

新场气田地表还原环境的形成 及其对生态环境的影响

邓美洲, 王多义, 刘亚伟

(成都理工大学 能源学院, 成都 610059)

摘 要: 油气田烃类的垂向微渗漏造成上覆地层的还原环境, 油气田的开采则加剧了还原环境的形成。对新场气田还原环境的形成进行了研究, 初步探讨了这种还原环境的形成机制; 并从与油气渗漏有关的微生物、气田地表黄铁矿的分析、井水中水溶烃的分析三方面来说明气田地表的还原环境的形成。气田烃类渗漏将对当地生态环境的造成一定影响。

关键词: 还原环境; 油气渗漏; 地球化学; 新场气田

中图分类号: TE991;X503 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)02-0147-04

0 引言

油气的自然渗漏很早就被人们所认识, 特别是油气藏的轻烃类物质在浮力、压力差、温度等作用下以微气泡的形式向上作近似垂直的运移, 引起地表土壤物理化学性质的变化, 在油气田上方形成地球化学晕。由于油气中含有大量的还原性物质(甲烷气和硫化氢等), 垂向和扩散运移的油气在细菌的参与下形成一个环流电场, 皮尔逊将这种现象称为“燃料电池”作用, 在燃料电池作用下, 油气与周围物质发生电化学作用, 于是在油气田上方形成还原柱, 使气田上方形成还原的地质环境, T.J. Donovan 将这种现象称为“烟囱效应”^[1]。

油气田烃类渗漏产生的生态环境问题已被人们所注意, 特别是油气渗漏引起近地表的还原环境对生态环境的影响已见报道: 在西弗吉尼亚州的罗斯特油田, 在天然气田上方发现了不该在本地出现的枫树, 最后发现枫树的出现与土壤中甲烷(沼气)渗漏有关。美国犹他州东南部的里斯本谷地区, 由于油气藏烃类的渗漏, 致使上覆岩层发生“蚀变”作用。原来呈红色的富含赤铁矿的地表岩层出现退色现象, 形成一些漂白区^[2]。但是, 由于国外油气田多在沙漠或沼泽地区, 未能引起足够的重视; 而国内在这方面

的研究较少。油气田的渗漏是客观存在的。其生态环境效应是严重的, 应当引起重视。应当特别指出的是, 油气的渗漏造成的还原环境是缓慢的, 其对生态环境影响是长期作用的结果, 而油气田开发所产生的油气(尤其是天然气)泄漏却是大量包括轻烃和硫化氢等烃类和非烃类物质, 能对农作物的产量和品质、地下水、大气造成严重的影响。

1 新场气田位置及气藏特征

新场气田位于龙门山山前隐蔽带中部(图1), 地处孝泉背斜及向东延伸的鼻状构造(图2), 新场气藏的产层位于上三叠统须家河组和侏罗系上沙溪庙组。新场气藏的形成期与油气源岩的成熟期不配套。孝泉构造形成于燕山末期, 定型于喜山期, 气源岩大量生成期为白垩纪末。油气生成后在三叠系的有利部位集聚起来, 并在孝泉构造形成过程中被重新分配, 形成了上三叠统的原生气藏和侏罗系的次生气藏。新场气田的天然气藏埋藏较浅, 一般在2 000 m以内, 工区普遍存在着高异常的地层压力, 气藏成藏时间晚。早成藏过程中形成了大量的微裂隙^[3,4], 所以存在着烃类自然微渗漏的有利条件, 长期的微渗漏对环境的影响也比较显著。

