

规划美国 海洋事业的航程

下 册

Pew Oceans Commission 编
周秋麟 牛文生 等 译



海洋出版社

规划美国海洋事业的航程

(下册)

Pew Oceans Commission 编

周秋麟 牛文生 杨圣云 译
王 枫 陈宝红 贺 清

海洋出版社

2005 年·北京

图书在版编目 (C I P) 数据

规划美国海洋事业的航程/美国皮尤海洋委员会编; 周秋麟, 牛文生等译.

—北京: 海洋出版社, 2005. 11

书名原文: America's Living Oceans: Charting a Course for Sea Change

ISBN 7-5027-6516-6

I. 规… II. ①美… ②周… ③牛… III. 海洋开发—调查报告—美国

IV. ①P74 ②F171.245

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 140287 号

图字: 01-2005-4558 号

America's Living Oceans: Charting a Course for Sea Change

Copyright© 2003 Pew Oceans Commission

Chinese Edition Copyright© 2005 China Ocean Press

All Rights Reserved

Guihua Meiguo Haiyang Shiye de Hangcheng

责任编辑: 杨传霞 刘丽霞

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京顺诚彩色印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 38

字数: 980 千字 印数: 1 ~ 1000 册

定价: 110.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

目次

上册

绪言

美国海洋政策的改革——皮尤委员会政策研究报告序	(3)
-------------------------------	-----

第一篇：美国活力的海洋——规划海洋变化的航程

序	(33)
前言 深水：美国海洋遭遇困境	(35)
执行总结	(37)
第一章 美国海洋的现状	(43)
第二章 公共利益的危机	(63)
第三章 详细的建议	(129)

第二篇：沿海蔓延式扩展——城市设计对美国水生生态系统的影响

摘要	(157)
第一章 沿海人口增长趋势	(159)
第二章 城市扩展的趋势	(162)
第三章 城市增长和流域保护科学	(165)
第四章 保护的战略和手段	(172)
第五章 实施措施	(181)

第三篇：美国的海洋污染——重大的成就，未来的挑战

摘要	(191)
第一章 引言	(193)
第二章 减轻污染	(195)
第三章 有毒污染物的挑战	(205)
第四章 营养盐污染的挑战	(209)
第五章 国家海洋政策的意义	(222)
结论	(226)

第四篇：美国沿海水域的引进物种

摘要	(231)
第一章 海洋生物入侵及其重要性	(233)
第二章 美国沿海水域入侵物种的扩散	(240)
第三章 海洋生物入侵的预防、减灾和控制	(247)
第四章 行动建议	(252)

第五篇：海洋自然保护区——生态系统管理和养护的手段

摘要	(257)
第一章 海洋自然保护区的介绍	(259)
第二章 生态系统、海洋威胁和海洋保护区	(266)
第三章 海洋自然保护区作为以生态系统为基础的管理的手段	(277)
第四章 结论	(289)

下 册

第六篇：渔业对生态的影响

摘要	(297)
前言	(300)

第一章 渔业捕捞的一般影响	(302)
第二章 兼捕	(315)
第三章 生境干扰和改变	(322)
第四章 行动建议	(327)

第七篇：美国的海洋水产养殖

摘要	(337)
第一章 美国水产养殖的实践	(339)
第二章 水产养殖和海洋环境	(345)
第三章 观念和选择方案	(357)

第八篇：关于美国渔业的对话

前言	(369)
引言	(370)
第一章 普遍观点	(371)
第二章 新英格兰地区	(373)
第三章 大西洋沿岸中部地区	(378)
第四章 南大西洋地区	(382)
第五章 墨西哥湾地区	(386)
第六章 太平洋地区	(390)
第七章 太平洋西海岸	(395)
第八章 阿拉斯加州	(398)

第九篇：美国海洋渔业的社会经济前景

摘要	(411)
前言	(412)
第一章 美国渔业经济现状	(415)
第二章 个案研究	(422)
第三章 结论	(426)

附件一：美国皮尤海洋委员会科学报告	(427)
附件二：美国海洋行动计划	(497)
参考文献	(533)

摘 要

渔业捕捞是海洋危机的原因吗？也许不是。上一世纪联合国报告的数据说明全球渔业产量与捕捞努力量同步上升。然而，这个简单的相关性没有说明问题的本质。下列问题掩盖了渔业产量的实际下降：错误报告的年捕捞量；渔具的技术进步提高了探鱼和捕捞能力；随着海洋生态系统中高营养阶鱼类的消失，渔船转向捕捞较低营养阶的鱼类等。

