

强震水化学前兆场特征

王长岭 陶淑芬 张世琴 张新基 张 慧 张佩山

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要 研究了唐山、松潘两次7级以上强震的水化学前兆场特征。结果表明,两次强震水化学前兆场有相似的特征。在震源区,水化趋势性异常和短临突变异常所占的比例大,远离震源区所占的比例小,且有逐渐减小的趋势;在震源区,水化趋势性异常起始的时间早,远离震源区异常起始的时间晚,趋势异常的形态均为逐渐升高。水化学前兆场的形成与区域应力场有关,但与震源应力场关系密切,可能起主导作用的是震源应力场。

关键词: 强震 水化学 地震前兆 异常特征 前兆场

对水化学前兆特征研究的人较多,报导的文章也多。但水化学前兆场特征的研究国内外报导的却很少。李宣瑚对唐山地震京津地区水氡异常场作了初步研究,指出水氡中短期异常有从震中向外扩散而临震突跳由外围向震中收缩的现象^[1],但仅对震中区周围200 km左右的10个水点进行了研究。研究的范围偏小,水点的数量也偏少。从更大的范围、更多的水点入手进行深入的研究显然很有必要。本文着重研究7级以上强震水化学前兆大范围内空间分布特征及水化异常起始时间上的差异性,进而讨论水化学前兆场与震源的关系,从而指导未来的地震预报,为建立板内地震前兆场理论提供基础资料。

1 强震水化学趋势性前兆的空间分布

1.1 1976年7月28日唐山7.8级地震

距唐山7.8级地震震中500 km范围内共有水化观测点55个。利用各水化点观测值的月均值作图,识别提取水化的趋势性异常,按照距震中不同的距离范围,计算异常水化点项所占的比例,其结果如下:(1)0—100 km范围内水化点(项)共13个,出现异常的点项有6个(表1),占46.2%。(2)101—200 km范围内水化点(项)共11个,其中出现趋势性异常的有4个,占36.4%。(3)201—300 km范围内水化点共12个,其中出现趋势异常的有3个,占25%。(4)301—400 km范围内的水化点有12个,其中出现趋势异常的水点有2个,占16.7%。(5)401—500 km范围内的水点有9个,其中出现异常的有1个,占11.1%。(6)501—600 km范围内有水化点5个,即呼和浩特2号井、安阳钢厂井、晋祠1号井、晋祠3号井和东海温泉,这些水点均没有出现趋势性异常。上述异常水点的部分图形见图1。

表1 唐山、松潘地震水化趋势异常表

水点名称		测项	始测时间	异常起始时间	异常起始至 发震之时间 间隔(月)	震中距 (km)
唐 山 地 震	唐山电厂 11	水 氢	1975-01	1975-02	17	0
	田 疃	水 氢	1973-03	1973-06	37	50
	安 各 庄	水 氢	1973-06	1973-08	35	50
	塘 沽 42	水 氢	1974-01	1974-08	23	80
	张 道 口	水 氢	1976-02	1976-05	3	100
	张 道 口	二氧化碳	1976-02	1976-02	6	100
	管 庄	水 氢	1969-01	1975-05	15	130
	管 庄	气体总量	1969-01	1975-02	18	130
	京棉一厂	水 氢	1976-01	1976-03	5	140
	雄 县	水 氢	1974-01	1974-09	22	200
	东 花 园	水 氢	1972-01	1975-10	10	220
	矾 山 泉	水 氢	1975-08	1975-12	8	250
	赤 峰	水 氢	1975-01	1975-01	7	300
	招远 6 号	水 氢	1974-04	1975-12	8	310
	井陉医院	水 氢	1976-03	1976-03	5	380
	鞍山汤岗子	水 氢	1975-01	1976-04	4	430
松 潘 地 震	松 潘	水 氢	1972-01	1973-11	34	50
					开始观测就 处在异常之 中	
	平 武	水 氢	1976-06	1976-06		50
	武 都	水 氢	1975-01	1975-02	19	125
	清 水	水 氢	1975-01	1975-03	18	300
	通 渭	水 氢	1973-03	1975-01	20	300
	兰州五泉山	水 氢	1972-04	1975-03	18	360

