

定襄泉水氡异常与地震活动关系的研究

范雪芳 刘 巍

(山西省地震局, 太原 030002)

摘 要 较系统地分析了山西省定襄泉的地震水文地球化学条件、水氡的主要干扰因素和年动态变化特征以及趋势异常的判定与华北地区地震活动关系等问题。研究表明, 水氡观测的主要干扰是降雨的淡化, 水氡的年动态变化规律为春低秋高型; 该泉自1979年投入观测以来, 共出现3次趋势性高值变化, 每次变化均与山西地震带及华北地区的中强地震活动的增强过程有对应关系, 表明水氡异常变化与华北地区应力场的增强、调整过程是有关的。

主题词: 氡异常; 地震活动性; 山西; 应力场

0 引 言

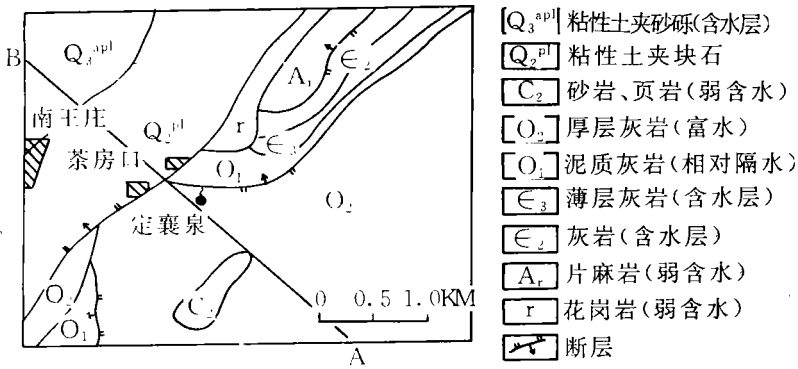
多年地震分析预报的实践表明, 单水点的水化异常资料及其可靠性, 是水化综合分析预报的基础。山西省定襄泉的水氡观测已有16年多的历史, 积累了大量的观测资料, 为我们深入剖析水氡的前兆特征提供了基础。其研究结果应用于本地区的地震综合分析预报中。

1 基本情况及水氡观测概述

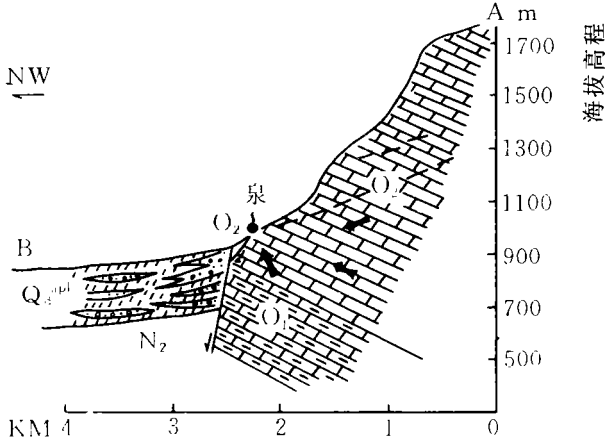
定襄泉位于山西省定襄县南王乡茶房口村的七岩沟中, 其地理坐标为东经 $113^{\circ}00'10''$, 北纬 $38^{\circ}25'36''$, 泉点处于定襄断陷盆地的东南缘, 其主要构造为系舟山山前大断裂, 推测泉点距该断裂带约1km。断裂走向NE—SW, 倾向NW, 延伸数十公里, 为正断层, 是本区的主要活动断层。断层的上盘为第四系砂砾石层; 下盘为奥陶系灰岩, 其水文地质构造简图见图1。

定襄泉含水层为寒武纪灰岩, 为灰岩裂隙溶洞水。泉水流量季节性变化明显, 一般流量在3L/s至9L/s之间变化; 水温 10°C 左右, 其化学类型为 $\text{HCO}_3\text{—Ca}$ 。水氡含量一般为25~35Bq/L。

