

湖泊渔业可持续发展的生态学基础及一个范例*

金 刚^{1,2} 李钟杰² 谢 平²

(1: 深圳职业技术学院, 深圳 518055; 2: 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提 要 从渔业与环境兼顾的角度出发, 作者认为湖泊渔业可持续发展的生态学理论基础是渔业生态学和渔业湖沼学. 前者是一门较为成熟的学科, 研究渔业对象的种群生态学、渔产潜力、最佳放流密度和规格、以及科学的捕捞策略等. 后者研究渔业对湖泊生态系统生物多样性和水质的影响, 并确定最佳的渔业规模和渔业方式, 但尚未提出令人满意的理论和完善的实验方法, 今后应予充分重视. 长江中下游草型湖泊因为其优良的水资源和丰富的生物资源而成为我国内陆水体发展优质高效渔业的重要基地. 以湖北一个浅水草型——扁担塘渔业实践为例, 作者着重强调生态学管理的如下方面: 1) 沉水植被是草型湖泊优质高效渔业可持续发展的基础, 必须在合理利用的同时加以保护、优化、甚至重建, 使生物量和覆盖率保持和达到一定水平. 2) 食物链(网)的基础环节是渔业对象生长和繁衍的物质基础, 必须进行培育、保护, 以提高其生产力, 从而提高渔业产量打下物质基础. 3) 合理放养与捕捞策略是湖泊渔业生态系统良性循环的可靠保证, 应使高价值的种群规模保持较大水平的输出.

关键词 湖泊渔业 可持续发展 生态学基础 范例

分类号 Q148

长江中下游沿岸各类湖泊有 4033 个, 总面积 22161km², 约占全国湖泊总面积的 27.5%, 主要有鄱阳湖、洞庭湖、太湖、巢湖、洪泽湖和以洪湖为主的江汉平原湖群^[1], 蕴藏着大量宝贵的淡水资源, 具有多种功能和作用, 在发展国民经济中具有巨大的价值. 这些湖泊亦是我国重要的淡水渔业基地. 20 世纪 50 年代以来渔业方式从以天然捕捞为主发展到以人工放养为主, 产量大幅度提高, 为我国淡水渔业飞速发展作出了突出贡献. 其中, 中小型湖泊单产鲜鱼最高达 3000kg/hm² [2]. 但是, 传统的放养渔业只注重提高产量(主要放养品种是草食性的草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、浮游生物食性的鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*), 以及杂食性的鲤鱼(*Cyprinus carpio*)等鲤科鱼类), 而忽视水域生态环境的保护, 对我国湖泊生态系统的影响越来越严重, 在生态效应上表现为生物多样性丧失和水体富营养化加剧, 导致湖泊的逆向演替^[3-4].

* 国家重点基础研究发展规划项目(G2000046802)资助.

2001-08-20 收稿; 2002-10-09 收修改稿. 金刚, 男, 1965 年生, 博士, 副研究员.

二十一世纪湖泊渔业究竟如何发展下去?在淡水资源日益成为制约国民经济发展的限制因子背景下,我国科学家已经认识到,湖泊的利用和保护应坚持两项兼顾,即渔业生产和环境保护兼顾,渔业产量和优质、高效兼顾^[5].这为湖泊增养殖技术研究和湖泊渔业生产实践指明了方向.湖泊渔业必须在养护生物资源和淡水资源的前提条件下求得持续发展.在八十年代以前,我国大中型草型湖泊的开发处于初级阶段,对草型湖泊的许多生态学规律认识不深^[6].根据我国国情、资源条件等分析,有学者认为在以后相当长的时间内我国中型以上的湖泊渔业仍以资源增殖和人工放流为主要技术措施^[7].

