

水化前兆异常网络及唐山地震 水化前兆异常分布特征的初步讨论

王吉易 郑云贞 刘允清

(河北省地震局)

摘要

水化学异常点的平面分布呈网络状,与地震活动图象类似。唐山地震的水化异常发生在北东或北西向的前兆迹线上,并呈现阶段性;水化异常指示了某些断裂在地震前后有过活动。

一、前言

利用水化学方法进行地震预报的研究,在我国是1968年开始于邢台、天津等地区的。过去十八年中,在华北发生过一系列强震。这些地震前,水化学方法获得了许多宝贵的前兆观测资料。这些由很多人付出艰辛的劳动代价换来的成果,使我们今天才有可能就某些重要的问题开展深入地讨论。

在水化异常空间分布的研究方面,早期有人提出“四象限分布”模式。海城、唐山大震后,又出现“不均匀分布”、“多节点分布”等设想^[1,2]。其中关于水化学异常受地质构造制约的观点^[3],已被愈来愈多的实际资料所证实。不过,当我们扩大视野、通观水化异常的区域性特征时,则发现异常点的展布并非处处与构造线一致。因而,继续深入研究这一课题是必要的。

1979年以来,“地壳现代破裂网络”^[4]、“多(应力集中)点应力场”^[5]、“最新剪切构造网络”^[6]、以及“地震活动网络”^[7]等假说问世,给水化学前兆研究以新的启示。

二、水化前兆网络的构图

地震和水化异常都是在统一的区域应力场和震源应力场的作用下,在特定的构造部位发生的自然现象,两者具有同源关系或因果关系。地震和前兆本质上虽然存在重大区别,但也有很多相似之处。地壳的现代破裂、地震活动等呈现网络图象。采用网络观点来描述水化异常的分布状况是笔者的初步尝试。

毫无疑问,我们掌握的水化异常点资料的数量愈多,所勾画出的网络图形愈完整。因

此，首先是利用多年来历次地震前取得的前兆资料，讨论大范围内水化前兆异常的网络图象；然后介绍1976年唐山大地震水化异常的分布特点。

自1968年以来，在河北、天津、北京等地区先后建立过近200个水化观测点。其中部分水点在邢台余震、渤海地震、唐山地震、及一些中强地震前有过异常反应。我们从异常的可靠性和显著性等方面对异常进行严格地筛选，确认出近40个水点曾经出现过明显的前兆异常。使用这批异常点资料绘制网络图。另外，还用了少数水位、石油井喷油异常资料。后两种前兆在发生层位和成因上，与水化异常最为接近。

将异常点绘于平面图上。分别按两个方向，即一组为北东向（或北北东向）、一组为北西向进行连线，使连线尽可能接近各个异常点，便构成水化学的前兆异常网络图（图1）。我们将这种连线称为前兆迹线。