这些全球的真实情况是否也发生在美国？是的。尽管问题的严重性并不相同，但是由于美国存在休闲渔业的影响，因此本质上是一致的。在呈报国会的 2001 年报告中，国家海洋渔业署（NMFS）发现在了解其资源量的渔业对象中，大约 1/3 的渔业资源或者已经过度捕捞，或者正受到过度捕捞。虽然最近几年单物种管理技术的应用日益增多，已经开始改善资源保护情况，但现有渔业捕捞水平依然造成严重的生态和经济影响。过度捕捞、兼捕、生境退化和渔业导致的食物网的变化等的联合作用改变了生态群落的组成，改变了海洋生态系统的结构、功能、生产力和恢复弹性。关于这些生态后果的讨论将构成本报告的基础。

国家海洋渔业署生态系统原则咨询小组在其 1999 年呈报国会的报告中呼吁采取以生态系统为基础的管理途径，而了解渔业捕捞的生态后果是该途径的重要内容。该途径需要：① 关于渔业捕捞对象和偶然捕获的生物的总死亡率，其中包括按法规规定必须抛弃和兼捕的生物死亡率；② 生物物种之间的关系（如捕食者和被捕食者的关系、竞争关系等）及其栖息生境的关系的调查；③ 认识高强度捕捞导致的生态系统中生物多样性和种群结构的平衡。但是，现行的捕捞渔业严重地忽视了这些关键的要求。

根据我们对渔业捕捞的生态后果的审议，我们建议在实行以生态系统为基础的管理时，要同时广泛地开展有渔民参与的监测；要建立描述营养阶相互作用、评价渔业捕捞生态系统影响的生态系统模式；开展评价具体政策措施损益的现场适应性管理试验。在采取这种途径时，美国全体公民都有责任认识到自己是资源拥有者，有责任正确地要求美国政府承担管理责任，保证自己获得长期的利益。同时必须重建管理法规，其中要包括制定以减少管理错误和成本的海洋区划，为评价渔业捕捞的影响提供研究场所。管理法规必须要制定可实施的规章制度，要求实施船舶监测系统，以及要求对所有渔业活动实行许可制和许可证制度等措施，为执法活动提供实际的支持。

如果我们真的要挽救美国的渔业资源、保护海洋生物多样性，我们就要改革。

这也许是痛苦的改革,要在没有全面知识的前提下,同时又要较全面地把握种群动力学、结构和群落以及影响生物多样性的生态机制的情况下做出决策。我们也必须拒绝管理者不作为,要求管理者真正负起责任,否则不可能实现可持续的渔业生产的理想。

术 语

兼捕 (Bycatch): 系指在渔业对象捕捞过程中捕获、抛弃或损害海洋生物资源的行为。兼捕行为共有三类:

- 因经济原因抛弃的物种——现有经济价值低或没有经济价值的物种,如某些种类的海绵、珊瑚、鳐鱼或难以销售的捕捞对象。
- 法律制度规定必须抛弃的物种——虽然具有商业捕捞价值,但属于禁止捕捞、个体大小低于捕捞标准、捕捞配额已经用完不准捕捞的物种。
- 连带性死亡的物种——在渔业作业中被渔具或者渔民抛弃的渔具杀死的物种 (Alverson, 1998)。

个体生产力下降 (Depensation): 鱼类种群中每条鱼生产力的下降。

生态系统的过度捕捞 (Ecosystem overfishing): 渔业捕捞导致的生态系统影响,其中包括物种丰度的减少和群落结构的变化;生物丰度、生物量和某些物种生产力的严重变化;生态系统中平均营养阶的下降;生境明显改变或破坏。捕捞水平系指在传统的单物种管理条件下的可持续性可能影响其他的海洋生物资源,导致生态系统的过度捕捞。

富营养化 (Eutrophication): 系指生态系统获得过量有机物质的供应,普遍原因是营养盐负荷过高。

捕捞渔业 (Fishery): 以捕捞某种鱼类为目标的努力,以及为支持该努力形成的基础设施。

沿食物网向下捕捞 (Fishing down the food web): 系指在系统中,顺序捕捞个体最大,同时也是最有价值的鱼类(普遍是顶级捕食者)的行为。因此,最终个体较小、经济价值较低的种类(一般是被捕食者或者饵料生物)也被捕捞。

渔业捕捞死亡率 (Fishing mortality): 系指捕捞资源由于渔业捕捞活动或捕捞死亡的百分率。

“鬼捕捞” (Ghost fishing): 系指由于遗失或抛弃的渔具导致的鱼类死亡率。

生长性过度捕捞 (Growth overfishing): 渔业捕捞压力集中于个体较小鱼类时发生的现象,该现象限制了小个体鱼类达到最大生物量的能力。由于总捕捞死亡率导致的生物量损失超过生长形成的生物量,因此造成总产量的下降。