1.2 1976 年 8 月 16 日松潘 7.2 级地震

距松潘 7.2 级地震震中 500 km 范围内有水化观测点 20 个。(1)距震中 100 km 范围内的水点有两个:松潘和平武水氢均出现了趋势性异常,占全部水点的 100 %。(2)距震中 101—200 km 范围内的水化点有两个:武都水氢和茂汶水氢,出现趋势性异常的水点仅武都一个,占全部水点的 50 %。(3)201—300 km 范围内的水化点有 7 个:武山、清水、天水马跑泉、天水官泉、陇西、汉中和通渭,其中出现趋势性异常的水点有 2 个:通渭温泉水氢和清水温泉水氢,占全部水点的 28.4 %。(4)301—400 km 范围内有水化观测点 5 个:康定姑咱、康定、兰州五泉山、西吉和宝鸡,其中有趋势性异常的水点只一个,即兰州五泉山水氢,占全部水点的 20 %。(5)401—500 km 范围内的水点共有 4 个:甘孜、冕宁、固原和西安,这些水点的水氢均没有趋势性异常。以上水点的异常情况见表 1,部分异常图形见图 2。

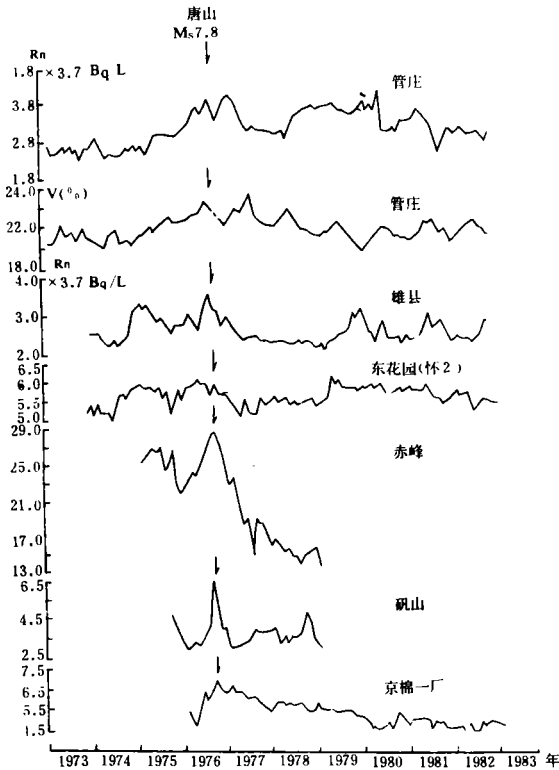


图1 唐山7.8级地震部分水化趋势异常
Fig.1 The long-term groundwater anomaly of the Tangshan Ms 7.8 earthquake.

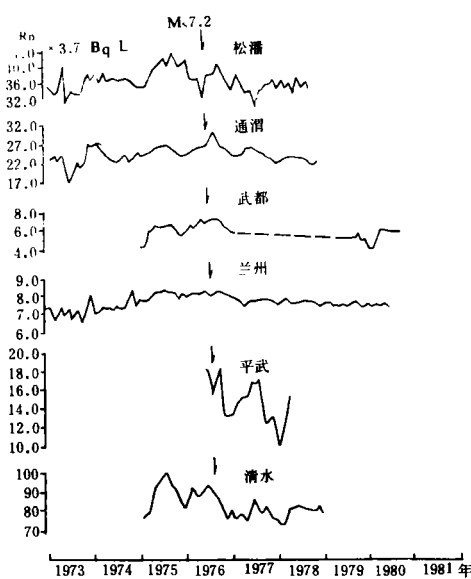


图2 松潘7.2级地震水化趋势性异常图

Fig.2 Long-term anomalies of the Songpan Ms 7.2 earthquake.

