

# 水污染生态系 调查手册

约瑟·斯迪恩

海洋出版社

# 水污染生态系调查手册

( ) 约瑟·斯迪恩

杞 桑 译      沈寿彭 校

海 洋 出 版 社

1986年·北 京

## 内 容 简 介

本手册系联合国粮农组织(FAO)与联合国环境规划署(UNEP), 为开展地中海污染调查而共同协作编制的规范性指南。它在对海洋生态系作了扼要介绍之后, 对海洋生态系的调查原则、方法、工具和资料整理等都有较详细的介绍。其研究对象虽是地中海特定环境, 但其基本原则对其他海区, 甚至内陆水都有一定的普遍意义。

本书对我国从事环境保护、海洋生态学等工作的科技人员和教学工作有一定的参考价值。

# MANUAL OF METHODS IN AQUATIC ENVIRONMENT RESEARCH

Part 8. Ecological assessment of pollution effects

by Joze ŠTIRN

FOOD AND AGRICULTURE OF

THE UNITED NATIONS Rome, 1981

## 海洋污染生态系调查手册

乔瑟·斯迪恩

杞国梁译

沈寿彭校

海洋出版社出版

(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行

北京昌平兴华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32

印张: 3<sup>13</sup>/16 字数: 70千字

1986年11月第一版

1986年11月第一次印刷

印数: 3000

统一书号: 13193·0865

定价: 0.90元

## 写在译前

水生态系是水环境不可分割的部分。污染与其说是造成水理化性质的恶化，不如说其矛头直指水生态系，对其结构与功能产生直接或间接的影响。

开展污染对水生态系影响的调查，继而在此基础上，提出科学评价，是水污染研究中必不可少的重要内容之一。一切水污染的防治措施，如果离开对水生态系的保护，将是舍本求末，事倍功半。

随着我国工农业的发展，我国海域及内陆水都已不同程度地受到污染。今后在大规模开发沿海石油及其他工农业建设的过程中，若操之不慎，污染还可能会加剧。因此，全面地开展我国水生态系的污染调查与评价，势在必行。事实上，已有不少研究机构在从事此项工作。鉴于目前这方面的参考资料较缺乏，故译就本手册，以飨同人。

本手册为联合国粮农组织 (FAO) 与联合国环境规划署 (UNEP) 为开展地中海污染调查而共同协作编制的规范性指南。它在对海洋生态系作了扼要介绍之后，对海洋生态系的调查原则、方法、工具和资料整理等，都有较详细的介绍。其研究对象虽然是地中海特定的环境，但其基本原则对其他海区，甚至内陆水都有一定的普遍意义，因此把原书名改译为《水污染生态系调查手册》，在目前尚无结合我国实

际情况的工具书问世的情况下，可能对我国从事这项工作的科技工作者有一定的参考价值。

在翻译过程中，有些名词术语尽可能按已有的规范译出。生态学方面的名词，因尚无规范可循，不得不参考散见在书刊中的译法。各作者的译法不尽统一。这样，就只好有所取舍了。此外，由于业务水平有限，谬误之处势所难免。希望使用本手册者提出批评指正，译者谨先以致谢。

本译稿尽量忠于原文，仅有个别地方，如若干采样工具的采购供应处，与我们实际情况关系不大，故未译出。其次，原文所有插图均注有出处，这部分也略去了。

杞 桑

1983.8于广州

## 本手册的编写

本手册是为联合国环境规划署的部分协作计划而编写的，其题目为：

联合国粮农组织为协作的一方与联合国环境规划署对地中海污染调查的联合协调计划

政府间海事协商组织 (IMCO) / 联合国教育科学及文化组织 (UNESCO) / 世界气象组织 (WMO) / 世界卫生组织 (WHO) / 国际原子能机构 (IAEA) / 联合国 (UN) / 联合国环境规划署 (UNEP) 的海洋污染问题联合专家组对海洋环境污染的定义是：

