

# 浅谈防止海上油田地质性溢油的几个因素

李雪飞 李广茹 陈袁袁 梅桂友 薛红梅

(中海石油环保服务(天津)有限公司)

**摘 要** 油田在注水开发过程中由于注水工艺不完善、注水水质不达标、注采比不合理、井控措施无效等因素会导致地质性溢油事故的发生。文章主要针对注水性油田在开发过程中可能会导致地质性溢油的几个关键因素进行探讨,为注水性油田开发风险防范和环境保护提供参考。

**关键词** 注水;注采比;地层压力;井控措施;溢油

中图分类号:X55

文献标识码:A

文章编号:1005-3158(2013)01-0034-03

## 0 引 言

中国油藏储集层非均质性严重,而且大多采用注水开发方式开采,与其它驱替剂相比,水有廉价、供应量充足、驱油效率高等特点。因此,绝大多数油田都把注水开发作为开发油田的首选方式<sup>[1]</sup>;并且在相当长的一段时期内,注水开发仍将是油田开发的主要方式。但注水开发由于注水水质、注采比、注水工艺、井控措施等方面不合理或操作不当造成溢油风险,如蓬莱 19-3 油田溢油事故,其主要原因就是没有执行分层注水的开发要求,长期笼统注水,导致注采比失调,破坏了地层和断层的稳定性,造成断层开裂,形成窜流通道,发生海上溢油。所以,海上油田开发尤其是注水开发的环境安全与风险防范备受关注,本文分析了注水性油田在开发过程中几个可能导致油田地质性溢油的因素,从而为油田注水开发风险防范和环境保护提供参考。

## 1 注水水质

影响注水开发油藏水驱采收率的地质特征因素有七类,分别为颗粒结构、岩石孔隙结构、储层渗流物性、储层敏感性、含油气砂体分布、储层能量指标、原油物性因素<sup>[2]</sup>,因为在注水过程中,如果回注水达不到与地质特征相匹配的标准,注水工作可能不能正常运行,甚至伤害油层,降低吸水能力,影响注水开发效果,严重者可能发生回注水中的杂质堵塞地层孔隙的现象,导致局部含油层压力过高,从而发生地质性溢油事故。目前陆相

油田在注水开发过程中回注水参照执行 SY/T 5329-2012《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》中的相关标准,海上油田注水开发注水水质目前尚无针对性的标准。一般海上油田采用的回注水为油田产出水经含油污水处理设备处理后,水质符合油藏所在区域的地质特征,水质中石油类浓度、悬浮固体含量和悬浮固体颗粒直径中值一般借鉴陆相油田中的 SY/T 5329-2012《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》中的相关标准。

## 2 注采比

注采比是表征油田注水开发过程中注采平衡的状况,反映产液量、注水量与地层压力之间联系的一个综合性指标,是规划和设计油田注水量的重要依据<sup>[3]</sup>。合理的注采比是保持合理的地层压力,使油田具有旺盛产液、产油能力,降低无效能耗并取得较高原油采收率的保证,同时保持合理的注采比,可对地层压力进行有效的控制,防止地层破裂<sup>[4]</sup>。

为了研究合理注采比,通常根据油田在注水开发过程中的动态资料来确定当前和阶段性的注采比,即根据阶段注采比与压力恢复速度之间的关系确定注采比<sup>[5-6]</sup>。例如某油田分别将注采比设定为 1.0、1.1、1.2、1.3、1.4、1.5,其油藏平均压力与时间关系曲线如图 1 所示。研究表明,初期注采比为 1.0 的油藏压力保持水平较低,初期注采比为 1.1 时油藏压力恢复至饱和压力附近,所需时间较长,初期注采比超过 1.2 后地层压力恢复较快,但注水强度过大容易造成注入水突进,含水上升加快。故当注水后压力恢复至饱

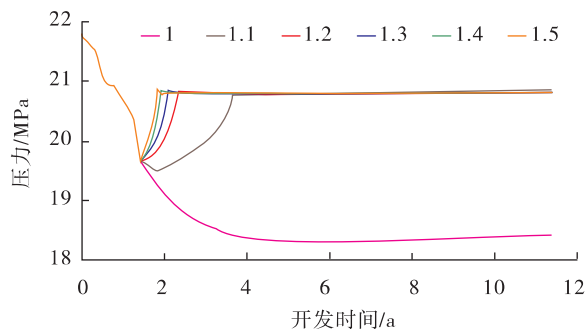


图 1 不同注采比方案油藏平均压力预测曲线

和压力附近时,注采比应转至 1.0,保持地层压力稳定的前提下进行开采。采用注采比合理的开发方案,可减少无效注水量,大大降低因注采比不合理而导致的地质性溢油事故。

### 3 注水工艺

注水分为笼统注水和分层注水,笼统注水方式是指在井口采用同一压力且不对各注水层进行分置处理<sup>[7]</sup>。该方法的优点是操作简单,成本较低。但是笼统注水会造成“无效注水”,从而对地下各层压力缺乏控制,在对一些地层产生驱油作用的同时,对另外一些地层则有可能产生异常高压,破坏断层封堵性,发生溢油污染。

