

钻井液的使用和钻屑的管理

孙万里

(中国石油辽河油田公司安全环保处)

摘 要 澳大利亚矿产和能源部(DME)根据所处地区的环境敏感性、钻屑处置方式和钻井液的环境性能评估钻井液的使用及其废物排放。环境性能的标准包括基液和整个钻井液的生物毒性、可生物降解性和生物累积性。申请人有责任明确活动的环境领域和可能的环境影响。油基钻井液(OBF)的芳烃含量不超过 1%, 附在钻屑上的基液干重限值为 10%。大钻屑堆可能是海洋低水平烃类渗漏到海洋环境的来源之一, 对钻屑堆的移除和处置问题, 需要慎重考虑。

关键词 钻井液; 环境; 环境性能; 钻屑堆

中图分类号: TE254

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)01-0055-03

0 引 言

钻井液分三类, 即油基钻井液(OBF)、合成基钻井液(SBF)和水基钻井液(WBF)。因为钻井性能好, 过去一直使用 OBF, 但由于生态毒性和在海床钻屑堆的持久性, 其环境性能差。最近, 已开发的 SBF 能够达到与 OBF 相近的钻井性能, 但生物毒性和生物降解性得到改进。合成基液包括内烯烃(IO's)、聚合 α 石蜡(PAO's)、直链 α 石蜡(LAO's)、缩醛和脂基液(EBF)。另外, WBF 尽管具有在海床中的生物快速降解能力强、无毒的最佳环境性能, 但在更不利的钻井条件下, 通常不能提供满意的性能。

1 钻井液使用的管理

从整个作业过程的环境风险的角度, DME 对钻井液的使用进行评估。这种整体的评价方式既要考虑钻井液使用在技术上的合理性, 也要考虑钻井所处地区的环境敏感性、钻屑处置方式和标准实验方法中钻井液的环境性能。评价钻井液环境性能的标准包括基液和整个钻井液的生物毒性、可生物降解性和生物累积性^[1]。

由于产生负面环境影响的可能性大, 使用 OBF(芳烃 $>1\%$)钻井逐渐不被接受。1994 年, 有 10% 的井在下部井段采用 OBF, 到 1998 年则为 0。而在同一时期, SBF 占主导地位, EBF 有所增加。对于采取了环境保护措施的井, 可能会接受 SBF 的使用。对于 311 mm 的井筒, 附在钻屑上排放到海床上基液干重最大量限值为总固体量的 10%。与其他合成基液相比, 目前 EBF 的生物降解率更高, 更容易为 DME 所接受^[2]。

由于不许将整个 SBF 排放到海洋环境中。1980 年后使用技术上更先进的 WBF 成为一种趋势。目前, 在 WA 地区, 超过 80% 的井段使用 WBF, 对于排海钻屑上的 WBF 含量没有任何限制。其余的井在井筒的上段采用 WBF, 在 311 mm 或 216 mm 的底段则不使用。

澳大利亚州水域的所有钻井计划要制定环境管理计划(EMP), 对于联邦水域, 要将环境计划(EP)作为进行钻井作业申请的一部分。EMP/EP 应描述自然环境、可能的环境问题和影响、避免或减小可能影响的方法。EMP/EP 应包含的信息有: 底栖植物和动物的分布和密度, 有关现场调查信息和计划钻井地点到任何可能敏感海洋栖息地的距离, 可获得的海洋生物恢复的信息。如果钻井计划可能对环境有明显的影响, 就要按 1986 年环境保护法的第 38 节由 DME 正式提交环境保护主管部门(EPA)。

2 使用钻井液申请人需提供的信息

DME 根据活动的环境风险对钻井计划进行评价。申请人有责任明确活动的环境问题和可能的环境影响, 并且证明申请人能够有效地管理这种活动, 并避免或减小其环境影响。使用钻井液申请人要提供的信息见表 1。

