

一、概 述

中国是世界上最早重视龟鳖资源繁殖保护、人工蓄养和利用的国家。约在公元前 460 年，范蠡《养鱼经》中就有“内鳖则鱼不复去”的话，这是鱼池中养鳖的证明。公元 756—762 年，唐肃宗设立 81 所“放生池”，龟、鳖在其中蓄养，不杀。我国近代养鳖较早在台湾，其他省份大都在 20 世纪 50 年代逐步开展，先后建立了暂养、养殖、繁殖基地，产量逐年增高。

日本是人工养鳖最早的国家，几经兴衰，形成养鳖产业。特别到 20 世纪 70 年代控温养鳖，将常规 3—4 年的养殖周期缩短到 12~16 个月，使日本养鳖业进入了一个全新发展时期。

日本工厂化养鳖技术传入中国，推动了我国养鳖业的迅速发展。成为我国水产养殖中的新产业。

龟的养殖，在国外尚未见有较大规模人工养殖的报道。在我国 20 世纪 80 年代初，一些科研单位开始研究乌龟的人工繁殖，并进行试验养殖。90 年代在我国多个省区逐步开展了龟的人工养殖，且发展迅速，形成亲龟、稚龟、商品龟规模化养殖，同时还引进了多个国外品种。目前各地已有关于各种龟的不同方式养殖技术以及相关研究的报道，同时对龟产品的开发利用也有较大发展。但由于龟的出肉率较鳖低等原因，养殖业的发展总体上不如鳖。由于龟肉、龟卵味道鲜美，是一种高档食品，龟又有极高的观赏价值，使得近年来各种龟价上升，野生龟数量急剧下降，

有的种类已濒临灭绝，被列为国际公约保护的濒危物种。为解决物种保护和市场需求的矛盾，一方面应制订保护措施，另一方面就要开展人工养殖。

鳖是一种名贵的、经济价值很高的水产动物。鳖肉营养丰富，口味清淡，肉味鲜美。据测定，每 100 克鳖肉中含蛋白质 16.5 克，脂肪 1 克，碳水化合物 1.6 克，灰分 0.9 克，钙 107 毫克，磷 135 毫克，铁 1.4 毫克，硫胺素 0.62 毫克，核黄素 0.37 毫克，尼克酸 3.7 毫克，维生素 A 含量丰富，因此是一种优良的健康食品。在我国历史上周朝开始就以鳖为上等佳肴，目前更成为高级筵席上的珍馐。日本、韩国等有专门的鳖餐馆，每年要从中国大量进口鳖。鳖的药用历史悠久，其全身均可入药。最早药用是鳖甲，之后，肉、头、血、脂、胆都能入药；最近有实验证明，鳖中有抑制肿瘤生长的成分。龟也是我国传统的名贵药材，龟甲和龟板富含骨胶原、蛋白质、钙、磷、脂类、多肽和多种酶等，具滋阴降火、潜阳退热、补肾健骨功能；龟肉味甘、咸平、性温，具强肾作用，对小儿生长虚弱，妇女产后体虚、脱肛、子宫下垂具良好疗效；龟胆味苦、性寒，主治痘后目肿，月经不开；龟骨、龟皮、龟血、龟尿等均可入药。因此，有许多中药都有龟的成分。

龟鳖在我国分布广、适应性强。养殖中用水量较常规养殖鱼类少，水质要求不高。人工养殖设备及养殖、繁殖技术简便易行；而且这些技术也已基本成熟，可进行单养、混养、工厂化养殖等。养殖规模可大可小，甚至可进行庭院式养殖。经利用自然加温和人工加温等措施，可大大缩短养殖周期，提高繁殖力。因此，苗种也容易解决。龟鳖的饲料来源广泛，可直接采集天然的低值小鱼虾、螺蚬等；农副产品及加工废料，如畜、禽下脚料、瓜类、薯类等；也可人工培育，如蚯蚓、黄粉虫、蝇蛆、福寿螺等；也能利用养殖场经无公害化处理的死鱼、死禽畜等。而且目前已有大规模生产的稚鳖、幼鳖、成鳖饲料供应。饲料报酬一般

