

# 1. 引言

## 1.1 目标和概述

本文件的主要目的是促进利用地理信息系统（GIS）、遥感和制图，作为协助发展和管理可持续海水养殖的一种手段。该系统的范围是全球性的，并将发展中国家作为重点。由于我们的重点，我们强调的是基于免费从因特网下载数据的最低成本来实施地理信息系统。使用美国的典型研究作为一个例子，我们展示了任何有兴趣的国家在其专属经济区内开展海水养殖潜力的第一近似值。我们审议的在海水养殖中应用地理信息系统、遥感和制图的一些情况反映了目前状况，使读者对这些手段的好处和限制做出自己的评估。本文件与GISFish - 粮农组织的一个因特网网关密切相关，通过对水产科学和渔业摘要的文献资料数据库以及在多数情况下对完整的论文和报告的检索，可以从该网关获得在水产养殖和内陆渔业中应用地理信息系统、遥感和制图方面积累的大量经验。第2.3.2节对GISFish有更充分地描述。

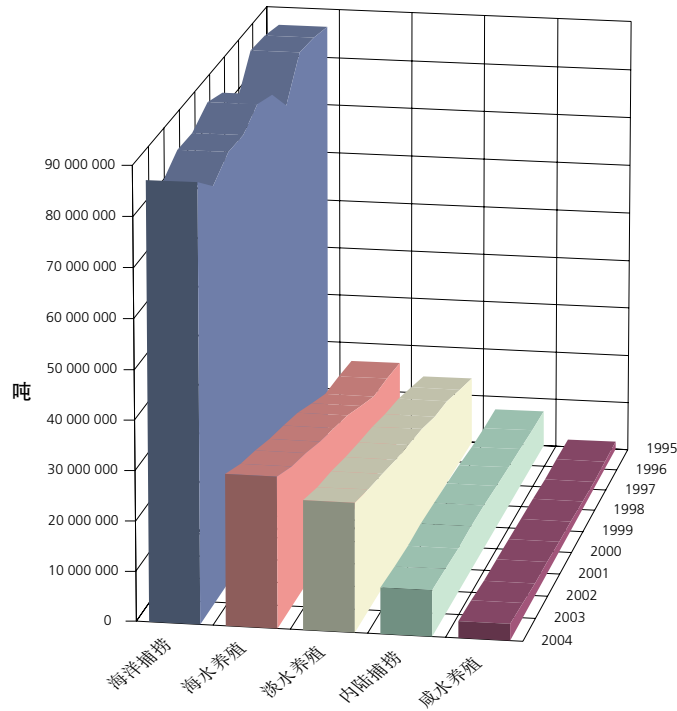
我们主要强调的是地理信息系统。遥感被看作是获得数据的一个重要工具，随后被纳入地理信息系统，并对经营管理的水产养殖设施的环境条件进行实时监控。地图通常是一个地理信息系统的产出，但可以是进行空间交流的有效工具，因此，实例包括了水产养殖制图。

在一些背景下应用这些工具具有最佳效果。首先，必须在渔业领域重视海水养殖。然后，在两个框架内看待地理信息系统、遥感和制图：一是影响目前和将来水产养殖发展的广泛的外围问题；二是更具体和集中于在以下方面应用这些工具的若干经验上：目的（研究，经营、发展和管理）、目标物种、环境（陆地、近海、外海）、养殖系统，地理范围、分析的因素和制约条件、模型和采用的决策方式。在单独的章节中涉及了地理信息系统数据的可获得性、模型和决策。

如上所述，我们的重点是如何应用已被用来解决海水养殖重要问题的工具，而不是工具和技术本身。然而，作为帮助了解应用的重要技术方面，本出版物提供了词汇部分，并与有关术语相关联。更详细的技术资料以及与免费和商业软件的链接，可访问GISFish获得。

