

海洋石油开发环境油污染 控制对策(文集)

华南环境科学研究所 选编



海洋出版社

编者的话

随着我国近海石油开发的进展,研究近海石油开发环境油污染的控制对策,已是迫切的课题。我们接受国家环境保护局的任务,在这方面进行了初步的文献调研。这本文集就是从所检索的资料中选译编辑的。

文集中除了“近海石油正常生产与大陆架溢油累积性生态效应比较”一文和附录外,其余均选自1980年在巴黎召开的国际海事会议的论文集《石油与海洋环境》(《Petroleum and Marine Environment》London, 1981.)一书。

参加翻译的人员是(以译文为序):

罗四红,曾晓光,刘少宁,阳友树,梁凤岑,李玫,周兆炎,姚凤琴,强炳寰、韩泰畴等。

文集由蔡亲颜主持选编审校,陆宇民审阅了部分译稿。

在选编中对个别译文做了删节,尤其是对作为附录编入的“执行预防溢油计划的费用和效益”一文,做了更多的删舍。所有译文的参考文献均未列出。对有关问题感兴趣的读者可查阅原文,或向广州市员村华南环境科学研究所情报资料室查询。

由于参加翻译的人都是初次接触各有关学科知识,加之各人的外语和中文水平不同,译文不妥或错误之处在所难免,希望得到读者们的指正。

编译者

1986年12月

目 录

近海石油正常生产与大陆架溢油积累性 生态效应比较.....	(1)
美国石油学会倡议的温带石油影响及结局的 研究.....	(19)
热带溢油应急计划——需要与应用.....	(38)
挪威大陆架溢油应急计划(摘译).....	(57)
美国控制溢油和污染物质排放的国家应急 计划.....	(69)
英国海洋污染应急计划.....	(80)
关于IXTOC I 油井的井喷和溢油问题 ——溢油情况报告.....	(89)
“梅图拉”号油轮在麦哲伦海峡发生溢油 事故后的研究.....	(118)
石油对珊瑚的影响.....	(135)
溢油事故的跟踪及其远期污染扩散的模拟程序 ——“SLIKFORCAST”	(157)
海洋排放烃类化合物的连续监测和控制系统	(187)
附录： 执行预防溢油计划的费用和效益···	(194)

近海石油正常生产与大陆架溢油 积累性生态效应比较

J. M. Sharp和S. G. Appan

评价近海石油正常生产(非溢油性的)下长期非致命性排放的积累性生态效应一直基于: ①模型研究, ②控制实验室试验和小型试验, ③原油及其精炼产品溢油研究和④严重有机污染区的研究。方法②和③包括⑤从不代表长期低水平暴露的浓度和暴露率所得结果的外推值, ⑥通常包括不同的一组化学污染物, ⑦通常包括不同的生态系统。第4种方法通常要在具有较大自然环境和较大生态变异性以及其他污染源或污染类型的条件下, 确定污染水平极低的生态效应。

本文根据方法③和利用方法④在墨西哥湾得到的结果来比较预测方法。主要的的数据取自有关积累效应的三个研究以及墨西哥湾的研究。水生大型海底动物群落种群对底泥中烃类浓度的响应作为比较基础, 并把一些主要的环境变量“标准化”, 便于定量比较。

一、基本原理

人们担心近海石油正常生产的生态效应是生产区海水中烃类长期低水平排放的“积累效应”, 可能会造成生态损害。根据对原油及其精炼产品溢油研究所作的推测, 以及假

定要发生下述三个关键过程，加重了人们的担心：

(1) 烃类被吸附在悬浮颗粒上或渗入生物粪便团粒中，由此烃类迁移到并保持在底泥中。

(2) 烃类以这种方式长期积累将导致底泥中的浓度达到毒性或有威胁性的水平。如果是这样的话，

(3) 将会危害大型海底动物，使它们的多样性、丰度、群落结构和“指示物种”的优势种群分布发生明显的变化。

英国皇家学会(1980)和美国海洋污染研究、发展和监测局际委员会(1981)曾论述了有关长期积累性生态效应的许多不定因素，包括是否实际发生基于短期溢油研究为假设的相同过程和生物响应。

