

我国水库综合养鱼的发展前景

熊邦喜

(华中农业大学, 武汉 430070)

李德尚

周春生

刘正万

(青岛海洋大学, 青岛 266003)

(武汉市洪山区农委, 武汉 430070)

摘要 本文从分析水库综合养鱼生态系统的生态关系入手, 阐述了水库综合养鱼的内容、意义、理论依据以及发展水库综合养鱼的自然条件和实践基础, 并对综合养鱼系统的鱼产潜力进行了预测。预测结果表明, 水库发展综合养鱼比传统的粗养方式其单位面积鱼产量可获得大幅度提高。

关键词 水库综合养鱼 鱼产潜力 生态平衡 发展前景

我国淡水养鱼业具有悠久的历史。三千多年来, 劳动人民在池塘、湖泊养鱼方面积累了丰富的经验。水库养鱼与池塘、湖泊养鱼相比是一项新兴的事业。水库养鱼真正成为商业性的生产是近三十多年的事。目前水库渔业正处在发展的时期, 但也正进入一个复杂多变的时期。人口激增、资源短缺、环境恶化、气候异常使养鱼生产陷入潜在的生态危机之中, 渔业的发展正面临着严峻的挑战。因此, 需对传统渔业的生产方式进行系统地分析和总结, 革故鼎新, 另辟蹊径, 用新的价值观和发展观开展水库综合养鱼的研究, 为实现水库渔业战略性的转移开拓前进。

本文阐述的水库综合养鱼是指在同一水库(尤其是中、小型水库)中把投饵网箱饲养吃食性的优质鱼与合理施肥(无机肥料)放养滤食性鱼类按比例配置, 有序结合, 利用水体不同生态环境把精养和粗放的养殖方式综合管理, 协调发展, 促进养鱼系统的物质循环和提高能量转化效率来实现持续高产的集约化生态渔业模式。这种渔业模式是以水体环境容量允许为前提, 以投饵网箱养鱼为核心, 以合理施肥为关键, 以提高产量、效益为目的, 充分利用水体不同的生态环境条件, 使养鱼生态系统中的营养物质经多级利用转化为鱼产品, 以期获得系统总体的最佳经济效益、生态效益和社会效益。值得说明的是, 本文叙述的水库综合养鱼与目前常称的综合养鱼, 无论在含义或内容上均有所不同。前者是指在同一水体把不同的养殖方式按比例配置加以综合管理, 是在渔业的范畴内进行, 其产业技术联系紧密, 最终输出的产品是鱼; 后者是以养鱼为主, 综合经营种植业、畜牧业等构成水陆相互作用的复合人工生态系统, 属于大农业的范畴, 最终输出的产品是多样的。由此看来, 目前国内外所进行的鱼-农、鱼-林、鱼-牧等多种综合养鱼模式均属于渔业综合经营的范畴。

收稿日期: 1992年3月9日; 接收日期: 1993年5月24日。

1 开展水库综合养鱼的意义

1.1 提高单位面积鱼产量

我国已建成水库 86000 多座,可养鱼水面约 2×10^6 hm^2 ,占全国淡水可养鱼水面的 40%。水库养鱼在我国淡水渔业中占有重要的地位。但是,就其单位面积产量而论,1990 年水库为 $255 \text{ kg}/\text{hm}^2$,虽然名列世界榜首,但与湖泊($435 \text{ kg}/\text{hm}^2$)和池塘($2385 \text{ kg}/\text{hm}^2$)相比还是很低的。即使是按水库的自然供饵能力,采用合理放养的方式能收到显著的放养效果,但这种养殖方式仍属于“粗养”的经营方式。它只能获得“常规”的产量,难以形成飞跃。为此,只有改革现有水库渔业生产结构和养殖方式,打破水体的天然肥力限制,发展水库综合养鱼,才能突破“常规”产量,大幅度地提高现有水库单位面积鱼产量。