最大允许捕捞量 (MSY): 系指以可持续发展为基础,在现有环境条件下,可以捕捞的生物种群的最大平均捕捞量^①。

^① 采用这种概念作为渔业管理的参照点存在许多的陷阱,其中包括最大允许渔获量如果没有先超过该值(过度捕捞)则难以确定,而该概念是用作目标点,而不是限制点。此外,某种鱼类的最大允许渔获量在确定时没有考虑到捕捞的鱼类与其竞争者、被捕食者和捕食者之间存在的复杂关系。要求终止使用该概念 (Larkin, 1977) 和要求重新定义该概念 (Mangel, 2002) 的各种论据指出了该概念的缺点。

过度捕捞 (Overfishing)：系指降低种群连续产生最大允许捕捞量的长期能力的渔业捕捞死亡率水平或速率。

补充量过度捕捞 (Recruitment fishing)：由于亲鱼捕捞速率过高导致鱼类达到可捕捞大小的数量减少的现象。其特征是严重地减少了产卵亲鱼，降低了渔获物中年龄较高的鱼类的比例，同时每年的补充量（即年轻个体的成活率和生产率）普遍非常低。

系统恢复力 (Resilience)：系指衡量一个系统吸收变化、坚持原状的能力指标。系统恢复力决定了系统内相互关系的保持。因此，恢复能力是系统的特性，而保持（或者消失的概率）的结果则为恢复能力 (Holling, 1973; NMFS, 2001)。

年龄组 (Year-class)：系指鱼类的“世代”。各种鱼类均在一定的年龄产卵或孵化。例如，2002 年捕获的 3 龄鱼属于 1999 年的年龄组。

前 言

海洋生态系统十分多变、极其复杂。海洋生态系统受到难以预测的环境事件,如火山喷发或者流星撞击等的影响。在另一方面,这些变化的时间和空间尺度较大,如冰川期冰川的进退。海洋生态系统维持着巨大的生物多样性和恢复能力,既可以从中恢复,也可以蓄积起自然资本,即生物量或营养盐,同时支持着可持续的生物地球化学循环(Holling, 1996; Pauly et al., 1998; NRC, 1999)。当生物多样性的损失导致功能多样性降低时,则生态系统固有的不可预测性提高、恢复力降低、总生物生产力下降(Folke et al., 1996)。鉴于人类要依赖自然系统支持生物生产力,从中获取经济效益,人类应当知道自己的活动如何影响生态系统的结构和功能。

利用最原始的工业化以前的渔业捕捞技术,几千年来,人类已经从海洋中获取食物、损害着海洋生境,过度地捕捞着海洋生物(Jackson et al., 2001)。在过去的100年间,世界海域受到捕捞的百分率、从海洋中捕捞的绝对海洋生物量以及渔业捕捞技术普遍导致生境改变等的不断累计,已经降低了生态系统抵抗人为干扰和自然干扰的能力。除此以外,还有污染、气候变化和外来物种入侵等造成的影响,对于后三者本报告不作深入探讨(参见 Boesch et al., 2001 and Carlton, 2001 编写的皮尤海洋委员会报告)。

本报告全面论述了渔业捕捞实践的生态效应,其中包括直接和间接效应。生态效应包括海洋生境结构的变化。这些变化影响相关生物区系的生物多样性、生物量和生产力(Jennings and Kaiser, 1998);由于捕食者的被捕捞导致营养阶关系的中断或者短路(Pauly et al., 1998),导致海洋哺乳类、海龟、某些海鸟、甚至某些鱼类变成濒危物种(NRC, 1998)。渔业捕捞会改变生态群落的组分,导致海洋食物网中物种关系的改变。这些变化可以改变海洋生态系统的结构、功能、生产力和恢复力(图6-1)。过度捕捞、兼捕死亡和生境损害等事件显然一再发生,但继续开展的科学研究仅能为进一步记录即时效应增加信息。虽然在上述一再发生的事件中发现例外情况,但大量的证据以绝对优势说明渔业捕捞无意中海洋生态系统造成的影响是严重的、剧烈的,而且有时是不可逆转的。为了促进海洋管理,科学应在解决上述广义的生态系统影响以及渔业捕捞与其他压力的相互作用上起到作用。

