

鲤鱼的呼吸及养鱼塘缺氧控制的研究*

曹维勤 张崇正 秦少峰 吴月娥 何盛富

(北京市环境保护研究所) (浙江省淡水水产研究所) (北京工业大学)

【摘要】应用FRF-1型鱼类呼吸频率测定仪,连续120h自动测定了池塘中鲤鱼的呼吸频率,首次记录了野外环境中鱼类的呼吸特征.在富有藻类的养鱼塘中,由于气象条件及昼夜的变化,池水溶解氧日变化在0.6—12mg/L,当连续阴雨天,池水溶解氧长时间可低至1mg/L左右.在通常状态下,鲤鱼的呼吸频率随溶解氧的降低而升高,随溶解氧升高而降低.在缺氧状态下,FRF-1呼吸仪可自动启动充氧机.

关键词:呼吸频率,养鱼塘,溶解氧,鳃盖

早在19世纪,人们已对观察鱼的呼吸频率产生了兴趣.随着各种仪器的出现,肉眼观察方法已被不断改进的仪器所取代.但至今为止,对鱼呼吸频率的测定,多局限于室内、在较小的容器中进行,因而在使用时受到了多种限制.

为使这一测定不但能在室内,也能在河流、池塘等自然水体中进行,我们特别研制了FRF-1型鱼类呼吸频率测定仪.借此,首次记录了养鱼塘中鲤鱼在不同气象条件下呼吸频率的昼夜变化.

1 试验方法

1.1 呼吸频率测定

借助自制FRF-1型鱼类呼吸测定仪.(有关FRF-1型鱼类呼吸测定仪的描述及鱼类呼吸测定方法型见本期学报34页.)

1.2 试验基本条件

试验于10月中旬在浙江淡水水产研究所养鱼塘进行,池水温度19~26℃,硬度6.1°,总碱度2.4mg N/l, pH值7.2.由于池水中藻类细胞数量每升达 3×10^6 个,至使池水溶解氧随气象条件的变化在昼夜间有较大的波动.本试验期间溶解氧变动在12~0.6mg/l之间,透明度为60cm.藻类以衣藻(*Chlamydomonas*)、裸藻(*Euglena*)、栅列藻(*Scenedesmus*)和直链硅藻(*Melosira*)等数量最多.

1.3 试验鱼

以体重150~200g的鲤鱼(*Cyprinus carpio*)为主要试验材料,并对青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、白鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、非洲鲫鱼(*Tilapia*)等进行了测定.

本文于1988年4月6日收到.

* 参加工作的还有韦育杭、周保中(浙江省淡水水产研究所)

2 试验结果

鱼的呼吸频率与池水溶解氧的变化明显相关，在不同气象条件下及昼夜间，鱼的呼吸状况有很大差异。

2.1 晴天

由于藻类光合作用产生氧的结果，致使池水在8小时后溶解氧从2mg/L左右逐渐升高，至16时可高达12mg/l。水温也从20℃升至26℃，为全天最高。16时后，溶解氧和水温逐渐降低。晨6时溶解氧为2mg/l，水温19.6℃，均降至最低点。