1 可持续渔业的特点及生态学理论基础

目前,我国湖泊渔业除少数大型湖泊是天然捕捞型渔业外,大部分湖泊属放养型渔业,其特点是放养种类的产量大幅度提高,天然鱼类产量下降.渔获物优势种类为草鱼、白鲢、鳙鱼和鲤鱼等.对水质和生物多样性的变化基本上不予重视,为方便比较起见,人们把此类渔业称为传统渔业.而可持续渔业充分考虑水环境和生物多样性的重要性,注重渔业与环境的协调发展,寻求湖泊的渔业功能与其它功能的协同发挥,产量不是追求的第一目标.可持续渔业强调不能因为渔业活动导致或加速湖泊富营养化,更不能因为渔业活动导致或加速湖泊面积和体积的萎缩.国内外的渔业实践早已表明没有优质的水质条件和丰富的生物多样性,渔业的发展是不可能持续的.关于传统渔业的利与弊已有学者从生态、经济和社会三个角度作过总结^[4].表1从此三方面对我国湖泊传统渔业和可持续渔业的特点进行比较.

表1 传统渔业和可持续渔业的特点

Tab. 1 Comparison of features between the traditional fishery and the sustainable fishery in lakes

| | | 传统渔业 | 可持续渔业 |
|--------|---------|----------------------|---------------------------|
| 渔业经济特点 | 产量 | 相对高 | 相对低 |
| | 产值 | 低 | 高 |
| | 市场 | 主要是当地的和国内的 | 扩大,甚至是国际的 |
| 生态学特点 | 渔业种类 | 主要是食浮游生物的鲢鳙和草食性鱼类如草鱼 | 主要是食鱼性鱼类如鳊鱼和鲈鱼以及甲壳类如河蟹和虾类 |
| | 食物链(网) | 短,简单 | 长,复杂 |
| | 生态对策 | r-对策者居多 | k-对策者居多 |
| | 初级生产者 | 浮游植物 | 沉水维管束植物占绝对优势 |
| | 系统稳定性 | 不稳定 | 稳定 |
| | 生物多样性 | 大大降低 | 维持较高水平 |
| | 外源营养输入 | 输入量大 | 不需要,或少量输入 |
| | 次生污染 | 严重 | 不严重,系统净化能力强 |
| | N, P 浓度 | 高 | 低 |
| | 透明度 | 低 | 高 |
| 社会效应 | 湖泊美学价值 | 受到严重损害 | 未受损害 |
| | 水资源用途 | 狭窄,成本高 | 广,成本低 |

渔业是一种具有明显经济目的的人类活动。如果说传统渔业仅注意到水域生产力的问题,那么可持续发展的湖泊渔业必须研究更广泛的内容,主要有三大领域。一是渔业经济学。由于国际国内水产品的生产竞争日趋激烈,而消费市场不断变化,因此,预测竞争态势和市场行情对于渔业的稳步发展极为重要。二是渔业生态学。这是湖泊鱼业的理论基础,包括渔业对象的种群生态学、渔产潜力、放流密度和规格、辅助能的合理输入以及科学的捕捞策略等。三是渔业湖沼学,研究人类的渔业活动对湖泊生态系统中的淡水资源和生物多样性的胁迫效应,从水质保护的角度确定渔业的环境容纳量,并进而提出最佳的渔业规模和渔业方式(如,除放流渔业外,一个湖泊还允许多大规模的网箱集约化养殖等),这是渔业与环境协调发展的理论基础。主要内容有水质和生物多样性监测、渔业对湖泊生态系统胁迫效应的评估、食物网调控、水生植被优化和恢复,养殖种类的生态学效应,等等。渔业经济学、渔业生态学和渔业湖沼学三者与可持续渔业之间的关系见图 1。国内外对渔业生态学已有较多研究,已形成系统的理论和方法。对渔业湖沼学的研究侧重于水质和生物监测,以及网箱养鱼的负荷力。但尚未提出令人满意的理论和完善的实验方法。可以预期,渔业湖沼学是可持续渔业研究中新的生长点。

按湖泊初级生产者的优势类群来分,长江中下游湖泊可分为藻型湖泊,草型湖泊以及草藻混合型湖泊。藻型湖泊是草型湖泊在人类干扰下因大量外源营养物输入而导致逆向演替的结果,由于水质恶化和系统不稳定,藻型湖泊不可能有持续发展的渔业,数十年来,国内外已开展大量研究试图治理藻型湖泊。藻型湖泊首先要解决的是生态恢复的问题,而不是持续渔业的问题。在控制湖泊富营养化的研究中,国外学者所重视的生物操纵如下行效应(top-down effect)值得人们借鉴。对于草藻混合型湖泊,要促使其向草型湖泊发展。在草型湖泊开展可持续渔业实践和理论研究具有重大的战略意义。

