

水动力模式在溢油研究中的应用*

王业保^{1,2,3,4} 刘欣^{1,2,3,4} 唐诚^{1,2,3,4} 晁晖^{4,5} 于祥^{1,2,3,4}

(1. 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室(烟台海岸带研究所);

2. 山东省海岸带环境过程重点实验室;3. 中国科学院烟台海岸带研究所;4. 中国科学院大学;5. 华北理工大学)

摘 要 文章将对 POM/ECOM、FVCOM、EFDC、DELFT3D、MIKE21 等常用的水动力模式做简单介绍,将国内外学者近期关于这些模式在溢油中应用的研究进行总结,讨论了水动力模式在溢油研究中的重大作用。文章认为当前的水动力模式已经发展到了比较成熟的阶段,除了对于一些复杂地形其计算精度仍有待提高外,一般情况下均能取得较好的效果。

关键词 环境安全; 水动力; 模型; 溢油; 应用

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2015.04.021

文章编号:1005-3158(2015)04-0064-04

0 引 言

溢油污染已经成为严重的世界性环境问题。为了减小损失和评估溢油对环境的影响,研究者针对溢油区域做了大量的工作。所谓水动力的数值模拟,就是通过对水体基本运动方程的描述,采用数值离散求解的方法模拟水体流动的方法。目前国内外成熟的水动力模式非常多。本文选取在溢油模型研究中比较常用的几个水动力模式,系统梳理近几年其在溢油模拟中的应用。

1 水动力模式在溢油中的应用

1.1 POM/ECOM 模式

由美国普林斯顿大学 Blumberg 和 Mellor 等人开发的模式 POM (Princeton Ocean Model) 是一种三维水动力近岸河口环流模型,其作为模拟潮流场的有力工具,被许多国内研究者应用在溢油模拟中,尤其在大连渤海海域应用较多。W. J. Guo 和 Y. X. Wang^[1] 为了减少粒子追踪的计算时间和模式的数值误差,提出了一种混合粒子追踪方法应用于海岸地区的溢油模拟,该模型采用 POM 与海浪模式 SWAN (Simulating Waves Nearshore) 耦合的方法,将该方法应用于大连近岸水域的溢油模拟,经验证取得了较好的效果。郭为军^[2] 将 POM 同 SWAN 耦合,得到波流共同作用下的三维流场数学模型,结合溢油的输运和风化过程,建立了溢油预报模型。

有学者以 POM 模拟结果为基础研究了溢油模

型的算法问题。传统的溢油模型基本上都是基于拉格朗日算法的,但这种算法主要是模拟溢油的运动轨迹,为了改进模拟结果的可靠性,Xu HongLei^[3] 等将 HSY (Hornberger, Speer 和 Young 在 1980 年定义的一种在复杂环境模型中考察参数的结构和相互作用的方法) 算法引进传统模型建立了基于不确定性分析的溢油预测模型 (OSMUA), 这个模型的潮流场数据由 POM 模拟得来。OSMUA 在模拟 2010 年大连新港溢油事故中取得了合理的结果。

国外学者也应用 POM 做了许多工作。Angelo Teixeira Lemos^[4] 以 POM 作为水动力模型,运用 OSCAR 模拟巴西东海岸的霍特曼自然保护区附近的溢油事件,经验证,波浪对此区域溢油的迁移有很大影响。Antigoni Zafirakou-Koulouris^[5] 介绍了塞萨洛尼基大学研发的一个三维溢油模型,它是通过将水动力预报模型与气象模型、波浪模型耦合,建立溢油扩散预测系统 DIAVLOS,其依赖的水动力预报模型 ALERMO 就是雅典大学在 POM 模式的基础上开发的。不过该系统在一些案例的气象预报中会发生延迟的现象,通过多样化其初始条件能够改善结果。

Blumberg 等人在 POM 模式的基础上发展了 ECOM (Estuarine, Coastal and Ocean Modeling) 模型,经过对 ECOM 的进一步扩展,加入了黏性泥沙的再悬浮、沉降和输运等概念形成了早期的 ECOMSED (Estuarine, Coastal and Ocean Modeling System with Sediments)。学者们基于 ECOM 针对不同的区

* 基金项目:国家自然科学基金(Y411071031)、溢油污染扩散过程与海岸带脆弱性;中国科学院“一三五”规划(Y455011031)海岸带灾害与预警。
王业保,2012 年毕业于聊城大学环境与规划学院地理信息系统专业,硕士,现在中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室(烟台海岸带研究所)从事海洋溢油及环境数值模拟等方面的科研工作。通信地址:山东省烟台市莱山区春晖路 17 号,264003

