

# 强震前油井动态异常特征的初步分析

刘元生<sup>1)</sup> 王六桥<sup>2)</sup> 张德元<sup>3)</sup>  
邹泉生<sup>4)</sup> 佟武<sup>5)</sup>

## 摘 要

本文介绍了我国几次强震前油井动态异常的震例资料,初步总结了强震前油井动态异常特征,认为利用油井动态异常进行地震预报探索是一种有希望的前兆方法。

## 一、引 言

近十几年来,我国经历了多次强震袭击,在收集总结的大量复杂多样的地震前兆现象中,油井动态异常以其变化显著而引起注目。资料表明,在我国东北、华北和西北地区发生的6级以上强震及某些中强地震前后,震中附近油田经常出现大量正常生产中罕见的油井动态(油、气、水)异常,主要表现为:废油井突然自喷;油井产油量突发性的倍增;油井压力、油井含水量、油气比和油田开发区内的水井水质、水位等多项油井动态观测参数的异常变化,资料十分丰富。地震工作者和石油部门的技术人员及时注意到这些异乎寻常的现象,不同程度地开展了分析研究工作。

本文汇集了近年来6级以上地震前油井动态异常的震例资料<sup>6)</sup>,并包括油井动态与地震关系研究课题清理攻关工作中总结的部分震例资料,按统一标准作了初步筛选,分析讨论了强震前油井动态异常特征。前兆异常阶段的划分,采用了华北地区地震综合预报清理攻关工作提出的标准:震前10天内发生的为临震异常、震前10天至6个月出现的为短期异常、震前半年以上的为中期异常。

地震前油井的动态异常要排除油田开发因素和各种人为因素的干扰,一般情况下,在油井投产初期靠自然能量生产,产油量有个较稳定的阶段;随着开采时间的延长,油井产油量和压力会逐渐递减,这种下降趋势属正常变化;某些处于注水开发条件下的油井产油量也有一个相对稳定的见效过程。此外在油井正常生产的背景下,油井产油量和压力参数都有个幅度不大的随机波动范围。这种正常生产背景和波动范围是可以识别的。在开发条件相对稳定,地震前后没有进行任何工艺措施的情况下,油井产油量等动态参数出现了难以解释的变化则属异常。根据这样的原则,清理中选取的油井主要考虑:靠自然能量生产的油井、油田边缘井、处于独立断块上的单井、油田开发区外的“废油井”和排除了人为因素影响后注水

1) 山东省地震局, 2) 国家地震局滇西试验场办公室, 3) 大港油田地震办公室, 4) 胜利油田地震办公室, 5) 辽河油田地震办公室

6) 山东省地震局等, 全国油井动态与地震关系研究学术讨论会论文集编委会编, 1982。

开发区的油井。在分析清理资料中征求了油井管理人员的意见，确认了资料的可靠性。

## 二、资 料

### 1. 1975年2月5日海城7.3级地震

海城地震发生在辽河油田附近，油田生产受到较大影响，部分生产设施损坏。这次地震的异常井孔分别出现在辽河、大港、胜利油田。

(1) 异常井孔的空间分布。海城地震前有动态异常的井孔共 8 口，其中处于震中区附近 100 公里范围内的异常井有 4 口，均属辽河油田，热 10—6 井距震中仅 30 公里；处在外围区大港和胜利油田的异常井有 4 口，震中距可达 460 公里。

8 个异常井孔分别位于油田一、二级断裂附近或多条断裂的交汇部位。胜利油田的异常井出现在陈北断裂和胜北断裂附近，大港油田的异常井位于南大港断裂附近，辽河油田的 4 个异常井出现在油田内的二级断裂附近。有的井孔则穿过断层。(图 1，表 1)。

