中国水产养殖对海洋渔业资源的利用
研究报告

绿色和平

2017 年 7 月

GREENPEACE 绿色和平

目　录

1. 摘要 1
2. 前言 2
3. 研究方法 2
   3.1. 文献综述 2
   3.2. 养殖场调研方法 5
   3.3. 数据管理和分析 6
4. 中国水产养殖行业的发展现状概述 8
   4.1. 水产养殖行业规模、发展速度及未来发展趋势 8
      4.1.1. 中国水产养殖在世界上的地位 8
      4.1.2. 中国水产养殖产业发展现状 9
      4.1.3. 中国水产养殖的发展趋势，规模和增长率 10
      4.1.4. 中国水产养殖产业主要问题 11
      4.1.5. 走向“可持续养殖”的发展道路 11
   4.2. 主要水产养殖品种、数量、分布和历史发展/变化趋势 12
      4.2.1. 中国水产养殖分类 12
      4.2.2. 主要的消耗海洋渔业资源的养殖品种 16
   4.3. 养殖水产品的消费和贸易 16
      4.3.1. 主要养殖水产品种类出口及内销情况 18
5. 中国水产养殖饲料使用 20
   5.1. 水产养殖饲料使用概况 20
      5.1.1. 水产养殖主要的饲料投喂情况 20
      5.1.2. 水产养殖品种食性分类和发展趋势 24
      5.1.3. 水产养殖投饵和不投饵养殖品种和产量的对比 25
      5.1.4. 依赖鱼粉和幼杂鱼投喂的养殖品种 27
      5.1.5. 主要养殖品种的投喂情况 29
      5.1.6. 鱼粉的消耗量 29
      5.1.7. 幼杂鱼的消耗量（总量及变化趋势） 33
   5.2. 养殖产量中人工配合饲料和幼杂鱼投饲比例 35
   5.3. 鱼投入鱼产出系数（FIFO）和海洋渔业资源使用量 36
   5.4. 鱼粉和幼杂鱼的替代饲料 39
6. 实地调研 39
   6.1. 调研物种选择 39
      6.1.1. 河蟹 39
      6.1.2. 淡水鲈鱼 40
      6.1.3. 大黄鱼 40
   6.2. 调研概况 41
      6.2.1. 调研日期 41
      6.2.2. 调研样本量 41
      6.2.3. 调研主要区域 42
   6.3. 被调研人概况 42
      6.3.1. 被调研人在养殖场角色 42
      6.3.2. 被调研人性别 43

6.3.3. 被调研人年龄 44
6.3.4. 被调研人受教育程度 44
6.3.5. 被调研人从业年限 45
6.4. 调研养殖场概况 46
6.4.1. 水域类型 46
6.4.2. 当前用途 46
6.4.3. 养殖场建设年限 47
6.4.4. 土地产权关系与租金 48
6.4.5. 池塘（网箱）数目和水域面积（体积） 49
6.4.6. 管理方式 49
6.4.7. 食品安全认证 50
6.5. 养殖生产 50
6.5.1. 大黄鱼养殖生产 50
6.5.2. 河蟹养殖生产 51
6.5.3. 大口黑鲈养殖生产 52
6.6. 饵料投入 53
6.6.1. 大黄鱼饵料投入 53
6.6.2. 河蟹饲料投入 54
6.6.3. 大口黑鲈饲料投入 55
6.7. 饵料效率 56
6.7.1. 大黄鱼饵料效率 56
6.7.2. 河蟹饵料效率 58
6.7.3. 大口黑鲈饵料效率 60
6.7.4. 饵料效率比较 62
6.8. 鱼投入鱼产出系数 FIFO 63
7. 讨论 64
8. 结论 68
9. 参考文献 69
10. 附录 71
附表 1:主要的水产养殖品种的食性 71
附表 2: 海水养殖产量 75
附表 3: 淡水养殖产量 76
附表 4: 2014 年中国海水养殖种类饲料饵料系数、鱼粉含量及杂鱼系数 78
附表 5: 2014 年中国淡水养殖种类饲料饵料系数、鱼粉含量及杂鱼系数 80
附图 1：江苏省宿迁市泗洪县调查中华绒螯蟹养殖户在 Google 地球卫星地图上的分布 82
附图 2：江苏省泰州市兴化县调查中华绒螯蟹养殖户在 Google 地球卫星地图上的分布 83
附图 3：江苏省无锡市宜兴市调查中华绒螯蟹养殖户在 Google 地球卫星地图上的分布 84
附图 4：福建省宁德市三都澳调查大黄鱼养殖户在 Google 地球卫星地图上的分布 85
附图 5：浙江省湖州市南浔区调查大口黑鲈养殖户在 Google 地球卫星地图上的分布 86
附图 6：浙江省嘉兴市嘉善县调查大口黑鲈养殖户在 Google 地球卫星地图上的分布 87
附录参考文献： 88

图片目录

图 1：中国水产养殖和捕捞历年产量 8
图 2：世界前十名水产养殖产品生产国家和历年产量 9
图 3：中国水产养殖历年产量 10
图 4：水产养殖的可持续发展的框架 12
图 5：中国海水养殖和淡水养殖产量及增长率 13
图 6：淡水养殖分类别产量数据 13
图 7：海水养殖分类别产量数据 14
图 8：中国水产养殖产量数据地图 16
图 9：中国前十名出口水产养殖产品（单位：万美元） 19
图 10：主要养殖产品人工配合饲料投喂量（mmt） 23
图 11：2014 年主要养殖产品人工配合饲料投喂量占比 23
图 12：中国水产养殖按食性分产量变化 24
图 13：中国水产养殖不同食性产量占比变化 25
图 14：中国水产养殖不投饵率年代际(A)和年际(B)变化 26
图 15：中国淡水养殖不投饵率年代际(A)和年际(B)变化 26
图 16：中国海水养殖不投饵率年代际(A)和年际(B)变化 27
图 17：2014 年主要养殖品种投饵类型数目和占比 27
图 18：主要养殖品种投饵类型产量占比变化，含贝类壳重，不含水生植物 29
图 19：2015 年中国鱼粉进口主要来源国 30
图 20：中国鱼粉进口主要来源国按地区进口量占比 30
图 21：不同来源中国鱼粉产量对比 31
图 22：历年中国鱼粉生产和进口情况 32
图 23：主要养殖产品大类鱼粉使用量 32
图 24：2014 年主要养殖产品大类鱼粉使用量占比 33
图 25：主要养殖品种投喂幼杂鱼比例 34
图 26：主要养殖品种幼杂鱼投喂量（mmt） 34
图 27：2014 年主要养殖品种幼杂鱼投喂占比 35
图 28：2014 年主要养殖品种渔业资源使用占比 35
图 29：不同养殖水产品的鱼投入鱼产出系数（FIFO） 36
图 30：不同养殖水产品的渔业资源使用量 37
图 31 养殖场调研每日调研数目 41
图 32 养殖场调研各品种样本量 41
图 33：调研主要区域 42
图 34：被调研人在养殖场角色 43
图 35：不同养殖对象养殖场被调研人性别比例 43
图 36：37 家养殖者的年龄 44
图 37：被调研人受教育程度 45
图 38：被调研人年龄与受教育程度关系 45
图 39：被调研人从业年限 46
图 40：调研养殖场当前用途 47
图 41：养殖场建设年限 47
图 42：土地产权关系 48

图 43：不同养殖品种土地或海域使用租金（单位：元/亩或网箱）.....49
图 44：养殖场管理方式.....50
图 45：大黄鱼每网箱产量箱图，中位数 520（kg）.....51
图 46：河蟹养殖每公顷产量箱图，中位数 1224.39（kg）.....52
图 47：大口黑鲈每公顷产量箱图，中位数 11054（kg）.....52
图 48：大黄鱼每网箱投入幼杂鱼量箱图，中位数 3846（kg）.....53
图 49：河蟹养殖每公顷投入饲料量箱图，中位数 154.5（kg）.....55
图 50：河蟹养殖每公顷投入幼杂鱼量箱图，中位数 1523（kg）.....55
图 51：大口黑鲈养殖每公顷投入幼杂鱼量箱图，中位数 48950（kg）.....56
图 52：不同养殖模式大黄鱼饵料效率.....57
图 53：大黄鱼人工配合饲料饵料系数（中位数：0.0577）.....58
图 54：大黄鱼幼杂鱼饵料系数（中位数：6.7286）.....58
图 55：河蟹人工配合饲料饵料系数（中位数：1.8264）.....60
图 56：河蟹幼杂鱼饵料系数（中位数：0.9242）.....60
图 57：大口黑鲈人工配合饲料饵料系数（中位数：0.0000）.....61
图 58：大口黑鲈幼杂鱼饵料系数（中位数：3.3338）.....62
图 59：大黄鱼、河蟹和大口黑鲈人工配合饲料饵料系数比较.....62
图 60：大黄鱼、河蟹和大口黑鲈幼杂鱼饵料系数比较.....63

表格目录

表 1:研究系统边界设定.....5
表 2：按水域和养殖方式分中国水产养殖产量，藻类计干重.....15
表 3：2013 年按大洲和经济族群的合计和人均食用鱼供应量.....17
表 4：2012 年根据不同水产养殖种类所统计的全国水产饲料的销量格局(万 t).....20
表 5: 饲料投喂比例来源及调整系数.....22
表 6：不同数据源 2014 年中国水产养殖饲料产量.....22
表 7：2014 年主要养殖品种投饵类型组成.....28
表 8：2014 年主要投喂人工配合饲料养殖品种饲料鱼粉含量分组.....29
表 9：鱼投入鱼产出系数（FIFO）超过 1 或海洋渔业资源使用超过 0.1mmt 的养殖品种..38
表 10：调查养殖场数目与位置.....42
表 11：不同养殖模式大黄鱼饵料效率.....57
表 12：不同饵料系数计算方法及不同养殖模式河蟹养殖饵料效率.....59
表 13：不同饵料系数计算方法及不同养殖模式大口黑鲈养殖饵料效率.....61
表 14：鱼投入鱼产出系数、相关参数和计算方法.....63

1. 摘要

中国水产养殖产量占世界60%以上，水产养殖在快速发展的同时也带来了一系列生态影响，如水产养殖中大量的海洋渔业资源的投入近年来成为一个研究热点。本研究通过文献分析和实地调研研究了中国水产养殖中海洋渔业资源投入量的现状和趋势。首先通过文献数据和统计资料收集和分析，研究中国水产养殖海洋渔业资源投入现状。主要内容包括中国水产养殖发展现状、主要的养殖品种、消耗海洋渔业资源较大的品种、水产养殖饲料使用、水产养殖投喂幼杂鱼等。其次通过实地调查，研究了典型的、大量消耗海洋渔业资源的3个养殖品种中华绒螯蟹、大黄鱼、大口黑鲈的养殖方式、养殖产量、及饲料和幼杂鱼投喂情况等。通过文献分析和实地调研，本研究认为中国水产养殖使用了大量的海洋渔业资源，用量超过了以往研究中报道的数据，表明中国的水产养殖可能使用比行业现有观念中使用量更多的幼杂鱼和海洋渔业资源。2014年中国水产养殖消耗的国内捕捞海洋渔业资源量约为717万吨。在鱼粉鱼油使用方面，2014年中国的水产养殖饲料使用鱼粉鱼油为251万吨，折合为海洋渔业资源约为732万吨。其中至少76万吨来自于中国国内生产，折合为海洋渔业资源约为222万吨；在直接投喂幼杂鱼方面，2014年水产养殖直接投喂幼杂鱼约495万吨，几乎全部来自中国国内捕捞，其中海水养殖投喂324万吨（66%）；淡水养殖投喂171万吨（34%）。综合鱼粉和幼杂鱼的投入量，2014年中国水产养殖整体的鱼投入鱼产出系数FIFO为0.368。中国水产养殖利用海洋渔业资源最突出的品种包括：南美白对虾（海水+淡水）使用了近1mmt（million metric ton，即百万吨）海洋渔业资源，随后是中华绒螯蟹0.96mmt，大口黑鲈0.83mmt，乌鳢0.53mmt，大黄鱼0.48mmt和鳖0.48mmt。鲫鱼和鲤鱼虽然有着较低的FIFO系数，但由于其较大的产量基数，其海洋渔业资源使用量也接近 0.4mmt。海水鱼养殖仍是投喂幼杂鱼最主要的去向，这些海水鱼包括：军曹鱼、鲫鱼、大黄鱼、美国红鱼、石斑鱼、鲷鱼等，鱼投入鱼产出系数FIFO均高于4，意味着需要4kg鱼蛋白投入才能生产1kg鱼产品。在实地调研中，本研究对大黄鱼、中华绒螯蟹和大口黑鲈养殖情况进行了调研。调研的得出的FIFO系数与本研究文献综述结果较为接近（大黄鱼和大口黑鲈）或明显超出（中华绒螯蟹），这主要是由于养殖生产的复杂性引起的。调研结果表明，实际的中国水产养殖生产使用了与上述文献综述研究结果近似或更多的海洋渔业资源。同时本研究发现除了海水幼杂鱼之外，淡水幼杂鱼也被水产养殖行业用做饵料，其影响需要进一步深入探讨。最后，在文献综述和实地调研的基础上，得出了中国水产养殖仍在大量使用海洋渔业资源的现状，降低水产养殖中海洋渔业资源的投入仍是中国水产养殖产业需要努力的方向之一。

2. 前言

中国是世界上水产养殖产量最大的国家（FAO, 2016a），水产养殖的快速发展一方面提供了充足的动物蛋白满足了社会消费的需要，同时也产生了一些环境问题引起了社会关注，如水产品的养殖投入了大量的海洋渔业资源近年来成为一个研究热点（Cao et al., 2015）。本报告是绿色和平《中国海洋幼杂鱼捕捞现状及对中国可持续渔业发展的启示》项目研究的一部分，主要通过文献分析和实地调研研究了中国水产养殖中海洋渔业资源投入量的现状和趋势。

本报告包括两个主要部分。第一部分是本报告的第 3 至 4 节，主要通过文献数据和统计资料收集和分析，研究中国水产养殖海洋渔业资源投入现状。主要内容包括中国水产养殖发展现状、主要的养殖品种、消耗海洋渔业资源较大的品种、水产养殖饲料使用、水产养殖投喂幼杂鱼等。第二部分是本报告的第 5 节，主要通过实地调查，研究了典型的、大量消耗海洋渔业资源的 3 个养殖品种中华绒螯蟹、大黄鱼、大口黑鲈的养殖方式、养殖产量、及饲料和幼杂鱼投喂情况等。

3. 研究方法

3.1. 文献综述

作为研究的第一步，建立针对研究对象的人类和环境的背景信息是至关重要的（Bell and Morse, 2008）。需要首先通过定性研究定义利益相关方，研究系统，存在问题，以及研究目标和策略，这包括同时使用上而下和从下而上的研究范式，从而达到一个对环境、社会和经济系统及其交互的细致了解，并提供更多能够支持当地可持续发展倡议的信息（Reed et al., 2006）。

因此，需要对中国水产养殖产业和水产养殖投入的海洋渔业资源的现状和趋势进行分析。需要对中文和英文的在线数据库、同行评审的学术文章、以及报刊杂志中的灰色文献进行研读，以形成一个全面的系统分析。基于这样的系统分析，本研究的主要系统边界将被设定，如选择重要的水产养殖对象作为主要研究品种进行深入调查研究。

文献数据通过 Excel 软件（Microsoft 2016）进行管理和分析。在从文献中收集中国海水和淡水主要养殖种类的饲料饵料系数、饲料鱼粉含量和幼杂鱼饵料系数时，采用 Henriksson et al. (2013)提出的带有不确定性的单元过程数据平均协议，根据数据来源和

文献属性，从数据的可靠性、完整性、时间相关、地理相关、技术关联性、样本量等属性进行分类并赋权重，最后对收集的多个文献数据进行加权计算几何平均数。

针对基于中国水产养殖产量、投饵比例和饵料系数推算水产饲料用量数据准确性问题，本研究通过收集多个数据来源的中国水产饲料年产量数据根据 Henriksson et al. (2013) 开发的带有不确定性的单元过程数据平均协议进行加权计算，并通过多个数据来源的水产饲料年产量加权几何平均数，与基于中国水产养殖产量和饵料系数推算水产饲料用量比值，作为调整系数 a，作为系数对水产养殖各品种每年饲料用量和幼杂鱼用量进行调整，其鱼粉鱼油用量随之调整。本研究呈现的饲料用量和鱼粉鱼油用量皆为调整过的数值。

调整系数 a=多个数据来源的水产饲料年产量加权几何平均数/基于中国水产养殖产量和饵料系数推算水产饲料用量 ……(1)

中国水产养殖产量投喂人工配合饲料比例很少有人研究，尤其是全国范围内的不同品种的人工配合饲料投喂比例。本研究认为唐 et al.，(2016)报道的投饵比例偏高，一些品种甚至被列为 100%投喂人工配合饲料，这与中国的水产养殖现状不符。根据调研 Chiu et al.，(2013)发现中国大多数养殖场都使用混养模式（Polyculture），而非单养模式模式（Monocultue），常常主养 1、2 个品种，搭配若干个套养品种。在混养模式中，主养品种依赖人工配合饲料的投喂，而套养品种通常依靠主养品种的残饵粪便提供的营养物质生长。通过用调研数据 Cao et al (2015) 饲料投喂比例，对唐 et al.，(2016)报道的饲料投喂比例进行调整，并计算出调整系数 b，用于调整唐 et al.，(2016)中系列年份不同品种的饲料投喂比例。

调整系数 b= Cao et al (2015)报道的饲料投喂比例/唐 et al (2016) 报道的饲料投喂比例 ……(2)

鱼粉用量和直接投喂幼杂鱼量计算方法如下：

鱼粉用量=水产品养殖产量*投喂人工配合饲料比例*人工配合饲料饵料系数*饲料中鱼粉比例*调整系数 a*调整系数 b ……(3)

直接投喂幼杂鱼量=水产品养殖产量*投喂幼杂鱼比例*幼杂鱼饵料系数*调整系数 a*调整系数 b……(4)

其中调整系数 a 为上述多个数据来源的水产饲料年产量加权几何平均数，与基于中国水

产养殖产量和饵料系数推算水产饲料用量比值。调整系数 b 是根据调研数据 Cao et al (2015) 饲料投喂比例，对唐 et al.，(2016)报道的饲料投喂比例进行调整系数。

将鱼粉使用量转换为海洋渔业资源用量时，需要考虑两个系数，一个是海洋捕捞鱼类生产鱼粉的系数，另一个是当前鱼粉生产原料中海洋捕捞鱼类数量和加工副产物数量的比例。根据(Cao et al.，2015; FAO, 2016a)，本研究采纳 24%为海洋捕捞鱼类生产鱼粉系数。在计算将鱼粉用量转换为海洋渔业资源用量中，Han et al. (2016)使用如下公式计算用于生产鱼粉的捕捞产量：

用于生产鱼粉的捕捞产量 = 鱼粉用量 *75%/24%……(5)

其中 24%是整鱼生产鱼油鱼粉比例，75%是指在生产鱼粉的原料中，有 75%是海洋捕捞鱼类，另外 25%是水产品的加工副产物，如鱼头、鱼骨、鱼内脏等。虽然当前并不存在鱼油鱼粉原料来源比例的官方统计数据，根据现有 FAO FishStatJ 数据库，全球大约只有不到 1%的鱼粉原料为水产品加工副产物，但根据 FAO 研究报告，2008-2009 约有 25%的鱼粉原料为水产品加工副产物，2013-2015 年为 29% (FAO, 2016a, 2014, 2012)，而 IFFO 海洋原料组织则认为有 25-30%的鱼粉原料为水产品加工副产物 (Mallison, 2013)。但根据 FAO 报告指出，水产品的加工副产物在鱼油鱼粉原料中的占比随着时间推移不断升高，将在 2022 年提升至 49% (FAO, 2014)或 2025 年升至 38% (FAO, 2016a)。根据这一趋势，本研究设定水产品的加工副产物在鱼油鱼粉原料中的占比的基数为 2009 年 25%和 2014 年 30%，同时设定该占比年增长 1%，以便补足数据缺失年份占比值。在本研究中，使用如下公式计算鱼粉用量转换为海洋渔业资源用量：

用于生产鱼粉的捕捞产量=鱼粉用量*c%/24%……(6)

其中 24%是整鱼生产鱼油鱼粉比例，c%是海洋捕捞鱼类在鱼油鱼粉原料中的占比。同时设定 1985 年 c%=99%，1990 年 c%=94%，1995 年 c%=89%，2000 年 c%=84%,2000 年之后 c%每年增加 1%。

本研究计算海洋渔业资源用量公式为：

海洋渔业资源用量=用于生产鱼粉的捕捞产量+直接投喂幼杂鱼量……(7)

3.2. 养殖场调研方法

根据文献综述结果，选择重点调查品种，调查包括中华绒螯蟹、大黄鱼、大口黑鲈养殖产业链中的重点环节，如苗种标粗、养成等进行详尽的调查。经过产业链分析，结合已经发表文献表明：养殖环节是水产养殖产业的核心，养殖环节的数据获取也成为了研究的重点。为了更好地获得养殖环节的前台数据，采用了一些社会调查方法对养殖场进行随机调查，并获得足够的样本容量以防止偏差，样本量设定在 n≧30。

中华绒螯蟹、大黄鱼、大口黑鲈养殖场调查方法来自于欧盟 SEAT(Sustaining Ethical Aquaculture Trade)项目开发的调查方法 (Murray et al., 2011; Zhang, 2014)。样本设计和养殖场的选取是在一个多阶段抽样过程中确定，从大的行政区域到小的行政区域逐渐缩小范围。首先利用产量的统计数据选择了实施调查省份，即中华绒螯蟹、大黄鱼、大口黑鲈养殖产量最高或第二高的省份，分别是江苏省、福建省和浙江省，然后选择调查地区。因无法获得每个省分地区的详细产量，无法使用分层随机取样方法，退而求其次，使用 purposive sampling 方法，取最高产量的一个或多个地区为调查区域。中华绒螯蟹养殖调查选择在江苏省宿迁市泗洪县、江苏省泰州市兴化县和江苏省无锡市宜兴市进行；大黄鱼调研选择福建省宁德市；大口黑鲈选择浙江省湖州市南浔区和浙江省嘉兴市嘉善县进行。

在计划调查的养殖集中区域，使用《Google 地球》软件中的卫星地图，根据不同养殖集中区的池塘数目为概率基数随机选择调查的养殖集中区，然后在养殖集中区利用卫星地图对调查区域内的养殖场进行随机选取。

在养殖户的选择时尽量随机选择，避免因为被访人所在地交通方便等原因引起的选点方法不够科学，并导致数据产生偏差，可以从养殖场 GPS（Global Position System）地址在卫星地图上的分布清楚的体现随机性。调查的目标样本大小被设定在每个养殖品种 30 个或更多养殖场。具体的养殖场的选择也是根据相关指标进行，这些指标包括主要养殖品种、养殖模式、养殖场的规模等，在正式开展调查之前进行调查问卷的测试。

为了采集一致资料数据所需要的清晰的关于时间周期、空间限制和管理系统以及所有权边界等问题。本研究设定的系统边界如表 1 所示。

在本调研中，除了特别说明的地方，所有的调查问题都是针对一个完整的养殖周期。由于调研时大部分养殖户当年的养殖都已经结束，本调研针对 2016 年情况进行，如当年养殖尚未完全收获，则调研问题针对 2015 年情况进行。除了特别说明的地方，所有问题都是针对正在访问的养殖场，不涉及该厂主拥有的位于其它地理位置的养殖场。调查中尽可能的采

访经理或者养殖厂老板（或者所有者兼经理）。在只能采访其它员工或者家庭成员的地方，在调查中要先根据他们回答问题的能力做一个初步评估，如果不能够满足调查需要，则需要在同一养殖场寻找另外一个采访对象，如果找不到则在问卷中备注，然后寻找下一个养殖户。与被采访者明确相关的住户问题，被采访人应该是经理，老板或者所有者兼经理。除非另一个员工确定他有能力回答调查中的问题，才对这一员工调查经理，老板或者所有者兼经理的情况。

调研之前，开展调研人员的培训和问卷测试。在调研中，印制名片用于自我介绍。

表 1:研究系统边界设定

边界内容	中华绒螯蟹边界设置	大黄鱼边界设置	大口黑鲈边界设置
养殖模式	淡水精养池塘	海水网箱	淡水精养池塘
养殖对象	中华绒螯蟹	大黄鱼	大口黑鲈
调查时限	2016 年全年数据，极少部分调查内容涉及 2015 年数据	2016 年全年数据，极少部分调查内容涉及 2015 年数据	2016 年全年数据，极少部分调查内容涉及 2015 年数据
研究区域	江苏省宿迁市泗洪县、江苏省泰州市兴化县和江苏省无锡市宜兴市	福建省宁德市三都澳	浙江省湖州市南浔区和浙江省嘉兴市嘉善县

3.3. 数据管理和分析

对于调研数据的管理，在调研结束后整理调研问卷，并将数据输入到 Excel 软件（Microsoft 2016）进行管理和初步分析。对部分数据，如养殖户年龄、从业年限、养殖场建成年限等，进行分组并分类别分析。GPS 数据从“度 . 分 . 秒”转换为十进制的“度 . 度”格式，并通过 Google Earth Pro （Google 2016）进行可视化分析。在数据输入结束后，对所有的数据进行人工复检以增加数据的准确性。对于重要的数据，如产量、养殖面积、饵料投入等，通过三角验证进行核实。部分数据缺失时，如不影响主要结果，通过同一品种同一养殖方式的平均值进行替代。如数据缺失影响主要结果的分析，则将该数据（案例）排除。

在 EXCEL 中将所有的数据转换为国标单位。根据各种饵料使用情况计算饵料系数，计算方法如下：

经济饵料系数=饵料投入量/（水产品总产量-投入苗种重量）

表观饵料系数=饵料投入量/（主要养殖品种产量-主要品种投入苗种重量）

分类别数据在 Excel 中通过数据透视表功能进行汇总分析并绘图。定量数据转入 SPSS 22（IBM 2016）进行统计分析。

对于大多数数据，通过“算术平均数±标准差（样本量）”的形式展示，并列出重要参数的箱图和中位数。

4. 中国水产养殖行业的发展现状概述

4.1. 水产养殖行业规模、发展速度及未来发展趋势

4.1.1. 中国水产养殖在世界上的地位

中国是世界上养鱼最早的国家，淡水养殖的历史有两千多年之久(FAO,2005)。世界上最早的水产养殖专著是公元前 476 年范蠡所著的《养鱼经》(Publishers, 2001)。自新中国成立以来，水产养殖逐渐走向科学化和现代化，尤其是 1977 年以来，中国水产养殖进入了高速发展的时期(Wang,2000)，并逐渐取代海洋捕捞成为了中国最重要的水产品生产方式（图 1）。

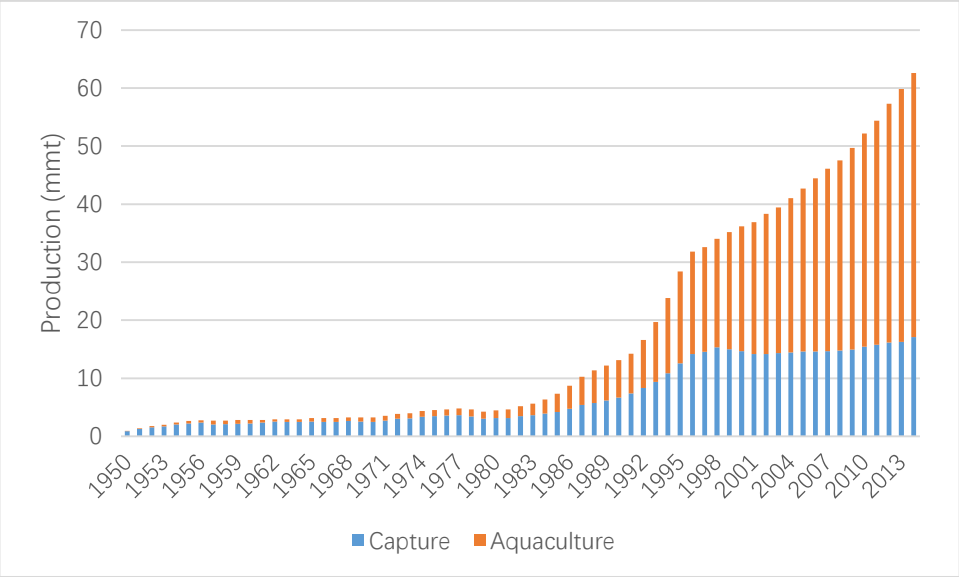


图 1：中国水产养殖和捕捞历年产量

注：不包括水生植物，数据来源：(FAO, 2016b)

中国是世界上最大的水产品生产国、出口国和消费国，占据了全球大约三分之一的市场份额(Cooke, 2012)。中国是世界上水产品产量增长最主要的来源，尤其是中国的水产养殖在过去三十年期间快速增长(FAO, 2012)。中国是世界上水产养殖产量最大的国家，2014 年的水产养殖产量为 45.5mmt，占全球水产养殖总产量的 60%以上(FAO, 2016a)。由于中国水产养殖做出的突出贡献，2014 年全球消费的水产品超过 50%来自于水产养殖(FAO, 2016a)。不包括中国在内的世界其他国家，这一数字大幅下降(Costa-Pierce, 2010)，2014 年只有 33%的水产品消费来自于水产养殖(FAO, 2016a)。

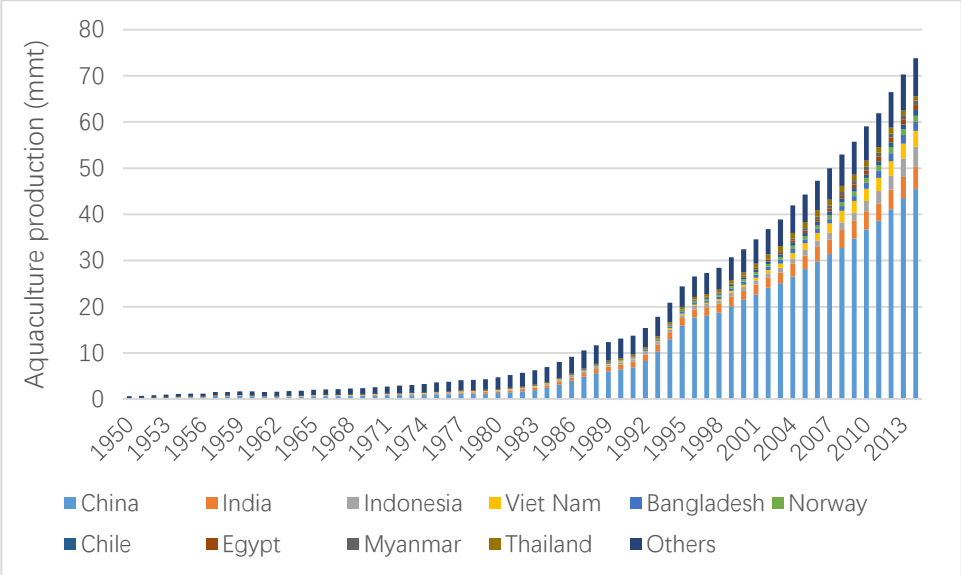


图 2：世界前十名水产养殖产品生产国家和历年产量

注：不包括水生植物，数据来源：(FAO, 2016b)

4.1.2. 中国水产养殖产业发展现状

中国的水产养殖仍处于快速发展阶段，产业成熟度较低，缺乏全球领先的的科学技术(Li et al., 2006; NBSO, 2010)。与发达国家的水产养殖产业，如挪威工业化的三文鱼网箱养殖相比，中国的水产养殖仍较为传统、生产分散、技术水平低、集约化程度不高的特点，并呈现出多样化的养殖品种和养殖模式(Mai and Tan, 2002; NBSO, 2010; Zhang and Rørtveit, 2005)。中国水产养殖与发达国家的差距可以用劳动生产率来衡量(NBSO, 2010)。2010 年中国水产养殖产业人均年生产 7 吨水产品，而挪威是 187 吨，北美洲是是 183.2 吨(FAO, 2012)。

同时，中国的水产养殖总产值占世界养殖总产值的比例相对较低，2014 年只占 45%，远低于产量的占比(FAO, 2016b)。这是由于中国的水产养殖产品还是由传统的低价格养殖品种为主，高价值品种所占比例较低造成的。相比之下，挪威水产养殖产量占世界 1.8%，而产值占了 4.2%，这是由于其产品主要由高价值的三文鱼为主。

尽管中国主导了世界水产养殖的发展，中国水产养殖产量占世界总养殖产量的份额近年来持续下降，从 1995 年的 65.03%降低到了 2014 年的 61.62%(FAO, 2016a)，这主要是由于一些新兴的水产养殖国家产量的迅速提升引起的。例如在相同时期，印度尼西亚从 2.63%提高到 5.77%，越南从 1.56%提高到了 4.60%，埃及从 0.29%提高到了 1.54(FAO, 2016a)。中国是水产养殖的起源地，亚洲其他国家，例如日本和韩国，以及东南亚国家的的水产养殖的

发展是与近几个世纪以来中国移民的迁徙密切相关的(Beveridge and Little, 2002)。中国传统的养殖品种鲤科鱼类，也是这些国家水产养殖起始阶段的的养殖品种。近年来一些外来物种如罗非鱼和和南美白对虾的养殖养殖逐渐兴起，东南亚一些特有的的品种也被发展成水产养殖的对象并快速发展，如越南的巴沙鱼养殖年产量超过了 1mmt，并在国际市场获得了了巨大成功(De Silva and Phuong, 2011)。总体来说，东南亚国家的的养殖模式仍然与中国较为类似，都是以淡水池塘为主。而中国水产养殖仍然有着鲜明的特色，如多样化的养殖品种和养殖模式、显著的的规模效益和产业各环节的紧密融合，总体来说中国的养殖技术仍领先于东南亚国家 (MOA, 2007)。

4.1.3. 中国水产养殖的发展趋势，规模和增长率

中国的的水产养殖在 20 世纪 80 年代和 90 年代经历了平均年增长率超过 11%的快速增长，养殖产量在 1999 年超过 20mmt（million metric ton，即百万吨），在 21 世纪进入了较为平稳的增长阶段，增长率在 5-7%范围波动，并进一步降低到 2014 年的 4.55%和 2015 年的 3.99%（图 3）。

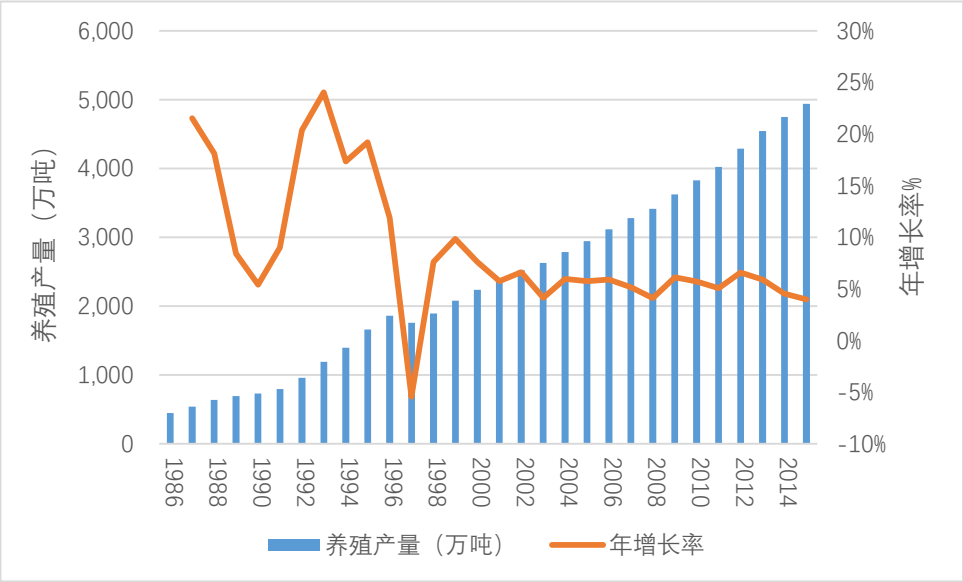


图 3：中国水产养殖历年产量

注：水生植物以干重计，数据来源：(农业部渔业渔政管理局, 2016)

然而，由于产量基数的扩大，水产养殖产量在 2000 年后进一步增加到了 2015 年的 49.37mmt(农业部渔业渔政管理局, 2016))。根据最新公布的全国农业现代化规划（2016—2020 年），渔业发展将以保护资源和减量增收为重点，推进渔业结构调整进行转型升级，采

取的措施包括合理确定湖泊和水库等公共水域养殖规模，稳定池塘养殖，推进稻田综合种养和低洼盐碱地养殖等(国务院，2016)。在降低水产养殖增速的同时，进一步压缩捕捞产量，规划全国十三五期间养殖和捕捞水产品的生产总量将从 2015 年的 66.99mmt 低到 66mmt(国务院，2016)，而在渔业十三五规划中，水产养殖的产量将有小幅上升，预期至 2020 年水产养殖产量达到 51.42mmt，将比 2015 年增加 4.1% (MOA，2017)。

4.1.4. 中国水产养殖产业主要问题

水产养殖被认为是满足世界对水产品日益增长需求唯一的解决方案(Duarte et al.，2009；FAO，2014)。然而，水产养殖生产与环境的保护存在一定的矛盾，如水产养殖引起水体污染、湖库富营养化、海水发生赤潮等(De Silva，2012；Martinez-Porchas and Martinez-Cordova，2012)。同时水产养殖行业出现了饵料商业化、养殖模式集约化的趋势。中国目前的水产养殖模式也很快进入到了以饲料为基础的新阶段，传统的粗放式淡水鱼混养的养殖逐渐变为单一品种的集约化精养(Edwards，2008a，2008b)，从而使水产养殖的模式和方式发生了很大的改变，使得中国水产养殖产品正面临着诸多环境可持续性的问题。传统的养殖方式逐渐消失，如中国传统的桑基鱼塘生产方式，虽然通过营养物质和能量的内部循环利用，可以大幅降低对环境的影响，但现已经被新的集约化生产方式取代(Astudillo et al.，2015)，这主要是由于劳动力成本上升等经济因素引起的。同时，2000 年以来逐渐兴起的南美白对虾的高位池集约化养殖，虽然能够获取较高的单位面积产量，但因为其投放了大量的人工饵料，并在大量换水的同时排放的富营养化程度高的养殖废水形成污染，而环境问题已经对南美白对虾的养殖形成了巨大的压力。同时，水产养殖产品也出现了供求结构性失衡的问题，传统的养殖品种的集约化养殖导致供应结构性过剩，从而导致低质低价问题，优质化、多样化的养殖水产品发展相对滞后。

4.1.5. 走向“可持续养殖”的发展道路

近年来，作为粮食安全和营养供应的重要一部分，水产养殖的可持续发展受到国际社会的广泛关注，如 2015 年联合国各成员国通过的《2030 年可持续发展议程》，为渔业和水产养殖业对粮食安全和营养所做的贡献及其在自然资源利用方面的行为规范设定了目标，以确保在经济、社会和环境各方面实现可持续发展(FAO，2016a)。然而，水产养殖的可持续发展并没有一个清晰且被广泛接受的定义。可持续的含义在不同的价值观念下有着巨大的差异(Stel，2003)，并需要在环境保护、经济效益和社会发展等多个方面进行权衡和取舍（trade-offs）(Bell and Morse，2008)。水产养殖的发展也需要在环境保护、经济效益和

社会发展等多个方面进行平衡(Grigorakis and Rigos, 2011)。近年来，一个水产养殖的可持续发展的框架被开发出来，包括了生产技术、社会和经济因素和环境三个方面（图 4）。

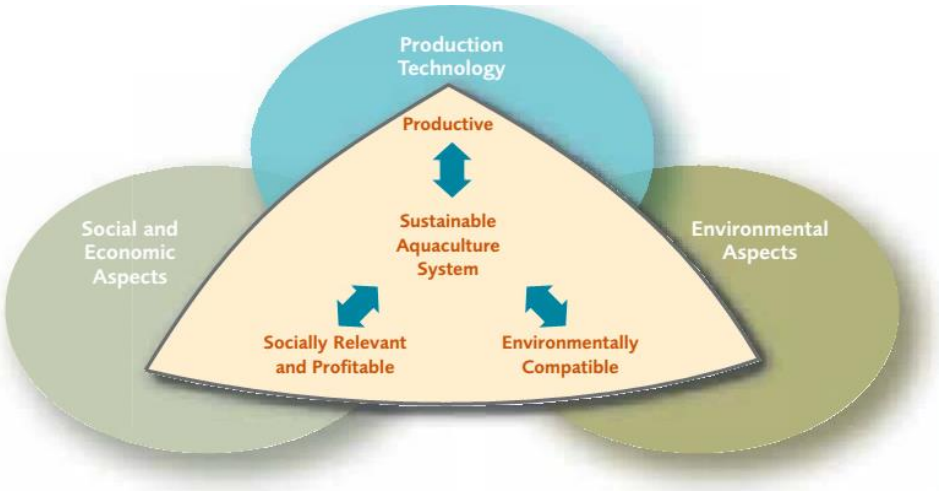


图 4：水产养殖的可持续发展的框架

注：来源：(AIT, 1994; Edwards and Demaine, 1998; Little and Edwards, 2003; Zhang, 2014)

中国水产养殖行业也提出了很多可持续发展的概念和做法，如健康养殖、生态养殖、标准化养殖等，并结合循环经济、绿色经济、低碳农业等概念。一些创新或在传统基础上改良的养殖模式，如以种草和生态修复为核心的河蟹养殖、水稻田与高价值甲壳类等水产生物的立体养殖等，获得了非常好的生态和经济效益，是真正达到了生态和经济可持续的养殖模式。

