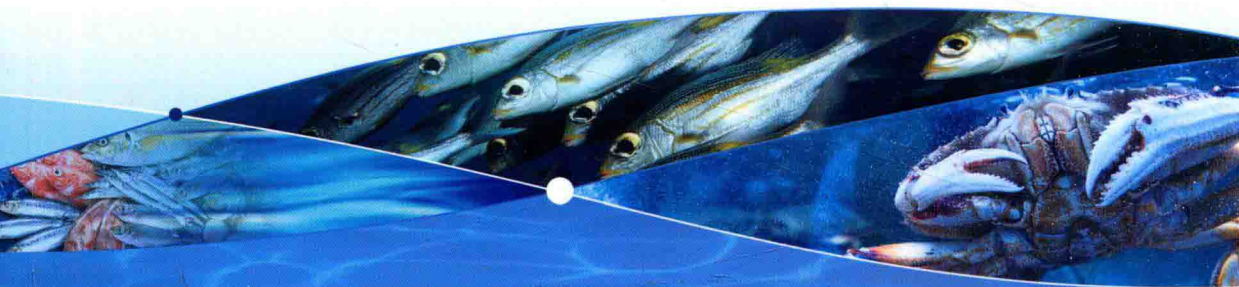


SHUICHAN YANGZHI JISHU JI FAZHAN YANJIU

水产养殖技术 及发展研究

孔令富 梁云安 卢玉发 © 主 编



四川大学出版社

SHUICHAN YANGZHI JISHU JI FAZHAN YANJIU

水产养殖技术 及发展研究

◎ 孔令富 / 著



四川大学出版社

责任编辑:唐 飞
责任校对:蒋 玟
封面设计:陈 勇
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

水产养殖技术及发展研究 / 孔令富著. —成都:
四川大学出版社, 2017. 10
ISBN 978-7-5690-1277-4

I. ①水… II. ①孔… III. ①水产养殖 IV. ①S96

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 269324 号

书名 水产养殖技术及发展研究

著 者	孔令富
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5690-1277-4
印 刷	成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸	170 mm×240 mm
印 张	12.25
字 数	231 千字
版 次	2018 年 1 月第 1 版
印 次	2018 年 1 月第 1 次印刷
定 价	45.00 元



版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。

电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆网址:<http://www.scupress.net>

前 言

我国是全球水产业第一大国,水产品产量占全球的 40%左右,其中海淡水养殖产量占总产量的 64%,约占全球养殖产量的 60%。我国海淡水养殖品种多样,是世界上养殖水产品种类最丰富的国家。随着水产养殖业在农业中的地位越来越重要,我国在原有水产养殖品种的基础上又引进了大量的国外新品种,进一步加快了水产养殖业的发展。

为了加快农村经济发展,提高农民收入水平,积极推动水产健康生态养殖,促进水产养殖业安全、健康发展,增强农民在水产养殖业方面增收的潜力,提升养殖户的技术水平,笔者结合水产养殖业的生产现状撰写了此书,力求结构合理,深入浅出,明确清晰,使读者获得一个良好的阅读体验。

全书共分六章。第一章阐述了水产养殖基础知识,包括养殖水环境化学、养殖水域生态学、水产动物营养与饲料和水产动物生物学;第二章探讨了淡水鱼养殖技术,包括泥鳅养殖技术、黄颡鱼养殖技术、彭泽鲫养殖技术、脆肉鲩养殖技术和其他淡水鱼养殖技术;第三章研究了淡水特种水产养殖技术,包括河蟹养殖技术、鳖养殖技术、蟾蜍养殖技术、罗氏沼虾养殖技术和美国青蛙养殖技术;第四章论述了海水水产养殖技术,包括南美白对虾养殖技术、日本对虾养殖技术、海蜇养殖技术和其他海水水产养殖技术;第五章阐述了稻田生态养殖技术,在对稻田养殖技术总体进行论述的基础上,重点探讨了稻田鱼类养殖技术、稻田虾类养殖技术、稻田河蟹养殖技术、稻田泥鳅养殖技术、稻田黄鳝养殖技术和稻田牛蛙养殖技术,此外还阐述了稻田养殖水体与设施;第六章介绍了其他养殖技术,主要内容包括网箱养殖技术、工厂化养殖技术、山区水型水库养鱼技术、综合养鱼技术、池塘微孔增氧技术和池塘 80:20 高产养鱼技术。

