

99, 21 (1) 1999 \ 155738 \ 02 \ 0-1 \ p315.7
1-6
1990年共和7.0级地震水化学前兆场特征*

王长岭, 张 慧, 张佩山 1-111

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 研究了1990年4月26日共和7.0级地震的水化学前兆场特征. 结果表明: 在震源区水化学趋势性异常所占的比例大, 远离震源区所占的比例小, 且有逐渐减小的趋势; 在震源区水化学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. 研究认为, 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, 而且起主导作用的可能是震源应力场.

关键词: 水化学; 水氡; 氡异常; 异常特征; 前兆场; 共和地震**中图分类号:** P315.7; P641.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(1999)01-0001-06

地震前兆

0 引言

以往震例表明^[1], 一次7级以上地震发生前其前兆异常分布的范围大, 而且不均匀, 异常起始时间、持续时间和短临异常的密集程度等往往呈现出复杂的图像. 地震预报工作者总希望从复杂的异常图像中找出与震源有关的前兆信息, 从而提取出预报强震的前兆标志. 水化学前兆场的研究, 就是研究水化学异常的空间分布、场兆与源兆的区别等. 对于水化学前兆特征很多人进行了研究, 也有不少文献进行了报导. 但是对水化学前兆场的研究和报导却很少. 作者^[2]曾经对唐山、松潘等7级以上地震的水化学前兆场进行了研究, 得到了一些初步结果. 本文以水氡变化为例从大范围多水点入手, 着重研究共和7.0级地震的水化学前兆场的特征, 讨论水化学前兆场与震源的关系, 为建立板内地震前兆场理论提供基础资料.

1 共和7.0级地震前水化学趋势性前兆的空间分布

1.1 水化观测点空间分布

共和地震震中区周围水点分布不均匀, 震中以北和以东水化观测点较多, 震中以西和以南观测点较少. 具体情况是: 震中区周围100 km范围内仅有一个水化观测点, 即共和7号钻孔($\Delta = 50$ km); 距震中101~200 km范围内有5个水化观测点, 即湟源水氡($\Delta = 118$ km)、贵德水氡($\Delta = 123$ km)、西宁水氡($\Delta = 160$ km)、大通县长宁水氡($\Delta = 172$ km)和互助水氡($\Delta = 180$ km); 距震中201~300 km范围内有水化观测点7个, 即乐都水氡($\Delta = 210$ km)、循化水氡($\Delta = 218$ km)、民和水氡($\Delta = 243$ km)、北海子水氡($\Delta = 280$ km)、五泉山水氡($\Delta = 300$ km)、扎子沟水氡($\Delta = 289$ km)和西武当水氡($\Delta = 298$ km); 距震中301~400 km范围内有4个水

收稿日期: 1998-05-12

* 中国地震局“九五”攻关项目 95-04-01-01-07 子专题资助; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC1999003.

第一作者简介: 王长岭, 男, 1939年10月生, 研究员, 主要从事地震地下流体研究工作.

化观测点,即红沙窝水氡($\Delta = 328$ km)、榆中水氡($\Delta = 344$ km)及红寺湖 2 个水氡测点($\Delta = 317$ km);距震中 401~500 km 范围内有 4 个水化观测点,即武山水氡($\Delta = 424$ km)、酒泉水氡($\Delta = 427$ km)、静宁东峡水氡($\Delta = 472$ km)和格尔木水氡($\Delta = 496$ km);距震中 500 km 以外有 4 个水化观测点,即武都殿沟水氡($\Delta = 518$ km)、清水温泉($\Delta = 512$ km)、西和水氡($\Delta = 520$ km)和官泉水氡($\Delta = 520$ km)。总计 25 个水化观测点,见图 1。

