

中国大陆地震活动高潮期与平静期水化学变化特征及其意义的研究^{*}

张文冕 倪明康 陶淑芬 张佩山 姚 军

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要 本文根据对华北、南北地震带等大范围内 20 多个(总共约 40 个)主要水化学(水氧)观测点近 20 年连续变化曲线的分析,发现 1966—1976 年地震活动高潮期均呈现趋势性高值异常,突变异常比较普遍。1977—1985 年地震活动相对平静期则呈现平稳的正常值变化,只是在局部地区的个别测点出现短趋势异常或突变异常。由此认为地震活动高潮期大区域应力场作用下形成大范围水化学异常场,这是预报连发性大震的一个重要标志。

关键词: 水化学测量 地震活动高峰期 华北 南北构造带

1 前言

国内外地震工作者根据大量典型震例总结发现,震前水化学(水氧)表现出不同程度的前兆异常现象。但在异常活动高潮期和相对平静期大区域内水化学观测值呈现何种变化状态? 时、空、强分布上有什么普遍性? 有没有水化学大范围变化场? 等等,前人还没有公开报导。本文企图从这些方面作一尝试,以便进一步探讨水化学(水氧)前兆场这一崭新问题。毫无疑问,这对地震预报(尤其是大震预报)是非常有意义的。

2 地震活动高潮期与相对平静期水化学大范围变化特征

我国大陆自 1966 年河北省邢台地区发生 7.2 级地震开始到 1976 年四川省松潘发生 7.2 级地震为止,是中国大陆强震连发的第四地震活动期内第七幕^[1]。在这 11 年中我国大陆华北、川滇等地区发生 $M_s \geq 7.0$ 级地震 9 次(1966 年邢台 7.2, 1969 年渤海 7.4, 1970 年通海 7.7, 1973 年炉霍 7.9, 1974 年永善 7.1, 1975 年海城 7.3, 1976 年龙陵 7.4, 1976 年唐山 7.8, 1976 年松潘 7.2)和 $M_s \geq 6.0$ 级地震 14 次,可以认为是我国大陆地震活动高潮期。而 1977 年初至 1985 年上半年,这 9 年期间我国大陆未发生 $M_s \geq 7.0$ 级地震,直到 1985 年 8 月 23 日新疆乌恰发生 1 次 7.4 级地震,可以认为这段时间是我国大陆地震活动相对平静期。

1966 年—1976 年地震活动高潮期内我国大陆华北地区、南北地震带、西北地区、华东地区等大范围内(1000 km 以上)几十个水化学(水氧)观测点呈现持续高值数年之久,且大范

* 地震科学联合基金资助项目

围大幅度突变现象时有出现,其高值异常点分布已超出9次大震的时空范围,形成令人信服的水化学高值异常场。1977年—1985年地震活动相对平静期内我国大陆同上地区、同上观测点则变化情况明显不同,除个别中强震引起小范围内(200 km)、个别测点短临异常外,大区域内水化学(水氡)无持续数年高值异常现象,也很少出现大范围大幅度突变异常,大多数观测点呈现数年低值稳定变化或维持正常波动变化。

以下将从大范围内数十个水化学(水氡)观测点原始测值变化曲线图予以论证。

2.1 华北地区主要水化学观测点测值变化情况

盘山(1)水氡1973年—1976年持续高值,1977年—1985年维持稳定低值变化(1973年之前大多数水化学观测点还未投入观测,下同),详见图1。雄县水氡1975年—1976年处于高值变化,其后除1979年、1985年出现短期较高值外,均保持稳定低值状态(图略)。管庄水氡1976至1977年上半年显示高值变化,而在其前后均处于正常稳定变化(图略)。管庄气体总量1976年—1978年呈现高值后,一直到1985年始终稳定正常值变化(图略)。张道口气体总量和二氧化碳1976年同步高值后直到1985年均处于稳定低值状态(图略)。京棉一厂水氡1976年高值后逐步下降,1978年至1983年维持正常低值变化(图略)。招远(6)水氡1974年—1978年处于高值状态,1979年—1985年保持平稳的低值变化,详见图2。塘沽(42)水氡1975年—1978年持续高值,而后一直到1985年保持稳定的低值变化,详见图3。

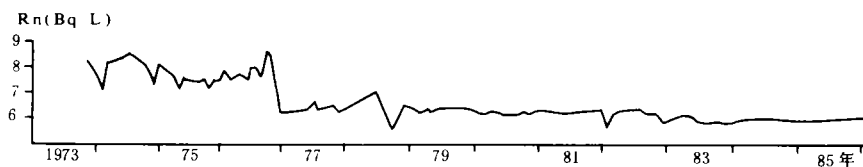


图1 盘山水氡月均值(据辽宁地震局)

Fig. 1 The monthly average of radon in groundwater at Panshan, Liaoning.

