

The cover features five angelfish. On the left, four blue angelfish with orange-red tails and fins are arranged vertically. On the right, a single orange angelfish with blue and black markings on its face and fins is positioned horizontally. The background is a light blue gradient.

白利平 编著

水生动物 的 健康养殖

中国农业出版社

10900

水生动物的健康养殖

白利平 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水生动物的健康养殖/白利平编著. —北京: 中国农业出版社, 1999. 12

ISBN 7-109-05962-6

I. 水… II. 白… III. 水环境-影响-水生动物-养殖-研究 IV. S96

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 45148 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 张 志 牟晓春

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/32 印张: 3.5

字数: 76 千字 印数: 1~5 000 册

定价: 5.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

目 录

第一章 水生动物和水环境	1
第二章 水的物理和化学性质	3
一、自然界的水	3
二、水环境的机能	4
三、水的物理性质	5
四、水的化学性质	8
第三章 水环境指标及其对水生动物的影响	11
一、酸碱度	11
二、硬度	15
三、盐度	17
四、温度	20
五、氨氮、亚硝酸盐和硝酸盐	22
六、溶解氧	24
第四章 水生动物疾病的预防	29
一、建立检疫制度与实施检疫手续	29
二、药物预防和卫生消毒	30
三、免疫	36
四、抗病品系的选育	38
五、保证平衡充足的饲料	40
六、创造良好的养殖生态环境	41
第五章 水生动物疾病的诊断	43

一、诊断器材和设备	43
二、诊断步骤	43
第六章 常见水生动物非感染性疾病及其防治	49
一、温度过度变化	49
二、pH 不适或 pH 变化过大	50
三、营养问题	50
第七章 水生动物主要感染性疾病及其防治方法	57
一、病毒性疾病	57
二、细菌性疾病	60
三、寄生虫疾病	70
第八章 渔用药物	88
一、渔用药物的分类	88
二、渔用药物的使用	101

第一章 水生动物和水环境

俗话说，鱼儿离不开水。养殖的水生动物大多数都是终生生活在水里。水是水生动物的生存介质和生活空间，一切外界因素和环境条件，都是经过水这个介质来作用于生物体的。因此，水的物理和化学性质的变化会直接影响水生动物的代谢、生长和繁殖。当水的变化超过水生动物所能承受的极限时，动物就会生病甚至死亡。

水和水环境对水生动物的影响主要表现在以下几点：

1. 构成水生动物身体的主要成分

水是动物体的主要成分。如鱼的血液含水 80% 以上，肌肉含水 74%，骨骼和鳞片含水 45% 左右。水是细胞和组织的重要成分，参与动物体营养物质的吸收和输送，能量的摄取和代谢废物的排泄等重要的生命活动。

2. 供给水生动物生活空间

对于水生动物来说，水是它们的生存空间。它们的身体形态和结构高度适应水生生活。如鱼类呼吸用的鳃和游泳用的鳍；虾、蟹类摄食和运动用的附肢；贝类挖掘用的斧足等。

3. 供给水生动物氧气

大多数水生动物只能利用溶解在水里的氧气进行呼吸。因此，水中的氧气含量及其变化情况对水生动物的生存和生长影响极大，有时甚至是动物种类和数量的决定因素。

4. 供给水生动物养分

水体中的各种化学物质和天然饵料为水生动物提供养料，通过食物链的传递，满足下一级动物生长、发育和繁殖的需要，养育了种类繁多、生物量巨大的水生生物群落。

5. 容纳水生动物的代谢废物和尸体

水能容纳水生动物的代谢废物和尸体，使它们转化分解，并通过物质和能量的循环，重新变成养料，供水生生物利用。

6. 水还是传递信息的介质

水生动物体内外的化学信息物质必须以水为媒介进行传递，控制和调节动物的索饵、繁殖、区别同伴、发现危险、逃避毒物等行为。

7. 其他方面

水环境既是传播病害毒物的媒介，又能溶解分散药物，治疗水生动物的病害。

由此可见，水体环境通过能量流动和物质循环与水生动物生命活动建立起了密不可分的关系，水环境的质量和状态直接影响水生动物生命的各个阶段和生活的各个方面。因此，满足养殖动物需要的养殖用水，不但要有丰富的水量，而且要有适合于养殖动物生理特点的理化性质。因此，对水产养殖者来说，牢固树立养鱼就是养水的观念是至关重要的。

