

芦龙地震前后邻近地区油井油水 气动态异常分析

杨国军 刘万衡 刘晓年 李惠祯

(天津市地震局)

摘 要

本文分析了华北地区部分油井油、水、气动态资料。歧口647井、塘11井、塘12井、旺11井震前2—5个月分别开始出现异常变化,最大异常幅度约为正常背景值的1—3倍。塘18井震前半个月出现突升突降变化,幅度竟达震前值的15倍。可以认为这种变化是芦龙5.3级地震前的短临震兆信息。文章还就油、水、气动态变化形成机理作了解释,提出自喷井测试构造应力活动的最佳观测方法是闭井测压。

1982年10月19日在唐山地震震源体东北端,河北省芦龙县发生了一次 M_s 5.3级地震。它是自1978年以来,唐山地震后的一次最大余震。这次地震前在唐山及其附近地区 M_s 4级以上地震的强度和频度显著增高,仅5—8月份就发生了4次4级以上地震。震前震后我们注意到华北各油田区部分油井出现了明显的喷油、喷液、井压等多项综合动态异常,异常出现时间与地震活动显著增强时间基本一致。

一、油井条件概述

此次地震前后明显异常的井是:天津市塘沽区的塘11井、塘12井、塘18井和武清县兰城候5井,河北省青县小牛庄旺11井和黄骅县歧口647井(图1)。

塘11井、塘12井和塘18井,位于塘山地震震源体西南侧的调整单元,地质构造上处于黄骅坳陷中的北塘凹陷与板桥凹陷交接部位的新港构造带上。井深3000余米,射孔位置在2500—2700米之间,观测层厚度约100—200米。

候5井,位于唐山地震时河西务烈度异常区,地质构造上处于冀中坳陷中的安次凹陷,靠近河西务断裂带。井深2041米,射孔位置在1900米附近。

旺11井,位于唐山地震断裂南延的沧东断裂带东侧,黄骅坳陷中的沧东凹陷边缘。井深

2671米,射孔位置在2400—2460米之间。

歧口 647 井,地质结构上处于黄骅坳陷中歧口凹陷内的南大港断裂带上。唐山地震时附近喷砂冒水现象较为普遍。井深 2367 米,射孔位置在2340—2367米之间。

上列油井观测层位,均是砂岩、页岩、泥岩组成的第三系地层。除歧口 647 井是开采油井外,其余为石油废井或构造勘探井,塘11井和塘12井是在闭井条件下观测井压变化;塘18井观测溢油量;旺11井和候5井由专人观测滴油和喷油现象,歧口 647 井是油田提供的在正常开发状态下的油压、套压、和出油量、出液量观测数据。

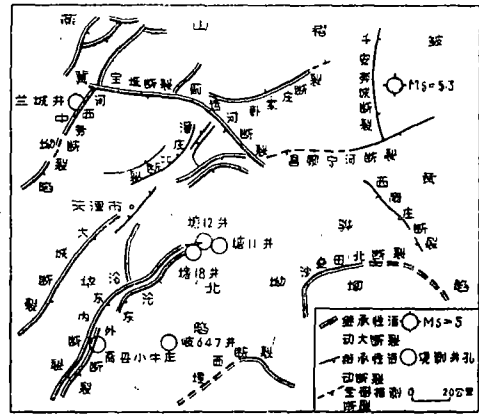


图1 天津及邻近地区地质构造略图
Fig.1 The tectonic schematic figure of Tianjin and nearby regions

二、油、水、气动态异常分析

(一) 异常现象

1. 塘18井(图2)

