

# 海洋石油污染 及其防治技术的研究



国家海洋局海洋环境保护研究所  
国家海洋环境监测中心

一九九六年三月

# 海洋石油污染及其防治技术的研究

国家海洋局海洋环境保护研究所

国家海洋环境监测中心

一九九六年三月

**主 编:**杨庆霄

**副主编:**张存智 林凤翱 李宗品 徐恒振

第一章 杨庆霄编写和总编

第二章 徐恒振编写

第三章 张存智编写

第四章 林凤翱编写

第五章 李宗品编写

# 前 言

海洋石油污染是海洋污染中最重要,最复杂的污染问题之一。因为海洋石油污染涉及到人类活动两个潜在的矛盾方面;一方面由于人类生活的需要不得不进行各种生产活动,如石油的勘探、开采、运输和生产等等过程,因而石油就不可避免地会溢散到海洋环境中,造成海洋污染;另一方面人类又强烈地需要这些天然贮存的能源和化学原料,为人类的现在和未来创造文明。在既要不断地生产石油,又要严格地保持良好地海洋环境的漫长的道路上,社会的发展给我们提出了繁重而又复杂的历史任务。

进入海洋环境的石油,其途径和规模是极不相同的。有的是在宽广的区域内迅速地输入海洋环境,有的是以点源式的慢慢地输入,输入时油类也是各种各样的。现在进入海洋环境的石油,既有慢性释放和管道排入,也有突发事件的溢油。如果我们不指更长的时间,而是指慢慢地连续地发生的石油渗漏事件,那么可以证明,近期进入海洋石油的化学组成不同于以前海洋渗油的化学组成,因为后者已经由于各种降解过程发生了变化。这些降解过程包括在海底沉积物和地壳中所发生的物理、化学和微生物过程等。应该注意到,进入海洋的石油烃,不只是从我们一般生活中所认为的“石油”烃的形式,还有其他的形式来源。例如,煤的燃烧会产生一些与石油类似并在石油中发现的多环芳烃。应当指出的是,现代输入海洋的石油烃并不局限于某一海底渗漏区,还包括许多未被污染的水团和原始水团。即使一些海区并没有石油勘探开发活动,所出现的潜在的石油污染也会由于其他的输入途径如油船运输等而产生。

过去二十年来在海洋石油污染方面的研究,无论在广度还是在深度上都有了极大的进展,主要是进一步摸清了进入海洋的石油通量,提高和完善了在化学和生物学研究方面的分析方法,查清了石油在海洋中的各种变化过程以及石油对海洋生物的影响。

城市污水排放量的调查表明,它已经成了石油输入海洋的主要来源。大气输入海洋石油烃已取得了一定的进展;其中包括颗粒物所携带的石油烃。新的采样方法,采样设备包括有特殊用途的采水器,防沾污的油膜采样器等,能够卓有成效地定量测定海洋大气、海水、沉积物和生物体内的石油烃成分并能区别石油烃与其他来源的烃。由于不断地改进分析方法,从而提高了分析能力和数据的可靠性。在研究工作中已经大量普遍地使用玻璃毛细管柱的色谱——质谱联用装置(GC/MS),高效液相色谱(HPLC)分析技术和计算机数据处理系统。可以分析所有分子量范围的石油烃化合物,包括挥发烃。成功地进行了世界许多国家参加的实验室互校,通过分析程序中的质量控制,大大提高了分析结果的可靠性

和可比性。

石油烃在海洋环境中光化学氧化的过程,不仅仅能跟踪鉴别,而且在实验室已进入模拟研究阶段。已经开始了石油在海洋环境中生物学/化学之间的研究。通过影响溢油运动的各种过程和它的归宿的研究,可以估算出海面溢油蒸发损失量。摸清了油/水乳化物的化学组成和形成过程以及与稳定性的关系,石油与有机颗粒物吸附特征的关系等。已经发现了海洋动植物可以吸收石油烃,也可以从组织中排除掉。由于生物体内不同酶的作用,通过新陈代谢能够转化分子量不同的石油烃,但贝类不能。微生物降解石油的研究已经取得重大进展,计算了在不同环境条件下微生物降解的速率,探索了石油降解,新陈代谢的方法和途径。已经发现有特殊解毒,降毒功能的海洋生物,得到了石油烃对某些海洋动物的半致死量,从而划定了某些海洋生物的安全浓度。

