

在我国发现的地震前地下流体异常的实例*

石慧馨 蔡祖煌
(国家地震局分析预报中心)

摘要

文中列举出中国近年几次大地震前几天到几小时内显现的地下流体(包括地下水、气体、石油)幅度大、现象多样的前兆异常实例,其中有些为国内外的首次发现。

前言

我国地震工作者在近年发生的几次大地震前观测到地下流体(包括地下水、气体、石油)多样的前兆异常现象,不少是国内外的首次发现,为地震预报和对地震发生过程的认识提供了新的研究线索。现举出下面一些实例,并对其机理作初步探讨。

一、包气带地下气体异常

从唐山地震(1976年7月28日,7.8级)前二十多天开始,陆续发现不少枯井喷气发声,举其中测试较详的北京万泉庄枯井为例。该井距震中165公里,位于近期有活动的八宝山断裂转折处,孔径5厘米。该井于7月28日晨喷出气柱并发响,响声可在百米外听到,在大震前五小时左右停止发声,大震后上午9时又开始发声,下午18时45分发生7.1级强余震。8月8—9日6.0级、6.2级强余震前又发声、喷气。喷出气柱高达2.5米。中国科学院物理研究所根据录音对响声进行了频谱分析,确定这是压力高,流量大的气流喷气噪声,声强达94分贝,推算气流速度达38米/秒。中国科学院化学研究所分析,喷出气体中二氧化碳浓度高达13.4%,以后一年半的观测中从未达到如此高的含量。

我们将化学研究所测定的气体数据详细分析研究后,发现喷气强度与主震前相当的8月8日的强余震前喷出气体中氩氮浓度比值异常增高竟达1.57%(正常空气中其比值为1.18%,异常值为正常变化标准误差的6.84倍),震后升至2.12%,后降至1.47%,第三天恢复正常,以后一年半的观测中均为1.18%左右。附近地表也有裂隙出现并冒气,可能为封闭性破坏。此后喷气强度微弱,但在以后多次6级左右强余震和中强近震前氩氮比值仍有为标准误差3.33—4.21倍的异常显现。

二、地下水中溶解气体的异常

大地震前半个月至半小时可以观测到地下水中溶解气体浓度的异常变化。1975年

* 1979年2月7日收到。

2月4日海城7.3级地震前半小时以内，距震中72公里，出露在花岗岩中，水温为71℃的辽阳汤河温泉水中溶解氯浓度由平时的75埃曼急剧上升，震前6分钟升至136埃曼，震后继续上升至218埃曼，4天后恢复至原来水平(图1)。

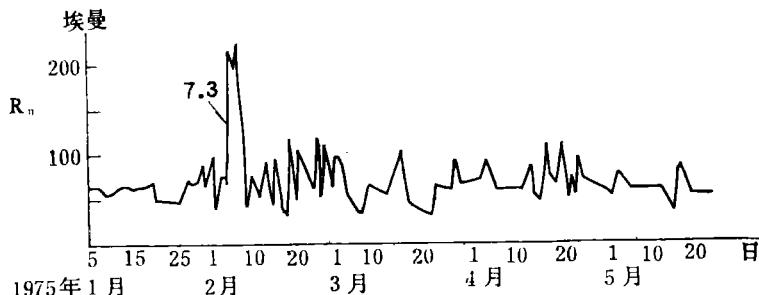


图1 海城地震前后辽阳汤河温泉水中氯浓度的变化

(据汤河理疗医院李世卿资料)

1976年11月15日宁河6.9级地震前半个月，距震中130公里，位于有近期玄武岩岩浆活动的深大断裂带上的白云岩、石灰岩含热水层中，深824.8米，水温为48℃的北京光华染织厂钻孔，水中溶解氢气(H_2)浓度由平时的0.014%升至0.18%，震后继续上升至0.247%，4个月后降至0.0005%(图2)。

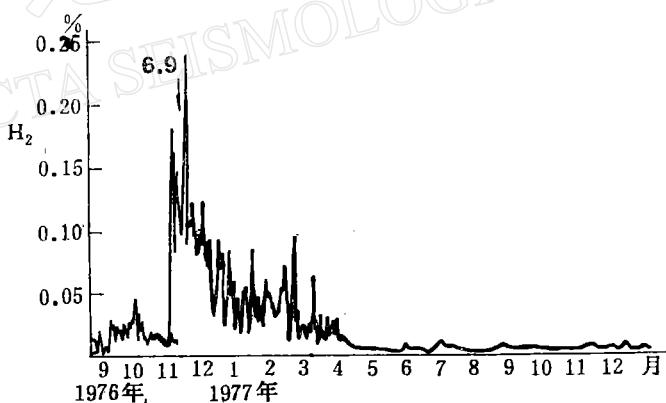


图2 宁河地震前后北京光华染织厂深孔热水中溶解氢气浓度的变化

(据王基华等)