由于人类直接或间接地向海洋环境 (包括河口) 引入的物质与能量，造成诸如损害生物资源、危害人类健康，妨碍包括捕捞在内的海事活动、降低海水利用的质量与舒适性等方面的恶果。

## 前 言

根据《地中海行动计划》，由联合国环境规划署发起并得到“保护地中海政府间会议”（1975年1月28日至2月4日于巴塞罗那市召开）所认可，制定了《地中海污染监测与研究协作计划》。作为这个计划的一部分，一个联合国粮农组织与联合国环境规划署关于地中海污染的联合协调研究计划诞生了。这个计划，尤其是研究课题，目的在于就污染物对海洋生物群落与生态系的影响，组织一个协作研究规划。

联合国粮农组织于1975年6月23日至7月4日，在罗马召开了“地中海污染问题联合协调计划专家咨询会议”。会议所制定的《实施文件》，成为前述规划中，地中海有关国家的研究所进行合作的规范性基础。这个《实施文件》，详细说明要研究的群落与生态系，要分析的参数和影响，以及将使用的一般方法。

1977年5月2日至13日，联合国粮农组织与联合国环境规划署“地中海污染问题联合协调计划的中期专家咨询会”于Dubrovnik 举行。会议审查了计划实施的进展情况。应会议提出的要求，编写了本手册，以便就评价污染造成的海洋生态系的改变，提供研究方法。其主要目的是，在确定各种来源的污染物对海洋生物的影响时有所帮助。它将使“反对污染，保护地中海（巴塞罗那会议）的合同组织会议”在反

对来自船只与飞机的废物排放，来自船舶的污染；勘查与开发大陆架及其海床海底引起的污染，以及来自陆上的污染（会议第五至八号文件）等造成的影响，有适当的准则可循。作者希望本手册使用者，能从自己的经验中对它提出批评与建议，并将它寄往联合国粮农组织，以便修改。这些批评与修改将成为编写地中海污染研究的参考方法的基础。

本手册是 Stirn 博士以阿尔及尔的 Peches 海洋研究中心顾问的资格，代表“地中海区域活动中心”而编写的。作者对来自马赛，d'Encloume 海洋研究站的科学家们讨论本手稿，表示感谢。尤其是 D.Bellan-Santini 博士与 M.Travers 博士，他们积极地促成和审阅了初稿。巴黎的 M.Taylor 先生负责文字编辑工作。最后由粮农组织水产资源与环境局的人员，特别是 H.Naeve 博士编撰而成。

本手册仅是阐述作者的观点，并不代表粮农组织与环境规划署。

## 摘 要

虽然海洋环境由于明显的污染，结果造成生态系大部分特性发生改变，但本手册主要是对污染引起的群落结构的改变，尤其是多样性的变化，提供评价方法。本手册所介绍的方法，着重底栖生物群落，且尽可能与水层环境状况，生物生产力及群落结合起来。故同时介绍浮游植物与浮游动物的采样、处理与测定的基本方法。底栖生物调查方法，尤其是对沿岸软质底群落的叙述较为详细，对此提供了关于采样策略、设计与实施，样品处理，分类鉴定，动植物成分的定量分析，以及对取得的生物群落定量资料的解释。

# 目 录

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| 1. 绪 言 .....                  | (1)  |
| 1.1 生态系 .....                 | (2)  |
| 1.1.1 能量转换 .....              | (3)  |
| 1.1.2 生物群落 .....              | (4)  |
| 1.1.3 生态系的发展、进化与自动调节 .....    | (5)  |
| 1.2 污 染 .....                 | (6)  |
| 1.2.1 有毒或抑制性污染物 .....         | (6)  |
| 1.2.2 富集污染物 .....             | (6)  |
| 1.2.3 惰性悬浮固体物 .....           | (7)  |
| 1.3 海洋生态系中污染效应的生态学评价 .....    | (7)  |
| 2. 通过底栖生物调查评价污染引起的生态系变化 ..... | (10) |
| 2.1 地中海分区 .....               | (10) |
| 2.2 底栖生物类型及鉴定 .....           | (14) |
| 2.2.1 大型底栖生物 .....            | (15) |
| 2.2.2 小型底栖生物 .....            | (17) |
| 2.3 底栖生物调查的基本策略和采样计划的设计 ..... | (19) |
| 2.3.1 调查区域的选择 .....           | (19) |
| 2.3.2 资料收集与初步调查 .....         | (20) |
| 2.3.3 底栖生物采样计划的最终设计 .....     | (21) |
| 2.4 采样与样品处理方法 .....           | (31) |
| 2.4.1 采样船只和船用设备 .....         | (31) |
| 2.4.2 硬质底的采样 .....            | (32) |

