

# 海湾污染:监测海洋环境

## 海湾战争结束两年后 IAEA 海洋科学家继续 对石油污染的严重影响进行评估

S. W. Fowler

海湾战争结束已有两年多时间,但科学家们一直在密切地注视着这场战争所造成的海洋污染问题。

1991年初海湾战争爆发后,大约有400—800万桶原油直接从科威特海岛末端泄入波斯湾,引起了全世界极大关注。这么多原油泄入波斯湾显然是历史上石油溢出最多的一次。科威特油田着火后,进一步加剧了这场大灾难。油田燃烧了250天,大量的烟缕进入大气。根据最乐观的估计,溢出或烧掉的石油大约有5亿桶(6700万吨),这使海湾的气溶胶、烟灰、有毒的燃烧产物和各种气体大大增加。即使这些散发物只有百分之几沉积在沿海海洋环境中,就远远超过实际溢出的原油量。人们普遍认为,这种污染很容易扩散到离海湾很远的地方去。

鉴于污染的严重性和涉及多种有毒污染物,促使全世界通过联合国系统对此作出反应。为了着手解决这些迫在眉睫的问题和海湾环境中由战争而带来的污染物的潜在影响,人们迅速制订了一项机构间的行动计划。作为所采取的措施之一,协调机构——联合国环境规划署(UNEP)——请求国际原子能机构(IAEA)的摩纳哥海洋环境实验室(MEL)帮助对态势作出初步评价。该实验室初步调查的主要目标是,测绘出整个海湾地区战争所致的污染范围和程度。在完成这项工作中,科学家们利用了IAEA—MEL以前在监测该地区碳氢化合物和重金属污染物方面的大量经验。

自进行初步调查以来,IAEA—MEL的科学家们一直忙于区域性跟踪活动,以期

更清楚地了解石油污染对海湾环境的影响。本文着重介绍在1991年战争后该实验室根据合作计划和项目在海湾的工作情况。\*

### 行动的来龙去脉

波斯湾在历史上一直是易受污染的地区,这主要归因于它的独特海洋学特性。

海湾是与阿拉伯半岛和伊朗接壤的一个比较狭小而浅的半封闭水体。它的平均深度只有35米,最深的海域在伊朗沿岸,大约深100米。不同海域的表面海水温度的差别很大,在12—35℃之间不等;在某些条件下,有些沿岸海域的表面海水温度可达近40℃。正常海水含盐度通常在30%—35%之间;然而,由于海湾地区的蒸发速度快,西北部海域海水的盐度常常超过40%,在海湾的阿拉伯一侧,各种浅的潮间泻湖的含盐度甚至超过70%。这么大的含盐度显然使许多沿海海洋物种受到巨大的环境压力,对此,必须就污染对海洋物种造成的任何其它影响作出评价。

海湾易受污染——加上70年代期间沿海地区的迅速开发和城市化——导致在80年代采取了一系列的地区行动。其中之一是制定了科威特行动计划(KAP)——一项旨在保护海湾免受人类活动影响的地区性公约。于是,1980年初,UNEP——负责在KAP框架内针对海湾实施一项地区海洋计划——请求IAEA—MEL给予援助。特

\* 参见“Oil and combustion product contamination of the Gulf marine environment following the war”, by J. W. Readman, S. W. Fowler, J. —P. Villeneuve, C. Cattini, B. Oregioni, and L. D. Mee, Nature, 358 (1992)。

Fowler 先生是 IAEA 设在摩纳哥的海洋环境实验室的放射生态学实验室主任。



别请求该实验室参加联合国(UN)一为期 3 个月的评估该地区海洋承受能力的多学科出访活动,以便调查、研究海洋污染并与之作斗争。在此评估以后,UNEP 地区海洋计划立即与海湾周围的 8 个国家举行了一系列会议,以便制定一项地区海洋监测和研究计划,该计划将作为每个国家污染物基线监测活动的重点。由于阿曼、巴林和阿拉伯联合酋长国(阿联酋)缺乏环境分析方面训练有素的人员,特别请求 IAEA-MEL 帮助这些国家获得 KAP 地区监测计划所需的关于环境样品(沉积物和生物群)中污染物水平的基线数据。

