

网箱养殖评论： 北欧

Jon Arne Grøttum¹和Malcolm Beveridge^{2,3}

Grøttum, J.A.和Beveridge, M.

网箱养殖评论：北欧。见M. Halwart, D. Soto和J.R. Arthur（等）。《网箱养殖—区域评论和全球概览》，第104–126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

摘要

三十年前网箱养殖业始于北欧，如今该行业在北欧已经成熟。北欧的主要种类是大西洋鲑（*Salmo salar*）和虹鳟鱼（*Oncorhynchus mykiss*）。大部分产量来自挪威、苏格兰、爱尔兰和法罗群岛。不过，芬兰、冰岛、瑞典和丹麦也有网箱养殖业。北欧所有采用网箱技术的相关养殖生产都在海水中开展。2004年大西洋鲑产量约为800 000公吨，虹鳟鱼产量约为80 000公吨。大西洋鲑的产量预计进一步增长，而虹鳟鱼目前呈现下降趋势。同时人们日益关注发展其他种类的养殖，例如鳕鱼和大比目鱼。

欧洲各国网箱养殖在选址上存在很大差异，例如波罗的海上的虹鳟鱼养殖选择在遮蔽性较好的地点，而法罗群岛的大西洋鲑养殖则选择在非常开阔的地点。并非所有欧洲地区都适合于发展水产养殖，因为许多不同的因素影响水产养殖生产和动力（例如，水质、空间的可利用性和成本、气候条件等）。当选择水产养殖场的位置时，对其有利和不利影响进行系统综合评估非常重要。尽管地点各异，不同欧洲国家的网箱养殖生产在技术利用方面较为统一。与最早时使用的网箱系统相比，现代网箱养殖所用的网箱系统变化不大。网箱是系泊或漂浮的，形状有方形、六边形和圆形，悬挂了封闭的网袋。编织材料从木材变成了钢和塑料。

通过选择育种的遗传改良对大西洋鲑和虹鳟鱼的生产操作和产量增长发挥了重大作用。但是，由于这些育种计划高度专业化且成本高，它们只能在少数国家和公司集中开展。能以较低成本进行遗传改良和鱼卵可常年保障供应是全球鲑鱼卵贸易发展的重要推动因素。在水产养殖的疾病解决问题上，由于开发出了尽量不破坏生物和环境的疾病预防措施，使这个问题基本上得到接受。疫苗注射是目前预防养殖鱼类（特别是鲑鱼）细菌疾病的唯一最重要的措施。作为预防措施疫苗注射的最重要效果是降低了鱼类养殖中抗生素的用量。大多数大西洋鲑和虹鳟鱼种在放入海水中饲养之前可通过注射疫苗预防三大细菌疾病（弧菌病、冷水弧菌病和疖病）。在10年期间，抗生素用量已降至绝对最低水平，主要原因是使用了疫苗。

¹ 挪威海产品联盟，PB 1214，N-7462，特隆赫姆，挪威。

² 英国佩思郡PH16 5LB，皮特洛赫里，Faskally，淡水实验室渔业研究部

³ 埃及开罗马迪1261号邮箱世界鱼类中心。

即使欧洲网箱养殖对环境的影响已经大有降低,但仍存在一些挑战:逃逸、海水富营养化、海水鱼虱以及对海洋区域的使用权。尽管存在许多问题,生产一直持续增长,本行业已成为欧洲较偏僻农村地区的重要经济贡献因素。虽然有些人对水产养殖仍存在一些看法,但本行业进行了管理,降低了对环境影响并改善了鱼病问题。然而,新种类的引入以及产量的进一步增长将在未来数年间带来新的挑战。发展水产养殖业的利益还是很大的,因为它提供许多盈利机会,促进欧洲边远社区的发展。水产养殖可创造新的经济效益,增加就业,更有效地利用本地资源,为生产投资提供机会。水产养殖对本地和国际贸易有重大作用。参与水产养殖的大多数国家制定了促进水产养殖业发展的策略。这些策略包括发展不得以牺牲产品质量或环境为代价,产业效率高,能与欧洲内外的其他食物生产者竞争。

背景

本文概述了除地中海地区外的欧洲的网箱养殖,地中海地区将以单独章节论述。

从南部的直布罗陀海峡,经过大不列颠岛、法罗群岛、冰岛和波罗的海,直到俄罗斯北部边界一线的水产养殖业对位于海水附近的小社区具有重要作用。随着对高质量鱼的需求日益增长以及野生捕捞鱼类的减少,这一作用在不久的将来可能更为重要。

产量最高的国家是挪威,其次是苏格兰和冰岛。这些国家的主导作用可以通过本文的内容得以反映。同时,当前网箱养殖发展的国际化也可从使用技术和养殖方法的相似性中得以反映。

北欧网箱养殖的主要种类是大西洋鲑 (*Salmo salar*) 和虹鳟鱼 (*Oncorhynchus mykiss*)。但一些新种类在欧洲网箱养殖中的重要性日益突显。

由于本文几乎涵盖了网箱养殖的所有方面,大部分内容都取自各种比较好的评论文章,这些评论文章包含了许多网箱养殖的各个方面的综合信息。。

本地区网箱养殖的历史

水域中的养殖活动可回溯许多世纪,在数千年前中东地区就有描述 (Beveridge 和 Little, 2002)。在欧洲,养殖也有很长的历史。在挪威的一个古老的农场上,发现了一块 11 世纪的石头,上面写着:“Eiliv Elg carried fish to Raudsjøen” (Osland, 1990)。这表明新种类引入湖泊后,在不存在人工干预的情况下,自我繁殖生长,随后被人们捕捞收获。

19 世纪西欧,在人工条件下第一次进行了鱼孵化和培育了。培育的动机是在湖泊和河流中放养,供人们钓鱼。通过孵化和培育获得的经验使人们开始了解鱼类繁殖和培育所需的条件 (FEAP, 2002)。

鱼类网箱养殖始于 20 世纪 50 年代末的挪威,当时挪威试图在海水中生产虹鳟鱼和大西洋鲑。大约在 1965 年,苏格兰的白鱼机构开始鲑鱼网箱培育。但是挪威的商业生产直到 20 世纪 70 年代才开始。本行业随后推广到苏格兰

和爱尔兰。太平洋鲑鱼 (银鲑, *Oncorhynchus kisutch*) 的养殖晚于大西洋鲑,技术从挪威和苏格兰传到加拿大和美国。随后,南美出现了重大发展,特别是智利,现在已成为主要生产国 (FEAP, 2002; Beveridge, 2004, 请参阅拉丁美洲和加勒比海地区的相关评论)。

后来欧洲根据其他种类对网箱养殖进行了调整,网箱养殖成为了盈利的产业。特别是海鲤和海鲈网箱养殖获得了巨大成功,可以进行网箱养殖的种类也越来越多,例如金枪鱼、鳕鱼和大比目鱼。

过去五十年间,欧洲水产养殖业在产量上获得了重大发展 (图 1)。1950 年,海水养殖占水产养殖总产量的 86%,主要是贝类 (牡蛎和贻贝)。淡水生产主要是鲤鱼和小规格的虹鳟鱼。欧洲水产养殖总产量是 169 000 公吨。五十多年后 (2004 年),欧洲水产养殖产量增长了十二倍,达到 2 204 000 公吨。目前,海水养殖和半咸水养殖占总产量的 79% (联合国粮农组织, 2006)。尽管鲤鱼和虹鳟鱼仍是主要种类,但淡水养殖目前的种类变得更多。在海水养殖中,贝类仍很重要。但大西洋鲑、虹鳟鱼、海鲤和海鲤的产量份额已有极大增长,目前占欧洲水产养殖总产量的 42%。这些种类的饲养主要依靠网箱养殖技术。

欧洲网箱养殖的现状

水产养殖已成为欧洲海产品的重要来源。该行业多样化程度高,涵盖各种种类、技术和方法。水产养殖对本地和国际贸易的作用日益突显。

网箱养殖的主要种类

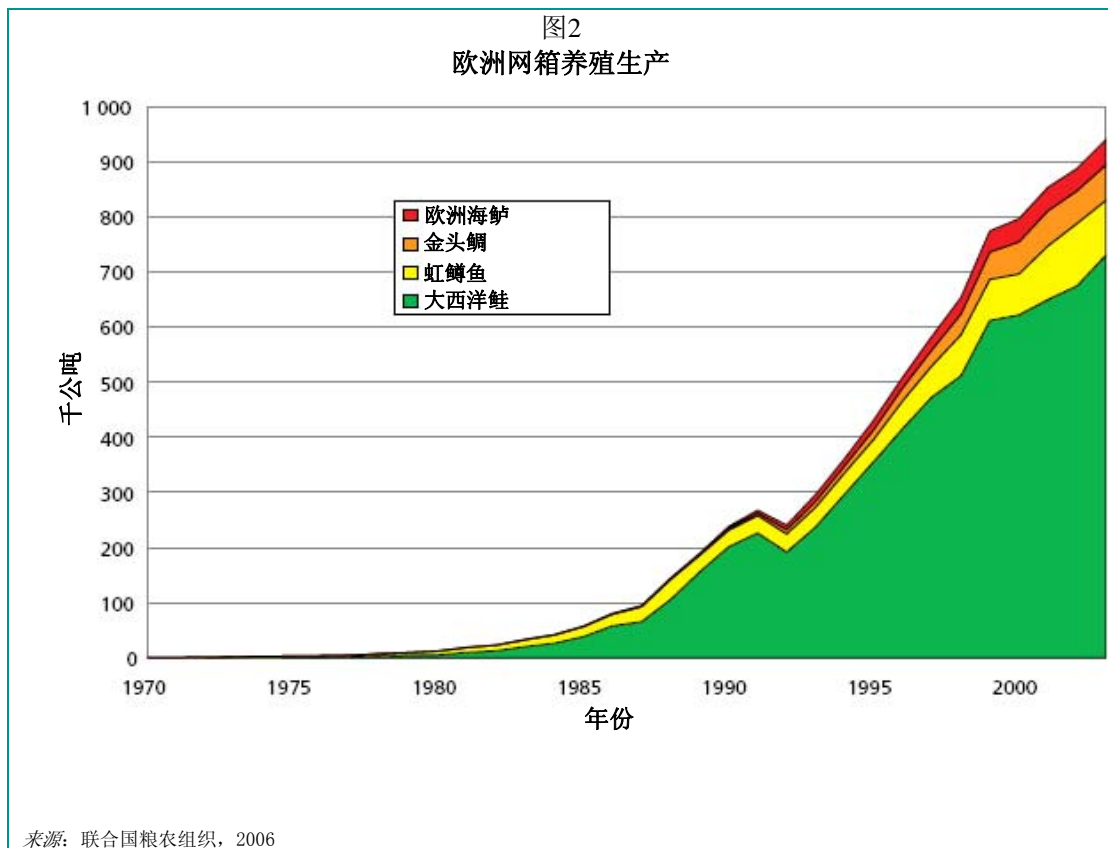
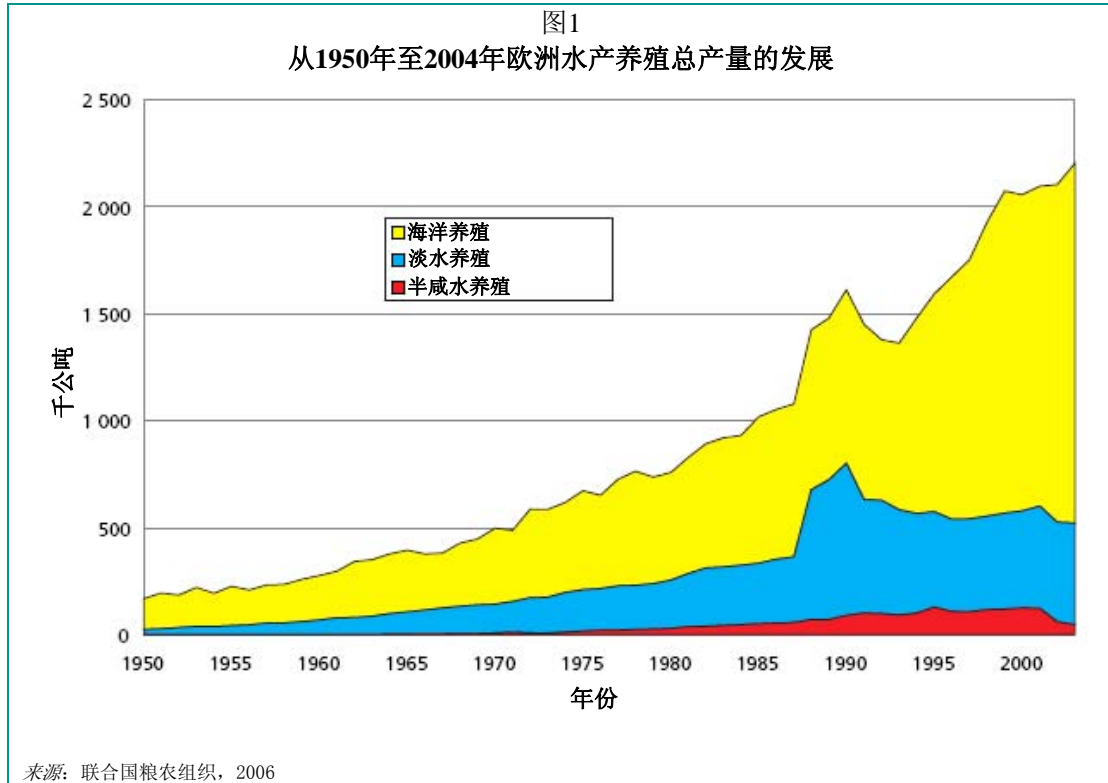
欧洲最初开展网箱养殖时,主要种类是虹鳟鱼。但在数年后,大西洋鲑的产量份额日益增长。在过去十五年间,欧洲的海鲈和海鲤养殖也获得了快速发展 (图 2)。

