

IPIECA

系列
报告

第4卷

溢油污染对生态环境造成的 影响：红树林



国际石油工业环境保护协会（IPIECA）

IPIECA
系列
报告
第4卷

溢油污染对生态环境造成的 影响：红树林



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 红树林生态系统
- 6 人类对红树林的使用
 - 可持续使用
 - 不可持续使用
 - 马来西亚红树林使用案例
- 10 红树林保护
 - 目标及措施
 - 红树林保护与开发利用问题：委内瑞拉案例
- 12 溢油在红树林中的变化及其对红树林的影响
- 14 溢油应急处理
- 16 恢复被油污损害的红树林
- 20 鸣谢 / 参考资料

前言

受 IPIECA 委托编写这套新的系列报告，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 IPIECA 会员的共识，IPIECA 在编写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习，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计划的可行性，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

有史以来，红树林——热带沿海丛林——传统上就一直为当地社区提供植物产品、鱼类及甲壳类产品。它们还有着稳定海岸等一系列作用，并维护着近岸渔业所需的食物链。但近几十年来，对红树林的使用一直在发生变化，并且是不可持续性的，比如，建造大型鱼塘和工业盐场。因而，这些不可持续使用给红树林造成的损害就引起了人们的担忧。然而，不管是红树林的传统使用方式，还是工业性使用方式，都会受到溢油事故的影响，所以需要把对红树林的使用包含进溢油应急计划程序之中。

本报告提供三方面的信息：红树林生态系统、人类对红树林的使用、溢油在红树林中的变化及其对红树林的影响。红树林丛素以溢油“圈闭带”而闻名，遭受油污的树木一般必死无疑——所以在溢油应急计划中必需考虑对红树林带的保护策略。下文将参考以往实际案例及现场试验的资料，讨论这些保护策略及油污清理方法。从长远观点看，恢复遭受油污损害的红树林区是必要的，因此本文也将谈及恢复方法。

周丽开
马来西亚理科大学
马来西亚

霍华德.J.蒂斯
美国佛罗里达州，迈阿密大学

Federico Pannier
Academia de Ciencias Físicas,
Matemáticas y Naturales
委内瑞拉，加拉加斯

詹尼弗 M.贝克
英国，什鲁斯伯里

红树林生态系统



印尼马六甲海峡的海桑属红树，请看照片中的“呼吸根”。

“红树林”一词，是指耐盐性较高的乔木及灌木物种，一般生长在热带及某些亚热带的遮蔽海岸及河口海湾。

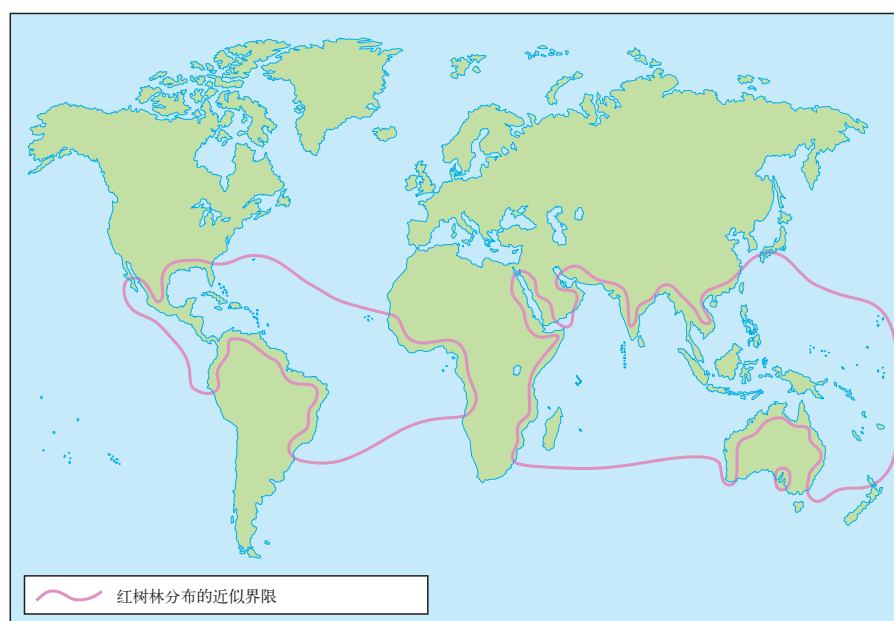
红树林生态系统独有的物种大约有60个，还有许多非独有物种。红树林物种的适应能力非常强，可以在海水中生长，通过超滤作用可脱掉盐分。红树林根部一般长在厌氧沉积物中，通过自身的通气组织吸收氧气，而通气组织是通过气生根及树干上的微小气孔（“皮孔”）接触到空气的。

红树林也许呈狭长的条状生长在较陡峭的海岸或河岸边缘，也许是长在平坦三角洲上的宽阔森林。在任何一个红树林丛内部，都会依托许多因素的作用而存在着不同的生态群落带。这些因素包括：沉积物表面相对于潮水涨落而言的高度、丛林区的盐分及营养物供应状况（从集水区汇入丛林区的淡水量的大小会影响这一因素）。



