

深井水氡主要干扰因素及映震效能分析

王志高

(甘肃省定西地区地震局, 甘肃 定西 743000)

摘要: 对甘肃省玉门青 6 井和平凉泾川泾 3 井两口深水井的水氡及辅助项目观测资料采用多元逐步回归、相关距平、一阶差分等方法进行处理, 分析并排除了主要干扰因素, 显示出两井在肃南 5.4 级、托莱 6.0 级和礼县 5.1 级地震前有明显异常, 对两井的映震效能和地震预报前景进行了评价。

关键词: 深井; 水氡; 干扰因素; 地震预报

中图分类号: P315.72⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2002)03-0251-06

0 引言

相对于天然泉水而言, 深水井由于其动态不受或较少受到地面降水、居民生活用水的影响, 如果又处在较好的活动构造部位, 则是进行地震地球化学观测的良好测点. 定量研究此类测点水氡观测干扰情况及映震效能对地震预报和“十五”前兆台网优化改造都具有重要的现实意义.

本文对甘肃省玉门青 6 井和泾川何家坪泾 3 井两口深水井多年来水氡及辅助项目的观测资料进行了处理, 排除了主要干扰因素, 结果显示两井在 1992 年肃南 5.4 级、1993 年托莱 6.0 级和 1987 年礼县 5.1 级地震前有明显异常.

1 两深水井的基本情况

1.1 玉门青 6 井

青 6 井位于玉门市西北 15 km 处(39°53'N, 97°25'E), 1961 年 9 月为石油勘探而钻井. 井口海拔 2 024 m, 井深 2 970 m. 井内主要的含水层有两个, 深度为 590 m 和 1 100 m, 涌水量依次为 485 t/d 和 737 t/d. 从井口至 1 067 m 用 127.5 cm 的套管密封, 阻断了上部含水层的渗水, 出水以第二含水层为主. 该井穿过两个断层, 上部断层位于 1 947 m 处, 走向 S57°E, 倾向 SW, 倾角 20°; 下部断层介于 2 521 m 至 2 595 m 之间. 井孔地层柱状结构见图 1.

青 6 井周围没有居民, 井水动态不受人类活动影响; 由于井口至 1 067 m 处用套管密封, 大气降水也不影响该井涌水量, 表现为井水流量始终没有变化, 是地震地下流体观测的良好井点.

收稿日期: 2001-05-28

基金项目: 地震科学联合基金资助课题(300002)

作者简介: 王志高(1957-), 男(汉族), 甘肃会宁人, 工程师, 主要从事地震预报及科技管理工作.

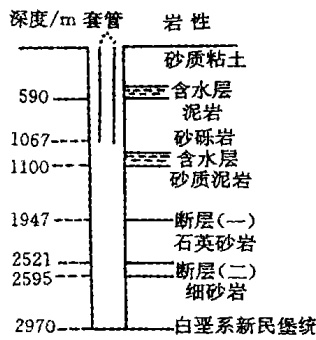


图 1 玉门青 6 井地层柱状剖面图
Fig. 1 The stratigraphy column of Qing 6 well, Yumen city.

1.2 平凉泾川何家坪泾 3 井

泾 3 井为长庆石油勘探局于 1970 年 9 月 14 日~1971 年 1 月 15 日在甘肃省平凉地区泾川县何家坪村打的石油钻探井,其地理坐标为 35°20'N, 107°25'E. 井口海拔 1 007.96 m, 完钻井深 1 684.89 m, 完井井深 1 638.05 m. 自井口至 33.0 m 和 34.9~1 638.05 m 井壁用套管密封. 井水自涌量 22 L/s, 主要含水层埋深 727.50~1 036.0 m, 含水层岩性为下白垩统砂岩. 井水无色, 透明, 微咸, 略具硫化氢味. 电导度 2.6, 水温 38℃, 水氢 24~26 Bq/L, 库尔洛夫式为

$$M_{1.242} \frac{SO_{44.0}^4 HCO_{38.2}^3 Cl_{15.7}}{N_{88.0}^a C_{8.9}^a}$$

井点周围环境: 10 km 之内无地下水开采, 在 10 km 处有泽

1 井喷水. 台址条件: 出露奥陶系, 含氢层为侏罗系. 该井从 1980 年开始进行地震观测, 当时测氢仪器为 FD-105K, 1984 年改用 FD-125. 图 2 为井孔地层柱状剖面图.