本书在撰写的过程中,参考了国内外专家学者的许多著作,并在此基础上做出了新的尝试。由于笔者水平有限,加之时间仓促,在撰写过程中难免有疏漏、错误之处。对此,希望各位专家学者和广大读者能够批评指正,以待进一步提高。

作 者

2017 年 8 月

目 录

第一章 水产养殖基础知识	1
第一节 养殖水环境化学	1
第二节 养殖水域生态学	12
第三节 水产动物营养与饲料	22
第四节 水产动物生物学	29
第二章 淡水鱼养殖技术	34
第一节 泥鳅养殖技术	34
第二节 黄颡鱼养殖技术	39
第三节 彭泽鲫养殖技术	46
第四节 脆肉鲩养殖技术	51
第五节 其他淡水鱼养殖技术	54
第三章 淡水特种水产养殖技术	67
第一节 河蟹养殖技术	67
第二节 鳖养殖技术	75
第三节 蟾蜍养殖技术	81
第四节 罗氏沼虾养殖技术	86
第五节 美国青蛙养殖技术	91
第四章 海水水产养殖技术	97
第一节 南美白对虾养殖技术	97
第二节 日本对虾养殖技术	103

第三节	海蜇养殖技术·····	109
第四节	其他海水水产养殖技术·····	118
第五章	稻田生态养殖技术 ·····	127
第一节	稻田养殖技术概述·····	127
第二节	稻田鱼类养殖技术·····	133
第三节	稻田虾类养殖技术·····	138
第四节	稻田河蟹养殖技术·····	145
第五节	稻田泥鳅养殖技术·····	148
第六节	稻田黄鳝养殖技术·····	150
第七节	稻田牛蛙养殖技术·····	153
第八节	稻田养殖水体与设施·····	157
第六章	其他养殖技术 ·····	162
第一节	网箱养殖技术·····	162
第二节	工厂化养殖技术·····	168
第三节	山区小型水库养鱼技术·····	172
第四节	综合养鱼技术·····	174
第五节	池塘微孔增氧技术·····	176
第六节	池塘 80:20 高产养鱼技术·····	179
参考文献	·····	184

3. 溶解物质

粒径小于 1nm,是均匀分布在水中,肉眼看不见的一些物质,包括溶解气体(氧气、氮气、二氧化碳、硫化氢、甲烷等)、主要离子(钙、镁、钾、钠、碳酸根离子、碳酸氢根离子、硫酸根离子和氯离子等)、植物生长所需要的营养盐和有机物等。

(二) 养殖水与水产养殖的关系

天然水中含有悬浮的较粗的颗粒物,还有比较小的胶体颗粒物以及更微小的我们肉眼看不见的溶解物质。天然水中有生物,也有非生物,还有因为人类生产与生活影响而进入水体的污染物等。养殖用水经过纱滤沉淀以后,只能将大粒径的悬浮物质除去,很多小粒径的胶体物质和肉眼看不见的全部溶解物质是除不掉的。因此,一杯看起来清澈透明的水,其中却包含了非常复杂的物质。其中,有些是养殖生物必需的,缺了不行,如氧气、主要离子、营养盐等;有些是对养殖生物有害的,多了不宜,如硫化氢、铵态氮等;有些是含量低了有益,含量高了却有害的,如铁、铜、锌、锰等。水中的化学物质与养殖生物的生长和存活息息相关。养殖生产中经常发生因为水质调控不好而造成重大经济损失的事故。为什么晴天午后施氮肥后育苗大量死亡?为什么海水比淡水更怕缺氧?为什么下雨后扇贝苗下沉?为什么下雨以后河蟹死苗?……这些问题都和水中化学成分的状况有关。因此,了解养殖用水的水质特点及其变化规律对于养殖生产来讲是非常重要的。