大大高于常规养殖对象。因此，龟鳖养殖是一种经济效益高、市场前景良好的农村养殖业。各地可根据自身条件采用不同的养殖方式、养殖规模开展人工养殖。

开展特种水产养殖必须进行无公害生产。这是保护人类生存环境、提供安全食品，提高养殖对象品质、减少病害发生、保存水产品特有风味、提高经济效益的需要，总的来说就是发展特种水产提高水产养殖水平的需要。虽然龟鳖具有特色风味，且具保健、药用功能，是很受人们喜爱的特种水产品，但我们只要从鳖在我国随着市场需求，其养殖业的起始发展历程来看，单纯追求产量，而不顾质量，该产业道路只能是越来越窄。因此，龟鳖养殖必须进行无公害生产才能不断提供市场所欢迎的特色产品。

二、龟鳖无公害养殖的要求

我国水产养殖已有 2000 年以上的历史，目前水产养殖产量居世界首位，占全世界养殖总产量的 2/3。然而，当前世界随着人民生活水平不断提高；我国经济进入国际大循环；进入新世纪，人们对环境保护意识空前加强，消费心理也已经从数量型转换成质量型；国际、国内已对食品安全均予以高度重视，不仅加强了对水产品药残的检测，而且从人类健康出发，严格控制水产动物养殖中药物与饲料添加剂的使用，严格控制基因工程产品的安全性。所以，渔业经济发展的水平再也不能以产量高低为衡量标准，更不能以牺牲环境、消耗资源、危害人类自身健康为代价。当前渔业经济的发展已进入以质量效益为方向的新时代，因而，传统渔业受到了大的挑战，无公害渔业得到发展。无公害龟鳖养殖，是无公害渔业的一个组成，所以，必须明确无公害渔业的基本含义，方能正确的展开无公害龟鳖的养殖生产。

目前，由于养殖环境污染，药物滥用等，造成水产品中有害物质积累，对人类产生毒害。所以，无公害渔业强调水产品中有害物质残留检测。实际上，“无公害渔业”应包括如下含义：

(1) 应是新理论、新技术、新材料、新方法在渔业上的高度集成。

(2) 应是多种行业的组合，除渔业外，还可能包括种植业、畜牧业、林业、草业、饵料生物培育业、渔产品加工、运输及相

应的工业等。

(3) 应是追求经济、生态与社会效益并重，提倡在保护生态环境、保护人类健康的前提下发展渔业，以此达到生态效益与经济效益的统一，社会效益与经济效益的统一。

(4) 应是重视资源合理的利用和转化，各级产品的合理利用与转化增殖，把无效损失降低到最小限度。

总之“无公害渔业”应是一种健康渔业、安全渔业、可持续发展的渔业，同时也应是经济渔业、高效渔业，它必定是世界渔业的发展方向。“无公害渔业”既是传统渔业的一种延续，更是近代渔业的发展。其发展要体现以下几方面：

(1) 以保护渔业生态环境，提供绿色渔产品为前提。为此，水产养殖应做到有序发展，总量控制、避免容量过度；杜绝养殖废水无约束排放；加强养殖水质自净理论与实践的研究；注意种质基因的安全性，制订对人体无害的最小药物及其他有害物质残留量；在生产企业监控基础上，制定国家相应的法律法规，建立检测、监控机构。

(2) 加强技术再创造的实践，避免对先进技术不加选择地应用，就应对先进技术与方法进行整体设计及组合。对现代生物技术与生物技术产品，做到趋利避害的应用和发展，实现产业的社会、经济和生态效益三统一。

(3) 控制与降低水产养殖本身对水域生态环境的干扰和破坏。应注意提高饲料利用率，为此必须根据养殖对象对营养需求研制调配较佳配方并进行加工以减少饲料溶失；维护养殖池中正常生物群落，供养殖水环境自净和部分自净。为此可采用物理、化学及生物净化措施，同时培养、种植有益水生动植物，使用微生态制剂、控制使用外用药物，进行水质自动监控、水处理及回收利用。

