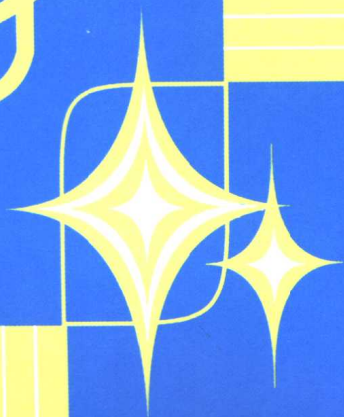




全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



水产养殖机械

● 吴宝逊 主编

● 机械设计制造及淡水养殖专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

水产养殖机械

吴宝逊 主编

机械设计及制造和淡水养殖专业用

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水产养殖机械/吴宝逊主编. - 北京: 中国农业出版社, 1996.5 (2000.5 重印)

全国高等农业院校教材·机械设计及制造和淡水养殖专业用

ISBN 7-109-03792-4

I. 水… II. 吴… III. 水产养殖-机械设备-高等学校-教材 IV. S969

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 66406 号

出 版 人 沈镇昭

责任编辑 郭何生

出 版 中国农业出版社

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 中国农业出版社印刷厂

* * *

开 本 787mm×1092mm16 开本

印 张 11.75 字数 267 千字

版、印次 1996 年 5 月第 1 版

2000 年 5 月北京第 3 次印刷

印 数 4 601~6 600 册 定价 14.80 元

书 号 ISBN 7-109-03792-4/S·2390

内 容 简 介

本教材共分五章，以淡水养殖机械为主要内容。重点讲述鱼虾配合饲料加工工艺流程，饲料加工机械和水体处理机械的工作原理、结构设计及计算方法，并介绍投饲机械与排灌和清淤机械。还补充介绍了几种基本的海淡水养殖方式、鱼虾饲料主要特点、养殖水质理化特性等方面的基本知识和国内外水产养殖机械方面的科技发展动态。

本教材可作为水产大专院校机械设计及制造专业和淡水养殖专业的教材，并可供有关水产养殖和渔业机械行业工程技术人员参考。

前 言

在水产养殖的现代化进程中,水产养殖机械显示出愈来愈重要的作用。从水质处理、挖塘清淤、饲料加工、投喂到水产品采捕、运输等作业越来越广泛地采用机械设备。在国内外的水产养殖业里,人们正在不断地提高机械装备率与设备性能,并且加强机械的使用和科学管理工作,以求进一步提高养殖业的经济效益和社会效益。

相对而言,目前使用的水产养殖机械,其结构一般不是很复杂。但水产养殖机械作为一门科学,它所涉及到的学科门类很广。它的设计和应用尤其需要紧密地同水产养殖的生态学及生物学特性相结合,并实现机电一体化,才能取得良好的效果。在我国,水产养殖机械的研究工作起步较晚,空白点多。因此,很值得渔业机械工作者为之深入钻研与开拓。

本教材共分五章,以淡水养殖机械为主要内容,抓住水产养殖中与机械化密切相关的“水”、“饵”两个主要环节,重点介绍鱼虾配合饲料加工工艺流程,饲料加工机械和水体处理机械的工作原理、结构设计和计算方法,并介绍投饲机械与排灌和清淤机械的主要类型、工作原理与基本构造。

水产养殖机械品种繁多。由于篇幅所限,本教材突出重点,着重机械工作原理及其有关理论的论述,并较详细地介绍了主要机械的典型结构、重要技术参数的确定以及国内外发展动态,以期读者能达到触类旁通,举一反三的学习效果。为了兼顾机械和淡水养殖这两个学科差异较大的专业,还适当补充介绍了海淡水养殖的几种基本形式、鱼虾饲料主要特点、养殖水质理化特性等有关水产养殖的基本知识和水泵方面的基本知识。

本教材可作为水产大专院校机械设计及制造专业和淡水养殖专业的教材,并可供有关渔业机械行业和水产养殖工程技术人员参考。

教材第一章、第二章和第三章由厦门水产学院吴宝逊同志编写。第四章和第五章由上海水产大学殷肇君同志编写。全书由吴宝逊同志主编,由大连水产学院郑德和副教授主审,上海水产大学桂志成副教授参审。

教材的编写一直得到全国农业院校教材指导委员会水产学科组的关心和指导。本教材还参考并援引了一些书刊的资料。在此,谨向有关人士表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间较仓促,教材中难免有不妥之处,恳请各界同仁和广大读者批评指正。

编 者

1992年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 水产养殖业的重要地位与水产养殖机械化	1
第二节 水产养殖的基本形式及其特点	3
第三节 水产养殖机械分类	11
第二章 饲料加工机械	16
第一节 鱼虾饲料	16
第二节 鱼虾饲料加工工艺流程与加工机械	20
第三节 饲料粉碎机械	22
第四节 青饲料加工机械	42
第五节 饲料混合机械	44
第六节 软颗粒饲料压制机	57
第七节 硬颗粒饲料压制机	59
第八节 颗粒饲料膨化机	75
第九节 颗粒饲料冷却装置	90
第十节 配合饲料加工设备配置	92
第三章 投饲机械	100
第一节 投饲要求与投饲机械化	100
第二节 投饲机	101
第四章 水质处理机械	110
第一节 养殖水质特性及处理设备	110
第二节 气体的转移	116
第三节 叶轮增氧机	120
第四节 水车增氧机	124
第五节 射流增氧机	126
第六节 风力增氧机	134
第七节 水质改良机	139
第八节 水质净化机	144
第五章 排灌和清淤机械	152
第一节 水泵的基本知识	152
第二节 水产养殖用水泵	156
第三节 水泵的选型和配套	167
第四节 池塘清淤机	170
主要参考文献	179

