

海洋溢油环境损害基线判定参照点位法初探及案例应用

刘 霜^{1,2}, 张继民^{1,2}, 乔 冰³

(1.山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室, 山东 青岛 266033; 2.国家海洋局北海环境监测中心, 山东 青岛 266033; 3.交通运输部水运科学研究院, 北京 100088)

摘 要:本文参考其他生态系统常用的基线判定方法, 研究探讨了海洋溢油环境损害参照点位基线判定方法, 分析并提出了海域溢油环境损害参照点位筛选指标体系, 并以山东省青岛市“11•22”中石化东黄输油管道泄漏爆炸事故为案例进行了应用。经对比验证, 筛选出的参照点位得出的损害基线与案例实际历史监测数据接近, 参照点位的状态能够代表评估区域溢油发生前的环境状态, 这表明通过该指标体系筛选的参照点位可以用于损害基线的判定, 建立的溢油环境损害参照点位筛选指标体系比较科学、有效; 筛选体系所用指标常见且易于获得, 指标体系在实践中具有较强的可操作性。

关键词:海洋溢油; 基线判定; 环境损害; 参照点位法; 筛选指标

中图分类号: X55 文献标识码: A 文章编号: 1007-6336(2021)04-0631-08

Preliminary study and case application of reference condition approach for baseline determination of environmental damage caused by marine oil spill

LIU Shuang^{1,2}, ZHANG Ji-min^{1,2}, QIAO Bing³

(1. Shandong Province Key Laboratory of Marine Ecology and Environment & Disaster Prevention and Mitigation, Qingdao 266033, China; 2. North China Sea Environment Monitoring Center, SOA, Qingdao 266033, China; 3. China Waterborne Transport Research Institute, Beijing 100088, China)

Abstract: Referring to the baseline assessment methods commonly used in other ecosystems, this paper studied and discussed the baseline assessment methods of the reference points for environmental damage caused by marine oil spill, and analyzed and put forward the indicators system of screening the reference site for environmental damage caused by marine oil spill. The "11•22" Sinopec Donghuang oil pipeline leakage and explosion accident in Qingdao city, Shandong province were taken as an example for application. Through comparison and verification, the environmental damage baseline obtained from the selected reference sites is close to the actual historical monitoring data of the case. The selected reference sites can represent the environmental state before the occurrence of oil spill in the assessment area, indicating that the reference sites screened by the established indicator system can be applied to the determination of damage baseline. The established screening indicator system of environmental damage by oil spill is relatively scientific and effective, the indicators used in the screening system are common and easy to obtain, and the indicator system has strong operability in practice.

Key words: marine oil spill; baseline determination; environmental damage; reference condition approach; screening indicator

收稿日期: 2020-08-01, 修订日期: 2020-10-18

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0503602)

作者简介: 刘 霜(1977-), 女, 河南周口人, 硕士, 高级工程师, 主要从事溢油环境损害评估以及海洋生态环境评估和修复技术研究, E-mail: liushuang@ncs.mnr.gov.cn

通讯作者: 张继民, 硕士, 教授级高工, E-mail: 13061433726@163.com

中国已成为仅次于美国的世界第二大石油消费国^[1],随着能源需求总量的持续增加,海上溢油事故的风险与日俱增。2010年7月发生的大连新港溢油事故污染面积达52 km²^[2],入海油污登陆35 km外的金石滩海岸^[3];2011年6月发生的渤海蓬莱油田溢油事故造成累计5500 km²海面遭受污染。如何对海洋溢油事故造成的环境损害进行科学评估,是当今世界各国海洋生态环境保护与管理面临的普遍技术难题。

海洋溢油污染损害是基于溢油后污染物的状态与基线条件之间的差值进行判定^[4],故基线研究是海洋污染损害评估工作中重要的先期步骤,之后才能得到污染物质向海洋的输入量、转移路径以及在海洋中的分布等数据资料。因此,准确地确定损害基线是损害鉴定评估工作质量的保证,是判定损害因果关系的纽带^[5],是开展损害量化评估的前提。

在其他生态系统的损害基线判定方面,车越等探讨了参照点位法、专家判断法、历史数据法、模型推算法等河流健康评价中的基线计算方法、确定程序和适用范围^[6];《生态环境损害鉴定评估技术指南总纲》^[7]中的生态环境基线确定方法包括:历史数据调查法,“对照区域”数据比较法,模型推导法,参考环境基准或国家、地方发布的环境质量标准确定基线法;龚雪刚等总结了国际上常用的历史数据法、对照区域法、参照标准法和利用模型法的优缺点及应用情况,提出了中国土壤基线确定^[8]的基本原则,推荐“四步法”工作程序;陈璋琪^[9]等分析了历史数据法、对照区域法、参照标准法和利用模型法在大气污染损害评估中的适用性及优缺点;李嘉珣等针对森林土壤的特点^[5],研究筛选了群体分布法、三分位法和回归模型法,并在吉林省落叶阔叶混交林土壤进行了应用研究;李嘉珣等研究草原生态系统损害基线判定时,认为目前损害基线的判定尚无统一的标准和规范,主流的基线判断方法包括^[10]参照点位法、历史数据法、环境标准法和模型法。