该项目1979年10月投入观测, 目前已积累有十几年观测资料, 多年水氡观测资料表明, 定襄泉的地质构造部位重要, 水文地质条件良好, 引水取样系统较为合理, 是一个较为理想的地震水文地球化学观测点。



a. 定襄泉区地质简图



b. 定襄泉区地质—水文地质剖面示意图

图1 定襄泉区地质—水文地质简图

2 水氡的年动态特征及干扰因素分析

2.1 水氡与流量和降雨量的关系

定襄泉水氡观测值主要受气象、水文因素的影响。该泉含水层为寒武系灰岩,出露于山地丘陵区,灰岩的裂隙溶洞较为发育。从图1可以看出,在泉水的出露部位,岩石较破碎,存在较大的裂隙和溶洞,有利于水的大量渗入。当降水或地表水(系指冲沟中的水,泉水流量亦受降水控制)从泉口周围渗入后,与地下水发生混合,可造成水化学成分发生明显变化,所以泉点的主要影响因素为大气降水。

由图2可见,定襄泉水氡与流量、降雨有密切关系。其表现有两个方面,一是雨季水氡值偏高,二是大雨之后水氡值有短期偏低。对第一种偏高的解释是雨季含水层储水量增大,泉水流量升高,导致泉水含氡量也增大。对于第二种偏低的解释是,由于降水和地表水的氡含量低于地下水,降水通过淡化作用,可使水氡观测值降低。据统计,因降雨量增大,

泉水流量由 3L/s 猛增至 15L/s 左右,其氡含量则由 33Bq/L 降至 26Bq/L,由于降水造成淡化,所以氡含量明显降低,根据降水强度与时间长短不同,氡值下降幅度亦不同。雨季过后,氡含量恢复正常。

