

# 网箱和围拦养殖评论： 中国

Jiixin Chen<sup>1</sup>、Changtao Guang<sup>1</sup>、Hao Xu<sup>2</sup>、Zhixin Chen<sup>2</sup>、Pao Xu<sup>3</sup>、Xiaomei Yan<sup>3</sup>、Yutang Wang<sup>4</sup>和Jiafu Liu<sup>5</sup>

Chen, J.、Guang, C.、Xu, H.、Chen, Z.、Xu, P.、Yan, X.、Wang, Y.和Liu, J.

网箱和围拦养殖评论：中国。见于M. Halwart、D. Soto和J.R. Arthur（等）。《网箱养殖—区域评论和全球概览》，第44–58页。联合国渔业技术论文。第498号。罗马，联合国粮农组织，2010。199页

网箱和围拦<sup>6</sup>养殖在中国有悠久的历史，但针对食物生产和观赏目的而发展的现代集约型网箱养殖起始于20世纪70年代。网箱/围拦养殖最初在淡水环境中开展，最近已经在半咸水和海水系统中得以实施。由于具有可节省土地和能源以及高产等优势，自20世纪70年代以来，网箱/围拦养殖迅速在国内推广。2005年，内陆网箱和围拦面积分别为7 805和287 735公顷。淡水养殖种类数量目前超过30种，包括鲤鱼、罗非鱼、欧鳊、鳊鱼、狼鲈和鲈鱼等鱼类，以及甲壳类、龟类和蛙类。2005年淡水湖与河中鱼类和其他水生动物的网箱和围拦产量分别为704 254公吨和473 138公吨。

分布于沿海省市和地区的传统海水鱼类网箱数量估计有一百万个。自20世纪90年代以来，近海网箱养殖一直被认为是21世纪最合适的水体鱼类养殖方法。目前，已经养殖了40多个海水鱼类种类，其中27个种类在孵化场培育。已开发了六个近岸网箱模型，目前约3 000个网箱投入了生产。2005年，传统网箱和近海网箱的容量分别达到了1 700万和510万立方米；同年所有沿海网箱的产量为287 301公吨。

在一些水产养殖场所，特别是湖泊、水库和内湾中的水产养殖场所，由于设置了过多的网箱或围拦，以及随后导致的疾病问题已经影响了生态平衡。每年由疾病导致的直接损失总计为1 000万美元或更多，约占水产养殖总损失的1%。

中国政府的渔业政策要求本地有关部门将网箱和围拦养殖数目限制在合理的水平，以维护生态平衡和环境和谐。

<sup>1</sup> 中国青岛黄海水产研究所

<sup>2</sup> 中国上海渔业机械仪器研究所

<sup>3</sup> 中国无锡淡水水产研究所

<sup>4</sup> 中国北京国家水产养殖技术推广站

<sup>5</sup> 中国福建省宁德市大黄鱼协会

<sup>6</sup> 网箱：漂浮的培育设施，底部封闭，周围也由木材、格网和网筛封闭。允许自然水流通过侧边交换（在大多数情况下，在网箱下方交换）。围拦：固定于底部基质并设有围拦的网状结构，水流可自由交换，围拦结构底部通常是由所在水体的自然底部构成。围拦一般围住较大容量的水体。

## 背景

受联合国粮农组织的委托，本次调查是有关全球网箱养殖现状系列报告的一部分，本论文于2006年7月3日至8日在中国杭州举办的第二届亚洲网箱养殖国际研讨会（CAA2）上发布。

本论文评论了中国网箱和围拦养殖的历史和现状，探讨了对发展具有影响的问题，并提出了中国可持续发展的道路。有关中国网箱和围拦养殖的数据很少分开探讨，因此此处将其作为整体进行报告。但如果可能，本论文尽可能对两个生产系统进行区分。

## 中国网箱和围拦养殖的历史和起源

中国现代网箱和围拦养殖始于20世纪70年代，有30多年的发展历史（Hu, 1991; Wang, 1991）。在此期间，网箱养殖已成为中国渔业不可分割的一部分。2005年，网箱/围拦养殖产量达到146万公吨，其价值占水同年产养殖总产量的4.4%，容量占2.9%（渔业局，2005）。尽管所占百分比只是本国水产养殖总产出的一小部分，但这些生产方法的优点已经成为了促进鱼类养殖发展的重要因素。利用从网箱和围拦养殖中获得的经验，中国养殖者在网箱和围拦设计以及管理方法方面取得了重大进步。同时，网箱/围拦养殖促进了第二产业（渔网生产）的发展，并为农村劳动力创造了新的就业机会。但养殖者仍面临许多限制因素，包括：（i）水产养殖场所网箱和围拦过载导致的环境问题；（ii）对近海网箱的过量投资导致了小规模养殖者和投资者的财政问题；（iii）缺乏近海网箱和有关设置的运营技术。网箱养殖者、决策者和投资者面临如何解决这些限制因素的难题，以实现网箱和围拦养殖的可持续发展。

## 内陆鱼类网箱养殖

中国具有淡水鱼内陆网箱养殖的悠久历史。大约800年前，中国渔民开始小孔网箱养殖从河里捕获的鱼苗，在网箱内临时养殖15到30天，然后进行出售（Zhou, 1243）。

天然鱼苗收集和小规模池塘鱼类养殖方法当前仍在广泛使用（仅1973年开始的大型现代网箱养殖）（Hu, 1991; Xu和Yan, 2006）。使用水库的初级生产（浮游植物），设立网箱用于养殖银鲤（*Hypophthalmichthys molitrix*）和鳙鱼（*Aristichthys nobilis*）。使用大型幼鱼

(>13 cm) 可在回放到水库中时提高存活率。本方法目前仍在广泛使用。此后，该方法进一步发展用于在网箱中养殖二龄银鲤和鳙鱼幼鱼。从1977年起，开发了技术用于在不增加饲料的情况下进行食用规格银鲤和鳙鱼的网箱养殖。同时，利用饲料开展了草鱼（*Ctenopharyngodon idella*）、武昌鱼（*Megalobrama amblycephala*）和鲤鱼（*Cyprinus carpio carpio*）的网箱养殖。