域建立了溢油模型。郭良波、于晓杰^[6]采用 ECOM-SED 通过建立番禺附近海域的三维潮流数值模型来计算潮流和潮位变化情况,建立了溢油预测数值模型。蓬莱 19-3 事故发生后,Guo Jie^[7]等利用 ECOM 模型和 ENVISAT ASAR 数据分析了渤海的溢油特征以及溢油对渤海的生态环境产生的影响,通过对 MODIS 数据的分析,发现溢油区域的叶绿素出现异常分布,同时伴随着赤潮的发生。

1.2 FVCOM 模式

FVCOM 全称是非结构网格有限体积法海洋模式(The Finite-Volume Coastal Ocean Model),是美国麻州大学陈长胜教授的研究小组开发的一套三维的近岸海洋模式,其网格设计基本解决了浅海模型中复杂岸界拟合的问题。

FVCOM 是近几年在溢油研究中应用较为广泛的模式。臧士文^[8]采用 FVCOM 对大连湾附近海域潮流场进行了数值模拟,结合相关溢油模型理论,将模型应用于 2010 年大连新港输油管线爆炸引起的溢油事故中,取得了较好的效果。王璟^[9]利用 FVCOM 模拟得出渤海的潮流场,为采用拉格朗日粒子追踪法建立的溢油漂移轨迹预测模型提供流场数据,不过该预测模型没有考虑海水自身参量(温盐、径流、蒸发降水等)以及溢油的蒸发、扩展、沉降等作用。张彩霞^[10]用 FVCOM 模拟了乐清湾的水动力场,将模拟的潮流场作为驱动场,利用 GNOEM 模拟了乐清湾海域一个假想的溢油事故,但由于是二维溢油模型,没有考虑到垂直方向油粒子的扩散。

为了使模式具有不同的分辨率,国外学者尝试使用 FVCOM 与其他模式嵌套,从而使模型能够应用于不同的范围尺度。例如在 2010 年墨西哥湾溢油事件中,对于石油在大尺度范围内的迁移扩散,研究者做过很多模拟,但是这些研究都没能对最初泄漏的区域进行处理,而这附近恰恰是污染最为严重的区域。H. S Tang^[11]使用 SIFOM(solver for incompressible flow on overset meshes)和 FVCOM 建立的混合系统模拟沿岸流,不仅能够处理溢油的大范围迁移问题,还能自始至终模拟从开始泄漏到向远处扩散的过程,这个方法对于研究小尺度范围的溢油具有重要意义。Zheng 和 Weisberg^[12]则通过将 FVCOM 嵌套进混合坐标大洋环流模式 HYCOM (Hybrid Coordinate Oceanic Circulation Model)的方法解决了这个问题,并将其应用在西佛罗里达大陆架。值得注意的是,溢油事故发生后,其对环境具有持续的危害性,墨西哥湾“深水地平线”发生溢油后,在位于圣布拉斯海角东

南的西佛罗里达大陆架(WFS)并没有监测到浮油,然而,这里的珊瑚虫却出现了机能障碍和畸形。同时,Weisberg 等人^[13]使用数值模拟的方法模拟水下烃类物质的迁移,通过将 FVCOM 嵌套进 HYCOM 中形成的 WFCOM,证明溢油产生的烃类物质确实对当地的生态产生了影响。

1.3 EFDC 模式

环境流体动力学模型 EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code)是由美国弗吉尼亚海洋科学研究所的 John Hamrick 教授开发,并由数家科研单位后续维护下发展起来的。

国内学者应用 EFDC 对三峡库区的溢油模拟做了较多研究。王祥^[14]以 EFDC 为基础建立了三峡库区万州段水动力模型,然后基于水动力模拟结果,用 Oilmap 模拟了多种方案下溢油的运动和归宿,不过没有用实测数据对模拟结果进行检验。黄立文、邓健等人^[15-16]在 EFDC 的基础上,研究了三峡库区不同水位期船舶溢油控制策略;以一维圣维南方程和二维 EFDC 模型为基础,实现了一维、二维水动力的耦合模拟,并结合“油粒子”漂移扩散模型设计了一个适用于三峡库区的水上溢油预测模型。Zhang Fan 等^[17]为了提高三峡库区溢油预报的准确性和速度,利用一维圣维南方程组和二维 EFDC 模型,并结合“油粒子”漂移模型,设计了三峡库区溢油预报模型,将该模型应用于三峡库区万州段的溢油事故,初步结果表明能够应用于溢油的紧急响应。

