

华北地震科学 第3卷 增刊1

NORTH CHINA EARTHQUAKE SCIENCES Vol. 3 Supplement 1

油井动态与地震文集

1985

《华北地震科学》编委会编辑

前 言

七十年代以来,在我国华北及其海域先后发生了渤海、海域、唐山等三次强震,震前毗邻震中区的油田,部分油井(油、气、水)出现了引人注目的动态变化异常;如有的废油井突然自喷,有的采油井产油量数倍乃至十数倍的增加……,而震后逐渐恢复正常。这些罕见的现象启迪并推动了地震工作者去探索油井动态异常与地震孕育之间存在着怎样的相关关系?由此,在地震预报领域中又开辟了一条新的研究途径。

唐山地震后,我国地震活动趋于平静,但五至六级的中强地震时有发生,如海城的六级强余震;唐山的中强余震;四川、新疆地区的中强地震;菏泽5.9地震等,在这些中强地震前,附近地区油田的油井(油、气、油)动态异常仍然表现的很突出,重现性较好。我国大华北地区油田广为分布,而且又是遭受地震灾害较为严重的地区,因此,发挥油田优势,加强震前油井动态异常变化的研究,就势在必行了。

1978年石油部召开了渤海湾地区油田利用油水井异常进行地震监测经验交流会。会后组成了由辽河、大港、胜利等油田同志参加的编写组,总结编写了“油水井异常与海城、唐山地震的关系”一文。

为了加强华北地区震情监视工作,为四化建设服务,1982年10月国家地震局委托山东省地震局,国家地震局分析预报中心、河南省地震局在青岛联合召开了《油井动态(油、气、水)与地震关系学术讨论会》,邀请石油部、地质部有关单位参加,与会代表介绍了工作情况,宣读了有关学术论文,并决定加强两部门之间的协作,开始有计划、有组织地开展这一课题的研究工作。会后整理编印了“全国油井动态与地震关系学术讨论会论文摘要汇编”,收集了在会议上交流的三十二篇论文摘要。

1983年6月,国家地震局科技监测司在九江召开了地下水清理攻关工作会议。会议把油井动态与地震关系研究课题做为地下水清理攻关的一个重要内容,并决定由原新疆地震局王六桥、山东省地震局刘元生为课题负责人,课题挂靠在山东省地震局。同年8月课题组在烟台举办了由部分油田地震办公室和省地震局从事油田动态分析人员参加的培训班,请华东石油学院教师和有经验的地震工作人员较系统地讲授了石油地质学和采油工艺方面的基础知识及油井动态与地震关系研究方面的专题讲座。由于这是一个多学科相互交叉渗透的领域,吸引了不少有志之士。

1984年国家地震局科技监测司和石油工业部科学技术司联合发文,具体安排布置了油井动态与地震关系研究课题清理攻关工作,有力地促进了工作的进展。在两个部门领导和有关专家的大力支持下,科技工作者密切配合、相互协作,取得了课题清理攻关的丰硕成果。

1982年以来参加这一课题研究工作的单位有石油工业部油田开发研究院、大庆油田、胜利油田、辽河油田、大港油田、华北油田,中原油田;地质矿产部江苏石油地质大队;国家

地震局地球物理研究所、地质研究所、分析预报中心、兰州地震研究所、武汉地震研究所、辽宁省地震局、天津市地震局、河北省地震局、河南省地震局、江苏省地震局、四川省地震局、新疆地震局、云南省地震局、山东省地震局共廿二个单位的同志。

1985年5月，国家地震局科技监测司在成都召开了全国油井动态与地震关系研究学术交流会，总结清理攻关工作的成果，会上，除有关地震预报研究内容外，一些地震工作者还介绍了承担石油生产中有关科研课题工作情况，进一步促进了国家地震局和石油工业部的协作，也为课题研究注入了新的活力。成都会议收到各单位的论文、报告四十二篇，在会上宣读了三十五篇。为了向国内外介绍我国油井动态与地震关系研究的进展，会议决定出版“油井动态与地震”论文集，并成立了编委会负责文集的编审工作。

本书涉及内容比较广泛、资料丰富，较全面地反映了我国油井动态与地震关系研究工作的进展和取得的成果，对地震预报研究和油田开发有一定意义。

本书内容除前言与综述外，分列了三个专栏，即：油井动态地震前兆；油井动态地震前兆机理；地震学方法在油田开发中的应用。

由于编辑水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

《油井动态与地震》文集编委会

1985年12月

目 录

前言

油井动态与地震关系研究进展.....刘元生 王六桥(1)

一、油井动态地震前兆

胜利油田油水井动态异常与地震关系的研究.....邹泉生 张天庆(6)

塘沽地区石油深井油气动态异常分析.....杨国军 钱立信 王安滨(13)

菏泽5.9级地震前后的油井异常.....王万青(19)

河间马₁₇井动水位观测地震前兆反映初探.....姜 涛(24)

四川德阳白参天然气深井水位突降与地震的对应关系.....李介成 刘盛利(29)

1984年辽宁营口3.9级地震与油水井动态异常张金栋(33)

强震前油井动态异常特征的初步分析

.....刘元生 王六桥 张德元 邹泉生 佟 武(36)

二、油井动态地震前兆机理

利用喷涌型地下水位异常的资料反演震前局部应力场的快速变化

.....王六桥 李善因(46)

喷涌型地下水异常前兆虚报一例及其真伪前兆判别标准初探.....王六桥 李善因(52)

油田注水和采油的压力变化对承压水位的影响.....张昭栋 刘元生 丁仁杰(57)