1.2 充分利用水资源

我国是一个水资源比较缺乏的国家,人均占有量只有 2600 m^3 ,仅为世界人均占有量的 $1/4$,居世界第 88 位。全国约有 250 个大中城市出现水源紧张的局面,每天缺水 10^7 m^3 ,每年由于缺水,工业产值损失约 140 亿元;农田缺水严重,每年约有 $1/5$ 的耕地受到干旱的影响。我国农业灌溉用水是用水的“大头”,约占全国耗水量的 88%,因此,合理高效地使用水资源,做到一水多用尤其重要。综合养鱼是由粗养转向集约的养殖方式,能有效地利用紧缺的水资源,提高其利用率,而且养鱼后的水源用于农、林业灌溉,对提高作物产量是很有利的。这对我国大部分用于农田灌溉的水库充分提高水资源的利用率具有现实意义。

1.3 降低养鱼饲料和肥料的消耗量

综合养鱼是把精养、粗放的养殖方式在同一水体中加以综合,形成一体化,能使水体中各级营养得到综合利用,能减少投入饲料、肥料的浪费和富余营养的积累。营养物质在水体中能多层次、多渠道转化为渔产品,这比传统的粗养或其它单一的养殖方式能降低饲料、肥料的消耗,提高其利用率。

1.4 维护水体的生态平衡

水库综合养鱼是将投饵网箱与合理施肥有序结合的养殖方式。而投饵易对水体造成有机物的积累与污染,成为养鱼的限制因子。目前,国内外投饵网箱养鱼都遇到这一问题。解决这一问题较好的方法是合理施用无机肥料,促进光合植物的生长,以增加水中的溶解氧含量,加速腐生细菌对有机物质的分解,提高营养物质在生态系统中的循环速度。而光合植物的增加,则可通过放养滤食浮游动物、植物的鱼类加以利用,这不仅能减少水体中有机质的积累,降低水体的营养水平,而且还能提高单位面积鱼产量,从而使综合养鱼系统中的营养物质得到充分利用并保持良性循环,以达到维护生态系统平衡的目的。

2 开展水库综合养鱼的理论依据

目前,我国水库养鱼生产力较低的原因有两方面:一是受粗放养殖的传统生产方式的束缚,二是受水体营养的限制。综合养鱼采取精养和粗养相结合的方法,是直接向养鱼生态系

统中的鱼类和饵料生物投入所需的营养物质,从而缩短了天然水生生态系统中食物链的传递过程,减少了各层次中的营养转换损失。实质上,综合养鱼是将天然的水生生态系统改造成半人工生态系统。这种半人工生态系统与天然生态系统相比较,半人工生态系统中增加了系统中营养级的结构层次和各营养级的营养容量,改变了营养元素间的配置比例,促进了营养级之间以及营养元素之间的协同作用,提高了生态系统中物质的转换和能量的传递效率,从而发挥了系统的整体性功能。这是符合生态学家 Odum^[1]的综合层次理论(Theory of integrated levels):“当较小的单元在较大的单元发挥功能作用时,就会产生一定的综合作用(Integration)。功能的综合作用原理,包括随结构复杂而附加新的性质”。水库综合养鱼能大幅度地提高鱼产量,正是利用了生态系统的综合作用原理,发挥了系统的整体性功能。

3 水库发展综合养鱼的自然条件和实践基础

3.1 发展综合养鱼的自然条件

我国除拥有众多的水库和广阔的养鱼水面外,水库本身还具有如下特点:

(1)水体交换量大,使水库形成一个缓慢的流动水体,加上风浪作用,水库表层的溶解氧通常呈饱和状态,能满足集约化养鱼需氧量的要求,从而增加了水中残渣、剩饵和排泄物的氧化分解作用,提高了水体的自净能力,这是浅水池塘和湖泊不能相比拟的。

(2)水体比较深,因而具有较大的空间容量,能增加水库对投饵网箱养鱼的负载量,有助于富余营养物质在下沉过程中的不断降解,减少营养物在底层的积累。

(3)面积较大的砂石沿岸带,其附生生物极为丰富,不仅为刮食性鱼类提供了丰富的佳饵,而且还能大量利用沉降的富余营养,使其转变为周丛生物的生产力。这为综合养鱼增加了一条产品输出的途径,并且在水环境中起着“生物滤器”和“氧化塘”的作用。