从图1看出，迹线间的距离为40~60公里。另外，区内有三条迹线的跨度较长，且沿迹线分布的异常点也较多，似具有主干性质。这些迹线是：张家口——怀来——北京——天津

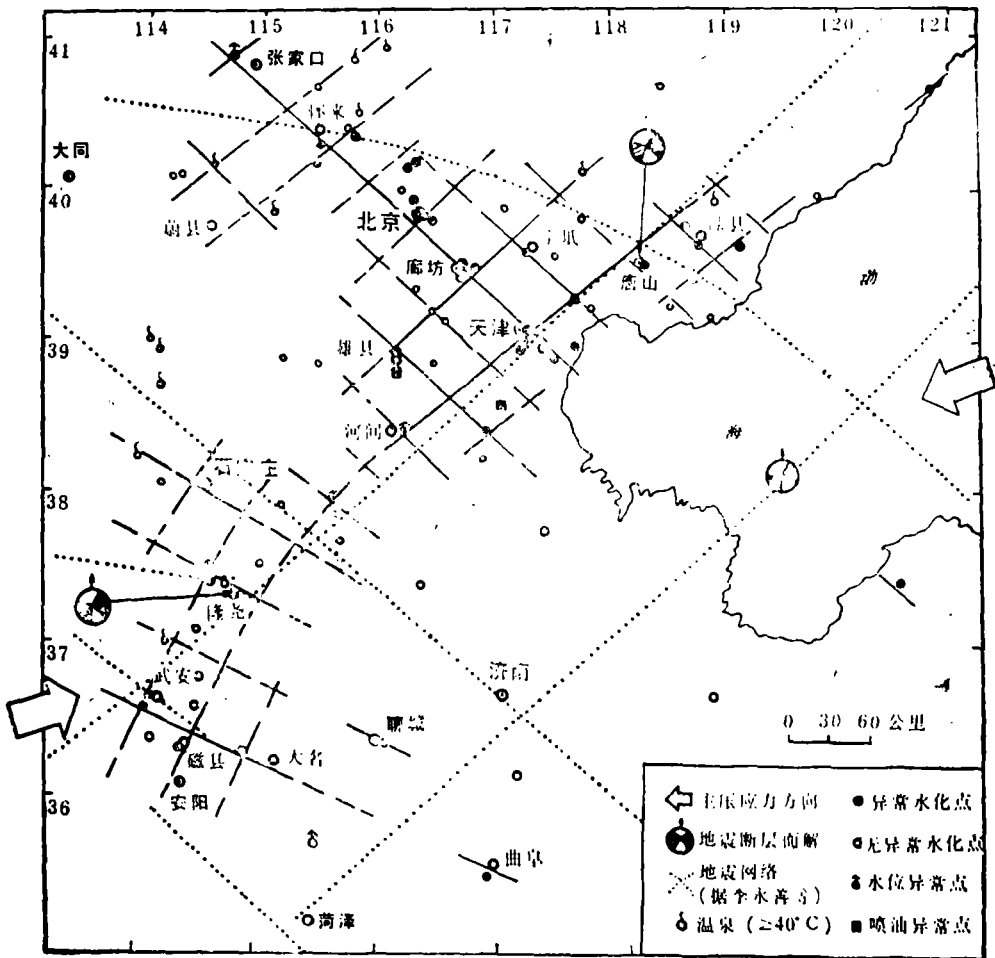


图1 水化前兆异常的网络分布图

迹线, 滦县——唐山——天津——河间——隆尧东迹线, 及武安——磁线——大名——曲阜迹线等。其它迹线则延伸较短, 异常点也较少。需要指出的是大震并不完全发生在主干迹线上。

三、前兆网络的讨论

(一) 水化前兆网络与地震、最新剪切构造网络

上述水化前兆网络并非纯粹的几何图象, 它与地震的孕育和发生是有内在联系的。这表现在两者都具有特定的方向性, 并在成因上可寻找出共同点。

在河北平原的中北部及燕山带, 水化前兆网络迹线的方向为 $N47^{\circ}\sim 54^{\circ}E$, 另一组迹线为 $N45^{\circ}\sim 48^{\circ}W$ 。在河北南部, 迹线方向为 $N25^{\circ}\sim 27^{\circ}E$ 和 $N60^{\circ}\sim 68^{\circ}W$ 。表现出前兆的网络格架从北到南逆时针的偏转。从图1和表1可见, 水化网络与地震活动网络、最新剪切构造网络的迹线方向是比较接近的。水化前兆网络迹线的方向与地震震源机制解也有较大的关系, 特别是在河北平原南部两者更为接近。

表1

地 区	河北平原中北部及燕山带		河北平原南部 及太行山南段		资 料 来 源
	北东(北北东) 迹线或Ⅰ节面	北西迹线 或Ⅱ节面	北北东迹线 或Ⅰ节面	北西迹线 或Ⅱ节面	
水 化 网 络	$47^{\circ}\sim 54^{\circ}$	$45^{\circ}\sim 48^{\circ}$	$25^{\circ}\sim 27^{\circ}$	$60^{\circ}\sim 68^{\circ}$	
最新剪切构造网络	$40^{\circ}\sim 45^{\circ}$	$45^{\circ}\sim 60^{\circ}$	$40^{\circ}\sim 45^{\circ}$	$45^{\circ}\sim 60^{\circ}$	方仲景(1985)
唐山7.8级地震	30°	60°			张之立等(1980)
邢台6.8级地震			27°	61°	郗家全(1980)

