

水文地球化学方法前兆机制的实验研究

孟淑德 刘桂芳

(国家地震局地质研究所)

程傲雪 曲云尚 谷森林

(黑龙江地震办公室)

摘 要

借助油田的注水实验,我们研究了地下水化学成分的地震前兆机制。实验以10个井同时注水,注水深度为800~1200米。我们选用50~300米深的含水层作为水化学成分观测井。注水井的水源与观测井的含水层无关。当向800米以下深度注水时,该层压力增大,以此模拟从下层来的压力对水化学成分的影响。

观测表明:当注水压力传递到上层含水层时,地下水化学成分便发生变化。其变化幅度与观测井的构造部位及地球化学环境有关,与观测井和实验注水井的距离关系不大。

一、实验区的构造及水文地质概况

油田为一背斜构造,实验区在背斜构造的中部。该区在700~800米的深处有1号和2号两个断层。实验在1号断层区进行。该区是一个良好的地表和地下迳流盆地。在第四系、第三系和白垩系地层中,蕴藏着丰富的地下水资源。第四系为砂砾石含水层。含水层上部覆盖一层湖相淤泥质亚粘土,一般厚度为20~50米,它构成良好的隔水顶板,分布稳定而形成承压水区。晚白垩系明水组为砂岩含水层。其含水边界线处在背斜构造的边坡处,虽都是一个含水层,但距地表深浅不一,距地表最浅的约100米,深的约320米。该区地下水主要是大气降水和河流渗漏补给。地下水迳流方向主要受地质构造和地貌条件的影响而不同,但总的来说由北向南流动。

二、实 验 条 件

1. 实验注水井

注水实验区在1号断层控制的四平方公里范围内。应用10个注水井,实验时这群井同时注水。注水的井位及断层见图1。

注水井的水源为地表水和污水回注。水仅注入800~1200米的深度。

2.地下水化学成分观测井

在实验区内外选三个水化学成分观测井，见图2。

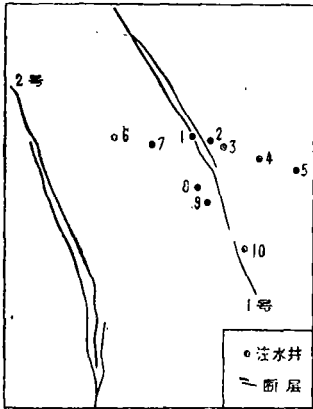


图1 实验注水井井位及深断层图

Fig.1 The deep faults and location of the testing water injection wells.

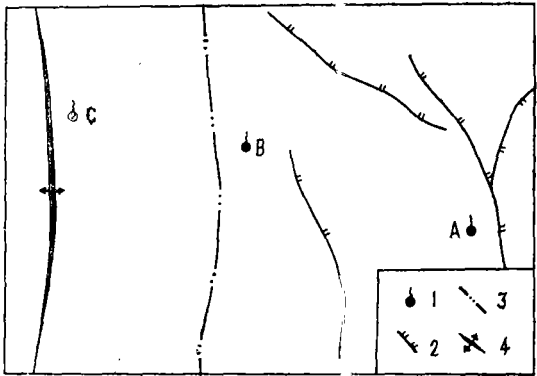


图2 实验观测井的井位图

1.水化学成分观测井 2.浅层构造
3.油水边界线 4.背斜构造

Fig 2. The location of the observed wells.

观测井使用的含水层深浅各异。

A井位于距2号断层3.5米处的第四系含水层，单层水，为46~49.5米的承压水。

B井位于浅断层的顶部附近，其断层深度约200~300米，含水层为白垩系明水组。使用两层水，即100.5~107米和110.5~121.5米。

C井的含水层与B井相同，均为晚白垩系明水组。但由于它处于背斜构造的边缘，在油水边界线以外，因此井深仅300米。

三个观测井的水化学模型均为重碳酸钠型水。A井为压水井，B井和C井为抽水机井。

实验用的注水井的水源与三个观测井使用的含水层无关。注水深度超过了观测井使用的含水层，它距离注水层位约500~900米。

注水群井与观测井的平均距离为：A井：2.5公里，B井：4.2公里，C井：7.4公里（表1）。

实验注水井与观测井的平面距离（KM）

表1

	1井	2井	3井	4井	5井	6井	7井	8井	9井	10井
C井	7.1KM	7.4	7.6	8.0	8.5	6.1	6.6	7.3	7.5	8.1
B井	3.9KM	4.1	4.3	4.8	5.3	2.9	3.4	4.1	4.2	5.0
A井	2.6KM	2.7	2.8	3.2	3.3	1.8	2.0	2.3	2.4	2.8