呼吸根横截面，展示了海绵状通气组织

红树林全球分布状况图



红树林丛在最佳条件下是生产力最高的生态系统，例如：在马来西亚马当的一片已生长了15年的红海榄红树林丛，其净初级生产力为15吨／公顷／年，而凋落物的生产力为10吨／公顷／年。林丛凋落物（如红树林落叶）被细菌、真菌、食草动物分解后，其腐屑又成了众多无脊椎动物及鱼类等的食物。林丛内静静的水域还可作为幼鱼及小虾的繁殖育苗场地。而红树的气生根、树干下部和淤泥表层，常常栖息着各种各样的动物：牡蛎、蜗牛、藤壶、螃蟹及其它无脊椎动物。红树的上部又是鸟类、哺乳动物及昆虫的重要栖息场所。

红树林从集水区获得的淡水及营养供应影响着自身，另一方面红树林又强烈地影响着邻近的沿海水域、及相关的生态系统（如珊瑚礁、海草床、潮沼）。例如，红树林可以拦截并固定沉积物，否则沉积物会限制珊瑚的生长。



澳大利亚维多利亚的矮生白骨壤红树



印尼东加里曼丹的水椰属红树，与红海榄属红树一同在此地生长。



左：生长在尼日利亚尼日尔三角洲高大的红色海榄属红树。

这是从印尼马六甲海峡Kepala Jernib岛采集的贝类。



这是尼日利亚尼日尔三角洲Bonny河沿岸呈带状分布的不同红树林物种（红外线拍摄）。



人类对红树林的使用



委内瑞拉圣胡安河畔红树林采伐区鸟瞰图。每一采伐区的面积是20 x 300 米、大约采伐250 棵红海榄属和白骨壤属红树。

可持续使用

就其所能提供的“产品”和“服务”而言，红树林生态系统对人类极具实用价值。

红树可为人类提供的产品有：圆木、薪材、木炭、木屑、纸浆、脚手立柱、打桩及建筑材料、建养鱼圈及钓鱼台所用桩木、铁路枕木、家具及雕刻品使用木材、房屋顶部所用木材、可提取丹宁酸的树皮、医药用木材，还可制糖、酒精、乙酸及染料。红树林的家用产品有史以来就有。现代人对红树林的使用已经上升到了工业层次，因此，为确保红树林的可持续产出，使用基于采伐周期制定的合理的森林管理方法、使用专门设计的林木采伐制度，已经是必需要做的事情了。

除了植物产品，红树林生态系统性还能为人类源源不断地提供鱼类和甲壳类水产品（只要不是过分捕捞）。

红树林能提供的服务包括：

- 稳固并保护海岸线；
- 过滤、拦截水上污染物；
- 可成为无数种类的长须鲸和对虾的育苗场和索饵场、成为螃蟹和软体动物的栖息地；
- 可成为海鸟与岸鸟建巢之地；并
- 可成为旅游娱乐场所。



这是采伐后的场面，可以看到在砍倒的树干之间有一些小树苗及红树林蕨类植物。

在尼日利亚的尼日尔三角洲，早就有在红树林小溪中用渔网捕鱼的传统（右）。

印尼东加里曼丹红树林边缘上的养鱼圈（最右）。



不可持续使用

不可持续使用造成红树林地带的减少，并损害到依赖于红树林的海岸线、有机物产品及物种，损害基于红树林的食物链。砍伐红树林可能是为了以下用途：建造水产池塘、盐场，包括开辟稻田等的农业应用，修建机场及公路，港口建设及工业开发，建造移居点及村庄。因上述使用而引起的运河建设及排水系统改造，会改变红树林的自然水供应状况，可能危及剩余的红树林地带。

从溢油应急反应的角度看，某些上述场所很易遭受油污的损害，因而应将它们与红树林地带同等视之。油污对水产养殖业及盐池的影响尤其严重。港口码头设施及航道也得有适当的应急措施及应急资源。

世界某些地区，尤其是东南亚及南美，一直就有在红树林地带挖掘池塘养鱼和甲壳类水产（对虾和小虾）的传统。

近几十年来，世界各地的甲壳类水产养殖业日益发展，并取得了很大的经济效益，但也为红树林保护提出了一个大难题。这是因为将红树林地带大规模地改作它用，以及由此引起的自然潮汐分布格局的改变、土壤酸性条件的产生（硫化物含量丰富的干扰土发生氧化），最终将会影响到水产幼苗。这些问题极易导致“水产养殖轮作”的恶性循环，即砍伐红树林用作养殖场，因养殖效率下降而放弃，再砍伐，再放弃。