我们研究常规管理途径政策的意义,是为了确保海洋生态系统的未来价值,在减轻不良生态效应方面提出建议。世界上存在管理成功的故事,但是这些故事往往是例外,而不是规律。现在需要的是与开发利用的自然极限相一致的状态。

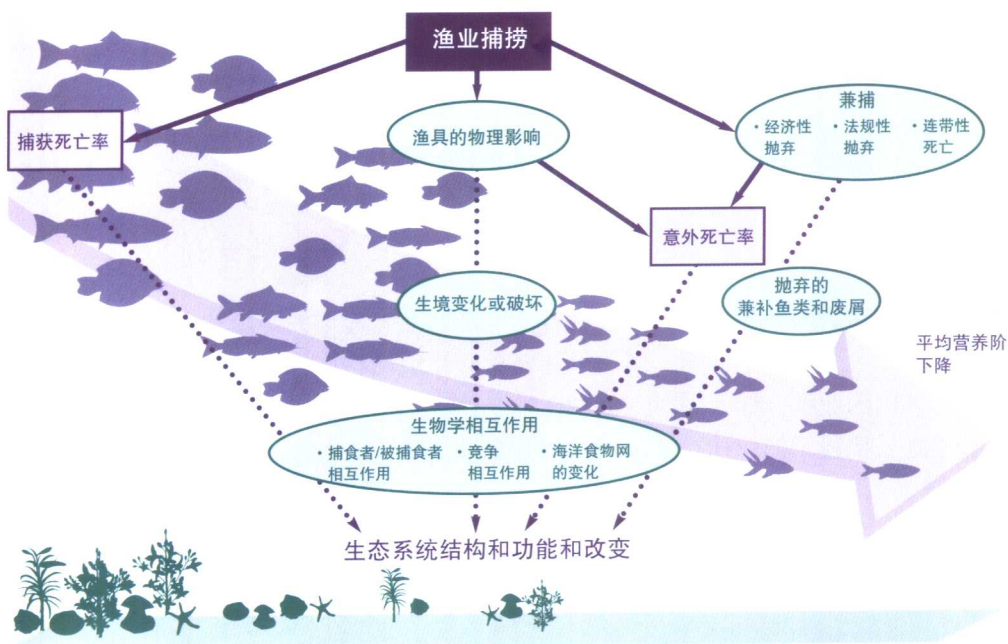


图 6-1 生态系统过度捕捞

渔业捕捞直接影响海洋鱼类种群的丰度及其（系指捕获死亡率）成熟率、大小结构、性别比例和基因组成。渔业捕捞通过兼捕、生境退化以及生物学相互作用（意外死亡率）间接地影响着海洋生物多样性和生态系统。由于这些无意的生态后果，渔业捕捞可以改变生态系统的结构和功能。随着具有商业价值的鱼类种群的减少，人们开始顺着食物网向下捕捞，结果导致世界渔获物中平均营养阶的下降。

我们需要在渔业管理中重新确定目标、全面修订管理方法，同时在管理中包括海洋生态系统固有的不确定性和不可预测性。同时，还要制定灵活的决策框架，保证该框架可以迅速地吸收新知识，并为不可预测和不可控制的事件提供一定的保险系数。人类寻求的可持续性需要具有恢复力的生态系统，而具有恢复力的生态系统取决于高度的功能多样性（Folke et al., 1996）。

第一章 渔业捕捞的一般影响

渔业捕捞,即使没有达到极端状态,也可以准确地预测出渔业资源的后果:个体数量减少、个体大小下降、成熟年龄缩短和年龄结构减小等。在这些方面,商业渔业和休闲渔业都一样。同时也可以在一定程度上预测到受捕捞资源的生态系统后果。本报告描述了渔业捕捞的影响,同时探讨了海洋系统恢复的能力。

渔业对捕捞对象的影响范围

在全世界,大约 25% ~ 30% 的渔业资源受到一定程度的过度捕捞,还有 40% 的资源受到严重或者全面捕捞 (NRC, 1999)。经验表明,属于全面捕捞的资源几乎全部要下滑到过度捕捞的状态 (Ludwig et al., 1993)。实际上,在 1980—1990 年间,过度捕捞的资源增加了 2.5 倍 (Alverson and Larkin, 1994)。这真是不幸的结局,因为过度捕捞并不是受到捕捞鱼类资源的必然结果 (Rosenberg et al., 1993)。

在过去几十年间,尽管渔业捕捞量提高了,但根据联合国粮农组织的报告,全球的渔业产量,按照重量计算,基本保持相对稳定。遗憾的是,这导致各国政府在世界渔业现状方面形成短视的满足。较为悲观的观点认为,渔具的技术进步提高了鱼群定位和捕捞能力,因此同步地掩盖了被捕捞种群衰退的真相,而且低价值资源的捕捞弥补了高价值种类的连续衰退。