大西洋鲑

大西洋鲑是溯河产卵种类,生活于淡水中 (鱼苗到幼鲑阶段),1-3 年为一个生命周期。在生理变化 (银化) 后,幼鲑转变成二龄鲑,

鲑鱼洄游到海水中，它们至少在停留一年，然后回到源河流产卵。雌鱼用尾巴在河流基底上挖掘浅坑，并在坑中产卵，然后雄鱼让卵受精。一些成鱼在产卵后仍存活，它们返回海水，甚至少数在一或两年后重新进行产卵。

大西洋鲑自然分布于大西洋北部，从葡萄牙北部到南部的科德角（美国马萨诸塞州）到北部的巴伦支海和拉布拉多半岛（加拿大）（Souto 和 Villanueva, 2003）。



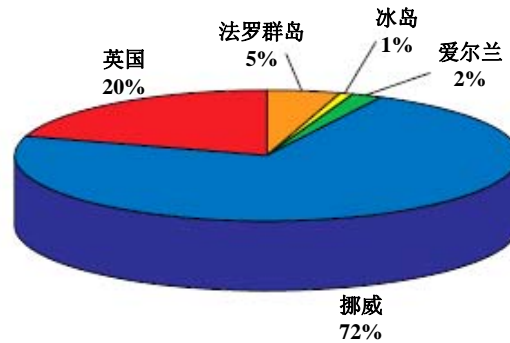
挪威是鲑鱼的主要生产国，产量占欧洲总产量的 72%（图 3）。按绝对值计算，2004 年挪威产量最高（566 000 公吨），其次是英国（158 000 公吨）、法罗群岛（37 000 公吨）和爱尔兰（14 000 公吨）。欧洲以外养殖大西洋鲑的国家包括智利（376 000 公吨，2005 年）和加拿大（103 000 公吨，2005 年）（FHL，2005）。

虹鳟鱼

虹鳟鱼夏季的自然栖地是温度约为 12–15°C 的淡水中。鱼类的溯河洄游型是否真的是遗传适应或仅仅是偶然行为还不明确。任何虹鳟鱼种群似乎都具有洄游能力，如果有需要或机会出现，虹鳟鱼至少能适应海水环境。在其自然分布区内，它们需要在含氧量较高、中高流速的水中进行繁殖，尽管它们也存在于寒冷的湖中。成鱼以水生和陆生昆虫、软体动物、甲壳类、鱼卵、鲤科鱼或其他小鱼（包括其他鳟鱼）为食；幼鱼主要以浮游生物为食。虹鳟鱼的自然品系也见于太平洋东部。虹鳟鱼可能是分布最广的引进种类，目前可能在全球范围内都有分布（Fishbase，2005）。淡水中养殖的鱼通常以小规格销售（小于 1 200 克/条），海水网箱养殖的虹鳟鱼规格较大（大于 1 200 克/条）。

挪威是虹鳟鱼的主产国，产量占欧洲总产量的 79%（图 5）。按绝对值计算，2004 年挪威产量最高（63 401 公吨），其次是丹麦（8 785 公吨）、法罗群岛（5 092 公吨）、英国（1 664 公吨）和瑞典（1 316 公吨）（图 6）。欧洲以

图3
2004年欧洲大西洋鲑产量



来源：联合国粮农组织，2006

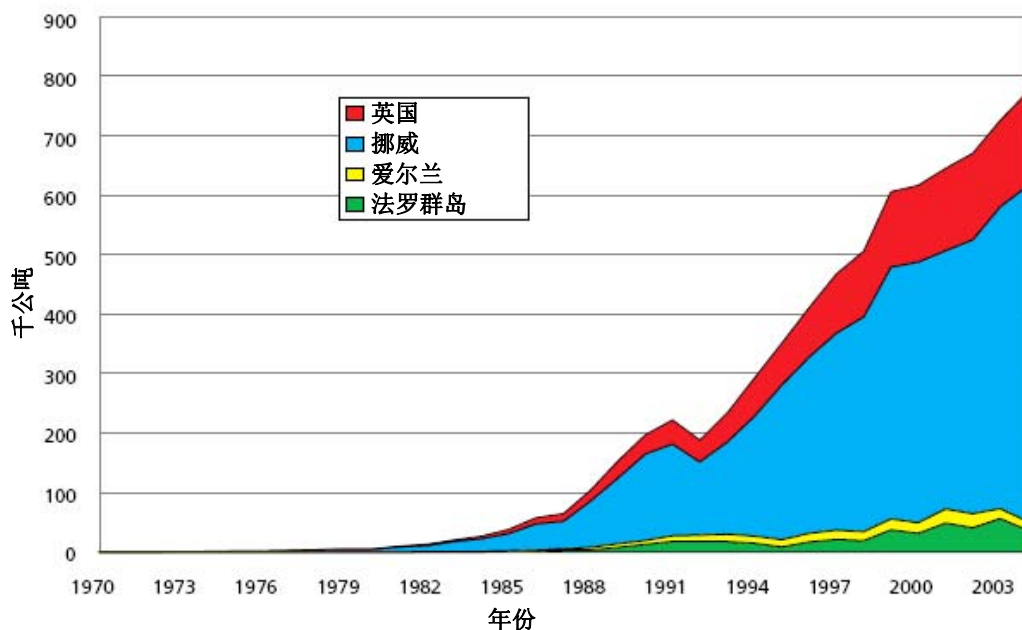
外养殖虹鳟鱼的主要国家包括智利，2004 年产量为 118 413 公吨（联合国粮农组织，2006）。

其他种类

人们一直有兴趣进一步发展新海水种类的养殖生产。传统网箱养殖已成功应用于大比目鱼（*Hippoglossus hippoglossus*）等比目鱼类和鳕鱼（*Gadus morhua*）。海水网箱养殖的主要发展瓶颈是能否可靠供应足量优质的仔鱼。实践证明，建立经济可持续发展的行业十分困难。

与建立鲑鱼和虹鳟鱼网箱养殖业不同的是，海水鱼类生产者必须在价格上与成熟渔业开展竞争。鲑鱼和虹鳟鱼因其独特性而具有较高的售价。这些种类的网箱养殖发展从一开始生产成本就很高，但养殖场仍能盈利。海水鱼类的情况并非如此。因此，开展海水种类养殖

图4
1970年到2004年欧洲大西洋鲑的产量（公吨）



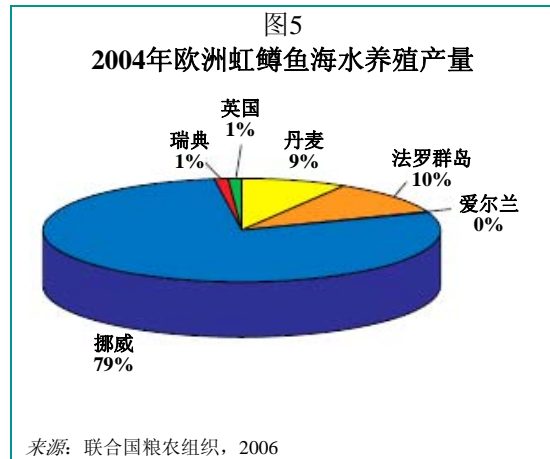
来源：联合国粮农组织，2006

生产需要有较大的初始风险投资。但是，由于有捕捞渔业的缘故，海水鱼类市场已经存在。

鳕鱼：鳕鱼养殖是获得了最大的成功种类。在苏格兰，目前有 14 家公司参与鳕鱼养殖。过去五年间，产量一直有波动，从数公吨到 2005 年的 250 公吨。在挪威，针对鳕鱼养殖发放了超过 350 张许可证。但是，仅有约 100 张正在使用。2005 年的产量约为 5 000 公吨，预计未来数年内将有重大发展（FRS，2005）。

大比目鱼：大比目鱼是冷水比目鱼类，针对该鱼类进行了大量研究，旨在建立具有经济效益的水产养殖生产。大比目鱼的市场价格高。但是生产时间长，成本高。在苏格兰，2005 年有 9 家公司开展经营，2003 年到 2005 年期间最高产量约为 230 公吨（FRS，2005）。

目前产量呈下降趋势，苏格兰的年产量预计保持数百公吨的水平，以小众市场为目标。挪威大约发放了 100 张大比目鱼养殖许可证，2005 年年产量约为 1 000 公吨。生产主要在陆地上开展。欧洲其他网箱养殖种类包括黑线鳕

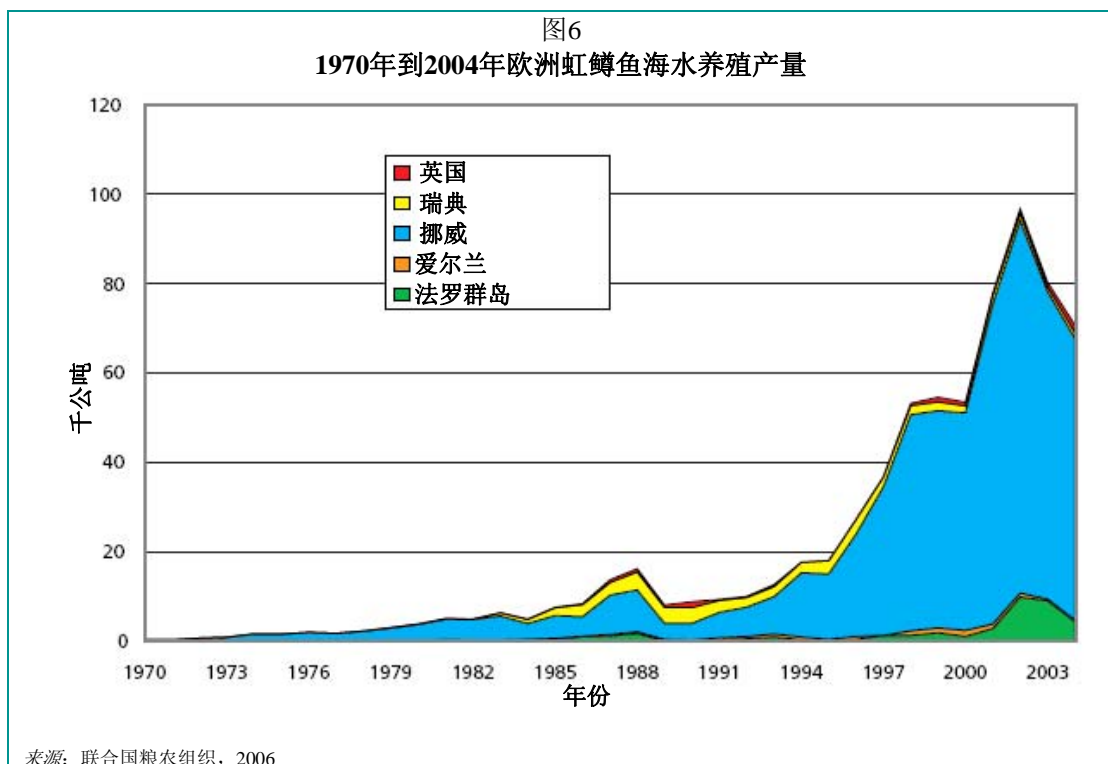


(*Melanogrammus aeglefinus*) 和嘉鱼 (*Salvelinus alpinus alpinus*) (表 1)。此外，鲮鱼 (*Mugil spp.*) 和金枪鱼 (*Thunnus spp.*) 在网箱中养殖（详细请见本卷地中海地区网箱养殖一章）。

表1
2004年欧洲精选网箱养殖鱼种的产量

	产量 (公吨)			总计
	冰岛	挪威	英国	
黑线鳕	72			72
斑鲑		365		365
大西洋比目鱼		631	187	818
大西洋鳕鱼	636	3 165	8	3 809
总计	708	4 161	195	5 064

来源：联合国粮农组织，2006



地点和产量

并非所有欧洲地区都适合于发展水产养殖，因为有许多不同的因素影响着水产养殖经营的产出和动力（例如，水质、空间的可利用性和成本、气候条件等）。当选择水产养殖场的位置时，对新发展的水产养殖的有利和不利影响进行系统综合评估非常重要（欧洲经济共同体委员会，2002）。

欧洲各国在养殖场选址方面存在巨大差异。波罗的海上的虹鳟鱼养殖在遮蔽性较好的地点开展，而法罗群岛的大西洋鲑养殖在非常暴露的地点开展。尽管地点各异，不同欧洲国家的网箱养殖生产在技术利用方面较为统一（Beveridge, 2004）。

在开始发展网箱养殖时，养殖单元一般均行为一些小型公司（通常为家族公司）。

随着行业的发展，公司结构的区别日益增大。水产养殖业包括目前的家庭经营、中型渔场企业和跨国海水养殖企业，大型跨国公司日益占据主导地位（联合国粮农组织，2001）。此时，每个养殖场的产量已日益接近于养殖水域的承载量。人们对水域有机物负载程度持续进行监测，并根据各养殖场水域的承载力调节生产量。此外，还逐渐倾向于使用可提供更好生产环境的场地。

