

IPIECA
系列
报告
第3卷

溢油污染对生态环境的影响： 珊瑚礁



国际石油工业环境保护协会 (IPIECA)

IPIECA
系列
报告
第3卷

溢油污染对生态环境的影响： 珊瑚礁



IPIECA

国际石油工业环境保护协会 (IPIECA)

地址：5th Floor, 209-215 Blackfriars Road, London, SE1 8NL, United Kingdom

电话：+44 (0)20 7633 2388 传真：+44 (0)20 7633 2389

电邮：info@ipieca.org 网址：www.ipieca.org

国际石油工业环境保护协会 (IPIECA)，1992 年。IPIECA 对本报告享有一切权利，未经 IPIECA 预先批准，任何人不得以任何形式或以任何方式（包括电子、机械、影印、录制或其它方式）对本报告进行复制、存储或传播。

印刷本报告所用纸张，系将可再生软木纤维漂白制成，不会对环境造成任何损害。

内容

2

前言

3

简介

4

珊瑚礁生态系统

存在的价值

分布与类型

结构与功能

对珊瑚礁构成的威胁

8

油污对珊瑚造成的影响

油污与珊瑚的接触方式

实验室研究

现场研究

油污影响的决定因素及恢复

13

清理油污需要考虑的问题

机械性清理

使用消油剂和热带试验

16

鸣谢 / 参考资料

前言

受 IPIECA 委托编制这一套新的系列报告，本报告是其中之一。1989 / 1990 年之间发生的几起重大溢油污染事故，引发了关于溢油事故预防与应急反应的全球性讨论与交流；通过讨论与交流，国际石油工业环境保护协会（IPIECA）会员达成共识，这套系列报告就是这种共识的体现。

这套系列报告体现了会员的共识，IPIECA 在编制过程中遵循了一整套原则，并鼓励每个海上石油运输公司能够将其贯彻到石油及石油制品的储运业务之中：

- 溢油事故的预防至关重要。
- 尽管各公司已尽最大努力预防，溢油事故仍会发生，并将影响事故发生地的生态环境。
- 溢油应急反应行动，应力求将溢油污染对生态环境造成的损害降到最低点，并加速任何受损生态环境的恢复进程。
- 应急反应行动，应该始终力图将自然资源与力量的作用发挥到极点，并积极补充自然力的不足。

具体而言，这要求各个石油储运公司的管理层，要把预防溢油事故的发生放在其业务流程的首位。但是，既然潜在的溢油事故不可避免，各公司管理层就应该高度重视溢油应急计划的制定工作，确保溢油事故一旦发生，能迅速做出应急反应，并尽量降低溢油事故造成的不良后果。这些应急计划应具备足够的灵活性，要适应于应急反应行动的操作条件、溢油事故的规模、当地的地理环境及气候状况。应急计划的实施应有明确的人员及设备保障，确保一旦事故发生，应急计划可立即付诸实施。要经常开展应急反应演练，培养提高相关人员的应急管理水平及应急技能；使用某种方式测试应急预案的可行性，如能邀请政府部门及相关私营企业代表参与则效果更好。

石油公司在溢油应急行动中一般要使用承包商的服务，二者之间的合作方式可能影响应急反应行动效率。因此，要定期检查与测评承包商提供的应急设施，确保其性能稳定、效率达标。

在制定溢油应急计划过程中，业界与政府部门要加强合作，确保二者相互沟通理解、双方计划协调一致。还应将政府倡导的石油领域环保措施贯彻到双方合作之中。

既然新闻媒体与大众对石油界极为关注，发生溢油事故时尤其如此，那么石油界就该当与新闻媒体积极合作，并通过这种合作消除溢油事故给大众造成的恐慌情绪。并确保在力所能及的范围内展开迅速而全面的应急反应行动。

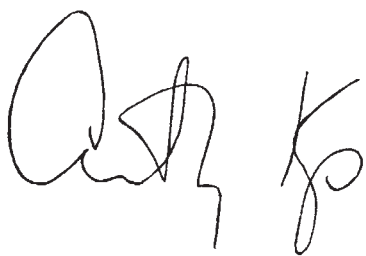
要使用各种技术手段清理溢油污染，包括使用废物处理手段，最大限度地降低溢油污染对生态环境及公共休闲场所造成的损害。使用各种科研成果，特别是使用与溢油污染预防、围控、减轻影响相关的技术和手段（包括使用各种机械与化学方法），被视为石油业界管理层对溢油应急反应行动所做的重要贡献。

简介

珊瑚礁是世界热带及亚热带存在的最大生物有机体、生物生产力极高的生态系统。珊瑚礁大多分布于近岸水域，因此珊瑚极易遭到油轮事故、炼油厂、石油勘探与生产等造成的油污损害。

关于油污对珊瑚造成的影响，目前发表了许多科学论文，但这些论文得出的结论却不完全一致。本报告对这些研究成果做一下概括与解释，并提供一些有关珊瑚礁结构与生态的背景信息。

