

# 中国可持续水产品评价体系

## iFISH 评价方法与指标详解

在过去十年，全球用于衡量海产品可持续性的生态标签（认证），即 Eco-labeling，和生态评级，即 Eco-rating 的方案已有不下十套。这些生态标签和生态评级系统为消费者提供了一个便捷的工具，帮助人们做出有利于环保的消费选择。

这些工具各有所长，但往往在小规模或生计型渔业上应用有限，不是因为过高的评估成本就是由于缺乏科学数据，导致认证或评级无法实施。同一种鱼也可能被这个评级体系视为“良好”，却被另一个体系视为“糟糕”，难免造成一些混乱的信号。

在捕捞渔业中，最具代表性的几个认证和评级系统（MSC，Seafood Watch，OceanWise，SeaChoice）的可持续发展指标是类似的。他们都专注于捕捞作业对生物种群和海洋生境的直接影响，考察渔业管理的有效性，如：是否有足够的科研、监测和执法。而他们没有考虑的方面也非常相似：没有评估动物福利、劳工待遇（公平交易）、渔业对当地社区的影响、海产品中的毒素水平（食品安全），以及渔业生产过程中的碳足迹。换句话说，他们不考虑渔业更广泛的环境和社会影响，重点着眼于保护物种和海洋栖息地。

在养殖渔业中，最常见的几个认证体系（ASC，BAP，GlobalGAP）的可持续发展指标也很类似，往往都包括养殖所需苗种对野生种群依赖程度、养殖过程对周边环境和栖息地的危害、其饲料鱼粉依赖的野生渔业资源的管理情况、化学物质的使用和残留、是否为引进物种（逃逸）等。近几年，随着泰国捕虾业非法雇佣和奴役劳工的问题曝光，少数评价系统更新了标准，将社会环境影响、劳工权利、儿童和妇女权益等问题也陆续纳入评价范畴。

## 研究背景

近年来，我国水产渔业虽然保持相对稳定增长，但是，简单的“增量型”产业发展战略已经无法满足越来越注重质量和体验的中国消费市场，也不能适应日益激烈的资源竞争。正如今年农业部提出要“以转方式调结构为主线，以优化布局、提质增效、节水减排、养护资源为重点”推进水产渔业的转型升级，我们也观察到，来自终端市场对优质、可持续

水产品的需求日益突显，建立一套适应中国水产行业特点的可持续水产品评价体系势在必行。

虽然国外已经开发和推广了很多同类评价体系，我们也非常认同国外同行对水产品可持续性的定义，乐于借鉴经过他们大量理论和实践总结提炼出的一系列指标。但是，我们也深深意识到，中国国情和产业结构独一无二，我们必须敢于创新，打破西方主导式思维的局限性，发展属于我们中国自己的评价指标和数据库。如果不重视对本土产业发展历史和现状的充分解读，只是一味照搬国外经验，这样开发出的评价体系也必然脱离实际，无法真正发挥引导行业良性发展的作用。

一方面，国内的水产品品种不同于国外主流消费品种，且更新换代快；不论是捕捞还是养殖，其涉及的生产技术和模式都和西方发达国家有较大差异。另一方面，中国大部分生产主体的规模、组织形式、文化和经济水平依然处于弱工业化状态，相应的，由这些主体构成的产业在市场经济浪潮中，面对更具组织化和计划性的国内外资源竞争者，面对不可预见的天灾人祸时，仍显得非常脆弱。我国大部分水产行业都曾经或正在经历大起大落、暴涨暴跌的恶性循环，仍在努力由“量产”向“质变”转化过程中挣扎。因此，在探讨中国水产行业的可持续发展时，除了人们立刻联想到的生态环境可持续性以外，我们不得不充分考虑产业的经济可持续性以及社会可持续性，甚至后两者在某些情况下是实现前者的前提和基础。

然而，不论从官方掌握的数据还是民间披露的信息来看，我国水产行业目前能提供给第三方机构开展独立评估所需的产业相关信息比较有限，数据缺乏或者产业发展指标难以量化都是开展水产品可持续性评价面临的挑战。尽管如此，我们依然需要迈出第一步，哪怕从最简单的指标入手，从历史研究数据相对充实的品种或产业版块入手，逐步完善指标设计，完善数据库结构，扩大覆盖品种范围。