第二章 水的物理和化学性质

一、自然界的水

众所周知，水是由 2 个氢原子和 1 个氧原子组成的一种物质，在常温下是液体。但是，在生活中我们所见到的水和我们用于养殖的水却并不是纯水。也就是说，水中除了氢原子和氧原子以外，还含有其他的物质。这是因为自然界的水不但处在不断的循环之中，如从江河湖海蒸发到空中，通过降雨回到地面，流经土壤岩层最终又回到江河湖海，而且在不断地被人们用于工农业生产和日常生活。水在循环中，与环境中的物质接触，把环境中的化学成分和生物因子带入水中。因此，自然界的水不但成分复杂，而且成分多变。正是因为这个原因，地球上形成了许多具有不同物理和化学性质的水域环境，因而也造就了许多适应不同水域环境的水生动植物。

由于水是一种优良的溶剂，因此在天然水域中，溶解于水中的物质种类繁多、数量悬殊、形式多样，同时又是在不断的变化之中。海水中的溶解盐类的种类和数量都大大高于淡水，而且不同海区的海水成分也存在相当大的差异。淡水也是一样，因地区、环境的不同而含有不同的成分，因而产生了碳酸型、硫酸型、氯化型等不同类型的水。再看水中溶存物质的存在形式，离子、分子、无机络合物、有机螯合物以及大分子等，只要是环境中存在的物质，就会进入水中。

就拿氮元素来说，离子态的铵（ NH_4^+ ）、亚硝酸根（ NO_2^- ）、硝酸根（ NO_3^- ）；分子态的氨（ NH_3 ）和氮气（ N_2 ）以及大分子的胺、蛋白质等同时存在于水环境中。还值得一提的是，水中化学物质的种类、数量以及存在形式都是在不断的变化之中。还拿氮元素来作例子，蛋白质被细菌分解产生氨（ NH_3 ）和铵（ NH_4^+ ），铵在硝化菌的作用下转化成亚硝酸根（ NO_2^- ）和硝酸根（ NO_3^- ），最后经反硝化作用成为氮气（ N_2 ）。

在养殖实践中，调查了解养殖用水的特性及其变化规律，因地制宜地选择养殖对象、制定养殖计划是养殖成功的先决条件。

二、水环境的机能

无论是天然水体还是养殖水体，都存在水体的能量流动、物质循环以及自净作用 3 方面的机能。

能量是维持和延续生命的基础。水中的植物，特别是浮游植物利用来自太阳的光能和水中的无机盐类，生产出碳水化合物并储藏在体内，构成水体的初级生产力。而后能量随食物链依次向下一营养等级流动，使水体中的浮游动物、底栖动物、小型游泳动物和大型游泳动物得以生存。不难看出，在集约化、高密度人工养殖体系中，这一能量流动的模式有所改变。

物质是组成生物体的材料。水生生物吸收环境中的物质，加以同化利用，组成自己的身体并完成生长、发育、繁殖等一系列的生命活动。生物体死亡以后，由于细菌的作用，构成生物体的物质又被分解，最后以某种形式回到环境

中去，被其他生物重新利用。在物质循环的过程中，生物依赖于环境，同时也在不断地改造环境。因此，在人工养殖的条件下，通过人为干预不断创造有利于养殖生物生存的良好循环是十分必要的。

由于自然或人为的因素，自然水体遭受污染是不可避免的。但在大多数情况下，水体能自然保持较好的生态环境。这是由于水体中的物理、化学以及生物作用能在一定程度上分解、转化、降低甚至消除污染物，使受污染的水体恢复正常的机能。水体的这种能力叫作自净能力。在养殖水体中，自净和污染的矛盾往往成为养殖成败的关键。养殖业者常常使用人为的方法提高水体的自净能力，以保证养殖的成功。