二、水的流转混合作用与水体的温度分布

养殖生产中,水是否运动混合对水中各种物质的存在形态以及分布变化有重要影响。例如,若池塘上下层水长期不能混合,则上层水中因为光合作用使溶解氧丰富,营养盐缺乏;下层水中因为光照差,光合作用弱甚至没有而缺氧,铵态氮、硫化氢等有毒物质积累。久而久之,上层水中缺乏营养盐,浮游植物生长受影响;下层水中缺乏营养,水质恶化甚至导致底层养殖生物死亡。此时若突然强烈混合上下层水,则下层的缺氧状态和有毒物质被带到上层,最终使整个池塘缺氧,硫化物和铵态氮的毒性会蔓延至整个池塘,导致池塘养殖生物全军覆没。水体的温度分布最能直观地反映水体中其他化学物质的分布状态,因此,为了更好地理解水中化学成分分布变化,需要了解水的流转混合作用及影响水温分布的因素。

(一) 水的流转混合作用

对于一般的湖泊池塘,引起水体流转混合的主要因素有两个方面:一是因风力引起的涡动混合;二是因密度差引起的环流混合。

1. 风力的涡动混合

水面受到风的吹拂后,表面水会顺着风向下风处移动,使水在下风岸处产生“堆积”现象,即下风岸处水位有所增高,此增高的水位就会导致此处水向下运动,从而形成水的环流,称为“风力环流”。简单地说,就是风把水吹得流动起来。

水面开阔、深度浅的水体,较易混合彻底。风力越大,混合作用越强烈;水的温度越高,上下层水温差越大,风的混合作用就越弱。有人测定,水温 30°C 、面积 $4\,700\text{m}^2$ 、水深 2.5m 的鱼池,上下层水温差为 1°C 时,需 7 级风才能使上下层水产生对流混合。所以,风力不大时,只能使上层水混合。

2. 水的密度环流

密度是指单位体积水所具有的质量。如 4°C 时,淡水的密度大约是 $1\text{g}/\text{cm}^3$,或者 $1\text{t}/\text{m}^3$ 。水的密度随温度的不同而不同。淡水小于 4°C 和大于 4°C 时密度都小于 $1\text{g}/\text{cm}^3$,即在 4°C 时密度最大。把密度最大时的温度称作最大密度温度。因此对于淡水,在 4°C 以上,温度升高会使水密度减小,温度降低会使水密度增大,符合一般的“热胀冷缩”原理。在 4°C 以下,情况则相反,水表现为“热缩冷胀”。当表层水密度增大,或底层水密度减小时,都会出现“上重下轻”的状态,密度大的水要下沉,密度小的水则上升,形成了上下水的对流混合。这种混合作用可以是在较小范围发生的上下对流,也可以是在较大范围发生的环流。

注入水因密度不同,可能进入水体表层,也可能进入中层、底层或其他运动状态。注入水所进入的水层是密度与其相同的水层。例如,盐度高的水进入底层,而盐度低的水注入海水养殖水体中时则会漂浮在海水的表层。

(二) 水体的温度分布

1. 淡水湖泊(水库)四季的典型温度分布

对于开阔的水体,水温的水平分布一般不会有太大的差别,但是天然水体包括养殖水体,水温的垂直分布却有明显的季节变化,甚至一天之中也不尽相同。尤其

是在我国北方地区,夏季一般是上层水温高,下层水温低,形成水温的正分布;冬季则是上层水温低,下层水温高,形成水温的逆分布;春秋季节是上下层水温几乎相同,称为全同温。盐度低于 24.9 的水,都具有这个规律。

1) 冬季的逆分层期

典型的逆分层现象出现在冬季我国北方地区的淡水湖泊、水库和池塘中。当表层水温降到 0°C 以后,水体表面会封冰。紧贴冰下的水是 0°C ,底层水温不高于 4°C 。这种上层水温低、下层水温高的现象称为逆分层。由于从上到下温度逐渐升高,密度逐渐增大,形成上轻下重的状态,所以一段时间内冬季的逆分层会稳定存在。