1983 年初,IAEA-MEL 开始在这些国家进行 KAP 第一次出访取样,此后每季度一次,并一直持续到 1986 年。这段时间是该地区环境意识迅速发展的时期。这个时期以设立一个称为“海洋环境保护地区组织”(ROPME)的海洋环境事务地区秘书处而告结束。它的总部设在科威特,负责完成以前 UNEP 监督的 KAP 计划。在这个时期,IAEA-MEL 通过下列活动增加了对该地区的技术援助:对国民进行污染分析方面的培训;举办有关海洋污染各个方面的地区讲习班;以及管理一个质量保证项目。此项目涉及对海湾国家参加本项目的各研究机构所用分析技术进行严格的相互校准。

在整个 80 年代,建立了一个相当规模的数据库。其结果是更清楚地掌握了霍尔木兹海峡内外沿海区域的现有污染水平、分布和趋势。而且,据认为,KAP 地区网所完成的这些调查,对评估伊朗-伊拉克战争所带来的污染输入(例如瑞鲁兹石油溢出)的可能影响是很有用的。

由于 1990 年底科威特被占领和 1991 年初海湾战争爆发,致使 KAP 地区活动实际中止。但是,IAEA-MEL 的科学家们可以利用那时的工作成果在评估这场战争所

沿沙特阿拉伯西北部海岸,一个有代表性的海滩和海湾受到海湾战争期间溢出的原油的严重污染。左图:科学家们在沙特阿拉伯的海夫吉采集表面海水样品,供进行油烃分析用。

造成的污染方面作出他们的贡献。所选择的基本战略是回到前些年在巴林、阿联酋和阿曼设立的取样站采集类似的样品,以便进行更切实际的比较。此外,科学家们在沿科威特和沙特阿拉伯沿海的西北部进行了相当紧张的取样工作,据报道,溢出的石油已使那里的沿海生态系统处于最危险的境地。

### 战后污染调查

1991年6月开始现场取样,并持续进行定期取样,直到同年10月为止;这项工作是与国际自然保护联盟(IUCN)和政府间海洋学委员会(IOC)合作进行的。6月间,由于存在军用器材和未爆炸的地雷,科威特禁止接近整个海岸线和近海水域。然而,多亏科威特环境保护部的帮助,直升飞机才得以飞往一个近海岛屿,对海滩焦油进行调查和采集供分析用的近岸沉积物样品。此外,在当地渔民地帮助下,在离石油溢出源大约20公里的科威特城附近获取了鲜鱼样品。为了对烟缕沉降物中的源项污染物水平有一个了解,科学家们还在着火的油井附近取了土壤样品。在那时,大约只有25%的着火油井被扑灭。