第一章 绪 论

第一节 水产养殖业的重要地位与水产养殖机械化

当今人类所面临的人口、资源、环境三大难题日益突出。出于战略性考虑,世界各国已从过去只重视海洋捕捞转向同时重视发展水产增养殖。人们认为这是当今世界渔业生产的一个最大特点,也是渔业生产的必然发展趋势。其原因是多方面的:

一、人们逐渐认识到,自然状态的海洋,生产力是有限的。近几十年来,由于滥捕及环境污染,许多重要的渔业资源严重衰退,出现捕捞过度现象。如鲱、鳕、鲈、鳎及我国的大、小黄鱼、带鱼等重要经济鱼类资源已显著减少。

近年来,尽管世界各国的渔船、渔机、渔具和渔法越来越现代化,但渔获量总是徘徊不前,增长率下降。据统计,20世纪70年代,全世界渔船增加50%以上,但鱼产量却增加不到10%。20世纪80年代情况仍没明显好转。这说明以自然生长的鱼虾为采捕对象的捕捞业不可能无节制地发展。国内外专家学者普遍认为,今后传统渔业不会出现重大的发展。

二、200n mile经济专属区的划分,限制渔业大国海洋捕捞产量的提高。海洋渔业资源的分布,主要集中在大陆架地区。那里仅占海洋总面积的7.6%,捕鱼量却占世界海渔总产量的80%。200n mile经济专属区覆盖了大部分的大陆架。据调查,在100m深的海洋,每 1km^2 有12.5kg鱼,而在300m深的海洋里,每1平方公里只有1kg鱼。组织大型远洋船队投资大,耗费高,渔获量也很难大幅度提高。这就迫使各渔业大国不得不转向大力发展水产增养殖业。

三、日益增长的世界人口对鱼类蛋白需求量迅速增长。据估计,人类消耗的动物蛋白约 $1/3$ 取自鱼类。到本世纪末,世界人口将增加到65亿。人类需要的动物蛋白要比70年代增加1倍以上。据预测,到21世纪30年代,世界人口将增加到85亿以上,对鱼类需求量将更为可观。鱼、虾、贝、藻是重要的蛋白源,味道鲜美。养殖水产品食物营养链短,产量高。消耗1kg饲料,获取蛋白质数量,鱼是90g,猪仅24g。因此,发展水产养殖业是人类经济地获取动植物蛋白的捷径。

四、水产增养殖业可以经济而有效地对水产资源进行补充、调整。水产资源是更新的资源,具有流动性。在一定捕捞限度范围内,尽管不断捕捞,资源仍会获得增殖。若捕捞过度就会引起资源衰退。

捕捞渔业资源学主要是试图通过对渔业的限制来实行不会减少资源的捕捞方法。

新兴的水产增养殖法,主要是通过生产苗种,移植放流,改造环境,改良生长条件来增殖资源,使其越捕越多的培植资源的方法,即达到水产生物的再生产。

二者的区别在于人类管理方法和范围。

英国学者拉塞尔(Russell)提出一个公式,将水产资源变动量分为四部分:①补充,

R; ②生长, G; ③自然死亡, M; ④捕捞, C, 则

$$\text{水产资源变动量} = R + G + M + C$$

式中, $R + G$ 是增加量; $M + C$ 是减少量。当 $R + G \geq M + C$ 时, 则资源量不减少, 甚至会增长。

捕捞渔业主要是将捕捞 (C) 作为人类管理对象, 最大限度利用水产资源, 而又不使资源减少, 这也称之为节制捕捞。

水产增养殖业则是将以上四个因素, 在可能的情况下, 全部纳入计划, 加以管理。对资源的补充 (R) 进行人为的调整, 并促进生长 (G) 的提高, 自然死亡 (M) 的减少。从而最大限度发挥人类的主观能动作用, 实现渔业的增产丰收。

当前, 无论是渔业大国或其他国家, 为了不断提高水产产量, 都在大力发展水产增养殖业。

90 年代以前, 日本渔获量一直居世界第一, 1978 年为 1 018 万 t, 1988 年接近 1 200 万 t。但日本从 70 年代初就开始发展水产增养殖业, 将其做为一项战略性措施。提出“捕捞渔业向养殖渔业发展”的口号。依靠发挥原有水面作用, 引进先进技术, 发展工业化养鱼, 7 年间淡水鱼产量增加 4 倍。并在其国内普遍设立栽培渔业中心, 其经费支出占全国水产预算的 10%。用人工孵化大量育成经济价值高的水产苗种, 如鲷、鲑、鲟、鲍、对虾等, 进行人工放流增殖资源。每年在 170 条河流放流鲑鱼 13 亿~17 亿尾, 回收率为 4%~5%。日本自 1976 年以来, 为了全面开发 200n mile 海域生产力, 创建了“资源生产型”、“管理型”的增殖型渔业, 对全国沿海 200m 水深以内的 30.66 万 km² 海域, 制订了沿岸渔场整备开发事业规划。这个改善基础环境的长期建设规划总目标是: 建设鱼礁鱼场 10.17 万 km², 增殖场 1.53 万 km², 养殖场 0.35 万 km²。同时, 又在外海兴建现代化的海洋牧场。这些措施, 使得日本海水养殖产量在 10 年内翻了一番。