挪威

由于具备优越的地理条件（墨西哥湾流提升了沿海水域的温度，海岸线长，融雪补充河

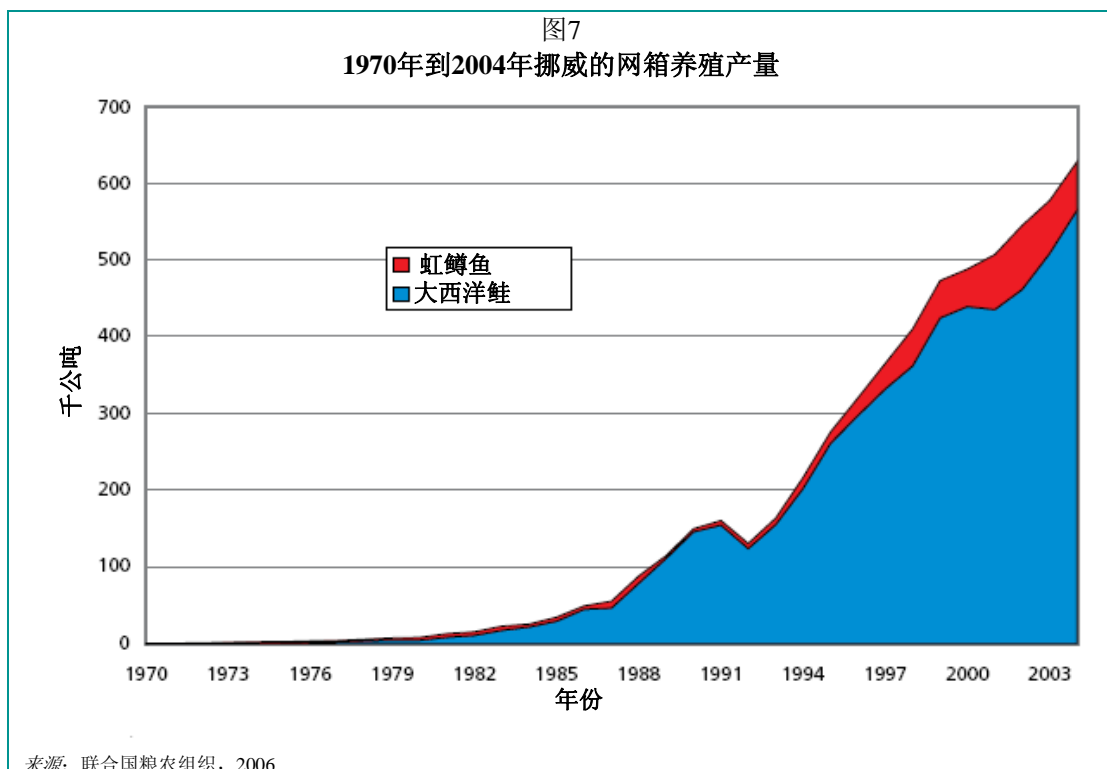
流水量有利于孵化），挪威是第一个积极推动鲑鱼养殖发展的国家。还因为具有优良的港口基础设施、加工设备以及高度发达的运输和物流网络，挪威鲑鱼养殖者可轻易将鲑鱼销往欧洲、美国和日本市场。

挪威水产养殖业虽始于 20 世纪 50 年代，但只有到了 20 世纪 70 年代，当主要技术难题（营养、仔鱼调节）解决后，本行业开始了真正的发展。到 20 世纪 80 年代中期，鲑鱼养殖成为继鳕鱼之后第二高价值海产品生产。2000 年，它成为本国继油气之后的第二大出口项目。在 20 世纪 80 年代期间，挪威水产养殖业开始向加拿大、美国和智利出口技术和设备。挪威研究理事会以及专业机构提供了广泛的研究支持，并积累了国际专业经验。目前，挪威在全球鲑鱼养殖中起着重要作用（FEAP, 2002）。在过去几年内，大西洋鲑和虹鳟鱼的网箱养殖生产实现了重大拓展和强化，2004 年产量分别达到 566 000 公吨和 63 000 公吨（图 7）。

苏格兰

1969 年，西海岸的 Loch Ailort 建立了第一个商业鲑鱼养殖场。目前，苏格兰鲑鱼养殖场位于苏格兰高地、西部群岛、奥克尼群岛和设德兰群岛上（FRS, 2005）。

本地区的许多地方很长时间以来存在高失业率问题。因此，英国和欧洲各国政府机构提供投资贷款、贸易和技术支持等各种支持机制，使鲑鱼养殖发展成为具有重大经济效益的产业。



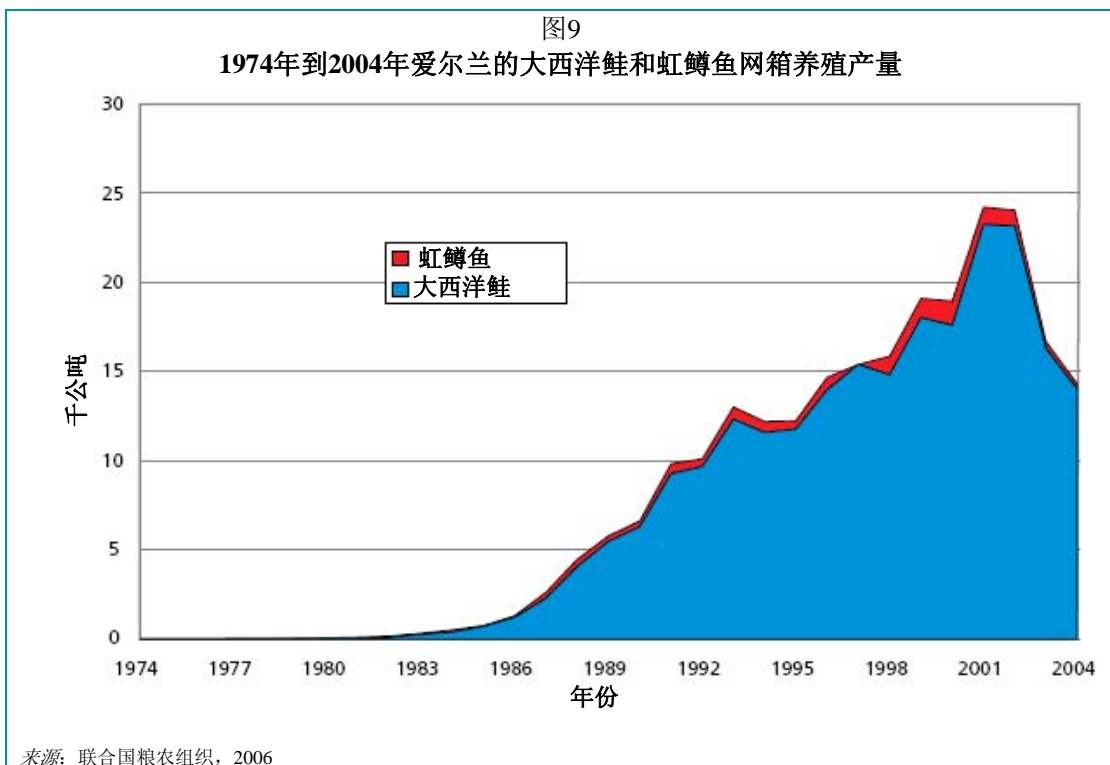
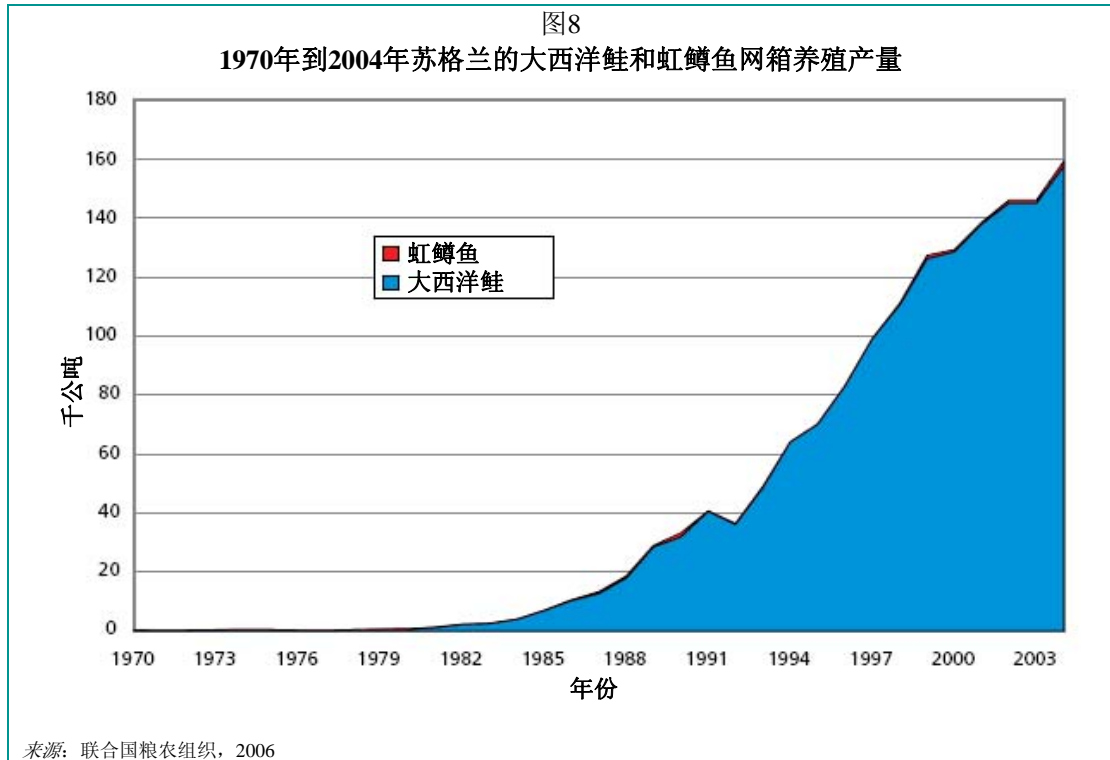
苏格兰大西洋鲑的生产持续增长（图 8），主要销往英国市场以及全球市场。在英国，养殖鲑鱼目前已成为继鳕鱼和黑线鳕之后的第三大海产品（FEAP，2002）。

爱尔兰

爱尔兰的历史以神话传说和著名勇士 Fionn Mac Cumhaill 的历险而著称，其中包括

Fionn Mac Cumhaill 如何通过品尝“智慧鲑鱼”获得智慧——这直接体现了该国对鲑鱼的尊崇。

鲑鱼养殖主要在西海岸开展（通常在非常暴露的场地），已经发展成为爱尔兰水产养殖业的重要部分（图 9），爱尔兰水产养殖业还包括贝类和鳟鱼生产。



法罗群岛

法罗群岛位于设德兰群岛西北部约 300 英里处，是丹麦的自治区。随着渔业的衰落以及水产养殖用地的紧缺，法罗群岛于 20 世纪 80 年代早期投资开展鲑鱼养殖，迅速成为一流的鲑鱼生产区（图 10）。

大多数鲑鱼均在岛屿之间狭窄水道中的大型漂浮养鱼场上进行养殖。这些养殖场易受暴风雨影响，实行高度机械化的管理。鲑鱼养殖迅速成为了法罗群岛重要的出口项目，大多数产品通过丹麦销往欧洲市场（FEAP, 2002）。

由于去年出现了传染性鲑鱼贫血病毒

（ISA），法罗群岛的鲑鱼生产经历了困难时期。

其他国家

北欧其他一些国家也有网箱养殖产业。但与上述国家相比，产量较低（表 2）。

技术

与早期使用的网箱系统相比，现代网箱养殖所用的网箱系统变化不大。网箱是系泊或漂浮的，形状有方形、六边形和圆形，悬挂了封闭的网袋。编织材料从木材变成了钢和塑料。

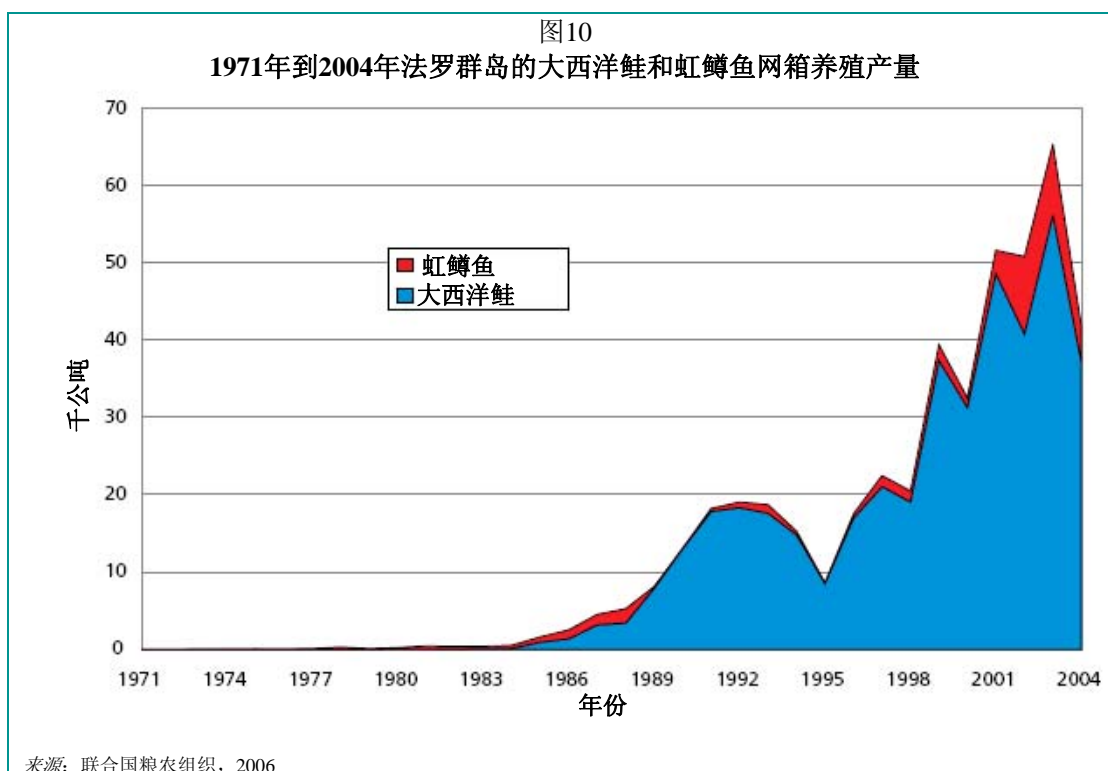


表2

2004年欧洲国家的网箱养殖产量

	黑线鳕	大西洋鳕	红点鲑	大西洋鲑	虹鳟鱼	总计
瑞典					4 111	4 111
法国				735	155	890
冰岛	72	636	1 025	6 624	137	8 494
丹麦				16	8 770	8 786
芬兰					10 586	10 586
总计	72	636	1 025	7 375	23 759	32 867