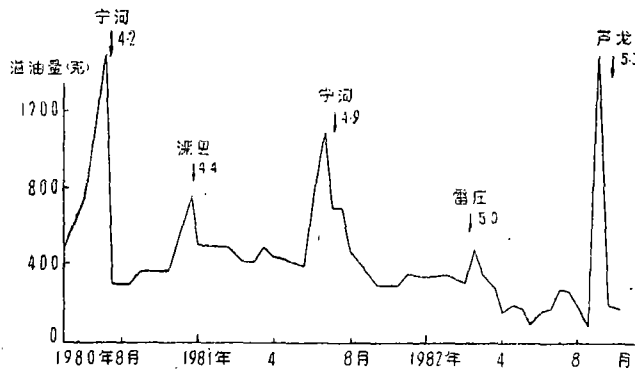


图2 塘18井溢油量

Fig.2 The volume of oil overflows at No18 well of Tangku

塘18井溢油量除有震时段外,总体略有下降,正常背景值稳定在100—500克/半月。在1982年9月下半月溢油量突增至1500克/半月,10月上半月又回到突增前的基值水平,之后发生芦龙5.3级地震。追溯以往,1980年8月6日宁河两次4.2级地震前溢油量由500克/半月增至1500克/半月(距震中45公里);1980年12月13日滦县4.4级地震前溢油量由400克增至750克(距震中130公里);1981年8月3日宁河4.9震地震前溢油量也突增至700克(距震中45公里);1982年3月8日雷庄5.0级地震溢油量净增200克(距震中110公里)。上述震例,反映出溢油量与震级、震中距有关。

2. 旺11井(图3)

附表：青县小牛庄油井（旺11井）喷油与地震对应表

Table: The Correspondence Table of oil gushed—earthquake in Qingxian Xiaoniuzhuang

喷油组合	喷油时间				油量(斤)	异常表现	对应地震				间隔天数	
	年	月	日	时			年	月	日	地点		震级
1	76	6 7 7	17 1~2 8~9	8~15	1400 3000 2400	共喷油6800斤，喷油时有如鸣炮般爆响，最远射程25米	76	7	28	唐山	Ms7.8	41
2	76	9 11	9~11 7~8		6000 少量	喷油时有爆响	76	11	15	宁河	Ms6.9	66
3	77	3 5	27~1 8		3000 100	断续喷油有爆响，並有天然气喷出	77	5	12	宁河	Ms6.5	47
不 编 组	77	9	12	至年底每日流油40—60斤								
	78	1 2 3 4 5	17 4	停止出油 18 每日 每日 每日	15 30 20 9	喷程1米 至年底						
		79	1 10	每日 每日	2 10	至4月份止 至10月22止						
4	80	1 1	21 20	12~14	50 25	喷程8米 挤油(天冷)	80	2	7	宁河	5.3	17
5	80	2 2 2	9 16 22	16 15~16	60 40 40	喷程2米 喷程2米	80	8	28	响山	4.5	40
6	80	8 8 8	8 17 21	10~21	30 70 60	喷程6米 喷程11米 10 ^h 4斤, 14 ^h 50斤, 21 ^h 5斤	80	4	16	唐山	4.7	39
7	80	4	17	4 ^h ~4 ^h 30'	130	喷程8米	80	5	31	芦龙	5.1	44
8	80	6	25	20	60	喷程7米	80	8	6	宁河	双4.1	46
9	80	8 8	9 10	23 3 ^h 30'	7 12	喷程7米，爆响 喷程6.5米	80	9	25	滦县	4.8	45
10	80	10	8	2	50	喷程6.5米	80	11	17	古冶	4.5	44
11	80	11	19	21	60	喷程7米	80	12 12	13 27	滦县 雷庄	4.9 4.3	24 38
12	81	6 6	2 6	16 ^h 50'、19 ^h 8	40 20	爆响	81	7 8	7 8	里县 宁河	Ms4.9 4.6	34 60
13	82	5 6 7 7	30 2 8 6	5 ^h 40'~6 ^h 10' 6 ^h 30'~35' 7	15 20 4 2	爆响	82	6 7	11 9	滦南 渤海	4.6 4.8	11 39