任丘油田地下液体流动情况与地震活动的关系.....吴宣 刘一鸣(63)

注水诱发微破裂的观察.....刘一鸣 李自强 刘子晋(70)

岩石中的孔隙流体.....陈 颢(77)

三、地震学方法在油田开发中的应用

试论大庆油田高压注水所起的作用.....李自强 高阿甲 刘建中(80)

水力压裂求地应力在大庆油田的应用.....刘子晋(87)

产油井套管变形的一种可能解释.....王六桥(95)

声波测井在地下流体动态研究中的应用.....吴少武(100)

任丘油田地质构造与注水诱发地震.....张德元 赵根模(104)

(本文集题字 丁国瑜)

油井动态与地震关系研究进展

刘元生

王六桥

(山东省地震局)

(国家地震局滇西地震预报实验场办公室)

地震前后油井动态的异常变化是指油井观测系统内油、气、水动态偏离其长期平均状态的变化。这种变化的起因源于地震活动(孕震、发震及震后地应力调整)。一切非震因素引起的油井动态变化统称为干扰,这些要予以排除。研究地震引起的油井动态变化,特别是地震前油井动态的变化的目的,主要在于提取前兆信息,以便预报未来地震时、空、强三要素,同时还在于提取震源信息,积累有关地震孕育过程的科学资料。油井观测系统包括观测层位、井孔、仪器,它与地下水观测系统的区别在于前者的观测层是承压圈闭的油、气、水层,地下水的观测层位有的是潜水层,有的是承压非圈闭或圈闭性较差的含水层。一般认为地下流体所在层位的圈闭性愈好,该层位上有应力应变活动时,在孔隙压力作用下,井孔内的压力、液位或流量变化的幅度愈大;另一方面,储液层圈闭性愈高,从时间域上看,它接受应力、应变效应的频带愈宽。因而油井动态观测的动力学效应要优于地下水观测。某些地区,那些无开采价值的小的储油构造上的油井是十分理想的地震观测井。

另一方面,由于大规模的开采石油和天然气,引起地下流体的运移(包括注水),改变着深处孔隙压力,造成有效应力的变化,使构造运动加速,诱发了地震和断层蠕动,造成大量井孔套管变形和错断,影响油、气生产。研究这些原因造成的油田、油井动态的变化,又与诱发地震、应力测量、石油开采等重大课题有关,它们与地震研究有密切的关系。

因此,油井动态与地震关系的研究,越来越受到地震界、石油界及其它有关部门的广泛注意。

一

国外较早的关于油井动态与地震关系方面的资料是1952年美国加利福尼亚兰凡迪茨5.4级地震前附近油井油压上升。1974年美国《自然界》杂志介绍了艾里赫和梅尔泽的发现:在中东苏伊士湾1969年3月31日6.1级、1971年7月8日4.8级和1972年1月12日5.1级地震前后,与其相距约100公里的油井产油量出现异常波动,异常持续时间分别为330天、120天和150天,此期间外产油量基本稳定。石油是靠油田压力自喷生产的,排除了人为干扰因素,产量每月测量一次。苏联达格斯坦的个别油井,也有震前出油量增加的报道。

1962年美国科罗拉多州丹佛地区,曾发生一起因向3800米深的地层排注废水引起的一系列小地震活动的事件,当注水暂停时地震活动就明显减少。为了验证这个现象,在该州兰吉

利油田向2000米深的地层注水, 结果发现可以部分的控制地震, 证实注水诱发地震是可能的, 而且给出了人工控制地震的美好远景。1983年美国加利福尼亚州科林加油田, 为了恢复油田的产油能力向油层灌注高压蒸汽, 结果引起了地震活动。

地震加速了油气田的形成, 是苏联科学家安德烈·特罗菲穆克院士最近提出的观点。他多年来研究了苏联各种油气田与煤田, 发现一系列矿产的分布在受到地震影响的震中地区附近。原始有机物转化为石油的过程必须有大的压力和摄氏一百度以上的温度这样适宜的环境, 而地震所释放的能量在这方面可以起很大作用, 地震的瞬时作用使矿产形成过程加快几倍, 地震波在岩石中产生多次爆炸, 甚至是分子间的爆炸, 使地层压力上升, 石油和天然气的运移能加速几十倍。

二

吴大铭最早报导我国油井震前动态变化的震例是1964年1月18日台湾嘉义6.75级地震, 震前9天距震中10公里的牛山油田的几口油井油压出现异常上升变化, 震后复原。1978年初, 王六桥等报道了1977年7月23日新疆库车5.5级地震前一口抽油井自喷的震例, 从此油井动态异常和地震存在着一定关系的事实引起大家的注意。1978年石油工业部曾下文各油田研究油井动态与地震的关系, 随后石油部渤海湾地震预测预报组吴振林、张德元、邹泉生、佟武、刘安健报导了1975年海城地震、1976年唐山等地震前14口异常井的资料。河北省地震局胡长和等报导了青县小牛庄废油井在唐山地震及其强余震前多次自喷的情况。山东省地震局刘元生、胜利油田邹泉生、王万青等分别报导了1979年渤海两次中等地震前、1976年唐山地震前胜利油田油井动态异常变化。大港油田张德元, 辽河油田佟武、白敬东, 辽宁省地震局刘宝垣, 地质部江苏石油勘探指挥部孙贤恺都曾报道过油井动态异常的震例资料。1984年根据国家地震局、石油工业部的联合发文, 对包括渤海、唐山大震在内的许多地震震前油井异常资料开展了清理工作, 清理总结了全国范围的几十个震例资料。这些资料表明, 地震前油井产油量、水位(液面)产气量、含水量、油气比、静压、油压、流压、套压、水化学成分等多种动态参数有异常变化。总之, 油井动态异常变化普遍出现在七级以上强震前及一些中强地震前。