从图1及图2可见，伴随着水温和溶解氧的变化，鱼的呼吸频率和振幅也发生了一系列的变化。8时前呼吸频率变动在每分钟30~40次左右。此时鳃盖打开和闭合后的停留时间相

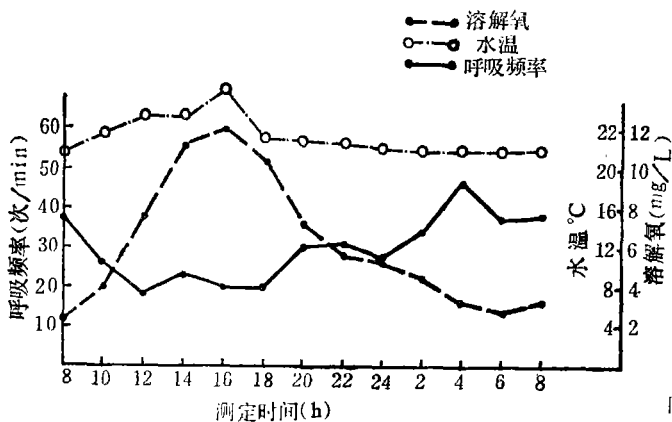


图 1

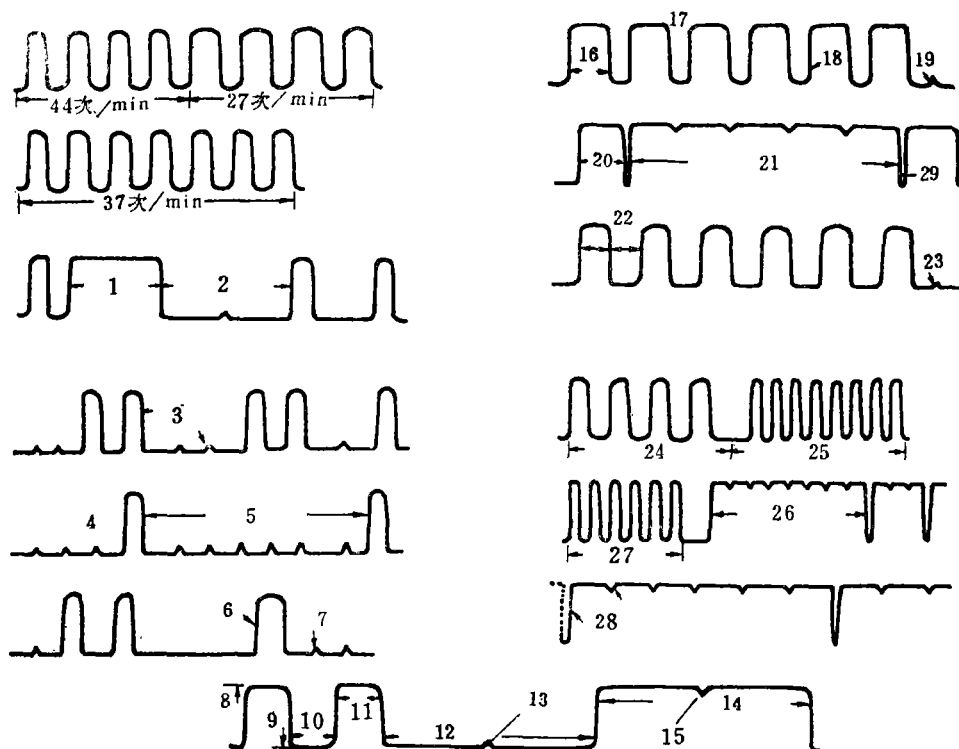


图2 鲤鱼呼吸频率及振幅变化示意图

差不多(见图2A).

8时后,溶解氧和水温逐渐上升,呼吸频率和振幅在一段时间内整齐度较高(见图3B),至10时,随着溶解氧的上升,呼吸频率逐渐降低,鳃盖闭合的时间长于鳃盖打开后的停留时间,有时鳃盖闭合后出现小的开启动作(见图3C).

12时后,溶解氧大于 7.6mg/l ,呼吸频率降至 17次/min ,每个呼吸动作鳃盖闭合时间延长,鳃盖闭合后小的开启动作增加(见图3D及图4).