旺11井是一口石油废井，平日不喷油。这次地震前两个月开始喷油共7次，总喷油量为235斤。最大喷油量在8月中旬，一次喷油量竟达80斤，震前半月停喷，震时、震后数日再未喷油。该井历年喷油量与地震对应关系较好，见表1。

3. 歧口647井

歧口647井是一口已有7年开采历史的油井，1982年1—6月油压、套压、产油量、产液量均十分稳定。从6月底起，开始是同步缓慢上升，至8月中旬突然大幅度上升，油压最大值达50个大气压，套压最大值达120个大气压，产油量增至65吨，日产液量增至90吨，分别相当于突变前基准值的1—2倍。产油量、产液量又于9月下旬急速下降至突升前水平，之后又开始上升，转降后发震。而油压、套压震前已下降。其异常于11月初基本恢复。经调查该井并未改变采油条件。

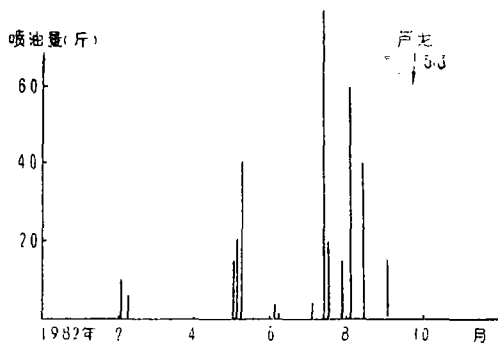


图3 旺11井喷油量

Fig. 3 The volume of oil gushed at well No. 11 of wang

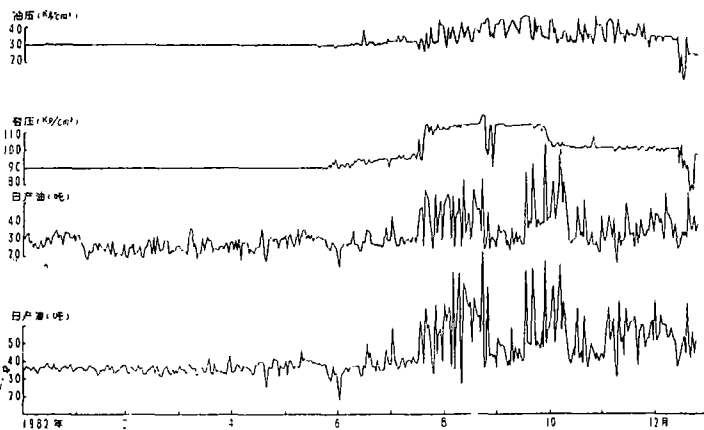


图4 歧口647井

Fig. 4 The well No. 674 of Qikou

4. 塘11井 (图5)

塘11井从1981年12月份开始闭井测压，到1982年6—7月份井压稳定在40公斤/(厘米)²，从8月开始井压连续上升，到10月上旬其最高值达44公斤/(厘米)²，在转降时发生芦龙5.3级地震，震后在高值背景上起伏变化。该井曾于5月9日古冶4.9级地震前井压由38公斤/(厘米)²上升到44公斤/(厘米)²。

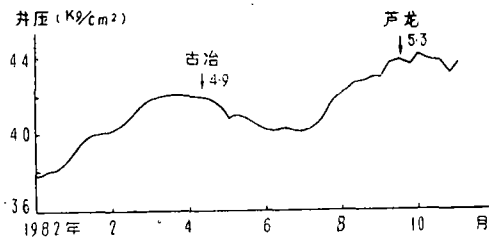


图5 塘11井压至日均值

Fig. 5 The average in five days of well pressure at No. 11 well of Tangku

5. 塘12井

塘12井从1981年12月开始闭井测压, 至1982年5月中旬井压在10—20公斤/(厘米)²范围内, 5月下旬突升到44公斤/(厘米)², 6—7月上旬缓升到50公斤/(厘米)², 稳定发展到10月15日, 在缓降背景上发震, 震后下降。