来源：联合国粮农组织，2006

图11
圆形网箱示例

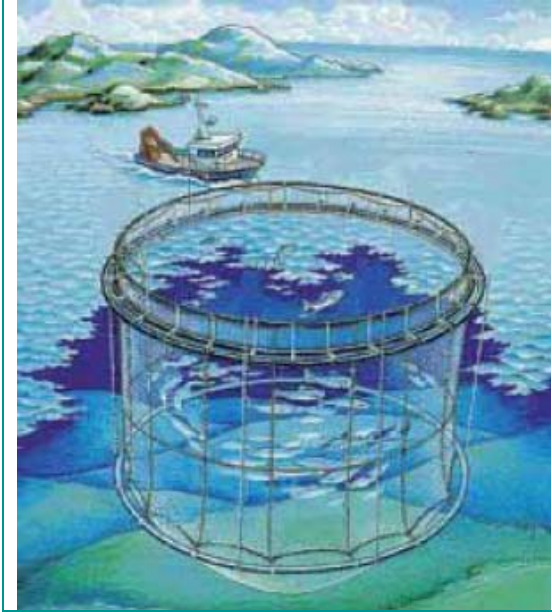


图12
钢制网圈网箱示例



网箱由漂浮的网圈及其底下悬挂的封闭网具组成。由于网箱通过重力作用悬挂网具并保持开口，且水下没有结构框架，因此可称之为‘重力网箱’。重力网箱获得了极大成功并为过去30年间的鱼类养殖发展提供了支持。钢网圈网箱的平面图一般为方形（图11），而塑料或橡胶网圈网箱的平面图一般为圆形（图12），可在绳链系泊网格中分组设置（Ryan, 2004）。

如图13所示，适用于比目鱼养殖的网箱养殖系统也已开发。这些系统由多层架子组成，鱼可在架子上停留。

主要区域挑战

生产方法

欧洲的水产养殖仍是一个年轻的产业。大约三十年前形成了网箱养殖技术，然后鱼类产量开始增长（图2）。在此阶段，鲑鱼产量小但需求量大导致单位产量的收入很高。

即使死亡率很高，饲料消耗量增加，还得投入一些自制设备，水产养殖仍可获利。但由于开始几年忽略了环境的影响，也不考虑动物福利等问题，使水产养殖业的声誉至今仍较差。与农业相比，它遭致了大多数消费者更强的抵制，原因可能是大多数人对农业的认识比水产养殖业的认识更重要。

技术问题 种鱼供应

对于鲑鱼，随着新技术的发展，目前可以控制产卵，而且受精率较高。鲑鱼的繁殖能力较高，卵成活率较高。仅有少数生产者能生产足够的卵用于鲑鱼和鳟鱼养殖业。绝大多数鲑鱼卵都在国内生产和销售。

国际鱼卵贸易在过去和当前都遭致了反对。因为鱼卵有可能传输疾病，给国际贸易带来较高的风险。由于鲑鱼群之间存在遗传差异，因此逃逸鱼和野生种群之间还存在遗传交换问题（McGinnity等, 2003; Walker等, 2006）。

通过选择育种计划实现的遗传改良对提升大西洋鲑和虹鳟鱼的性能和生产力具有重要作用。

但由于这些育种计划的专业化程度高且成本昂贵，它们只能在少数国家和公司集中开展。以较低成本实现的遗传改良和保障鱼卵子全年供应是全球鲑鱼卵贸易发展的重要推动因素。

2002年，苏格兰进口了约1400万个粒西洋鲑卵，这些鱼卵主要从冰岛进口，但也从澳大利亚和美国进口。虹鳟鱼卵的进口超过2000万粒，产地是南非、丹麦、马恩岛和爱尔兰（FRS, 2005）。

由于针对传染性鲑鱼贫血病毒采取了保护措施，挪威和欧洲经济区（EEA）之间的贸易曾一度禁止。但限制规定于2003年1月1日取消（Aquagen, 个人通信, 2005）。

图13
比目鱼网箱示例



饲料和喂养

如果饲料生产技术没有获得重大进展，过去二十年间鲑鱼饲料中鱼粉/鱼油的比例也不会发生变化。直到 20 世纪 80 年代初，鲑鱼饲料实际上是养殖场制作的半湿颗粒饲料，由切碎的沙丁鱼肉或其他低价鱼肉混以面粉和维生素/矿物质预混料。

虽然这些饲料通常可直接供鲑鱼食用，但饲料的生产取决于新鲜“优质”沙丁鱼或其他低价鱼的定期供应。此外，饲料在水中稳定性较差，因此饲料转化率低。

在 20 世纪 80 年代中期到 90 年代初期之间，养殖场制作的饲料逐渐被干性蒸汽颗粒饲料取代，干性蒸汽颗粒饲料具有高蛋白和低脂肪 (<18-20%) 的特性，饲料效率较高。

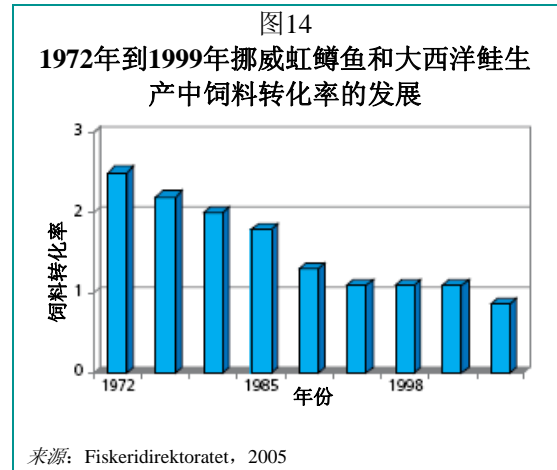
自 1993 年以来，传统蒸汽颗粒饲料逐渐被膨化饲料取代。膨化饲料具有较高的持久力(碎屑和废弃物较少)，碳水化合物和营养消化率较高(原因是淀粉凝胶化和/或破坏了热不稳定的植物抗营养素)，且物理特性获得了改善(包括密度变化以及可调节的颗粒浮沉特性)。通过提升饲料脂质含量降低了饲料转化率 (FCR)，提升了饲料能量，从而改善了蛋白质和能量营养利用。膨化具有许多优点，成为了主要生产方法。人们通常认为，鲑鱼养殖行业使用膨化饲料的主要原因是其颗粒膨胀能力，从而能提升饲料含油量。膨化颗粒对目前养殖增长速度的取得起着重要作用，同时还有利于降低对网箱之下的水底的影响，该类饲料可在自动喂料机中使用，含有更多的原料。饲料配方和生产方面的持续发展最终加快了鱼类生长，降低了饲料系数(图 14)，从而降低了鱼类生产成本和坝对环境影响。

目前，鲑鱼饲料中(按重量算)超过三分之二的重量是由两种物质(即鱼粉和鱼油)构成。与其他陆生动物和植物蛋白来源相比，鱼粉是饲料原料，因为它不仅是优质动物蛋白和重要氨基酸的很好来源，而且含有丰富的可消化能量、重要矿物质和维生素以及类脂物，包括重要的多不饱和脂肪酸(<http://www.iffonet/default.asp?fname=1&WebIdiom=1&url=23>)。

目前鲑鱼主要依赖鱼粉作为其主要的饲料蛋白来源。类似地，鱼油是其获得类脂物和主要脂肪酸的重要来源。

在 1994 年到 2003 年之间，配合水产饲料中使用的鱼粉和鱼油总量增长了三倍以上，分别从 963 000 公吨和 234 000 公吨增至 2 936 000 公吨和 802 000 公吨。与用量增长相一致的是，这段时间有鳍鱼和甲壳类养殖总产量大约增长了三倍，1992 年到 2003 年间从 1 090 万公吨增至 2 980 万公吨。

根据联合国粮农组织的国际水生动植物标准统计分类 (ISSCAAP)，全球鲑鱼养殖的计



算消耗量为:

- 鱼粉: 1992 年到 2003 年从 201 000 公吨到 573 000 公吨;
- 鱼油: 1992 年到 2003 年从 60 400 公吨到 409 000 公吨;
- 鱼粉和鱼油总量: 从 261 400 公吨到 982 000 公吨。

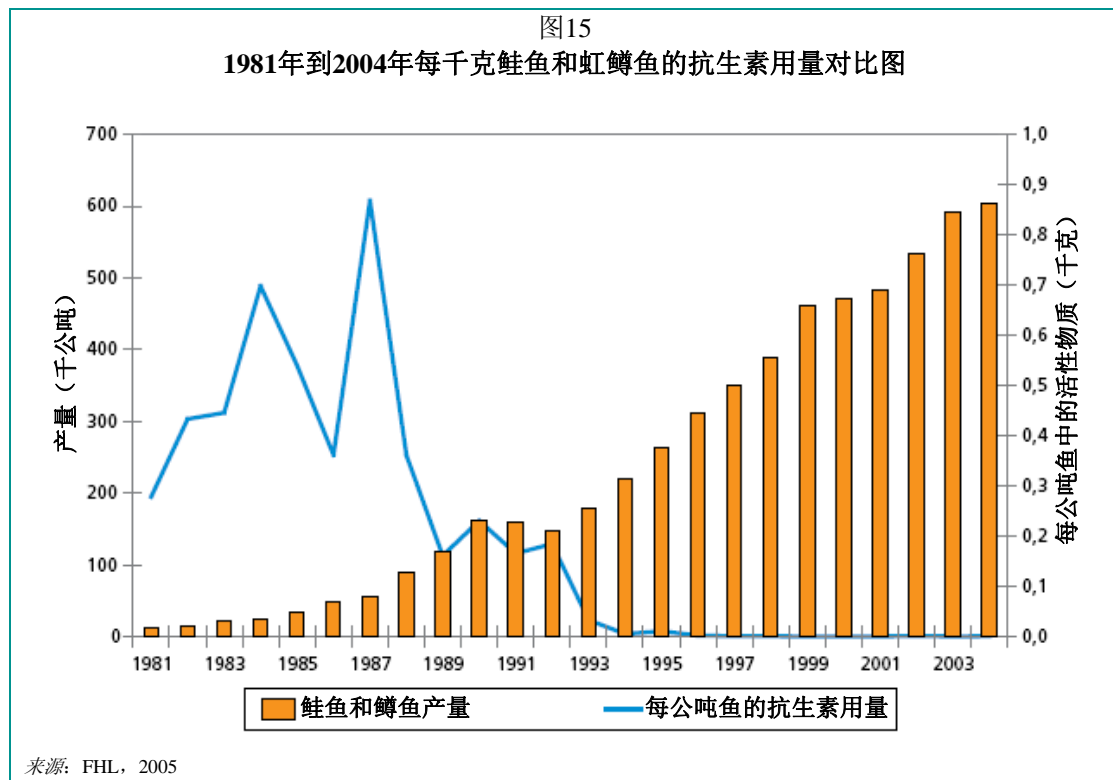
在过去二十年间，鲑鱼饲料中鱼粉和鱼油的百分比发生了巨大变化，鱼粉平均含量从 1985 年的 60% 下降至 1990 年的 50%，1995 年的 45%，2000 年的 40% 以及目前的 35%。鱼粉含量下降的同时类脂含量不断增加，从 1985 年的 10% 到 1990 年的 15%，1995 年的 25%，2000 年的 30%，以及 2005 年的 35-40%。

虽然目前整个行业的鲑鱼饲料中鱼粉和鱼油平均含量分别约为 35% 和 25%，但各主要生产国之间仍存在重大差异:

- 加拿大: 鱼粉平均含量 20-25%，鱼油平均含量 15-20%;
- 智利: 鱼粉平均含量 30-35%，鱼油平均含量 25-30%;
- 挪威: 鱼粉平均含量 35-40%，鱼油平均含量 27-32%;
- 英国: 鱼粉平均含量 35-40%，鱼油平均含量 25-30%;

由于 50-75% 的商业鲑鱼饲料目前由鱼粉和鱼油构成，因此这些有限商品的任何价格增长都会对饲料价格和养殖场利润产生重大影响。鲑鱼饲料的成本一般占养殖场总生产成本的 50% 左右(图 17)(Tacon, 2005)。

养殖鲑鱼是否是合理利用资源备受质疑，因为所用的饲料也可直接供人消费。因此，人们特别关注鱼粉和鱼油的使用。值得一提的是，在任何情况下这些资源主要用作动物饲料。因此，鲑鱼养殖是资源的有效利用，因为与鸡和猪等相比，鱼可以更有效地利用饲料(Holm 和 Dalen 2003)。



疾病

水产养殖等生物生产的发展必然会产生一些问题，特别是传染源疾病问题。病毒疾病的爆发会对水产养殖带来严重后果，对当地、区域和全球经济产生重大影响。疾病不仅造成产量减少，而且对产品贸易阻滞的作用日益突显。水生动物疾病可能以不同方式对环境造成影响，例如将传染病传播给野生鱼群。

水生动物疾病的对食品安全性的影响小于陆生动物，原因是鱼类疾病的动物传染可能性较小。但是，由于养殖鱼类中的微生物疾病有时使用抗生素治疗，抗生素残留物和微生物抗性可能成为鱼类疾病的不良后果。为降低由于水产养殖严重疾病导致的经济、社会和环境成本，进行有效的风险管理至关重要（Woo 等，2002；T. Håstein，个人通信）。

动物蛋白的生产必须是可持续的，即应采用生态和环境方面可接受的预防措施将水产养殖的疾病问题保持在可接受的水平。疫苗注射是目前预防养殖鱼类（尤其是鲑鱼）细菌疾病最重要的措施。作为预防措施的疫苗注射的最重要效果是降低了鱼类养殖中抗生素的用量。目前，大多数大西洋鲑和虹鳟鱼群在放入海水中饲养之前可通过注射疫苗预防三大细菌疾病（弧菌病、冷水弧菌病和疝病）。在 10 年期间，抗生素用量已降至绝对最低水平，主要原因是使用了疫苗（图 15）。

