

中国工程科技论坛第124场

“鱼类工业化养殖与可持续发展”

论文集



2011.9 北京

目录

主题报告:

产业转型升级与渔业经济发展.....	蒋正华	1
推进工业化养殖是现代渔业建设赋予我们的使命.....	雷霖霖	2
我国“十二五”现代渔业建设规划与展望.....	赵兴武	3
我国水产品市场流通体系建设的若干问题.....	张合成	4
现代农业产业技术体系运行与“十二五”工作思路.....	刘艳	5
生物工程技术在石斑鱼类育种中的应用.....	林浩然	6

专题报告:

专题一: 鱼类工业化养殖装备与生产管理

我国水产养殖工业化与装备科技.....	徐皓	7
深水网箱“一条鱼”养殖工程技术.....	郭根喜	8
淡水鱼类循环水养殖现状与发展趋势.....	倪琦	9
海水工业化循环水养殖-机遇与挑战.....	刘鹰	10
淡水养殖池塘工程化技术介绍.....	刘兴国	19
广东省循环水养鱼产业现状及发展趋势.....	李庆	21
海水循环水养殖系统运行与生产管理.....	张和森	25
推进鱼类工业化养殖发展之路.....	雷霖霖	26
工厂化养殖系统工艺与养殖试验.....	颀晓勇	31
工厂化养殖实践与思考.....	钟金香	35
复合垂直流人工湿地净化海水养殖外排水效果与影响因素分析.....	曲克明	38
循环水养殖系统设计基本原理与应用.....	杨景峰	45
全封闭循环海水工厂化养殖水处理系统效果研究.....	穆珂馨	46
辽宁鲆鲽类工厂化养殖现状与发展对策.....	苏浩	47
设施渔业高效生态制剂菌种的研究.....	苏浩	48

专题二: 鱼类规模化繁育与养殖技术

大宗淡水鱼池塘循环式养殖模式研究与探讨.....	戈贤平	49
卵胎生许氏平鲉繁殖生理功能及分子机制研究.....	温海深	69
鲆鲽类生殖内分泌调控机制研究进展.....	柳学周	70
褐牙鲆与夏鲆杂交及回交分子代的早期发育及受精细胞学研究.....	李军	71
石斑鱼生殖调控和苗种规模化培育技术新进展.....	刘晓春	72
石斑鱼工厂化循环高效养殖技术.....	张海发	73
圆斑星鲆亲鱼培育及人工繁殖技术.....	崔兆进	74
养殖条件下半滑舌鲷的生长研究.....	木云雷	75
天津地区半滑舌鲷循环水养殖技术摘要.....	贾磊	76
真鲷精子诱导漠斑牙鲆减数雌核发育研究.....	柳学周	78
条斑星鲆脑垂体组织学观察.....	倪娜	79
外源激素诱导对半滑舌鲷雄鱼增精和提升精子活力研究.....	徐永江	80
圆斑星鲆促性腺激素释放激素 (GnRH) 基因克隆及表达特性研究.....	徐永江	81

豫选黄河鲤快速扩繁技术集成与应用.....	冯建新	82
-----------------------	-----	----

专题三：育种与生物工程

我国罗非鱼良种化、规模化、加工现代化产业链的发展和思考.....	杨弘	87
牙鲆全基因组测序及良种培育研究进展和展望	陈松林	94
鱼类分子育种理论与技术.....	孙效文	95
牙鲆克隆诱导技术及其在育种中的应用.....	刘海金	96
鲆鲽鱼类遗传改良的家系选育和非线性选择.....	马爱军	98
大菱鲆家系选育 F2 早期选择反应和现实遗传力估计.....	王新安	99
高温胁迫下大菱鲆体表粘液比较蛋白组学研究.....	黄智慧	100
圆斑星鲽 MHC IIB 基因结构、多态性及组织表达分析.....	赫崇波	101
真鲷冷冻精子诱导大菱鲆规模化雌核发育技术研究	孟振	102
鲤鱼肠道 sglt1 的表达与抗体制备.....	王贝	103
低氧和高氧对大菱鲆 (<i>Scophthalmus maximus</i>) 幼鱼红细胞核异常 及氧化抗氧化平衡的影响.....	吴志昊	105
大菱鲆生殖系 vasa/dnd 基因克隆及 RT-PCR 半定量表达分析.....	刘清华	106
鱼类下丘脑增食欲素 (Orexin) 研究进展.....	刘滨	107
鱼类卵子质量研究进展与展望.....	贾玉东	108
牙鲆连续两代减数分裂雌核发育家系的遗传特征分析.....	王桂兴	109
Production and Confirmation of Clones Using Gynogenesis in Japanese Flounder.....	Yongxin Liu	116
Genetic verification of doubled haploid Japanese flounder, <i>Paralichthys olivaceus</i> by genotyping telomeric microsatellite loci.....	Yongxin Liu	123

专题四：鱼类营养与饲料

工厂化养殖中的饲料营养与投喂技术.....	解绶启	130
我国海水鱼饲料产业发展现状、问题及对策.....	谭北平	131
应用微生物群体感应路径阻断策略防治水产养殖细菌性病害研究.....	周志刚	132
饲料中水解鱼蛋白对肉食性鱼类生长性能、饲料利用的影响.....	梁萌青	134
食物限制后恢复饱食投喂对半滑舌鳎的生长、体成分组成、 代谢和能量收支的影响.....	房景辉	135
不同生长阶段大菱鲆必需氨基酸的模式评价.....	滕瑜	136
玉米蛋白粉替代鱼粉对大菱鲆摄食、生长及体组成的影响.....	刘兴旺	142
酸化剂对革胡子鲶生长和消化性能的影响.....	张琴	151
Effects of soya saponins on feed intake, growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (<i>Scophthalmus maximus</i> L.).....	Biao Yun	163
Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (<i>Scophthalmus maximus</i> L.) fed high plant protein diets.....	Biao Yun	174