海水结冰时与淡水不同:结冰的温度(称为冰点)比淡水低,在 $-2^{\circ}\text{C} \sim -1.9^{\circ}\text{C}$ 之间,而且结冰时上下层水温度都达到或接近冰点,底层水温不会比表层高。

我国海南岛及广东、广西的一些地区,冬季水温可保持在 4°C 以上,就不存在水温的逆分布现象。

2) 春季的全同温期

春季气温回升,太阳辐射使冰盖融化后,将使表层水温升高。水温在密度最大的温度(4°C)以下时,温度的升高会使密度增大,表面温度较高、密度较大的水就会下沉,底层温度较低、密度较小的水就会上升,形成密度流。密度流使上下层水对流交换,直到上下层水温度都是密度最大时的温度为止。即早春时,水体温度均低于密度最大时的温度(对淡水,就是低于 4°C),即使不刮风,由于气温回升产生的密度流也会使水体上下混合,导致温度上下趋于一致。这个时期称为春季的全同温期。当上下层水温度都达到 4°C 以后,表层水温再上升,表层水的密度就会比底层小,也就是表层水比底层水轻,不会往下沉,密度流就会停止。但是,如果此时有风的吹拂,可继续使上下层水混合,水体仍可以继续处在上下温度基本一致的状态,使春季的全同温可持续到 8°C 、 10°C 甚至 15°C 以上,这取决于春季的风力大小、多风天气持续的时间、水的深度和湖盆的形状等。

春季的对流混合作用可把上层丰富的溶氧带到下层,把下层富含营养盐的水带到上层,对湖泊的初级生产及鱼类的生长都很有利。

盐度高于 24.9 的水,如海水,在任何水温下,升温都不会产生密度流。

3) 夏季的正分层期(停滞期)

春季全同温过后,温度再升高,上层高温水密度小,则升,下层低温水密度大,则沉,于是就不会再有密度环流产生。水体进入水温上高下低且不混合的正分层状态。由于太阳光能量的绝大部分在表层约 1m 的水层被吸收,并且主要加热表

面 20cm 的水层,所以如果没有对流混合作用,水中热量往下传播很慢,夏季或春季如遇连续多天的无风晴天,就会使表层水温有较大的升高,导致上下层水温度差别很大。这时如果有风,风力又不足够大,就只能使水在上层进行涡动混合,造成上层有一水温垂直变化不大的较高温水层,下层也有一水温垂直变化不大的较低温水层。两层中间夹有一温度随深度增加而迅速降低的水层即温跃层,温跃层又称间温层。

温跃层在夏季闷热无风的天气里最容易形成。温跃层一旦形成,就像一个屏障把上下层水隔开,使风力混合作用和密度对流作用都不能进行到底。久而久之,上层丰富的氧气不能传输到下层,水体下层可能缺氧,严重时可能导致硫化氢、铵态氮等有毒物质积累。下层丰富的营养盐也不能补充给上层,使得上层缺乏营养盐,对鱼类及饵料生物的生长均不利。温跃层形成以后,较大的风力可以使温跃层向下移动,较浅水体的温跃层就可能消失。

4) 秋季的全同温期

进入秋季,天气转凉,气温低于水温,表层水温下降,密度增大,表层以下水温较高,密度较小,表层水比下层水密度大,从而发生密度环流。加上风力的混合作用,就导致上下层水混合。这种混合可以使温跃层以上的水层不断降温,直至温跃层消失,出现上下温度基本相同的秋季全同温状态。如果此时淡水水温在 4°C 以上,表层水的进一步降温引起的密度环流可以进行到水底,直到上下层水的温度都为 4°C 为止。如有风力参与,在深秋初冬时期,全同温则可以持续到 4°C 以下,比如 2°C 或 1°C 。秋季全同温,水体充分流转混合,上下可充分进行物质交换,对鱼类的越冬有利。但是过低的全同温水温在鱼类越冬入池时可能对鱼类不利。因此,越冬前测量水体温度也很有必要。