由于实验设计的改进,特别是实验设备和方法的改进和完善,石油对生物学方面的影响研究。有了很大地进展,并开始利用计算机技术模拟生物过程,顺利进行了致死和亚致死实验研究。利用流动系统装置(flow-through systems)同时测定了各过程中的石油烃成分和浓度。在石油影响评价方面的进展主要是沿着细菌——生物——群落——生态系几条线的研究。该研究领域的进展主要是了解了石油烃以及成分与海水,沉积物和生物组织之间的相互作用,以及特别分析技术的改进。反过来,就可以更好地预测石油不管是慢性的还是急性的潜在的影响。通过对不同海洋生物的实验,石油的毒性影响研究和单个成分的实验都得到了广泛深入地开展。包括实验室实验和溢油后的现场观测,已经记录了单个生物种类和同一种类的不同发育阶段不同的影响。

由于每两年一次国际溢油会议(International oil spill conference)的举行,加速了信息的交流,加强了溢油的国际合作。海洋环保所与比利时合作完成了溢油污染环境风险评价,并于1992年以特邀科学家身份参加了欧共体四国英、法、德和比利时在北海举行的海上溢油现场实验。自80年代中期,研究重点和热点开始转移。由一般的海洋石油污染转向海上溢油的有关问题。溢油事故由于它的突发性和油量大,而且往往发生在天气恶劣的条件下,故影响和损失最严重。大量研究表明,最可怕的,造成经济损失和环境危害最大的石油污染是各种溢油事故,该领域的研究目的是为决策者提供必要的信息,通过实研究提供溢油的风险分析和风险管理过程,为科学研究和决策者之间架起一座桥梁。

溢油应急计划的研究是西方国家及海上采油国家首要的研究项目,也是在海洋环境问题中具有战略意义的问题,许多国家都十分重视。相继开展了国家溢油响应战略,区域性海域溢油应急计划等。如德国的波罗的海(Baltic)溢油应急计划,英国的二年海上溢油应急计划,泰国的海上石油开发区的溢油应急战略,科威特的溢油发生之前,之中和之后的污染响应计划和前苏联完成的国家溢油响应战略等。海上溢油事故的过程必须有强大的技术支持和完善的设备供应,并在大量实验研究基础上使操作程序化,设备标准化。在

溢油清除技术研究方面,有蜡质原油溢油行为和清除的实验研究,溢油燃烧烟雾的产生和扩散,岸滩溢油的清除技术和设备,溢油清除的生物补救技术,荷兰实施的用飞机监视沿海溢油的清除操作程序和 OSITO CANYON 溢油清除和影响实验等。当一个突如其来的事故发生时,由于人们的物质、精神和管理准备不足,必定会给社会、经济和资源带来巨大损失,甚至会造成人员伤亡,于是各国相继部开展了溢油危险评价的研究工作。其中有世界溢油的趋势,加拿大的溢油跟踪技术和预报技术,荷兰完成的溢油对自然资源的影响——经济和危险分析,Amazon 溢油自然资源管理评价,Louisiana 沼泽溢油危害恢复的调查研究和阿拉斯加沿岸环境的油敏感性实验等。

当海上发生溢油时,以海上可否使用化学分散剂,是一个研究热点。从环境角度方面,化学分散剂应该禁止使用,特别是在近岸港口,海湾的浅水区和鱼虾产卵、回游区等。那里的海流较弱,污染物不易扩散,若溢油漂至潮间带,会污染海滩,当溢油进入沉积物后还会产生二次污染。但从经济、资源角度出发,为了减轻损失,防止火灾,特别为了保护人生安全。在资源密集、经济敏感区附近和潮间带附近可以有限地使用化学分散剂。因此,许多国家和大量科学家积极地参与研究。美国关于溢油分散剂的使用和管理,不同原油和成品油对溢油分散剂性能影响的现场实验,沙特阿拉伯开展了阿拉伯湾沿岸化学分散剂影响的实验研究。在中东战争后,由于溢油污染而使用了部分化学分散剂,促使海面油膜迅速分散、乳化和降解。国际上在海上溢油处理中,在使用化学分散剂方面做到了审批手续程序化,使用方法标准化和化学分散剂系列化。另外,西方国家在溢油的管理和制定各种法律、法规方面走在世界的前更。例如关于化学分散剂的使用问题,美国从 70 年代一直全面地深入地进行了研究,象美国的溢油方针一障碍响应和伤害科学,溢油污染损失要求一仲裁和选择解决方案以及溢油损失的义务和赔偿国际公约的制定等研究项目方面都提供了大量的科学信息。

