

Basic Theory of Dynamic Living Water and Regulation of Aquaculture Water Quality

Rongfu Li

Yangzhou Agricultural Committee, Yangzhou Jiangsu
Email: lrf62@163.com

Received: Apr. 15th, 2018; accepted: Apr. 26th, 2018; published: May 2nd, 2018

Abstract

This article is inspired by the ancient “active water” literature, using active water to purify the modern urban sewage as an example, and the application of aerated active water machinery and microecologic agents in aquaculture. The theory of “active water” system is put forward. Based on biology, microbiology, biochemistry and ecology, the basic characteristics of continuous flow of reactive water, continuous chemical reaction, adequate dissolved oxygen and irreplaceable microorganisms are described. The six functions of active water, such as scrubbing, diffusing, transporting, purifying, increasing output and capacity of aquatic products and improving benefit, are analyzed. Based on the theory of fluid mechanics, the special energy saving principle of activated water is expounded, and a scientific method is put forward, which is based on the active water as the core, regulating the water quality of aquaculture, increasing production and increasing efficiency.

Keywords

Activated Water, Category, Characteristics, Function, Regulation

活水基本理论与养殖水质调控

李荣福

扬州市水产学会, 江苏 扬州
Email: lrf62@163.com

收稿日期: 2018年4月15日; 录用日期: 2018年4月26日; 发布日期: 2018年5月2日

摘要

本文从古代“活水”文献的考证, “活水”净化现代城市污水的实证, 以及增氧活水机与微生态制剂配

合应用于水产养殖的试验中得到启迪,系统提出了“活水”的科学理论。并运用生物学、微生物学、生物化学和生态学理论深入阐述了水体流动持久性、化学反应持续性、溶氧充裕性、微生物不可替代性等“活水”的运行特征。全面分析了“活水”的冲刷作用、扩散作用、运送作用、净化作用、养殖产量增容作用和节本增效作用等六大功能。最后运用流体力学理论阐述了“活水”的特殊节能原理,提出了以制造“活水”为核心,调控养殖水质、实现增产增效的科学方法。

关键词

活水, 范畴, 特征, 功能, 调控

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水产养殖业是我国水产品的主要来源,其目的在于生产出符合社会需要的安全水产品。池塘养殖是我国水产养殖业的主要方式,水产动物是池塘养殖的主体。池塘养殖的实质是围绕水产动物生物学特性,创造适宜生态环境,提供营养适当、味道与规格适口、数量适量的饵料,促进其快速健康成长的过程。池塘是作为相对封闭的生态系统,是池塘养殖的基本载体。在池塘养殖过程中,除了饵料,核心是要做好“水”的文章,即如何科学管理和调控水质环境,实现水产动物免受污染毒害,少受病虫危害,促其舒适生活,快速成长,生产出安全优质水产品,这才是池塘养殖的关键。

2. 活水的科学范畴

2.1. 水是水产养殖的基本前提和物质基础

水是生命之源,也是“水、种、饵、密、混、轮、防、管”为内容的中国传统水产养殖“八字养鱼经”(也称八字精养法)列作首要物质条件[1]。“鱼儿离不开水”,“养鱼先养水”,这些谚语形象反映了水在中国传统水产养殖理论和技术中的关键地位和核心作用,“养水”也是二千多年中国传统水产养殖业的理论精华和经验结晶[2]。

2.2. “活水”是水产动物理想的生活环境

中国传统水产养殖是仿自然生态养殖,“师法自然”,强调顺应自然规律,利用和节约自然资源,维护自然生态环境的稳定与平衡。如利用水草养殖草鱼,利用水旱草沤制和人畜粪便进行施肥养鱼等方法,都是在自然资源匮乏的情况下,用生态方法开辟了人类食物新途径。中国传统水产养殖在强调“养鱼先养水”,“养水”应做到“肥、活、嫩、爽”[2],尤其强调水质要“活”。一个“活”,继承了中国传统哲学“天人合一”,顺其自然的思想方法,突出了中国传统水产养殖的生态特色。