3.2 发展综合养鱼的实践基础

长期以来,我国在湖泊合理放养、施肥养鱼和才车投饵网箱养鱼等方面积累了丰富的经验,为发展综合养鱼奠定了基础。

3.2.1 重视合理放养 我国水库养鱼从开始就移植了池塘的养殖方法,注重合理放养。50年代初饶钦止等^[2]就提出了湖泊青、草、鲢、鳙鱼的放养标准。70年代中国科学院水生生物研究所等^[3-4]又提出了湖泊、水库合理放养的具体措施。近十多年来,我国水产工作者从鱼的供饵能力着手对湖泊、水库的鱼产潜力开展了大量的研究工作。按现有报道资料统计表明,我国水库的天然鱼产潜力基本在 450 kg/hm² 左右^[5-9]。这些研究作为综合养鱼系统中的粗养环节提供了科学依据。

3.2.2 提高水库施肥养鱼技术 近几年来,我国水库施用化肥(过磷酸钙、尿素、氯化铵、碳酸氢铵和氨水)养鱼发展较快,效果比较明显,其鱼产量在 450—975 kg/hm² 之间^[1,2,10-12]。施肥后的鱼产量比施肥前提高 2—3 倍,肥料系数(即生产每公斤鱼所耗肥料量)为 2—3。

国外施用化肥养鱼主要用于池塘,并且很注重施肥技术。据 Marcal^[13]介绍 Walter 在德

① 湖北省襄阳县水利局,中小型水库施肥养鱼增产效益初探。水库施肥养鱼技术资料汇编,1991:125—130。

② 周远全等,常德市水库化肥养鱼技术与效果。水库施肥养鱼技术资料汇编,1991:59—65。

国池塘用磷肥(P_2O_5)养鱼,二十多年的试验所得结论是 1 kg 磷肥平均生产鲤 2.13 kg,肥料系数为 0.5,同时认为施用磷肥养鱼其增产幅度为 50%—125%,并指出养鱼水体的最适氮磷比为 4:1,在碱性条件下氮磷比可达 8:1。Prowse^[14]和 Clauac^[15]报道将颗粒化学肥料溶解成液态施撒,其效果更好。我国化肥养鱼其肥料系数比国外大,关键是要提高施肥技术,改进施肥方法。施肥前应对水质进行测定分析,然后确定施肥种类、配比和浓度。

3.2.3 投饵网箱养鱼技术日臻完善 投饵网箱养鱼在我国已形成一定的生产规模,1988年网箱养鱼面积约 470 hm²。北京密云水库、海子水库^[16]网箱养鲤产量实际达到 90×10^4 — 97.5×10^4 kg/hm²;山东金斗水库^[17]、垛庄水库^[18]网箱养鲤和罗非鱼实际产量也达到 97.5×10^4 kg/hm²;产量最高的四川省寸塘口水库^[19]实际达到 126×10^4 kg/hm²。单只网箱养鲤和罗非鱼最高产量是四川明星水库^[20]和金斗水库,鱼产量分别是 263.7 kg/m² 和 242.0 kg/m²。网箱养鱼的饵料系数一般在 1.7—2.2 的范围内。

4 水库综合养鱼系统的生态关系和鱼产潜力

4.1 综合养鱼系统的生态关系

综合养鱼系统的生态关系是指系统内生态结构的关系。它包括生物与环境、有机物与无机物以及各营养级相互之间的能量传递和物质转换的关系(图 1)。

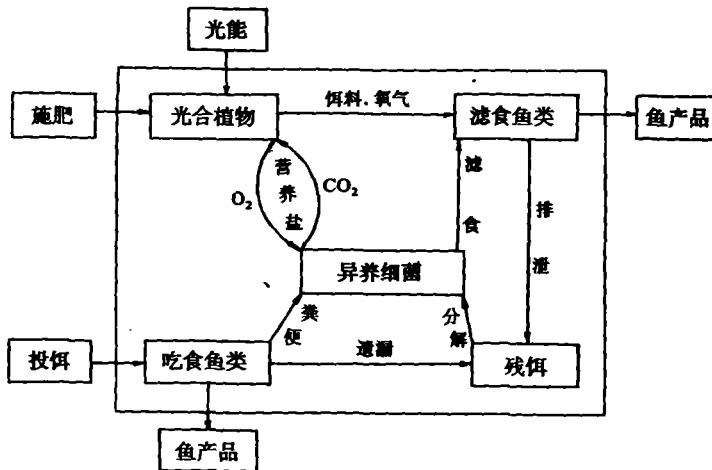


图 1 水库综合养鱼系统的生态关系简图

Fig. 1 Ecological relationship diagram of integrated fish culture system in reservoirs