2.2 区域性多个观测点水氡平均观测值变化情况

京津区域十多个水化观测点平均观测值1973年—1974年处于正常水平,1975年—1977年上半年持续高值,1977年下半年后又恢复到正常状态,详见图4。江苏区域性水氡观测值平均变化1976年—1978年显示高值状态,其后无持续高值现象(图略)。

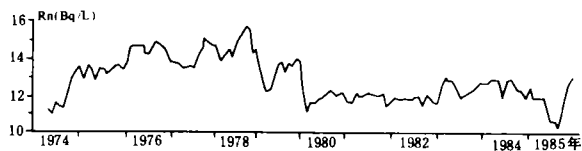


图2 招远(6)水氡月均值(据山东省地震局)

Fig. 2 The monthly average of radon in groundwater at Zhaoyuan, Shandong.

低值变化(图略)。武都水氡1975年—1976年持续高值,而后直到1983年维持低值稳定变化(1984年该泉点更换)。清水温泉水氡1975年—1976年高值,其后始终维持比较稳定的低值变化(图略)。通渭水氡1976年6月份前后数月显著高值,而后数年内再未出现类似高值

2.3 南北地震带主要水化学观测点测值变化情况

西昌广场水氡1972年—1973年处于高值,1977年—1978年上半年处于较高值,其后一直到1984年均维持低值变化,详见图5。松潘川主寺水氡1975年—1976年处于高值,在其前后均处于

变化,详见图6。石嘴山水氡1976年—1977年高值后明显下降至低值状态(图略)。兰州五泉山水氡1976年持续高值,在其前后均未出现持续高值变化(图略)。宝鸡高泉水氡1973年、1975年—1976年分别出现数月高值,此外再无类似现象(图略)。

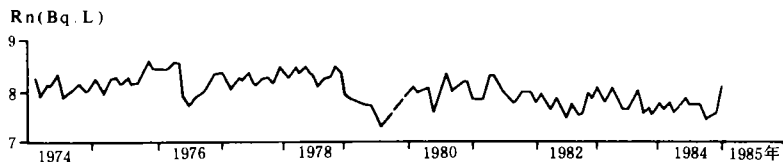


图3 塘沽(42)水氡月均值(据河北省地震局)

Fig. 3 The monthly average of radon in groundwater of Tanggu, Tianjin.

2.4 水化学(水氡)突变异常情况

地震活动高潮期和相对平静期水化学变化差异性不仅表现在趋势异常上,还表现在突变频次上,高潮期水化学呈现大范围内多点突变且频次较高,相对平静期只是局部地区个别测点呈现零散的突变现象。例如,1972年—1976年姑咱水氡出现9次突变,经过清理,校核原始资料,认为9次突变是可信的。1977年后至今10年姑咱水氡几乎没有出现突变现象(图略)。管庄水氡1969年—1970年渤海7.4级地震期间和1976年—1977年唐山7.8级地震期间突变频次剧增,其后直到1985年再无此现象(图略)。

3 物理解释

大区域内强震接连发生并相互呼应,说明在大区域动力作用下各有关地区应力变化的相关性。在地震孕育、发生过程中,震源区及其它应力集中点应力应变逐步增强,使微裂隙发育、发展、串通,由此导致断裂闭锁段强度因子的降低,促成断裂带断层蠕动或预滑移,使应力应变加剧变化,岩石微破裂发展,孔隙压降低,引起小震频度明显增加,波速显著下降,形变速率加快变化,水化学(水氡)观测值普遍上升等异常现象。

高应力阶段岩石微破裂发展是氡含量增加的主要原因。由地震现场观测及岩石破坏实验证明:随着受力后的裂隙增长,孔隙压力降低,引起水位降低,水氡含量增高(罗光伟等,1980)。对透水性低的花岗岩样品进行微破裂实验中也发现高应力阶段孔隙压降低(蔡祖煌,1980)。岩体从受力到破坏的过程中因受力大小、方向的不同,无论从形态上,还是时空分布上都比较复杂,水化学异常多样性则可能是裂隙演变多样性的反映^[2]。浅部岩层氡源分布不均匀性,地质构造与活断层分布的不均匀性以及观测点

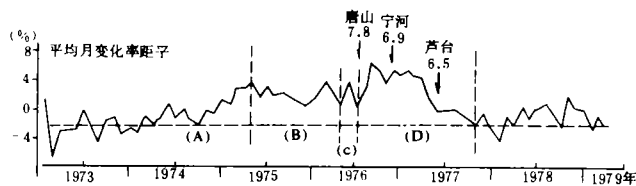


图4 京津地区水氡平均变化曲线(据国家地震局分析预报中心)

A. 趋势上升;B. 高值波动;C. 临震突降;D. 滞后效应

Fig. 4 The monthly average curves of radon in groundwater in Beijing and Tianjin.