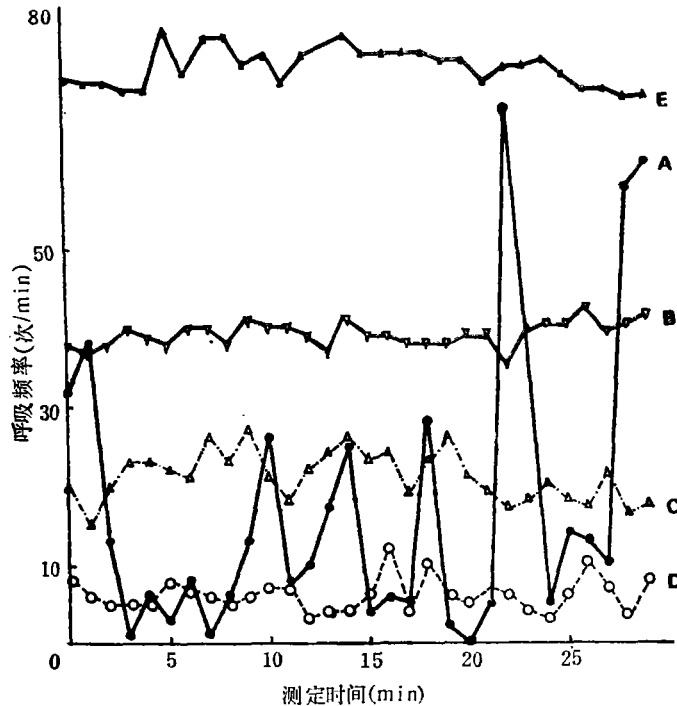


图3 溶氧对呼吸频率的影响

从12时至18时,溶解氧变动在 $7.6\sim 12\text{mg/l}$ 之间.在这段时间内,一方面大的呼吸动作频率降低,另一方面鳃盖闭合后停留时间较长,两个大幅度呼吸动作的间隔时间可长达 32s 甚至超过 1min ,大幅度的呼吸频率可低至 $0\sim 5\text{次/min}$.在这种情况下,鳃盖仅有 15次/min 左右极微小的开启动作(图3E).这种呼吸动作是鱼对水体溶解氧过高的适应.

18时后,溶解氧开始降低,呼吸频率逐渐升高.鳃盖闭合后停留时间逐渐缩短,小的开启动作逐渐减少(图2.F).22时后,鳃盖打开后的停留时间渐渐延长,开鳃和闭鳃后停留的时间渐趋相等(图2.G).

24时前后,呼吸动作可能出现两种情况:其一,大幅度呼吸动作频率极低,仅 $0\sim 19\text{次/min}$,每两个大幅度呼吸动作间隔时间可长达 $1\text{min}10\text{s}$,此时鳃盖处于开启状态并伴有振幅很小的鳃盖闭合动作,且每次小的闭合动作间隔时间延长(图2.H).其二,大幅度呼吸动作频率增加,鳃盖打开和闭合后的时间大约相等,鳃盖闭合后的小开启动作不再出现(图2.I).

至2时后,呼吸频率增加,有时可达 43次/min (图2.J).4时后至黎明前,为全天溶解氧最低的时间.鱼呼吸动作往往忽快、忽慢交错进行,这时大幅度的呼吸动作有时可达 78次/min (图2.K).有时鳃盖又较长时间呈开启状态,每分钟仅有 18 次左右较大振幅的

呼吸动作。在每两个较大振幅呼吸动作的间隙时间，鳃盖有振幅较小的闭合动作(图2. L)。

2.2 阴雨天

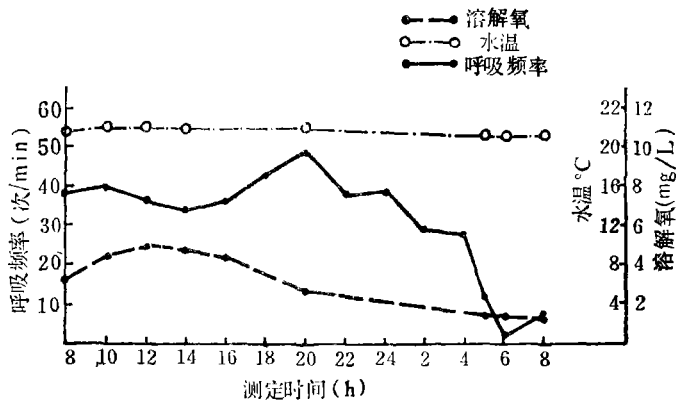


图 4

从图 4 可见，与晴天相比，阴天水温昼夜变化不大，白天溶解氧最多从 3 至 5mg/L。在这种情况下，6 时至 16 时鱼的呼吸频率大部分时间维持在 30~40 次/min，不再出现图 2. E 所示因水体溶解氧高而大幅度呼吸动作频率低及连续长时间闭鳃的呼吸动作。16 时后，随着溶解氧的降低，鱼的呼吸频率先持续上升，20 时后由于溶解氧的持续降低，呼吸频率从 50 次/min 逐渐降低至每分钟小于 10 次。当溶解氧在 1mg/L 左右，呼吸频率降至极低，能较长时间出现图 2. L 所示的呼吸状态。这时溶解氧一旦稍有提高，正如图 5 所示 10 时至 20 时时的情况，呼吸频率将以极快的速度提高并稳定在 50 次/min 的水平达 10h 之久。