俄罗斯在 90 年代前是第二渔业大国, 他们也很重视海淡水增养殖业。在近 15 年内池塘面积增加 5 倍, 淡水鱼产量增加 9 倍。在 65 个大中型湖泊中进行移植驯化工作。移植高白鲑后, 其总产量由 100t 增加到 27 000t。每年还向湖泊放流鲟鱼类幼苗 0.8 亿~1 亿尾, 使鲟产量由 1951 年的 10 000t 上升到 1981 年的 32 000t。每年向深海人工放流鲑鱼 10 亿尾, 每投资 1 卢布可回收 10 卢布。到 70 年代甚至在挪威、英国沿海都能捕到他们放养的鲑鱼。他们还在远东海域进行贝、藻及名贵鱼类的大规模养殖。

我国渔业 40 多年来, 特别是改革开放以后, 有了极大的发展。解放初期, 水产品总产量仅为 91.2 万 t。1960 年中央曾提出“以养为主”、“养捕并举”的方针, 但在具体政策和行动上没跟上去。1978 年以后, 我国确定了“以养为主, 养殖、捕捞、加工并举, 因地制宜, 各有侧重”的渔业发展方针, 从而进入水产养殖, 特别是淡水养殖高速发展的新时期。到 1980 年, 我国水产品产量已近 500 万 t; 在“六五”计划期间, 平均每年增长 51 万 t; “七五”期间的前四年平均每年增长 110 万 t。1988 年, 我国水产品养殖产量为 640 万 t, 首次超过捕捞产量, 水产品养殖产量占世界养殖总产量的 46%, 成为世界第一海淡水养殖大国, 水产品总产量达 1 040 万 t, 首次突破 1 000 万 t 大关。1990 年总产量已达 1 237 万 t, 从世界第三位跃居世界之冠, 渔业产值达 120 亿元。其发展速度是惊人的, 这首先归功于水产养殖的飞速发展。以海水养殖为例, 1950 年我国海水养殖面积不

足 66.6km²，产量仅 10 000t 左右。1988 年海水养殖面积已扩大到 4 126km²，产量为 142 万 t，苗种放流种类已达 20 余种。从 1980 年到 1990 年，山东半岛南岸、黄海北部和渤海，对虾生产性放流已达 169 亿尾，回捕率 7%~10%。投入产出比为 1:10。这些措施对稳定和增加水产资源起着很好的作用。

但按人口平均统计，目前我国每年人均水产品占有量仅有 11.7kg，而世界人均占有量为 20kg。据预测，到本世纪末，我国水产品总产量可达 1 800 万 t，即使这样，人均占有量也只达到 14~15kg。据统计，食物供给中的蛋白质，我国每年人均消耗量为 69g，世界人均消耗量为 70.3g。而食物供给的蛋白质中动物性产品所占比例，我国仅占 16.1%，而世界平均占 34.3%。可见，我国人民食品结构还有待于进一步调整。我国渔业任重道远。

我国淡水水域面积有 20 万 km²。目前具备养殖条件的水面约 53 300km²，1989 年已利用 38 000km²。其中池塘为 14 100km²，湖泊 6 100km²，水库 14 000km²，河沟 3 300km²，其它水面 513km²。淡水鱼产量为 490.4 万 t（其中养殖产量为 417 万 t），平均每平方米仅产 0.129kg。池塘养鱼产量 314.4 万 t，平均每平方米也只产 0.223kg。而国内一些地区实现渔机配套的“万亩片”大面积高产鱼塘，平均每 1m² 可产 0.75~1.5kg，甚至达 3.75kg。采用养殖机械配套水平的高低，直接影响池塘载鱼量的高低。

我国海域辽阔，总面积达 473 万 km²（相当于 1/2 的国土），大陆架鱼场面积 150 万 km²，海岸线绵长曲折。沿海八省二市初步估计：潮间带（即滩涂）面积有 20 000km²；水深 10m 以内的浅海滩涂面积约 66 600km²，其中可利用面积约 13 300km²。但目前实际开发利用不到 1/3；水深 10~40m 水域的开发利用则更少。海养渔业基本上仍靠人工操作，劳动强度大，且生产率低。此外，南北方生产力差异也很大。

要大力发展水产养殖业，光靠大自然恩赐或靠人工苦干是不行的，关键是要实现养殖机械化。以对虾养殖为例，1987 年台湾地区每 10 000m² 虾池平均产量为 5.1t，年产达 9 万 t。这些养虾场都配置一定的机械设备。该地区高密度精养虾池每 1 000m² 配有 0.735kW 叶轮增氧机，每 10 000m² 可产虾 8.7~21t。而中国大陆养虾以半精养为主，配备机械少，平均每 10 000m² 虾池仅产 1.2t，低产者仅产数 10kg。要达到高产，除了要适当提高放苗密度外，还要提高对虾养成期的成活率，这不但要保证苗种质量，提高配合饲料的质量，防治病害，还要加强池水交换能力，实行水体增氧、净化和监测。这些措施都离不开养殖机械化的实施。