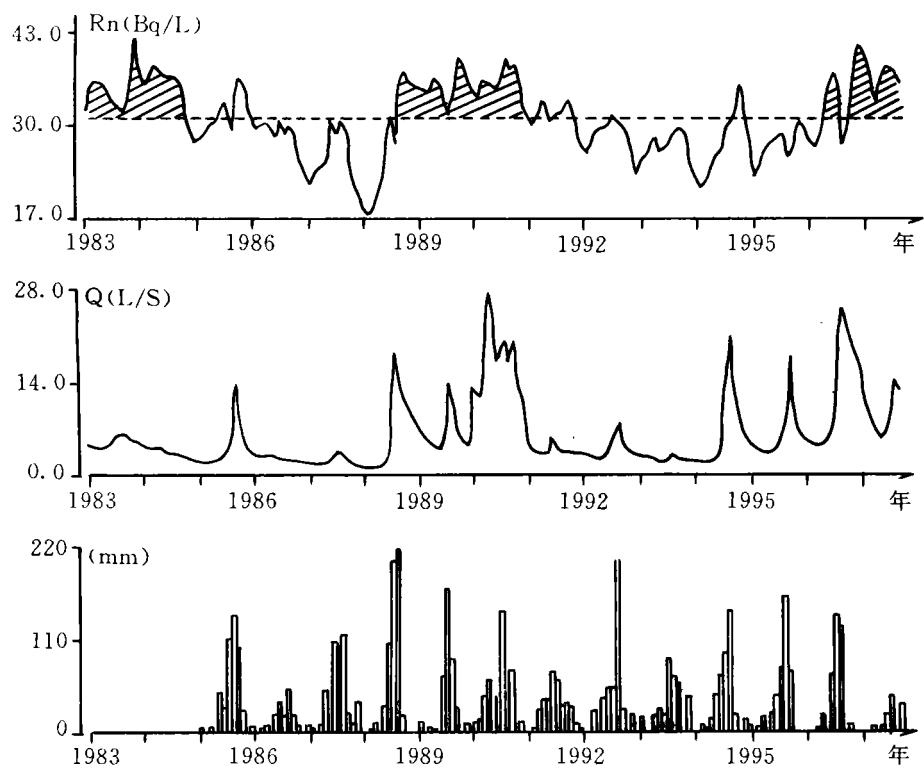


图2 定襄水氡、流量、降雨月均值图

从1996年水氡值与流量的日均值变化曲线(图3)可清楚看出,水氡值的变化与流量存在一定的关系。1996年5~7月,水氡值上升并处于高值,超过平均值15Bq/L(平均值31Bq/L)。6月17日因降雨量增大,泉水流量由3.943L/s增至8.6337L/s,此时氡值未下降,而是在高值上波动;7月10日后流量增至16.899S/L,而氡值没有多大变化。8月4~5日因大面积降雨,一方面部分雨水直接从泉口周围的裂隙渗入,另一方面降水后沟内出现洪水,沟水亦由引水段渗入泉水中,引起水氡测定明显降低。泉水流量由13.624L/s猛增28.645L/s,造成氡值大幅度下降,氡值由34Bq/L降至22Bq/L。8~9两个月间流量高达25L/s,氡值在20~30Bq/L的低值上波动,10月初氡值回升,逐渐恢复到高值上。11~12月氡值达到观测以来的最大值,两个月的氡值月均值均为41.1Bq/L。

以上分析表明,定襄泉水氡观测值的主要干扰因素是大气降水,当降雨量超过一定数量后,可通过淡化作用使水氡值下降。故每年8~9月份水氡不同程度的出现低值变化。

2.2 年动态特征及映震能力

从以上分析可知,定襄泉水氡观测值受气象、水文等多种因素的影响,其观测值的变化反映了有规律的自然因素特征,具有明显的年变化规律。这也表明该泉水氡观测资料是客观可信的。

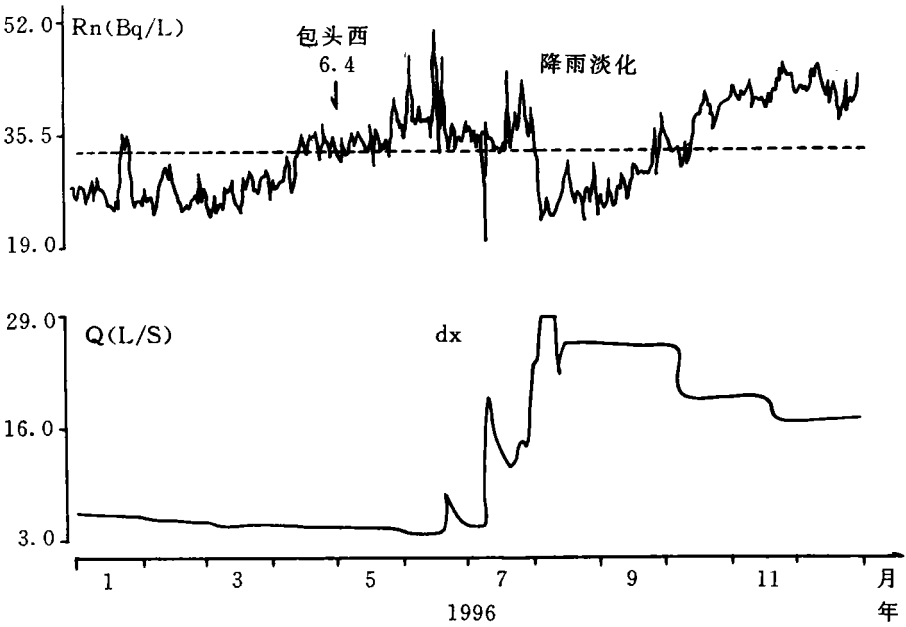


图 3 定襄泉 1996 年水氡、流量日均值变化曲线

采用相关距平方法能够较好地判别水氡的正常年动态变化规律。该方法是利用不同年时间段的均值序列(如用月均值)之间的相关程度,以求出观测值的正常年动态基准曲线。处理定襄台 1981~1996 年底 16 年水氡月均值资料,可得到正常年动态曲线。定襄泉水氡值的正常变化为春低秋高型,其年动态特点是:前半年水氡值较低,9 月份氡值升高,10 月份达最大值,10 月份以后氡值下降。水氡正常年动态的构成年份共 8 年,占总年份 16 年的 50%。正常年动态的构成年份与年动态的基准曲线的相关系数列于表 1:

表 1 定襄泉水氡年动态的构成								
正常动态构成年份	1981	1984	1986	1987	1990	1991	1992	1993
相关系数	0.9387	0.8643	0.6989	0.8137	0.7568	0.775	0.9768	0.8159

