

ICS 65.150
CCS B 50

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4330—2021

近海渔业资源调查评估技术规程

Technical specification for investigation and evaluation of offshore fishery resources

2021-03-11 发布

2021-04-11 实施

山东省市场监督管理局 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省农业农村厅提出并组织实施。

本文件由山东省农业标准化技术委员会渔业标准化分技术委员会(鲁TC17/SC03)归口。

本文件起草单位：山东省海洋资源与环境研究院、烟台大学。

本文件主要起草人：李凡、陈丙见、于宁、徐炳庆、杨艳艳、李少文、张孝民、王秀霞、王田田、王蕾、王志扬。

近海渔业资源调查评估技术规程

1 范围

本文件规定了山东省近海渔业资源调查评估的一般规定、调查（测定）内容、技术要求、采样、样品保存、资源量评估、资料整理等基本要求和办法。

本文件适用于山东省近海渔业资源调查评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T12763.6 海洋调查规范 第6部分：海洋生物调查

GB/T 15919 海洋学术语 海洋生物学

SC/T 9403 海洋渔业资源调查规范

3 术语和定义

GB/T 15919、SC/T 9403界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

近海渔业资源 fishery resources

近海具有开发利用价值的经济动植物种类和数量的总称，包括鱼类、甲壳类、头足类等游泳动物，贝类、棘皮类、星虫类等底栖无脊椎动物，固着性藻类，以及水母类等浮游性动植物的成体、幼体、卵或种子。

3.2

资源量评估 fish stock assessment

根据某一目标水域的渔业资源调查资料，使用适当的方法或模型确定渔业生物种群现存量和分布格局的活动。

[来源：SC/T 9403—2012，3.5]

3.3

声学调查 acoustic survey

用探鱼回声积分系统进行渔业资源调查和资源量评估的方法。

[来源：GB/T 15919—2010，7.28]

4 一般规定

4.1 调查目的

使用适当的方法或模型确定近海渔业资源数量和分布格局。

4.2 调查方案编制

根据调查目的编制调查方案，其内容包括调查站位、项目和内容、方法、时间、船只及器材设备等，可参照GB/T 12763.1的相关规定进行编制。

4.3 调查方式

调查方式包括：

- a) 组织调查船采用拖网、渔业声学、钓具、笼壶、鱼卵和仔稚鱼浮游生物网等常规方式开展调查。调查时应统一网具类型、性能和规格、昼夜采样时间等明显影响捕捞效率的技术要求。如因特殊情况需要改变，应作对比试验求出差异系数，以便修正；
- b) 采用卫星遥感、无人机遥感等技术手段，结合鱼类及其他渔业生物的生态与生理特征理论知识进行综合分析，评估渔业资源量及资源分布。

4.4 调查时间与周期

按资源变动状况及资源开发和管理的实际需要确定调查时间和周期。调查时间与周期包括：

- a) 逐月调查一般3月至翌年2月；
- b) 分季度月调查一般在5月（春）、8月（夏）、10月（秋）和翌年2月（冬）；
- c) 专项调查，根据调查目的，选择调查时间，确定调查次数。

4.5 站位布设

根据调查目的及调查海域的深度、地形和水温、盐度等情况设置站位：

- a) 一般调查，以格状均匀定点法设置调查站位，按经纬度各10′设一个站，在遇到障碍物的地方，可适当移动站位位置；
- b) 在河口附近海域，按环境因子梯度采用断面布设；
- c) 在海湾海域，按海域环境和目标种类分布情况加密设置站位。

5 游泳动物资源调查评估

5.1 调查内容

主要渔业种类组成、数量分布、种群结构，生物学特征、资源量及其时空分布等。

5.2 调查网具

近海游泳动物资源调查网具多为选择性较低的专用调查拖网（见GB/T 12763.6），对那些受地形和水域深浅限制无法进行拖网调查的渔业资源，应采用钓具类或笼壶类渔具开展渔业资源专项调查（见SC/T 9403），在特殊海域或对特定调查对象调查时，应根据实际情况选择合适网具。

5.3 采样

海上采样持续时间视实际作业情况而定。采样方式包括：

- a) 海上拖网调查应在白天进行，每站拖网时间为1 h，拖网速度以2.5 kn~5.0 kn为宜；
- b) 声学调查时的走航船速以 (10 ± 2) kn为宜；
- c) 钓具调查可根据不同类型钓具的作业特征确定；
- d) 笼壶调查每站放置笼具的时间一般为1 d。