(2) 异常项目。有异常变化的油井动态参数有产油量、流压和油田开采区水井水质三项，以油井产油量表现较突出，8 口异常井中 7 个井孔出现产油量异常变化。

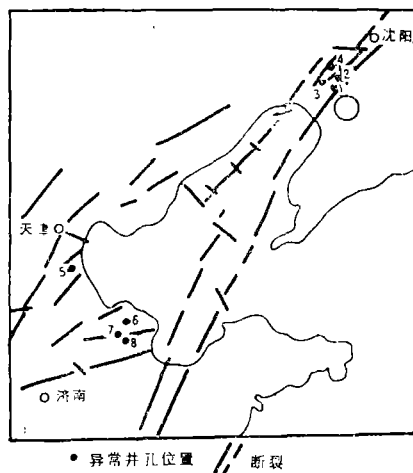


图 1. 海城地震异常油井位置

表 1 1975年海城7.3级地震油井动态异常情况

序号	井 号		井深 (米)	井 孔 位 置		异 常 阶 段			变 化 幅 度			备 注
				震中距 (公里)	构造部位	中期	短期	临震	产油量	压 力	其他参数	
1	辽河油田	热10—6	2171	30	穿过东西向断层		66天		4吨/日增至80吨/日	流压116.8升至130大气压	总矿化度由582毫克/升变至3500毫克/升	抽油变自喷
2		兴—5	1867	80	穿过北东向断层		117天		2吨/日增至46吨/日			
3		兴—412	1960	80	穿过东西向断层		39天		35吨/日增至118吨/日			
4		兴水 1	942	80	北东向断裂附近	约一年						
5	大港油田	歧50	2611	420	南大港断裂附近		25天		170吨/日降至70吨/日			
6	胜利油田	垦55	1848	420	陈北断裂北侧		7个月		80吨/日增至120吨/日			自喷井
7		8—21	2010	460	胜北断裂南侧		6个月		50吨/日增至80吨/日			
8		9—21	2030	460	胜北断裂南侧		7个月		40吨/日增至160吨/日			

(3) 异常出现阶段与变化幅度

中期异常：地震发生前六、七个月，震中外围区的胜利油田垦55、8—21、9—21三个油井，在未采取任何增产措施的情况下，产油量改变其递减的规律，呈趋势性增加。垦55井由原来日产80吨左右，震前上升到日产120吨，产油量增加50%；8—21井产油量由50吨/日，震前增加到80吨/日，增产60%；9—21井产量增加较多，由40吨/日，震前增加到160吨/日，产量增加3倍。8—21井和9—21井相距较近，产量变化趋势相似。这些井在海城、唐山地震后，产油量恢复了正常递减的变化规律。三口油井产量的这种趋势性增加可能属于海城地震的中期前兆异常（图2a）。

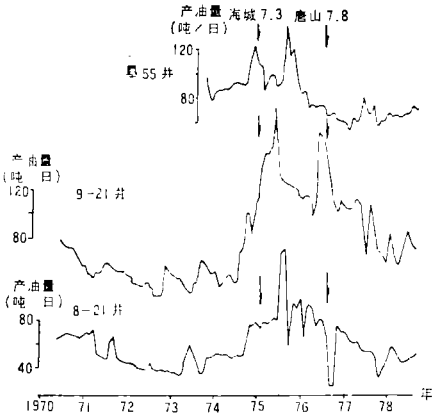


图2a. 海城、唐山地震胜利油田油井动态变化

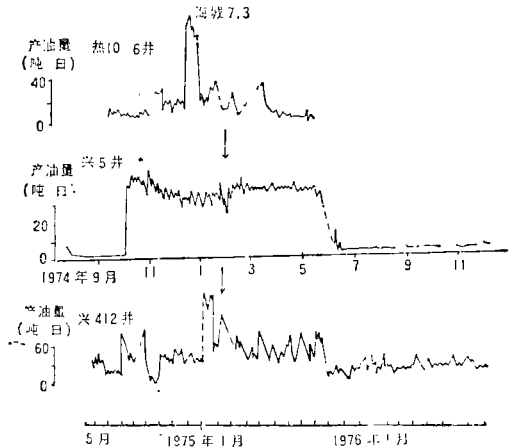


图2b. 海城地震辽河油田油井动态变化

辽河油田兴水1井原来是油区生活用水井，水的总矿化度为582.7毫克/升，含水层系上第三系馆陶组。1974年2月水质改变，由无色透明变成浅黄、深黄色，并有硫化氢气味，PH值从7.5变成5—6，总矿化度变为1300毫克/升，1974年12月28日总矿度达3300—3500毫克/升。调查结果是井孔套管破裂，上部明化镇组地下水（总矿化度20000毫克/升）与下部馆陶组地下水发生串层，形成混合水所致。套管破裂则可能是地震前震中区应力场变化造成的。