因此，本项目开发团队在 2016 年上半年经过大量文献研究、产业调查、数据挖掘和分析、利益相关方参与式设计等一系列工作，初步选取了“产业健康度”、“生态友好性”、“综合安全性”这三大类指标构成 iFISH 的核心要素，以此衡量我国水产品养殖和捕捞过程中对社会、经济和环境的各方面影响。

## 界定评价对象

针对中国水产行业发展现状特点，iFISH 依据常见生产方式，将中国水产品初步划分为：增殖、养殖和捕捞三大类别。

增殖：特指在自然生态系统内的封闭水体或已确权的开放水域，保持原生态环境不变，根据水体的初级生产力投放种苗，之后在没有人干预（投饵、增氧、防病、进排水等）的情况下收获水产品的一种生产方式。主要体现为大水面淡水鱼类增殖渔业（如银鱼、鲢鳙），底播贝类、复合型生产系统下的甲壳类（如，稻田兼作小龙虾）等。

养殖：一般指在人为控制下繁殖、培育和收获水生动植物的过程。为区别于增殖渔业，此处尤指需要人工投喂的生产过程，包括封闭的池塘、管道和开放水域里的网箱、围栏、吊笼等。

捕捞：一般指利用各种渔船、渔具捕捞设备获取天然水体中的水生动植物的过程。为区别于增殖渔业，在没有确权的开放水域，通过人工放流幼鱼苗种补充和恢复的野生水生生物资源，例如，每年各海区放流的大黄鱼、梭子蟹，在本评价体系中属于捕捞而非增殖。

初期数据库筛选品种时，我们优先选择《中国渔业统计年鉴》里统计的品种，以及市场上流通比例较高、零售终端销量较大的品种。

某些品种在市场上同时存在多种生产方式的供应来源时，我们依据市场经验和行业观察，选取主流生产方式作为评价对象的生产方式，例如：斑节对虾虽然既有捕捞也有养殖的，但前者产量较小，且多被捕捞所在地的本地市场消费，很少进入流通环节，因此，我们仅对养殖的斑节对虾开展快速评价；而梭子蟹在市场上也有捕捞和养殖两种生产方式，从产量和市场地域分布来看，捕捞和养殖在不同区域都各有一定代表性，于是，就分别对两类梭子蟹开展快速评价。

## 等级与标识说明

根据中国可持续水产品评价体系 iFISH 项目组联合中国各大水产渔业科研院所和权威专家开展的行业调研与咨询工作，iFISH 综合产业健康度、生态友好性、食品安全等各方面指标，对中国本土常见水产品可持续发展水平做出快速评价，各项指标得分经特定算法所得总分按照以下标准划为三个等级，并以不同颜色标识：

- **蓝色** -- 综合得分大于或等于 85，优异（Best），表示该水产品生产过程对自然环境和社会环境的影响非常小
- **绿色** -- 综合得分大于或等于 70，而小于 85，良好（Good），表示该水产品生产过程对自然环境和社会环境的影响可控
- **黄色** -- 综合得分小于 70，尚可（Acceptable），表示该水产品生产过程对自然环境和社会环境造成一定影响，有待改进

iFISH 数据库中部分水产品因缺失关键数据或某些指标得分异常，需要补充信息或开展全面评价方可给出确切结论的，暂时以灰色（To Be Rated）标识。

## 具体指标及算法

### 1. 产业健康度

产业健康度（Resilience），又称系统恢复力，反映了生态系统、个体或社群在面对外来压力和风险时的应对能力、能动性和灵活性。该概念始于上世纪 70 年代，1973 年美国生态学家霍林（C. S. Holling）将恢复力引入到生态系统稳定性的研究中，并将其定义为系统吸收干扰并继续维持其功能、结构、反馈等不发生质变的能力。现在恢复力被广泛地应用于社会发展领域，人们普遍认为这种抵御混乱的恢复力将成为全球可持续发展的关键。在本研究中，体现产业恢复力即产业健康度的变量包括“水产品获得认证的比例”、“自然繁殖力（针对捕捞品种）”以及“水产品价格波动水平”等。通过选取国内外比较有影响力的水产品认证体系（无公害、绿色、有机、ChinaGAP，MSC、ASC 等），依据通过各认证的产量总和与渔业统计年鉴公布的 2014 年总产量（适用于国内认证）或者与联合