专题五：鱼病防治与渔药

迟钝爱德华氏菌毒力相关功能基因研究及疫苗开发.....	张元兴	191
鱼病发生风险评估与技术管理.....	吴淑勤	193
海水鱼工厂化养殖条件下的病害防治与安全用药策略	王勇强	194

工业化养殖鱼类疾病的免疫防治及疫苗效果评价.....	战文斌	195
养殖鲢鳙鱼类疾病及其综合防控技术.....	王印庚	196
广西铁山港卵形鲳鲹幼鱼大规模死亡原因的初步分析.....	蔡小辉	197

专题六：加工与产品质量安全

我国水产功能性肽的研究进展.....	李来好	204
我国水产品加工现状与发展战略	殷邦忠	205
鱼类加工新技术研究与进展.....	夏文水	206
我国鲢鳙类质量安全与加工技术最新研究进展.....	林洪	207
野生与养殖鲢鳙鱼类食用安全性的风险评估	李文	208
工业化养殖水产品安全性研究进展.....	林洪	209
常见水产品中生物胺的调查及分析.....	赵中辉	213

专题七：市场营销与产业经济

中国淡水渔业发展现状及存在问题的实证研究.....	陈洁	218
推动工厂化养殖是北京渔业的必由之路.....	郭瑞禄	219
制度创新和市场营销，促进鱼类工业化养殖可持续发展.....	樊旭兵	224
中国水产养殖工业化：内涵、障碍及发展对策.....	杨正勇	239
鲢鳙类产品在我国主要水产品集散地的市场跟踪分析		
一以北京和广州为例.....	冷传慧	248
鲢鳙类养殖产出影响因素分析.....	徐忠	249
基于层次分析法的大菱鲆工厂化养殖风险评估.....	戴亚娟	257
我国鲢鳙类苗种产业经济效益实证分析.....	黄书培	263
浅谈工业化养殖保险.....	王方方	271

主题报告：

产业转型升级与渔业经济发展

蒋正华

第十届全国人大常委会副委员长

渔业是关系民生的重要产业，也是我国大农业的重要组成部分，其产值占我国农业总产值 10%以上，在国民经济发展中具有不可替代作用。就世界范围而言，我国提供了全球约三分之一的水产品产量，是世界第一渔业大国。全球海洋可再生年捕捞量约为 1 亿吨，现在世界捕捞能力早就超过这个阈值，保护渔业资源，发展养殖业已成为必然趋势，我国“以养为主”的渔业发展战略取得的成就举世瞩目。

在当前的国内外经济形势下，我国渔业发展面临着如下六方面的挑战。第一，现代渔业产业体系构建任务艰巨，宏、微观经济管理制度创新任重道远；第二，贸易保护主义抬头，国际贸易环境更加复杂，需要我们更加熟悉、利用国际规则；第三，水域环境恶化趋势仍未得到有效遏制，资源与环境问题依然突出；第四，渔业水域滩涂占用严重，水产养殖空间受到挤压，要求各部门加强协调；第五，水产养殖所用原料强烈依赖进口，养殖业发展缺乏战略安全，需要加大科技投入，政策支持；第六，基础设施与设备建设落后，渔业发展的硬性支撑保障体系脆弱，往往一次灾害损失惨重。因此，在看到我国渔业经济发展取得了巨大成绩的同时，我们必须清楚地认识到，在当前的形势下，促进渔业产业转型升级，实现渔业经济发展方式转变势在必行。

我国正处于工业化中期，城市化也在稳步推进。在此进程中，同步推进渔业现代化是我国“三化同步”的重要内容之一。渔业现代化的推进，需要以工业化的思路来予以谋划和发展，需要以科技创新为支撑、以制度创新为保障，切实以市场为导向，实现专业化分工、标准化与集约化生产、区域化布局、企业化经营管理、多样化融资，需要因地制宜调优产业结构，并在渔业与关联产业间进行联动，形成一体化、市场化、集约化经营，实现渔业与现代工业技术及经营管理方式相结合，从而为消费者提供更多安全、高质、美味、多样的产品，创造更高的经济价值、生态价值和社会价值。

鱼类养殖业发展是历来我国渔业建设的重要内容。在我国养殖鱼类中，已经有大菱鲆、牙鲆、半滑舌鳎等鲆鲽类及河豚、石斑鱼、鳗鱼等一批鱼类，初步实现了工厂化养殖，其中，鲆鲽类养殖产量已经跃居世界该类养殖产量的第一位，工业化的产业发展模式基本建立，这使我们看到了鱼类养殖工业化发展的广阔前景。在国家政策的支持和科技创新力量的引领下，鱼类养殖工业化的进一步推进必将为我国现代渔业进步和渔业经济的发展起到突出的示范和带动作用。

随着经济社会发展，民众对生活需求提高，中国渔业市场不断扩大，有广阔的发展空间。希望各界共同努力，使中国渔业更上一个新的水平。

推进工业化养殖是现代渔业建设赋予我们的使命

雷霖霖

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛, 266071)

