

# 中国淡水渔业碳汇强度估算

吴 斌<sup>1</sup>, 王海华<sup>1\*</sup>, 习宏斌<sup>2</sup>

<sup>1</sup>江西省水产科学研究所, 农业部湖泊渔业资源环境科学观测实验站, 江西 南昌 330000;

<sup>2</sup>江西峡江县渔业局, 江西 吉安 331409

**摘要:** 【背景】碳汇是指从大气中消除二氧化碳的过程、活动或机制, 我国最先提出碳汇渔业概念。【方法】捕捞鱼类的碳均来自天然饵料, 故以其平均碳含量估算碳移出量。而养殖鱼类中, 一般假定不考虑施肥养鱼的碳输入; 鲢和鳙是滤食性鱼类, 主要摄食浮游生物, 鳊属鱼类以其他种鱼类为食物, 而这些鱼类主要摄食天然饵料, 故可以认为其碳均来自天然饵料。此外, 假设草鱼、鲫和鲤等产量的 20% 来自天然饵料, 而河蟹产量的 50% 来自天然饵料。基于渔业统计年鉴 (2011—2015 年), 估算了我国近 5 年来淡水渔业碳汇强度。【结果】2010—2014 年, 全国淡水养殖碳移出量逐年稳步增长, 分别为 136.2 万、140.5 万、146.0 万、153.0 万和 164.5 万 t, 平均每年的碳移出量为 148.0 万 t。2010—2014 年全国淡水捕捞碳移出量分别为 29.3 万、28.7 万、29.6 万、29.7 万和 29.6 万 t, 平均每年的碳移出量为 29.4 万 t。【结论与意义】在自然资源日益减少的情况下, 淡水养殖渔业碳汇的发展必然会成为淡水渔业经济发展的主体。

**关键词:** 淡水渔业; 碳汇强度; 水产养殖; 水产捕捞

## The carbon sink capacity of the Chinese freshwater aquaculture

Bin WU<sup>1</sup>, Hai-hua WANG<sup>1\*</sup>, Hong-bin XI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in Poyang Lake, Ministry of Agriculture, Fisheries Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang, Jiangxi 330000, China;

<sup>2</sup>Fisheries Bureau of Xiajiang County, Ji'an, Jiangxi 331409, China

**Abstract:** 【Background】Carbon sink is the process, activity, or mechanism of capture carbon dioxide from atmosphere, and the concept can also be applied to fisheries, creating "carbon sink fishery". 【Method】The carbon of capture is realised by the growth of fish, that feed on natural food. In fish culture, the carbon inputs for fish farming is usually not considered. Silver (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead carp (*Aristichthys nobilis*) are filtering fish and live on plankton. Mandarin fish *Siniperca chuatsi* is piscivorous, and lives on fish that feed on natural food, so it can be considered that the carbon, bound through individual growth, comes from natural food. In addition, we assumed that 20% of the total production of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), crucian carp (*Carassius auratus*), and common carp (*Cyprinus carpio*) from aquaculture feeds on natural food. Assuming that 50% of the total crab population kept in aquaculture also feeds on natural food. In order to calculate the carbon sink capacity of freshwater aquaculture, they were analyzed based on the data of "Chinese Fisheries Statistical Yearbook" from 2011 to 2015. 【Result】The annual carbon sink capacities of the national freshwater aquaculture were 1.362, 1.405, 1.460, 1.530 and 1.645 million tons from 2010 to 2014, respectively, with an average of 1.480 million tons. The annual carbon sink capacities for national freshwater fishing were 0.293, 0.287, 0.296, 0.297 and 0.296 million tons, respectively, with an average of 0.294 million tons. 【Conclusion and significance】With shrinking resources, the development of the carbon sink capacity for freshwater aquaculture will increase in importance.