国粮农组织 ( FAO ) 公布的 2014 年总产量 ( 适用于国际认证 ) 之比, 经转换获得分值, 得分越高表示该品种的生产标准化、规范化的相对水平越高。

## 1.1 认证水平

### 国内认证情况

通过查询农业部农产品质量安全中心《无公害农产品获证产品目录》, 获得该产品通过无公害认证产量的数据;

通过查询中国绿色食品网、中国国家认证认可监督管理委员会信息中心网站, 获得该产品通过有机、绿色、ChinaGAP 的产量数据;

通过查询渔业年鉴获取跟该产品近一年的总产量数据:

$$\text{认证比例} = (\text{获得无公害认证} + \text{有机} + \text{绿色} + \text{ChinaGAP 产量}) / \text{近一年总产量}$$
$$\text{认证得分} = \text{认证比例} * 200$$

( 由于认证比例普遍小于 40%, 为了平衡各指标得分, 该项赋分用认证比例\*200 )

### 国外认证情况

通过 MSC、ASC 官方网站公布的认证审核报告书披露信息, 获得该产品通过国外认证的产量数据, 通过 FAO 统计数据获得该产品近一年的产量:

$$\text{认证比例} = \text{获得无公害认证产量} / \text{FAO 统计的年总产量}$$
$$\text{认证得分} = \text{认证比例} * 200$$

**i** 认证产品可能存在重复计算——例如, 某家企业同时申请获得绿色、无公害认证, 其产量可能被重复计算。后续还将就是否需要区分不同认证的重要性, 即给不同认证的比例赋予不同的权重等问题再更新完善。

上述两项指标分数加和, 则为“水产品认证建设水平”这个指标的最后得分。

## 1.2 价格波动情况

通过历史价格的离散程度来衡量市场行情风险大小，眼下采用变异系数作为赋分依据，得分越高表示该品种的市场稳定度越高，行业经济稳定性相对越好。

通过从全国农产品商务信息公共服务平台和北京新发地农产品交易网、中国水产流通加工协会获取了水产品在市场流通环节的价格数据。

算法 1：选取从 2014 年到 2016 年 5 月份的数据，将该产品在全国主要水产品批发市场同一天的价格求算术平均值，这些值构成一个新的数集，再对这些数求标准差和平均值，最后，求变异系数：

$$\text{变异系数} = \text{价格标准差} / \text{价格平均值}$$

$$\text{价格波动} = 100 - \text{价格变异系数} * 100$$

算法 2：选取该产品的主要批发市场，其依据为：根据渔业年鉴中产量最大的省份作为其主要产地批发市场来取其产地价格数据，如果该产品最大产量的省份没有价格数据，则以其主要销售地区（如北京、上海）的批发市场价格来替代。通过每个月的价格数据算出近 3 年该产品的价格平均值和标准差

$$\text{变异系数} = \text{价格标准差} / \text{价格平均值}$$

$$\text{价格波动} = 100 - \text{价格变异系数} * 100$$

## 1.3 渔业资源恢复力/繁殖力

根据行业公认的科学标准（例如，美国渔业协会推荐采用的 FishBase 数据库），根据一些生物学参数，将鱼类种群或物种分为资源恢复力/繁殖力高、中、低、极低四个类别来赋分，得分越高表示该品种越容易自我繁殖、系统恢复力相对越强

鱼类种群或物种分为资源恢复力/繁殖力生活史参数

来源：(Musick 1999; Froese et al. 2005)

	threshol ds	rmax (1/year)	K (1/year)	Fecundit y (1/year)	tm (years)	tmax (years)	得分
高恢复力	0.99	> 0.5	> 0.3	> 10,000	< 1	1-3-	100