除三峡外,学者们对溢油风险较高的其他区域亦有研究。赵东波等^[18]通过 EFDC 建立的潮流场与主导风形成的常风场为 GNOME 溢油模型提供初始数据,模拟了湄洲湾的溢油扩散趋势。李彤等^[19]基于 EFDC、“油粒子”溢油轨迹和风化模型,构建了海上事故溢油漂移轨迹预测模型,并在渤海进行了实例研究。

对于一个溢油模型,水动力场是具有决定意义的数,但是,其他要素也对溢油的漂移扩散依然具有重要作用,比如风场,特别是在一些风力影响明显的区域。为了研究风场对于溢油的影响,Tae-Ho Kim^[20]以 2007 年“河北精神”号油轮溢油事件为案例,模拟了在强潮汐条件下风的驱动对溢油扩散的影响。潮汐通过 EFDC 产生,通过与 SAR 卫星数据对比,证明风的影响与风速呈线性相关。

1.4 Delft3D 模式

Delft3D 是由荷兰 Delft 大学 WL Delft Hydraulics

lics 开发的一套功能强大的软件包,既可以进行二维计算,也可以进行三维计算。其控制方程为:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi}} \sqrt{G_{\eta}}} \frac{\partial((d+\zeta)U \sqrt{G_{\eta}})}{\partial \xi} + \\ & \frac{1}{\sqrt{G_{\xi}} \sqrt{G_{\eta}}} \frac{\partial((d+\zeta)V \sqrt{G_{\xi}})}{\partial \eta} = (d+\zeta) \quad (1) \\ & \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{w}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \\ & \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi}} \sqrt{G_{\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta}}}{\partial \xi} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi}} \sqrt{G_{\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi}}}{\partial \eta} - f_v = \\ & - \frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi}}} p_{\xi} + F_{\xi} + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(v_v \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + M_{\xi} \quad (2) \\ & \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{w}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial \sigma} + \\ & \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi}} \sqrt{G_{\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta}}}{\partial \xi} - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi}} \sqrt{G_{\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi}}}{\partial \eta} + f_u = \\ & - \frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\eta}}} p_{\eta} + F_{\eta} + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(v_v \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + M_{\eta} \quad (3) \end{aligned}$$

式中, u, v 为 ξ, η 方向流速分量; $\sqrt{G_{\xi}}, \sqrt{G_{\eta}}$ 为坐标变换系数; $H = h + \zeta$ 为实际水深; ξ 为基准面以上的水位; h 为基准面以下的水深; F_{ξ}, F_{η} 分别为 ξ, η 方向上的紊动动量通量; M_{ξ}, M_{η} 分别表示 ξ, η 方向动量的源和汇; ρ_0 为水体密度; v_v 为垂向紊动系数; f 是科氏力系数; P_{ξ}, P_{η} 分别表示 ξ, η 方向上的压力梯度力。

国内学者主要将 DELFT3D 应用在内河溢油模拟中。张帆等人^[21]在 DELFT3D 的基础上,通过考虑溢油的扩展、蒸发以及岸线吸附过程,建立了重庆主城区江段的溢油模型,模拟了船用柴油的溢油运动轨迹,但模拟过程未考虑溢油的溶解、乳化、沉降、光氧化等行为。为研究溢油在风力作用下的迁移, Bi 和 Si^[22]利用流体力学模型和数学方法对三峡库区的流场特征进行了分析,其中,动力模型采用 DELFT PART,将溢油模型与水动力模型耦合,进行了溢油数值模拟。不过溢油是一个由很多因素组成的复杂问题,尽管此模型有较好的模拟效果,参数的精确化问题还需要继续研究。

溢油发生后,其产生的后续影响需要进行深入的研究。例如,在墨西哥湾“深水地平线”溢油事件发生 3 年后,其在碎浪带的沙油凝聚团依然会引起海滩的污染,因此 Dalyander 等^[23]建立了一个数学方法来评估 SRBs(surface residual balls)的迁移和沿海岸的运

动。其中在水动力模型中对波浪和沿岸流的模拟是通过 DELFT3D 中 WAVE 和 FLOW 的耦合来实现的,这项研究为理解 SRBs 的迁移和再分布机制提供了基本解释。