三、水的物理性质

1. 水的热膨胀

在常温下，水是一种热胀冷缩的液体。纯水在 0°C 结冰，在摄氏 4°C 时密度最大。由 4°C 起升温或降温，密度均逐渐变小。随着水中盐度的增加，冰点逐渐降低。一般的淡水和盐度小于 24.7 的海水，密度最大时的温度都在冰点之上。因此，结冰总是从水体表面开始，底层水温仍能保持在冰点之上。水溶液的密度与温度之间的这种依赖关系，对于水体，尤其是静止水体中水的停滞分层以及混合流转影响很大。以淡水湖泊为例，有以下 4 种情况发生：

1) 当表层水温由 0°C 以下向 4°C 升温时，水的密度逐步增加，从而使表层水不断向下层运动，使整个水体温度趋同，直至达到 4°C 为止。

2) 当表层水从 4°C 起继续升温时，表层水的密度逐步下降。由于水的比热大，导热性差，表层水吸收的热量不能

迅速传给下层水，造成热而轻的表层水停留在水体表面，形成水温随深度增加迅速降低的现象，称为“温跃层”。在湖泊、大型池塘等开阔水域，由于风力的搅动，表层水可在一定深度内垂直流转混合，形成表层高温水的同温层和下层水之间的明显温度差异。

3) 当天气转凉时，表层水温随之下降，水的密度增大而自动下沉，使整个水体温度趋于一致。

4) 从4℃起继续降温，表层水温下降直至结冰，密度不断下降，也会形成温跃层。所不同的是，此时低温水在表面，高温水在底层。

我国的大部分地区都是四季分明，因此存在明显的水温周年变化情况。对养殖者来说，值得注意的是，在春夏季池塘养殖中，经常发生池塘缺氧泛塘现象。如果结合上述谈到的2)的情况来理解，不难看出，水体分层影响水的流动和氧气的交换是造成泛塘事故的主要原因。因此，在气温高于水温的情况下，要特别注意水体的交换和增氧。

还值得一提的是，水的垂直运动也影响水中化学成分的分布和变化，与生物的生存、生长和繁殖密切相关。

2. 水的透明度

水的透明度用透明度板来测量。透明度是进入水体的太阳光能大小的一种量度。水对太阳光的吸收有两个特点：

1) 有选择性，波长500纳米左右的蓝、绿光穿透力最大，与植物光合成色素的最大吸收区相符；

2) 随水深增加，进入水体的光线衰减很快。因此，水生植物只能生活在一定深度的水层。

进入水体的太阳光能，被水生植物吸收后转化为植物体内的物质，形成水体的初级生产力。对植物来说，太阳光在

水体中的分布可造成以下 3 种情况：

①光抑制区：阳光过强，抑制植物生长。这种情况常常发生在光照强烈的白天、水体表层区域。

②光适宜区：光照适宜，在其他条件合适时，水生植物可以以饱和速度进行光合作用。这种情况常发生在日照强烈时的水体次表层和日照不太强时的水体最表层。

③光限制区：光照太弱，即使其他条件适宜，植物也无法生长。这种情况常发生在水体的深层。

按营养的生成和分解来分，光照充足、植物能正常生长繁殖、生产有机物的水层，称为营养生成层；而光照不足、植物不能生存、有机物被分解消耗的水层称为营养分解层；生成层和分解层之间，生成和分解速度基本相等的水域称为补偿点，相应的水深称为“补偿深度”。补偿深度一般为透明度的 2 倍。营养生成层和营养分解层中所进行的化学反应互不相同，是造成水体化学成分垂直分布不均一的重要原因之一。

在养殖实践中，水体的透明度常用来衡量水体的营养状况。在富营养化的养殖池塘，由于有机物质积累过多，浮游藻类大量生长，因此水体透明度往往只有 20 厘米或者更低。而在贫营养的高山水库中，由于水体生产力极低，透明度可达几十米。因此，调节好养殖水体的透明度，增加池塘营养生成层的深度，不但能保持水体的良好生态环境，而且能提高水体的单位产量。

3. 水中气体的溶解和逸散

天然水体内溶有多种气体。有的气体从水气界面进入水体，如氧气、氮气等，有的气体由水中生物的代谢产生，如氧气、二氧化碳、氨或硫化氢等。对养殖生产而言，增加有

利气体 (O_2) 的溶解和有害气体 (NH_3 、 H_2S) 的逸散是养殖生产管理的重要一环。

1) 气体的溶解度

气体溶解于水, 达到平衡时的浓度称为溶解度。溶解度的变化规律是: 水温上升, 气体溶解度下降; 水沸腾时, 溶解气体全部逸出; 压力增加, 气体溶解度上升; 水溶液中含盐量上升, 气体溶解度下降。