中恢复力	0.95	0.16 - 0.50	0.16 - 0.30	100 - 1000	2 - 4	4 - 10	75
低恢复力	0.85	0.05 - 0.15	0.05 - 0.15	10 - 100	5 - 10	11 - 30	50
极低恢复力	0.7	< 0.05	< 0.05	< 10	> 10	> 30	25

备注：thresholds：调整阈值，当恢复力/繁殖力下降到阈值以下需要重新评估； $r_{max}(1/year)$ ：种群内禀增长率，即种群的最大瞬时增长率； $K(1/year)$ ：von Bertalanffy 生长方程中的增长系数；Fecundity (1/year)：年最低怀卵量； $t_m$  (years)：性成熟年龄； $t_{max}$  (years)：预期寿命。

Fishbase 网站 (<http://www.fishbase.org/>) 给出了大多数鱼类的恢复力/繁殖力评价结果，在本评价中根据这些结果为不同品种进行打分。当 Fishbase 提示下降趋势 (decline threshold) 时，得分扣除 10 分。同时根据上表中的评价标准，对甲壳类和头足类等渔业资源的恢复力/繁殖力进行评估。

**i** 产业健康度还可以通过哪些变量来反映？后续我们还将从下面几个角度去改进这部分的指标：

- 如何衡量生产者组织化程度高低
- 如何衡量该产业的领军企业对行业的影响
- 如何衡量区域性管理措施对行业发展的影响和效果

## 2. 生态友好性

我国的大部分水产品的供应 (>70%) 都是来自于水产养殖，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。近十年来水产养殖行业出现了饵料商业化、养殖模式集约化的趋势，面临着诸多环境可持续性的问题。同时，中国的海洋渔业资源现状也不容乐观。自 1970 年代以来，持续的过度捕捞、海洋污染、围海造田、重要的产卵场和栖息地的丧失等，造成了多数渔业资源衰竭，捕捞对象朝着低营养级、低价值品种发展，渔获物含有大量的经济鱼类的幼鱼。

在研究水产品生产的环境影响中，以往和当前大多数的研究者只注意到了水产品生产局部环节的环境影响，而忽视了整个生产周期不同环节的能源消耗和饲料原料生产方面的环境影响。这种片面的认识和支离破碎的研究往往无益于环境问题的解决，也容易引起潜在环境负荷的转移——在解决一个问题时候造成另外一个问题。通过全面的、系统的思维和从水产品在其原材料投入和生产的全生命周期上进行其环境影响评价，才能从各个方面共同应对，进而从根本上解决问题。生命周期评价（Life Cycle Assessment: LCA）正是一个进行全面的、系统的全生命周期环境影响评价的工具。我们通过生命周期评价工具可以对“养殖和捕捞水产品碳足迹”以及“水产养殖的富营养化效应”进行评价，并根据相关数据计算养殖水产品的“海洋渔业资源利用效率(鱼投入鱼产出比例)”。同时针对海洋渔业资源设置“增殖放流的生态效应”、“休渔政策的生态效率”等变量对不同物种的渔业资源利用情况进行评价。

## 2.1 碳足迹

碳足迹（Carbon Footprint），是指企业机构、活动、产品或个人通过交通运输、食品生产和消费以及各类生产过程等引起的温室气体排放的集合。在渔业和水产养殖生产中，通过淘汰高能耗、高污染的落后生产能力，改为以低能耗、低污染、低排放为基础的生产模式，可实现能源的高效利用和产业的绿色发展。对于水产养殖产品的生命周期评价的研究表明，不同的水产品有不同的碳足迹、养殖种类的碳足迹值范围，例如，从在网箱养殖生产 1kg 罗非鱼产生 1.5kg 碳足迹，到在循环水系统中每生产 1kg 北极红点鲑产生 10kg 碳足迹。渔业和水产养殖产业产生的温室气体排放的主要来源于化石燃料燃烧产生的二氧化碳。

针对捕捞品种，主要根据中国渔业机械仪器研究所 2008-2009 年调研渔船能耗系数（《我国渔船耗能调查与分析》）来计算，依据水产品的主要捕捞方式，获得其生命周期的碳排放数据。