在投饵和施用有机肥料的水体中,容易形成有机物的积累,从而表现出自养生物光合作用减弱,异养生物分解作用加强,从而导致溶解氧不足,产生 CO₂ 过剩,使 pH 值偏低。因此,这类水体常发生缺氧而需要进行人工增氧。在施用无机肥料的水体中,表现出自养生物光合作用加强,异养生物分解作用减弱,出现溶解氧过饱和,CO₂ 不足,使 pH 值偏高。综合养鱼采取投饵和施用无机肥相结合的方式,可促使上述两种极端达到动态平衡。维持这种动态平衡的关系和主要作用因子是:一方面投饵网箱养鱼的富余营养和鱼的排泄物促进了异养细

菌的代谢和硝化作用,从而为光合植物提供了丰富的营养盐类和 CO_2 ,而 CO_2 的增加又能防止水体的 pH 值上升;另一方面,异养细菌的分解代谢引起水体的溶解氧减少,于是通过合理施用无机肥料促进光合植物发育生产氧气加以解决。并且异养细菌分解代谢所产生的 CO_2 又防止了水体的 pH 值下降而出现偏低的情况。由此看出,在综合养鱼系统中选用无机肥料,其关键是在异养细菌与光合植物、 CO_2 和溶解氧之间人为架起一座“氧桥”,使系统内的硝化作用保持动态平衡。

4.2 综合养鱼系统的鱼产潜力

按照综合养鱼的定义,其系统的总鱼产潜力应包括水库的天然鱼产潜力及其通过施肥后增加鱼产潜力和投饵网箱养鱼的生产潜力三个部分。可按式(1)计算:

$$Y_T = Y_n + Y_f + Y_c \quad (1)$$

式中: Y_T 为总鱼产潜力(kg);

Y_n 为天然鱼产潜力(kg);

Y_f 为施肥养鱼的鱼产潜力(kg);

Y_c 为投饵网箱的鱼产潜力(kg)。

例如,某水库养鱼水面 334 hm^2 ,平均水深 10 m ,库水年交换次数平均为 2 ,水体中总磷含量为 40 mg/m^3 ,计算该库综合养鱼系统的总鱼产量。

式(1)中的 Y_n ,按上述我国水库天然鱼产潜力 450 kg/hm^2 计算。据此施肥养鱼的鱼产潜力按天然鱼产力的 2 倍计算,则 $Y_f = 450 \times 2 = 900 \text{ (kg/hm}^2)$ 。 Y_c 是根据 Dillon^[21]的水体磷负荷模式和 Beveridge^[22]所用参数计算。

Dillon 模式为:

$$[P] = \frac{L(1-R)}{\bar{Z}\rho} \quad (2)$$

式中: $[P]$ 为水体中总磷的限定浓度(mg/m^3) (本例按 Beveridge 建议的精养水体中总磷限定浓度为 150 mg/m^3);

L 为水体中可容纳的总磷量(mg/m^2);

\bar{Z} 为水体平均深度(m);

R 为水体沉积物中总磷滞留百分比(本例按 Larsen 和 Mercier^[23]的式(3)计算)

$$R = \frac{1}{1 + 0.7447 \rho^{0.507}} \quad (3)$$

ρ 为年水体的水交换次数。

将(2)式变换后,并代入 $[P]$ 、 R 、 \bar{Z} 、 ρ 相应值得:

$$L = \frac{[P] \cdot \bar{Z} \cdot \rho}{1 - \frac{1}{1 + 0.747 \rho^{0.507}}} = \frac{(150 - 40) \times 10 \times 2}{1 - \frac{1}{1 + 0.747 \times 2^{0.507}}} = 4782.6 \text{ (mg/m}^2)$$

