

鱼池中溶解氧的预测预报

张来发 朱 耘 周小兴 于蓉生

(中国水产科学研究院长江水产研究所)

本文主要是阐明我国传统池塘养鱼夜间溶氧下降的三种监测方法。溶氧下降的主要因子是浮游生物呼吸、鱼呼吸、淤泥中生物的呼吸，有机肥料耗氧以及氧的扩散，其中浮游生物是鱼池中耗氧的主要因子。用化学需氧量(COD)和温度作为主要指标，通过回归分析，应用计算公式可以预报鱼池中氧的消耗。当浮游生物是透明度的主要因子时，也可以应用透明度法来估计鱼池中氧的消耗。实测和计算的误差平均在 20.1% 范围之内。应用简易的图示法估计溶氧的含量也获得良好的效果。虽然这一监测方

法还存在一定的局限性，但用公式法不能测定夜间溶氧下降时，图示法可以解决这一困难。

白天鱼池中由于藻类的光合作用产生大量的氧气，即使水生生物在呼吸中不断地消耗氧，其表层水还常常是超饱和的，因此白天光合作用产生的氧一般高于生物呼吸所消耗的氧。夜间溶解氧只是被消耗，溶氧含量不断下降，因此了解夜间鱼池中氧的消耗，对渔业生产具有重要的意义。特别是在夏季，鱼池浮游植物也是旺盛季节，在夜间溶氧含量下降很多，稍有疏忽，就会导致全池鱼类窒息死亡，造成严重经济

损失。

我们于1982年4月至1983年6月,在试验鱼池经常进行溶氧的昼夜测定,摸索溶氧的预测预报。

材料和方法

试验是在无锡市水产养殖场进行的。鱼池面积3号池为3.1亩(2068米²),5号池为5.7亩(3802米²)。鱼池水深平均为1.5米。放养密度为1000尾/亩。放养品种:鲢、鳙、草、鲤。放养比例5:1:3:1。原初放养量274斤/亩。平均亩产1000斤。平均日增重2.2克/尾。鱼池测定项目有水温、溶解氧、透明度、生物需氧量、化学耗氧量。

测定溶氧用美国生产的YSI-57型溶氧测定仪,读数精度0.01PPM以及YSI-56型溶氧自动记录仪。透明度测定用自制黑白盘(Secchi's disk),盘的直径20公分,黑白相间。COD测定用重铬酸钾法。BOD挂瓶一昼夜。

结果和讨论

一、公式法预测预报

(一) 鱼池的耗氧量

1. 氧的扩散量

当夜间开始时,池水的溶氧一般是超饱和的。按气温30℃—25℃时,溶氧量7.5毫克/升—8.5毫克/升作为饱和的100%,那么傍晚的溶氧大于空气饱和度的120—170%。表1引用的Schroeder的数据,为傍晚时溶氧饱和度的不同百分比以及夜间溶氧的扩散。表中计算的指数是池水为1米深时的标准指数。当鱼池实际深度不足或超过1米时,应依照实际测定的水深进行计算。

例如根据我们试验池的水深为1.5米,实测时的溶氧在9.0—13.36毫克/升之间,为空气饱和度的120—170%,扩散值是一0.12—1.2毫克/升。计算方法是 $[-0.18-1.82 \times (1.0 \div 1.5)]$ 。傍晚的空气饱和度百分比和扩散值均可从表1中查出。

2. 底栖生物的耗氧量

表1 鱼池夜间(12小时)因扩散而造成的不同溶氧饱和值增减表

黄昏溶氧含量 (空气饱和度和%)	夜间溶氧增减 (毫克/升)	黄昏溶氧含量 (空气饱和度%)	夜间溶氧增减 (毫克/升)
50	+1.16	160	-1.64
60	+1.49	170	-1.82
70	+1.18	180	-1.98
80	+1.00	190	-2.11
90	+0.77	200	-2.37
100	+0.44	210	-2.42
110	+0.16	220	-2.54
120	-0.18	230	-2.67
130	-0.55	240	-2.76
140	-0.94	250	-2.91
150	-1.48		

底栖生物的耗氧量为每小时61毫克氧/米²(根据Mezainis和Schroeder的资料)。1米³水层正好覆盖在1米²的底泥上。计算程序与氧扩散量相同。根据我们试验池的计算,12小时耗氧0.49毫克/升。计算方法是 $[61 \times 12 \div (1000 \times 2/3)]$ 。1000为1米³的水重1000公斤。2/3为1.5米水深。

3. 鱼的耗氧量

鱼池中鱼类的耗氧由于鱼的规格和温度不同而有差别。我们引用Boyd的公式

1克耗氧量(毫克氧/每小时克体重)

$$= -0.999 - 0.000957W \\ + 0.0000006W^2 + 0.0327T \\ - 0.0000087T^2 \\ + 0.0000003WT$$

W = 平均克体重

T = 水温℃

例如当水温26℃,平均水深1.5米,鲢、鳙、草、鲤平均重量为350克/尾,每亩放养量1000尾,总重量350公斤/亩,计算结果每克体重每小时消耗0.36毫克氧。12小时每亩鱼的耗氧量1.51公斤(1000尾/亩 \times 350克/尾 \times 0.36毫克氧/每小时克体重 \times 12小时),实际水深1.5米,则总耗氧量为 $1.51 \times 2/3 = 1.01$ 公斤。经换算夜间鱼的耗氧量为1.01毫克/升 $[(1010 \text{克氧} \div 667 \text{米}^3) \times 2/3]$ 。