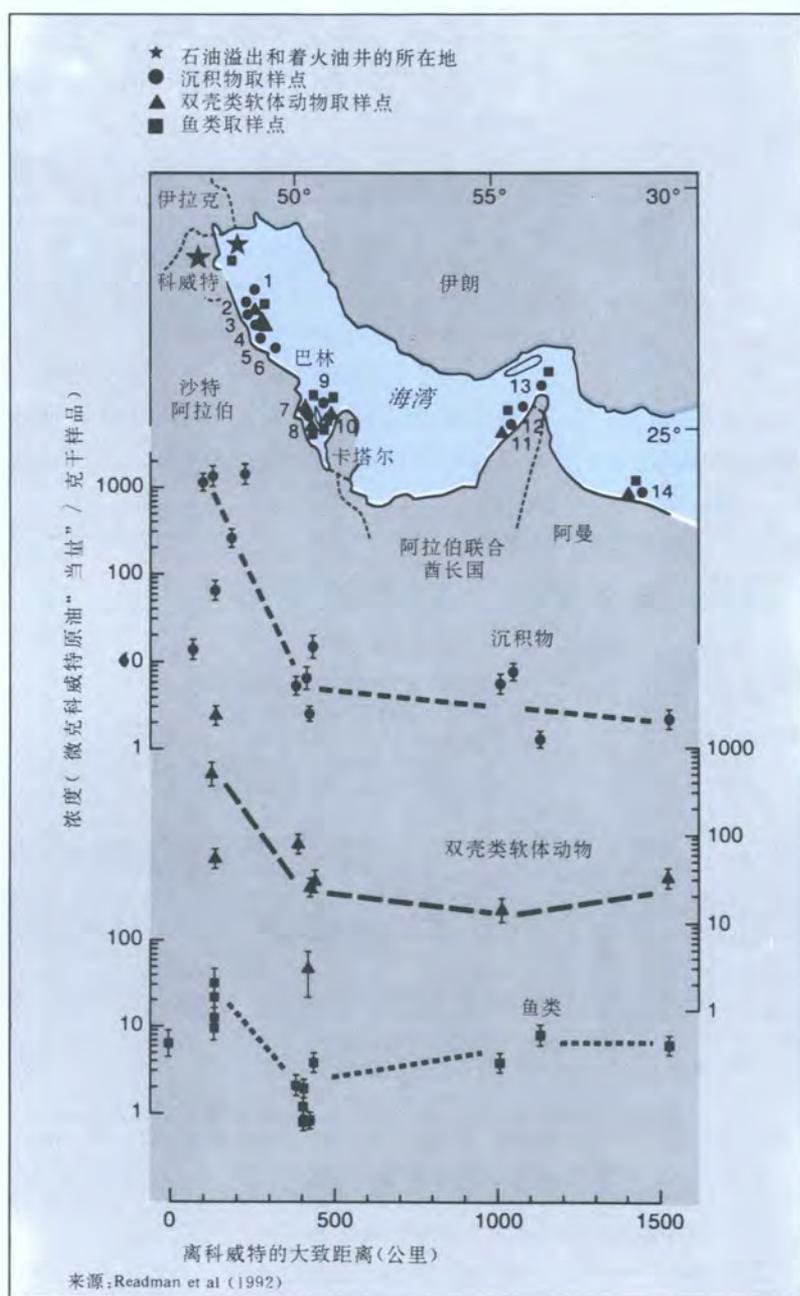
IAEA-MEL以前对沙特阿拉伯的海岸线没有做过取样,一些取样点是根据以前对该国进行的一些调查和这个地区海滩石油的直观影响选定的。在沙特阿拉伯北部,有大量烟缕沉降物,科学家们利用玻璃板附着技术,艰苦地采集了海水表面几微米层,即“海面微米层”(SML)的样品。在巴林、阿联酋和阿曼,科学小组回到自1983年以来就一直在研究的现场,目的是为了取得一些用作比较的相同沉积物和生物群体的样品。

同全世界其它具有代表性的污染物监测计划一样,海湾评估工作的重点放在双壳类软体动物和这些国家广泛食用的普通鱼类上。据认为,这类软体动物是金属和碳氢化合物污染物极好的生物指示剂。这类软体动物包括北部海域的蛤蜊,中部海域的珍珠牡蛎和岩扇贝以及阿曼沿海的岩牡

蛎。采集的鱼类主要是这个地区普遍存在的鳍科鱼和鲷科海鱼。蛤蜊和鱼在现场进行解剖,其组织在分析之前加以冷冻贮存。此外,由潜水员或船只用小型沉积物采样器采集海岸附近的沉积物。所有物质均在摩纳哥的IAEA-MEL由前几年的同一批分析人员利用同样的方法进行处理和分析。

