

地震前油井动态变化特征研究

尹志清¹, 杨占宝¹, 张昭栋², 尤少燕¹

(1. 胜利石油管理局地震台, 山东 东营 257027;

2. 山东省地震局, 山东 济南 250014)

摘要: 分析了 1975 年海城 7.3 级、1976 年唐山 7.8 级以及 1989 年大同 6.1 级等地震前后胜利油田油井的动态变化特征. 研究了油井动态异常变化与地震三要素的关系. 地震前油气比的异常幅度比产油量的异常幅度大; 异常幅度与震级的大小呈正相关, 与震中距呈负相关; 对于震中距较远的地震, 异常多表现为突跳变化; 震中距较近的地震前异常出现早, 且形态复杂, 基本可以分为早期趋势变化、中期震荡变化和震前突跳 3 个过程. 最后对异常形成的机理进行了探讨.

主题词: 山东; 异常特征; 映震能力; 油井动态; 胜利油田

中图分类号: TE33⁺1.2; P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)03-0325-04

0 引言

胜利油田位于黄河三角洲地区, 东部和北部面邻渤海. 油田东侧有郯庐地震带, 北部有燕山-渤海地震带, 西部有河北平原地震带. 油田内断裂构造发育. 自 1964 年大规模勘探开发以来, 油田周围先后发生了 1969 年渤海 7.4 级地震、1975 年海城 7.3 级地震和 1976 年唐山 7.8 级等地震和多次中强地震. 目前中国正处于本世纪以来第 5 个地震活跃期, 环渤海地区是“八五”期间确定的中国大陆地区可能发生较强地震的 21 个重点危险区之一, 因此研究胜利油田油井动态变化规律, 分析地震观测井的映震能力, 对于该地区地震的监测预报是十分重要的.

本文分析了上述地震前几口油(水)井的产液量、油气比等参数的动态变化规律, 研究了油(水)井动态与地震要素之间的关系, 并对异常形成的机理进行了初步探讨.

1 油井动态异常震例分析

1975 年 2 月 4 日海城 7.3 级地震前, 垦 55 井产油量在震前 3~4 个月开始出现趋势上升变化, 震前 1 个月出现震荡变化和高值突跳异常(图 1). 在同一时段, 胜 3921 井产油量也有相似变化^[1], 产油量是该井正常产量的 2~3 倍, 见图 1.

1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级大震前, 滨 101 井、滨 111 井和胜 3513 井的产油量和滨 278 井油气比的异常变化特征与海城地震前有相似之处, 即震前 3~4 个月出现趋势上升变化, 同时伴有高值突跳; 震前 1 个月出现峰值和震荡变化, 产油量是正常时的 2~3 倍(图 2); 油气比峰值是正常时的 6~7 倍, 而且出现的时间较早.

1989 年 10 月 16 日山西大同 6.1 级地震前 70 天左右, 滨 532 井、滨 88 井油气比异常变化明显, 表现为高值突跳, 峰值达正常时的 7~8 倍, 异常出现的时间也较早. 滨 88 井产油量也呈现同步变化^[2], 但异常幅度较小, 见图 3.

1991 年 5 月 30 日唐山 5.1 级地震前, 滨 363-7 井和滨 8-15 井产油量在震前 2~3 个月开始出现异常, 异常形态为不对称“M”型, 其中第 2 峰值比第 1 峰值大. 第 2 峰值距主震 15~30 天, 其最高值是正常时的 2 倍左右(图 4).

在 21 口地震观测井中, 桩古 25 井映震效果最好, 多次中强地震前该井产油量均出现异常, 文献[3]对此做了介绍, 本文不再赘述.

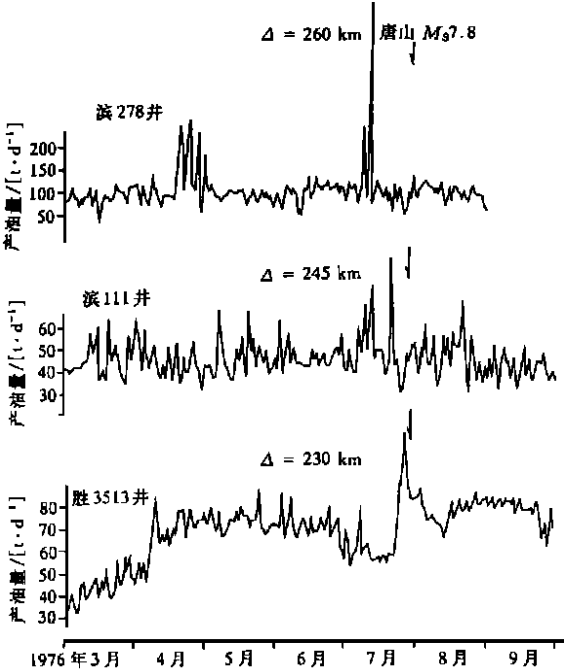


图 2 唐山地震前 3 口油井的产油量变化
Fig.2 Change of oil output of three wells in Shengli oil field before the 1976 Tangshan earthquake.