温度的垂直分布在一天之中也会有所不同。某个夏天,有人测定了无锡市郊区的一个小鱼池的水温垂直分布在一天中的变化。结果表明,白天表层温度比下层高,最表层达到 35°C ,水深 80cm 的地方水温是 30°C ,80cm 以下温度开始下降,到 1.6m 的地方水温降到 24°C 。这样的温度垂直分布使得水上轻下重,所以上下层水不能混合。但是到了夜间,随着气温的下降,表层水温度下降,表层水的密度比表层以下水的密度大,于是就形成了密度环流,导致这个池塘 80cm 以上水温在早晨 6 时基本一致,降到 30°C 左右。但是这种对流交换在这一天中只能进行到 80cm 深处,80cm 以下的水温度在一天之中基本没有变化。不同的池塘,一天之中都会有这样因为水温的变化导致水混合对流的现象,只是不同池塘混合对流的水层深度可能不同,有的深些,有的浅些,若遇上晚间刮大风就有可能上下层水完全混合。

由温度的垂直分布特点可知,夏季养殖水体容易形成温跃层,像一道屏障阻碍

了上下层水中溶解氧和营养物质的交换,对养殖生产不利,应该注意经常检测水温、溶解氧等指标,及时开增氧机,打破温跃层,避免恶性事故发生。

2. 越冬池的水温

我国北方鱼类在室外越冬池越冬时,需要在冰下生活 3~6 个月,时长依地区不同而不同。越冬池水温对鱼类安全越冬有十分重要的作用。淡水冰下的水温并非都是 4℃,实际水温与地区、月份、越冬池的保温条件等有关。有人调查了哈尔滨市郊十余口越冬池底层水温,结果显示:各个越冬池底层水温互不相同,但是有一个基本变化规律——整个越冬期底层水温先下降后回升,11 月初温度比较高(接近 4℃),以后逐渐下降,2 月最低,只有 1℃左右,2 月以后又逐渐回升,到 3 月达到 2℃,4 月达到 3℃左右。

越冬池封冰初期的水温与池水封冰前受寒风吹扰程度有关。修建在开阔地上的越冬池,尤其池坝高出周围地面很多、池水也高出周围地面的越冬池,封冰时很容易受到寒潮北风的吹扰,在封冰前池水上下整体降温。这种降温使池水的温度在封冰初期就很低,对整个冬季的保温不利。尤其在寒潮袭击,持续吹刮大风,温度在 -8℃~-7℃时,水温可能急速降低。雷衍之等曾在齐齐哈尔市见到底层水温在 0.5℃、表层水上漂冰凌的情况。当风力变小时,表面全部被冰封住后,底层水水温又会逐渐回升,但是底层水也只是回升到 2℃~3℃,并且 2℃~3℃的水层很薄,大部分水体都在 2℃~3℃以下,这对越冬生物的安全性很不利。

北方地区海水池塘的室外越冬比淡水池塘情况复杂,盐度为 35 的海水在秋末冬初降温过程中,如果池水盐度均匀,上下层水温度将同时下降(全同温),密度流可以一直持续到上下层水温度均达到 -1.9℃(海水结冰的温度),然后表层再结冰,不需要依靠风力的吹刮。因此,结冰以后冰下水温可以在 0℃以下。这样低的水温对鱼类安全越冬是很不利的。可以通过添加低盐度的海水或者淡水来保持室外海水越冬池底层有较高的水温。

三、溶解氧

(一) 气体溶解的概念

1. 气体在水中的溶解度

养殖生产中缺氧时,通常要向水中充入空气中的氧气。随着空气的不断充入,

水中氧气(称为溶解氧,用符号 DO 表示)含量会逐渐增加。但是由于水对氧气的溶解有一定的限度,所以,若持续不断地充气,当进入水中的氧气超过了水的溶解能力时,多余的氧气就会从水中跑出来,于是水中溶解氧就会始终保持一个固定值,该值被称为氧气在特定温度和盐度条件下的溶解度。将持续充气时氧气含量不再改变的状态叫作氧气达到溶解平衡。充分地充气、搅拌或者浅水长期暴露在大气中,水中氧气都会达到溶解平衡。