生物的生存在于其新陈代谢的维持和对环境变化的适应能力。完全封闭静止和剧烈变化的环境,生物都难以适应。对于人和陆生动物而言,畏惧暴风骤雨、狂风暴雨,讨厌凄风冷雨,厌烦树叶不动、无风无雨的沉闷天气;喜欢“和风(微风、暖风)细雨(毛雨)”。同理,水产动物也畏惧摧古拉朽的洪水和“一落千丈”的瀑布,讨厌纹丝不动的静水,腐臭污染的死水;喜欢的是潺潺流动的“活水”。

在人们日常观察和水产养殖经验中,发现所有水产动物及大部分水生植物与微生物喜欢“活水”。

水生动物一遇“活水”(新鲜流水)便处于兴奋状态,或溯流而上,或顺流而下,进入“活水”中欢快生活。大江、大河、大海、大湖等天然“活水”是水产动物理想的生活场所,水产动物都乐在其中,并找到适合的栖息环境。

从对自然的观察和养殖经验看,天然“活水”中水产动物成长速度快,健康指数高,产品品味好、价位高,并且很难发现它们在“活水”中生病;利用山间溪流水、山泉水开展流水养殖或工厂化流水养殖集约化程度高,养殖周期短,单位产量高,发生病害少[3]。它们的共同特点是利用自然“活水”,或制造人工“活水”。同时,国人将在开放性“活水”中出产的水产品称为“水鲜”,如大江大河出产的江鲜,浩瀚海洋中采捕的海鲜和秀美湖泊中采集的湖鲜。所以说,“活水”是出产优质鲜美水产品的重要条件。

2.3. “活水”的科学内涵

“活水”,在古代文献中,是指静流之水或有源头常流动的水。据汉朝王充《论衡·状留》注解:“活水,沙石不转;洋风,毛芥不动”[4]。据有关专家和文献界定,“活水”是指有水源而常流不断的水,也指新鲜而没有污染的天然水。这里的“活水”是虽有一定流速,但“沙石不转”,流速缓慢,是水质清澈的微速流水;既不是瀑布,更不是洪水。“活水”因有水流,能“自动清洁”。“活水”对应的“死水”[5],是滞积不流动的呆水,静止而不循环,不利于水生生物新陈代谢,故称“死水”。这在日常生活中亦有体现:习惯饮用江河“活水”的人群,改饮封闭池塘水、小沟水或井水等呆水,往往会消化不良,出现腹胀和腹泻等状况。同理,江河里水产动物引入池塘等小水体往往也不适应,甚至死亡。

唯物辩证法告诉我们,一切事物都在运动变化之中,运动是绝对的。事物总是存在两种状态,即相对静止与运动状态。事物的发展变化总是由量变到质变,由渐变到突变的过程[6]。静止是相对的,是事物量变和渐变的过程,属运动的隐性状态;运动是事物质变和突变的过程,为运动的显性状态。微速流动的“活水”非仔细观察难以发现,然而“活水”在“潜移默化”中改善了水质。因此,“活水”适宜水生生物生长和人畜饮用。

从物理学角度,所谓“活水”是日常保持微速流动的水;同时,水体透明度或由大到小,又由小到大而不断变化;另外,还是水体颜色或由浅到深,又由深到浅,而处于变动之中。“活水”流动从时间上来说,是持续均衡的;从速度上来说,是缓慢匀速的,即微速流动的。“活水”透明度和颜色随季节、天气和人为管理措施,其大小和深浅而呈现细微的变化。

从化学角度,所谓“活水”是化学反应持续进行着的水体。即水中溶解有多种化学物质,并持续维持着化学反应过程。而要保持水体中化学反应的持续性,必须源源不断有新的化学物质向水中溶入(补充)与从水中析出(消耗或取出),也就是水体必须持续不断与外界进行着物质交换,这个物质交换过程一旦停止,那么水中化学反应过程很快也就停止了,水就失去了活力和“生命”。