针对养殖和增殖品种，主要根据研究报告和文献获取该产品生命周期的碳排放数据。

碳足迹得分=100-每公斤碳排放量\*10

此项得分越高表示该品种的碳足迹越低，生产过程能源消耗相对越少。

**i** 生命周期评价法依赖大量的产业调研来获取必要的的数据，如何能充分利用国内现有的各种研究体系和科研团队采集的产业相关数据？

## 2.2 富营养化效应

由于我国传统的水产养殖方式基本上都是开放式的，养殖废水大量的排放到周围环境中，对养殖周围环境造成了很大的影响，导致公共水域被污染，富营养化程度显著升高，进而导致水体生物种群多样性改变和水华的发生。在各项水质指标中，氮、磷是水体富营养化最主要的诱因，水体富营养化程度与水体总氮(TN)、总磷(TP)的浓度密切相关。随着TN和TP浓度的升高，水体的富营养化程度不断加剧，TN在0.5到1.5 mg/L之间为富营养型，TP大于0.01 mg/L时就可能引发水体富营养化。研究表明，水产养殖投放的饲料中约有10%到20%直接进入水体；被摄食的饲料中，75%到80%的氮以粪便和代谢物形式排入水体，60%到75%的磷排入水体。同时在水产品全生命周期中，饲料和能源的生产，特别是饲料原料在种植中大量使用氮磷肥，也是一个引起周边水体富营养化的一个重要因素。在本评价中，通过生命周期评价，获得水产品生产在全生命周期上的富营养化效应值（以 $\text{PO}_4$ 等价千克计），作为评价的一个变量。

根据研究报告和文献获取该产品生命周期的富营养化效应数据，该项的赋分如下：

富营养化效应  $\geq 100$  得分=0分

富营养化效应  $< 100$  得分=100-富营养化效应

利用生命周期评价模型可计算增殖或养殖过程里废水排放的氮、磷总量，得分越高表示该品种生产过程中向外界排放营养物质、造成富营养化效应的强度越低，即负面影响越小。

## 2.3 海洋渔业资源利用效率

传统的水产养殖环境评价方法主要面向水体生物和环境，利用一些指标或指标体系来反映水产养殖及其环境的状态和变化。最常用的指标包括养殖水平的效率和环境影响指标，如饲料系数和“鱼投入：鱼产出”比例。在当前海洋渔业资源日益枯竭的境况下，降低水产养殖中的鱼粉和野杂鱼使用已经成为当前研究的一个热点。在中国很多水产养殖品种还非常依赖鱼粉和野杂鱼的投入，一些高价值水产养殖对象的饲料鱼粉含量可达20-50%，同时一些水产养殖对象仍在大量使用野杂鱼作为饵料，如大黄鱼、牙鲆、大菱鲆等，这些水产养殖对象通常需要7斤或更多的野杂鱼才能生产1斤产品。由于这些野杂鱼包含大量的海洋渔业经济鱼类的幼鱼，在水产养殖中大量投入野杂鱼不可避免地海洋资

源形成显著影响。通过“鱼投入：鱼产出”比例这一变量可以反映出这些水产养殖对象在生产中使用海洋渔业资源利用效率。

根据产业链调研和相关研究参考文献获取该产品的鱼投入与鱼产出数据，包括鱼产出鱼粉比例、饲料鱼粉含量、饲料鱼油含量、饲料系数，可以按下列公式计算：

$$\text{鱼投入与产出比例} = \left( \left( \text{饲料鱼粉含量} + \text{饲料鱼油含量} \right) * \text{饲料系数} \right) / \text{鱼产出鱼粉比例}$$