中国是传统水产养殖(淡水养鱼)技术的发祥地。早在春秋战国时期,一位号称陶朱公的学者—范蠡,撰写了世界上第一部养鱼专著《陶朱公养鱼经》,它向世界传播了淡水养鱼知识,独领风骚几千年。然而,由于历史原因,正当世界进行数次工业革命,对全人类的生产、生活和思维观念发生巨大影响之时,中国却没有跟上时代步伐,生产力的发展远远落后于西方发达国家达百年之久。从上世纪50年代开始中国才加快发展工业,然而工业对于农业的影响力相对滞后,而对于水产养殖业则更加滞后了。千百年来,我国的水产养殖业一直没有摆脱过传统农业范畴,长期依赖扩大面积,以牺牲环境为代价,采用广种薄收的养殖模式来换取有限规模的产量,以应对粗放式的大市场和低端消费群体,所以基本上属于粗放式的农业生产和低端消费的发展模式,因而严重制约了高端技术的介入和低污染产业的发展。早在上世纪50年代末,尽管有少数科学家提出了发展工厂化育苗与养殖的主张,并致力于海淡水小规模尝试,但是长期来受观念和国家综合实力的约束,技术进步缓慢,具有自主知识产权的高端水产养殖工程技术一直难以形成。

上世纪90年代初,广大科技工作者面对如此形势而不甘落后,当我国绝大多数养殖业仍处于传统模式之时,鲆鲽类(比目鱼)养殖大胆突破了传统模式的重围,率先开辟了“温室大棚+深井海水”工厂化养殖模式,为我国的海水工业化养殖开启了一扇大门;近年,在应对国际金融危机的大背景下,又得益于国内外产业技术革命风潮的推动,使鲆鲽类养殖产业得以蓬勃发展,并获得了由初级工厂化向高端产业化提升的契机。节能减排、优质高效的工业化养殖模式已成为当代企业家追求的目标,并正在成为高科技产业化样板,对我国水产养殖业的整体提升产生了深远影响。

当今世界,第四次工业革命(第六次科技革命)方兴未艾,面临着世界人口暴增,寻找新的生存和生产空间、开辟新的食物来源之时,生物与海洋技术成为当前人类开拓新生物产业与新生存空间的双刃剑。当代人将以最直接、最便利的方式,应用生物技术和海洋空间技术来开发潜力巨大的食物来源,以便有效缓解人口激增的困境,所以建设现代渔业,特别建设工业化形态的海水养殖业,就显得特别重要了。首先,我们要充分发挥鲆鲽类养殖业已经形成的优势,将其确立为样板工程,然后全面谋划、合理布局,构筑起规模化、标准化的海基(生态型)和陆基(集约型)两大类别的工业化养殖模式,以便快速推进鲆鲽类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一大批具有“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、节能减排、优质高效和可持续发展的鲆鲽类工业化养殖产业带和经济圈,以此不断提升鲆鲽类养殖在海水养殖大产业中的经济与战略地位,为我国的海水养殖现代化建设奠定基础、树立典范,并带动其它养殖业向高端产业化方向发展。所以,建设现代工业化养殖业的意义重大、使命光荣,它将为解决本世纪人口“暴增”产生的食物紧缺、优质蛋白质供不应求、提高生活质量和增强人民体质等几个方面做出新的贡献。

我国“十二五”现代渔业建设规划与展望

赵兴武

农业部渔业局局长

新中国成立以来、特别是改革开放以来，我国渔业取得了显著成绩，确立了渔业大国的地位，但仍然存在着影响和制约着渔业发展的不利因素，我国要从渔业大国向渔业强国的目标迈进，必须加快推进现代渔业建设。“十二五”期间，我国要用工业的理念发展渔业，以人为本，以安为先，以养为主，保安全，转方式，调结构，促发展，增收入，奠基础，抓好渔业安全、良种推进、健康养殖、持续捕捞、加工流通、文化休闲、设施装备、科技创新、增殖养护、政策法规十大工程，推进渔业经济又好又快发展，为全面实现渔业现代化和建设渔业强国打下坚实基础。鱼类工业化养殖在“十二五”现代渔业建设中大有可为，发展适合中国国情的工业化养殖模式，突出重点、循序渐进，逐步推进我国工业化水产养殖发展。

我国水产品市场流通体系建设的若干问题

张合成

农业部市场与经济信息司司长

改革开放以来,我国水产品市场流通体系建设迅速发展,效益十分显著,在促进产销衔接、保障水产品有效供给等方面均发挥了十分重要的作用,但同时发展过程中的一些问题也逐渐显现。

市场流通体系的构成要素主要分为三类:一是渠道体系类要素,主要指水产品流通主体及其相互之间的关系。二是流通载体类要素,主要指从事水产品交易的各类市场。三是规范与支撑类要素,主要指确保水产品产销通畅的信息保障与政策支持。目前,我国水产品市场流通体系的基本状况是:以经纪人、批发零售商为主要力量的流通主体基本形成,以批发、农贸市场为主体,超市、专营店为补充的流通载体初步形成,国家对水产品市场流通体系的重视程度显著增加。

从发展看,我国水产品市场流通体系存在的主要问题:一是地区发展不平衡,中西部地区和农村流通体系发展严重不足;二是批发市场基础设施薄弱,现代物流业严重滞后;三是各类载体经营管理均存在问题,流通成本居高不下;四是管理体制不顺,国家层面缺乏统一权威的规划与布局;五是流通主体组织化程度低,经营规模小、效率低;六是法律法规建设严重滞后,信息服务等难以满足需要。

完善水产品市场流通体系,应主要抓好以下几方面工作:一是培育各种经济合作组织、提高流通主体组织化程度。二是加强水产品批发市场建设,推动市场提档升级。三是发展多元化流通载体,加快构建水产品现代流通网络。四是加强冷链物流体系建设,大力发展第三方物流。五是加强政策引导和信息服务,营造流通业发展有利环境。