1.5 MIKE21 模式

MIKE21 是由丹麦水环境研究所开发的,其溢油分析模块(SA)能提供油膜随时间变化的位置、厚度、黏度、油膜表面温度等属性的变化。MIKE21 HD 的控制方程组为:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4) \\ & \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot H^2} - \\ & \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial x} (H \Gamma_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (H \Gamma_{xy}) \right] - fq - f_w |W| W_x = 0 \quad (5) \\ & \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot H^2} - \\ & \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial y} (H \Gamma_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (H \Gamma_{xy}) \right] + fq - f_w |W| W_y = 0 \quad (6) \end{aligned}$$

式中, $H = h + \zeta$ 为水深; p 为 x 方向上的流量通量; q 为 y 方向上的流量通量; W, W_x, W_y 分别为风速、在 x 方向上的分速度、 y 方向上的分速度; f_w 为风阻系数; $\Gamma_{xx}, \Gamma_{xy}, \Gamma_{yy}$ 为各有效剪应力组分; C 为谢才系数; g 为重力加速度; f 为科氏力系数; P 为大气压; ρ 为水的密度。

国内方面,黄毅峰等^[24]建立了瓯江口海区平面二维潮流数学模型模拟潮流场,为溢油模型提供水动力数据,然后利用 MIKE21 SA 溢油模型对溢油泄漏事故进行影响预测;利用 MIKE21 HD 模块建立了厦门湾二维水动力模型,然后利用 MIKE21 SA 模块建立厦门湾刘五店航道二维溢油模型。基于 MIKE SA 溢油模块,建立了厦门西港海域溢油模型,但由于缺乏实际溢油扩散数据对模型进行校验,所模拟的结果存在一定的误差。

国外方面,在使用卫星影像研究近海石油泄漏的问题时,用 MIKE21 SA 对印度的克里希纳河-哥达瓦里河近海盆地进行了溢油模拟。Bostanbekov 提出了能够在机群运算的用于溢油风险控制图的综合流程系统,提出利用 MIKE21 HD 计算水动力场,利用 MIKE21 SA 计算溢油。

2 结束语

溢油模拟是一个非常复杂的过程,目前基于水动

力模式的溢油研究还存在着若干问题。首先,除水动力场之外,其他数据(如风场)对于模拟结果的准确性也非常重要,因此需要不同类型模型的耦合,耦合效果直接影响溢油模型的精确度;其次,在不同的风险区域,溢油系统对分辨率要求是不同的,目前缺少可调节分辨率的溢油模型的研究;再次,溢油发生后,其影响具有持久性,当前的研究大多集中于溢油发生后较短一段时间对经济社会与环境的影响,缺乏对溢油影响的长期有效跟踪;最后,溢油是一个全球性的问题,其影响也不仅限于某一区域,当前的研究大都针对某一确定区域建立溢油模型,缺乏对全球性溢油仿真决策系统的研究。努力解决这些问题,及时开展相关研究,能够充分发挥水动力模式在溢油研究中的作用,推动溢油仿真模拟系统在实际中的应用。