5.4 样品测定及保存

样品现场测定分析按照GB/T 12763.6规定执行。样品如不在现场分析，应装箱(袋)扎好标签，做好记录，核对无误后及时冰鲜、速冻或药液固定运回实验室后进行测定。

5.5 评估

5.5.1 扫海面积法

拖网调查采用扫海面积法评估资源量，单种资源量按式(1)，总资源量按式(2)计算。

$$B_i = A \cdot C_i / (a \cdot q) \quad (1)$$

$$B = \sum_{i=1}^n B_i \quad (2)$$

式中：

B_i ——第*i*种资源量，单位为数量(ind)或千克(kg)；

C_i ——第*i*种平均每小时拖网渔获量，单位为尾每网每小时(ind/网·h)或千克每网每小时(kg/网·h)；

a ——每小时网具取样面积，单位为平方千米每网每小时(km²/网·h)；

A ——调查海区总面积，单位为平方千米(km²)；

B ——总资源量，单位为数量(ind)或千克(kg)；

n ——第*n*种渔业资源；

q ——网具捕获率，取值范围为0~1。按调查网具的性能、操作人员作业水平和捕捞对象，选定捕获率。

5.5.2 模型法

模型法假设渔业资源密度符合某种可用模型描述的分布，利用调查数据进行模型拟合，确定模型参数，然后利用建立的模型进行资源评估。

主要应用的模型包括：

- a) Δ -分布模型，见附录A；
- b) 年龄结构模型，见附录B；
- c) 生物学参考点，见附录C；
- d) 基于生态系统的渔业资源评估模型，见附录D。

5.5.3 声学断面法

声学调查采用断面法评估渔业资源量，某一给定断面所代表海域内评估种类的资源尾数(N /个)和生物量(B /g)分别按式(3)和式(4)计算。

$$N = sa \cdot D \cdot S / \sigma \quad (1)$$

$$B = N \cdot \omega \quad (2)$$

式中：

sa ——断面内评估种类的平均积分值，单位为平方米/平方海里(m²/nmile²)；

D ——断面长度，单位为海里(n mile)；由断面起止经纬度算得；当纬度为 θ 时，一个经度的里程为 $60 \cdot \cos \theta$ n mile；

S ——断面间距，单位为海里(n mile)；

- σ ——断面内评估种类的平均声学截面，单位为平方米(m^2)；
 ω ——断面所代表海域内评估种类的平均体重，单位为克(g)。

5.5.4 营养动态法

营养动态法（见附录E）利用遥感技术（卫星遥感与无人机遥感）获取浮游植物的增殖特征、浮游植物的种群结构与粒度结构、上升流强度、洋流输送强度与方向等资源环境场数据，建立浮游植物与海洋初级生产力的关系模型（垂向归纳模型）得出初级生产量，从初级生产量与渔业资源之间的经验关系中对海洋渔业资源量或补充量以及其时空变化进行渔业资源量评估。

6 底栖无脊椎动物资源调查评估

6.1 调查内容

测定贝类、棘皮类、星虫类等种类的生物量、栖息密度、种类组成。

6.2 调查网具

6.2.1 阿氏拖网

选择阿氏拖网进行调查时，应符合以下要求：

- a) 水深小于 200 m 的海区网口的宽度应为 1.5 m~2.0 m；
- b) 港湾调查网口宽度应为 0.7 m~1.0 m。

6.2.2 三角形拖网

沿岸水域和底质较复杂的海区采样时应选择三角形拖网。

6.3 采样

调查船在采样时，船速应设置为2 kn左右，拖网绳长为水深的3倍，近岸浅水区应为水深3倍以上，拖网时间为15 min。

6.4 样品保存

样本采集后应及时冷冻保存，带回实验室进行测定。

6.5 评估

采用扫海面积法评估资源量，具体方法按照5.5.1.1执行。

7 固着性藻类资源调查评估

7.1 调查内容

调查单位面积固着性藻类的种类组成和密度。

7.2 采样

潜水员携带0.25 m×0.25 m的定制取样框及水下拍照设备，在指定站位潜入水中，每个站位在不同地点取样，共取样3次，同时记录取样框内的海藻种类和数量。

7.3 评估

7.3.1 密度

固着性藻类密度按照公式（5）计算。

$$D = T/0.0625 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

D ——个体密度，单位为个每平方米（ind/m²）；

T ——个体平均数，单位为个（ind）。

7.3.2 资源量

固着性藻类资源量按照公式（6）计算。

$$B = \sum_{i=1}^N \overline{d_w} \cdot \overline{D_i} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