当水体连续长时间缺氧，在短时间内可能跳跃式的出现图 2. K、L 及图 3. A、D、E 所示呼

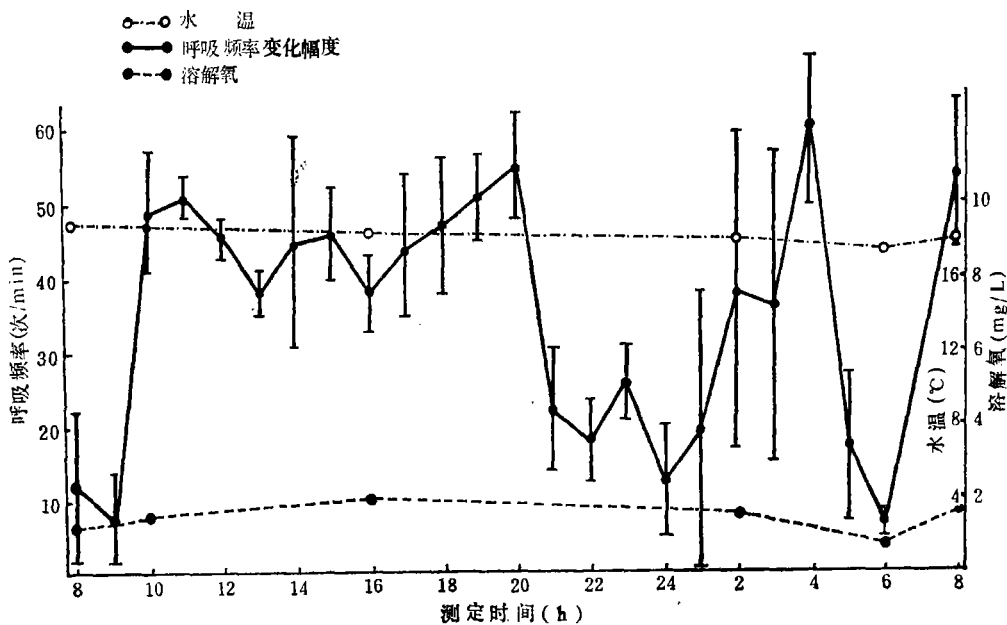


图 5 连续阴雨鲤鱼的呼吸频率变化

吸频率以极快至极慢,有时极快和极慢在瞬时内又交替出现的呼吸形式。由此可见,增加呼吸频率和极大地减少大幅度呼吸动作的频率以打开鳃的状态,延长每两个大幅度呼吸动作的间隙时间并伴有幅度很小的闭鳃动作,是鱼适应低溶解氧水体的三种呼吸方式。

表1是当水体溶解氧为0.8mg/l时,池塘中鲤鱼呼吸频率及大、小呼吸动作的实测数据,表(1)所列呼吸方式,是鱼对低溶解氧环境的一种适应形式。在示波仪上所表现的呼吸频率及

表1. 呼吸动作大、小幅度的统计*

总呼吸频率 (次/min)	83	83	82	85	83	83	84	83	83	84	84	85	86	统计值 83.69±1.11
大动作呼吸频率 (次/min)	3	8	11	10	6	7	5	10	18	17	9	16	10	10±4.6
小动作呼吸频率 (次/min)	80	75	71	75	77	76	79	73	65	67	75	69	76	73.69±4.5

*试验时间:1976年10月19日5时45分至59分,水温17.5°C,测定时溶解氧为0.8mg/l

振幅情况很类似于图2.L的状态。表中所列小呼吸动作均为在鳃盖开张的情况下的闭鳃小动作。统计结果表明,在低溶解氧时呈开鳃状态下闭鳃的呼吸小动作占总呼吸数的88%。

在试验期间内,由于阴雨,10月18日晨4时30分时,鱼的呼吸频率很低,较大幅度的呼吸动作有时1分钟不足1次,呼吸频率及振幅变化如图2.L所示。从4时30分至6时,增氧机启动增氧。

10月19日塘养鱼的呼吸频率在极短的时间内,发生呼吸频率为90次/min和8次/min的急剧交替。这时的呼吸频率及振幅如图2.K所示。养鱼塘从24时30分至4时冲入新鲜河水。