虽然实践证明疫苗可有效预防严重的鱼类疾病，但某些副作用会阻碍疫苗使用。因注射疫苗造成的死亡率一般较低，但麻醉、处理和腹腔内注射本身偶尔可致死。

当使用以不同类型辅助剂配制的可注射疫苗时，腹腔通常会有反应。反应可能较少出现，也可能很严重，一般形式为腹腔内的粘附物以及常见的局部反应。更常见的是由针对疝病的可注射油佐剂疫苗产生的副作用。其原因是只有使用佐剂疫苗才能针对疾病获得足够的保护。

对于大西洋鲑，如果鱼的大小至少为 70 g 且水温低于 10 摄氏度，损害的严重性会降低。疫苗注射时间的选择也会影响粘附、赘生物和脊柱畸形等副作用的产生（T. Håstein，个人通信）。

随着疫苗的开发，细菌疾病基本得以控制。目前鱼类健康面临的主要挑战是病毒疾病，经济影响最大的疾病是传染性鲑鱼贫血病毒（ISA）。据报告，到 1996/1997 年，此大西洋鲑病毒疾病仅出现于挪威。

但是，随后发现加拿大出现的“出血性肾综合征”病情与传染性鲑鱼贫血病毒相同，1998 年苏格兰也官方报告发生了传染性鲑鱼贫血病毒（66 届世界动物卫生组织全体会议）。大西洋鲑是唯一受到传染性鲑鱼贫血病毒感染的种类，但实验表明，虹鳟鱼和海鳟（*Salmo trutta*）可成为病原的无症状携带者。

20 世纪 80 年代和 90 年代早期，传染性鲑鱼贫血病毒在挪威的爆发量显著增加，大约 90 个养殖场受临床疾病感染。尽管一些养殖场遭受了高达 80% 的损失，但各养殖场死亡率差异较大，有的遭受轻微损失，有的遭受中等损失（Håstein 等，1999）。

传染性胰坏死 (IPN) 和病毒性出血性败血症 (VHS) 是对欧洲网箱养殖业具有重大影响的病毒疾病。近年来, 病毒性胰腺疾病 (PD) 问题日益突显, 表明鱼类健康需要人们的持续关注, 尤其对于引入网箱养殖的新种类更是如此。

社会经济问题—生产成本、销售、价格、雇佣

随着水产养殖生产的发展和鱼产量的增加, 网箱养殖的鱼类已经从以往只是做为高级饭店的专有佳肴逐渐进入到了超市中, 成为普通商品。在养殖技术的不断改进下, 不仅养殖产量增加, 而且产品质量也在提高。与此同时, 由于国内和国际上各养殖者的竞争, 鱼的价格在逐渐降低。因此, 各养殖者必须极大降低生产成本。例如, 1986 年到 2004 年, 挪威大西洋鲑和虹鳟鱼的平均价格从每千克约 7 欧元降至 2 欧元 (2004 年数据)。

各国之间的生产成本存在差异。但是, 除了挪威以外, 欧洲各生产国不提供生产成本的官方数据。

1986 年, 饲料占大西洋鲑/虹鳟鱼生产成本的 31%, 购买幼鲑的成本占 26%, 工资占 15%。大约 20 年后, 饲料、幼鲑购买和工资分别占 56%、13% 和 9% (图 17)。

其原因是每个养殖场的产量和生产效率有了提升, 降低了幼鲑和生长部门的劳动力需求。生产率的提升得益于物流的改善、技术的改进以及鱼类生物性能的改善。

鱼类饲料在生产总成本中的比例日益增加。这使养殖者日益注重饲料转化率, 通过管理, 本行业的饲料转化率已大大提高 (图 14)。这不仅减少了生产成本, 还尽可能降低了海水网箱养殖对环境的影响。

如图 17 所示, 工资在总生产成本中的比重日益下降, 如前所述, 其原因是生产效率的不断提升, 更少的人可生产更多的鱼 (图 18)。2004 年, 在挪威 2 210 人可生产约 600 000 公吨鱼。

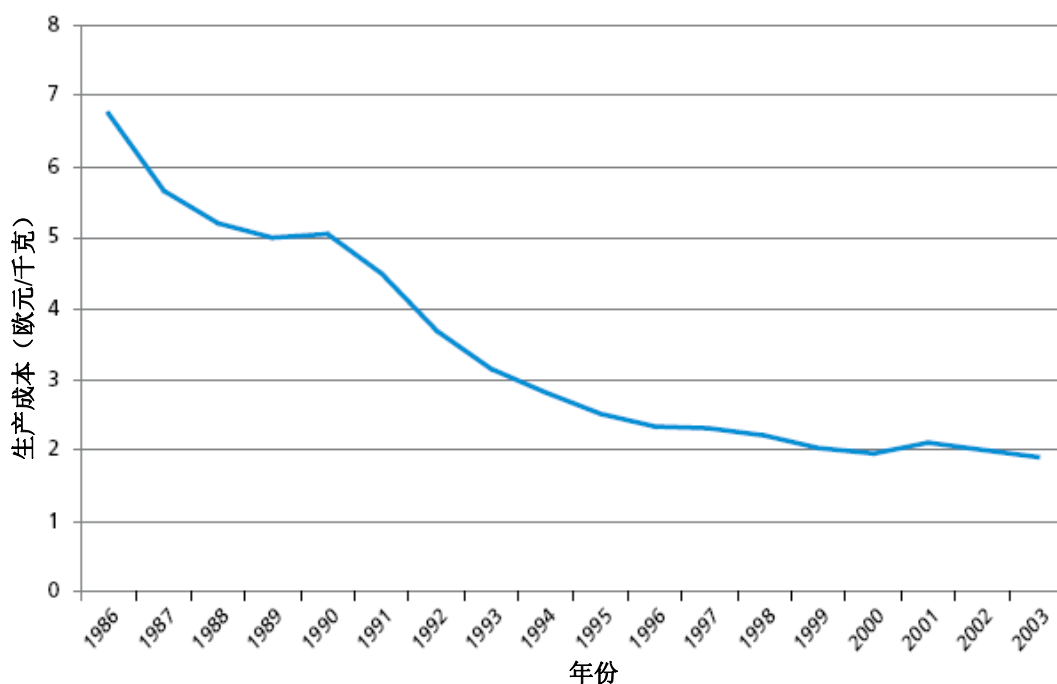
换言之, 每个人的年均产量约为 270 公吨鱼! 除了挪威生产中直接雇佣的员工外, 据估计约有 20 000 人作为供应商间接参与了水产养殖业。2004 年, 这些人贡献了约 15 亿欧元的附加值 (图 19)。主要贡献来自生产部门, 不过屠宰和加工行业也发挥了重要作用。

对于爱尔兰和苏格兰而言, 绝大部分鱼在其所属的欧盟市场销售。

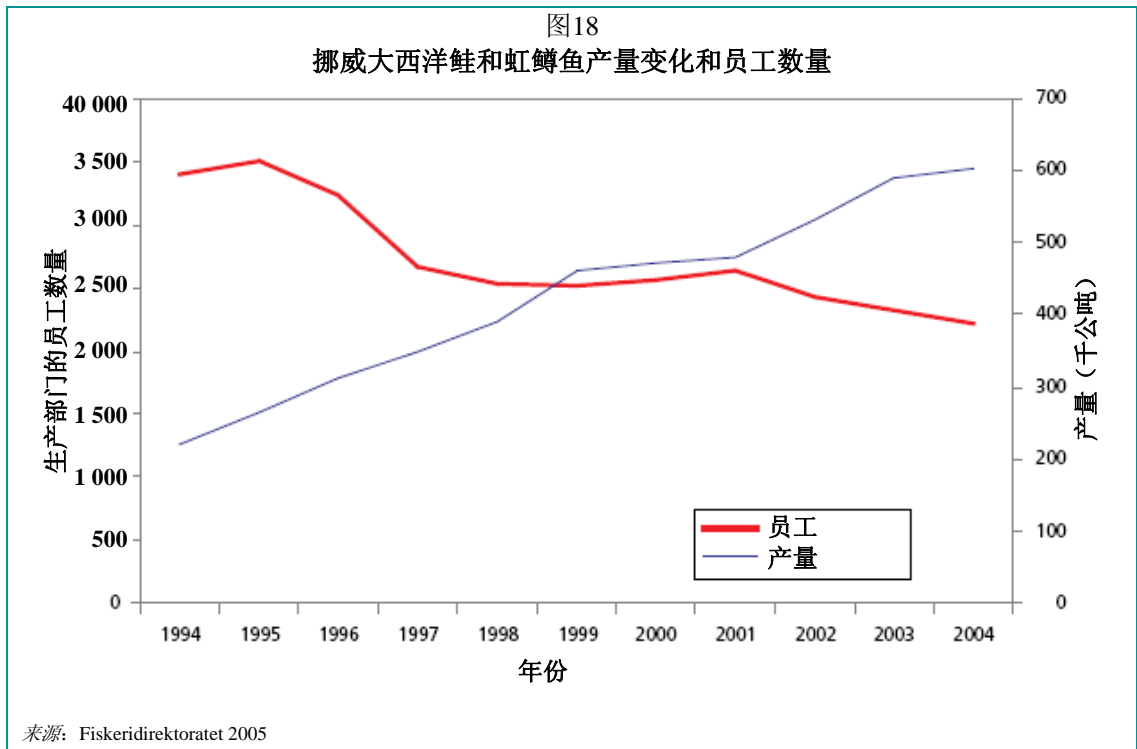
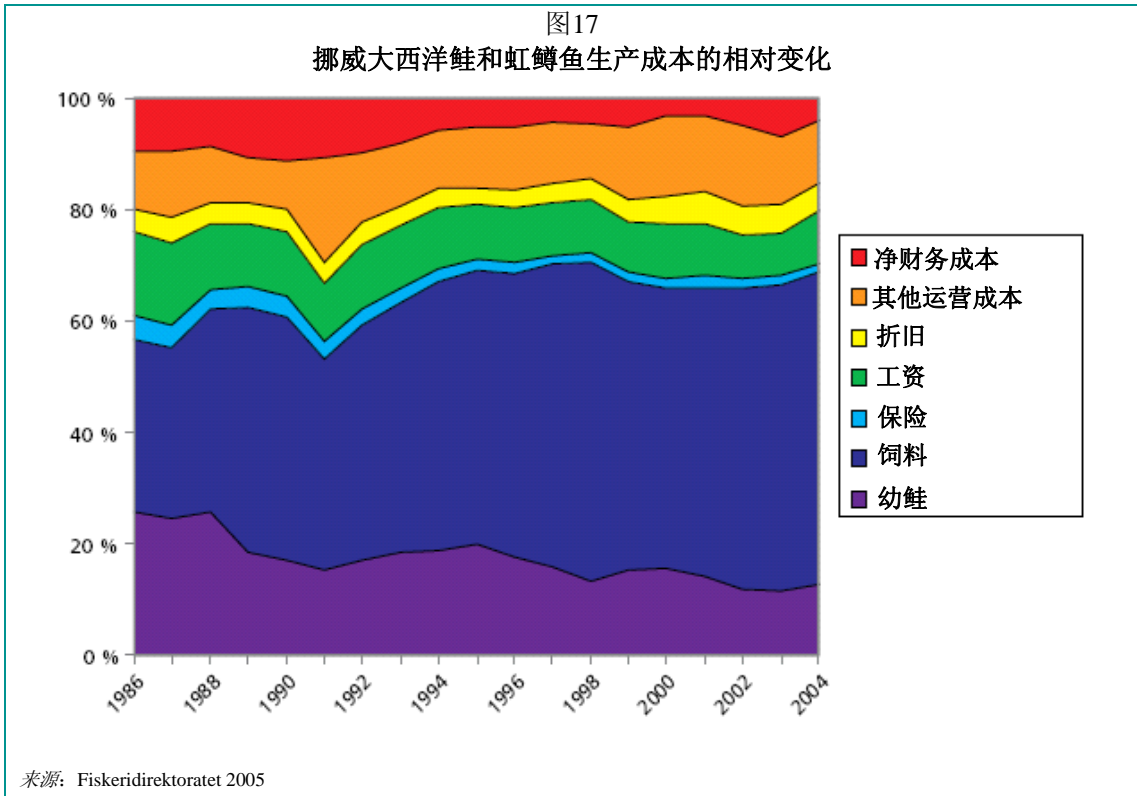
作为大西洋鲑的主要生产国, 挪威在过去二十年间遭遇了其他鲑鱼生产国的倾销指责。美国和欧盟已经申诉并将继续申诉挪威以低于生产成本的价格销售鱼产品。倾销案例是否对鲑鱼自由贸易的发展产生不利影响从而损害消费者的利益仍存在争议。对于涉及此案的国家来说, 很难制定长期的市场发展策略, 以增长网箱养殖鱼的消费。