制盐必需的盐田蒸发池，主要是将干旱半干旱海岸上的红树林砍光后建成的，大面积的红树林地带就是这样被破坏的。在干旱地区，曝晒蒸发就足以使用盐水产生结晶作用。但在气候湿润时，盐水必需在火上煮沸，而大多使用红树林木作燃料；这进一步加剧了对当地红树林资源的破坏。

新建和扩建深水港口及相关水道，已直接破坏、侵蚀了红树林地带。特别是港口设施位于热带河流的上游时，由于长期进行维护航道必需的挖掘疏浚活动（及向红树林倾倒疏浚出的泥沙石块），会对下游的红树林地带产生严重的不良影响。倾倒的泥沙石块会明显地窒息红树林的生长，而且由于硫化物含量较高的沉积物的氧化作用，还可能提高土壤的酸性。



印尼东加里曼丹红树林中传统的水产养殖池塘 (tambak)。

这是在尼日利亚尼日尔三角洲倾倒的疏浚出的泥沙石块。



马来西亚红树林使用案例

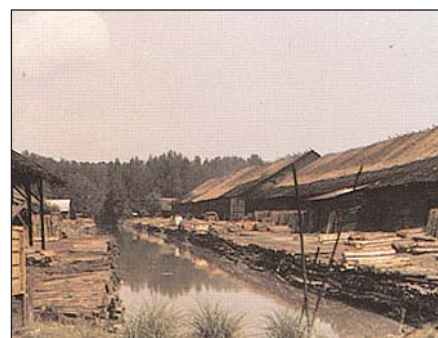
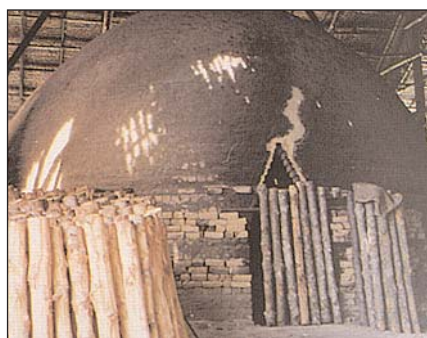


马来西亚的红树林丛，大部分生长在蜿蜒的沙巴州海岸线（350,342公顷），其次生长在沙撈越州（123,482（172,792）公顷），和马来西亚半岛（123,482公顷）。请客持续地开采红树林木用作木炭和建筑材料，是广为认可的主流行为。因此通过适当管理，就可能维持红树林的可持续产出。例如，在马当红树林储备带，就使用30年的采伐周期，而在柔佛州，20年的采伐周期与10年的疏伐周期结合使用。发展可持续渔业对红树林也具有重大意义，所使用的传统捕捞设备包括刺网、围网、袋网、投网、养鱼圈、鱼钩及鱼线等。在加蒲红树林，使用投网可以捕捞大约30种鱼和9种对虾，多少有点生物多样化的色彩。

满载红树林木板条的船只正在返航，霹雳州Sepitang湾（马当保护区）。

圆形窑，盛满了准备装船的红树林木板条。

两排木棚内几个炭窑中的板条可被货船运走。木棚屋顶覆盖水椰属红树叶。

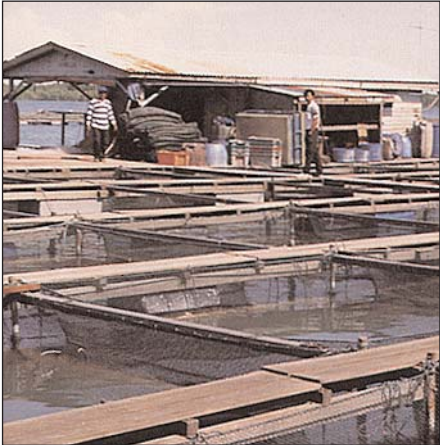


一个令人感兴趣的现象是养殖海蜇，每年二月到六月间在沙捞越的拉让湾口带捕捞海蜇。然后将盐水浸泡加工后的海蜇向日本和台湾市场出口。马来西亚半岛的一些前滩红树林带，有好多产量丰富的海扇养殖场，还在其它红树林带用浮动网箱养殖黑鲷、真鲷。仅在吉胆岛红树林中就有2000多只浮动网箱。

根据马来西亚红树林生态系统使用国策，在用来从事水产养殖的红树林沼泽地中，不可再生部分总共仅占上述区域中现存红树林带的20%。1990年，在马来西亚半

马来西亚半岛东西沿岸各种渔业产品捕捞量对照表（单位：公吨）						
	对虾		软体动物		鱼类	
	东 (a)	西 (b)	东 (a)	西 (b)	东 (a)	西 (b)
1983	60,416	3584	5830	0	337,750	162,943
1984	50,984	6663	4332	0	292,426	127,233
1985	53,874	4193	2620	0	270,629	131,543
1987	62,174	4874	20,467*	0	417,221	235,829
1989	67,233	14,034	1529	0	361,426	250,227
1990	72,126	6961	4475	0	433,870	302,471
年平均量	61,135	6718	6542	0	301,558	201,708
b/a	<	11.0% >	<	0% >	<	67% >