三

与地震有关的油井动态异常, 在时、空分布上、形态上的基本特征为:

1. 异常井孔多位于油田的主要断裂附近, 或多条断裂的交接、复合部位, 呈条带状分布或相对集中, 许多井孔穿过断层, 相当数量的异常井孔处在背斜构造的顶部;
2. 部分井孔异常动态有一定的重复性, 有的井孔对某个区域的地震活动反应比较明显, 似有“敏感点效应”或“窗口效应”;
3. 异常大多表现为废油井、抽油井的自喷、产油量大幅度突升或波动式增加, 有的产油量几倍、几十倍地增长, 少量的孔产油量表现为下降形态; 此外产气量、含水量、油井

压力参数都有变化，异常是多方面的；

4. 异常多出现在震前几个月至几天，属于短临前兆范畴；

5. 异常幅度与震级关系不确定，但异常井孔分布面积及数量似与震级有关，震级大的地震异常井孔多，分布范围较大；

利用油井动态异常进行地震预报，河北省地震局及新疆地震局曾有几实践。河北省地震局及沧州市地震办公室根据任邱县郑₁井、青县小牛庄油井震前自喷异常，预报过唐山强余震；胜利油田、华北油田、辽河油田所属的地震办公室也有预报的震例；新疆地震局根据油水井自喷异常预报过1979年7月9日米泉4.3级地震。但该局1984年7月根据自喷异常有过一次虚报，事后滇西实验场及云南局的有关同志对这次虚报继续进行了深入研究，他们提出了一个判别真假喷涌型前兆的标准，从而对预报的认识深化了一步。从这个例子可以看出建立前兆理论对预报实践的指导意义。

四

油井动态异常机理的研究还处于开始阶段，而且多偏重于油田水异常动态机理的研究。由于储油构造的圈闭性、水动力效应明显，机理研究也集中在这个领域中。李永善首先给出了在构造应力作用下强圈闭性和弱圈闭性水层中水位与应力的关系，他利用多孔介质模型进行研究后指出水位变化与构造应力张量变化有关。王六桥等根据新疆地震局地下水组对乌鲁木齐市米泉县古牧地5号油水井喷涌型异常的定量观测，在水层弹性贮放效应前提下，使用多孔介质模型，建立了“在脉冲状构造应力作用下二维径向非稳定流渗流模式”的正演理论，给出了理论合成水位曲线和流量曲线，完全模拟了观测曲线的形态，该模式推测的异常水位的恢复阶段水位与时间对数呈线性关系的观点已得到实际观测资料的验证，从而证明了模式的一定合理性，据此，还反演出震前震中区局部应力场存在着快速变化，其量级从百分之几巴到一个巴不等。郭增建、吴锦秀用地下深处液体过热暴沸的观点、秦保燕用层间解缚模式对震前油、气、水的异常变化进行了物理解释。张昭栋、刘元生等研究了油田注水和采油的压力变化对承压水位的影响，从物理、数学上进行了较为深入的论证和解释。佟武、白敬东用勒卡拉兹调和分析方法于地下水位分析，排除了干扰，突出了地震异常，为提取异常信息做出了努力。

五

课题领域中还包括为石油生产服务的研究，其实质是把地震预报工作中的一些理论，技术、方法用于解决油田生产中的某些问题。随着油田开发，实施了高压注水措施，一些油田地震活动加剧，产生了油田注水诱发地震的现象。例如任邱油田，该油田位于华北地震带内与邢台大震区相邻，有必要搞清油田内地震活动加剧是天然的还是诱发的，并对其危险性做出判断；许多油田虽然未产生注水诱发地震现象，但伴随着采油及注水过程大量出现了油井套管变形、损坏的现象，造成很大的经济损失，严重的影响着油田的稳产高产，提高了石油

生产的成本。为此必须解决套管变形的原因,以便使其损失最小,如果这种损失是不可避免的,也要对整个油田这种套管变形的发展趋势做出估计;油田的开发与生产还需要了解有关地下应力的数据,例如在一些低渗透率油气田、压裂工艺是必不可少的,而有关裂缝的方位、长度、高度、对称性的诊断,对合理部署井网,提高石油产量及采收率,评价与改进水力压裂的效果有着重要意义,显然需要地层绝对应力的数据。再者,伴随油田的采注,地层应力相应地在变动,这对油田的影响是不容忽视的,需要研究其影响后果。上述生产实际问题,与地震领域中有关诱发地震、诱发断层蠕动、水库地震研究、地面沉降、绝对应力测定、裂隙发展等课题、理论、方法、技术有着密切关系。这些问题的研究进展都将使石油生产受益,同时也扩大了对有关地震过程的认识,是地震研究的天然实验室。合作有利于双方,有利于学科发展渗透。