|        |                                 |       |
|--------|---------------------------------|-------|
| 2.4.3  | 软质底的采样 .....                    | (35)  |
| 2.4.4  | 样品处理 .....                      | (48)  |
| 2.4.5  | 样品的固定、标号及贮存 .....               | (56)  |
| 2.4.6  | 生物量描述 .....                     | (59)  |
| 2.4.7  | 分类鉴定和种类数量计算 .....               | (62)  |
| 2.4.8  | 结果整理和鉴定不同群落 .....               | (63)  |
| 2.4.9  | 用对底栖生物群落结构特征的阐述来作为污染效应的度量 ..... | (67)  |
| 2.4.10 | 沉积物的采样与分析 .....                 | (79)  |
| 3.     | 通过水层区调查对污染造成的生态系改变的评价 .....     | (82)  |
| 3.1    | 基本术语 .....                      | (83)  |
| 3.2    | 污染引起的水层生态系的主要变化 .....           | (84)  |
| 3.3    | 浮游生物的类群、分类鉴定与结果解释 .....         | (85)  |
| 3.4    | 水层区调查的基本策略和采样计划的设计 .....        | (86)  |
| 3.5    | 浮游生物调查的采样设计 .....               | (87)  |
| 3.6    | 浮游植物采样与分析 .....                 | (88)  |
| 3.6.1  | 浮游植物的采样 .....                   | (88)  |
| 3.6.2  | 样品的贮藏、固定和保存 .....               | (89)  |
| 3.6.3  | 浮游植物总生物量的测定 .....               | (90)  |
| 3.6.4  | 浮游植物的定量分类分析 .....               | (92)  |
| 3.7    | 浮游动物的采样与分析 .....                | (97)  |
| 3.7.1  | 微型浮游动物的采样、固定和检查 .....           | (97)  |
| 3.7.2  | 中型浮游动物的采样、固定和检查 .....           | (98)  |
|        | 参考文献 .....                      | (105) |

# 1. 绪 言

日益增长的污染严重影响海洋环境，特别是因为污染有可能对我们自己的健康、经济福利和对美好环境的享受等方面产生反馈作用因而引起人们倍加关注。尽管诸如海水中海产品的微生物或化学污染，经济上重要的海洋生物的产量下降等等所受到的影响，业已明显到足以察见和（或）估量的程度，但它们提供的只不过是是个别的，而非整体的污染影响的信息。污染造成的海洋环境理化性质的改变，即在海水中的，及在海床内偏离了自然状态（如常规分析的pH、Eh、CO<sub>2</sub>系统、O<sub>2</sub>、BOD、营养盐、有机物负荷、悬浮物及特定的污染物）。如果这些分析脱离了生物体系，则等于无木之本。无论何时，我们在考虑海洋污染类型时，必须明白这样的事实：不管引起水体与海底理化性质的种种改变如何，归根结底不可避免地是一个生物学问题。污染最关键的影响是活有机体，同时在环境和群落中造成一种无规律的从属性变化的恶性循环。因此，对生态系统及其群落详尽地调查，将构成任何研究海洋污染的一个重要组成部分。

鉴于即使在现今的生态学文献中，对海洋生态系基本概念的解釋时有矛盾，故似有必要对海洋生态系作一简短的理论介绍。这样做，至少是为了避免术语上的误解。然而，从实用出发，有关生态学理论的较大篇幅，则结合在解释污染