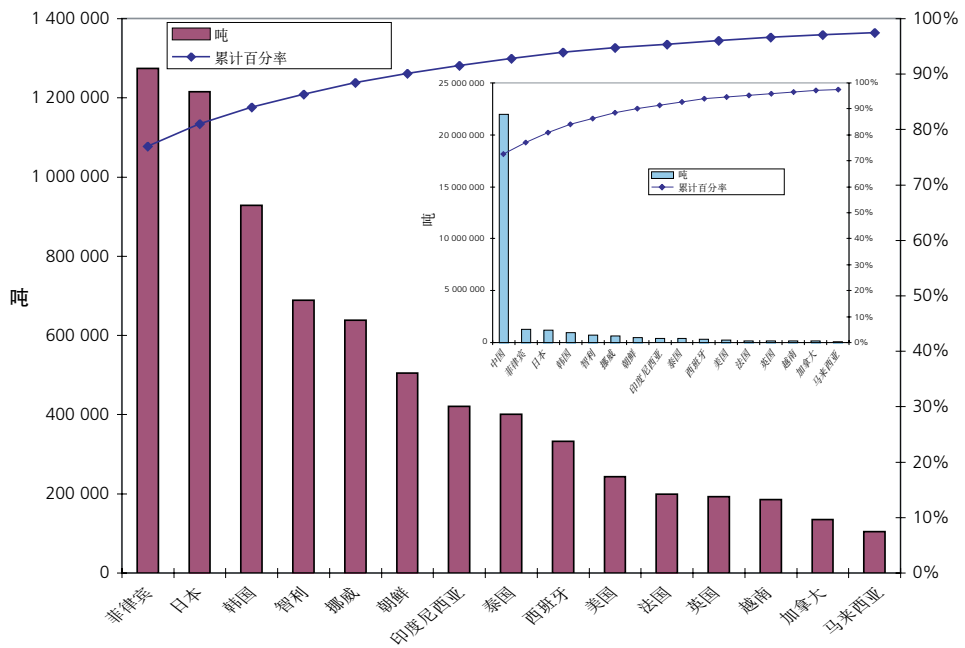
最后，我们对在海水养殖发展和管理中应用地理信息系统、遥感和制图的情况做出了评论，并就改进实施提出了一些建议。

图 1.1  
1995-2004年渔业领域按环境的产量趋势



来源: 粮农组织 (2006a)

图 1.2  
2004年不包括中国的水产养殖产量和总产量



来源: 粮农组织 (2006a)

## 1.2 海水养殖的重要性

### 1.2.1 渔业领域中海水养殖产量和趋势

2004年渔业总产量达到近1.56亿吨。按环境和来源，海水捕捞产量为8700万吨，内陆捕捞为900万吨，海水养殖为3000万吨，淡水养殖为2700万吨，其余300万吨来自咸水养殖（粮农组织，2006年）。

海水养殖产量快速增长。在过去10年，海水养殖产量占总产量的比例从13%增加到19%，淡水养殖从11%增加到17%，而海洋捕捞产量从69%减少到56%，咸水养殖从1%增加2%。内陆捕捞在总产量的比重稳定在6%（图1.1）。

### 1.2.2 海水养殖方面重要的国家

在全世界186个拥有海岸的国家中，2004年有86个国家向粮农组织报告了海水养殖产量，其中中国报告了2200万吨，占全球总量的近73%。菲律宾和日本均报告了100多万吨的产量，还有13个国家报告的其产量超过10万吨。这些主要生产国的产量占全球产量的97%（图1.2）。

### 1.2.3 海水养殖重要的水生物种组

2004年产量组别广泛，海水养殖产量中最主要的是水生植物（46%）和软体动物（43%），而河海洄游鱼类（主要是鲑科鱼类）占5%，海洋鱼类占4%。占2%的甲壳类重要性最低。过去十年相关的比例没有变化（图1.3）。2004年海水养殖产值为278亿美元。

### 1.2.4 按专属经济区的区域重要性

专属经济区（EEZ）是以符合1982年《联合国海洋法公约》的规定宣布的国家管辖海域（宽度为370千米或不超过200海里）。在EEZ内，沿海国有权勘探和开发生物和非生物资源，并有养护和管理的责任。EEZ是海水养殖从目前近岸扩大到外海或开阔海域的主要区域。大多数国家有着与本土相联的巨大的EEZ，许多国家有着大规模的与海外属地相联系的额外EEZ区域。乍看起来，在EEZ内扩大海水养殖的机会似乎是无限的，但目前在与深度有关的技术、海洋条件以及竞争利用的问题减少了可获得的区域，制约着养殖规模的扩大。不过，在主要海水养殖生产国中，本土EEZ面积与2004年产量之间似乎没有任何关系（图1.4）。EEZ每平方千米的产量从中国的近25吨到加拿大的0.02吨。