在下述调查研究中，这些假设均被③在密集和长期石油开发区域进行的积累效应现场研究，和④在相同区域内重大溢油综合处理过的现存资料检验过。

二、数据来源

在路易斯安那南部和得克萨斯东南部的近海，对密集开发的大陆架石油产区进行了关于积累性效应的三项全面的现场研究。

(1) 近海生态调查(O.E.I.)，1972—1974年间在路易斯安那南部海岸和近海区进行(Morgan等，1974；Ward等，1979)。

(2) 中部海湾平台的研究(C.G.S.)，1978—1979年间在同一近海区进行，但实验覆盖面更大，并包括20口钻井和生产现场(西南部研究所，1980)。

(3) 布柯尼尔现场研究(B.F.S.)，1976—1979年间

在得克萨斯东南部近海区域进行 (Middleditch, 1981)。

每项研究都包括对已紧张地进行了25年以上石油开发活动的地区内的钻井平台或生产平台, 或这两种平台进行了详细的调查。总的来说, 研究提供了下述有关数据: ④点源效应, 重点放在水柱中的短期现象和对生存期短的浮游生物和游动物种的有关效应; ⑤点源和分散源现象, 重点放在统计评价污染物的积累和物种对此作出的响应; ⑥烃类向水底沉积物的垂直迁移和滞留过程, 以及着生物种的响应。

两次重大溢油事故取得的数据可以同积累效应假设检验研究中的数据比较, 因为④它们都发生在海湾的近海区, ⑥都是溢出原油, ⑥全部研究数据 (除一次事故外) 都包括底泥中烃类的浓度以及大型海底动物的数据:

(1) 主航道溢油 (M.P.S.), 1970年发生于密西西比河大溢口正东的大陆架上 (McAuliffe等, 1975)。

(2) Ixtoc I 号平台溢油, 1979—1980年发生在坎佩切湾大陆架上 (Instituto Mexicano del Petroleo 1980)。

除了以上这些主要数据来源外, 还从墨西哥湾北部“原始的”影响和监测规划得到许多内容丰富的数据, 这些数据为可比较的生态系统提供了相似的数据。这些生态系统具有不同的石油开采水平, 离积累性效应研究区域的距离不同, 并逐渐远离密西西比河和路易斯安那湿地的广阔工业区和自然生物的高输入区。

三、调查步骤

进行调查的步骤是: 首先, 获取所需要的数据, 即与底

泥中烃类的迁移与积累和大型海底动物对烃类浓度响应有关的数据。然后，把所有有关数据编制成一个完全可寻址的数据库。库中所有数据的命名、配位和单位要一致。接着进行两方面的调查研究，即包括标准和随机的统计检验，分类和相似性分组，以及简化后的直观图判读，各种等级分类和数据制表，这些有利于加速评价、回归和判读。

四、影响溢油和积累生态效应现场研究比较的主要因素

溢油或者积累效应的任何现场研究的结果依赖于⑤生态系统的特性和变异性，和⑥所研究的污染作用的过程。在溢油和积累效应研究问题作比较时，必须充分认识到每一结果应用的有效性和范围依赖于上述因素。除了不同生态系统间的比较或外推所存在的明显不稳定因素外，更要考虑以下几项问题：

(1) 对一次特定的溢油来说，烃类的归宿决定于溢油数量、速度、表面浓度和持续时间、以及生态系统的性质和行为。因此，生物效应决定于这些因素：固有生物区系的结构、组成和成熟度配合比度，以及组成污染物的烃类毒性。

(2) 在重大溢油中，尽管生态系统各异，但是，因为污染的高浓度和高流量，以及污染物在较短时间内暴露于环境，所以，有利于鉴定 (McAuliffe等, 1975) 和测定。

(3) 对于积累效应的研究，情况就大不一样，在整个特定石油区域内，石油污染物基本相似，污染流量相当缓慢却较稳定。尽管生态系统易变化，以及污染过程是长时期的，但生态系统是相同的。污染物的最终归宿受自然过程所控制

(Bender等, 1979; Middleditch, 1981), 低浓度的污染物和长时间的暴露使鉴别和测量相当困难。因此, 底泥中生物起源的、岩石起源的和其他烃类的鉴别通常是根据经验判断, 比如碳选择指数 (Farrington, 1980)。但是, 这种指数既不是单值的, 也不是准确定量的, 特别是在涉及到大范围大气侵蚀和众多污染源时, 更是如此 (西南研究所, 1980)。