于是，该项的赋分如下：

鱼投入与产出比例  $\geq 1$  得分=0 分

鱼投入与产出比例  $< 1$  得分=100-鱼投入与产出比例\*100

**i** 对于那些仍然依赖野杂鱼投喂的品种，是否有其它数据可更准确的衡量其渔业资源利用效率？

这一变量衡量评价对象被生产出来的过程中对海洋渔业资源的依赖程度和利用效率；得分越高表示其依赖度越低，利用效率越高，从而对资源破坏性越小。

## 2.4 放流措施的生态效应

对目前海洋渔业资源衰退现状，可采取控制捕捞量、设立自然保护区和实施海洋生物资源增殖放流等渔业管理措施。其中，海洋生物资源增殖放流是一项通过向特定水域投放鱼、虾、蟹和贝类亲体、人工繁育种苗或暂养的野生种苗来恢复海洋渔业资源，实现渔业可持续发展的管理手段，至今世界各国已开展了大量增殖放流实践。我国渔业资源增殖放流工作始于 20 世纪 50 年代末，虽然起步相对较晚，但发展较快。目前，我国的四大海域已全部开展增殖放流工作。根据农业部渔业公布的《全国重要海水经济物种增殖放流分区规划（2015 年度）汇总表》，2015 年共规划对 45 种海水经济物种进行增殖放流。参

加增殖放流无疑为该物种的资源恢复提供有效帮助，根据以下标准进行逐级赋分，得分越高表示该评价对象享有的资源修复措施越有效：

判断标准	是	否
是否有增殖放流规划（包括最适合放流的区域、放流数量及放流时的最适宜年龄）	50	0
是否对增殖放流的效果进行了跟踪评价，包括是否有发表的文献、是否有资源跟踪（在第一项为“是”的基础上再赋分）	25	0
如有资源跟踪调查，调查结果如何，是否为积极结果（在第一和第二项为“是”的基础上再赋分）	25	0
<b>总分</b>	<b>100</b>	<b>0</b>

**i** 除了增殖放流以外，其它诸如“最小可捕尺寸标准”、“网目尺寸标准”等措施也将在后续研究中纳入进来，找到其对资源修复所产生作用影响的量化途径。

## 2.5 休渔政策生态效应

近二三十年来，我国实施的休渔期和休渔区政策为缓解过多渔船和过大捕捞强度对渔业资源造成的巨大压力，遏制海洋渔业资源衰退势头，增加主要经济鱼类的资源量，起到了重要的作用。然而，同样的休渔政策对于不同物种的渔业资源来说，可能对于资源修复起到的效果很不一样。在此，我们对休渔政策的生态效应主要从“作业模式”、“种群洄游习性及其区域和周期”、“禁渔期涉及海域”等方面综合考量赋分，依据文献研究结果，并结合专家意见，对评估对象进行主观判断赋分，得分越高则表示休渔政策对评价对象的资源保护效应越好，具体赋分标准如下表：

	0分	25分
主要产卵时间是否在禁渔期之内	否	是
产卵海域是否是能受到禁渔规定保护的区域	否	是
捕捞方式是否为规定禁止的作业模式	是	否
在非禁渔期内，捕捞目标是增长群体，还是产卵群体	产卵群体	增长群体
<b>总分</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

**i** 当存在一个物种在我国多个海区均有分布，或者有多个种群具有不同的洄游、繁殖习性时，评估这类物种的休渔期效果就比较复杂。

如何在此基础上延展，使得能有效区分不同海区、不同种群在休渔期政策下得到的资源修复效果？

## 2.6 是否为受威胁受保护或濒危物种（ETP）

根据该评价对象是否列入国内外受保护动物物种名录（《国家重点保护野生动物名录（报审稿）-- 水生野生动物》），得分越高则表示其濒危程度越低。现阶段的快速评价中，没有列入保护物种名录的品种，默认获得最高分 100 分，被列入保护物种名录的，则默认获得最低分 0 分

否 - 100 分

是 - 0 分

**i** 我们认为，更值得探讨的可能并不是该水产品是否为濒危物种，尤其对于养殖产品来说，更需要细致分析的是，该产品的养殖苗种是否来自于野生种群，而这类野生种群是否属于 ETP 范畴的物种.....

濒危物种的濒危程度在不同国家和地区也往往有所不同，我们如何能针对中国近岸海域和淡水流域的实际情况，对相关水产品做出更准确的评价？

## 3. 安全性

**i** 安全性指数在可以被理解为一个综合的安全性概念，我们希望涵盖“食品安全”、“生物安全”、“生产管理安全”等信息，但是，眼下除了食品安全的衡量指标比较容易获得之外，另外两类还缺乏清晰的指标，有待进一步研究。

## 食品安全

中国水产品主要的食品安全主要的数据来源由中国食品药品监督管理局 (CFDA) 发布的针对国内销售的食物抽检公告 (<http://www.sda.gov.cn/>)。使用到的评价指标包括检测不通过占总监测样本量的比例。