### 1.2.5 海水养殖发展和管理

在海水养殖发展和管理方面大量的文献资料，包括技术和经济，特别是在纳入沿岸带管理的环境方面（例如GESAMP，2001年），但是，《负责任渔业行为守则》（CCRF）（粮农组织，1995年）提供了最好的起点，以理解广泛的水产养殖问题以及在国际和国家框架内的潜在解决办法。粮农组织负责任渔业

图 1.3  
按ISCAAP组的海水养殖趋势

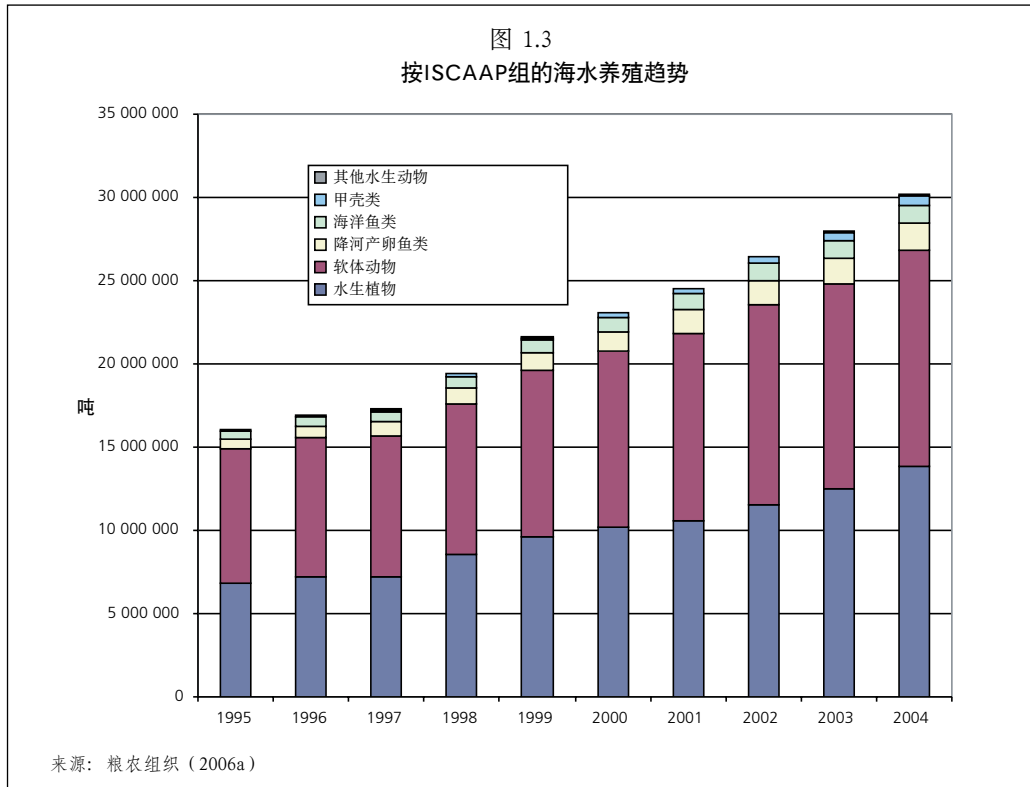
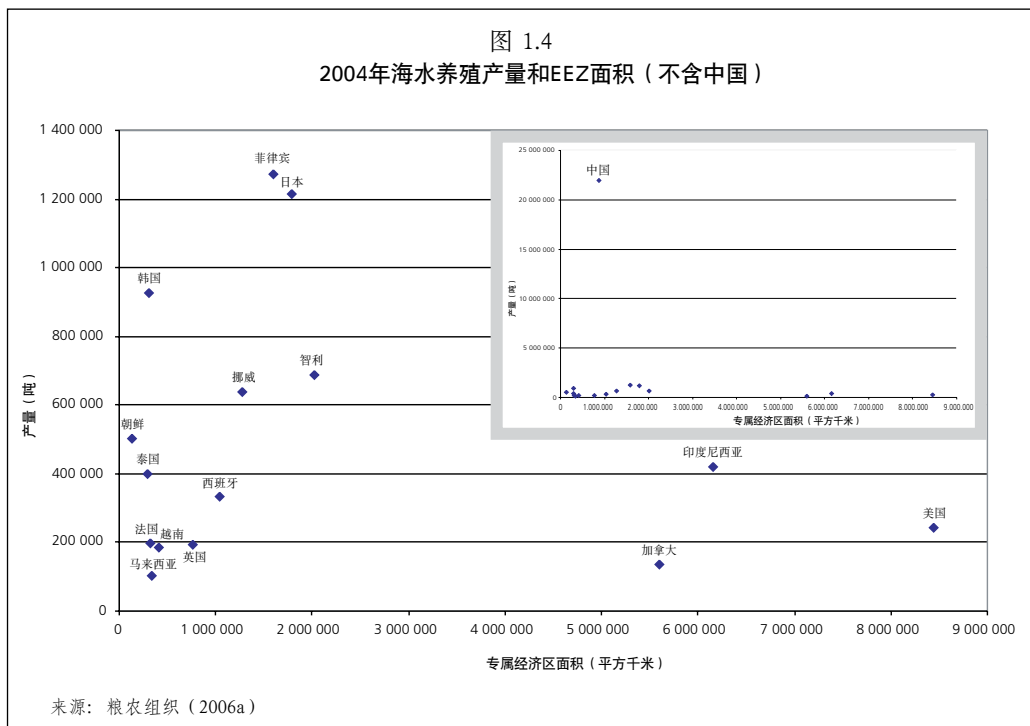