根据以往研究,该泉有一定的映震能力。在 1989 年大同一阳高 6.1 级震群发生时,该泉是在 1988 年以来的趋势异常背景下,氡值由 20Bq/L 上升到了 35Bq/L,1989 年 10 月初出现一组短临突跳异常,超过 40Bq/L 达 5 次之多,最大变化值为 47.6Bq/L。

3 水氡的趋势异常与华北地震活动的关系

3.1 趋势异常的提取

采用“八·五”攻关推广的软件系统,选用 1983 至 1997 年 9 月的水氡观测资料,用原始数据曲线、平滑滤波分析法、相关距平、年均值等方法进行数据处理分析,其结果都提取出 3 组趋势性的高值异常,即 1983~1984 年、1989~1990 年及 1996 年至今,这三组趋势异常的共同点是异常连续且时间较长,其异常处理结果见图 4、图 5,1995 年 10 月出现趋势性高值异常,1996 年 4 月加速变化,到目前为止此异常尚未结束。

3.2 水氡的高值异常与华北地区地震活动的关系

从以上分析可以看出,1983~1997 年 9 月计 15 年期间,定襄泉水氡共出现 3 次高值异常,持续时间在 3 年左右。在异常持续期间,往往是华北地区 $M_s \geq 5.0$ 地震相对活跃的时段(图 4),虽每次高值异常均与当地的降雨有一定的关系,但更主要的反映了华北区域应力场增强过程和中强地震成丛活动的过程。

从定襄水氡 3 个高值时段与华北地区 5 级以上地震时间序列对应关系图(图 4)可明显地看出:

1983~1984 年出现水氡高值异常,持续时间 2 年多,在异常期内,发生了 1983 年 4 月 3 日万全 $M_s 4.9$ 级地震,而大华北地区则发生 1983 年菏泽 $M_s 5.9$ 级、1984 年 1 月 2 日滦县 $M_s 5.0$ 级和 1984 年 5 月 21 日南黄海 $M_s 6.3$ 级地震。

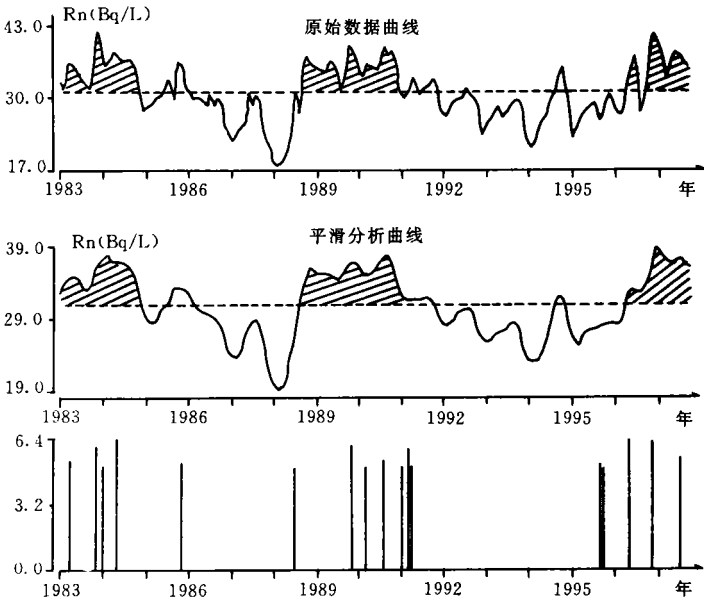


图 4 定襄泉水氡月均值原始数据曲线、平滑分析曲线与华北地区 5 级以上地震时间序列图

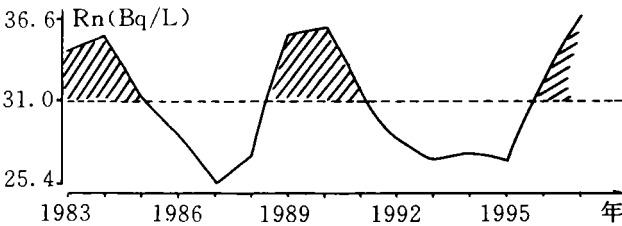


图 5 定襄台水氡年均值曲线

1988~1991 年出现第二次水氡高值异常,此异常期间,在山西地震带发生了 1989 年 10 月 19 日大同—阳高 $M_s 6.1$ 级、1991 年 1 月 29 忻州 $M_s 5.1$ 级和 1991 年 3 月 26 日大