我们于 2016 年 3 月份分析了国家食品药品监督管理局自 2013 年 11 月至 2016 年 3 月公布的 1647 个食物抽检公告，并收集了所有与水产品相关的食品安全检测信息，共收集水产品相关检测信息 11443 条，涵盖了 2013 年 2 月至 2016 年 1 月期间抽样的检测结果，包括 2013 年抽样 282 个，2014 年 3996 个，2015 年 6933 个，和 2016 年 232 个。所有检测信息由 Microsoft Excel 2016 软件进行管理和分析。在整理检测信息原始数据基础上，对每一条检测信息中的样品品种、养殖或捕捞、是否为加工品、产品类型、生产/采样年份、生产/采样月份、检测是否合格、不合格项目、不合格项目类型、可能的造成不合格检测结果的生产环节等进行了研读、判别和分类，为后续分析打好了基础。

通过 Excel 中的数据透视表进行数据分析，对每一个品种采样数目进行统计。在本研究中采用 [powerandsamplesize.com](http://powerandsamplesize.com) 开发的样本含量计算器 (<http://powerandsamplesize.com/>) 来计算对每一个品种进行判别赋分所需要的最低样本量<sup>1</sup>。

在研究涉及公共安全的问题，第二型错误所造成的后果是令人难以承担的（相较于第一型错误的后果），因此，必须尽量下降第二型错误。换句话说，对于涉及公共安全的问题，要尽量拒绝相信“这只是随机的现象”，也就是“拒绝接受零假设”、“宁愿出错，也不可放过可能的问题”。

然而，本研究所收集的水产品检测信息在按品种分类后，每一个品种所包含的取样和检测数据较为有限，为了能够为更多的水产品品种的消费提供参考依据，本研究设定置信度为 90%，检验效能 60%。根据 [powerandsamplesize.com](http://powerandsamplesize.com) 样本含量计算器，能够有效区分 90%合格率和 99.99%合格率所需要的样本量为 33。在本评估中，对于采样数目超过 33 个的品种，可直接计算其合格率，对于采样数目低于 33 个的品种，尽可能的将其通过归类合并为大的品种组，如日本沼虾和罗氏沼虾合并为“沼虾”，其合并之后的检测合格率可同时为两个品种提供参考。

---

<sup>1</sup> Chow, S., Shao, J. & Wang, H., 2008. Sample Size Calculations in Clinical Research 2nd ed., Chapman & Hall/CRC Biostatistics Series.

