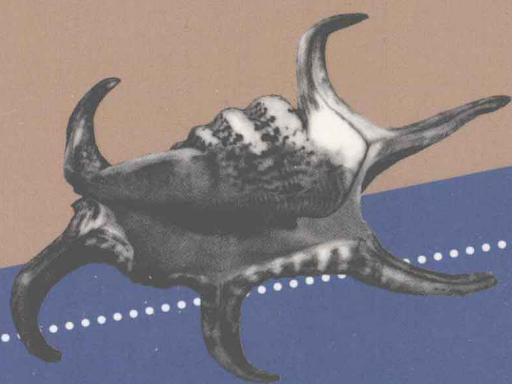
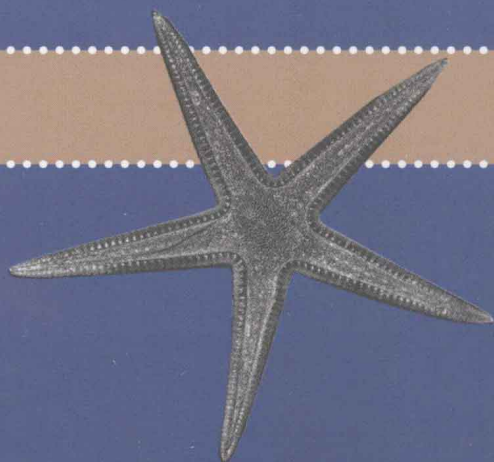


中国海洋 大型底栖生物

——研究与实践

李新正 刘录三 李宝泉 等编著



海洋出版社



中国海洋 大型底栖生物

——研究及发现

1999 2000 2001 2002 2003

中国海洋大型底栖生物

——研究与实践

李新正 刘录三 李宝泉 等编著

海洋出版社

2010年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

中国海洋大型底栖生物：研究与实践/李新正等编著. —北京：海洋出版社，2010.9
ISBN 978 - 7 - 5027 - 7843 - 9

I. ①中… II. ①李… III. ①海洋底栖生物 - 中国 IV. ①Q178.535

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 179894 号

责任编辑：项 翔

责任印制：刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编：100081

北京顺诚彩色印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

开本：889 mm × 1194 mm 1/16 印张：24.25

字数：517 千字 定价：100.00 元

发行部：62147016 邮购部：68038093 总编室：62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

序一

底栖生物生活在水域底上或底内，是海洋生物最重要和复杂的生态类群，它与浮游生物、游泳生物在丰富多样特点不同的生境中，组成结构不同、功能各异的生物群落，在完整、健康的生态系统内构成的复杂食物网—环—链中，承担着生产者、消耗者和/或分解者的功能、作用与任务，为保持顺畅的物质循环与能量流动过程，完成生源要素在水体、沉积物与生物体间的生物地球化学循环过程，为保证水域有机物质的健康生产，生物生产力持续发展，食品、药物、工业原料的持续、充足供应，完成国家建设和社会发展任务作出贡献。

海洋底栖生物的特点是种类丰富，群落结构和种间关系复杂，数量分布与环境因子间的关系复杂多变。在多样性测定分析中，多种公式应用结果往往是资料数据堆积，头绪混乱不清，难以找出规律性结论来说明问题的实质——特别是生态学、生物学的关键过程与机制——从而有效地为有关生产建设与事业管理服务。

底栖生物与人类关系十分密切，鱼类、虾蟹、贝类、藻类等生物种类繁多、数量惊人，是重要的水产资源、渔业捕捞和养殖对象，经济价值很高；许多种类又是医药和多种工业原料的宝贵资源；底栖无脊椎动物及其幼体又是经济鱼虾类的天然食饵，其繁殖生长影响到水产资源的补充、丰歉与数量变动；此外，海港、码头、船底及水下设施的污着生物又严重危害港务建设、交通运输及石油井架等勘探开发作业，常造成严重损失与破坏，影响各业生产。此外，许多底栖生物栖息于沉积物间，靠吞食底质吸取其有机质为营养来源，其活动影响沉积物层理结构与物质营养价值；生物扰动作用和底质再沉降已是底栖生态学和沉积动力学研究的主要与基本内容。因此，底栖生物研究久已受到各有关学科领域与生产管理、领导部门的重视，而进行着大量调查研究，并取得了不同程度的成绩、贡献和显著提高。但是，已有成绩还难以满足国家日益增长的需要，还应该大力加强。