第二节 水产养殖的基本形式及其特点

水产养殖以养殖水质不同，大体可分淡水养殖和海水养殖两种。

以水体环境条件不同，又可分江河、湖泊、水库、稻田、池塘、车间、浅海、滩涂和港湾养殖等。

以养殖方式不同，可分静水养鱼，工业化养鱼，机械化静水高密度养鱼，湖荡围栏养殖，浅海滩涂养殖，浅海、港湾鱼虾围养和海洋牧场等方式。

一、静水养鱼方式

这是传统的养鱼方式，利用湖泊、水库、池塘、甚至稻田等自然条件来养鱼。其主水体基本上是静止不流动的。水体中溶氧主要来源是靠水中浮游植物、藻类光合作用产生的大量氧气及自然风力使水面产生波浪，将空气溶入水体中。水体温度直接受自然界温度、阳光辐射能的控制。总之，外界气候条件直接影响鱼类的生活条件。人力只能部分地、局部地改善它，以提高放养密度和生长速率。如采用增氧机械曝气，提高水体溶氧量。生产成本较低，要求的技术也较低，可以广泛利用自然条件，投资少，但鱼体增长率和养殖密度较低，饲养周期长，经济效益与人员的经验关系极大，所需劳力多。这种生产方式是适合我国国情的，是我国目前淡水渔业的重要生产方式。

二、工业化养鱼

工业化养鱼又称集约化养鱼、工厂化养鱼或高密度养鱼。它是一种小水体、高密度的流水养鱼方式。人为地为饲养对象创造最佳的生活环境、最适宜的生长条件，促使鱼以最快的速度发育、生长。它可以利用包括机械、电气、化学、生物、电脑及自动装置等各种现代化的手段控制鱼类的生活因子。从孵化、育苗、鱼种到养成，创造最适宜的水质、水温，提供优质、适口的饲料等，使饲养对象摆脱自然界的影响。工业化养鱼占地少，管理方便，可达到自动化或半自动化，并可以全年进行饲养，缩短饲养周期，提高产量与质量，降低饲料系数。但生产成本往往比较高，投资大，要求管理水平高，常以车间管理的方式进行生产。

工业化养鱼可分为普通流水式养殖、温流水式养殖和循环过滤水式养殖。

(一) 普通流水式养殖 它直接利用江河、湖泊、水库、山泉、地下水等天然水源，不经加温和特殊增氧处理，以自然落差流入鱼池进行养殖。流水的目的是要输入含高氧的、清新的水，使养鱼水体不断交换，排出污水。用过的水不回收重复使用。水中夹带的泥沙，鱼池中鱼类排泄物、残饵等随排水一起排出鱼池。因此，要求进排水均有一定的流速。用水量、换水量随放养量的增加而增加。可以一天排水数次。每昼夜总用水量很大。

这种鱼池构造比较简单，可用土池、薄膜池、水泥池等。鱼池形状以圆形池为宜，也有做成四方、六方、八方、长方形、椭圆形、不等边形等。池子的面积趋向小型化。

普通流水式养殖所需配套的机械设备较少，只要有一定品种、数量的饲料机械或者再配备投饲机械。通常可利用天然水源本身的流速来进水、排水，故不需要用动力引水。如果不能利用水源的自然流速（如地下水），则可配套水泵、贮水池，或者设置贮水塔，形成压差，但耗电较大，成本高些。

养殖品种为虹鳟、鲤鱼、罗非鱼、草鱼、青鱼、鳊鱼等，也可养鳊鱼、鲑鱼等。

20世纪80年代初法国采用普通流水式养殖虹鳟，其产量占全国淡水鱼总产量的81%。有的养殖场平均每 1m^2 产96kg。

日本全国普通流水式养鲤单位约有800个，有一个高产池平均每平方米产量高达300kg。

我国南方11个省、自治区有高密度养草鱼的悠久历史，但到20世纪70年代，才初具规模。山西省晋源鱼场流水养鳊，每平方米产量达50kg。中山大学1976年用这种养鱼

方式养殖罗非鱼和草鱼，每月每平方米水体产鱼约 3.1kg。长江水产研究所 1977 年则用于养殖草鱼，每平方米面积产 28.5kg。他们所采用的圆形流水鱼池如图 1-1 所示，池的直径为 6.2m。中山大学的流水鱼池和玻璃温室如图 1-2 所示。它们均采用圆形池，池顶进水、喷水，池顶排水、溢水，池底呈圆锥形，具坡降，在池中央集污、排污。圆形池能自行集污，并且水流无分层现象，水深可略深些，在 1.5m 左右。

普通流水式养鱼投资少，占地小，技术管理较简单。但因水不是循环使用，用水量大。在水源充沛，水质良好，可以形成自然落差的地区，如丘陵山区、水库附近及湖泊旁，可推广此方式。