并根据油污处理实例及现场试验的最新资料，讨论油污清理方法及其对珊瑚礁造成的影响。



安东尼 H.Knap

百慕大生物研究站

珊瑚礁生态系统



上图：正在进行生态调查

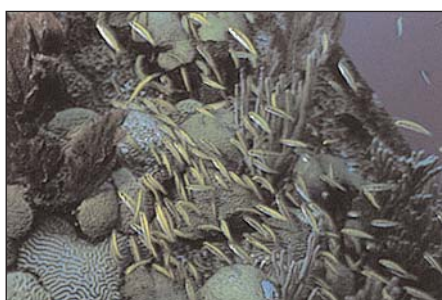
存在的价值

每平方公里珊瑚礁的生物生产力一般比其附近海域的生物生产力高出50-100倍。世界珊瑚礁的面积超过600,000平方公里，其中最长的的是大堡礁，它沿澳大利亚东海岸绵延大约2000公里。它们被视为世界上生物多样性最强、最为复杂的海洋生态群落（单单一个珊瑚礁就可能包含3000个物种），在海洋的地球化学物质平衡中发挥着重要作用。据有人估算，每年由内陆河带向海洋的钙中，有一半沉积在珊瑚礁；并且珊瑚礁每年生成的碳在1.11亿吨以上（这点对全球气候变化尤为重要）。

从局部的角度来看，珊瑚礁区不仅是重要的渔业资源、抵挡海蚀的天然屏障，而且其休闲价值还为发展旅游经济奠定了良好的基础。

分布与类型

珊瑚礁分布在热带与亚热带海域，那里的平均最低水温一般不低于20°C。珊瑚礁大致分为三类：裙礁、堡礁、环礁。原先的陆地块不断下沉，形成封闭、半封闭的礁湖。大多数珊瑚礁都有一系列的生物区系；下面就是珊瑚礁分布带案例。