**Key words:** freshwater fisheries; carbon sink capacity; aquaculture; fishing

温室效应是目前全球共同面对的严峻问题, 低 “低排放、增碳汇、高效率” 为特质的低碳农业对促进低碳经济的运行具有重要意义。在渔业生产活

收稿日期 (Received): 2016-01-04 接受日期 (Accepted): 2016-05-20

基金项目: 江西省科技支撑计划项目 (20133BBF60029); 江西省科技计划项目 (20143BBM26038)

作者简介: 吴斌, 男, 助理研究员, 硕士。研究方向: 渔业资源保护与开发。E-mail: wubin@163.com

\* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: haihuawang998@sina.com.cn

动的过程中,一方面,水生生物吸收、转化固定水生生态系统中的二氧化碳,并通过食物链传递;另一方面,通过收获水产品,其固定的碳被直接或间接转移出来。这一生产活动过程和碳汇作用机制就泛称为“碳汇渔业”。渔业碳汇功能潜力大,引起了人为干预的水生态系统碳循环的全新权衡(李娇等,2013;刘慧和唐启升,2011;肖乐和刘禹松,2010;岳冬冬和王鲁民,2012;张波等,2013)。本文对近5年我国淡水渔业碳汇强度进行估算,并提出淡水渔业碳汇的发展路径,以期为促进我国淡水渔业碳汇的发展提供借鉴。

## 1 淡水渔业碳移出量估算方法

我国在淡水渔业碳汇方面进行了大量的研究和实践探索,碳移出量通常按天然捕捞业和养殖业来分别进行估算。捕捞鱼类的碳均来自天然饵料,故以其平均碳含量估算碳汇。而养殖鱼类中,通常假定不考虑施肥养鱼的碳输入,鲢 *Hypophthalmichthys molitrix*、鳙 *Aristichthys nobilis* 是滤食性鱼类,主要摄食浮游生物,可以认为它们的碳均来自天然饵料。假设草鱼 *Ctenopharyngodon idellus*、鲫 *Carassius auratus*、鲤 *Cyprinus carpio* 等产量的20%来自天然

饵料,而河蟹 *Eriocheir sinensis* 产量的50%来自天然饵料。天然水体的碳移出量计算方法:碳移出量=渔产量×碳含量(解绶启等,2013)。本文基于渔业统计年鉴(2011—2015年),估算我国近5年淡水渔业碳汇强度。

## 2 淡水渔业碳移出量初步估算

淡水水域面积虽然仅占海洋面积的0.8%和陆地面积的2%,但其在全球碳循环中占有重要的地位,淡水水体不仅可以通过渔获物等移出碳,而且可以沉积碳(杨健等,2012;岳冬冬和王鲁民,2012)。此外,还可以通过水流将一部分碳带入海洋中。湖泊每年碳沉积量可达海洋总沉积量的25%~42%,且固定在湖泊中的碳极少返回到大气中(刘慧和唐启升,2011;孙军,2011、2013;唐启升等,2013)。

### 2.1 2010—2014年全国淡水养殖碳移出量

2010—2014年,全国淡水养殖碳移出量逐年稳步增长,分别为136.2万、140.5万、146.0万、153.0万和164.5万t,平均每年的碳移出量为148.0万t。其中,鲢的碳移出贡献最大,鳙次之,两者之和超过全国淡水养殖碳移出总量的65%(表1)。

表1 全国淡水养殖碳移出量(万t,扣除饲料养殖部分)

Table 1 Carbon removal (ten thousand tons) by freshwater aquaculture in China (excluding pellet-supported production)

种类 Species	2010		2011		2012		2013		2014	
	移出量 Carbon removed	比例(%) Percentage share								
鲢 Silver carp	58.4	42.9	60.1	42.8	59.7	40.9	62.3	40.8	68.4	41.6
鳙 Bighead carp	34.2	25.1	35.8	25.4	38.2	26.2	40.4	26.4	42.9	26.0
草鱼 Grass carp	10.8	8.0	11.4	8.1	12.3	8.4	13.0	8.5	13.8	8.4
鲫 Crucian carp	6.3	4.6	6.5	4.6	7.0	4.8	7.4	4.8	7.9	4.8
鲤 Carp	5.8	4.2	6.2	4.4	6.6	4.5	6.9	4.5	7.2	4.4
鳊 Bream and megalobrama	2.2	1.6	2.3	1.6	2.4	1.6	2.5	1.6	2.6	1.6
鳊 Mandarinfish	3.2	2.4	3.5	2.5	3.6	2.5	3.6	2.4	3.7	2.3
虾 Shrimp	10.1	7.4	9.3	6.6	10.2	7.0	10.8	7.0	11.6	7.0
河蚌 Mussel	0.8	0.6	0.8	0.6	0.8	0.6	0.9	0.6	0.8	0.5
螺 Spiral shell	0.9	0.6	0.8	0.6	0.9	0.6	0.9	0.6	0.9	0.5
蚬 Clam	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2
河蟹 Crab	3.3	2.4	3.6	2.6	4.0	2.7	4.0	2.6	4.4	2.7
总计 Total	136.2		140.5		146.0		153.0		164.5	