同 $M_s5.8$ 级地震,在大华北地区则发生了 1990 年 2 月 10 日常熟 $M_s5.1$ 级、1990 年 7 月 23 日南黄海 $M_s5.4$ 级和 1991 年 5 月 30 日唐山 $M_s5.1$ 级地震等一系列中强地震。

1996 年至今出现第三次水氡高值异常。此期间华北地震活动进入新的活跃幕,先后发生一系列 5 级多地震,1995 年 9 月 26 日与 10 月 6 日在山东苍山弗县间与河北滦县两地先后发生 $M_s5.2$ 级与 $M_s5.0$ 级地震,1996 年 5 月 3 日在内蒙古包头西发生 $M_s6.4$ 级地震,1996 年 11 月 9 日南黄海 $M_s6.1$ 级地震以及 1997 年 7 月 28 日南黄海 $M_s5.1$ 级地震。需要说明的是,1996 年至今出现的水氡高值异常目前尚未结束,而山西地震带迄今为止尚未发生 5 级以上地震,这是值得我们关注的。

以上事实表明,1983 年以来地震活动有 3 个相对活跃时段,且每个活跃时段大体与水氡的高值时段一致,或者说大多数 5 级以上地震发生在高值时段内(占地震总数的 76.5%),有少数地震发生在高值异常刚刚结束后(占地震总数的 17.6%),极个别的地震发生在低值时段内(占地震总数 5%)。这种现象恐怕不是偶然的,可能反映了这样一个事实:定襄泉水氡的趋势性高值变化,虽有降雨影响,但主要可能是区域应力场变化所致,此种变化不仅是山西地震带中强以上地震的中期前兆,而且与大华北地区的地震活动增强有关。

4 讨论与结语

定襄泉所处的构造部位良好,水氡观测的干扰因素和年动态变化清楚,资料连续可靠。

定襄泉水氡自 1979 年 10 月投入观测以来,共出现 3 组较明显的趋势性异常。3 组异常过程中,在水点周围 200~400km 均发生过若干个 5~6 级地震,而大华北地区的中强以上地震活动也明显增多,这决非偶然的巧合。从水氡异理机理考虑,定襄泉水氡异常的产生,氡气的物质来源是局限于水点周围不大的范围内,它直接地反映了水点附近的岩石应力状态的改变。但由于华北地区存在一个统一的应力场,定襄泉周围岩石的应力应变变化,必然与整个华北地区的应力场改变具有某种联系。因此,定襄泉水氡的异常变化,不仅与山西地震带的地震活动有关,而且与华北地区的地震活动也有一定的对应关系。

我们对定襄泉水氡异常与地震活动关系的认识还是初步的,今后还需进一步分析研究。

(1997 年 9 月 25 日收到初稿)

参 考 文 献

- 1 张炜,等.水文地球化学预报地震的原理与方法.北京:教育科学出版社,1988.
- 2 国家地震局编制.地震水文地球化学观测技术规范.北京:地震出版社,1985.

STUDY ON THE RELATION BETWEEN THE SPRING WATER RADON AND SEISMIC ACTIVITY IN DINGXIANG REGION

Fan Xuefang Liu Wei

(Seismological Bureau of Shanxi Province, Taiyuan 030002)

Abstract

In this paper, the problems about the conditions of the seismic hydrogeochemical, the mainly interference factors, yearly dynamic characteristics, and the relation between the judgement of trend abnormality and the seismic activity in North China region are Systematically analyzed. The study results show that one of the mainly interference factors of water radon observation is the desalination of rain, and that the yearly dynamic rule of water radon is the spring-low and Autumn-high kind. Since the spring water have been abserved in 1979, there are altogether three times of trend high value variation and every variation there correspond the increasing process of the moderate strong seismic activity in Shanxi seismic zone and Huabei region. This indicated that the water radon abnormal variation is related to the increase of the stress field in Huabei region and its regulation process.

Subject words: radon anomaly; seismic activity; North China; Stress field