则水库每公顷水面可容纳磷为 $0.0047826 \times 10000 = 47.8 \text{ (kg/hm}^2)$ 。

根据 Beveridge 介绍每生产 1 t 虹鳟失散到水中的总磷为 22.6 kg ,则该水库投饵网箱的鱼产潜力为:

$$Y_c = 47.8 \times 334 \div 22.6 = 706.425 \times 10^3 \text{ (kg)}$$

最后可求得该库综合养鱼系统每公顷的总鱼产量为:

$$Y_T = 450 \times 2 + 706425 \div 334 = 3015.0 \text{ (kg/hm}^2\text{)}$$

计算结果表明水库综合养鱼系统每公顷的鱼产量为 3015.0 kg,是一般水库天然鱼产量的 6.7 倍,是施肥养鱼产量的 3.4 倍。这与曾文阳^[24]介绍的鱼池天然鱼产力经施肥后产量可增长 3 倍、经投放饲料后产量可增长 7 倍是基本一致的。

根据我国目前水库投饵网箱养鱼一般产量为 $75 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ 为标准,可求出该水库所需设置投饵网箱的面积 A 为:

$$A = 706425 \div (75 \times 10^4) = 0.94 \text{ (hm}^2\text{)}$$

即该库实际养鱼水面与投饵网箱的面积比为 355:1。这与熊邦喜^①、李德尚等^[25]所建议的 20—27 hm² 水面可设置 0.06 hm² 投饵网箱的负载量是吻合的。

此外,根据笔者 1990—1991 年的实验和 1988 年对山东、四川和北京市的水库投饵网箱养鱼调查表明,投饵网箱养鱼能促使水库中放养的滤食性鱼类产量达到 1000 kg/hm²,使水库单位面积总鱼产量提高 35%^①,投饵网箱养鱼与箱外放养滤食性鱼类的适宜放养比例为 3:1(重量比)^②。陈立侨^②在池塘试验的结果是每生产单位重量的草鱼,可带动生产 40%—80% 的滤食性鱼类。张宋远^③认为投饵网箱养鱼可使水库中放养鱼类产量增加 30%—50%。以上证明本例计算的综合养鱼系统的鱼产潜力是完全可以实现的。还须指出的是,在综合养鱼系统的施肥环节中,若提高施肥技术,降低肥料系数,既可减少施肥量,节省生产成本,又可达到预期产量的目的。

5 结 语

开展综合养鱼是发挥水库多功能和综合效益的一个重要方面,它不仅是对水库渔业的传统生产方式和产品结构进行的改革,而且有利于充分利用水体资源和生物资源。特别是综合养鱼系统中把投饵集约精养吃食性鱼类与合理施肥按比例配养滤食性鱼类相结合的方法,既能大幅度地提高水库单位面积的产量和品质,又能明显地减少有机质的积累,降低水体的营养水平,维护养鱼水体的生态平衡。由于各水库的具体条件的差异和复杂性,如何具体实施上述水库综合养鱼方法,以充分开发鱼产潜力,尚需要通过实践和深化。但可以预期,开展综合养鱼将标志着我国水库渔业由传统的“粗养”方式转向现代生态渔业管理的新阶段,并将为水库渔业生产展示可喜的发展前景。

参 考 文 献

- 1 Odum, E. P., Fundamentals of ecology, 3rd ed. Saunders, Philadelphia, 1971:3—5.
- 2 饶钦止等编著. 湖泊调查基本知识. 北京:科学出版社,1956:250—260.

① 熊邦喜. 水库对投饵网箱养鱼负荷力的研究(博士论文). 青岛海洋大学水产学院, 1991.

② 陈立侨. 池塘饲养鱼类优化结构及其增产原理(博士论文). 中国科学院水生生物研究所, 1990.

③ 张宋远. 水库及其网箱养鱼综合效益浅析. 全国大水面渔业综合利用及集约化水产养殖学术讨论会资料, 1988.