3 钻井液实验要求

DME 对要使用的钻井液生物毒性、生物降解性和生物累积性的规定如下。

表 1 使用钻井液申请人要提供的信息

项 目	所需信息
技术合理性	描述使用特定钻井液的原因,如配方的性质、技术问题、成本效率、体制方案、使用的地质层段。
环境管理规程	描述钻井液使用、转移和处置的环境管理计划、规程或承诺,如封闭、处置方式、运输程序、泄露预防、自我审核计划。
安全管理规程	描述使用基液和泥浆的安全健康程序,如操作过程、健康风险事项。
材料安全数据清单(MSDS)	提供钻井液的 MSDS 数据。应提供皮肤刺激(OECD 404)和眼睛刺激(OECD 405)实验结果。
基液和钻井泥浆的成分	描述基液和钻井泥浆的化学成份,如芳烃、PAH、脂的百分含量。
基液和钻井泥浆的物理性质	描述基液和钻井泥浆的物理性质,如固相、乳化物和水中的溶解度。
生态毒性数据	OECD 实验物种的生态毒性结果:海藻 72 h 的 EC ₅₀ ,桡足纲动物 58 h 的 LC ₅₀ ,以及片脚动物、沉积层成穴动物 10 d 的 LC ₅₀ ,包括基液和钻井液。说明实验规程的基准数,提供支持实验结果的证据。
生物降解数据	采用 OECD 301D/F、OECD 306、ISO CD 11734 或 ISO 11734 实验方法或其他适用方法,得出钻井液和泥浆好氧和厌氧条件下的结果。
生物富集/累积数据	OECD 305 A—E 和 OECD 117 实验结果。如果证明适用,可采用其他实验方法。
区域研究数据	相关区域研究的成果,用以支持环境影响轻微和当地生物降解的主张。如果没有,说明原因。
其他管理审批	钻井液已获得其他行政批准的书面证明,如联合国、挪威、新西兰、丹麦和美国。
基液和钻井泥浆的量	提供要使用和排放的基液和钻井泥浆的估算量(m ³)。提供一个排放的目标值(用钻屑上钻井液的干重%表示)。
区域的环境敏感性	描述计划排放钻井液区域的环境敏感性。
环境监测计划	说明是否要进行监测和研究,来评价钻井液的环境影响。首选采用沉积层动力学模拟和海床研究的综合监测方式。

3.1 生物毒性

钻井液毒性的环境影响主要体现在海洋生物群落。生物毒性实验提供对生物可能影响的指标性信息,因而是评价环境可接受性的基础。对钻井液基液使用和排放的批准设计了 3 个物种:海藻、食草动物和沉积层成穴动物。实验基于当地物种,评价钻井计划的可接受性时,要采用更可靠的方法。可用于生物毒性实验浮游藻类、虎虾和食草动物。在评价钻井计划的可接受性时,DME 考虑钻井液中溶解相和悬浮颗粒相的急性毒性、慢性毒性^[3]。

目前的生物毒性实验主要是急性毒性作用。可采用各种毒性指标来测量相对毒性,如 LC₅₀ 或 EC₅₀(LC₅₀ 是指在一定的时间内一组实验生物 50% 死亡的致死浓度,EC₅₀ 是指造成 50% 藻类生长抑制的钻井液浓度)。实验应选用有代表性的钻井液(包括固相和杀生剂)并对代表性和最不利钻井情况进行实验,以取得理想的实验结果。

DME 采用一种传统的毒性分级方法,如表 2 所示,用来对钻井液的毒性进行排序和比较。

表 2 DME 采用的毒性分类方法

类别	浓度(LC ₅₀)/(mg/L)
无毒	>100 000
几乎无毒	10 000~100 000
轻微毒性	1 000~10 000
中等毒性	100~1 000
毒性	1~100
毒性非常强	<1

根据钻井活动所处的位置、接纳环境的性质和敏感性,DME 认为就钻井液的毒性而言,介于无毒和毒性轻微之间是可以接受的。例如,采用 WA 实验物种实验时,一种 SBF(内烯烃)96 h 的 LC₅₀ 为 21 709 mg/L(属于几乎无毒类)。

对于同一钻井液的 48 h LC₅₀ 实验为 224 000 mg/L(无毒),96 h EC₅₀ 实验为 242 424 mg/L(无毒)。根据这些当地物种的实验结果,DME 认为这一合成钻井液的急性毒性是可接受的。

3.2 生物降解性

钻井液的生物降解性是一项重要指标,生物降解

速率受多种因素影响,如海床温度、钻井液浓度和负荷、钻屑堆的表面积和沉淀颗粒的尺度。但生物降解性强并不必然改善钻井液的环境可接受性。例如,由于需氧量迅速增加,减少了海洋生物可取得的氧量,也会造成负面的环境影响。

作为确定基液环境可接受性的标准,生物降解实验应提供好氧和厌氧实验的结果。好氧实验适用于钻屑堆的表面,其钻井液浓度会随着时间的推移而降低,钻屑堆四周也会受到扰动,如由于水流能量作用沉积物重新浮起。相比之下,在确定钻屑堆内部可能出现的情况时,厌氧生物降解实验更可靠。

厌氧生物降解通常是对整个钻井液进行 28 d 的实验,用百分比表示生物降解性。厌氧生物降解通常进行 77 d 实验(用百分比表示生物降解性)。

生物降解实验的结果表明:脂类基液通常比其他合成基液生物降解更快。北海和其他地方的海床调查表明,在 360 d 内多数棕榈油和鱼油基液已几乎完全降解。在可选用的合成基液中,脂(仅就生物降解性而言)是目前环境可接受性最好的合成基钻井液。