最大允许捕捞量的报告是不正确的。Watson 和 Pauly (2001) 揭示说,几十年来错误报告的捕捞量掩盖了渔业产量的下降。鉴于全球的渔业捕捞努力量都在提高,因此,这可以作为世界渔业开始衰退的重要里程碑 (图 6-2)。

美国渔业的现状也好不了多少。最近关于美国渔业资源的报告说明,只有 304 种渔业资源得到全面评估 (占 959 种渔业资源的 32%), 其中将近 1/3 (93 种) 或者已经受到过度捕捞,或者正在受到过度捕捞,或者处于两者之间 (NMFS, 2002; 图 6-3)。65 种渔业资源正受到过度捕捞。81 种渔业资源已经受到过度捕捞,还有 3 种渔业资源处于接近过度捕捞的状态。在受到过度捕捞的渔业资源中,53 种渔业资源继续受到过度捕捞 (在 81 种过度捕捞的渔业资源中占 65.4%), 挫折了人们努力修复这些衰竭资源的积极性。在过度捕捞的渔业资源中,大约 31%, 包括加勒比海地区的大风螺; 墨西哥湾的眼斑拟石首鱼、石斑鱼和笛鲷; 大西洋中部的鲈鱼;

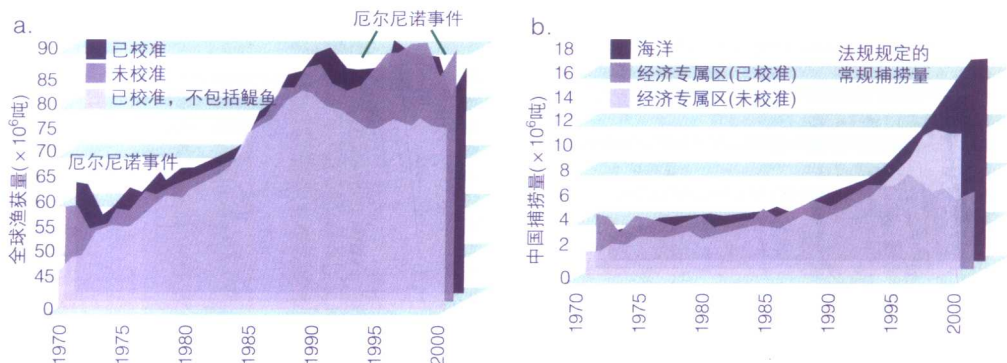


图 6-2 全球渔业捕捞量的下降

几十年渔业捕捞数据的膨胀掩盖了全球渔业生产力的严重下降。“全球和中国海洋渔业捕捞量的时间系列……图 a: 全球渔业捕捞量, 其中不包括高变量的秘鲁鳀鱼的渔获量。未校准的数据来自联合国粮农组织。校准的数据是利用图 b 的估计值取代联合国粮农组织的数据获得的。图中看不到以鳀鱼生物量为标志的对 1982—1983 厄尔尼诺/南方涛动 (ENSO) 作出的反应, 因此与上一轮在 1972 年发生的厄尔尼诺/南方涛动期间相比, 渔获量还是相当低的。图 b: 中国渔业捕捞量 (捕捞自中国专属经济区 and 远洋渔业), 从 20 世纪 80 年代中期到实行“零增长政策”的 1998 年呈指数上升。中国专属经济区的校准数据是根据渔业捕捞量的一般线性模式估计的。”

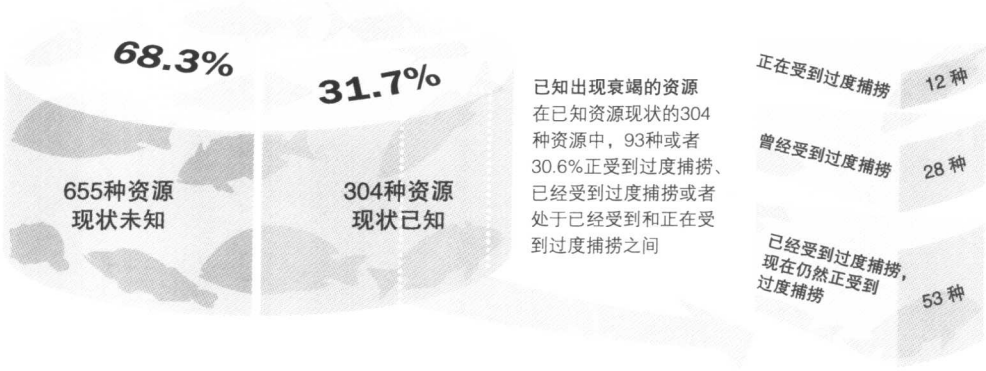
美国东北部水域长鳍鳕犬齿牙鲆等均属于主要渔业资源。主要渔业资源系指年捕捞量在 20 万磅以上的种类^①。在一份有趣的提案中, 国家海洋渔业署在其现状报告中增加了一个新的类别, 称为“N/A”类, 其中包括了西北太平洋水域 57 种自然的和孵化的鲑鱼, 所有这些渔业资源均属于已知道的资源。但是, 其中却没有一种资源, 甚至连名列濒危物种名录的 20 种渔业资源和在 2000 年、同时也在 2001 年列为过度捕捞资源的鱼类, 都没有列入过度捕捞的类别。