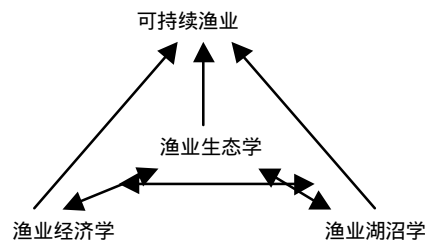


图 1 湖泊可持续鱼业的理论基础

Fig. 1 Theoretical fundamentals for the sustainable fisheries in lakes

2 扁担塘渔业状况

湖泊渔业如何发展下去?有人认为,湖泊应终止放养渔业,这显然不合我国国情。看来,在控制传统放养鱼类强度的同时,选择对水域生态系统影响小且经济效益大的种类作为放养对象可能是解决渔业与环境之间矛盾的最佳策略。扁担塘的渔业实践证明,优质食鱼性鱼类如鳊鱼等和大型经济甲壳动物如河蟹等在改善湖泊渔业结构上起着重要作用,正是满足上述要求的渔业种类。

扁担塘是湖北省东南部保安湖 (114°43'E、30°15'N, 位于长江中游南岸,面积 3933.3

hm², 平均水深 2.1m) 的一个子湖, 面积 333.3 hm². 湖水通过石头堤孔隙与主体湖交换, 水深 2—3m, 透明度大于 1.5m, pH 8.37, 沉水植物优势种为聚草 (*Myriophyllum spicatum*) 和金鱼藻 (*Ceratophyllum oryzetorum*). 近十年来, 探索可持续发展的优质高效渔业模式, 以河蟹 (*Eriocheir sinensis*) 和鳊鱼 (*Siniperca chuatsi*) 为放养种类 (未采用网箱和围网养殖方式), 坚持生态学管理, 取得显著的经济效益和生态效益 (表 2). 产值最高达 173 万元 (1997 年), 折合单位水面产值近 5200 元/hm², 投入产出比在 1:2.1-1:3.4 之间变动. 而沉水植物覆盖度均在 70%以上, 水体透明度大于 1.5m. 1998 年产值有一定幅度下降, 主要是河蟹市场价格大幅度下降所致. 扁担塘年放流扣蟹在 30-80 万只, 鳊鱼苗种在 0-5000 尾.

表 2 扁担塘 1991-1998 年渔产量、产值、沉水植物覆盖度和透明度¹⁾

Tab. 2 Yield, fishery value, coverage of submersed macrophytes, and Secchi depth in Lake Biandantang during 1991-1998

| 年份 | 河蟹 (kg) | 鳊鱼(kg) | 其他鱼类和虾类(kg) | 产值 (万元) | 投入产出比 | 沉水植物覆盖度(%) | 透明度(m) |
|------|---------|--------|-------------|---------|-------|------------|--------|
| 1991 | 3600 | 4000 | 33000 | 35 | 1:2.1 | 90 | 1.8 |
| 1992 | 4900 | 4400 | 31100 | 65 | 1:2.7 | 85 | 1.6 |
| 1993 | 7120 | 4800 | 37000 | 88 | 1:3.4 | 85 | 1.6 |
| 1994 | 5757 | 4600 | 34000 | 120 | 1:2.9 | 85 | 1.5 |
| 1995 | 5500 | 3500 | 26000 | 150 | 1:2.8 | 80 | 1.5 |
| 1996 | 5000 | 4000 | 18000 | 130 | 1:2.1 | 85 | 1.5 |
| 1997 | 11000 | 5000 | 9000 | 173 | 1:2.7 | 85 | 1.5 |
| 1998 | 9000 | 4200 | 50000 | 100 | 1:2.2 | 70 | 1.5 |

1) 其他鱼类包括鲤鱼、青鱼、白鲢、花鲢、草鱼、鳊鱼、乌鳢、黄颡鱼、红鳍鲌等, 虾类主要指青虾和克氏原螯虾. 1998 年其他鱼类和虾类产量高达 50000kg, 主要是洪水影响的结果.