新场气田是一个多气藏叠置的大型气田, 自上

收稿日期: 2005-05-30; 改回日期: 2006-04-04

基金项目: 国土资源大调查项目(121201031030202-2·3)“成都经济区重要天然气田生态地球化学评价”资助。

作者简介: 邓美洲(1980-), 男, 贵州兴义人, 硕士研究生, 现就读于成都理工大学能源学院石油地质专业, 研究方向为勘查地球化学。

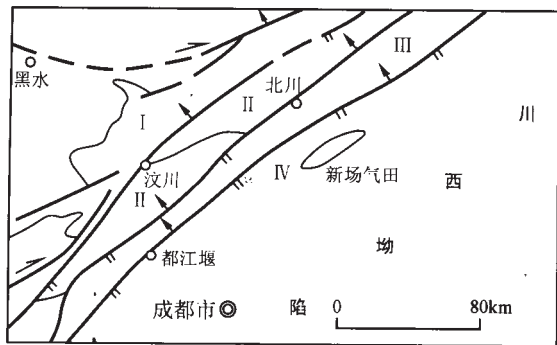


图1 研究区区域构造及位置图

Fig.1 The regional tectonic position of the study area

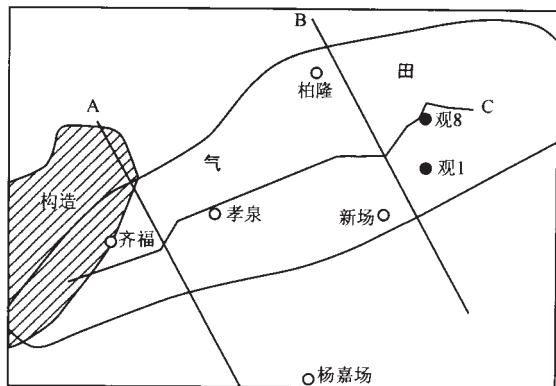


图2 采样工作部署示意图

Fig.2 Sketch of sampling arrangement

而下由上侏罗统蓬莱镇组、中侏罗统沙溪庙组、千佛崖组和三叠系须家河组、莲花口组等气藏。查明储量已达 1 140 亿 m^3 。目前,已建气井近 400 口,形成了立体开发局面。油气藏中的烃类或油气通过油气钻孔周围的孔隙和裂隙向地表的垂向或横向运移,时间短,渗漏量大,故去掉“微”字,称为烃类渗漏或泄漏。钻孔周围的烃类泄漏形成的时间虽短,影响范围也限于钻孔附近区域,但由于渗漏量大,有时甚至是天然气的直接泄漏,所以对局部地区生态环境的影响直接、迅速而严重。

2 工作的布置和样品的采集

在工作区布置了 3 条剖面 and 2 个观察点 (图 2)。A、B 剖面垂直穿过孝泉背斜, C 剖面沿背斜的走向布置, 观察点布置在油气井周围的田地里。取土壤样品时用麻花钻打入地层取土样, 用刀切去与取样器的接触面, 取其核心未被污染的土壤样 500 g 左右, 密封包装。在观测点采样中, 按表、浅、深对地表

0.2~0.4 m, 0.5~0.6 m, 1.2~1.5 m 分别采集土壤样。在观测点区采集水样, 置于无菌玻璃瓶密封包装, 立即进行样品预处理, 在取样保藏及处理过程中, 防止样品受到其他物质的污染及影响。表浅层土壤样品和水样送到国土资源部成都综合岩矿测试中心测试, 深层样品则由安徽省地矿局中心实验室测试。

3 渗漏烃造成近地表还原环境

3.1 与油气相关地表微生物的出现

地下油气藏中的烃类物质在浓度和压力的双重驱动下, 发生垂向方向的运移作用, 从而在油气藏上方的地表形成高浓度的物质, 在近地表的介质中, 存在某些微生物, 这些微生物专门以烃类物质作为唯一的碳源^[6-10], 其中较多的为甲烷氧化菌、厌氧纤维素分解菌、硫酸盐还原菌。

甲烷氧化菌是烃氧化菌群中的一种, 但它是一个选择性地利用 C_1 化合物的细菌群体。纤维素是自然界中最丰富的生物聚合物, 在地质沉积环境中, 纤维素也是细菌降解有机质中的主要成分; 厌氧纤维素分解菌可以将纤维素转化为甲烷和二氧化碳。硫酸盐还原菌是指一类能把硫酸盐、亚硫酸盐、硫代硫酸盐等硫化以及元素硫还原形成硫化氢这一特性的细菌系统。硫酸盐还原菌可以消耗渗漏的烃类, 并在油气藏上方形成一个化学还原环境, 产生硫化氢。硫酸盐还原菌氧化含碳化合物的范围从乙酸到长链脂肪酸, 经常发现硫酸盐还原菌与油气藏有关。

邓平、王国建在研究剖面中的微生物与微渗漏烃时发现: A 剖面在油气田上方甲烷氧化菌和厌氧纤维素分解菌少, 而硫酸盐还原菌则很高; B 剖面与 A 剖面的情况相似; C 剖面上甲烷氧化菌较多, 厌氧纤维素分解菌少, 硫酸盐还原菌则较高; 由于甲烷氧化菌部分或全部可能是厌氧纤维素分解有机物而产生甲烷, 但在 A、B 剖面中厌氧纤维素分解菌都很少, 而甲烷氧化菌在 C 剖面很高, 硫酸盐还原菌在 3 条剖面中都很高, 说明甲烷大部分是来自于油气藏的烃类渗漏, 导致在油气上方的地表形成了一个还原环境。

3.2 渗漏烃造成近地表土壤中黄铁矿的出现

烃类渗漏尤其是天然气钻孔泄漏的天然气所产生的还原环境可以在很浅的地表土壤中形成。在观 1 的麦地里, 距地表仅 10 cm 深处发现了强还原带。土壤中的裂隙、孔隙中充填了灰白色和浅黄色的斑块 (图 3), 或呈薄膜包裹着植物的根须 (图 4)。经显