为探索更有效利用中国水资源的途径，20世纪80年代，网箱养殖进入快速发展时期。在此期间，中国网箱养殖的主要特征包括：（i）利用天然浮游生物生产力养殖银鲤和鳙鱼幼鱼，以供水库蓄养；（ii）不利用饲料将银鲤和鳙鱼幼鱼养大，（iii）两个或多个鱼种的网箱混养。在本阶段，网箱养殖获得了一定的产出，但单位面积产出和经济收益不太令人满意。从20世纪80年代末起，进行了多种网箱养殖技术实验，旨在增加鱼类产量或经济收益。在此期间，针对以下两种模式的技术得以快速发展和推广：（i）使用全营养饲料在高蓄养密度下的鲤鱼单一网箱养殖，养殖阶段从幼鱼到成鱼；

（ii）使用水生植物进行草鱼的网箱养殖。

20世纪90年代，中国的网箱养殖技术获得了重大突破。许多新种类开始养殖，并使用了配方饲料。网箱养殖的种类扩展到鲫鱼

（*Carassius carassius*）和武昌鱼（这两种鱼通常在池塘中养殖）、虹鳟鱼（*Oncorhynchus mykiss*）、罗非鱼（*Oreochromis spp.*）和叉尾鲷（*Ictalurus nebulosus*）、从其他国家引入的外来种类、以及宝石斑鱼（*Scortum barcoo*）、鳊鱼（*Siniperca chuatsi*）和鳊鱼（*Parabramis pekinensis*）等食肉鱼类。

随着小规模网箱养殖的扩展以及养殖种类的增加，资本力量较小的个体鱼类养殖者日益采用网箱养殖。优良的开放水域环境条件与高产出的网箱养殖技术相结合可生产出优质的水产养殖产品，提高生产效率以及市场竞争力，从而维持中国网箱养殖行业的持续发展。

## 围拦养殖历史

50多年以来，中国鱼类养殖者在湖泊和河流中圈起大面积区域（两侧或三侧为堤坝）进行水产养殖。但该方法限制了水流交换，并且粗放型养殖方法产量和经济收益低。20世纪70年代，在“水生植物型”湖泊中（即湖泊的植物区系包括轮藻属、水韭属、水蕨属、莲子草属等可用作食草鱼类和蟹类饲料的特征水生植物）过度地蓄养草鱼将使这些湖泊转变成“水生藻类型”湖泊。为可持续地使用水生植物资源，主要水生海草型湖泊中开展了围拦养殖实验。20世纪80年代末，围拦养殖快速发展，普遍地应用于水产养殖生产中。中国围拦养殖主要根据以水底植物为主食的食草鱼的养殖原理进行。研究和观测调查表明：（i）水底植物具有很高的生物生产力；（ii）采取可增加水生植物产量的技术不仅能提升围拦养殖的鱼类产量和经济收益，还能推迟湖泊富营养化（即湖泊退化成沼泽）；（iii）围拦养殖是具有良好生态效应的养鱼方法，适合于可持续发展。自20世纪90年代以来，围拦养殖已成为首选的养殖方法，主要用于中华绒螯蟹（*Eriocheir sinensis*）的养殖。

### 海水网箱养殖历史

20世纪70年代，广东惠阳县和珠海市开始进行海水鱼类（包括石斑鱼和海鲤）的网箱养殖。这些成功的试验是中国首次尝试进行海水网箱养殖（Chen和Xu, 2006; Xu和Yan, 2006）。到1981年，试验性海水网箱养殖发展到大规模生产。几乎所有海水网箱产量都出口到香港和澳门市场，获得了重大的经济效益。在1984年，其他国家和省份（例如福建和浙江省）也开始了海水鱼类网箱养殖。调查数据显示，广东、福建和浙江三省的海水鱼类网箱数量已超过57 000个，养殖了40多个海水鱼类种类。在早期发展阶段，网箱养殖处在手工水平。从20世纪90年代起，才开展了促进现代网箱系统发展的研究，主要是为了跟上赤鯮（*Pagrus major*）、日本鲈（*Lateolabrax japonicus*）、军曹鱼（*Rachycentron canadum*）和黄鱼（*Larimichthys crocea*）等海水鱼类的养殖技术的发展。自21世纪初以来，中国海水网箱养殖一直保持快速发展。目前，海水网箱数量已达到约100万个，分布于中国沿海省份和地区：辽宁、山东、江苏、浙江、福建、广东和海南省以及广西壮族自治区。在这些省份和地区，已建成约3 000个近海网箱。

### 当前情况

#### 网箱和围栏养殖的优点

中国非常重视网箱和围栏养殖的发展，因为这些水产养殖系统：

- 直接和有效地利用自然资源；
- 节约国土资源，因为网箱养殖无须挖掘池塘（例如，1995年江苏省的网箱/围栏养殖产量是69 111公吨，等于9 213公顷池塘（平均产量为7 500千克/公顷）的产量。）
- 节省能源，无需灌溉和通风设备；
- 是集约型高产养殖方法；（与人工租赁相比，在投入和产出方面均更可控。此外，它们能全面利用开放水体的优点，包括优良的水质、高效的水流交换、较少的疾病以及高产的能力。）
- 为农村劳动力创造就业机会，有助于某些内陆地区的脱贫；
- 保护自然鱼类资源，提升特定湖泊区域的鱼类总产量。（例如，1985年主要依靠捕获渔业的潟湖鱼类产量为150千克/公顷。1990年开展围栏养殖后，产量上升至495千克/公顷，增长了3.3倍，到1994年达到698.52千克/公顷，或十年内总增长率为460%（图1）。）

图1  
采用围栏养殖技术后潟湖鱼类产量的增长情况

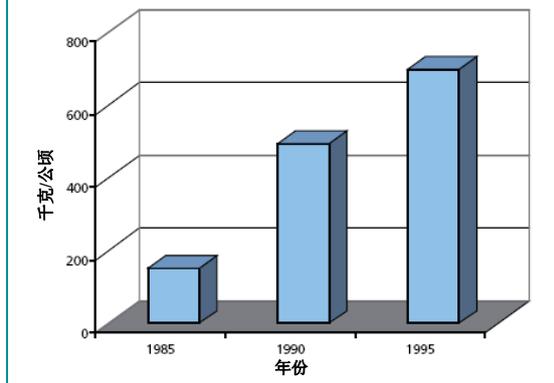


表1

中国自然水体的鱼类产量

系统	面积 (A) (公顷)	产量 (Y) (公吨)
开放水域		
湖泊	939 700	1 147 000
水库	1 689 600	2 051 000
河流	377 400	773 000
小计	3 006 700	3 971 000
开放水域产量 (Y/A)	1.32公吨/公顷	
网箱	5 310	592 300
网箱产量 (Y/A)	111.54公吨/公顷	
围栏	301 900	487 700
围栏产量 (Y/A)	1.61公吨/公顷	