- 3 湖北省水生生物研究所第四室等。武昌东湖渔业增产试验及增产原理的分析。水生生物学集刊,1975,8(1):5—15。
- 4 陈德富。东风水库渔业增产措施的综述。淡水渔业,1982,(5):6—13。
- 5 王 骥、梁彦龄。用浮游植物的生产量估算武昌东湖鲢、鳙生产力与鱼种放养的探讨。水产学报,1981,5(4):343—350。
- 6 何志辉等。清河水库的浮游生物。水生生物学集刊,1983,8(1):71—82。
- 7 张米发。龙头水库浮游植物初级生产量、浮游动物生物量和鲢、鳙鱼产力的研究。水产学报,1981,5(2):171—177。
- 8 熊邦喜。高关水库浮游生物现存量及鲢、鳙鱼产潜力的研究。水利渔业,1989,(5):25—28。
- 9 Liang Yanling, Melack, J. K., Wang, J. . Primary production and fish yield in China ponds and lakes. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 1981,110:346—350.
- 10 吴光耀。长坂岭水库化肥养鱼初试效果。水利渔业,1989,(1):14—16。
- 11 金克伟等。中型水库化肥养鱼技术研究。水利渔业,1987,(3):2—5。
- 12 谢权元。网箱饲养鲢、鳙施肥比配初探。水利渔业,1987,(3):28—29。
- 13 Marcel, H. . Textbook of fish culture breeding and cultivation of fish. 2nd ed. Fishing News Books Ltd, England. 1986:325—330.
- 14 Prowee, G. A. . A review of the methods fertilizing warm-water fish ponds in Asia and the Far East. *FAO Fisheries Reports*,1976, 44(3):7—12.
- 15 Clauac, E. Boyd. . Solubility of granular inorganic fertilizers for fish ponds. *Trans. Amer. Fish. Soc.*,1981,110(3):451—454.
- 16 崔瑞发。网箱养鲤高产体会。水利渔业,1988,(4):50—52。
- 17 薛家焯等。金斗水库网箱投饵养鱼高产技术研究。水利渔业,1988,(1):2—8。
- 18 孙延荣等。垛庄水库机械化网箱养鱼效果。水利渔业,1988,(3):11—14。
- 19 张 凯等。水库网箱养鲤技术报告。水利渔业,1988,(2):4—8。
- 20 中国水产杂志评论员。大力提倡网箱养鱼。中国水产,1988,(11)。
- 21 Dillon, P. J. , Rigler, F. H. , A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 1974,31(14):1771—1778.
- 22 Beveridge, M. C. M. . Cage and pen fish farming. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 1984,255:28—91.
- 23 Larsen, D. P. , Mercier, H. T. , Phosphorus retention capacity of lake. *J. Fish. Board. Can.*,1976,33(8):1742—1750.
- 24 曾文阳编。鱼类繁殖学。徐氏基金会出版(台湾),1975:454—458。
- 25 李德尚等。水库对投饵网箱养鱼负荷力问题的初步探讨。水利渔业,1989,(1):8—11。

PROSPECTS OF INTEGRATED FISH CULTURE IN CHINA'S RESERVOIRS

Xiong Bangxi

(Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Li Deshang Zhou Chunshen

(Qingdao Ocean University, Qingdao 266003)

Liu Zhengwan

(Agricultural Committee of Hongshan District, Wuhan 430070)

Abstract

Integrated fish culture in reservoirs, which combines cultured fine feed-eating fishes in net-cage with stocked feed-filter fishes out of net-cage in a rational proportion, is introduced. Integrated fish culture is based upon environmental capacity criteria so as to take centre in feeding net-cage fish culture, to explore avenues by rationally using fertilizer to fish stocking and to increase output and effect. Furthermore, it can promote nutrient transference and enhance the energy conversion efficiency. As a result, the aquatic ecological conditions of reservoirs can be improved, the nutrients of ecosystem be transferred into fish production through various channels, the economic and eco-social benefits of the ecosystem be obtained optimally.

To carry out integrated fish culture in reservoirs, the natural conditions, practical fundamentals and theoretical basis are described. The structures of ecosystem and interrelations between them in integrated fish culture are further analysed. The capacity of feeding net-cage fish culture is calculated and the ratio of stocking feed-filter fishes out of net-cage also recommended. Furthermore, the potential fish productivity for integrated fish culture in reservoirs is predicted as follows: the total output can reach up to 3015.0 kg/ha, 6.7 times as much as that of extensive culture, and 3.4 times as that of fertilizer-used fish culture.

The suggested integrated fish culture in reservoirs can be regarded as a reform favorable for traditional production system of fish culture in China, and a new stage in the process of turning extensive stocking into ecological fishery.

Key Words Integrated fish culture in reservoirs, ecological equilibrium, potential fish productivity, prospects