4.2. 主要水产养殖品种、数量、分布和历史发展/变化趋势

4.2.1. 中国水产养殖分类

2015 年中国淡水养殖产量 306mmt，超过海水养殖产量 187mmt，占据绝对主导的地位。近十年来，淡水养殖产量的增长速度也略微超过海水养殖（图 5），这主要是由于海水养殖区域局限于沿海，这些区域通常经济较为发达，工业化和城市化对海水养殖用地形成直接挤压，其引起的污染有进一步影响力海水养殖的发展。

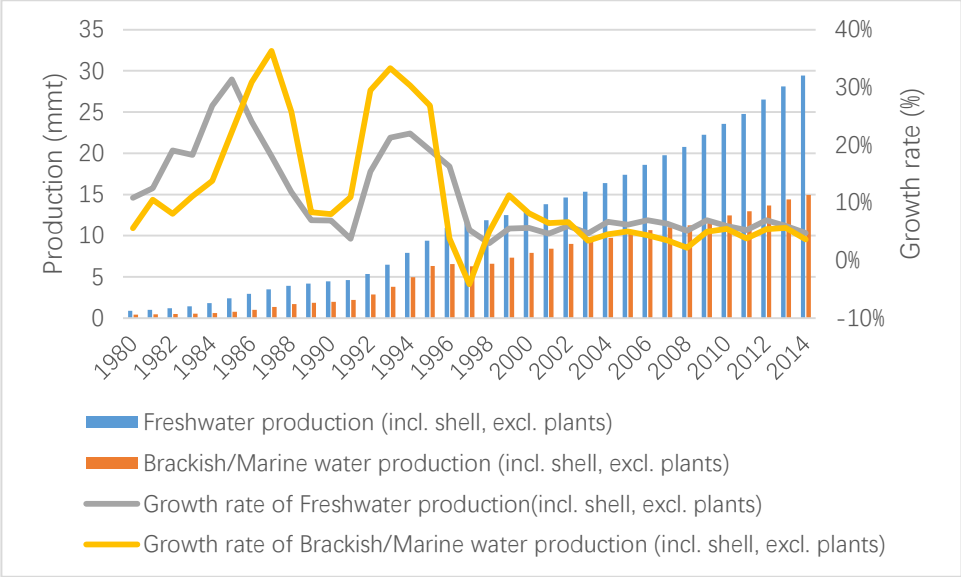


图 5：中国海水养殖和淡水养殖产量及增长率

注：不包括水生植物，数据来源：(农业部渔业渔政管理局，2016)

中国的淡水养殖仍然以淡水鱼类为主（图 6），尤其是大宗淡水鱼仍然处在主导地位。2015 年产量超过 1mmt 的淡水养殖品种有草鱼 4.78mmt，鲢鱼 3.68mmt，鳙鱼 2.85mmt 鲤鱼 2.89mmt，鲫鱼 2.45mmt 和罗非鱼 1.55mmt，而甲壳类、贝类等都没有超过 1mmt 的品种(农业部渔业渔政管理局，2016)。

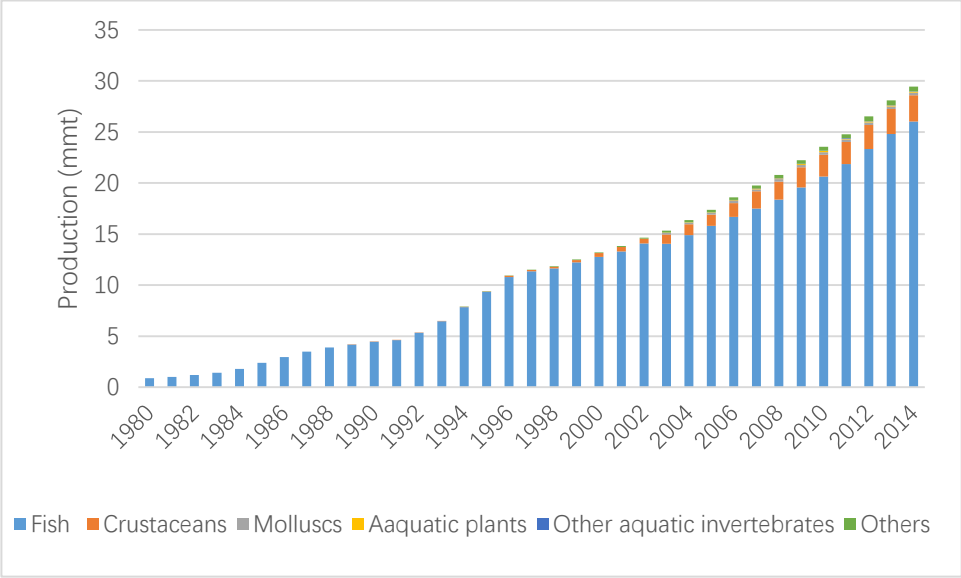


图 6：淡水养殖分类别产量数据

注：水生植物产量为湿重，数据来源：(FAO，2016b)

与淡水养殖相反，海水养殖以藻类和贝类为主（图 7）。海水养殖鱼类总产量仅 1.2mmt，

甲壳类共计 1.4mmt，远低于淡水养殖产量。同时海水养殖的藻类在转换为干重后，仅有湿重的 1/10（大多数藻类）或 1/5（海带）(Han et al.，2016)。而贝类出肉率只有 10-70%左右，如褶牡蛎 10%，杂色蛤 20.5%，紫贻贝 28.7%，栉孔扇贝 30.5%，毛蚶 36.8%，蟛蜞 70.1%(林 and 吕，2000)，超过一半的贝类产量都是不可食用的贝壳。

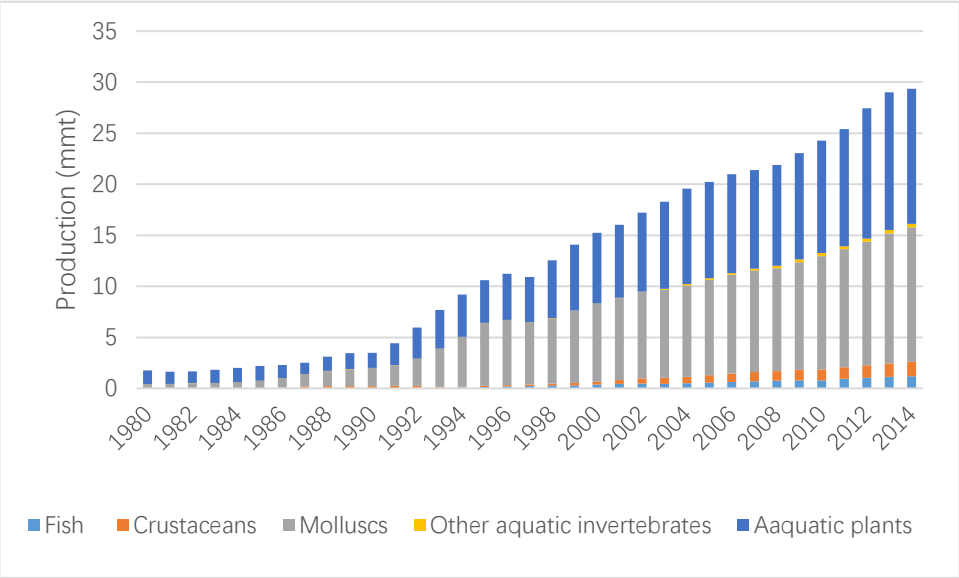


图 7：海水养殖分类别产量数据

注：水生植物产量为湿重，数据来源：(FAO，2016b)

中国水产养殖按水域和养殖方式分为海水养殖、淡水养殖（表 2）。海水养殖中海上养殖占总产量的一半以上，而按照养殖方式分，筏式养殖和底播养殖是最重要的养殖方式。淡水养殖中池塘养殖占淡水总产量的 70%以上，且淡水池塘养殖在养殖总产量的 44%，是所有养殖方式中最重要的一种。

表 2：按水域和养殖方式分中国水产养殖产量，水生植物产量计干重

			2015 年产量（mmt）	占总产量比	占海/淡水产量比
养殖总产量			49.38	100.00%	
海水养殖	海水养殖产量		18.76	37.98%	100.00%
	按水域分	海上	10.58	21.42%	56.38%
		滩涂	6.02	12.19%	32.10%
		其他	2.16	4.37%	11.51%
	养殖方式中	池塘	2.35	4.76%	12.53%
		普通网箱	0.47	0.94%	2.49%
		深水网箱	0.11	0.21%	0.56%
		筏式	5.19	10.51%	27.68%
		吊笼	1.34	2.72%	7.16%
		底播	5.28	10.68%	28.13%
		工厂化	0.19	0.39%	1.02%
淡水养殖	淡水养殖产量		30.62	62.02%	100.00%
	按水域分	池塘	21.96	44.47%	71.70%
		湖泊	1.65	3.34%	5.38%
		水库	3.88	7.87%	12.68%
		河沟	0.89	1.80%	2.90%
		其他	0.69	1.39%	2.24%
		稻田养成鱼	1.56	3.16%	5.09%
	养殖方式中	围栏	0.48	0.98%	1.57%
		网箱	1.38	2.79%	4.50%
		工厂化	0.20	0.41%	0.66%

数据来源：（农业部渔业渔政管理局，2016）

中国水产养殖产量集中区域主要在沿海人口稠密、经济较为发达的地区如广东、山东、福建、江苏和辽宁等省份，内陆省市如湖北、湖南、四川等也是主要的水产养殖区域（图 8）。

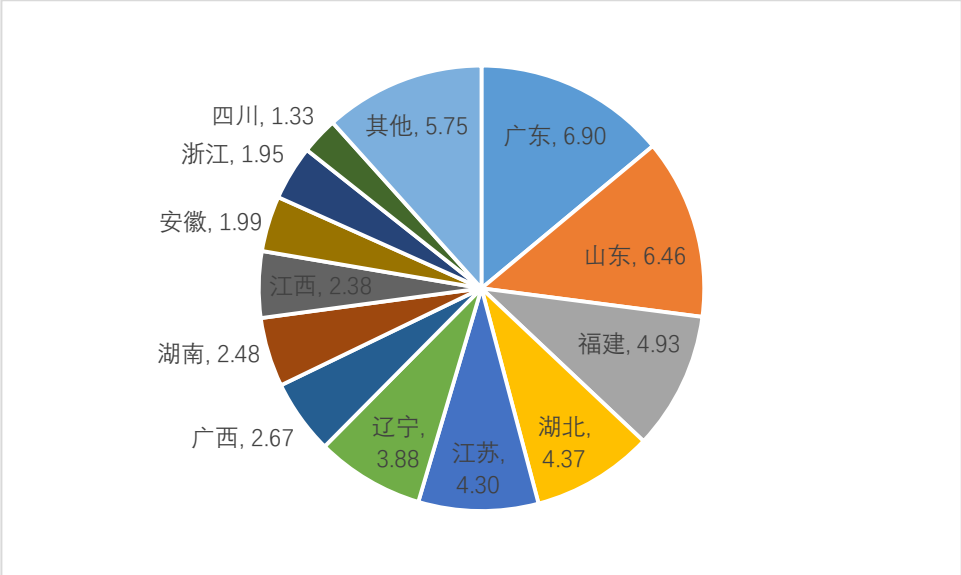


图 8：2015 年主要水产养殖生产省份及产量分布（单位：mmt）

注：水生植物产量计干重。数据来源：(农业部渔业渔政管理局，2016)

4.2.2. 主要的消耗海洋渔业资源的养殖品种

中国的水产养殖发展有一个明显的趋势是多样化（diversification），包括品种的多样化和养殖模式的多样化(Miao&Liao,2007;Zhou,2007)。据报道中国现有有超过 200 个水产养殖物种或品种(Song et al.，2010)，这反映了中国水产养殖行业追寻新事物的传统，以及渔业主管部门将水产品多样化列为官方目标(Liu&Li,2010)。这引起了中国水产养殖从传统的四大家鱼养殖向更多高价值和高营养级物种的变化(Zhang et al.，2013)。在这个过程中，中国的水产养殖出现了很多依赖于饲料中鱼粉投入或幼杂鱼直接投喂的品种，并对世界渔业资源形成了一定的压力(Cao et al.，2015)。这些品种如所有的海水养殖鱼类、海水甲壳类、淡水中的肉食性鱼类等，都严重依赖于捕捞鱼类资源的投入（附表 4、附表 5）。

4.3. 养殖水产品的消费和贸易

近半个世纪以来，水产品的全球供应量增速已超过人口增速，从而提高了人均占有量。世界人均表观水产品消费量已从 20 世纪 60 年代的 9.9kg 增加到 20 世纪 90 年代的 14.4kg，再提高到 2014 年的 20.1kg(FAO，2016a)。除产量增长外，促成消费量增长的其他因素还包括浪费量减少、利用率提高、销售渠道改良、人口增长带来的需求增长、收入提高和城市化进程，国际贸易也因为消费者带来更多选择而在其中起到了重要作用(FAO，2016a)。中国对世界人均鱼品可获得性的增长贡献最大，如不包括中国，2013 年世界其他地方年人均鱼品

供应量约为 15.3kg，高于上世纪 60 年代（11.5kg）、70 年代（13.4kg）和 80 年代（14.1kg）的均值。人均消费量在东亚（从 1961 年的 10.8kg 到 2013 年的 39.2kg）、东南亚（从 13.1 到 33.6kg）和北非（从 2.8 到 16.4kg）有了最实质性地增长，但在撒哈拉以南非洲的一些国家（例如科特迪瓦、利比里亚、尼日利亚和南非）以及日本（尽管从高的水平）停滞或下降(FAO, 2016a)。

表 3：2013 年按大洲和经济族群的合计和人均食用鱼供应量

	合计食用供应量（活体等重，mmt）	人均食用供应量（kg/年）
世界	140.8	19.7
世界（不含中国）	88.3	15.3
中国	52.5	37.9
非洲	10.9	9.8
北美洲	7.6	21.4
拉美及加勒比	5.8	9.4
亚洲	99.0	23.0
欧洲	16.5	22.2
大洋洲	1.0	24.8
工业化国家	26.5	26.8
其他发达国家	5.6	13.9
最不发达国家	11.1	12.4
其他发展中国家	97.6	20.0
低收入缺粮国 LIFDC	18.6	7.6

数据来源：(FAO, 2016a)

渔业与水产养殖是中国最重要的蛋白质来源之一，为中国克服粮食安全问题做出了显著的贡献。中国是主要的鱼品生产国，也是自 2002 年起鱼和渔业产品的最大出口国，尽管只占中国商品出口的 1%，中国渔业产品进口也在增长，使其自 2011 年以来成为世界第三大进口国(FAO, 2016a)。中国进口增长部分原因是来自其他国家加工外包的结果，还反映了中国对当地不出产的物种日益增长的国内需求(FAO, 2016a)。

由于中国水产养殖产量的持续增长，中国的人均鱼品表观消费量（供应量）也获得了稳定增长，从1993年的14.4kg增加到了2013年的37.9kg，在此期间年平均增长率为5.0%(FAO, 2016a)。过去几年，受家庭收入和财富增长的刺激，中国的消费者经历了鱼品类型的多样化，因一些渔业出口品转向国内市场以及增加了渔业产品的进口(FAO, 2016a)。据中国国家统计局进行的城乡一体化住户收支与生活状况调查，2014 年中国人均水产品消费量为 10.8kg，涵盖城镇人口平均消费 14.4kg，农业人口消费 6.8kg(NBSC, 2016)。供应量和消费量的差距

只要是由于加工出肉率、运输损耗、消费量统计仅限于家庭消费(Chiu et al., 2013)等因素引起的。

中国的水产品的供应主要来源于水产养殖（图 1），2015 年，水产养殖提供了中国 73.7%的水产品(农业部渔业渔政管理局, 2016)，水产品的消费也主要由养殖供应。

无论按照原始的进口量，还是按照折合成全鱼重量的进口量，中国近年来一直都是水产的净进口国，这主要是由于每年进口的大量的鱼粉进口引起的(Zhang, 2014)。2015 年，中国进口了 4.08mmt 水产品，同时出口了 4.06mmt 水产品(农业部渔业渔政管理局, 2016)。相对于中国 2015 年 66.99mmt 水产品生产量(农业部渔业渔政管理局, 2016)，在国内消费的水产品种，进口水产品仅占较小的比例。

4.3.1. 主要养殖水产品种类出口及内销情况

中国是水产品生产和出口大国，同时也是水产品进口大国，因其为其他国家提供水产品加工外包服务，而国内对非国产品种的消费量也在不断增长(FAO, 2016a)。但经过多年持续增长后，水产品贸易在 2015 年出现放缓迹象，加工量则出现下降(FAO, 2016a)。据海关统计，2015 年中国水产品进出口总量 8.14mmt、进出口总额 293.14 亿美元，同比分别降低 3.59%和 5.08%。其中，出口量 4.06mmt、出口额 203.33 亿美元，同比分别降低 2.48%和 6.29%，出口额占农产品出口总额(706.8 亿美元)的 28.77%;进口量 4.08mmt、进口额 89.82 亿美元，同比分别下降 4.66%和 2.22%。贸易顺差 113.51 亿美元，比上年同期减少 11.61 亿美元(农业部渔业渔政管理局, 2016)。

大部分中国养殖水产品，如占养殖总产量近一半的淡水养殖大宗淡水鱼，主要都是在国内消费的。这主要是由于这些鲤科鱼类有肌间刺，不符合以发达国家为主的主要水产品进口国家的消费习惯，而且这些淡水养殖鱼与海水鱼相比，常常有土腥味，且不容易进行深加工，都限制了其进入国际市场。当前仍有一些主要面向国际市场的水产养殖产品，如南美白对虾和罗非鱼，但由于中国国内市场的需求不断提升，这些产品已经转向内销市场(CBI, 2014)。2013 年中国主要的出口养殖水产品包括罗非鱼、虾、蛤、三文鱼、蟹、鲤鱼、大黄鱼、鲳鱼、扇贝、小龙虾等（图 9）。这些产品主要为中低档水产品，如出口最多的罗非鱼和鲤鱼等都是抵挡水产品，而虾蟹类、三文鱼和大黄鱼等，都是中档水产品。

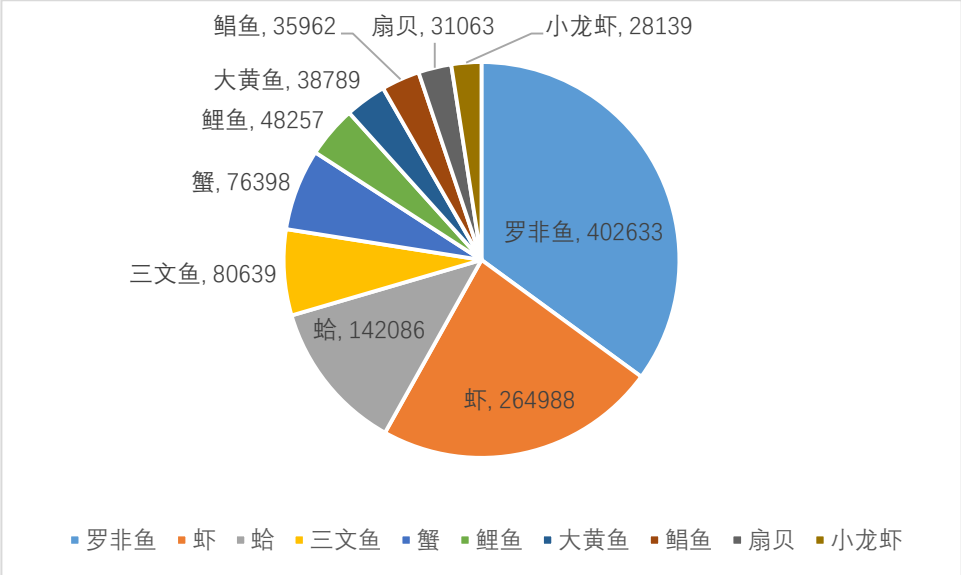


图 9：中国前十名出口水产养殖产品（单位：万美元）

注：数据来源(FAO, 2016b)

5. 中国水产养殖饲料使用

5.1. 水产养殖饲料使用概况

5.1.1. 水产养殖主要的饲料投喂情况

现代化的全价配方饲料是水产养殖集约化和产量快速提升的重要基础，饲料行业的发展为中国水产养殖的成长做出了突出贡献。随着水产养殖的不断扩张和养殖投饵率的升高，中国水产养殖饲料使用量快速增长，中国水产饲料产量的年均增长率高达 17%，远高于整体养殖饲料 8%的平均增速(陈 et al., 2014))。水产养殖饲料总用量从 2000 年的 5.1mmt 增加到了 2014 年的 19.0mmt(Han et al., 2016)。

普通淡水鱼料是中国水产饲料最重要的组成部分，占到了水产饲料总量的 80%以上（表 4)。淡水鱼饲料已经实现产品系列化，有夏花料、鱼苗料、育成料、垂钓专用料、辅助钓饵等，包括颗粒饲料、膨化饲料等中高档饲料，还有池塘混养人工配合饲料。具体的品种有鲫、鳊、草鱼、罗非鱼、鳗、鲤、泥鳅、黄颡鱼、鲶、鲟、虹鳟、大口黑鲈、尖吻鲈、太阳鱼、翘嘴鲌、黄鳝、南美白对虾、青虾、斑节对虾、乌龟、甲鱼等的养殖饲料，其中鲫、鳊、草鱼、罗非鱼饲料占有较大比例(陈 et al., 2014)。

表 4：2012 年根据不同水产养殖种类所统计的全国水产饲料的销量格局(万 t)

养殖品种	颗粒饲料	膨化饲料	粉团饲料
普通淡水鱼（草鱼、鲤等）	1200	140	
高档淡水鱼（黑鱼、大口黑鲈等）	20	45	
海水鱼（海鲈、大黄鱼等）		45	20
虾类（南美白对虾、斑节对虾等）	160	5	
蟹类	20	5	
爬行类（龟鳖）		5	20
两栖类（牛蛙、虎纹蛙等）		15	
总计	1400	260	40

来源：(陈 et al., 2014)

海水鱼颗粒饲料是近年来一个新兴的发展方向，但技术水平和产品质量参差不齐，部分海水鱼饲料仍属推广示范阶段。使用海水鱼饲料的主要海水养殖品种有海鲈(花鲈、七星鲈)、鲷(真鲷、黑鲷、黄鳍鲷、金线鲷)、比目鱼(牙鲆、大鳞鲆、石鲽)、石斑鱼、大黄鱼、金鲳鱼、军曹鱼、红鳍东方鲀、美国红鱼等。同时，适用的海水鱼膨化饲料有了很快的发展。目

前的海水养殖中，金鲳鱼、军曹鱼、石斑鱼饲料的需求增加，海鲈饲料的需求减少(陈 et al.，2014)。

本研究根据唐 et al.，(2016) 中的水产养殖产量投喂人工配合饲料比例、和(FAO, 2016b)中的各品种年产量、及相关品种人工配合饲料饵料系数（附表 4、附表 5）整理，2014 年中国的水产养殖饲料的投喂量达 26.36mmt，比文献报道的数据高出约 40%。产生如此大差别的原因有可能是中国水产品产量数据不够准确(Watson and Pauly, 2001)、唐 et al.，(2016) 中的水产养殖产量投喂人工配合饲料比例偏高，及文献报道中的相关品种人工配合饲料饵料系数偏高等原因引起的。

通过文献检索，本研究收集了不同数据源的 2014 年中国水产养殖饲料产量（表 5），表明中国水产饲料年产量在 17-19 mmt。

通过使用 Henriksson et al. (2013)开发的带有不确定性的单元过程数据平均协议对表 6 数据进行分析，结果表明 2014 年中国水产养殖饲料产量加权几何平均数为 18.50mmt。

本研究认为有多个数据来源的中国水产饲料年产量数据，比单一来源的基于中国水产养殖产量和饵料系数推算水产饲料用量数据更为可靠，故使用 18.50mmt 与 26.36mmt 的比值 0.7020 作为系数（调整系数 a）。

中国水产养殖产量投喂人工配合饲料比例很少有人研究，尤其是全国范围内的不同品种的人工配合饲料投喂比例。本研究认为唐 et al.，(2016)报道的投饵比例偏高，一些品种甚至被列为 100%投喂人工配合饲料，这与中国的水产养殖现状不符。根据调研 Chiu et al.，(2013)发现中国大多数养殖场都使用混养模式（Polyculture），而非单养模式模式（Monocultue），常常主养 1、2 个品种，搭配若干个套养品种。在混养模式中，主养品种依赖人工配合饲料的投喂，而套养品种通常依靠主养品种的残饵粪便提供的营养物质生长。本研究通过比较唐 et al.，(2016)中专家估计的饲料投喂比例，与 Cao et al (2015)中产业实地调研饲料投喂比例，计算出调整系数 b，用于调整唐 et al.，(2016)中系列年份不同品种的饲料和幼杂鱼投喂比例（表 6）。并通过调整系数 a 和调整系数 b 对水产养殖各品种年系列饲料用量和幼杂鱼用量进行调整。

调整之后的水产养殖饲料 2014 年产量为 18.50mmt，其中淡水饲料 16.89mmt，占总饲料量的 91.3%，海水饲料为 1.61mmt，仅占 8.7%（图 10、图 11），其鱼粉鱼油用量随之调整（附表 4、附表 5）。

表 5：不同数据源 2014 年中国水产养殖饲料产量

编号	数据来源	数据类型	水产饲料产量（mmt）	数据年份	参考文献
1	农业部	官方统计数据	19.03	2014	(MOA, 2015)
2	中国饲料工业协会	行业统计数据	19.03	2014	(The Information Centre of China Feed Industry Association, 2016)
3	ALLTECH	调查数据	18	2014	(ALLTECH, 2015)
4	BOABC	行业研究报告	17.18	2014	(BOABC, 2015)
5	SAIER	行业研究报告	17.181	2014	(SAIER, 2015)
6	本研究调查	调查数据	18	2014	

表 6：饲料投喂比例来源及调整系数（调整系数 b）

	品种/类别	2012 年投喂比例 1	2012 年投喂比例 2	调整系数 b
饲料投喂比例	草鱼	85%	54.17%	63.73%
饲料投喂比例	鲢鱼	5%	0%	0.00%
饲料投喂比例	鲤鱼	85%	55.17%	64.91%
饲料投喂比例	鳙鱼	5%	0%	0.00%
饲料投喂比例	鲫鱼	85%	52%	61.18%
饲料投喂比例	罗非鱼	90%	81.25%	90.28%
饲料投喂比例	鳊鱼	85%	57.14%	67.23%
饲料投喂比例	青鱼	80%	60%	75.00%
饲料投喂比例	南美白对虾	100%	93.75%	93.75%
饲料投喂比例	其他淡水鱼类	无数据，用罗非鱼调整系数替代		90.28%
饲料投喂比例	其他淡水甲壳类	无数据，用南美白对虾调整系数替代		93.75%
饲料投喂比例	其他海水鱼类	无数据，用南美白对虾调整系数替代		93.75%
饲料投喂比例	其他海水甲壳类	无数据，用南美白对虾调整系数替代		93.75%
饲料投喂比例	其他	无数据，用南美白对虾调整系数替代		93.75%
杂鱼投喂比例	全部品种	无数据，用南美白对虾调整系数替代		93.75%

注：2012 年饲料投喂比例 1 来自于唐 et al (2016)，为专家估计值；2012 年饲料投喂比例 2 来自 Cao et al (2015)，为产业实地调研数据。调整系数 b 为饲料投喂比例 2 与饲料投喂比例 1 的比值，即：调整系数 b=投喂比例 2/投喂比例 1。

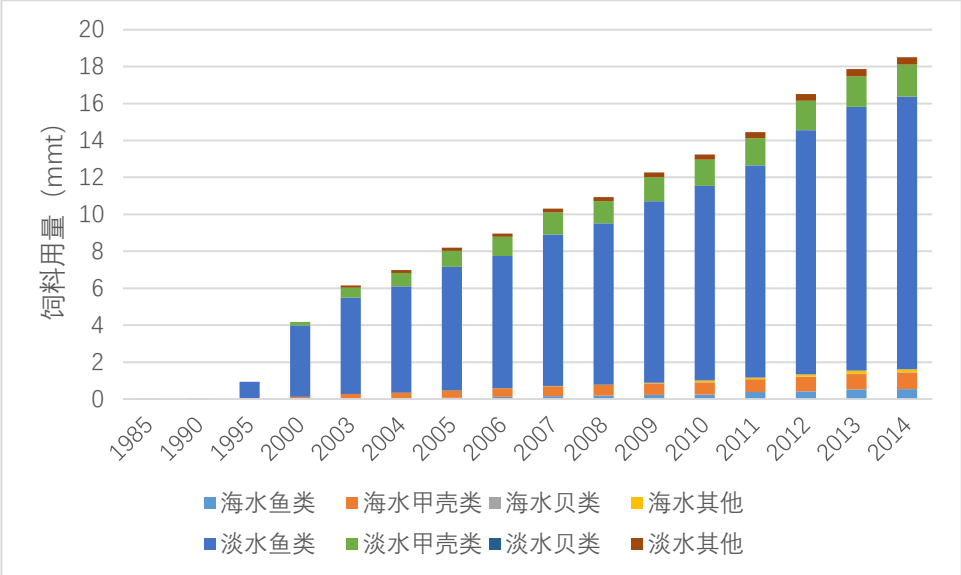


图 10：主要养殖产品人工配合饲料投喂量（mmt）

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR（附表）及饲料用量调整系数整理

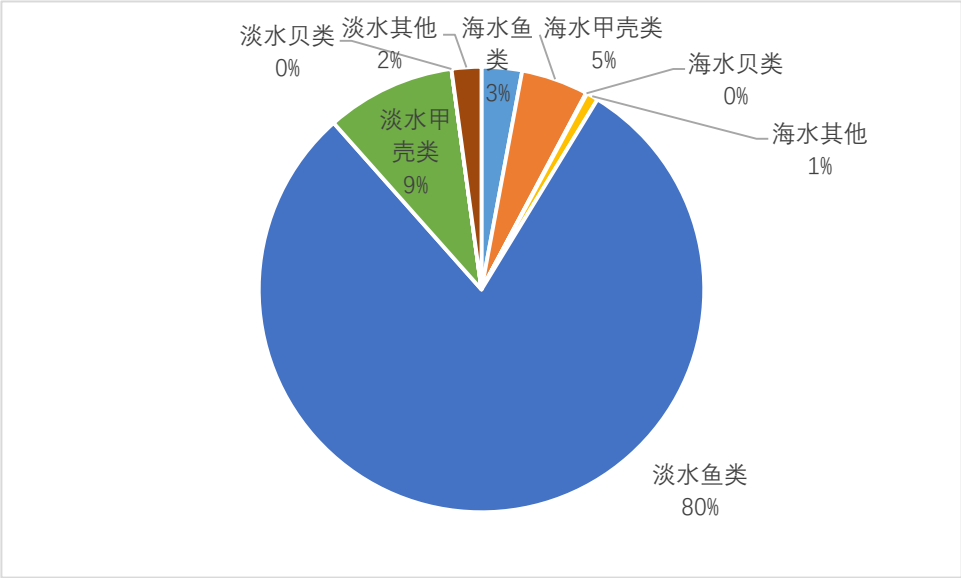


图 11：2014 年主要养殖产品人工配合饲料投喂量占比

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR（附表）及饲料用量调整系数整理

5.1.2. 水产养殖品种食性分类和发展趋势

根据FAO FishstatJ水产养殖产量数据库和FAO水产科学与信息系统(Aquatic Sciences and Fisheries Information System：ASFIS)，中国共有重要的水产养殖物种91个，其中肉食性物种(Carnivorous)29个，杂食性物种(Omnivorous)35个，植食性物种(Herbivorous)2个，滤食性物种（Filter feeders）14个，水生植物物种（Producer (plants) ）11个(Zhang et al.，2013)。在这些物种中，营养级较低、生态效率高的滤食性和杂食性物种占据了主导地位（图12)。

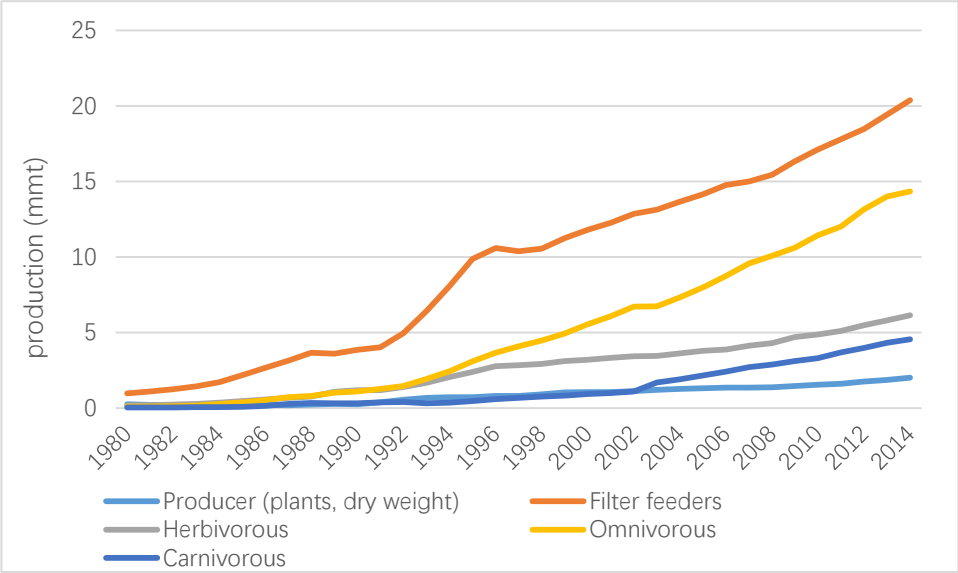


图12：中国水产养殖按食性分产量变化

注：数据来源：根据(FAO，2016b；Zhang et al.，2013)整理

然而，近年来滤食性物种产量占水产养殖总产量的比例不断降低，从20世纪80年代最高超过50%降低到了2014年的34%。而杂食性和肉食性物种产量显著上升，其中杂食性的物种从20世纪80年代初的4%上升到了2014年的24%，肉食性产量同期从1.5%上升到了7.8%（图13)。

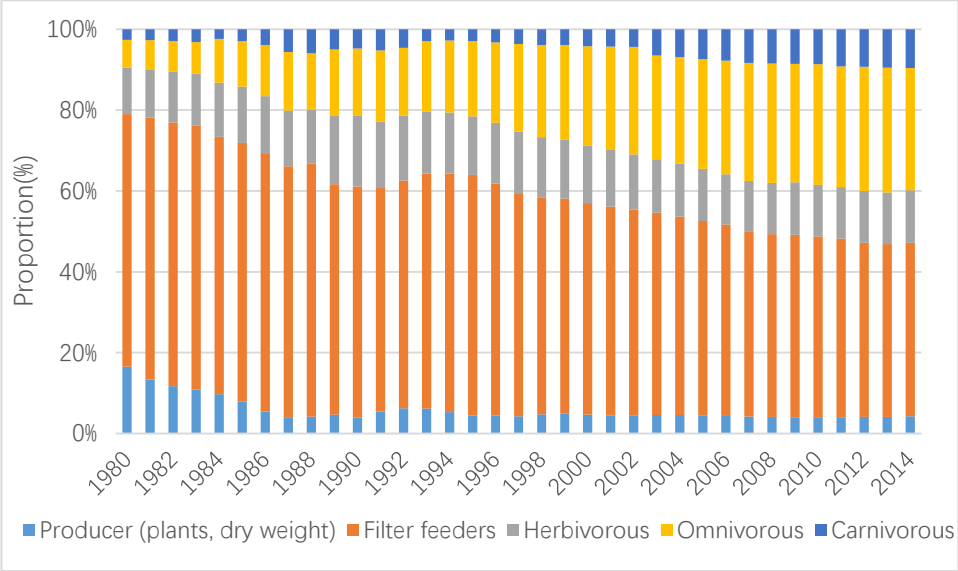


图 13：中国水产养殖不同食性产量占比变化

注：数据来源：根据(FAO, 2016b; Zhang et al., 2013)整理

5.1.3. 水产养殖投饵和不投饵养殖品种和产量的对比

全球水产养殖大约有一半的产量不需要投喂，主要包括海藻和微藻（27%）以及滤食性动物物种（22.5%），2014 年这些不需要投喂的水产养殖产量为 22.70mmt，最重要的非投喂动物物种包括淡水养殖的鲢鱼和鳙鱼，双壳软体动物（蛤、牡蛎、贻贝等）以及海洋和沿海的其他滤食性动物（例如海鞘）(FAO, 2016a)。在 2014 年世界淡水养殖的 8.20mmt 的滤食鱼类中，中国占 7.40mmt，同年世界双壳类养殖产量 14.40mmt，中国占 12mmt，是世界其他区域养殖量的 5 倍(FAO, 2016a)。

尽管非投喂物种的养殖生产在食物安全和环境方面有更多利益，全球投喂物种的产量增长快于非投喂物种(FAO, 2016a)。与全球趋势相同，中国水产养殖不投饵率在不同养殖发展时期差别较大并呈明显下降趋势。1990 年以前，以天然水域饵料养殖为主，不投饵率很高，为 96.7%～100%；此后，不投饵率下降幅度较大，从 1995 年 90.5%降至 2010 年 59.2%，近 3 年趋于稳定，下降幅度趋小(53.4%～54.2%)，2014 年为 53.8%(图 14)。但是，与世界平均水平(33.3%，2010)相比，目前中国水产养殖不投饵率仍保持较高的水准(唐 et al., 2016)。

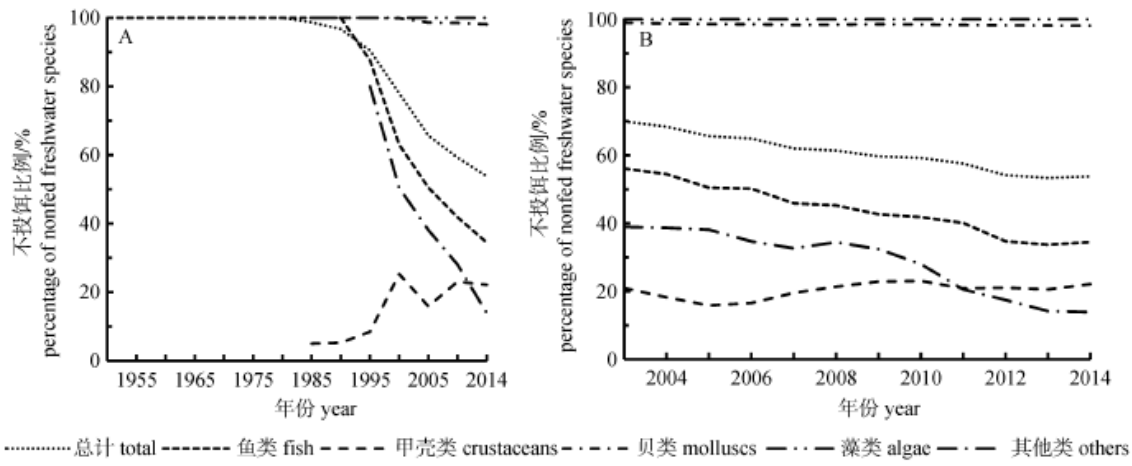


图 14：中国水产养殖不投饵率年代际(A)和年际(B)变化

注：来源：(唐 et al.，2016)

淡水养殖不投饵率下降幅度较大，这是由于淡水养殖以淡水鱼为主，水产养殖的集约化程度的提高促进了人工配合饵料的使用。从 1950 年到 1990 年,以天然水域饵料养殖为主,不投饵率近100%。之后,养殖方式慢慢从天然养殖向投饵养殖转变,不投饵率从1995年87.3%降至 2010 年 42.5%,近 3 年趋于稳定(34.8%～35.8%),2014 年为 35.7%(图 15)。

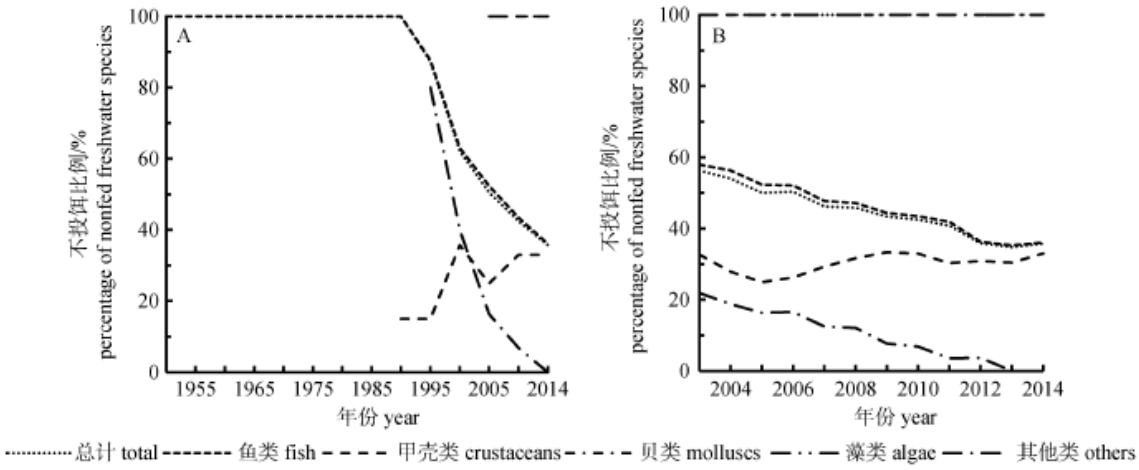


图 15：中国淡水养殖不投饵率年代际(A)和年际(B)变化

注：来源：(唐 et al.，2016)