引起的底栖生物群落结构改变的有关章节中（见2.4.9），故这里主要根据Odum（1971）的概念，仅给出基本定义。

## 1.1 生态系

活的有机体与其无生命环境之间有不可分割的相互关系，且相互作用。在一定区域内，包括所有有机体（即群落）在内的任一单位，均与物理环境相互作用，因而在系统中，能量流导至一个明确限定的营养结构、生物多样性及物质循环（即生物与非生物之间的物质交换），即为一个生态系。

从营养观点上看，生态系有两个成分：自养性生物与异养性生物。大洋生态系中的自养性生物显然是那些集中在浮游区真光层部分的浮游植物。而异养性生物，则多少等同地生活于浮游区及水底区环境。在浅水沿岸区占有相当重要地位的自养性大型植物可属于水底区。绝大多数的异养性种群也同样在此区生活。

为便于叙述，须认识以下包含在生态系中的成分：

- (a) 物质循环的无机物质（C、N、P、S、微量元素）和物理的能源（辐射）；
- (b) 连结生物与非生物的有机化合物；
- (c) 生产者，即自养性生物；
- (d) 大型消费者或吞噬型营养者，即异养性生物，主要为动物。它们摄食海洋生态系中的其他生物或有机颗粒，如：
  - ① 悬浮物摄食者，即浮游的与底栖的滤食者；
  - ② 大型捕食者，在浮游生物、底栖生物与游泳生物中

均存在；

© 底栖沉淀型摄食者。

(e) 微型消耗者(腐食性与渗食性)，即异养性生物，主要为细菌与真菌。它们将死亡原生质的复杂复合物和其他可生物降解的有机物分解，吸收一些分解产物和释放出生产者可利用的无机营养物。这些无机物与有机物一起，可作为能量来源，或者对生态系中其他生物成分起抑制或刺激作用。

从功能观点上看，生态系具有结合与加工处理的特性。这些功能，会因受到污染压迫影响而发生改变。

1.1.1 能量转换

正如所有生物系统一样，生态系具有热力学的基本特征，它能建立内部的“序”和维持在高水平状态或处于低熵的条件下。这是通过从能量高利用（光与食物）至低利用（热）的不断消耗来达到的。在生态系中，复杂生物量结构的“序”，是由群落整体呼吸来维持的，呼吸连续地“排除紊乱”。因此，群落的简单化过程，如污染压迫所造成的结果，会引起熵增加和（或）有机物贮存失去平衡。

生态系中基本的加工机制为其初级生产力。它是光合性或化合性初级生产者，以有机物形式将辐射能贮存起来。这些有机物可被草食性、腐植性，以及通常2—3个肉食性营养层的次级生产者用以作为食物。根据热力学第二定律，由于热的损失，在每一层次中能量流就增加，由一种形式转变成另一种形式。通常有很大部分，即80—90%的潜能以热的形式失掉。

来自最初的食物能量，经过一系列生物群反复地摄食和被摄食的转换，称为食物链。食物链有两种基本类型：捕食

性食物链，即从初级生产者，经过草食者和肉食者。碎屑食物链，即从死亡的有机体至微生物，大型碎屑食性者及其捕食者。食物链互相连结成复杂的食物网。

在食物网中，受稳定的能量流支持的现存生物量，在很大程度上与群落中种类的大小有关：生物个体越小，其单位生物量的代谢就越高。从而，个体越小的生物，生态系统能维持的生物量就越小。由于许多类型的污染压迫会引起生态系的变化，从而使耐污性的微小生物占优势。故这种改变了的群落，表现出低生物量、高代谢率和熵的速率的增高。另外，由于耐污性弱的捕食者功能下降，于是在这种生态系中积累在沉积物中的死亡有机体也会显著地增加。