(4) 加强养殖对象的疾病防治和控制。加强病害监测、预测、预报，建立防疫体系。在疾病防治策略上采取建立有益的微

生物或非致病微生物为优势的微生态平衡；大力使用生物制剂及相关的免疫促进剂，同时开展水产动物疾病快速诊断技术的推广应用；开展生物防病、生态防病；研究、开发与使用生物渔药、无污染的水产专用药物。

(5) 加强执法和管理。对养殖品种、养殖规模、养殖容量、养殖废水排放、渔药和饲料的生产、经营与使用加强管理。同时，对渔药及其他有害物质在水产品中残留物进行监测和管理，这是实施无公害生产的重要保证。

(6) 提高人们，特别是渔业生产者的科学水平、环保意识和质量理念，保证渔业生产全过程中的安全性。

(一) 无公害龟鳖产地环境要求

龟鳖养殖场地的生态环境涉及到人工养殖中龟鳖正常生活、生长、繁殖；减少病害健康养殖以及收获的龟鳖是否符合无公害产品的要求问题。要是选址不当，还会使可观的建场费用，固定设施的投入等将得不到预期的回报或是为弥补不足而不得不追加改造费用。所以，应十分重视对预选场地按照无公害要求规定的正确测试。

无公害龟鳖养殖产地环境包括所在地位置；当地空气质量；水源、水质、底质。

养殖场地应是生态环境良好，没有或不直接受工业“三废”及农业、城镇生活、医疗废弃物污染的水域和地域；养殖地区域内及上风向、养殖用水源上游，没有对场地环境构成威胁的（包括工业“三废”、农业废弃物、医疗机构污水及废弃物、城市垃圾和生活污水等）污染源。

养殖场底质要求无工业废弃物和生活垃圾，无大型植物碎屑和动物尸体；底质呈自然结构，无异色、异臭。底质中有害有毒物质最高限量应符合表 1 的规定。

表 1 底质有害有毒物质最高限量*

项 目	指标 (毫克/千克) (湿重)
总汞	≤0.2
镉	≤0.5
铜	≤30
锌	≤150
铅	≤50
铬	≤50
砷	≤20
滴滴涕	≤0.02
六六六	≤0.5

检测方法应符合 GB/T 18407.4-2001 中的要求。

龟鳖养殖用水水质应符合表 2 的要求。

表 2 淡水养殖用水水质要求*

序 号	项 目	标 准 值
1	色、臭、味	不得使养殖水体带有异色、异臭、异味
2	总大肠菌群, 个/L	≤5 000
3	汞, 毫克/升	≤0.000 5
4	镉, 毫克/升	≤0.005
5	铅, 毫克/升	≤0.05
6	铬, 毫克/升	≤0.1
7	铜, 毫克/升	≤0.01
8	锌, 毫克/升	≤0.1
9	砷, 毫克/升	≤0.05
10	氟化物, 毫克/升	≤1
11	石油类, 毫克/升	≤0.05
12	挥发性酚, 毫克/升	≤0.005
13	甲基对硫磷, 毫克/升	≤0.000 5
14	马拉硫磷, 毫克/升	≤0.005
15	乐果, 毫克/升	≤0.1
16	六六六 (丙体), 毫克/升	≤0.002
17	DDT, 毫克/升	0.001