2. 饱和度

由气体溶解度的定义可以看出,并不是充气时间越长氧气含量就越高,也不是充气量越大氧气含量就越高。充气到一定的时间以后,水中溶解氧(DO)的含量会恒定,此时我们说氧气溶解达到饱和。若水中氧气含量小于溶解度,空气中的氧气就会向水中溶解,充气会使水中溶解氧含量增加;若水中溶解氧含量超过了饱和含量,则有逸出的趋势,充气时,水中溶解氧含量会减少。

(二) 水中氧气的来源和消耗

1. 来源

养殖水体中溶解氧的来源主要是空气溶解、光合作用和补水。

1) 空气溶解

空气溶解是各类养殖水体最普遍的一个氧气来源。当水中氧气不饱和时,水面与空气接触,空气中的氧气将溶于水中。其溶解特点是溶解速度慢,并且仅在表层进行。氧气在水中的不饱和程度越大,空气溶解得就越快。也就是说,水体越缺氧,空气向水中溶解氧气的速度就越快。水面风力越大,水越浅时,氧气溶解得越快。

2) 光合作用

水生植物的光合作用释放氧气,是池塘中氧气的主要来源。光合作用产氧速率与光照条件、水温、水生植物种类和数量、营养元素供给状况等因素有关。其特点是产氧量波动大,有明显的垂直分布、日变化等。

太阳光到达水面以后,随着水深度的增加,光照强度会越来越弱,因此光合作用产氧量会越来越小。人们把光照充足、光合作用速率大于呼吸作用速率的水层称为真光层。在这一水层中,植物光合作用产氧量多于呼吸作用耗氧量。这一水层又叫营养生成层。随着水深度的增加,光照不足、光合作用速率等于呼吸作用、

有机物的分解速率等于合成速率的水层深度称为补偿深度。再往下,光照更弱,光合作用速率小于呼吸作用速率的水层称为营养分解层。这一水层的植物不能正常生活。因此,由补偿深度的深浅可以判断水中光合作用产氧量的垂直状态。补偿深度以上光合作用强,氧气会逐渐积累;补偿深度以下光合作用弱,氧气会处于消耗状态。

由于随着水深度的增加光照迅速减弱,所以表层光合作用产氧量远大于中层和底层。

气温较高的夏季产氧速率较高,冬季温度较低,产氧速率低很多。如哈尔滨地区利用生物增氧的越冬池,冬季表层水光合作用产氧速率为 $0.21 \sim 12.45 \text{mg}/(\text{L} \cdot \text{d})$,平均 $2.11 \sim 2.34 \text{mg}/(\text{L} \cdot \text{d})$,仅为夏季的 $11\% \sim 13\%$ 。

3) 补水

在工厂化流水养鱼中补水补氧是氧气的主要来源。鱼池在补充含氧量高的新鲜水时,即可增加缺氧水体氧气的含量。在非流水养鱼的池塘中,补水量较小,补水对鱼池的直接增氧作用不大。这可以通过以下例子来加以说明。

在一般养鱼池塘中,这三种氧气的来源以浮游植物光合作用产氧为主。不同的研究者对不同类型鱼池氧气来源进行了估算,其结果不尽相同。

只有补水中氧气含量较高、补水量大、池塘原水溶氧缺乏时,补充水增氧才具有一定的效果(可抢救池中生物)。由于通常地下水中氧气的含量低于池塘,所以冬季北方越冬池注入井水一般不会起到增氧作用。

2. 消耗

养殖过程中氧气的消耗主要是鱼、虾等养殖生物呼吸,水中微型生物耗氧,底质耗氧和逸出。

1) 鱼、虾等养殖生物呼吸

鱼、虾的呼吸耗氧率随种类、个体大小、发育阶段、水温等因素而变化。鱼的呼吸耗氧率在 $63.5 \sim 665 \text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。在计算流水养鱼的水交换速率时,常将鱼的呼吸耗氧速率按 $200 \sim 300 \text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 计算。鱼、虾的耗氧量以每尾鱼每小时消耗氧气的量计,随个体的增大而增加,而耗氧率随个体的增大而减小。活动性越强的鱼耗氧率较大。在适宜的温度范围内,水温升高,鱼、虾耗氧率增加。