3.观测的水化学项目

离子成分为：重碳酸根离子、氯离子、钙离子和镁离子。气体成分为：甲烷、氩气、氮

气和氧气。在未进行注水实验前,进行了日观测。日测值较为稳定。

离子的观测应用常规的化学分析法。气体的观测应用气相色谱仪进行测试。

三、观测结果及讨论

1. 观测结果

7月7日上午8时实验用的群井开始注水。其注水压力根据日注水量不同而各异。7月7日10时开始取样观测,7月11日停测。测得结果如图3所示。

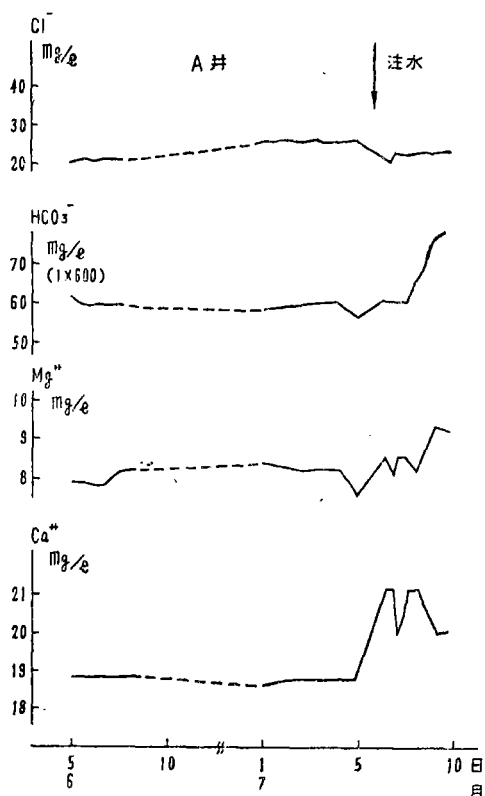


图3—1 A井的离子反映

Fig.3—1 The ion in the well No.A.

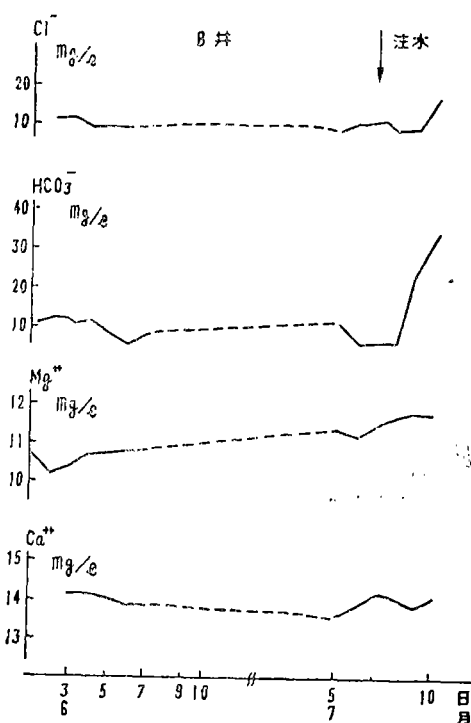


图3—2 B井的离子反映

Fig.3—2 The ion in the well No.B.