图 1.4  
2004年海水养殖产量和EEZ面积 (不含中国)



技术准则（粮农组织，1997年）涉及守则的第9条 – 水产养殖的发展，是对CCRF的补充。基于第三个千年水产养殖大会的曼谷声明和战略（Subasinghe *et al.*, 2000年）提供了20年的发展战略。

一些座谈会和随后的会议记录强调对海水养殖技术和物种进行应用研究（例如，海水养殖的今天和明天，Bridger and Costa-Pierce, 2002年），其他的则涉及发展的重要方面，例如政策、机制、社会-经济、工程、环境、后勤和运行，比如“开阔海域养殖”；“从研究到商业现实”（Bridger and Costa-Pierce, 2003年）；“在深兰海水养殖”（Ryan, 2004年）；“海水养殖的未来：亚太区域海水养殖负责任发展的区域办法”（粮农组织/NACA, 出版中）；以及“2006年外海海水养殖”（<http://www.offshoremariculture.com>）。

海水养殖发展速度的不同反映在不同国家产量的巨大差异（1.2.2节）。在这方面，一个重要的考虑是，尽管各国具有许多相同或相似的问题，但解决办法和发展速度有着国家的特点。另一个重要的考虑是，部署GIS、遥感和制图的理由是海水养殖发展和管理的许多问题有着地理或空间背景。