在海洋石油污染及其防治技术的研究方面,我国起步较晚,研究的广度和深度都落后于世界发达国家。80 年以后,在我国相继开展了该方面的实验研究工作。为了保护我国的海洋环境和维护我国的海洋权益,在“七五”海洋石油污染及其防治技术和研究的基础上,“八五”又进一步开展了海洋石油污染及其防治技术的研究。我们做为国家海洋局海洋环境保护研究所和国家海洋环境监测中心,许多科研人员投入了该领域的研究,得了丰硕成果。现从五个方面简要介绍一下“八五”期间在该研究方面所取得的主要研究成果。

在第一章海洋环境中石油的来源、化学组成和对海洋环境的影响中,介绍了在该研究领域在“八五”期开展的《防止和控制溢油污染海洋的战略设想》、《海面溢油残留量预报的研究》、《渤海原油对浮游植物群落结构的影响》和《石油和消油剂对浮游植物的影响》四项课题。介绍了全球进入海洋环境中的石油来源和通量,用类似的方法估算了进入国近海海域石油烃的来源和通量,以我国几种主要原油和成品油为例,介绍了进入海洋环境石油

烃的化学组成。深入研究了辽河原油和 0<sup>#</sup>轻柴油的物理化学特性及变化规律；描述了石油进入海洋环境后的物理行为和主要风化过程，建立了溢油主要物理性质——比重、粘度和表面张力的风化模式；建立了溢油蒸发公式并对海上溢油蒸发量进行了预报；研究了海上溢油垂直扩散过程—溶解过程和乳化过程，重点介绍了溢油在海面溶解过程，并建立了相应的溶解量计算公式；探讨了溢油与海洋沉积物的吸附过程，制定了溢油—海洋沉积物等温吸附曲线。在此基础上进行了海上溢油残留量预报的研究，对 1000m<sup>3</sup> 辽河原油和渤海原油的假想的溢油事故海面的残留量进行了准确预报。在石油对海洋环境的影响研究中，介绍了 90 年代石油对海洋生物学过程，生态系，食物链和人类健康的影响的最新成果，重点介绍了我们完成的渤海原油对浮游植物群落结构的影响和石油及消油剂对浮游植物的影响的研究成果，为评价我国海洋环境质量和海上石油开发区的执法管理提供了科学依据。

第二章海洋石油污染监测和溢油鉴别技术的研究中，介绍了“八五”期间完成的《标准油的选择研究》、《沉积物污染监测方法的研究》、《黄渤海沿岸经济贝类体内石油烃含量的调查》和《海上溢油鉴别技术的研究》等课题。还简要介绍了参加全球海洋系统 (IGOSS) (石油) 污染监测数据互校工作的情况。为了保证我国海洋石油污染监测数据的可靠性，我们研制并生产了 20<sup>#</sup>重柴油作为渤海海区石油污染监测的标准油，并逐步推行到全国海洋监测网，为全球海洋环境监测联网打下基础。通过黄渤海沿岸经济贝类体内的石油烃调查，在两年内，从鸭绿江口到长江口，在 29 个采样区域内，45 个采样站，共采集 13 种经济贝类，获得 93 个数据，结果表明，石油烃含量范围是  $2.50 \times 10^{-6} \sim 483 \times 10^{-6}$ ，平均含量为  $16.6 \times 10^{-6}$ 。最高值在辽宁省大连湾，含量为  $483 \times 10^{-6}$ 。数据显示，不同类型的组织或器官中油含量有一定差别，一般规律是内脏 > 鳃 > 外壳膜 > 闭壳肌。牡蛎体内石油烃含量季节变化明显，最高值出现在厦末，次高值在冬季，春季和秋季相对含量低。在海面溢油鉴别技术的研究中，重点介绍了在“八五”期间新研究成功并投放应用的溢油鉴别新方法和新技术，特别是在判别技术方面研究了《模糊传递闭包聚类分析法》、《Fuzzy 相似优先比法》、《灰色风化模式 GM(1,1)法》和《Euclid 贴近度聚类分析法》等九个方法。在“七五”期间海上溢油鉴别技术系统的基础上，不断完善，改进和拓宽了应用范围。使海上溢油案例，分析快速，决断快速清晰，处罚及时准确，增强了执法力度，提高了我国的国际声誉，挽回了经济损失，为我国海洋环境管理科学化和现代化奠定了基础。