短期异常：异常出现在震前25天至117天，变化突出，动态曲线表现为大幅度突跳。

辽河油田热10—6、兴—5和兴—412井的产油量短期突发性上升，增产2—20倍，增产幅度大大超过正常情况下的随机波动范围。大港油田歧50井产油量的短期变化则表现为大幅度下降。（图2b、c）。

2. 1976年7月28日唐山7.8级地震

唐山地震前出现异常的井孔较多，资料丰富，我们仅选取了大港、华北、胜利、辽河油田的21个井孔资料。

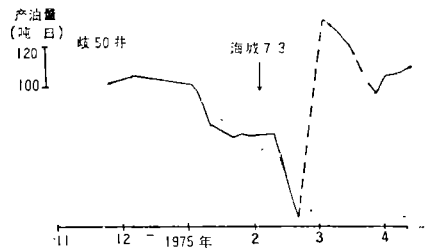


图2c. 海城地震大港油油井动态变化

(1) 异常井孔的空间分布。大港油田距震中区较近，4个异常井孔都在震中距150公里范围内，板15井距震中仅90公里。华北油田彰1井距震中130公里。震源外围区胜利油田

有13个异常井，震中距平均250公里。辽河油田3个异常井孔震中距近400公里。

异常井孔位置与油田主要构造关系密切，且有沿活动断裂分布并相对集中出现的情况。大港油田异常井孔分布在油田内或邻近区的大张坨断裂、沧东断裂、羊二庄断裂和南大港断裂等主要断裂附近。胜利油田的异常井孔位于该油田的陈北断裂、胜北断裂及林樊家断裂附近。需要指出的是胜利油田滨南油区有6个异常井，胜利油区出现4个异常井，这些井孔距离近，分布集中（图3、表2）。

（2）异常项目。有异常的动态观测参数较多，除产油量变化最明显外（21个异常井中15个是产油量变化），还有地层压力、套压、油气比、含水量和油区水井水位异常等6项（表2）。

大港油田青县小牛庄废油井和华北油田任邱县郑1废油井的自喷现象尤为突出。小牛庄井和郑1井成井后因无开采价值被弃置，小牛庄井远离采油区，郑1井地处油区边缘以外，均无生产因素干扰。唐山地震前42天和8天两个废油井分别出现了前所未有的自喷现象，油柱高达20米并伴有巨大声响。在郑1井喷油的同时，与该井相距约50米的一口民用机井也发生井水外溢现象，表现了较好的同步变化。

辽河油田兴水1井在海城地震前水质改变后，被改造成为水位观测井，1976年5月14日即唐山地震前74天，水位观测出现突跳变化，固体潮形态发生畸变。

### （3）异常出现阶段与变化幅度。

中期异常：出现中期前兆的井孔分布在距震中200公里外的胜利油田和辽河油田，异常表现为产油量和地层压力的上升。

胜利油田的垦55、8—21和9—21井产油量变化曲线与1975年海城地震前趋势性上升变化相连。

辽河油田兴5井产油量在唐山地震前6个月由2吨/日再次上升到37吨/日，因油田采取放喷措施，产油量曲线表现为一次突跳变化。兴201井地层压力在震前7个月改变其逐年下降的形态，1976年扭转成趋势性上升，地层压力由127个大气压升到136个大气压。

短临异常：短临前兆在震中区和外围区的4个油田都有发现。震前6个月内的短期异常井孔14个，临震前10天内出现异常的井孔3个，油井动态异常曲线表现为大幅度突跳，大大超出正常状态下的波动范围，异常明显，容易识别（图4）。