显微镜分析,黄色斑块主要是黄铁矿,白色斑块主要是碳酸盐矿物。

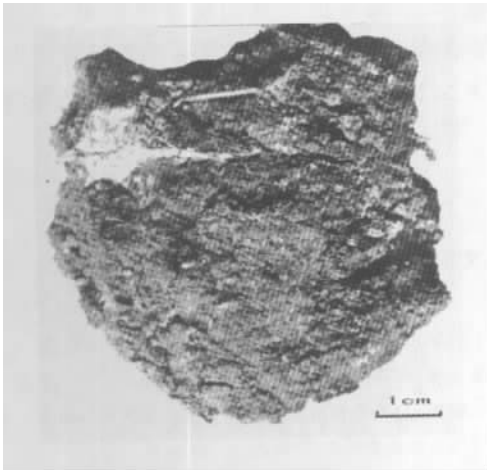


图 3 观 1 表层土壤的裂隙和孔隙被黄铁矿和硫酸钙充填
Fig.3 Pyrite and CaSO_4 filled fractures and pores in the top soil

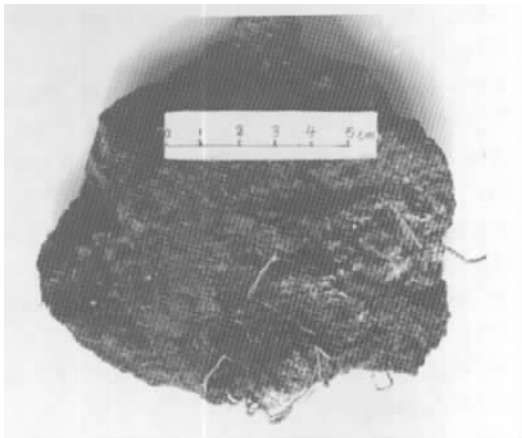


图 4 植物根须周围的黄铁矿和硫酸钙
Fig.4 The pyrite and calcium sulphate around the root of plant

3.3 井水中水溶烃的分析

水具有许多特殊的物理化学性质,能溶解大量的气体。水溶气态烃一般是指溶解于水中的甲烷、乙烷、丙烷、丁烷及其异构体。溶解烃以分子的形式存在于水分子之间结合的“孔隙”中,通过负压升温的方法,促进水分子的布朗运动,破坏水分子的结合形式,从而降低气体的溶解系数,脱出烃类气体^[10]。在观 1 见气钻孔附近农家水井中取水样,经四川石油研究院检测,井水中顶空气高过室内空气含量 1 倍,而且含有重烃等深部天然气才有的成分(表 1),表明天然气中的烃类物质在自然微渗漏进入水中。特别是天然气的开采造成更多烃类溶解于水中,而且

井水取样点离天然气采气井仅 30 m 左右。

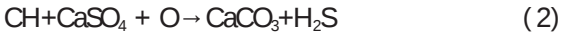
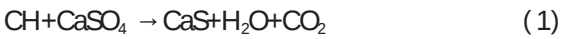
表 1 水溶烃分析结果

		Table 1 Analysis of dissolved hydrocarbon						
样品号	取样	$w_b/\%$						
	位置	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷
观 1	长征村	28.87	9.49	9.72	12.48	2.33	9.86	4.15

4 渗漏烃造成近地表还原环境的机理

油气藏中的烃类垂直运移到上覆岩层中,并在其中造成还原条件。即产生过量电子,油气聚集带可看成油贮周围沉积物的负极,而沉积物则未受介质环境变化,即具有过量正电荷的氧化介质,在这两种介质之间有了电化偶,大地电流将沿氧化区到还原区,长期的地质作用将形成延伸至地表的还原柱,使得油气上覆沉积物中产生还原环境^[5]。

油气渗漏过程中发生主要化学作用将在地表产生还原环境,主要化学作用形式有还原、热降解、化合和氧化,在微生物的参与下,促使烃类物质加速分解和新物质的形成。设烃类物质为 CH , 氧化作用用 RO 表示:



式(1)表示在细菌的参与下,渗漏的烃类和硫酸盐作用使烃类物质发生分解,生成硫化物、酸性水和二氧化碳。式(2)为渗漏的烃类物质在氧气的参与下同硫酸盐作用,使土壤岩石发生碳酸盐化,放出硫化氢气体。根据 B.A.索可洛卡石油放射形成因假说,氧与有机碳作用可生成二氧化碳: $\text{O}_2 + \text{C} \rightarrow \text{CO}_2$