联邦政府还管理着其他 650 种渔业资源, 但其资源现状或者不知, 或者不明。在 650 种渔业资源中, 许多种类是小宗资源, 因为其单种年渔获量低于 20 万磅, 因此其商业价值相对较低 (虽然它们具有重要的生态系统意义, 而生态系统意义在保证自然保护中属于强相关性的指标)。小宗渔业资源中评估为过度捕捞的比例较低 (28%) 是事实, 但人们千万不能因此沾沾自喜。原因是我们对其他的 81% 的小宗渔业资源的现状基本不知, 不知道它们是否受到捕捞, 或者受到过度捕捞, 我们甚至难以说明在年渔获量中占大头的大宗渔业资源的现状 (图 6-3)。

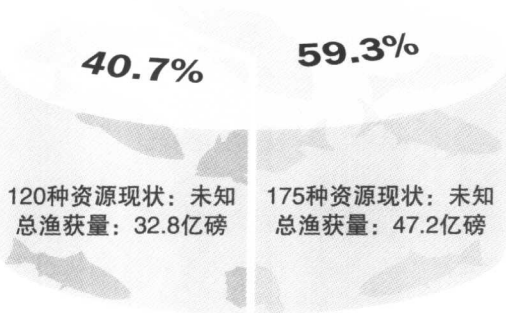
没有信息并不意味着没有问题。在某些情况中, 这些渔业资源甚至已经受到过度捕捞。历史事实证明, 在其他种类的资源衰退后, 小宗渔业资源有办法转化成大宗渔业资源。此外, 许多这样的小宗渔业资源, 其中包括一些石斑鱼和鲷科鱼类,

^① 在 2001 年, 295 种大宗渔业资源在渔获量中占大头, 总量超过 80 亿磅, 而 664 种小宗渔业资源的总渔获量仅为 900 万磅。

a. 2001年959种资源现状



b. 2001年295种大宗资源的现状



c. 2001年664种小宗资源的现状

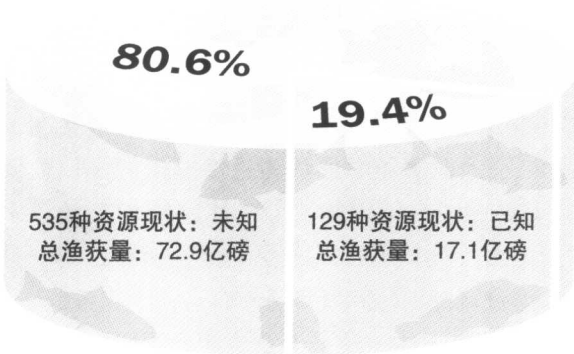


图 6-3 海洋渔业资源现状

美国商业部在 2001 年呈交国会的《美国渔业现状报告》中列出了 959 种海洋渔业资源。上面的饼状图就是根据该报告的数据编绘的。

其生活史特征和行为与已经过度捕捞的渔业资源种类非常相似。因此，我们可以预测它们可能难以抵抗过度捕捞的影响。

毫无疑问，随着情况不明的渔业资源现状逐渐明确，人们需要采取管理措施终止或防止它们受到过度捕捞（NMFS, 1999）。在美国的某些区域和某些重要渔业，这意味着要制定管理计划，其中主要内容是降低休闲渔业导致的捕捞死亡率。虽然休闲渔业渔获量在全国渔获量中占的比例很小，如果以阿拉斯加州的青鳉和油鲱为例，只占2%，因此如果评价同时承受休闲渔业和商业渔业捕捞压力的资源，则2%的小数字给人的印象是很浅的。在这样的例子中，一些资源的物种死亡率相当高，在生态系统中主要是顶级捕食生物者，而不是饵料生物的死亡率相当高。在墨西哥湾，例如，就其中许多主要渔业资源而言，休闲渔业的渔获量超过商业渔业（图6-4）。