现代农业产业技术体系运行与“十二五”工作思路

刘艳

农业部科教司副司长

自2007年现代农业产业技术体系建设（以下简称“体系”）启动实施以来，经过近四年的建设运行，已经在凝聚与整合我国农业科技资源和科技力量，从源头上建立科技与生产相结合的机制、推动科技创新与产业发展的良性互动等方面，取得了重要进展和显著成效。一是为产业发展和农业决策提供了强有力的技术与智力支撑；二是促进形成了全国农科教、产学研合作与交流的新格局；三是初步建立起宏观视野下系统解决产业问题的科研新思路与和新机制；四是初步建立起为产业和产业科技服务的公共平台；五是科技人员和农业科技系统的面貌发生了巨大变化，特别是给基层科研单位和传统产业及小产业带来活力；六是求真务实、团结协作、民主开放的体系作风正在形成；七是初步摸索出一套现代农业科技管理的有效方法。

由于体系是在不动现有体制的前提下建设的，在实际运行中免不了与现有体制发生碰撞，体系在四年中不断探索处理好以下关系：一是与现有其他科技计划和其部门科研组织的关系；二是与现有中央和地方研究队伍的关系；三是与聘任人员所在单位的关系；四是与推广体系的关系；五是与企业“是创新主体”的关系；六是与各省农业行政管理部门的关系；七是与现行科技人员评价体系的关系；八是地方创新团队与国家体系的关系；九是不同省区创新团队之间的关系；十是体系内部各层级和各岗位之间的关系。

“十二五”体系的工作重点：一是全面推进体系对产业重大问题的解决，目前各体系经过三年与技术用户的深度融合，已经形成了系统、全面、深刻的大科研思路，这些大的科研思路将在“十二五”全面付诸实施，体系人员将联合攻关产业发展的瓶颈，并实现技术研发、使用和推广、市场营销和组织形式等一体化的配套模式。二是全面推进建立国家产业技术管理平台，包括全国产业技术服务平台和全国本产业研究信息服务平台。三是推动建立共性技术平台和各体系之间的横向联合。四是培养一批具有战略思维和务实作风的创新人才和领军人物。五是以建立求真务实、民主开放为核心，完善各项制度和管理细节。

生物工程技术在石斑鱼类育种中的应用

林浩然 刘晓春 张勇 张海发

(中山大学生命科学学院水生经济动物研究所, 广东省大亚湾水产试验中心)

海洋水产养殖业是我国沿海经济发展的重要支柱产业。逐步推动工厂化水产养殖是现代渔业发展的方向。品种是水产养殖三大主要物质基础(品种、饲料、水体)之一。优良品种的选育与培育是水产养殖增产、增收、增效的保障和关键。但是,我国主要的海洋水产养殖类群,只有海带和紫菜等进行比较系统的人工选育和遗传育种,其他类群的育种研究还都处于起步阶段。优良品种稀缺已成为制约我国海水养殖产业稳定、健康和持续发展的重要因素。围绕主要水产养殖种类,将常规育种技术和现代生物工程技术相结合、选育与培育一批优质高产新品种、制定新品种繁育与推广的技术规范、建立良种繁育、选育培育基地和产业化示范基地、构建水产养殖优良品种选育培育创新技术体系,既体现水产养殖产业持续发展的必然需求,亦是当前水产养殖动物育种研究的主要任务。

石斑鱼类是驰名世界的名贵海水鱼类,我国东南沿海重要海水养殖对象,经济价值巨大。在创建人工繁育技术、实现苗种规模化繁育生产、形成相当规模的养殖产业之后,有必要及时进行石斑鱼类的种质资源开发利用和优良品种选育与培育,努力实行石斑鱼类养殖良种化,引领石斑鱼养殖产业健康持续发展。

石斑鱼类育种研究的目的是培育出优质、高产、抗病、抗逆的优良品种。通过传统育种技术与现代生物技术相结合的技术路线,对石斑鱼类种质资源进行分析与评价,解析石斑鱼生殖、生长、免疫等基因调控网络,筛选鉴定可用于石斑鱼分子设计育种的关键基因和分子标记,进而创建石斑鱼分子设计育种的关键技术。在种质资源开发利用方面,进行遗传多样性分析,建立种质评价技术,构建基础种群与核心种群,进行优良品种的选择选育。在传统育种方面进行杂交育种、雌核发育和多倍体育种;在分子育种方面构建石斑鱼精细的遗传图谱,进行 QTL 精确定位,挖掘并获取石斑鱼全基因组的高密度 SNP 标记,分析石斑鱼群体中 SNP 分子标记和主要经济性状的遗传关系,提出在石斑鱼中进行高密度 SNP 选择优化基因组的育种方案,如生殖生长优良群体的分子选育,免疫抗病群体的分子选育等等。和深圳华大基因研究院合作已完成斜带石斑鱼全基因组测序,获得石斑鱼全基因组精细遗传图谱,并进行全基因组基因注释和进化分析,为石斑鱼类分子育种奠定坚实基础。

鱼类育种是长期性和综合性的系统工程,投入多,难度大,时间长,需要采取培植源头创新能力,组建稳定的研究团队并给以长期经费资助、建立研发平台和良种培育基地、加强信息交流和国内外的科技合作与资源共享、组织良种示范养殖与推广等重大措施。

专题一：鱼类工业化养殖装备与生产管理

我国水产养殖工业化与装备科技

徐皓

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 国家大宗淡水鱼产业技术体系, 上海)

工业化是社会发展的进程,体现在社会工业生产活动取得主导地位,与农业发展相辅相成。农业工业化就是以工业生产方式,包括技术、组织、经营、装备、管理,控制环境要素,以减少生产过程对自然条件的依赖,主要体现在工厂化的生产方式与产业化的经营模式。以此而论,水产养殖的工业化应该包括:养殖生产机械化、养殖产品高值化、养殖过程工厂化、养殖产业链市场延伸和养殖业的可持续发展等要素。当前仍以粗放型生产为主的我国水产养殖业,面对现代社会对水产品供给保障和农民增收的发展要求,在社会现代化之环境压力与可持续发展要求的推动下,生产方式必然要实施转变,其方式就是工厂化,其模式就是产业化,其目标就是工业化。