大港油田板15井和庄9—13井是地层压力和套压的短期变化，上升幅度分别为19个大气压和27.9个大气压。歧5井产油量在震前11天出现突跳上升变化，由日产10吨上升到日产50吨，增产4倍。大港油田小牛庄井和华北油田郑1井由废油井突发性喷油。

胜利油田义17、义11、滨88、滨101、滨102、滨111、5—13、9—21、9—29井为产油量震前5—119天出现的短临突跳上升变化，增产幅度可达30%—7倍，地震前兆信息明显，

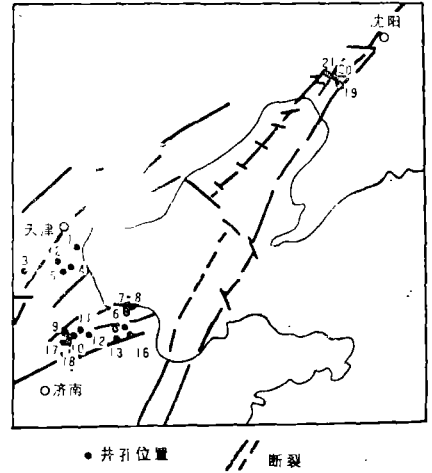


图3 唐山地震异常油井位置

表2 1976年唐山7.6级地震油井动态异常情况

序号	井号	井深 (米)	井孔位置		异常阶段			变化幅度			
			震中距 (公里)	构造部位	中期	短期	临震	产油量	压力	其他参数	
1	大港油田	板15	2750	90	大张坨断裂附近		61天		废油井喷油	地层压力由183升至202大气压	
2		小牛庄	2601	125	沧东断裂附近		42天				
3		庄9—13	1620	130	羊二庄断裂附近		28天				
4		歧5	2142	130	南大港断裂附近		11天	10吨/日增至50吨/日			
5	华北油田	郑1	3185	130	穿过郑州断裂		3天		废油井喷油		
6	胜利油田	义47	2939	230	陈北断裂北侧		119天		130吨/日增至170吨/日	地层压力由215升至230大气压	
7		义11	2906	230	陈北断裂北侧		5天	75吨/日增至90吨/日			
8		垦55	1848	235	陈北断裂北侧	二年		80吨/日增至140吨/日			
9		滨88	2073	240	林樊家断裂南侧		69天	30吨/日增至56吨/日			
10		滨101	1948	240	“		30天	50吨/日增至141吨/日			
11		滨102	2166	241	“		89天	60吨/日增至175吨/日			
12		滨111	2318	245	“		16天	40吨/日增至90吨/日			
13		5—13	1934	250	胜北断裂附近		6天	50吨/日增至112吨/日			
14		8—21	2012	251	“	二年		50吨/日增至140吨/日			
15		9—21	2023	252	“	二年	89天	45吨/日增至160吨/日			
16	田	9—29	1984	254	“		68天	10吨/日增至80吨/日	油气比75方/吨变为259方/吨		
17		滨278	1549	260	林樊家断裂南侧		100、18天				
18		滨285	1490	260	“		13天			含水量30%变为75%	
19	辽河油田	兴水1	942	380	北东向断裂附近		74天		2吨/日增至37吨/日	水位变化幅度1米	
20		兴5	1867	380	断裂交汇部位	6个月					
21		兴201	1586	380		7个月					地层压力由127大气压上升到136大气压

信噪比高。胜利油田9—21井在海城地震后曾出现日产160吨的峰值，其后产量有所下降，维持在每日100吨以上的异常水平；1976年5月初产油量出现第二次突跳性上升，达到160吨/日的峰值，震后波动下降，1978年后恢复至原正常水平。9—21井产油量异常变化曲线是油井动态前兆较典型的情况。胜利油田滨278井油气比震前出现两次突跳变化，第一次是震前100天由75方/吨上升到259方/吨，第二次在震前18天再次发生突跳变化，恢复正常值后发生唐山地震。胜利油田滨285井含水量在震前13天出现突跳变化，由6月份平均含水量为30%上升到75%，恢复正常后发震。