4. 浮游生物耗氧量

浮游生物耗氧是以 BOD 为依据, BOD 的高低则取决于温度和浮游生物密度。在集约鱼池中, BOD 平均每小时为 0.22 毫克氧/升 (据 Schroeder, Boyd 的资料)。在大多数情况下, 鱼池中的 BOD 是氧的最大消耗, 特别是在施肥鱼池的夏季约占 60—70%。要计算浮游生物的耗氧可以用测 COD 或透明度来进行计算。

计算引用 Boyd 的公式:

$$\begin{aligned} \text{BOD 毫克/升} \cdot \text{时} \\ &= -1.006 - 0.00148C - 0.0000125C^2 \\ &\quad + 0.0766T - 0.00144T^2 \\ &\quad + 0.000253CT \\ C &= \text{COD 毫克/升} \\ T &= \text{水温 } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

除了用 COD 法外, 还可以用透明度法, 此法简单, 但只有浮游生物是混浊度的主要来源时才能应用。

计算引用 Boyd 的公式

$$\begin{aligned} \text{BOD 毫克/升} \cdot \text{时} \\ &= -1.133 + 0.00381S + 0.0000145S^2 \\ &\quad + 0.0812T - 0.000749T^2 \\ &\quad - 0.000349ST \\ S &= \text{透明度 (厘米)} \\ T &= \text{水温 } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

5. 有机肥料耗氧量

鱼池中施入有机肥料养鱼, 在我国相当普遍。有机肥料的耗氧是一个不可忽视的因子。有机肥料耗氧约占总耗氧量的 5.5%, 当大量施肥时, 可增加到 15—20%。在一般情况下, 我们都以 5.5% 计算。

(二) 夜间溶氧下降的实测与计算预报比较

根据夜间氧的扩散、鱼呼吸、底栖生物呼吸、浮游生物呼吸和有机物耗氧, 应用下列计算公式来预报夜间溶氧的下降具有较理想的效果。单位: 毫克/升

$$\text{DO}_{\text{dawn}} = \text{DO}_{\text{dusk}} \pm \text{DO}_{\text{df}} - \text{DO}_f - \text{DO}_p(\text{BOD}) - \text{DO}_m - \text{DO}_{\text{om}}$$

DO_{dawn} = 凌晨 DO 含量

DO_{dusk} = 傍晚 DO 含量

DO_{df} = 氧扩散的增加或减少量

DO_f = 鱼消耗的 DO

DO_p = BOD, 浮游生物消耗的 DO

DO_m = 淤泥中底栖生物消耗的 DO

DO_{om} = 有机肥料消耗的 DO

根据我们的试验结果, 各月的数据列表 2。

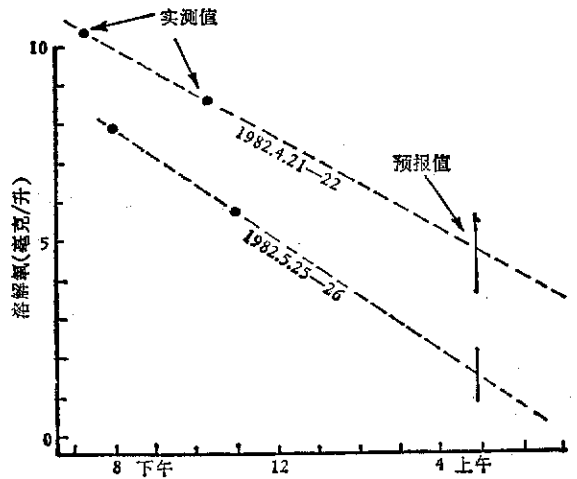


图 1 夜间溶氧下降图示法预测预报

根据表 2 的数据, 进行计算, 获得表 3 的结果。

计算数据大体是可用的, 个别数据误差超过 1 毫克/升, 但不在紧要的缺氧季节, 只要 COD 和透明度测定正确, 误差还会小些。计算的 COD 最小误差为 0.06 毫克/升, 透明度的最小误差为 0.14 毫克/升。以 2 毫克/升为缺氧的警戒线, 可预报开增氧机的时间或冲水的时间。

二、夜间溶氧下降的图示法

夜间鱼池溶氧随时间而持续下降, 我们从许多实测溶氧曲线中得出夜间溶氧含量下降与时间成近似直线关系。因此可以在傍晚测定一次溶氧, 2—3 小时后再测定一次, 根据两次测定结果(溶氧量和时间), 作一直线。由此直线即可确定清晨任何一个时间的水中溶氧量, 得出预报值。可见应用这一方法预报清晨的溶氧更为简易。如以 2 毫克/升为警戒线, 则可以预报开增氧机或冲水的时间。图 1 为图示法实例。表 4 为实测和图示法预测预报的比较。实测与