本书编写目的是为读者提供本学科领域的基础知识，使初学者能独立进行野外（海上）调查取样、标本提取、登记固定、保存及数据统计计算等方法技术，达到顺利完成海上调查取样，并能进行资料初步整理与分析。

本书第二部分是选取和简要介绍在中国南北各海域（包括潮间带、浅水）调查研究的已有成果，还提供了北方、南方不同海域所得的几项调查研究实例，供读者比较分析与参考。内容涉及底栖生物研究的诸多方面，反映了不同海域不同生境底栖生物的种类组成、数量（丰度、生物量）分布、生物生产、群落结构、多样性特点及其与海洋环境因子的关系；也反映了不同作者在不同海域和不同生境（软硬底质、潮间带

和近岸与远海水域)所进行的不同调查研究和取得的成就。

本书第三部分特别简要介绍了旨在帮助进行水域环境监测在淡水水域所做的尝试与取得的进展;借鉴了松花江水环境生物学评价的材料和结果,倡导生态研究要服务于国家建设与环境保护——污染的监测,具有重要意义与参考价值。最后还介绍了关于河口生态系统健康与底栖生物生态修复的有关科学问题,提出了作者的认识与意见。

本书的出版,将有助于推动海洋底栖生物生态学调查研究的扩大发展与深入提高,有助于不同目的调查研究的开展与进行,有助于学科和有关事业的发展。特为之作序。



中国科学院院士

2009年3月于青岛

序二

底栖生物是生活在水底表面或沉积物中的一类生物。这类生物分布极其广泛，从淡水中的河流、湖泊到海洋中的潮间带乃至万米余深的大洋深渊都有其分布。底栖生物种类繁多、数量惊人，它们在食物网中扮演着生产者、消费者和分解者的多重角色，在水生态系统的物质循环和能量流动中发挥着重要作用。

我国拥有1.8万千米的海岸带以及广阔的海域，复杂多变的海洋环境提供了适合各种海洋底栖生物生存的栖息地，底栖生物种类、数量十分丰富，其中大量的大型海藻、鱼类、虾蟹以及贝类是我国经济水产资源的重要组成部分。研究海洋底栖生物的种类组成、数量的时空分布等群落结构特征，对于掌握我国海域渔业资源现状具有重要意义。

海洋底栖生物资源必须坚持可持续发展的开发利用，以保证海洋生态系统的健康发展。尽管我国底栖生物资源丰富，但并非取之不尽、用之不竭。随着社会经济的快速发展，渔业资源的过度捕捞，造成我国底栖生物资源尤其是经济水产资源濒临枯竭。近年来，沿海港口城市的迅猛发展，港口建设、填海造田活动的日益增多以及大量污染物输入近岸海域，使得我国底栖生物的栖息环境退化甚至遭受根本性破坏。如何在开发利用海洋底栖生物资源的同时保护生态系统的健康发展是摆在我们面前亟须解决的问题。海洋底栖生物资源的开发与保护必须依靠科技进步。

海洋底栖生物学是一门基础性学科，目前海洋底栖生物的研究步伐远跟不上我国社会经济的发展速度，海洋生物方面的人才，尤其是底栖生物分类方面的人才非常匮乏，成为目前我国海洋底栖生物生态学研究的一个瓶颈。本书的编写旨在为读者介绍海洋底栖生物研究的基础知识，使读者较为全面地了解海洋底栖生物现场调查取样、标本分拣、样品记录、室内标本处理、保存，以及数据资料处理统计等操作步骤，从而可以独立完成底栖生物现场取样、室内标本分析等工作。

作者根据以往研究成果，概括介绍了我国南北各海域的自然环境概括与底栖生物群落特点，并选取了几个典型海域的底栖生物研究实例进行分析。主要内容包括底栖生物的种类组成、数量分布、次级生产力、群落结构及生物多样性等群落特征，此外还简要分析了底栖生物与海洋环境因子的关系。这些介绍有助于读者了解我国各海区的底栖生物概况，为以后研究打下基础。对于底栖生物在海洋环境管理中的应用方面，作者结合松花江水质生物学评价实例介绍了底栖生物在水环境质量评价中的指示作用，对河口生态系统健康、底栖生物生态修复以及大型底栖动物研究发展趋势等进行了论述。