李自强、曹新玲、刘建中等研究了扶余油田、大庆油田的套管损害现象后,认为它是由于油田注水、有效法向应力降低,引起断层两盘及地层间的相对滑动,将注入泵压控制在临界压力之下或在断层错动的主要部位采取一系列的抽水措施是必要的;李自强、高阿甲、刘建中还以大庆油田为例,指出油田高压注水不仅引起有效应力降低,导致断层复活,造成套管损坏加剧,同时也会引起水平应力增大,使断层趋于稳定,套管损坏会趋于减小,这个过程与注水诱发地震、水库地震的过程极为类似,由稳定到不稳定甚至加剧,然后再逐渐恢复稳定状态,该过程相当长,以十年为单位。王六桥认为油田开采(或注水)会降低(或升高)含油层的孔隙压力,油层会被压缩(或膨胀),固结在地层中的套管会受到轴向的压力(或拉力),当含油层产状倾斜时,除轴向压力(拉力)外,还可分解出水平的剪力,这些力相当大,足以使套管变形,适当控制采、注比,以便维持油层中的孔隙压力稳定,可以减轻这方面的套管损坏。刘一鸣、吴宣、李自强等还在任邱油田、大庆油田做过注水诱发地震和注水诱发微破裂的研究和实验,对任邱油田注水诱发地震的危险性做了评定。刘子晋、李自强等在大庆油田依据油田压裂工序的数据,求得了不同深度地层的绝对应力值的大小,利用辅助判据求破裂面与主应力方向的角度,从而求得井口注水压力的临界值,减少套管的损坏。总之,这方面的工作还是初步的,今后应进一步加强两个部门的协作,加强学科之间的相互渗透。

六

油井动态与地震关系的研究,在地震预报研究领域是一个新的课题;将地震学的一些理论、技术、方法应用石油生产,也是一种新的尝试,正处于发展的初级阶段。但是,其前景是广阔的,因为它与四化建设紧密联系,而且学科间的交叉渗透也符合当前科学发展的规律。

本课题今后在地震预报研究方面的工作是:

1. 在多震区的各油田中选择对地震反应灵敏的油井,建立油井动态专用观测网,担任监测与研究任务;
2. 根据储油构造圈闭性的特点,主要开展油水动力研究,以流量、压力等观测参数为

主，在丰富多彩的异常形态中，以研究震前油井自喷前兆为主，这是因为信息量量级大，信噪比高，远远优于微动态观测，从河北局、新疆局、辽河油田、胜利油田、华北油田等单位采用油井动态异常预报地震的实践来看，几乎全部利用这种异常形态进行预报；

3. 开展观测层、井孔、仪器传递信息的传递函数研究；
4. 开展喷涌异常各阶段全过程水位、压力、流量随时间变化的观测研究；
5. 黏滞流体（石油）和气相在油井动态中异常特征的研究；
6. 利用超声探井求取重点井位油层和流体的有关参数；

在将地震学方法应用于油田开发方面开展如下研究：

1. 利用地震学方法研究压裂裂缝方位和几何形态的诊断技术；
2. 油田高压注水诱发地震危险性的评价；
3. 油田高压注水时地层绝对应力随时间的变化及对石油开采的影响；
4. 利用油田废油井套管在第四系复盖区进行跨断层流动短水准测量，并与非采区形变资料对比分析，探讨油田开发、地面形变与油井套管损坏之间的关系；
5. 油田开发过程套管损坏的机理及其预防措施。

胜利油田油水井动态异常 与地震关系的研究

邹泉生 张天庆

(胜利油田地震办公室)

摘 要

渤海、海城、唐山等强烈地震前,胜利油田油水井动态有明显异常显示,主要表现在油井产液量、产油量、静压、水井水位等动态参数的变化上;而在同一地区发生的地震,油水井动态异常有一定重复性。结合油田的地质构造及活动性断裂的分布,提出滨南地区可能是处于地震前兆敏感区。这对胜利油田的地震动态监视有重要的现实意义。

前 言

油田赋存于构造块体中,它的四周多以断裂为边界,这些边界往往是活动性断裂,甚至有的就是强裂地震带,这对油田的生产和安全造成了极大的威胁。1975年海城7.3级地震和1976年唐山7.8级地震,使毗邻的辽河、大港油田造成部分油水井报废,井架歪斜,输油管震裂……,油田设施受到严重破坏。1969年渤海7.4级地震对油田也曾有一定影响,如胜利油田孤岛油区处在这次地震陆地上的最高裂度区Ⅷ度区内。地震给油田造成了灾害,同时也积累了不少震前油水井动态异常的宝贵资料。为了探求油田深井动态与地震的关系,我们对地震前后油田深井动态变化特征进行了初步总结和研究。

一、油田构造概述

胜利油田处于渤海湾油区的南部,山东省北部东营、惠民、德州等地市范围内。油田新构造运动活跃,断层纵横交错,其中以NEE向为主,其次为EW向和NNW向,这三组断裂把油田分割成大小不同的断块。生油凹陷的分布及油气聚集带都严格地受块断运动的控制。胜利油田所在的济阳凹陷的边界均为活动断裂带,其东为郯庐断裂带;其西为沧东断裂带,南面和北面是活动性稍差的齐河—广饶断裂和埕南断裂。历史上油田周围发生过一系列强烈地震和中强地震。从本区构造特征看,胜利油田周围具有发生较强地震的构造背景(图1)。