通过“中国食品药品监督管理局食品抽检公告”获取该产品的监测合格样品数及样本总量”，依据下列公式计算合格率：

$$\text{食品安全合格率} = \text{合格样品数} / \text{抽检总量} * 100\%$$

第一种赋分算法是直接引用上述合格率，不考虑合格率高低意味着不同程度的风险

$$\text{算法 1：食品安全得分} = \text{食品安全合格率} * 100$$

为了强调合格率在 90%以下的产品属于高风险的、不安全产品，我们也尝试了第二种赋分算法：

$$\text{算法 2：食品安全合格率} \leq 90\% \text{ 得分} = 0 \text{ 分}$$

$$\text{食品安全合格率} > 90\% \text{ 得分} = 100 - 10 * (100 - 100 * \text{食品安全合格率})$$

**i** 仍然有不少品种缺乏食品安全数据，眼下采用的缺失值替代方法并不是最理想的解决方案。我们将在后续研究中，挖掘更多可以利用的食品安全数据和缺失值替代方案。

而且，不少食品安全不合格情况来自于加工、储藏、包装、运输等环节，并不仅仅是养殖和捕捞过程产生的。那么，将上述食品安全风险的责任源头有所区分。

完整的“安全性”还应包含更多丰富的社会意义，例如，反映生产人员人身健康安全——很多水上捕捞作业属于高危职业，工作人员生命安全、工作环境安全与否都应纳入考虑的范畴；反映生产品种对其他关联生物的生态安全影响的，属于主动逃逸造成的（如：放流）和被动逃逸到野外环境中造成的（自然逃逸）在国内水产科研领域尚很少涉及；再者，是否具有产业发展区域性规划、产业管理宏观策略及配套的微观落实机制等，如果没有，易造成产业资源浪费和无序发展；最后，水产行业与所处社会是否整体协调、稳定的发展也是该产业能否可持续发展的关键，水产从业主体在社区和谐、稳定就业等方面扮演

怎样的角色。上述指标还有待进一步与专家、行业代表等商讨如何进行量化研究，我们将在今后迭代更新过程中不断细化、标准化。

## 缺失值

在本评价中，由于评价所依赖的大数据未能涵盖所有品种，而产业调研受时间和人力物力限制等因素，在评价时有一些评价数据不完整或者缺失。对于缺失值采取的处理方法主要包括插补法 ( Imputation ) 和删除法(Deletion)等。

传统的插补法主要通过用某个变量的样本均值、中位数、众数、或随机数代替无效值和缺失值。这种办法简单，但没有充分考虑数据中已有的信息，误差可能较大。据研究，基于分类的缺失值处理方法较传统方法更为有效。在 iFISH，采取了基于分类的缺失值处理方法，首先对不同水产品在特定变量下按照生产方式、物种亲缘关系等进行分类，然后用特定类别均值代替缺失值。在无法分类或获得同一类别平均值时，使用全部样品平均值代替缺失值。

同时，采取删除法，包括整例删除(casewise deletion)、变量删除(variable deletion)和成对删除(pairwise deletion)。整例删除(casewise deletion)是剔除含有缺失值的样本，当某些水产品种的评价过程中出现的缺失值或者重要的评价指标缺失，则停止对这些品种的评价。变量删除(variable deletion)是在某一变量的无效值和缺失值很多，而且该变量对于所研究的问题不是特别重要，则可以考虑将该变量删除。成对删除(pairwise deletion)使用一个特殊码(通常是 9、99、999 等)代表无效值和缺失值，同时保留数据集中的全部变量和样本。但是，在具体计算时只采用有完整答案的样本，因而不同的分析因涉及的变量不同，其有效样本量也会有所不同。这是一种保守的处理方法，最大限度地保留了数据集中的可用信息。

变量	水产品类型	缺失值替代方法
食品安全检测不通过占总监测样本量的比例	养殖/捕捞/增殖	1, 多个小品类合并后的大类, 如‘其他海水养殖鱼’; 2, 更大的类别, 如‘全部的海水养殖鱼’平均值; 3, 全部水产品平均值
历史价格变异系数	养殖/捕捞/增殖	1, 使用同类别水产品均值; 2, 使用同价位水产品均值
无公害水产品认证比例	养殖/增殖	无数据表明没有认证, 该项计 0 分

国内其他认证（有机/绿色/ChinaGAP）比例	养殖/增殖	无数据表明没有认证，该项计 0 分
国外认证（MSC/ASC/BAP/Other）比例	养殖/捕捞/增殖	无数据表明没有认证，该项计 0 分
渔业资源恢复力/繁殖力	捕捞	1，对于贝类、甲壳类、头足类，由于其大多生命周期短繁殖力强，故计 100 分；2，对于鱼类计算同一科（family）平均值替代
碳足迹	养殖/捕捞/增殖	根据生产方式（养殖、捕捞、增殖）类型（鱼类、甲壳类、贝类）和食性（肉食性、杂食性、草食性和滤食性）分类，然后用类别均值替代
富营养化	养殖/增殖	根据生产方式（养殖、增殖）类型（鱼类、甲壳类、贝类）和食性（肉食性、杂食性、草食性和滤食性）分类，然后用类别均值替代
鱼投入鱼产出比例	养殖/增殖	根据生产方式（养殖、增殖）类型（鱼类、甲壳类、贝类）和食性（肉食性、杂食性、草食性和滤食性）分类，然后用类别均值替代