参 考 文 献

- [1] Guo W J, Wang Y X. A Numerical Oil Spill Model Based on a Hybrid Method[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2009, 58(5):726-734.
- [2] 郭为军. 三维溢油数值模式研究及其在近海的应用[D]. 大连:大连理工大学, 2011.
- [3] Xu Honglei, Chen Jining, Wang S-D, et al. Oil Spill Forecast Model Based on Uncertainty Analysis: A Case Study of Dalian Oil Spill [J]. *Ocean Engineering*, 2012 (54): 206-212.
- [4] Angelo Teixeira Lemos, Ivan Dias Soares, Renato David Ghisolfi, et al. Oil Spill Modeling off the Brazilian Eastern Coast: the Effect of Tidal Currents on Oil Fate[J]. *Revista Brasileira de Geofísica*, 2009, 27(4):625-639.
- [5] Antigonis Zafirakou-Koulouris, Christopher Koutitas, Sarantis Sofianos, et al. Oil Spill Dispersion Forecasting with the Aid of a 3D Simulation Model [J]. *Journal of Physical Science and Application*, 2012, 2(10):448-453.
- [6] 郭良波, 于晓杰. 番禺 4-2 油田溢油数值模拟[J]. *海洋湖沼通报*, 2011(3):129-138.
- [7] Guo Jie, Liu Xin, Xie Qiang. Characteristics of the Bohai Sea oil Spill and its Impact on the Bohai Sea ecosystem [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2013, 58(19):2276-2281.
- [8] 臧士文. 基于 FVCOM 模型的二维海上溢油数值模拟研究[D]. 大连:大连理工大学, 2011.
- [9] 王璟. 渤海海域夏季环流及其对溢油漂移影响的数值模拟[D]. 青岛:中国海洋大学, 2012.
- [10] 张彩霞. 乐清湾溢油数值模拟研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2013.
- [11] Tang H S, Qu K, Wu X G. An Overset Grid Method for Integration of Fully 3D Fluid Dynamics and Geophysics Fluid Dynamics Models to Simulate Multiphysics Coastal Ocean flows[J]. *Journal of Computational Physics*, 2014 (3):27-29.
- [12] Zheng Lianyan, Robert H Weisberg. Modeling the West Florida Coastal Ocean by Downscaling from the Deep Ocean, across the Continental Shelf and into the Estuaries [J]. *Ocean Modelling*, 2012(48):10-29.
- [13] Robert H Weisberg, Zheng Lianyan, Liu Yonggang, et al. Did Deepwater Horizon Hydrocarbons Transit to the west Florida Continental Shelf? [J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2014 (6): 23-25.
- [14] 王祥. 三峡库区溢油模拟及应急对策研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2010.
- [15] 邓健, 黄立文, 赵前, 等. 基于一、二维水动力耦合模拟的三峡库区溢油预测模型研究[J]. *武汉理工大学学报(交通科学与工程版)*, 2011(4):793-797.
- [16] 黄立文, 陈蜀喆, 邓健, 等. 三峡库区不同水位期船舶溢油控制策略研究[J]. *武汉理工大学学报(交通科学与工程版)*, 2013(5):904-908.
- [17] Zhang Fan, Huang Liwen. The Construction and Application of Oil Spill Fast Forecast Model on Three Gorges Reservoir Area. *Transportation, Mechanical, and Electrical Engineering (TMEE)*[C], 2011 International Conference on, 2011: IEEE.
- [18] 赵东波, 姬厚德, 杨顺良, 等. NOAA 的 GNOME 溢油模型在湄洲湾的应用[J]. *台湾海峡*, 2011(3):341-348.
- [19] 李彤, 谢志宜. 水上事故溢油漂移轨迹预测模型研究与应用[J]. *环境科学与管理*, 2013(7):56-61.
- [20] Tae-Ho Kim, Chan-Su Yang, Jeong-Hwan Oh, et al. Analysis of the Contribution of Wind Drift Factor to Oil Slick Movement under Strong Tidal Condition: Hebei Spirit Oil Spill Case[J]. *PloS one*, 2014, 9(1):873-893.
- [21] 张帆, 黄立文, 邓健, 等. 重庆主城区江段溢油模型及数值试验研究[J]. *武汉理工大学学报(交通科学与工程版)*, 2011(1):87-90.
- [22] Bi Haipu, Si Hu. Numerical Simulation of oil Spill for the Three Gorges Reservoir in China[J]. *Water and Environment Journal*, 2014, 28(2):183-191.
- [23] PSoupy Dalyander, Joseph W Long, Nathaniel G Plant, et al. Assessing mobility and Redistribution Patterns of Sand and Oil Agglomerates in the Surf zone[J]. *Marine Pollution bulletin*, 2014, 80(1):200-209.
- [24] 黄毅峰, 许婷, 刘涛, 等. 瓯江口航道海域溢油扩散数值模拟[J]. *水道港口*, 2011(5):373-380.

(收稿日期 2015-04-11)

(编辑 李娟)

Study of the Method for the Determination of Oil in Soil(57)

Qu Zuoming

(Safety and Environmental Protection Department of PetroChina Jilin Oil-field Company)

ABSTRACT The method for the determination of oil content in soil was studied. The oil was directly extracted from soil by CCl_4 and was determined by the standard "Water Quality-Determination of Petroleum Oils and Animal and Vegetable Oils-Infrared Spectrophotometry" (HJ 637—2012). When the soil sample was 10g, the optimum extraction volume was 50 mL, extraction time was 6h and extraction temperature was 55°C. The method is not only simple, economical, time-saving and labor-saving, but also the determination results is more close to the true value, filling the blank in the enterprise management of environmental protection work about assessing soil pollution severity.