水产养殖工厂化包括现代化的设施与设备、规范化的生产工艺、完善的质量管理系统以及全面的科技支撑。工厂化是养殖生产实现工业化的过程,通过设施化、设备化,不断提高养殖系统的条款能力以摆脱自然条件的限制,不断提升养殖系统的稳定、高效的生产能力,逐步形成规范化的生产与质量管理体系,通过工程化的系统构建,不断提高工业化水平。广义上讲,从池塘养殖到网箱养殖和设施化养殖,再到工厂化循环水养殖,都是不同程度的工厂化。

水产养殖系统实现工业化生产的要素主要包括:系统与自然环境的隔离、系统自身的调控与系统的操作与管理。系统的隔离主要体现在对养殖环境控制的可能性、对养殖对象生存压力的缓解、对养殖生产周期产生影响的可能性,以及生产成本减少的可能性、实行清洁生产的可能性等。调控主要体现在养殖生产系统的应急功能上,需要对应环境及生产因子变化,使系统保持相对平衡。养殖系统的隔离程度越高,越有利于调控功能的实现。水产养殖系统的工业化操作体现在生产过程的机械化、自动化、智能化,而管理,则体现在依照生产工艺而不是养殖经验上的规范化管理。

池塘养殖装备科技发展的重点在于基于生态系统水平的系统模式构建、养殖环境关键因子精准化调控、生产过程中的机械化设备、数字化养殖生产管理系统。网箱养殖装备科技的发展重点在于基于生态系统水平的内湾/湖泊网箱养殖模式与深水网箱养殖模式,进一步的发展在于设置在外海的养殖基站。循环水养殖装备科技发展的重点在于养殖设施的高效构建、高效节能型水质净化设备、机械化操作设备、数字化管理系统等。

深水网箱“一条鱼”养殖工程技术

郭根喜

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州, 510300)

上世纪七十年代末,海水鱼类养殖其中最重要的一项技术成果是发明了深水网箱,使现代海洋农业有了新的诠释。自上世纪八十年代以来,挪威等国家重点围绕深水网箱“三文鱼 (*Oncorhynchus keta*)”养殖工程技术开展了深入的研究,建立了种质、养成、营养、管理、环境、加工、物流、信息以及养殖配套装备等产业技术链,支撑了海水养殖业的持续发展,成为“三文鱼”养殖王国。中国深水网箱研究虽然起步较晚,但在借鉴国外深水网箱先进技术发展模式的基础上,探索出一套符合中国发展的深水网箱养殖模式,围绕“卵形鲳鲹 (*Trachinotus ovatus*)、大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*)、军曹鱼 (*Rachycentron canadum*)”等具有鲜明区域特色的“一条鱼”养殖工程技术研究正在展开,并取得了重要进展。深水网箱“一条鱼”养殖工程技术已成为中国现代海洋农业进程中不可或缺的工程技术。

关键词: 深水网箱、养殖、工程技术

“One fish” aquacultural engineering technologies of sea-cage

Guo Genxi

South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences

At the end of 1970s, sea-cage was the most important technical achievement in marine fish aquaculture, which made the modern marine agriculture have a new interpretation. Since the 1980s, Norway has been carrying out sustainable research around the engineering technologies of sea-cage farming salmon. The industry chain of “one fish” aquacultural engineering including germplasm, farming, nutrition, management, environment, processing, logistics, information and facility technologies have been set up, which support the sustainable development of mariculture industry. Norway has become the kingdom of salmon farming in the world. Although sea-cage investigation started late in China, based on referential foreign development pattern of sea-cage advanced technologies, a sea-cage culture pattern embodied China's development has been developed. Aiming at *Trachinotus ovatus*, *Pseudosciaena crocea* and *Rachycentron canadum* and other species, “one fish” aquacultural engineering technologies with special regional characteristics are underway and have made important progress. “One fish” aquacultural engineering technologies of sea-cage is indispensable in the course of modern marine agriculture in China.

Key words: sea-cage; aquaculture; engineering technologies

淡水鱼类循环水养殖现状与发展趋势

倪 琦

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海, 200092)

工厂化循环水养殖作为水产养殖的最先进生产模式, 具有节水、节地、高产和产品质量可控等诸多优点, 备受国内外水产养殖研究单位和企业的重视。采用封闭式循环水养殖模式是未来淡水养殖的必然趋势。上世纪 60、70 年代欧洲国家基于市政工程的先进水处理技术, 成为世界循环水养殖系统发展的代表。上世纪 90 年代以后, 美国通过成立水产养殖工程学会, 汇集了大批专家进行科研攻关, 迅速发展为世界淡水循环水养殖系统研究领军代表, 同时欧洲、以色列及澳洲也取得了较快的技术进步, 鳗鱼、鲟鱼和鲑鳟等鱼类的养殖系统已相当成熟。通过鱼池污排分流、高比表面积自清洗生物滤器、纯氧低水头增氧和二氧化碳去除等关键技术的运用, 国内外淡水循环水养殖的关键技术均已相对成熟, 并形成了多种适合温水性及冷水性淡水鱼类循环水养殖的全循环和半循环养殖系统模式, 并得到了较为广泛的运用, 生产性养殖密度可高达 $50\sim 80\text{kg}/\text{m}^3$ 以上。但由于系统的高建设成本、高运行成本和相对较低的产品价格等原因, 淡水循环水养殖系统的经济性一直是制约其大规模推广的关键因素。随着我国渔业生产所需的土地、水资源和环境等压力越来越大, 循环水养殖越来越成为我国淡水养殖业必须采用的主要养殖模式之一。鉴于高电价和低鱼价的国情, 我国应该在系统经济性分析的基础上, 以系统节能节本为前提, 优化集成高效水处理系统、先进控制系统以及养殖专家系统, 建立适合我国国情的淡水鱼类循环水养殖规范化和标准化的新系统模式, 养殖对象应集中于具有较高附加值的品种, 系统模式更应针对苗种培育、屯养蓄养以及反季节和异地养殖。