海水养殖不投饵率一直保持高水准,这主要是由于海水养殖主要由不需要投饵的藻类和贝类组成，需要投饵的海水鱼类和甲壳类的产量只占海水养殖产量非常少的比例。从 1950 年到 1980 年,以天然水域饵料养殖为主,不投饵率近 100%,1985－2000 年波动在 88.1%～

97.8%,之后不投饵率从 2003 年的 89.1%逐渐小幅度下降,近 3 年趋于稳定(83.0%～83.7%),2014 年为 83.0%(图 16)。

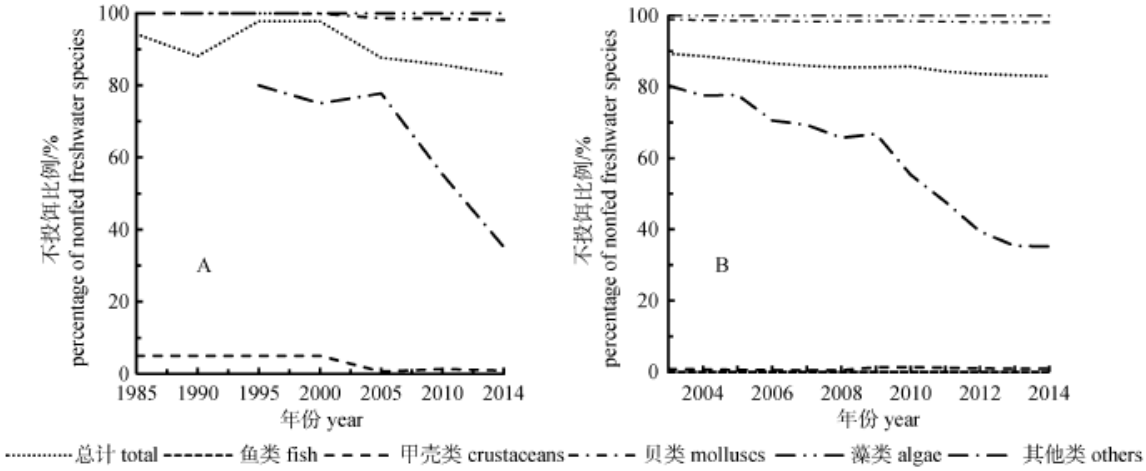


图 16：中国海水养殖不投饵率年代际(A)和年际(B)变化

注：来源：(唐 et al.，2016)

5.1.4. 依赖鱼粉和幼杂鱼投喂的养殖品种

在中国 63 个养殖品种或品种大类中，不投饵养殖品种和以天然饵料为主的品种分别占 22%和 10%，以人工配合饲料为主和全部投喂人工配合饲料的品种分别占 19%和 14%，少量投喂幼杂鱼的和以幼杂鱼为主要饵料的品种分别占 14%和 19%(图 17)。

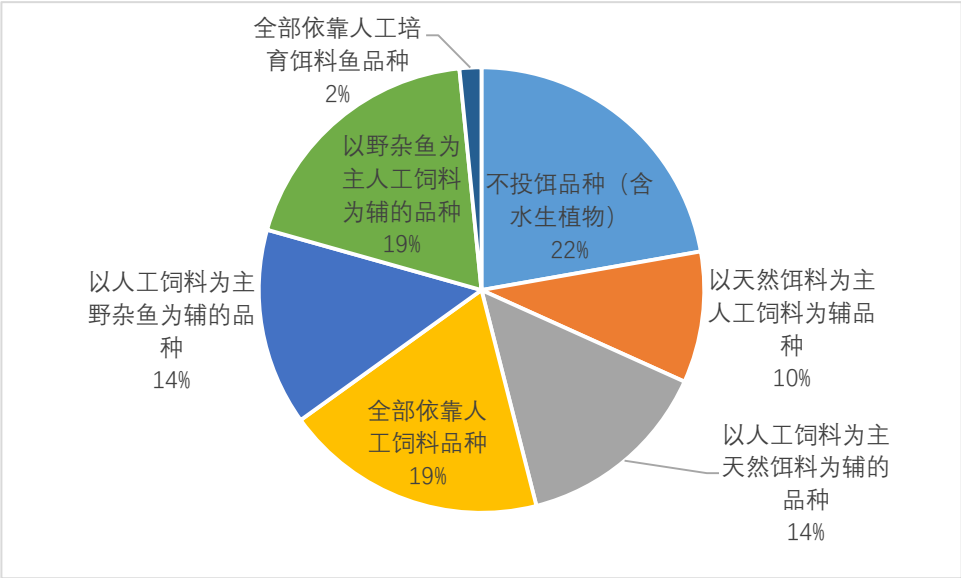


图 17：2014 年主要养殖品种投饵类型数目和占比

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016)整理

不投饵养殖品种和以天然饵料为主的品种主要以水生植物和滤食性鱼类和贝类为主，以人工配合饲料为主和全部投喂人工配合饲料的品种主要是大宗淡水鱼类、杂食性甲壳类等，少量投喂幼杂鱼的和以幼杂鱼为主要饵料的品种主要是肉食性的鱼类和甲壳类(表 7)。

表 7：2014 年主要养殖品种投饵类型组成

投喂类别	品种（或品种大类）
不投喂物种（含水生植物）	牡蛎、蚶、贻贝、江珧、扇贝、蛤、蛏、海水藻类、海胆、银鱼、河蚌、螺、蚬、淡水藻类（螺旋藻）
以天然饵料为主人工配合饲料为辅品种	鲍、海参、海蜇、鲢鱼、鳙鱼、克氏原螯虾
以人工配合饲料为主天然饵料为辅的品种	草鱼、鲤鱼、鲫鱼、罗非鱼、鳊鱼、青鱼、鲇鱼、泥鳅、青虾
全部依靠人工配合饲料品种	南美白对虾、斑节对虾、黄颡鱼、鲃鱼、鳗鲡、短盖巨脂鲤、其他鱼类、罗氏沼虾、南美白对虾、鳖、蛙、龟
以人工配合饲料为主幼杂鱼为辅的品种	中国对虾、海水鲈鱼、鲆鱼、鲷鱼、鲽鱼、卵形鲳鲹、乌鳢、黄鳝、河蟹
以幼杂鱼为主人工配合饲料为辅的品种	螺、日本对虾、梭子蟹、青蟹、大黄鱼、军曹鱼、鲫鱼、美国红鱼、河鲀、石斑鱼、其他鱼类、淡水鲈鱼
全部依靠人工培育饵料鱼品种	鳜鱼

数据来源：根据唐 et al.，(2016)整理

不投饵养殖品种和以天然饵料为主的品种产量占养殖总产量的比例近年来不断下降，从 1985 年的 70%降低到了 2015 年 50%左右，以人工配合饲料为主和全部投喂人工配合饲料的品种产量占养殖总产量的比例增加较为明显，而少量投喂幼杂鱼的和以幼杂鱼为主要饵料的品种产量占养殖总产量的比例稳中有升(图 18)。

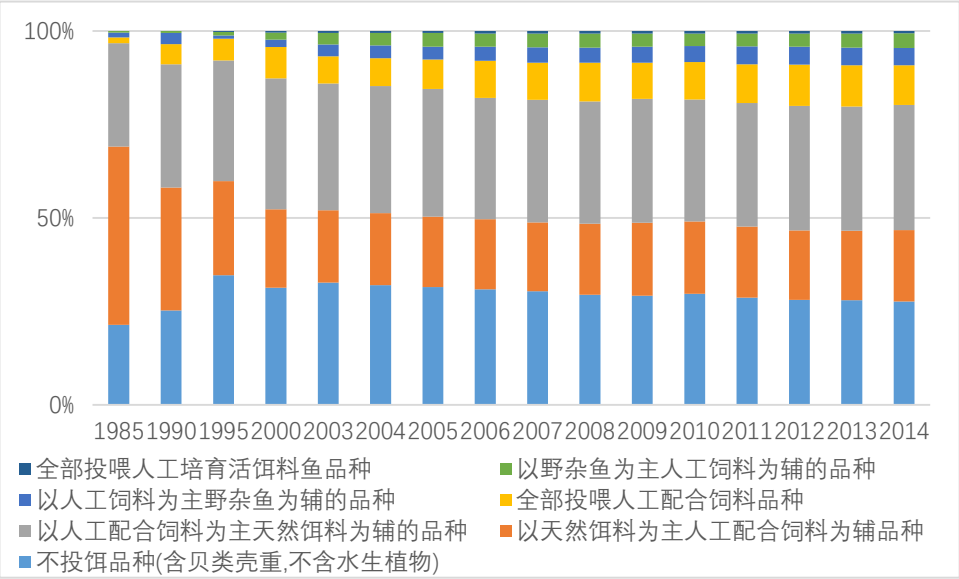


图 18：主要养殖品种投饵类型产量占比变化，含贝类壳重，不含水生植物

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016)和(FAO, 2016b)整理

5.1.5. 主要养殖品种的投喂情况

在中国 63 个养殖品种或品种大类中,投喂幼杂鱼的种类共 21 种（表 3 中的以人工配合饲料为主幼杂鱼为辅的品种和以幼杂鱼为主要饵料的品种 2 类)，投喂人工配合饲料的共 36 种（表 3 中的以天然饵料为主人工配合饲料为辅品种、以人工配合饲料为主天然饵料为辅的品种、全部依靠人工配合饲料品种、和以人工配合饲料为主幼杂鱼为辅的品种 4 类)，不投饵的品种只有 14 种（表 3 中的不投喂物种（含水生植物））。在投喂饲料的 36 个种类中，使用低鱼粉饲料（鱼粉<10%)的品种有 10 个，使用中鱼粉饲料（10%<=鱼粉<30%)的有 12 个，使用高鱼粉饲料（鱼粉>30%)的 26 个（表 8）。

表 8：2014 年主要投喂人工配合饲料养殖品种饲料鱼粉含量分组

鱼粉含量	品种（或品种大类）
低鱼粉饲料（鱼粉<10%)	鲫鱼、鲴鱼、鲤鱼、罗非鱼、鳊鱼、短盖巨脂鲤、海参、草鱼、鲢鱼、鳙鱼
中鱼粉饲料(10%<=鱼粉<30%)	南美白对虾、罗氏沼虾、南美白对虾、黄颡鱼、其他鱼类、青虾、河蟹、鲍、海蜇、青鱼、泥鳅、克氏原螯虾
高鱼粉饲料（鱼粉>=30%)	鳗鲡、鲈鱼、鲆鱼、石斑鱼、鳖、大黄鱼、鳜鱼、鲷鱼、鲽鱼、其他鱼类、军曹鱼、梭子蟹、河鲀、美国红鱼、青蟹、黄鳝、鲈鱼、中国对虾、日本对虾、卵形鲳鲹、鲇鱼、蛙、龟、螺、斑节对虾、乌鳢

数据来源：根据唐 et al.，(2016)整理

5.1.6. 鱼粉的消耗量

中国是世界上最大的鱼粉进口国，自 2000 年以来，每年的鱼粉进口均在 1mmt-1.5mmt 波动(Cao et al., 2015; Han et al., 2016)，进口鱼粉也是中国水产养殖饲料用鱼粉最大的来源。

中国鱼粉进口主要来自于南美洲的秘鲁和智利、美国、以及东南亚国家越南和泰国（图 19）。 然而，中国从南美洲国家进口鱼粉占总进口量的比例在近几年持续下降（图 20），这与南美洲鱼粉供应量受到其配额制管理的限制，并导致其价格不断高企引起的。同时，中国扩大了从东南亚国家的鱼粉进口，如从越南和泰国等国家进口了很多低价值的鱼粉，这些鱼粉的质量及可持续性都与南美洲生产的鱼粉有显著差别。如越南大量使用越南鲶鱼

（*Pangasius spp.*，商品名 Basa 或 Tra）加工副产物为原料生产灰分高而蛋白低的质量较差的鱼粉(AQSIQ, 2015)，而泰国的鱼粉生产则使用了由奴工生产的捕捞产品为原材料(Hodal et al., 2014)。使用这些鱼粉，不仅无法保证全球水产养殖产业的可持续发展，低质量的鱼粉更对中国水产养殖的生产有着直接的影响。

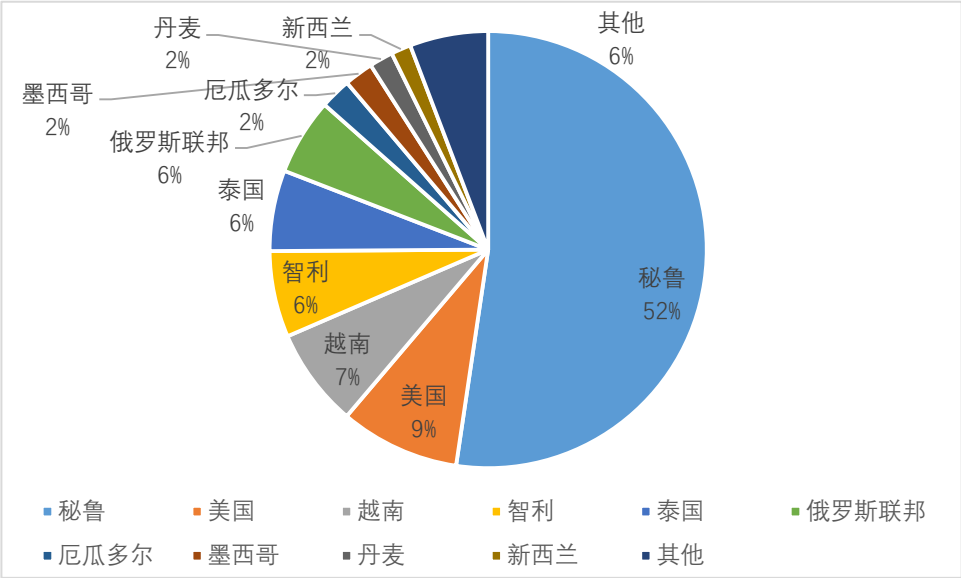


图 19：2015 年中国鱼粉进口主要来源国

注：数据来源：(China Customs, 2016)

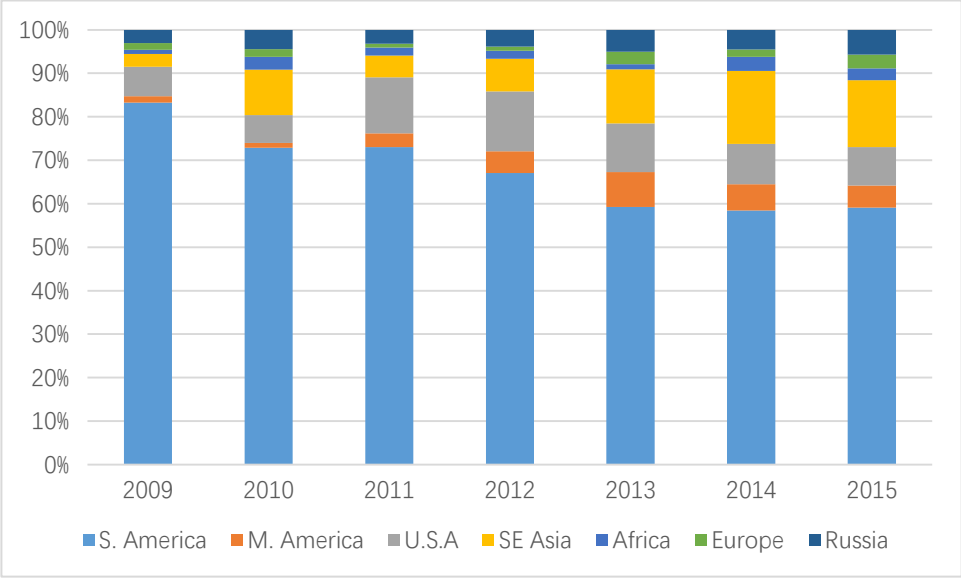


图 20：中国鱼粉进口主要来源国按地区进口量占比

注：数据来源：(China Customs, 2016)

同时中国也是世界上主要的鱼粉生产国之一，但对国内鱼粉产量的准确统计非常缺乏。

根据农业部渔业局出版的《中国渔业统计年鉴》，中国鱼粉产量在 2011-2012 年间一度接近 2mmt，但最新的年鉴将这一数字降低到了 0.7mmt（图 21）。FAO 最初采纳并在其 FishStatJ 公布了与《中国渔业统计年鉴》相同的中国鱼粉产量数据，但在 2014 年开始对 2005 年以来的中国鱼粉产量数据进行了修正，修正后的数据只有 0.4-0.6mmt 左右。根据 FAO 渔业和水产养殖部渔业统计和信息部门的 Stefania Vannuccini 提供的信息，FAO 当时发现中国的鱼粉产量还包括水产饲料产量，由此进行了深入调查，并随后对中国鱼粉产量数据进行了修正（Vannuccini 2014，个人通信）。根据 FAO 最新的统计数据，中国每年可获得的鱼粉供应量（进口+自产）约在 1.5-2 mmt（图 22）。

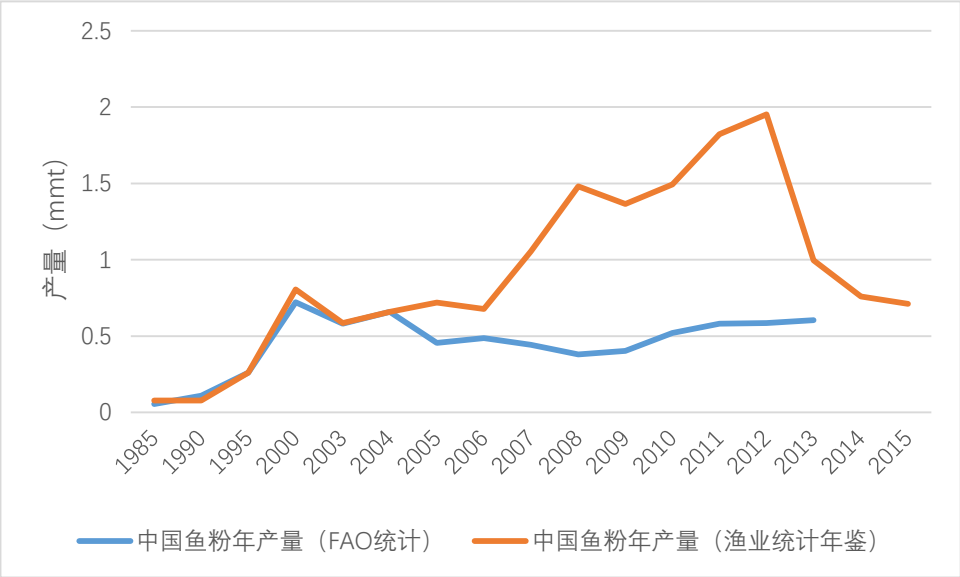


图 21：不同来源中国鱼粉产量对比

注：数据来源：历年《中国渔业统计年鉴》、(FAO，2016b)

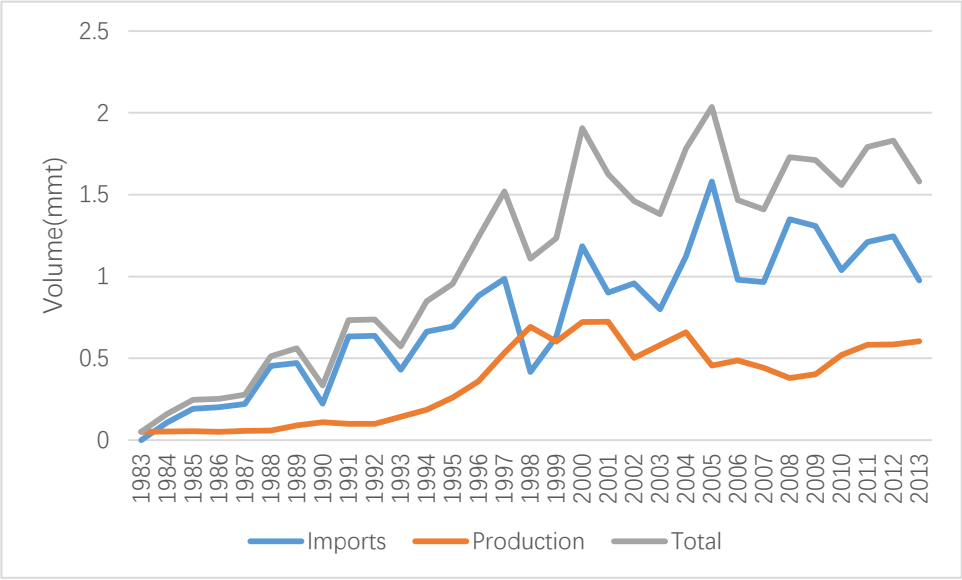


图 22：历年中国鱼粉生产和进口情况

注：数据来源：(FAO, 2016b)

据本研究根估算，2014 年中国的水产养殖饲料使用鱼油鱼粉为 2.51mmt，其中海水饲料消耗 0.50mmt，淡水饲料消耗 2.01mmt（图 23）。在鱼油鱼粉使用中，淡水鱼类使用了 61%的鱼油和鱼粉，其次是淡水甲壳类 15%，海水甲壳类 9%，海水鱼类 8%和淡水其他（龟鳖蛙）7%（图 24）。

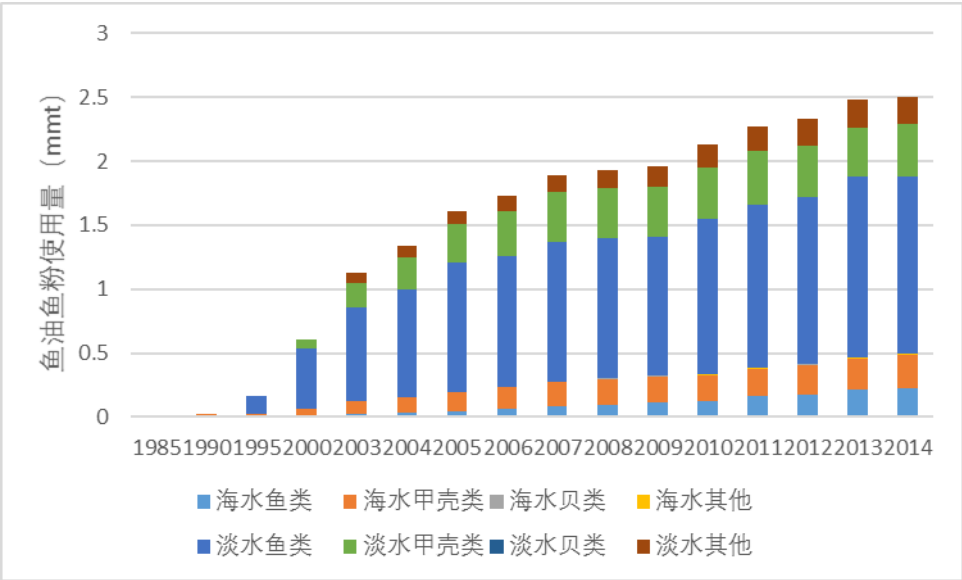


图 23：主要养殖产品大类鱼粉使用量

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR 整理

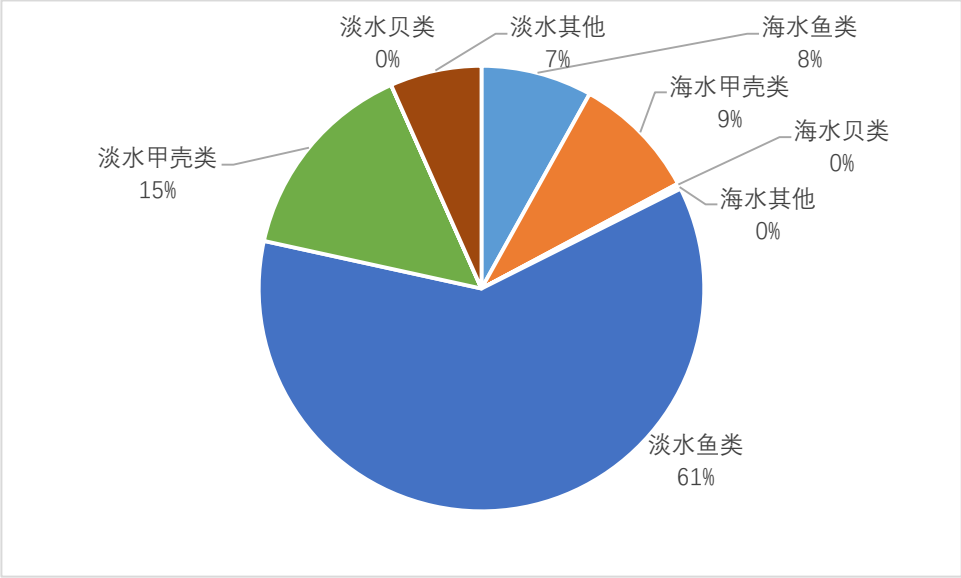


图 24：2014 年主要养殖产品大类鱼粉使用量占比

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR 整理

5.1.7. 幼杂鱼的消耗量（总量及变化趋势）

根据现有研究，中国水产养殖各品种投喂幼杂鱼的比例在持续下降（图 25），然而总的幼杂鱼的投喂量仍在持续上升（图 26）。此趋势差别主要是由于水产养殖饲料产业的飞速发展，提供了能够替代幼杂鱼的人工配合饲料产品，并因为其综合成本低、饵料系数低、劳动力投入少等优点逐渐被养殖行业接受。然而，虽然投喂幼杂鱼的比例在降低，水产养殖产量和更多的依赖幼杂鱼和鱼粉投入的养殖产品的快速增长，仍然幼杂鱼的投喂量显著增加。

本研究发现，至 2014 年中国水产养殖投喂幼杂鱼约 4.95mmt，其中海水养殖投喂 3.24mmt，占了 66%左右，淡水养殖投喂 1.71mmt，仅占 34%左右（图 27）。

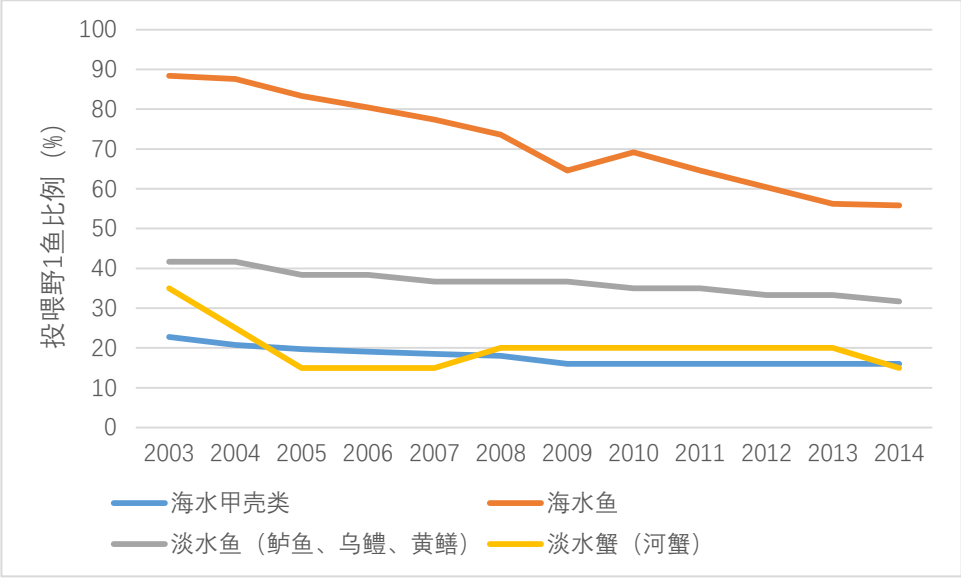


图 25：主要养殖品种投喂幼杂鱼比例

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016)整理

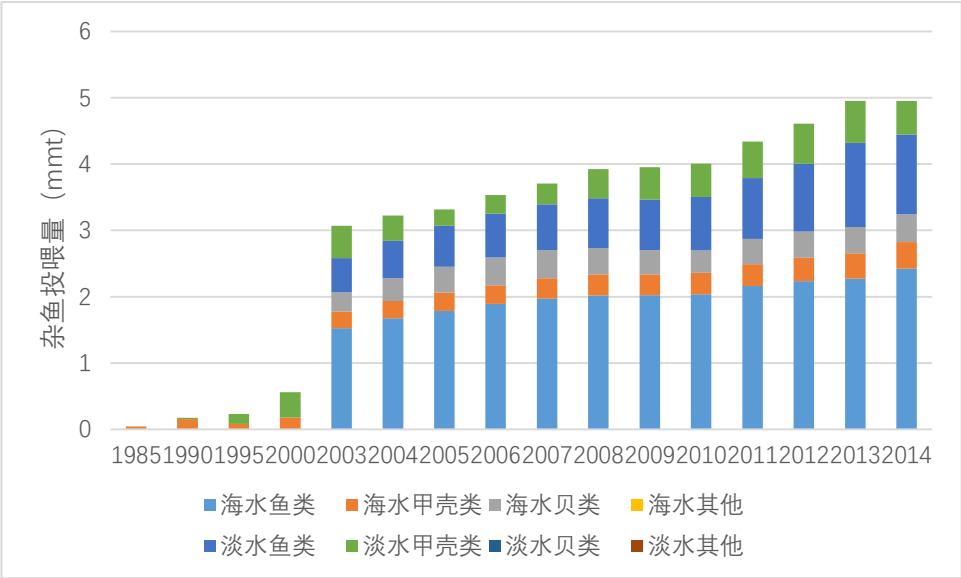


图 26：主要养殖品种幼杂鱼投喂量（mmt）

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR(附表)整理

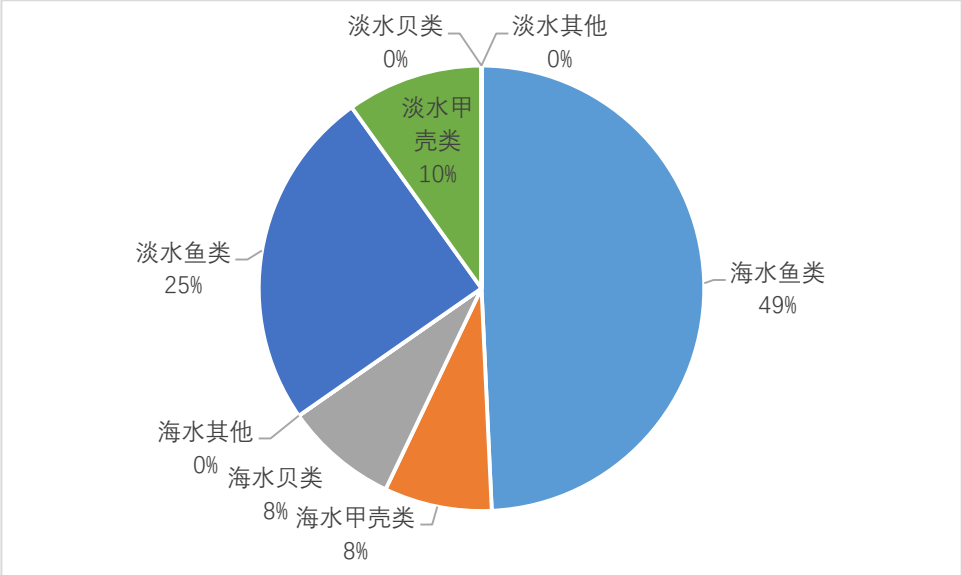


图 27：2014 年主要养殖品种幼杂鱼投喂占比

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR(附表)整理

5.2. 养殖产量中人工配合饲料和幼杂鱼投饲比例

中国水产养殖产量中人工配合饲料和幼杂鱼投饲比例呈逐年上升趋势（图 28）。

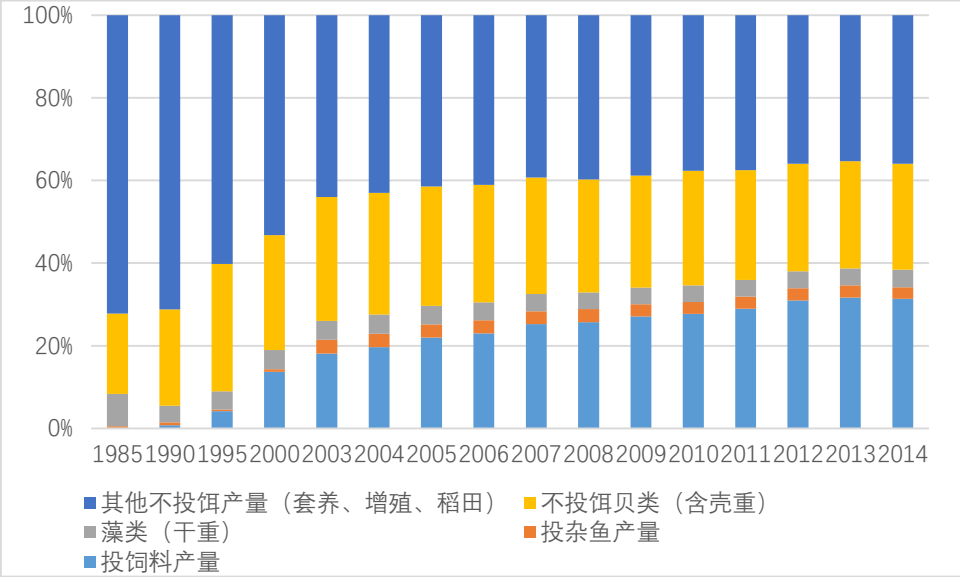


图 28：2014 年主要养殖品种渔业资源使用占比

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR(附表)整理

2014 年，31.32%的养殖产量为通过投喂人工配合饲料生产的；2.86%为投喂幼杂鱼生产的；藻类（干重）占总产量 4.24%，不投饵贝类（含壳重）占 25.66%，这两者共计 29.90%，都不需要投喂饵料；另有 35.92%产量为其他不投饵产量，如来自池塘养殖中的套养品种、增殖放流品种、以及稻田养殖中不投喂物种等，此类以淡水鲢、鳙、草、鲤、鲫等品种为主。

5.3. 鱼投入鱼产出系数（FIFO）和海洋渔业资源使用量

中国水产养殖的鱼投入鱼产出系数（FIFO）呈整体下降趋势。以基于包括贝类壳重不包括水生植物产量计，中国水产养殖整体的 FIFO 为 0.368，这与全球水产养殖 FIFO 系数 0.3 较为接近(Byelashov and Griffin, 2014)，但远小于以挪威三文鱼养殖为代表的西方发达国家的水产养殖 FIFO 系数(Ytrestøyl et al., 2015)。本研究得出的 FIFO 数值高于文献报道的 0.31(Han et al., 2016)。FIFO 最高的养殖水产品是海水鱼和淡水其他（龟、鳖、蛙）两大类，另外海水甲壳类和淡水甲壳类也超过了 1（图 29）。

据测算，与 FIFO 不断下降相反，中国水产养殖利用海洋渔业资源呈上升趋势（图 30）。2014 年中国水产养殖消耗的国内捕捞海洋渔业资源量约为 7.17mmt。其中海水养殖使用了 51%，淡水养殖使用了 41%的国产海洋资源。在不同的养殖水产品中，淡水鱼类和海水鱼类使用了近 7 成的国产渔业资源，其次是海水、淡水甲壳类。

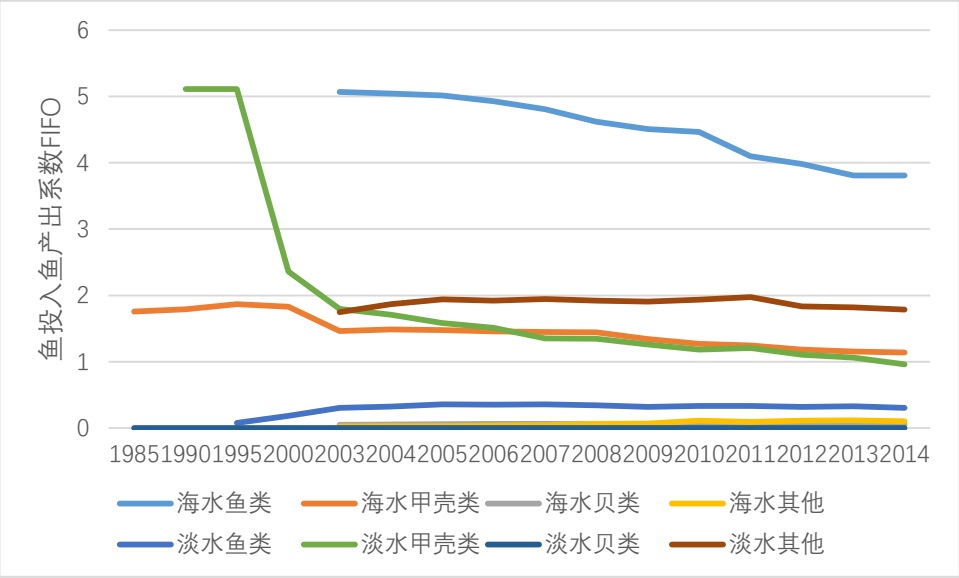


图 29：不同养殖水产品的鱼投入鱼产出系数（FIFO）

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR(附表)整理

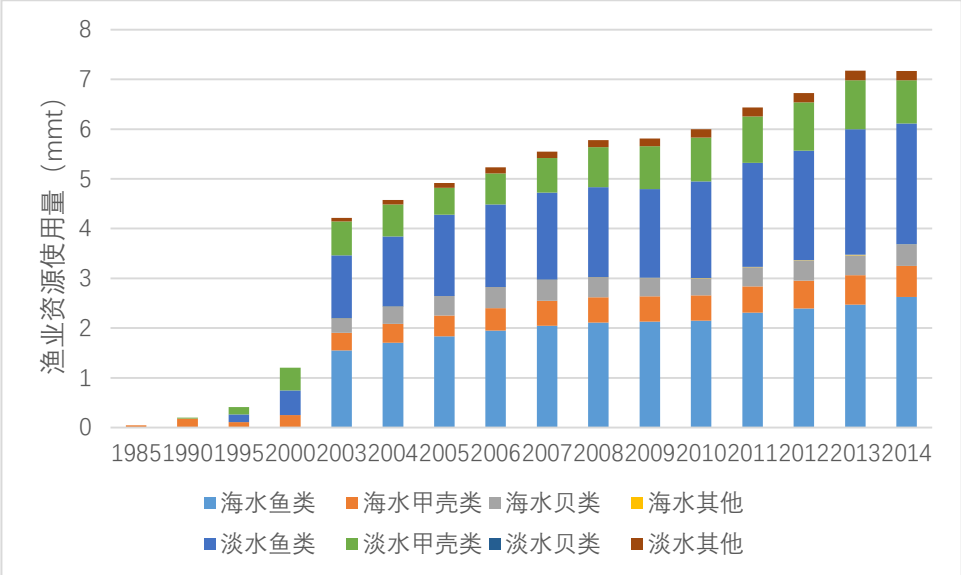


图 30：不同养殖水产品的国产渔业资源使用量

注：数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR(附表)整理

中国水产养殖利用海洋渔业资源最突出的品种包括：南美白对虾（海水+淡水）使用了近 1mmt 海洋渔业资源，随后是中华绒螯蟹 0.96mmt，大口黑鲈 0.83mmt，乌鳢 0.53mmt，大黄鱼 0.48mmt 和鳖 0.48mmt。鲫鱼和鲤鱼虽然有着较低的 FIFO 系数，由于其较大的产量基数，其海洋渔业资源使用量也接近 0.4mmt（表 9）。

海水鱼养殖仍是投喂幼杂鱼最主要的去向，这些海水鱼包括：军曹鱼、鲫鱼、大黄鱼、美国红鱼、石斑鱼、鲷鱼等，鱼投入鱼产出系数（FIFO）均高于 4，意味着需要 4kg 鱼蛋白投入才能生产 1kg 鱼产品。海淡水养殖的南美白对虾和淡水中的鲈鱼和河蟹，虽然 FIFO 系数相对海水鱼较低，但由于其较高的产量，其总体渔业资源使用量占据了单个品种的前 3 名。

表 9：鱼投入鱼产出系数（FIFO）超过 1 或海洋渔业资源使用超过 0.1mmt 的养殖品种

海淡水	类别	种类	鱼粉用量（吨）	幼杂鱼用量(吨)	渔业资源用量(吨)	FIFO
海水	鱼类	军曹鱼	2068.07	156320.20	162352.05	6.50
海水	鱼类	鲫鱼	1217.08	69477.11	73026.92	5.40
海水	鱼类	大黄鱼	12912.75	442488.69	**480150.88**	5.35
海水	鱼类	美国红鱼	10100.45	200755.13	230214.76	4.69
海水	鱼类	石斑鱼	6396.69	268622.53	287279.53	4.64
海水	鱼类	鲷鱼	14576.75	124373.98	166889.51	4.01
海水	鱼类	其他鱼类	76593.22	927292.09	1150688.98	3.98
海水	鱼类	河鲀	2108.06	38173.52	44322.03	3.48
淡水	鱼类	大口黑鲈	55782.12	662860.93	**825558.78**	3.34
海水	鱼类	鲆鱼	26827.49	134410.52	212657.36	2.40
淡水	鱼类	鳗鲡	115308.74	0.00	336317.15	2.19
海水	鱼类	鲽鱼	2901.56	5866.38	14329.26	2.12
淡水	其他类	鳖	163644.51	0.00	**477296.50**	1.99
海水	甲壳类	青蟹	4251.36	170939.33	183339.12	1.86
海水	贝类	螺	1264.71	295680.96	299369.69	1.83
海水	鱼类	鲈鱼	39248.67	30634.93	145110.23	1.82
淡水	甲壳类	河蟹	156315.61	504405.30	**960325.83**	1.72
海水	甲壳类	梭子蟹	3051.43	129956.56	138856.56	1.66
海水	鱼类	卵形鲳鲹	34135.44	25717.67	125279.36	1.62
海水	甲壳类	其他甲壳类	25077.21	66420.51	139562.38	1.55
淡水	鱼类	黄鳝	77284.40	159854.05	385266.88	1.53
淡水	鱼类	乌鳢	105444.75	218443.60	**525990.77**	1.47
淡水	鱼类	其他鱼类	269382.91	160363.51	946063.65	1.33
海水	甲壳类	日本对虾	5334.84	26115.42	41675.36	1.25
海水	甲壳类	斑节对虾	20823.10	0.00	60734.06	1.16
海水	甲壳类	中国对虾	11073.84	6624.86	38923.57	1.15
淡水	鱼类	黄颡鱼	91397.45	0.00	266575.90	1.14
淡水	甲壳类	罗氏沼虾	33183.54	0.00	96785.33	1.08
淡水	其他类	蛙	22879.87	0.00	66732.94	1.02
淡水	甲壳类	南美白对虾	160289.95	0.00	**467512.36**	0.95
海水	甲壳类	南美白对虾	186265.89	0.00	**543275.51**	0.88
淡水	鱼类	鲇鱼	92301.76	0.00	269213.46	0.85
淡水	甲壳类	青虾	50864.23	0.00	148354.01	0.82
淡水	鱼类	泥鳅	38901.89	0.00	113463.84	0.47
淡水	鱼类	青鱼	38458.66	0.00	112171.08	0.29
淡水	鱼类	罗非鱼	93142.68	0.00	271666.14	0.23
海水	贝类	贝类	1384.65	124930.10	128968.68	0.21
淡水	鱼类	鲫鱼	137102.46	0.00	**399882.19**	0.21
淡水	鱼类	鲤鱼	134615.73	0.00	**392629.20**	0.18
淡水	鱼类	草鱼	72061.45	0.00	210179.23	0.06