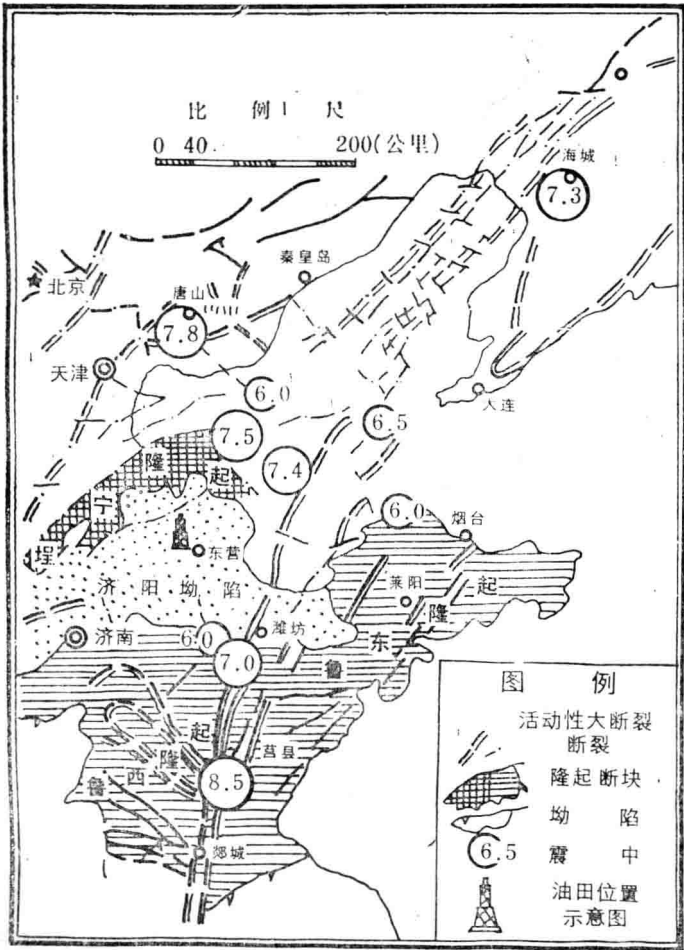


图 1 胜利油田构造位置及强震震中分布图

二、油水井动态异常与地震的关系

(一)油水井动态异常的确定

由于油田断块复杂，开发层系不一致，以及对油层进行采油、注水、压裂、酸化、作业，工作制度变更等人为因素的影响，给资料分析和识别异常带来很大困难。目前在确定油井动态异常时，主要根据开发规律和变化趋势来判断。油井投产初期，靠原始地层压力释放能量生产，产量较高，随着时间的推移，原始地层压力逐渐递减，产量也随之减少，这是油井生产的自然规律。为了稳定和提高产量而采取的一系列增产措施，目的在于保持一定的地层压力或减少地层压力的递减从而达到油井的稳产乃至高产。但通常情况下采取增产措施是不能达到油井增产几倍乃至十几倍的产量变化。我们把油井那种超越常规的变化称为油井动态

异常变化。

水位一般是利用专门水井进行观测，胜利油田的水井深度一般在600—1000米之间，含水层位于360—650米之间，水力坡度小，与地表及地下流体基本隔绝，呈封闭或半封闭状，这对监测地震十分有利。特定的水文地质条件决定其水位等参数稳定，无年变化。在排除气压、固体潮、降雨效应等因素的情况下，出现水位趋势性上升或下降视为异常变化。

油井深度一般在1500—3500米以内。本文述及的油井参数见表 1，从表 1 可知，油井的开采情况是不同的，在分析油井异常时应充分考虑开采情况的变动。

(二)油井动态异常与地震的关系

1. 产油量

(1) 地震前产油量的趋势变化

选取不同地区、不同时间投产的三口油井1967年至1978年的产油量变化曲线，看海城和唐山二次大震前油井动态异常特征（图 2）。

油井参数统计表

表1

井 号	井 别	井深(米)	产油层深度(米)	层 位	开 采 情 况
2817	观测井	3030.0	2053.0~2058.4	沙二段	不生产
3321	观测井	2269.5	1986.6~1989.0	沙二段	不生产
莱52	观测井	2780.94	2767.0~2773.4	沙四段	不生产
8—21	生产井	2325.0	1834.8~2011.9	沙二段	76.9由喷改抽
9—21	生产井	2480.0	1846.0~2023.0	沙二段	自 喷
10—24	生产井	2320.05	2086.6~2126.0	沙二段	77.9改为注水井
滨101	生产井	2260.5	1869.4~1948.2	沙一段	78.9由喷改抽
滨111	生产井	2401.0	2212.3~2318.0	沙二段	77.7由喷改抽
滨88	生产井	2430.0	2063.6~2363.6	沙1~3段	抽 油
滨265	生产井	1525.49	1427.0~1434.0	沙四段	抽 油
垦55	生产井	1970.1	1830.2~1848.2	沙二段	自 喷