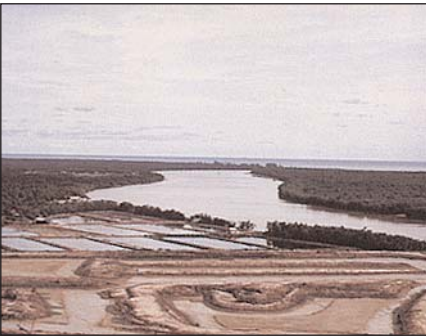
注：*可能包含海扇养殖量，1987年后将海扇列入单独栏目。
资料摘录于马来西亚渔业部的《渔业统计年鉴》，吉隆坡。



岛的红树林沼泽地中，总计达1552公顷的盐水池塘用作养殖对虾和鱼类、肥养螃蟹。耗竭性使用红树林地带的其它案例，在下列照片中有所展现。

吉胆岛的养鱼网箱。

形成对照的是，马来西亚许多红树林丛都是野生动植物保护区，这从图中可以看出。这些保护区保护着天然的红树林地带，从而也就保护了大量受威胁物种，如咸水鳄鱼、白鹮、长鼻猴。



雪兰莪州Jugra的对虾池塘。

沙捞越州Awat-Awat河畔的移居村庄。

为建造工业区和沿海高速公路，檳城州的Batu Maung正处于砍伐红树林的早期阶段。



红树林保护

目标及措施

会出于好多目标而保护红树林，不同地区所采用的优先保护顺序也不会相同。某些目标可能是：

- 发挥“蓄水池”的作用，为邻近已开发区提供备用的自然地带。
- 保护渔业资源所需的繁殖区和索饵区。
- 保护海岸线免遭侵蚀；以及
- 保护稀有及濒危物种。

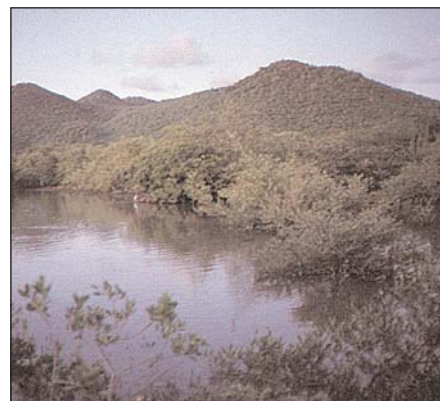
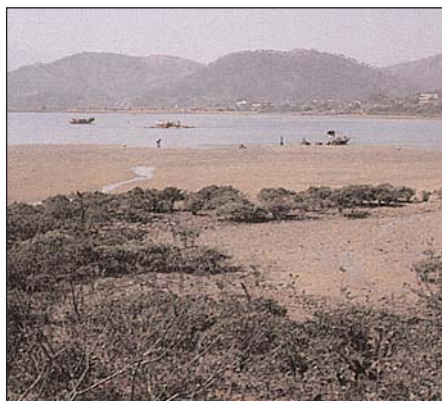
特定地区可依据具体的保护目标，通过可持续性管理或建立保护区，达到保护红树林的目的。根据世界自然保护联盟（IUCN）1983年发表的《全球红树林生态系统状况报告》，已有18个国家建立了红树林保护区，以保护红树林栖息地及相关物种——这些保护区总共不到世界红树林总面积的1%。

保护红树林所有的努力，都需要有效的立法来制约人们的行为，否则某些行为会对红树林生态系统造成不利的影响。一些国家（特别是东南亚的国家）已经建立了“国家红树林保护委员会”（NATMANCOM），为红树林管理提供足够的投入。例如，马来西亚“国家红树林保护委员会”规定，在一定地区内现有的红树林地带中，用于池塘建设的采伐面积不应超过20%，并规定，要沿着池塘水位与海水平均高潮水位之间的海岸，留出100米长的缓冲区。

红树林地带有助于稳固潮间带沉积物，比如香港的这个充满甲壳类动物的海滩（下左）；还有这个尼日尔三角洲的淤泥河岸（下中），此处的红树林也用作薪材。

荷兰安的列斯群岛 Curacao 的这个红树林裾礁湖（下右），成了野生动植物的天堂。

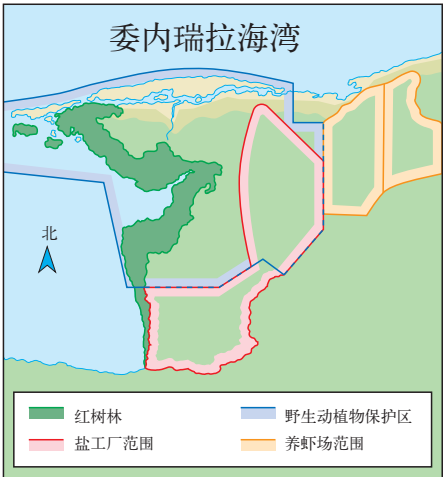
其它国家（如拉美一些国家）已经特定了特别政策，以保护沿海海洋区域。



红树林保护与开发利用问题：委内瑞拉案例

委内瑞拉最近的一项总统令规定，要保护分水岭范围内的红树林及相关生态系统，在这些地带禁止疏浚、垃圾填埋、使用生物杀虫剂之类的具体活动，但不包括进行了森林管理的地区和土著居民从事生存性活动的地区。以下是委内瑞拉采取的部分措施，旨在使红树林的保护和开发利用和谐统一：

