

# 地下水年龄与泉点映震能力的关系及其 在地震预报中应用的初步探讨

潘树新, 高安泰

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃兰州 730000)

**摘要:** 岩体中地下水的年龄对水化学异常类型有较大影响, 地下水年龄也是水-岩反应剧烈程度的一个间接标志. 年龄太小, 反映地下水在岩体中贮留的时间短, 不可能充分反映地壳内部地球化学环境的变化, 从而可能降低其映震能力; 反之, 如果贮留时间太长, 地下水就不能及时地反映出地壳内部地球化学环境的变化. 年龄适中的地下水的一些化学组分易于表现出完整的异常形态, 而年龄太大或太小的地下水中的化学组分常表现出短临异常. 震后效应的持续时间可能与地下水的年龄也有一定的关系.

**关键词:** 地下水年龄; 映震能力; 异常特征; 地震前兆

**中图分类号:** P315.72<sup>+4</sup>    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-0844(2001)02-0189-05

## 0 引言

地下水的“年龄”, 即地下水在岩体中的贮留时间, 通常在数年到 1000 万年之间. 现已证实, 地表水的年龄为 0.25 ~ 2.8 a, 热水年龄为几百至几千年, 而石油水的年龄则更大(大于几千年)<sup>[1,2]</sup>. 在地下流体观测网中, 由于起源及流体通道的不同, 各个泉点的地下水年龄可能相差很大. 值得思考的是, 地下流体的年龄与其映震能力是否存在着一定的联系呢? 作者认为这种联系应该是可能的: 地下水年龄小, 表明它在地下贮留的时间很短, 水-岩反应就不是太充分, 因此不可能充分反映地壳内部地球化学环境的变化, 从而可能降低地下水中一些化学组分的映震能力; 反之, 如果地下水年龄较大, 虽然水-岩反应较为充分, 但它不能及时地反映出地壳内部地球化学环境的变化. 因此地下水年龄有可能成为评价泉点映震能力的重要指标.

本文对地下水年龄与泉点映震能力之间的关系及其在地震预报中的应用进行了初步的探讨.

## 1 异常形态与流体年龄的关系及其在地震预报中的应用

地震前后泉水中的一些化学组分的异常可以划分为趋势异常、短期异常、临震异常和震后效应 4 类<sup>[3,4]</sup>. 王长岭等<sup>①</sup> 在研究大震和中等强度地震前水氡的时空变化特征时指出, 少数

收稿日期: 2000-12-29

基金项目: 兰州地震研究所青年基金资助项目(1999237, 2000229); 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2001007.

作者简介: 潘树新(1974-), 男, 甘肃临洮人, 在职硕士研究生, 主要从事地下流体预报地震研究工作.

① 王长岭, 唐丰年, 杨玉荣. 地下水含氡量观测与地震预报探索. 1982.

台网的水氡在震前既没有明显的趋势性升高变化,也没有明显的震后趋势性下降,只表现为临震突跳.异常形态的多样性固然与泉点所处的基岩类型、构造环境和泉水温度等因素有关,但是也可能与地下水年龄存在着一定的内在联系.如图 1 所示,水化观测泉点的水文地质结构可以分为 4 部分,即泉水补给区、水-岩强烈作用区、排泄通道和出

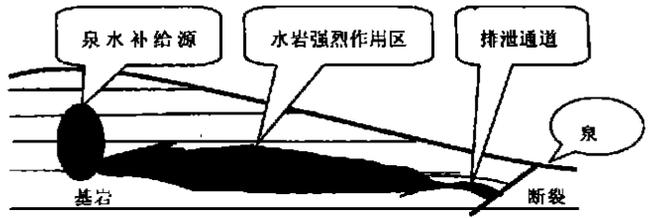


图 1 水化观测泉点的典型地质结构示意图

Fig. 1 A sketch of typical geological structure of hydrogeochemical observation spring.