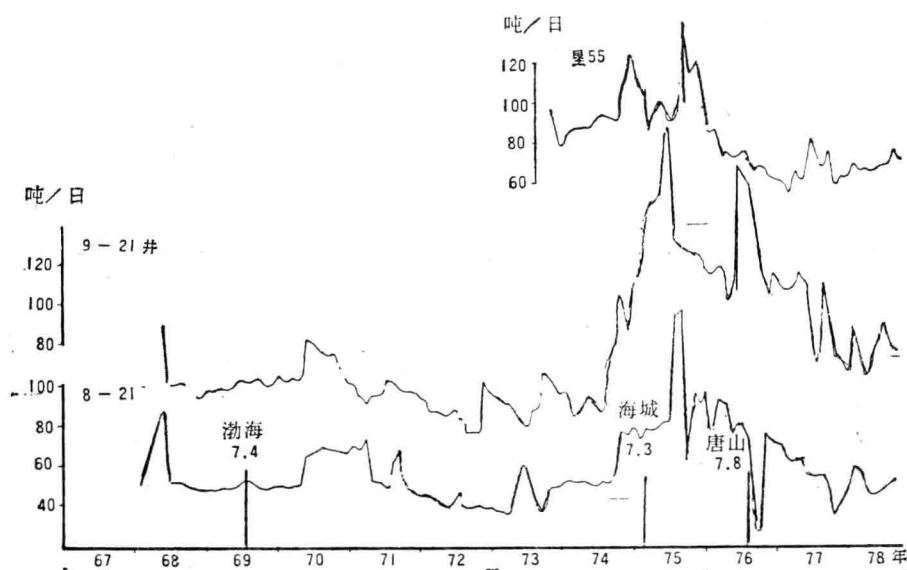


图2 油井产油量震前变化趋势图

图中8—21井、9—21井和垦55井是孤岛垦西油田的油井，后者距前二井约50公里，震前油井产油量变化趋势相似，均表现为大幅度长时间的变化。三口油井动态异常特征是震前产油量明显地增高。尤其是唐山地震前，产油量成近十倍地增长，这在油井动态上是罕见的异常变化。垦55井远离8—21井和9—21井，靠原始地层压力自喷生产，在唐山大震前近二年的时间内，无注水、作业等人为因素的干扰其变化趋势与8—21，9—21井相似，这种同

步性甚好的油井动态异常很可能是反映了地下岩层同一次物理力学过程。

(2) 地震前产油量的短临变化

地震前几天乃至十几天油井产量出现的突发性变化，我们视为油井产量的临震异常。它的特点是在趋势变化背景上出现油井产量的突升或突降，产油量曲线呈脉冲状变化。有的油井在震前出现十几天乃至三个月的异常变化，曲线出现鼓包或凹兜形态，我们视为短期异常。但短期与临震无严格的界线，故也统称地震前油井动态短临异常变化。

i. 1976年唐山地震前油井产量的短临变化。

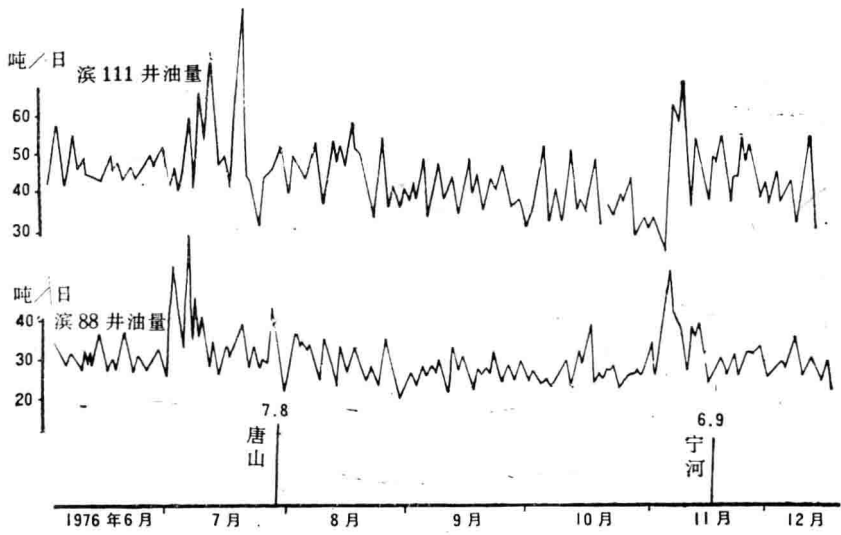


图3 唐山、宁河地震前油井产量异常

图3中的滨88井和滨111井，在唐山和宁河地震前均出现了明显的产油量突变。滨111井在1976年7月8日产量由原45吨/日突增至75吨/日，到7月21日又猛增到90吨/日，滨88井在1976年7月2日产量由原30吨/日增至55吨/日，最高达65吨/日。宁河6.9级地震前的变化形态很相似，但幅度小，时间短。

ii. 1979年渤海两次中强地震前油井产量的短临变化。

1979年6月9日和6月30日，渤海相继发生两次4.0级地震，胜利油田的滨南地区部分油井的产油量、液量、气量，含水、流压和静压均发生变化。其中滨265井反映较突出，从图4中可见，1979年5月15日滨265井产油

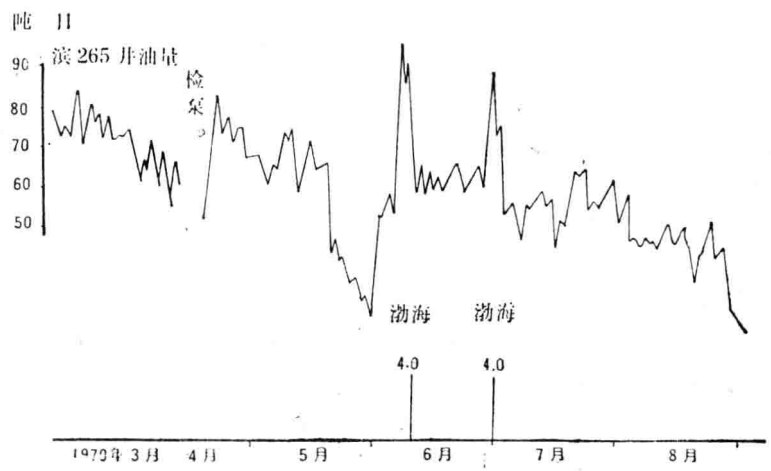


图4 渤海地震前油井产量异常

量由65吨/日突降至40吨/日,6月5日又突升至98吨/日,高值波动三天后又突降到60吨/日,不久发生了6月9日渤海4.0级地震,震后仍保持在50吨/日的产量。6月27日油井产量再次突升,产量达88吨/日,波动二天后又突降到55吨/日,随之发生了6月30日渤海4.0级地震,震后产量恢复正常。

iii. 菏泽5.9级地震前油井产量的短临变化。

1983年11月7日山东省菏泽发生5.9级地震,胜利油田位于震中东北200—300公里处,但部分油井仍有异常反映。

从图5上看,滨采五队产量9—10月正常日产量平均1500吨/日,10月26日开始上升,到11月6日达1805.6吨/日,10天时间上升306.4吨/日,11月7日地震后,油产量下降。滨258井10月初产油量为50吨/日,10月下旬逐步上升,到11月5日达100吨/日,菏泽地震后恢复正常。滨261井液面出现类似于滨258井产油量的变化形态。