1.3 强震水化学趋势性异常的空间分布特征

唐山、松潘两次7级以上地震的水化趋势性异常所占的比例随距震中距离的分布列于表2。以震中距为横坐标,出现异常的水点所占的比例为纵坐标作图3。从表2和图3可以看出,7级以上强震的水化学趋势性异常的空间分布特征是,距震中越近,出现趋势性异常的水点所占的比例越高,距震中越远,出现趋势性异常的水点所占的比例越低。震中距0—100 km范围内,异常水点所占的比例最高,随着震中距的增加,异常比例逐渐衰减。至500 km以外的水点没有发现趋势性异常。

表2 震中距与异常比例关系表

地震	震中距(km)	0—100	101—200	201—300	301—400	401—500	500以上
唐山	比例(%)	46.2	36.4	25	16.7	11.0	0
松潘		100	50	28.4	20	0	

2 强震水化学短临突变的空间分布

2.1 唐山7.8级地震

对震中周围500 km范围内的55个水点的水氢资料进行了差分处理,以均方差的3倍为控制线,震前一个月内水氢出现突变的水点其空间分布情况如下:距震中100 km范围内的水点出现水氢突变的有8个,占全部水氢测点的66.7%;距震中101—200 km范围内的水点,出现水氢突变的有6个,占该范围内全部水氢测点的60%;距震中201—300 km范围内的水点

出现水氡突变的有 3 个,占全部水氡测点的 25 %;距震中 301—400 km 的水点出现水氡突变的有 3 个,占全部水点的 27.3 %;距震中 401—500 km 范围内的水氡测点,出现水氡突变的有 3 个,占全部水氡测点的 27.3 %。各水点的突变情况见表 3,部分图形见图 4。

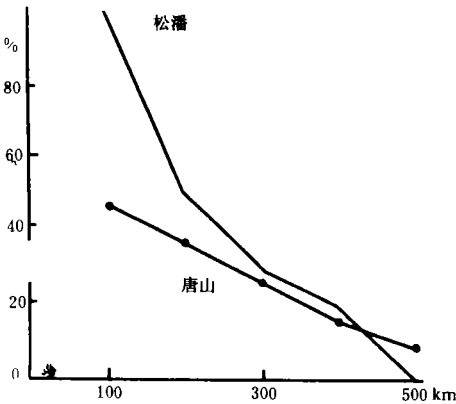


图 3 趋势性异常所占的比例与震中距的关系

Fig. 3 Relation between the proportion of long-term anomaly to all anomalies and epicentral distances.

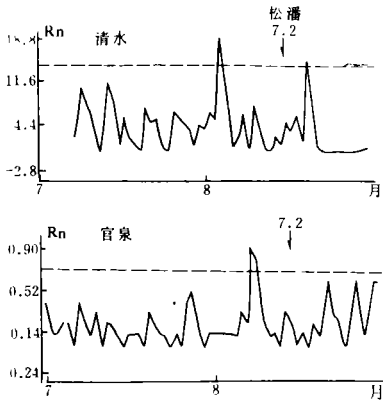


图 4 1976 年松潘地震水氡突变图

Fig. 4 Imminent anomalies of radon in groundwater for the Songpan earthquake in 1976.

表 3 唐山、松潘地震水氡突变表

唐			山		
水点名称	震中距(km)	出现突变的时间	水点名称	震中距(km)	出现突变的时间
唐山电厂 11	0	7 月 23—27 日	文安	170	7 月 8—10 日
唐山电厂 13	0	7 月 27 日	雄县	200	7 月 4—5 日
芦苔农场	50	7 月 25 日	庆云井	220	7 月 7—8 日
昌黎	80	7 月 26—27 日	北新堡	220	7 月 24 日
塘沽 42	80	7 月 22—23 日	赤峰	300	7 月 13—15 日
宝坻	80	7 月 17—19 日	束鹿	310	7 月 21 日
棉 4	100	7 月 6 日	昌乐 2	320	7 月 18 日
张道口	100	7 月 21—22 日	红山 1	380	7 月 19—24 日
山海关疙瘩岭	120	7 月 23 日	鞍山汤岗子	430	7 月 11—12 日
山海关一中	120	7 月 18—19 日	曲阜 2	450	7 月 26 日
廊坊火车站	120	7 月 13—16 日	魏县	440	7 月 28 日
坝 1	160	7 月 22—23 日			
松			潘		
水点名称	震中距(km)	出现突变的时间	水点名称	震中距(km)	出现突变的时间
平武	50	7 月 12—13 日	西吉	390	7 月 28—30 日
武都	125	7 月 8—21 日	甘孜	410	8 月 8—15 日
清水	300	8 月 4—5 日	冕宁	490	8 月 13—14 日
天水官泉	270	8 月 8—10 日	固原	410	8 月 11—12 日
汉中	280	8 月 1 日	西安	500	8 月 13—14 日
姑咱	330	8 月 9—11 日			