表2 各类耗氧因子数据

(单位:毫克/升)

鱼池号	日期	氧扩散	底栖生物耗氧	鱼呼吸	浮游生物耗氧*	有机肥料耗氧	浮游生物耗氧**
3号池	82.4.21	-0.12	0.49	0.90	0.44	0.51	0.82
5号池	82.4.20	+0.30		0.90	0.36	0.45	0.71
3号池	82.5.25	-0.37	0.49	1.00	3.89	0.55	5.04
5号池	82.5.25	-0.12		1.00	3.37	0.50	4.21
3号池	82.6.23	-0.63	0.49	1.80	2.80	0.61	4.66
5号池	82.6.23	-1.10		1.80	3.05	0.67	5.11
3号池	82.7.14	-1.00	0.49	2.31	5.10	0.64	6.66
5号池	82.7.8	-1.10		2.31	5.40	0.64	6.65
3号池	82.8.18	-1.22	0.49	2.31	6.89	0.67	6.36
5号池	82.8.18	-1.22		2.31	6.10	0.74	7.36
3号池	82.9.24	-1.10	0.49	1.90	2.81	0.69	4.23
5号池	82.9.26	+0.30		1.90	3.59	0.45	4.21
3号池	82.10.12	-0.12	0.49	1.90	3.59	0.74	4.21
5号池	82.10.12	-1.22		1.90	4.21	0.61	4.21

* COD法。

** 透明度法。

表3 试验鱼池清晨实测溶氧和计算溶氧含量比较表

鱼池号	日期	水温℃	鱼重 公斤/亩	COD 毫克/升	透明度 (厘米)	实测溶氧		计算清晨溶氧			
						傍晚	清晨	COD法	增减	透明度法	增减
3号池	82.4.21	18.0	137	54.50	25	9.20	5.50	6.74	+1.24	6.36	+0.86
5号池	82.4.20	18.0	137	51.60	31	8.10	4.30	6.20	+1.90	5.85	+1.55
3号池	82.5.25	26.0	212	74.17	20	9.90	2.80	3.60	+0.80	2.45	-0.35
5号池	82.5.25	24.0	212	76.01	19	9.00	2.90	3.50	+0.60	2.68	-0.22
3号池	82.6.23	25.0	274	52.45	20	11.00	3.80	4.67	+0.87	2.81	-0.99
5号池	82.6.23	26.0	274	55.02	15	12.60	4.00	5.49	+1.49	3.43	-0.57
3号池	82.7.14	30.0	320	84.10	15	11.60	1.20	2.06	+0.86	0.50	-0.70
5号池	82.7.8	30.0	307	91.56	20	12.20	1.80	2.26	+0.46	1.01	-0.79
3号池	82.8.18	31.0	395	122.00	23	13.40	1.50	1.82	+0.32	2.35	+0.85
5号池	82.8.18	32.0	395	101.00	18	13.60	2.80	2.74	-0.06	1.48	-1.32
3号池	82.9.24	22.4	474	76.32	20	12.60	4.00	5.61	+1.61	4.19	+0.19
5号池	82.9.16	24.0	457	83.66	15	8.20	1.00	2.07	+1.07	1.45	+0.45
3号池	82.10.12	24.0	513.6	82.51	20	9.10	1.50	2.26	+0.76	1.64	+0.14
5号池	82.10.12	23.0	514	89.87	17	13.30	4.40	4.87	+0.47	4.87	+0.47

表 4 清晨溶氧实测和图示法比较

鱼池号	日期	傍晚第一次实测		傍晚第二次实测		清晨溶氧含量(毫克/升)		误差	备注
		时间	溶氧	时间	溶氧	实测	图示法		
3号池	1982.4.21	19:30	10.80	22:30	8.40	5.5	4.70	-0.80	安全
5号池	1982.5.25	20:00	7.80	23:00	5.60	2.45	1.30	-1.15	晨4点开增氧机
11号池	1983.5.23	19:30	6.00	22:30	3.20	2.2	1.80	-0.40	午夜24点开增氧机
11号池	1983.6.13	19:30	15.00	22:30	10.40	4.60	3.30	-1.30	安全

图示法的误差是 0.40—1.30 毫克/升, 平均为 23%。

参 考 文 献

[1] 陈宁生 1955 草鱼、鲢鱼和鳙鱼的耗氧率 动物学报, 7(1): 43—58

[2] 何志辉 1966 苏联密养鱼池氧的昼夜平衡研究 国外水产, (1): 36

[3] Boyd C. E. 1978 Water quality in warmwater fish ponds Auburn Univ. Agric. Exp. Sta., Auburn, Ala. Leaflet 45.

[4] Schroeder G. L. 1975 Nighttime material balance for Oxygen in fish pond receiving organic wastes Bamidgeh 27: 65—74