2. 油井静压

(1) 油井静压在几次大震前的趋势变化。

图6为8—21井,9—21井和10—24井在1967年至1976年的静压变化。此期间经历了渤海、海城和唐山三次强烈地震,震前均出现较明显的升高现象,震后逐渐恢复。

图7为义47井和滨101井在唐山大地震前的静压变化,该两口井相距50多公里,位于不同的构造上,但却显示了一致的压力变化。

图8是1978年海城6.0级地震前3321井和莱52井静压变化,该二井亦处于不同构造上,但震前静压均出现先下降,后回升的过程。

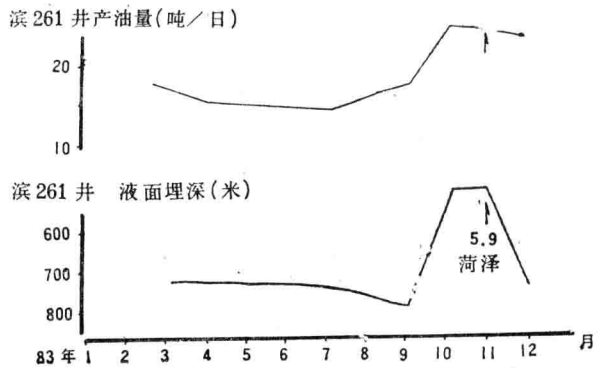
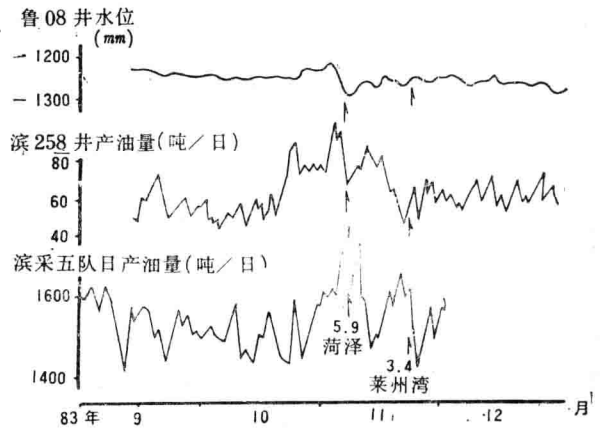


图5 菏泽地震前油水井动态曲线

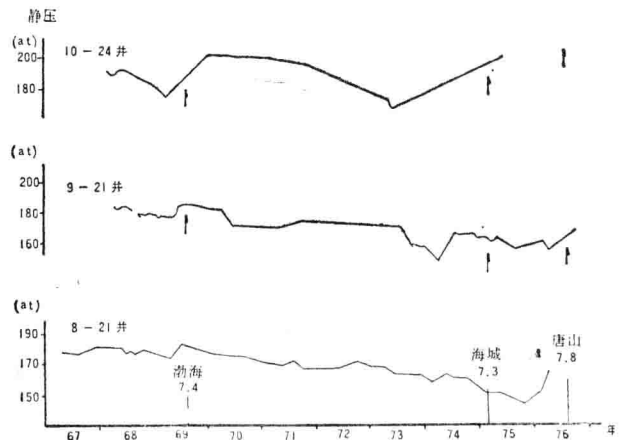


图6 油井静压曲线

(at) 静压

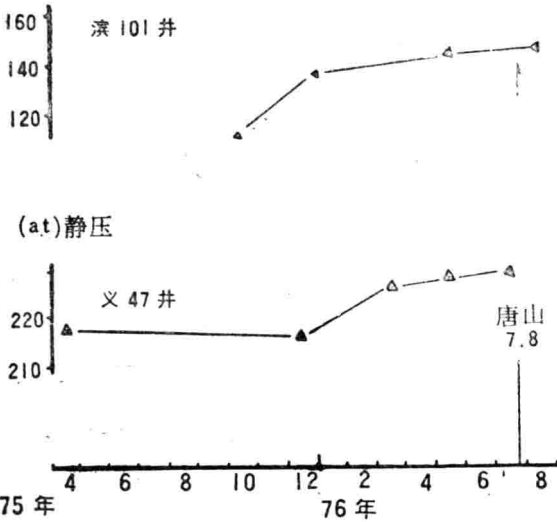


图 7 唐山7.8级震前油井压力曲线

(at) 静压

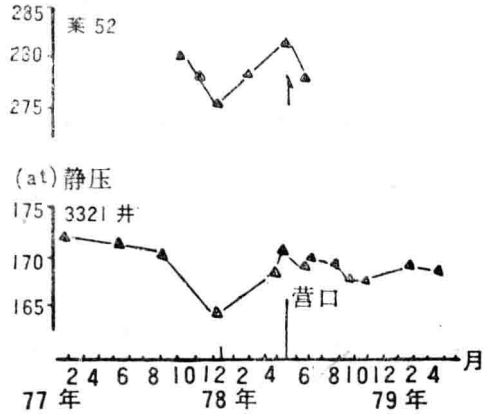


图 8 海城6.0级震前油井压力曲线

(三) 水井动态异常与地震的关系

鲁08井是全国地震监测井网之一，对气压、降雨、固体潮反映较灵敏。该井距1983年菏泽5.9级震中约300公里，在震前一个月左右水位开始升高（图5），临震前则急速下降，其曲线形态上与菏泽地震震中附近的井水位变化一致。