注水加压后在四项离子的观测中,以重碳酸根离子、钙离子和镁离子反映较好。A井的钙离子增加9.92%,镁离子增加13.83%,重碳酸根离子增加2.57%。由于碳酸根离子的基值很高,虽其只增加2.57%,已远远超出了观测误差。B井的钙离子反映较小,镁离子增加4%,重碳酸根离子增加2.10%。C井钙离子降低18.33%,镁离子增加79.00%,重碳酸根离子降低12.74%。A井和C井的氯离子基本没有反映。B井的氯离子于7月10日突然升高28%,虽其增量很高,但由于后面未测,难以以单点反映说明问题。三个观测井的离子成分反映最灵敏的为C井,其次为A井,B井反映较差。

注水加压后四项气体的观测中,以甲烷反映最好。A井甲烷增加35%。该井甲烷含量较高,为35~40毫升/升。注水加压后增加约10毫升/升,这个增量是相当可观的。B井由于原

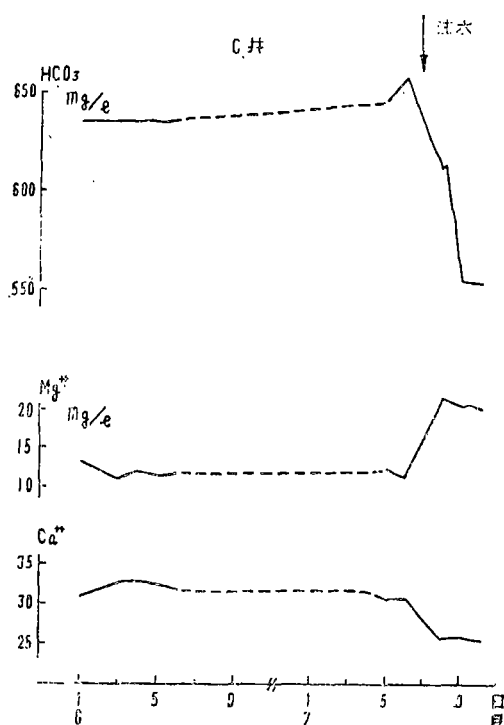


图 3—3 C井的离子反映

Fig. 3—3 The ion in the well No. C.

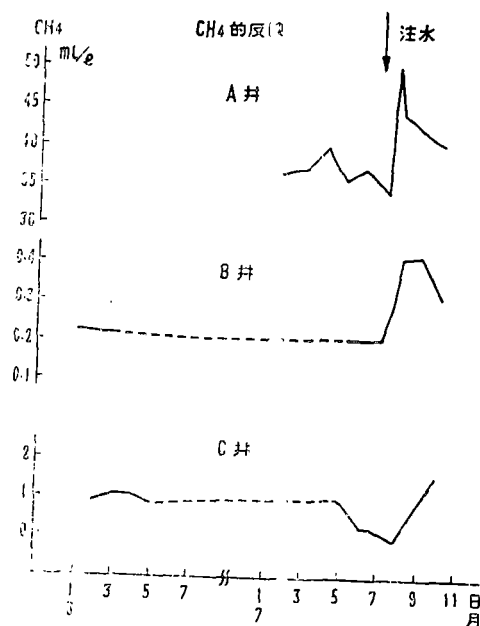


图 3—4 三个观测井甲烷的反映

Fig. 3—4 The methane gas in three observed wells.

含量低, 虽增加100%, 但其甲烷量仅增加0.2毫升/升。C井注水加压后形成先低后高的变化。

2. 讨论

根据以上的实验结果, 我们得出二点看法。

(1) 注水加压后, 观测井化学成分的变化是由于注水压力传递到上面的含水层, 使含水层受力发生的。

我们实验用的注水井, 其中有1983年已停注的水井, 有的原来注水量很低。实验时同时开泵增大注水量。实验注入的水只能保持在注水井周围, 因为它侧边井常年注水, 能阻止实验井水向侧边流动。实验注水后, 油水层由于受到注水所产生的压力, 它将按帕斯卡定律以同样大小的压力向各个方向传递。

地震局地球物理研究所在实验区单点观测了微震。其微震记录情况大体为: 在加压前很少记录到振动, 加压后振动较多, 大多数振动频率在200~300赫兹之间。由于仅用单台记录不能定出震中, 虽然不知道震中的分布, 但是可以肯定注水加压后微震增多, 这表明注水的压力在岩层中的传递。