露泉点.在这 4 个部分当中,地震孕育信息主要是在第 2 部分即水-岩强烈作用区形成的.在排泄通道中,分散的裂隙水和孔隙水由于溶蚀作用使得岩石裂隙扩大而汇集成径流,减少了水-岩接触面积,因此在这一部分水-岩作用很微弱.在孕震初期,介质处于比较稳定的应力积累状态,压溶作用及低频振动等作用均很微弱,所以地下水贮留时间长,即年龄较大,则泉点产生的趋势异常很难表现出来;地下水贮留时间短,即年龄太小,则由于水-岩反应迟缓,泉点很难产生趋势异常.在临震阶段,岩石的破裂程度及压溶作用等得以加强,因此沿流体通道部分的水-岩作用也随之增强,所以即使一些地下水年龄较大的泉点也能表现出短临前兆,这些异常主要是地下水通道末端化学环境和应力场变化的表现.在通道的中前部产生的异常则大部分在泉点表现不出来或衰减在流体通道中(如  $R_n$  ).

作者系统地总结了全国水化观测台网中一些重要泉点的异常情况和地下水年龄.发现一些地下水年龄较小的冷泉,往往出现临震突跳,如四川姑咱泉.该泉水春夏季流量增大,系地表水补给增多所致,所以其流体年龄应在 1 a 以内.该泉水中氡含量在 1973 年炉霍 7.6 级、1976 年松潘 7.2 级等多次强震和中强地震前均出现临震突跳(图 2).这可能是由于地下水在岩体中贮留时间短,水-岩反应轻微,对地下化学环境的变化不敏感,所以很难产生趋势异常.在临震阶段由于孕震作用加强,因此能够产生临震异常.

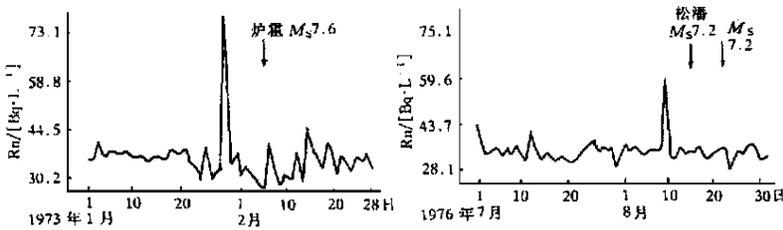
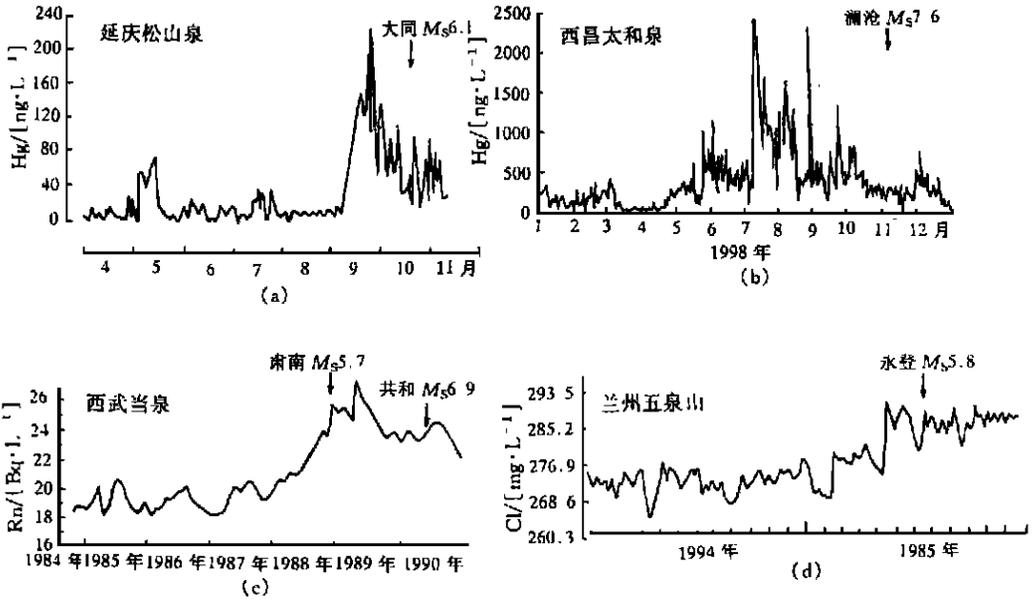


图 2 1973 年炉霍 7.6 级地震和 1976 年松潘 7.2 级地震前四川姑咱泉水氡临震突跳

Fig. 2 The sudden jumps of radon content in Guza spring immediately before the 1973 Luhuo  $M_s$ 7.6 and the 1976 Songpan  $M_s$ 7.2 earthquakes.