平均值的 4~7 倍, 异常幅度较大. 海城和唐山 2 次强震前产油量的峰值是平均值的 2~3 倍. 唐山 5.1 级余震前产液量峰值是均值的 1.5~2 倍. 地震前古潜山油藏超深井动态变化比一般的中深井明显, 表现出了较强的映震能力和较高的异常幅度, 见表 1. 油井动态震前异常幅度与地震震级的大小呈一定程度的正相关, 与震中距呈负相关.

大同地震和张北-尚义地震距离观测井较远, 其震前异常表现为简单的突跳变化. 海城和

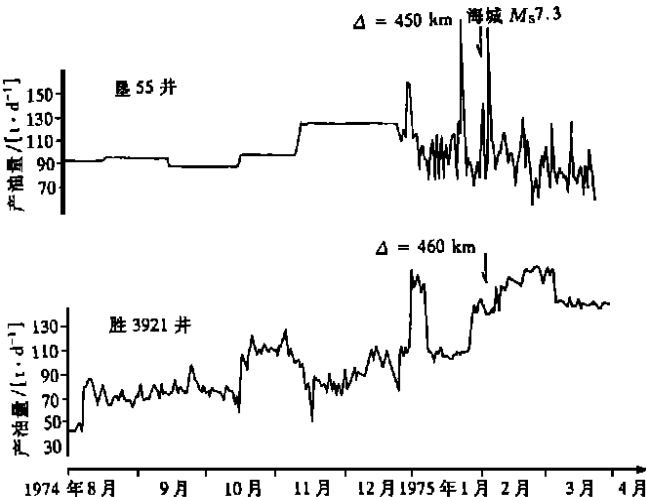


图 1 1975 年海城地震前胜利油田垦 55 井和胜 3921 井产油量变化

Fig.1 Change of oil output of Ken-55 well and Sheng-3921 well in Shengli oil field before the 1975 Haicheng earthquake.

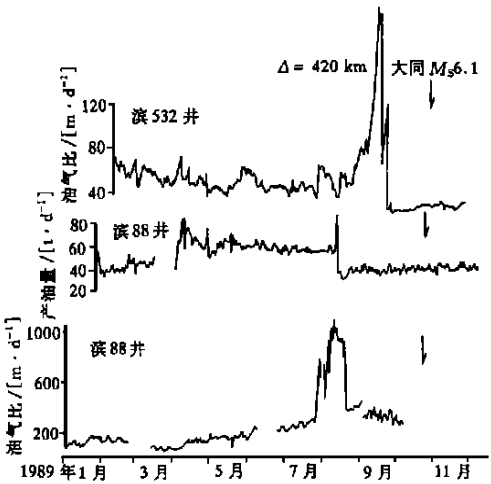


图 3 大同地震前油井油气比和产油量变化

Fig.3 Change of oil output and ratio between oil and gas of oil wells in Shengli oil field before the 1989 Datong $M_s6.1$ earthquake.

不同的观测项目震前异常幅度的差异很大. 在几次中强地震前油气比的峰值是

平均值的 2~3 倍.

地震前古潜山油藏超深井动态变化比一般的中深井明显, 表现出了较强的映震能力和较高的异常幅度, 见表 1. 油井动态震前异常幅度与地震震级的大小呈一定程度的正相关, 与震中距呈负相关.

大同地震和张北-尚义地震距离观测井较远, 其震前异常表现为简单的突跳变化. 海城和

唐山 2 次强震前异常出现的时间较早, 且异常形态复杂, 基本可以分为早期趋势变化、中期震荡变化和震前突跳 3 个过程(图 1、图 2)。同一次地震, 在一个小的区域, 由于受地震影响所承受的应力变化大致是相同的, 反映在油井动态上则表现为异常特征相似。

从出现异常变化峰值至发震的间隔最短的只有 3 天, 最长的 78 天。震前油气比观测资料异常出现的时间较早。

2 油井动态异常的形成机理

影响油井动态异常的因素较多。在封闭条件下, 石油的体积流量数学表达式^[4]为:

$$q^* = \beta^* \pi R h m \frac{dp}{dt}$$
 (1)

式中: R 为供油半径; h 为油层厚度; m 为油层孔隙度; $\frac{dp}{dt}$ 为地壳应力作用于油层时的孔隙压力随时间的变化率; q^* 为石油的体积流量; β^* 为油层的压缩系数。

$$\beta^* = (1 - m) \beta_1 + m \beta_0$$
 (2)

其中: β_1 和 β_0 分别为油层岩石和石油的压缩系数。

由上述公式可以看出, 石油的体积流量和井孔控制油层弹性岩石孔隙体积 V 成正比 ($V = \pi R^2 h m$), 是影响油井异常大小的重要因素。由于油井控制油层弹性岩石孔隙体积有较大差别, 因此不同的油井在同一震源应力场的作用下的石油体积流量有显著的差异。

当井孔控制油层的弹性岩石孔隙体积 V 和 $\frac{dp}{dt}$ 一定时, 石油的体积流量和油层压缩系数成正比关系。由于各井油层压缩系数不同, 因此, 各井产量及相关的生产动态参数的异常变化不同。

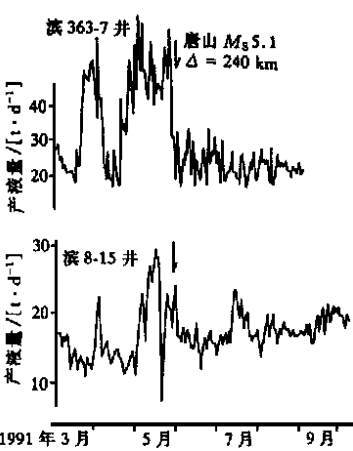


图 4 1991 年唐山 5.1 级地震前 3 口油井的产液量变化

Fig. 4 Change of fluid output of three wells in Shengli oil field before the 1991 Tangshan Ms5.1 earthquake.