从生物学角度,所谓“活水”是能够维持多种微生物及其他水生生物生存并持续进行新陈代谢的水体[7]。水中绝大多数生物生存的基本条件是保障水体中有足够的溶氧及其生命活动所必需的“食物”(养分),并持续保障供给。上述两项条件任何一项不能满足,水生生物及其微生物的生命便难以维持[8]。

“活水”中物理、化学和生物学过程是相互联系,相互作用的,是理、化、生复合交叉作用的过程。物理状态的颜色和透明度变化是水体化学和生物学过程的外在表现,其实质是水中化学反应过程中化学物质组成与浓度的变化,以及有益菌和浮游生物等生物品种构成、消长、沉浮和密度的变化。作为物理作用的水流,推动着“大气-水体”、“水体-土壤(淤泥及岩石)”双界面的物质交换,使气体、矿物质和微量元素等不断溶入水中,推动着化学反应进程。同时,流入的水不断接入新的生物,其中的浮游植物及其他水生植物利用太阳光能合成有机物,放出氧气;其中的有益菌分解有机物利用化学能(生物能),

转化为无机物,消耗氧气。前者为水产动物提供食物和氧气,后者为水产动物处理排泄物和废弃物。“活水”中多样性生物的综合作用,不断进行着化合与分解,产能与耗能或贮能,耗氧与增氧等理化反应,实现着水域生态系统物质循环和能量转换,使水域生态系统维持着动态的稳定。

3. 活水的基本特征

理想的养殖水体是“活水”,“活水”中水产动物能快速生长,改善风味品位,消除或降低风险,提高水体养殖容量,提升效益水平。

3.1. 水体流动持久性

“流水不腐,户枢不蠹”。生命在于运动,“活水”在于流动。流动只是水体活力的表象,流水的实质作用在于:一方面在水体之上的“大气-水体”界面水与大气接触实现了氧气溶解和废气逸出等物质交换,另一方面水体之下及周边的“水体-土壤(岩石)”界面水与周边及水底土壤、岩石接触实现了土壤(岩石)中的化学物质溶解和水与水中气体向土壤(岩石)中渗透而进行着物质交换。在此过程中,大气中氧气不断溶解于水,所以,大江大河等流动水体中水生动物从来不会因缺氧而死亡。同时,流水又使水体不断进行物质交换和形态转换,使水体保持生机和活力。有道是“细水方可长流”。随着地形地貌变化形成的涓涓细流才能常流不息、长流不息;随着风云变幻、季节变化、冰雪融化、风吹雨落及山间泉涌形成的潺潺流水,乃是水的常态,才是真正的“活水”。即只有持久保持微速流动状态的水才是“活水”。洪水和瀑布是水的剧烈运动,是水能量的强烈释放,只是大自然的暂时现象,属非常态,没有持久性。

3.2. 化学反应持续性

只有持续进行化学反应,实现物质转化和能量循环的水才算“活水”。化学反应持续进行的物质保障是:一是具有两种以上溶解于水中并进行化学反应的物质,二是持续补充这些化学物质的来源。第一个条件,所有大自然的水体都能具备,因为水是最常见、最廉价的溶剂,也是最好的溶剂,多数物质都易溶于水。第二个条件是限制性的。因为任何化学反应过程都具有时间性,反应一旦完成生成新物质,化学反应便宣告完成而结束。要维持化学反应持续性,必须持续不断供给新的化学物质,这在封闭静止的水体中是不能实现的。在开放性水体,因为有外源水带进新的化学物质;在流动性水体,因为“大气-水体”和“水体-土壤(岩石)”两个界面进行着物质交换,不断有新的化学物质补充,而使化学反应得以持续维持。如果是水泥池、塑料容器、玻璃水族箱、陶瓷容器等盛水容器,虽有流水,但因其物质单一且溶解性差,不能持续向水体中提供新的化学物质,化学反应不具有可持续性。因此,只有自然或半自然状态的微流水,才能持续补充化学反应所需的物质,使化学反应持续进行,水体才具有化学“活性”。