五、底部沉积物的烃类污染

1. 主要溢油研究

溢油研究数据的比较仅能获得粗略的概况。在沿岸浅水域中无论发生溢油或者漂入石油, 底部沉积物中烃的浓度能够达到很高的量, 并能在较长时期内持续。这取决于生态系统和污染物的性质和行为。但是除了局部的偶然情况外, 近海区内溢油造成的烃浓度要低得多, 并且持续时间短。

根据油溢出的数量、速度和持续时间, 以及使用分散剂的情况, Ixtoc I号溢油是与钻井和生产操作有关的最大原油溢出事件。1979年6月和1980年3月间, 未回收, 未燃烧的和未蒸发的原油共 0.5×10^6 立方米和5560立方米的分散剂进入了坎佩切湾水域, 其流量达到4770立方米/天。溢油发生在离海岸大约75公里, 水深50米处的大陆架上, 影响范围超过5000平方公里。

根据墨西哥石油研究所 (1980) 和博特洛—索托 (1981) 的报道, 在溢油发生之前, 发生之中和发生之后, 底部沉积物中烷烃化合物和芳烃化合物浓度如表1所示。

据报道, 除了一河口单独有较高的测量数据外, 最高浓度

表 1 底部沉积物中的烃 (微克/克干物质)

日 期	墨西哥石油研究所 (1980)			博特洛—索托(1981)		
	平均	最高	样品数	平均	最高	样品数
1978年6月	—	—	—	31.5	56.0	21
1979年6月	—	—	—	—	—	—
(溢油开始)	49.7 [†]	153.4 [*]	40 [*]	—	—	—
1979年10—12月	73.5 ⁺⁺	1060.4 ^{**}	53 ^{**}	—	—	—
1980年3月	—	—	—	80.2	715.0	25
(溢油结束)	—	—	—	59.2	516.0	26
1980年9月	—	—	—	36.6	84.0	7
1980年12月	—	—	—	—	—	—

* 大陆架区 ** 离溢油地点130—185公里的4个入海河口

都在离溢油地点35公里范围内,大部分大陆架和4个河口的平均浓度均未到另一些溢油研究报道的有危害的水平。博特洛—索托的数据表明,溢油结束后9个月,浓度值差不多恢复到溢油前的水平,但是,这些剩余值都不是在溢油地点35公里范围内的。

1970年间,离密西西比河主航道约22公里的布雷顿和尚德卢尔海峡外的大陆架上,在15米深处发生了主航道溢油。多达10 300立方米的原油和320立方米的分散剂进入水中整整3周时间,影响面积达1000多平方公里。在97个该底部沉积物样品分析中,最高的烷烃化合物浓度和芳烃化合物浓度达到357微克/克,平均为23.5微克/克,数字表明,高浓度区很少出现。所有的高浓度区只限于溢油地点的20公里范围内。浓度在100微克/克或更高浓度的地点,一年后再次采样分析表明,该地的浓度已恢复到全地区所观察到的水平。底部沉积物的浓度、滞留性和分布将在后面的第6节中介绍。

从这些和其他溢油研究得出的结论是，①底部沉积物中的浓度确实取决于溢油和生态系统的变量；②溢油数据与积累间的比较最好在相同或相近的生态系统内进行，其中生态系统的性质与变异是已知的。所以，本调查研究主要致力于评价和解释王航道溢油、近海生态调查、中部海湾平台研究和现场研究的数据，并且更强调后面这两个因素：①假设检验的有关密度和分布数据，②此两种研究的补充性质。

2. 积累效应的研究

在中部海湾研究中，4个“基本”平台（所调查的20个平台和4个对照点）中的16个测站沿东、南、西、北（在100米，500米，1000米，2000米处设置）在一个季度内进行采样，而同样这些站中的8个（500米和2000米处沿着这些方位）站在连续两个季度内进行采样。这2000个样品中，最高和平均值分别为371微克/克和37微克/克，13个样品超过100微克/克。图1表示在四个基本平台处高分子量烃类的三