测定及取样方法应符合 NY5051-2001 中的要求。养殖用水的水源应符合 GB11607 的要求。

养殖水质必须严格按照生产技术规范操作, 建立水质监测制

度，及时调控水质，废水处理，防止养殖生产的自身污染。

养殖区域空气中各项污染物不允许超过的浓度限值见表 3。

表 3 空气中各项污染物的浓度限值

污染物名称	取值时间	浓度限值			浓度单位
		一级标准	二级标准	三级标准	
二氧化硫 SO ₂	年平均	0.02	0.06	0.10	毫克/米 ³ (标准状态)
	日平均	0.05	0.15	0.25	
	一小时平均	0.15	0.50	0.70	
总悬浮颗粒物 TSP	年平均	0.08	0.20	0.30	
	日平均	0.12	0.30	0.50	
可吸入颗粒物 PM ₁₀	年平均	0.04	0.10	0.15	
	日平均	0.05	0.15	0.25	
氮氧化物 NO _x	年平均	0.05	0.05	0.10	
	日平均	0.10	0.10	0.15	
	一小时平均	0.15	0.15	0.30	
二氧化氮 NO ₂	年平均	0.04	0.04	0.08	
	日平均	0.08	0.08	0.12	
	一小时平均	0.12	0.12	0.24	
一氧化碳 CO	日平均	4.00	4.00	6.00	
	一小时平均	10.00	10.00	20.00	
臭氧 O ₃	一小时平均	0.12	0.16	0.20	
铅 Pb	季平均	1.50			微克/米 ³ (标准状态)
	年平均	1.00			
苯并 [a] 芘 B [a] P	日平均	0.01			
氟化物	日平均	7 ^①			
	一小时平均	20 ^①			
F	月平均	1.8 ^②	3.0 ^③		微克/(dm ² ·天)
	植物生长季平均	1.2 ^②	2.0 ^③		

注：适用于城市地区；

适用于牧业区和以牧业为主的半农半牧区、蚕桑区；

适用于农业和林业区。

TSP—能悬浮在空气中，空气动力学当量直径≤100微米的颗粒物；

PM₁₀—悬浮在空气中，空气动力学当量直径≤10微米的颗粒物。

空气质量采样分析方法应符合 GB3095-1996 中的要求。

在无公害龟鳖养殖基地内应使用经发酵处理后的有机肥或利用畜禽粪便生产的商品有机肥，控制和减少使用无机肥，以避免基地土质水质中有害物质污染。

(二) 养殖用水的处理

养殖污水未经处理任意排放，会使地表水和地面水受到不同程度的污染，水体污染首当其冲是对水生生物的生长和生存带来严重影响，如养殖水域的富营养化对鱼类的生长乃至生存危害极大。养殖后的废水，有机物含量高，其本身也是引起水域的二次污染的主要原因之一。但目前绝大部分都未经处理直接排放，造成二次污染。因此，养殖用水和养殖后的废水必须处理。

1. 养殖用水和废水的处理方法 养殖用水和废水处理的目就是用各种方法将污水中含有的污染物质分离出来，或将它们转化为无害物质，从而使水质保持洁净。根据所采取的科学原理和方法，可分为物理法、化学法和生物法（表 4）。

表 4 养殖用水、废水处理常用方法分类与比较
(依王武)

方法类型	处理方法	处理目的	优缺点
物理法	栅栏、筛网	去除野杂鱼类、敌害生物、大粒径悬浮物、漂浮物	优点：工艺简单，费用低廉 缺点：一般属水质预处理和初级处理
	沉淀、气浮、过滤	去除小粒径块状物、粒状悬浮物及胶体物质	
化学法	中和法 混凝法	调整 pH，属预处理 去除悬浮物、胶体物质及色度	优点：占地面积小，处理时间较短。处理后的水质好 缺点：费用较大
	氧化法	去除溶解性物质，杀藻、杀菌、脱色	

(续)

方法类型	处理方法	处理目的	优缺点
生物法	好氧生物处理： 生物膜法 活性污泥法	去除溶解性污染物， BOD ₅ 去除率达 85% ~ 95%	优点：利用微生物使溶解有机物转化为无害的物质，并可大大降低其浓度。且耐冲击，负荷有机物的能力较强 缺点：占地面积较大，微生物、藻类（海藻）、水生维管束植物均需培养，处理时间长，并需处理老化物质
	厌氧生物处理： 消化池法 化粪池法	可处理高度污染的废水和带有某些重金属毒物的废水	
	水生生物处理： 藻类(海藻)法 水草法 氧化塘法	脱氮、脱磷、脱碳	