关键词: 淡水鱼类; 循环水养殖; 国情; 品种; 模式

海水工业化循环水养殖-机遇与挑战

刘 鹰

(中国科学院海洋研究所, 青岛, 266071)

一、 背景和重要性

(1) 消耗资源、污染环境的传统养殖模式已严重制约了水产养殖业的可持续发展

水产养殖作为可靠的食物来源, 从 1970 年起在世界范围内得到快速发展。与捕捞年平均 1.2% 和禽肉等其他蛋白源年平均 2.8% 的增长率相比, 水产养殖的年平均增长率达到 8.9%, 为人类发展提供了良好稳定的营养源。但是未来 20 年内, 水产养殖的总产量仍然需要增加 5 倍, 以满足人类日益增长的对优质蛋白源需求 (FAO, 2008)。

我国是世界水产养殖第一大国, 从 1988 年起, 我国水产养殖的产量首次超过捕捞产量, 成为世界唯一养殖产量超过捕捞产量的国家, 且养殖产量已占到世界养殖总产量的 70% 以上。据统计, 2009 年水产养殖产量达 3622 万吨, 占世界水产养殖总产量的 69%。我国水产养殖业的发展, 一方面使水产品的供求关系发生了很大的变化, 成为解决低收入人群动物食物的重要途径; 另一方面改善了产业结构, 推动了整个渔业经济的发展, 同时为世界水产养殖的发展做出了巨大的贡献。

当前, 我国渔业发展进入了一个关键时期, 渔业发展正面临资源、市场、机制、观念等多种因素的交叉制约, 在有限的渔业资源条件下, 要实现渔业的可持续增长必然要在养殖渔业上寻求发展, 增加养殖密度, 提高单位水体产量, 适当增加可养水域等; 然而应用已有的传统养殖技术, 已经不能适应我国水产养殖业发展的需求, 不能从根本上解决水产品质量下降、养殖环境恶化、疫病严重等诸多问题, 要实现到 2030 年水产总产量再增加 1000 万吨目标, 必须大力发展水产养殖。但是, 伴随水产养殖业迅猛发展而导致的环境问题, 仍然不容回避。开放养殖 (池塘养殖、网箱养殖) 产生的残饵和粪便, 常作为直接污染源外排; 大量无机和有机营养元素如氨氮、磷酸盐、溶解性有机碳和有机颗粒在水体交换中直接进入环境, 从而造成整个养殖水域大环境的恶化, 进而引发水质污染、病害滋生、水产品的卫生和安全等一系列限制水产养殖业可持续发展的主要问题。可以认为, 资源与环境的刚性约束将成为今后长时期制约我国水产业可持续发展的主要因素。

(2) 工业化循环水养殖模式正成为海洋农业的重要发展方向

封闭循环水养殖 (Recirculating Aquaculture Systems, RAS) 采用一定的工程设施和水处理设施设备将养殖排放水处理后实现循环利用, 通过构建标准化养殖管理技术, 对养殖过程的主要环境因子 (包括水流、水质、光照) 和饲料等进行人工调控, 为养殖生物提供适宜生长的环境条件, 实现高产、高效、优质和“零”污染。循环水养殖的优点十分突出: 劳动条件好, 劳动生产率高, 养殖周期缩短 2~6 倍, 单位面积产量比高产池塘提高 20~80 倍, 养殖用水量减少 120~1600 倍 (如表 1 和表 2 所示), 不污染环境, 产品为无公害的绿色产品,

表 1 循环水养殖与池塘、流水养殖方式对比*

养殖种类和方式	产 量 (kg/公顷/年)	用水量 (升/kg)	占用土地面积与 循环水的比率	用水量与循环 水的比率
---------	------------------	---------------	-------------------	----------------

池塘养殖尼罗罗非鱼	17,400	21,000	77	210
池塘养殖斑点鲷	3,000	3,000-5,000	448	40
流水养殖虹鳟	150,000	3,000-5,000	9	2,100
池塘养殖对虾	4,200-11,000	11,000-21,340	177	160
封闭循环水养殖罗非鱼	1,340,000	100	1	1

(*: Phillip 等, 1991, Timmons 等, 2001)

表 2 新西兰跑道式循环水和流水养殖养殖彩虹鲑鱼 (*H.Iris*) 的对比

生产支出	循环水养殖	流水养殖	减少量
能耗 (KWH/kg)	28	94	335%
劳动生产率 (人/吨/年)	0.40	0.65	65%
死亡率 (%)	20	50	150%