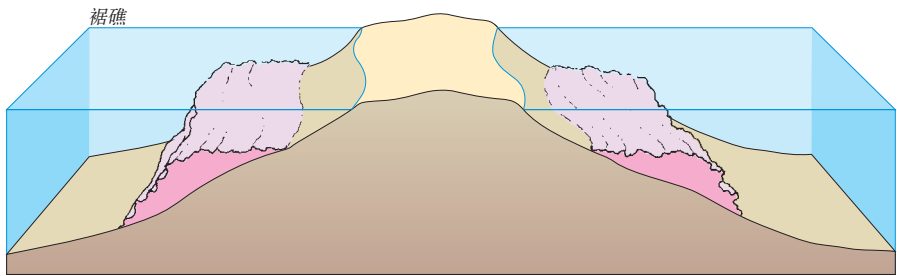


上图：珊瑚礁是生物多样性最强、最为复杂的海洋生态群落。

右图：珊瑚礁分布于热带及亚热带海域：本图展示了目前珊瑚礁的全球分布状况。

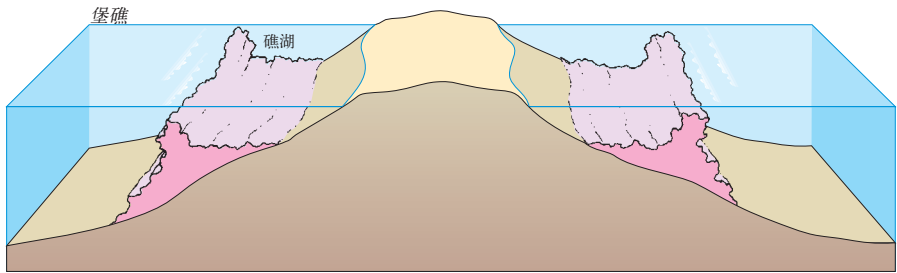


珊瑚礁的三种类型

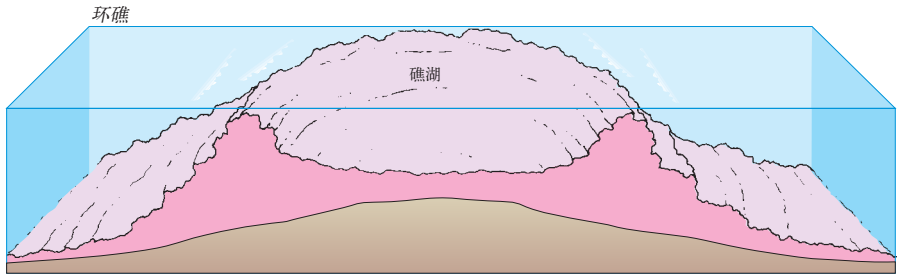


左图：这三幅图片分别说明了珊瑚礁的三种类型（根据Mann 于1982 年所做的分类）。

裾礁存在于陆地边缘。

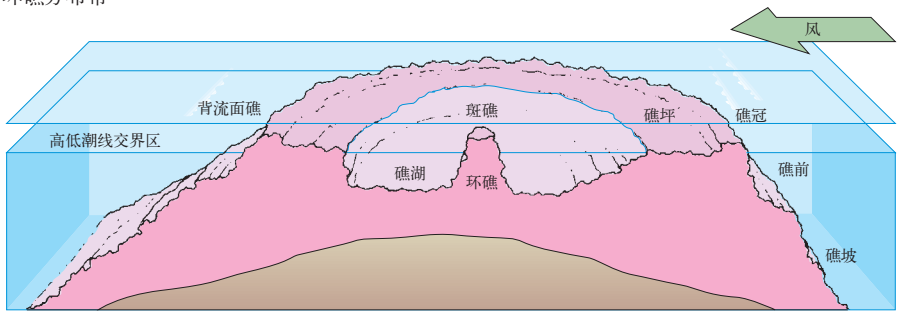


堡礁的分布地带与海岸有一定的距离，并且在陆地与珊瑚礁之间隔着礁湖。



环礁一般隔离于深水水域，由四周的环状珊瑚与中央的浅水礁湖组成。

环礁分布带

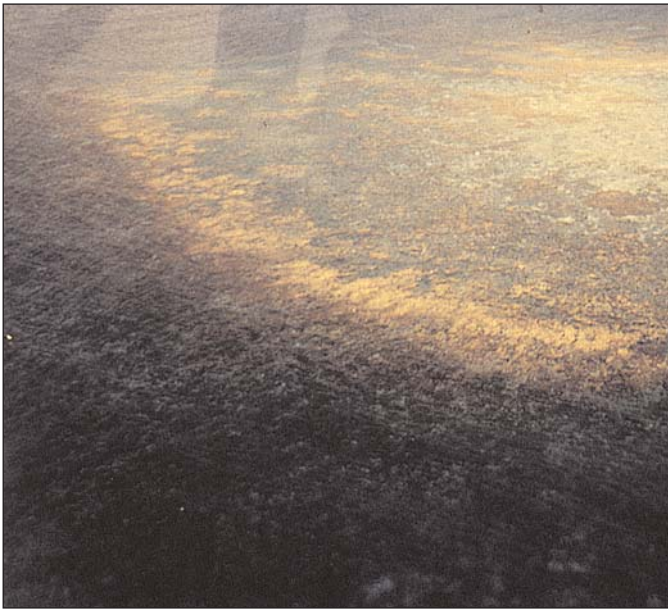


左图：环礁分布带，此地受盛行信风的吹拂。

礁坡：深水珊瑚区
礁前：向海水下陡的深度为5-15 米。
礁坪：石珊瑚、软珊瑚及珊瑚藻共生区。
斑礁：从礁湖底部拔起，由石珊瑚与软珊瑚构成。

结构与功能

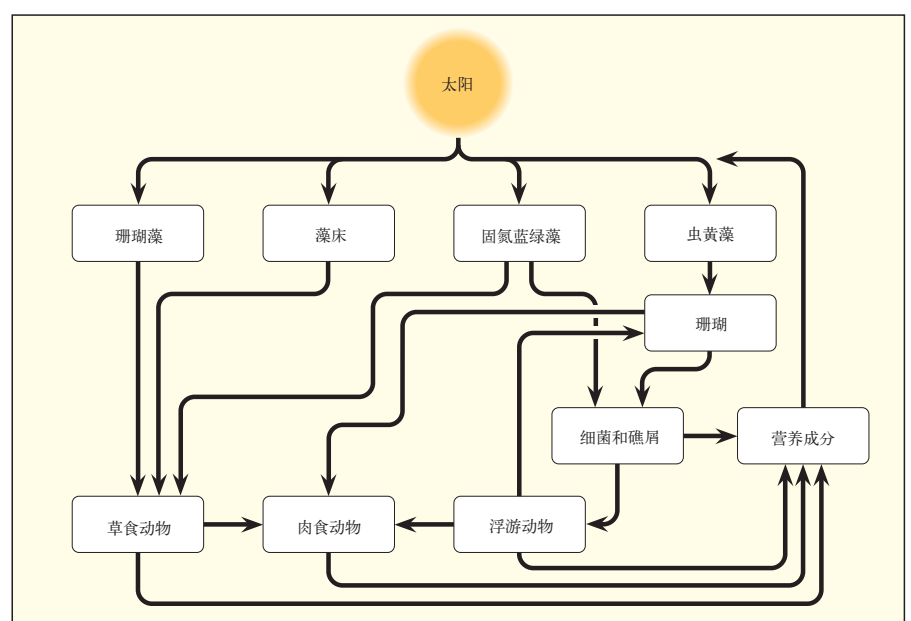
造礁石珊瑚为各种各样的有机物提供栖息地及下层土壤层，珊瑚的碳酸钙骨骼还有助于形成珊瑚礁的物理基础。在这种底层结构中，一部份珊瑚留存在原处，但大部份分解后混入泥沙，然后经过许多的微生物及化学变化又重新形成方解石。珊瑚礁上生长着坚硬的石灰壳珊瑚藻，多生长于波浪作用带，能够起到抵挡风流的保护作用。除了石珊瑚之外，珊瑚礁动物群中还包括软珊瑚——没有坚硬的碳酸钙骨骼的珊瑚。



上图：波多黎各沿海堡礁鸟瞰图。黄色区域是浅水礁顶，造礁麋角珊瑚构成。

上右图：脑珊瑚是一种典型的造礁石珊瑚。

石珊瑚与微生物藻类（虫黄藻）具有共生关系。微生物藻类通过光合作用（使用光与营养成分）获得能量，为珊瑚提供的食物有助于珊瑚骨骼的生长。反过来，珊瑚又在自身组织内为藻类提供生存空间，并以动物废物的形式为藻类细胞的生长提供重要的营养成分。这一共生关系当然能使珊瑚获得营养成分，也许还能获得竞争优势，但也明显地将珊瑚的生长地带局限于阳光充足的区域（即清澈的浅水水域）。少数珊瑚物种由于生长在洞穴及深水区，所以不会有虫黄藻生存。



右图:珊瑚礁生态系统运作略图,其中虫黄藻与珊瑚相互作用,珊瑚藻使整个结构连接在一起,丝状蓝绿藻有很大的固氮作用。草食动物吃掉珊瑚藻后,成了肉食动物(如浮游动物)的食物源。营养成分返回到生态系统中后,整个循环完成。

对珊瑚礁构成的威胁

人类的多种活动都可能对珊瑚造成严重的损害，包括：

- 溢油污染；
- 由森林采伐、土壤侵蚀、挖淤疏浚等活动引起的泥沙淤积作用；
- 发电站的热污水排放；
- 沿海水域的污水污染、营养污染；
- 使用炸药捕鱼；
- 为发展水族馆和纪念品贸易而过度采集；
- 游艇活动对停泊区造成的损害。