### 1.3 影响海水养殖的近海和外海空间背景问题

#### 1.3.1 近海和外海范围

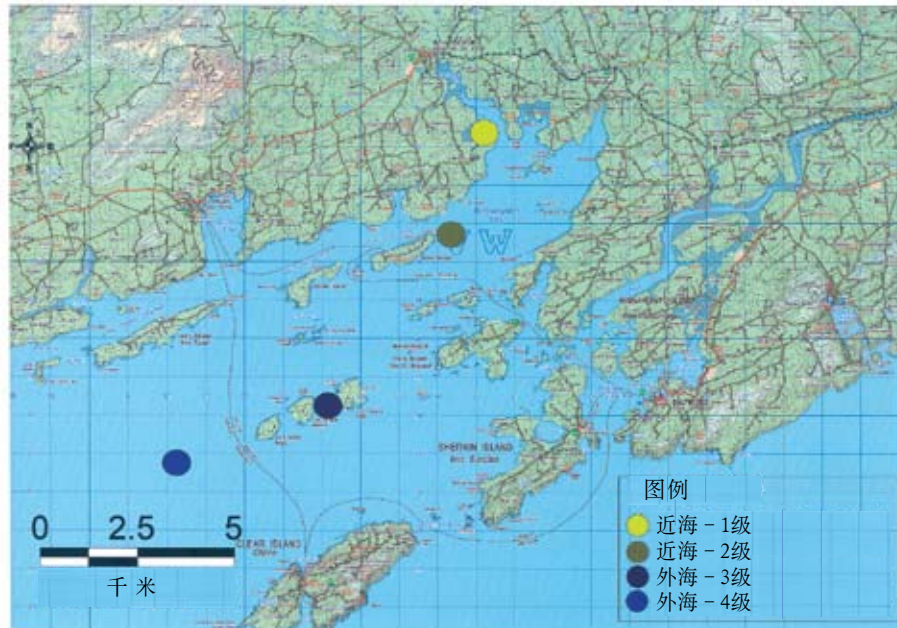
在处理海水养殖时，有两个明显的环境范围：近海和外海或开阔海域。每个范围有其自己的问题，不同点主要是相对的重要性。瑞安（Ryan）（2004年）提出，与离岸距离有关的“外海”伴随着波能的增加，并缺乏隐蔽处；但他认为还没有明确的定义。在具体到网箱特征方面，瑞安（同前）描绘了地点的4个级别，其中2个为外海类型，与近海类型相反（图1.5）。

同样，布里杰等（Bridger *et al.*）（2003年）根据受影响的程度提出海水养殖的4个级别：（1）陆基设施，（2）沿海环境（受保护的海湾和峡湾），（3）无遮蔽的地点以及（4）外海地点。缪尔（Muir）（2004年）基于4个标准提出了与近海养殖相对的外海养殖，标准包括地点/水文地理、环境、进入和运行（表1.1），提出需要注重受影响的程度和运行条件。布斯（Booth）和伍德（Wood）（2004年）提出了更全面的描述，认为近海是从岸上可以看到的区域（例如潮间带、海湾和河口），而外海区域从岸上看不到。从概念上看，“近海”和“外海”对海水养殖是水域空间的宽泛标识，但利用空间分析可以使我們更准确地确定在哪里发展水产养殖，以及预测管理需求。事实上，对养殖生物、养殖结构、岸上设施和进入方面的要求确定了海水养殖的潜力。在这方面，近海和外海的区分没有实际意义。

#### 1.3.2 近海和外海问题

最近进行的审议总体上是有关海水养殖的问题（海水养殖工作组，2007年），特别是关于开阔海域的水产养殖（Stickney *et al.*, 2006年）。

图 1.5  
可能见于1到4级的网箱类型



级别	1	2	3	4
常规表述（与地点暴露程度有关）	遮蔽的近岸地点	半遮蔽的表面地点	暴露的外海地点	开阔海域外海地点
采用的网箱类型	表面重力	表面重力	表面重力 锚张力	表面重力、表面刚性、 锚张力、水下重力、水 下刚性

来源：瑞安（2004年）

表 1.1  
近海和外海水产养殖特征

特征	近海	外海
地点/水文地理	0.5-3千米；10-50米深；在视野范围内；通常至少半遮蔽	2+千米，一般在大陆架区带内，可能是开阔海域
环境	Hs ≤ 3-4米，通常 ≤ 1米；短分期，局部沿海水流，可能强劲的潮流	Hs 5米或超过，一般2-3米，海面汹涌，不定风期，可能较少局部海流影响
进入	> = 95% 至少每天进入一次，通常可上岸	通常 > 80%可进入，可能周期性上岸，例如每3-10天
运行	定期、手工介入、投喂、监测等	遥控运行、自动投喂、远距离监测、系统功能