(二) 温流水式养殖 鱼是变温动物，其体温与新陈代谢速度随水温变化而变化。各种鱼都有一定的最高和最低忍耐温度，并有一定的最适生长温度范围。一般说来，在正常范围内，水温升高 1℃，其代谢率增加 10% ~ 15%。在最佳温度时，鱼代谢快，摄食旺盛，生长迅速。

温流水式养殖利用地热、工业温排水等热源，经简单的处理，包括降温或和其它冷水源调节到最佳温度，并且增氧净化水质，然后注入鱼池进行使用。从池中排出的水也不回收。

由于温泉水、地下热水相当有限，开采费用又昂贵，因此，目前世界各国主要利用工矿企业，尤其是热电厂排出的温水来养鱼。

温流水式养殖池水系统的基本配套大致如下：

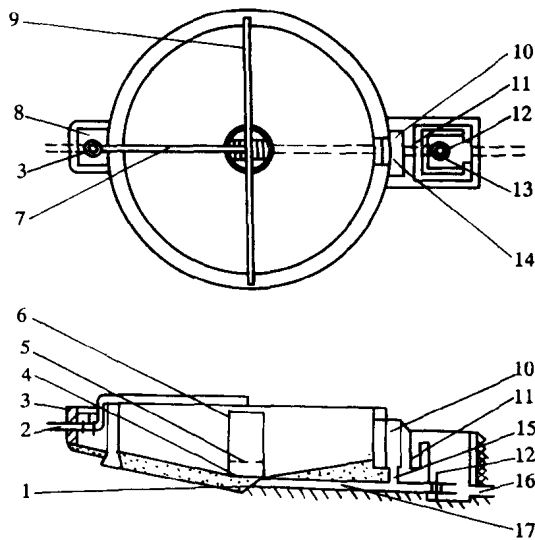


图 1-1 长江水产研究所圆形流水鱼池

1. 排污筒 2. 进水管 3. 进水阀 4. 拦物栅 5. 拦鱼网罩 6. 拦鱼设备 7. 进水管 8. 进水阀池 9. 喷水钢管 10. 排污溢水槽
11. 排污槽 12. 排污阀 13. 排污阀池 14、15. 溢水口
16. 出水管 17. 排污管

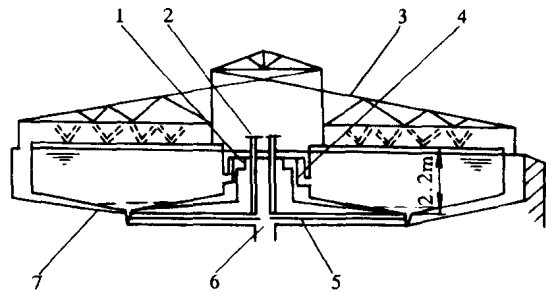


图 1-2 中山大学流水鱼池和玻璃温室

1. 排水总沟 2. 排污开关 3. 玻璃房 4. 排水管 5. 排污管
6. 排污总沟 7. 15×30 孔目网栅 8. 喷水管

①温流水喷淋装置。用于降温，也可溶氧。

②配水池。混合、调节水温，并采用增氧设备，给水增氧。

③最好加盖池顶盖及采取其它保温措施（如温室），减少水与大气热交换，防止热能失散。

因为温流水式养殖可以有效地控制水温，使鱼在最适水温中生长、发育、繁殖、越冬，保持旺盛的新陈代谢，加快生长，从而缩短养殖周期，实现全年养殖，大大提高产量。单位水体的养殖密度一般可达 $200\text{kg}/\text{m}^3$ 。因此，深受各国的重视。

日本于1963年开始利用温排水养鱼，单产较高，每平方米少则90kg，多则300kg。他们还利用发电站温排水排入海中所得的温海水养鱼。养殖品种包括鱼、虾、蟹、贝、藻等，多达30余种。在爱知县冈崎市清扫中心，还利用垃圾焚烧炉的温排水养殖罗非鱼。

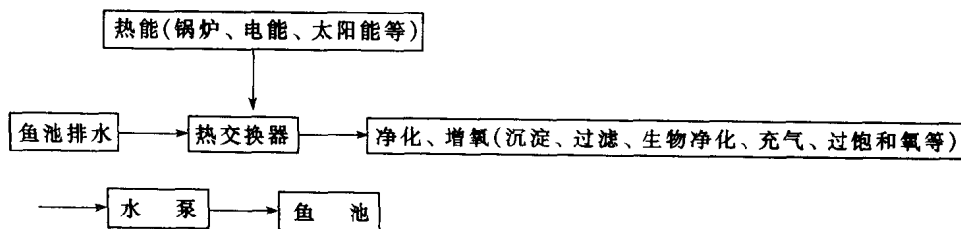
美国利用温流水养殖大鳌虾和牡蛎。大西洋鳌虾达到市场规格需8年，用温排水养殖只需2年。牡蛎的生长期可缩短一半。

以色列采用电站温排水养对虾，温排水水温比海水高 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，养殖时间比原来节省一半。