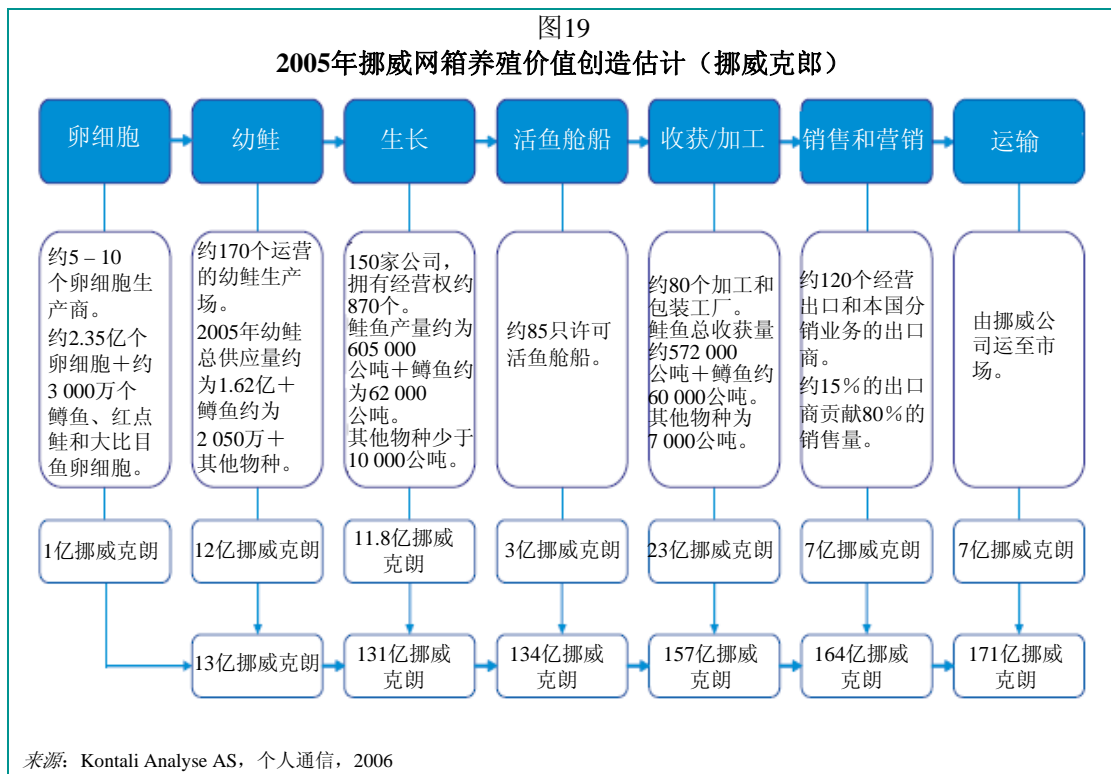
图16

1986年到2004年大西洋鲑和虹鳟鱼生产成本发展图 (2004年, 1欧元=8挪威克朗)



来源: Fiskeridirektoratet, 2005





环境影响—逃逸、污染、生态影响

养鱼业的健康发展不仅需要满足鱼类养殖要求，而且要关注环境。只有有益于环境的可持续水产养殖才能获得社会的认可。

可持续发展最终将使养殖者获益，健康、清洁是水资源是生产优质鱼产品的必不可少的条件。最佳的成果源自为鱼类提供优质的生长条件并进行适当的养殖。

即使欧洲的网箱养殖对环境的影响已大大降低，但仍存在一些问题：逃逸、海水富营养化、海水鱼虱和海水区域的使用权。

逃逸

每年都有鱼从网箱中逃逸。逃逸原因可能是设备的不当使用，技术实效或外部因素，例如触礁、掠食者或船舶推进器的破坏（Beveridge, 2004; Walker 等, 2006）。鱼的损失和设备的损坏不仅对养殖者带来经济损失，还对环境造成不利影响。

向河流中增加鲑鱼的实际危害性有多大？这一问题的答案并不十分明确。对该问题的研究很耗时，并且近期才开始实施。从养殖场逃逸的鲑鱼可在生态以及野生种群的适应性和可持续性方面对野生鲑鱼造成影响。逃逸的鱼和海洋与河流中的野生鱼混杂。它们与野生鲑鱼竞争食物和空间，并传播寄生虫和疾病。逃逸的鲑鱼还能与野生种群繁殖，因此向野生种群引入新型遗传物质，降低个体的生命适应性，减少种群数量（McGinnity 等, 2003）。遗传变化还可能导致生态和行为性状的改变（Holm 和 Dalen, 2003）。

海水富营养化

在开展集约型水产养殖生产的地区，氮磷负荷以及有机物积累会损害环境（Naylor 等, 2000; Beveridge, 2004）。欧洲水产养殖生产主要局限于人口密度低（因此整体营养含量低）的农村地区。在这些地区，水产养殖产量已有增长。即使饲料转化率的提高极大地缓解了单位鱼产量对环境的影响，但水产养殖业的总营养含量出现了增长。因此，欧洲委员会颁布了许多法令，以降低水产养殖业的影响。理事会法令 91/676/EEC27 旨在降低由水产养殖产生的硝酸盐对水的污染，包括家畜废水的扩散或排放。委员会将研究是否将法令扩展到集约养鱼（欧洲经济共同体委员会, 2002）。如果养鱼场被确定为导致不能实现优良生态环境的原因，新颁布的水框架法令也有望降低沿海水的营养含量。

由于场地富营养化造成的不利影响是可逆的。研究表明，大量有机物增加并具有高度厌氧沉积物的场所经过三到五年的修复期后几乎可恢复到自然状态。修复期的时长取决于本地地形条件（Holm 和 Dalen, 2003）。

Olsen 等（2005）认为，对于水产养殖业所在的海水生态系统，营养物应被视为其资源而非毒素。人们还认为，只要废弃产品不具有有毒成分，可使用稀释机制散布废弃产品。以目前 15 厘米/秒的速度，场地内的水每天约交换 100 次。要保持水柱中的营养含量低于临界含量，2-3 次的交换率是必需的。位于动态场所的养殖场所具有的无机营养含量通常在年度自然含量变化范围内。

挪威开发了一套系统,用于对养鱼场的有机物积累进行环境监测。该系统称为建模—生长型养鱼场—监测(挪威语省略为MOM)。该模型包括模拟和监测程序。在使用率很高的地点,必须实施更频繁、更全面的调查。当使用率较低时,调查要求没那么严格。用于养鱼场建模和监测的新系统(MOM)使政府和行业能更好地根据各自场所的承载量调节生产和排放(Holm和Dalen,2003)。

海水鱼虱

鲑鱼虱(*Lepeophtheirus salmonis*)是以鲑鱼作为宿主的外寄生物。虽然它们经常出现在海水中野生鲑鱼身上,但由于养殖鱼潜在宿主的倍增以及感染压力的全面增加,鲑鱼虱已逐渐成为水产养殖业发展的严重挑战。

挪威有关部门要求针对各峡湾系统中的鲑鱼和海鳟群维持可持续的鱼虱量。控制鲑鱼虱的现有方法可大致分为生态方法,即使用濼鱼(*Crenilabrus melops*, *Ctenolabrus rupestris*, *Centrolabrus exoletus*),以及化学处理。濼鱼必须持续使用,而化学处理只在海水鱼虱达到一定阈值时采用。对海水鱼虱量进行定期监测至关重要。在挪威,养鱼者负责定期报告各养殖场的鱼虱数量,并且信息在行业的网站(www.lusedata.no)上发布。在苏格兰,鲑鱼养殖业一般实施综合鱼虱处理方法。苏格兰许多养殖鲑鱼的地区目前已签署地区管理协议,根据协议,养殖场协调鱼的进口、休渔和药物的使用,以尽可能降低鱼虱量。虽然硬资料较少,但有迹象表明通过此方法这些地区的野生鲑鱼和海鳟数量正在恢复。

用于防止鲑鱼虱的所有药物的共同点是对许多有机物,特别是甲壳类(鲑鱼虱所属的亚门)有毒。但是,对甲壳类的毒性作用是局部的,距养鱼场较远的个体并未接触毒性化学药剂。由于材料和本地环境(例如水流和水生化学)不同,养鱼场周围起作用的区域也有差异。

逃逸的鲑鱼可提高野生种群接触鱼虱的机会。因此,减少养殖鲑鱼逃逸的措施有助于降低野生鲑鱼群的感染压力(Holm和Dalen,2003;Walker等,2006)。

网具的铜浸渍

海中的设施常被贝类、海藻、藤壶和水螅等污塞(Corner等,2007)。采用化学浸渍可降低网具污塞,同时还具有其他功能,例如增强网具的硬度,有助于在水中保持形状,防止紫外辐射弱化网具并填充网具金属丝之间的缝隙,从而减少可污塞的面积。

养鱼场网具的铜浸渍仍是关注的问题。有关养鱼场和网具清洁设施附近的含铜量的数据很难获得,但在养鱼场底下水交换率较低的区域发现了铜含量超过800毫克/千克的沉积物

(Holm和Dalen,2003;Beveridge,2004)。目前英国禁止在养殖场中清洗防污塞的铜网具,必须由认可的网具制造商实施清洗。但目前更环保且可行的防污塞替代方案很少。

对养殖海域的使用权

即使每个网箱养殖场覆盖范围不大,但沿海地区仍有可能存在利益冲突。当前水产养殖业充分意识到选择最佳养殖场的重要性。因此,沿海广大地区对行业无吸引力。按规定,养殖场之间的距离应保持最小,并在每个生产单元周围设安全区。在特定沿海区域,渔业、航线、港湾、保护和休闲活动、军事等之间存在冲突。在挪威,委员会的沿海地区综合管理示范计划显示,对此类情况的最好反应是实施区域方案,解决区域内涉及所有利益相关人的许多难题。未来水产养殖的发展应基于综合沿海区策略和管理计划,根据当前和未来的活动考虑水产养殖以及对环境的综合影响(欧洲经济共同体委员会,2002)。

政策和法律框架

水产养殖是种类繁多的行业,涉及各种种类、系统和生产方式。它可能创造新的经济生态,增加就业,提升本地资源利用率,加大生产性投资机会。水产养殖对本地和国际贸易的贡献日益突显(欧洲经济共同体委员会,2002)。参与水产养殖的大多数国家制定了促进水产养殖业发展的策略,例如“苏格兰有鳍鱼养殖最佳生产方式准则”(苏格兰有鳍鱼养殖工作组,2006)。

在欧洲,欧洲议会是最重要的超越国家的决策机构。委员会认为同一框架内水产养殖的重要性可促使改革共同渔业政策并制定本行业的可持续发展策略(欧洲经济共同体委员会,2002)。

欧洲的水产养殖业以共同联盟(成立于1968年的欧洲水产养殖生产者联盟)的方式组织。欧洲水产养殖生产者联盟目前由来自22个欧洲国家的31个国家水产生产者协会组成。其主要任务是为成员协会提供平台,针对欧洲水产养殖种类的生产和商业化推动共同政策的制定。决策和决议将告知欧洲或国内的有关部门。欧洲水产养殖生产者联盟还制定了行为准则,准则非强制性,但适用于联盟认为最重要的地区。此外,准则旨在推动和协助最佳生产方式原则的发展(欧洲水产养殖生产者联盟,2000)。

目前存在一些非政府组织致力于处理水产养殖对环境的影响,包括污染、食品安全以及对野生鱼群的影响。不同国家的非政府组织的规模、严密性和活动范围存在差异。

发展道路

前面章节提到,自20世纪70年代初引入现代网箱以来,欧洲的网箱养殖获得了飞速发展。在短短的时期内,该行业经历了健康、经济和贸易冲突等多方面的缺陷。尽管存在许多问题,产量实现了增长。生态技能和技术的发展导致了能够全年提供统一品质和低价的产品。即使网箱养殖业已经成熟,但仍有重大问题需要加以解决。

本行业的发展将导致对饲料和空间的竞争越来越激烈。此外,消费者最近经历了欧洲数起食品丑闻。由于该地区具有较高的生活标准,这引起了人们对食品安全问题的重视。消费者越来越关注有关食品生产的道德问题。因此,食品质量、生产方法和方法记录变得日益重要。

资源竞争

挪威的一项调查显示,对海水行业的发展贡献最大的四个因素是合格的劳动力、长期的资本可用性、区域(空间)和基础设施。作为分散的行业活动,海水网箱养殖与其他行业在劳动力、资本和基础设施发展方面存在竞争。该行业可促进农村小型社区发展的作用非常重要,使其成为对人们较有吸引力的生活方式。经济可持续发展的行业吸引风险投资实施未来发展。但在经济衰退时期,这对基于新种类的行业的发展是一个重要的问题。

欧洲最积极致力于发展偏远小社区。主要难题在于寻找位于分散地区的行业。水产养殖业应该是被认为适合发展的一个行业,国家应将经济和资源为其建设必要的基础设施。

增加沿海地区的水产养殖用地在政治上是难以接受的。人们越来越重视提高生产效率而不是扩大面积。对于许多有条件开展水产养殖的地区,通常与环境、经济、休闲或军事用途存在冲突。可通过提升单个养殖场的生产水平、开辟更多的养殖点或在将网箱养殖向离岸发展。

欧洲委员会总结认为,鱼类网箱应进一步向离岸发展,为此应推动开展离岸网箱技术的研发。水产养殖设备行业可借鉴石油平台建设等其他行业的经验,以节约新技术的开发成本(欧洲经济共同体委员会,2002)。但是,应了解在海上开展养殖将会增加投资。为避免生产成本的加大,增加投资必须要同时提高效率。离岸网箱养殖生产还可增加逃逸风险,需要更复杂的基础设施,因此不一定适合农村地区的发展。

饲料资源

鱼粉和鱼油是鱼饲料的主要成分。最近十年间,用于生产水产养殖饲料的鱼粉数量大大增长,但全球鱼粉年产量仍保持不变(欧洲经济共同体委员会,2002)。在过去20年间,鱼

粉和鱼油产量分别在620万到740万公吨以及100万到170万公吨之间(较严重的厄尔尼诺期间除外)。鱼粉与海水中上层饲料鱼供应的总体情况相似,其供应量由市场需求的驱动。鱼粉原来不仅用于水生动物饲料,也用于陆地动物饲料。但随着水产养殖需求的增长,用于陆地动物的鱼粉供应逐渐减少以满足水产养殖需求。目前鱼粉仅用于家禽和猪的幼仔和繁殖期的饲料。鱼油以前大部分用于使人造黄油/面包产品硬化,而目前也主要用于水产养殖。除了少量用于人类营养食品外,几乎很少用于食品硬化(Shepherd,2005)。