#### 1.1.2 生物群落

生态系通过群落结构发展的快慢，其功能也或多或少地完善起来。因此，群落不但在营养结构与能量流格局上具有一定的功能单位，并且组成上也应能协调，某些种类大致上能在一起共存。然而，在时间与空间上，不同种类大有互相取代的余地，所以，功能上相似的群落会有不同的种类组成。

群落中所有的种类在决定整个群落性质与功能方面，并非具有同等的重要性。群落中相对少数的种类或类群（即所谓生态优势者），一般地对能量流起主要作用，且因其数量、个体大小、产量或其他活动而强烈地影响所有其他种类的环境。优势究竟是集中在一种、若干种或许多种，其程度可以用适当的优势指标来表示。这种指标概括了每一种在与群落关系中所占的重要性的总和。

虽然少数优势种在每一营养类群中的能量流甚为重要，但大量少见种则在很大程度上决定了营养阶层，乃至整个群

落的种类多样性。种类的多少与每一种的数量、生物量或个体生产力之间的比值，称为种类多样性指数。在受物理控制的生态系中（由于遭受强烈的理化限定因素，包括污染压迫），种类多样性趋低，而在生物控制的生态系中趋高，并与生态系的稳定性有直接关系。

### 1.1.3 生态系的发展、进化与自动调节

生态系的发展，即生态演替，可用下述参数来定义：

(a) 群落发展是个有序过程，它包括种类结构的改变与群落随时间变化的种种过程。它自然地具有方向性，从而可以预测；

(b) 它是由于物理环境而引起群落的改变。也就是说，演替是受控群落的表现，尽管是物理环境决定其格局及变化速率，并确定其发展至多大程度的界限；

(c) 它可达到一个稳定的生态系。在这情况下，生物间最大的生物量、多样性和共生功能，依每单位有用的能流来维持。

在一定范围内，一个群落取代另一个群落的整个次序称为演替序列。相对的过渡性群落称为序列阶段，而最终稳定系统即为人们所知的顶极。从能够对于干扰达到最大的保护性看，生态演替的重要性在于，在达到顶极平衡状态时它对物理环境控制或自动调节能力提高了。处于污染压迫中的群落与正在发展的或其他不稳定的群落相反，其顶极群落的产量几乎与呼吸量相等，没有有机物的净积累。

由于长期进化历史的结果以及因为海洋环境有着典型的稳定性，海洋生态系和绝大多数主要群落均处于顶极阶段。但河口、泻湖及一些上升流的生态系例外。那里由于自然物

理条件的种种变化，还有越来越多的沿岸区成了污染压迫的目标。故在这些环境中，会栖息着较不稳定的群落。在污染压迫下，正如后面将述及的底栖生物群落（见2.4.9），原先的顶极群落会退化至不稳定生态系的“最不成熟”阶段。

## 1.2 污 染

如果排除由于微生物引起娱乐水域和海产品的污染、持久性毒物在海产品中的积累和沿岸区美学价值的降低等，而从纯粹生态学观点出发，污染物可按下述分为：

### 1.2.1 有毒或抑制性污染物

这类污染物对海洋生物的生理功能、行为、营养、繁殖、变态和遗传都会引起致命的或难以估计的影响，或者使一些种群从生态系中消失，或者使生态系衰退。引起这些影响的最常见污染物为：

- (a) 热废水；
- (b) 非生物性的微量元素如Cr、Ni、Hg、Cd、Ag、Pb、Al、Ti和游离氯、氰及元素P；
- (c) 过量的生物微量元素如Fe、Mn、Zn、Cu和Mo；
- (d) 矿物油的某些成分及其衍生物；
- (e) 酚、洗涤剂、氯化烃及一些合成有机物；
- (f) 过量的有机物中间产物、亚硝酸盐、氨和硫化氢；
- (g) 生物可降解性的有机物导致BOD升高，从而使溶解氧显著地减少；
- (h) 高浓度的强酸和强碱改变海水正常的pH范围。

### 1.2.2 富集污染物

任何废水或废水径流，若提高了作为初级生产者营养物