浅海、滩涂面积目前只开发利用了 13%，如果扩大至 20 m 等深线或更深的水域，则闲置面积更大。随着沿岸带临港工业、交通、能源、旅游用地的扩张，宜养岸段会日渐减少。所以从长远战略考虑，既要重视解决眼前

有限岸段的集约化使用问题，同时要及早落实海面养殖重心向深水区和外海区转移的实施方案。开辟新的海洋生产和生活空间，无疑是当代人要为下一代做的大事，应举全行业之力去努力做好这篇带有方向性的大文章。

2.3.8 市场需求

虽然中国的国内外水产品市场呈逐年扩大趋势，但因中国消费者的活鱼消费习俗难以改变，加工产品在内销市场开拓艰难；国外市场又常以食品安全为由，高筑技术壁垒对中国水产品实行禁运，所以外销形势也面临严峻局面。这就要求中国业界应该坚持以“质量安全”为中心，努力提高产品质量、开发新产品和新市场，以不断扩大或占领国内外市场份额；

2.3.9 渔业经济

受国际金融危机的影响，目前普遍存在鱼价下降，但原材料物料价格上涨、成本增加，导致水产行业利润薄弱甚至亏损，使整个产业遭受沉重打击，中小企业经营困境尤为突出。因此应在关注宏观经济发展的同时，加快调整产业结构步伐，以循环经济理念为指导、工业化养殖为手段，抓住主产业的名牌效应，创造出优质安全的产品，并不断改变营销策略，以便开拓出更多、更大的新市场。

2.3.10 和谐生产

岸带是沿海地区人类生产、生活最为活跃的空间之一。在“蓝色经济区”的全新构想指引下，能源、交通、旅游、水产、临港工业都将聚集于此。近年来，由于多种行业在岸带利用方面表现出非常激烈的竞争态势，使得许多养殖業者面临退湾、离岸的威胁。但是依赖水环境生存、发展的海洋水产业离不开岸带这一基本支撑条件。所以为了使水产养殖业能够与其他产业在岸带的竞争中获得平等地位，只有大力构建工业化的养殖模式，使养殖企业提升到高科技水平，并与旅游业紧密结合成“旅游渔业”，共同担负起科普宣传和用优质健康产品回报社会的责任，形成双赢的产业格局，才能走出一条宽广的发展之路。

3 关于构架养殖大产业的战略思考

架构海水养殖大产业，旨在全面落实国家海洋经济发展战略，转变经济增长方式，推动海水养殖的工业化进程；借助半岛蓝色经济区建设的大好时机，跳出传统养殖理念的圈子，全方位、高起点，谋划一个循环利用资源、实施海陆统筹联动，因地制宜科学规划和合理布局海水养殖大产业，以加速提升海水养殖技术经济的长远发展。

对未来大产业架构的定位是：以工业化理念为指导、节能减排为目标、“四化养殖”为核心，在全国沿海积极架构陆基工业化和海基牧业化的养殖大产业。突出主体产业优势，实行全面规划、合理布局、宏观管理。其实施的框架方案如图 1 所示。

(1) 要牢固树立保护、开发、利用大海洋的意识。在立足保护海洋的基础上，按不

同岸段和海区特点，因地制宜地做好开发和利用规划。

(2) 为了加快建设现代渔业，各地应当遵循自身区位优势，谋划海水养殖大产业中的主产业，提出并优化主养品种的养殖模式和技术体系。当产业链形成之后，要及时确立产前、产中、产后各阶段的具体运作模式，并以此为示范，带动其他产业向规范化、标准化的方向发展。

(3) 以鱼类工业化养殖为主轴，引领其他海水养殖业的升级、换代。鱼类养殖，尤其鲆鲽类工厂化养殖已有一定基础，今后的目标是除了要把“温室大棚+深井海水”工厂化养殖模式提升至全封闭式循环水养殖（图 3）外，还要以工业化养殖理念带动和发展其他海水养殖品种走上工业化的道路。