在上述两种情况下,FRF-1型呼吸仪具有报警和自动启动充氧机的效能。由此可见,我们研制的呼吸仪适用于对塘养鱼呼吸频率等的研究,也适于养鱼塘充氧的自动控制。

3 讨论

1. 塘养鱼的呼吸频率和池水溶解氧关系密切。因为水体溶解氧的多少决定了鱼血液中溶解氧和二氧化碳的含量,二氧化碳又是呼吸中枢兴奋率的刺激物,当血液中溶解氧低、二氧化碳含量高时,呼吸中枢兴奋率高,呼吸频率也高。

水体长时间持续缺氧时鱼的呼吸方式为:

①增加呼吸频率;②极大地减少大振幅的呼吸动作的频率,以打开鳃的状态延长每两个大幅度呼吸动作的间隙时间,与此同时伴有振幅很小的闭鳃动作;③极快和极慢的呼吸动作在瞬时内交替出现。

第二种呼吸方式的出现,是因为水的密度大,大的呼吸振幅热能消耗大、基础代谢高;微弱的振幅使流速缓慢的水流经鳃的气体交换面,使鳃组织对氧的吸收利用率更高。在低溶解氧时,鱼的耗氧率降低,是鱼能忍受低氧环境的重要原因。鱼对低氧环境的适应是鱼自我保护的一种获得性。

2. 当阳光充沛时,由于池塘中藻类产氧的结果,在水体溶解氧极高时,鱼的呼吸频率也变得极低。鳃盖在每两次呼吸动作的间隙呈闭合状态;振幅较大的呼吸动作可低至0~5次/min;鳃盖仅有振幅很小的开启动作,频率也仅在15次/min。降低呼吸频率、鳃盖闭合及减小振幅的呼吸方式,是鱼对水体溶解氧过高的适应。

3. 池塘中鱼的呼吸频率、振幅发生明显的昼夜变化。呼吸频率的这种变化主要依从于溶解氧的昼夜变化。值得注意的是,在室内水池中的鱼,即使当溶解氧等试验条件昼夜无变

化的情况下，昼夜间的呼吸频率也发生变化。

4. 在溶解氧极高或极低时，池塘中的鱼呼吸振幅的变化，不再出现“呼吸振幅有周期性增减的间歇性呼吸特征”。这时鱼类的呼吸特征是小振幅和大振幅呼吸动作的交替进行，二者之间的转换是急剧的。在水体溶解氧极高时，鱼也并不出现无呼吸状态，这时鳃盖的动作幅度仅仅是变得极小、频率变得很低而已。

5. 高温季节的阴雨天，在夜间鱼的呼吸频率通常变得很低；有时又出现呼吸频率极快和极慢的急剧交替。这是鱼感到池水溶解氧严重不足的指示，鱼塘管理人员通常要启动充氧机充氧。

在这种情况下，FRF-1型鱼类呼吸测定仪具有报警和自动启动充氧机的效能，这对保障塘养鱼类避免窒息死亡、节约劳动力、节省电耗及合理利用水将起积极作用。

参 考 文 献

- [1] 雷慧僧等. 池塘养鱼学. 上海: 科学技术出版社, 1985: 34~35
- [2] 杨安峰等. 脊椎动物学. 北京大学出版社, 1983: 30~52
- [3] 尾崎久雄. 呼吸的生理. 鱼类生理学讲座, 昭和54年3月31日3版: 74~85
- [4] John Cairns Jr. Suitability of Some Fresh Water and Marine Fishes for Use With a Minicomputer Interfaced Biological Monitoring System. Water Resources Bulletin, 1980; 16(3): 421~427
- [5] 曹维勤等. 十二烷基硫酸钠对鲤鱼呼吸活动的影响. 环境科学, 1988; 9(3): 35~38

Study On The Respiration of Carp and Oxygenless Control for Fish Pools

Cao Weiqin et al.

(Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection)

Wu Yuee

(Zhejiang Institute of Fresh Water Fishery)

He Shengfu et al.

(Beijing Polytechnic University)

Abstract

The model FRF-1 instrument, that automatically detected the FRF (Fish respiratory frequencies) of carp. The special responses of FRF in the field are recorded for the first time.

In the fish pool rich with algae, the DO is between 0.6 and 12mg/L from day to night. In raining days, DO would be as low as 1mg/L for quite a long time. The study shows that the respiring RF of fish increases while the DO is low and reduces while DO is high.

Another advantage of the model FRF-1 is that it can start the aerator when the DO is low.

Key Words: respiration frequencies (RF), fish pool dissolved oxygen (DO), gill cover