3 扁担塘可持续渔业的生态学管理

最近十多年来, 在保安湖开展鱼—草关系研究以及有关渔业生态学的工作^[5,8], 作者认识到沉水植被在草型湖泊结构与功能上的重要性、渔业生态系统中食物链 (网) 的调控对渔业发展的重要意义以及合理放养与捕捞是一种易操作的生态学管理手段. 下面从这三方面对扁担塘渔业生态学管理作一简述.

3.1 沉水植被是湖泊渔业可持续发展的生态学基础

沉水植被的渔业生态学意义受到广泛重视, 必须在合理利用的同时加以保护、优化、甚至重建, 使生物量和覆盖率保持和达到一定水平.

3.1.1 保护 沉水植被有其脆弱性, 在受到草食鱼类高强度的摄食破坏下, 沉水植被生物量易在短时间内急剧下降. 沉水植被一旦受到破坏甚至消失, 草型湖泊及其优质高效渔业就不复存在. 在渔业开发过程中, 保护沉水植被意味着保护优质高效渔业. 保护的具体措

施主要有两方面：(1) 控制草食性鱼类的放养量。研究表明，当草鱼对水草的利用率不超过 51%时，扁担塘水草既可得到充分利用，又可保持群落的相对稳定^[8]。(2) 限制挺水植物和浮叶植物群落漫延。野生莲、芦苇、菰的扩展速度很快，如果不加控制，会把生产力较高的沿岸浅水地带占据完。因其遮光和吸收养分而阻碍沉水植被生长。

3.1.2 优化 由于自身演替以及鱼、蟹的偏好摄食，许多湖泊沉水植被各种类之生物量和覆盖率发生较大变化，甚至种类单一。20 世纪 80 年代扁担塘的苦草 (*Vallisneria spiralis*) 是优势种类之一^[9]。而 90 年代苦草群落大大萎缩，聚草和金鱼藻为优势种类。作者观察表明，河蟹、草鱼、团头鲂均喜食苦草，而且苦草叶片较宽，有一定的硬度，能附着许多螺类和其它生物，这表明苦草有较大的渔业价值。可采用人工收割聚草、移栽苦草或播撒苦草种子的方法来优化沉水植被。由于采取合理的管理措施，在多年的渔业发展后，扁担塘沉水植被依然繁茂。1997 年沉水植物生物量 2.43 kg/m²，覆盖度 85%，聚草和金鱼藻的生物量分别为 1.51 kg/m² 和 0.92 kg/m²。

3.2 调整食物链（网）结构，使基础环节最大限度地转化为优质渔产品

在湖泊渔业生态系统中各类生物之间通过摄食与被食关系形成一个庞大复杂的食物网络（图 2）。通过简化，可以看出传统渔业中草型湖泊开发早期只注重草食链：水草→草食性鱼，其渔产量的提高是直接以水草生物量减少为前提的，较少利用其他食物链资源（放养种类如 C、D 框所列）。在优质高效渔业的草型湖泊中受到关注的食物链有两条：水草+其它生物→小型鱼类→鳊鱼；水草→底栖生物→河蟹，渔产量的提高对水草的破坏不大（放养种类如 A、B 框所列）。如果水草保护得很好，可以更进一步简化食物链为小型鱼类→鳊鱼；底栖生物→河蟹。可以看出小型鱼类和底栖生物极为重要。