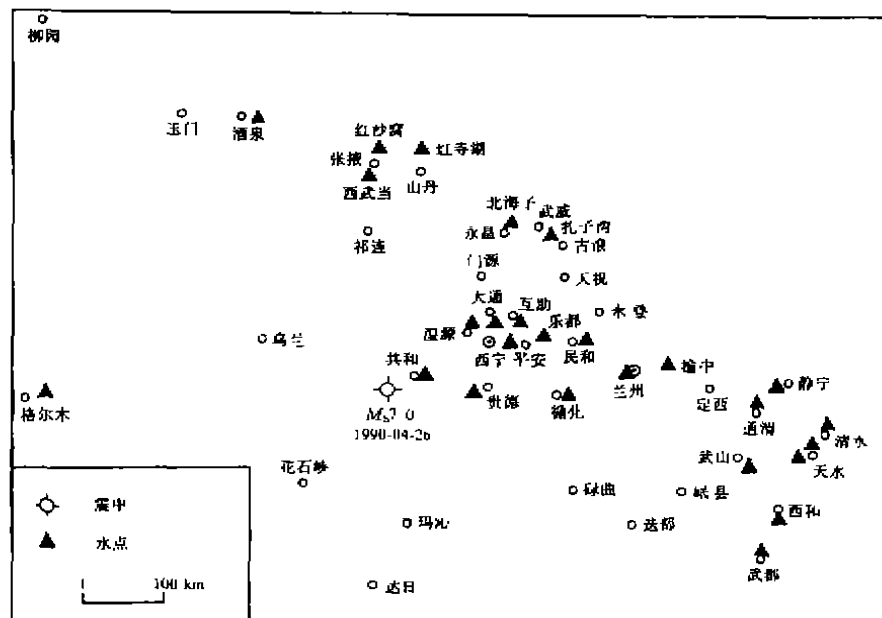


图 1 共和地震及水化观测点分布示意图

Fig. 1 Distribution of the Gonghe $M_{\leq 7.0}$ earthquake and hydrochemical survey sites.

1.2 水化学趋势性前兆的空间分布

利用各观测点水氡月均值作图,按距震中的距离范围,计算有异常测点所占的比例,其结果如下:

(1) 距震中 100 km 范围内仅有一个测点, 即共和 7 号钻孔, 其水氡年均值在 1987 年为 22.4 Bq/L, 1988 年为 23.2 Bq/L, 1989 年为 24.9 Bq/L, 1990 年为 28.8 Bq/L, 表明该测点水氡趋势异常非常明显, 见图 1 和表 1.

(2) 距震中 101~200 km 范围内的 5 个水化测点中, 出现趋势异常的有 3 个, 即湟源水氡、大通县长宁水氡和西宁水氡(图 1, 表 1), 出现异常测点占该范围水点数的 60%。

(3) 距震中 201~300 km 范围内的 7 个水化测点中出现趋势异常的有 2 个, 即民和水氢和甘肃省西武当水氢(图 2, 表 1), 异常水点占这一范围内水点数的 28.6%.

(4) 距震中 301~400 km 范围内的 4 个水化测点均未出现趋势异常。

(5) 距震中 401~500 km 范围内的 7 个水氡测点均未出现趋势异常, 500 km 以外的测点也未出现水氡的趋势异常。

1.3 水化趋势异常的空间分布特征

以距震中的距离为横坐标, 出现前兆性异常的水点所占比例为纵坐标作图, 见图 3。从图 3 可以看出, 共和 7.0 级地震前, 水氡趋势性异常的空间分布表现出距震中越近的水点, 出现趋势性异常所占的比例越高, 越远的水点, 出现趋势异常所占的比例越低的特征。至 300 km 以

外,没有发现水氡趋势异常.