- **养虾场建设：**政府一直控制大规模的养虾场建设活动，要求从业者选址适当、监测水质、控制向周边区域倾倒废弃物、严格控制种虾的清洁卫生。
- **工业盐生产：**政府驳回了将5000公顷的Los Olivitos红树林沼泽地用作大型盐业生产的提议，并提议对该地区进行多用途开发；而且公众要求对开发利用此地区要进行环境影响评估。建设任何盐场，都必须有特定区域用来排放超咸水，而超咸水会对浅水海域的生态环境造成极为深远的不良后果。
- **港口建设：**在委内瑞拉东北地区的圣胡安河畔，生长着茂密的红树林，在红树林上游大约100公里处，有一处名为Caripito的重要输油码头；管理该码头的石油公司，考虑到了河道疏浚及倾倒疏浚泥沙可能造成的问题。要想在河中行驶较大型油轮，就必须挖深航道。在进行环境影响评估之后，有可能建议在沿河红树林林的后面选择油污处理点，以使油污对环境的影响最小化，这样油污对红树林将不会有什么影响。



Los Olivitos 红树林沼泽地多用途示意图，图中标明了不同用途的各自范围。

下左：位于Los Olivitos南部的现存小型盐场。

下中：排放疏浚泥沙的管道穿过圣胡安河的红树林带。

下右：Los Olivitos 红树林沼泽地鸟瞰图。



溢油在红树林中的变化及其对红树林的影响



照片展示的是Kepala Jernib岛横截面，这是遭油污致死的红海榄属红树林区。

对印尼马六甲海峡的调查结果，说明了油污影响的斑片状分布。

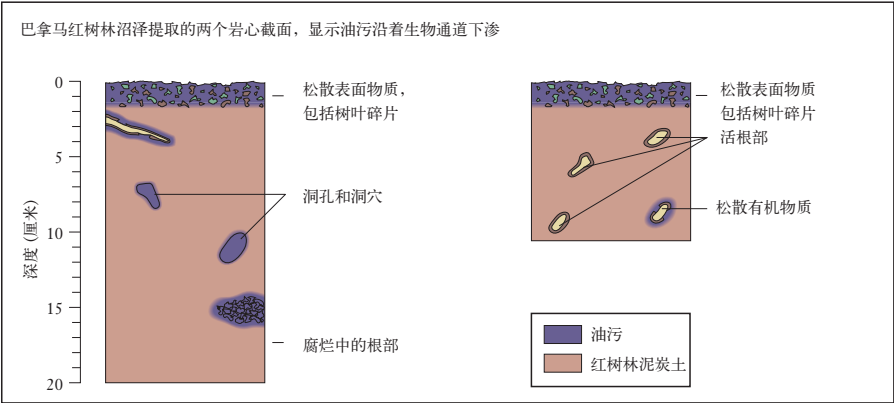
右图：Pemping岛遭受油污致死的红树林呈斑片状分布，数字表示表层沉积物的油污含量（ppm干重）。

右下：Kepala Jernib岛红树林剖面图。这些调查结果是在Showa Maru溢油事故发生两年之后取得的，但对该岛沉积物中的油污所做的化学分析表明，污染源不止于这次事故。

油膜在海水高潮时漂进红树林丛，在退潮时滞留在气生根及沉积物的表面。这一过程常常致使油污及其影响呈斑片状分布，因为丛林内不同的地方处在不同的潮汐高度。在茂密的丛林内刚刚发生溢油事故之后，很难评估油污的影响程度及分布状况：如果茂盛的树冠遮掩了林地上的油污，就很难从空中看清它；如果沿海的丛林边缘由于自身的潮汐高度较低而逃过溢油污染，从海的这个方向也看不清林地上的油污。在溢油事故的后期可使用空中调查方法评估丛林的污染状况，因为如果油污毒死了红树林，凭落叶就可以轻易地从空中观察到枯死地带。

重油或粘性堵塞呼吸孔后，会窒息靠呼吸孔摄取氧气的次表层根，从而可能造成红树林死亡。





油污，尤其是轻质新油，能渗入红树林沉积物，对损害根系细胞膜。从这两个岩心截面可以看出，油污可沿着生物通道下渗。

红树林也可能被油污毒死。因为油污中的成分，尤其是低分子量烃类化合物，能够损害次表层根的细胞膜。这反过来又能阻碍红树正常的盐分排出过程，导致植株内的盐分过量，对植株造成较大的压力。