数据来源：根据唐 et al.，(2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR（附表 4、5）整理

5.4. 鱼粉和幼杂鱼的替代饲料

虽然很多肉食性的水产养殖品种仍然依赖幼杂鱼的投喂，大多数的水产养殖产品都开发出了专用的人工配合饲料并推广使用，并在很多养殖品种中取得较好的效果，如淡水的河蟹，已经有过半的养殖产量是通过投喂人工配合饲料养殖的。然而，大部分海水鱼和部分淡水鱼如鲈鱼，仍然主要依赖幼杂鱼的投喂。饲料行业和养殖行业正努力改变这一现状，一系列的研究和实验正在进行中，并取得了良好的效果。据报道，在海水石斑鱼和大黄鱼的饲料研究中，均实现了全程的人工配合饲料投喂养殖，而且人工配合饲料的饵料系数可以控制在 1 以下。这些创新的水产饲料，仍然需要更多的时间进行完善或被养殖户接受。如淡水鲈鱼饲料推广速度较慢，部分是因为全程投喂人工配合饲料生长速度较慢，部分因为养殖户观念没有改变(Zhou, 2017)。

6. 实地调研

6.1. 调研物种选择

根据上述文献分析，本研究选取河蟹、鲈鱼和大黄鱼作为海洋渔业资源消耗较多的典型养殖品种进行实地调研。

6.1.1. 河蟹

随着经济的发展和科学技术的进步，中国的水产养殖行业出现了养殖品种多样化的趋势，高价值的养殖水产品逐渐增加，一些特种水产品如河蟹（中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)）正逐渐变得越来越重要。河蟹是中国特有的水生经济动物，其肉鲜味美、营养价值高，是中国淡水养殖的重要种类之一。据《2016 中国渔业统计年鉴》，2015 年中国河蟹年产量达到了 8.23mmt，是淡水养殖中除鱼类之外产量最高的品种。同时，河蟹的总产值自 2011 年以来已经位于中国所有养殖水产品的第二位，仅次于草鱼(FAO, 2016b)。

河蟹的养殖从最初的资源放流，到上世纪 90 年代兴起的淡水池塘集约化高密度精养，现已逐渐转变为以种植沉水植物为特点的淡水池塘生态养殖。近年来，结合了高价值甲壳类，尤其是河蟹的新的稻田养殖技术快速发展，不仅增加了稻谷的产量，并额外增加了水产品的产量，而且可以降低农药和化肥的使用，降低稻田养殖的环境影响 (W. Wang, 2015)。

目前河蟹养殖仍存在很多突出的环境问题，例如河蟹养殖中投喂幼杂鱼仍然比较普遍，并由此引起了相关的渔业资源压力。尽管对投喂河蟹人工配合饲料替代幼杂鱼的提倡方兴未艾，目前仅有一半左右的河蟹养殖投喂人工配合饲料。经文献综述测算，2014 年河蟹养殖中投喂的饲料使用了 0.156mmt 鱼粉鱼油，同时投喂幼杂鱼约 0.50mmt，合计使用海洋渔业资源 0.96mmt，FIFO 约 1.72。

6.1.2. 淡水鲈鱼

鲈鱼是一大类鲈形目鱼类的统称，包括海水鲈鱼和淡水鲈鱼多个种类。淡水鲈鱼养殖主要品种为大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)，又称大口黑鲈鱼，原产美国，是一种淡水鱼类，属鲈形目(Perciformes)，鲈亚目(Percoidei)，太阳鱼科(Centrarchidae)，黑鲈属(*Micropterus*)，肉食性鱼类(吴 et al.，2016)。另外淡水中还有四腮鲈鱼、赤鲈、尖吻鲈、大眼狮鲈等种类在不同地区存在少量实验性或生产性的养殖。

由于淡水鲈鱼主要来自于养殖，其销售时以活鱼销售为主，符合群众消费习惯，其肉质有弹性，腥味不重，没有肌间刺，非常受到群众的喜爱。随着人们的生活水平日益提高，定位在中档水产品的鲈鱼养殖发展非常快。2015 年淡水鲈鱼产量为 0.35 mmt(农业部渔业渔政管理局, 2016)，是特种淡水养殖鱼类中的重要的种类。

大口黑鲈鱼的饵料来源极大地依赖于海洋捕捞的幼杂鱼，近年来虽然饲料工业努力推广鲈鱼饲料，但由于各种原因鲈鱼饲料仍然非常有限。经文献综述测算，2014 年鲈鱼养殖中投喂的饲料使用了 0.056mmt 鱼粉鱼油，同时投喂幼杂鱼约 0.66mmt，合计使用海洋渔业资源 0.83mmt，FIFO 约 3.34。

6.1.3. 大黄鱼

大黄鱼（*Larimichthys crocea*），硬骨鱼纲，鲈形目（Perciformes），石首鱼科（Sciaeni-dae），黄鱼属，又名黄鱼、大王鱼、大鲜、大黄花鱼、 红瓜、金龙、黄金龙、桂花黄鱼、大仲、红口、石首鱼、石头鱼、黄瓜鱼，为传统“四大海产”（大黄鱼、小黄鱼、带鱼、乌贼）之一，是中国近海主要经济鱼类。由于大黄鱼渔业资源严重枯竭，目前市场上销售的大黄鱼主要来自于人工养殖。大黄鱼的养殖目前有海水网箱、围网与土池等多种养殖模式，其中最为重要的是大黄鱼的近海网箱养殖。2015 年大黄鱼产量达 0.148mmt，是海水养殖鱼类产量最高的品种(农业部渔业渔政管理局, 2016)。经文献综述测算，2014 年大黄鱼养殖中投喂的饲料使用了 0.013mmt 鱼粉鱼油，同时投喂幼杂鱼约 0.44mmt，合计使用海

洋渔业资源 0.48mmt，FIFO 约 5.35。

6.2. 调研概况

6.2.1. 调研日期

本研究于 2016 年 12 月份至 2017 年 1 月份开展调研工作，共在野外调研 8 天，每天调研 3-21 家养殖场，平均每天调研 13 家养殖场。

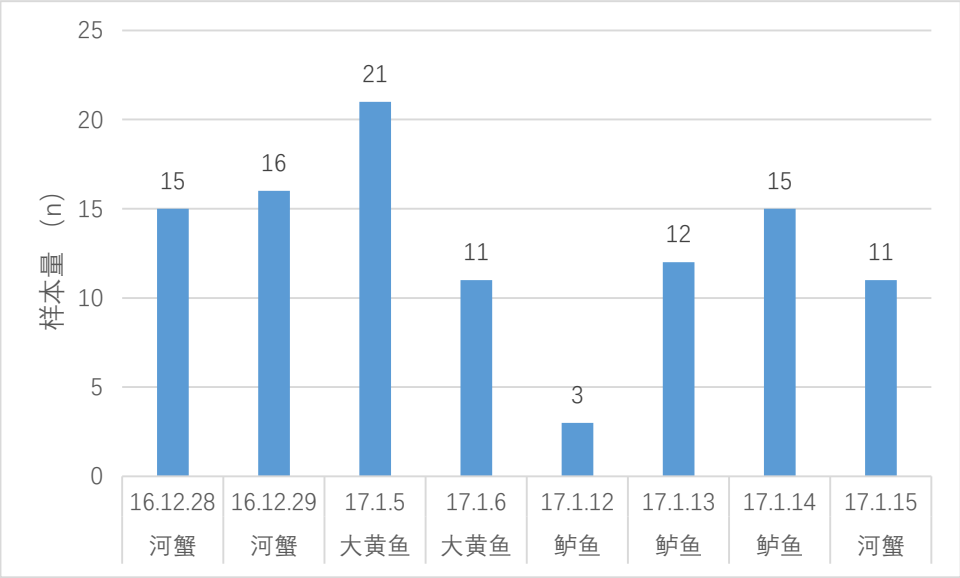


图 31 养殖场调研每日调研数目

6.2.2. 调研样本量

本次研究共调查了中华绒螯蟹、大黄鱼、大口黑鲈养殖场 104 家，其中中华绒螯蟹养殖场 42 家（40%）、大黄鱼养殖场 32 家（31%）、大口黑鲈养殖场 30 家（29%）。

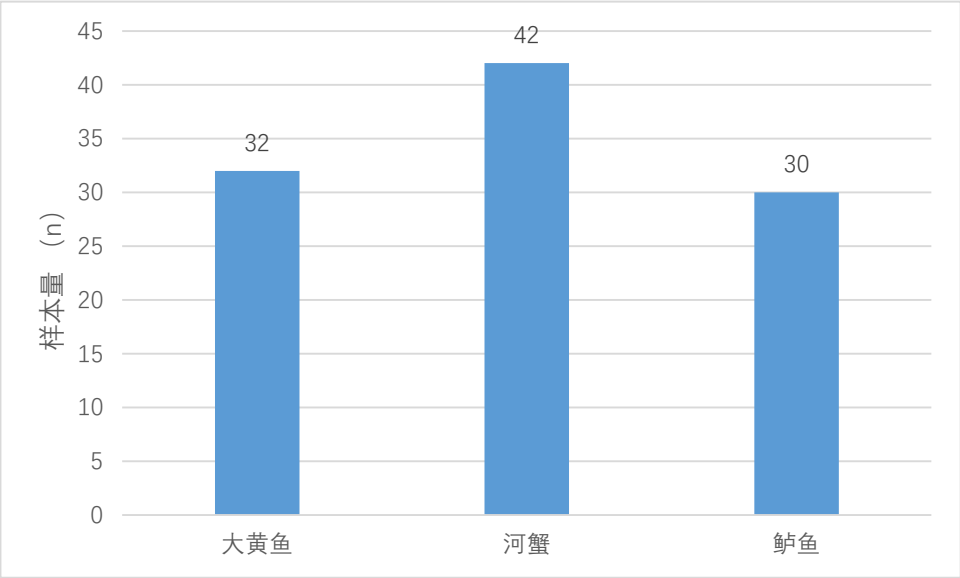


图 32 养殖场调研各品种样本量

6.2.3. 调研主要区域

调查研究了主要区域为中华绒螯蟹、大黄鱼、大口黑鲈主产区，包括了江苏省宿迁市泗洪县、江苏省泰州市兴化县和江苏省无锡市宜兴市（中华绒螯蟹）；福建省宁德市三都澳（大黄鱼）；浙江省湖州市南浔区和浙江省嘉兴市嘉善县（大口黑鲈）。

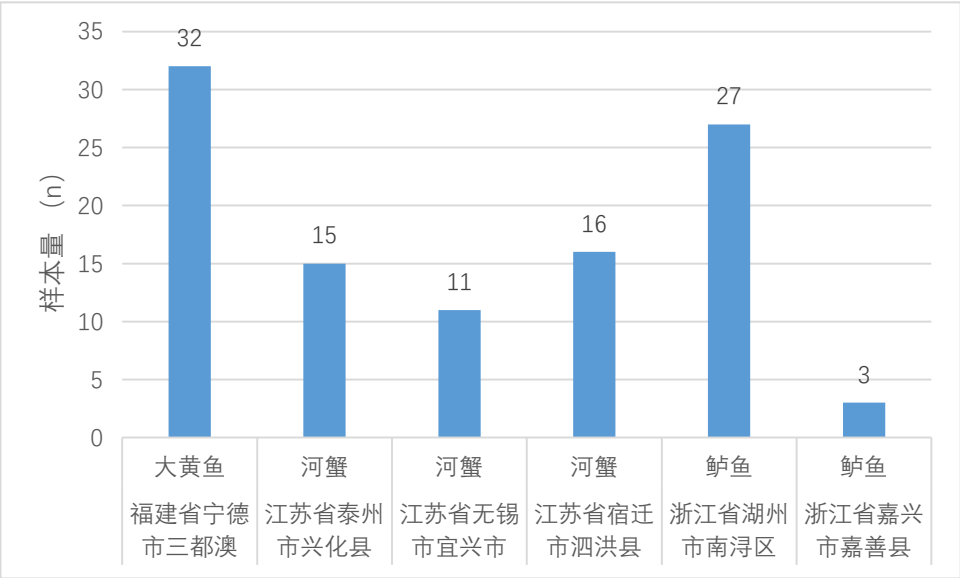


图 33：调研主要区域

表 10：调查养殖场数目与位置

养殖对象	调查区域	养殖场数目
中华绒螯蟹	江苏省宿迁市泗洪县	16
	江苏省泰州市兴化县	15
	江苏省无锡市宜兴市	11
大黄鱼	福建省宁德市三都澳	32
大口黑鲈	浙江省湖州市南浔区	27
	浙江省嘉兴市嘉善县	3

同时我们选定的区域具有随机性，保证了数据的客观性，具体的调查区域地点的选择由下列图表标示在 Google 卫星地图上。（附图 1、2、3、4、5、6）

6.3. 被调研人概况

6.3.1. 被调研人在养殖场角色

在调研的 104 家养殖场中，103 位，或 99%的被调研人为养殖场老板；1 位，或 1%的被调研人为养殖场老板亲属（如图 34）。当被调研人为养殖场老板时，被调研人对养殖场通常非常熟悉，能够获得更多的有效调研信息。养殖场老板占被调研人极高的比例，也反映了多

数养殖场为家庭式管理和小规模生产的性质，养殖场通常没有外聘的场长或工人。

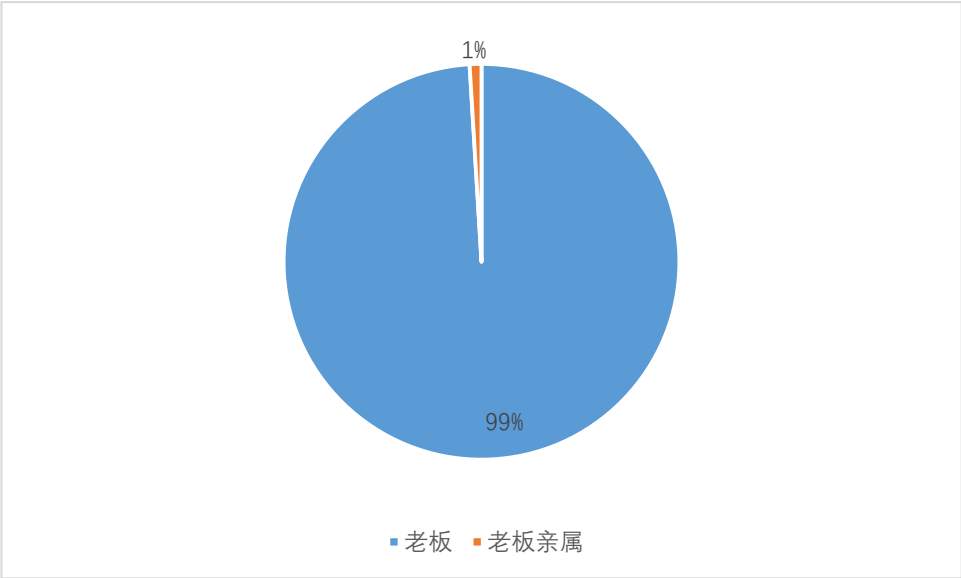


图 34：被调研人在养殖场角色

6.3.2. 被调研人性别

由于水产养殖生产需要较多的人力投入，其生产管理多以男性为主导进行。在调研的 104 家养殖场中，93 位，或 89.5%的被调研人为男性；11 位，或 10.5%的被调研人为女性。不同养殖品种被调研人的性别比例有较大差别，其中大黄鱼养殖被调研人女性占比最低，河蟹养殖被调研人女性占比最高（图 35）。这与各地的风俗习惯、生产劳动力投入强度、距离家的远近有关。

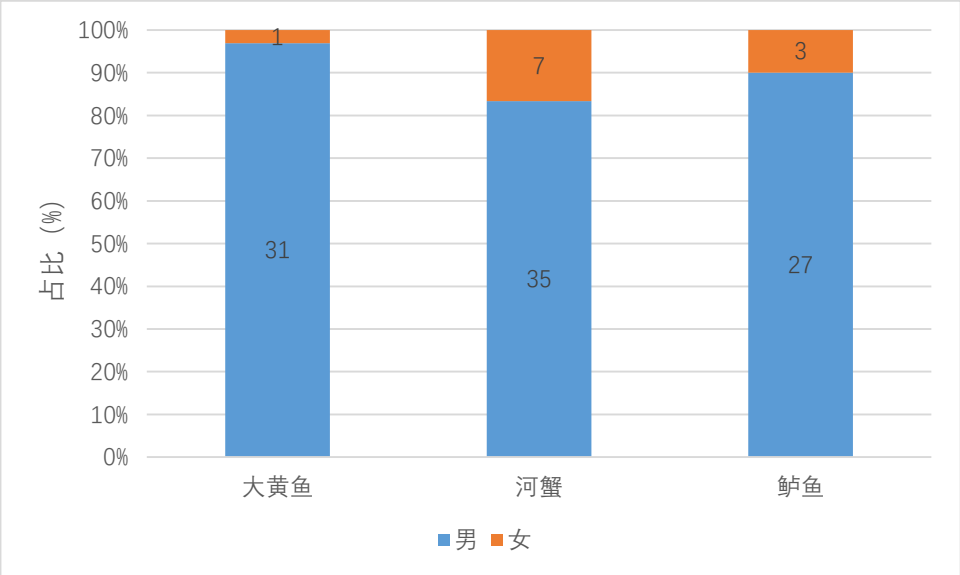


图 35：不同养殖对象养殖场被调研人性别比例

6.3.3. 被调研人年龄

调研发现，养殖户平均年龄为 51.74±11.19 岁（n=93）。养殖户年龄从 25 岁至 83 岁之间分布，超过一半的养殖户年龄在 50 岁-70 岁之间。其中 25-41 岁的占 19.5%，41-50 岁的占 22.2%，51-60 岁占 34.7%，60 岁以上占 23.6%。所有的不同的品种年龄分布略有差异，其中大黄鱼养殖户更年轻些，在 25-41 岁区间的占比超过 30%，在 60 岁以上区间的在 12%左右，而河蟹和大口黑鲈养殖户在 25-41 岁区间的占比只在 10%左右，在 60 岁以上区间的在 24%左右（图 36）。

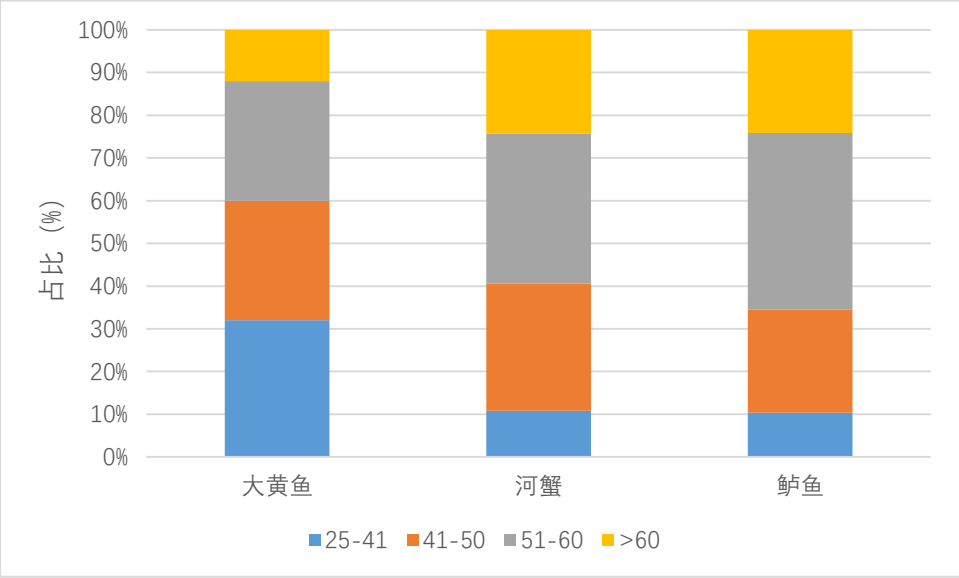


图 36：37 家养殖者的年龄

6.3.4. 被调研人受教育程度

调研发现，养殖户受教育程度普遍不高，80%的养殖户受教育程度在初中或以下水平。其中文盲占 5.6%，小学 38.9%，初中 36.1%，高中 11.1%，大中专 8.3%。大黄鱼养殖户在更年轻的同时受教育程度更高一些，有 20%养殖户受教育程度为大中专，高于河蟹和大口黑鲈养殖户受教育水平（图 37）。

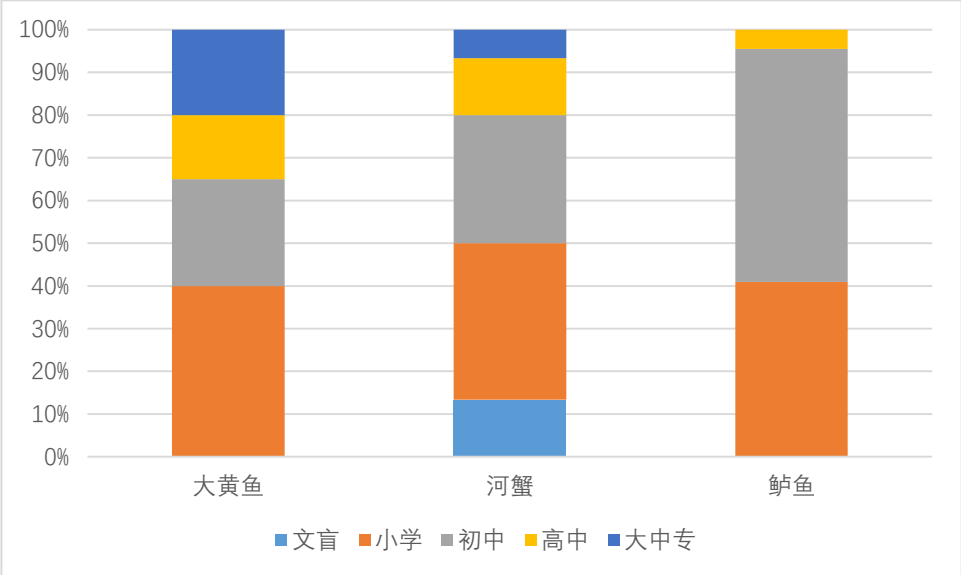


图 37：被调研人受教育程度

受教育水平与年龄相关联，大中专文化水平集中在 25-41 岁区间，这也说明了大黄鱼养殖户在更年轻的同时，受教育水平也更高。

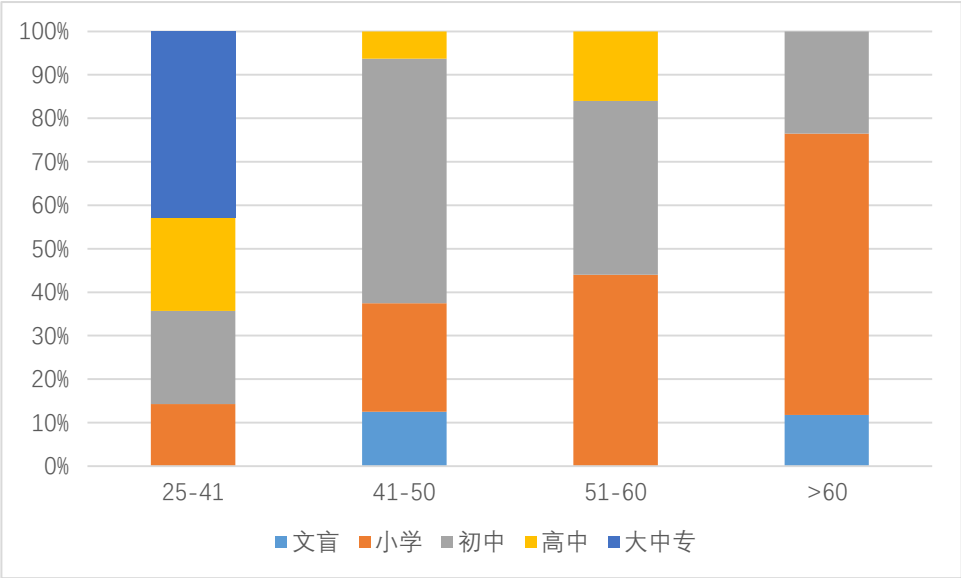


图 38：被调研人年龄与受教育程度关系

6.3.5. 被调研人从业年限

调研发现，被调研人从事水产养殖年限为 17.23±9.87 年（n=84）。绝大多数（90%）养殖户从业年限在 3-30 年之间，其中 3-10 年占比 22.6%，11-20 年为 46.4%，21-30 年占 20.2%。小于 3 年的和超过 30 年的从业人员较少，分别占 5.9%和 4.8%。相比而言，大黄鱼养殖户从业年限集中在 11-20 年区间，河蟹养殖户更多在 3-10 年，大口黑鲈养殖户在 11-20 年区间也较多（图 39）。这与不同品种养殖发展相关，大黄鱼在 19 世纪 90 年代后期大量发展，而

河蟹在近 10 年才快速发展。

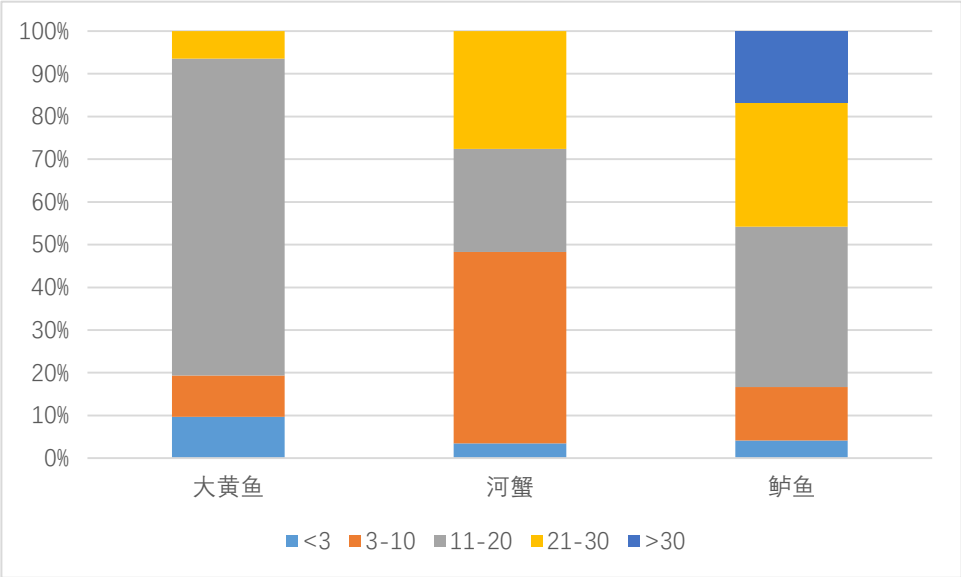


图 39：被调研人从业年限

6.4. 调研养殖场概况

6.4.1. 水域类型

本次调研的中华绒螯蟹、大黄鱼、大口黑鲈三个养殖品种养殖水域有着较大的差别。中华绒螯蟹全部为淡水池塘养殖，部分池塘为原有湖泊水域经围梗建设蓄水而成，大部分在原有稻田面积开挖而成。大黄鱼全部都是近海海水网箱养殖，大部分处于风浪较小的海湾内。大口黑鲈全部为淡水池塘养殖，且全部为原有稻田面积开挖而成。原有稻田都建有功能完善的灌溉和防洪系统，改造为养殖池塘后仍有着良好的进排水系统，便于养殖生产的开展。

6.4.2. 当前用途

超过 71%的调研对象以成鱼（蟹）养殖为主，兼顾鱼（蟹）种培育的占 25%，另有约 4%的养殖场专门培育鱼（蟹）种。有超过 60%的大口黑鲈养殖场在养殖成鱼同时兼养鱼种，而大多数的大黄鱼和河蟹养殖场以成鱼（蟹）养殖为主（图 40）。

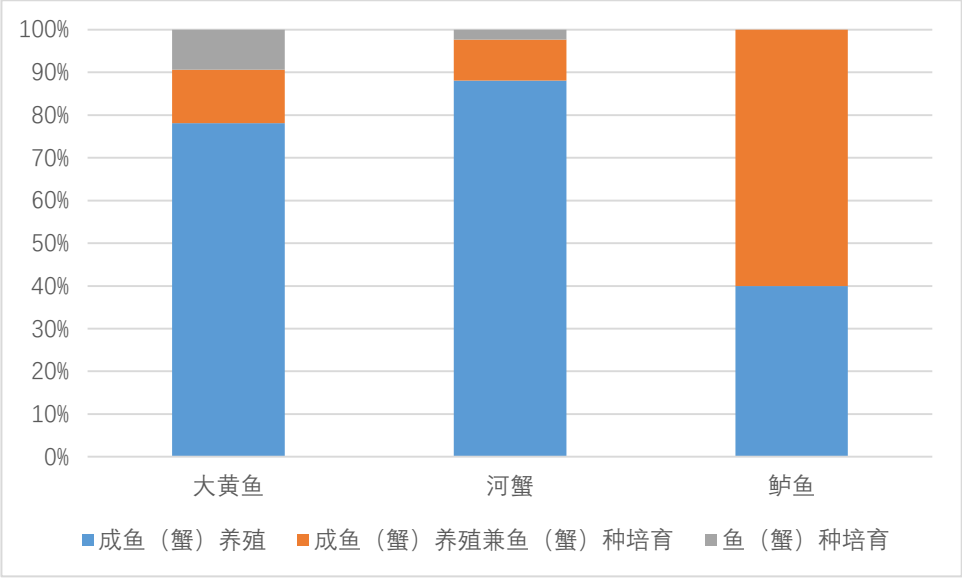


图 40：调研养殖场当前用途

6.4.3. 养殖场建设年限

调研发现，以 2016 年为基准年，被调研养殖场建成使用年限为 15.97±7.03 年(n=72)。绝大多数（95%）养殖场建设在 3 年之前，其中 3-10 年前的占 50%，11-20 年的占 18%，21-30 年占 28%，只有 4%的养殖场在近 3 年建成。相比而言，大黄鱼养殖场建成时间中在 11-20 年区间，河蟹养殖场更多在 3-10 年，大口黑鲈养殖场在 11-20 年区间也较多（图 41）。这一趋势与被调查人从业年限密切相关，但与河蟹和大口黑鲈养殖有 3 年以内进入的从业人员不同，养殖场建设时间都在 3 年以上，这表明近 3 年有养殖场被转手到新进入的养殖户中。同时与大口黑鲈养殖有超过 30 年的从业人员不同，没有建成超过 30 年的养殖场，这表明大多数早期建设的养殖场在 30 年内都经历过某种形式的重新建设。

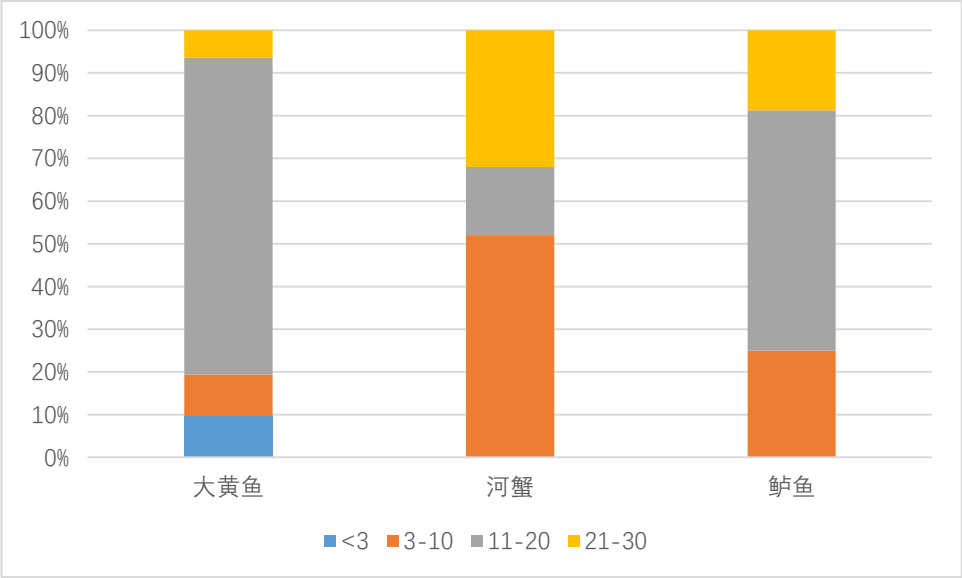


图 41：养殖场建设年限

6.4.4. 土地产权关系与租金

大多数的养殖场（78%）所使用的土地或水域都是从当地政府或个人手中租用的， 18%的养殖场所使用的土地或水域为买断，即较长一段时期（通常 20 年或更久）的租金一次付清，另有 4%的养殖场所使用的土地或水域为自有，即其使用土地或水域为自留地或类似土地，不需要付租金。超过半数的大黄鱼养殖场所使用的土地或水域为买断，约 9%的河蟹养殖场所使用的土地或水域为自有，而所有的大口黑鲈养殖场所使用的土地都是租用的（图 42）。调研时发现，在大口黑鲈养殖区域，土地（池塘）使用权每年由当地村委会进行一次拍卖。

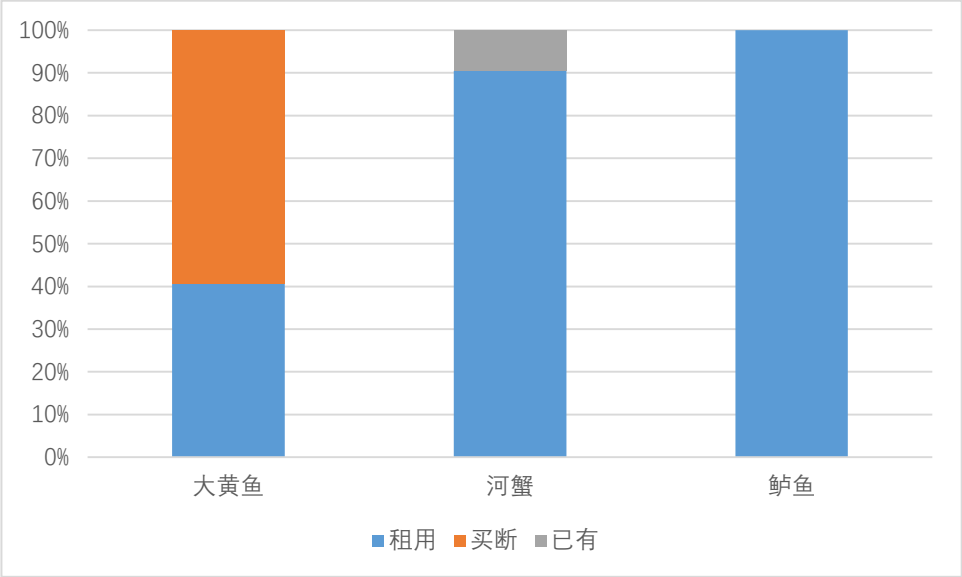


图 42：土地产权关系

每亩或每个网箱租金均值为 880.06±758.53 元。不同品种租金差别较大。由于多数大黄鱼养殖场已经把海域使用权买断，故大黄鱼养殖场平均每个网箱海域使用租金较低，在 64.71±108.53 元。河蟹养殖租金为 968.57±482.52 元，大口黑鲈养殖租金最高，为 1679.14±568.30 元（图 43）。

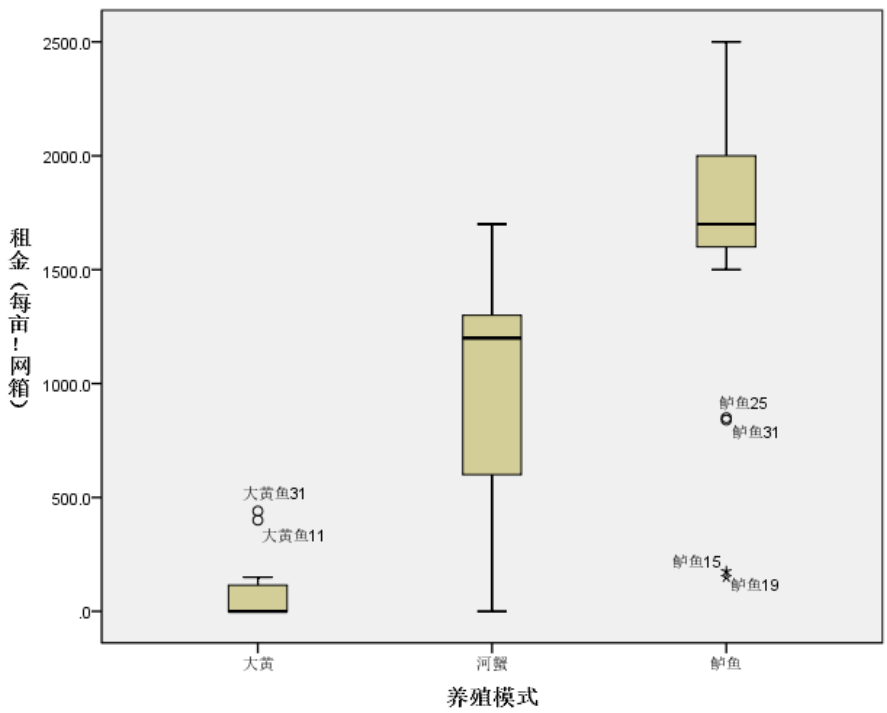


图 43：不同养殖品种土地或海域使用租金（单位：元/亩或网箱）

6.4.5. 池塘（网箱）数目和水域面积（体积）

大黄鱼养殖场平均有 156.63±179.29 个网箱（n=32），平均每个养殖场网箱体积为 14402.48±13724.17m^3（n=32），单个网箱体积平均为 97.19±25.51m^3（n=32）。

河蟹养殖场平均有 3.50±5.73 个池塘（n=41），平均每个养殖场面积为 6.61±1.82ha（n=41），单个池塘面积为 1.82±1.09ha（n=41）。

大口黑鲈养殖场平均有 3.16±1.10 个池塘（n=30），平均每个养殖场面积为 1.37±0.73ha（n=30），单个池塘面积为 0.44±0.17 ha（n=30）。

6.4.6. 管理方式

绝大多数养殖场（97%）都是以家庭为单位组织生产，只有 3 家（3%）养殖场以公司形式进行生产管理，在这三家中，大黄鱼、河蟹和大口黑鲈养殖各有 1 家（图 44）。

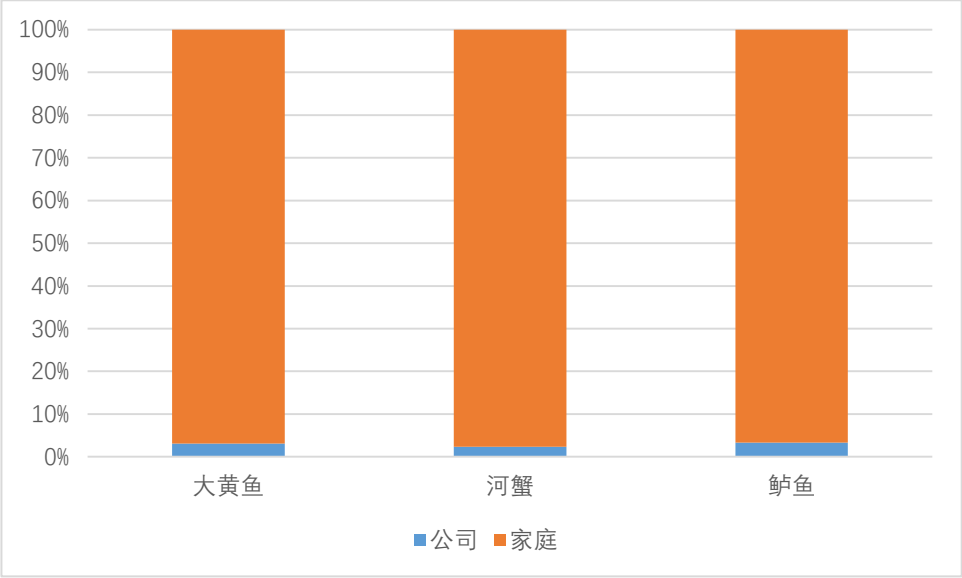


图 44：养殖场管理方式

6.4.7. 食品安全认证

中国水产养殖产品的食品安全认证类型包括无公害水产品、绿色食品、有机食品等。本次调研发现绝大多数养殖场都没有获得相关认证，只有一家规模较大的养殖场获得了无公害认证。这与当前水产养殖行业仍以小规模家庭式生产为主有关。