一些地下水年龄适中的冷泉和低温温泉在中强地震前往往表现出较完整的异常形态.如 1989 年山西大同 6.1 级地震前北京延庆松山泉水汞异常;1988 年云南澜沧 7.6 级地震前四川西昌太和泉水汞异常;1990 年青海共和 7.0 级地震前甘肃西武当泉水氡异常和 1995 年兰州永登 5.8 级地震前兰州五泉山氯离子异常等.这些异常都具有较完整的形态(图 3).冷泉的地下水年龄通常在 100 a 左右,因此水-岩反应较充分,对地下化学环境的变化比较敏感.又由于其年龄不是太大,所以对通道中的异常能及时地反映出来.



(a) 延庆松山泉汞含量变化曲线(据申春生); (b) 西昌太和泉汞含量变化曲线(据邢玉安);  
 (c) 张掖西武当水氡月均值曲线 (d) 兰州五泉山泉水中氯离子变化曲线

图 3 4 个泉点氡、汞和氯离子含量的趋势异常

Fig. 3 Trend anomalies of radon, mercury and chlorion contents in four springs.

一些地下水年龄较大的温泉, 在地震前多出现短临异常, 但形态多样. 这些温泉通常水温较高, 地下水年龄达几百年, 甚至上万年, 因此虽然水-岩反应较为充分, 但由于地下水年龄较大, 对在循环通道中前部产生的异常大部分不能表现出来. 其所表现出的短临异常主要是在通道末端形成的. 同时, 大多数温泉都处在新构造运动强烈的地区, 孕震作用往往破坏了通道的封闭性, 因此异常形态又表现出多样性. 如 1976 年龙陵 7.3 级地震前云南下关温泉水氡(图 4a)及寻甸塘子温泉水氡突跳; 1988 年澜沧 5.4 级和 7.6 级地震前云南下关温泉水氡突跳(图 4b)和 1976 年松潘 7.2 级地震前甘肃清水温泉水氡突跳等.

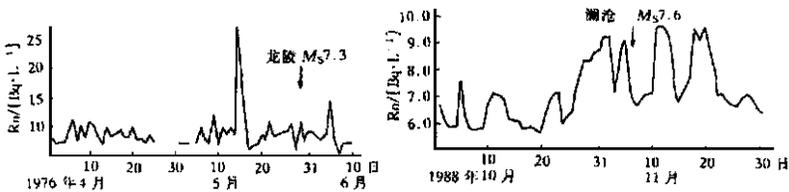


图 4 1976 年龙陵  $M_s7.3$  和 1988 年澜沧  $M_s7.6$

地震前下关温泉水氡的临震突跳

Fig. 4 The sudden jumps of radon content in Xiaguan spring immediately before the 1976 Longling  $M_s7.3$  and the 1988 Lancang  $M_s7.6$  earthquakes.

总之, 地下水的年龄和泉点映震能力之间是存在某种成因联系的. 年龄适中的泉点易于出现完整的异常形态, 而年龄太大或太小的泉点易于出现短临异常. 因此, 运用泉点资料预报地震时, 可用多泉点的趋势异常来确定危险区或重点监视区, 当年龄较大或年龄太小的泉点出现异常时, 则应注意地震的短临跟踪预报.