三、地下水化学成分的异常变化

在大地震前几天还观测到溶解在地下水中的盐类离子浓度的变化。如1976年8月16日四川省松潘—平武7.2级地震前的3—5天，距震中数十至二百公里沿龙门山断裂带附近的地下水化学成分异常变化，如上表所示。1、2号井震前氯离子和硫酸根离子比正常时显著增大或减小，还有时伴有冒泡等现象。

1976年8月17日江苏省高邮县龙奔公社十里大队先后出现冒水点多处，9月下旬

松潘地震前后龙门山断裂带附近地下水成分的变化

井号	离子 (毫克/升)	震前	震后翌日	正常时	震前其他现象
1	Cl ⁻	8月13日 149.3	8月17日 152.7	10月7日 77.3	冒泡
2	Cl ⁻ SO ₄ ²⁻	8月11日 14.9 11.0		10月4日 307.4 190.2	水位急剧下降

至10、11月达到高潮，冒出水柱高度一般在一米左右，最高可达2.5米，响声很大如放炮，震得门窗发响。据李起形调查，水温高达50℃，氯离子浓度达4403毫克/升。9—11月间，距冒水点55公里的兴化县大纵湖发生4.5级地震，附近还发生2.8至1.3级地震多次。

四、地下水温度异常

地下水温度变化较为显著的是1976年5月29日云南省龙陵—潞西7.5、7.6级地震前40天，震中区龙陵巴腊掌温泉水温突然从原来的81℃上升到91℃，然后保持在91—92℃的水平，直到震后逐渐恢复(图3)。

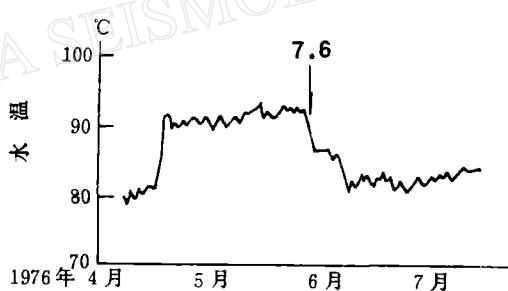


图3 龙陵地震前后巴腊掌温泉水温的变化
(据云南省地震局)

五、油井异常自喷

大地震前也观测到油井涌油现象。如1976年唐山地震前深3147米的一油井，7月17日从封井帽正中直径1厘米的螺丝眼向上喷油，油柱高约20米，5公里范围内均能看到，7月19日停喷。1976年11月15日宁河6.9级地震前，此油井又于10月11日开始冒油，10月30日自喷，11月4日下午喷油量增加。

1977年7月23日新疆库车5.5级地震前深380米的一油井原为废井，7月21日2时自喷，先喷泥浆和水，以后喷油，7月21日喷出10.29立方米，7月22日从油管和油管套管之间同时喷出12.29立方米，7月23日地震当天喷出12.46立方米，7月24日停喷。

六、井水位异常升降

临震前几天至几分钟观测到水位急剧升降。因为水位观测井数量多，地震前异常事例也较多，仅列举几次。唐山地震前 2—3 天距离震中 48 公里的柏各庄第一农场观测井水

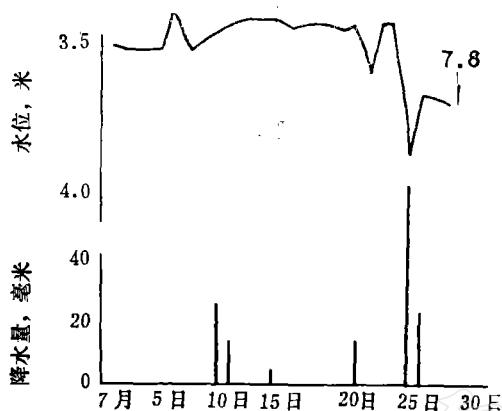


图 4 唐山地震前柏各庄农场观测井水位的变化及其与降水量的对比

(据唐山水文地质站张洪波)

位在降水量 108 毫米背景上突降 49 厘米(图 4)。距震中 44 公里的滦南气象站地震观测井(位于昌黎—宁河大断裂带)，分层止水条件好，避开开采层，平时水位稳定，日变幅小于 1 厘米，7 月 27 日下午五时左右突降 5 厘米，稳定 10 小时后发震，震时水位突降 50 厘米，震后缓慢下降(图 5)。距震中 7 公里的丰南县大岔河村有一井深 10 米，7 月 27 日下午 4—5 时水位突升 1.5 米，停留 30—40 分钟即下降；过一小时左右又上升至上次高度，停留约 30 分钟又下降，下午 7 时又上升过一次。距震中 12 公里的丰南县岳 42 号井，深 706.7 米，观测奥陶系石灰岩层中的地下水，7 月 28 日凌