严重的自然干扰因素（如飓风）也对珊瑚礁造成不利影响。最近对全球变暖及其它气候变化所做的研究表明，对珊瑚礁还存在其它威胁。日益变暖的气温引起了“珊瑚漂白”问题，致使共生藻从珊瑚组织内脱出。在这种情况下，珊瑚的组织可能受伤害，而更易遭受油污的损害。

研究还表明，珊瑚礁可能产生退化现象，只是尚不清楚退化机制及时间标度。

下左图：这是红海斑礁的鸟瞰图，说明人造海峡对珊瑚礁造成的机械性损害。

下中图：在热带风暴袭击下，大量的麋角珊瑚遭到破坏

下图：由于一大型货船的触礁，给佛罗里达礁岛的珊瑚礁造成大面积机械性损害。触礁产生的大量沉积物及碎石可形成浑浊带，因而对珊瑚造成损害。而可被风暴挟起的碎石又会造成进一步的损害。在珊瑚礁结构遭到破坏之后，致使礁岛在风暴中失去大片大片的珊瑚礁。



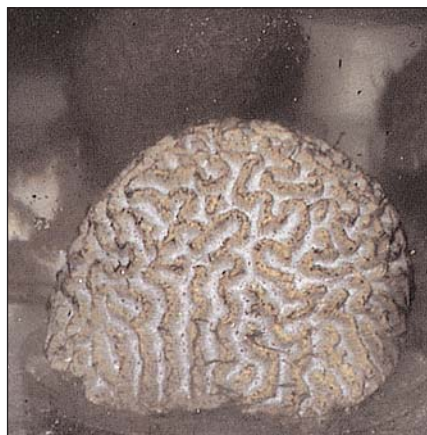
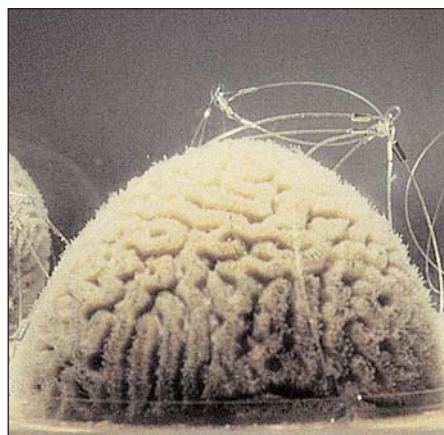
油污对珊瑚造成的影响

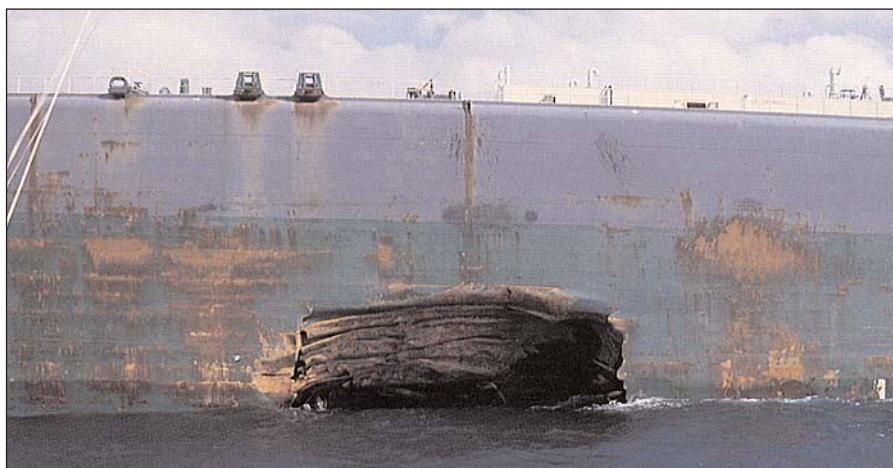
油污与珊瑚的接触方式

油污与珊瑚的接触方式有好多种。油污的密度比水要低，所以一般会在珊瑚礁的上方的水面上漂浮（尽管下文要提到，会有一部分油污会消散、溶解到水中）。但是，由于月运周期的变化，在低潮和极低潮时期，某些珊瑚礁地带会露出水面。在这时如果发生溢油事故，油污会直接与珊瑚接触，对珊瑚产生窒息作用。另一种接触方式是，海浪冲击珊瑚礁和海岸线时，致使油滴扩散到水中与珊瑚接触。在珊瑚分泌粘质时（尤其在受到压力时），油滴会很容易地粘到珊瑚上面（但油滴也可能被粘质带走）。在粉尘含量和（或）微粒含量较高的某些水域，油污会与矿物微粒混合在一起，然后下沉，这些油污微粒可能要影响到珊瑚。油污在整个风化过程（包括蒸发与阳光作用）中也可能下沉，与深水珊瑚接触。在某些产油地区原油还会在岸上流动，然后流入水下，对浅水珊瑚礁产生窒息作用。

油污成分在水中会产生一定程度的溶解，这样珊瑚就可能遭受油污有毒成分的伤害。一般来说，自水面到水底，油污溶解成分的浓度会快速降低。使用化学消油剂会加快水中油污的消散，因此会增大油污与珊瑚接触的可能性。这会影响到油污处理活动（后文述及）。

下图：这些照片说明了脑珊瑚接触油污所受到的影响。下左图是健康珊瑚；下中图的珊瑚在与油污接触后，油污粘到了粘质上。下右图，与健康珊瑚相比，珊瑚虫（珊瑚动物）是收缩的。