B ——海藻的总生物量单位为克每平方米（g/m²）；

d_w ——第*i*个种群的个体平均体重，单位为克（g）；

D_i ——第*i*个种群的个体平均密度，单位为个每平方米（ind/m²）；

N ——海藻的类群数。

8 浮游性动植物的成体、幼体、卵或种子资源调查评估

8.1 调查内容

调查水母类水母体、碟状体、浮浪幼虫的资源量、生物量和栖息密度；毛虾、虾蟹类、贝类等浮游生物的种类、生物量和栖息密度；鱼类浮游生物的种类组成、资源量和密度等；浮游植物种类组成和密度。

8.2 水母类成体及大型水母碟状体

8.2.1 采样

水母类水母体及大型水母的碟状体调查使用流刺网，每站放网高10 m的流刺网20~30片，放网长度共1000 m，放网时间1 h。

8.2.2 样品保存

样本现场测定或冷冻带回。

8.2.3 评估

利用扫海面积法和模型法估算海蜇资源量，具体为：

- a) 扫海面积法，按照 5.5.1.1 执行，扫海面积利用海流通过流网的流速与流刺网的网宽相乘计算，捕获率取 0.1；
- b) Δ -分布模型，见附录 A。

8.3 小型水母碟状体和浮浪幼虫

8.3.1 采样

使用浅水I型、II型浮游生物网自底至表垂直拖网采集小型水母碟状体和浮浪幼虫。

8.3.2 样品保存

所采集样品用5%甲醛海水溶液保存，带回实验室鉴定计数。

8.3.3 评估

8.3.3.1 密度

小型水母碟状体和浮浪幼虫密度按照公式（7）计算。

$$C_B = N_B/V \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C_B ——单位体积海水中生物个体密度，单位为个每立方米（ind./m³或cells/m³）；

N_B ——全网个数，单位为个（ind.或cells）；

V ——滤水量，单位为立方米（m³）。

8.3.3.2 生物量

小型水母碟状体和浮浪幼虫生物量按照公式（8）计算。

$$P_B = m_B/V \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_B ——单位体积海水中生物的湿重含量，单位为毫克每立方米（mg/m³）；

m_B ——样品湿重含量，单位为毫克（mg）；

V ——滤水量，单位为立方米（m³）。

8.4 毛虾、虾蟹类和贝类等浮游生物

8.4.1 采样

采用定置张网采集毛虾，使用浅水I型、II型浮游生物网自底至表垂直拖网采集虾蟹类和贝类等浮游生物。

8.4.2 样品保存

按照8.3.2执行。

8.4.3 评估

毛虾资源量采用声学调查，同时辅以拖网调查与水下视频观测的方法进行评估，资源量计算按照5.5.3执行；虾蟹类和贝类等浮游生物资源量按照8.8.3执行。

8.5 鱼卵仔稚鱼

8.5.1 采样

海上采样方式包括：

a) 使用浅水I型浮游生物网和大型浮游生物网进行采样；

- b) 沉性鱼卵和附着性鱼卵采样应根据调查目的和调查区决定所用网具（工具）、水层及采样时间；
- c) 定性调查中一般在表层（0 m~3 m）进行水平拖网采样，拖速 2 kn，每站拖曳 10 min；
- d) 定量调查中由海底至海面垂直或倾斜拖网，落网速度为 0.5 m/s，起网速度为 0.5 m/s~0.8 m/s。也可采用定性采样方法进行，但网口需系流量计。

8.5.2 样品保存

定性和定量采集的样品均用5%甲醛海水溶液保存，带回实验室分类鉴定。

8.5.3 评估

8.5.3.1 生物量

生物量按照以下公式计算：

- a) 垂直采集的样品，按照公式（9）计算；

$$G = N/V \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- G ——单位体积海水中鱼卵或仔、稚鱼个体数，单位为粒每立方米或尾每立方米(ind/m³)；
- N ——全网鱼卵或仔、稚鱼个体数，单位为粒或尾(ind)；
- V ——滤水量，单位为立方米(m³)。