晨大地震前水位从埋深 10 米以下转自喷，震后连续喷几天。距离震中 23 公里的丰润三女河粮库机井在地震前 10 分钟自喷，喷出水柱高 0.7 米。距震中 11 公里的丰南楼庄子大队有一井，深 100 米，唐山地震前 4—6 分钟水位从埋深 5 米以下转自喷。

1977 年 11 月 27 日宁河 5.6 级地震前 10 小时，距震中 20 公里的丰南县上述岳 42 号井水位突降 58 厘米。

又如四川省江油一观测井，深 110 米，安装自记水位计观测水位，平时水位稳定。

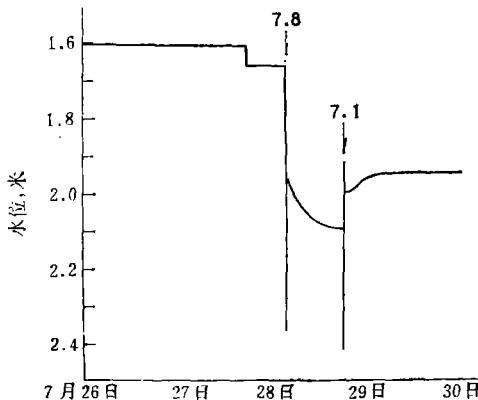


图 5 唐山地震前后滦南气象站观测井水位的变化

(据张洪波)

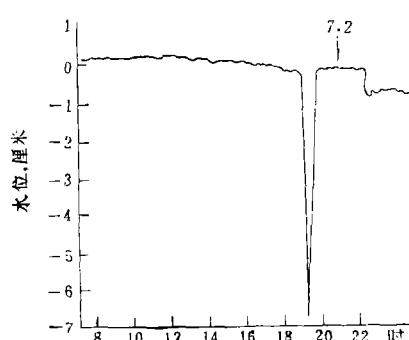


图 6 松潘地震前后江油观测井水位变化

(连续自记曲线，据四川省地震局)

1976年8月16日松潘—平武7.2级地震前2小时左右，水位突降7厘米(图6)。

上述地下流体(包括地下水、气体、石油)的异常变化，时间上与地震密切相关，幅度大，远远超出正常变化，出现地点又均有地质构造，水文地质和地球化学有利背景。这些震前异常实例的引起原因是值得深入探讨的。初步看来在松散和半胶结的沉积物中，异常多为脉冲式的，可能由地震活动期脉冲式应力加强所引起。异常以物理现象为主，也有如万泉庄枯井喷出高含量二氧化碳和氩氮比值等化学组分异常的地气现象。而在坚硬基岩中，异常都在震前或震后持续一段时间，可能由岩石破裂地下流体混合造成，异常可有化学组分变化、水位变化及水温变化等。异常的组分与地区的地球化学背景和岩性密切相关。例如在酸性火成岩地区，氯气异常的幅度较为明显，尤其在所观测的低氯水附近有高氯水时，震前曾观测到低氯水中氯浓度的明显上升。而在碳酸盐岩层与年轻玄武岩呈断层接触处，震前观测到氢气异常，可能由玄武岩裂隙中保留的氢气挤入碳酸盐石所致。这里举出的主要是地震前不久出现的突发性地下流体变化，异常种类是多样的，直接原因各有不同，但根本原因看来是震前在震源区及其外围的某些构造部位有脉冲式的应力增强作用于各种介质，产生了流体的差异性运动。

地下流体分布广泛，以各种状态存在于地壳深度内。因易于流动，且应力等微量变化引起的流体变化，可在某些井孔中得到放大，故反映灵敏。可通过地震前地下流体变化来研究地壳受力、形变和微破裂情况，从而作为研究地震预报前兆的一种线索。

CASE EXAMPLES OF PECULIAR PHENOMENA OF SUBSURFACE FLUID BEHAVIOR OBSERVED IN CHINA PRECEDING EARTHQUAKES

SHI HUI-XIN CAI ZU-HUANG

(Analysis and Prediction Center, State Seismological Bureau)

Abstract

Certain examples of unusual phenomena of various kinds of the behavior of subsurface fluids (such as groundwater, gases and petroleum) observed several days or hours before strong earthquakes occurred recently in China are dealt with in this paper. It is thought that among them, some may be the first of their types observed not only in this country but also in other parts of the world.