由地震断层面解、新生代以来的各种构造活动形迹等资料的分析表明, 现代华北断块主要受北东东——南西西向主压应力的作用^[8]。在同一应力场的作用下, 造成北东(或北北东)向和北西向两组互为共轭的剪切应变带, 仍是水化前兆呈网络分布、并与地震活动及多种最新构造形迹具有类似分布规律的根本原因。

(二) 水化前兆网络与地质构造

水化网络的存在, 是有其实在的地质基础的。对水化前兆异常点的深入解剖表明, 产生异常的必要构造条件是: 水点须处在活动断裂带上或附近5~10公里范围内; 水点与活动断裂带之间往往有2~3级低序次的断层存在; 并且, 水点还要直接揭露破碎带或在其附近。若观测井为松散层钻孔, 则松散层下伏的基岩中须有活动断层。

例如, 怀来后井在1977年5月12日芦台6.3级、1977年11月27日丰南—宁河5.6级等唐山强余震前, 产生过明显的异常。后井即具备这样的构造条件(图2)。该井为温泉区内的热水井, 井深500.3米。钻孔不仅穿过破碎带, 而且穿过厚达9.1米的深褐色塑性状断层

泥。断层泥同时兼有抗剪强度低、含氢量高两个特点。地震前断层发生蠕动,致使高氢水流出则出现异常。

从水化前兆网络迹线延伸方向看,很多迹线或迹线在一定范围内与断裂是一致的。例如,滦县北西向迹线与滦县——乐亭断裂基本重合;而武安——磁县——大名——曲阜迹线与磁县——大名断裂,大部分都可以对比^[9]。另外一些前兆迹线与断裂则不一致。沧东断裂对于华北平原沉降带的构造格局起着重要的作用,但水化异常迹线并不完全沿该断裂带延伸。在天津海河以南,两者不重合,迹线向东偏离断裂约20°。又如,滦县——唐山——天津——河间——隆尧东迹线,在该方向上并无一条贯通的北东向断层。

前兆迹线与地质断层间的差别,是由于后者系不同地质时代(当然也包括现代)构造运动造成的综合构造痕迹,但今古应力场已发生过重大改变,因而反映现代应力场作用的前兆网络就有别于老构造了。

上述可见,水化前兆异常网络与地质构造的关系较为复杂,需做具体分析。

(三) 水化前兆网络与热异常点、地表水系

一般温泉地下热水生成的年龄不过上万至几万年(系指大气降水沿地壳断裂下渗、经深循环加热而后返回地表的时间);而形成温泉现在的面貌,其时间则更短。因此,温泉能反映现代地壳构造活动的某些特征。从图1可见,区内水温 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 的温泉大都分布在前兆网络迹线5~10公里的范围内。而且怀来、小汤山、滦县安各庄、昌黎等众多的产生过前兆异常的观测点,本身就是温泉区内的热水井。

在地表水系空间展布形态上,也明显遗留下地壳运动的痕迹。有些水化前兆迹线与河流是十分接近的。例如,张家口——怀来——北京——天津迹线,与大洋河——永定河——海河的流向大体一致,两者相距一般小于10公里,最大距离不过20公里左右。甚至单个异常点与河流的关系也较密切。不少异常水点正处于河流的突然拐弯(肘状拐弯)处,后者大多是地壳的新构造运动造成的。