本书的出版，对我国海洋底栖生物生态学的发展将起到一定的推动作用，有利于促进生物监测与评价在水环境保护与管理方面的应用。本书可以为生物学、生态学、水产学和环境科学等相关专业领域的科研工作者和学生提供参考依据。



中国工程院院士

2010年5月

前言

海洋大型底栖生物是最重要的海洋动物类群之一，在海洋生态系统物质和能量循环、生态系统平衡与稳定中起着重要的作用。海洋大型底栖生物是种类最多的海洋生物类群之一，在已有记录的海洋动物种类中，60%以上是大型底栖动物。海洋大型底栖生物是人类研究报道最早的海洋生物之一，从古希腊亚里士多德即开始有关于海洋大型底栖动物的研究，现代大型底栖生物调查研究始于英国皇家学会组织的“挑战者”号环球调查，其采集样品和相关专著论文报道种类中绝大部分是海洋大型底栖生物。海洋大型底栖生物是人类开发利用最早的海洋生物资源之一，从远古时代，即用贝类作为钱币使用到一些种类的个体、整体或部分或衍生物作为中药使用，更多的则是作为食品，成为重要的蛋白质来源。海洋大型底栖生物的重要性，使其成为海洋科学研究的最重要的内容之一，无论是海洋生态系统动力学调查、海洋环境评价、海洋资源调查，还是海洋生物多样性、分类系统学、区系和动物地理学研究，均将海洋大型底栖生物的数据作为最重要的基础资料。

我国从新中国成立后才开始有系统的海洋大型底栖生物调查，特别是1958—1960年的全国海洋普查，采获了大量近海标本材料，使大型底栖生物的分类学和生态学研究全面展开，至今方兴未艾。近年来，随着我国国力的提高，对海洋科学技术的投入在逐步加大，新的野外调查和实验室分析方法和技术手段逐渐引入我国，使海洋大型底栖生物调查的范围从我国近海、浅水逐步向远海、深水甚至南、北极扩展，调查内容也由初步、粗放、局部、分散向深入、细致、全面、系统的方向发展，调查研究水平越来越高，取得了大量宝贵资料和高水平研究成果。

为使我国海洋大型底栖生物研究更加适应国家海洋经济建设发展的战略需要，使本学科的发展更加科学，本专著在总结我国50多年来海洋大型底栖生物研究成果的基础上，全面介绍本学科领域的研究方法、技术手段、相关政策法规、发展现状和当前人们关注的科学问题，一些数据由编著者承担项目获得，属第一次发表，其主导思想是力求使本专著成为我国海洋大型底栖生物研究及相关生态安全研究的手册性工具书，为我国海洋科学进步和海洋经济建设服务。

编著分工：第一章由李宝泉、董超、马林、李新正编写；第二章由刘录三、蔡文倩、马林编写；第三章由董超、韩庆喜编写；第四章由韩庆喜、李新正编写；第五章由王晓晨、李新正编写；第六章由李宝泉、刘录三编写；第七章由李宝泉、李新正编写；第八章、第九章由刘录三、王晓晨、李新正编写；第十章由李新正、李宝泉编写；附录I由王洪法、帅莲梅、李宝泉、韩庆喜、董超、马林、王晓晨、蔡文倩、张宝琳、李士玲、董栋、李新正编录；附录II由李新正、李宝泉、王少青等选录。全书由李新正、刘录三统稿。

由于工作积累中海洋环境质量评价方面知识的缺乏，我们在本领域实例介绍中部

分引用了淡水研究内容作为海洋研究的参考。这有待于今后在海洋方面的努力以替代。

著名海洋底栖生物生态学家刘瑞玉院士为本书作序，对本专著出版给予热忱指导和支持，并提出具体修改意见，在此表示衷心感谢。衷心感谢中国环境科学院孟伟院士对本专著编写和出版的鼓励和支持，孟院士在百忙中还对本专著书稿进行了审改，并提出了很多宝贵的编写建议，本专著得以最终出版与孟院士的鼓励和帮助是分不开的。特别感谢中国环境科学院郑炳辉教授对本专著出版的大力支持。本专著得到环保公益性行业科研专项经费（2008467041）等项目资助。