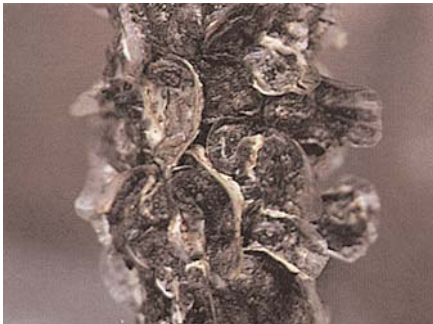
油污通过两种途径影响栖息在红树之间和红树之上的有机物。第一，油污可能会直接造成有机物的大量死亡。例如，油污会渗入洞穴内部，造成螃蟹和蠕虫死亡；或包住沉积物表层的软体动物和气生根使其窒息而死。第二，死亡树木会迅速腐烂，导致有机物的栖息场所减少，因为它们原本是生存在树枝、树冠和气生根系当中的。红树或树枝纷纷倒下或落下，对红树林的恢复工作者来说也是一大灾害。

随着时间的推移，已沉积在红树林的油污的毒性会因几个因素而降低。雨水和潮汐会减少土壤中的油污量。而且在油污的风化过程中，某些毒性较强的易挥发成分会蒸发掉，并且氧化之类的化学变化使得残油的毒性进一步降低。最终，土壤中又有足够的养分维持红树林的生长了，只是生长的时间标度会依据当地情况（如附近地区的循环水流量）的不同而有所差异。油污在热带的降解速度可能是很快的，有不少这样的例子：在油污事故发生后一年内，遭受油污的林地中就又自然地长出了树苗，并长势良好。但如果油污降解过程因土壤的厌氧性而受到阻碍，那就会延缓油污毒性的降低速度。另一种可能就是，丹宁酸含量过高的某些红树林泥炭沼，会抑制降解油污的细菌的生长。

下左：这是漂移到阿联酋白骨壤红树林的沉积物表面和向海区的重质燃油。红树林呼吸根遭受油污后，红树在枯萎。油污已粘到了沉积物表面，涨潮后也不会被冲走。

下中：这是尼日利亚尼日尔三角洲的牡蛎，如果红树林遭油污致死，它们将失去栖息地。

下右：巴拿马的附生于红树的兰花正处于危险之中，因为遭受油污的红树正在枯萎。



溢油应急反应

得到公认的是，红树林地带特别容易遭受油污的损害，因而要优先得到保护。主要的保护策略是：

- 在与红树林毗邻的近海区采用机械性恢复方法；
- 在近海区使用消油剂使油污消散；
- 在红树林海岸线和湾口地带使用围油栏。

其中，对使用消油剂这项策略争议最大。在红树林地带使用消油剂与否的对比试验证据已经存在，在制定应急计划时可作为有益的参考信息。

依据试验证据得出的结论是，红树对用消油剂处理的油污的容忍度，要高于对未经处理的油污的容忍度。如果目标是保护红树林、红树林提供的栖息地、以及某些野生动植物物种（尤其是水鸟），则根据既定条件（油类的可消散性如何，适宜消油剂使用的气象、海况等），在近岸区使用消油剂可能是一项有效措施。但必需考虑到消油剂对水中有机物可能造成的影响。因而，在制定溢油应急反应计

红树林保护与油污清理：现场试验结果一览表

试验	结果
马来西亚， 赖冯试验（1985年）	与喷洒过消油剂的原油相比，未喷洒的原油对红树苗的毒性作用更大。在沉积物上层，未喷洒消油剂的油污比喷洒过消油剂的油污，需要更长的时间才能风化和滤清。
美国佛罗里达州土耳其角， 蒂斯等人试验（1987年）。	与未喷洒消油剂的油污丛林区相比，在预先喷洒过消油剂的轻质原油“污染”的红树林（模拟油膜经消油剂充分处理后在岸上的移动过程）区，并未出现较高的死亡率。
巴罗等人进行的巴拿马 “热带试验”（1989年）。	未喷洒消油剂的新石油，对红树林及相关动物的生存能力产生严重的长期影响。 仅在近岸区喷洒消油剂后，油污对红树林影响不大，但却影响到珊瑚。（IPIECA 报告《溢油污染对生态环境的影响：珊瑚礁》对本试验有更详细的描述）