2.2 松潘 7.2 级地震

对松潘 7.2 级地震震中周围 500 km 范围内的水氡测点的资料进行了差分处理,出现水氡突变的水点分布如下:距震中 100 km 范围的 2 个水点有 1 个出现水氡突变,占 50 %;距震中

101—200 km 范围内 2 个水点有 1 个出现水氡突变,占 50 %;距震中 201—300 km 范围内的水点共 7 个,出现水氡突变的有 3 个,占 43 %;距震中 301—400 km 范围的水点共 5 个,出现水氡突变的有 2 个,占 40 %;距震中 401—500 km 范围内的水点共 4 个,全部出现水氡突变,占 100 %。各水点的突变情况见表 3,部分图形见图 5。

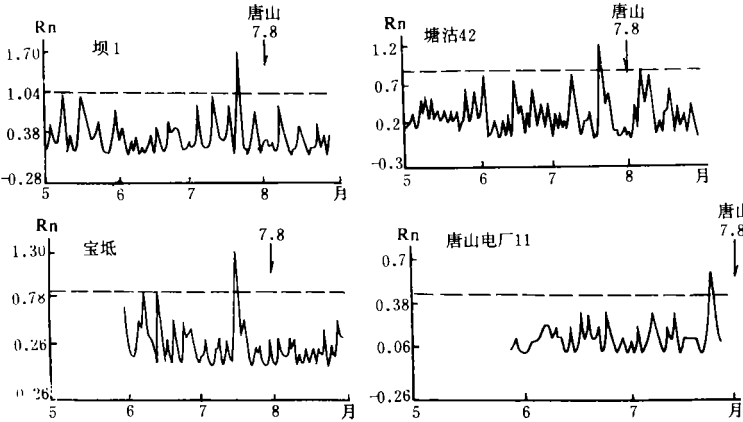


图 5 1976 年唐山地震水氡突变图
Fig. 5 Sudden changes of radon in groundwater for the Tangshan earthquake in 1976.

2.3 短临突变的空间分布特征

唐山、松潘两次 7 级以上强震的水化短临突变的空间分布特征具有相似性。距震中越近的水点,出现短临突变所占的比例越大,随着震中距的增大,出现短临突变的水点所占的比例逐渐减小,仅个别例外(表 4)。

3 不同空间位置的水点趋势性异常起始时间的差异性

对唐山、松潘两次强震不同空间位置的水化点趋势性异常的起始时间及起始时间至发震之间的时间间隔(以下简称时间间隔)进行分析,可以看出:

(1)唐山地震:距震中 0—100 km 范围的水化点项出现趋势性异常的共有 6 项,见表 1。从表 1 可以看出,这 6 项异常起始时间距发震时间的平均时间间隔为 20.2 个月。101—200 km 范围内的水化点项出现趋势性异常的有 4 个,各异常起始时间距发震时间之平均时间间隔为 15 个月。201—300 km 范围内的水化点出现趋势性异常的有 3 个,各异常起始时间距发震时间之平均时间间隔为 8.3 个月。301—400 km 范围内水化点出现趋势性异常的有 2 个,各异常起始时间距发震时间之平均时间间隔为 6.5 个月。401—500 km 范围内水化点出现趋势性异常的有 1 个,时间间隔为 4 个月。501—600 km 范围内的水化点没有出现趋势性异常。

表 4 水氡突变的空间分布

水点距震中距离(km)		0—100	101—200	201—300	301—400	401—500
水氡突变所占的比例 (%)	唐山地震	66.7	60	25	27.3	27.3
	松潘地震	50	50	43	40	100