来源：渔业局，2004；Xu和Yan, 2006

#### 内陆网箱和围栏养殖的现状

在中国开展湖泊、水库或河流网箱或围栏养殖之前，必须对水体进行检查，以确定条件是否适合。网箱养殖适合于以高密度进行鱼类单一养殖（主要利用饲料进行养殖）。深度大或水位波动大且营养不足的水体适于网箱养殖。围栏养殖适用于多个种类高密度混养，使用天然饲料或补充饲料产品。水位波动小于1米，水深小于3米且水生植物非常丰富的水体适于围栏养殖。它们也适合应用高产技术（这些技术用于中国的池塘综合养鱼，如同在开放水体中应用的那样）。

2004年，中国的内陆自然水体包括939 700公顷湖泊、1 689 600公顷水库、377 400公顷河流，渔业产量分别为1 147 000公吨、2 051 000公吨和773 000公吨（表1）。这些水体中的5 310公顷用作网箱养殖，产量为592 333公吨，301 900公顷用于围栏养殖，产量为487 751公吨。值得注意的是，网箱养殖每公顷的产量远远大于自然水体养殖或围栏养殖的产量。因此，在初期推广后，开放水域的网箱养殖技术迅速得以开发，并继续保持发展。

引入两种水产养殖方法时使用的技术概述如下:

### 淡水养殖种类

淡水中养殖的主要种类见附录1。网箱养殖中饲料喂养的鱼主要包括鲤鱼、草鱼、鲫鱼、虹鳟鱼、罗非鱼、叉尾鮰、其他鲶鱼、鳊鱼和鳙鱼。网箱养殖中非饲料喂养的鱼包括银鲤和鳊鱼的幼鱼和成鱼。

围拦养殖的主要是食草鱼。养殖的鱼中大约85-90%是草鱼和武昌鱼,余下的是银鲤、鳊鱼、鲤鱼和鲫鱼。

### 规格和类型

网箱养殖所用的主要是4×4×2.5 m或5×5×2.5 m的网箱,以及2×2×1.5 m或3×3×1.5 m的小型网箱。水库中使用的所用网箱是漂浮的,而在浅水湖泊中,也可使用固定网箱。在中国北部,冬天一些湖泊和水库会结冰,因此普遍采用深水网箱,可潜入到冰层以下2米处。在流动的河流中可使用船形网箱。在灌溉渠道中,使用2×2×1 m大小的小型金属网箱可有效地喂养鱼类。网箱的网孔大小随蓄养的鱼的规格而变化,平均体长为3.9 cm的鱼使用1.0 cm的网孔,平均体长为11.6 cm的鱼使用3.0 cm的网孔,网孔规格约等于体长的25%。

养殖淡水鱼所用的大多数围拦面积约为0.6-1公顷,固定于水位波动较小的浅水湖中。养殖蟹类的围拦大多数是固定的,面积约为2-4公顷。考虑到年度水位变化,根据本地条件可设计高堤坝、低拦网的围拦。

### 蓄养密度

蓄养密度随网箱类型、养殖的种类和本地条件的变化而有差异。示例如下:

#### 1) 滤食鱼类: 银鲤和鳊鱼的鱼苗和大型幼鱼。

小型幼鱼应养殖于富营养的水中(浮游植物的生物量应大于200万个细胞/升;浮游动物生物量大于2 000/升)。网箱蓄养密度为200-300条鳊鱼夏季鱼苗以及20-30%的银鲤(蓄养比为9:1),反之亦然。此外,每个网箱中还养殖了20-30条鲤鱼或罗非鱼,以控制杂草粘附于网上。

#### 2) 肉食性鱼: 鳊鱼或桂鱼(*Siniperca* spp.)。

鳊鱼是中国典型的肉食性鱼。银鲤、鳊鱼和鳊鱼(*Cirrhinus molitorella*)的鱼苗和幼鱼一般用作饲料鱼。饲料鱼的大小与鳊鱼的口裂有关,适合于体长为3-7 cm鳊鱼的饲料鱼大小为1.5-4.0 cm,适合于体长为21-26 cm鳊鱼的饲料鱼大小为10-18 cm。网箱蓄养密度约为10-15条/平方米;蓄养幼鱼的规格约为50-100 g。

#### 3) 以颗粒饲料为食的鱼: 大口鲈鱼(*Micropterus salmoides*)。

大口鲈鱼是从美国引入的外来鱼种。网箱的蓄养密度取决于鱼的大小,5-6、50、50-150和150 g大的鲈鱼适合的密度分别为500、300、200-250和120条/m<sup>2</sup>。

#### 4) 杂食性鱼: 鲤鱼。

网箱中鲤鱼的蓄养密度与食用配方颗粒饲料的大口鲈鱼类似。由于每条幼鱼的大小为50-150 g,蓄养密度约为100条/平方米。当周围环境非常合适时,密度可增至200条甚至更多。

围拦养殖以多个种类的混养为基础,蓄养密度与主要养殖鱼的大小、个体生长速率和预期再捕率的联系最密切。当围拦用于养殖中华绒螯蟹时,幼蟹(每只约10 g)的蓄养密度约为15 000个/公顷。

### 养殖期和单位面积水体的产量

养殖期一般为240到270天。单位面积水体的产量由网箱或围拦大小、所采用的养殖技术类型以及养殖运营的目标决定,因此存在很多的变化:产量可高至200 kg/m<sup>3</sup>(使用饲料),也可低至2-3 kg/m<sup>3</sup>(不使用饲料)。根据国家2004年数据,网箱单一养殖的平均产量为11.15 kg/m<sup>2</sup>,围拦单一养殖的平均产量为0.16 kg/m<sup>2</sup>。这表示总产量水平非常低(Xu和Yan 2006)。

图2  
简易粗糙的传统网箱



图3  
近岸水域中密集的近岸网箱



### 适销规格和价格

中国国内的水产品市场非常大。本地市场需求与本地消费者相关。一般地，中国人喜欢整鱼烹制，而不喜欢鱼片或其他经过加工的鱼产品。因此，500–600 g重的鱼适合销售。在长江下游地区，草鱼和青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*) 的适销规格是3 000 g以上。

表2

#### 中国传统海水鱼类网箱的数量和分布

年份	地址	网箱数量
1993	广州、福建和浙江省	57 000
1998	所有沿海省份	200 000
2000	所有沿海省份 (福建省450 000)	> 700 000
2004	所有沿海省份和地区	1 000 000
单个地区:	福建	540 000
	广东	150 000
	浙江	100 000
	山东	70 000
	海南	50 000
	其他省份和地区	100 000