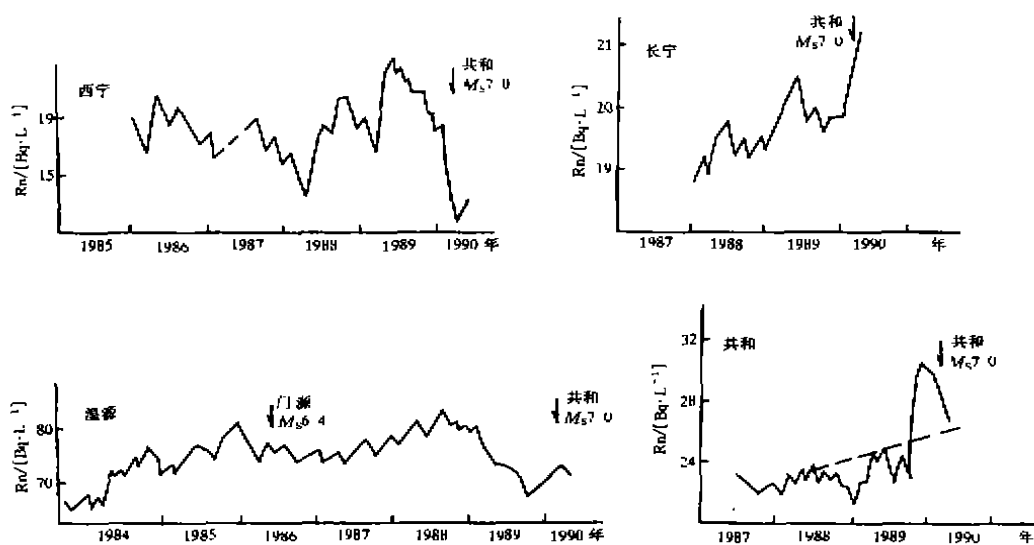


图2 共和7.0级地震震中周围200 km范围内水氡趋势异常

Fig. 2 Trend anomalies of radon content in groundwater at a range of 200 km around the epicenter of the Gonghe $M_{S7.0}$ earthquake.

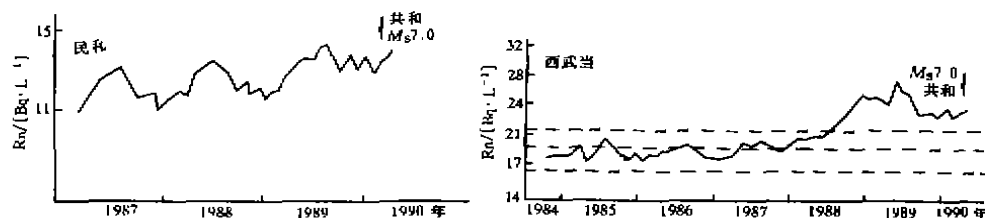


图3 距震中201~300 km范围内水氡趋势异常

Fig. 3 Trend anomalies of radon content in groundwater at a range of 201~300 km around the epicenter of the Gonghe $M_{S7.0}$ earthquake.

以异常开始的值作为基值,异常最高点的值作为极大值,以极大值减去基值除以基值的百分数作为异常幅度,计算结果见表1.从表1可知,异常幅度的规律性不明显.

2 共和7.0级地震前水氡短临突变的分布

用震前2个月的水氡日值资料进行差分,求出差分序列平均值和均方差,以3倍均方差作为控制线,凡超出均方差3倍的点视为突变点,结果列于表2和图4.从表2可知,震中周围100 km范围内的唯一一个水化点,即共和7号钻孔出现突变异常,异常出现在2月;距震中101~200 km范围内的5个水化点有3个出现突变异常,占全部水点的60%;距震中201

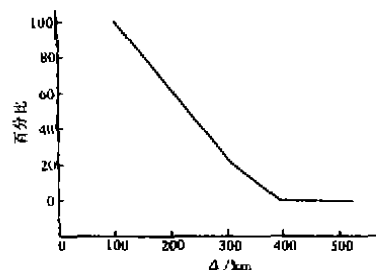


图4 趋势性异常所占比例与空间位置的关系

Fig. 4 Relationship between proportion of trend anomaly to all anomalies and epicentral distance.