我国从70年代也开始进行温流水养鱼。目前，用温排水繁殖鱼苗已成为黑龙江省生产鱼苗的一种主要技术。在辽宁、北京、河北、河南、山西、江苏、上海、浙江、湖南、广东、广西等地都积极开展温流水养鱼，并取得了可喜的成果。如广东水产研究所温流水养鱼， 1m^2 水面最高产量累计可达600kg。我国地热相当丰富，地下热水水质较好，利用地热养鱼是大有可为的。

（三）循环过滤水式养殖 这种养殖方式是将鱼池排出的废水回收后经处理，净化后，再注入鱼池，使之反复循环使用。其特点是养鱼用水要回收，经沉淀、过滤净化并按照养殖对象对水温的要求进行人工升温或降温，然后对水体增氧，再输入鱼池，周而复始。

这是在既无充沛的优质水源，又无足够的工厂温排水及地热的地区，为节省用水而发展起来的闭合无端水循环系统。水质处理的基本工艺流程如下：



本方式既可节省大量用水，又能充分利用排水的温度。国外还广泛采用过饱和增氧技术，排水中，仍含有大量溶氧，经循环过滤后，部分溶氧仍可充分利用。采用本方式养鱼，可以要求控制养鱼生产的全部环境因子，不受水源、气候条件的限制，充分体现工业化养鱼的高密度、小水体、生长快、单产高的特点，成为最先进的工业化养殖方式。

西伯利亚冶金联合企业的渔场利用封闭式循环系统饲养商品鲤，1985年每平方米产量为356kg。莫斯科一企业设计制造的循环流水养鱼系统由鱼池、废水池、循环水泵、机械过滤器、蒸气加温、曝气沉淀池、水中充氧装置等组成。水在沉淀排出过程中，一昼夜的损

耗约为总容量的 10%。自动化仪器使水温保持在 25℃。水中保证 10~12mg/L 溶氧量。排出的水含氧量达 5mg/L 左右。利用自动投饲装置投喂颗粒配合饲料,养殖鲤鱼种每尾 25g,经 4~5 个月,平均每尾达 500g。

德国著名的施特勒马蒂克养鱼设备养亲鱼、育种和饲养成鱼。该设备不但有鱼池、氧化池、沉淀池、生物净化池、水加温装置外,还有纯氧增氧装置以及检测仪器自控装置等。水温 25℃,每天补充水量 1%~5%,池水含氧量高达 15mg/L 的超饱和值。其投资费用很高,耗能大,成本高。最高单位水体产量超过 500kg/m³。

目前世界各国还在大力研究试验利用太阳能加温养鱼用水,以解决循环过滤水养殖的热能问题。如意大利科普罗马公司设有太阳能应用于水产养殖研究中心,研究开发的太阳能系统有平板型太阳能系统集热器、具有盐浓度梯度的太阳能池及能量长期贮存系统。

在我国,这种养殖方式主要用于培养鱼苗、越冬鱼类以及一些经济鱼类的饲养。主要工作还停留在一些水产研究部门的试验阶段。如南海水产研究所用自己设计的封闭式循环养鱼系统对 20 余种珍贵海产品进行试养,平均成活率达 80%。哈尔滨水产研究所用这类设备饲养商品草鱼,最高饲养量达每平方米 300 尾,成活率达 96.5%。

工业化养鱼和传统池塘养鱼相比,具有以下几个特点:

①在小水体中饲养大量的鱼,大幅度提高放养密度。以养鲤为例:普通池塘养成鱼,每单位面积水面放养鱼种为 1~3 尾/m² 左右。而工业化养鱼的放养密度一般可达 200 尾/m² 左右,甚至还可以再提高。

②可缩短饲养周期。池塘养鱼,从鱼苗养成食用成鱼,约需 2~3 年。第一年培育鱼苗、鱼种,第二、三年为饲养成鱼阶段。工业化养鱼,用大规格鱼种,四个月就能养到上市重量。从鱼苗养成鱼种,时间也可大大缩短。而且可全年饲养,改变普通池养越冬鱼种生长缓慢的状况。因此,可以扩大养鱼的时空范围。瑞典研究发现,在最佳温度下,鲑、鳟所摄食的饵料可达鱼本身重量的 30%,且不会提高饲料系数,按饲料系数 1.3 的生长率计算,每天可增重 23%,一条重 50g 的鱼种经一个月的饲养,即可达到 1~1.5kg 的上市规格。

③可以降低饲料系数,节省劳力,管理方便,易于起捕,还可均衡上市。

但是,工业化养殖方式也存在一些缺点。如循环过滤水式养殖方式耗电量大,投资大,成本高,普通流水式和温流水养殖方式用水量大;饲料,特别是粉状、浆状饲料会随水流流失;鱼体还容易因流水而疲劳。

要控制生产中所有的环境因子,在技术上有多种多样的处理方式。养殖对象是多品种、多规格的,各种水产品的生活习性不一样,对水质、水温、溶氧量、光照、投喂等要求也各不相同。因此,各种养鱼装置千差万别,原则上不可能有适应于各种鱼虾的万能工业化养鱼装置。要因地制宜,因类而异。随着科技发展,对鱼类生态学、营养学的深入研究和对养鱼工程与设备进一步研究开发,有可能提供适于大规模生产的快速增重的最佳养殖条件。这是研究工业化养鱼的一个重要任务。