第三章 近海溢油事故响应系统的研究主要介绍了 1995 年底完成的国家“八五”科技攻关项目《渤海海域溢油微机化预报体系研制》和“八五”期间在海上溢油事故的海洋环境影响，经济损失评估和海上溢油应急计划等方面所做过的一些研究工作。

渤海海域溢油微机化预报体系是为适应我国海洋环境管理的需要，对海上溢油的物理化学行为进行系统、深入地探讨，以建立我国海上溢油微机化应急预报技术体系。该预

报体系在某些方面已达到目前世界先进水平。预报体系的研究目标是针对近岸线海的特点建立的微机为支持硬件的溢油预报的通用化实用体系,并以渤海为典型海区进行了实际预报试验。该系统的主要作用是:①现场溢油抗击的指挥决策;②及时发布溢油污染预警信息,保护环境——资源敏感区③溢油影响和灾害评估,本预测系统的内容包括环境动力预测,溢油行为预测和系统操作三大部分。环境动力预测为溢油行为预测提供动力条件。溢油行为是预报体系的主体部分,系统操作软件包括输入——揭示菜单,功能选择系统及动画图象界面显示系统等。本年还介绍了本所“八五”期间在海上溢油事故的海洋环境影响,经济损失评估和海上溢油应急计划等方面。为了适应渤海海域的环境保护需要,依据三个效益协调统一的基本原则,结合环渤海地区经济发展的具体情况,将渤海海域分为辽东湾,渤海湾,莱州湾和长兴岛四个环境保护经济敏感区,为建立渤海海域统一的溢油应急计划奠定了基础,渤海溢油事故的风险分析,对渤海石油开发概况进行了描述,并对渤海海区的溢油风险性进行了量化分析和预测。根据各国的海上溢油应急计划的情况,对海上应急计划的一般模式进行了研究和分析。它包括、现场指挥系统,溢油动态监视监测系统,通讯联络系统,法律系统,回收处理系统和溢油风险评价系统等几个子系统。为建立我国溢油应急计划提供了宝贵的信息。

第四章近海石油污染防治技术研究,共分四部分①海上溢油防除技术系统研究;②含油污水处理设备的研制;③化学消油剂使用方法研究与“海环牌1号”海面溢油消油剂的研制;④近海油污染微生物降解技术的研究。

含油污水处理设备的研制,是辽河石油勘探局与国家海洋局海洋环保所合作研究的项目。该项技术选用新研制的CAX 固体混凝剂,利用亲油性能和吸附性能都很强的工业废弃物的吸附材料,对污水进行混凝吸附处理。经过近三年的实验研究,1995年7月研制出了工艺流程为邓处理——混凝——吸附——排放的含油污水处理装置。该装置体积小,处理速度快,处理效果好。并且处理后形成的泥渣可再回收利用。经专家验收鉴定认为该项技术达到了国际先进水平。化学消油剂使用方法研究和“海环牌1号”海面溢油消油剂的研制是“八五”期间国家海洋局下达的指令性课题。通过大量室内实验和海上研究,从发展海洋经济和保护海洋环境与资源角度出发,以渤海和北黄海为示范区,将消油剂使用划分为四类区域。将为海洋环境执法管理提供科学依据。“海环牌1号”消油剂,具有①分散性能高,稳定性好;②可在低温下使用;③以天然原料合成的非离子表面活性剂为主剂;④易生物降解。该产品与国际同类产品相比属先进水平。在海上石油平台和交通部系统已经大量使用该消油剂产品。