上述生态系统的基线判定方法也可以应用于海洋溢油环境损害的评估中。海洋环境复杂,开展海洋环境调查要求高、花费多,因此,海洋

环境历史调查数据所覆盖的时间和空间范围往往有限,许多海洋溢油事故的损害评估区域甚至没有历史数据可以用于损害基线的判定,或者即便有,也存在调查时间(如季节)不合适、空间范围不足或偏移等问题,导致无法利用历史资料科学地进行损害基线判定。此时,相对于环境标准法或者模型法等方法,应该优先考虑利用参照区域的相关数据来确定基线。

《海洋溢油生态损害评估技术导则》(HY/T 095-2007)和《海洋生态损害评估技术导则第2部分:海洋溢油》(GB T 34546.2-2017)将背景值作为溢油损害评估的基线,给出了背景值的选取原则,即背景值应该选择距溢油损害发生最近的时间和空间范围的调查数据,但没有给出具体方法。因此,仅依靠这一选取原则,在实际的运用中,背景值的选取往往离不开主观的人为判断,导致背景值选取的客观性、约束性不足。

此外,这两个溢油损害评估标准均提到,当已有的资料满足不了背景值确定要求时,可采用受溢油影响范围外邻近海域的对照监测站位的资料作为背景值。这里提到的对照监测站位也就是本文要探讨的参照点位。

目前,溢油环境损害基线判定参照点位法的讨论与研究几乎空白,本文尝试建立海洋溢油环境损害参照点位筛选指标体系,并且运用某实际溢油事故验证该指标体系,分析验证结果,旨在为科学合理地研究海洋溢油环境损害基线判定的参照点位法提供思路和探索方向。

1 材料与方法

1.1 海洋溢油损害基线判定参照点位筛选

1.1.1 参照点位法及参照点位的确定

参照状态表征环境因子在自然条件下应有的状态,曾被作为环境基准,用于评估人类活动对环境的干扰程度^[11]。参照点位法是从环境类似的生态系统中,选择未受到损害行为影响的区域^[12],它解决了在研究一个可能退化的生态系统时,如何在其附近找到控制点或参考点的问题^[13]。

当海洋溢油损害评估区域历史资料缺乏或者有明显缺陷时,参照点位法是应该被重点考虑的基线判定方法。参照点位法通常使用自然或

受干扰最少的地点^[14]的历史数据或现场监测数据作为研究区域损害评估的基线值。如何科学地选择并使用参照点,成为参照点位法在损害基线判定中的重点和难点,其原因是,选择不同的参照点位会带来参照基线的差异^[10],但目前对于参照点位的选择并没有明确的标准。

通过分析草原生态系统参照点的筛选^[10]、《生态环境损害鉴定评估技术指南》中生态环境基线的确定方法^[7]及土壤基线判定参考区域关键点^[15]等相关研究,我们将环境损害评估参照点位选择标准要点归纳为以下几点:应尽量与评估区距离较近;具有相似的自然背景和生境特点;具有类似的人为干扰方式与程度等。

1.1.2 海洋溢油损害基线判定参照点位筛选指标体系研究

海洋溢油损害基线判定参照点位,除了应与评估区域相近、相似以外,还需要结合海洋环境自然属性以及人类生产生活对海洋环境干扰方式的特点来研究,重点考虑石油类在海洋环境的归宿、分布规律及其相关影响因素。

海湾、河口及近岸海域大多为海洋溢油敏感区,也通常是石油类含量较高的区域,国内众多海域的海水和沉积物中石油类含量、分布的时间和空间规律及其相关因素的研究结果不尽相同(见表 1 和表 2)。

表 1 海水石油类含量分布规律及影响因素

Tab.1 Distribution rules and influencing factors of petroleum content in seawater