2) 气体的溶解速度

气体溶解入水的速度与水体中溶解气体的不饱和程度有关, 不饱和程度越高, 气体溶解速度越大; 还与气-水界面的运动程度有关, 气体的运动和水体的搅动均可增加溶解速度; 同时与水气界面面积的大小有关, 水气接触面积越大, 溶解速度越快。

养殖实践中常用的充氧、曝气等方法, 都是增加氧气溶解和废气逸散的方法。

四、水的化学性质

天然水体是一种含有无机物质和有机物质、存在生命活动和物质变化的多成分电解质溶液。各组分之间的反应不但非常复杂, 而且与养殖生产密切相关。因此, 对养殖者来说, 了解这些反应的特点和规律, 认识水体内各种物质的存在形式、迁移、分布特点以及它们对水质及养殖生产的影响等, 是十分重要的。

1. 络合反应

在天然水体内, 弱酸弱碱类物质会发生电离反应, 达到平衡时, 离子和分子共存; 盐类会发生水解反应, 产生离子; 还有水中的各种负离子, 如 Cl^- 、 OH^- 、 SO_4^{2-} 、

HCO_3^- 、 S^{2-} 、 PO_4^{3-} 等，均可作为无机配位体；水中含有的 O、N、S 等原子的有机物，如有机酸、氨基酸以及腐植酸等，可作为有机配位体。因此，金属离子水解以后，会迅速形成络合物直至平衡，以至游离的金属离子浓度减小。

物质的化学形态不同，对水质和生物的影响也不同。就拿铜离子来说，有实验证明，在硬度不同的水体内，铜离子对同一种、同一批鱼类的半致死浓度差异很大。这是因为，在硬度高的水体内，较多的铜离子以络合状态存在于水中，从而失去对鱼类的毒性。有经验的养殖者都知道，海水鱼鱼病治疗中的用药剂量要比淡水鱼的用药剂量高得多。这也是因为一部分药剂被海水络合不能发生效果的原因。养殖水体内络合反应的发生强度与水体内溶解的化学物质的种类、数量、水的 pH、温度等多项因素有关。在养殖实践中，特别是在鱼类病害防治工作中，一定要了解养殖水体的性质，把好用药剂量这一关。

2. 沉淀反应

与溶解相对，天然水体内经常发生沉淀反应，如硬水湖泊内碳酸盐、磷酸盐的沉淀，缺氧水体中金属硫化物的沉淀等。沉淀反应发生时，物质由液态转移到固态，从而脱离水中的物质循环。对养殖业者来说，如何避免水中有益物质（如磷酸根）的沉淀而加速有害物质（如 H_2S ）的沉淀，是养殖实践中常常遇到的问题之一。

3. 氧化还原反应

物质化合价改变的反应称为氧化还原反应。反应中失去电子、正价增大的物质称为还原剂。反之，在反应中得到电子、负价增大的物质称为氧化剂。容易失电子的物质是强还原剂，容易得电子的物质是强氧化剂。

在养殖实践中，人们采用向养殖水体释放强氧化性物质，如臭氧、漂白粉或二氧化氯的方法，来氧化水中的有机物质，杀灭病原体，改善水质。但是，过量的氧化剂会对水生动物造成危害。因此，在集约化、高密度、循环水养殖系统中，正确掌握输入水体的氧化剂，如漂白粉、臭氧的量，特别是水中残存的氧化剂的量是十分重要的。

4. 天然水体内的生化反应

天然水体内还存在许多需要生物体参与才能进行的化学反应，称为生化反应。生化反应与水中的物质（如营养物质、有机物、氧等）密切相关，其中最重要的要数光合作用和呼吸作用。