(4) 重复性异常变化。胜利油田垦55、8—21和9—21井，辽河油田兴5井在海城地震、唐山地震前分别发生相似的异常变化形态，表现了异常的重复性。

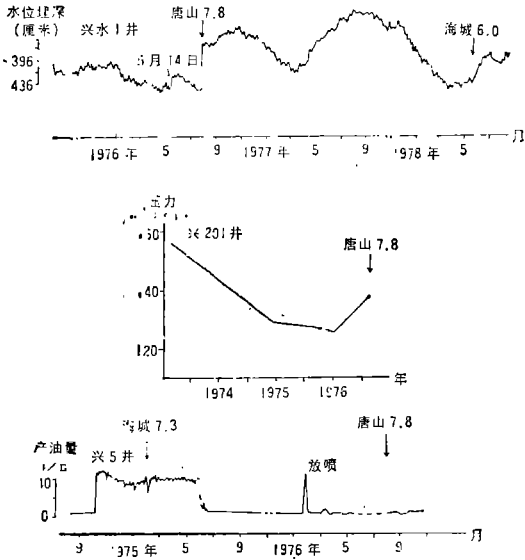


图 4 (a) 唐山地震辽河油田油井动态变化

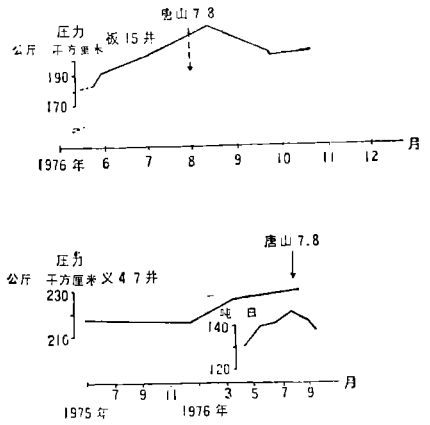


图 4 (b) 唐山地震大港、胜利油田油井动态变化

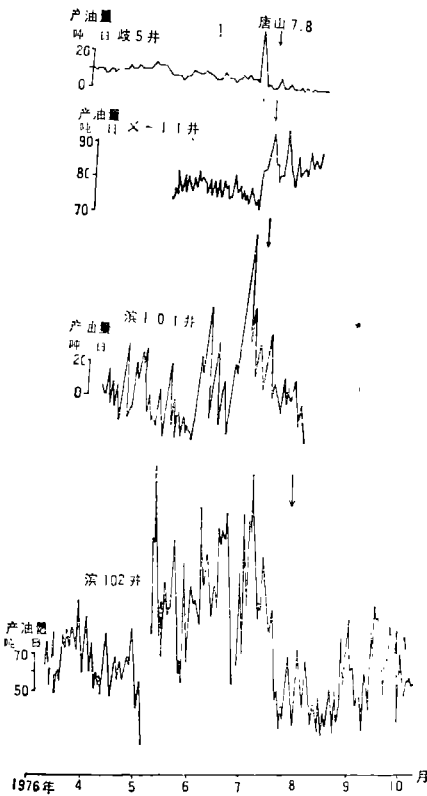


图 4 (c) 唐山地震胜利、大港油田油井动态变化

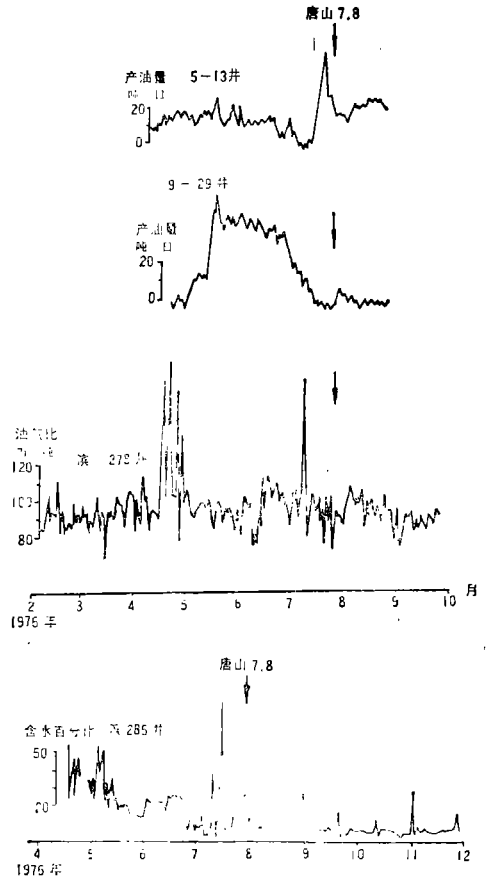


图 4 (d) 唐山地震胜利油田油井动态变化

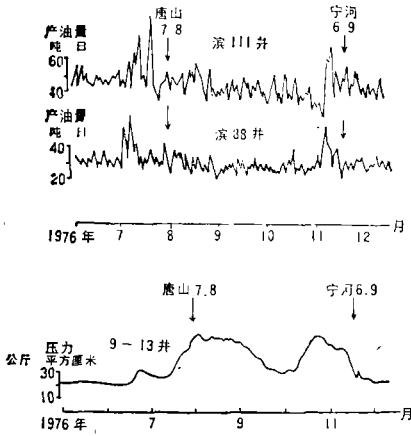
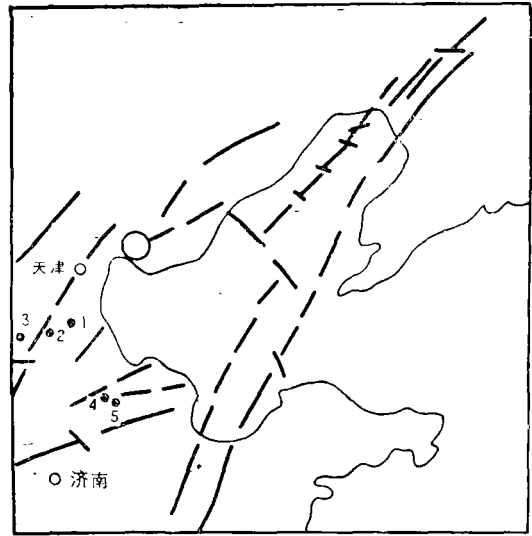


图4(E) 唐山、宁河地震胜利油田油井动态变化



● 井孔位置    // 断裂  
○ 震中  
图5 宁河6.9级地震异常油井位置

3. 1976年11月15日宁河6.9级地震

震前在大港、华北和胜利油田有5个井孔出现异常(图5)。主要异常项目仍是废油井喷油和产油量大大幅度增加,大港油田9—13井出现油井套压的上升变化(表3)。

表3 1976年宁河6.9级地震油井动态异常情况

序号	井号	井深(米)	井孔位置		异常阶段			变化幅度			备注
			震中距(公里)	构造部位	中期	短期	临震	产油量	压力	其他参数	
1	大港油田 9—13	1620	70	辛二庄断裂附近		37天		废油井二次喷油	套压由30升至52大气压		
2	小牛庄	2601	70	沧东断裂附近		68天	8天				
3	华北油田 郑1	3185	75	穿过郑州断裂			5天	废油井喷油			
4	胜利油田 滨88	2073	180	林堡家断裂南侧			7天	30吨/日增至41吨/日			
5	滨111	2318	181	“			8天	10吨/日增至65吨/日			

5个井孔的异常都属短临前兆。

异常变化具有较好的重复性,5个井孔都是在唐山地震前出现第一次短临异常后,在宁河地震前又出现第二次异常变化,且异常形态相似。宁河地震的震级比唐山地震小,异常幅度相对也较小(图4d、E)。这种异常现象是很有意义的。