地点	分布规律、时空分布影响因素
胶州湾 ^[16]	与溶解无机磷(DIP)、溶解无机氮(DIN)相关系数较高
大亚湾大鹏澳 ^[17]	与DIN有较好的相关性
流沙湾 ^[18]	水产养殖活动与季节变化带来的水温增减
湄洲湾 ^[19]	与叶绿素a、DIN、DIP等存在较好的线性关系;推测原因为低浓度的溶解石油烃利于浮游植物生长,氮、磷等营养盐能在一定程度上促进部分石油降解菌的生长
钦州湾 ^[20]	陆地径流和鱼、虾、贝养殖活动是影响的重要因素,其他因素包括潮汐流、陆地径流、水产养殖、水文环境、悬浮颗粒物吸附以及微生物降解
深圳湾 ^[21]	基本自湾内到湾外逐渐降低,各季节石油烃含量P存在一定的差异: $P_{冬} > P_{夏} > P_{春} > P_{秋}$;与叶绿素a、DIN呈极显著正相关,与DIP呈显著相关
桑沟湾 ^[22]	春、夏季高,秋季偏低,冬季最低;受湾内海带和贝类养殖、水文环境及外源输入的影响显著;浓度与水温、叶绿素a、DIN和DIP等有较好的相关性
福建省沿岸 ^[23]	河口海湾的水体油类含量高于近岸水体,由河口向浅海区递减
长江口及其邻近海域 ^[24]	春季主要受江浙沿岸水影响,随长江冲淡水由口内逐步向外扩展降低
珠江口内伶仃洋 ^[25]	由河口和港湾向外逐渐降低,与国内其他河口规律类似,即河流及沿岸陆源是污染物的主要来源
山东近海水体 ^[26]	近岸高、远岸低;冬季最高,春季和夏季居中,秋季最低

表 2 海洋沉积物石油类含量分布规律及影响因素

Tab.2 Distribution rules and influencing factors of petroleum content in marine sediments

地点	分布规律、时空分布影响因素
广东近海 ^[27]	分布极不均匀,各区域差异明显,河口、港湾及近岸高于外海,随离岸距离增大而递减。主要外界影响因素是距污染源远近、排放量、海底地形、海流等水动力条件以及沉积类型。河口、港湾及近岸海区的沉积环境多为还原环境,十分有利于附着石油类等污染物的悬浮颗粒物的沉降
福建省沿岸 ^[23]	与沉积物类型(粒度)有密切关系
北部湾东部 ^[28]	距源区距离是决定沉积物石油类含量的重要因素;颗粒越细越容易吸附石油类,但石油类含量和平均粒径相关性不强,却随有机碳含量的增加呈上升趋势
长江口及其邻近海域 ^[24]	与水体油含量不显著相关,推测沉积物油含量除与水动力条件有关外,还与底质类型密切相关
珠江河口 ^[29]	与沉积物粒度成反比,与粘土含量成正比;主要受沉积物类型、粒度和冲淡水混合过程中物理化学因素影响;垂向分布与沉积物中细颗粒含量呈正相关性
珠江口内伶仃洋 ^[25]	含量高于近海但整体较低,因为输沙量较少而潮流作用较强,悬浮物沉降对沉积物中石油类的累积较小

重点分析以上研究结果的共性因素后,我们选取了包括时间距离、空间距离、海洋环境的自

然条件和人类干扰活动的 4 类 16 个指标,初步建立了海洋溢油环境损害基线判定参照点位筛

选指标体系,具体见表3。考虑到不同规模的海洋溢油,基线判定筛选指标的侧重点和关注范围应有所不同,因此,将筛选指标划分为两类,即控制类和参考类。

表3 海洋溢油环境损害基线判定参照点位筛选指标体系

Tab.3 The reference site screening indicator system for determination of marine oil spill environmental damage baseline