三、机械化静水高密度养鱼方式

针对静水养鱼方式存在的问题,结合我国传统池塘养鱼的特点,使用较先进的养殖机械配套,定期加换新水进行静水养殖所形成的一种高密度养鱼方式,即机械化静水高密

叶轮增氧机一台。第三级饲料地利用池埂、池边等空闲地种植苜蓿草、聚合草 33 330m²，配背负式割草机四台，硬颗粒饲料压制机一台，为鱼池提供饲料。

仅在 1979 年 7、8、9 三个月内，在一级池内共产鱼 9t，其中罗非鱼 6.5t，鲤鱼 2.5t。二级池里，年净产鱼 7.5t，平均每 1m² 产鱼 0.375kg，最高产鱼池每平方米产 0.6kg。三级饲料地年产饲草 125t。1979 年罗非鱼越冬成活率达 100%。

四、湖荡围栏养殖

湖荡围栏养殖是将池塘养鱼的高产技术与湖荡、水库优良的水环境相结合，采用网箱或栅栏拦鱼设施，并加强饲养管理，采取混养、密养和增养殖的办法，以投饲为主，天然浮游生物为辅的养鱼方式。

围栏养殖将养殖对象拦截在一个被包围的空间中而同时保持水体的自由交换。网箱四周全部或除顶部外全部用网片包围，其面积较小，易管理。可用于养殖鱼苗、鱼种、成鱼和亲鱼。而栅栏的围栏底部由海底或湖底构成，通常建于浅水区，面积在 1~50 公顷。围栏的优点在于水体可不断得到更新，鱼虾的排泄物和残饵在水动力作用下能及时得到稀释和扩散，水中溶氧量较高。围栏还可减少凶猛鱼害和鸟害，又可减少鱼虾游动的能耗。因此，成活率高，生长快，饲料系数低，产量高，而投资较少，技术不很复杂。目前内陆水域网箱养殖已扩大到包括欧、亚、非、美洲 30 多个国家，养殖淡水鱼有 70 多种。

我国长江流域目前围栏养殖的主要种类有青、草、鲢、鳙四大家鱼和鲤、鲫、团头鲂等，南方还可养罗非鱼、鲮等。

所配置的机械有增氧机、投饲机、饲料加工机械和网箱清洗设备等。

五、浅海滩涂养殖

浅海一般指低潮线以下 10~15m 水深以内的沿岸水域。滩涂（又称海涂或海滩涂，古称海荡地），指潮间带，即顺潮和落潮之间的海滩地。这是一个非常活跃的地貌类型，海养环境兼有陆地和海洋特点的陆海边缘地带，各地域的地形、地貌十分复杂，埕面底质差异悬殊。滩涂的冲淤同海岸类型、潮汐、泥沙来源等因素关系密切。内陆河流入海，不仅带来大量河水和泥沙，还携带大量的氮、磷、钾等肥分及丰富的腐殖质。海水潮汐、风浪影响更是不能忽视。我国的浅海滩涂从北到南跨有温带、亚热带和热带，赖以滋生的动、植物资源繁多，主要养殖对象是贝类、巨藻类和一些经济鱼虾类等。

1950 年，我国海养面积不足 66.66km²。近几年为我国海水养殖迅速拓展期，年均增产达 20 万 t，海养面积从 1986 年的 3 253km² 扩大到 1989 年的 4 233km²，海养产量为 154 万 t。但海养生产力仍然很低。

我国辽宁、山东、江苏、浙江、福建、广东、广西和台湾等省浅海、滩涂养殖都有一定基础。

以 1988 年统计，贝类养殖面积为 1 929km²，年产量为 84.5 万 t（不计台湾，下同），占海养总产量 59.3%。主要产品有牡蛎、贻贝、蛤、蛎、蚶和扇贝等。其生产方式主要是滩涂埋地养殖、筏式养殖和垂挂式养殖。固着型贝类，如牡蛎有向浅海垂挂式养殖和筏式养殖发展的趋势。

国外养殖贝类主要是牡蛎，以垂挂式养殖为主。美国是牡蛎最大生产国，其次是日本、新西兰和法国。产量仅次于牡蛎的是贻贝，主要生产国是西班牙、荷兰和法国。许多国家海养贝类从播苗、采捕到加工，机械程度都很高。

全世界可供食用的海藻仅褐、红、绿藻就有 50 多种。目前人工大量养殖的主要是海带、裙带菜和紫菜。我国藻类生产居世界第一，1985 年统计，养殖面积为 198km^2 ，产量 270 000t。

海带养殖在潮下带水域。我国北方主要产工业海带，南方则产食用海带，均属筏式养殖方式。紫菜采用网帘式养殖方式。我国南方出产坛紫菜，而北方则生产条斑紫菜。

六、浅海、港湾鱼虾围养

浅海鱼虾养殖一般采用网箱和栅栏养殖方式，港湾还可采用塘养。当前我国海养鱼虾主攻方向是养殖对虾。鱼类养殖技术尚无重大突破，至今仍停留在小面积试生产阶段，主要是养殖经济鱼类。1988 年，海鱼养殖面积为 $4\,012.9\text{km}^2$ ，产量 32 700t。对虾养殖周期短，销售价和出口创汇率高，经济效益高。1979 年我国虾池面积只有 66.7km^2 ，总产量仅 1 200t。1988 年，虾池面积猛增到 $1\,626.5\text{km}^2$ ，产量近 20 万 t。重点产区在渤海地区，从丹东到连云港全长不到 1 000km，虾池约占全国虾池面积的 60%~70%，平均每米海岸线，虾池向内陆延伸 660m。