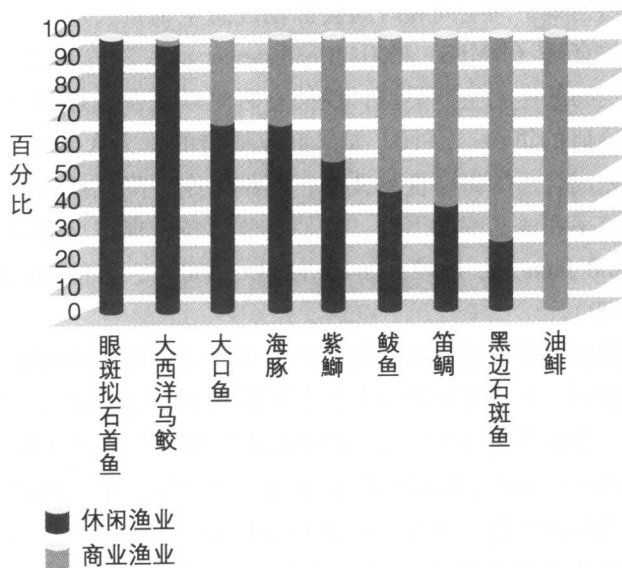


图6-4 休闲渔业

美国国家海洋渔业署2001年呈交国会的《2001年渔业现状》报告确定的墨西哥湾管理计划包含的主要鱼类的总捕捞量（按重量计）分配。

注：我们利用2000年的渔获量数据编绘本图，因为2001年的休闲渔业的渔获量在NMFS的网站上尚未公布。NMFS网站注意到休闲渔业捕捞渔获量可能是被低估了。

资料来源：NMFS, 2002

是气候还是渔业捕捞使生物资源处于巨大的危机？

是什么使生物资源处于巨大的危机？是自然环境的变化还是人类导致的效应？这几乎是各种主要渔业衰退的激烈辩论的主题。海洋气候变化当然与渔业衰退有关（Francis, 1986; McGowan et al., 1998; Anderson and Piatt, 1999）。但是，过度捕捞

是渔业衰退的主要原因也不容置疑 (Richards and Rago, 1999; Fogarty and Murawski, 1998), 不过, 严重的资源和渔业衰退普遍是环境效应和渔业捕捞效应联合作用的结果 (NRC, 1999)。到底是气候变化的作用大, 还是渔业捕捞的影响大, 这是个学术问题, 虽不断地就这个问题开展辩论, 但其结果是延误了认识到海洋生态系统固有的变化和不可预测变化的预防预警原则的实施。

渔业捕捞的生态后果

从本质上看, 与未受到捕捞时的数量相比, 渔业捕捞会显著地减少鱼类的生物量。因此, 最严重的结果是生态系统中捕食者可获得的被捕食者数量下降了。到一定程度时, 渔业捕捞集中的空间和时间会加剧成总生物量大规模的降低, 加剧了局部海域被捕食者的衰竭 (NMFS, 2000; DeMaster et al., 2001)。因此, 渔业捕捞会改变鱼类或其他生物的生物生产类型, 使捕食者难以获得偏好的饵料, 转而捕食低能量的或低营养价值的饵料。而且, 如果渔业捕捞的压力大到足以改变生物种群, 而捕食者又难以完成合适的饵料食谱改变, 其结果则会降低捕食者的捕食机会, 导致其生长率、繁殖率和成活率的下降, 这种现象已经出现在亨博特企鹅和非洲企鹅身上 (Crawford and Jahncke, 1999; Tasker et al., 2000), 可能也已经发生在北海狮身上 (NMFS, 2000)。

渔业捕捞会捕捞走在被捕食者的集群行为中起主要作用的物种, 从而间接地影响营养阶之间的联系, 使得其他捕食者捕获不到被捕食者。例如, 潜水能力低的海鸟要依靠金枪鱼、旗鱼和海豚等次表层的捕食者把被捕食者驱赶和集中到表层水域, 供它们捕食 (Ballance et al., 1997; Ribic et al., 1997)。如果渔业捕捞走了这些捕食者, 海鸟则失去摄食机会 (Ballance, personal communication)。这种现象的相反影响是一种捕食者的消失会为其其他捕食者创造摄食机会, 促进其种群发展 (Tasker et al., 2000)。总之, 这些只是食物网中断的第一类症状。