左图：别把珊瑚礁与油轮弄混。

实验室研究

大多数关于油污对珊瑚的影响，都在实验室做过许多研究。但其中许多研究却很难与现场的实际条件相符合，因为实验室所用油污的浓度与种类与实际情况有很大的出入。在某些静态实验研究中，微生物活动、缺氧、有毒废物的增多等因素，可能会对珊瑚产生额外的压力。实验室中，珊瑚与油污接触对珊瑚所造成的诸多影响包括：生长率降低、生殖能力及定殖能力降低、对珊瑚觅食及其行为的消极影响、改变粘液细胞的分泌行为。在百慕大进行的一项多学科研究中，使用流水式配液系统，造礁石珊瑚与油污的接触率为百万分之二十，在接触24小时之后，油污对珊瑚造成的影响包括：组织破裂、珊瑚虫收缩、组织膨胀。但是，把珊瑚重新放进清水几天后，珊瑚恢复了生机。

现场研究

在关于油污对珊瑚礁地带所造成影响的现场报告中，有的说引起了鱼类和无脊椎动物的大量死亡，有的说无明显影响。可是只有少数报告具体涉及到珊瑚，大多数结果似是而非。

在红海 Eilat 湾对珊瑚进行的一项长期研究表明，在油码头操作中如果长期不断地把石油溢漏到珊瑚礁区域，对珊瑚的影响包括：定殖能力下降、珊瑚生存能力下降、珊瑚大量死亡、损害生殖系统，以及引起许多其它变化。与油污的长期接触似乎比一次性接触对珊瑚的损害更大，尽管一次性接触更易察觉。而且长期接触油污还能使珊瑚更易遭受自然现象的损害。例如，有关红海 Eilat 湾的一个珊瑚礁在低潮之后的再定殖数据表明，十年之后，此珊瑚礁中的珊瑚能够在较为清洁的环境中很好地定殖，而长期遭受油污的珊瑚礁中的珊瑚却不能。这项长期研究表明，遭受油污可以影响到珊瑚的定殖能力和（或）珊瑚幼虫的发育。

右表：本表概括了油污影响珊瑚礁的公开信息（现场研究成果）

油污事故	溢油数量及种类	影响
1968年：Witwater溢油事故，巴拿马Galeta岛。	20000桶柴油及C级燃油	对较小型水底生物、红树林、招潮蟹造成损害；海藻大量死亡；珊瑚礁未受什么影响。
1970年：沙特阿拉伯Tarut湾，输油管破裂。	100,000桶阿拉伯轻质原油	螃蟹、双壳类动物、腹足动物、鱼类大量死亡；红树林未受影响；未损害其它动物；恢复良好。
1971年：美国佛罗里达礁岛，“Solar Trader”号商船溢油事故。	520吨燃油和润滑油	造成大量龙虾和蛤蜊死亡；8个月后的调查表明，珊瑚上长出了大型海藻。
1974年：澳大利亚东海岸，“Sygma”溢油事故。	400吨重燃油	长达13公里的海滩受到污染，没有关于影响海洋生物的报告。
1975年：太平洋Fanning环礁区，“L'Lindenbank”号商船事故。	1万吨椰子干、棕榈油、椰子油。	鱼类、甲壳类、软体类大量死亡；后来普遍长出了Enteromorpha和Ulva海藻；11个月后，有报告称珊瑚藻完全恢复。
1969-79年：红海Eilat湾油码头。	许多小型长期溢油事故。	珊瑚和鱼类的多样性降低；在长期遭受油污的珊瑚礁区，造礁珊瑚的定殖能力下降；对珊瑚的生殖系统造成损害。
1982-84年：对百慕大一种珊瑚所做试验。	在现场试验室，油污与珊瑚的接触率为20-50ppm（阿拉伯轻质原油）。	未对现场珊瑚的生长和行为造成长期影响。
加勒比海Aruba岛的炼油厂	60年的长期油污（包括溢油事故与清理）。	在炼油厂下游，珊瑚礁的空间结构恶化；存活珊瑚的覆盖面积下降；珊瑚幼虫减少。
1985年：在阿拉伯湾进行的研究。	珊瑚礁与漂浮在珊瑚上方的阿拉伯轻质原油膜接触（油膜厚度0.1毫米，为期5天）。	在一年的观察期间未有明显的影响，珊瑚的生长在随后的一年也未受到影响。
1984-86年：在巴拿马大西洋沿岸进行的热带试验。	20-50ppm的“北坡”原油接触率，24小时。	对海草和珊瑚影响很小；对红树林影响很大。
1986-91年：巴拿马Galeta岛溢油事	50,000桶原油	在遭受油污的珊瑚礁，珊瑚覆盖面积明显下降；两年之后，水深6米处的珊瑚仍然受到影响；1992年仍然进行着长期影响评估。



左图：溢油事故发生一年半后，油膜正从红树林被毒死的地带溢出。

对加勒比海Aruba岛上一个大炼油厂下游的珊瑚礁区所做的研究表明，随着时间的推移，珊瑚礁的生存能力在下降、空间结构在恶化、珊瑚的覆盖面在缩小、珊瑚幼虫在减少。该项研究（包括对60年间的溢油事故及清理活动所做的研究）中油污对珊瑚的长期影响结果，是对该炼油厂下游10-15公里处的水域进行观察后得到的。

美国国家研究理事会发表的一份关于油污事故对珊瑚造成的影响的研究报告也表明，一次性的溢油事故对珊瑚本身并没有什么损害，尽管油污可以毒死珊瑚礁中的有机物（如甲壳类动物和海胆）。在阿拉伯湾进行的一项更为近期的现场试验得出这样的结论：珊瑚与厚度为0.1毫米的水上原油膜接触5天，并未对珊瑚造成长期影响。对巴拿马大西洋沿岸的礁湖区所做的研究表明，浅水珊瑚（0-0.5米）与新采石油接触24小时，对珊瑚有轻微的影响；而深水珊瑚与油污接触后则不会受任何影响。