来源: Guan和Wang (2005); Chen和Xu (2006)

市场价格取决于鱼种。传统水产养殖生产的鱼的价格一般为6–30元/千克。某些稀有鱼类的定价是50–100元/千克，甚至更高。野生鱼类的价格一般比水产养殖的鱼类高，网箱养殖鱼类的价格比池塘养殖的鱼类高，稀有鱼种的价格比传统鱼种高。

在淡水鱼产品中，日本沼虾 (*Macrobrachium nipponense*)、白米虾 (*Exopalaemon modestus*) 和中华绒螯蟹的价格一般比鱼的价格高。

### 海水网箱鱼类养殖的现状

传统网箱仍占目前使用的海水网箱中的大多数。分布于中国沿海省份和地区的网箱总数约为100万个。这些网箱以手工方式运营；它们规模较小（一般为3×3 m到5×5 m，网高为4–5 m），结构简单（方形）且形状粗糙（图2）。

表3

#### 中国近海网箱的数量和分布

型号	浙江 <sup>c</sup>	山东	福建	广东	其他省	总计
HDPE 圆形网箱	640	495	488	60	100	1 800
浮绳网箱	1 083	—	—	150	—	1 300
盘状深水网箱	13	—	—	—	—	13
其他	51	110	—	—	100	180
总计	1 787	605	488	210	200	3 293

来源: Guan和Wang (2005) 以及Chen和Xu (2006)<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> 网箱容量: >500 m<sup>3</sup>。

<sup>b</sup> 近海网箱位于远离海岸的场所，会经常遇到急流和大浪。

<sup>c</sup> 浙江省的数据收集于2004年上半年，其他数据收集于2005年。

制作网箱的材料来自本地市场，材料包括竹子、木板、钢管以及PVC或尼龙网。网箱所有人的运营原则是低投资成本且易于操作。因此，大多数近岸网箱都是养殖者自己制作。由于这些网箱不能抵抗台风或急流导致的波浪，它们必须设置于近岸水域和遮蔽场所。在一些地点，网箱相连形成大型漂筏，飘于小型内湾中（图3）。

大多数海水网箱（中国网箱总数的80%）位于福建、广东和浙江省（表2和3）。网箱养殖的种类超过40种（见附录2），除了一些稀有种类外，几乎所有这些种类都在孵化场繁殖。

### 海水鱼类养殖的网箱大小和类型

海水鱼类养殖所用的传统网箱较小，结构简单，一般为5×5×5 m，大多数使用木板、竹子、钢管或其他本地材料制作。

传统网箱一般由养殖者自己制作，因此其成本比近海网箱的成本低。根据作者获得的调查结果，每个网箱制作成本约为250美元（规格如上述）（包括尼龙网）。传统网箱的使用寿命约为8到10年。

生长阶段每个网箱的蓄养密度为500–600条鱼。小杂鱼一般用于喂食，因为养殖者认为其成本比颗粒饲料低。使用小杂鱼进行喂食的成本约为1.5美元/千克鱼。2005年福建省的批发（养殖场）鱼价是：黄鱼2.0–2.5美元/千克，赤鯮3.0–3.5美元/千克，红鼓鱼 (*Sciaenops ocellatus*) 1.6–2.0美元/千克，日本鲷3.0–4.0美元/千克，石斑鱼30–40美元/千克。

自20世纪90年代以来，近海网箱一直从挪威、日本、美国和丹麦等其他国家进口，作为当地政府和和其他有关部门优先发展的网箱养殖项目的一部分。目前，本地公司和研究机构生产大约六种近海网箱型号。超过3 000套近海网箱已在Xu (2004)，Guo和Tao (2004)，Guan和Wang (2005) 以及Chen和Xu (2006) 论文中重点探讨。它们的特征见表4。

表4

中国各种海水网箱的主要特征概要

网箱类型 1	FRC	HDPE	MFC	DFC	PDW	SLW
防风 (级)	12	12	12	12	12	12
抗浪 (m)	7	5	5	7	6	7
抗水流 (m/s)	≤0.5/0.5	≤1/0.5	≤1/0.8	≤1.5/1.7	≤1.0/1.2	≤1.5/1.7
容积率 (%)	50	70	70	90	80	90
框架材料 2	PPPE	HDPE	钢	钢	钢	钢
安装场所	半开放	半开放	近岸	近海	半开放	近海
安装	简易	简易	简易	困难	简易	困难
维护	困难	简易	简易	困难	简易	困难
收获	简易	简易	简易	困难	简易	困难
养殖的鱼类	深海	深海	深海	深海	底栖	深海
相关成本	低	中	中	高	中	高

### 内陆网箱和围拦养殖出现的新问题

#### 技术问题

中国可充足供应用于网箱和围拦养殖的鱼类。但长距离运输和汽车运送可能导致幼鱼死亡或受伤或引发疾病。网箱养殖的种类过多可能导致特定饲料的供应不足。滥用饲料会导致免疫和营养的缺乏，从而可能引发疾病。

#### 社会经济问题

为发展生产，从事网箱和围拦养殖的企业应将潜在市场作为首要考虑因素，然后考虑可能存在的生产问题。但是，个体渔民通常首先考虑生产成本。他们可能缺乏足够的知识和营销能力，因此不得不依靠中间人或经纪机构和经纪人。生产和销售活动相分离有可能导致过量生产。

#### 环境问题

水体的突发性污染是影响养殖业的最严重的灾难。网箱可以移走，但围拦设施不能移走，因此会遭受破坏。

影响网箱和围拦养殖的其他灾害包括不可预测的风暴和洪涝。这些灾害可破坏整个鱼类养殖场。在一些水体中，野生陆地或水生动物可能对网箱和围拦养殖造成问题。例如，龟类和河鼠可咬破网，食用死鱼，这样就使养殖鱼群逃逸，从而导致水产养殖损失。

#### 法律限制因素

在中国，各级政府都已采取政策鼓励养鱼，包括免收开放水域的租金，提供无息或低息贷款，派专家推广水产养殖技术并进行指导示范。

当网箱和围拦养殖技术推广并得以广泛应用后，这些开放水域内就有可能出现无序的网箱和围拦养殖分布，抽投喂不合适的饲料以及饲养不当等现象。

由于法律体系的缺陷，这些问题难以预防。近些年来，颁发了养殖证书，以控制水产养殖的发展，但中国仍缺乏合适的法律机制以及法律基础，不足以为水产养殖的可持续发展提供支持。