6.5. 养殖生产

6.5.1. 大黄鱼养殖生产

调研发现，大黄鱼养殖密度为 17177.9±54701.34 尾/网箱（n=29），养殖成活率为 49.00±17.83%（n=19），平均每个养殖场大黄鱼产量为 98.16±115.61 吨（n=30），总产值为 263.82±373.34 万元（n=27），平均每个网箱生产大黄鱼 689.33±405.55kg/网箱（n=30），其平均捕捞规格为 272.50±104.78g（n=20），其平均上市价格为 26.81±3.48 元/kg（n=29）。

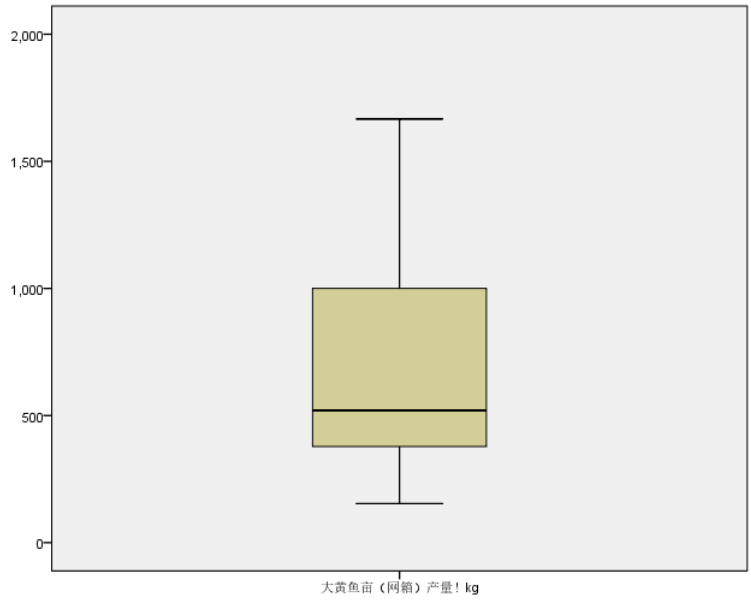


图 45：大黄鱼每网箱产量箱图，中位数 520（kg）

6.5.2. 河蟹养殖生产

调研发现，河蟹养殖池塘通常混养有青虾、鳜鱼等养殖对象。调查发现，有 65%的河蟹养殖场混养青虾，有 50%的河蟹养殖场混养鳜鱼。另外有 2 家混养了小龙虾，1 家混养了黄颡鱼。平均每个养殖场包括河蟹、青虾、鳜鱼在内的所有水产品总产量为 10.35±32.92 吨（n=42），平均每公顷生产水产品 1375.05±496.92 kg/ha（n=41）。

河蟹养殖密度为 24543.00±9731.63 只/ha （n=40），养殖成活率为 53.46±18.21%（n=26），其中每个养殖场河蟹产量为 7.92±24.2 吨（n=40），河蟹产值为 56.28 ±190.96 万元（n=35），平均每公顷生产河蟹 1165.27±459.08 kg/ha（n=40）,其平均捕捞规格为 120.09±18.57 g（n=29）,其平均上市价格为 50.55±19.13 元/kg（n=36）。

平均每个养殖场青虾总产量为 1.45±4.99 吨（n=27），青虾总产值 15.27±57.25 万元（n=27），平均每公顷青虾产量 173.05±501.48 kg/ha（n=21）,青虾平均价格 54.14±14.83 元/kg（n=21）。平均每个养殖场鳜鱼总产量 0.39±1.07 吨（n=20），鳜鱼总产值 1.88±5.20 万元（n=22）,平均每公顷鳜鱼产量 45.29±31.94kg（n=21）,鳜鱼平均价格 48.00±4.96 元/kg（n=19）。

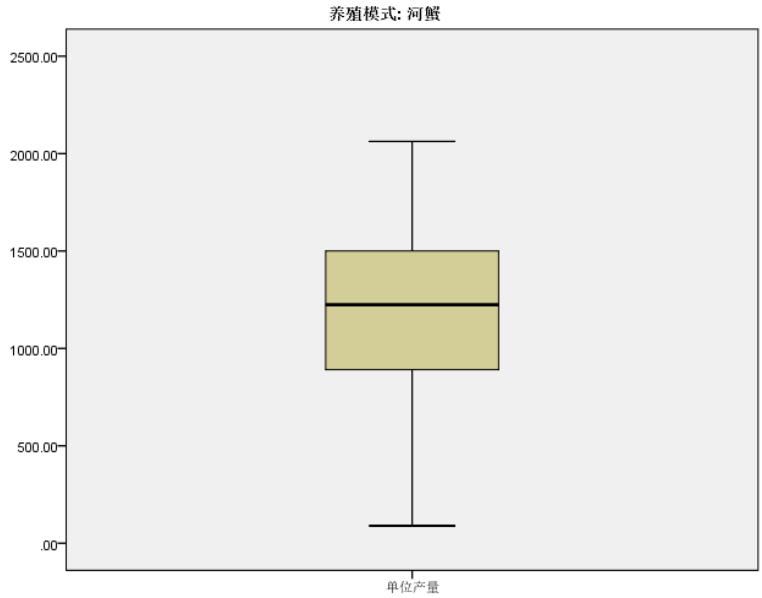


图 46：河蟹养殖每公顷产量箱图，中位数 1224.39（kg）

6.5.3. 大口黑鲈养殖生产

调研发现，大口黑鲈养殖多为混养。有 85%的大口黑鲈养殖场混养花白鲢，78.6%的大口黑鲈养殖场混养有鲫鱼。平均每个养殖场包括大口黑鲈、鲫鱼、花白鲢在内的水产品产量为 14.49±6.69 吨（n=30），平均单位面积生产水产品 11155.2±3426.07 kg/ha（n=30）。

大口黑鲈养殖密度为 32736.9±4262.85 尾/ha（n=26），养殖成活率为 78.94±22.17%（n=17），平均每个养殖场大口黑鲈产量为 14.16±6.62 吨（n=30），大口黑鲈产值为 32.56±22.05 万元（n=27），平均单位面积生产大口黑鲈 10895.79±3453.17kg/ha（n=30）,其平均捕捞规格为 439.77±99 g（n=22）,其平均上市价格为 21.55±5.28 元/kg（n=28）。

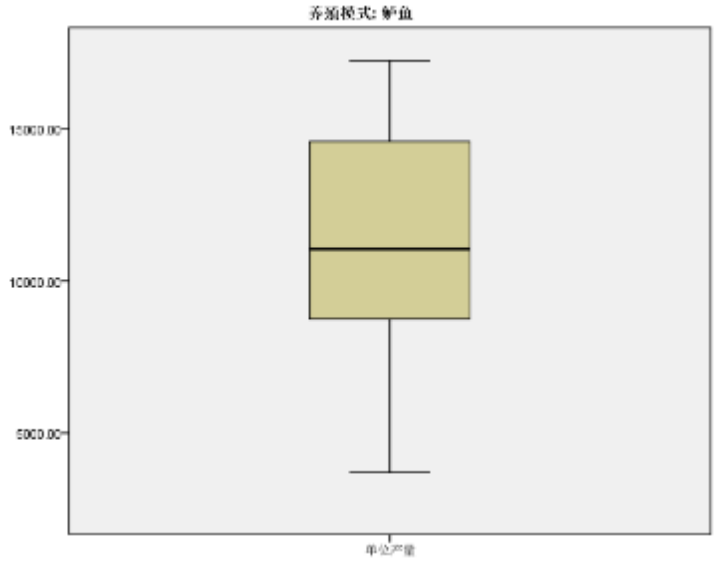


图 47：大口黑鲈每公顷产量箱图，中位数 11054（kg）

6.6. 饵料投入

6.6.1. 大黄鱼饵料投入

调研发现，大黄鱼饵料投入包括幼杂鱼、幼鱼饲料和成鱼饲料。绝大多数大黄鱼养殖场（97%）都投喂幼杂鱼作为饵料，约 87%投喂幼鱼专用人工配合饲料，而只有 10%投喂成鱼专用人工配合饲料。大黄鱼投喂幼杂鱼平均每网箱 4062.14±2043.46 kg（n=29），平均每个养殖场投喂幼杂鱼 465.95±461.27 吨（n=30），花费成本 142.07±150.22 万元（n=30）。幼杂鱼平均价格 2968.97±434.33 元/吨（n=29）。

大黄鱼投喂成鱼饲料较少，只有 10%养殖场投喂成鱼饲料。在全部调研养殖场中，平均每个网箱投喂大黄鱼成鱼饲料 16.30±60.29 kg（n=30），平均每个养殖场投喂大黄鱼成鱼饲料 10.85 ±54.71 吨（n=30），花费成本 0.86±3.29 万元（n=29）。大黄鱼成鱼饲料价格为 9750 元/吨（n=2）

大黄鱼投喂幼鱼饲料较普遍，有 87%养殖场投喂幼鱼饲料。在全部调研养殖场中，平均每个网箱投喂大黄鱼幼鱼饲料 48.14±57.79kg（n=28），平均每个养殖场投喂大黄鱼幼鱼饲料 6.05±7.67 吨（n=28），花费成本 6.01±7.73 万元（n=28）。大黄鱼幼鱼饲料价格为 10482±2188.6 元/吨（n=25），粗蛋白含量 44±2.87%（n=9）。

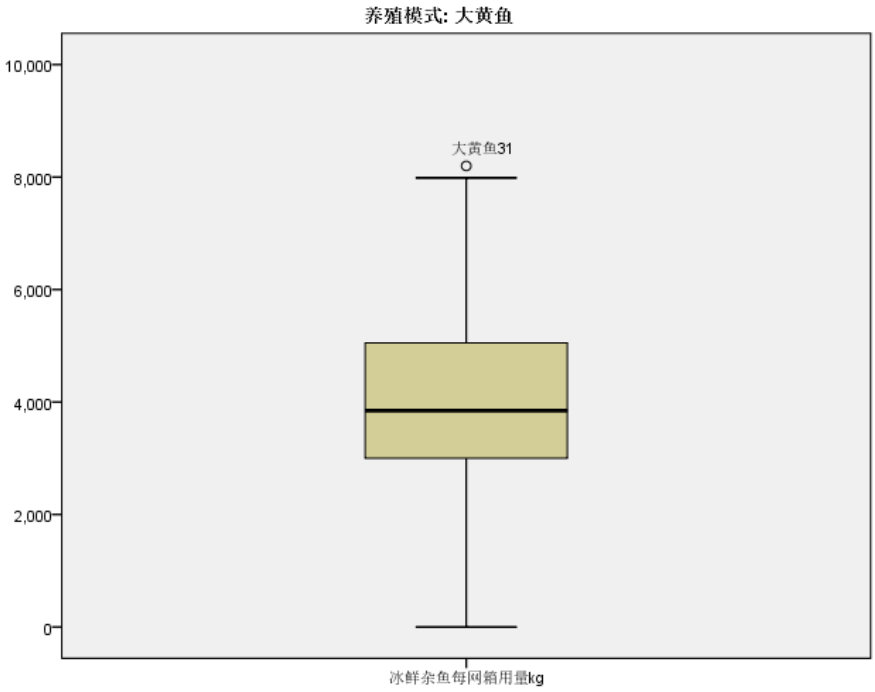


图 48：大黄鱼每网箱投入幼杂鱼量箱图，中位数 3846（kg）

6.6.2. 河蟹饲料投入

调研发现，河蟹饵料投入包括幼杂鱼、成蟹饲料、淡水螺和玉米等。所有的河蟹养殖场都投喂成蟹饲料，大多数河蟹养殖场（80%）同时投喂冷冻或冰鲜的幼杂鱼作为饵料，约 32%投喂淡水螺作为饵料，由于淡水螺是滤食动物，投喂淡水螺可同时起到水质净化作用，有 95%养殖户投喂玉米。

所有的河蟹养殖场都投喂成蟹饲料。在全部调研养殖场中，平均每公顷投喂河蟹成蟹饲料 2664.22±1414.34 kg/ha（n=40），平均每个养殖场投喂河蟹成蟹饲料 29.75 ±126.83 吨（n=39），花费成本 20.12 ±86.92 万元（n=39）。河蟹成鱼饲料价格为 6573.51±1013.23 元/吨（n=39），平均粗蛋白含量 36.8±2.64（n=30）。

大多数河蟹养殖场（80%）同时投喂冷冻或冰鲜的幼杂鱼作为饵料。**调研还发现，在部分地区（江苏泗洪县）河蟹养殖投喂的幼杂鱼大部分（80.76%）都是当地湖泊（洪泽湖）捕捞的淡水小型低值鱼类，只有 19.24%的幼杂鱼为海水捕捞。**淡水幼杂鱼通常以冰鲜形式运输到河蟹养殖场进行投喂，而海水幼杂鱼通常以条块冷冻后整块运输和储藏。

每公顷河蟹投喂幼杂鱼平均 2388.39±3277.02 kg/ha（n=40），平均每个养殖场投喂幼杂鱼 15.41±47.58 吨（n=40），花费成本 5.63±15.76 万元（n=40）。**对所有的养殖场投喂幼杂鱼汇总后发现，在全部投喂的幼杂鱼中，有 87.73%的为海水捕捞幼杂鱼，有 12.27%的为淡水幼杂鱼。**幼杂鱼平均价格 4139.62±705.24 元/吨（n=24）。

约 32%投喂淡水螺作为饵料。河蟹投喂淡水螺平均 2723.40±2859.79 kg/ha（n=38），平均每个养殖场投喂淡水螺 14.28±30.32 吨（n=37），花费成本 2.66±4.99 万元（n=37）。淡水螺平均价格 1851.21±315.28 元/吨（n=19）。

大多数河蟹养殖场（95%）投喂玉米作为饵料。河蟹投喂玉米平均 713.37±793.72 kg/ha（n=38），平均每个养殖场投喂玉米 5.47±17.36 吨（n=38），花费成本 1.17±3.76 万元（n=38）。玉米平均价格 2099.03±315.11 元/吨（n=30）。

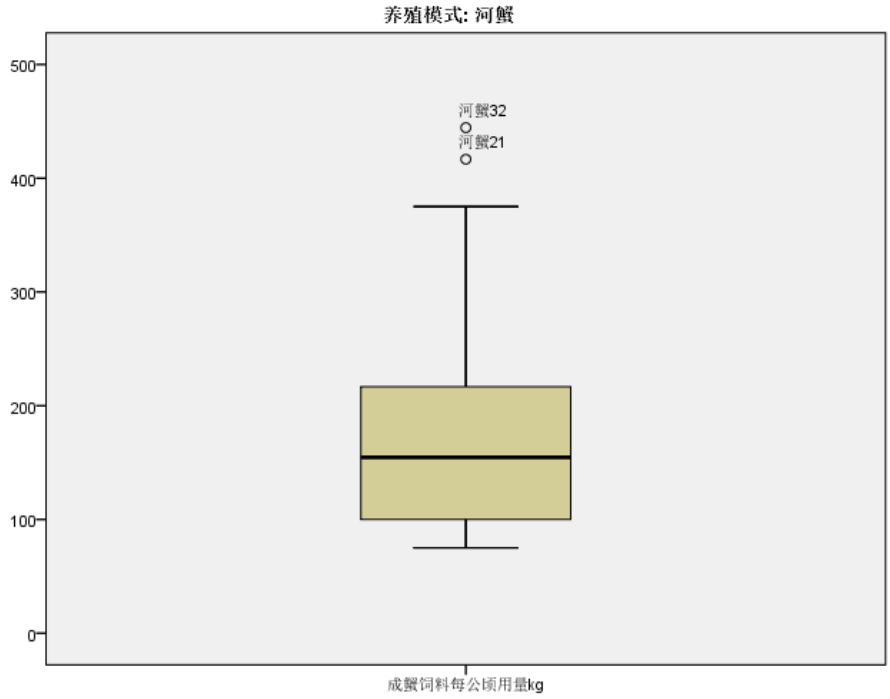


图 49：河蟹养殖每公顷投入饲料量箱图，中位数 154.5（kg）

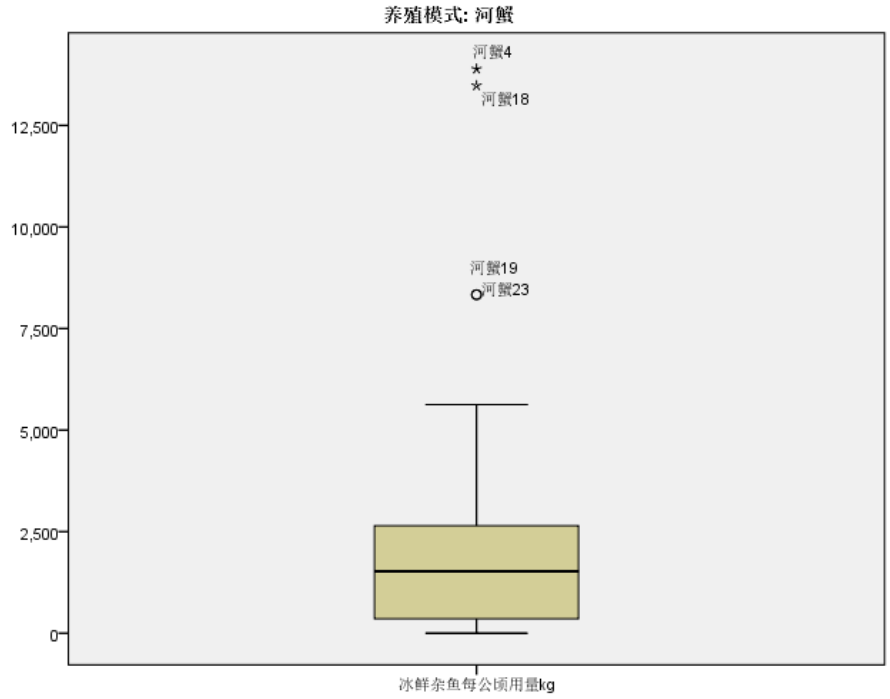


图 50：河蟹养殖每公顷投入幼杂鱼量箱图，中位数 1523（kg）

6.6.3. 大口黑鲈饲料投入

调研发现，大口黑鲈饵料投入包括幼杂鱼和大口黑鲈饲料。有 17%的养殖场投喂大口黑鲈饲料，而有 90%的养殖户投喂幼杂鱼作为饵料。有 7%的养殖户同时投喂大口黑鲈饲料和

幼杂鱼。

有 17%的养殖场投喂大口黑鲈饲料。在全部调研养殖场中，平均每公顷投喂大口黑鲈饲料 1827.40 ±4531.81 kg/ha（n=30），平均每个养殖场投喂大口黑鲈饲料 1.92 ±5.09 吨（n=39），花费成本 1.99±4.99 万元（n=30）。大口黑鲈饲料价格为 11187.5±2014.27 元/吨（n=4），平均粗蛋白含量 43.8±2.28（n=4）。

大多数大口黑鲈养殖场（90%）投喂幼杂鱼作为饵料。每公顷大口黑鲈投喂幼杂鱼平均 43868.11 ±24046.28 kg/ha（n=30），平均每个养殖场投喂幼杂鱼 58.98±37.11 吨（n=30），花费成本 20.86 ±13.49 万元（n=30）。幼杂鱼平均价格 3541.92±352.04 元/吨（n=25）。

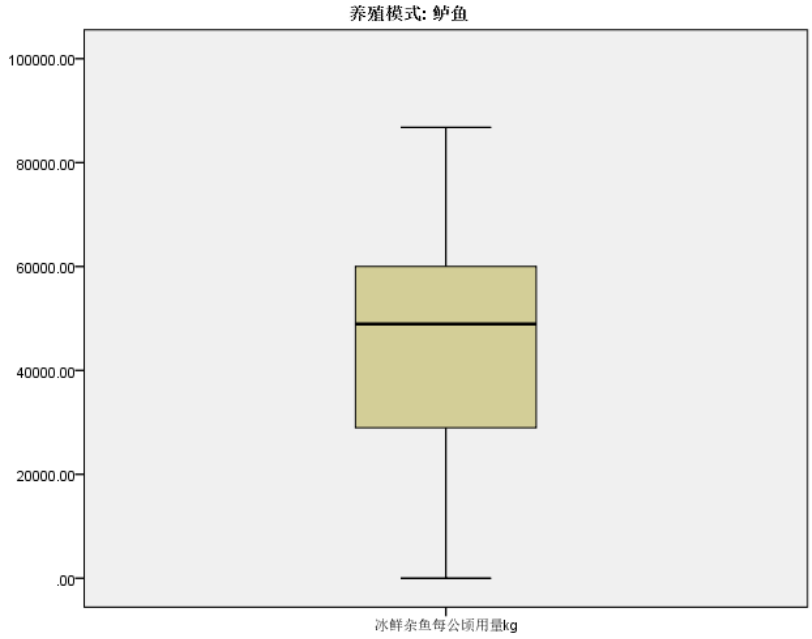


图 51：大口黑鲈养殖每公顷投入幼杂鱼量箱图，中位数 48950（kg）

6.7. 饵料效率

6.7.1. 大黄鱼饵料效率

调研发现，绝大多数大黄鱼养殖场（97%）都投喂幼杂鱼作为饵料，约 87%投喂幼鱼饲料，而只有 10%投喂成鱼饲料。不投喂幼杂鱼的只有 1 家，其人工配合饲料饵料系数为 0.73。全部投喂幼杂鱼的有 6 家，其幼杂鱼饵料系数为 7.91±4.08（n=6）。有 23 家同时投喂饲料和幼杂鱼，其饲料饵料系数 0.11±0.11（n=23），幼杂鱼饵料系数为 7.06±2.27（n=23）。

综合而言，所有的调研的大黄鱼养殖场，平均人工配合饲料饵料系数 0.11±0.16（n=30），平均幼杂鱼饵料系数为 7.00±2.94（n=30）。即每生产 1kg 大黄鱼，需要投喂 0.11kg 人工配合饲料，及 7.00kg 幼杂鱼。

不同的养殖模式饵料系数有所差别（表 11）。

表 11：不同养殖模式大黄鱼饵料效率

养殖模式	人工配合饲料饵料系数	幼杂鱼饵料系数
全部饲料	0.73±.（n=1）	N.A.
全部幼杂鱼	N.A	7.91±4.08（n=6）
饲料+杂鱼	0.11±0.11（n=23）	7.06±2.27（n=23）
综合	**0.11±0.16（n=30）**	**7.00±2.94（n=30）**

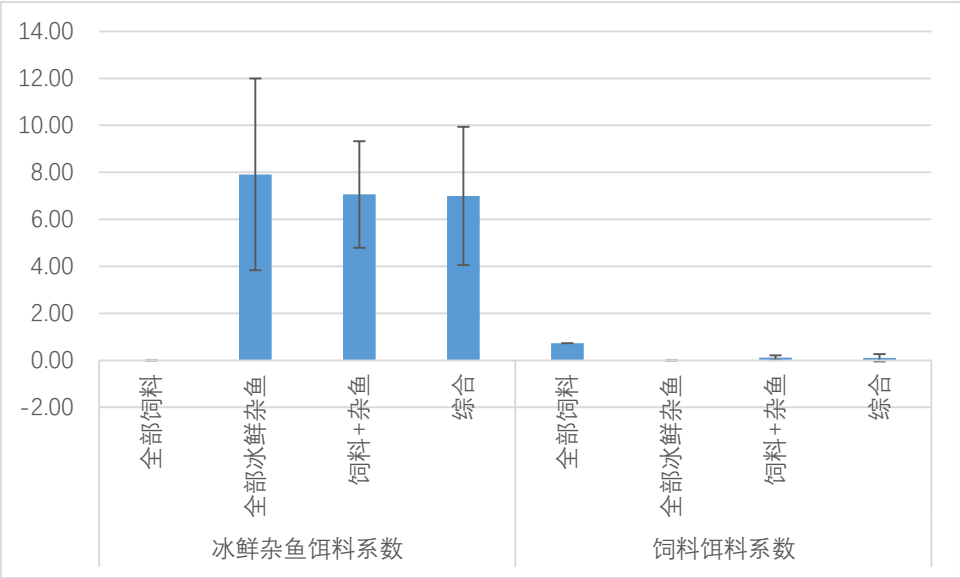


图 52：不同养殖模式大黄鱼饵料效率

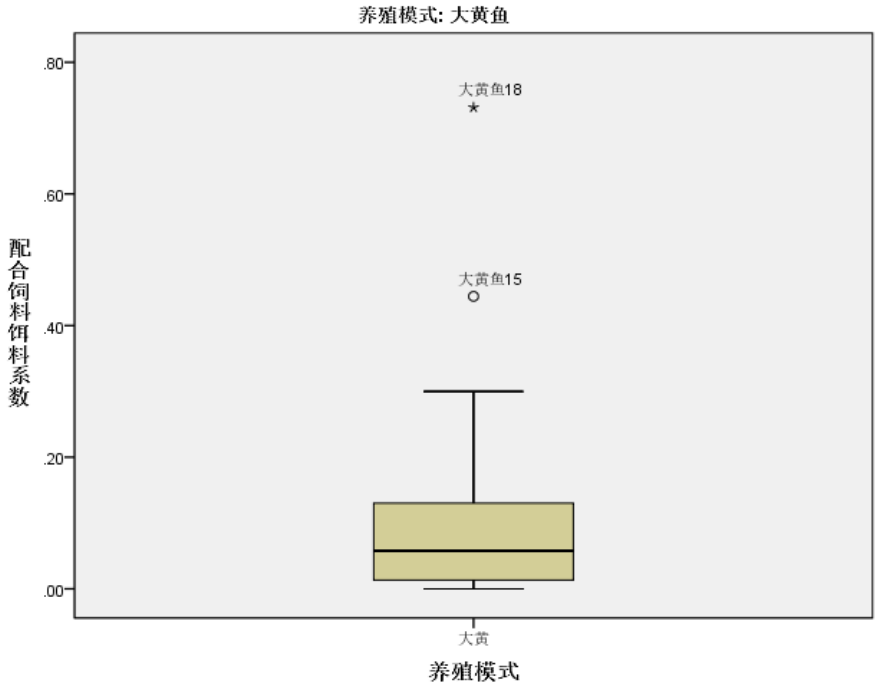


图 53：大黄鱼人工配合饲料饵料系数（中位数：0.0577）

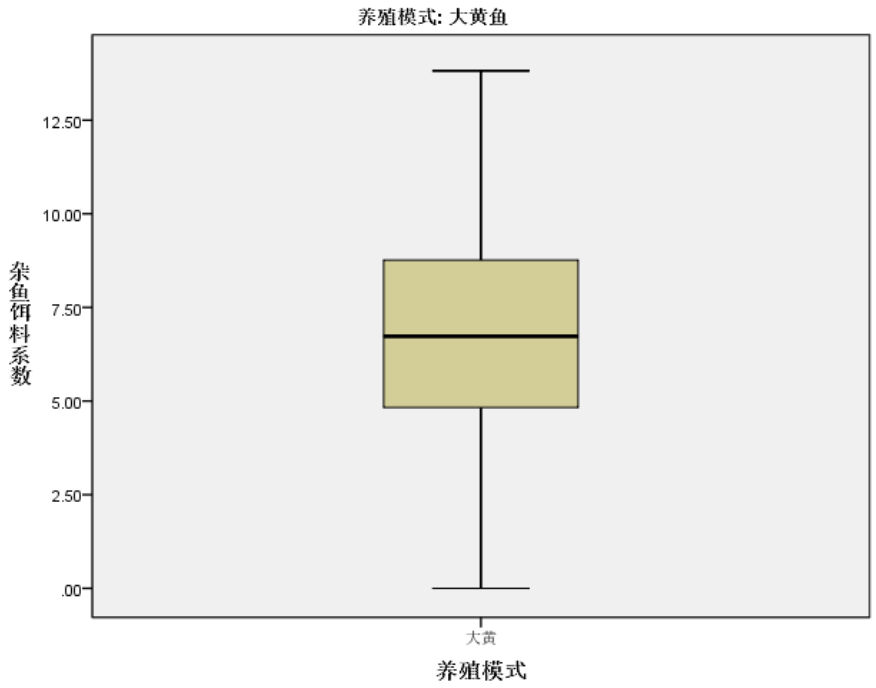


图 54：大黄鱼幼杂鱼饵料系数（中位数：6.7286）

6.7.2. 河蟹饵料效率

调研发现，河蟹饵料投入包括幼杂鱼、成蟹饲料、淡水螺和玉米等精饲料。如果仅仅将

主养品种河蟹计入最终产量，而不考虑混养品种时，人工配合饲料饵料系数为 3.42±6.32（n=40.00），幼杂鱼饵料系数 2.48±3.41（n=40.00），淡水螺饵料系数 2.02±2.00（n=32）玉米等精饲料饵料系数 0.67±0.88（n=32）。

在计入所有混养品种为最终产量时，饵料系数大幅度降低，这与河蟹养殖密度和单位面积产量较低，同时又混养较多的其他养殖品种有关。此时人工配合饲料饵料系数 2.03±1.20（n=40），幼杂鱼饵料系数 1.88±2.65（n=40），淡水螺饵料系数 1.86±2.34（n=40），玉米等精饲料饵料系数 0.61±0.80（n=40）。

相比而言，将所有混养品种一起计算饵料系数较为合理，并被用在很多水产养殖研究中(Chiu et al., 2013)。故可采纳后一饵料系数，即每生产 1kg 河蟹，需要投入 2.03kg 人工配合饲料、1.88kg 幼杂鱼、1.86kg 淡水螺以及 0.61kg 玉米等精饲料。

不同的养殖模式饵料系数有所差别（表 12）。

表 12：不同饵料系数计算方法及不同养殖模式河蟹养殖饵料效率

	养殖模式	人工配合饲料饵料系数	幼杂鱼饵料系数	淡水螺饵料系数	玉米等精饲料饵料系数
仅河蟹	全部饲料	2.33 ± 0.99（n=8）	N.A.	2.25 ± 6.38（n=8）	0.47 ± 0.41（n=8）
	饲料+杂鱼	3.69 ± 7.05（n=32）	3.10 ± 3.56（n=32）	2.62 ± 3.21（n=32）	1.32 ± 2.96（n=32）
	综合	**3.42 ± 6.32（n=40）**	**2.48 ± 3.41（n=40）**	**2.55 ± 3.94（n=40）**	**1.15 ± 2.66（n=40）**
所有水产品	全部饲料	1.98 ± 0.93（n=8）	N.A.	1.24 ± 3.51（n=8）	0.37 ± 0.31（n=8）
	饲料+杂鱼	2.05 ± 1.27（n=32）	2.35 ± 2.77（n=32）	2.02 ± 2.00（n=32）	0.67 ± 0.88（n=32）
	综合	**2.03 ± 1.20（n=40）**	**1.88 ± 2.65（n=40）**	**1.86 ± 2.34（n=40）**	**0.61 ± 0.80（n=40）**

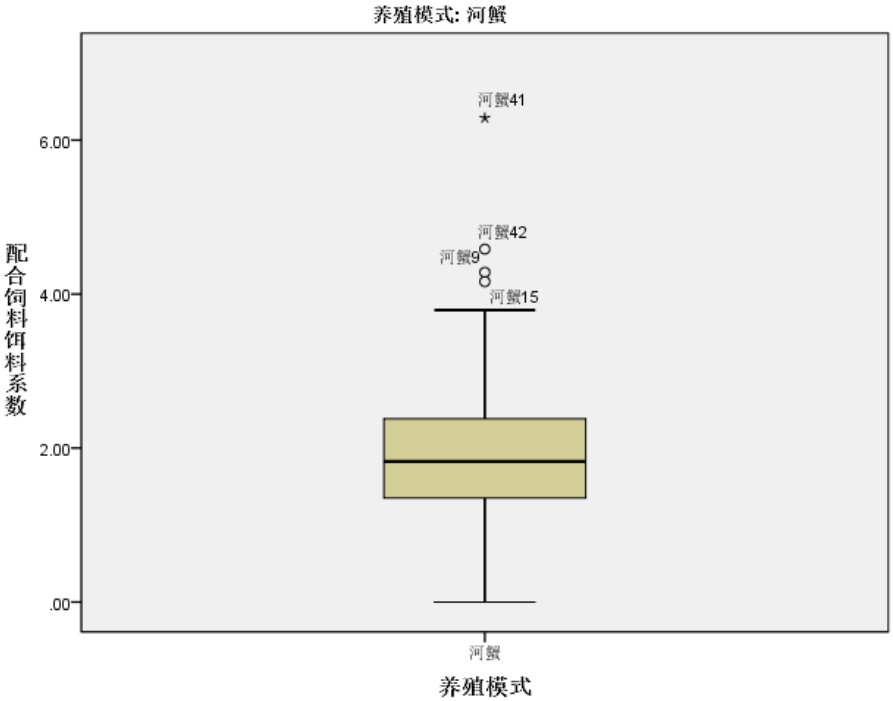


图 55：河蟹人工配合饲料饵料系数（中位数：1.8264）

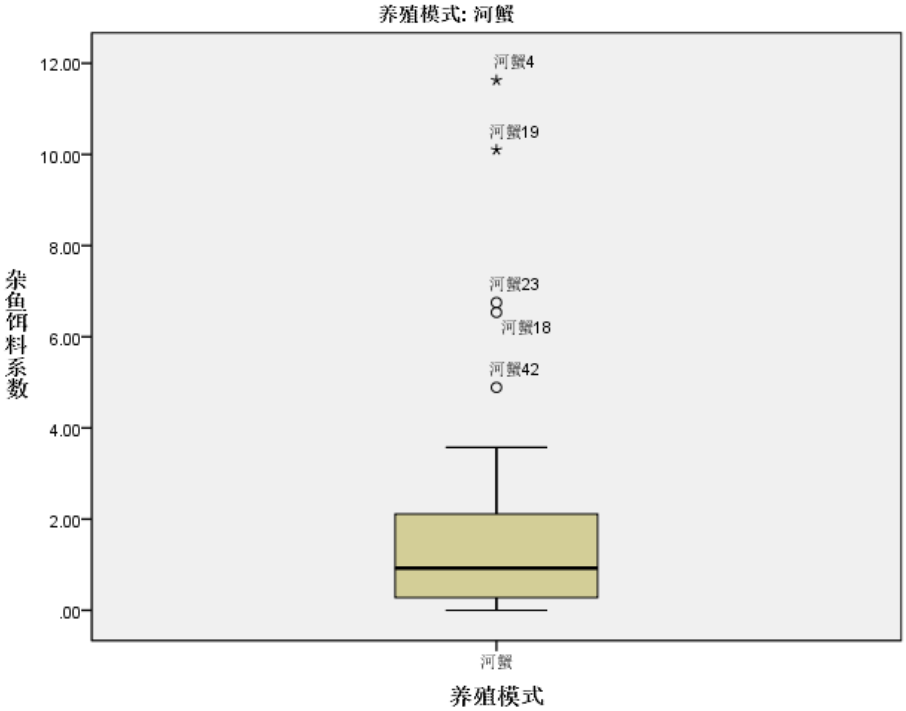


图 56：河蟹幼杂鱼饵料系数（中位数：0.9242）

6.7.3. 大口黑鲈饵料效率

大口黑鲈饵料投入包括幼杂鱼和大口黑鲈饲料。如果仅仅将主养品种大口黑鲈计入最

终产量，而不考虑混养品种时，人工配合饲料饵料系数为 0.20±0.45（n=30），幼杂鱼饵料系数 4.05±1.89（n=30）。在计入所有混养品种为最终产量时，人工配合饲料饵料系数 0.17±0.40（n=30），幼杂鱼饵料系数 3.34±1.58（n=30）。

相比而言，将所有混养品种一起计算饵料系数较为合理。故可采纳后一饵料系数，即每生产 1kg 大口黑鲈，需要投入 0.17kg 人工配合饲料和 3.34kg 幼杂鱼。

不同的养殖模式饵料系数有所差别（表 13）。

表 13：不同饵料系数计算方法及不同养殖模式大口黑鲈养殖饵料效率

	养殖模式	人工配合饲料饵料系数	幼杂鱼饵料系数
仅大口黑鲈	全部饲料	1.04±0.17（n=4）	N.A.
	幼杂鱼	N.A.	4.57±0.92（n=25）
	饲料+杂鱼	1.62±.（n=1）	7.32±.（n=1）
	综合	**0.20±0.45（n=30）**	**4.05±1.89（n=30）**
所有水产品	全部饲料	0.98±0.23（n=4）	N.A.
	幼杂鱼	N.A.	3.79±0.88（n=25）
	饲料+杂鱼	1.19±.（n=1）	5.44±.（n=1）
	综合	**0.17±0.40（n=30）**	**3.34±1.58（n=30）**

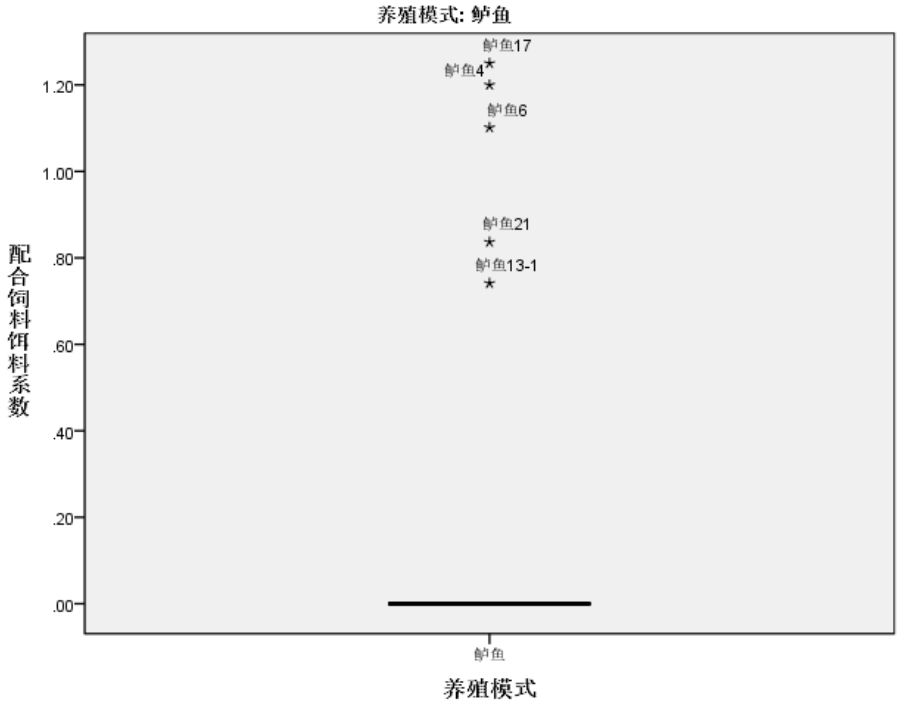


图 57：大口黑鲈人工配合饲料饵料系数（中位数：0.0000）

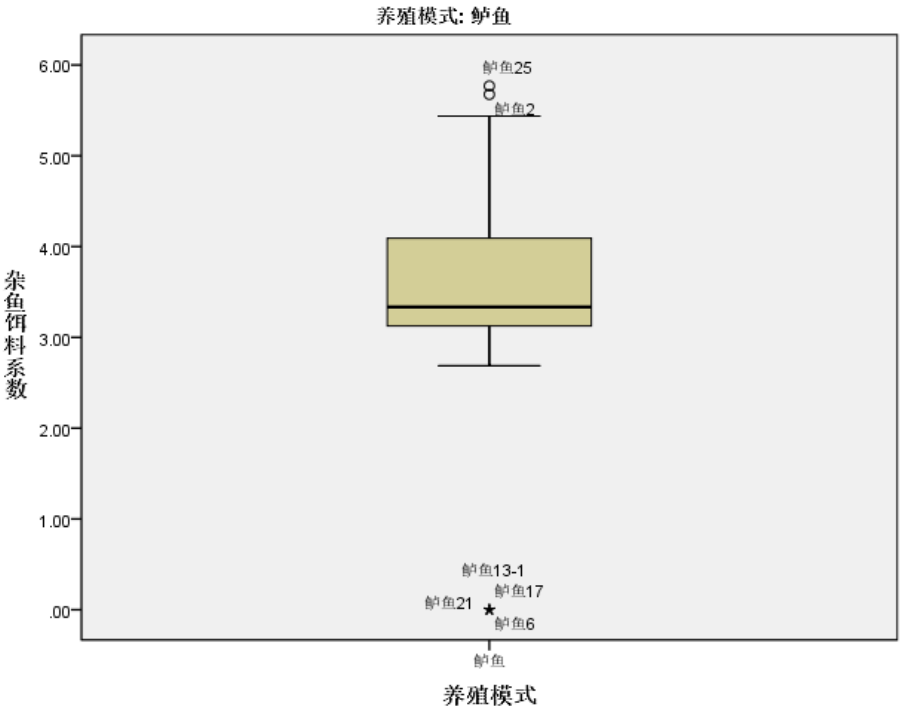


图 58：大口黑鲈幼杂鱼饵料系数（中位数：3.3338）

6.7.4. 饵料效率比较

SPSS 独立性检验（Independent-Samples Kruskal-Wallis Test）表明河蟹人工配合饲料饵料系数显著高于大黄鱼（Sig.=0.000）和鲈鱼（Sig.=0.000），而大黄鱼和鲈鱼之间没有差别（Sig.=0.143）（图 59）。