类别	指标	指标描述	指标类型
空间距离	参照点位与评估区域的距离	参照点在被评估的溢油事故影响范围以外的前提下,距离越近越好	参考类
时间距离	参照点位资料和溢油发生时的年度差	应该是溢油发生3年以内的资料,即<3年,特殊情况下可以放宽到<5年	控制类
	季节和月份	参照点位和评估区应该是同一季节的资料,最好是相同或者相邻月份	控制类
自然条件	所在海域类型的一致性	主要包括以下几种:内海(指深入大陆内部,除了有狭窄水道跟外海或大洋相通外,四周被大陆内部、半岛、岛屿或群岛包围的海域)、海湾(海岸向陆地凹进的地方,三面环陆,另一面为海)、海峡(被夹在两块陆地之间,两端连接两大海域的狭窄通道)、近岸海域(offshore area,一般水深不超过二十米的近海区域)、近海(距离陆地较近的海域);开阔海域(无任何天然屏障或人工建筑物掩护、直接承受风浪作用的水域)、大洋(海洋的中心部分)等	控制类
	所在海域是否属于同一类型的典型海洋生态系统	海岸滨海、河口、湿地、海岛、红树林、珊瑚礁、上升流以及大洋区、海草床、海藻场生态系等	控制类
	与海岸线的距离是否差别小	参照点位与海岸线的垂直距离以及评估区域与海岸线的垂直距离,一般情况下,二者之差应该不大于二者之和的20%	参考类
	临近的径流等陆源输入情况	石油类陆源输入的规模和含量是否差别较小,通常应处于一个数量级	参考类
	水温	参照点位和评估区均值在溢油发生月的平均水温差值应小于1度	参考类
	底质类型	指海洋沉积物粒组,采用海洋地质调查规范里的粒级分组,即砾石(G)、砂(S)、粉砂(T)及粘土(Y),参照点位应当和评估区海洋沉积物主要粒组一致;次要粒组接近	参考类
	沉积物粒度	指海洋沉积物的中值粒径Md,参照点位和评估区均值差值应该小于2	参考类
	水深	指参照点位和评估区平均水深的差值应该尽量小,一般情况下,二者水深之差应该不大于二者水深之和的20%	参考类
	流速	指参照点位和评估区的平均水流流速差值应该尽量小,一般情况下,二者流速之差应该不大于二者流速之和的20%	参考类
	临近的潮间带主要类型是否一致	指岩礁海岸、砂质海岸、泥质海岸、河口潮间带、人工海岸等	参考类
人类干扰	海洋功能区划及管理要求的一致性	指参照点位和评估区的海洋功能区划的大类是否一致,即农渔业、港口航运、工业与城镇用海、矿产与能源、旅游休闲娱乐、海洋保护、特殊利用、保留区8类;或者功能区划中海洋环境保护管理要求二者是否基本一致	参考类
	用海类型、用海方式是否一致	指参照点位和评估区主导用海类型*(一级类)、用海方式*(一级方式)是否一致	参考类
	海上人类生产生活活动导致的石油类海源输入情况	可以带来石油类输入的人类海上活动的输入量,可通过比较如油气开采、养殖、捕捞、港口、船舶运输(航道、锚地)、修造船等工业用海、海洋倾倒等的规模,参照点位和评估区是否差别较小,应属同一数量级	参考类

注: *用海类型和用海方式的划分参照中华人民共和国海洋行业标准《海域使用分类》中的附录A和附录B^[30]

湖泊等生态系统中,在生境变化不大的区域可采用参照点位法,用受损区域周围未受影响的区域的状态作为基线值^[8,31]。类似地,小型溢油事故对海洋环境的影响范围较小、程度较轻,因此,我们建议小型溢油事故损害基线判定时应重

点考虑周边未受影响的海域作为参照区。溢油规模越大,影响范围越广,未受溢油影响的参照点位与损害评估区域的距离越远,理论上找到与评估区域自然背景和人为干扰活动相近的参照点位的难度也会随之增大,所以,为了提高效率,

参照点位的筛选应按照与评估区域距离由近及远的顺序进行。

此外, 不建议将没有任何历史资料的站位优先选为参照点位, 即使这些点位位于合适的与评价区域类似环境条件的海域内。一旦将这些站位选为参照点位, 因为没有溢油发生3年或者5年以后的历史资料, 所以需要对这些点位进行应急采样和分析, 采样和分析费用均不低, 而且耗时, 这样将导致环境损害评估工作整体拖后, 明显降低了时效性。

在实际使用上述指标时, 建议控制类指标全部严格使用, 而参考类指标则根据溢油规模、油品特性及溢油地点的敏感性等情况, 视评估等级高低和相关资料的充足与否灵活使用, 其中, 小型溢油应主要关注控制类筛选指标。

1.2 案例及参照点位筛选指标体系应用

1.2.1 事故概况及溢油情况

2013年11月22日凌晨2时45分, 青岛市黄岛区中石化东黄输油管道在秦皇岛路与斋堂岛街交汇处破裂, 大量原油泄漏, 部分原油沿着排水暗渠进入附近海域, 造成胶州湾局部污染; 海面过油面积约3000 m²。2013年11月22日10时25分, 在事故处置过程中, 黄岛区沿海河路与斋堂岛路交汇处充满油气的雨水暗渠和涵道相继发生爆炸, 泄漏点附近雨水暗渠和海面的原油起火^[32]。

经调查, 事故直接原因是输油管道与排水暗渠交汇处管道腐蚀减薄, 管道破裂, 造成原油泄漏。经计算和认定, 管道原油泄漏量约2000吨。2013年11月22日下午, 溢油入海排污渠内临时构筑了一条拦截土坝, 入海点设置4道围油栏, 原油不再入海。据报道, 2013年11月22日—23日晚, 海上共布设围油栏3000 m, 调集消油剂80吨, 调用吸油拖缆约5000 m, 调用吸油毡20吨。截至2013年11月26日, 派出清污船舶93艘次, 回收吸油毡、吸油拖缆及油水混合物292吨^[33]。