4. 1978年5月18日海城6.0级地震

这次地震的两个异常井都位于震中区附近的辽河油田范围内,均属短临前兆变化。

于11井距震中20公里,井深2620米。1976年以来产油量呈下降趋势,日产量约20吨。1976年12月该井产油量曾有一次大幅度涨落,但无地震对应。1978年5月15日(震前3天)产油量再次突跳上升,日产量由24吨增加到77吨,震后直到9月中旬产量恢复震前水平。震前该井油压由1.5上升到16个大气压,套压由40上到70个大气压。

大1井距震中20公里,井深1864米。1978年初以来日产油量平均为35吨,4月9日(震

前40天) 产油量大幅度上升, 日产量达95吨, 震后至6月末产量才恢复正常(图6)。

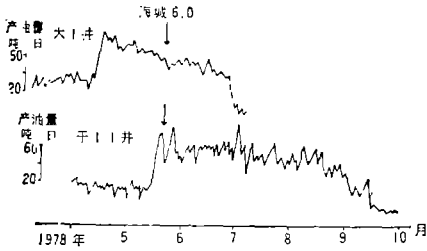


图6 1978年海城6.0级地震辽河油田油井动态

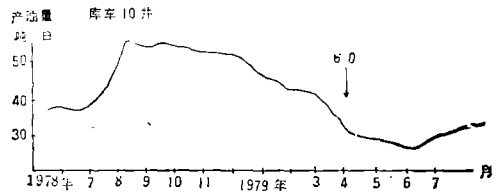


图7 a 1979年3月29日库车6.0级地震库车10井产油量变化

### 5. 1979年3月29日库车6.0级地震

1979年新疆库车6级地震发生在库车油田附近, 地震发生前9个月距震中40公里的库车油田10号油井产油量开始出现趋势性上升, 由1978年6月前日产量35吨, 到8月中旬达到55吨/日, 产量增加幅度为60%, 其后产油量逐渐下降, 在恢复过程中发震(图7 a)。

库车10井产油量与附近地区1977年7月23日库车5.4级地震也有过对应关系(震中距15公里), 震前油井7月初抽油生产, 日产油量不足2吨, 无自喷能力。7月10日产油量突然上升到9.25吨。7月21日开始自喷, 日产量为10.29吨。地震当天产量最高达12.46吨, 震后停喷, 抽油生产日产量下降到9—11吨(图7 b)。

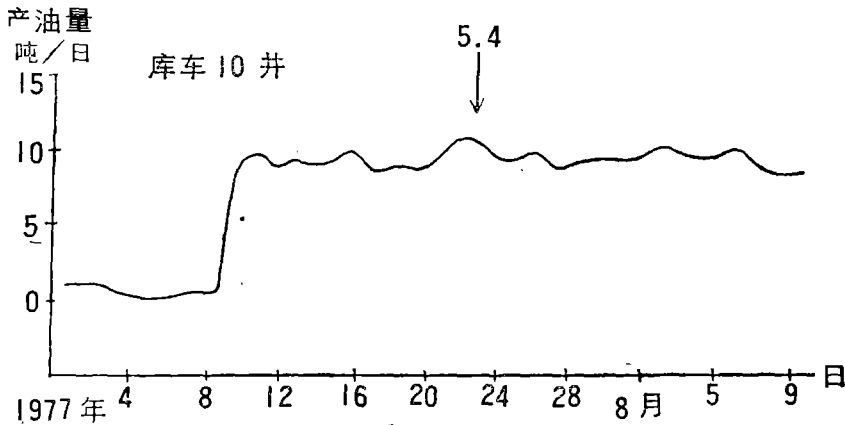


图7 b 1977年7月23日库车5.4级地震库车10井产油量变化

## 三、强震前油井动态异常特征

分析上述震例资料, 可以看出强震前油井异常具有以下特征:

1. 强震前多种油井动态参数出现异常变化, 油井产油量和废油井喷油是最突出的异常现象, 油井压力、产气量、含水量、油气比、水位、水化学成分等动态观测项目亦有不同程度异常显示。