3.3. 溶氧充裕性

氧气是除厌氧性微生物外一切生物最基本的生命保障。对绝大多数生命体而言,可以暂时性“停食、断水”,绝不允许有一时一刻的“断气”。

生物体内的氧气主要来源于呼吸。但溶于水的氧气能更快进入细胞参加体内物质循环。有关研究发现,饮用水中氧气30秒便进入血液,1分钟到达大脑,10分钟到达皮肤,20分钟到达肝脏、心脏和肾[9]。“鱼儿离不开水”,大多数水产动物不能直接利用空气中氧气,体内氧气主要来自水中溶氧。因此,水中溶氧对养殖水体具有特别重要的意义!即便是水生植物、浮游植物及少数有益菌,虽然它们能光合作用产生氧气,但在无日光的夜晚和日照较弱的阴雨天,仍有赖于水中溶氧维持生命。

一方面,水中大多数化学反应过程有赖于溶氧存在和足量供给。尤其是养殖水体中大分子有机物分解成小分子有机物、再分解成无机物的过程,更离不开溶氧的全面参与和足量供给。没有氧气参与,这

个过程或无法进行,或进展缓慢,或不能彻底进行,并因此而产生 H_2S 、 NO_2^- 等有毒有害中间产物[7]。另一方面,上述多数过程需要水中微生物参与,而大部分微生物参与的前提和基础是水中丰富的溶氧并持续保障供给。

所以,充足的溶氧是水中多数化学反应过程和多数水生生物生命活动得以延续的基本前提,是维持水体“活力”的物质保障。

3.4. 微生物不可替代性

“活水”的表象,即物理性质是水体的流动性,以及水体透明度和颜色的变化。“活水”的本质在于水中物质转化和能量转换持续进行,实质是分解作用和化合作用的交互进行。而“活水”的主体则是水体中各类生命体,即水域生态系统中水生动物、水生植物和水中微生物充分参与上述各个过程[8]。但是,在水体各类生物中,有益菌和浮游植物这两类微生物是维持“活水”状态不可或缺的基本生物。

水中有机物分解离不开多种酶的参与,这些酶主要来源于各类有益菌。水中有机物分解过程是有益菌借助于自身产生的酶促进有机物由大分子向小分子,由有机物向无机物的转化,是氧化分解过程,这个过程中有益菌利用了有机物中的化学能[10]。如果这个过程没有有益菌的全面参与,分解效率将大大下降。水中有机物化合过程主要由浮游植物承担,利用的是太阳能进行光合作用,将无机盐和水等化合合成有机物,形成初级生产力并释放氧气,为养殖水体提供了主要的溶氧来源。如果没有微生物参与,水中物质循环和能量转换就不能顺利进行,水体就失去了活力。所以,有益菌和浮游植物这两类微生物在养殖水体物质转化和能量转换过程中发挥着不可替代的作用,是保障水体“活力”的关键因素。

综上所述,流水和溶氧仅是“活水”的外在表现和基本物质保证,化学反应的持续性和微生物的新陈代谢才是“活水”的本质特征。

4. 活水的基本功能

4.1. 活水的冲刷作用

“活水”既增加了水与周围环境接触并进行物质交换的机率,加快了大气、土壤(淤泥及岩石)等环境中易溶于水的物质溶解速度,从而为水体化学反应持续进行源源不断提供原料,同时,养殖水体中部分有害物质一部分以气体形式逸出水面,另一部分向水底和周边土壤(岩石)渗透滞留而其中,或与其中某些物质发展化学反应,生成新化学物质,成为土壤(岩石)中的组成物质,以此保持了水体的物质更新。

4.2. 活水的扩散作用

“活水”所形成的微速水流,加速了水体中物质扩散、溶解和均匀分布,尤其是溶氧和水温的均匀分布,并扩散到水体底层,既有利于扩大水体养殖空间,又能促使有机物氧化还原在全水体进行,尤其是在水底也能持续进行,加速了水体中物质转化和能量传递与转换。同时,“活水”还带动了水体底层有毒有害气体向表层扩散,并最终从“大气-水体”界面扩散到大气环境中,为养殖水体发挥“解毒”作用。