1.2.2 溢油案例参照点位筛选及基线判定

中石化东黄输油管道溢油入海点位于胶州湾西岸, 地名“大石头”附近。溢油区及附近海域类型为海湾, 属于典型海洋生态系统中的海岸滨海, 临近潮间带主要为人工海岸, 少量沙滩, 海

洋功能区为胶州湾港口航运区, 北侧为胶州湾农渔业区, 主要用海类型为交通运输用海和渔业用海, 主要用海方式为开放式用海和构筑物用海。

通过文献资料对胶州湾及附近海域石油类含量和分布规律进行摸底。胶州湾石油类主要受到陆源排放和海上船只排放等外源输入的影响。胶州湾东部和东北部区域临近港口码头, 沿岸工业排水较多, 东北部水体交换缓慢, 石油类浓度较高。胶州湾石油类的季节变化规律不明显, 其主要原因为石油类主要是外源输入, 来源也较多, 与渤海和大亚湾相比, 胶州湾的石油污染相对比较严重。山东近海水体石油类浓度高于长江口、渤海海域、福建沿岸等其他海域, 各地浓度差别较大, 崔家濑湾、唐岛湾和青岛前海附近海域浓度最高, 胶州湾内、日照港海域浓度较低, 崂山湾和乳山湾最低。山东半岛以南海域表层海水石油类的含量从胶州湾和日照港两个高值区向外海方向递减, 其原因可能是日照港和青岛港货运船舶排油及燃油泄漏现象较多, 且胶州湾为半封闭海湾, 湾内外海水交换能力有限。2007—2011年(300余站位)青岛市近岸海域环境状况及变化趋势的研究表明, 与青岛近岸海域整体水质环境相比, 胶州湾水质环境较差, 主要污染物仍然为无机氮、活性磷酸盐和石油类。青岛市排污口与入海河流主要分布在胶州湾沿岸。因此, 总体而言, 胶州湾石油类含量高于青岛市其他近岸海域, 在山东省海域中日照港海域和胶州湾海域含量相对接近, 但是, 日照港海域属于开阔近岸海域, 胶州湾属于典型的海湾海域, 二者所在海域类型差别较大。

因此, 从空间距离近, 陆地径流、自然背景、人类生产生活干扰的类型及规模类似的角度, 首先, 将胶州湾内案例溢油事故发生时刻前3年以内的历史监测资料中出现的所有站位作为筛选的对象; 其次, 与溢油扩散范围叠加得到落在范围以外的站位, 扩散范围采用2013年11月24日5时38分COSMO卫星(分辨率3 m)遥感数据解译的海面油膜范围, 根据前后资料对比, 此时海面油膜面积最大, 而且溢油漂移扩散数值模拟也给出2013年11月24日扫海面积最大的结论; 最后, 使用建立的海洋溢油环境损害基线判

定参照点位筛选指标体系对这些站位进行一一筛选,得到若干站位作为此案例基线判定的参照点位。

对胶州湾内 2011—2013 年的监测站位进行筛选后,可以根据筛选出的这些参照点位在案例溢油发生时刻前 3 年以内的环境数据,用一定的计算方法得到此案例溢油环境损害评估的基线。在此案例中,由于泄漏到海洋的溢油量较少,胶州湾海域总面积不大,参照点位数量适量(10~15个),因此,采用每航次监测结果的站位平均值来确定案例环境损害基线。

2 结果与讨论

2.1 溢油案例参照点位法基线与历史数据法基线结果的比较

此溢油事故评估区域历史资料较全面,参照点位筛选使用的同一监测任务历史资料均有落在溢油评估区域的站位,因此,采用评估区域内站位的历史数据得到了该溢油事故历史数据法环境损害基线,然后用历史数据法基线对参照点位法基线进行了对比和检验(表4)。

表4 案例参照点位法基线与历史数据法基线比较

Tab.4 Comparison between reference condition approach baseline and historical data baseline

参照点位数据			评估区域历史数据		
石油类浓度 资料时间(各站位均值)/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	参照 点位 数		石油类浓度 资料时间(各站位均值)/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	评估 区域 站位 数	
2013年11月	23.2	6	—	—	—
2013年10月	23.1	10	2013年10月	24.2	9
2012年10月	23.1	13	2012年10月	21.9	12
2011年10月	24.3	12	2011年10月	24.5	7
参照点位法 石油类基线	23.4		历史数据法 石油类基线	23.5	