- b) 平拖、斜拖或垂直取样，按照公式（10）计算；

$$G_a = N_a/S \cdot L \cdot C \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- G_a ——单位体积海水中鱼卵或仔、稚鱼个体数，单位为粒每立方米或尾每立方米(ind/m³)；
- N_a ——全网鱼卵或仔、稚鱼个体数，单位为粒(ind)或尾(ind)；
- S ——网口面积，单位为平方米(m²)；
- L ——流量计转数；
- C ——流量计校正值。

- c) 水平拖曳样品(定性)，以粒/网(ind/net)或尾/网(ind/net)计算。

8.5.3.2 密度

密度用 Δ -分布模型进行评估，详见附录A。

8.6 浮游植物

8.6.1 采样

使用浅水III型浮游生物网自底至表垂直拖网采集浮游植物。

8.6.2 样品保存

所采集样品使用5%甲醛海水溶液保存，带回实验室鉴定计数。

8.6.3 评估

浮游植物密度按照公式（11）计算。

$$C = \frac{N \cdot V_1}{V_2 \cdot V_n} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C ——为单位体积海水中标本总量，单位为个每立方米（cells/m³）；

N ——为取样计数个数，单位为个（cell）；

V_1 ——为水样浓缩后的体积，单位为毫升（mL）；

V_2 ——为滤水量，单位为升（m³）；

V_n ——为取样计数的体积，单位为毫升（mL）。

9 资料整理和成果归档

将海上采样记录以及实验室分析记录按各部分规定填写到相关报表。

附录 A
(资料性)
Δ-分布模型

Δ-分布是一种包括零值的对数正态分布，其非零值部分符合对数正态分布，即非零值的自然对数值符合正态分布。方法如下：

- a) 设 ρ_i 为第 i 站的资源密度，当 ρ_i 不为零时，按 $y_i = \ln(\rho_i)$ 进行自然对数转换；
- b) Δ-分布的均值 (ρ ，即平均资源密度的估算值) 按照公式 (A.1) 计算， $\text{var}(\rho)$ 的最小方差无偏估计量的估算按照公式 (A.2) 计算；

$$\rho = \frac{m}{n} \cdot \exp(\bar{y}) \cdot g_m(s^2/2) \dots\dots\dots (A.1)$$

$$\text{var}(\rho) = \frac{m}{n} \cdot \exp(2\bar{y}) \cdot \left\{ g_m\left(\frac{s^2}{2}\right) - \left(\frac{m-1}{n-1}\right) \cdot g_m\left(\frac{m-2}{m-1} \cdot s^2\right) \right\} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- n —— 调查站位总数；
- m_0 —— 渔获量为非零值的站位数；
- \bar{y} —— y_i 的样本均值；
- s^2 —— y_i 的样本方差；
- $g_m(t)$ —— 为 \bar{y} 和 s^2 的函数按照公式 (A.3) 计算。

$$g_m(t) = 1 + \frac{m-1}{m} \cdot t + \sum_{j=2}^{\infty} \frac{(m-1)^{2j-1}}{m^j \cdot (m+1) \cdot (m+3) \dots (m+2j-3)} \times \frac{t^j}{j!} \dots\dots\dots (A.3)$$

此式为一超几何分布函数；随着 j 值的增大， $g_m(t)$ 逐步趋近一渐进值。

- c) 资源密度的 95% 置信区间按照公式 (A.4) 计算。

$$\rho \pm 2[\text{var}(\rho)]^{1/2} \dots\dots\dots (A.4)$$

附 录 B
(资料性)
年龄结构模型

B.1 年龄结构模型

年龄结构模型 (age-structured models) 基于调查资源年龄结构的种群分析法, 在讨论产量、产卵鱼类或虾、蟹等和单元补充量的产卵时, 多被用来估算参考点, 模型需要渔获年龄数据的精确性, 包括年龄结构的产量模型 (age-structured production models) 和年龄结构的消耗模型 (age-structured depletion models)。

B.2 产量模型

年龄结构的产量模型按式 (B.1) 计算。

$$E(t) = E(a_0, t) - \int_{a_0}^{\infty} [\mu(a, t) - \gamma(a, t)] B(a, t) da - \int_{a_0}^{\infty} \delta(a, t) E(a_0, t) da \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- $E(a, t)$ ——t时获得年龄为a的平均生物量;
- $\omega(a, t)$ ——t时刻年龄为a的生物体平均体重。