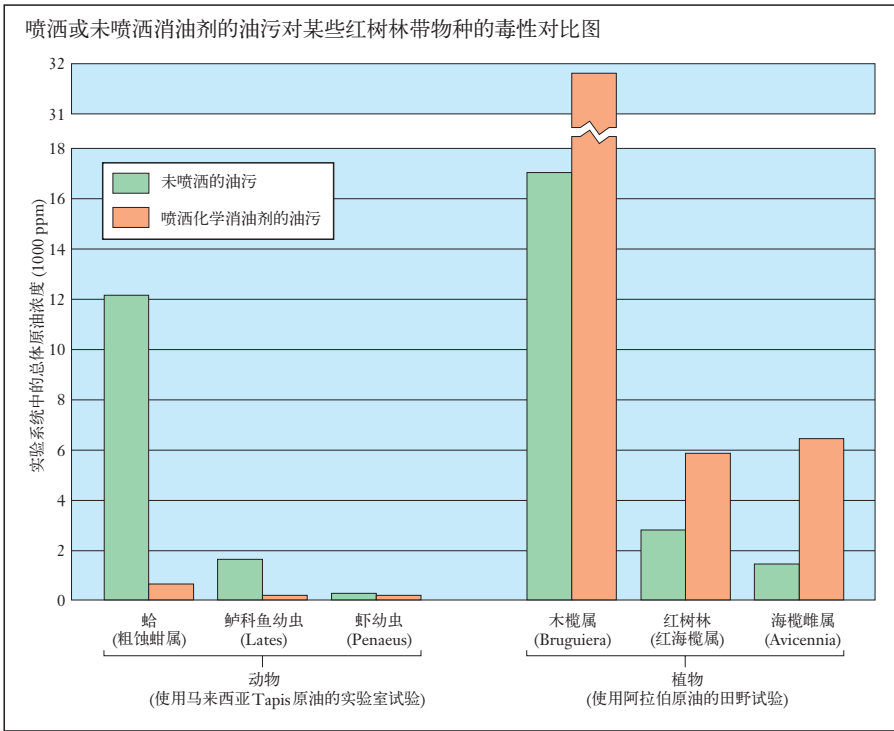
划时，要仔细权衡近岸使用消油剂的利弊。IPIECA 报告《消油剂及其在溢油应急响应中的作用》，对这个问题有更为充分的讨论。

如果油污漂进了红树林，主要清理策略是：

- 在红树林间小河水面使用围油栏及撇油器；
- 用抽机从沉积物表面、洼地及沟壑抽取块状油污；
- 用水冲刷沉积物表面及红树林中的游离油污，将其冲进油污收集区；
- 用吸收性材料吸收油污，随后收集、处置。

最近，用一种新开发的海岸线化学清洁剂，对气孔被油污堵塞的红树进行了清洁试验，试验结果令人充满希望。该清洁剂可降低油污粘着力，又能最小程度地消散油污。

油污处理的困难在于，某些红树林丛非常稠密，规模较大的油污清理作业可能对丛林造成物理性损害。而且，如果较新的轻质原油大面积漂进红树林，油污会很快渗进沉积物，油污毒性也会很快对丛林造成损害。所以，指望实施清理作业来挽救许多红树是不现实的。



喷洒或未喷洒消油剂的油污对某些红树林带物种的毒性对比图。直方图表示的是“LC50值”——即能使50%的试验有机物致死的油分浓度（半数动物在96小时后死亡；半数红树苗在30天后死亡）。“LC50值”越低，有机物的容忍度就越低。试验结果说明：

- 喷洒化学消油剂的油污比未喷洒的油污对红树苗的毒性更小。可能是因为喷洒消油剂后，油污堵塞呼吸根与沉积物表层的可能性更小。
- 喷洒化学消油剂的油污比未喷洒的油污对受试动物的毒性更大。可能是因为这些动物在水中与油污的接触面更大。
- 不同物种对油污的容忍度存在明显差异。（根据马来西亚理科大学所做试验）

恢复被油污损害的红树林

在油污导致红树林死亡后，人们一般会怀着极大兴趣从事恢复工作，想重建红树林这一重要的生态系统，或是想以充满生机的绿色树苗取代很不雅观的枯黑树桩，从而恢复海岸线外观。虽然可以采取积极的措施做到这一切，但恢复方案不可避免地要将重点放到一种或几个红树林物种上，因为恢复错综复杂的红树林生态系统将主要依赖于随后的自然恢复过程。

很明显的，在溢油事故发生后，想依靠自然恢复过程或人工再植措施立即恢复红树林，是不大可能的。因为导致红树死亡的油污毒性组分几乎肯定地仍然存在，足以抑制林丛的自然恢复过程、导致新种植红树的死亡。1986年发生在巴拿马 Refineria 石油出口区的原油溢漏事故，就是这种事故后油污毒性依然存在的例子。事故后，在红树死亡的几个地点分别种上了几组红树繁殖体（“繁殖体”是指从红树果实中生长出的秧苗，果实还在树上的时候就开始生长了，一般会在潮水冲挟之下散落，繁殖发育成红树林。）。事故后3个月和6个月分别栽种的繁殖体全部死亡；而某些事故9个月后栽种的繁殖体、大部分更晚栽种的繁殖体却都活了下来。