1983年8月3日莱州湾发生4.3级地震，震中距该井20公里，井孔所在地区强烈有感。震前鲁08井水位曲线出现短期趋势性异常，时间延续近三个月，最大变幅达130mm（图9）。

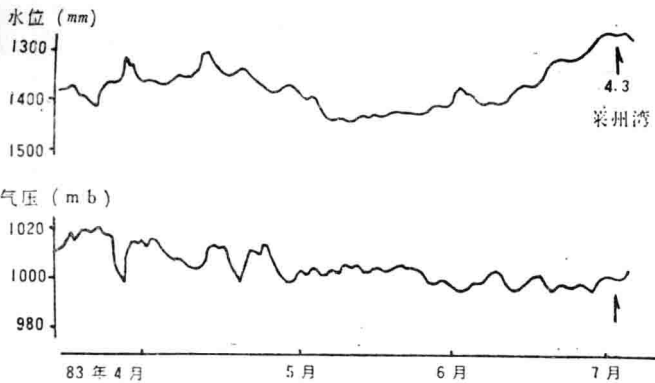


图 9 莱州湾4.3级地震鲁08井水位异常

几点认识

1. 在对油井采取增产措施情况下，其产量的增长是有限的，不会有急剧的涨落。所以，渤海、海城和唐山大震一年前，油田内某些油井产量、静压出现的几倍乃至十几倍的变化，可能是这些地震的前兆异常；

2. 地震前油水井的短临异常变化更为突出，其异常幅度之大，同步性之好，以及震前的多次重现性，充分显示了油水井的异常动态是地震短临预报的主要判据之一；

3. 唐山、宁河地震和二次渤海地震前，油井动态异常在滨南油区具有明显的重复性，滨南地区处于多条断裂和小震活动带的交汇地区，历史上发生过较大地震，几次地震在滨南地区油水井动态异常均较明显，故认为滨南地区有可能是应力集中区和地震敏感区。

参考文献

- [1] 吴振林、佟武、刘安健、邹泉生、张德元, 渤海湾地区油水井异常与地震关系, 石油学报, 1, 4, 1980.

ANALYSIS AND DISCUSSION OF THE RELATION BETWEEN ANOMALY OF OIL-WATER WELLS AND EARTHQUAKE

Zhou Quan-sheng

Zhang Tian-qing

(Seismological Office of Shengli Oilfield)

Abstract

Before the intense earthquakes occurred in Haicheng, Tangshan, Bohai etc, the deep oil-water wells of Shengli oilfield showed anomalies, such as Liquid production, oil production, static pressure in oil wells and water Level etc. in water wells. It is found that there are repeated characteristics in the anomalies of deep oil-water wells when earthquakes occur at the same area. In combination with the structure and the distribution of active faults, this paper indicates that Binnan area may be a sensitive region to seismic precursors, and this is significant for the detecting of the seismicity in Shengli oilfield.

塘沽地区石油深井油气动态异常分析

杨国军

钱立信

王安滨

(天津市地震局)

(天津市塘沽区地震办公室)

(天津市地震局)

摘 要

本文研究了天津塘沽地区三口石油深井油、气动态异常与地震活动的关系,介绍了塘11井、塘12井和塘18井所处的构造部位、井孔资料、油气动态变化及观测仪器和方法。详细分析了自1980年到1984年期间塘11井和塘12井井口压力、塘18井溢油量和逸出气量动态变化与唐山震区较大余震活动之间的关系,列举了一些典型震例。通过震例指出,石油深井油气动态异常变化幅度大,持续时间短,属短临地震前兆异常类型。文中最后讨论了石油深井油气动态异常变化机理。

前 言

通过对塘11井、塘12井、塘18井三口油井五年实测资料的分析认为,对距观测井半径150公里范围内的 M_s 5级左右地震,震前石油深井井压、溢油量和逸出气量存在较明显的短临异常变化。

一、井孔条件、观测仪器及方法概述

塘11井、塘12井和塘18井均位于天津市塘沽区南部,濒临渤海,地质构造上处于黄骅拗陷中的北塘凹陷与板桥凹陷交接部位的塘沽构造带上(图1)。

塘11井,井深3097.04米,射孔位置在2123.2—2173.8米、2796.93—2953.59米之间,观测层厚50.6米和156.66米。塘12井,井深3154.3米,射孔位置在2564.0—2602.8米之间,观测层厚38.8米。塘18井,井深3222.86米,射孔位置在2573.6—2666.6、2760.8—2775.8米之间,观测层厚93米和15米。

上述油井都是油田开采区边缘的石油废井,观测岩层均是砂岩、页岩和泥岩组成的第三系沙河街组地层。三口油井的射孔层位都在2000米以下,观测层埋藏深、厚度大,井的密闭性好,干扰因素少。井点位于多种构造的交汇地区,又处在沧东断裂的端部,是构造活动的敏感点,具备有利的地震监测条件。

塘11井和塘12井的观测方法为闭井测压,观测井口的综合压力。自1981年12月5日至1984年12月22日,采用1.5级压力表进行人工定时观测,每日三次读数,精度为 ± 1 公斤。自1984年12月23日起,改用“1系列仪表”进行连续自记测压。仪器灵敏度为 $\leq 0.1\%$,基本