由于鱼粉和鱼油是有限资源,继续开展研究,以寻找鱼饲料配方中蛋白质的替代物尤为重要(欧洲经济共同体委员会,2002)。

相当数量的原料鱼可从已经捕获的鱼中获得,但由于各种原因这些鱼被扔回了海中。目前的渔业主要以选择捕捞为基础,仅捕捞特定的种类。除了需要的种类外,大量的鱼都是副渔获物。一些副渔获物被起岸和记录,而其余的则倒入海中。据估计,全球丢弃的鱼约2700万公吨。因此每年倒入海中的蛋白质就达数百万公吨。挪威有关部门出台了零丢弃政策,规定商业渔民将渔获扔回海中是违法的。这促使渔民更有选择性地捕鱼,避免在可能有大量副渔获物的时期和地区进行捕捞。该禁令也推动了降低副渔获物的设备的发展。欧盟成员国也颁布禁令,禁止达到“最大可捕量”后的鱼获起岸。在很多情况下,这导致捕捞渔船被迫倾倒渔获(Holm和Dalen,2003)。

针对海洋资源可用性降低的另一解决方案是使用营养级较低的原料生产饲料。目前的研究致力于发展浮游动物(飞马哲水蚤和磷虾(甲壳纲:软甲亚纲))捕获技术。这些动物是海洋脂肪的重要来源,在北大西洋有丰富的储量,是南极鱼群、海鸟和鲸鱼的重要食物来源。但是必须对此类渔业加以管理,以避免对生态结构和功能造成不可接受的破坏。

鱼类饲料中可使用商业合成蛋白质。例如,Pronin®是优质单细胞蛋白质源。它通过使用天然气资源和碳源以发酵方式获得。Pronin的蛋白含量高(约70%)且具有良好的营养和功能特性,特别适合作为鱼类和动物饲料中的蛋白成分。它可用作海水和淡水养殖鲑鱼的蛋白质来源,这一点已经进行了广泛的测试和记录。养殖者认为,用于海水鲑鱼养殖的饲料中可集成高达33%的蛋白质(<http://www.norferm.no>)。

植物原料也可能用作替代饲料来源。水产养殖饲料中植物原料的使用不断增加,30%的植物含量已很普遍。如果将植物和水产动物油适当组合,也能像使用100%水产动物油一样获得健康的欧米伽-3脂肪酸。因此,大型鱼类饲料生产商在生产饲料时逐渐以植物油替代鱼

油 (Holm 和 Dalen, 2003)。

目前各国在饲料中使用鱼粉和鱼油替代物的趋势存在差异, 主要取决于饲料成分的可用性、运输/进口和加工成本, 以及出售鲑鱼的目标市场。在挪威, 分别高达 55% 和 50% 的饲料蛋白质和类脂物都不是来自海洋。最主要的成分是大豆浓缩蛋白, 大豆粉、玉米麸粉、小麦蛋白、菜籽油、结晶氨基酸赖氨酸和/或蛋氨酸。在英国, 高达 45% 的饲料蛋白被取代, 但鱼油被取代的不太多 (仅 10%), 主要是由于市场需求。这些用于取代的蛋白质来源主要是玉米蛋白、豆制品 (大部分为提取产品)、小麦蛋白、菜籽油和结晶氨基酸 (Tacon, 2005)。

消费者需求

2004 年 1 月, 《科学》杂志上的一篇文章指出, 养殖鲑鱼中多氯联苯含量比野生鲑鱼高六倍 (Hites, 2004)。尽管记录的多氯联苯含量处于国际食品标准范围内, 该研究仍受到了媒体的广泛关注 (Chatterton, 2004)。

消费者对此新闻的反应是拒绝购买和食用鲑鱼。负面的媒体报道未能指出, 《科学》杂志的研究由皮尤慈善信托基金会 (Pew Charitable Trusts) 资助, 该组织经常提出与水产养殖相关的重要问题 (Chatterton, 2004)。

此新闻强调了与市场相关的两个重要问题。第一, 消费者非常关注食品的质量、安全性和生产方法。第二, 利益群体随时关注水产养殖业并对鱼类养殖的可持续性提出质疑。这意味着该行业必须持续关注食品安全性和生产方法, 并记录健康食品的可持续生产。

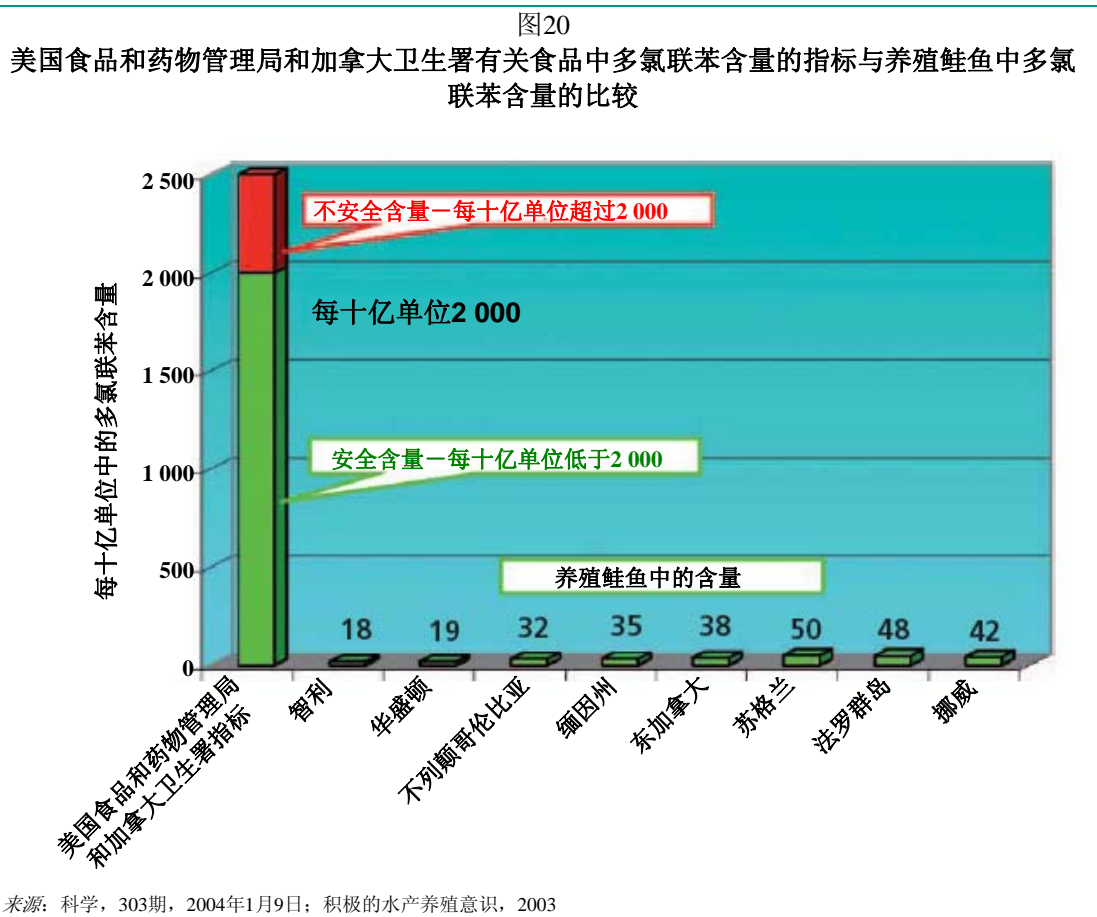
食品安全

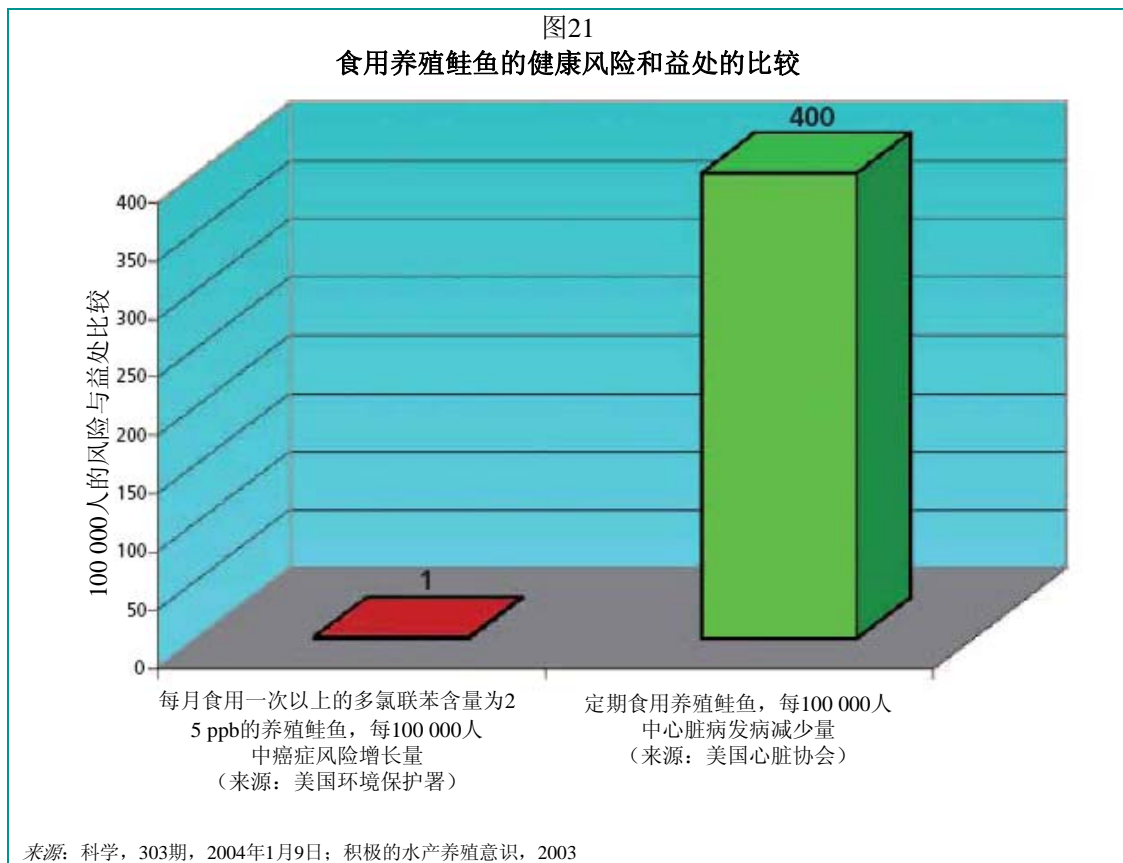
欧洲养鱼者的主要目标是生产最高品质的营养产品。水产养殖是一个可控制过程, 养殖者可生产收获优质的鱼产品。水产养殖有以下特点:

- 在最佳环境下养殖健康鱼群;
- 优质的蛋白质来源;
- 营养食物来源;
- 全年持续可利用;
- 持续新鲜的产品;
- 口感味道佳。

欧洲水产养殖生产者联盟行为准则规定, 养鱼者必须积极实现水产养殖的均衡可持续发展, 努力确保该行业的透明发展, 保证消费者的利益 (欧洲水产养殖生产者联盟, 2000)。

开展鲑鱼养殖业应注意与环境可持续性、人类健康和营养联系在一起。目前有一项重要的指控是养殖鲑鱼含有较高的多氯联苯





(PCB)，多氯联苯是环境中广泛存在的工业化合物(请参阅以上章节)。养殖鲑鱼中具有微量多氯联苯，同时多氯联苯也存在于野生鲑鱼、牛肉、脊肉和许多其他产品中：它们在食物链中有小量累积。养殖鲑鱼通常食用凤尾鱼和鲭鱼鱼粉。凤尾鱼和鲭鱼可能食用了自然环境中的微量多氯联苯，多氯联苯可通过饲料转移到养殖的鲑鱼中。但是其含量远远低于造成健康风险的水平(图20)(积极的水产养殖意识，2003)。

追求质量的消费者可能对食品生产者的要求比较高。如果网箱养殖生产者能生产一流的健康产品，这将十分有益于行业的发展。欧洲市民日益面临营养不良和体重过重的问题。吃鱼对健康有很多益处，其中最重要的是可预防心脏病(图21)。

该行业面临的重大挑战是如何成功反驳有关吃鱼不安全的观点。只有提供吃鱼具有积极健康效应的充分科学记录并让消费者了解真相才能做到这一点。

可追踪性

可追踪性对于未来食品安全也非常重要。鱼产品追踪组织认为，随着消费者信息需求的增长，以物理方式传输所有产品相关信息是不实际的。更可行的方法是在每个包装上使用特殊的标识符，并通过电子方式传输或提取所有相关信息(请参阅 <http://www.tracefish.org>)。

动物福利

由于研究认为鱼类等高等脊椎动物可感知疼痛和疾病，目前对鱼类，特别是水产养殖福利的关注日益增长(欧洲经济共同体委员会，2004)。

为改善养殖鱼规约和鱼类养殖标准的福利，将对鱼类密度和屠宰前处理作出规定。一套快速、低成本和非侵害性筛选法将用作福利指标。福利是基于个体的，正在制定的指标类型仅提供海水网箱等一般环境的指标。

挪威和英国成立了鱼类福利问题的研究小组，并整合行为、生理和鱼类健康等多个学科信息提供福利解决方案(Damsgård, 2005)。

社会经济和销售

海水网箱养殖在欧洲广泛开展，通常分布于农村或周边地区，这些地区长期缺乏潜在就业机会。该行业发展的基本问题是保持行业的竞争性、生产率和可持续性(欧洲经济共同体委员会，2002)。

随着人口的增长，商品的总需求预计将出现增长，因为人口将决定市场总规模。人们认为，对高价水产品的需求将降低，对此类产品的需求将转到低价的鱼产品上。未来的鱼需求主要由消费者数量、饮食习惯、可支配收入以及鱼产品价格决定。鱼产品消费水平和结构的许多变化将反映较复杂的人口统计和态度变量。人口的老龄化、性别角色的改变、家庭规

模的缩小、对饮食的关注、食品安全问题以及道德问题是整个欧洲存在的影响因素（FAO，2001）。

不同蛋白质来源的生产者之间的竞争一直持续。为加强地位，水产养殖业必须增强产品销售。在挪威的资金支持下，作为鲑鱼协议的一部分，欧洲开展了鲑鱼遗传销售活动。在未来，此类活动将刺激水产养殖鱼类的消费，从而提升海水养殖产品的市场份额。