但是，在巴拿马进行的油污影响珊瑚的最新研究已经表明，油污能对珊瑚产生严重的损害，包括对水深3-6米处的珊瑚的损害。枝状珊瑚似乎比块状珊瑚更易受到损害，恢复也慢。这是发生在珊瑚礁区的第一个重大溢油事故，该区域存在大量事故前的基准数据。该项研究的结果与前述其它研究结果不一致，可能是因为本次事故的溢油量较大，而且很大一部分油污扩散进红树林沉积物。这些沉积物现在正慢慢地排放油污，由于油污的漫长但持续的过滤作用，珊瑚的生存能力可能要下降。因此，在这种情况下，一次性油污也能造成长期油污所产生的问题。

下图：遭受油污的巴拿马珊瑚礁。



右图：在遭受油污四年半后，受到损害的珊瑚头（这种珊瑚是这一巴拿马地区主要的造礁珊瑚物种）。

最右图：用作珊瑚定殖研究的幼虫栖息板。



油污影响的决定因素及恢复

有许多因素决定着油污对任何生态系统造成的影响，因此，关于油污影响珊瑚礁的各种研究报告如果相互矛盾，也不用大惊小怪。最明显的因素是：

- 溢油的数量及种类；
- 溢油与珊瑚接触前的风化程度；
- 油污发生的频率；
- 其它压力因素的存在（如大量的泥沙淤积）；
- 物理因素，如风暴、降雨、海流——污染初期的潮汐状况非常重要；
- 油污清理行动的性质；
- 珊瑚的种类；以及
- 季节性因素，如珊瑚虫产卵。

右图：按照月运周期的变化，许多珊瑚每年只产卵一或二次。珊瑚卵即珊瑚幼虫就产在表层水域，极易受到油污损害。照片中的粉色条由百慕大附近的软珊瑚幼虫组成。它们浮在海水表面，在洋流辐合作用下卷成条状。



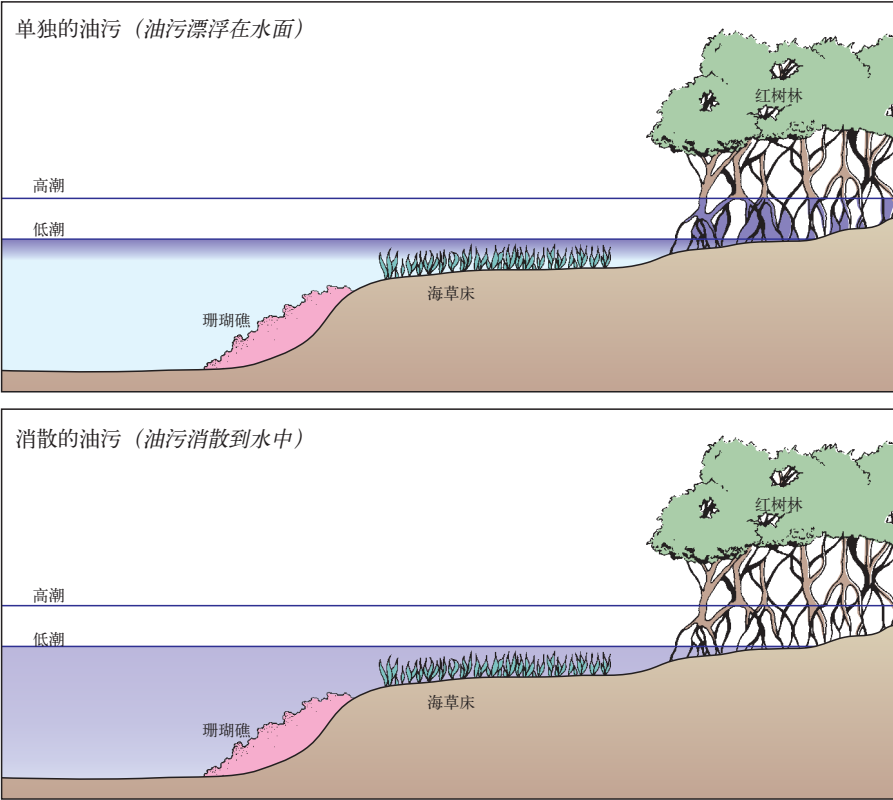
清理油污需要考虑的问题

机械性清理

在珊瑚礁清理油污时要考虑的重要问题之一，是船只不易在这些水域航行。在珊瑚礁水域，除了自然清理之外，的确没有更好的办法。在水面较为静止的礁湖区，可以使用围油栏和撇油器，尽管在世界许多地区的礁湖区一般可以行驶船只。如果想在礁湖区正常航道之外的水面上用机械方法清理溢油，由于珊瑚与浮有油污的水面相邻近，会给船上进行的作业带来很大问题。

使用消油剂和热带试验

特别是当红树林或其它敏感区（如鸟类栖息地）受到油污威胁时，在礁湖区使用消油剂是可行的。美国石油协会（API）在巴拿马进行的热带试验说明，在流速适当的水域使用消油剂可以保护红树林生态系统。该试验是一项多学科研究，旨在调查未用消油剂的原油和用过消油剂的原油分别对含有红树林、海草及珊瑚的热带生态系统造成的影响。该研究模拟了用过消油剂的原油的易挥发污染程度、以及未用过消油剂的原油的中等污染程度。