表 1 地震前油井动态变化统计表

地震	井号	观测项目	平均值	异常峰值	峰值/ 平均值	峰震间隔 / d	观测段深度 / m
海城 7.3 级	垦 55	产油量	95 t	219 t	2.3	10	1 825.00
	胜 3921	产油量	86 t	182 t	2.1	35	2 242.80
唐山 7.8 级	滨 101	产油量	50 t	141 t	2.82	9	1 869.00
	滨 111	产油量	45 t	90 t	2.00	8	2 318.00
	胜 3513	产油量	38 t	112 t	2.95	3	2 176.00
	滨 278	油气比	85	566	6.65	17	1 549.40
大同 6.1 级	滨 88	产液量	60 t	90 t	1.50	78	2 063.00
	滨 88	油气比	150	1 090	7.27	72	2 063.00
	滨 532	油气比	50	208	4.16	42	1 458.00
唐山 5.1 级	滨 363-7	产液量	18 t	30 t	1.67	15	2 375.00
	滨 8-15	产液量	33 t	65 t	1.97	28	2 156.00
张北 6.2 级	桩古 25	产液量	25 t	108 t	4.3	76	4 295.75

石油是一种富含气体的流体。在油层中一定压力条件下气体溶于石油之中。石油从油层经井底到井口的流动过程是压力不断下降的过程。当井中某处的压力等于饱和压力时, 气体开始

从石油中逸出. 由于气体密度小, 上升速度快, 气体直接顶托石油或在气体膨胀上升过程中与石油摩擦并携带石油上升. 显然, 在压力相同的情况下, 单项油流产量异常低于油气二项混合异常. 气体起到了放大异常的作用.

3 结语

地震前油井动态异常反映了地下油层的应力变化. 油气同层生产井映震能力较强.

在震前根据油井异常变化形态和出现的时间以及异常的幅度可以对地震的三要素做出一定程度的预报.

油(水)井观测网中的观测井大部分是油田正常生产井, 来自油田采油工程方面的干扰因素较多, 如注水方案的调整、泵效降低、出砂、作业等都会影响产油量、产液量的变化, 因此, 在资料分析过程中应尽可能地及时排除干扰, 以提取震前地下油(水)层应力应变的可靠信息.

[参考文献]

- [1] 刘元生, 林志芳, 王六桥, 等. 全国油井动态震例资料汇编[J]. 地震研究, 1987, 10(增刊): 51—118.
- [2] 徐绍文. 地震前油井动态异常变化分析[A]. 见: 油田地震信息监测研究与应用[C]. 北京: 地震出版社, 1995. 16—21.
- [3] 杨占宝, 周斌, 张英凯, 吴春华. 桩古 25 井映震效能分析[J]. 西北地震学报, 2000, 22(3): 258—260.
- [4] 童宪章. 油气田开发与开采的研究方法[M]. 北京: 中国工业出版社, 1963. 69—98.

A STUDY ON ANOMALOUS CHARACTERISTICS OF DYNAMIC OF OIL WELLS IN SHENGLI OIL FIELD BEFORE STRONG EARTHQUAKES

YIN Zhi-qin¹, YANG Zhan-bao¹, ZHANG Zhao-dong², YOU Shao-yan¹

(1. *Seismic Station, Shengli Oil Administrative Bureau, Dongying 257027, China;*

2. *Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014, China*)

Abstract: Anomalous characteristics of dynamic of oil wells in Shengli oil field before the 1975 Haicheng $M_S 7.3$ earthquake, the 1976 Tangshan $M_S 7.8$ earthquake and the 1989 Datong $M_S 6.1$ earthquake etc. are analysed. Relationships between anomalous changes of dynamic of oil wells and origin time, place and magnitude for a coming earthquake are studied. Anomalous amplitude of ratio between oil and gas is larger than that of oil output of oil wells. The larger the anomalous amplitude, the larger the magnitude of coming earthquake. The shorter the epicentral distance, the larger the anomalous amplitude. The anomalies before earthquakes distant from the oil wells is a shape of sudden jump. The anomalies before earthquakes near by the wells arise more early with a complicated shape, which can be divided into early term trend change, mid-term vibrant change and sudden jump before earthquake in the main. Finally, mechanism of the anomalies is discussed.

Key words: Shandong; Anomalous character; Reflecting earthquake ability; Dynamic of oil well; Shengli oil field