#### 其他问题

由于网箱和围拦养殖对开放水体具有重大影响，各利益相关人非常重视网箱和围拦养殖。

当养殖技术较成熟时，需要大量的科学数据，以便在保护水生资源的条件下管理网箱和围拦养殖，即在各开放水体的承载量范围内发展养殖，以实现可持续发展。这是一项复杂的多学科工作，需要大量的资本投入。

#### 海水网箱养殖的限制因素

由于传统网箱不能抵抗台风和急流导致的波浪，它们必须设置于近岸水体或遮蔽场所。过多的网箱集中于近岸水体中可能导致一系列问题（联合国粮农组织，2001，2003；Qian和Xu，2003；Huang、Guan和Lin，2004）。这些问题包括：

- 由网箱养殖导致的水体污染。主要问题是由鱼排出的代谢物以及未食用的饲料导致的污染。在水流较少和水交换期间，相连的一系列网箱可能堵塞内湾，代谢物和饲料残渣可能开始在海床上累积。根据Xu（2004），一些严重地区累积的废弃物可达一米高或一米深。此类情况已经超出了本地水生环境的自我净化能力。
- 由污染的海水导致的疾病。当由于污染导致赤潮或对水生生态造成不利影响，进而降低海水水质时，可能爆发富营养化、传染病，并降低养殖鱼的品质。这可能危害其他养殖的动物，例如牡蛎和扇贝；由于疾病和赤潮导致的水产养殖损失估计可高达10亿美元/年（Yang，2000；FAO，2001，2003），其中网箱养殖损失约占1%。

- 自然灾害。由于不能对网箱和围栏养殖实施保护，以避免台风的破坏性影响，从而导致严重的经济损失。例如，在2001年，由于“飞燕”台风袭击福建省，导致的直接经济损失达1.5亿美元。

### 发展道路

为满足市场需求并改善人类健康，增加养殖者的收入和福利，并保护水生环境，中国需要网箱和围栏养殖的可持续发展。本节主要概述应遵寻的原则和目标。

### 网箱和围栏养殖的可持续发展

在初期阶段，养殖者和决策者注意到网箱和围栏养殖的优点，但忽略了在本行业发展过程中可能出现的潜在问题。因此未对用作网箱或围栏养殖的地区进行规划，也未评估可能获得的潜在产量。所有省份和城市需要根据本地条件制定各自的网箱和围栏养殖发展计划和目标。为保护和改善中国的淡水环境，基于国家颁布的有关湖泊和水库水质（地面水环境质量标准）和水体（例如饮用水、灌溉或洪水存储）主要功能的标准，作出了是否在特定水体许可或禁止网箱或围栏养殖的决策。如果许可，将对网箱养殖进行全年的观测；如果用于网箱和围栏养殖的湖泊和水库的水质不满足最低标准，必须停止养殖或降低养殖数量。例如，天津于桥水库禁止了网箱养殖。2004年，所有网箱和围栏养殖设施移到重庆的长寿湖。在江苏太湖，可用于网箱和围栏养殖的湖区局限于西部的水草类型部分。在浙江千岛湖（面积为573公顷），为保护水质，73公顷非饲料喂养网箱和33公顷饲料喂养网箱批准用于网箱养殖（Xu和Yan, 2006）。这表明中国在发展网箱和围栏养殖时非常谨慎。

### 建立网箱和围栏养殖的生产链

在中国，大多数网箱和围栏养殖模式均使用了家族经营体系。即使所用模式为企业类型，大多数员工均来自同一个家庭。近些年来，许多养鱼家庭开始组织各种类型的“养鱼联盟”，建立涉及种鱼养殖、饲料供应、鱼类养殖、销售和加工的生产链。显然，这一新型联合模式降低了家族养殖场面临的风险，有利于中国水产养殖的发展。

### 环境、水产养殖和制定网箱/围栏养殖规范和标准之间的关系

中国目前的现状之一是人口过多，土地过少。因此粮食和畜牧生产以及水产养殖得以重视，并寻求对湖泊、水库和海水等水资源的合理利用。该政策将促进国家的粮食安全并提高中国各地区自给自足的能力。为确保渔业生产的可持续发展，必须控制养殖面积、化学品的

使用以及种类的选择。

### 围栏养殖应优先考虑保护水生植物

围栏养殖的成功取决于水生植物的充足供应。因此，保护水生植物特别重要。中国在过去20年的围栏养殖经验表明，围栏养殖区内的水生植物将在养鱼一个月后耗尽。但如果移除围栏养殖设备，水生植物将在第二年重新生长。因此，中国实施了“可移动水下牧场的鱼类围栏养殖”的政策，政策细节如下：

- 控制和观测管理；渔业管理机构对各开放水域进行管理，所有机构制定渔业管理规范。通过颁发养殖证书，养殖区得到控制和合理组织，从而防止因网箱密度过大导致水质下降。水质观测设施也可用于观测种类变化以及水生植物数量，以便为围栏规划提供依据。
- 技术规范；渔业局最近起草了《水草型湖泊中网箱和围栏养殖技术规范（待核查）》。《规范》包括可评估产量的标准化网箱和围栏养殖技术，用于保护水生植物资源，从而保护水质。这不仅有利于水产养殖的发展，还有利于提升其他渔业效益。因此可利用水草型湖泊中存在的充足的水生植物资源为鱼类提供大量低成本的饲料。《规范》包括保护水体环境条件的基础运营规程、网箱和围栏的设计与制作、幼鱼和蟹种的蓄养密度、饲料质量和应用技术、饲料应用管理技术以及收获和临时养殖技术。

### 网箱养殖管理

从上世纪末起，针对特定种类制定了网箱养殖技术规范，但这些规范只注重养殖技术，不考虑网箱养殖可能对水体造成的不利影响。本世纪，中国将继续实施这些水产养殖技术规范；但水体管理需要监测网箱布局，控制生产，基于科学规划排放废弃物，并颁发养殖证书。养鱼者将决定要养殖的种类和饲料类型，并管理喂养制度和种群的健康。但渔业检查站必须整合各层级的水产品安全检查、环境监控和鱼类疾病预防系统，对饲料的质量和安全性以及渔药的使用进行监测。