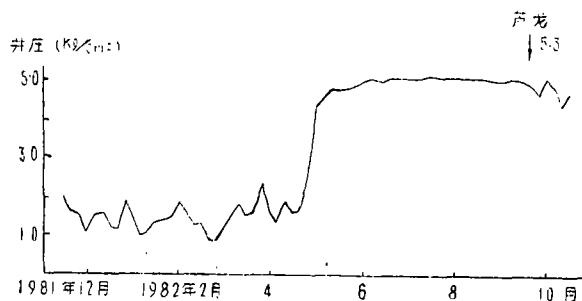


图6 塘12井井压五日均值图

Fig. 6 The average in five days of well pressure at No. 11 well of Tangku

6. 候5井

候5井是一口闭置的石油勘探井, 平日冒气不出油。观测发现, 于1982年6月20开始出现滴油并伴有喷气现象, 平均每日滴油量15斤, 持续到10月底共出油1995斤。该井曾于1981年11月3日邢台6.0级地震后喷油2小时, 喷射高度12米, 喷油量2吨。

上述油井油、水、气动态异常特征是: 1. 歧口647井、塘11井、塘12井、旺11井震前2—5个月分别开始出现异常变化, 最大异常幅度约为正常背景值的1—3倍, 可认为是短期异常特征显示; 2. 塘18井震前半月出现突升突降变化, 幅度竟达震前值的15倍, 可认为是临震突变异常; 3. 各观测井的不同物理量均为正向异常, 且都在异常高值转降之后发生芦龙5.3级地震。

关于油井油、水、气动态变化与地震关系的研究国内外已有不少报导。如1976年唐山地震前大港油田的庄13井、板15井井压出现明显的上升异常(图7); 1969年、1972年在苏伊士湾与亚喀巴湾分叉处发生了6.1级与5.6级地震, 距震中100公里的油井, 震前喷油量出现了明显的变化。〔1〕

(二) 异常可靠性论证

1. 歧口647采油井, 据调查震前未曾注水和改变采油条件。其它井位于采油区边缘, 自身不采油也不注水, 因此, 不受采油区注水和采油量变化的影响。

2. 塘11井、塘18井和旺11井, 具有多次唐山余震的对应震例。

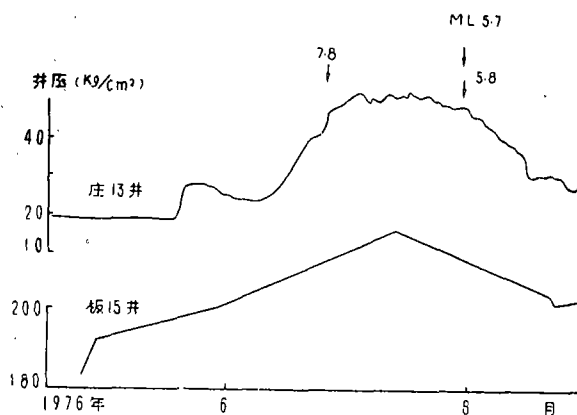


图7 唐山地震前庄13井、板15井井压变化

Fig. 7 The Change of well pressure at Zuang 13, Ban 15 before Tangshan earthquake.

3. 上述油井所分布的地区在唐山地震及强余震发生时, 都是曾显示有断块活动的地区或者是烈度异常区, 并且也是以往其它前兆异常出现的灵感点。

4. 异常出现的时间与该区范围内地震活动增强时间基本一致, 说明是受统一应力场作用的结果。

三、油井油水气动态变化机理的讨论

近十几年以来, 我国连续发生破坏性地震, 不少同志曾利用石油开采井或石油废井的观测资料研究与地震的关系, 已有不少文章对油井变化的机理进行了探讨, 但多数是在油井开采条件下进行的。而本文以芦龙 5.3 级地震为例, 着重对闭井测压的机理进行初步讨论。为了便于问题讨论, 首先假设: ①没有油水气进入或排出的封闭条件。②假设受力后不产生新的裂隙或串层现象。③仅研究作用于观测层的“瞬时应力”——外力传递至承压观测层的总应力, 是分别由观测层的骨架和充满其空隙的流体来承受的。但是在受力初期, “瞬时应力”增量并不立即传递至骨架上, 而是全部作用于空隙的流体。如采用闭井测压则可认为观测层与井孔组成了理想的巴斯噶体。并根据巴斯噶定律可知, 安装在井管上的压力表的压强值读数既是该时刻观测层的空隙流压, 也是观测层承受的压强值。因此, 塘11井和塘12井闭井测压直接测到的是观测层承受的总应力变化。