分层注水是指在注水井中下入封隔器,把差异较大的油层分隔开,再用配水器进行分层配水,使高渗透层注水量得到控制,中低渗透率油层注水量得到加强,使各类油层都能发挥作用<sup>[5]</sup>。

目前,为了更好的控制海上油田开发过程中注水的风险性,一般要求油田采取分层注水的注水工艺,分层注水工艺管柱及井下工具、配套的测调工艺不断发展完善。保证每层注水都是“有效注水”,不能存在只注不采层,这就要求在井网布置的时候,注水井的布置要有目的性。图 2 是渤海湾某油田的一口注水井的剖面图,从图 2 可看出,注水井两侧分布着生产井,配水器设置要有针对性,注入水可以对两侧的生产井起到水驱油的作用,即可以做到“分层控制,有效注水”<sup>[8-9]</sup>。

### 4 地层压力的维持程度

地层压力维持程度主要反映在地层压力的保持程度及该地层压力水平下是否满足排液量的需要。合理的地层压力水平不仅可以取得较高的采收率,而且降低了注水开发的难度<sup>[10-11]</sup>。

根据油藏地质特征设计井口注入压力,控制注水

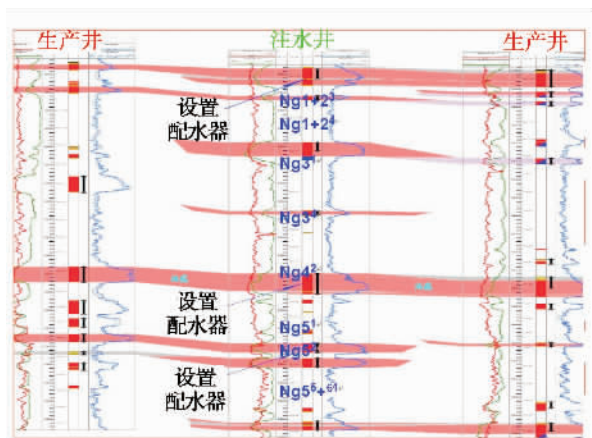


图 2 渤海湾某油田注水井剖面示意

量。实时监控井口压力,保证注水后的油藏压力小于地层的原始压力;同时也要低于地层破裂压力值。在低于此压力水平下注水,可以保证地层不会产生裂缝而引起溢油现象;同时防止注水井流压高于原始断层压力而激活断层引发地层流体沿该段层发生纵向窜流,在部署注采井网时,采取临近断层部署油井,并下入压力监测装置。

### 5 井控安全措施

为了防止地质性溢油事故的发生,在油田开发设计阶段,除了关注回注水水质达标、注采比合理、注水工艺先进、地层压力稳定之外,从风险防范的角度还要特别关注注水井的井控措施,从而达到从根本上杜绝地质性溢油风险。

◆ 海上注水井安全井控措施主要由井下安全阀、井口安全阀、封隔器、注水井口、井口控制盘等构成,见图 3。井口安全阀安装于注水井口上。井下封隔器用来封闭油管 and 套管环空;井下安全阀安装在油管上,在海底泥线 100 m 以下的位置,用于紧急情况下封闭油管。井口、井下安全阀由安全阀井口控制盘统一控制<sup>[12-13]</sup>。

◆ 要求回注井配备压力控制装置、控制阀门和报警系统,实时监控回注压力并做好记录,发现异常情况及时报警处置。

◆ 定期开展油、水井的动态监测技术,如流量注入剖面测井技术、固定式毛细钢管测试技术等,以便及时录取地层压力变化情况。增加断层附测压井的测压频次以满足对断层附近油藏压力的监测,油井压力恢复或静压每半年至少一次,水井压力降落测试每季度至少一次<sup>[14]</sup>。分注井根据吸水剖面测试资料对比分层注水情况及时开展分层调配工作,避免局部小层超注引起地层破裂。

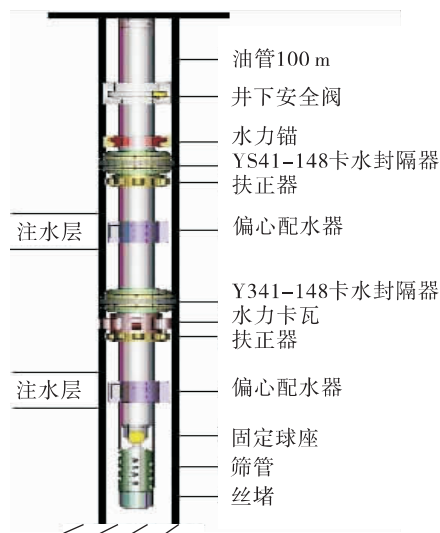


图3 注水井井控装置

## 6 结束语

综上所述,海上油田在注水开发时,回注水是否达标,注采比是否合理,注水方式是否先进,地层压力是否稳定、井口措施是否有效等是防止地质性溢油的重要因素。因此只有完善油田开发方案,优化各措施工作,提高油田管理水平等,才能减少无效注水量,提高注水利用率,改善注水效果,防止溢油事故的发生。

### 参考文献

[1] 王乃举. 中国油藏开发模式总论[M]. 石油工业出版社

社,1999.