## 2 震后效应与未来新地震异常的识别

在较大地震发生后,除了震前的一些异常继续发展外,还可能出现一些新的异常变化.这些现象究竟是震后效应,还是预示着将有新的地震发生?是需要进行研究的.区别这2种现象对于地震预报具有非常重要的意义.震后效应是一次地震发生后在应力场向一个新的平衡态过渡的阶段中出现的各种与已发生的地震有关的现象,它既包含了一部分“迟到”前兆,又包含了余震区应力调整效应.新的地震异常是在一次地震发生后,原有异常出现新的变化或新出现一些异常现象,这些异常可能与后续强震有关.识别震后效应与新地震异常必须要考虑强震发生的时期及其序列类型(如主震-余震型、震群型、孤立型等)和地震活动图像等.但鉴于震后效应与新地震异常的识别主要是针对震后短临异常而言,而要判断短临异常往往要考虑背景异常,所以震后效应的发展及形态对新地震异常的识别起着决定性的作用<sup>[5]</sup>.水化前兆观测项目震后效应的发展不仅受区域应力场、余震等的影响,而且还可能与地下水的年龄有密切的关系.以水氡为例,如果一次地震是孤立型的,泉点地下水年龄小,则震后效应明显;相反如果地下水年龄大,则主震引起的异常可能在流体通道中衰减而不会出现明显的震后效应.因此,震后效应的持续时间可能与地下水年龄有一定的关系.研究和认识这种关系对于识别震后效应和新地震异常将会有重要意义.

## 3 结语

(1) 研究地下水年龄与泉点映震能力之间的联系对于地震预报具有重要的意义.地下水年龄可作为评价泉点映震能力的一项指标.地下水年龄太大或太小的泉点易于表现出短临异常,这在地震的短临预报方面有一定的意义,应加强研究.

(2) 确定泉点震后效应的持续时间与地下水年龄的量化关系,对于新地震异常的识别有一定的意义.建议今后应开展这方面的研究工作.

本文的研究仅仅是初步的.对于地下水年龄与异常形态的关系还需要研究更多的震例进行验证,其原因还需要进一步研究.

本项研究得到了刘耀炜和李彤起研究员的帮助和指导,特此致谢.

### [参考文献]

- [1] 苏尔坦霍贾耶夫 A H. 放射性气体在研究地质过程中的应用[M]. 北京:地震出版社, 1983. 66—71.
- [2] 张文权. 同位素方法在水文地质中的应用[M]. 北京:地质出版社, 1983.
- [3] 张炜, 王吉易, 鄂秀满, 等. 水文地球化学预报地震的原理与方法[M]. 北京:教育科学出版社, 1988.
- [4] 国家地震局科技监测司. 水文地球化学地震前兆观测与预报[M]. 北京:地震出版社, 1992.
- [5] 中国地震局预测预防司. 大陆地震预报的方法和理论[M]. 北京:地震出版社, 1998.

## A PRELIMINARY STUDY ON THE RELATION BETWEEN REFLECTING EARTHQUAKE ABILITY OF SPRING AND GROUNDWATER AGE AND ITS APPLICATION IN EARTHQUAKE PREDICTION

PAN Shu-xin, GAO An-tai

(*Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China*)

**Abstract:** Types of hydrogeochemical anomaly are influenced by age of groundwater, which is an indirect parameter of intense degree of water-rock reactions. The younger water, which means the water cycles underground in a short period, will not well reflect the changes of geochemical environment in crust, while the older water will not reflect the changes in time. From study of this paper, the following results are obtained: (1) The younger water or the older water often show the short-impending changes. (2) Changes of geochemical elements in the middle age water show the long-period trend one. The lasting time of the anomalies after earthquake is relative to the age of groundwater.

**Key words:** Groundwater age; Reflecting earthquake ability; Anomaly character; Earthquake precursor

(上接 171 页)

## DYNAMIC CHANGE OF REGIONAL STRESS FIELD INVERTED BY USING WATER LEVEL DATA BEFORE AND AFTER THE TANGSHAN $M_s7.8$ EARTHQUAKE

ZHANG Zhao-dong, LIU Yuan-sheng, HAN Hai-hua, HE Jun, KANG Rui-qing

(*Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014, China*)

**Abstract:** Dynamic change process of stress field of north China before and after the Tangshan  $M_s7.8$  earthquake is inverted by using the method inverting stress change of deep layer of the crust by reference [2] and data of well water level. Dynamic change characteristics of the stress field are analyzed. The results show anomalous region with stress decrease was produced in epicenter region and its vicinity two years before the earthquake. The anomalous region expanded outward and anomalous amplitude increased before impending the earthquake. The anomalous region contracted and disappeared gradually after the earthquake.

**Key words:** Tangshan earthquake; Stress field; Anomalous character; Dynamic evolution image