候5井、旺11井、塘18井、歧口647井的采(喷)油、采(喷)液、冒(喷)气等, 使观测层内的流体体积发生了改变, 油压、套压也是在排油水气的条件下测量的。因此, 这种承受力将导致空隙流压逐步地部分或全部地转嫁给观测层的骨架。此时, 观测的油压、套压和用流体体积变化换算的或比拟的应力值, 仅仅是观测层总应力增量的分量。

我们讨论的对象是流体, 除气体外, 液体是不可压缩的(弹性形变为 10^{-6} 量级)。因此, 常态下观测到的液体体积变化不是应变。如若把液体量的变化看做代表观测层体积的变量, 但又因观测层的原体积是很难确定的, 所以液体量的变化也只能代表观测层的体积变量, 而绝不是观测层的体应变。

由此可见, 就自喷(流)井而言, 测试构造应力活动的最佳方法是闭井测压。这与李永善文章中指出的: 同一构造应力在完全封闭的地下水应力系统内所引起的折算水位变化量, 比在开放的水力系统内约大 $10^4 \sim 10^5$ 倍^[2]是完全一致的, 即地下水力系统封闭性愈强, 其反应构造应力变化的灵敏度越高。

有人可能指出: 油田开发中, 常用关井方法有效地达到恢复采油层的压力, 以此来否定闭井观测构造应力活动。我们认为: 采油井的闭井恢复压力, 那是只有具备油气向采油层运移的条件下才能达到目的, 而且是油田自身地层压力的调整, 它不符合我们的研究条件。

石油深井水位监测地震的能力, 已有不少经验介绍和论著, 而本文则是着重提出观测的实际资料并对自喷井其它物理量反映地震能力的讨论和探索自喷井测试构造应力活动的最佳观测项目与最佳观测方法选择的尝试。作者意在促进不同条件的深井更有效地开展综合观测工作和重点观测项目的设置。本文得到我局地下水组的协助, 在此表示感谢。

(本文1983年1月19日收到)

参 考 文 献

- [1] 艾里赫等, 地震前后油井喷油量的变化, 自然, 247卷, 5442期, 1974年.
[2] 李永善, 构造应力引起地下水位变化的主要特征, 西北地震学报, 第1卷, 第一期, 1979年.

ANALYSIS OF ANOMALOUS STATUS OF OIL WELLS IN THE VICINITY BEFORE AND AFTER THE MAGNITUDE 5.3 EARTHQUAKE OF LULONG

Yang Guojun Liu Wangheng Lin Xiaonian Li Xuizen
(*The Seismological Bureau of Tianjin*)

Abstract

The status of oil, water and gas in some oil wells in North China has been analysed. It is considered that there were immediate earthquake precursors prior to the magnitude 5.3 earthquake of Lulong. The anomalous variations were respectively initiated from two to five prior to earthquake in oil wells, such as well No. 647 of Qikou, well No. 11 and No. 12 of Tanggu and well No. 11 of Dazhongwang. The anomalous amplitude increased to 1—3 times higher than that of the normal background level. The sudden changes in which the amplitudes were even fifteen times higher than the level prior to shock, occurred half before the earthquake in the well No. 18 of Tanggu. In the study the emergent mechanism for variations of oil, water and gas status is discussed. It is proposed that the best of observation procedure for examining the tectonic stress of the pusher type well is to determine the pressure of the closed well.