产品质量高度可控和可追溯等。循环水养殖是知识和资本密集型产业,属环保型、可持续发展的产业,前世界水产工程学会主席、著名水产学家 Michael B. Timmons 教授亦指出:水产品室内养殖可能是唯一能让海水产品 100%安全,无化学品和重金属残留的养殖模式。而传统水产养殖业是劳动与资源(水、土地、饲料)密集型产业,循环水养殖摆脱了传统养殖业受自然环境束缚,是保证产品优质、高效、生态、安全的有效途径,也是海洋农业走向集约化、规模化、工业化、现代化道路的必然选择,代表着未来海洋农业,特别是科技创新与先进生产力发展的重要方向,尽管它的出现仅 30 余年,但已在发达国家的水产养殖生产中起到了巨大的推动作用,如欧洲的大菱鲆苗种培育 100%采用全封闭循环水,养殖 60%以上采用封闭循环水,一些大型、超大型循环水养殖生产系统已在美国、西班牙、俄罗斯、日本等国投入运行;特别是近年来,国外循环水养殖水处理技术进步较快,在水体消毒、净化,池底排污,增氧及控温方面,几乎采用了现代所有可以应用的高新技术,依靠科学技术与严密的社会分工,实现了水处理设施、仪器装备的规模化、标准化生产,涌现出一大批世界著名的水处理设施设备生产加工企业。

当前,工厂化养殖系统生产了全世界 74%的鸡肉、50%的猪肉、43%的牛肉和 68%的鸡蛋,而鱼类工厂化养殖系统的产量尚不足养殖水产品总量的 1%(如图 1)。农业工业化可以

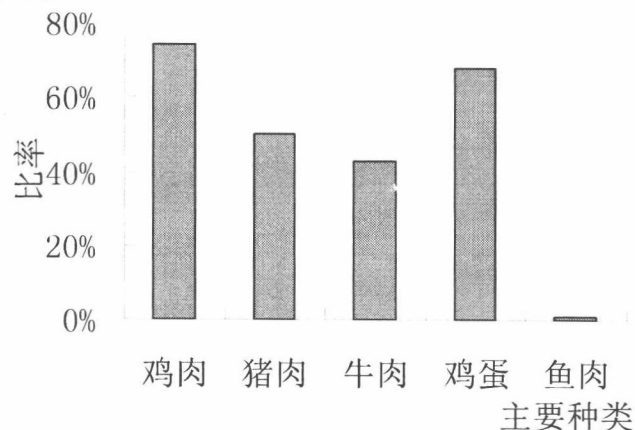


图 1 主要肉类的工厂化养殖系统生产比率 (FAO, 2008)

从本质上改变农业与其他各业长期分割的状态,实现农业与二、三产业、农村与城市的一体化经营与发展;同时,农业工业化可以直接带动农产品的多层次增值,提高农业的比较效益,提高各种先进农业技术的可操作性,既便于推广,也使提高渔民的劳动素质有了具体依托。提高渔民劳动素质与摆脱贫困、提高生活水平紧密结合,将极大提高渔民学技术、学文化的积极性。渔民自觉学习科学文化知识成为可能,广大渔民特别是养殖大户将成为懂技术、善经营、会管理和具有市场开拓能力的新型渔民。此外,发展工业化养殖每单位土地面积上需要更多的劳动力,这是从根本上解决农村人口多,不离乡、不离土发展生产,就地解决人多就业难的最迅捷的途径之一。同时,随着新的海洋制度的建立,中日、中韩渔业协定生效,海洋渔业特别是捕捞业正面临生产空间缩小、资源衰退、渔区劳动力转产转业任务繁重等严峻形式,发展工业化养殖是解决海洋捕捞业出路问题,促进渔业增效、渔民增收、渔区稳定的重要途径。

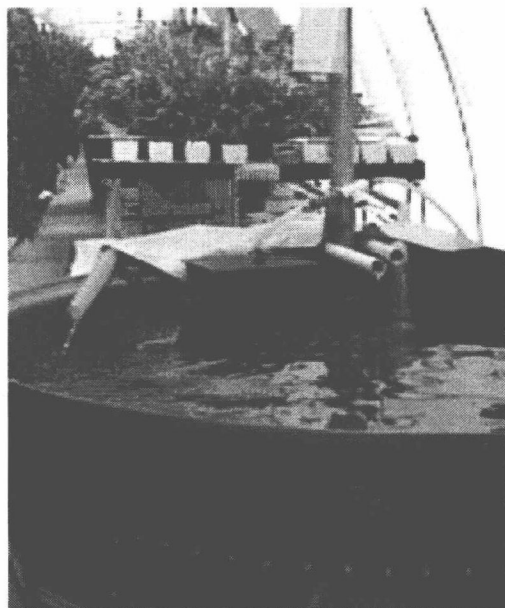


图2 美国的鱼菜共生养殖模式

二、世界发展现状与趋势分析

(1) 工业化循环水养殖逐渐成为水产品的重要生产方式

目前国外工业化循环水养殖技术比较发达的国家有北美的美国、加拿大,欧洲的法国、德国、丹麦、西班牙,以及日本和以色列等国家。

在北美,美国的工厂化养殖在上世纪60、70年代已得到迅速发展,主要以利用冷流水养殖虹鳟和大规模工厂化养殖条纹鲈和黑斑石首鱼为主,工厂化养鱼已被美国政府列为“十大最佳投资项目之一”。美国在工厂化养鱼方面,进行的“鱼菜共生”生产是很有特色的,亚利桑那州鱼菜共生系统每 m^3 水体可产罗非鱼50kg,上面无土栽培生菜,一年可种十茬。伊利诺州鲶鱼与水栽培番茄结合,4~9月每 m^2 可产番茄35~70kg;鲶鱼与水培生菜结合,年可种十茬。利用冷流水养虹鳟和温流水养温水性鱼类都比较发达;如爱达荷州的一个温流水养鱼场,是5层梯级流水养鱼池,每 m^3