2. 养殖用水的物理处理 在养殖用水和废水中往往含有较多的悬浮物（如粪便、残饵等）或其他水生生物，为了净化或保护后续水处理设施的正常运转，降低其他设施的处理负荷，都要将这些悬浮或浮游有机物尽可能用简单的物理方法除去。物理方法主要是利用物理作用，其处理过程中不改变污染物的化学性质。处理方法包括：栅栏、筛网、沉淀、气浮和过滤等。

(1) 栅栏 栅栏通常是用竹箔、网片组成，也有用金属结构的网格组成。

(2) 筛网 筛网材料通常为尼龙筛绢。筛网可去除浮游动物（小虾、枝角类、桡足类等）和尺寸较小的有机物（如粪便、残饵及悬浮物等）。为有利于清除，往往将筛网设计成转鼓式、旋转式和转盘式。由于筛绢网在不停地旋转，筛绢主要起拦集有机物的作用，筛绢孔隙不易变形，也不易损坏，而且也有利于筛绢的清洗和脏物的收集。

(3) 沉淀

沉淀类型：按沉淀物质的性质和浓度主要分为两种类型：

自由沉淀：针对水中悬浮固体物质的浓度不高，颗粒无凝聚

性的沉淀。

絮凝沉淀：针对水中悬浮固体虽浓度不高，固体颗粒有凝聚性能的沉淀。

沉淀池结构：主要有平流式、辐流式和竖流式三种类型(图 1)。

沉淀池无论采用何种形式，其各部分的功能要求如下：

进水区：水流要均匀分布，在整个进水截面上要尽量减少搅动。

沉淀区：水中可沉降的固体在此区与水分离。

出水区：与沉淀区的距离要远，以收集澄清水排出池外。

缓冲区：将沉淀区与污泥区分开，防止已沉淀污泥受到搅动而再度浮起。

污泥区：贮存沉淀污泥，要求体积相对较小，以便集污浓缩后排出。

在养殖上应用得较多的是沉淀池上加盖，以便使水中浮游藻类在黑暗中沉淀下来，这种方法称暗沉淀。通常需静止沉淀 48 小时后，方能澄清。

(4) 气浮(浮选) 对于颗粒较小、密度较轻的固体可借助气浮法。气浮法是靠通入空气，以微小气泡作为载体，使水中的悬浮物微粒黏附于气泡上，借助气泡的浮力带动上浮，从而使杂物与水分离。

气浮法的布气方式有：射流布气、扩散板布气、叶轮布气和

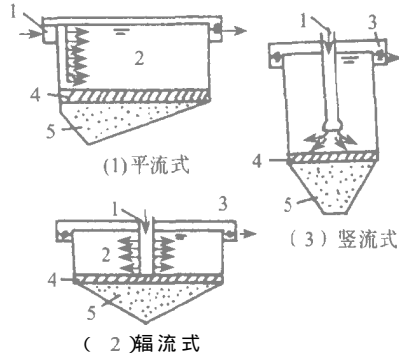


图 1 各类沉淀池

1. 进水区 2. 沉淀区 3. 出水区
4. 缓冲区 5. 污泥区

加压溶气（即加压下强制空气溶解于水中，然后突然减压，便产生众多微小气泡）等方法。由于大风、大雨影响浮渣分离，所以一般气浮设施必须安置在室内。气浮法只适用于去除水中疏水性固体物质（即与水的润湿度较小，如油珠等），而对亲水性固体微粒则需要加投浮选剂、混凝剂。气浮法每吨水需耗电 0.02 0.04 度。

(5) 过滤 过滤是养殖用水和废水处理中比较经济有效的方法之一。它可以作为养殖用水的预处理，也可作为养殖用水的最终处理。水产养殖对过滤水的要求是：水量大、滤速快、出水量大，水质符合养殖标准。因此，养殖用水的过滤池都是快滤池类型。影响过滤水质的主要因子有穿透深度、滤速、滤料种类、粒径与级配、滤层厚度、孔隙率和垫层等。此外，上述因子还与水源或废水本身的污染程度有关。当水自表层向下层过滤，至某一深度，这时的水质已符合要求时这时的深度便是穿透深度。