近海油污染微生物降解技术研究为国家“八五”科技攻关项目的子课题。通过三年的实验研究,取得了一些具有突破性的进展:①在国内首次分离和筛选了可降解多种油,大量油且不受氮、磷营养盐和溶解氧限制的海洋丝状真菌三株;②应用上述丝状真菌在30



天内可去除砂砾中胜利原油的 45.5%；③有希望开发生产出“油污生物去除剂”，应用前景广阔。尤其是应用它去除以物理，化学方法很难处理，一般石油降解细菌不易去除的海滩油污。由于该项研究有突破性进展，于 95 年底经国家教委组织的鉴定认为，该研究成果达到了国际先进水平，并建议在“九五”期间进一步开展工作，以便尽快付诸推广应用。

第五章加强执法管理、防止和控制海洋石油污染共分四部分。海洋石油开发海洋环境管理法规制定技术研究；区域性海上溢油应急计划；我国有关海洋石油污染的法律和法规，防止和控制海洋石油污染的几点建议。为贯彻执行《中华人民共和国海洋勘探开发环境保护管理条件》，防止海上石油污染，我们所先后承担并完成了《石油平台钻井泥浆分析方法的研究》和《海洋石油开发工业含油污水分析方法》等课题。该研究成果填补了我国在该研究领域的空白，为钻井平台监测石油污染提供了可靠的方法。由于我国在建立国家的和区域性的溢油应急计划方面还未起步，本章主要介绍了国际上建立国家的和区域性的海上溢油应急计划的基本内容和经验。我国在海上石油开发区的管理方面，国家海洋局做了大量的工作。相继颁布了有关防治石油污染的法规和条例。《中华人民共和国海洋石油勘探开发环境保护管理条例》和《海洋石油勘探开发化学消油剂使用规定》等。为加强执法管理，保护海洋环境提供保证。为了更好地完成国家赋予我们的防治海洋石油污染的历史任务，我们也提出了相应的建议。

在编写本报告的过程中受到了德文院士的指导和大力支持，在此表示衷心地感谢，也向我们编写工作给予帮助的专家和同志表示感谢。

# 目 录

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 前 言                              | (1)   |
| 第一章 海洋环境中石油的来源、化学组成和<br>对海洋环境的影响 | (1)   |
| 一、海洋环境中石油烃的来源                    | (1)   |
| (一)进入全球海洋环境石油烃的量的估算              | (2)   |
| (二)中国近海海域石油烃的来源                  | (18)  |
| 二、海洋环境中石油烃的组成和变化                 | (26)  |
| (一)进入海洋环境的石油烃的化学组成               | (26)  |
| (二)石油成分在海洋环境中的变化                 | (38)  |
| 三、石油对海洋环境的影响                     | (104) |
| (一)石油对生物学过程的影响                   | (105) |
| (二)石油对生态系的影响                     | (127) |
| (三)石油对海洋食物链的影响                   | (136) |
| (四)石油对人类健康的影响                    | (139) |
| 参考文献                             | (140) |
| 第二章 海洋石油污染监测和溢油鉴别技术的研究           | (147) |
| 一、海洋石油污染监测技术研究                   | (147) |
| (一)海水石油污染监测技术的研究                 | (148) |
| (二)沉积物石油污染监测技术的研究                | (175) |
| (三)生物体内石油烃监测技术的研究                | (188) |
| 二、海面溢油鉴别技术的研究                    | (204) |