~300 km 范围内的 7 个水化点中有 4 个出现突变异常, 占全部水点的 57%; 距震中 301~400 km 范围内的 4 个水化点中有 3 个出现突变异常, 占全部水点的 75%; 距震中 401~500 km 范围内的 4 个水化点中, 出现突变异常的有 3 个, 占全部水点的 75%; 500 km 以外的 4 个水化点中有 2 个出现突变异常, 占全部水点的 50%。以震中距为横坐标, 以出现突变异常所占的比例为纵坐标作图, 见图 5。从图 5 可见, 短临突变的空间分布规律性不明显。

表 1 共和 7.0 级地震水氡趋势异常情况

水化点名称	测项	资料开始时间	异常起始时间	异常开始至发震 时间间隔/月	震中距/km	异常幅度/%
共和 7 号钻孔	水氡	1987-07	1988-02	26	50	34.8
湟源县泉	水氡	1984-01	1988-01	27	118	8
大通县长宁泉	水氡	1988-01	1988-05	23	172	9.8
西宁市泉	水氡	1984-01	1988-10	16	160	30
民和县泉	水氡	1987-02	1989-07	19	243	11
张掖西武当泉	水氡	1985-01	1988-08	20	298	27.2

表 2 共和 7.0 级地震水氡突变时空分布

水化点名称	震中距/km	出现突变的时间	突变至发震之时间间隔/天
共和 7 号钻孔	50	3 月 13 日, 3 月 25 日	43, 31
西宁市泉	160	3 月 28 日, 3 月 29 日	28, 27
大通县长宁	172	3 月 22 日	34
互助县泉	180	4 月 9 日, 4 月 10 日	11, 16
乐都县泉	210	3 月 27 日	29
民和县泉	243	3 月 18 日	38
张掖市西武当泉	300	3 月 16 日	40
兰州五泉山	298	3 月 11 日, 3 月 15 日	45, 11
山丹县红寺湖低氡泉	317	4 月 21 日	5
张掖市红沙窝泉	328	4 月 23 日	3
榆中县泉	344	4 月 12 日	14
酒泉县钻孔	427	4 月 9 日	17
静宁县东峡泉	472	4 月 19 日	7
西和县泉	520	4 月 9 日	17
天水市官泉	520	4 月 19 日	7
格尔木市泉	496	4 月 25 日	1

3 不同空间位置趋势性异常起始时间的差异性

对共和 7.0 级地震不同空间位置的水化点趋势性异常的起始时间, 起始时间至发震时间的时间间隔(以下简称时间间隔)进行分析可以看出:

(1) 距震中 0~100 km 范围内的水化点项出现趋势性异常的有 1 个, 即共和 7 号钻孔, 其异常起始于 1988 年 2 月, 时间间隔为 26 个月(表 1)。

(2) 101~200 km 范围内的水化点出现趋势异常的有 3 个: 湟源水氡异常起始于 1988 年 1 月, 时间间隔为 27 个月; 大通县长宁水氡异常起始于 1988 年 5 月, 时间间隔为 23 个月; 西宁水氡异常起始于 1988 年 10 月, 时间间隔为 16 个月。上述异常起始时间距发震时间的平均时间间隔为 22 个月。

(3) 201~300 km 范围内的水化点出现趋势性异常的有 2 个: 民和县水氡异常起始时间为 1989 年 7 月, 时间间隔为 9 个月; 张掖西武当水氡异常出现于 1988 年 8 月, 时间间隔 20 个

月,其平均时间间隔为14.5个月。

上述结果表明,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。

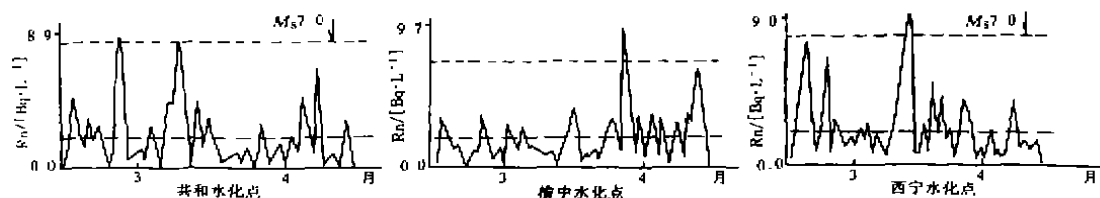


图5 部分水化测点1990年水氡突变图

Fig.5 Imminent anomalies of radon content in groundwater of partial hydrochemical survey sites in 1990

4 共和地震水化学前兆场特征与震源关系的讨论

4.1 水化学前兆场特征

以上分析研究说明,共和7.0级地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300 km。场内各水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,目前尚难用公式来表达。