### 2.2 2010—2014年全国淡水捕捞碳移出量

2010—2014年全国淡水捕捞碳移出量分别为29.3万、28.7万、29.6万、29.7万和29.6万t,平均

每年的碳移出量为29.4万t,且鱼类碳移出贡献最大,超过全国淡水捕捞碳移出总量的75%(表2)。

表 2 全国淡水捕捞碳移出量(万 t)

Table 2 Carbon removal (ten thousand tons) by freshwater fishing in China

种类 Species	2010		2011		2012		2013		2014	
	移出量 Carbon removed	比例(%) Percentage share								
鱼类 Fish	22.6	77.3	22.2	77.5	23.0	77.7	23.3	78.2	23.4	79.0
甲壳类 Crustacea	3.8	12.9	3.6	12.5	3.8	12.8	3.7	12.6	3.6	12.1
贝类 Shellfish	2.9	9.8	2.9	10.0	2.8	9.5	2.7	9.2	2.6	8.9
总计 Total	29.3		28.7		29.6		29.7		29.6	

2.3 2014 年各地区淡水养殖碳移出量

淡水养殖碳移出量较大的 10 个省份依次为湖北、江苏、湖南、安徽、江西、广东、山东、四川、广西和河南，其碳移出量分别为 27.5 万、20.8 万、14.9 万、13.6 万、13.5 万、13.2 万、8.1 万、8.0 万、7.7 万和 6.4 万 t。

鲢的碳移出量较大的 10 个省份依次为湖北、江苏、湖南、安徽、四川、江西、广西、山东、广东和河

南，其碳移出量分别为 10.9 万、7.8 万、6.9 万、4.8 万、4.5 万、4.3 万、4.0、3.9 万、3.8 万和 3.3 万 t。鳙的碳移出量较大的 10 个省份依次为湖北、广东、江西、湖南、安徽、江苏、广西、山东、四川和河南，其碳移出量分别为 5.7 万、5.1 万、4.8 万、4.6 万、3.9 万、3.3 万、2.4 万、2.0 万、2.0 万和 1.8 万 t(表 3)。

表 3 2014 年各地区淡水养殖碳移出量(扣除饲料养殖部分)

Table 3 Carbon removal by freshwater aquaculture in various provinces and cities across the country in 2014 (excluding pellet-supported production) t