欧洲生产者将继续面临来自欧洲以外养殖鱼类的竞争。罗非鱼（*Oreochromis spp.*）等种类的生产成本较低，不能在欧洲直接进行网箱养殖。竞争的加强不能通过限制国际贸易的方法解决，而应注重品质并提高生产率，当然，不得与可持续生产的责任相冲突。

本行业的生产率获得了重大提升（图 16）的主要原因是鱼类健康的改善和产量的增加。如图 17 所示，饲料仍是主要生产成本，目前人们重点关注经济饲料转化率（ECR）（每千克屠宰的鱼所用的饲料千克数）。本行业在降低生物饲料转化率（BFR）（生产单位千克的鱼所用的饲料千克数）方面获得了成功。经济饲料转化率要求死亡率较低。对于鲑鱼行业，挪威网箱养殖的平均死亡率约 20%。鱼类健康管理的改善对于进一步降低死亡率至关重要。

高效的健康管理需要采取措施避免疾病发生，从而降低治疗需求。如果有疫苗，可通过注射疫苗实现。强大的生物安全性措施对于避免病原体的侵入很重要，可通过隔离养殖场并在所有人类入口处（包括兽医、客户和服务供应商）建立控制系统实现。休渔有助于对收获和储藏之间的场地进行消毒。优良的健康管理还应包括降低压力（操作、密度、喂养制度等）的日常管理。压力是重要的因素，因为它可与适当的病原体结合，导致疾病发生。

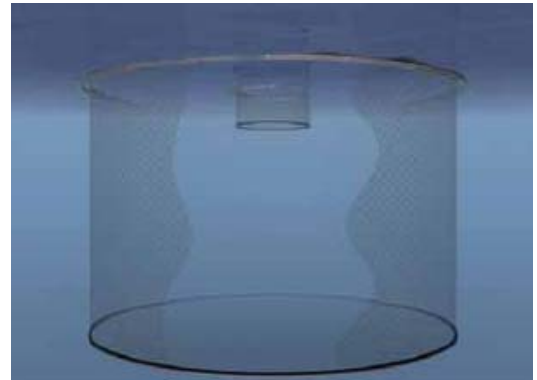
员工生产率有了重大提升（图 18），降低了工资在总生产成本中的份额。尽管如此，由于欧洲的高工资，为了与欧洲以外的出产国竞争，进一步提升生产率很重要。例如，可通过提高总产量以及单位场地和单位生产部门的产量实现。

新技术使每个网箱规模的增长成为现实（Beveridge，2004）。图 22 表明，数年前周长为 40 米、深度为 4 米的传统网箱总容量为 510 m³。目前有的养殖场使用周长为 157 米、深度为 30 米的网箱，总容量为 59 000 m³。此类网箱可蓄养 1 100 公吨的生物量。使用较大单元的优点是可减少管理的单元数，并能投资更多资源用于监测鱼类和环境变量。也可增长带来积极影响。但是，也存在对日常鱼类处理（分级、收获、疾病治疗）和逃逸的考虑。

人们日益关注环境（特别是网箱内的溶氧量）对鱼类生长的影响，并开发了可向海水网箱中增加氧气的设备（Beveridge，2004）。

图22

使用较大单元的发展示例。周长和深度分别从40 m和4 m增加到157 m和30 m，体积分别为510 m³和59 000 m³



但是，养殖场的质量至关重要。优良养殖场的水流可使溶氧量保持在可接受的水平，并稀释有机物，防止在生产单元下积累。海底的地形和网箱下的深度对优化生产也有重大作用。

最适于欧洲水产养殖的许多场所都开展了水产养殖项目，对其余合适的场所存在激烈的竞争。因此，养殖逐渐移至更开阔的离岸场所。这有可能面临巨大的技术和后勤难题；但如果问题得以解决，就可能增长产量。例如，爱尔兰可将产量提升十倍，达到 150 000 公吨，新增 4500 个岗位（Ryan，2004）。

总结

大多数生产系统对环境具有负面影响。在欧洲网箱养殖先驱首次采取措施三十年后，行业已经成熟。鲑鱼网箱养殖生产逐渐以环境可持续发展的方式生产优质产品。但是，随着消费者更加关注可持续发展和食品安全性问题，该行业将持续改善生产方法。对鱼产品的需求增长将促使该行业在不增加原材料需求的条件下加大产量。该行业必须在沿海地区的使用上与其他利益相关方开展竞争。

目前人们有意进一步发展该行业，从而通过该重要盈利活动维持欧洲边远地区生活的发展。发展不得以牺牲产品质量或环境为代价。该行业还必须能与欧洲内外的其他食品生产者竞争。

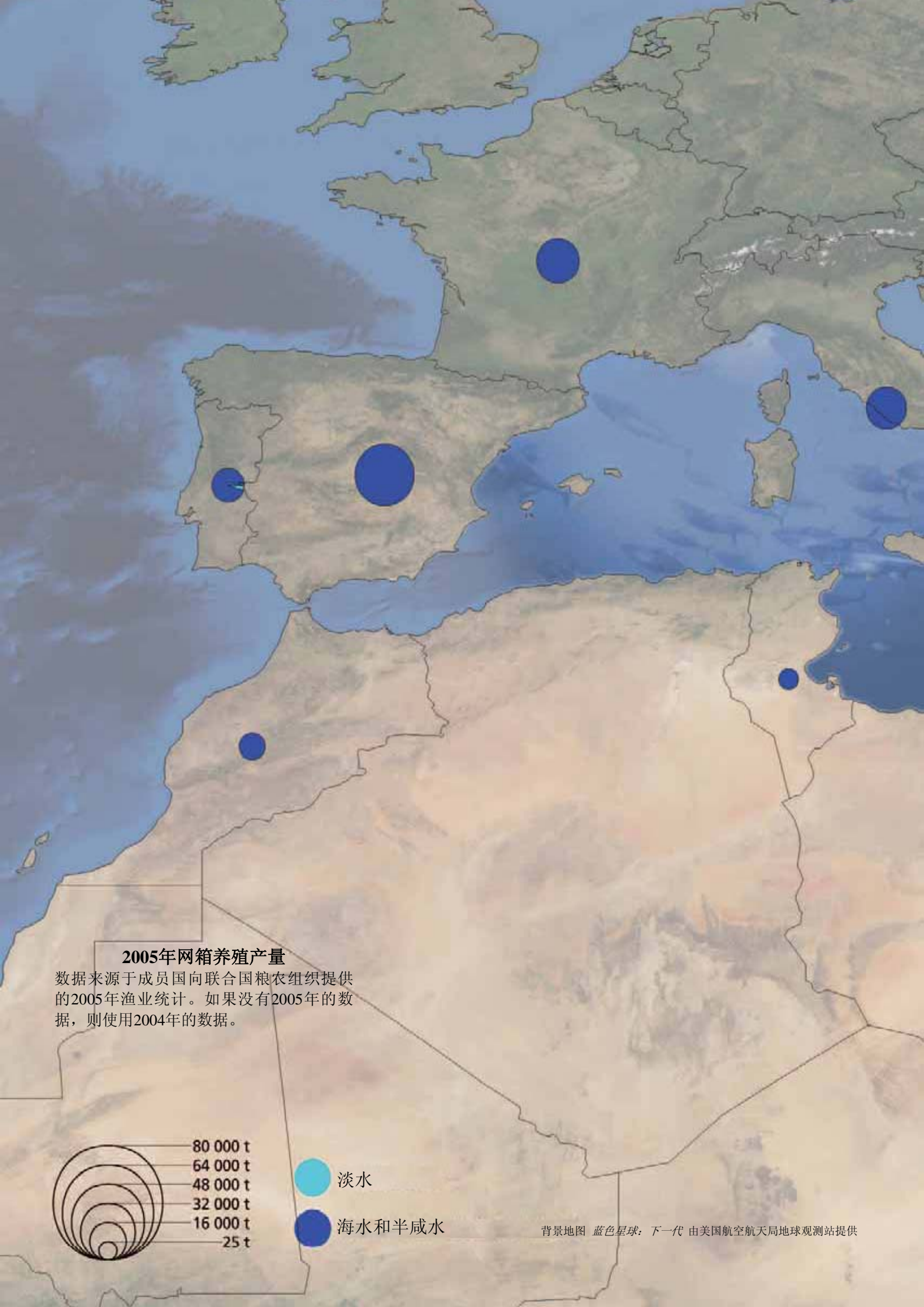
致谢

Knut Hjelt、Alexandra Neyts（挪威）和 Trevor Telfer（苏格兰）提供了大量事实资料、建议并对原稿进行了完善。

参考文献

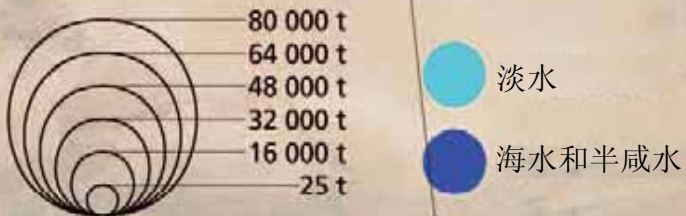
- Beveridge, M.C.M.** 2004. *Cage Aquaculture*, third Edition. Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd.
- Beveridge, M.C.M. & Little, D.C.** 2002. The history of aquaculture in traditional societies. In B A Costa-Pierce, (ed.) *Ecological aquaculture. The evolution of the Blue Revolution*, pp. 3–29. Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd.
- Chatterton, J.** 2004. Framing the fish farms. The impact of activist on media and public opinion about the about the aquaculture industry. In B.L. Crowley & G. Johnsen, (eds). *How to farm the sea*. 21 pp.
- Commission of the European Communities.** 2002. *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. A strategy for the sustainable development of European aquaculture*. Brussels. 26 pp.
- Commission of the European Communities.** 2004. *Farmed fish and welfare*. Brussels. 40 pp.
- Corner, R.A., Ham, D., Bron, J.E. & Telfer, T.C.** 2007. Qualitative assessment of initial biofouling on fish nets used in marine cage aquaculture. *Aquaculture Research*, 38: 660–663
- Damsgård, B.** 2005. Ethical quality and welfare in farmed fish. In B. Howell & R. Flos, (eds). *Lessons from the past to optimise the future*, pp. 28–32. Oostende, Belgium, European Aquaculture Society, Special Publication No. 35.
- FAO.** 2001. *Aquaculture development trends in Europe*. Rome, FAO. 27 pp. **FAO.** 2006. *Aquaculture statistics 2004*. Rome, FAO. **FEAP.** 2000. *Code of Conduct*. 8 pp. **FEAP.** 2002. *Aquamedia - a focus for accuracy* (also available at www.aquamedia.org)
- Fiskeridirektoratet.** 2005. *Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon Laks og ørret*. Bergen, Fiskeridirektoratet. 69 pp.
- FHL.** 2005. *Tall og Fakta 2005*. Statistikkbilag til FHLs årsrapport. Trondheim, Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening. 22 pp.
- FRS.** 2005. *Scottish Fish Farms. Annual Production Survey, 2005*. 53 pp.
- Fishbase.** 2005, <http://www.fishbase.org>
- Hites, R.A., Foran, J.A., Carpenter, D.O., Hamilton, M.C., Knuth, B.A. & Schwager, S.J.** 2004. Global Assessment of Organic Contaminants in Farmed Salmon. *Science* 303: 226–229.
- Holm, M. & Dalen, M.** 2003. *The environmental status of Norwegian aquaculture*. Bellona Report No. 7, Oslo, PDC Tangen. 89 pp.
- Håstein, T., Hill, B.J. & Winton, J.** 1999. Successful aquatic animal disease emergencies program. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 18: 214–227.
- McGinnity, P., Prodohl, P., Ferguson, K., Hynes, R., O'Maoileidigh, N., Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J. & Cross, T.** 2003. *Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, Salmo salar, as a result of interactions with escaped farm salmon*. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 270: 2443–2450.
- Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. & Troell, M.** 2000. Effect of aquaculture on the world fish supplies. *Nature* 405: 1017–1023.
- Olsen, Y., Slagstad, D. & Vadstein, O.** 2005. Assimilative carrying capacity: contribution and impacts on the pelagics system. In B. Howell & R. Flos, (eds). *Lessons from the past to optimise the future*, pp. 50–52. Oostende, Belgium, European Aquaculture Society, Special Publication No. 35.
- Osland, E.** 1990. *Bruke havet... Pionertid i norsk fiskeoppdrett*. Oslo, Det Norske Samlaget. 190 pp.
- Positive Aquaculture Awareness.** 2003. *Farmed salmon, PCBs, Activists, and the Media*. 17 pp.
- Ryan, J.** 2004. *Farming the deep blue*. Westport, Ireland, 82 pp.
- Scottish Finfish Aquaculture Working Group.** 2006. *The Code of Good Practice for Scottish Finfish Aquaculture*. 114 pp.
- Shepherd, C.J., Pike, I.H. & Barlow, S.M.** 2005. Sustainable feed resources of marine origin. In B. Howell & R. Flos, (eds). *Lessons from the past to optimise the future*, pp. 59–66. Oostende, Belgium European Aquaculture Society, Special Publication No. 35.
- Souto, B.F. & Villanueva, X.L.R.** 2003. *European Fish Farming Guide*. Xunta De Galicia, Spain. 86 pp.
- Tacon, A.G.J.** 2005. *State of information on salmon aquaculture feed and the environment*. WWF. 80 pp.
- Walker, A.M., Beveridge, M.C.M., Crozier, W., O'Maoileidigh, N. & Milner, N.** 2006. The development and results of programmes to monitor the incidence of farm-origin Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in rivers and fisheries of the British Isles. *ICES Journal of Marine Science* (in press).
- Woo, P.T.K., Bruno, D.W. & Lim, L.H.S. (eds).** 2002. *Diseases and disorders of finfish in cage culture*. Wallingford, Oxon, UK, CABI Publishing. 433 pp.





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。



网箱养殖评论： 地中海