术语：Hs = 有效波高-标准的海洋学术语，大约平均最高相当于海浪的分之一。

来源：缪尔（2004年）



我们认为，最富有成果的办法是在海水养殖发展和管理中实施GIS、遥感和制图，首先评估问题，然后衡量这些工具在多大程度上能处理这些问题。凯匹特斯基（Kapetsky）和阿吉拉尔-曼加雷兹（Aguilar-Manjarrez）（2004年）提出了与水产养殖有关问题的明确框架，并利用其评估实施GIS的进展。问题的主要类别是：（1）发展，（2）水产养殖实践和管理，以及（3）包括水产养殖的多领域发展和管理。

考虑到外海和沿海环境，问题在性质上差异不大，但在程度上有差异。这反映为由于众所周知的理由把水产养殖向外海转移。实质上，这样可以减少或解决在近海遇到的最急迫问题（表1.2）。最重要的考虑是，减少水产养殖对近海环境的影响（表1.3）；对更多空间的需求，以容纳有更好规模经济的外海大型水产养殖生产；减少与其他利用的竞争和冲突；消除视觉影响以及改善水质。在后一方面，瑞安（2004年）提到，风和波浪产生比近岸海域更大的水交换，潮流也能使水产养殖废物散开，减少被体外寄生虫感染的几率。这种养殖类型的另一个优点是，外海出现极端温度的情况少，水温更稳定。到外海养殖的缺点成为重要问题。这些问题包括因缺乏遮蔽处，需要全天候的养殖结构；距离更远；运输饲料、得到服务、维护和监测外海设施并保证其安全的成本更高。

另一种观点认为，近海的空间问题涉及更多的是现有水产养殖的历史和实际问题，而外海养殖的空间问题，因其处于初始阶段，属于感觉到的或潜在的问题。近海养殖的许多类型，主要是贝类养殖，不能在现有技术条件下轻易地转移到外海。因此，如果在近海扩大海水养殖，将不得不面对近海的问题。

扬长避短要求详细的超前规划和关注，以满足选址的标准。

### 1.3.3 海水养殖超前规划

西塞-塞恩等（Cicin-Sain *et al.*）（2001年）在美国水域确立外海水产养殖政策框架过程中发现，在美国进行的所有研究中主要问题之一是涉及建立养鱼场与其他沿海水域利用之间的冲突，例如海上交通、捕捞渔业、旅游和自然保护区。那么，重要的是，要确立关于水产养殖站点的标准，将这类冲突在以后出现的机会减少到最低程度。几个国家（例如智利和挪威）在规范过程前，进行正式的确定“适合水产养殖的区域”的过程。

基于其早期工作，西塞-塞恩等（2005年）设计了美国联邦水域外海水产养殖发展的运行框架。他们强调，建立和运行外海养殖场要求投入数百万美元，他们提出，基于不充分或错误信息做出选点的决定能造成成本高昂的延迟、环境退化、降低产量、租赁问题、许可和其他规范要求，或最终导致项目失败。在这方面，他们建议要进行外海区域的综合制图，以确定适合外海水产养殖以及其他用途的区域，并进一步确立详细的以地图为基础的海洋区划。

这些作者预测了需要就外海水产养殖确立地点提供大量选择，并要求做出不同层次的努力和得到地理定义详情。选择包括：

- 专门租赁或用于水产养殖的地点;
- 指定或预先批准的水产养殖区域;
- 多用途区划; 以及
- 海水养殖园。

预测了7个层次的水产养殖分区, 从没有多少利用限制(例如所有合理的商业利用, 包括水产养殖、运输和拖网作业, 但禁止采矿和开采石油)到限制逐步增多区域, 以及对一块区带最大的限制是保留未开发状态, 进行保护。

## 1.4 采用地理信息系统、遥感和制图

### 1.4.1 空间角度的海水养殖发展和管理

地理信息系统、遥感和制图在海水养殖发展和管理的所有地理和空间方面能发挥作用。利用卫星、空中、地面和水下传感器的遥感, 用于获取大量近海和  
外海数据, 特别是关于温度、流速、浪高、叶绿素浓度以及土地和水的使用的数

表 1.2

按自然海洋学和风暴事件发生程度分类的海水养殖战略比较(来自布里杰等, 2003年)表1, 基于个人通信修改(来自M. 布里杰和D. 索托)