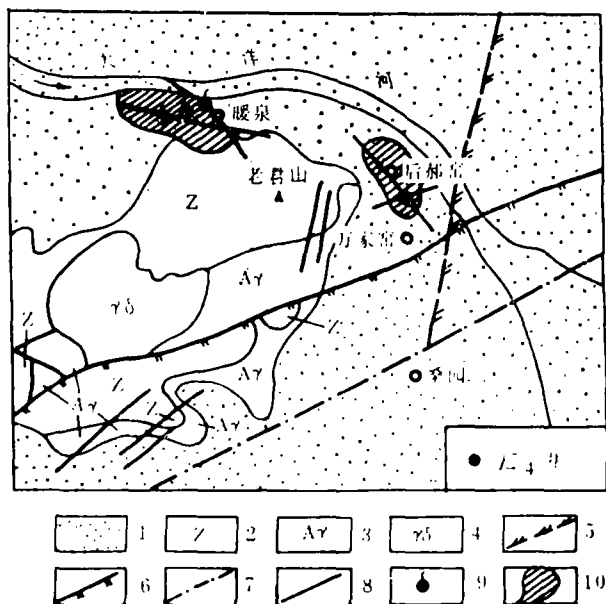


图2 怀来后4井地质构造图

(据河北省地质局)

1. 沉积槽地; 2. 震旦亚界; 3. 前震旦亚界片麻岩; 4. 花岗岩闪长岩; 5. 杨家山断裂; 6. 歪头山—万家窑断裂; 7. 狼山大断裂; 8. 一般小断裂; 9. 温泉; 10. 热异常带。

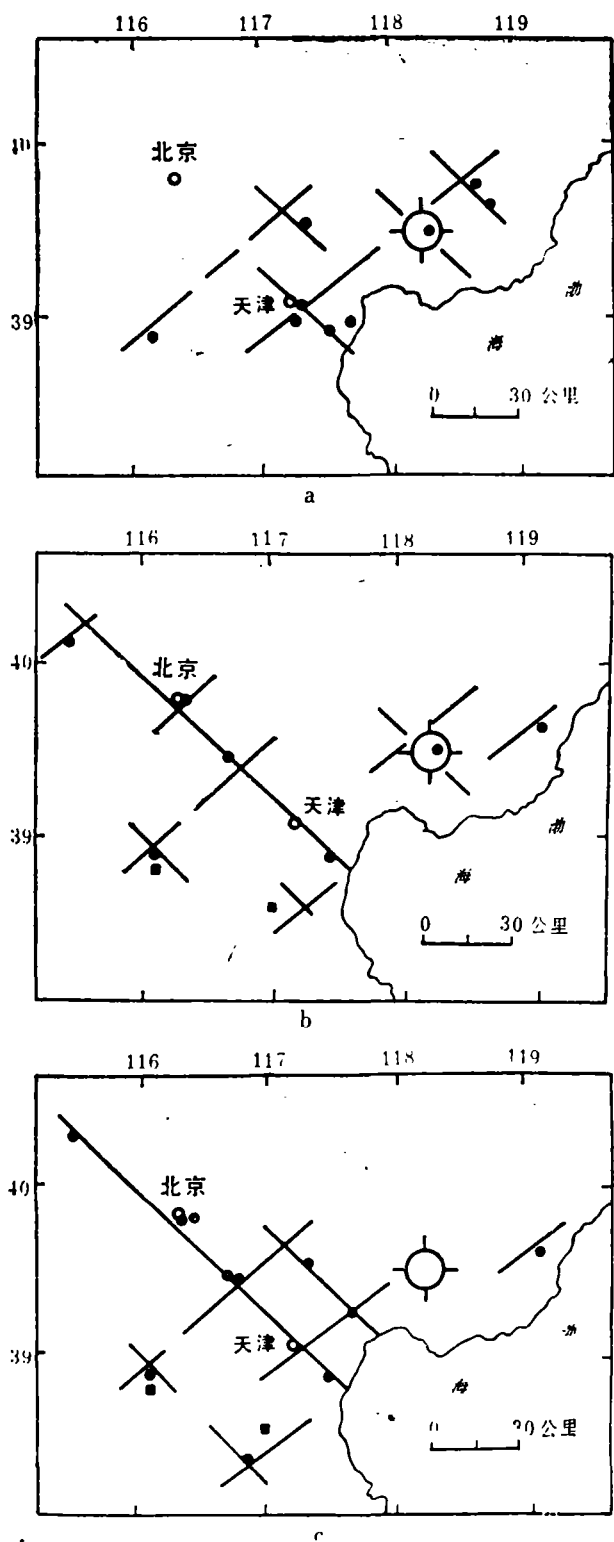


图3 唐山7.8级地震前后水化异常分布图

四、唐山地震水化前兆异常的网络分布特点

震惊中外的唐山大震，发生在水化观测点较为密集的地区。在主震和不少强余震前，确实记录到一批前兆异常，异常点也较清楚地显露出网络分布的特点。要说明的是，有的水点在大震发生时被彻底破坏，而地震后又增加部分新的观测点，这使对地震前后异常分布特点的比较工作受到一定的影响。不过这种水点数量不多，我们仍可以看出异常分布的大致轮廓。