省/市 Province/City	鲢 Silver carp	鳙 Bighead carp	草鱼 Grass carp	鲫 Crucian carp	鲤 Carp	鳊鲂 Bream and megalobrama	鳊 Mandarinfish	虾 Shrimp	河蚌 Mussel	螺 Spiral shell	蚬 Clam	河蟹 Crab	总计 Total
北京 Beijing	788.5	387.4	366.8	94.9	343.5	39.8	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2024.1
天津 Tianjin	6797.1	1501.8	791.7	1560.1	2776.2	76.6	0.0	18.7	0.0	0.0	0.0	72.0	13594.2
河北 Hebei	11670.4	5334.1	1900.7	998.0	3332.9	42.0	0.4	99.2	0.3	0.0	0.0	203.6	23581.6
山西 Shanxi	1226.4	515.1	387.0	53.6	351.2	7.7	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	2544.3
内蒙古 Inner Mongolia	3103.4	1883.1	376.9	410.7	1047.7	22.8	0.0	12.7	0.0	0.0	0.0	20.3	6877.6
辽宁 Liaoning	20343.1	9663.2	2958.9	2617.8	6392.6	288.3	237.2	0.0	2.0	0.0	0.0	4369.2	46872.3
吉林 Jilin	7073.6	4449.2	442.5	540.6	932.0	47.9	32.1	2.9	0.0	0.0	0.0	58.1	13578.9
黑龙江 Heilongjiang	15237.7	5417.9	909.4	1994.1	4340.9	37.9	74.2	0.0	0.0	0.0	0.0	207.2	28219.3
上海 Shanghai	2362.8	1246.5	605.9	1080.7	16.2	139.1	7.6	433.2	0.6	0.0	0.0	799.9	6692.5
江苏 Jiangsu	78065.8	33133.9	11203.8	17536.9	3566.5	6538.2	3560.3	30862.1	853.2	2011.5	505.0	19856.2	207693.4
浙江 Zhejiang	21579.5	13122.1	2294.9	2451.2	688.5	988.9	1592.0	3742.5	247.8	490.7	16.3	403.3	47617.7
安徽 Anhui	48101.7	38502.6	6933.3	5322.7	2626.6	3218.0	4949.7	16058.3	2525.3	1680.0	185.5	5787.2	135890.9
福建 Fujian	12053.4	8733.5	4566.5	920.3	1273.9	153.9	202.0	344.8	391.9	260.5	1162.2	67.1	30130.0
江西 Jiangxi	42578.0	47663.0	12307.6	5740.2	3372.9	2307.9	6214.2	9787.2	1206.6	2187.7	453.5	947.7	134766.5
山东 Shandong	39170.4	20345.6	6420.7	4096.3	7988.1	548.0	343.3	940.8	84.8	71.9	22.1	952.9	80984.9
河南 Henan	32909.2	18395.2	3394.5	1462.4	5836.0	439.7	68.7	1364.5	11.1	3.5	1.1	116.9	64002.8
湖北 Hubei	108991.5	56717.3	23565.4	12668.4	4135.4	6124.4	4770.9	46876.3	1800.5	433.0	11.3	9229.9	275324.3
湖南 Hunan	69053.2	46431.0	16267.2	5225.2	3978.9	2941.1	2320.9	857.6	750.8	759.4	32.5	392.2	149010.0
广东 Guangdong	37545.6	51036.1	18970.7	3925.4	2807.3	913.0	12241.2	3565.6	247.3	317.6	287.0	356.0	132212.8
广西 Guangxi	39697.7	24017.6	8201.2	1118.0	3647.8	67.9	26.5	311.9	42.5	259.5	25.7	43.4	77459.7
海南 Hainan	1074.4	1389.3	179.7	35.3	126.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	2812.6
重庆 Chongqing	16146.3	5164.9	2429.0	2672.2	889.3	203.4	76.0	95.7	0.2	5.0	0.0	22.5	27704.5
四川 Sichuan	44502.5	19809.1	5674.0	4304.6	3601.8	1134.6	578.5	333.8	51.5	214.0	0.0	26.8	80231.2
贵州 Guizhou	3234.7	4285.5	1168.2	165.1	1277.3	74.1	14.9	25.7	6.4	9.8	0.1	29.4	10291.2
云南 Yunnan	9425.0	5201.5	2381.4	956.3	3109.3	10.5	3.9	53.3	6.4	41.9	0.0	6.2	21195.7
西藏 Tibet	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
陕西 Shaanxi	4847.6	2074.6	835.8	145.2	896.3	14.4	75.5	0.2	0.0	0.2	0.0	4.9	8894.7
甘肃 Gansu	261.6	68.3	92.2	24.1	105.1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	555.4
青海 Qinghai	25.9	0.0	4.4	6.3	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	51.1
宁夏 Ningxia	3013.5	1383.3	1192.7	355.6	1570.4	12.9	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	119.1	7655.1
新疆 Xinjiang	3332.0	1279.6	969.2	254.7	1036.6	26.6	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	44.1	6946.4

## 2.4 2014年各地区淡水捕捞碳移出量

淡水捕捞碳移出量较大的10个省份依次为安徽、江苏、江西、湖北、广西、广东、山东、湖南、河北和浙江,其碳移出量分别为4.2万、4.0万、3.3万、2.6万、1.8万、1.6万、1.5万、1.4万、1.4万和1.1万t(表4)。