|   |       |
|---|-------|
| (一)溢油现场调查、样品采集和贮运 .....                 | (204) |
| (二)海面溢油鉴别方法的研究 .....                    | (210) |
| 1. 红外光谱法鉴别海面溢油 .....                    | (210) |
| 2. 气相色谱法鉴别海面溢油 .....                    | (216) |
| 3. 荧光光谱法鉴别海面溢油 .....                    | (252) |
| 4. 高效液相色谱法鉴定海面溢油 .....                  | (267) |
| 5. 校磁共振 H 谱指纹鉴别海面溢油 .....               | (273) |
| 参考文献 .....                              | (278) |
| 第三章 近海溢油事故响应系统的研究 .....                 | (281) |
| 一、国内、国际溢油事件危害评述 .....                   | (281) |
| (一)几个典型的溢油事件 .....                      | (283) |
| (二)墨西哥石油公司伊斯塔克 1 号井溢油事故 .....           | (283) |
| (三)青岛、旅顺溢油事故评述 .....                    | (284) |
| 二、海上溢油动态数值预报的研究 .....                   | (288) |
| (一)环境动力模式 .....                         | (288) |
| (二)溢油漂移轨迹自动跟踪预报技术 .....                 | (321) |
| (三)三维溢油模型的建立及溢油扩散预报 .....               | (328) |
| (四)溢油性质变化及残留量预报 .....                   | (407) |
| 三、溢油事故的海洋环境影响、经济损失评估和<br>海上溢油应急计划 ..... | (410) |
| (一)渤海环境保护经济敏感区 .....                    | (410) |
| (二)渤海溢油事故的风险分析 .....                    | (411) |
| (三)建立我国的海上溢油应急计划 .....                  | (415) |
| 参考文献 .....                              | (421) |
| 第四章 近海石油污染防治技术的研究 .....                 | (422) |
| 一、海上溢油防除技术系统的研究 .....                   | (424) |
| (一)防止溢油扩散技术 .....                       | (427) |
| (二)溢油回收技术 .....                         | (430) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| (三)溢油处理技术 .....               | (435) |
| (四)溢油防除技术方法的现场选择 .....        | (437) |
| 二、含油污水处理试验设备的研制 .....         | (439) |
| (一)含油污水处理试验设备的设计和加工 .....     | (440) |
| (二)油田采油污水处理现场试验 .....         | (440) |
| (三)含油污水处理试验设备开发应用前景分析 .....   | (448) |
| 三、化学消油剂使用方法研究和“海环牌 1 号”       |       |
| 海面溢油消油剂的研制 .....              | (451) |
| (一)“海环牌 1 号”海面溢油消油剂的研制 .....  | (453) |
| (二)化学消油剂使用方法的研究 .....         | (454) |
| 四、近海油污染微生物降解技术研究 .....        | (463) |
| (一)大连沿岸海区耐油污微生物的分离与初筛选 .....  | (465) |
| (二)高效降解石油烃菌株的复筛选及其应用          |       |
| 前景的室内小型试验 .....               | (474) |
| (三)研究结论 .....                 | (488) |
| 参考文献 .....                    | (489) |
| 第五章 加强执法管理、防止和控制海洋石油污染 .....  | (492) |
| 一、海洋石油开发区海洋环境管理法规制定技术研究 ..... | (492) |
| (一)石油平台钻井泥浆分析方法的研究 .....      | (492) |
| (二)海洋石油开发工业含油污水分析方法 .....     | (509) |
| 二、区域性海上溢油应急计划 .....           | (513) |
| (一)组织机构和职能 .....              | (514) |
| (二)溢油的监视监测系统 .....            | (515) |
| (三)溢油的通讯联络系统 .....            | (516) |
| (四)法律系统 .....                 | (516) |
| (五)回收处理系统 .....               | (517) |
| (六)溢油危险评价 .....               | (518) |
| (七)消油剂的使用规定 .....             | (518) |

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 三、海洋石油勘探开发环境保护的有关文件 .....            | (519) |
| (一)中华人民共和国海洋石油勘探开发<br>环境保护管理条例 ..... | (519) |
| (二)海洋石油勘探开发化学消油剂使用规定 .....           | (524) |
| (三)溢油分散剂使用标准(交通部部标准) .....           | (526) |
| 四、防止和控制海洋石油污染的建议 .....               | (528) |
| 参考文献 .....                           | (532) |