4.3. 活水的运送作用

水体中浮游植物、细菌、真菌等微生物及植物等生物都没有运动能力,它们获取营养的方式只能“守株待兔”,被动等待。而“活水”将处于静止状态的微生物运送到水体各个方位,变静物为“动物”,化被动为“主动”,使微生物可以在全水面、全水层获得营养,并发挥净化作用。同时,“活水”还使水体下层、底层及底泥中的有机物及无机营养物源源不断运送到光合作用最为强烈的水体上层,供浮游

植物和浮游动物等生物所利用，从而为水体增加溶氧，提高水体初级生产力[11]。

4.4. 活水的净化作用

实验室加快化学反应的方法是通过搅动或摇晃来实现，其实质是加快参与化学反应物质的相遇机率。活水的扩散和运送作用，促进水体中参加化学反应的各类有机物、溶氧和参加净化作用的微生物相遇与相聚，从而加快了有机物降解速度，减少了“氧债”累积，持续为浮游植物和水生植物提供肥源和碳源(CO₂)。同时，“活水”将溶氧及时运送到水体下层、底层，使好氧有益菌还能在水体底层、下层及底泥表层发挥净化作用，消减水体“氧债”最主要的存在空间[12]。另外，活水让所有微生物、有机物、无机物处于运动状态，使水体生命过程和化学过程更加活跃，新陈代谢更加旺盛。“活水”还让溶氧在水体全方位、全时段及时保障供给，使微生物对水中有机物的净化作用既快速高效，又完全彻底。

“活水”是治理有机污水的有效方法。从“问渠哪得清如许？为有源头活水来”和“流水不腐，户枢不蠹”等诗词名句和成语中可知[13]，古人便已从自然现象观察中了解了“活水”对水质的净化作用。万里长江下雪山、过草地、汇百川、穿丛林、聚万物，自净不息；虽两岸城市林立，接纳海量污水，但直至奔流入海，仍为“一江春水”，而“万古流芳”，便是“活水”有效治理城乡污水的“铁证”。又如，北京市通过在北海-中南海-筒子河、奥运湖、龙潭公园、动物园等9处建成约150公里水循环工程，辅以增氧治理城市污水，实现了“流畅、水清、岸绿”[14]。再如，广东中山市以“雨污分流、补水循环”治理城市污水，建成六个水循环工程，让内河涌水流动起来，并补充水源置换水体，基本消除了长期困扰市民的城市河道黑臭现象[15]。同样，高产养殖水体本质上是有机污水或富营养化水质，若能制造“活水”，再辅以其他措施，便能改良水质，实现清水、绿水、好水。

4.5. 活水的增容作用

水体溶氧是养殖水质的核心指标，溶氧水平高低是养殖水质好坏的主要标志。在常态下，养殖水体中溶氧贮存量大小决定了水体养殖容量和抵御“浮头、泛塘”风险的能力。

4.5.1. “活水”有增氧机制

一方面“活水”促进了空气中氧气向水体溶解；另一方面“活水”有利于水中有益菌对有机物降解作与无机营养盐释放，实现“均衡施肥”，促进了浮游植物的光合作用，增加了水中溶氧来源。

4.5.2. “活水”有存氧机制

氧气和水比重的差异性决定了“氧往高处走，水往低处流”，因此，一般晴日静态水体在养殖季节，水中溶氧主要分布在水体中上层，下层和底层及淤泥表层处于少氧或缺氧状态，大量有机物困难以及时氧化，致使“氧债”累积，成为养殖水体最易突发的风险。“活水”的扩散作用，一方面使养殖水体“氧债”及时偿还，另一方面使晴日光合作用产生的溶氧不仅贮存在水体中上层，而且贮存到水体下层和底层，使养殖水体溶氧贮藏量增加了一倍以上。

4.5.3. “活水”有溶氧效用提升机制

晴日天气表层溶氧往往处于过饱和状态，极易扩散到大气中而浪费。“活水”的运送作用，使晴日天气本来在水体中上层“滞留”或“逸出”的溶氧及时送达急需氧气的水体下层和底层，或用于底层水产动物呼吸，或偿还“氧债”，或贮存起来以应夜晚或阴雨天气之急需[12]。