表4 2014年各地区淡水捕捞碳移出量

Table 4 Carbon removal by freshwater fishing in various provinces and cities across the country in 2014 t

省/市 Province/City	鱼类 Fish	甲壳类 Crustacea	贝类 Shellfish	总计 Total
北京 Beijing	566.2	3.3	0.0	569.5
天津 Tianjin	1228.6	88.7	97.9	1415.2
河北 Hebei	12841.2	589.2	377.6	13808.0
山西 Shanxi	140.1	1.0	0.0	141.1
内蒙古 Inner Mongolia	4062.0	84.3	0.0	4146.3
辽宁 Liaoning	6384.1	940.4	59.0	7383.5
吉林 Jilin	2750.9	56.4	49.0	2856.3
黑龙江 Heilongjiang	7488.9	35.4	31.9	7556.2
上海 Shanghai	463.4	5.7	0.0	469.1
江苏 Jiangsu	26898.9	6292.8	7195.5	40387.2
浙江 Zhejiang	8282.0	865.4	2212.9	11360.3
安徽 Anhui	30455.6	7448.2	3634.8	41538.6
福建 Fujian	8371.6	720.2	1991.0	11082.8
江西 Jiangxi	24914.4	5226.3	3030.0	33170.7
山东 Shandong	13286.4	1365.3	424.2	15075.9
河南 Henan	5770.1	827.6	55.2	6652.9
湖北 Hubei	18311.3	6462.5	1503.9	26277.7
湖南 Hunan	12498.4	1309.8	524.2	14332.4
广东 Guangdong	11086.2	1301.2	3394.6	15782.0
广西 Guangxi	15546.6	968.8	1309.2	17824.6
海南 Hainan	2705.5	92.7	167.0	2965.2
重庆 Chongqing	2609.7	143.1	39.1	2791.9
四川 Sichuan	7713.2	460.0	66.4	8239.6
贵州 Guizhou	1596.7	245.2	19.2	1861.1
云南 Yunnan	5676.0	474.2	146.7	6296.9
西藏 Tibet	30.2	0.0	0.0	30.2
陕西 Shaanxi	794.5	16.6	0.4	811.5
甘肃 Gansu	0.0	0.0	0.0	0.0
青海 Qinghai	0.0	0.0	0.0	0.0
宁夏 Ningxia	45.1	2.4	0.0	47.5
新疆 Xinjiang	1765.5	20.5	0.0	1786.0

## 3 淡水渔业碳汇的发展路径

对淡水渔业碳汇功能的认知不足是制约其发展的一个重要因素。我国具有丰富的淡水生物资源,淡水生物在生长过程中会产生一定的碳,并在生物死亡后存在于水体中。淡水养殖和捕捞是淡水渔业碳汇的重要组成部分。通过分析以上统计数据得知,近几年我国淡水渔业的碳移出量保持着稳定态势,为碳汇渔业的发展提供了良好的条件。

淡水渔业碳汇是我国的重点发展战略,做好以下几个方面的工作,有利于促进淡水渔业碳汇的进一步发展。

### 3.1 构建交易中心,实行碳汇补偿

碳汇技术、碳汇市场和碳汇项目是碳汇产业开发的关键要素。碳汇技术是支撑碳汇产业的基础条件,碳汇市场是碳汇产业持续发展和良性循环的根本保证,而碳汇项目是进行碳汇实践的运行载体。我国碳汇渔业要实现科学发展,首先要完善碳汇渔业理论,提高渔业碳汇技术水平,增强渔业碳汇能力。同时,国家应设立碳汇渔业专项科研项目,围绕与渔业活动相关的温室气体排放和碳循环的动态机制等开展综合研究;建立相应的长期监测观察站以进行数据收集和研究;并仿照森林碳汇建立绿色基金,建立与之相适应的碳汇渔业交易中心,积极推行省份核算体系,探索实行淡水渔业碳汇补偿机制。在条件成熟时,力争设立全球渔业碳汇基金,推进碳汇渔业的市场化进程。