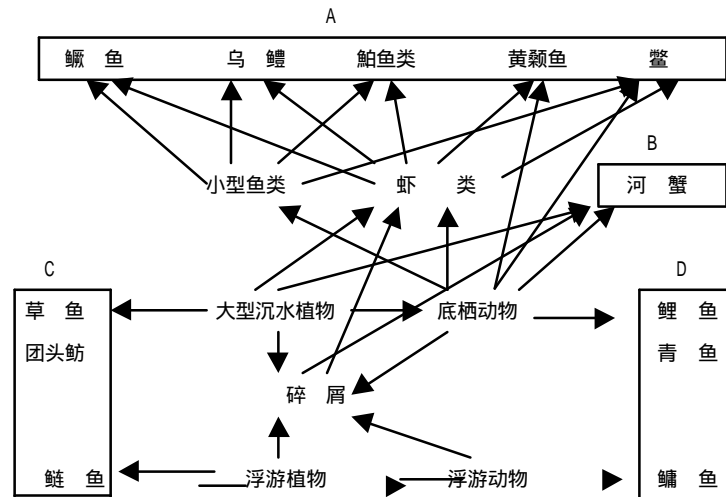


图 2 扁担塘食物网

Fig. 2 Food chains in Lake Biandantang

小型鱼类是草型湖泊鱼类群落的重要组成部分，在湖泊渔业生态系统中具有重要的地位和作用^[10]，一般有数十种小型鱼类，而优势种类往往只有几种，如鲫鱼，麦穗鱼、黑鳍鳊，鳊鳊类等，最近的研究表明，子棱鰕鳊等亦是扁担塘小型鱼类中的优势种群^[11]。但是

为鳊鱼经常捕食的种类为鲫鱼、鲤鱼等。小型鱼类的生产量决定了鳊鱼的生产量。提高小型鱼类群落生产量，就为鳊鱼的稳产高产提供了物质基础。但是，在草型湖泊中肉食性鱼类的生产规模应为多大，才不至于破坏湖泊生态系统，还需开展深入研究。小型鱼类因为个体较小，生长不快，一般产量相对不高。扁担塘小型鱼类的增殖措施有：(1)在春季捕捞期间严禁鲜活小型鱼类起水，以及(2)在小型鱼类繁殖季节严禁怀卵个体起水。

除了水草之外，底栖动物是河蟹食物组成中的另一大类^[14]，这主要是因为底栖动物活动性不强，又与河蟹处在同一空间生态位，易被河蟹捕食。各类底栖动物（包括寡毛类、水生昆虫和软体动物）群落生物量大幅度提高，对河蟹增产无疑会起到重要作用。如扁担塘 1997 年投放鲜活螺类 5000 kg。

3.3 合理放养与捕捞策略是渔业生态系统良性循环的可靠保证

几乎所有的渔业生态学管理原则最终都体现在放养与捕捞的操作之中。合理放养既是优化渔业种类结构的主要措施。多品种放养应把握下列原则：在对主养品种（如河蟹、鳊鱼）之存活与生长危害最小的条件下进行多品种放养，充分利用水体空间和饵料资源，最终达到增产的目的。如适当放养花鲢和白鲢，可充分利用浮游生物。由于大型浮游动物数量较多，花鲢在扁担塘的生长较快，如 1+ 龄花鲢体重中可达 1.5-2kg。由于草鱼对沉水植物有极大的破坏作用，所以扁担塘已有数年没有放养草鱼。而对能在湖泊中形成自然种群的另一种草食性鱼团头鲂可以容许一定的种群数量，以利用过度繁茂的水草。对渔业对象的捕捞应根据生物学特点进行。如河蟹在秋冬季生殖洄游期可以较完全地回捕，鳊鱼则可在除生殖期外的其它时期捕捞。还可通过捕捞把不利于主养品种存活与生长的鱼、虾种群数量尽量控制在较低水平。如扁担塘每年 3-7 月均以迷魂阵捕捞数百公斤克氏原螯虾（此虾与河蟹有食物和空间竞争关系），缓解了竞争压力，有利于河蟹的成活和生长。再如鲤鱼，因其在生态学上有多种负面效应（摄食底栖动物，与河蟹有食物竞争；使沉积物再悬浮而对浑浊度具有实质性的影响^[12, 13]等），此外鲤鱼市场行情不好。因此扁担塘亦年年在其生殖季节大量捕获之。

捕捞过度易导致渔业种群衰竭。如扁担塘鳖渔业的崩溃可以说是酷渔滥捕的后果。1992 年通过高强度的捕捞，鳖产量达到 500kg。在以后几年产量急剧下降，至 1995 年，湖中已经很少见到鳖了。这个教训值得深思。