### 预防污染的技术措施

由于过量的饲料投喂、养殖鱼排出的废弃物以及渔药的不正确使用会形成饲料残渣，因此不科学的网箱养殖可对水体造成不利影响。管理者和养鱼者必须进行培训，并采取其他一些措施确保水产养殖的健康发展。这些措施包括：

- 根据特定水体承载容量控制该地区的养鱼总量，以确保鱼类养殖的可持续发展。

- 确保网箱的一般布局适合于水体类型和底质的性质。为防止疾病和瘟疫传播，网箱应以线形连接，网箱线之间的距离至少为10米；网箱不得使用棋盘布局。
- 根据食性选择要养殖的种类。是否需要喂养取决于养殖的种类（例如，如果养殖银鲤，不需进行额外喂养，因为银鲤以天然的浮游生物为食）。
- 采用科学的喂养法，改进喂养技术并控制饲料系数；
- 通过提高使用具有较低废弃物的优质漂浮饲料改进饲料配方，以降低饲料残渣；
- 在开放水域放养合适的水生动物，以改进水质；例如，可养殖银鲤和鳙鱼降低富营养化；可养殖鲤鱼、鲫鱼等鱼类去吸收网箱养殖的饲料残渣，防止残渣在底部累积；
- 保护或移植大型水生植物，保持水的清洁。

### 发展近海网箱养殖的重要性

网箱养殖在内陆鱼类养殖中发挥着重要的作用；此外，它在海水水产养殖中占有重大的比例。最近，近海网箱养殖业的发展已成为海水鱼类养殖业的重要部分。其原因如下：

- 中国人口超过13亿，人均土地资源低于世界平均水平。官方资料显示，中国有土地面积960万平方千米，是世界上第三大国家。但人均土地面积仅有0.008平方千米，远远低于0.3平方千米的世界平均水平。中国的人均农业耕地仅是世界总量的7%

（Anon., 1998；国家发展和改革委员会，2003）。据估计，到2030年，对谷物和其他粮食产品的需求将达到1.6亿公吨。作为海岸线很长的主要发展中国家，中国在面临严峻现实的情况下必须将海洋的开发和保护作为长期战略任务，以实现国家经济的可持续发展。

- 在发展海洋渔业过程中，中国遵守“加快海水养殖发展，自觉保护和合理利用近海资源，积极推广深海养殖”的原则（Anon., 1998；Yang, 2000）。自20世纪80年代中期以来，中国海水养殖一直保持快速发展，养殖种类数量和养殖区域不断增长。根据海洋渔业资源现状，中国积极调整本行业的结构，努力保护和合理利用近海空间，使海水养殖业持续适应海洋渔业生产的变化。自20世纪90年代以来，中国政府在渔业行业实施了一系列综合改革和新政策：
  - 自1995年以来，中国实施了新的“伏季休渔制度”。<sup>1</sup>每一年夏季的两到三个半月内，中国渤海、黄海、东海和南海禁止捕鱼（Yang, 2000）。在此期间，约有100 000艘渔船和100万渔民停留在海港中。
  - 1999年，针对海水捕捞渔业实施了“零增益”政策，次年实施了“负增益”政策；
  - 在2003年到2010年期间，大约30 000艘各种类型的渔船将退出该行业，超过300 000的渔民必须在其他行业（包括海水养殖）寻找就业机会。

表5

海水养殖和海洋捕捞渔业占海洋渔业总产量的比例

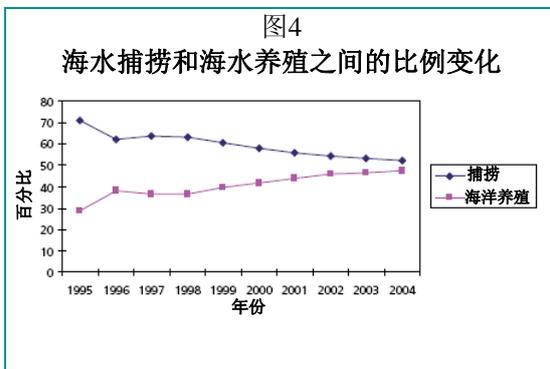
年份	海洋渔业总产量 (公吨)	海洋捕捞渔业		海水养殖	
		产量(公吨)	占总产量的百分比	产量(公吨)	占总产量的百分比
1995	14 391 297	10 268 373	71.3	4 122 924	28.7
1996	20 128 785	12 489 772	62.0	7 639 013	38.0
1997	21 764 233	13 853 804	63.6	7 910 429	36.4
1998	23 567 168	14 966 765	63.5	8 600 403	36.5
1999	24 719 200	14 976 200	60.5	9 743 000	39.5
2000	25 387 389	14 774 524	58.2	10 612 865	41.8
2001	25 721 467	14 406 144	56.0	11 315 323	44.0
2002	26 463 371	14 334 934	54.2	12 128 437	45.8
2003	26 856 182	14 323 121	53.3	12 533 061	46.7
2004	27 677 900	14 510 900	52.4	13 167 000	47.6

来源：Anon., 1998；渔业局，2000，2003，2004。<sup>a</sup>

<sup>a</sup> 编者按：此处列出的数据与联合国粮农组织报告（2006）中的数据有差异，该差异的原因是中国报告的水生植物由干重转换成湿重。因此，2004年不包括水生植物的水产品产量是10 778 640公吨，包括水生植物的水产品产量（干重）是13 167 000公吨，包括水生植物的水产品产量（换算成重量）是21 980 595公吨。

<sup>1</sup> “伏季休渔制度”的规定是为了保护自然资源，特别是有重要经济价值的鱼类和甲壳类。该规定最初于1995年在黄海、东海和南海实施。根据规定，在伏季（精确时间根据各海水的具体情况而定）渔船必须停在海港，停止所有捕鱼活动。例如，2002年，黄海休渔开始于7月1日12:00，结束于9月16日12:00；2005年休渔期延长到偶三个月，开始于6月1日，结束于9月1日。该规定由省级政府提供支持，由于渔业资源的逐渐恢复，该规定受到了渔民的欢迎。

实施这些新政策的目的是通过保护海洋资源以及促进海水养殖和海洋牧业，实现渔业的可持续发展。到目前为止，已经取得了重大发展：例如，1995年海洋渔业总产量为1 439万公吨，其中海水养殖仅占28.7%（410万公吨）。从那时起，海水养殖的比重日益增长，2004年起岸量达47.6%（1 310万公吨）（表5和图4）。在不久的将来，海水养殖预计将占中国海洋渔业总产量的大部分。因此海洋渔业产量的任何增长都是从海洋捕捞渔业转到海水养殖业。发展近海网箱养殖已成为中国政府和投资者的重点。专家估计养殖海水鱼类的产量将增至100万公吨（Wang, 2000），沿海网箱养殖无疑将在增长量中占较大的比重。