实际资料表明，在不同的时期异常的网络图象是不一样的（图3）。

（一）水化趋势异常阶段

1975年10月至1976年3月水化学方法观测到趋势性异常。滦县田疃井于1975年10月最先出现水氡异常，随后唐山自来水厂井、宝坻井、滦县安各庄井等的水氡相继发生变化，1976年1月以后，天津张道口、棉₁、津₂等井的二氧化碳及气体总量明显增加，唐山自来水厂井又出现氯离子异常，最后显示异常的是雄县井，1976年3月初水氡呈现出趋势变化。

如图3-a所示，上述异常主要分布在滦县—唐山—天津迹线、宝坻—廊坊—雄县迹线、以及与之相交的北西迹线上。就其总体，前兆网络迹线的优势方向为北东向，约为 $N50^{\circ}\sim 52^{\circ}E$ ，与唐山7.8级地震的主破裂方向（ $N30^{\circ}$

E) 接近。另外,水化前兆的优势迹线,在其方位和位置上,与1972年4月至1976年大震前, $M_L \geq 2.0$ 地震勾画出的北东地震条带更有良好的关系^[10]。

上述还可见,多点异常的出现,是在前兆网络的结点或迹线上以“跳迁”的方式进行的。这种“跳迁”与地震的迁移特性颇为相似。笔者拟另外讨论。

(二) 水化短临异常阶段

1976年4月至1976年7月27日,异常除在北东向迹线上继续有所显示外,又出现以下两个新情况(见图3-b):

第一,短临异常在北西迹线、即在天津——北京——怀来迹线上以“跳迁”方式扩展。该时期除天津₂井的气体总量仍处于异常高值外,涿鹿矾山泉、廊坊自记井、北京京棉一厂自记井等的水氢先后出现异常。这条异常迹线的方向为 $N49^\circ W$,与震前由 $M_L \geq 2.0$ 地震组成的北西地震带^[10]、与唐山7.8级地震震源机制解中Ⅱ节面的方向($N60^\circ W$),在大方向上是相近的。

第二,远离震中的山东曲阜_{1、2}井和江苏清江井出现水氢突跳,其震中距分别为450公里和640公里。无论是从地震的区划或从孕震过程来看,这三个水点都远在孕震区之外。地下水位前兆有超地区反应的现象,曲阜等井在临震前出现的变化也是一种超地区反应。

(三) 强余震异常阶段

1976年8月至1977年11月,发生过宁河6.9级、芦台6.3级、丰南——宁河5.6级等多次强余震。我们将该时期历次地震前产生的异常水点绘于图3-c上,可看出异常在北西和北东迹线上都有强烈的显示(滦县田疃、安各庄水点已被破坏,无资料)。此时期地震活动成散发状态。从水化前兆和地震的分布上,反映出强烈地震发生后区域应力场大范围内的重新调整。

在对各条水化前兆迹线与所在地质构造的关系进行具体分析后,可得出的推论是:在唐山大震前后,有些断裂曾有过较强的活动。例如,滦县——乐亭断裂、蓟运河及香河——宝坻断裂、海河断裂、牛东断裂、河西务断裂、南苑——通县断裂、狼山——黑山寺断裂等,从水化前兆的观测结果看,它们可能发生过变化。当然,这只是根据一种手段做的判断,若能从地形变、地电、水位等多种资料来复原地壳的构造活动,其结果才会更真实可靠。

综上所述,唐山大震的水化学前兆异常,是以跳迁的形式出现在前兆网络格架上的,从趋势到短临和震后的异常展布,相应地是以从北东向为主、转向北西方向、最后在两个方向上显示的;从水化前兆资料分析,认为大震前后某些断裂带曾有活动。