KEY WORDS soil; oil; monitoring method

Wastewater Ozonation Technology and Its Engineering Application(60)

Pu Wenjing¹ Zhong Dahui¹ Cheng Jiayun² Yu Dong¹

(1. Research Institute of PetroChina Jilin Petrochemical Company; 2. PetroChina Jilin Petrochemical Company)

ABSTRACT This paper describes the process of engineering applications of ozonation technology and summarizes ozonation reaction mechanisms and its engineering applications. The engineering applications of wastewater ozonation technology abroad are introduced and the technology gap between domestic wastewater treatment and abroad is obvious, showing board space for the development of domestic wastewater treatment.

KEY WORDS ozonation; wastewater treatment; engineering application

The Application of Hydrodynamic Model in Oil Spill Research(64)

Wang Yebao^{1,2,3,4} Liu Xin^{1,2,3,4} Tang Cheng^{1,2,3,4} Zhao Hui^{4,5} Yu Xiang^{1,2,3,4}

(1. Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation of Chinese Academy of Sciences, Yantai Institute of Coastal Zone Research; 2. Shandong Provincial Key Laboratory of Coastal Environmental Processes; 3. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences; 4. University of Chinese Academy of Sciences; 5. North China University of Science and Technology)

ABSTRACT In this paper, the author searched a large number of domestic and foreign literature about the application of hydrodynamic model in oil spill, finding that some model are commonly used, which include POM/ECOM, FVCOM, EFDC, DELFT3D, MIKE21 et al. After giving a brief introduction to the basic equations of these models, the paper focuses on their application in oil spill studied by Chinese and international scholars who usually use them to acquire hydrodynamic field. Combined with other models such as weather models, they can provide initial data for the oil spill model. By summing up, this paper understands a number of problems about hydrodynamic models application in oil spill and the current trends at this time.

KEY WORDS environmental safety; hydrodynamic; model; oil spill; application

Accident Emergency System of CNPC and Its Operation Characteristics(68)

Yan Lunjiang^{1,2} Zhang Laibin¹ Chu Shengli²

(1. China University of Petroleum, Beijing; 2. CNPC Research Institute of Safety & Environment Technology)

ABSTRACT The main professional accident risks of mainland businesses of CNPC have been analyzed firstly in this paper, and then six important sub-systems of CNPC accident emergency system, such as response management agencies, professional response teams, emergency plans, emergency regulations, emergency resources and emergency techniques, have been presented as well in detail. Secondly, according to well-blowout, equipment fire, pipe leaks and spills, four typical professional petroleum industry accidents emergency operational processes have been described. Finally, the paper analyzed advantages and problems of CNPC existing emergency system, and provided suggestions for improving this emergency system.

KEY WORDS CNPC; accident; emergency system; operation characteristics

Study on Layer of Protection Analysis Based on Causal Analysis(71)

Zheng Dengfeng Lin Yang Cai Hongliang Hong Na Zhang Mingxing

(PetroChina West Pipeline Company Limited)

ABSTRACT Based on the analysis of the deficiencies of Causal Method and the function of Layer of Protection Analysis (LOPA), it is presented a new process safety management mode "Causal Method-based LOPA". An example of the valve maintenance and repair work in oil and gas pipelines is given to illustrate how to integrate LOPA into Causal Method. The results indicate that the new process safety management mode can improve the ability to prevent accidents, provide a basis for the security design and improvement of process analysis system, and play an important role in prevention of safety accidents.

KEY WORDS Causal Method; LOPA; failure probability; operation risk analysis; risk matrix

An Exploration on the Establishment of HSE Performance Appraisal System of Material Enterprises(75)

Fan Wenling¹ Du Min² Peng Qiyong²

(1. China Petroleum Materials Corp (Material Procurement Center, Tender Center); 2. CNPC Research Institute of Safety & Environment Technology)

ABSTRACT HSE management system of material enterprises to promote the development and construction of the practice, the establishment of the HSE performance evaluation system of the necessity and the status quo are discussed. For six aspects of the problem of HSE performance assessment: index accounted for the proportion of low, setting emphasis on results of index and the index of layers of decomposition form phenomenon, the contractor and supplier HSE management into consideration, the lack of positive incentives, evaluation of the results of the application of inadequate, through the analysis of the concept and principle of the HSE performance appraisal, HSE performance evaluation index system is established including responsibility indicators and control indicators, process indicators and encourage index. Based on proposed the establishment of grassroots unit HSE performance standards and management system, aiming at the existing problems, the implementation of HSE performance appraisal organization and the way and method are analyzed. In the application of HSE performance assessment results, it is suggested to be incorporated into the overall performance management.

KEY WORDS material enterprises; HSE performance appraisal; mechanism; index; implementation