从结果对比来看,参照点位法基线和历史数据法基线的结果非常接近,且参照点位均值和评估区域均值的最高值都出现在 2011 年 10 月,这说明筛选出的参照点位的环境状态能够较好地反映评估区域溢油发生前的环境状态,参照点位法基线通过了溢油区域实际历史数据的验证,运用构建的筛选指标体系得到的参照点位进行溢油环境损害基线的判定比较科学、有效。

进一步分析两种方法基线差距很小的原因可以发现,参照点位和评估区域的空间距离已经尽可能小;时间距离满足 3 年以内且全部属于同一个月;胶州湾石油类主要是外源输入且来源点较多,参照点位和评估区域同在胶州湾内,陆源输入差别较小;其他自然条件虽不完全一致,但差别不大,且该溢油海域与外源输入相比,因自然环境因素引起的石油类含量波动相对较小;处于同一海湾且距离较近,参照点位和评估区域用海类型、用海方式差别较小,即海上人类活动干扰带来的海源输入差别也较小。

总之,参照点位和评估区域的空间距离很近;时间距离极小;陆源输入差别小;自然背景的差别不大;海源人类活动输入差别小,这些均满足海洋溢油环境损害基线判定参照点位筛选指标体系中所有控制类指标和绝大部分参考类指标的要求。

2.2 海洋溢油损害基线判定参照点位筛选指标的选择

在分析石油类在海洋环境的分布规律和相关影响因素时,不少文献提到,石油类浓度和溶解无机氮、溶解无机磷、叶绿素 *a*、沉积物有机碳的相关性较高,本体系之所以不把这几个指标作为参照点位筛选指标,主要是因为这些指标虽然和石油类含量有较为明显的联系或相关性,但是不存在因果关系,不属于海洋环境石油类浓度升降的决定因素;其次,这些指标并不全是海洋环境基线调查的必测要素,其资料的可获取性并不比石油类高。

海水的水动力条件如水体的流速流向、近岸的潮汐环境等和石油类浓度有密切的关联,是影响污染物自湾内到湾外逐渐降低以及近岸高、远岸低平面分布特点的重要因素,是决定海洋环境中石油类浓度时空分布的重要因素,但是潮汐条件时空覆盖尺度比较大,单一点位流向的比较不易得出科学的结论,因此仅将流速纳入参照点位筛选的指标中。此外,某一站位的流速、流向和其实际地理位置有密切的联系,参照点位与评估区域的距离、与海岸线的距离、水深这 3 个指标也可以在一定程度上反映参照点位与评估区域的水动力条件的接近性。

2.3 海洋溢油环境损害基线判定参照点位法与其他生态系统损害评估参照点位法的联系与区别

大气^[34]、草原、森林、土壤和水环境^[9]等损害评估中,参照区域法已成为用于确定评估区域环境基线水平的重要方法。相对于土壤、草原和森林生态系统,海洋与大气、河流等都需要考虑到介质即空气或水体的流动性和交换性,因此,海洋环境损害基线判定可以在一定程度上借鉴大气、河流的参照点位确定方法。

河流生态系统经常使用流域上游或附近区域的状态作为评估基线。牛坤玉等通过对比流域的基线水平来研究^[35]矿区地表水环境损害评估,采用未受污染影响的上游数据信息、相邻未受污染流域的信息或历史监测数据进行基线评估,其中,找到与被损害水域具有相似生境而且未被污染的水域,是采用等值分析法评估的重要环节。大气污染环境损害基线相关报道较少,陈璋琪等^[9]认为,在进行大气污染环境损害基线确认时,对照区域的选择应该考虑以下因素:没有受到大气污染的影响;地理特征、气象条件、生态环境特征等与评估区域相似或相同;对照区域与评估区域两者之间具有可比性等。若满足上述条件的对照区域与被评估区域的距离较近,则对照区域还应该位于被评估区域常年主导风向的上风向。

因此,在研究海洋溢油环境损害的基线判定方法—参照点位法时,本文也考虑了一些因素,如对照区域与被评估区域相邻、对照区域未受污染影响、对照区域的地理特征和自然环境特征与被评估区域的相似性和可比性等。考虑到海洋环境的独特性,加入了诸如是否属于同一类型的典型海洋生态系统、海洋功能区划、用海类型和方式等一些与河流、大气生态系统完全不同的筛选指标。

2.4 海洋溢油环境损害基线判定方法的比较与选择

基线调查结果的科学、规范与合理是科学地进行环境损害鉴定评估的工作基础。当基线确定所需的数据充分时,一般优先采用^[7]历史数据和“对照区域”数据。

利用污染环境、破坏生态的行为发生之前评估区域的历史资料来确定这些行为对环境的损害的基线,通常比较准确可靠,也具有代表性,能够真实地反映评估区域的历史情况。当评估区域的历史数据充分时,也通常选用历史数据法进行基线判定。但由于海洋环境资料的低时空覆盖性,这种损害发生前有效历史数据充足的理想状态并不多见,和大气等生态系统类似,此时应依次按照参照点位法、参照标准法、模型推算法的顺序^[9]来确定损害基线。