S.E.佐别尔认为在缺游离氧的条件下和厌氧细菌的催化作用下,二氧化碳与氢气发生下式反应: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$

在还原的地质环境中,在细菌作用下,氢气可将硫酸盐还原成硫化氢和水,即: $\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$, 使植物根腐烂,或使植物生长矮小,是导致植物萎黄矮小甚至死亡的原因之一。

5 渗漏烃造成的还原环境对生态环境的影响

烃类的渗漏造成的地表还原环境对当地的生态环境有很大的影响,在观 1 点与正常区的观测对比发现,烃类渗漏区小麦的生长发育受到严重影响。如

观 1 和观 8 附近的小麦地里就出现麦苗矮小枯黄,甚至不出苗,地里出现秃斑。这种秃斑处正是观 1 土壤采集处。而且在此处地表 10 cm 以下土壤中存在大量黑色、淡黄色的斑块,这是由于油气渗漏大量烃类气体充满了土壤中的裂隙、孔隙,排除了其中的氧气,形成还原环境,产生大量的硫化氢,使农作物的根须无氧可吸,或丧失功能,甚至腐烂。

渗漏烃所造成的近地表还原环境导致铁和锰还原、溶解并使之具有活动能力,而且这种还原条件足以使二价铁和锰能吸附在固态物质上或形成土壤中的有机络合物。在这些还原状态、结合状态和吸附状态下,植物根就会加速吸收铁和锰。而且即使不存在可量测的溶解离子的水溶性储藏,植物也会将这些元素消化掉。其实,在渗漏烃提供的还原条件下,其他许多金属元素的状态也可能产生同样的变化,并被植物加速吸收。

在渗漏烃造成的还原条件下,获得活动能力的有毒有害的重金属元素还可以随地下水或地表水迁移到异地富集为害,而有益元素的迁移则可能造成原地这些元素的相对贫乏。

6 结论

烃类的自然微渗漏和油气田的开采造成的渗漏都在地表造成还原环境的产生。

在地表发现与油气相关的微生物甲烷氧化菌、厌氧纤维素分解菌、硫酸盐还原菌,黄铁矿和井水中

水溶烃的分析证实了烃类的渗漏造成近地表还原环境的形成。

烃类渗漏造成的地表还原环境使一些元素活化,如铁和锰;造成有毒有害的元素相对富集,有益元素相对的贫乏;从而影响了当地的生态环境。

参考文献:

- [1] 王福印. 油气微渗漏遥感影象异常形成的化学机理[J]. 国土资源遥感, 1993, (1): 59-61.
- [2] 王锡田. 烃类微渗漏的遥感检测方法在油气勘查中的应用[J]. 国外遥感地质通讯, 1988, (9): 29-33.
- [3] 王锡田. 在犹他州里斯本谷地利用室内反射波谱确定油气微渗漏引起的矿物学变化[J]. 遥感通讯, 1988, (2): 9-12.
- [4] 李建林, 雍自权. 油气化探异常与数字卫星图象异常研究[J]. 物探化探计算技术, 2003, (2): 70-74.
- [5] 杨育斌. 油气地球化学勘察[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.
- [6] 茆震, 梅博文, 赵红静. 油气微生物勘探法概述[J]. 海相油气地质, 2000, 5(3-4): 107-111.
- [7] 梅博文, 袁志华, 王修巨. 油气微生物法[J]. 中国石油勘探, 2002, 7(3): 42-53.
- [8] 袁志华, 余跃惠. 天然气微生物勘探研究——以盩厔斜坡西柳构造为例[J]. 天然气工业, 2003, 23(2): 26-30.
- [9] 袁志华, 梅博文, 孙平, 等. 油气微生物勘探中轻烃转运机制研究[J]. 江汉石油学报, 2001, 23(增刊): 34-35.
- [10] 刘崇禧, 赵克斌, 余刘应, 等. 中国油气化探 40 年[M]. 北京: 地质出版社, 2001.

THE FORMATION OF REDUCTIVE ENVIRONMENT AT GROUND SURFACE AND ITS ECOLOGIC INFLUENCE IN XINCHANG OIL & GAS FIELD

DENG Mei-zhou, WANG Duo-yi, LIU Ya-wei

(College of Energy Source, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Upward micro-seepage of hydrocarbon causes reductive environment in the overlying strata and the oil & gas exploitation intensifies formation of the reductive environment. This paper deals with the formation of reductive environment in Xinchang oil & gas field and discusses the formation mechanism from analysis of micro-organism related to seepage of the oil & gas, pyrite occurring at the ground surface and hydrocarbon dissolved in water of the wells in the oil & gas field. Gas seepage causes a certain ecologic influence on the local area.

Key Words: reductive environment; oil and gas microseepage; geochemistry; Xinchang gas field