3. 养殖用水的化学处理 养殖用水的化学处理是利用化学作用，以除去水中的污染物。通常加化学药剂，促使污染物混凝、沉淀、氧化还原和络合。养殖用水的化学处理主要有以下几种：

(1) 重金属的去除 养殖生产上去除水中重金属采用 EDTA 钠盐 (EDTA-Na_2)， EDTA-Na_2 的作用原理是 EDTA 与钠离子螯合的稳定常数很低，一旦与水中其他金属离子，钠离子位置立刻会被其他重金属离子所取代而形成新的稳定的螯合物，从而大大降低了水体中的重金属离子浓度，通常根据水源中重金属离子的多少，施用 2~10 毫克/升的 EDTA-Na_2 。

(2) 硬水的软化 在温室培育中，硬水中含有大量钙、镁离子，它们加热后则形成钙盐和镁盐沉淀，在锅炉内形成锅垢，轻则降低锅炉的导热性，重则因受热不均匀导致锅炉爆炸。水的软化方法有石灰苏打法和阳离子交替法。养殖生产上通常采用石灰苏打法。

(3) 氧化还原法 水中的无机物和溶解有机物可通过氧化还原反应转化为无害物质或转化为易于从水中分离的气体或固体，从而达到处理要求。

在养殖生产上最常用的是空气氧化法。该方法对消除因缺氧而产生的还原态的有毒或有害物质简单有效。

(4) 混凝法 水中的悬浮物质大多可通过自然沉淀法去除，而胶体颗粒（大小为 $0.001\sim 0.1$ 微米）则不能依靠自然沉淀法去除，在这种情况下可投加无机或有机混凝剂，促使胶体凝聚成大颗粒而自然沉淀。

作用原理：混凝按原理包括两种方式：一是凝聚，二是絮凝。

加入带正电荷的混凝剂（如铝盐），使胶体的电位降低并接近于等电状态，此时胶体的静止排斥力消失，使胶粒失去稳定性而互相聚集在一起称为凝聚。

投放的三价铁盐或铝盐以及高分子混凝剂经水解和缩聚反应，生成线状结构的高分子聚合物。本来是微小颗粒，由于混凝剂的架桥作用，使水中悬浮的小颗粒相互结合，形成一个非常松散的六维结构的网状物，该网状物即称为絮凝体（俗称矾花）。其个体大，很容易通过过滤和沉淀法加以除去。

混凝剂种类

铝盐：如明矾、硫酸铝。目前生产上推广一种无机高分子混凝剂，工业上称碱式氯化铝（BAC），化学上称聚三氯化铝（PAC），俗称聚合铝或碱式铝。其优点是：用量少，仅为硫酸铝用量的 $1/4\sim 1/2$ ；反应迅速，水温低时也能很好反应；絮体沉淀快，容易过滤；其 pH 的适宜范围为 $5\sim 9$ ，最佳 pH 为 $6\sim 6.8$ 加药后，pH 降低值小，一般不必加碱性助凝剂，可以单独使用；其腐蚀性小，具有除浊度、除色度、除重金属、除藻类、除细菌和除病毒等功能。因此，PAC 已成为当前主要的无机混凝剂。

铁盐：主要有三氯化铁（ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）和硫酸亚铁（ $\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）等。其中以三氯化铁最为常用。

聚丙烯酰胺（PAM）：属有机合成高分子混凝剂。目前市售的产品分阳离子型和阴离子型两种。PAM 对于高浊度水、低浊度水、废水、污泥脱水均有明显效果，聚丙烯酰胺是由丙烯酰胺聚合而成，其中还有少量未聚合的单体，这种单体是有毒的。因此，其投加量必须适当限制。如作饮用水，PAM 最大投加量为 1 毫克 / 升。这类混凝剂价格较高。