参照点位的选取作为参照点位法应用中的重点与难点,仍然存在由于缺乏明确的确定标准从而可信度降低的问题,因此,本研究针对通常缺少理想历史数据的海洋环境溢油事件,聚焦如何科学、合理地进行参照点位的选取进行了尝试和探索,研究并提出了海洋溢油环境损害参照点位筛选指标体系。案例溢油事故筛选后的参照点位计算出的基线数据与历史数据法得到的基线数据很接近,参照点位的石油类浓度的高低波动与案例溢油事故实际的历史数据的波动也类似,都说明筛选出的参照点位的环境状态能够反映评估区域溢油发生前的环境状态,验证了该筛选指标体系的科学性和有效性。此外,该筛选指标体系所用指标多为实践中易获、常见的数据,涉及的计算也非常简单,具有较强的可操作性。

参照标准法是将现行的环境标准值作为基线,操作起来比较简单,通常采用国家或地方的环境标准、相关行业标准等质量标准中关于污染物浓度的限值等,海水水质标准(GB 3097-1997)、海洋沉积物质量(GB 18668-2002)、海洋生物质量(GB 18421-2001)等是海洋溢油环境损害评估实践中可能用到的标准。首先,参照标准法存在不能反映事故真实损害的局限;其次,目前的环境标准大多无法体现区域的差异性,因此,在实践中通常并不建议单独使用参照标准法,可作为历史数据法和参照点位法的补充运用到海洋溢油环境损害评估中。

模型推算法可以通过设定不同的参数对实际评估区域的基线进行计算,但模型推断法前期需要输入大量的实际数据^[6],但海洋溢油的实际数据缺乏已经是常态,因此,模型推算法在海洋

溢油基线判定中的运用比较困难;海洋溢油的环境损害评估实践中也较少见到模型推算法确定基线的相关研究和报道。

在海洋溢油环境损害基线判定实际操作中,历史数据法、参照点位法、参照标准法及模型法的选择和运用,需要评估者根据实际情况进行权衡和综合比较。在损害评估实践中,建议综合采用不同的基线确定方法并相互验证^[7],以保证基线确定的科学性和合理性。

3 结 论

(1)本文提出了包括空间、时间、自然条件和人类干扰等4类参照点位筛选指标体系,经过案例验证,运用该指标体系筛选的参照点位可以用于海洋溢油损害基线的判定。

(2)筛选体系所用指标比较合理,常见且易于获取,指标体系在实践中有较强的可操作性。

(3)在海洋溢油环境损害基线判定实际操作中,评估者需根据实际情况综合比较后选择基线确定方法,并尽可能对确定方法进行相互验证。

参考文献:

- [1] 唐衍伟,黄运成,杨 婕. 中国石油进口参与国际定价的现状、趋势及策略分析[J]. *资源科学*, 2007, 29(1): 184-189.
- [2] 朱童晖. 大连新港海域原油污染处置的反思与启示[J]. *海洋开发与管理*, 2010, 27(8): 34-38.
- [3] 温艳萍,吴传雯. 大连海洋溢油事故的生态环境损害评估[J]. *海洋经济*, 2013, 3(5): 50-56.
- [4] 李遐楨. 论海洋油污生态损害赔偿的范围[J]. *中国社会科学院研究生院学报*, 2015, (2): 84-89.
- [5] 李嘉珣,曹飞飞,吴 钢. 三种判定落叶阔叶混交林土壤损害基线的方法研究——以吉林省抚松县为例[J]. *生态学报*, 2019, 39(17): 6218-6226.
- [6] 车 越,吴阿娜,曹 敏,等. 河流健康评价的时空特征与参照基线探讨[J]. *长江流域资源与环境*, 2011, 20(6): 761-767.
- [7] 於 方,张衍桑,徐伟攀. 《生态环境损害鉴定评估技术指南总纲》解读[J]. *环境保护*, 2016, 44(20): 9-11.
- [8] 龚雪刚,廖晓勇,阎秀兰,等. 环境损害鉴定评估的土壤基线确定方法[J]. *地理研究*, 2016, 35(11): 2025-2040.
- [9] 陈璋琪,陈秋兰,洪小琴,等. 大气污染环境损害鉴定评估的基线确认方法探讨[J]. *环境与可持续发展*, 2018, 42(4): 136-140.
- [10] 李嘉珣,曹飞飞,汪铭一,等. 参照点位法下的参照状态在草原生态系统损害基线判定中的应用分析[J]. *生态学报*, 2019, 39(19): 6966-6973.
- [11] JOHNSON R K. Bioassessment of freshwater ecosystems: using the reference condition approach[J]. *Freshwater Biology*, 2005, 50(1): 199.
- [12] HAWKINS C P, OLSON J R, HILL R A. The reference condition: predicting benchmarks for ecological and water-quality assessments[J]. *Journal of the North American Benthological Society*, 2010, 29(1): 312-343.
- [13] BAILEY R C, NORRIS R H, REYNOLDS T B. Bioassessment of Freshwater Ecosystems: Using the Reference Condition Approach[M]. New York: Kluwer Academic, 2004: 199.
- [14] STODDARD J L, LARSEN D P, HAWKINS C P, et al. Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition[J]. *Ecological Applications*, 2006, 16(4): 1267-1276.
- [15] 韩林桅,全 元,付 晓,等. 参考点位法在土壤基线判定中的改进与应用[J]. *生态学报*, 2018, 38(21): 7813-7818.
- [16] 王江涛,李雪莲,赵卫红,等. 胶州湾石油烃的含量变化及其与环境因子的相互关系[J]. *中国海洋大学学报*, 2008, 38(2): 319-322.
- [17] 王 宪,徐鲁荣,李凌云,等. 大亚湾大鹏澳水体石油烃含量变化及其与环境因子的关系[J]. *台湾海峡*, 2002, 21(2): 167-171.
- [18] 李雪英,孙省利,赵利容,等. 流沙湾海水中石油烃的时空分布特征研究[J]. *生态环境*, 2011, 20(5): 908-912.
- [19] 王 宪,田春雨,郑盛华. 湄洲湾表层海水石油烃的分布特征分析[J]. *华侨大学学报(自然科学版)*, 2008, 29(2): 241-244.
- [20] 杨 斌,钟秋平,张晨晓,等. 钦州湾海水中石油烃时空变化特征及其影响因素[J]. *海洋科学*, 2016, 40(1): 76-84.
- [21] 胡利芳,孙省利,李雪英,等. 深圳湾海水石油烃分布特征及其相关因素的探讨[J]. *广东海洋大学学报*, 2010, 30(03): 99-102.
- [22] 郝林华,孙丕喜,江美洁,等. 桑沟湾海域石油烃的分布特征及其与环境因子的相关性[J]. *海洋科学进展*, 2011, 29(3): 386-394.
- [23] 王 宪,张元标,李凌云,等. 福建省沿岸水体与沉积物中油的分布特征[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2000, 39(3): 369-374.
- [24] 袁 骐,蒋 玫,王云龙. 长江口及邻近水域油污染分布特征[J]. *海洋环境科学*, 2005, 24(2): 17-20.
- [25] 贺玉林,刘泽伟,卢伟华. 珠江口内伶仃洋水体和沉积物石油烃的分布特征[J]. *农业与技术*, 2012, (3): 125-127.
- [26] 王江涛,李雪莲,赵卫红,等. 胶州湾石油烃的含量变化及其与环境因子的相互关系[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2008, 38(2): 319-323.
- [27] 柯东胜. 广东近海表层沉积物中石油的含量分布特征及其主要影响因素[J]. *海洋通报*, 1987, 6(4): 19-22.
- [28] 许 冬,杨海丽,于培松,等. 北部湾东部沉积物中石油烃分布与累积[J]. *海洋通报*, 2016, 35(1): 81-87.
- [29] 潘建明,扈传昱,刘小涯,等. 珠江河口沉积物中石油烃分布及其与河口环境的关系[J]. *海洋环境科学*, 2002, 21(2): 23-27.
- [30] HY/T 123-2009, 海域使用分类[S].
- [31] 朱欢迎. 滇池草海富营养化和营养物磷基准与控制标准研究[D]. 昆明:昆明理工大学, 2015.
- [32] 仇九子. 青岛市“11·22”东黄输油管道泄漏爆炸事故处置分析[J]. *中国应急救援*, 2014, (1): 43-45.
- [33] 佚名. 中石化东黄输油管线爆燃事故海上溢油[J]. *海洋与渔业*, 2013, (12): 40-41.
- [34] 朱晓吉. 大气污染环境损害鉴定评估的基线确认方法探讨[J]. *科学技术创新*, 2019, (19): 183-184.
- [35] 牛坤玉,於 方,张天柱,等. 矿区地表水环境损害评估研究及案例应用[J]. *环境保护*, 2016, 44(24): 62-68.