# 第一章 海洋环境中石油的来源、 化学组成和对海洋环境的影响

评价我国海洋石油污染水平,首先要掌握进入海洋环境的石油通量,摸清这些石油污染物的组成特征和变化规律,最后才能了解石油对海洋环境影响的规律和程度。海洋石油污染是无国界的,是世界性污染。因此,我们应该从全球海洋石油污染的来源谈起。关于我国石油的入海通量,由于种种原因只有部分数据,尤其是海上溢油量的资料,无法全部得到和进行统计。

“八五”期间在该方面我们主要开展了《防止和控制溢油污染海洋的战略设想》,《海面溢油残留量预报的研究》,《渤海原油对浮游植物群落结构的影响》和《石油和消油剂对浮游植物的影响》四项课题。深入研究了我国主要原油,大庆原油、辽河原油、渤海原油和胜利原油及0#轻柴油的物理化学特性及变化规律;石油进入海洋环境后的物理行为和风化过程;并对风化规律和海面残留量进行了预报;最后研究了石油对海洋浮游植物的影响。研究成果达到国内先进水平,填补了我国在该研究领域的空白,得到了某些油田、科研单位和社会的广泛应用。为评价我国海洋环境和海上石油开发区的执法管理提供了科学依据。

## 一、海洋环境中石油烃的来源

石油烃进入海洋环境的途径是多种多样的。石油污染被认为是国际性污染,因而我国的海洋石油污染与国际石油运输和生产有着密切的关系。由于世界上石油分布的不均衡性和世界主要产油国并非主要石油消费国的背景状况,造成了石油(原油和石油产品)的长途大量运输。图1-1表示了世界上国家间石油运输的流通情况。箭头的宽度代表了沿

着这些线路运输石油的量。首先让我们从全球角度了解一下进入海洋环境中石油烃的来源,然后再介绍一下进入我国海洋环境中石油烃的情况。

### (一)进入全球海洋环境石油烃的量的估算

#### 1. 天然来源

直接进入海洋环境中天然来源的石油烃每年大约 0.025~2.5 百万吨(mta),最准确的数字是 0.25mta。所谓的石油烃,在这里我们只是考虑的一种液态石油和沥青球。它们进入海洋环境主要有二个过程:海底渗漏和沉积岩石的侵蚀。上面所估计的数字海底自然渗出的石油烃占了其中的大部分,其余部分来自海底侵蚀过程。本部分仅仅考虑到一种石油烃的来源,即生物地球化学和地球化学原理而形成的石油烃(Wilson et al. 1973)。海洋生物制作的烃,其中一些化学结构很像一些石油烃,如正烷烃、异构烷烃,这一部分情况很复杂,其数量并不包括在内。该结果是1973年 Wilson 等人,在190多篇科研报告综合计算的结果。他们从全世界四个观察区:加拿大的 Scott 港和 Buchan 湾;澳大利亚的北岸和墨西哥湾 Lagurd de Tamiahua 海区,加利福尼亚海岸的54个渗漏点和阿拉斯加湾的28个渗漏点,这种情况,到目前为止我国的近海还未发现。

#### 2. 沿海石油生产

沿海石油生产进入海洋环境中石油的量估计为0.04~0.07mta。大部分来自海上溢油,石油平台大于7吨的溢油事故约0.03~0.05mta,而小于7吨的溢油事故约0.003~0.004mta,生产过程中排放的约0.007~0.011mta。据 Burnt 的报告(1980年)全世界1979年沿海石油生产总量大约658 mta,50%以上的石油来自四个国家,沙特阿拉伯、英国、美国和委内瑞拉,这些数据总结于表1-1中。

表1-1 全世界海岸原油的生产(1979年)

| 国 家   | 生产量×10 <sup>9</sup> 桶/年 | 生产量×10 <sup>6</sup> 吨/年 |
|-------|-------------------------|-------------------------|
| 沙特阿拉伯 | 1.03                    | 147                     |
| 英 国   | 0.57                    | 81                      |
| 美 国   | 0.39                    | 56                      |
| 委内瑞拉  | 0.38                    | 54                      |
| 其他国家  | 2.24                    | 320                     |
| 合 计   | 4.61                    | 658                     |