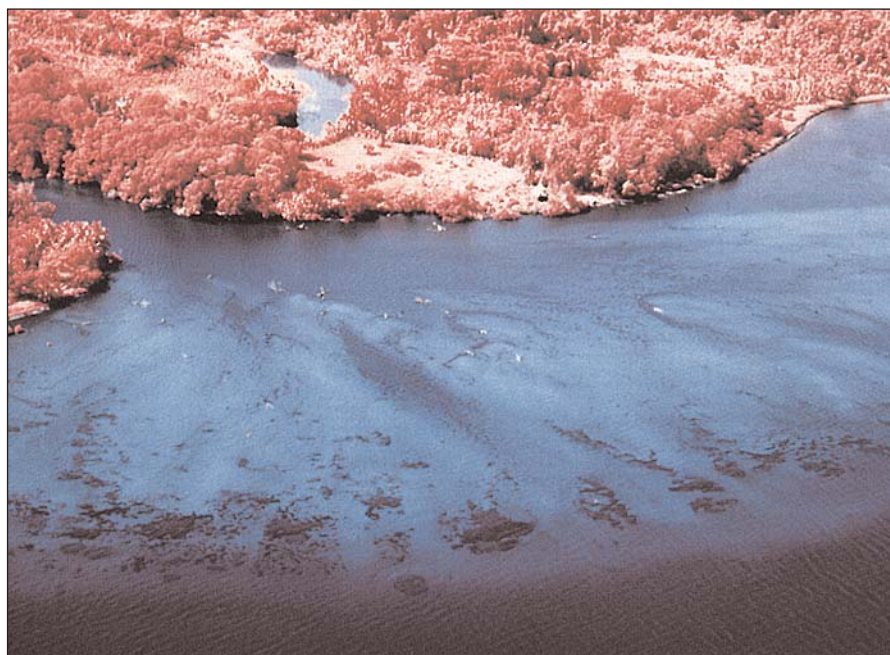


左图：在大多数情况下，珊瑚都与其它敏感区域（海草带和红树林）相伴生。在这种情况下，必需权衡在不同的生态群落使用不同类型的油污处理方法所产生的利弊。这是在巴拿马进行的一项研究，被称为胰却堉匠概，就是想调查这种利弊。

如果油污漂浮在水面，可能会影响珊瑚、海草及红树林。

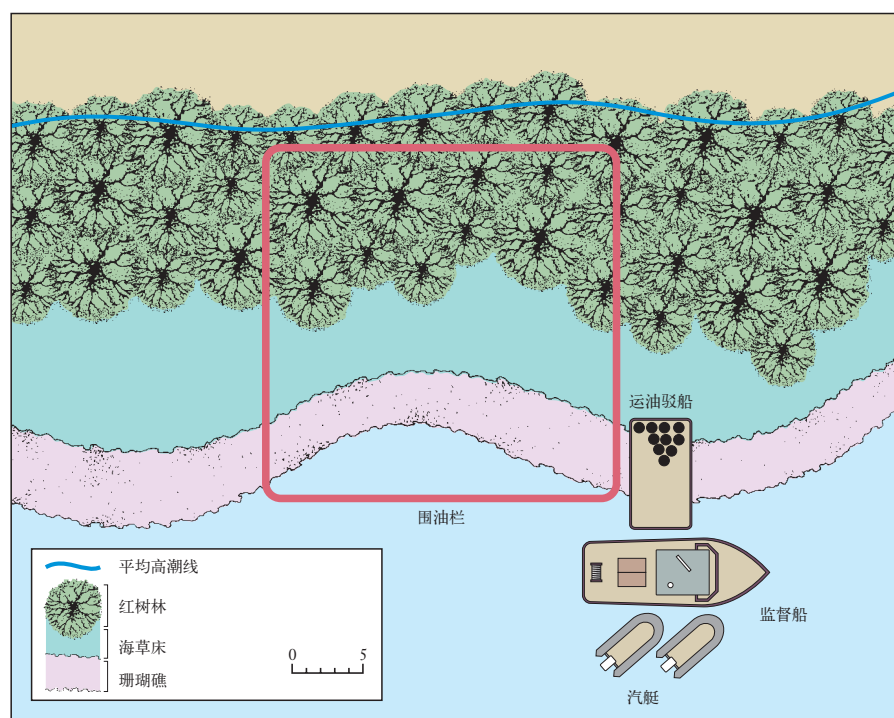
如果油污消散到水中，红树林可能得到保护，但海草和深水珊瑚将受到影响。

右图：通过红外线拍摄的鸟瞰图，可说明红树林与珊瑚礁的联系。



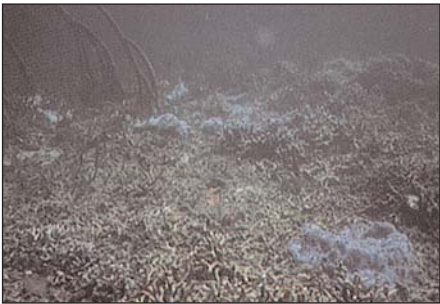
在巴拿马选择的三个试验区，面积分别是1000平方米。在三个试验区都布置围油栏。第一区只喷洒原油，第二区则溢洒原油、喷洒消油剂，而把第三区作为对照区。原油和消油剂是在一天24小时内平均喷洒的，之后对试验区进行了两年之久的监测。按照时间的推移，对原油烃类的污染分布状况及污染程度、对污染给每个试验区主要动植物的生存状况、物种丰度及生长状况造成的影响进行了不断的测评。