由于编著者能力和学术水平有限，本书错漏和不足之处在所难免，对已有文献的介绍还很不全面，对引用的某些研究结论的理解尚不深入。恳请专家、读者批评指正。

李新正 刘录三

Content 目次

第一篇 总 论	(1)
第一章 绪论	(3)
第一节 海洋底栖生物的生态类群.....	(3)
第二节 海洋底栖生物的研究历史.....	(4)
第三节 海洋底栖生物的生态作用.....	(7)
第四节 典型海洋底栖生物的生活史.....	(8)
第二章 大型底栖生物调查与研究方法	(24)
第一节 调查内容和方法	(24)
第二节 样品采集	(25)
第三节 室内标本处理	(34)
第四节 资料整理和保存	(37)
第五节 潮间带生物生态调查	(40)
第六节 底栖生物常规数据分析方法	(53)
第七节 功能群概念及研究方法	(55)
第三章 大型底栖生物实用采集和分类技术	(58)
第一节 潮间带采集	(58)
第二节 潮下带大型底栖动物的采集	(60)
第三节 大型底栖动物的采集举例	(62)
第四节 标本采集注意事项	(65)
第五节 标本整理	(66)
第二篇 中国各海区大型底栖生物	(75)
第四章 渤海海域大型底栖生物	(77)
第一节 渤海海域环境特点	(77)
第二节 物种组成	(78)
第三节 生物量分布	(81)
第四节 丰度分布	(82)
第五节 次级生产力	(84)
第六节 群落结构分析	(85)
第七节 辽东湾北部海域大型底栖动物生态特点	(86)
第五章 黄海海域大型底栖生物	(100)
第一节 环境特点.....	(100)
第二节 物种组成.....	(106)

第三节	生物量和栖息丰度·····	(108)
第四节	群落结构和物种多样性·····	(110)
第五节	黄海典型海域分述·····	(112)
第六节	与环境的关系·····	(119)
第七节	小结·····	(122)
第六章	东海海域大型底栖生物·····	(123)
第一节	自然环境·····	(123)
第二节	物种组成和优势种类·····	(123)
第三节	生物量和丰度·····	(125)
第四节	群落结构分析·····	(126)
第五节	东海典型海域分述·····	(128)
第七章	南海海域大型底栖生物·····	(138)
第一节	自然环境·····	(138)
第二节	生物物种组成和优势种类·····	(144)
第三节	生物量和丰度·····	(146)
第四节	南海海域物种多样性现状及研究进展·····	(147)
第五节	群落结构分析·····	(148)
第六节	大型底栖生物与环境的关系·····	(149)
第七节	南海典型海域分述·····	(151)
第三篇	海洋环境管理技术与应用·····	(161)
第八章	基于底栖生物的水环境质量评价·····	(163)
第一节	底栖生物在生物评价中的地位与作用·····	(163)
第二节	应用底栖生物指示水环境状况的发展历程·····	(165)
第三节	实例研究——松花江下游水质生物学评价·····	(166)
第九章	关于河口生态系统健康与底栖生物生态修复的几个科学问题·····	(174)
第一节	从流域尺度研究河口生态系统健康·····	(174)
第二节	河口生态系统健康评价的指标选择·····	(175)
第三节	关注新兴污染物对河口生态系统健康的影响·····	(178)
第四节	加强对河口生境的评估与分区研究·····	(179)
第五节	关注沉积环境对河口生态系统健康的影响·····	(183)
第六节	底栖生物在生境修复中的应用·····	(185)
第七节	小结·····	(187)
第十章	大型底栖动物研究的发展趋势·····	(189)
参考文献	·····	(192)
附录 I	中国海域大型底栖动物物种名录·····	(202)
附录 II	大型底栖动物采集图集及一些大型底栖动物物种图鉴·····	(361)

第一篇

总 论

1

第一章	绪论
第二章	大型底栖生物调查与研究方法
第三章	大型底栖生物实用采集和分类技术

第一章 绪论

第一节 海洋底栖生物的生态类群

一、定义

海洋底栖生物 (benthos) 又称水底生物, 是指生活在自潮间带至海底的表面和沉积物中营底栖生活的所有生物, 是海洋生物中种类最多、生态学关系最复杂的生态类群, 生态学意义非常重要, 在海洋生态系统能量流动和物质循环中有举足轻重的作用。不同深度的海底环境因子和基质的差异造成底栖环境的多样性, 促使栖息生物在形态构造和生活习性上也产生了变异和复杂化, 因此, 底栖生物种类极为繁多 (预计超过 100 万种), 大大超过水层中大型浮游动物 (约 5 000 种)、鱼类 (约 20 000 种) 和海洋哺乳动物 (约 110 种) 种类之和。