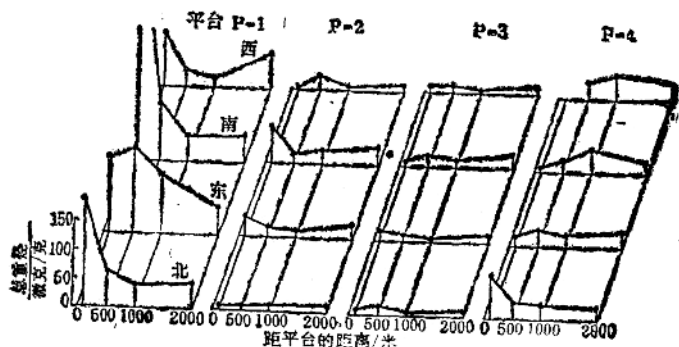


图1 在4个基本中部海湾平台研究中的平台底部沉积物中重烃的浓度

季度的平均浓度。除了1号平台外，所有其他的平均值或单季度值都未出现持续的高值和径向梯度。关于1号平台，在第6节将会作更全面的讨论。

图2表明布柯尼尔现场研究中的平台和4个中部海湾平台研究中的基本平台的重烃浓度。图中的值对照总有机碳(Boehm & Fiest, 1980)进行了“校正”，以减少底部沉积物类型的差异对比较的影响。布柯尼尔现场研究记录的数据是平台外约30米的浓度梯度。但是①在这区域范围内，三种示踪物研究和实验用的垂直底部的沉积物捕集表明分散迅速，结果水柱中的浓度很低(Middleditch, 1981)，②在相继几天的测量中，平台底部沉积物中重烃浓度在12微克/克到1.0微克/克范围内变化，这证实了该区域底部沉积物迅速地横向输送。

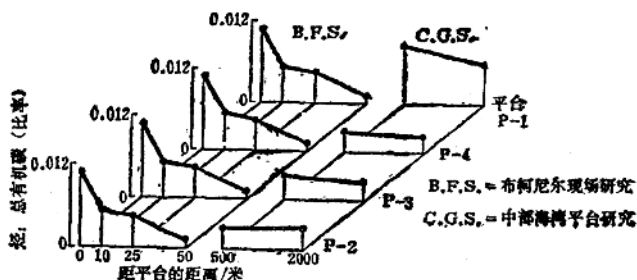


图2 布柯尼尔研究中的平台和中部海湾研究中四个基本平台校正后的重烃浓度的径向梯度

这些以及其他类似的数据表明，其他的自然过程控制着垂直输送过程，所以，高浓度的重烃或者并未出现或者不在这些区域中滞留。在路易斯安那和得克萨斯大陆架区域，这

种过程包括分层、沉积物滑动、紊流、底部沉积物的高速度横向输送、底部或底部附近滞留的雾状层。雾状层证明底部沉积物滞留的再悬浮和横向重新分布。

中部海湾研究中的重烃浓度与西部海湾近海区极道的浓度相比表明，它与路易斯安那的不相上下，比得克萨斯南部的低一些。后者当作“对照区”，因为它远离重要石油开发区和主要河道，它最高和平均浓度分别为1700微克/克和206微克/克。而中部海湾研究中相应为371微克/克和37微克/克。

南得克萨斯对于 $n-C$ 数25—35范围内的碳选择指数平均为4.2，而在中部海湾研究中对 $n-C$ 范围在14—20，20—28和24—32时的碳选择指数分别为1.11到3.12到6.37，这表明两个区域里生物起源的组分很高，在中部海湾研究中还表明岩石起源的和人类起源的组分也有相当的水平。整个西北部海湾地区表现出高浓度的“未溶解复杂混合物”，其起源尚未查明。

六、对大型海底动物的影响

作为表征溢油引起的生态损害的海底生物变化的预测，通常用变异性、群落密度和结构、优势种群落的丰度和行为等术语来表示。这些术语的定义和在调查它们对环境变量的响应中所使用的标准和方法中相差可能很大。所用溢油和积累效应数据中，应使用相一致的定义和标准。

1. 主航道溢油

现有的数据包括233个深海底泥样品中550个以上底栖分类群的丰度和鉴别。重点调查大型海底动物的多样性、组

成、丰度、群落结构和结构相似性的相互关系，以及物种优势度、烃的浓度、水深、底部沉积物类型、以及离溢油地点、海岸线、主航道和海湾出口航道距离的相互关系。图3是根据主航道溢油的全部数据绘制的，简要表示了许多因素之间的相互关系。

图3表示了大型海底动物群落的相似集群和相应的①底部沉积物类型。②烃类在底部沉积物中的浓度，③优势物种和④相对于溢油海岸线等方面的位置。在这个图中，输入了一个季度（3—4月份）内包括43个测站上得到的全部烃和大型海底动物的数据。已知位置的站是溢油一年后重新建立的测站。图中相似集群是用Bray-Curtis标准得出的20个最大丰度的分类单位作为依据，用Bray-Curtis标准鉴定的集群内，相似性在5%到67%范围之内。