2) 水中微型生物耗氧

水中微型生物耗氧主要包括浮游动物、浮游植物、细菌呼吸。

耗氧以及有机物在细菌参与下的分解耗氧,又称“水呼吸”耗氧。这部分氧气

的消耗也与耗氧生物种类、个体大小、水温和水中有机物的数量有关。

浮游植物也需呼吸耗氧,只是白天其光合作用产氧量远大于本身的呼吸耗氧量。据研究,处于迅速生长期的浮游植物,每天的呼吸耗氧量占其产氧量的10%~20%。

有机物耗氧主要决定于有机物的数量和有机物的种类(在常温下是否易于分解)。

3)底质耗氧

底质耗氧比较复杂,主要包括:①底栖生物呼吸耗氧;②有机物分解耗氧;③呈还原态的无机物化学氧化耗氧。

4)逸出

当表层水中溶氧过饱和时,就会发生氧气的逸出。静止的条件下逸出速率是很慢的,风对水面的扰动可加速这一过程。养鱼池中表层水溶氧经常过饱和,会有氧气逸出,不过占的比例一般不大。

(三)溶解氧的分布变化

由于水体中溶解氧的来源和消耗不同,所以一个水体的溶氧状况是水体增氧因子和耗氧因子综合作用的结果,并且总是处于变化状态。一天中的不同时刻,同一时刻的不同水层,溶解氧都会有很大的差异。

1. 溶氧的日变化

溶氧的昼夜变化(简称日变化)在养殖池塘最明显。湖泊、水库表层水的溶氧也有明显的昼夜变化,这是因为光合作用是水中氧气的主要来源,而光合作用受光照日周期性的影响,白天有光合作用,晚上光合作用停止,从而造成表层水溶氧白天逐渐升高,晚上逐渐降低。溶氧最高值一般出现在下午日落前的某一时刻,最低值则出现在日出前后的某一时刻。最低值与最高值的具体时间取决于增氧因子和耗氧因子的相对关系。如果耗氧因子占优势,则早晨溶氧回升时间推迟,且溶氧最低值偏低。日出后光合作用速率增加,产氧能力超过耗氧速率,溶氧就回升,直到下午某个时刻达到最大值,以后逐渐降低,如此周而复始地变化。具体条件不同,情况也不相同。

由于一般的鱼池中层和底层光照较弱,产氧少,所以鱼池中层和底层的溶氧虽然也有昼夜变化,但变化幅度较小,变化的趋势也有所不同。风力的混合作用可将上层的溶氧送至中下层,影响溶氧的变化。

溶氧日变化中,最高值与最低值之差称为昼夜变化幅度,简称日较差。日较差的大小可反映水体产氧与耗氧的相对强度。当产氧和耗氧都较多时,日较差较大。日较差大,说明水中浮游植物较多,浮游动物和有机物质的量适中,也就是饵料生物较为丰富,这对鱼类生长是有利的。在溶氧最低值不影响养殖鱼类生长的前提下,养鱼池的日较差大一些较好。南方渔农中流传的“鱼不浮头不长”的说法,是指早晨鱼轻微浮头的鱼池,鱼的生长一般较快。但是这只适用于需要在养鱼池中培养天然饵料的养殖模式,对于用全价配合饲料流水养鱼或网箱养鱼模式就不适用。

2. 溶氧的月变化与季节变化

在一个时期内,随水温变化及水中生物种类的改变,溶氧的状况也可能随时间的推移发生变化。但是情况比较复杂,变化的趋向随条件而变。如贫营养型水体(水体很瘦,浮游动植物少,营养盐少,有机物少),水中生物较少,上层溶氧接近于饱和,溶氧的季节变化将是冬季含量高,夏季含量低,随溶解度而变。