分布的不均匀性,也是导致水化学异常分布不均匀的原因。

主震发生后,应变能大量释放,震中区及其一定范围地壳介质需要有一个逐步调整恢复的过程,震中区应力应变不再增强,而外围区(包括余震区)应力应变还会增强,直至强震(如震群型)和强余震相继发生,造成大范围内的震后效应,即主强震发生后水化学还维持一段时间的高值异常。唐山大震前 8 个井孔水氧平均变化曲线呈现明显的 4 个发展阶段:趋势上升、高值波动、临震突变、滞后效应。

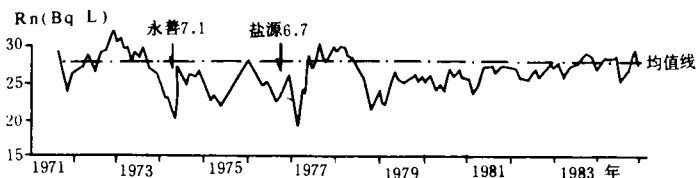


图 5 西昌广场水氧月均值(据四川省地震局)

Fig. 5 The monthly average of radon in groundwater at Xichang's square, Sichuan.

4 结论

(1)地震活动高潮期在大区域应力场作用下,大范围水化学呈现持续高值异常,而地震活动相对平静期则呈现比较稳定的低值或正常值变化。

(2)地震活动高潮期水化学突发性异常比较普遍,突变频次显著增强,而地震活动相对平静期只是局部地区和个别测点出现突变异常现象。

(3)大区域水化学多点平均观测值持续数年高值,能反映大区域应力应变增强,也是地震活动高潮的指示器。

(4)部分水化学观测点高值异常并非在大震影响的时空范围内,大量震例总结表明:突变异常范围大,个别超过 500 km;趋势性高值异常一般不超过 300 km^[3],说明在大区域应力

场作用下形成水化学异常场。水化学前兆场空间分布不同于应力场,应力场分布在方向大小上具有连续性,水化学前兆场分布则随构造、地貌及其物质来源的变化而截然不同。

(5)一旦呈现大范围多点水化学持续高值和突变异常普遍发生时,就意味着在区域应力驱动下,将要连续发生数次大震和强震,这对地震预报,尤其是大地震预报是有指导意义的。

(6)云南等地区在地震活动高潮期与平静期水化学变化差异性不明显^[2]。关于这个问题尚需进一步讨论。

本文属于地震科学联合基金课题“水化学前兆场特征及机理研究”中的一个专题。

(本文 1994 年 9 月 29 日收到)

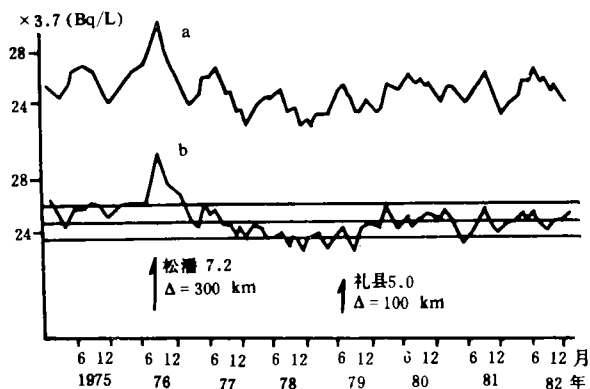


图 6 通渭水氧校正前后月均值图(据兰州地震研究所)

a. 原始数据; b. 排除地温

Fig. 6 The monthly average of radon in groundwater at Tongwei, Gansu.

参考文献

- 1 马宗晋,等. 中国九大地震(1966-1976年). 北京:地震出版社,1982
- 2 梅世蓉. 我国大陆地区两类地震前兆特征、发生机理与预报途径的探讨. 综合预报分册. 北京:地震出版社,1989
- 3 张文冕,等. 中国九大地震临震突发性异常总体特征的统计分析. 中国地震,1994,10(1):93-98

STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF HYDROCHEMICAL CHANGE DURING THE HIGH AND LOW SEISMICITY PERIODS IN CHINA CONTINENT

Zhang Wenmian, Ni Mingkang, Tao Shufen, Zhang Peishan and Yao Jun

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

Abstract

In terms of analysis on the continuous change curves of radon in groundwater at more than twenty measuring points along the north China and North-South tectonic belt, it is found that the tendenciously high value anomaly and abrupt anomaly were common during the high seismicity period from 1966 to 1976. But during the low seismicity period from 1977 to 1985, the groundwater radon value is stable except the short-term tendency anomaly or abrupt anomaly at few points in local area. It is considered that the hydrochemical anomaly field under the action of the regional stress field during high seismicity period is an important indication for the prediction of one-by-one strong events.

Key words: Hydrochemical survey, Strong earthquake, Seismicity peak period, North China, North-south tectonic belt