除了支持近海网箱养殖发展的有利政策外，养殖者和研究机构还从有关部门获得了财政支持。发展近海网箱养殖需要高投资，具有高风险。由于个体养殖者无力为近海网箱养殖的发展提供资金或承担相关风险，中国中央政府和省级部门为该项目提供强大的支持。该项目的投资来自多个方面，估计超过1 000万美元。

例如，已经许可实施20个近海网箱养殖项目，并在过去五年间获得了2 000元（人民币）的财政支持。此外，自2001年以来，浙江、福建、广东和山东省安排了专用资金（5 000多万元）用于发展近海网箱养殖。一部分资金用于研发，并为渔民购买近海网箱提供直接支持。这些财政激励和优惠政策促进了近海网箱养殖的发展和推广。调查数据显示，沿海省份安装了大约3 300不同型号的近海网箱，其中1 800

个塑料软管（高密度聚乙烯HDPE）圆形网箱分布于浙江、山东、福建和广东省。另外1 300个漂浮绳索网箱安装于浙江、广东和海南省。

根据最新的渔业数据（渔业局2003，2004，2005），目前海水鱼类产量占中国海水养殖总产量的5%以下，大部分产量来自海藻、软体动物和甲壳类养殖。

为满足对优质海水鱼类的需求，近海网箱鱼类养殖被认为是不可缺少的措施。原因是(i)内湾和遮蔽场所的容量已满，不能再容纳更多的网箱，无更多的空间供本行业拓展(ii)沿海土地价值高，不可能用于建设海水养殖的池塘。鉴于这些因素，近海鱼类网箱养殖被认为是提升海水鱼类产量的首要选择。虽然大多数海水养殖是家庭经营，但超出大部分中国渔民能力的近海网箱养殖却适合大规模经营。

因此，我们相信近海鱼类网箱养殖是提升优质有鳍鱼产量的必不可少的途径，但完全发掘其潜力仍至少需要五到十年，甚至更长的时间。

### 结论和建议

中国已经认识到国家经济和社会跨世纪综合发展规划中海水和淡水环境资源的合理利用和保护问题，并在环境计划中将可持续发展作为基本策略。随着社会生产力的持续发展，国家综合实力的进一步增强以及人们对环保重要性的认识日益加深，中国的网箱和围拦养殖计划必定将获得更大的发展。通过与其他国家和国际组织的合作，中国将发挥其应有的作用，努力使人类的水产养殖和环境保护实现可持续发展。

发展网箱和围拦养殖是一项长期水产养殖策略，因此在未来几年内将日益重视其发展。它具有深远的社会效应和环境影响。毫无疑问，目前关键是要通过合理规划和科学决策来改善现状，以确保中国水产养殖和世界渔业的可持续发展。

## 参考文献

- Chen Z.X. & Xu H.** 2006. General review on the studies of offshore cages in China and its developmental direction. *Fishery Modernization*, (In press).
- FAO.** 2006. *FAO Yearbook. Fishery statistics. Aquaculture production 2004*. Vol. 98/2. Rome.
- Fisheries Bureau.** 2000. *China fisheries statistical compilation (1994–1998)*. China, Ministry of Agriculture.
- Fisheries Bureau.** 2003. *Annual statistics on fisheries, 2003*. China, Ministry of Agriculture.
- Fisheries Bureau.** 2004. *Annual statistics on fisheries, 2004*. China, Ministry of Agriculture.
- Fisheries Bureau.** 2005. *Annual statistics on fisheries, 2005*. China, Ministry of Agriculture.
- Froese, R. & Pauly, D. (eds).** 2006. *FishBase*. World Wide Web electronic publication www.fishbase.org, Version 07/2006.
- Guan C.T. & Wang Q.Y.** 2005. The technique and development of marine cages of China. *Fishery Modernization*, 3: 5–7.
- Guo G.X. & Tao Q.Y.** 2004. Offshore cage culture technique in China and its development prospects. *Scientific Fish Farming*, 7,8,9: 10–11.
- Hishamunda, N. & Subasinghe R. P.** 2003. *Aquaculture development in China: the role of public sector policies*. FAO Fish. Tech. Pap. No. 427, Rome, FAO. 64 pp.
- Hu, B.** 1991. Technical development history of Chinese cage culture. In Chapter 8, *Technical Development History on Chinese Freshwater Aquaculture*, pp. 139–149. Beijing, Science and Technology Press.
- Huang B., Guan C.T. & Lin D.F.** 2004. Problems in the development of offshore cages and their analysis. *Fishery Modernization*, 4: 34–35.
- Jia J.S. & Chen J.X.** 2001. FAO. *Sea farming and sea ranching in China*. Fish. Tech. Pap. No. 418. Rome, FAO. 71 pp.
- National Development & Reform Commission.** 2003. *National Layout Program on Ocean Economic Development. Approved by State Council, P.R.China, 9 May 2003*. China, Ministry of Land & Resources, and State Oceanic Administration.
- Qian C.M. & Xu H.** 2003. Application and improvement of offshore cages. *Fishery Modernization*, 6: 28–31.
- Wang Y.** 2001. China P.R.: A review of national aquaculture development. In R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, (eds). *Aquaculture in the Third Millennium*, pp. 307–316. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand, 20–25 February 2000. NACA, Bangkok and FAO, Rome.
- Xu J.Z.** 2004. Wave-resistance cage culture technique in deep sea. *Scientific Fish Farming*, 4,5,6: 10–11.
- Xu P. & Yan X.M.** 2006. Cage/pen culture in China's inland waters. *Scientific Fish Farming*. (In press).
- Yang J.M.** 2000. Forth wave forthcoming up to us. *China Seas Newspaper*, No. 971, 8 December, China, News Office, State Council.
- Wang, Y.** 1991. Technical development history of Chinese aquaculture in lakes. In Chapter 4, *Technical Development History on Chinese Freshwater Aquaculture*. pp. 61–81. Science and Technology Press, Beijing.
- White book on the development of China's marine programmes.** Released by P.R. China, May 1998.
- Zhou, M.** 1243. 癸辛杂识. (“Gui xin za shi”).