(2)松潘地震:距震中 100 km 范围内水化点出现趋势性异常的有 2 个(表 1):松潘水氡从 1973 年 11 月出现趋势性升高异常,时间间隔为 34 个月;平武水氡 1976 年 6 月才开始观测,开始观测就处在异常之中,不参加计算平均时间间隔。101—200 km 范围内水化点出现趋势异常的有 1 个,时间间隔 19 个月。201—300 km 范围内水化点出现趋势异常的有 2 个,平均时间间隔为 18.5 个月。301—400 km 范围内水化点出现趋势异常的有 1 个,时间间隔为 18 个月。401—500 km 范围内的水化点均没有出现趋势性异常。

唐山、松潘两次地震不同空间位置的水点趋势异常起始时间至发震之时间间隔列于表 5。表 5 的结果表明,距震中越近的水点,趋势性异常出现的时间越早,平均时间间隔越长。随着震中距的增大,趋势性异常出现的时间逐渐推迟,平均时间间隔越短。唐山地震尤为明显,松潘地震因水点密度偏小稍差。

表 5 不同空间位置的水点异常起始时间的差异性

水点距震中距离(km)		0—100	101—200	201—300	301—400	400—500
异常起始时间 至发震之平均 时间间隔(月)	唐山地震	20.2	15	8.3	6.5	4.0
	松潘地震	34	19	18.5	18	

4 水化学前兆场特征与大震震源关系的讨论

4.1 水化学前兆场特征

以上论述说明,7 级以上强震水化学前兆存在一个场,这个场的场源就是震源,场的范围约 500 km。场内各点异常的起始时间及异常的空间分布密度受场源的制约,但由于构造断裂、水文地质条件、地球化学环境等因素的影响,这种制约又是不均匀的,目前尚难用一个公式表达。

4.2 水化学前兆场特征与区域应力场有关,但区域应力场难以很好解释水化前兆场特征

唐山、松潘两次 7 级以上强震的水化前兆场范围很大,达 400—500 km,远远大于震源区。若按照“把余震区当作震源区”的观点^[8],唐山地震的余震区长 145 km,宽 50 km,松潘地震的余震区长 80 km,宽 25 km。可见,水化前兆场特征的出现不仅与震源应力场有关,也与区域应力场有关。按照“多(应力集中)点场”^[2]的观点,在较大区域应力的作用下,一些特殊的构造部位(断裂扭变带中闭锁段、断裂端部等)产生应力集聚释放,进而造成断裂的扩展、蠕动、串通或断错。有的应力集中点以中小地震或断层蠕动释放局部的应变,有的逐渐形成最大的应力集中区。野外观测和室内实验说明,水化异常的产生与地壳应力积累一释放、地下物质运移交换有关,此时,必然出现大区域范围的水化异常。但这时出现的水化异常是分散的、零乱无序的、无规律可循的,还不能构成水化学前兆场。我们在大震前几年时间所观测到的水化前兆场是有一定特征、有某些规律性的有序水化异常。所以,单纯依赖区域应力场的变化还难以解释水化学前兆场。

4.3 水化学前兆场特征与震源关系密切,水化学前兆场可能主要来自震源应力场

水化学前兆场以震源为中心,能显示出某些特征:在震源区水化异常占的比例大,远离震源区,水化异常所占的比例小,且逐渐减小;震源区水化异常出现得早,随着距震源区距离的增大,异常出现的时间越来越晚。这表明,在区域应力作用下,会有多应力集中点同时存在,水化

异常空间分布范围大,且无序。一旦震源开始形成并逐渐发育,水化异常则以震源应力场为主导作用,以震源区为中心逐渐由无序走向有序,形成水化学前兆场。震源是许多应力点中筛选出的最大的应力集中区,所以震源区首先开始出现趋势性异常,随着震源孕育时应力不断积累增大,水化趋势异常应为逐步升高形态,且不应间断。按照“块动”和“同带”观点(郭增建,1979),认为大地震在地壳块体的交界带上孕育,当震前预滑发生时,整个块体可能有运动,因此,在块体其它边缘上也可能有异常显示,块体越大,异常出现的距离越远。这就解释了在大震震源孕育的过程中,孕震区以外的地方也可能出现受孕震区制约的异常。这些异常出现的时间应该比震源区的异常晚,数量应该少。这和前述结果相符。