五、水化前兆网络研究在地震监测中的意义

探讨水化异常的分布特点,在地震监测预报上是有实际意义的。

按照网络观点,灵敏点(穴位)主要处在迹线的交叉点——“结点”和迹线上。可以重点在这些地方选择和设置水化观测点。当然,对于地震水化学观测来说,选点时仅考虑前兆网络是不够的;还要同时注意含水层内有无特殊的化学元素或组份,即有无产生异常的物质来源,并要考虑井孔结构是否合理,流量的大小是否能满足水化观测的要求等因素。总之,

最佳水化观测点具备的条件是多方面的。有些处于前兆网络格架上的水点照样无异常反应,不具有物质来源等条件,是其重要的原因之一。

目前,国家地震局科技监测司在天津、怀来及北京等地分别设置“水化学综合台”。这三处台址均处在水化前兆迹线的结点附近,而且井孔的水文地球化学和观测条件也符合监测要求。所以说京津水化台址的部署是合理的。

另外,两条前兆网络迹线间的平均距离为50公里左右,可做为确定水化观测台站合理密度的参考依据。

在地震预报方面,研究水化前兆网络特征对于确定未来强震的震中无疑是有帮助的。但因目前资料有限,本文暂不做讨论。

六、结论和存在问题

由前述可见,水化学异常点的分布不是无规则的,而是呈线性网络图象。在华北平原地震带和燕山地震带内,水化网络迹线一组成北东(或北北东)向,一组成北西向。水化网络与地震活动、最新剪切构造网络图象相似,异常点分布与地质构造、地热异常及地表水系的关系密切。唐山地震的水化学异常分布显现出网络性;不同的阶段异常点展布的优势方向是变化的,水化异常的出现,表明某些断裂曾有过活动。

目前,已有的水化前兆异常资料对于网络研究在数量上是不够的,并且,有关的基础理论也不成熟。本文给出的水化前兆网络图象是非常粗略、过于简单化的,需要在实践中加以检验和修正。

贾化周、尹汉南、李钦祖等同志对本文提出了宝贵的修改意见,谨致谢意!

参 考 文 献

1. 尹汉南,水氢异常场讨论,地震战线, 1、1980。
2. 王长岭、唐丰年,水化预报地震的现状和发展,西北地震学报, 1、2、1979。
3. 张伟、林颐耀,利用地下水化学预报地震的探讨,地震学报, 3、1、1981。
4. 丁国瑜、李永善,我国地震活运与地壳现代破裂网络,地质学报, 53、1、1979。
5. 马宗晋,华北地壳的多(应力集中)点场与地震,地震地质, 2、1、1980。
6. 方仲景,华北最新剪切构造网络与地震区划,华北地震科学, 3、2、1985。
7. 李永善、李金正、林福章,大华北地区地震活动骨架及1970年有来十次强震前的地震异常信息,地震, 2、1985。
8. 李钦祖,华北地壳应力场的基本特征,地球物理学报, 23、4、1980。
9. 商宏宽、吕梦林,晋冀鲁豫交界地区地震地质条件,华北地震科学, 3、3、1985。
10. 张四昌,华北地区的地震分布图象与共轭孕震构造,华北地震科学, 3、2、1985。
11. 国家地震局《一九七六年唐山地震》编辑组,一九七六年唐山地震,地震出版社,1982。

(1986年2月17日收到初稿)

A PRELIMINARY STUDY OF HYDROCHEMICAL PRECURSORY ANOMALIES NETWORK AND THE CHARACTERISTICS OF HYDROCHEMICAL PRECURSORY ANOMALIES DISTRIBUTION OF THE TANGSHAN EARTHQUAKE

Wang Jiyi Zheng Yunzhen Liu Yunqing

(Seismological Bureau of Hebei Province)

Abstract

The plane distribution of hydrochemical anomalies is like a network in shape and similar to seismic active pattern. The hydrochemical anomalies of Tangshan earthquake occurred along a northeastern or northwestern precusory trace, and showed stages. The hydrochemical anomalies showed that some faults had activities before and after the earthquake.