对这个代表性图示进行考察可以得出下述可能的相互关系：

（1）烃浓度与底部沉积物类型的关系比溢油地点远近度更为密切。靠近溢油地点的集群1，5，8，9显示了溢油对群落结构可能的影响。集群4和7恰好在溢油覆盖的区域内，显示的低浓度与沙质基层相一致。不同集群的位置与其说是与烃浓度或溢油地点的距离有关，不如说是与Walton（1964）所定义的自然区系带有关。

（2）优势种并不与烃浓度有关，也与离溢油地点的距离无关。14例中只有1例优势种超过至少有500种个体数中的30%，其烃浓度大于100微克/克。*Mulinia lateralis*（图3中的L）经常用作有机污染的可靠指示物，它是在包括显示高浓度的单站在内的5个单站和1个双站中占优势。但是，这种结果与烃浓度、距溢油地点距离或底泥沉积物类型

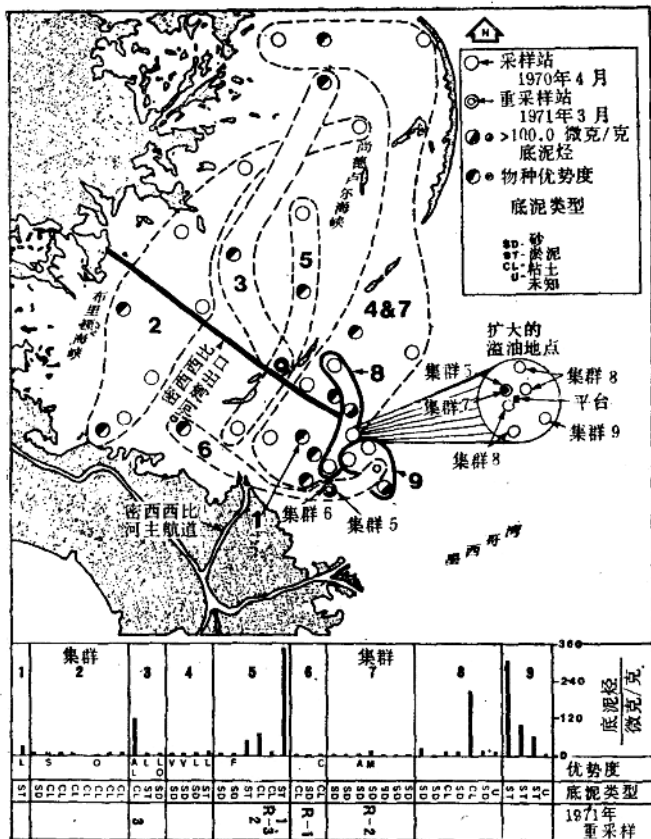


图 3 相似的大型海底动物群落的立体分布，底部沉积物中重烃的浓度，底部沉积物类型，1970年和1971年间，在主航道溢油地区优势种出现率不少于30%

的相互关系并不一致。

(3) 溢油时, 烃浓度的滞留时间和出现的优势种还未证实。溢油后一年, 在3个站重采样分析表明, 烃浓度显著下降, 并伴随着向不同的相似集群转移。但是, 其中2个还表现为从粘土或淤泥到沙质的底部沉积物同时发生变化, 这种相关性尚未证实。

这些数据的另外研究表明, 在出现优势度的这14个测站处, 所有物种的相对丰度的分布并不偏离常态。甚至在烃浓度高的地方, 也没显示出受威胁的证据。群落结构相似性和优势种二者与动物区系带而不是与烃浓度或与距溢油地点的距离有相关性, 这相关性进一步证明烃类并未引起明显的威胁。可是, 对优势种的数据观察是基于概略的调查资料, 所以, 没有把在某些溢油和严重污染研究中的快速生长和快速减少计算在内 (Sanders等, 1980)。同样, 物种多样性指数 H' 和烃浓度、离溢油地点的距离或者底部沉积物类型之间没有相关性。考虑到底部沉积物类型三变量图分类群数和个体数三者的密集线束, 可以断定在本研究领域内, H' 不是生态结构变化的敏感指示物。