(5) 消毒法 消毒，主要是杀灭对养殖对象和人体有害的微生物，降低有机物的数量，脱氮、脱色和脱臭。

氯化物消毒：氯化物消毒剂有漂白粉、漂粉精、二氯异氰尿酸钠、二氯异氰尿酸、三氯异氰尿酸和二氧化氯等。

作为消毒剂和水质净化剂各类氯化物的有效氯含量见表 5。

表 5 各类氯化物的有效氯含量及使用方法

种类	漂白粉 (氯石灰)	漂粉精 (次氯酸钙)	二氯异氰尿酸钠(优氯净)	二氯异氰尿酸(防消散)	三氯异氰尿酸(强氯精)
分子式	$\text{CaOCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$3\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{C}_3\text{Cl}_2\text{N}_3\text{O}_3\text{Na}$	$\text{C}_2\text{Cl}_2\text{N}_3\text{O}_3\text{H}$	$\text{C}_3\text{Cl}_3\text{N}_3\text{O}_3$
有效氯含量	25% ~ 35%	60% ~ 65%	60% ~ 64%	< 65%	< 85%
用量 (mg/L)	消毒：1~3 净化：10~20	为漂白粉的 1/2	为漂白粉的 1/2	为漂白粉的 1/2	为漂白粉的 1/3
特点	稳定性差，易潮解	稳定性好，易溶于水，遇光易分解	易溶于水，性能稳定，室内可保持半年	微溶于水，性能稳定，室内可保持半年	微溶于水，性能稳定，室内可保持半年
注意事项	密闭阴凉干燥贮存，即开即用。化学碱性药物	密闭阴凉干燥贮存。化学碱性药物	密闭阴凉干燥贮存。化学酸性药物	密闭阴凉干燥贮存。化学酸性药物	密闭阴凉干燥贮存。化学酸性药物

臭氧消毒：臭氧（ O_3 ）是 O_2 的三价同素异构体，在常温

下是一种不稳定的淡蓝色气体，有特殊的刺激味，顾名思义称为臭氧。它既可迅速及时地杀灭水中的病原微生物，又可以降低氨氮，增加溶氧，而且省去像用氯化物处理后要去除余氯的麻烦，可随即应用。由于各类水产养殖用水的水质不同，因此，应用臭氧消毒时必须先进行试验，确定最佳用量和接触时间。

(6) 脱氮 在工业化育苗和养殖过程中，水中氨氮过高是水质恶化的主要原因。因此，脱氮便成了改善和控制水质的技术关键。

折点氯化法：原理是通过投加足量的漂白粉至水中，使 NH_3 氧化成氮气。

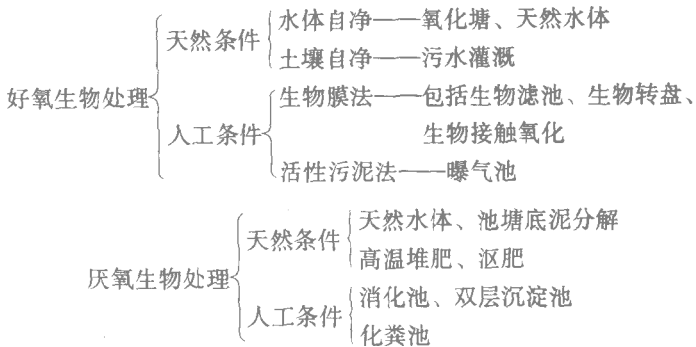
方法是当养殖用水需要消毒，并要维持一段消毒时间，则投加漂白粉等氯化物的数量（以 Cl_2 计算）应超过余氯的折点值以上。具体的加氯量应根据水中的 COD 及氨氮含量，用漂白粉（或其他含氯消毒剂）进行试验，求出余氯的折点。

吹脱法：在生产上往往对含氮量高的养殖废水（如工厂化养鳖温室废热水）进行脱氮后再利用。先将养殖废水排入脱氮池（水泥池）内，用生石灰（也可以用苛性碱）将废水的 pH 调节至 10.5 以上。与此同时，运转叶轮式增氧机，通过增氧机的曝气作用，可吹脱水中大部分分子氨。通常增氧机的负荷为每千瓦 100 米²，运转时间为 9~16 小时。然后用盐酸（稀释后用）将水的 pH 调回原值。此法废水中加入生石灰，对水也具消毒作用。