在研究渔业捕捞对自然系统的影响中, 获得捕食者/被捕食者的相互竞争关系的信息最为关键。但是, 要获得这些相互作用与渔业生产之间关系的定性和定量数值, 在条件保证上和概念上都是一个挑战。从条件保证上说, 这需要大量地投资于基础生态研究和监测; 从概念上说, 这意味着要从以最大允许渔获量为目标的双物种管理途径转变到渔业生产完全要依赖于功能正常的生态系统。我们还没有形成这样的认识。虽然我们可以通过营养阶一步一步地推断出巨藻群落衰退的原因, 而且我们也可以追踪出磷虾种群的生长与捕食磷虾的鲸资源下降的关系, 但是关于海洋系统的营养阶相互作用的其他数据基本没有 (Pinnegar et al., 2000)。我们要尽可能利用推理数据和确证证据来研究问题 (Pitcher, 2001)。幸运的是, 生态学模型在这方面证明用途广大。Kitchell 等人 (1999) 利用北太平洋中部营养阶模型说明顶级捕食者

在生态系统的组织中起到各种异常的作用。例如，他们发现渔业捕捞走一些大型的捕食者，如鲨鱼和旗鱼，只对生态系统造成轻微的影响，只会造成被捕食者的改变等。但是，其他顶级捕食者，例如黄鳍金枪鱼和鲑鱼等主要捕捞对象的消失，则会在相当长的时间内影响所有的竞争者和被捕食者，限制了生态系统长期生存的物种。



巨藻林生态系统：过度捕捞引起严重生态系统变化的个例研究

在所有寒—温带海域，巨藻等大型海藻在硬性海底普遍分布，它们为高等的、高生产力的生态系统培育了结构、提供了饵料。大型海藻的生产力足以与陆地上生产力最高的生态系统媲美，而且对自然干扰具有强大的恢复力。然而，巨藻生态系统由于肉食动物的消失却变得非常不稳定，其生物多样性急剧下降，生态系统中只保留下少量残余物种（Tegner and Dayton, 2000）。

在美国，巨藻生态系统分布在太平洋沿岸和大西洋西北部水域。所有的巨藻生态系统都可以由于几千年前开始的开发活动而衰退了。在北太平洋，土著猎人的狩猎导致摄食海藻的海牛的消失以及海獭种群的衰减，从而导致海胆数量的上升，因为海胆是海獭的主要捕食对象。缺乏捕食者的有效种群控制，海胆普遍过度地啃食海藻。从以肉食动物为优势的系统转化为以海胆为优势的系统导致了巨藻群落的衰落（Simenstad et al., 1978）。虽然海獭获得一定程度的恢复，但俄国的毛皮兽狩猎者几乎在18世纪把海獭消灭殆尽。一个假设认为，最近海獭资源衰退的原因是虎鲸捕食的结果，虎鲸由于正常捕食对象的衰竭转而捕食海獭（Estes et al., 1998）。

在西北大西洋海域，大型的捕食性鱼类，尤其是鳕鲈、狼鱼和鳕鱼，而不是海獭，成为海胆和蟹类的主要捕食者。从4500年以前开始，人们就对这些大型鱼类开展了大规模的渔业捕捞，在上一世纪达到捕捞高峰，因此严重地降低了其丰度，导致海胆资源量猛烈上升，过度地啃食了巨藻（Witman and Sebens, 1992; Steneck, 1997）。最近，海胆资源量受到高强度的捕捞，同时海胆病虫害大规模发生，海胆资源量衰竭。因此，历史上出现的高生产力巨藻生境又得到恢复，但主要由基本没有经济价值的入侵种组成（Harris and Tyrrell, 2001）。

系列性资源衰退

渔业捕捞的另外一类生态效应是随着经济较高的种类丰度的衰竭，渔业转而捕捞相关的，但也许经济价值较低的种类。一旦低经济价值的种类也衰竭了，渔民又转而捕捞其他的种类，如此循环不已。这种对不同种类的序列性或系列性过度捕捞是受到过度捕捞的生态系统的主要特征（Murawski, 2000），也是在商业上具有重要价值的渔业资源全面崩溃的重要作用力（Tyler, 1999）。这是美国东北部水域的底栖鱼类、太平洋沿海的岩栖鱼类、墨西哥湾的珊瑚礁鱼类的渔业中是普遍存在的问题，对于阿拉斯加湾的甲壳类渔业的严重衰退更起重要作用（Orensanz et al., 1998; Fogarty and Murawski, 1998）。

顶级捕食者的消失对海洋食物网的效应

渔业资源捕捞的另一个生态变化是种群组成从高营养阶向低营养阶转变，也就