B.3 消耗模型

年龄结构的消耗模型按式 (B.2) 计算。

$$E(t) = E(t_0) - \int_{t_0}^t [B(a_0, s) ds - \int_{t_0}^t \int_{a_0}^{\infty} \mu(a, t) - \gamma(a, s)] B(a, s) dads - \int_{t_0}^t \int_{a_0}^{\infty} \delta(a, s) E(a, s) dads \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

- $E(a, t)$ ——t时获得年龄为a的平均生物量;
- $\omega(a, t)$ ——t时刻年龄为a的生物体平均体重。

附 录 C
(资料性)
生物学参考点

生物学参考点(biological reference points)概念是随着 F_{msy} 、 F_{max} 和 $F_{0.1}$ 的定义而被引入，特别是在较大环境变化的情况下，生物学参考点对渔业资源评估管理中的应用中变得更为普遍，其是建立在单位补充量产量模型(YPR)、单位补充量产卵群体生物量模型(SBR)、单位补充量繁殖力模型(FPR)和群体与补充量关系分析等概念基础上的。其步骤为：(1)根据YPR模型中的参数计算体长年龄和体重体长的预测值；(2)通过引入随机误差产生模拟数据以模拟渔业数据中的不确定性；(3)用非线性参数估计法估计参数的“观测值”；(4)把参数的“观测值”带入YPR模型中估计 $F_{0.1}$ 和 F_{max} 的值；(5)最后比较 $F_{0.1}$ 和 F_{max} 的估计值的概率分布和 F_{cur} 的概率分布以评估渔业资源。其中YPR模型、 F_{max} 和 $F_{0.1}$ 分别按式(C.1)、(C.2)、(C.3)计算。

$$\frac{F}{R} = \sum_{t=t_c}^{t_\lambda} \left[\frac{\partial [L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})]^\beta F_t}{F_t + M} (1 - e^{-F_t - M} \times e^{-\sum_{j=t_c}^{t-1} (F_j + M)}) \right] \dots\dots\dots (C.1)$$

$$\frac{\partial(Y/R)}{\partial F} |_{F = F_{0.1}} = 0.1 \frac{\partial(Y/R)}{\partial F} |_{F = 0} \dots\dots\dots (C.2)$$

$$\frac{\partial(Y/R)}{\partial F} = 0 \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

- F ——资源产量；
- R ——资源补充量；
- t_c ——初次捕捞年龄；
- t_λ ——渔业资源的最大年龄；
- F_t —— t 年龄时的捕捞死亡系数；
- M ——自然死亡系数；
- L_∞, K, t_0, a 和 β ——用von Bertalanffy方程和体重体长关系重新估计后的参数；
- F_{max} ——指产生最大单位补充量渔获量时的捕捞死亡系数；
- $F_{0.1}$ ——是在单位补充量渔获量对捕捞死亡率的图中某一点的斜率相当于原点斜率的1/10时所对应的捕捞死亡系数。

附录 D

(资料性)

基于生态系统的渔业资源评估模型

D.1 基于生态系统的渔业资源评估模型

基于生态系统的渔业资源评估模型 (Ecopath with Ecosim, EwE) 是通过构建生态系统物质平衡模型, 用于分析生态系统的结构、渔业政策和环境干扰对水生生态系统的影响以及保护区设置和评估。

D.2 Ecopath (静态) 模型

Ecopath (静态) 模型用于输入生态系统各功能组生物学和捕捞的关键数据, 并建立数量平衡模型, 提供基本分析功能。其根据热力学原理定义系统中每一个功能组 (i) 的能量输出和输入保持平衡: 生产量-捕食死亡-其他自然死亡-产出量=0, 并用一组联立线性方程定义一个生态系统, 其中每一个线性方程代表系统中的每一个功能组。

$$B_i \cdot \left(\frac{P}{B}\right)_i \cdot EE_i - \sum_{j=1}^k B_j \cdot \left(\frac{Q}{B}\right)_j \cdot DC_{ij} - EX_i = 0 \quad \text{..... (D.1)}$$

式中:

B_i ——生物量;

Q_i ——消费量;