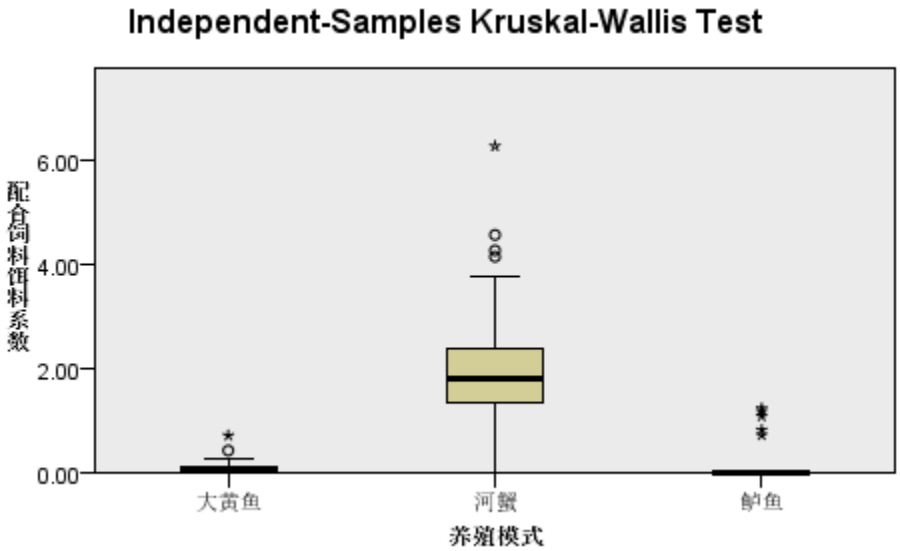


图 59：大黄鱼、河蟹和大口黑鲈人工配合饲料饵料系数比较

SPSS 独立性检验表明大黄鱼幼杂鱼饵料系数显著高于河蟹（Sig.=0.000）和鲈鱼（Sig.=0.000），鲈鱼又高于河蟹（Sig.=0.022）（图 60）。

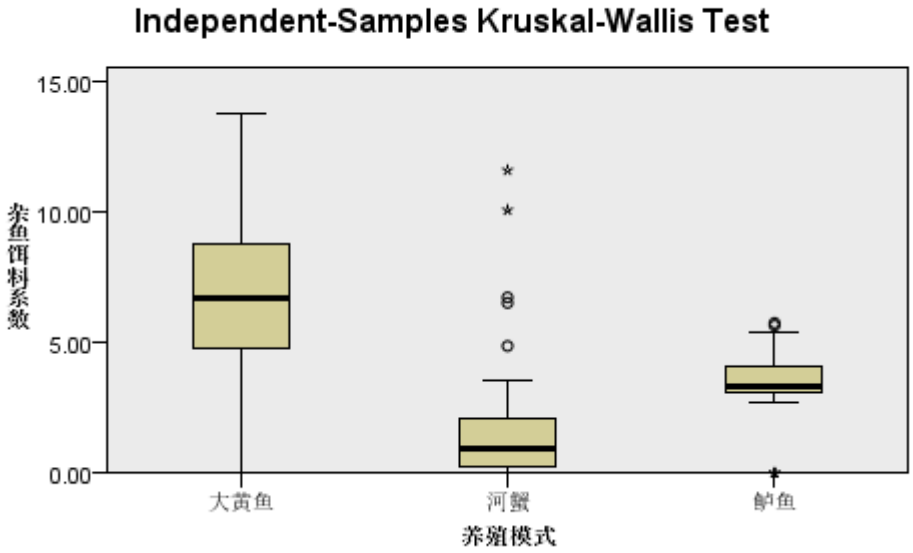


图 60：大黄鱼、河蟹和大口黑鲈幼杂鱼饵料系数比较

6.8. 鱼投入鱼产出系数 FIFO

本研究发现，每生产 1kg 大黄鱼，需要投喂 0.11kg 人工配合饲料，及 7.00kg 幼杂鱼；每生产 1kg 河蟹，需要投入 2.03kg 人工配合饲料、1.88kg 幼杂鱼、1.86kg 淡水螺以及 0.61kg 玉米等精饲料；每生产 1kg 大口黑鲈，需要投入 0.17kg 人工配合饲料和 3.34kg 幼杂鱼。根据 2014 年产量和文献中大黄鱼、河蟹和大口黑鲈饲料中鱼粉含量进行计算，可推算出大黄鱼、河蟹和大口黑鲈的鱼投入鱼产出系数分别为 7.15，3.22 和 3.63。

如果仅仅考虑海洋渔业资源使用效率，将河蟹养殖中投喂的淡水幼杂鱼去除后，河蟹的 FIFO 降低至 2.99（表 14）。

表 14：鱼投入鱼产出系数、相关参数和计算方法

参数	来源或计算方法	大黄鱼	河蟹	大口黑鲈
文献报告 FIFO	Greenpeace 文献报告	5.35	1.72	3.34
幼杂鱼饵料系数	调研数据	7.00	1.88	3.34
人工配合饲料饵料系数	调研数据	0.11	2.04	0.17
人工配合饲料鱼油鱼粉含量（%）	文献数据	45	21	53
调查 FIFO（全部幼杂鱼）	全部渔业资源使用量/产量	7.15	3.22	3.63
调查 FIFO（仅海水幼杂鱼）	海洋渔业资源使用量/产量	7.15	2.99	3.63
调查 FIFO 与文献报告相比		2.1%	59%	8.7%

7. 讨论

本研究发现，2014 年中国的水产养殖饲料使用鱼油鱼粉为 2.51mmt，同时投喂幼杂鱼约 4.95mmt。2014 年中国水产养殖消耗的国内捕捞海洋渔业资源量约为 717 万吨。在鱼粉鱼油使用方面，2014 年中国的水产养殖饲料使用鱼粉鱼油为 251 万吨，折合为海洋渔业资源约为 732 万吨。其中至少 76 万吨来自于中国国内生产，折合为海洋渔业资源约为 222 万吨；在直接投喂幼杂鱼方面，2014 年水产养殖直接投喂幼杂鱼约 495 万吨，几乎全部来自中国国内捕捞，其中海水养殖投喂 324 万吨（66%）；淡水养殖投喂 171 万吨（34%）。综合鱼粉和幼杂鱼的投入量，2014 年中国水产养殖整体的鱼投入鱼产出系数 FIFO 为 0.368。

据测算，中国使用水产品副产物每年可生产 0.65±0.24 mmt 鱼粉和 0.16±0.07 mmt 鱼油，仅基于出口的水产品加工副产物可生产 0.42 mmt 鱼粉和 0.1 mmt 鱼油(Cao et al., 2015)。根据 2011 年中国首届鱼粉鱼油大会报道，江苏、山东、福建、浙江等地的鱼粉产量合计超过 1mmt，其中生产全鱼鱼粉 0.7-0.8 mmt; 利用水产品加工下脚料生产鱼粉 0.5-0.6 mmt (Chen et al., 2014)。

另外，水产品和鱼粉的边境贸易和走私近年来显著增多，这些贸易量并没有在 FAO 数据中统计进去。据报道，一个水产品走私案件的进口量，就超过了海关全年水产品进口量(L. Wang, 2015)。而鱼粉的走私也偶尔浮出水面(Sun, 2016)。

由于鱼粉市场价值很高而造假成本低且不容易发现，中国鱼粉市场造假较为普遍。在一项鱼粉质量调查中，发现在广西南宁市某个规模比较大的饲料市场中销售的 13 份鱼粉样品全部有掺假的现象，常见的掺假物有植物性物质、双缩脲、水解羽毛粉及贝壳粉、石粉、血粉、统糠等(朱 et al. 2013)。鱼粉掺假可能也是造成了鱼粉用量与供应量之间差别的原因之一。

虽然缺乏中国鱼粉供应量的准确数据，但综合不同来源的信息，本研究认为中国鱼粉供应量（进口+国产）在 1.5-2.5 mmt，其中包括 1-1.5mmt 进口鱼粉，和 0.5-1.5mmt 国产鱼粉。

据本研究根估算，2014 年中国的水产养殖饲料使用鱼油鱼粉为 2.51mmt，与中国鱼粉供应量持平或部分超出。据报道，2012 年中国水产饲料年产量超过 16mmt，对应的需要鱼粉 2.60mmt 左右 (Cui, 2013)。经过大规模调查研究，Cao et al (2015)发现仅大宗淡水鱼与

罗非鱼和南美白对虾就在 2012 年消耗了 1.06mmt 鱼粉。据初步统计，2012 年水产饲料共消耗鱼粉超过 1.4mmt，其中对虾饲料就消耗了 0.5mmt 鱼粉 (Ai and Tao, 2013)。有的研究则认为中国的鱼粉总供应量（进口+自产）在 1.5mmt-2.0mmt，其中水产养殖用鱼粉量在总供应量的 63%左右，水产养殖年鱼粉用量在 1-1.2 mmt(Han et al., 2016)。

据报道，中国的水产养殖每年直接投喂幼杂鱼约 3mmt(Cao et al., 2015; Han et al., 2016)或 4mmt(麦, 2012)，然而，并没学者对此开展过严肃的研究，也缺乏相应的统计数据。同时，农业部于 2003 年 7 月 24 日颁布的第 31 号令《水产养殖质量安全管理规定》第四章第十五条规定: “鼓励使用人工配合饲料，限制直接投喂冰鲜（冻）饵料，防止残饵污染水质”。水产养殖产业投喂冰鲜幼杂鱼，一直处于灰色地带，敏感性较高，很多相关研究也没有公开发表。

产生比较高的数值可能是由于中国水产品产量数据不够准确(Watson and Pauly, 2001)、唐 et al., (2016) 中的水产养殖产量投喂人工配合饲料比例偏高，及文献报道中的相关品种人工配合饲料饵料系数偏高等原因引起的。

本研究在文献综述中，通过使用两个调整系数对统计数据进行修正，即调整系数 a 多个数据来源的水产饲料年产量加权几何平均数，与基于中国水产养殖产量和饵料系数推算水产饲料用量比值；以及调整系数 b 是根据调研数据 Cao et al (2015) 饲料投喂比例，对唐 et al., (2016)报道的饲料投喂比例进行调整系数。通过调整，本研究获得的各品种饲料使用数据更符合实际情况。如据报道，2014 中国对虾饲料产量为 1.42mmt，广东、海南、广西三省罗非鱼饲料产量 1.29mmt (2014 年华南地区水产饲料市场概况)。本研究得出的数据为 2014 年对虾饲料产量 1.36mmt，罗非鱼饲料产量 1.55mmt，按广东、海南、广西三省罗非鱼产量占全国 79.5%比例推算饲料产量为 1.23mmt。本研究的单个品种饲料产量结果与市场研究报道非常接近，证明了本研究方法的可靠性。

为了获得更准确的数据，本研究对 3 个有代表性的养殖品种进行的实地调研，调研品种包括大黄鱼、中华绒螯蟹和大口黑鲈。研究发现，调研的得出的 FIFO 系数与本研究文献综述结果较为接近（大黄鱼和大口黑鲈）或明显超出（中华绒螯蟹）。

与文献综述中的 FIFO 相比，调研发现河蟹的 FIFO 系数比文献高出很多，而大黄鱼和大口黑鲈 FIFO 系数与文献数据非常接近。野外调查结果与理论值产生差别的原因较多，如采样样本量较低或采样偏差。在本研究中，每个品种样本量都大于等于 30，符合大样本的定

义。同时采用了 SEAT 项目开发的基于 Google 卫星地图的随机抽样方法，可以最大程度的避免采样误差的出现。

调研数据与理论值偏差的另一个可能原因是很多相关概念定义不够清晰，或常常被人误解。如饵料系数(Feed Conversion Ratio : FCR)有很多种不同的定义。

生物饵料系数 biological FCRs：实际消耗的饵料量（不包括投喂但没有被摄食的饵料）除以总生产出的鱼的生物量（包括死亡的和逃逸的生物量）(Chiu et al., 2013; Ytrestøyl et al., 2015)。

经济饵料系数 economic FCRs：养殖场实际投喂的饵料量除以总的收获并出售的鱼产量(Tacon and Metian, 2008)。

表观饵料系数 apparent FCRs：养殖场实际投喂的饵料量除以鱼净增长量（总的收获并出售的鱼产量-投苗生物量）(Mohanty, 2015)。

这三个不同的饵料系数定义中，生物饵料系数是最为标准的定义，但通常只能在实验室条件才能够获得准确的结果。在生产单位，剩余的残饵，以及死亡和逃逸的养殖对象的生物量常常无法统计，无法使用生物饵料系数。经济饵料系数经常在调研中使用，其计算较为简便，也适用于多数的养殖场情景。表观饵料系数考虑了苗种投入，需要将苗种投入生物量从总收获量中扣除后计算饵料系数。

在本研究调研发现，一些养殖品种如大黄鱼的养殖出现专业化分工，部分养殖场专注于养殖鱼种，而部分养殖场专注于养殖成鱼。一些养殖场使用大于 100g 的苗种，以便与在较短的时间内养成上市。这些养殖场使用的苗种生物量较为高，需要在计算饵料系数时考虑在内。故本研究采纳的为表观饵料系数。

同时中国的养殖模式较为复杂，大多数的淡水养殖均采用混养模式进行生产。大多数西方国家养殖模式都是单一品种的养殖，饵料系数计算只需要考虑一种养殖对象。中国以 1 个或多个高价值养殖对象为主养对象，搭配一些中低价值养殖对象的混养现较为普遍(Chiu et al., 2013)。在计算饵料系数时，本研究尝试对主养对象和全部养殖水产品产量分别计算饵料系数，发现将所有混养品种一起计算饵料系数较为合理，特别是考虑到一些高价值养殖对象也有可能是其他养殖品种的次要混养品种。

另外中国水产养殖模式有着很强的地域性差别。如本研究调研的河蟹养殖发现，兴化河蟹养殖以河蟹养殖为主放养少量青虾，投喂海水幼杂鱼和人工配合饲料；泗洪以河蟹养殖为主放养少量青虾，同时投喂来自海水和淡水的幼杂鱼和人工配合饲料；而宜兴以河蟹养殖为主放养大量青虾，投喂海水幼杂鱼和人工配合饲料。据了解还有一些地区的只投喂幼杂鱼，

也有一些地区只投喂人工配合饲料。这种养殖模式的多样性也为调研工作带来很多挑战。

中国的水产养殖仍在很大程度上属于传统农业范畴，养殖生产“靠天吃饭”，极易受到恶劣天气和流行病害的影响。例如本研究在调研中发现，很多河蟹养殖户这两年由于极端天气大幅度减产，使得一些养殖户饵料效率明显降低。由于部分养殖户人工配合饲料和幼杂鱼的饵料系数较高，使得饵料系数的平均数受其影响比正常情况要高出很多。这一点也可由结果中的饵料系数中位数总是比平均值要低很多看出。比如本研究发现，中华绒螯蟹人工配合饲料饵料系数平均值为 2.03±1.20，幼杂鱼的饵料系数平均值为 1.88±2.65，与之相对应的人工配合饲料饵料系数中位数为 1.8264，幼杂鱼饵料系数中位数为 0.9242。本研究结果的呈现主要以平均值为主，这是因为平均值更反映实际情况，而中位数虽然反映了大多数养殖户的情况，也更贴合饵料系数理论值，与本研究的文献综述部分也更贴合，但与实际情况有一定差距。

本研究调研发现，大黄鱼、中华绒螯蟹和大口黑鲈的 FIFO 系数都大于 3，其中大黄鱼甚至大于 7，这意味着需要 3-7kg 海洋渔业资源投入才能生产 1kg 相对应的水产品。这三种养殖对象都可以看作为鱼类食物蛋白的净消耗者，符合鱼类食物蛋白陷阱的定义，生产越多，损失的鱼类食物蛋白越多。同时这三种养殖对象在大量消耗幼杂鱼，尤其是大黄鱼养殖的幼杂鱼饵料系数为 7，意味着需要 7kg 幼杂鱼投入生产 1kg 大黄鱼。由于我国幼杂鱼的捕捞不仅以拖网为主的捕捞方式对海洋环境有着直接破坏，同时幼杂鱼渔获物包含着大量经济鱼类幼鱼，对海洋资源破坏非常严重 (Cao et al., 2015)。

在计算鱼投入鱼产出系数时，现有的文献均基于海洋渔业资源的使用计算。本研究发现，部分养殖品种（河蟹）不仅使用来自海洋捕捞的幼杂鱼，同时使用源自淡水湖泊的幼杂鱼。是否将这部分幼杂鱼计入鱼投入鱼产出系数也值得进一步讨论和研究。

8. 结论

本研究通过文献综述和实地调研，研究了中国水产养殖中海洋渔业资源使用情况。本研究认为中国水产养殖使用了大量的海洋渔业资源，用量超过了以往研究中报道的数据，表明中国的水产养殖可能使用比行业现有观念中使用量更多的幼杂鱼和海洋渔业资源。。

2014 年中国的水产养殖饲料使用鱼油鱼粉为 2.51mmt，同时投喂幼杂鱼约 4.95mmt。综合鱼粉和幼杂鱼的投入量，2014 年中国水产养殖消耗的国内捕捞海洋渔业资源量约为 7.17mmt，中国水产养殖整体的鱼投入鱼产出系数 FIFO 为 0.368。

中国水产养殖利用海洋渔业资源最突出的品种包括：南美白对虾（海水+淡水）使用了近 1mmt 海洋渔业资源，随后是中华绒螯蟹 0.96mmt，大口黑鲈 0.83mmt，乌鳢 0.53mmt，大黄鱼 0.48mmt 和鳖 0.48mmt。鲫鱼和鲤鱼虽然有着较低的 FIFO 系数，但由于其较大的产量基数，其海洋渔业资源使用量也接近 0.4mmt。

海水鱼养殖仍是投喂幼杂鱼最主要的去向，这些海水鱼包括：军曹鱼、鲫鱼、大黄鱼、美国红鱼、石斑鱼、鲷鱼等，鱼投入鱼产出系数 FIFO 均高于 4，意味着需要 4kg 鱼蛋白投入才能生产 1kg 鱼产品。

在实地调研中，本研究对大黄鱼、中华绒螯蟹和大口黑鲈养殖情况进行了调研。调研的得出的 FIFO 系数与本研究文献综述结果较为接近（大黄鱼和大口黑鲈）或明显超出（中华绒螯蟹），这主要是由于养殖生产的复杂性引起的。调研结果表明，实际的中国水产养殖生产使用了与上述文献综述研究结果近似或更多的海洋渔业资源。同时本研究发现除了海水幼杂鱼之外，淡水幼杂鱼也被水产养殖行业用做饵料，其影响需要进一步深入探讨。

最后，在文献综述和实地调研的基础上，得出了中国水产养殖仍在大量使用海洋渔业资源的现状，降低水产养殖中海洋渔业资源的投入仍是中国水产养殖产业需要努力的方向之一。

9. 参考文献

陈蓝荪，陈乃松，黄旭雄，2014. 我国水产饲料商品的应用和销量格局研究. 水产科技情报 41, 98－103.

国务院，2016. 国务院关于印发全国农业现代化规划（2016—2020年）的通知 [WWW Document]. http://www.chinanews.com. URL http://www.chinanews.com/gn/2016/10-20/8038305.shtml (accessed 11.1.16).

林洪，吕青，2000. 贻贝等六种软体动物磷脂的比较. 水产学报 24, 175－179.

麦康森，2012. 转变增长方式是我国水产养殖持续发展的必由之路. 渔业信息与战略 27, 1－6.

农业部渔业渔政管理局，2016. 中国渔业统计年鉴. 中国农业出版社，北京.

唐启升，韩冬，毛玉泽，张文兵，单秀娟，2016. 中国水产养殖种类组成、不投饵率和营养级. 中国水产科学 23, 729－758.

吴燕燕，李冰，朱小静，魏涯，杨贤庆，陈胜军，2016. 养殖海水和淡水鲈鱼的营养组成比较分析. 食品工业科技 348－352.

Ai, C., Tao, Q., 2013. Fish meal replacement, technical strategy of aquatic feed research and development with high fishmeal price (in Chinese). Feed Ind. 34, 1－7.

AIT, 1994. Partners in Development, the Promotion of Sustainable Aquaculture. Asian Institute of Technology, Bangkok.

ALLTECH, 2015. 2015 Global Feed Survey. Nicholasville Kentucky USA.

AQSIQ, 2015. Registration of Vietnam establishments that produce fish oil，meal and other aquatic animal proteins for exportation to China. Beijing.

Astudillo, M.F., Thalwitz, G., Vollrath, F., 2015. Modern analysis of an ancient integrated farming arrangement: life cycle assessment of a mulberry dyke and pond system. Int. J. Life Cycle Assess. 20, 1387－1398. doi:10.1007/s11367-015-0950-3

Bell, S., Morse, S., 2008. Sustainability indicators: measuring the immeasurable?, 2nd ed. EARTHSCAN, London Sterling, VA.

Beveridge, M.C.M., Little, D.C., 2002. The History of Aquaculture in Traditional Societies, in: Costa-Pierce, B.A. (Ed.), Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution. Blackwell Science Ltd, pp. 1－29. doi:10.1002/9780470995051

BOABC, 2015. 2015-2016 Review and prospect of feed market in China. Beijing.

Byelashov, O.A., Griffin, M.E., 2014. Fish In, Fish Out: Perception of Sustainability and Contribution to Public Health. Fisheries 39, 531－535. doi:10.1080/03632415.2014.967765

Cao, L., Naylor, R., Henriksson, P., Leadbitter, D., Metian, M., Troell, M., Zhang, W., 2015. China’s aquaculture and the world’s wild fisheries. Science (80-.). 347, 133－135. doi:10.1126/science.1260149

CBI, 2014. CBI Trend Mapping: Frozen Shrimp Products. Hague.

Chen, L., Chen, N., Huang, X., 2014. China’s Aquatic Feed Industry and World Fishmeal Market (in Chinese). Fish. Sci. Technol. Inf. 41, 209－215.

China Customs, 2016. China Customs Statistic [WWW Document]. URL http://www.chinacustomsstat.com/

Chiu, A., Li, L., Guo, S., Bai, J., Fedor, C., Naylor, L.R., Naylor, R.L., 2013. Feed and fishmeal use in the production of carp and tilapia in China. Aquaculture 414－415, 127－134. doi:10.1016/j.aquaculture.2013.07.049

Cooke, J., 2012. China’s Growing Appetite for Good Seafood. ATS Content Manag. Blog.

Costa-Pierce, B. a., 2010. Sustainable Ecological Aquaculture Systems: The Need for a New Social Contract for Aquaculture Development. Mar. Technol. Soc. J. 44, 88－112. doi:10.4031/MTSJ.44.3.3

Cui, H., 2013. China’s Fishmeal and Fish Oil Import, and Sustainability of China’s Fishmeal Industry.

De Silva, S.S., 2012. Aquaculture: a newly emergent food production sector—and perspectives of its impacts on biodiversity and conservation. Biodivers. Conserv. 21, 3187－3220. doi:10.1007/s10531-012-0360-9

De Silva, S.S., Phuong, N.T., 2011. Striped catfish farming in the Mekong Delta, Vietnam: a tumultuous path to a global success. Rev. Aquac. 3, 45－73. doi:10.1111/j.1753-5131.2011.01046.x

Duarte, C.M., Holmer, M., Olsen, Y., Soto, D., Marbà, N., Guiu, J., Black, K., Karakassis,

I., 2009. Will the Oceans Help Feed Humanity? Bioscience 59, 967–976. doi:10.1525/bio.2009.59.11.8
Edwards, P., 2008a. Rural aquaculture: from integrated carp polyculture to intensive monoculture in the Pearl River Delta, South China. Aquac. Asia Mag. 3–7.
Edwards, P., 2008b. The Changing Face of Pond Aquaculture in China. Glob. Aquac. Advocate 77–80.
Edwards, P., Demaine, H., 1998. Rural Aquaculture: Overview and Framework for Country Reviews. REGIONAL OFFICE FOR ASIA AND THE PACIFIC FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Bangkok, Thailand.
FAO, 2016a. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
FAO, 2016b. FishstatJ.
FAO, 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome.
FAO, 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture 2012, Aquaculture. Rome.
FAO, 2005. National Aquaculture Sector Overview. China. Natl. Aquac. Sect. Overv. Fact Sheets.
Grigorakis, K., Rigos, G., 2011. Aquaculture effects on environmental and public welfare – the case of Mediterranean mariculture. Chemosphere 85, 899–919. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.07.015
Han, D., Shan, X., Zhang, W., Chen, Y., Wang, Q., Li, Z., Zhang, G., Xu, P., Li, J., Xie, S., Mai, K., Tang, Q., De Silva, S.S., 2016. A revisit to fishmeal usage and associated consequences in Chinese aquaculture. Rev. Aquac. 1–15. doi:10.1111/raq.12183
Henriksson, P.J.G., Guinée, J.B., Heijungs, R., Koning, A., Green, D.M., 2013. A protocol for horizontal averaging of unit process data—including estimates for uncertainty. Int. J. Life Cycle Assess. doi:10.1007/s11367-013-0647-4
Hodal, K., Kelly, C., Lawrence, F., 2014. Revealed: Asian slave labour producing prawns for supermarkets in US, UK [WWW Document]. Guard. URL https://www.theguardian.com/global-development/2014/jun/10/supermarket-prawns-thailand-produced-slave-labour
Li, C., Wang, X., Wang, X., Lin, L., 2006. Water Quality for Mariculture and Its Ecological Rehabilitation Technology (in Chinese). J. AGRO-ENVIRONMENT Sci. 25, 310–315.
Little, D.C., Edwards, P., 2003. Integrated Livestock Fish Farming Systems. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome.
Liu, J., Li, Z., 2010. The Role of Exotics in Chinese Inland Aquaculture, in: Silva, S.S. De, Davy, F.B. (Eds.), Success Stories in Asian Aquaculture. Springer Science+Business Media, pp. 173–185.
Mai, K., Tan, B., 2002. Present status and developmental trends of aquaculture nutrition and feed industry in China, in: Eleftheriou, M., Eleftheriou, A. (Eds.), ASEM Science {&} Technology Workshops No 2. European Commission, Beijing, pp. 109–130.
Mallison, A., 2013. Fishery Discards and By-Products : Increasing Raw Material Supply for Fishmeal and Fish Oil. London.
Martinez-Porchas, M., Martinez-Cordova, L.R., 2012. World aquaculture: environmental impacts and troubleshooting alternatives. Sci. World J. 2012, 389623. doi:10.1100/2012/389623
Miao, W., Liao, M., 2007. Analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development in China. FAO 141–190.
MOA, 2017. Thirteenth 5-year National Fisheries Development Plan [WWW Document]. MOA website. URL http://www.moa.gov.cn/sjzz/yzjzw/fzghyzj/zhfzgh/201702/t20170220_5488731.htm (accessed 3.1.17).
MOA, 2015. China agriculture statistical report 2014. China Agriculture Press, Beijing.
MOA, 2007. Medium-and Long-Term Fishery Science and Technology Development Plan (2006-2020).
Mohanty, R.K., 2015. Effect of feed restriction on compensatory growth performance of Indian major carps in a carp-prawn polyculture system: a response to growth

depression. Aquac. Nutr. 21, 464–473. doi:10.1111/anu.12173
Murray, F., Zhang, W., Nietes-Satapornvanit, A., Phan, L.T., Haque, M.M., Henriksson, P., Little, D.C., 2011. Report on Boundary Issues. Stirling.
NBSC, 2016. China Statistical Yearbook 2015. China Statistics Press, Beijing.
NBSO, 2010. An overview of China’s aquaculture. Dalian.
Publishers, K.A., 2001. Fish science research in China: How does it compare with fish research in India? Scientometrics 52, 13–28.
Reed, M.S., Fraser, E.D.G., Dougill, A.J., 2006. An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. Ecol. Econ. 59, 406–418. doi:10.1016/j.ecolecon.2005.11.008
SAIER, 2015. China Feed Industry Yearbook 2015-2016. Beijing.
Song, Z., Huang, L., Mu, Y., 2010. Present Situation and Countermeasure of Aquatic Product Quality and Safety Supervision in China(in Chinese). Agric. Qual. {&} Stand. 19–21.
Stel, J.H., 2003. Society and sustainable use of the Exclusive Economic Zones, in: H. Dahlin K. Nittis and S.E. Petersson BT - Elsevier Oceanography Series, N.C.F. (Ed.), Building the European Capacity in Operational Oceanography, Proceedings of the Third International Conference on EuroGOOS. Elsevier, pp. 592–597.
Sun, Q., 2016. Qingdao border seized smuggler with a large number of frozen fish and fish meal on the spot. Qingdao Dly.
Tacon, A.G.J., Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture 285, 146–158. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.08.015
The Information Centre of China Feed Industry Association, 2016. New features of feed industry development in the new normal (in Chinese). Feed China 18–20.
Wang, L., 2015. Smuggling of aquatic products increased year by year, huge sums (in Chinese). China Fish. news.
Wang, W., 2015. New model of rice-fish farming (in Chinese). Nongjia Zhifu Guwen 24–25.
Wang, W., 2000. Culture and Enhancement of Fishes, 1st ed. China Agriculture Press, Beijing.
Watson, R., Pauly, D., 2001. Systematic distortions in world fisheries catch trends. Nature 414, 534–536. doi:10.1038/35107050
Ytrestøyl, T., Aas, T.S., Åsgård, T., 2015. Utilisation of feed resources in production of Atlantic salmon (Salmo salar) in Norway. Aquaculture 448, 365–374. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.06.023
Zhang, J., Rørtveit, J., 2005. Aquaculture in China, {…} and system selection for sustainable aquaculture. Beijing.
Zhang, W., 2014. SUSTAINING EXPORT-ORIENTED VALUE CHAINS OF FARMED SEAFOOD IN CHINA. University of Stirling.
Zhang, W., Garnett, T., Murray, F.J., Edwards, P., David, C., Little, D.C., 2013. General Overview of China’s aquaculture and fisheries sector. Stirling.
Zhou, D., 2007. Quality safety for aquaculture products of China and its management, in: Global Trade Conference on Aquaculture: 29-31 May 2007, Qingdao, China:[proceedings]. Food {&} Agriculture Org., p. 213.
Zhou, Z., 2017. Status and strategy of promotion of using pellet feed to replace ice fish in carnivorous fish farming in Huzhou (in Chinese). Sci. Fish Farming 26–28.
朱梅芳,韦泽星,谢燕妮,等.市场鱼粉掺假现象的调查[J].广西畜牧兽医,2013,29;140(3)25-27

10. 附录

附表 1:主要的水产养殖品种的食性

中文名	英文名 (FAO ASFIS)	拉丁名 (FAO ASFIS)	Feeding habit

海带	Japanese kelp	*Laminaria japonica*	植物 Producer (plants)
江蓠	Gracilaria seaweeds	*Gracilaria verrucosa*	植物 Producer (plants)
裙带菜	Wakame	*Undaria pinnatifida*	植物 Producer (plants)
紫菜	Nori nei	*Porphyra spp*	植物 Producer (plants)
其他藻类	Seaweeds nei	*Plantae aquaticae*	植物 Producer (plants)
羊栖菜	Fusiform sargassum	*Sargassum fusiforme*	植物 Producer (plants)
螺旋藻	Spirulina nei	*Spirulina spp*	植物 Producer (plants)
麒麟菜	Eucheuma seaweeds nei	*Eucheuma spp*	植物 Producer (plants)
苔菜	Bright green nori	*Enteromorpha clathrata*	植物 Producer (plants)
雨生红球藻	[Haematococcus pluvialis]	*Haematococcus pluvialis*	植物 Producer (plants)
牡蛎	Cupped oysters nei	*Crassostrea spp*	滤食性 Filter feeders
鲢鱼	Silver carp	*Hypophthalmichthys molitrix*	滤食性 Filter feeders
蛤	Japanese carpet shell	*Ruditapes philippinarum*	滤食性 Filter feeders
鳙鱼	Bighead carp	*Hypophthalmichthys nobilis*	滤食性 Filter feeders
扇贝	Scallops nei	*Pectinidae*	滤食性 Filter feeders
其他海水贝类	Marine molluscs nei	*Mollusca*	滤食性 Filter feeders
贻贝	Sea mussels nei	*Mytilidae*	滤食性 Filter feeders
蛏	Constricted tagelus	*Sinonovacula constricta*	滤食性 Filter feeders
蚶	Blood cockle	*Anadara granosa*	滤食性 Filter feeders
河蚌	Swan mussel	*Anodonta cygnea*	滤食性 Filter feeders
蚬	Asian clam	*Corbicula fluminea*	滤食性 Filter feeders
其他淡水贝类	Freshwater molluscs nei	*Mollusca*	滤食性 Filter feeders
江珧	Pen shells nei	*Atrina spp*	滤食性 Filter feeders
珍珠	Freshwater mussel shells	*Ex Unionidae*	滤食性 Filter feeders
草鱼	Grass carp(=White amur)	*Ctenopharyngodon idellus*	植食性 Herbivorous
鳊鱼	Wuchang bream	*Megalobrama amblycephala*	植食性 Herbivorous
鲤鱼	Common carp	*Cyprinus carpio*	杂食性 Omnivorous
鲫鱼	[Carassius spp]	*Carassius carassius*	杂食性 Omnivorous
尼罗罗非鱼	Nile tilapia	*Oreochromis niloticus*	杂食性 Omnivorous
南美白对虾	Whiteleg shrimp	*Penaeus vannamei*	杂食性 Omnivorous
其他淡水鱼	Freshwater fishes nei	*Osteichthyes*	杂食性 Omnivorous
河蟹	Chinese mitten crab	*Eriocheir sinensis*	杂食性 Omnivorous
南美白对虾	Whiteleg shrimp	*Penaeus vannamei*	杂食性 Omnivorous
克氏原螯虾	Red swamp crawfish	*Procambarus clarkii*	杂食性 Omnivorous
奥尼罗非鱼	BlueNile tilapia, hybrid	*Oreochromis aureus x O. niloticus*	杂食性 Omnivorous
泥鳅	Pond loach	*Misgurnus anguillicaudatus*	杂食性 Omnivorous
鳖	Chinese softshell turtle	*Trionyx sinensis*	杂食性 Omnivorous
青虾	Oriental river prawn	*Macrobrachium nipponense*	杂食性 Omnivorous
鲖鱼	Channel catfish	*Ictalurus punctatus*	杂食性 Omnivorous
螺	Sea snails	*Rapana spp*	杂食性 Omnivorous

海参	Japanese sea cucumber	*Stichopus japonicus*	杂食性 Omnivorous
青蟹	IndoPacific swamp crab	*Scylla serrata*	杂食性 Omnivorous
罗氏沼虾	Giant river prawn	*Macrobrachium rosenbergii*	杂食性 Omnivorous
梭子蟹	Portunus swimcrabs nei	*Portunidae*	杂食性 Omnivorous
其他海水虾	Penaeus shrimps nei	*Penaeus spp*	杂食性 Omnivorous
鲍	Abalones nei	*Haliotis spp*	杂食性 Omnivorous
螺	Chinese mystery snail	*Cipangopaludina chinensis*	杂食性 Omnivorous
短盖巨脂鲤	Pirapatinga	*Piaractus brachypomus*	杂食性 Omnivorous
斑节对虾	Giant tiger prawn	*Penaeus monodon*	杂食性 Omnivorous
海蜇	Jellyfishes nei	*Rhopilema spp*	杂食性 Omnivorous
海水无脊椎动物	Aquatic invertebrates nei	*Invertebrata*	杂食性 Omnivorous
日本对虾	Kuruma prawn	*Penaeus japonicus*	杂食性 Omnivorous
龟	River and lake turtles nei	*Testudinata*	杂食性 Omnivorous
其他淡水其他	Aquatic invertebrates nei	*Invertebrata*	杂食性 Omnivorous
其他淡水虾	Freshwater prawns, shrimps nei	*Palaemonidae*	杂食性 Omnivorous
池沼公鱼	Pond smelt	*Hypomesus olidus*	杂食性 Omnivorous
其他海水蟹	Marine crabs nei	*Brachyura*	杂食性 Omnivorous
海胆	Sea urchins nei	*Strongylocentrotus spp*	杂食性 Omnivorous
海水珍珠	Pearl oyster shells nei	*Ex Pinctada spp*	杂食性 Omnivorous
青鱼	Black carp	*Mylopharyngodon piceus*	肉食性 Carnivorous
乌鳢	Snakehead	*Channa argus*	肉食性 Carnivorous
鲶鱼	Amur catfish	*Silurus asotus*	肉食性 Carnivorous
其他海水鱼	Marine fishes nei	*Osteichthyes*	肉食性 Carnivorous
黄鳝	Asian swamp eel	*Monopterus albus*	肉食性 Carnivorous
鲈鱼	Largemouth black bass	*Micropterus salmoides*	肉食性 Carnivorous
黄颡鱼	Yellow catfish	*Pelteobagrus fulvidraco*	肉食性 Carnivorous
鳜鱼	Mandarin fish	*Siniperca chuatsi*	肉食性 Carnivorous
鳗鲡	Japanese eel	*Anguilla japonica*	肉食性 Carnivorous
大黄鱼	Large yellow croaker	*Larimichthys croceus*	肉食性 Carnivorous
鲈鱼	Japanese seabass	*Lateolabrax japonicus*	肉食性 Carnivorous
卵形鲳鲹	Snubnose pompano	*Trachinotus blochii*	肉食性 Carnivorous
蛙	Frogs	*Rana spp*	肉食性 Carnivorous
石斑鱼	Groupers nei	*Epinephelus spp*	肉食性 Carnivorous
鲟鱼	Sturgeons nei	*Acipenseridae*	肉食性 Carnivorous
美国红鱼	Red drum	*Sciaenops ocellatus*	肉食性 Carnivorous
牙鲆	Lefteye flounders nei	*Bothidae*	肉食性 Carnivorous
大菱鲆	Turbot	*Psetta maxima*	肉食性 Carnivorous
鲷鱼	Porgies, seabreams nei	*Sparidae*	肉食性 Carnivorous
中国对虾	Fleshy prawn	*Penaeus chinensis*	肉食性 Carnivorous
军曹鱼	Cobia	*Rachycentron canadum*	肉食性 Carnivorous

鳟鱼	Rainbow trout	*Oncorhynchus mykiss*	肉食性 Carnivorous
长吻鮠	Chinese longsnout catfish	*Leiocassis longirostris*	肉食性 Carnivorous
银鱼	Clearhead icefish	*Protosalanx hyalocranius*	肉食性 Carnivorous
鰤鱼	Amberjacks nei	*Seriola spp*	肉食性 Carnivorous
河鲀	Tiger pufferfish	*Tetraodontidae*	肉食性 Carnivorous
鲑鱼	Salmonoids nei	*Salmonoidei*	肉食性 Carnivorous
鲽鱼	Righteye flounders nei	*Pleuronectidae*	肉食性 Carnivorous
河鲀	Obscure pufferfish	*Tetraodontidae*	肉食性 Carnivorous

来源：(Zhang et al., 2013)

附表 2: 海水养殖产量

	1985	1990	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
鲈鱼					68588	70543	76969	90154	100574	95747	101971	105951	122964	125836	128086	113803
鲆鱼					31715	50109	67251	59710	66549	78141	86672	84978	111589	113551	122600	126397
大黄鱼					51375	58931	60916	62507	61844	65977	66021	85809	80212	95118	105230	127917
军曹鱼					14428	14431	16516	20241	25855	23475	29104	36356	37210	38014	39627	35563
鲻鱼					10131	11000	10473	11054	11528	19511	19404	16787	13325	13094	35966	19272
鲷鱼					37010	40465	38681	49328	54873	36250	40253	45012	56313	52328	57110	59281
美国红鱼					39329	38066	40011	46443	49291	50947	49118	52243	64838	65712	59136	69940
河鲀					8878	13003	16446	17502	14994	15518	18868	17111	11632	13176	14394	18125
石斑鱼					23453	28876	34039	43516	42854	45213	44155	49360	59534	72785	82434	88130
鲽鱼					4689	7042	4965	5050	5382	8274	11521	5372	8463	10431	5616	9629
卵形鲳鲹								30000	35000	36000	66000	80000	115000	112000	112000	110000
其他鱼类	13653	43354	144957	376709	164899	177255	210103	196187	219819	271451	264851	229193	283109	316354	361377	411610
南美白对虾					270467	292534	356569	436587	509872	520133	580843	608267	665588	762494	812545	875470
斑节对虾					44723	53004	66243	70165	61617	60899	60210	56634	60691	64554	72008	74869
中国对虾					54002	47580	43649	46161	42257	42552	44388	45313	41646	41213	41931	48167
日本对虾					37119	39524	35942	47586	49957	47721	50407	54792	50991	49409	45949	47469
梭子蟹					49219	59840	69162	77156	90717	83803	95788	91050	92907	99580	109584	118836
青蟹					88306	94935	97463	93103	101529	113852	115881	115829	121458	128983	138071	140738
其他甲壳类	40664	184817	115881	302796	34986	44452	55630	44034	63059	72831	69422	89211	93908	103321	120130	128214
鲍					9810	13515	15460	19956	25324	33010	42373	56511	76786	90694	110380	115397
螺					136336	177137	208471	234106	258688	224967	203795	207838	203266	214346	212844	232849