6月间一架直升机沿科威特南部海岸飞行时,观察到水面上有许多油膜,在遭到破坏的南部海岸端点附近水面油膜尤其

海湾样品中油烃的浓度

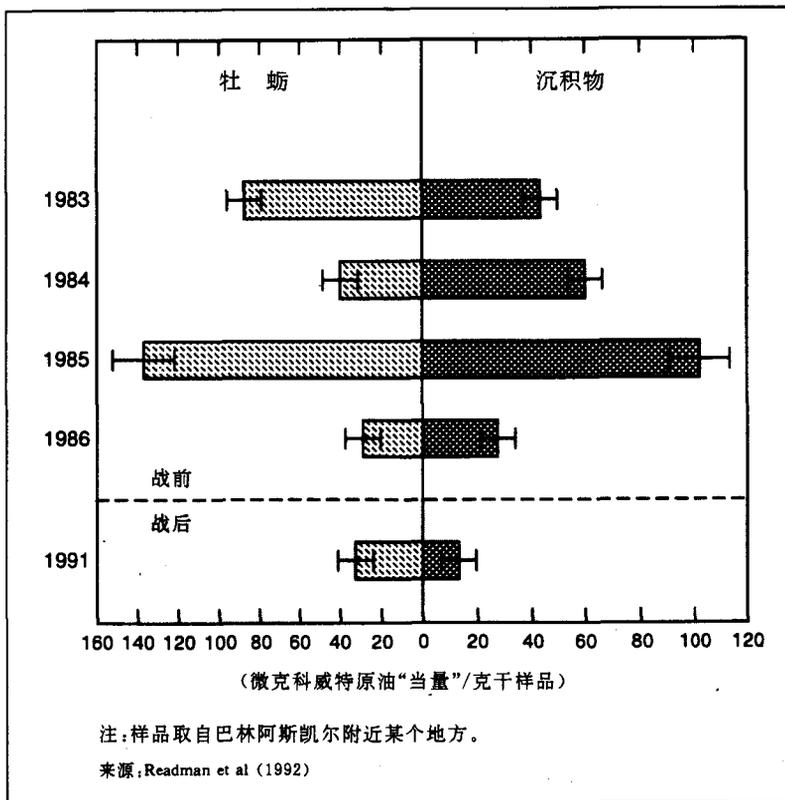


多。但是,除了上岸的若干局部油斑外,海岛末端的海滩下游看来比较干净。对近海岛屿加路岛(Qaruh)海滩上焦油球的调查,出人意外地表明焦油球的数量(每米海滩约 380 克)同战前在科威特和其它海湾国家调查时记录的数量近似。这说明附近大量石油溢出没有危及这个特定地区。

沿沙特阿拉伯海岸线北部中心部位的许多地区受到石油的严重影响。在科威特边界附近的海夫吉,大气污染十分严重,并已注意到沿海水域里有大量油脂烟灰。这就导致“海面微米层”中的油烃浓度高达 18000 微克/升。甚至那里的海面下海水所含油浓度(260 微克/升)也比以前在海湾其它水域测得的含油浓度高。而在迈尼费湾海岸的南部,“海面微米层”中的含油浓度下降了 2 个数量级,大约为 200 微克/升。除了这部分沿海水域的含油量少以外,在所调查的其余各海滩上,即使发现有新鲜油和焦油,也很少。

为了直观地看出这场战争所引起的污染对整个海湾的潜在影响,科学家们把油烃的全部调查数据标绘在图上。(见图。)对

珍珠牡蛎和低潮时水面样品中油烃的浓度



沉积物和双壳类软体动物的分析清楚地表明,较严重的石油污染被限制在自海岛末端污染源起大约 400 公里范围内的沙特阿拉伯海岸线。在这个区域外的一些地方,其中包括阿曼印度洋海岸线上的马斯喀特(阿曼首都),它们的污染程度差不多,都比较低。沉积物样品数据十分清楚地勾划出这种污染物分布趋势。但是,双壳类软体动物的数据反映出的污染物分布趋势也表明,随着与受影响区的距离增加,污染全面减少。虽然最北部鱼类样品中油烃的含量看来或多或少有所增高,但它们的相对污染程度比对双壳类软体动物观测到的污染程度低。

如果考虑到科威特和沙特阿拉伯直接受影响地区以外的地区,那么可以通过与 IAEA-MEL 前几年获得的数据进行比较,来评估由这场战争引起的石油污染的相对程度。例如,巴林阿斯凯尔附近的一个取样点,这里离受石油严重影响区域不太远,油烃污染程度与 80 年代测得的差不多或较小些。(见图。)注意到由于石油生产和运输活动,平均每年大约 200 万桶石油流入海湾北部的“正常”石油污染,这一点很重要。这相当于这场战争期间溢出的石油量的一半。因为在 1990 年末到 1991 年初这个期间,这些活动大大减少,所以 1991 年年中调查中记录到的油烃浓度低,可能是这个期间经常性流入海湾的石油量减少的缘故。

为了更多地了解有关石油状态及其潜在毒性,科学家们进行了若干特殊的气相色谱分析和质谱分析。石油是一种由数千种具有不同化学性质的化合物组成,这些化合物一旦泄入海水就会以不同的速率风蚀。从根本上说,增溶溶解和生物降解会迅速降低这些不同化合物的浓度。尽管调查工作是在石油溢出后仅几个月内进行的,但分析沉积物样中一些重要化合物比率表明,溢出的石油大部分已基本降解。高温和增强的微生物降解作用,可能已引起迅速风蚀,这种风蚀已被观测到。