## 附录1:

## 中国网箱和围栏养殖的淡水鱼和其他水生动物

中文名	英文名 <sup>a</sup>	学名	产地
青鱼	Black carp	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	本地
草鱼	Grass carp	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	本地
鲢	Silver carp	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	本地
鳙	Bighead carp	<i>Aristichthys nobilis</i>	本地
鲤	Common carp	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	本地
锦鲤	Koi	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	外来
鲫	Goldfish	<i>Carassius auratus auratus</i>	本地
鳊	White Amur bream	<i>Parabramis pekinensis</i>	本地
三角鲂	Black Amur bream	<i>Megalobrama terminalis</i>	本地
翘嘴红鲌	Predatory carp	<i>Culter erythropterus</i>	本地
鳊	Chinese perch	<i>Siniperca chuatsi</i>	本地
虹鳟	Rainbow trout	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	外来
香鱼	Ayu	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	本地
罗非鱼	Nile tilapia, blue tilapia	<i>Oreochromis niloticus, O. aurea, and their hybrid</i>	外来
澳洲宝石鲈	Barcoo grunter	<i>Scortum barcoo</i>	外来
加州鲈	Largemouth bass	<i>Micropterus salmoides</i>	外来
长吻鮠	Long-nose catfish	<i>Leiocassis longirostris</i>	本地
黄颡鱼	Yellow catfish	<i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	本地
乌鳢	Snakehead	<i>Channa argus argus</i>	本地
大口鲶	Largemouth catfish	<i>Silurus meridionalis</i>	本地
斑点叉尾鮰	Channel catfish	<i>Ictalurus punctatus</i>	外来
革胡子鲶	North African catfish	<i>Clarias gariepinus</i>	外来
短盖巨脂鲤	Pirapitinga	<i>Piaractus brachypomus</i>	外来
黄鳝	Swamp eel	<i>Monopterus albus</i>	本地
泥鳅	Oriental weatherfish	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	本地
鲟	Sturgeon	<i>Acipenser spp.</i>	本地
匙吻鲟	Mississippi paddlefish	<i>Polyodon spathula</i>	外来
中华绒螯蟹	Chinese mitten crab	<i>Eriocheir sinensis</i>	本地
青虾	Freshwater prawn	<i>Macrobrachium nipponense</i>	本地
罗氏沼虾	Giant river prawn	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	外来
龟	Freshwater turtle	<i>Chinemys spp. (and others)</i>	本地

<sup>a</sup> 学名和英文俗名（如果有）摘自 Froese and Pauly (2006)。

## 附录2:

## 中国孵化场培育和网箱养殖的重要经济鱼类

中文名	英文名 <sup>b</sup>	学名	产地
鳊	Flathead mullet	Mugil cephalus	本地
梭鱼 <sup>a</sup>	So-iuy mullet	Mugil soiuy	本地
鲈鱼 <sup>a</sup>	Japanese seaperch	Lateolabrax japonicus	本地
遮目鱼/虱目鱼	Milkfish	Chanos chanos	本地
军曹鱼, 海鲷	Cobia	Rachycentron canadum	本地
尖吻鲈	Barramundi	Lates calcarifer	本地
赤点石斑鱼 <sup>a</sup>	Hongkong grouper	Epinephelus akaara	本地
青石斑鱼 <sup>a</sup>	Yellow grouper	Epinephelus awoara	本地
锐首拟石斑鱼 (驼背鲈/老鼠斑)	Humpback grouper	Cromileptes altivelis	本地
大黄鱼 <sup>a</sup>	Croceine croaker	Larimichthys crocea	本地
鲩状黄姑鱼	Amoy croaker	Argyrosomus amoyensis	本地
眼斑拟石首鱼 <sup>a</sup> (美国红鱼)	Red drum	Sciaenops ocellatus	外来
真鲷 <sup>a</sup>	Red seabream	Pagus major	本地
黑鲷	Black porgy	Acanthopagrus schlegelii	本地
平鲷	Goldlined bream	Rhabdosargus sarba	本地
笛鲷	Snappers	Lutjanus spp.	本地
胡椒鲷	Sweetlips	Plectorhinchus spp.	本地
大泷六线鱼	Fat greenling	Hexagrammos otakii	本地
黑平鲷	Black rock-fish	Sebastes pachycephalus nigricans	本地
牙鲆 <sup>a</sup>	Bastard flounder	Paralichthys olivaceus	本地
漠斑牙鲆 (南方鲆)	Southern flounder	Paralichthys lethostigma	外来
夏鲆	Summer flounder	Paralichthys dentatus	外来
石鲈	Stone flounder	Kareius bicoloratus	本地
黄盖鲈	Marbled flounder	Pseudopleuronectes yokohamae	本地
大菱鲆 <sup>a</sup>	Turbot	Psetta maxima	外来
半滑舌鲷	Tongue sole	Cynoglossus semilaevis	本地
红鳍东方鲷	Torafugu	Takifugu rubripes	本地

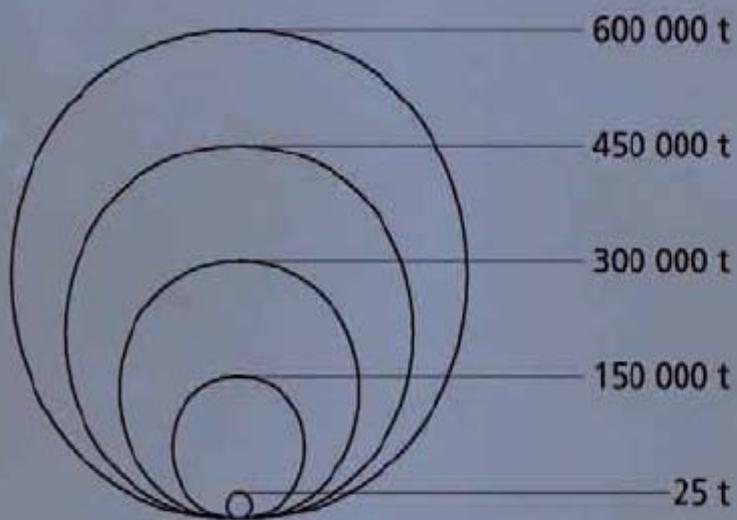
<sup>a</sup> 大规模商业养殖的主要种类

<sup>b</sup> 学名和英文俗名(如果有)摘自 Froese and Pauly (2006)。



### 2005年网箱养殖产量

数据来源于成员国向联合国粮农组织提供的2005年渔业统计。如果没有2005年的数据，则使用2004年的数据。



-  淡水
-  海水和半咸水

# 网箱养殖评论： 拉丁美洲和加勒比海地区