牡蛎	310828	503183	2279757	2904508	3211346	3281883	3346963	3455461	3508934	3354382	3503782	3642829	3756310	3948817	4218644	4352053
蚶	22526	55782	124527	175727	278278	282808	265673	277768	279510	290177	276742	310380	293200	278058	336870	353388
贻贝	128860	495895	415179	471598	598138	627666	675428	539957	448667	479902	637373	702157	707401	764395	747077	805583
江珧					35178	4867	8081	17931	12095	11155	15369	30955	30126	15061	17323	17618
扇贝	8312	147003	916492	811366	786113	796518	906022	1046950	1165311	1137039	1276770	1407467	1306124	1419956	1608201	1649399
蛤	67057	233665	1069275	1426150	2229004	2449007	2499379	2726942	2957346	3058073	3192461	3538906	3613349	3735484	3853531	3966953
蛏	125717	140326	306749	487735	588652	591813	624409	610601	667058	742084	683806	714434	744794	720466	720804	786828
其他贝类	51676	225277	1050752	1317019	753103	740598	788022	766527	615444	750112	697994	470844	812270	897116	902363	885443
海参					34100	46648	57104	71206	77517	92567	102159	130303	137754	170830	193705	200969
海胆					3342	6554	5703	9544	7428	3023	6086.13	6169.41	6756.19	5852.71	6427.16	6791
海蜇					23470	34486	48180	32887	42115	47405	62969	59616	69749	63790	66513	67532
其他其他类	2001	4354	24484	30100	40406	41469	41004	35425.49	44856.13	104023.4	109194.7	134009.8	62265.1	70602.29	77093.76	57671.73
藻类（干重）	269786	269176	738485	1060150	1211435	1284038	1321938	1349820	1355536	1386022	1456469	1541322	1601764	1764684	1856804	2004576

数据来源：根据(FAO, 2016b)、《中国渔业统计年鉴》整理

附表 3: 淡水养殖产量

	1985	1990	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
草鱼	356900	1023199	2070988	2755878	3017191	3193026	3328994	3359084	3555963	3707146	4081520	4222198	4442205	4781698	5069948	5376803
鲢鱼	999300	1398680	2473333	2812789	2921666	2993036	3042164	3147172	3075578	3193270	3484442	3607526	3713922	3687751	3850873	4226009
鲤鱼	237900	522369	1398618	1847133	1958663	2043358	2135832	2134276	2228585	2350691	2462346	2538453	2718228	2896957	3022494	3172433
鳙鱼	475800	658208	1236667	1406394	1646568	1795457	1883268	2040415	2135371	2290228	2434555	2550848	2668305	2851419	3015380	3202887
鲫鱼	71400	211584	533740	1198487	1545516	1679907	1798201	1845082	1937121	1955500	2055478	2216094	2296750	2450450	2594438	2767910

罗非鱼	23800	106071	314903	548261	696169	774662	844210	990012	1133611	1110298	1257978	1331890	1441050	1552733	1657717	1698483
鳊鱼	119000	161615	335934	445915	453476	446238	477216	529167	576341	599623	625789	652215	677887	705821	730962	783023
青鱼	47600	37469	102574	147692	232809	255214	279938	306280	331262	359804	387623	424123	467736	494908	525498	557328
乌鳢					153258	206128	239514	248377	309418	324131	358502	376529	446448	480594	509865	510340
鲇鱼					183233	212275	246861	261224	315322	315749	325268	374093	392435	408750	433948	450846
黄鳝					108276	118698	140250	168699	196190	212129	237034	272939	292410	320966	346077	357991
鲈鱼					109173	118163	139108	143323	157487	166601	174471	185941	208334	243196	339836	351772
泥鳅					59687	68558	95880	113243	131353	153257	176405	204552	232244	293911	321499	343130
黄颡鱼					47357	54445	72986	87709	114029	134448	163556	184281	217380	256650	295669	333651
鳜鱼			37444	86144	129484	145604	151632	196020	211713	229269	235514	252622	274576	281502	284780	293853
鲴鱼					39352	54061	87254	146146	204929	224471	223233	217303	205177	224132	247399	248608
鳗鲡		67672	120000	140067	139344	153828	154703	189754	207332	205325	214698	213811	208266	212464	206026	218498
短盖巨脂鲤					71473	74601	73107	81076	81528	77462	85706	85415	94942	97915	101151	103815
银鱼					7553	10207	11748	14688	16958	15822	17523	18481	18104	20804	21209	20546
其他鱼类	47600	267400	724439	1374642	527299	497300	592258	680250	590729	744018	571062	712443	837669	1078513	1242542	1011729
罗氏沼虾				84891	75376	84965	85541	104005	124520	127788	144467	125203	122933	124713	117402	127204
青虾				87139	169131	183961	177312	193211	192397	205010	209401	225645	230248	237431	251149	257641
克氏原螯虾					44570	54436	76166	115405	265479	364619	479374	563281	486319	554821	603520	659661
南美白对虾					255979	345956	345915	481750	555772	542632	537299	615010	659961	690747	617384	701423
河蟹		4833	41515	202489	317941	358906	378360	439604	489469	518357	574235	593296	649240	714380	729862	796535
其他甲壳类					51212	24538	46316	16574	40859	13096	15731	15593	15699	20942	110120	17229
河蚌					70053	73294	74418	83251	84470	89392	88984	95328	90765	92347	104675	92459
螺					56467	56766	63621	82828	84176	93629	99080	110422	105254	111736	110589	110393
蚬					19533	24820	27851	29871	26844	18980	20125	19496	22327	22931	23459	24431

其他贝类					9248	10133	13433	11592	10965	30631	27052	25762	33867	31762	17033	23917
鳖			17445	80466	124240	140948	157607	168765	190469	204139	230219	265721	285875	331424	343734	341288
蛙					67500	63747	71150	74219	77368	81871	91907	80058	78064	83331	87331	92993
龟					8037	8051	11623	14247	17260	20028	22449	25095	27682	32826	38006	36225
其他其他类								34773	26420.17	39331.34	44491.43	53985.4	49754.2	46918.4	44585.2	37984.33
螺旋藻					1648.3	3588.9	4847.9	5587	6692	6232	7089	9691	7282	8005	8189	8553

数据来源：根据(FAO, 2016b)、《中国渔业统计年鉴》整理

附表 4: 2014 年中国海水养殖种类饲料饵料系数、鱼粉含量及杂鱼系数

类别	种类	2014 年养殖产量（吨）	人工配合饲料投饵比例（%）	人工配合饲料饵料系数	人工配合饲料用量(吨)	人工配合饲料鱼粉鱼油含量（%）	鱼粉使用量（吨）	幼杂鱼投饵比例（%）	杂鱼饵料系数	幼杂鱼使用量（吨）	渔业资源使用量（吨）	鱼投入鱼产出 FIFO
鱼类	鲈鱼	113803	84.38	1.57	106077	37	39249	9.38	4.09	30635	145110	1.82
鱼类	鲆鱼	126397	56.25	1.07	53655	50	26827	37.50	4.04	134411	212657	2.40
鱼类	大黄鱼	127917	18.75	1.70	28695	45	12913	75.00	6.57	442489	480151	5.35
鱼类	军曹鱼	35563	9.38	2.05	4809	43	2068	84.38	7.42	156320	162352	6.50
鱼类	鲷鱼	19272	18.75	1.07	2705	45	1217	75.00	6.85	69477	73027	5.40
鱼类	鲷鱼	59281	46.88	1.66	32393	45	14577	46.88	6.38	124374	166890	4.01
鱼类	美国红鱼	69940	28.13	1.83	25251	40	10100	65.63	6.23	200755	230215	4.69
鱼类	河鲀	18125	18.75	2.16	5142	41	2108	75.00	4.00	38174	44322	3.48
鱼类	石斑鱼	88130	14.06	1.47	12793	50	6397	79.69	5.45	268623	287280	4.64
鱼类	鲽鱼	9629	75.00	1.27	6448	45	2902	18.75	4.63	5866	14329	2.12
鱼类	卵形鲳鲹	110000	89.06	1.42	97530	35	34135	4.69	7.10	25718	125279	1.62

鱼类	其他鱼类	411610	37.50	1.57	170207	45	76593	56.25	5.70	927292	1150689	3.98
甲壳类	南美白对虾	875470	93.75	1.20	689874	27	186266	0.00	0.00	0	543276	0.88
甲壳类	斑节对虾	74869	93.75	1.41	69410	30	20823	0.00	0.00	0	60734	1.16
甲壳类	中国对虾	48167	79.69	1.17	31640	35	11074	3.75	5.22	6625	38924	1.15
甲壳类	日本对虾	47469	37.50	1.22	15242	35	5335	15.00	5.22	26115	41675	1.25
甲壳类	梭子蟹	118836	4.69	1.90	7443	41	3051	35.63	4.37	129957	138857	1.66
甲壳类	青蟹	140738	4.69	2.35	10901	39	4251	35.63	4.86	170939	183339	1.86
甲壳类	其他甲壳类	128214	52.34	1.54	72688	35	25077	15.00	4.92	66421	139562	1.55
贝类	贝类	885443	0.52	1.71	5539	25	1385	5.00	4.02	124930	128969	0.21
贝类	鲍	115397	2.81	2.05	4662	20	932	0.00	0.00	0	2719	0.03
贝类	螺	232849	1.88	1.38	4216	30	1265	45.00	4.02	295681	299370	1.83
贝类	牡蛎	4352053	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
贝类	蚶	353388	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
贝类	贻贝	805583	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
贝类	江珧	17618	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
贝类	扇贝	1649399	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
贝类	蛤	3966953	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
贝类	蛏	786828	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
藻类	藻类	2004576	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
其他类	其他类	57672	13.44	7.02	38182	12	4391	0.00	0.00	0	12807	0.32
其他类	海参	200969	12.19	7.02	120676	3	3620	0.00	0.00	0	10559	0.07
其他类	海胆	6791	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
其他类	海蜇	67532	28.13	0.00	0	20	0	0.00	0.00	0	0	0.00

数据来源：根据唐 et al., (2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR（附录参考文献列表）整理

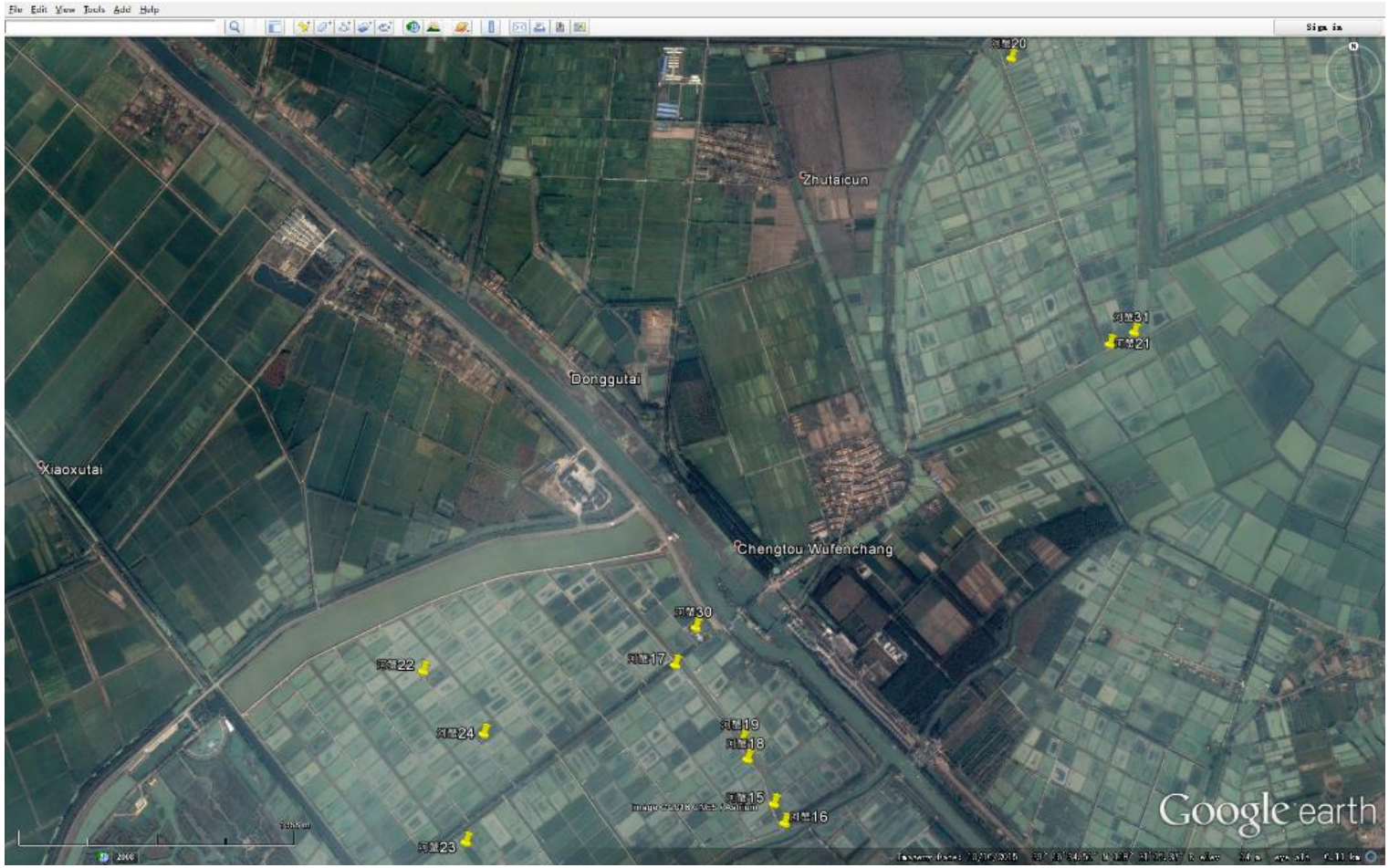
附表 5: 2014 年中国淡水养殖种类饲料饵料系数、鱼粉含量及杂鱼系数

类别	种类	2014 年养殖产量（吨）	人工配合饲料投饵比例（%）	人工配合饲料饵料系数	人工配合饲料用量(吨)	人工配合饲料鱼粉鱼油含量（%）	鱼粉使用量（吨）	幼杂鱼投饵比例（%）	杂鱼饵料系数	幼杂鱼使用量（吨）	渔业资源使用量（吨）	鱼投入鱼产出 FIFO
鱼类	草鱼	5376803	54.17	2.35	4804097	2	72061	0.00	0.00	0	210179	0.06
鱼类	鲢鱼	4226009	0.00	1.78	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
鱼类	鲤鱼	3172433	55.17	1.83	2243595	6	134616	0.00	0.00	0	392629	0.18
鱼类	鳙鱼	3202887	0.00	1.78	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
鱼类	鲫鱼	2767910	52.00	1.70	1713781	8	137102	0.00	0.00	0	399882	0.21
鱼类	罗非鱼	1698483	81.25	1.60	1552378	6	93143	0.00	0.00	0	271666	0.23
鱼类	鳊鱼	783023	57.14	1.66	520366	6	31222	0.00	0.00	0	91064	0.17
鱼类	青鱼	557328	63.75	1.54	384587	10	38459	0.00	0.00	0	112171	0.29
鱼类	乌鳢	510340	76.74	1.28	351482	30	105445	14.06	4.34	218444	525991	1.47
鱼类	鲇鱼	450846	81.25	1.12	288443	32	92302	0.00	0.00	0	269213	0.85
鱼类	黄鳝	357991	45.14	1.79	203380	38	77284	9.38	6.78	159854	385267	1.53
鱼类	鲈鱼	351772	27.08	1.57	105249	53	55782	65.63	4.09	662861	825559	3.34
鱼类	泥鳅	343130	76.74	2.10	389019	10	38902	0.00	0.00	0	113464	0.47
鱼类	黄颡鱼	333651	90.28	1.60	338509	27	91397	0.00	0.00	0	266576	1.14
鱼类	鳜鱼	293853	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
鱼类	鲃鱼	248608	90.28	2.29	360180	8	28814	0.00	0.00	0	84042	0.48
鱼类	鳗鲡	218498	90.28	1.51	209652	55	115309	0.00	0.00	0	336317	2.19
鱼类	短盖巨脂鲤	103815	90.28	2.08	136681	5	6834	0.00	0.00	0	19933	0.27
鱼类	银鱼	20546	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00

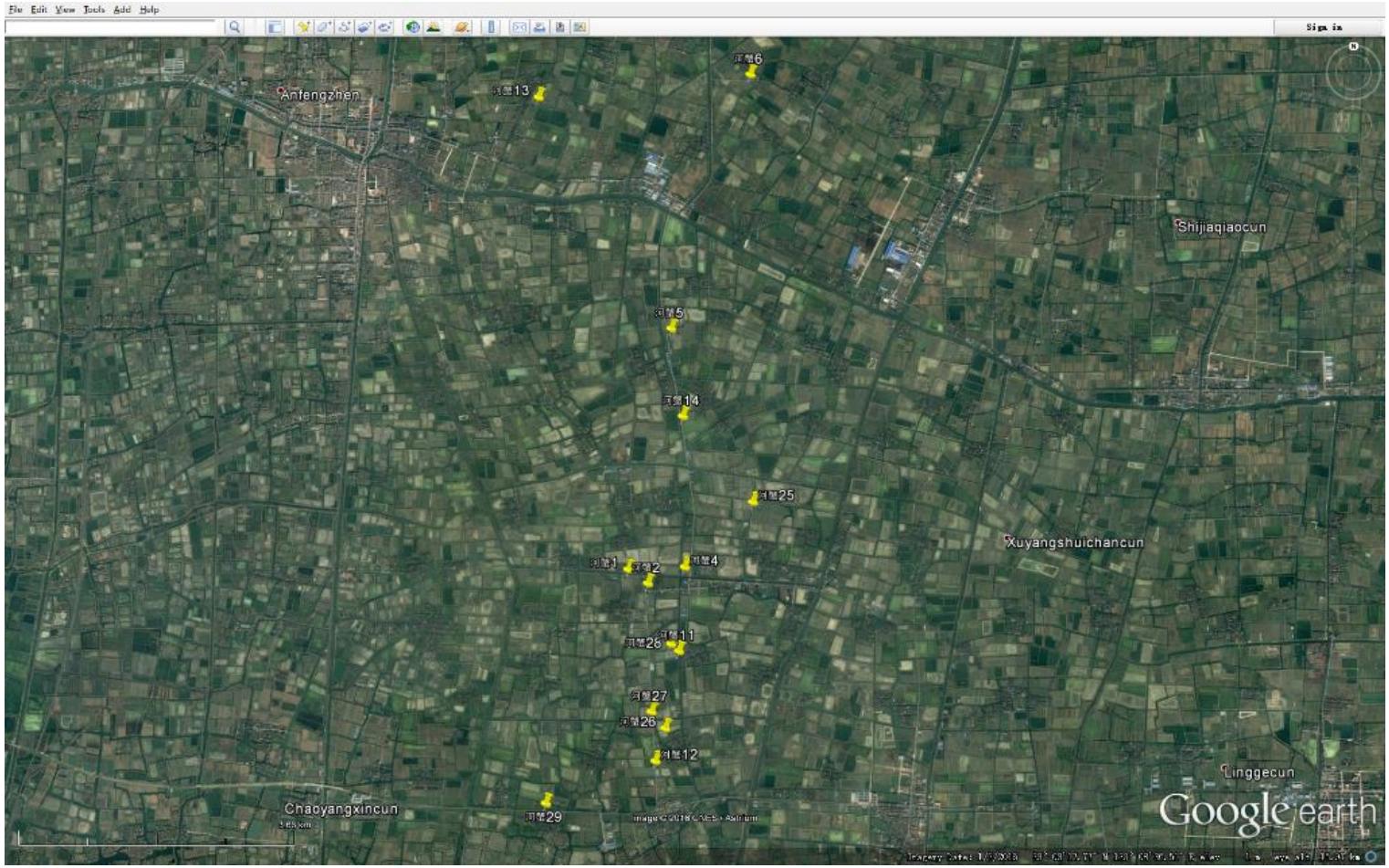
鱼类	其他鱼类	1011729	90.28	1.68	1077532	25	269383	4.45	5.07	160364	946064	1.33
甲壳类	罗氏沼虾	127204	93.75	1.42	118513	28	33184	0.00	0.00	0	96785	1.08
甲壳类	青虾	257641	75.00	1.79	242211	21	50864	0.00	0.00	0	148354	0.82
甲壳类	克氏原螯虾	659661	9.38	1.56	67789	10	6779	0.00	0.00	0	19772	0.04
甲壳类	南美白对虾	701423	93.75	1.20	552724	29	160290	0.00	0.00	0	467512	0.95
甲壳类	河蟹	796535	56.25	2.37	744360	21	156316	14.06	6.41	504405	960326	1.72
甲壳类	其他甲壳类	17229	65.63	1.67	13218	22	2882	2.81	6.41	2182	10586	0.88
贝类	贝类	23917	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
贝类	河蚌	92459	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
贝类	螺	110393	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
贝类	蚬	24431	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
藻类	螺旋藻	8553	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00
其他类	鳖	341288	93.75	1.46	327289	50	163645	0.00	6.52	0	477296	1.99
其他类	蛙	92993	93.75	1.17	71500	32	22880	0.00	0.00	0	66733	1.02
其他类	龟	36225	93.75	1.53	36503	32	11681	0.00	6.42	0	34070	0.00
其他类	其他类	37984	93.75	1.39	34636	38	13162	0.00	6.47	0	38388	0.00

数据来源：根据唐 et al., (2016) 和(FAO, 2016b)及相关品种 FCR（附录参考文献列表）整理

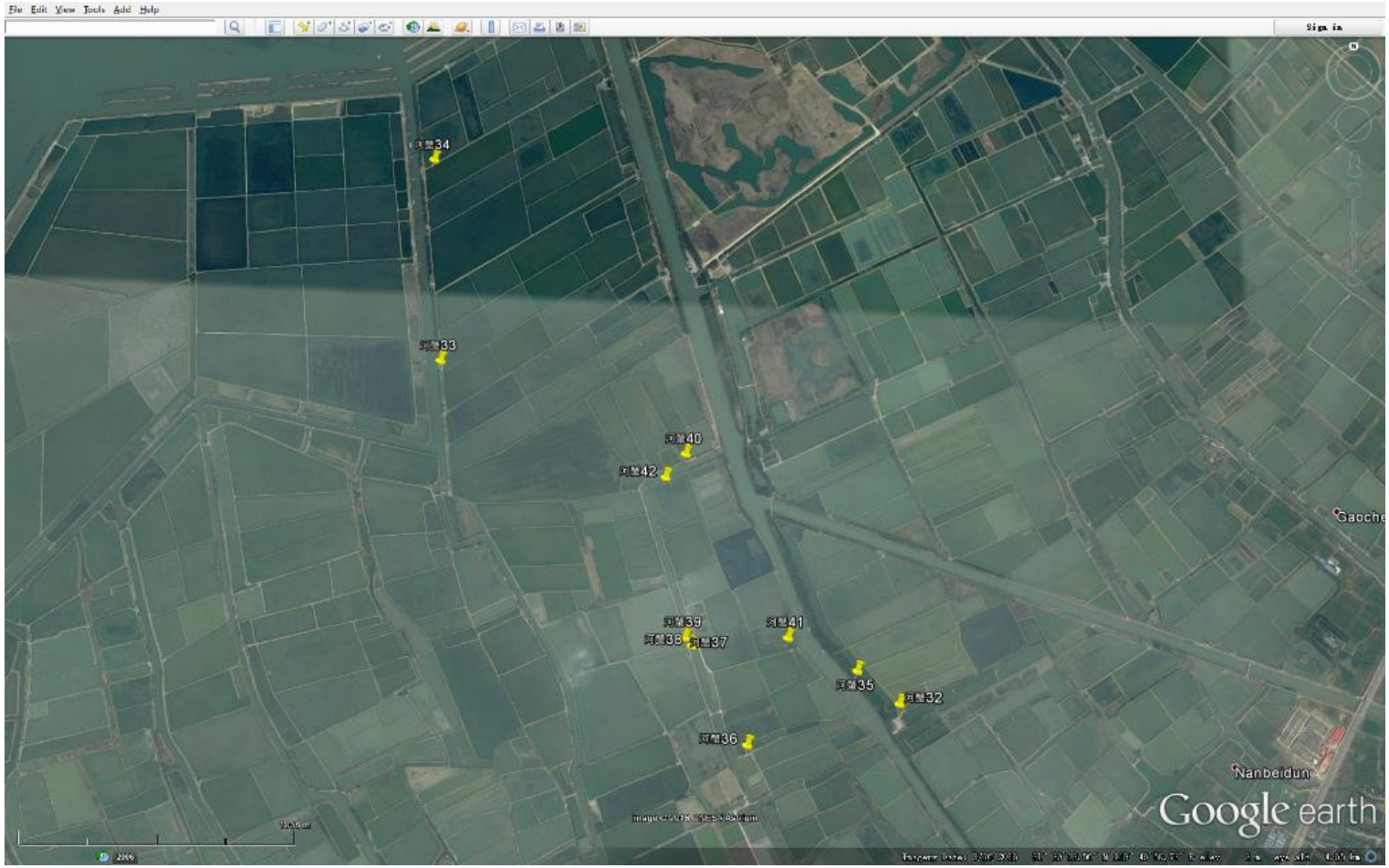
附图 **1**：江苏省宿迁市泗洪县调查中华绒螯蟹养殖户在 **Google** 地球卫星地图上的分布



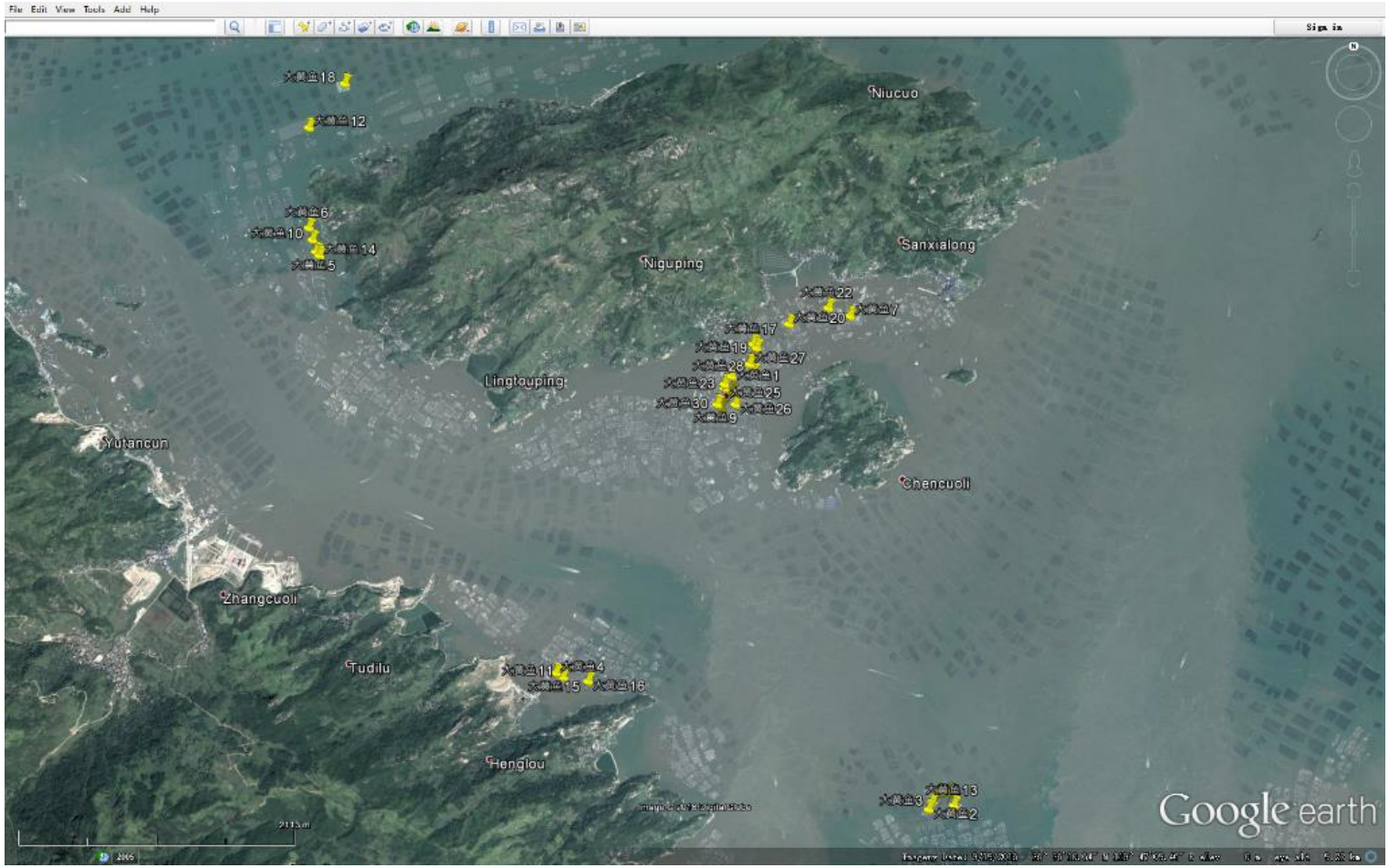
附图 **2**：江苏省泰州市兴化县调查中华绒螯蟹养殖户在 **Google** 地球卫星地图上的分布



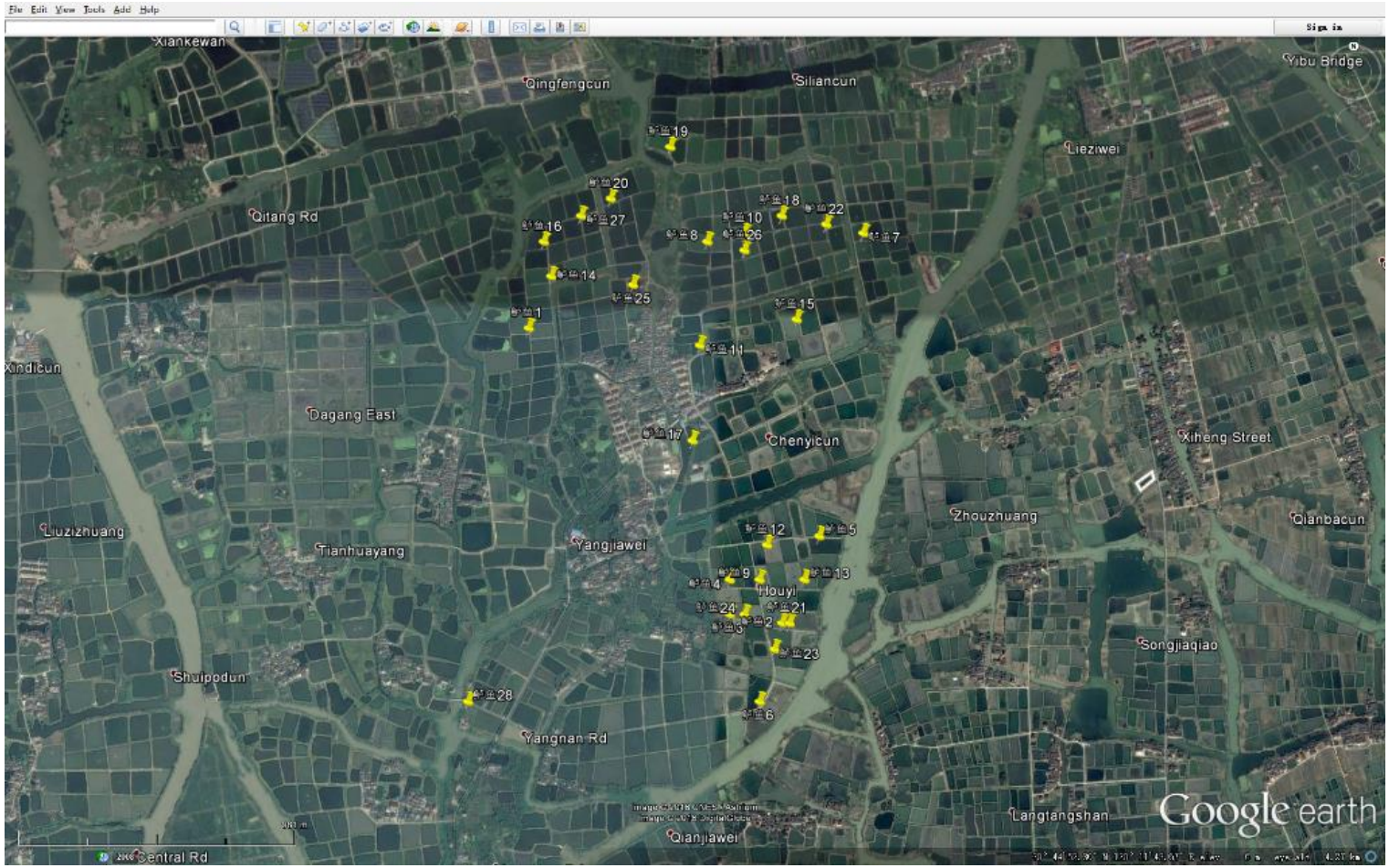
附图 **3**：江苏省无锡市宜兴市调查中华绒螯蟹养殖户在 **Google** 地球卫星地图上的分布



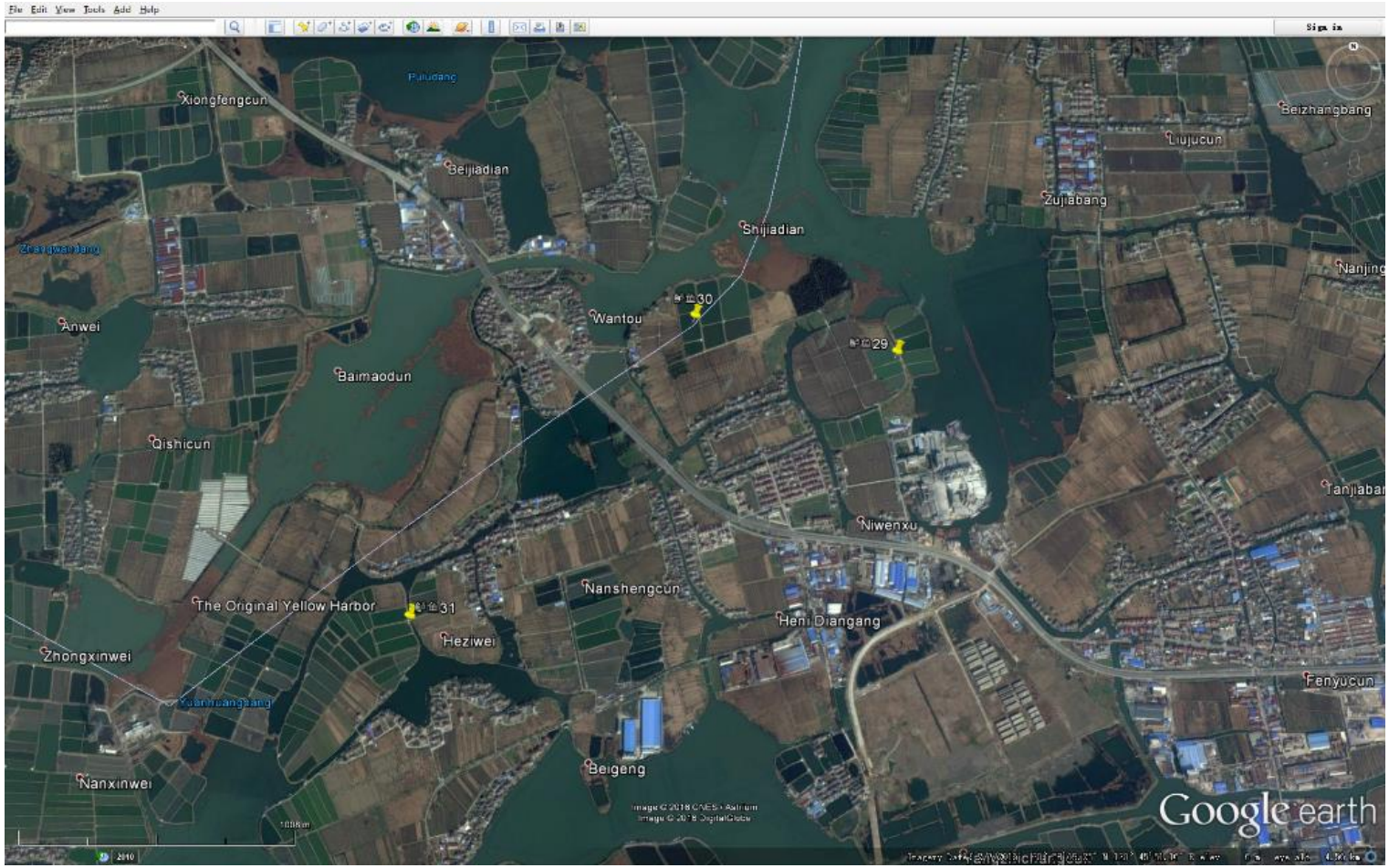
附图 **4**：福建省宁德市三都澳调查大黄鱼养殖户在 **Google** 地球卫星地图上的分布



附图 **5**：浙江省湖州市南浔区调查大口黑鲈养殖户在 **Google** 地球卫星地图上的分布



附图 6：浙江省嘉兴市嘉善县调查大口黑鲈养殖户在 Google 地球卫星地图上的分布



附录参考文献：

[1] Cao L, Naylor R, Henriksson P, et al. China’s aquaculture and the world’s wild fisheries. Science (80-). 2015;347(6218):133-135. doi:10.1126/science.1260149.

[2] Huang Y, Wen X, Li S, Li W, Zhu D. Effects of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition, fatty acid profiles and antioxidant parameters of juvenile chu’s croaker Nibea coibor. Aquac Int. 2016;24(5):1229-1245. doi:10.1007/s10499-016-9980-5.

[3] Zhang C, Huang K, Lu K le, et al. Effects of different lipid sources on growth performance, body composition and lipid metabolism of bullfrog Lithobates catesbeiana. Aquaculture. 2016;457:104-108. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.023.

[4] Yaghoubi M, Mozanzadeh MT, Marammazi JG, Safari O, Gisbert E. Dietary replacement of fish meal by soy products (soybean meal and isolated soy protein) in silvery-black porgy juveniles (Sparidentex hasta). Aquaculture. 2016;464:50-59. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.002.

[5] Nguyen NTB, Chim L, Lemaire P, Wantiez L. Feed intake, molt frequency, tissue growth, feed efficiency and energy budget during a molt cycle of mud crab juveniles, Scylla serrata (Forskål, 1775), fed on different practical diets with graded levels of soy protein concentrate as main source of protein. Aquaculture. 2014;434:499-509. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.014.

[6] 唐启升,韩冬,毛玉泽,等. 中国水产养殖种类组成、不投饵率和营养级[J]. 中国水产科学, 2016,(4): 729-758.

[7] 王宇. 鲍人工配合饲料水中稳定性和饲养效果观察[D].福建农林大学, 2015.

[8] 王春忠,严涛,曹文浩,等. 开放海区养殖鲍新技术效益分析[J]. 广东农业科学, 2013,(16): 120-123.

[9] 许永安,刘建诚,廖登远. 鲍系列人工配合饲料的研制及其养殖效果[J]. 江西水产科技, 2006,(4): 27-30.

[10] 王蔚芳,张文兵,麦康森,等. 饲料中钾对皱纹盘鲍幼鲍生长及其生理指标的影响[J]. 水生生物学报, 2012,(6): 1106-1112.

[11] 林鸿伟. 莆田南日鲍现状、产业发展分析与对策研究[D].集美大学, 2014.

[12] 郭泽雄. 海水养殖新秀———方斑东风螺[N/OL]. 中国渔业报. 2006-3-27. http://www.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbn ame=ccnd2006&filename=CYEB200603270053&dbcode=ccnd.

[13] 王志成,谢若痴,蔡德健. 方斑东风螺池塘养殖试验[J]. 水产科学, 2005,(10): 35-37.

[14] 王冬梅,方哲,王春吉,等. 方斑东风螺专用复矿添加剂的养殖效果[J]. 饲料工业, 2012,(4): 24-26.

[15] 冯永勤,周永灿,谢珍玉,等. 方斑东风螺健康养殖技术研究[J]. 渔业现代化, 2008,(1): 39-41.

[16] 邱明生,邱德全,杨世平,等. 一种方斑东风螺人工配合饲料的营养成分及其养殖效果[J]. 广东海洋大学学报, 2013,(1): 9-14.

[17] 唐启升,韩冬,毛玉泽,等. 中国水产养殖种类组成、不投饵率和营养级[J]. 中国水产科学, 2016,(4): 729-758.

[18] 苏燕卿. 龙海市凡纳滨对虾养殖现状调查及其发展对策的研究[D].集美大学, 2013.

[19] 李俊峰. 南美白对虾的淡化及养成技术的研究[D].苏州大学, 2009.

[20] 戴修赢. 苏州地区七种养殖池塘水质及其氮、磷收支研究[D].苏州大学, 2010.

[21] 刘清兵,曹启猛,于跃芹,等. 赤金蛋白 T30 替代南美白对虾饲料中鱼粉的效果研究[J]. 饲料工业, 2016,(6): 26-31.

[22] 王海芳,朱基美. 饲料中添加虾青素对南美白对虾生长、成活率及虾体内虾青素含量的影响[J]. 广东饲料, 2016,(4): 25-28.