养鱼池生物密度大,变化比较剧烈,在一段时间内(长则 10~15d,短则 3~5d),水中的生物群落就会发生较大的变化,可引起溶氧状况的急剧变化。如浮游植物丰富、浮游动物适中、溶氧正常的水体,在 3~5d 后可能转变为浮游动物过多、浮游植物贫乏、溶氧过低的危险水质,这一点应加以注意。

3. 溶氧的垂直分布

垂直分布指的是同一个时间,不同水层溶解氧的含量状况。湖泊、水库、池塘溶氧的垂直分布情况都比较复杂,与水温、水生生物状况、水体的形态等因素密切相关。对于贫营养型水体,溶氧主要来自空气的溶解作用,含量高低取决于溶解度。例如淡水湖泊,夏季湖中形成了温跃层,上层水温度高,氧气的溶解度低,含量也相应较低;下层水温度低,氧气的溶解度高,含量也相应较高。而富营养型水体,营养盐丰富,有机质较多,水中生物量较大,水的透明度低,上层水光合作用产氧使溶氧丰富,下层水得不到光照,光合作用产氧很少,水中原有的溶氧很快被消耗,处于低氧水平,整个水体呈现溶解氧上高下低的垂直分布状况。

养殖池塘溶解氧的垂直分布比较复杂。一般规律是表层溶解氧高,底层溶解氧低。温暖季节(例如炎热的夏天)养鱼池溶氧的垂直分布在白天和夜间还可能不同。白天溶解氧上高下低,夜间溶解氧可能因为密度环流的作用而上下混合趋于均一。

(四)溶解氧对养殖生物的影响及调控

1. 溶解氧与养殖生产的关系

溶解氧是渔业水体的一项十分重要的水质指标,溶氧状况对水质和养殖生物的生长均有重要的影响。溶解氧是养殖生物必需的,过度缺氧会导致养殖生物窒息死亡,长期低氧会导致养殖生物饵料系数下降、增加发病率或胚胎发育异常等。海水尤其怕缺氧,因为缺氧的同时可能伴随剧毒的硫化氢大量产生,从而造成养殖生物的毁灭性损失。我国渔业水质标准规定,在连续 24h 中,16h 以上溶解氧必须大于 5mg/L,其余任何时候不能低于 3mg/L;冷水鱼类其余任何时候不得低于 4mg/L。

因此,养殖生产中一定要重视溶解氧的监测,要有良好的增氧设备,有可能的话,采用生物增氧或化学增氧,及时清淤,合理施肥投饵,用明矾、黄泥浆凝聚沉淀水中有机物及细菌,改良水质,减少或消除有害物质,如悬浮物(浊度)、 CO_2 、 NH_3 、毒物等,以保证养殖水体溶氧的充足。

2. 溶解氧的调控

(1)化学增氧。主要是人为地向池塘中投放一些化学制剂,其遇水后在水中发生化学作用释放氧气,从而提高水体中溶解氧的含量。常见的化学增氧剂有过氧碳酸钠、过氧酰胺、过氧化钙、过氧化氢和过氧二硫酸铵。使用化学增氧剂,主要采取全池抛撒或局部抛撒,具体使用量视药物品种和使用场合而定。

优点:一般为通电困难和出现急性浮头的塘口使用。使用化学增氧剂,可减少应激,提高药效,增氧效果快。根据临床经验,在使用杀虫等鱼药时,可抛撒化学增氧剂,有利于鱼、虾、蟹等水生动物的身体恢复活力。

缺点:①使用量大,用工多,成本较高,只能在抢救鱼浮头时使用,养殖期需要常配备,但也因放置不当容易降低效果;②在鱼苗培育的塘口不宜使用,以防鱼苗出现气泡病;③化学增氧剂使用过多容易对鱼、虾、蟹造成危害。

(2)机械增氧。机械增氧方式主要为水泵、增氧机和鼓风机微孔管道增氧等。优点:①水泵增氧是通过向养殖水体中加水时同时向其增氧,起到一机多效的作用;②增氧机除增氧外,还有搅水、曝气功效,促进浮游生物的繁殖生长,提高池塘初级生产力;③微管增氧跟传统的叶轮式、水车式增氧机相比,具有多点均匀增氧,安全、节能、节水的功效。