- [2] 庞霄,张刚,李留仁,等. 孤东采油厂含油泥砂热水洗处理参数优选与机理分析研究[J]. 石油与天然气化工, 2009,38(1):85-88.
- [3] 叶庆全,袁敏. 油气田开发常用名词解释[M]. 北京石油工业出版社,2006.
- [4] 袁昭,张云杰,邵明记,等. 鄯善油田中含水期合理注采比研究与应用[J]. 海洋石油,2007(4):50-53.
- [5] 刘学峰,赵玉欣,唐磊,等. 油田开发中后期合理注采比确定方法[J]. 河南油田,2000(2):19-21.
- [6] 李程彤,刘性全. 萨南开发区水驱高含水后期合理注采比的确定方法研究[J]. 大庆石油地质与开发,2006,25(4):54-56.
- [7] 张玉荣,闫建文,杨海英,等. 国内分层注水技术新进展及发展趋势[J]. 石油钻采工艺,2011,33(2):102-107.
- [8] 康兴妹,乔守武,宋志强,等. 油田分层注水工艺技术的应用及发展[J]. 内蒙古石油化工,2008(10).
- [9] 王金忠,肖国华,宋显民,等. 冀东油田分层防砂分层注水一体化技术研究[J]. 石油机械,2010(11):62-64.
- [10] 杨凤波,梁文福. 喇嘛甸油田合理地层压力研究[J]. 大庆石油地质与开发,2003,22(6):36-37.
- [11] 高志华,翟香云,王建东. 大庆油田注水开发后异常地层压力分布规律研究[J]. 大庆石油地质与开发,2005,24(1):51-53.
- [12] 李爱,左维国,侯东红,等. 华庆油田合水地区井控安全措施与对策[J]. 石油工业技术监督,2010(7):61-62.
- [13] 杨军,曹勇,左维国. 影响井控质量的因素分析及应对措施[J]. 石油工业技术监督,2010(2):31-32.
- [14] 赵忠健,谢小辉,尤文超,等. 江汉油田注水井动态监测新技术[J]. 江汉石油科技,2005,15(4):11-13.

(收稿日期 2012-07-20)

(编辑 王蕊)

(上接第29页)

- [22] Postgate J R. The Sulfate-Reducing Bacteria (2nd ed) [M]. Cambridge:Cambridge University Press,1984, 55.
- [23] 万里,郑连爽,陈丽娥,等. 嗜热硫酸盐还原菌的分离及生长影响因素研究[J]. 环境科学与技术,2009,32(10): 57-59.
- [24] 匡飞,王佳,张盾,等. 硫酸盐还原菌的生长过程及其对D36钢海水腐蚀行为的影响[J]. 材料开发与应用, 2008, 23(3):49-52.
- [25] Magot M, Bass O, Tardy-Tacquenod C, et al. Desulfovibrio Bastinii Sp. Nov. and Desulfovibrio Gracilis Sp. Nov., Moderately Halophilic, Sulfate-reducing Bacteria Isolated from Deep Subsurface Oilfield Water [J]. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2004, 54:1693-1697.
- [26] 李连华,党志,李舒衡. 硫酸盐还原菌的驯化培养及脱硫化能研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2005, (2):144-147.
- [27] 沈萍,范秀容,李广武. 微生物学实验[M]. 北京:高等教育出版社,1999.
- [28] Cypionka H, Widdel F, Pfennig N. Survival of Sulfate-

reducing Bacteria after Oxygen Stress, and Growth in Sulfate-free Oxygen-sulfide Gradients[J]. FEMS Microbiology Letters, 1985, 31(1):39-45.

- [29] Mogensen G. L., Kjeldsen K. U., Ingvorsen K. Desulfovibrio Aerotolerans Sp. Nov., an Oxygen Tolerant Sulfate Reducing Bacterium Isolated From Activated Sludge[J]. Anaerobe, 2005, 11(6):339-349.
- [30] R. E. 布坎南, N. E. 吉布斯. 伯杰细菌鉴定手册第八版 [K]. 中国科学院微生物研究所译. 北京:科学出版社,1984.
- [31] 焦迪,李进,李娟,等. 硫酸盐还原菌在中水中的分离及生长特性研究[J]. 环境科学与技术,2010,33(10):64-67.
- [32] 陈效,孙立苹,徐盈,等. 硫酸盐还原菌的分离和生理特性研究[J]. 环境科学与技术,2006,29(9):38-40.
- [33] 张小里,刘海洪,陈开勋,等. 硫酸盐还原菌生长规律的研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1999, 29(5): 397-402.

(收稿日期 2012-09-25)

(编辑 李娟)