[23] 周歧存,郑石轩,高雷,等. 投喂频率对南美白对虾(Penaeus vannamei Boone)生长、饲料利用及虾体组成影

响的初步研究[J]. 海洋 湖沼通报, 2003,(2): 64-68.
[24] 周歧存,肖风波. 海藻在南美白对虾饲料中的应用研究[J]. 海洋科学, 2003,(3): 66-69.
[25] 赵永锋,宋迁红. 盘点 2014 南美白对虾养殖[J]. 科学养鱼, 2014,(12): 13-17.
[26] 刘柱洪. 南美白对虾人工配合饲料中酶解植物蛋白粉(Pro-Bio)替代白鱼粉的研究[J]. 水产科技, 2010,(4): 22-24.
[27] 王国霞,黄燕华,黄文庆,等. 乳酸菌对南美白对虾生长、饲料利用和体组成的影响[J]. 中国饲料, 2010,(12): 24-26, 32.
[28] 王彩理,刘丛力,滕瑜. 南美白对虾的营养需求及饲料配制[J]. 天津水产, 2008,(Z1): 7-12.
[29] 阳会军,谭北平,方怀义. 饲料中添加不同水平β-葡聚糖对斑节对虾生长、存活及其抗病力的影响[J]. 饲料工业, 2001,(9): 18- 19
[30] 姜松,杨其彬,黄建华,等. 饲料蛋白水平对斑节对虾生长、血液生化指标及体成分的影响[J]. 海洋渔业, 2014,(1): 44-50.
[31] 李卓佳,林黑着,郭志勋,等. 中草药对斑节对虾生长、饲料利用和肌肉营养成分的影响[J]. 南方水产, 2007,(2): 20-24.
[32] 黄忠,林黑着,黄建华,等. 斑节对虾 6 个家系生长、饲料利用和全虾营养成分的比较[J]. 南方水产, 2009,(1): 42-47.
[33] 张加润,江世贵,林黑着,等. 不同品牌饲料对斑节对虾生长及水质影响的研究[J]. 南方水产科学, 2013,(6): 20-26.
[34] 朱伟,麦康森. 用麦胚芽粉取代对虾饲料中鱼粉的可行性研究[J]. 中国饲料, 2000,(12): 20-22.
[35] 吴成福,江世贵,林黑着,等. 饲料中 L-肉碱对斑节对虾肌肉中肌苷酸含量的影响[J]. 上海水产大学学报, 2008,(1): 72-76.
[36] 於叶兵,江世贵,林黑着,等. 芽孢杆菌对斑节对虾饲料表观消化率的影响[J]. 中国水产科学, 2007,(6): 919-925.
[37] 陈四清,于东祥,马爱军,等. 对虾包膜饲料的喂养试验[J]. 饲料工业, 2001,(11): 24-25.
[38] 丁永良,吕理森,王持. 连云港市对虾饲料工业调查报告[J]. 渔业现代化, 1985,(3): 35-39.
[39] 滕玉清,梁萌青,王正丽,等. 饲料中水解鱼蛋白对中国对虾非特异免疫的影响[J]. 渔业科学进展, 2011,(5): 84-91.
[40] 李爱杰,刘铁斌. 中国对虾养殖前期 4 种饲料配方的对比实验[J]. 齐鲁渔业, 2004,(10): 1-2.
[41] 苏跃朋,马甡,田相利,等. 中国明对虾精养池塘氮、磷和碳收支的研究[J]. 南方水产, 2009,(6): 54-58.
[42] 邢佐平,王连勇,卢伟,等. 池塘养殖中国对虾高产试验[J]. 水产养殖, 2006,(4): 24-25.
[43] 杨世平,关仁磊,李婷,等. 耕水机在日本囊对虾高位池养殖中的应用效果[J]. 安徽农业科学, 2015,(33): 86-91, 210.
[44] 周晨光,陈佳颖,黄秀癸. 日本对虾精养高产技术初探[J]. 齐鲁渔业, 2008,(2): 27.
[45] 许成团,龙起著. 湛江地区日本对虾高位池高产养殖技术[J]. 当代水产, 2016,(6): 79-81.
[46] 侯文杰,潘桂平,龙晓文,等. 三种饵料对三疣梭子蟹亚成体成活、蜕壳、生长和生化组成的影响[J]. 动物学杂志, 2016,(4): 642 -654
[47] 丁雪燕,周凡,黄富勇,等. 饲料中添加复合芽孢杆菌对三疣梭子蟹生长性能和消化酶活性的影响[J]. 宁波大学学报(理工版), 201 2,(1): 1-6.
[48] 高红建,田晓燕,袁琰,等. 三疣梭子蟹人工配合饲料适宜钙磷水平及其比例的研究[J]. 饲料工业, 2009,(6): 18-21.
[49] 丁天宝,孔德明,姚志刚. 人工配合饲料饲养梭子蟹试验[J]. 齐鲁渔业, 2004,(3): 26.
[50] 戴海军,徐功达. 人工配合饲料在三疣梭子蟹养殖中的应用试验[J]. 渔业致富指南, 2006,(22): 54-55.

[51] 苏以鹏. 锯缘青蟹人工配合饲料的初步研究[D].广西大学, 2013.
[52] 潘红平,莫兆莉,苏以鹏,等. 大麦虫粉替代鱼粉对锯缘青蟹的影响[J]. 饲料工业, 2014,(6): 47-49.
[53] 何龙德,黄豪贞. 红树林海区青蟹生态养殖效益分析与产业发展对策[J]. 广西水产科技, 2011,(2): 7-11.
[54] 周维武,姜启平,郑春波,等. 锯缘青蟹浅海吊笼养殖的可行性分析[J]. 中国水产, 2005,(10): 43-44.
[55] 王煜恒,丁威,陈军,等. 投喂人工配合饲料和冰鲜杂鱼对大菱鲆生长速度和饲料成本的影响[J]. 江苏农业科学, 2016,(7): 282-285.
[56] 牛化欣,雷霁霖,常杰,等. 冰鲜幼杂鱼和商品饲料对大菱鲆生长、脂质代谢及抗氧化功能的影响[J]. 动物营养学报, 2013,(11): 2696-2704.
[57] 石峰,王雨霏,刘园园. 不同饲料对大菱鲆生长速度和养殖效益分析[J]. 河北渔业, 2011,(10): 33-34.
[58] 佟伟,张劲松,寇锋,等. 大菱鲆养殖全程使用全价配合饵料与冰鲜杂鱼对比试验[J]. 河北渔业, 2014,(2): 38-39, 69.
[59] 陈四清,于东祥,马爱军,等. 牙鲆饲喂湿颗粒饲料的应用研究[J]. 海洋科学, 2002,(7): 59-61.
[60] 王海英,孙谧,薛长湖,等. 大菱鲆人工配合饲料中植物蛋白替代鱼粉的可行性研究[J]. 海洋科学, 2008,(6): 9-12, 34.
[61] 牛化欣,雷霁霖,常杰,等. 大菱鲆浮性膨化饲料驯化技术与应用初探[J]. 科学养鱼, 2014,(10): 67-68.
[62] 刘襄河,叶继丹,王子甲,等. 饲料中豆粕替代鱼粉比例对牙鲆生长性能及生化指标的影响[J]. 水产学报, 2010,(3): 450-458.
[63] 林建斌,李金秋,朱庆国. 南方池养牙鲆全人工配合饲料饲养试验[J]. 台湾海峡, 2005,(1): 115-121.
[64] 王辉,许学工. 山东省莱州市大菱鲆养殖经济效益评估[J]. 中国渔业经济, 2016,(2): 64-71.
[65] 王猛强,周飘苹,黄文文,等. 不同蛋白质水平下葡萄糖添加水平对大黄鱼生长性能、糖酵解和糖异生关键酶活性的影响[J]. 动物营 养学报, 2015,(8): 2431-2442.
[66] 刘招坤. 闽东地区大黄鱼养殖中饲料的使用现状分析[J]. 水产科技情报, 2015,(1): 41-44, 49.
[67] 马红娜,周飘苹,陆游,等. 不同脂肪和葡萄糖水平对大黄鱼生长性能、肝脏糖酵解和糖异生关键酶活性的影响[J]. 动物营养学报, 2016,(10): 3110-3122.
[68] 林永贺,张云,房伟平,等. 投喂小杂鱼和人工配合饲料对青石斑鱼生长和肌肉营养成分的影响[J]. 饲料工业, 2010,(8): 37-40.
[69] 吴文婵. 软质饲料与鲜杂鱼饵料饲养大黄鱼对比试验[J]. 福建水产, 2014,(3): 247-250.
[70] 程纯明. 20 多万吨的市场缺口,大黄鱼饲料市场尚处于蛮荒时期,天邦、七好已然开始发力[J]. 当代水产, 2016,(10): 41-43.
[71] 孟玉琼,马睿,申屠基康,等. 野生和人工配合饲料养殖大黄鱼品质的比较研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2016,(11): 108- 116
[72] 冯晓宇,丁玉庭,郑岳夫. 大黄鱼低沉性人工配合饲料养殖试验[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2006,(2): 143-147, 153.
[73] 李桑,陈春燕,黄旭雄,等. 植物油部分替代饲料中鱼油对大黄鱼脂肪及脂肪酸的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2015,(5): 726-736 .
[74] 李会涛,麦康森,艾庆辉,等. 大黄鱼对几种饲料蛋白原料消化率的研究[J]. 水生生物学报, 2007,(3): 370-376.
[75] 王广军,吴锐全,谢骏,等. 军曹鱼饲料中用豆粕代替鱼粉的研究[J]. 大连水产学院学报, 2005,(4): 304-307.
[76] 黄明坚,石和荣,周勤勇,等. 软颗粒饲料和冰鲜鱼在深水网箱养殖军曹鱼中投喂效果比较[J]. 渔业现代化, 2013,(6): 20-23.
[77] 古恒光,周银环. 深水网箱与传统网箱养殖军曹鱼效果的比较[J]. 中国水产, 2009,(10): 66-67.

[78] 李育培,卢传安,欧宗东,等. 西沙永乐群岛海域军曹鱼深水网箱健康高效养殖试验[J]. 中国水产, 2014,(1): 62-63.
[79] 任维美. 豆粉代替美国红鱼饲料中的鱼粉之效果[J]. 饲料工业, 1998,(6): 30-32.
[80] 林永添. 大型深水网箱养殖技术初探[J]. 河北渔业, 2014,(5): 37-38, 54.
[81] 钟明杰,李仁伟,洪志翔. 四种常见海水养殖鱼类人工配合饲料投喂效果的比较研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2003,(2): 163-166.
[82] 钟全福. 美国红鱼人工配合饲料饲养效果[J]. 科学养鱼, 2001,(2): 40.
[83] 卫丹凤,程纯明. 三大院士力挺石斑鱼产业[J]. 当代水产, 2013,(12): 46-49.
[84] 黄种持,陈度煌,林建斌,等. 人工配合饲料与小杂鱼对斜带石斑鱼生长性能影响[J]. 饲料研究, 2012,(9): 1-4.
[85] 林建斌,李金秋,朱庆国. 点带石斑鱼湿颗粒饲料饲养试验[J]. 福建农业学报, 2005,(4): 247-250.
[86] 陈度煌,郑乐云,林建斌,等. 不同饲料与小杂鱼对斜带石斑鱼生长和免疫力影响的研究[J]. 福建农业学报, 2013,(4): 309-314.
[87] 朱庆国. 不同动植物蛋白比人工配合饲料对点带石斑鱼生长的影响[J]. 福建水产, 2007,(3): 1-5.
[88] 洪惠馨,林利民,陈学豪,等. 配合饵料饲养青石斑鱼的研究[J]. 厦门水产学院学报, 1996,(1): 16-20.
[89] 肖林栋. 2014 年石斑鱼养殖业展望[J]. 当代水产, 2014,(2): 29-30.
[90] 肖林栋. 宏观经济新常态,石斑鱼该怎么养?[J]. 当代水产, 2015,(3): 31-32.
[91] 逯尚尉,刘兆普,余燕. 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼生长、营养成分及组织消化酶活性的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2010,(5): 648-653.
[92] 吴玉波. 利用大豆蛋白原料替代卵形鲳鲹饲料鱼粉的潜力和营养学机理[D].浙江大学, 2014.
[93] 王飞. 卵形鲳鲹饲料最适蛋白和脂肪需求及添加不同动植物原料的研究[D].上海海洋大学, 2012.
[94] 刘兴旺,王华朗,张海涛,等. 卵形鲳鲹幼鱼饲料中适宜蛋白能量比的研究[J]. 水产科学, 2011,(3): 136-139.
[95] 方卫东. 鲜杂鱼与人工配合饲料饲喂卵形鲳鲹对比试验[J]. 福建农业学报, 2005,(S1): 25-26.
[96] 董兰芳,张琴,许明珠,等. 不同糖源对卵形鲳鲹(Trachinotus ovatus)日增重、饲料利用和消化酶活性的影响[J]. 渔业科学进展, 2016,(3): 42-48.
[97] 蓝祥宾,陈文,翁如柏,等. 卵型鲳鲹近海网箱养殖试验[J]. 科学养鱼, 2005,(8): 37.
[98] 罗杰,杜涛. 卵形鲳鲹不同养殖方式的研究[J]. 水利渔业, 2008,(1): 70-71, 116.
[99] 王波,孙丕喜,董振芳. 黄尾鰤的生物学特性与养殖[J]. 渔业现代化, 2005,(3): 18-20.
[100] 陶启友,郭根喜,周学家. 深水网箱高体(鱼师)养殖试验报告[J]. 齐鲁渔业, 2005,(6): 3-6.
[101] 于建华,包玉龙,赵静. 黄条　循环水养殖技术[J]. 科学养鱼, 2015,(10): 41-42.
[102] 廖志强. 高体鰤网箱养殖技术[J]. 中国水产, 2003,(12): 60-61.
[103] 陆静,付文忠,邵庆均. 鱼粉部分替代后添加赖氨酸和蛋氨酸对黑鲷消化作用的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2014 ,(2): 21-26, 37.
[104] 陈心浩. 软颗粒饲料在真鲷网箱养殖中的应用研究[J]. 福建农业科技, 2012,(7): 67-70.
[105] 宋理平,韩勃,王爱英,等. 脂肪水平对淡水黑鲷生长及体成分的影响[J]. 长江大学学报(自然科学版)农学卷, 2010,(1): 2, 3,
[106] 曹建久,王利庆,刘坤,等. 淡水黑鲷池塘养殖试验[J]. 齐鲁渔业, 2007,(12): 41-42.
[107] 余海,黄大宏,殷兴銮,等. 条石鲷工厂化养殖技术的初步研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2010,(3): 215-221.
[108] 霍迪. 在日粮氨基酸组分平衡的条件下减少金头鲷日粮蛋白水平的可行性[J]. 饲料与畜牧, 2016,(4): 57-58.

[109] 吴江泉,黄大宏,陈威,等. 饲养密度对条石鲷生长的影响[J]. 现代渔业信息, 2010,(3): 25-27.
[110] 彭志东. 改良饲料养殖红笛鲷试验[J]. 渔业致富指南, 2007,(4): 54-55.
[111] 张红波,张现更,张培峰,等. 淡水黑鲷新品种引进与池塘养殖试验[J]. 渔业致富指南, 2007,(7): 45-46.
[112] 王成强,梁萌青,徐后国,等. 大规格鲈鱼(Lateolabrax japonicas)对饲料中花生四烯酸的需求量[J]. 渔业科学进展, 2016,(5):
[113] 朱择敏,马冬梅,白俊杰,等. 人工配合饲料、冰鲜杂鱼对大口黑鲈生长和 LPL 基因 mRNA 表达的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2014,(4):
[114] 韩广建. 利用膨化浮性饲料养殖加州鲈生产效果分析[J]. 淡水渔业, 2009,(6): 77-79.
[115] 蓝汉冰,陈翠英,黄永政,等. 饲料中不同水平维生素 A 对加州鲈生长和血清生化指标的影响[J]. 饲料工业, 2016,(12): 34-38.
[116] 王广军,吴锐全,谢骏,等. 投喂冰鲜下杂鱼和人工配合饲料对大口黑鲈养殖水质的影响[J]. 黑龙江水产, 2009,(2): 5-9.
[117] 刘晶. 加州鲈池塘生态养殖模式的初步研究[J]. 黑龙江水产, 2016,(5): 41-43.
[118] 赵志玉. 全程人工配合饲料大塘养殖加州鲈获成功[J]. 海洋与渔业, 2015,(4): 28-29.
[119] 郑飞,王永波,刘金叶,等. 豹纹鳃棘鲈投喂不同饵料的生长试验[J]. 科学养鱼, 2014,(2): 68-69.
[120] 厉成新,马庆男. 加州鲈膨化饲料和软颗粒饲料养殖效果对比试验[J]. 科学养鱼, 2016,(5): 68-69.
[121] 郭水荣,叶键,王力,等. 池塘人工配合饲料养殖“优鲈 1 号”高产技术[J]. 科学养鱼, 2016,(7): 25-26.
[122] 甘钦文. 水库网箱养殖加州鲈鱼试验[J]. 农业与技术, 2015,(4): 170, 185.
[123] 李胜杰,刘海涌,白俊杰,等. 大口黑鲈“优鲈 1 号”池塘高产高效养殖模式[J]. 水产养殖, 2015,(5): 1-3.
[124] 顾树庭,聂家凯,王荣泉. 大口黑鲈“优鲈 1 号”池塘生态养殖试验总结[J]. 水产养殖, 2016,(6): 12-13.
[125] 周立红,洪惠馨,林利民,等. 鲈鱼配合饵料的研究[J]. 饲料研究, 1998,(8): 8-9.
[126] 郑夫跃. 利用鸡肠喂养加州鲈鱼试验[J]. 渔业致富指南, 2007,(16): 42.
[127] 林仕梅,谭北平,魏万权. 不同养殖模式对草鱼生长的影响[J]. 饲料工业, 2006,(12): 24-25.
[128] 冯杰. 草鱼养殖模式探索及经济效益分析[J]. 科学养鱼, 2011,(12): 19-20.
[129] 习宏斌,龙洪圣,肖敏. 草鱼健康养殖模式与实践[J]. 科学养鱼, 2014,(2): 23-24.
[130] 刘立鹤,张恒,聂伟,等. 草鱼人工配合饲料添加酵母培养物对草鱼生长性能、肝肠功能的影响[J]. 武汉轻工大学学报, 2014,(1): 34
[131] 郑小淼,李小勤,魏静,等. 蚕豆、大巢菜籽及苦瓜籽饲料对草鱼生长、肌肉成分、组织生化指标和消化酶活性的影响[J]. 中国水
[132] 曲木,李长娥,刘宏超,等. 饲料不同糖脂比对鲤鱼生长、体成分及消化酶活性的影响[J]. 动物营养学报, 2016,(7): 2069-2078.
[133] 谢炎福. 3 种鲤鱼养殖模式的对比试验[J]. 水利渔业, 2006,(6): 66-67.
[134] 武平,欧志明,叶铨森. 用浮性饲料主养鳙鱼试验[J]. 科学养鱼, 2014,(6): 19-20.
[135] 於叶兵,赵卫红,刘飞,等. 鳙鱼人工配合饲料及其制作方法: 国别缺失, 专利号缺失[P/OL]. 公开日期缺失[引用日期缺失]. http://
[136] 姚大龙,刘勇. 粉状饲料和膨化饲料对水库网箱养殖花鲢生产性能及经济效益的影响[J]. 科学养鱼, 2013,(9): 73-74.
[137] 米海峰,文远红,戈贤平,等. 珠三角地区鳙鱼(大头)养殖现状与发展趋势[J]. 科学养鱼, 2016,(10): 82-84.
[138] 曾庆祥. 饲料挂袋法网箱养殖鳙效果的研究[D].华中农业大学, 2009.
[139] 刘家驹,孙建国. 鳙鱼生物饲料的开发与应用[J]. 科学养鱼, 2012,(7): 73-74.
[140] 谢少林,陈平原,吕子君,等. 饲料中添加螺旋藻对改良鲫生长和肌肉营养成分的影响[J]. 仲恺农业工程

学院学报, 2015,(2): 9-
[141] 顾夕章,李国富,吴江,等. 方正银鲫饲料中利用棉粕减少豆粕用量的研究[J]. 安徽农业科学, 2008,(31): 13656-13657, 13688.
[142] 於叶兵,王宽华,许杭峰. 小肽替代鱼粉对异育银鲫生产性能及鱼体组成的影响[J]. 安徽农业科学, 2008,(36): 15925-15927.
[143] 刘子梅. 当年养成湘云金鲫生态高效养殖示范试验[J]. 现代农业科技, 2011,(18): 318, 328.
[144] 皇康康,高启平,刘汉论,等. 三种投喂方式对小池塘鲤草鲫混养效果的影响[J]. 饲料工业, 2016,(10): 24-27.
[145] 陈万光,郭国强,张耀武. 池塘高密度养殖红白鲫技术[J]. 湖北农业科学, 2008,(11): 1334-1335.
[146] 梁爽,梁守仁. 异育银鲫的营养需求及安全生态营养型饲料配制[J]. 科学养鱼, 2013,(1): 72-73.
[147] 陈卓,叶元土,蔡春芳,等. 梭鱼鲫鱼池塘混养模式下的生长、饲料与养殖效益分析[J]. 科学养鱼, 2013,(9): 51-53.
[148] 皇康康,高启平,刘汉论,等. 三种投饵机对池塘草鲫混养的影响[J]. 当代水产, 2016,(6): 82-83, 85.
[149] 李建生,王寿昆,林树根,等. 添加海带废渣饲料养殖尼罗罗非鱼种的试验[J]. 福建农业大学学报, 1996,(4): 93-96.
[150] 罗海. 广西罗非、草鱼高效养殖案例分析[J]. 当代水产, 2015,(3): 71.
[151] 王贵仁,张吉成. 团头鲂驯化养殖试验[J]. 黑龙江水产, 2014,(5): 19-21.
[152] 刘新轶,马恒甲,谢楠,等. 三角鲂对几种饲料蛋白源的表观消化率研究[J]. 杭州农业与科技, 2015,(3): 25-27.
[153] 殷永风,胥辉,叶元土. 团头鲂池塘养殖模式与养殖效益分析[J]. 科学养鱼, 2014,(7): 19-20.
[154] 马恒甲,于宁,刘新轶,等. 三角鲂专用与非专用膨化饲料池塘养殖对比试验[J]. 科学养鱼, 2014,(11): 67-68.
[155] 陈礼和,刘建波. 水府庙水库鳊鱼网箱养殖试验报告[J]. 科学种养, 2013,(10): 42.
[156] 蒋阳阳,李向飞,刘文斌,等. 日粮糖水平对 1 龄团头鲂生长性能和体组成及血液生化指标的影响[J]. 南京农业大学学报, 2016,(2
[157] 刘开凤. 武昌鱼池塘精养高产技术[J]. 渔业致富指南, 2015,(17): 33-35.
[158] 燕杰,文永辉,王卫民,等. 饲料不同蛋白源对泥鳅稚鱼生长性能、体氨基酸组成和抗氧化性能的影响[J]. 华中农业大学学报, 20
[159] 刘小平,付辉云,刘中惠,等. 日本鳅中高密度生态养殖试验[J]. 江西水产科技, 2015,(2): 28-29.
[160] 赵子明,陈小江. 两种泥鳅养殖生产试验[J]. 科学养鱼, 2015,(10): 36-37.
[161] 沈斌乾,陈建明,王岩,等. 饲料中蛋白水平对泥鳅生长和体组成的影响[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2014,(3): 240-24
[162] 吴强强,张璐,陈效儒. 3 种不同饲料对黄颡鱼生长性能、形体指标及鱼体成分的影响[J]. 当代水产, 2013,(10): 70-71.
[163] 朱磊,叶元土,蔡春芳,等. 膨化饲料中玉米蛋白粉对黄颡鱼生长的影响[J]. 中国粮油学报, 2014,(5): 84-89.
[164] 杨景峰,包华驹,张成国. 池塘主养黄颡鱼高产示范试验[J]. 现代农业科技, 2013,(9): 265, 267.
[165] 唐德文,范红深,段春生,等. 黄颡鱼“全雄 1 号”与黄颡鱼饲养效果对比分析[J]. 淡水渔业, 2014,(1): 102-105.
[166] 黄沛,马金刚. 3 种膨化颗粒饲料养殖黄颡鱼效果对比试验[J]. 湖北农业科学, 2010,(12): 3153-3155.
[167] 沈志刚. 黄颡鱼蛋白质需求及饲料配方[J]. 齐鲁渔业, 2010,(4): 38-40.
[168] 李立军,李华. 黄颡鱼营养需求及营养生态型膨化饲料配制[J]. 科学养鱼, 2014,(7): 67-68.

[169] 向朝林,张伟涛,叶元土,等. 池塘高密度养殖黄颡鱼的生长和效益分析[J]. 饲料研究, 2011,(5): 69-71.
[170] 陶桂庆. 池塘主养瓦氏黄颡鱼试验[J]. 渔业致富指南, 2015,(4): 56-59.
[171] 王亚军,林文辉,杨智慧,等. 发酵豆粕部分替代鱼粉对日本鳗鲡生长性能和体内矿物元素的影响[J]. 南方水产科学, 2013,(3):
[172] 郑顺泉. 山区土池养殖欧洲鳗技术[J]. 渔业致富指南, 2014,(1): 44-47.
[173] 郑广. 池塘精养淡水白鲳技术试验[J]. 江西饲料, 2014,(2): 32-34.
[174] 张梁,周维禄,杨世平. 饲料酵母替代部分鱼粉养殖淡水白鲳试验[J]. 郑州牧业工程高等专科学校学报, 2003,(1): 4-5.
[175] 房俊,顾宏兵,周建宏. 苏中地区池塘主养淡水白鲳一年两茬技术初探[J]. 水产养殖, 2013,(2): 28-29.
[176] 刘维水. 内陆山区池塘主养淡水白鲳高产高效技术[J]. 渔业致富指南, 2014,(4): 61-63.
[177] 孟陆丽,程谦伟,石永峰,等. 不同蛋白质水平的饲料对鲇鱼生长性能的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2009,(3): 46-47.
[178] 吴宗文,蒋礼平,梁勤朗,等. 池塘养殖南方鲇新“八字”技术研究[J]. 农村养殖技术, 2013,(11): 66-67.
[179] 艾庆辉,谢小军. 南方鲇的营养学研究:饲料中大豆蛋白水平对生长的影响[J]. 水生生物学报, 2002,(1): 57-65.
[180] 冷向军. 青鱼的营养需求与人工配合饲料研究[J]. 饲料工业, 2016,(6): 1-7.
[181] 张从义,李金忠,朱勇夫,等. 青鱼池塘不同养殖模式经济效益分析比较[J]. 科学养鱼, 2014,(9): 22-24.
[182] 姜洪. 北方池塘青鱼养殖试验[J]. 科学养鱼, 2016,(6): 85.
[183] 龚希章,王道尊,吴大铭. 人工配合饲料养殖青鱼的生产效果[J]. 上海水产大学学报, 1997,(4): 295-300.
[184] 王文彬. 青鱼池塘高产养殖技术[J]. 渔业致富指南, 2009,(12): 29-30.
[185] 徐敬介. 水库网箱养殖青鱼技术[J]. 渔业致富指南, 2016,(17): 29-32.
[186] 钟进. 优异的青鱼饲料[J]. 致富天地, 2008,(8): 39.
[187] 马霞,陈效儒,潘瑜,等. 乌鳢饲料中木薯粉替代不同比例面粉的营养效果[J]. 动物营养学报, 2015,(11): 3597-3603.
[188] 王宇希,冯晓宇,李行先,等. 杂交鳢和乌鳢池塘养殖对比试验[J]. 水产科学, 2009,(11): 683-686.
[189] 左亚男,郑伟,刘凡宁,等. 饲料中膨化全脂大豆粉添加蛋氨酸替代鱼粉对乌鳢生长和代谢的影响[J]. 饲料工业, 2015,(24): 17-
[190] 李贵雄. 乌鳢人工配合饲料蛋白质最适量的试验研究[J]. 齐鲁渔业, 2009,(2): 19-20.
[191] 陈学豪,姜才根. 促生长剂在乌鳢饲料中应用的初步研究[J]. 齐鲁渔业, 2010,(3): 5-7, 7.
[192] 杨凤香,郑伟力,陈奇,等. 不同饲料对乌鳢鱼种生长速度及养殖效益的对比试验[J]. 科学养鱼, 2011,(4): 64-65.
[193] 孟宪菊,李华,朱站英,等. 三种不同饲料投喂乌鳢的效果对比分析[J]. 科学养鱼, 2016,(6): 70-71.
[194] 茆健强,唐忠林,沈建萍. 乌鳢苗种大豆人工配合饲料养殖试验[J]. 水产养殖, 2009,(5): 1-2.
[195] 顾宏兵,房俊,王玉梅,等. 大规格池塘采用膨化颗粒饲料养殖乌鳢的效果[J]. 养殖与饲料, 2012,(4): 15-18.
[196] 聂国兴,周夏. 乌鳢人工配合饲料的研究[J]. 饲料工业, 2001,(12): 28-29.
[197] 乔永刚. 鱼类饲料中蝇蛆培养物替代鱼粉的研究[D].中国海洋大学, 2014.
[198] 杨帆. 蝇蛆在黄鳝饲料中替代鱼粉的应用研究[D].华中农业大学, 2011.
[199] 田罡,龚世园,潘望城. 三种植物蛋白源对黄鳝生长和肌肉营养成分的影响[J]. 湖北农业科学, 2013,(5): 1109-1112, 1117.
[200] 吕敏. 黄鳝短期饲养催肥技术[J]. 农村实用科技信息, 2009,(11): 11-12.
[201] 陈芳,杨代勤,阮国良,等. 黄鳝人工配合饲料的研制及饲养试验[J]. 水利渔业, 2005,(5): 77-78.

[202] 胡亚军,李昭林,田芊芊,等. 饲料中添加复合益生菌对黄鳝生长、消化酶活性、部分血清生理生化指标以及体成分的影响[J]. 中
[203] 杨代勤,余进峰,赵新安,等. 黄鳝人工配合饲料无土养殖试验[J]. 水利渔业, 2001,(5): 18-19.
[204] 陈振华,张勇,林志强. 黄鳝的不同饵料及养殖效果[J]. 内陆水产, 2001,(4): 34.
[205] 冯端林,郭万正,严念东,等. 不同蛋白水平的膨化菜籽人工配合饲料对斑点叉尾鮰生长的影响[J]. 饲料工业, 2014,(10): 23-26.
[206] 殷永风,叶元土,张宝彤,等. 棉籽油对斑点叉尾鮰生长性能和脂肪酸组成的影响[J]. 饲料工业, 2013,(12): 20-23.
[207] 蒋小珍,张盛,黄凯,等. 饲料糖水平对斑点叉尾鮰生长和生理机能的影响[J]. 广东农业科学, 2014,(17): 111-118.
[208] 杨四秀,何振华. 双牌水库网箱养殖斑点叉尾鮰试验[J]. 齐鲁渔业, 2009,(7): 15-16.
[209] 金海林. 斑点叉尾鮰养殖试验总结[J]. 农业科技与信息, 2011,(19): 55-56.
[210] 郑宗林,金立志. 专利植物提取物对斑点叉尾鮰生长性能的研究[J]. 饲料研究, 2009,(5): 63-66, 69.
[211] 孟繁伊,Robinette H.Randall,Young Constance. 酵母培养物对饲喂高纤维饲料池塘养殖鮰鱼生产性能的影响[J]. 饲料与畜牧,
[212] 程媛媛,周洪琪,华雪铭,等. 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对罗氏沼虾生长、氨基酸沉积率和肌肉营养成分的影响[J]. 中国水产科学
[213] 梁雄培,周歧存,黎明,等. 饲料中补充晶体蛋氨酸和羟基蛋氨酸钙对罗氏沼虾幼虾生长性能的影响[J]. 宁波大学学报(理工版),
[214] 周成东,李海洋,何吉祥. 玉米蛋白对罗氏沼虾的适口性和生长的影响[J]. 畜牧与饲料科学, 2010,(4): 38-41.
[215] 张伯文,孙龙生,姜亮,等. 蚯蚓粉替代鱼粉对罗氏沼虾生长性能的影响[J]. 中国饲料, 2011,(15): 38-40.
[216] 王亚君,孙龙生,刘晓翠,等. 不同养殖密度与饲料蛋白质水平对罗氏沼虾生长性能的影响[J]. 科学养鱼, 2014,(1): 67-69.
[217] 彭刚,陆全平,王明华,等. 饲料中添加植酸酶对青虾生长性能的影响[J]. 现代农业科技, 2008,(20): 229, 232.
[218] 茆健强,唐忠林,张李阳,等. 新型青虾饲料高效养殖试验[J]. 水产养殖, 2011,(9): 1-3.
[219] 戈杰. 青虾实用饲料配方 15 例[J]. 渔业致富指南, 2005,(4): 34.
[220] 程东海,颉志刚. 饲料蛋白水平和动物蛋白源对克氏原螯虾存活和生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2012,(22): 11311-11313.
[221] 吴东,夏伦志,侯冠军,等. 3 种蛋白水平饲料对克氏螯虾生长和虾肉品质的影响[J]. 淡水渔业, 2007,(5): 36-40.
[222] 陈勇. 饲养密度对克氏原螯虾成活率和肝胰腺三种免疫酶的影响[J]. 湖北农业科学, 2016,(16): 4237-4240.
[223] 陈树桥,陈勇,唐春萍,等. 饲料来源对克氏原螯虾生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2013,(9): 214-215.
[224] 柴继芳,周春芳,贾俊威. 利用人工配合饲料精养克氏原螯虾的试验[J]. 畜牧与饲料科学, 2010,(1): 49-50.
[225] 孟晶,王中霞,汪海卫. 日粮脂肪水平对克氏原螯虾的生长、体组成及脂肪酸组成的影响[J]. 水产养殖, 2016,(7): 19-26.
[226] 高光明,夏志,苏运河,等. 克氏原螯虾稻田养成技术与对照实验报告[J]. 渔业致富指南, 2014,(14): 60-64.
[227] 张从义,雷晓中,李金忠,等. 基于“稻-虾”耦合养殖模式投喂人工配合饲料的研究[J]. 养殖与饲料, 2016,(8): 29-32.

[228] 张家宏,王守红,寇祥明,等. 饲料中蛋白质和脂肪水平对克氏原螯虾生长的影响研究[J]. 江西农业学报, 2012,(8): 88-93.
[229] 李敬伟,李文宽,肖祖国,等. 不同配方饲料对稻田养殖中华绒螯蟹生长和效益的影响[J]. 水产科学, 2009,(11): 678-682.
[230] 杨志刚,阙有清,纪连元,等. 以人工配合饲料替代杂鱼对中华绒螯蟹生长及消化酶活性的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2013,(3): 29
[231] 潘杰,吴旭干,赵恒亮,等. 三种投喂模式对河蟹二龄成蟹养殖性能的影响[J]. 淡水渔业, 2016,(2): 87-93.
[232] 郭建林,王友慧,叶金云,等. 枯草芽孢杆菌对中华绒螯蟹的生长性能和体成分的影响[J]. 饲料工业, 2011,(22): 14-17.
[233] 张耀红,崔青曼,刘学军,等. 三种饲料对河蟹饲养效果的比较试验[J]. 河北渔业, 2000,(5): 33-34, 37.
[234] 阙有清,杨志刚,成永旭,等. 人工配合饲料替代杂鱼等天然饵料养殖河蟹[J]. 科学养鱼, 2011,(12): 64-65.
[235] 梁守仁,梁爽. 河蟹生态营养型人工配合饲料的配制[J]. 科学养鱼, 2013,(8): 74-75.
[236] 石小平,谷洋. 河蟹生态养殖中动物性饵料量的调查分析[J]. 内陆水产, 2008,(9): 4-6.
[237] 刘伟杰,张金彪,葛永春,等. 饵料结构对池塘河蟹生长性能及营养积累的影响[J]. 水产养殖, 2016,(7): 5-9.
[238] 何杰,吴旭干,赵恒亮,等. 全程投喂人工配合饲料条件下池养中华绒螯蟹的生长性能及其性腺发育[J]. 中国水产科学, 2016,(3): 60
[239] 刘泽华,吴旭干,龙晓文,等. 育肥饲料中植物油混合替代鱼油对中华绒螯蟹雄体脂肪酸代谢相关基因表达的影响[J]. 水生生物学
[240] 李存琳. 饲料中添加富有机硒养殖中华鳖试验[J]. 科学养鱼, 2015,(6): 37-38.
[241] 贾艳菊,王海燕,廖幸,等. 淀粉预糊化对中华鳖生长和饲料利用的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2016,(5): 637-
[242] 林逸兰. 饲料及微生态制剂对左江鳖成鳖生产性能的影响及效益分析[J]. 现代农业科技, 2009,(3): 211-212.
[243] 华颖,邵庆均. 中华鳖营养与饲料研究进展[J]. 饲料工业, 2011,(16): 18-22.
[244] 汤广强,张秋明,覃向东. 不同池塘环境和饲料条件对中华鳖生产性能及经济效益影响试验[J]. 广西农业科学, 2009,(3): 307-3
[245] 赵春光. 龟鳖饲料的合理配制与科学投喂(三)[J]. 科学养鱼, 2010,(3): 12-14.
[246] 张建人,杨芳,柳光宇. YLY 在日本品系中华鳖温室养殖的应用效果[J]. 科学养鱼, 2014,(3): 50-52.
[247] 沈城,方华,郭子好,等. 发酵豆粕替代部分鱼粉对中华鳖生长性能、体成分及肠道消化酶活性的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2015
[248] 吴格天,赖年悦,王幼鹏,等. 环保型高效中华鳖膨化饲料的研制与应用[J]. 水产养殖, 2014,(12): 1-4.
[249] 唐精,张宝彤,萧培珍,等. 植物蛋白替代鱼粉对中华鳖生长性能、体组成及消化力的影响[J]. 中国饲料, 2013,(17): 29-33.
[250] 袁琰,周凡,代小芳,等. 全熟化颗粒料和粉状料在中华鳖温室养殖中的效果对比研究[J]. 饲料与畜牧, 2014,(5): 24-26.
[251] 何中央,周凡,张海琪,等. 蝇蛆蛋白粉在中华鳖日本品系饲料中应用效果初探[J]. 中国饲料, 2013,(3): 30-32, 40.
[252] 范伟旗. 饲喂龟的两个最佳饲料配方[J]. 当代畜禽养殖业, 2010,(10): 33.
[253] 刘翠娥,梁启防,李若利,等. 不同饲料对小鳄龟增重的影响[J]. 广东农业科学, 2008,(1): 85-86.
[254] 魏成清,赵伟华,朱新平,等. 不同饵料对黄喉拟水龟稚龟生长的影响[J]. 集美大学学报(自然科学版)(网

络预览本), 2010,(4):
[255] 王贺,姚振峰. 不同水平植物蛋白替代对鳄龟生长的影响研究[J]. 科学养鱼, 2013,(2): 74-75.
[256] 陈春山,魏凯,刘康,等. 人工条件下不同饲料饲养金钱龟效果的研究[J]. 四川动物, 2011,(4): 586-589.
[257] 方卫东. 饲料中大豆粕替代鱼粉对牛蛙生长性能、消化酶活力和肠道组织结构的影响[D].集美大学, 2016.
[258] 何福林,陈才. 膨化饲料水库网箱养殖牛蛙试验[J]. 水产科学, 2006,(3): 140-142.
[259] 符史杭,汪继超,傅丽蓉,等. 海南省人工养殖虎纹蛙的现状及其对策[J]. 湖北农业科学, 2013,(5): 1118-1120.
[260] 皇康康,张春晓,王玲,等. 饲料蛋白质和脂肪水平对牛蛙生长性能的影响[J]. 水产学报, 2014,(6): 877-887.
[261] 胡石亮,陈学文,谭利群,等. 大蒜素在牛蛙饲料中应用效果的研究[J]. 饲料研究, 2000,(3): 32-33.
[262] 胡田恩,王玲,张春晓,等. 饲料中添加胆汁酸对牛蛙生长性能、体组成和营养物质表观消化率的影响[J]. 水生生物学报, 2015,(
[263] 吕云云,常青,陈四清,等. 发酵豆粕对圆斑星鲽生长及消化能力的影响[J]. 水生生物学报, 2016,(1): 10-18.
[264] 秦搏,陈四清,曹栋正,等. 圆斑星鲽网箱养殖研究[J]. 渔业现代化, 2014,(6): 8-13.
[265] 吕云云,陈四清,于朝磊,等. 饲粮蛋白脂肪比对圆斑星鲽(Verasper variegates)生长、消化酶及血清生化指标的影响[J]. 渔业科学进展, 2015, 卷缺失(2): 118-124.
[266] 姜燕,王印庚,麦康森,等. 利用酿酒酵母发酵刺参饲料的条件优化研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2015,(5): 28-38.
[267] 马晶晶,王际英,张利民,等. 紫花苜蓿浓缩叶蛋白替代鱼粉对星斑川鲽氮磷排泄的影响[J]. 中国饲料, 2013,(2): 38-41.
[268] 李青,关洪斌,王晓兰,等. 5 种海参人工配合饵料研究[J]. 饲料研究, 2016,(7): 32-36.
[269] 王晓晨. 主要营养素源对暗纹东方鱼鲀生长、水质、消化吸收和免疫抗氧化的效应研究[D].中国科学院研究生院(海洋研究所),
[270] 苏鹏. 壳寡糖对红鳍东方鲀(Takifugu rubripes)生长、免疫酶及肠道菌群的影响[D].大连海洋大学, 2016.
[271] 陈亚芬,陈源高,刘正文,等. 暗纹东方鲀温室养殖技术及其经济效益分析[J]. 海洋湖沼通报, 1999,(1): 51-55.
[272] 李金秋,林建斌,朱庆国,等. 双斑东方鲀湿颗粒饲料饲养试验[J]. 科学养鱼, 2003,(5): 52.
[273] 李红芸. 暗纹东方鲀池塘养殖试验[J]. 内陆水产, 2003,(11): 13.
[274]谢林荣. 暗纹东方鲀低盐度海水养殖技术及经济效益分析[J]. 水产养殖, 2011,(12): 15-16.
[275] 陈萱,陈昌福.日本用豆饼替代鱼粉饲养五条(鱼师)的研究与应用效果[J].养殖与饲料,2004,(6):4-6.DOI:10.3969/j.issn.1671-42 7X.2004.06.001.
[276] "http://www.moa.gov.cn/sjzz/yzjzw/kjbzyzj/zhkjbz/201505/t20150525_4614047.htm 浙江三门县海洋与渔业局开展青蟹人工配合饲料投喂试验"