实验注水的压力向上通过固体介质传递到观测井使用的含水层, 在含水层受力的过程中, 观测井的水化学成分便发生了变化。

(2) 注水加压后水化学成分变化幅度与实验区及实验区周围的构造及地球化学环境有关。

注水加压后，距离深断层近的，特别是距通过贮气层的断层较近的观测井，其中所含该贮气层气体反映明显。

A井位于距2号断层3.5米处，由于实验区在注水层与观测用的含水层之间有一贮气层，A井早已受到断层甲烷气的污染。从微生物腐生菌的含量可以说明这一点。我们曾测试了不在断层上的建4井和建6井中的腐菌，两井含腐生菌分别为22个/升和16个/升。而A井含腐生菌92个/升。腐生菌是化能异养微生物，这类微生物所需的能源来自有机物氧化所产生的化学能。因此，有机碳化物对这类微生物来说既是碳源也是能源。显然由于该井甲烷等的污染为腐生菌创造了生活条件。

当实验注水加压后，压力传递到2号断层上时，由于断层活动气体上逸，因此，A井甲烷量增高。且增量相当明显。B井虽然也位于另一个断层顶部附近（图2），但它是浅部断层，对于甲烷气的来源B井没有A井那样深断层的通道，所以该井的污染程度远小于A井。当实验加压后其甲烷增量仅有0.2毫升/升。

通过A井与B井甲烷气反映的比较，显然观测井有贮气层断层的通道，其所含气体在应力应变过程中反映明显。表明含水层受力后，水化学成分的变化幅度也与该井所处的地球化学环境密切相关。

注水加压后，地下水离子成分的变化幅度与其所处的构造部位有关，与观测井和实验注水井位的平面距离关系不大。

C井和B井均用的晚白垩系明水组的同层含水层。两个观测井的地球化学环境基本一致。因此，可不考虑由于地球化学环境不同对离子反映的影响。从地表衡量，C井与实验注水的群井平均距离最远，它距注水群井7.4公里，而B井4.2公里，但C井注水加压后离子的变化量（如钙离子、镁离子和重碳酸根离子）远比B井大。这可能由于B井所受的力（其附近没有深断层），只是通过岩层介质的传递。而C井虽已在油水边界线以外，但它处于油田背斜构造附近，当注水后的压力传递到背斜构造部位时，其断层活动力不同于岩层介质所传递的力。因而，C井的离子成分变化量大。

总之，通过这一现场注水实验，在某种程度上模拟了自下而上力的传递，它能使上部含水层的化学成分发生变化。这样，对于水文地球化学地震前兆的出现，我们认为：第一，大多数是使用含水层本身受力后的反映，其水化学成分的变化与地震震源来的力有关，与震源的物质无关（指震源与观测井之间无通道）。第二，由于地壳中构造的复杂情况，虽是相同震级的地震，其所出现的前兆范围不一定相同。每个地震的前兆范围，应根据其地震所处的构造部位而定。

在实验过程中，黑龙江省地震办公室给予大力支持。油田地震台、水文队以及供水公司微生物组给予大力协助，在此表示感谢。

（本文1985年1月5日收到）

EXPERIMENTAL STUDY ON PRECURSORY MECHANISM BY HYDROGEOCHEMICAL METHOD

Meng Shude Liu Guifen

(Institute of Geology, State Seismological Bureau of China)

Cheng Aoxue

Qu Yunggang and Gu Senlin

(Seismological Bureau of Heilongjiang Province, China)

Abstract

This paper deals with the mechanism of earthquake precursors on the basis of the chemical composition of underground water by means of injecting water test at an oil field. The test was carried out in the way that we made 10 wells simultaneously impounded up to a depth of 800-1200m. The observed well selected for analysing chemical composition of water is a water-bearing bed with its depth of 50-300m. The water source has nothing to do with the water-bearing bed of the observed wells. The pressure on the water-bearing bed increases as the impounding goes down up to the depth of 800m. The force for preparing earthquakes from the lower strata acting on the water chemical composition has been simulated by means of transmission of the increased pressure.

The observed value indicates that the chemical composition of underground water varies when the impounding pressure is transmitted up to upper water-bearing bed to cause stress-strain process. It is obvious that the variation amplitude is related to the well tectonic setting and its geochemical surroundings, but scarcely to the distance of observed well and the testing water-injection well.