4.6. “活水”养殖的增产增效作用

由于“活水”上述五个作用，有利于水中浮游植物和微生物持续稳定发挥增氧和水质净化作用，扩

大了溶氧来源,增加了溶氧贮存空间与贮藏量,提高了溶氧利用率,延长了水体溶氧使用时间,减少了溶氧浪费,从而提升了养殖水体生产性能,扩大了养殖容量,有利于节能降耗、净水防病、促长增产和提质增效,形成了独特的增产增效机制[11]。

5. 养殖水质的“活水”调控

溶氧是养殖水质的核心指标。一般养殖水体基本处于静止状态,造成晴日白天底层缺氧、夜晚缺氧和阴雨天缺氧,日积月累的有机物沉积造成“氧债”积压。一遇暴风骤雨等强对流天气,养殖水体便会爆发性耗氧,引发“浮头”“泛塘”事故。而“活水”持续流动,溶氧丰富,减少或清除了有机物沉积和“氧债”积存,让水体微生物持续发挥作用,使养殖水质保持“肥、活、嫩、爽”。因此,养殖水质调控的根本方法和最终目标就是培养“活水”,消除“氧债”,从而根本上解决缺氧问题,促进生物健康快速成长,降低生产成本和能源消耗,提高产品质量安全,提升养殖经济效益。

5.1. 清除沉积淤泥

现行水产养殖都是高投入、高产出,每年总会有大量残饵、粪便及生物尸体等有机物沉积水底化为淤泥,成为水中“氧债”的主要来源和“泛塘”事故的根源。如果淤泥过多,会使养殖水体长期处于缺氧或低氧状态,这样的养殖水体便属于高度富营养化的水质,甚至是劣V类的黑臭水体,不适宜水生生物生存,“活水”便失去了重要的物质基础。因此,经多年养殖的池塘等水体,必须彻底清淤和使用强氧化剂消毒,是科学调控养殖水质的首要措施。

5.2. 制造微速循环流水

水产养殖是满足城乡居民水产品需要的经济生产过程,讲究经济效益。它既受到自然条件限制,又受到经济规律制约。工厂化流水养殖固然可以制造水流,但一次性投资大,运行成本高。而封闭型传统池塘养殖在高投入、高产出养殖方式下,病虫害日趋严重,生产风险加大。如全过程运转增氧机械,既考验着中国农村的电力供给,也考验着市场对产品价格和生产企业对成本的承受能力。如制造循环流水成本远远超出了市场对水产品价格的承受力,推广应用便无从谈起。因此,必须设计、配置和使用高效节能的机械设备,在养殖水体中制造低成本的微速循环流水,以实现水体上下水层交流,促进水-土界面和水-气界面的物质交换。微速循环流水是最节能、最高效的“活水”方式。

这是由于水作为典型的液体(流体),具有流体的一切物理特征。首先是水的惯性大。水的密度是空气密度的772倍,水一旦处于运动状态便蕴藏巨大的能量,拥有巨大的惯性。因此,洪水并列猛兽,海啸摧古拉朽。其次是水的摩擦力小。水在运动中,往往不会因容水周边环境的粗糙和水分子之间摩擦而很快归于静止,如无阻挡便能持续保持运动状态。尽管当今世界科技日新月异,但正是由于水的上述两个性质决定了河运、海运等仍然是当今成本最低的运输方式。同时,水流速度保持微速流动是最为节能的运动状态。根据流体力学的基本原理,当流体超过一定速度,就会产生“湍流”,造成能量的额外损耗。因此,物体运动速度越快,遇到的阻力就会成倍加大,而降低能量利用率。“新型增氧活水机”运用上述流体力学原理[16],以最节能方式在水体中制造微速循环流水,实现养殖水体的“活水”状态。