2. 关于积累效应的研究

在详尽研究近海生态调查数据后, Morgan等(1974)和 Bender等(1979)得出这样的结论: 在路易斯安那海岸南部地区或可以认为是石油作业影响了近海区, 在近海调查中并没有发现显著的积累效应。

在布柯尼尔现场研究中, 海底的响应只限于位于携有低于50微克/克的烃的允许平均浓度的生产盐水排放口附近的平台“腿”群落。Middleditch(1981)曾报道, 这些附着的植物区系和动物区系的群体, 离排放口几米以外便没有响应。

由于中部海湾研究数据的范围、密度和分布对大型海底动物对底部沉积物中烃浓度响应的全面详细研究提供了证据,所以,这些数据用于这里的讨论。中部海湾研究数据的数以百计的专门研究,是为了求得大型海底动物群落、种群和物种与①烃类在底部沉积物中的浓度和②自然环境变量之间的关系。典型的关系如下:

(1) 种的多样性。图4表示了沿着中部海湾研究中基本平台的四个横断面,500米和2000米处测站的物种多样性 H' 值。这些与图1所示的重烃浓度一致。比较 H' 值与重烃浓度表明③ H' 值无明显的变化,也无相应于重烃浓度的梯度变化;④在相隔甚远的4个平台之间,尽管重烃浓度明显不同,但 H' 值却无明显差异; (c) 在整三个季度里所采的140个样品中, H' 值在1.7—3.3范围内,平均值为2.60。

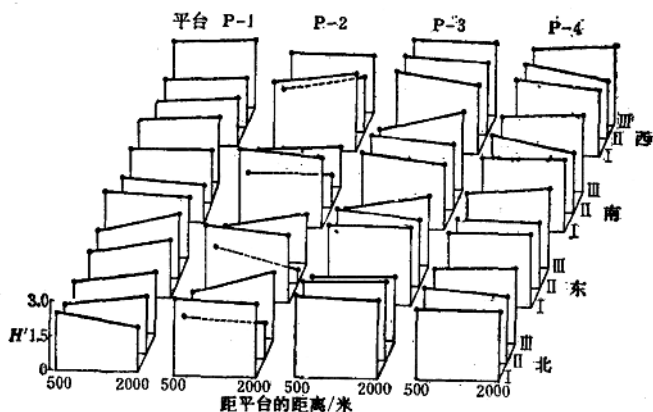


图4 1978年5月、1978年8月、1979年1月这三季度里,在中部海湾研究的4个基本平台处,Shannon-Weaver物种的对高浓指数 H' 的径向梯度

2) 群落结构, 图 5 显示③1978年5月期间, 基本平台处的大型海底动物个数和分类单位数的分群, 和④这些结构描述符号对底部沉积物类型的高度依赖性。结合图 4 来看,

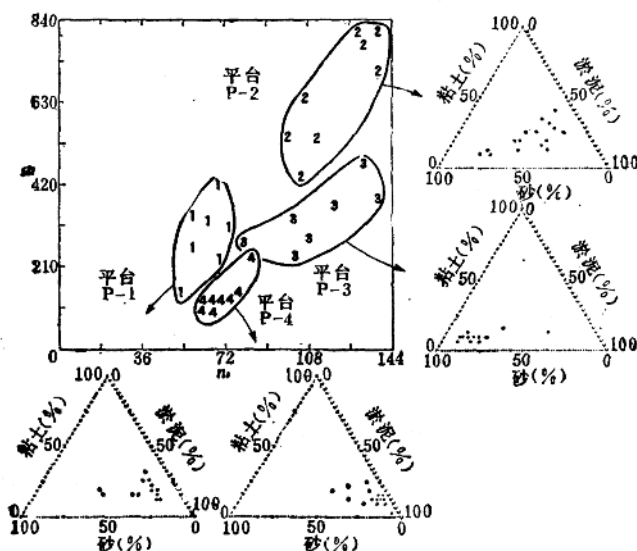


图 5 1978年5月中部海湾研究四个基本平台处大型海底动物分类群数 n , 和个体数 n , 变化与底部沉积物类型的关系

这些数据证明: ③由于自然环境变量影响的掩盖, 所以, 根据单个指数或描述符号不能区别污染物的影响, 和④在这种情况下, H' 值既不能作为群落正常或变化的敏感指示数, 也不能作为其可靠的独立指示数。别的结构指数也被证明在不