### 3.2 保护碳汇能力,发挥碳汇功能

根据对水域生态系统食物链结构的研究,自然渔业的碳汇能力包括水域生物的直接碳汇功能和食物链的间接增汇功能。一些水生生物利用自身的碳汇功能固定空气或水体中的二氧化碳;而处于食物链更高层次营养级的生物具有间接的碳汇功能,即通过食用较低级具有碳汇功能的生物来增加碳汇。需要特别强调的是,捕捞产量和渔业碳汇之间存在权衡关系,捕捞产量的增加直接表现为渔业碳汇的增强;但过度捕捞会破坏水生态系统的生态平衡,表现为食物链趋短、食物网简化、渔业资源退化等,渔业碳汇功能会受到严重损害。因此,应当基于可持续发展理念,强化渔业环境生态修复和渔业资源生态养护能力,充分发挥自然渔业的碳汇功能。

### 3.3 立足生态养殖,扩增渔业碳汇

目前,基于碳汇理念的生态养殖业正发展成为碳汇渔业的主导产业,并将进一步发展成为绿色新兴产业。应充分利用淡水生态系统中食物链传递规律以及各种物理化学作用机制,实行立体化综合养殖,在净化水体养殖环境、提高养殖效率的同时,增强渔业碳汇功能。淡水养殖应当重点选择鲢、鳙等滤食性鱼类并进行大规模生态养殖;充分利用生

态位原理,合理规划水域中食物链的传递,既可以消耗水域生态系统中的富营养化物质,起到调节水质、保护饮用水源安全的功效,又可以达到扩增淡水渔业碳汇的目的。碳汇渔业有希望带动现代渔业产业形成新的经济增长点,成为低碳高效的新兴产业示范模式,推动生物经济和生态经济的发展壮大。

### 3.4 夯实发展基础,拓展碳汇空间

政府应加大渔业碳汇理念的宣传,推广高效碳汇的新品种和新技术,突破碳汇养殖的关键技术,提供财政补贴和低息贷款等政策支持,夯实碳汇渔业的发展基础,拓展渔业的碳汇空间。渔业碳汇技术的创新主体是企业,其应与相关院校和科研机构组建碳汇渔业人才库,并建立有效的配套人才流动机制,推动产、学、研联动。通过积极调整渔业结构,减少资源和能源的消耗,努力提高水产品品质,大力增强其碳汇能力,促使渔业在节能减排和扩增碳汇容量等方面发挥更加重要的作用。

### 参考文献

李娇,关长涛,公丕海,崔勇,黄滨,2013.人工鱼礁生态系统碳汇机理及潜能分析. *渔业科学进展*, 34(1): 65-69.

刘慧,唐启升,2011.国际海洋生物碳汇研究进展. *中国水产科学*, 18(3): 695-702.

孙军,2011.海洋浮游植物与生物碳汇. *生态学报*, 31(18): 5372-5378.

孙军,2013.海洋浮游植物与渔业碳汇计量. *渔业科学进展*, 34(1): 90-96.

唐启升,方建光,张继红,蒋增杰,刘红梅,2013.多重压力胁迫下近海生态系统与多营养层次综合养殖. *渔业科学进展*, 34(1): 1-11.

肖乐,刘禹松,2010.碳汇渔业对发展低碳经济具有重要和实际意义 碳汇渔业将成为新一轮渔业发展的驱动力——专访中国科学技术协会副主席、中国工程院院士唐启升. *中国水产* (8): 4-8.

解绶启,刘家寿,李钟杰,2013.淡水水体渔业碳移出之估算. *渔业科学进展*, 34(1): 82-89.

杨健,苏彦平,刘洪波,戈贤平,2012.内陆渔业生态系统的碳循环特征及碳汇机制. *水产学报*, 36(5): 794-800.

岳冬冬,王鲁民,2012.中国低碳渔业发展路径与阶段划分研究. *中国海洋大学学报(社会科学版)* (5): 15-21.

张波,孙珊,唐启升,2013.海洋捕捞业的碳汇功能. *渔业科学进展*, 34(1): 70-74.

(责任编辑:杨郁霞)