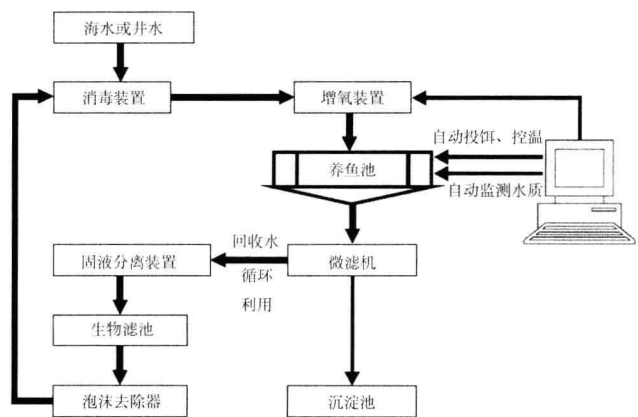


图 3 鲆鲽类循环水养殖系统示意图

(4) 加快建设高科技的鱼、虾、贝、藻主养产业。半个多世纪来，中国科学家根据国内外市场需求和国家综合实力的发展特点，从零起步，按藻、贝、虾、鱼的先后顺序，开辟了四大类海洋经济生物的繁殖与养殖研究，均获巨大成功，历史性地创造了有代表性的、符合国情的四大类群海水养殖产业，被后人誉为“四次海水养殖产业化浪潮”而受到国际上的巨大关注。但是它们之间的发展极不平衡，因为受技术和资金投入的制约而远未达到做大做强目标。尤其在鱼类，虽然其市场上的地位举足轻重，然而直至目前它的养殖规模和生产总量尚小，难以满足广大消费者对鱼类高级蛋白的多元需求，所以今后应加大投入力度，重点发展海基与陆基型的海水鱼类养殖工业，使之成为当今海水养殖的主产业。在中国大力发展工业化养鱼，将取得巨大的社会、经济和生态效益。

(5) 大力建设海上农牧场，实施耕海牧渔，开辟生态型的蓝色农牧业，无疑是涉海产业当前和长远发展的大方向。18 年前，山东省首先提出了“科技兴海”、“建设海上山东”

的口号。近 20 年的实践证明，这一目标明确，前景广阔的海水养殖产业化革命已经取得了显著成效。但是后期因为资金投入少、现代科技支撑不足和新技术介入不到位而放慢了脚步。现在是科技兴海、发展耕海牧渔的又一个有利时机，所以有必要明确以工业化的理念为指导，组织力量、加大投入、重点建设、全面带动、深入发展。

(6) 因地制宜，规划发展区域性优势养殖产业带和产业群。环渤海和黄海北部沿岸的鲆鲽类工厂化养殖，福建和浙江东部沿海的大黄鱼网箱养殖，广东和海南沿岸的石斑鱼、军曹鱼以及鲷鲷类的网箱养殖，河北、辽宁、山东沿岸的海带、裙带菜、鲍、扇贝等大型藻、贝类以及海参人工增养殖，都已经初步形成了具有一定区位优势的产业带和产业群。还有一些种类如梭鱼、河鲀、鲈、梭子蟹、牡蛎、花蛤、紫贻贝等也已经或正在形成新的产业带和产业群。这些品种的养殖业如果经过进一步优化组合、提升技术和装备水平，特别是在各地区实施组团发展策略，如福建、广东沿海建立的杂交鲍网箱养殖，若与龙须菜、马尾藻、鼠尾藻、细基江蓠、脆江蓠等的合理密植或兼养相组合，则可以收到更为理想的经济和生态效果。

(7) 提高战略防线意识，积极建设战略前沿养殖产业。从保卫海洋疆土角度考虑，将海洋农牧业推向 200 海里经济专属区，具有重要的战略意义。如果中国的水产增养殖能够推进至 20 m、40 m 等深线海域，甚至扩展至更深的海区以及天然岛、礁区作业，那么不仅可以显示中国的综合国力和现代渔业技术水平，而且可以生产出更加优质、安全、无污染、节能环保的养殖产品。所以应当努力创造条件，尽力在“十二五”期间，通过大产业架构的实际操作，使这一具有战略防线意义的养殖发展规划得以落实。

(8) 积极投身于山东半岛蓝色经济区建设。山东半岛位于黄渤海之间，它的渔业面积约 17 万 km^2 ，略大于全省的陆地面积（约 16 万 km^2 ），区位优势明显，建设蓝色经济区的地位十分显著。半个多世纪以来，先后开发了全国知名的海带、紫菜、裙带菜、贻贝、对虾、梭鱼、真鲷、黑鲷、河鲀、牙鲆、大菱鲆、鲍、扇贝、梭子蟹、海参以及其他多种名贵珍稀品种的水产养殖产业。20 世纪 90 年代初又启动了“科技兴海”、“建设海上山东”等大规模的耕海活动，将海水养殖推向一个新的高潮，至今仍然在全国沿海产生着深远影响。进入新世纪更需要业界全体同仁紧跟时代发展步伐，迅速改变传统观念，明确新形势下的使命，在架构大产业的总体思路下，因地制宜地根据自然岸段和海区特点，以优化、提升、发展工业化养殖为目标，实施养殖品种的改良；建立岸带、海面、海底的开发利用和增养殖模式，进行全面规划、统筹安排、组团发展，把海上的蓝色产业做大做强、做出优势和特色，最终造就成一系列优势产业带和产业群。

(9) 参与海峡西岸海水养殖产业园区的开发与建设。国务院关于支持福建省加快海峡西岸经济区建设的意义重大，是加强两岸交流合作、促进技术经济发展、推进祖国和平统一的重要战略部署。海峡两岸属于亚热带水域，水产资源丰富，港湾环境良好，多样性的岸