2. 异常绝大多数发生在震前6个月内,属突发性短临异常;震源外围区少数井孔可有中期趋势异常;个别井孔既有趋势性变化又有突发性短临变化。

3. 异常变化幅度大,表现明显,资料信噪比大,可信度高;产油量、压力异常曲线以突跳上升变化为主,是油井动态典型的异常形态;少数油井产油量变化表现为下降异常。

4. 油井动态异常展布的范围与地下水异常有相似的特点,比同一地震其他前兆异常的范围较大。如海城、唐山地震其他前兆异常一般相对集中在距震中200公里范围内,但有相当数量的油井动态异常井孔分布在震中距400—500公里的区域里。异常井孔多位于油田主要断裂附近或几条断裂的交汇部位。

5. 油井动态异常的重现性较好,部分油井在不同地震前有形态相似的异常变化。异常井孔在某个地区有集中出现或沿构造条带状分布的现象。这些重复出现异常变化的井孔和异常井孔集中出现的地区,可能是反映区域应力场变化的敏感区。

6. 油井动态异常井孔的数量和分布范围与地震震级有关,震级大的地震,出现油井动态异常的井孔较多,且分布范围较大。但震级与异常幅度的关系不明显。

#### 四、结 语

总之,油井产油量、压力等参数的异常变化,反映了含油层在外力作用下岩石孔隙—裂隙体积的变化。在地震孕育过程中,震中附近地区油田含油层在压应力作用下,孔隙压力升高,油层能量得到加强,油井动态表现为产油量增加和油井压力参数的上升变化;在应力加强达到一定程度,油层将产生裂隙,这时油层的流通条件发生变化,还会使油井含水量、油气比等出现异常变化。地震发生后,外力作用迅速消失,油层能量下降,产油量和压力参数也就恢复到正常时的水平。

由于油井动态观测一般较少受到地表水文因素和气象因素的影响,又排除了油田开发条件变化的干扰(开采规律保持相对稳定),而且储油构造圈闭性好,应力应变效应转化为孔隙压力的效率高,因而较一般地下水观测具有更大的优越性,利用油井动态进行地震预报探索是一种有希望的前兆方法,尤其对于短临预报可能有特殊的意义。

#### 参 考 文 献

- 〔1〕王六桥、李善四,震前油井自喷现象,地震战线,3,1978。
- 〔2〕胡长和,唐山大地震前度油井自喷,地震战线,2,1979。
- 〔3〕张德元、赵根锁,唐山地震前后渤海地区油井动态异常变化,地震学报,3,1983。
- 〔4〕吴振林、佟武、刘安登、邹泉生、张德元,渤海湾地区油、水井异常与地震的关系,石油学报,1,4。
- 〔5〕王六桥、李善四,强震前油井自喷、井水上涌的现象和机制,国际地震预报讨论会论文集,地震出版社,1981。
- 〔6〕梅世蓉,中国大陆地震的短临前兆,大陆地震活动和地震预报国际学术讨论会论文集,地震出版社,1982。
- 〔7〕王万青,油水井异常与唐山地震,地震战线,4,1980。
- 〔8〕刘元生、邹泉生、李金泉、张天庆,油井产量的临震变化,地震战线,2,1980。
- 〔9〕梅世蓉等,一九七六年唐山地震,地震出版社,1982。
- 〔10〕朱凤鸣、吴戈,一九七五年海城地震,地震出版社,1982。
- 〔11〕王道等,新疆某些地震前地下水动态异常特征分析,西北地震学报,2,1985。

A PRELIMINARY ANALYSIS OF ANOMALOUS  
CHARACTERISTICS OF OIL WELLS BEFORE STRONG  
EARTHQUAKES

Liu Yuansheng Wang Liuqiao Zhang Deyuan

Zou Yongsheng Tong Wu

**Abstract**

In this paper some data of dynamic anomalies of oil Wells before strong earthquake in China are introduced. The characteristics of dynamic anomalies of oil wells before strong earthquake are analysed and summed up. We believe that using the dynamic anomaly of oil well to predict earthquake may be a promising method.