美国海洋渔业局在普吉特海峡建立海水网箱养殖基地，设置浮式网箱生产太平洋大麻哈鱼等。

日本利用海水进行网箱养鱼虾是最近十几年才发展起来的，他们在这方面进行了大量研究和实践。目前，日本鲷鱼每年养殖产量为 100 000t 以上，其中 90% 以上是靠海水网箱养殖所获。

西班牙、挪威、瑞典、新加坡等国正在发展的海上流动式浮动平台养鱼工厂，可随时选择停泊在水质良好的水域，省去庞大的水质处理设备，鱼类生长快、体质壮、肉质鲜美，还可以移动接近销售市场。

为了向海外发展浮式网箱养鱼，日本计划在今后几年内，在海上建立 100 个海上网箱养鱼服务平台。1991 年首先在北海道沿海设置。这些网箱平台每年将提供 20 万 t 优质水产品。这些设施类似海上石油开采平台，能经受住 7~10m 高的海浪。平台上装有电子计算机控制的喂养系统，饲料通过软管输入到周围的浮式网箱中。每个平台管理 20 个网箱，由先进的富如莫 (Furumo) 声纳和水下电视摄像系统监视网箱内的鱼类生长状态。网箱主要养殖黄尾鲷、真鲷和银大麻哈鱼等品种，每箱年产 100t 优质鱼。

七、海洋牧场

为了以海洋水产业增补陆地农业之歉而达互补，世界各国正在着手试验并开发现代化海洋牧场。广义的海洋牧场技术，是泛指人工垦殖海洋，生产水产生物资源所应用的各类技术综合的统称。其高技术目标是，创造能立足于海洋独立进行水产资源养成的企业生产技术和大范围综合管理。发展中的海洋牧场技术包括两大类：一类是公益性的，一类是企业性的。前者所解决的是渔业者共同利用海域增殖水产资源，共同利用水产资源的开发技

术,如 200n mile 水域渔场环境改造技术,重要经济鱼类大规模放流技术等。后者所解决的是企业经营规模所适用的产业技术,利用先进的科学技术和现代化设备,人为地在特定海域里创造良好的生态环境,使水产生物不受干扰又舒适地生息、繁殖。人们像在草原上放牧那样,将鱼群聚集在选定的海域内,在人为控制范围内进行驯化、养殖。可以说,海洋牧场的开发建设是发展水产增养殖业的一个重要途径。日、美和独联体靠海各国都给予高度重视。

日本建立了世界第一个现代化海洋牧场,面积 52 000m²,设置了若干人工鱼礁,放养名贵的鱼类如鲷、鲷鱼等。为了防鱼外逃,在牧场周围设置金属网及合成纤维网拦鱼。配备投饲船自动投饲。牧场设有集鱼声波发生器,便于投饲、捕捞和观察鱼群。此外还设有水下电视,水下生物遥测器等,用于监视鱼类生活和牧场环境变化。

日本已把海洋牧场高技术开发列入“海域高度利用系统导入事业”计划,由国家组织“200n mile 渔业开发促进会”负责技术开发和实施。

美国已实施“巨藻场改进计划”,计划在沿岸海域建立 400km² 的海洋牧场,以增加巨藻场鱼类、海藻和鲍的产量。

我国也已开始进入科学的开发研究阶段。在辽宁长海县正在实施“蓝色研究项目”,渔业生产将由原来的单纯捕捞型逐渐转向农业栽培型。我国政府委托长海县所管辖下的黄海北部海域建设海洋牧场,作为全国海洋开发实验事业中的一项目,主要生产经济鱼类、鲍、刺参、对虾、贝类和海藻。自 1991 年开始,预计在 10 年内完成。

海洋牧场的建设是一个巨大而复杂的高科技系统工程和产业。所涉及的技术范围非常广泛,它至少需解决以下三项基本技术:

①苗种生产技术。包括有种苗人工繁殖、培育技术、有种质改良技术和不育种制种技术等。

②生物管理技术。包括苗种投放控制技术、放牧与回归特性驯化技术、防病害、控制生物活动范围的防逃技术、养殖密度、容量控制技术、水产生物食物链培养和饲料配方、投饲技术等。

③环境控制技术。包括水质监测、控制技术、滩涂改造、海水流动控制、利用深海水的高营养盐及洁净技术、防风浪技术和建设人工鱼礁场、人工藻场技术等。

第三节 水产养殖机械分类

为了提高水产品产量和质量,开发新的渔业基地,各种养殖方式越来越需要以机械化、电气化加以改造。近年来,水产养殖机械和仪器设备在国内外发展迅速,其品种、型号繁多。

一、淡水养殖机械

淡水养殖机械按机械功能主要可分五大类:

(一)排灌机械 一般是利用各类水泵给鱼池灌注清新水,调节鱼池水位,防洪排涝以及排除污水。在排灌中,达到要求的水质、水温、水量和促进浮游生物世代交替,提高