光合作用是二氧化碳还原成有机物的过程，必须在植物体内进行，同时放出氧气。相反，呼吸作用则是碳水化合物、脂肪、蛋白质等含能量的物质分解并释放能量的过程，可在植物和动物甚至微生物体内进行，放出二氧化碳。值得注意的是，在有氧的情况下，微生物的呼吸作用首选有氧呼吸；在厌氧条件下，某些微生物的呼吸作用仍可进行，但是产生不同的代谢废物，如氨氮、硫化氢、甲烷等。这些废物在水体内积存后，对养殖动物的毒性很大。因此，在养殖水体内，光合作用和有氧呼吸是一对最重要的生化反应，其作用和结果对养殖生产影响极大。当水体内的光合作用速度大于有氧呼吸速度时，水中生物量增加，溶解氧积累；反之则水中溶氧减少，水质恶化。因此，在养殖池塘内提高水体光合作用与呼吸作用的速度和强度，以使之保持适当平衡，仍是养殖水化学管理的一项重要而又艰巨的任务。

第三章 水环境指标及其对水生动物的影响

在水环境指标中，对水生动物影响最大的是水的酸碱度、硬度、盐度、温度、二氧化碳含量、氧气含量以及氨氮、亚硝酸盐和重金属等有毒物质的含量。

一、酸 碱 度

水中氢离子浓度的负对数称为水的酸碱度，用 pH 表示。pH 的范围为 1~14。pH 为 7 时，水是中性的。pH 越低，酸性越强，反之则碱性越强。天然水体的 pH 变化范围是 6.5~9.0 左右，其中多数淡水水域在 6.5~8.5 之间，海水水域在 7.5~9.0 之间。

1. 影响水体 pH 的因素

1) 水中化学物质的种类和含量是决定水体 pH 以及 pH 变化的首要因素。化学物质的种类和含量不同，导致水中的氢离子浓度不同，水的缓冲能力也不同。水体保持其 pH 稳定的能力称为水体的缓冲能力。也就是说，在缓冲能力不同的水中加入同等量的酸或碱时，缓冲能力强的水 pH 变化小而缓冲能力弱的水 pH 变化大。水的缓冲能力是由水中 $\text{CO}_3 - \text{HCO}_3 - \text{CO}_2$ 缓冲系统、 $\text{Ca} - \text{CaCO}_3$ 缓冲系统、离子交换缓冲系统以及其他有机酸、腐殖质缓冲系统等构成的。因此，含碳酸盐的水比含硅酸盐的水缓冲能力强；海水比淡水缓冲能力强。

2) 自然界许多因素都会直接或间接地影响水的 pH。土壤的酸碱度会直接影响池塘水的酸碱度；酸雨的降落往往造成大面积地区地表水 pH 下降；甚至于污水排放、空气通风、水体增氧等能改变水中二氧化碳浓度的过程都能改变水的酸碱度。

3) 如无外来物质进入，水中生物的活动是导致养殖水体 pH 变化的主要原因。浮游植物的光合作用消耗大量的二氧化碳，导致水的 pH 升高。相反，生物呼吸、有机质分解积累的二氧化碳，还有厌氧呼吸产生的有机酸又会降低水的 pH。因此，在养殖水体中，pH 有明显的昼夜变化，凌晨最低，下午 2~3 时最高。由于水层内光合作用的强度不同，pH 在水体内的垂直分布也不同。通常在表层到光合层 20~30 厘米处为最高，底层较低。在有机物积累的沉积物中，若发生厌氧分解，可产生大量的有机酸。如果水体的缓冲能力不足，pH 可降至 5 以下，呈强酸性而危害养殖动物。

2. pH 对水质及养殖动物的影响

作为一个重要的化学和生态因子，pH 对水质和动物的影响是多方面的。

1) 影响水中物质的存在形式和迁移过程

水的 pH 下降时，水中阴离子的浓度下降，游离态金属离子的浓度增加；反之，水的 pH 升高时，水中阳离子的浓度下降，游离态金属离子的浓度下降。由此我们不难推断出，在 pH 升高时，水中铵离子 (NH_4^+) 的浓度下降而毒性更高的氨分子 (NH_3) 浓度上升，导致水生动物更为严重的氨中毒。

pH 还能改变水中氧化还原反应的速度和进程，影响水中胶体、悬浮粒子以及高分子有机物的带电状态，进而导致