二、生态类群

(一) 按生活方式划分

底栖生物包括底栖植物和底栖动物, 依据底栖动物的不同生活方式, 可将其划分固着生物、周丛生物、底埋生物、穴居生物、爬行动物和钻蚀动物。固着生物分布广泛, 从潮上带到深海都有营固着生活的种类, 常见种类有海绵动物、腔肠动物、甲壳类的藤壶、软体动物的瓣鳃类 (如贻贝)、尾索动物 (如海鞘)。周丛生物由覆盖在动植物、船舶、石块等物体上的一类营从生生活的生物组成, 大部分是固着生物, 但也有许多能自由活动的种类。底埋动物主要包括环节动物多毛类、软体动物瓣鳃类、甲壳类、腕足类和棘皮动物中营底埋生活的种类。穴居动物在潮间带生物中占有很大比例, 主要包括营穴居生活的甲壳类和部分软体动物; 爬行动物指生活在水底基质表面的动物, 主要有腹足类软体动物、棘皮动物的海参、海胆、海星和甲壳类的海蟑螂等; 钻蚀动物指可以利用身体的特殊构造和功能钻蚀坚硬的岩石或木材并生活在钻蚀的管道内的底栖生物, 又可分为钻石类 (如甲壳类的蔓足类的钻蚀藤壶、软体动物的海筍) 和钻木类 (如软体动物的船蛆)。

(二) 按体型大小划分

底栖动物按大小划分可分为三个类型: 微型底栖动物、小型底栖动物和大型底栖动物。微型底栖动物 (microfauna) 是指分选时能通过 $42\ \mu\text{m}$ 孔径网筛的生物, 主要是原生动物 (Protozoa) 等。小型底栖动物 (meiofauna) 是指分选时能通过 $0.5\ \text{mm}$ 孔径网筛而被 $42\ \mu\text{m}$ 孔径网筛留住的动物, 主要类群包括: 自由生活海洋线虫 (free-

living marine nematodes), 底栖桡足类 (benthic copepods)、介形类 (Ostracoda)、动吻 (Kinorhyncha)、涡虫 (Tubellaria)、腹毛虫 (Gastrotricha)、颚咽动物 (Gnotostomulida)、缓步动物 (Tardigrada)、有甲动物 (Loricifera)、须虾类 (Mystacocarida) 和螨类 (Haiacarida), 也包括一部分原生动物, 如有孔虫和纤毛虫。大型底栖动物 (macrofauna) 是指分选时能被孔径为 0.5 mm 网筛留住的底栖动物, 主要包括腔肠动物、环节动物多毛类、软体动物、节肢动物甲壳类和棘皮动物 5 个主要类群, 此外, 常见的还有海绵动物、纽虫、苔藓动物和底栖鱼类等。

(三) 按摄食方式划分

海洋底栖动物按食性和摄食方式可划分为 4 种类型: 滤食性动物, 也称悬浮食性动物, 它们依靠各种过滤器官滤取水体中的悬浮有机碎屑或微小生物, 如许多双壳类、甲壳类等; 沉积食性动物, 也称碎食性动物, 它们能摄食底表的有机碎屑, 吞食沉积物, 在消化道内摄取其中的有机物质, 如某些双壳类、芋参、心形海胆等; 肉食性动物, 它们捕食小型动物和动物幼体, 如对虾、海葵等; 寄生性动物, 它们吸取寄主体内的营养, 多缺乏捕食器官。在海洋底栖动物中, 以前 3 类食性和方式为主。

另外, 根据人们不同的研究目的与兴趣点, 海洋底栖生物还可以依据其他准则来划分生态类型。譬如按生活的沉积环境不同, 底栖生物还可划分为硬底质、软底质以及砂质底质生活类群; 按对氧气的需求量多少, 底栖生物又可划分为好氧类群、厌氧类群等。