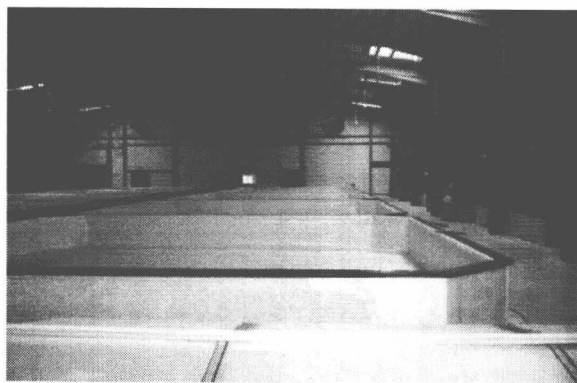


图3 丹麦的鳗鱼工业化循环水养殖车间

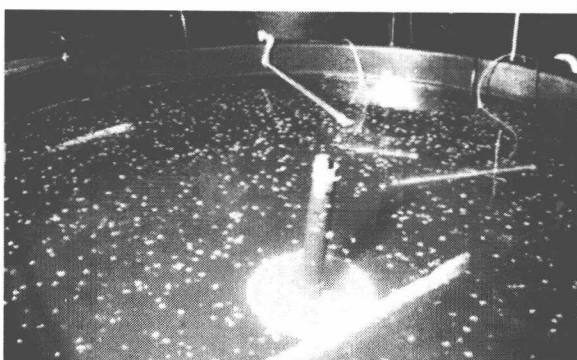


图4 法国大菱鲂苗种培育100%采用工厂化循环水系统

负载量为 160kg, 每个池的日流量控制在 240m^3 以下, 一年三茬总产量 3000 吨, 为土池产量的 4 倍, 流水养鲑虹鳟, 单产可达 $50\sim 100\text{kg}/\text{m}^3/\text{年}$ 。

亚洲: 日本自上世纪 60 年代发展工厂化养殖以来, 也取得了突出成绩, 目前工厂化养殖各种鱼、虾、贝等鲜活水产品年产达 20 万吨以上, 而且其技术成熟、产量稳定、效益显著。日本最早将微生物固定化技术用于养殖生产系统, 其系统结构合理, 系统的集成化程度高, 极大地降低了系统的建设成本, 提高了养殖水处理及循环利用能力、单位体积过滤系统的负载能力, 其技术管理更简单、能量消耗更省、单位水体的产品成本更低, 从而提高了综合经济效益。

在欧洲, 工业化循环水养殖已被列入一个新型的、发展迅速的、技术复杂的行业。通过采用先进的水处理技术与生物工程, 大量引用前沿技术, 最高单产可达 $100\text{kg}/\text{m}^3$, 工业化循环水养殖已普及到鱼、虾、贝、藻、软体动物的养殖。目前, 在法国, 大菱鲆苗种孵化和育成几乎都采用循环水工艺, 鲑鱼的封闭循环水养殖也开始进行生产实践; 拥有 500 万人口的丹麦现有年产 150~300 吨水产品的工厂化养殖系统 50 余座; 德国有工厂化水产养殖系统 70 多座。西班牙 Aquacria Arousa 大菱鲆工厂化养殖场被认为是国外发达国家封闭循环水技术的典型范例: 该厂位于西班牙西北部加利西亚省的 Pontevedra, 建于 2000 年 3 月 22 日, 是由 Sunfish 公司设计的第三代循环水系统, 年产苗种 8 批, 共 400,000 尾, 养殖场年产商品鱼 500 吨, 养殖面积仅为 $1,885\text{m}^2$, 养殖产量相当于 $265\text{kg}/\text{年}/\text{m}^2$ (包括育苗池、废弃物和废水处理单元占地)。据不完全统计, 目前欧洲的封闭循环水养殖面积约 30 万 m^2 , 且发展速度很快。

纵观欧洲的工业化循环水养殖工艺研究与应用, 可以概括为以下几个特点:

1) 采用降低水处理系统水力负荷的快速排污技术。为了防止生物滤器堵塞及大颗粒悬浮物破碎成超细悬浮物, 系统采用养殖池自动排污装置、残饵捕集器及机械过滤器三级水处理装置, 使养殖废水一流出养殖池, 就将悬浮颗粒物通过沉淀、过滤等方式去除, 降低其它水处理设备的负荷。

2) 普遍采用提高单位产量和改善水质的纯氧增氧技术。设计制造了利用液氧向养殖池和生物过滤器增氧的设备, 大大提高了单位水体的载鱼量; 研制新型制氧装置, 可在鱼类养殖场直接生产纯度为 85%~95% 的富氧。

3) 采用日趋先进的养殖环境监控技术。通过收集和分析养殖水质和环境参数数据, 如 DO、pH、T、TAN、水位、流速、光照周期等, 结合报警和应急处理系统, 对水质和养殖环境进行有效的实时监控。也有采用计算机图像处理系统监控养殖生物, 通过获取鱼的进食、游速、体色等情况, 利用专家系统自动调整最佳饲料投放量, 以获得最佳转化率。

4) 生物滤器的稳定运行管理技术。生物滤器主要用于去除养殖水体中的水溶性有害物 (有机物和氨氮), 它是封闭循环水处理系统成功运行的关键, 同时也是封闭循环水处理系统投资和能耗最大的水处理单元。法国研究人员在此领域进行了长期研究, 如生物膜的细菌群落 (自养细菌和异养细菌) 组成、数量, 氨氧化、硝化过程的能量和氧气消耗等, 养殖废水中不同 C/N 比率对生物滤器效能的影响, 并在此基础上获得生物滤器硝化动力学模型, 建立了生物滤器的设计与管理规范。

5) 养殖废水的资源化利用与无公害化排放技术。法国研究人员利用大型藻类净化养殖废水系统, 经净化后的养殖废水再回到养殖池; 丹麦研究人员采用在养殖池之间设置生物净化器的方式, 将养殖污水进行生化处理后再进行回用或排放。