$(P/B)_i$ ——第i组生产量与生物量的比值;

$(Q/B)_i$ ——第i组消费量与生物量的比值;

DC_{ij} ——被捕食组i占捕食组j的总捕食量的比例;

EX_i ——第i组的产出(包括捕捞量和迁移量)。

D.3 Ecosim (时间动态) 模型

Ecosim (时间动态) 模型可以动态模拟渔业政策和环境扰动在一定时间内对捕捞产量以及资源量的影响。其是在Ecopath模型静态模拟的基础上实现的, 可较好地动态模拟渔业捕捞对生态系统生物组成数量变动的的影响, 模拟该系统总体的发育过程。该模型按式 (D.2~D.4) 计算。

$$\frac{dB_i}{dt} = f(B) - M_0 B_i - F_i B_i - \sum_{j=1}^n Q_{ij} \quad \text{..... (D.2)}$$

$$f(B) = g_i \sum Q_{ij} \quad \text{..... (D.3)}$$

$$Q_{ji} = c_{ji} (B_i B_j) \quad \text{..... (D.4)}$$

式中:

B_i ——功能组i的生物量;

M_0 ——非捕捞或捕食行为的死亡率;

F_i ——渔业捕捞产生的死亡率;

g_i ——功能i的净生长率(即生产量和消耗量的比值);

Q_{ji} ——消耗率。

附录 E
(资料性)
营养动态法

E.1 垂向归纳模型

垂向归纳模型VGPM (vertically generalized production models) 是目前最佳估算海洋初级生产力的模型, 可利用遥感数据资料进行海洋初级生产力的时空分布及动态变化。按公式 (E.1) 计算。

$$PP_{eu} = P_{opt}^B \cdot D_{irr} \cdot \int_{z=0}^{Z_{eu}} \frac{\left(1 - e^{-\frac{E_z}{E_{max}}}\right) e^{(\beta_d \cdot E_z)}}{\left(1 - e^{-\frac{E_{opt}}{E_{max}}}\right) e^{(\beta_d \cdot E_{opt})}} \cdot C_z \cdot dz \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

PP_{eu} ——真光层初级生产力 (mgC/m²) ;

P_{opt}^B ——水体最大光合作用速率 (mgC · mgChla⁻¹ · h⁻¹) , 是温度的一个函数, 其表达式为:

$$P_{opt}^B = \begin{cases} 1.13 & T \leq -1.0 \\ 4.00 & T \geq 28.5 \\ P_{opt}^B & \text{其它} \end{cases}$$

另外, 水表面温度T(°C) 为-1.0<T<28.5时:

$$P_{opt}^B = 1.2956 + 2.749 \times 10^{-1}T + 6.17 \times 10^{-2}T^2 - 2.05 \times 10^{-2}T^3 + 2.462 \times 10^{-3}T^4 - 1.348 \times 10^{-4}T^5 + 3.4132 \times 10^{-6}T^6 - 3.27 \times 10^{-8}T^7$$

公式 (E.1) 也可简化成公式 (E.2) 。

$$PP_{eu} = 0.66125 P_{opt}^B \cdot \frac{E_0}{E_0 + 4.1} \cdot Z_{eu} \cdot C_{opt} \cdot D_{irr} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:

E_0 ——海表面日光合有效辐射强度 (mol量子/m²);

C_{opt} ——最大光合速率所在深度的叶绿素a浓度 (mgChla/m³) , 可以用表层叶绿素a浓度来代替;

D_{irr} ——光照周期 (h);

Z_{eu} ——真光层深度 (m);

E_z ——深度为z时的光合有效辐射强度 (mol量子/m²);

E_{max} ——最大光合有效辐射强度 (mol量子/m²);

E_{opt} ——最大光合速率所在深度的光合有效辐射强度 (mol量子/m²);

β_d ——光强与光合作用对应关系曲线的初始斜率;

C_z ——z深度的叶绿素a浓度 (mgChla/m³) 。

E.2 营养动态法

营养动态法从初级生产力与渔业资源量之间的经验关系中对海洋渔业资源量或补充量以及其时空变化进行估算。按公式 (E.3) 计算。

$$P = P_0 \cdot E_n \dots\dots\dots (E.3)$$

式中：

P_0 ——初级生产力；

E ——生态效率；

n ——营养阶层转换级数。