4.2 区域应力场、震源应力场与水化学前兆场特征的关系讨论

共和7.0级地震水化学前兆场的范围达300 km,远远大于震源区。若按照公式 $M = 3.3 + 2.1 \lg L$ [3] 计算,其震源体长度 L 约为60 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。按多(应力集中)点场[4]的观点,在较大的区域应力作用下,一些特殊的构造部位(断裂扭变带中闭锁段、断裂端部等)产生应力积累释放,进而造成断裂的扩展、蠕动、串通或断错,有的应力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亦说明,水化异常的产生与地壳应力积累-释放、地下物质运移交换有关,此时必然出现大范围的水化异常。但这时出现的水化异常是分散的、无序的和无规律可循的,所以单纯依靠区域应力场的变化还难以解释水化前兆场。

水化学前兆场的分布显示出某些特征:在震源区水化学异常所占的比例大,远离震源区,水化异常所占比例小,且逐渐减小。震源区水化异常出现得早,随距震源区距离的增大,异常出现的时间越来越晚。这表明在区域应力场作用下,会有多应力集中点同时存在,水化学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,则震源应力场对水化学异常的发展起主导作用,这些异常以震源区为中心逐渐由无序走向有序,形成水化学前兆场。震源是由许多应力点中优选出的最大的应力集中区,所以震源区首先开始出现趋势异常,随着震源孕育时应力不断集中增大,水化学趋势异常应为逐步升高形态。

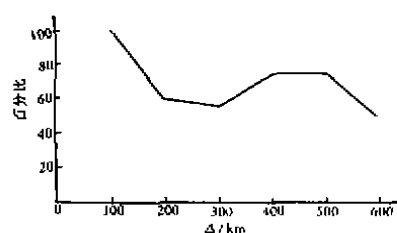


图6 水氡突变所占比列
与空间位置的关系

Fig.6 Relation between the proportion
of imminent anomalies to all
anomalies and epicentral distances.

5 结语

共和7.0级地震震源区及其附近,出现水化学趋势性异常的水点所占的比例最高。随着距震源区距离的增大,出现

水化学趋势性异常的水点的比例逐渐减小,直至 300 km 以外,水氡趋势异常消失.趋势异常的形态均表现为升高.位于震源区的水点,水化学趋势异常的起始时间早,约为 26 个月,随着距震源区距离的增大,趋势性异常起始的时间逐渐缩短.水化学短临突变异常在震源区与源外区变化的规律性不明显.

在水化学前兆场的形成过程中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,水化学异常才由无序走向有序,形成前兆场.

参考文献

- [1] 马宗晋,付征祥,张郅珍,汪成民,刘德富.中国九大地震[M].北京:地震出版社,1982.172.
- [2] 王长岭,陶淑芬,张世琴,张新基,张慧.强震水化学前兆场特征[J].西北地震学报,1996,18(1):1~7.
- [3] 郭增建,秦保燕.震源物理[M].北京:地震出版社,1979.127.
- [4] 马宗晋.华北地壳的多(应力集中)点应力场与地震[J].地震地质,1982,2(1):39~48.

CHARACTERISTICS OF HYDROCHEMICAL PRECURSORY FIELD BEFORE THE GONGHE $M_s7.0$ EARTHQUAKE

WANG Chang-ling, ZHANG Hui, ZHANG Pei-shan

(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou Gansu 730000)

Abstract

The features of Hydrochemical precursory field before the Gonghe $M_s7.0$ earthquake on April 20, 1990 are studied. The results show that proportion of hydrochemistry observation sites in which trend anomalies appear to all sites in focal region of the earthquake is higher than that far away from the focal region and the proportion reduces gradually as the epicentral distance increases. In the focal area the trend anomalies in which radon content in groundwater goes up gradually emerge earlier than far away from foci. The formation of hydrochemical precursory field has something to do with regional stress field, but has closer relation with focal stress field. Focal stress field may play a main role in the precursory process.

Key words: Hydrochemistry; Radon in groundwater; Radon anomaly; Anomalous character; Precursory field; Gonghe earthquake