5.3. 平衡溶氧供需

溶氧是养殖水质调控的关键因子。养殖水体中溶氧来源主要是三个方面:一是浮游植物及水生植物光合作用供氧,这是最主要来源;二是机械增氧,这是人工养殖水体主要补充供氧方式;三是化学增氧,这是水产养殖的应急供氧方式。作为水中溶氧的最主要来源,如何保证水中浮游植物及水生植物的密度和活力,是保障水中溶氧稳定供给的基本保证。为了提高养殖水体溶氧生产能力,主要是通过养殖水体

适度注水与换水、科学施肥和促进上下水层交换等措施都保持浮游植物密度和活力，保障养殖水体溶氧的稳定供给。同时，通过使用“增氧活水机”，实现养殖水体溶氧的高效利用和及时贮存，实现养殖水体中溶氧“开源”与“节流”高效结合，保持水中溶氧水平的稳定[17]。

实现养殖水体溶氧供需平衡，一方面有赖于溶氧的及时补充，另一方面有赖于保持耗氧水平的均衡稳定。养殖水体作为半开放性的水体，受季节和天气状况的直接影响，也使养殖水体溶氧供给和消耗具有波动性。必须通过合理配置增氧机械和排灌机械，通过开机增氧或及时进水，来补充夜晚和阴雨天气因光合作用停止或减弱而供氧不足造成的溶氧缺口，这是水产养殖安全的重要保障措施。增氧机械配置必须针对不同养殖品种和养殖水体条件合理配置，重点是补充养殖水体底层和下层溶氧[18] [19]。

保持养殖水体溶氧水平稳定的另一关键是及时消除养殖残饵、粪便等有机物在水底沉积形成的“氧债”积存，防止因为天气突变形成爆发性耗氧，造成“浮头”“泛塘”。这有赖于造就养殖水体上下水层的循环交换和氧化还原反应的高效进行。化学增氧不仅是水产养殖中防范“浮头”“泛塘”的急救措施，还有消除或减少养殖水体“氧债”、改善底质环境的效果。

运用“增氧活水机”与微生态制剂配合使用，造就养殖水体微速循环水流和有益菌全水体、全时段、全天候发挥作用，及时清除养殖水体下层和底层及淤泥中长期积存的有机物耗氧(COD及BOD)即“氧债”，对实现养殖水体溶氧供需平衡起着关键作用。

5.4. 微生物综合运用

浮游植物和有益菌在养殖水体物质转化和能量转换循环中发挥着极其重要的作用。天然水体有机物输入少，生物密度低，多样性好，能实现自我净化，维持动态平衡。而养殖水体作为人工生态系统，生物品种少，各类投入品种多、强度大，人工干预程度高，生态稳定性差。要发挥微生物在水体物质循环和能量转换中的关键作用，必须及时补充消亡的两类微生物，以保持其在养殖水体中较高密度和较强活力。一方面可以通过及时注水、换水等措施实现浮游植物的品种更新和新老交替，也可使用专用单细胞藻，补充数量，更新品种。微生态制剂使用方法现已基本成熟，主要是通过选择性使用芽胞杆菌、乳酸菌、光合细菌、酵母菌、放线菌等有益菌，使养殖水体有益菌菌群量达到较高密度，迅速完成养殖水体中有机物降解，防止有机物沉积造成“氧债”积存，预防疾病，防范风险。但是，微生物没有运动能力，只能依靠水体的运动实现位置转移，扩大其对养殖水体中有机物进行净化作用的范围，在封闭静止、溶氧缺乏的水体中其作用范围和效果是极其有限的。因此，要提高微生态制剂的应用效果，必须依赖人为制造的“活水”，使有益菌充分而“主动”地发挥净化水质的作用[11]。这个“活水”既不能流速太快，太快了因为有机物与微生物、溶氧接触时间不够，对有机物的净化不能彻底；也不能封闭静止，这种状态虽然可以在短时间达到较为彻底的净化效果，但净化范围和净化的水量大大减小，并且因为有益菌因得不到源源不断的有机物和溶氧补充，而衰退。所以，微生态制剂净化水质的最佳效能和最优效果是有赖于“活水(微速循环流水)”对有机物和溶氧源源不断的输送。