4. 养殖用水的生物处理

(1) 生物处理的原理 自然界存在大量以有机物为食物的微生物。它们具有将有机物氧化分解成无机物的巨大能力。养殖用水和废水的生物处理就是利用微生物的这种能力来处理水中的有机物。微生物种类繁多，其中以细菌降解有机物的能力最强。细菌又分好氧菌、厌氧菌与兼氧菌。根据不同细菌种类，可分为好氧生物处理与厌氧生物处理两种。根据微生物不同特性，为其在

水中创造良好的生活环境，使微生物在这个环境中将水中有机污染物等进行氧化分解，从而使水得以净化。按处理条件和处理设施不同，可区分如下：



(2) 生物膜法（生物学过滤法） 生物膜法是通过生长在填料（或滤料）表面的生物膜来处理废水。生物膜就是填料表层长满各种微生物的黏膜，依靠黏膜上大量微生物摄取废水中的有机污染物作为营养，从而使废水得到净化。

生物膜法主要有以下几种类型：

生物滤池：生物滤池就是在池内设置填料（或滤料），经充氧曝气后的废水以一定流速不断地通过填料，使填料上长满生物膜，以降解废水中的有机污染物。常用的填料有粒径 3~5 厘米的煤渣和石砾（以多微孔的煤渣最佳，其表面积大，挂膜能力强）。近年来塑料工业发达后，已大量使用聚乙烯、聚酰胺材料制造的波形板式、蜂窝式、生物球式的填料。其特点是质轻、强度高、耐腐蚀，大小一致，其表面积达 $100 \sim 200 \text{ 米}^2/\text{米}^3$ 。

生物转盘：生物转盘由塑料盘片或小格组成圆形滚筒，代替固定的滤料或填料。盘格上挂有生物膜。其微生物的生长及降解有机物的机理同生物滤池。转盘一半浸入废物水中，一半露在空气中。当转动时，盘面依次通过废水并使空气中的氧气溶入水中，使生物膜中的微生物吸收和降解水中的有机物。

(3) 活性污泥法 活性污泥是由多种菌体、原生动物和悬浮胶体混合组成的一种菌胶团。它有对废水中的污染物进行吸附、分解、吸收、降解或沉淀等作用。一般能除去 BOD_5 的 95%、悬浮物 95%、细菌 98%、总氮 25%~55%、总磷 10%~30%、重金属 30%~70%。但该法工艺流程较复杂，设备投资大，通常处理高浓度的污水。

(4) 微生物净化剂 目前利用某些微生物将水体或底质沉淀物中的有机物、氨氮、亚硝态氮分解吸收，转化为有益或无害物质，而达到水质（底质）环境改良、净化的目的。这种微生物净化剂具有安全、可靠和高效的特点。目前这一类微生物种类很多，通称有益细菌（effective microbes，简称“EM”菌）。在使用这些有益菌时，应注意以下事项：严禁将它们与抗生素或消毒剂同时使用；为使水体中保持一定的浓度，最好在封闭式循环水体中应用，或施用后 3 天内不换水或减少其换水量；为尽早形成生物膜，必须缩短潜伏期，故应提早使用；液体保存的有益细菌，其本身培养液中所含氨氮较高，也应提前使用。

(5) 水生植物种植法 水体中氮、磷和有毒有害物质转化的一个重要环节是由水生植物所吸收利用氮、磷，对有毒物质也有很强的吸收、分解净化能力，在采收这些水生植物产品时从水体中移出氮、磷及净化有毒有害物质。笔者从人工光照条件下进行水葫芦净水实验中也得到了证明。见表 6 和表 7。

表 6 部分水生植物能净化的有毒有害物质

（仿李献文，1990）

水生植物	能净化的有毒有害物质
茨藻、黑藻	有机物、砷
浮萍、菱角	有机物、镉
香蒲	有机物、氮、磷
凤眼莲	氮、磷、锌、氧化物、酚、铬
水葱	氮、磷、酚、有机物
芦苇	有机物、氮、磷、砷
菖蒲	细菌和大肠杆菌