5 结束语

唐山、松潘两次7级以上强震的水化学前兆场具有相似的特征。在震源区(唐山地震为 145×80 km,松潘地震为 80×25 km)及其附近,出现水化趋势性异常的水点所占的比例最高,唐山地震为46.2%,松潘地震为100%。随着距震源区距离的增大,出现水化趋势性异常的水点所占的比例逐渐减小,直至400(松潘)—500(唐山) km以外,水化趋势性异常消失。趋势性异常的形态均表现为升高。位于震源区的水点,水化趋势异常的起始时间早,唐山地震在震前20.2个月(平均时间)开始,松潘地震在震前34个月开始。随着距震源区距离的增加,趋势性异常的起始时间逐渐缩短,唐山地震尤为明显,松潘地震稍差。水化短临突变异常在震源区出现的水点所占的比例高,唐山地震占66.7%,松潘地震占50%,在外围区所占的比例低,似有逐渐减少的趋势。

水化前兆场的形成与区域应力场有关,起主导作用的是震源应力场。只有当震源开始出现和发育时,水化异常才由无序走向有序,形成水化学前兆场。这为场兆和源兆的研究提供了证据。

在中国大陆发生的多次7级以上强震中,唯唐山地震水点密度最大,资料最全,松潘地震次之,其它震例因水点密度太小难以作类似的研究。

(本文1995年5月28日收到)

参考文献

- 1 马宗晋,傅征祥,张郅珍,汪成民,刘德富.中国九大地震.北京:地震出版社,1982.172.
- 2 马宗晋.华北地壳的多(应力集中)点应力场与地震.地震地质,1980,2(1):39—48.
- 3 王长岭,姚庆春,龙明.松潘—平武地震前震中以北地区泉点水氧含量异常的特征及其引起原因.地震学报,1980,2(1):65—73.
- 4 李宜璐.唐山地震前京津地区水氧异常场的某些特征.地震地质,1982,4(1):57—66.
- 5 郭增建,秦保燕.震源物理.北京:地震出版社,1979.
- 6 郭秀满,张炜,魏家珍,邢玉安,李宜璐,王铁成.全国地震水化观测资料汇编(1983—1985).北京:地震出版社,1986.
- 7 郭秀满.全国地震水化观测资料汇编(1969—1982).北京:测绘出版社,1985.
- 8 刘正荣,郭增建.地震学基础.北京:科学出版社,1976.167.

(下转第21页)

THE STUDY ON DIFFERENT EXISTENCE FORMS OF RADON IN GROUNDWATER AND DIVERSITY OF REFLECTING EARTHQUAKE

Zhang Xinji and Zhang Hui

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou,SSB, Lanzhou 730000*)

Abstract

In this paper, the different existence forms of radon in underground water are expounded, the mechanisms in which different forms of radon travel and pass the information of crustal stress and strain are discussed and the differences of their reflecting earthquake efficiency are studied. The results show that escaping radon reflects better the crustal stress and strain and earthquake than dissolved radon. Thus, escaping radon can become a new and sensitive reflecting earthquake component of observation net of hydrochemistry for predicting earthquake.

Key words: Ground water, Radon, Gas geochemical surveys, Reflecting earthquake ability

(上接第 7 页)

FEATURES OF HYDROCHEMICAL PRECURSORY FIELDS FOR STRONG EARTHQUAKES

Wang Changling, Tao Shufen, Zhang Shiqin, Zhang Xinji, Zhang Hui and Zhang Peishan

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou,SSB,Lanzhou 730000*)

Abstract

The features of Hydrochemical precursory fields of the Tangshan and Songpan $M_s > 7.0$ earthquakes have been studied. The results show that the precursory fields of the two earthquakes have the similar property. The proportion of long-term and imminent anomalies to all anomalies is inversely proportional to epicentral distances. The long-term and imminent anomalies in the focal areas emerge earlier than those in the area far away from foci. All the long-term anomaly patterns show gradually rising. The formation of hydrochemical precursory field has something to do with regional stress field, but has even closer relation with focal stress field. Focal stress field in the precursory process may play a main role.

Key words: Strong earthquake, Hydrochemistry, Earthquake precursor, Anomalous character, Precursory field