在某一遭受油污的红树林区，繁殖体在栽种大约一年后长成了红树苗。照片是在溢油事故发生8年之后拍摄的。人工种植的成功表明，以往该地区红树林恢复不足，不是因为残油还存在毒性，而是因为红树繁殖体到不了该地区。美属维京群岛 St Croix 岛。





尼日利亚尼日尔三角洲，这是在潮水冲击下散落在枯树干旁边的红树繁殖体。

依据不同因素的作用，如溢油种类、土壤类型、事故发生地的潮水冲洗力及降雨量，在油污事故发生后必须经过一定的时间，土壤中的油污毒性才能小到一定的程度，从而使得红树自然繁殖体或栽种的红树苗成活。即，并不需要将油污从土壤中全部清除干净就能够使红树林生长。扰动土排出油污气味，漂浮在水面的油膜在阳光下会蒸发，这样风化后的残油使新栽种的红树得以成活并正常生长。红树林土壤中的残油痕迹可能要存留十几年。

遭油污致死的红树林也可能有望自然再生。但这一过程可能比较缓慢，因为残油依然有毒，或由于树枝、气生根和死树树干的阻碍，通常被潮水冲落的红树林繁殖体（树种），可能到达不了遭受油污的地带。在某些情况下，当地没有足够的活树提供树种，这也可能延缓红树林的自然再生过程。

下左：从未遭油污的红树林采集繁殖体。

下右：红树林苗圃。



载有红树苗木的划艇驶向栽种地。



在巴拿马Refineria溢油事故发生后，当地使用的一种方法能尽快地恢复死亡红树。用移植孔锹挖出柱状油污土壤，将培苗木栽入坑内，或用旱地土壤将坑填好，再种上繁殖体。两种情况下，树苗根须都能在未遭油污的缓冲土壤中免受残油的影响。这样，土壤的油污毒性在风化和雨水冲洗下继续降低，而树苗根须也将同时生长。

右：在遭受油污的红树林用移植孔锹开挖树坑。

最右：在红树林地带用移植孔锹挖出的柱状下层土壤（泥炭）及栽种的红树苗。





用于旱土壤栽种的红树苗。

尽快恢复红树林的一种辅助手段，就是建立苗圃，为在油污毒性已经降低的地带重新植树随时提供苗木。巴拿马已对超过75公顷遭受油污的红树林地带进行了重新栽种，或用干旱土壤包栽种苗木，或在干旱土壤中栽种繁殖体，二者同样成功。总共使用了86,000棵苗木和繁殖体。油污事故发生两年后，当扎根不久的繁殖体已开始展现出自然恢复的最初迹象时，栽种的苗木已有大约1米高了。成活率一般在90%以上。



栽种18个月的红树林苗圃苗木。

鸣谢及参考资料

鸣谢：

许多组织为有关“溢油在红树林中的变化及其对红树林的影响”的调查研究工作提供了资助；承蒙委内瑞拉的 Cuadernos Lagoven 先生允许，复制了盐业生产方面的照片；Moeso Suryowinoto 教授为 J.M. 贝克在印尼的调查工作提供了大力帮助。对他们均表示衷心感谢！

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.巴罗等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）。

IPIECA报告第3卷：《溢油污染对生态环境的影响：珊瑚礁》（1992年），国际石油工业环境保护协会，伦敦。

IPIECA报告第5卷：《消油剂及其在溢油应急反应中的作用》（1993年），国际石油工业环境保护协会，伦敦。

IUCN（1983年）《全球红树林生态系统状况报告》，《生态系统委员会文集》第3卷，转载于《环境学家》第3期第3号增刊，第88页。世界自然保护联盟，瑞士格兰特。

H.C.赖与M.C.冯1985年合作：《关于油污在红树林中毒性的现场及实验室研究》。《1985年国际溢油应急会议论文汇编》，第4385号API出版物，美国石油协会，华盛顿特区，第539-546页。

H.J.蒂斯等（1987年）：《南路易斯安那原油及消油剂对红海榄属红树林的影响》。《海洋污染简报》第18期，122-124页。

H.J.蒂斯等（1989年）：《1986年巴拿马Refineria溢油事故后的红树林恢复》。《1989年国际溢油应急会议论文汇编》，第4479号API出版物，美国石油协会，华盛顿特区，第433-437页。

国际石油工业环境保护协会（IPIECA）是一家专门组织，负责处理与国际石油行业相关的全球环境及健康问题，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建立了联合国环境计划署（UNEP）。联合国环境计划署在联合国经社理事会的指导下，负责协调联合国系统的环境事务。IPIECA是国际石油行业与UNEP交流的主要渠道，具有联合国经社理事会II类非政府组织咨询地位。

IPIECA的行动计划，全面关注国际环境领域的各种动态，包括联合国环境问题动态，特别是UNEP的动态，并与UNEP工业与环境计划活动中心进行具体合作。

企业会员：

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
沙特阿美石油公司
壳牌石油公司
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
拉丁美洲国家石油公司互助协会
澳大利亚石油协会
加拿大石油生产商协会
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



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