与基液的实验相比,对整个钻井液或附着在钻屑上的钻井液进行实验更有代表性。在生物降解过程中,一些合成物可能会分解,性能不如整个钻井液。

为更清楚认识钻井液降解后的影响,DME 鼓励研究生物降解后钻井液成分的生物毒性。

3.3 生物累积/生物富集

生物累积通常是指一种生物对一种污染物的吸收和保持,而生物富集是指同时发生的吸收和净化(释放)造成的一种污染物的净积累。生物累积和生物富集的意义不能完全分离,通常同义使用。

在进行生物累积量实验时,也要考虑实验生物吸收和净化(细胞排放出污染物)的速率。快速的净化能够减少生物累积量。对于钻井液中可能含有的重金属的生物累积性,应考虑重金属化合物的生物适用性。一种钻井液的生物富集性用物质在 N-辛醇和水中溶解平衡时的浓度比值表示($\text{Log}_{10} \text{Pow}$)。北海国家化学品危害评价和风险管理(CHARM)工作组已经确定了 $\text{Log}_{10} \text{Pow} > 7.0$ 的表面活性化合物和组分的特殊重要性。

生物富集性可用生物富集因子(BCF)的 Log 值表示,是生物组织中的浓度与附近环境中的浓度的比值(表示为干重或脂重)。

4 钻屑堆的长期问题

现存的钻屑堆是各种尺度构造岩屑和黏附其上的钻井液的混合物。由于排放到海床上的钻屑量、平

台构造、海洋环境和使用的钻井液的不同,钻屑堆的大小和性质有所不同。在浅海,由于海洋环境的作用,单独的探井不会累积成钻屑堆,而在深海一些生产平台下的钻屑堆则长期存在。

钻屑覆盖在排放的 OBF 和 SBF 上,限制了自然降解的速率,有迹象表明,在很长的时期内残存在沉积层中的油不会充分降解。大钻屑堆可能是低水平烃类渗漏到海洋环境的来源之一,还可能被沉积层的成穴动物食用。对在北海荷兰段钻井地点周围 OBF 钻屑排放影响的研究表明,OBF 钻屑排放对底栖动物的干扰很大,在几公里外都可检测到。在 OBF 钻屑排放的 8 年后,一个大钻屑堆沉积层深层($>10 \text{ cm}$)油的浓度还很高。

在北海大陆架,一个生产平台下的钻屑堆的估计体积有 $10\,000 \text{ m}^3$ 。假定钻出岩屑的平均密度为 2.6 g/L ,估计平台下堆积了 $26\,000 \text{ t}$ 钻屑。如果每口生产井不到三分之一用 OBF,则 OBF 钻屑约 $9\,000 \text{ t}$ 。按钻屑的干重计算,预计黏附在钻屑上的基液在 $10\% \sim 30\%$ 之间,则钻屑堆中可能存在 $900 \sim 3\,000 \text{ t}$ OBF(不考虑钻井后钻屑的扩散、钻井液随着时间的推移而渗出、当地生物降解的作用)。

对于设施的退役,庞大的钻屑堆和残存的钻井液是个重要的问题。由于自然恢复过程中的吸收和生物累积,遗留的钻屑堆可能成为环境污染源。在拆除平台的退役期间,由于平台拆除的负压作用导致钻屑堆的扩散,将会带来更大范围的环境影响。

为了避免这种负面的环境影响,有必要在拆除平台结构前移除钻屑堆。对钻屑堆的移除和处置问题,需要慎重考虑。为实现最好的处理,对方案的全面风险应有监测数据支持。如果用正在改变的环境意识来思考当前的平台开发,同时考虑将来设施退役时移除钻屑堆的费用,可能是审慎的。

参考文献

- [1] Western Australian Department of Minerals and Energy Petroleum Information Series—Guidelines Sheet 3. The Use and Management of Drilling Fluids and Cuttings[R]. 2001.
- [2] Jonathan Wills, M. A., Ph. D., et al. A Survey of Offshore Oilfield Drilling Wastes and Disposal Techniques to Reduce the Ecological Impact of Sea Dumping [DB/OL], <http://www.offshore-environment.com/index.html>.
- [3] Karen McCosh, Jonathan Getliff, M-I L. L. C. Drilling Fluid Chemicals and Earthworm Toxicity [J]. International Journal of Physical Sciences, 2007, 2(10): 271-275.

(收稿日期 2012-07-02)

(编辑 王蕊)