湖泊渔业生态管理的最终目标就是在湖泊渔业生态系统良性循环的条件下，达到可持续的高效益的渔产品输出。

致 谢 感谢刘伙泉研究员对本文的修改；感谢审稿人对本文提出的宝贵建议。

参 考 文 献

- 1 金义兴等. 略论长江流域植物资源的开发利用与保护. 见: 长江流域资源、生态、环境与经济开发研究论文集(一). 中国科学院武汉分院出版社. 1988: 92-97
- 2 胡传林, 夏文才. 湖泊河道养鱼(第九章). 见: 刘建康、何碧梧主编. 中国淡水鱼类养殖学(第三版). 北京: 科学出版社. 1992: 381-424
- 3 谢平, 崔奕波. 长江中下游湖泊生物多样性与渔业发展. 水生生物学报. 1996, 20(增刊): 1-5
- 4 张国华, 曹文宣, 陈宜瑜. 湖泊放养渔业对我国湖泊生态系统的影响. 水生生物学报. 1997, 21(3): 271-280
- 5 梁彦岭, 刘伙泉(主编). 草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一). 北京: 科学出版社. 1995: 1-334

- 6 曾一本. 我国大、中草型浅水型湖泊渔业综合开发技术进展. 湖泊科学. 1995, 7 (1): 85-92
- 7 张幼敏. 中国湖泊、水库水产增养殖技术的进展. 水产学报. 1992, 16 (2): 179-187
- 8 梁彦龄、蔡庆华, 黎道丰. 保安湖鱼—草之间相互关系的数学解析. 见: 梁彦龄, 刘伙泉主编. 草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理 (一). 北京: 科学出版社. 1995: 213-218
- 9 苏泽古等. 保安湖水生维管束植物研究. 见: 胡传林、黄祥飞主编. 保安湖渔业生态和渔业开发技术研究文集. 北京: 科学出版社, 1991: 31-48
- 10 方榕乐等. 保安湖鱼类区系结构特点及其渔业利用. 见: 梁彦龄、刘伙泉主编. 草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理 (一). 北京: 科学出版社. 1995, 205-212
- 11 谢松光等. 扁担塘小型鱼类的丰度和分布. 水生生物学报. 1996, 20 (增刊): 178-185
- 12 Breukelaar AW et al. Effects of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on sediment resuspension and concentrations of nutrients and chlorophyll a. *Freshwater Biology*. 1994, 32: 113-121
- 13 Meijer M-L et al. Is reduction of the benthivorous fish an important cause of light transparency following biomanipulation in shallow lakes? *Hydrobiologia*, 1990, 200/201: 303-315
- 14 金 刚, 李钟杰, 谢 平. 湖泊放流二龄河蟹食性研究. 水生生物学报, 2003 (待出版)

Ecological Theories for Sustainable Fishery in Lakes and An Example

JIN Gang^{1,2}, LI Zhongjie² & XIE Ping²

(1: Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, P.R.China;

2: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, P.R.China)

Abstract

The ecological theories for sustainable fishery of freshwater lakes are fisheries ecology and fisheries limnology. Fisheries ecology focuses on biology of fishery species, potential production, optimal stocking density and size, rational input of subsidy energy, and rational catch strategy, and so on. Fisheries limnology researches the stress of fishery on the freshwater resource and biodiversity in lake ecosystems, which can define fishery size and fishery model. The macrophytic lakes along the mid-lower reaches of Yangtze River become the main freshwater fishery base with high quality and high efficiency in China in recent years because of its good water quality and rich bioresource. When some high-market-price species, such as *Eriocheir sinensis* and *Siniperca chuatsi*, are stocked as main fishery species, ecological management is very important. The authors emphasize the following three aspects: 1. The submerged macrophyte community, which is the basic and key factor of sustainable fishery, must be used rationally, protected carefully and rationalized for fishery. When the community collapses, restoration is necessary. 2. The basic links of food chains (webs) must be protected to raise their biomass and production for fishery species. 3. Good strategies of stocking and catching are also very important for fishery ecosystem.

Keywords: Lake fishery; sustainable development; ecological management