地点	优点	缺点
陆基设施	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 控制水质</li> <li>- 不要求将运行与密集区域隔离</li> <li>- 完全不受风浪影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 有限空间</li> <li>- 高昂的资本投入</li> </ul>
沿海环境(保护的海湾和峡湾)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 资本投入低</li> <li>- 不受许多自然因素的影响</li> <li>- 以最小的投资进行监视是可能的</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 可能的自身污染</li> <li>- 扩大空间有限</li> <li>- 孤立于理想区域, 不受沿海人类污染的影响</li> <li>- 近岸存在利用者的冲突</li> </ul>
暴露的地点	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 利用以前未开发的环境</li> <li>- 一致的和大量的水供应</li> <li>- 依然可能从邻近的岸上在视线范围内进行保护</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 暴露于毁灭性的自然因素中</li> <li>- 近岸有限的空间</li> <li>- 近岸存在利用者的冲突</li> <li>- 随着暴露程度增加要求增加基础设施</li> <li>- 更多地依赖自动化技术</li> </ul>
外海地点	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 随着离岸距离的增加, 降低利用者之间的冲突</li> <li>- 非常一致的水供应</li> <li>- 改进了水流, 生产更高质量的鱼(贝弗里奇)</li> <li>- 由于更大的水流, 有害藻华(HAB)发生几率减少, HAB更快通过(贝弗里奇)</li> <li>- 企业扩张潜力大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 真正暴露在没有保护的情况下</li> <li>- 因技术和机械化水平提高, 增加资本成本</li> <li>- 需要更好的经过培训(更昂贵)的工作人员, 包括潜水员以及有能力使用大型、更复杂船舶的人员(贝弗里奇)</li> <li>- 如果水流强劲, FCR更差, 但可改善鱼的质量(即更低的脂质), 能获得更好的价格(贝弗里奇)</li> <li>- 要求大量投资以保证经济可行性</li> <li>- 完全孤立于岸上基地, 看不见岸</li> <li>- 逃逸的风险更高(索托)</li> </ul>



表 1.3  
与水产养殖相联系的关键环境问题

问题领域	关键特征
废物和营养物承载	固状产出物; N.P; 维生素; 矿物质; 养殖/药物化学品; 抗生素、废物对邻近底层生物和水体以及物种/群落多样性、质量指标的影响, 并可能刺激水华发生;
水交换	冲刷网箱、围栏或其他构造; 要求数量; 抽取水的影响; 与“低质量”的废物稀释, 充足浓度以消除对质量的影响, 但太低不能进行简单处理。
逃逸的种群	从被毁的系统或通过洪水、被毁或无效的排出网; 与当地种群竞争/遗传污染的风险; 传播疾病; 直接或间接减少生物多样性;
被有养护需要的物种掠食	对养殖的种群造成损害、损失和压力导致的疾病, 要求控制, 而不顾养护意愿。
增加预先控制的需要	对现有和有意进行的开发活动要求预防性或甚至“零容忍”办法, 意味着对过程和风险的预先了解, 即使对环境风险非常低的区域也做出规定。

来源: 缪尔 (2004年)

据。从本质上说, 地理信息系统用以评估水产养殖发展的适宜性, 以及组织水产养殖管理的框架。“发展的适宜性”和“管理框架”可在两个层次看到。第一个层次仅涉及对开展水产养殖本身的要求。第二个层次是在土地和水资源其他用途背景中的水产养殖。对于发展和管理任务, 有关具体标准的所有来源的空间和特征数据在GIS平台内进行处理和分析, 以便做出决策。结果以数据库、地图和文件方式报告。

从地理角度, 信息的3个宽泛分级对海水养殖发展和管理至关重要: (1) 环境对准备养殖的动植物的适宜性; (2) 环境对养殖构造的适宜性以及; (3) 进入。进入是最宽泛和最复杂的。进入需要考虑行政管辖权以及底基、底层、水体、水面和土地(后者为确定岸上支持设施或陆基海水养殖)的竞争利用情况。还要检查支持养殖地点的成本(按时间和距离)以及养殖产品的市场分布。

地理信息系统不是脱离经济的。相反, 在其由经济专家参与并按经济学条件解释时, 基于地理信息系统的研究将提供最有用的结果。