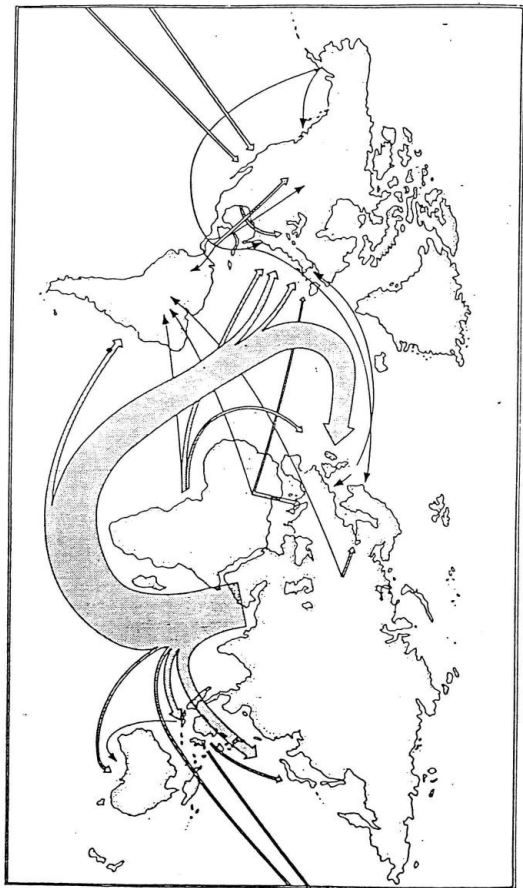


图 1-1 国际间石油运输路线



### (1) 废水排放

在美国,沿海石油生产的废水在处理到一定程度后才可以排放到海洋中,产生的废水实际排放率并不知道。

直到1976年美国地质调查局对墨西哥湾外陆架区的污水排放才进行了记录,那时的生产水平,生产一桶原油要产生0.8桶的废水,认为这个数字是可靠的,也适用于美国其他沿海的石油生产。最近美国土地管理局环境影响政策中规定外陆架区石油生产排放的废水比率为0.6,认为该数字是保守的。英国环境部(1976年)报告:在英国沿海石油生产过程中,水与原油的比例初始不得超过1%,但为了扩大规模,注入进水,在储存时最后达到30%。认为英国在海上存贮时间平均10%的比例是准确的,对于其他国家可能30%的比例,也了解到沙特阿拉伯产油的过程中水与油的比例是零。

产生的废水含油量美国要求最高值不得超过72mg/L,月平均值要小于48mg/L。美国环保局(EPA,1976年)规定长期油含量平均值不能高于25mg/L。这个数字不包括挥发烃(C<sub>6</sub>~C<sub>14</sub>),因此,认为可能35mg/L的浓度石油进入海洋环境。英国规定废水含油量在50~70mg/L是可以的。根据上面假定,估计这方面进入海洋环境约0.0075~0.0115 mta,准确数字应是0.0095mta(表1-2)。

表1-2 沿海石油生产废水进入海洋环境中的油

| 国 家  | 1979年沿海石油生产<br>( $\times 10^3$ ,桶) | 产生的水量 |                     | 低的浓度          |                   | 准确估计          |                   | 高的浓度          |                   |
|------|------------------------------------|-------|---------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
|      |                                    | 水/油比  | ( $\times 10^3$ ,桶) | 油含量<br>(mg/L) | 每年油<br>排放量<br>(桶) | 油含量<br>(mg/L) | 每年油<br>排放量<br>(桶) | 油含量<br>(mg/L) | 每年油<br>排放量<br>(桶) |
| 美国   | 389100                             | 0.8   | 311300              | 35            | 10900             | 50            | 15600             | 70            | 21800             |
| 英国   | 573600                             | 0.1   | 57400               | 35            | 2000              | 60            | 3400              | 70            | 4000              |
| 其他国家 | 2621300                            | 0.3   | 786400              | 50            | 39300             | 60            | 47200             | 70            | 55000             |
| 总计   |                                    |       |                     |               | 52200             |               | 66200             |               | 80800             |
|      |                                    |       |                     |               | (0.0075 mta)      |               | (0.0095 mta)      |               | (0.0115 mta)      |