右图：“热带试验”计划。



试验结果表明，所有未用消油剂的新原油，都对红树林及相关动物的生存状况造成了严重的长期影响，而对海草、珊瑚及相关有机物的影响相对较小。用过消油剂的原油，则降低了珊瑚、海胆及其它珊瑚礁有机物的物种丰度，妨碍了一个珊瑚物种的生长发育，但对海草和红树林没有影响或影响很小。

研究表明，不同的试验方法，能够使得潮间带及潮下带物种的生存状态呈现出不同的平衡结构。如果不用消油剂处理溢油，红树林及某些潮间带有机物会受到损害，但大多数环境下的珊瑚却健康无恙；而在近岸水域使用消油剂，能使潮下带有机物接触到更多的油污，因而能对珊瑚和海草造成更严重的损害，但红树林可能不会受到什么影响。该研究的最后结论是，在深水水域或消散速度快的水域使用消油剂，可能是有益的，因为本研究中消油剂对有机物的影响是与消油剂的使用量相关的。这对消油剂使用的决策者来说，是一个很重要的信息；如，在百慕大的珊瑚岛，就把消油剂的使用限制在水深至少10米的礁湖水域。



上图：在用消油剂对油污处理后，一个浅水珊瑚礁区呈现的状态。白色斑点是最近被毒死的海绵动物。许多珊瑚及其它无脊椎动物也受到了影响。



左图：热带试验区之一，在溢洒原油。

鸣谢与参考资料

鸣谢

过去20年间笔者一直从事溢油事故研究。所需资金主要由整个石油工业界捐助。笔者要特别感谢美国石油协会（API）、英国石油国际公司、百慕大政府、泰国埃索百慕大公司、埃克森—美孚石油公司，它们是主要捐助者。克雷·库克博士在本文编写过程中提供了有益的讨论意见，承蒙J.N.巴特勒、B.D.凯勒、C.汉森、H.古兹曼及R.E.道奇等博士提供照片。全球珊瑚分布状况图，是依据R.D.巴恩斯的《无脊椎动物学》（1987年第五版，Saunders学院出版社）中的资料绘制而成。对上述诸位表示感谢。

非常感谢OSRL/EARL协助我们审阅本报告的中文版。

参考资料：

T.G.巴罗及他人1979年合著《喷洒及未喷洒消油剂的油污对热带海洋生态群落的影响：一项长期的现场试验》，选自《1989年国际溢油应急会议论文汇编》（美国石油协会出版，出版号4479，华盛顿特区，447-454页）。

Dubinsky, Z. (1990)的《珊瑚礁》，Elsevier科学出版公司出版，第550页。

J.杰克逊与人合著（1989年）《一次重大溢油事故对巴拿马沿海生态群落的影响》，科学出版社，243，37-44页。

A.H.克耐普与他人合著《述评：用化学及物理方法消散的油污对脑珊瑚 *Diplonia shigosa* 的影响》，选自《1985年国际溢油应急会议论文汇编》（美国石油协会出版，出版号4385，华盛顿特区，第547-551页）。

S.LeGore与他人合著（1989年）《喷洒化学消油剂的溢油对阿拉伯湾珊瑚的影响》选自《1989年国际溢油应急会议论文汇编》（美国石油协会出版，出版号4479，华盛顿特区，第375-380页）。

Loya, Y. 和 Rinkevich, B. (1980年)合著《油污对珊瑚礁生态群落的影响》。《海洋生态学进展丛书》，第3，167-180页。

K.H.曼（1982年）著《沿海水域生态学：多系统方法》第6章《珊瑚礁》，第160-182页，加利福尼亚大学出版社，伯克莱和洛杉矶。

美国国家研究理事会（1985年）《海上油污：溢漏、变化及影响》，美国国家科学院出版社，华盛顿特区，第449-59页。

国际石油工业环境保护协会（IPIECA）是处理与国际石油界相关的全球环境及健康问题的专门机构，成立于1974年。1972年在斯德哥尔摩召开的联合国人类环境会议上，成立了联合国环境计划署（UNEP）。

UNEP在联合国经社理事会领导下，负责协调联合国的环境问题。IPIECA是国际石油界与UNEP交流沟通的主要渠道，具有联合国经社理事会II类非政府组织的咨询地位。

IPIECA的行动计划，特别在与UNEP合作的过程中，全面关注联合国环境问题的进展，并与UNEP工业与环境计划活动中心合作实施具体项目。

公司会员：

阿莫科公司
大西洋富田公司
英国石油公司
加利福尼亚-得克萨斯石油公司
雪佛龙石油公司
杜邦公司
法国埃尔福－阿奎坦国营石油公司
意大利埃尼公司
埃克森石油公司
马士基公司
美孚石油公司
委内瑞拉国家石油公司
印尼Pertamina公司
马来西亚Petronas石油公司
菲利普斯石油公司
沙特阿美石油公司
壳牌石油公司
挪威STATOIL石油公司
德士古公司
法国道尔石油公司
美国加州联合石油公司

协会会员：

美国石油协会
澳大利亚石油协会
加拿大石油协会
加拿大石油产品协会
石油公司欧洲环境健康安全组织
勘探与开发论坛
海湾地区石油公司互助组织
法国石油研究院
石油公司国际海事论坛
日本石油协会
拉丁美洲国家石油公司互助协会



国际石油工业环境保护协会 (IPIECA)

地址: 5th Floor, 209-215 Blackfriars Road, London, SE1 8NL, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7633 2388 传真: +44 (0)20 7633 2389

电邮: info@ipieca.org 网址: www.ipieca.org