有毒多环芳烃(PAH 化合物)是调查样品中被分解的主要芳烃组份。诸如芘等

PAH 与石油燃烧有关,可能由着火的油井产生。尽管如此,海湾沉积物中 PAH 含量(每克干重样品 3—450 毫微克),完全在已报道的其它一些沿海地区沉积物中 PAH 含量范围内,例如美国的巴泽兹湾和纽约湾(每克干重样品 7—1300 毫微克)及联合王国的一些港湾(每克干重样品 60—1510 毫微克)。而且,海湾沉积物中 PAH 平均含量(每克干重样品 12.5 毫微克)往往低于对南波罗地海的类似范围和沉积物类型进行调查所得的平均含量(每克干重样品 72.5 毫微克,在每克干重样品 1.7—150 毫微克范围内的情况下)。

因此,从初步调查来看,似乎着火油井排出的 PAH 并没有广泛污染海湾沿海地区。

科学家们正在利用其它核和非核分析技术检验 1991 年调查期间采集到的许多样品中可能有的污染物。例如,利用感应耦合等离子体质谱测定法(ICP-MS)分析了一组包括镍、钒和铅在内的与石油有关的重金属。在从油田采集的某些土壤样品中,钒和烃含量之间存在一种协变性;然而,在沿海地区的样品中(包括取自科威特着火油田附近的那些样品),金属含量并没有显示燃烧的沉降物有任何影响。在原油中也富集有诸如钋-210 等天然放射性核素,因此也对该地区的鱼类和双壳类软体动物进行了这些天然放射性核素分析。测定的钋-210 含量与来自其它海域的沿海鱼类和贝类中通常发现的含量差不多。因此表明,油井着火或石油溢出并未造成严重污染。

海湾环境灾变物的庞大数量突出说明有必要具有在常规条件下鉴别不同石油的能力,以便查明石油溢出的源头。鉴于以前的研究已经表明,石油含有很广泛的稳定同位素信号,这些信号又与当前海洋环境中的那些稳定同位素信号有很大差别,因此对选择样品进行了稳定轻同位素分析,以便检测它们在跟踪、定量和辨别污染海洋的石油的潜力。不同同位素信号的变化完全反映出不同的样品类型。人们发现在不同的同位素之间有比较强的相关性,对

科威特原油样品来说,硫-34 和氘之间的相关性最为明显。而且,人们已注意到沙漠的沙中氘和烃含量之间以及生物群样品中氮-15 和石油之间有互相关联的重要趋势。

尽管如此,检测的样品数还是有限的,在对这些趋势可能作出任何明确的解释以前,必须分析更多的样品。正在制定一些计划,以便与日本原子能研究所的科学家们合作,进一步检测这些同位素的相关性的趋势。

### 后续活动

显然,对这样严重的污染必须进行更详细的检测之后,才能得出关于对该地区的长期影响的明确结论。在 1992 年上半年,为了进一步调查 1991 年石油溢出的影响,在 Mt. Mitchell 船上进行了为期 3 个月的海洋巡航调查;这次调查是由 ROPME 与 IOC、美国全国海洋和大气管理署(NOAA)以及 UNEP 合作进行的。这次多学科的巡航调查有来自该地区内外的 140 多名科学家参加。

1992 年 8 月,IAEA-MEL 与 IUCN、IOC 和 ROPME 合作在科威特和沙特阿拉伯进行了沿海污染后续调查。调查小组回到受影响最严重的地区,对 1991 年调查过的一些地点重新进行检测,看看在 1991 年调查之后 12 个月里污染物含量可能发生了什么变化。科学家们从 12 个取样站采集了约 60 个沉积物、生物群和海水样品,目前 IAEA-MEL 正在对它们进行分析。虽然评估时间上的趋势还须等待这些关键性分析的结果,但是从对污染最严重的地区的直接观察来看,海岸附近区域的焦油和石油显然比一年前观察到的要少。据认为,降解作用和漂沙或漂积物的掩埋作用,是污染状况得以改善的主要原因。

不过,要完全消除这个地区沿海地带因战争造成的石油污染,无疑尚需要若干年。根据目前的 ROPME/IAEA 合作计划,IAEA-MEL 的科学家们将继续密切注视海湾海洋污染的状况。□