第二节 海洋底栖生物的研究历史

一、国际研究历史回顾

海洋底栖生物的早期研究与海洋科学的发展有着紧密的联系。1873 年 12 月至 1876 年 5 月由英国皇家学会组织的“挑战者”号环球调查被认为是海洋科学发展史上的一个重要里程碑, 它标志着始于中世纪的海洋探险时代的结束和海洋调查时代的开始。该项目历时三年半, 航程遍布三个洋, 调查项目全面, 包括水温、密度、海水化学、海洋动物和植物 (拖网资料) 以及海洋地质等。调查结果经 20 年的系统整理汇编成 50 部巨型调查报告, 其中对海洋生物的形态描述、分类鉴定被誉为经典著作。继“挑战者”号航行之后到 20 世纪 50 年代, 则多为多船联合调查时期, 世界各主要沿海国家都相继开展了多次大规模的全球性调查工作, 其中美国和苏联在投入的人力、物力、船只吨数和总航程时间方面均占绝对优势。对底栖生物的研究也进入定量研究、生物群落研究及生物多样性研究阶段, 并通过对底栖生物群落进行长期调查以进行环境监测。20 世纪 70 年代中期, 大型底栖动物作为一个重要变量进入生态系统模型, 同时随着科技进步, 对深海底栖动物的研究也取得了重大进展, 深海热泉生物

群落的发现就是典型一例。

（一）底栖动物的定量研究

定量研究始于 20 世纪初, 尤其在前 30 年, 有关定量研究的方法发展迅速, 特别是对软泥沉积物的研究 (Paine, 1994)。Peterson 于 1913 年首先使用了 peterson 采泥器, 之后各种类型的采泥器被陆续应用于世界各海域的底栖生物调查过程, 积累了大量的第一手资料。Crsip (1984) 和 Zenkevich (1963) 以单位面积生物量等线图的形式绘出了大面积的海底总生物量的变化图形, 并估算了整个海洋底栖生物的总现存量; Boysen-Jensen (1919) 最早报道了莱姆峡湾大型底栖动物生产量, 采用测量单个种群进行, 获得其丰度和个体重量, 再根据现存量和排除量来计算生产量的方法, 该方法至今仍被使用; Sanders (1956) 首次报道了生产量与生物量之比 (P/B)。现在, 人们已经能够用多种方法来估算各个种的生产量 (Csrp, 1984)。但仅在少数海域获得大型底栖动物群落生产量的数据, 而这些数据也一般是采用 P/B 值或动物体大小估算出来的近似值 (Brey, 1990)。由于缺乏统一的方法和标准, 目前要概括地确定底栖动物的次级生产量非常困难。值得注意的是近些年来, 生物化学和分子生物学研究方法在这一领域得到较好的发展前景 (Warwick, 1997)。

（二）生物群落的研究

海洋底栖生物群落是指生活在海洋底部的各种生物种群通过相互作用而有机结合的复合体。生物群落的研究包括对群落组成及其稳定性和多样性、群落演替、能量转换等方面所开展的基础性研究工作。

底栖生物群落长期以来一直被认为是研究生态系统变化的主要对象, 这种变化可能由人为扰动或是自然界的长期变化所造成。目前对大型底栖动物群落结构的研究主要有两种方法: ①根据长期的实测数据进行分析 (sarda, 1994; Frid et al., 1996); ②对已有的历史积累数据资料进行比较 (Jensen, 1992; pearson, 1985)。这两者各有其优缺点, 前者虽然其数据的可比性较强, 但要估计大型动物群落组成在时间上的大尺度变化, 仍需要有规律的采样周期和大量的样品处理, 所以采用这种研究手段的人很少 (Lopez et al., 1995); 后者需要搜集该地区的长期积累资料, 其优点是可以较快地确定动物区系的变化, 但实践证明这种方法很少能够提供引起这种变化的原因或动力学信息 (Reise & Sehubert, 1987), 同时所参照的观察值常太陈旧, 测定的环境因子也有限。尽管如此, 仍在一些研究中被采用, 并得出了令人信服的结果, 如对位于丹麦海域、波罗的海与北海相连接处的 Kattegatt 和 Skagerrak 海域富营养化的研究 (Rosenberg et al., 1987)。

（三）生物多样性研究

根据《国际生物多样性公约》的定义, 生物多样性是指“存在于包括生存在陆