总之，培养“活水”，抓住养殖水体水质问题的症结。在养殖池塘中，通过增氧活水机与微生态制剂的配合使用，从物理状态来说，使池塘水体处于微速循环流水状态，池塘水体与大气、池塘水体与底泥等两个界面持续进行着物质交换；从化学反应来说，源源不断的外源物质和太阳能的持续输入，使池塘水体中“化合”和“分解”处于循环往复状态，保持了连续性和稳定性，源源不断供给溶氧，又持续不断消耗溶氧；从生物代谢来说，浮游植物利用太阳能转化 CO_2 和 H_2O 制造溶氧和有机物(化学能)，微生物借助“活水”运送的溶氧，对淤泥与底层水中各类废弃有机物进行氧化分解，形成生物能和无机营养盐，又借助“活水”运送给浮游植物利用；即便在阴雨天气，则通过增氧活水机补充溶氧，达到了水中溶氧供给和消耗的基本平衡。从而解决了养殖水体溶氧供给与溶氧消耗的上、下水层不同位的矛盾和

养殖水体溶氧供给与溶氧消耗白天与晚上、晴天与阴雨不同步的矛盾,避免了因“氧债”累积,造成“浮头、泛塘”这种突发性的风险。总之,运用全方位和全功能的“活水”,彻底解决了养殖水体缺氧这个主要矛盾形成了“氧债”风险,实现了水产养殖生态系统的良性循环,保障水产养殖高产优质高效生态安全。

参考文献

- [1] 张扬宗,谭玉钧,欧阳海,主编.中国池塘养鱼学[M].北京:科学出版社,1989.
- [2] 王武,主编.鱼类增养殖学[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [3] 李为学,张士罡.活水河塘放牧式低本高效养鱼技术[J].四川农业科技,2012(9):38-38.
- [4] [汉]王充.论衡.诸子集成[M].长沙:岳麓书社,1996.
- [5] 慧聪水工业网.康益健康专家剖析:饮用活水六大属性[Z/OL].
<http://info.water.hc360.com/2011/08/051617303337.shtml>,2011-08-05.
- [6] 李秀林,王于,李淮春,主编.辩证唯物主义和历史唯物主义原理[M].北京:中国人民大学出版社,1984.
- [7] 何志辉,主编.淡水生物学[M].北京:中国农业出版社,1985.
- [8] 刘建康,主编.高级水生生物学[M].北京:科学出版社,1999.
- [9] 互动百科.活水[Z/OL].http://www.baike.com/wiki/%E6%B4%BB%E6%B0%B4&prd%3Dbutton_citiao2_search
- [10] 周德庆,主编.微生物学教程[M].北京:高等教育出版社,2011.
- [11] 李荣福,郭正龙,等.微生态制剂与增氧活水机配合应用于河豚养殖增产机理的研究[J].水污染及处理,2018,1(6):24-37.
- [12] 李荣福.“氧债”基本理论与养殖水质调控[J].海洋科学前沿,2018,5(1):1-8.
- [13] 孙鑫亭.古今中外哲理诗鉴赏辞典[M].1997.
- [14] 叶晓彦.北京打造水循环工程150公里“死水”变“活水”[N].北京晚报,2013-08-29.
- [15] 李丹丹.水循环让“死水”变“活水”[N].中山日报,2015-10-20.
- [16] 李荣福,刘海平.一种增氧活水机[P].中国,200120099781.6,2011-04-07.
- [17] 李荣福,张家宏.增氧活水机在池塘养殖中的推广应用[J].江苏省水产三新工程项目验收材料,2015(7).
- [18] 杨显祥,李荣福,等.活水机应用于罗氏沼虾养殖的初步研究[J].科学养鱼,2013(3):75-76.
- [19] 李荣福,杨显祥,等.耕水机在罗氏沼虾池塘养殖中的使用效果[J].渔业现代化,2012,39(5):32-37.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2373-1443, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojfr@hanspub.org