2 深井水氢主要干扰因素及映震情况

2.1 玉门青 6 井

该井自 1990 年 4 月 3 日开始观测, 多年来泉水流量保持在 1.8 L/s 不变; 水温在 22~30℃ 间波动; 气压在 741~781 mmHg 之间; 泉点气温介于 25~27℃; 实验室鼓泡水温在 12~18℃ 之间. 水氢年相对均方差小于 2.5%, 主、副样平行程度良好, 资料连续可靠(图 3).

观测期间, 井点周围发生两次显著地震事件: 1992 年 1 月 12 日在甘肃肃南县(39°18'N, 98°18'E)发生 $M_s 5.4$ 地震, 距井位于 77 km; 1993 年 10 月 26 日甘青交界的托莱山发生 $M_s 6.0$ 地震, 距井位 179 km. 地震前井水水氢含量、井水温度都发生了明显变化. 由于水温观测过程简单, 所受干扰少, 其变化与地震的关系较为明显. 而水氢浓度的观测从采样到测量环节多、过程复杂、干扰因素多, 因此认定水氢浓度变化与地震事件的关系之前必须先研究并排除各种干扰因素.

目前在排除干扰因素的方法中, 多元逐步回归是比较成熟的数学方法, 不会重复引入各种干扰因素相互影响, 给观测结果带来同源干扰. 为便于比较, 全部采用五日均值进行回归计算. 在 0.05 的置信水平下, $F_{0.05}^{72} \approx 2.8$, $F_{0.05}^{88} \approx 2.4$, 对 1991、1992 和 1993 年的资料及 1990 年 5 月至 1994 年 4 月的连续资料分别进行回归计算, 结果见表 1. 1992、1993 年水氢含量仅与一项辅助项目相关; 四年的连续资料总体上也仅与两个辅助测项相关(图 4). 而在 1992 年 1 月 12 日的肃南 $M_s 5.4$ 地震之前, 1991 年 1~12 月的水氢含量与三个辅助测项(气压、气温和鼓泡水温)都相关, 说明强震前各种地球物理量的相关性显著增强. 这一现象为地震预报实践提供了一种新思路, 但它的普遍性有待进一步检验.

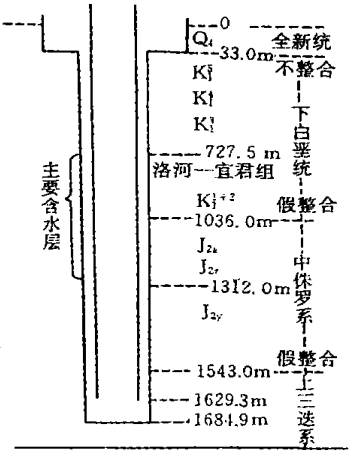


图 2 泾川县泾 3 井地层柱状剖面图
Fig. 2 The stratigraphy column of Jing 3 well, Jingchuan county.

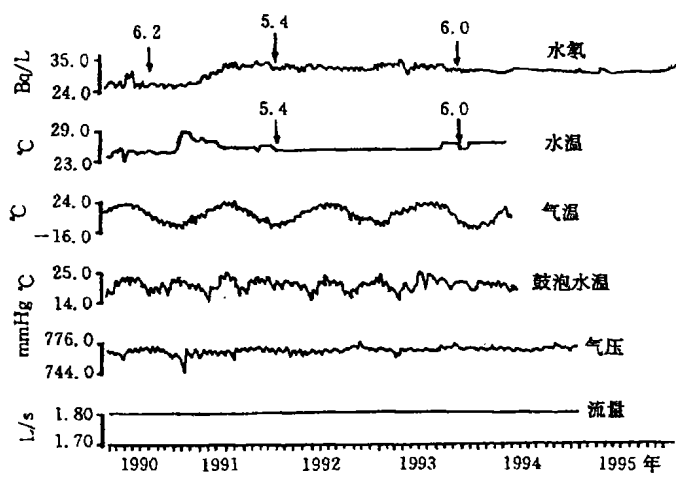


图3 玉门青6井水氡、水温、气温、鼓泡水温、气压和流量五日均值图

Fig. 3 The outflow, temperature radon in groundwater and sample temperature at measuring, air pressure air temperature of observational laboratory in Qing 6 well, Yumen city.

表1 青6井观测资料多元回归计算结果

	1991 年	1992 年	1993 年	1990 年 5 月 ~ 1994 年 4 月
气压	$F_1 = 30.153\ 5$	$F_1 = 6.016$	—	$F_2 = 2.791\ 3$
	$b = 0.322\ 9$	$b = -0.063\ 8$		$b = 0.077\ 5$
气温	$F_2 = 22.279\ 4$	—	$F_1 = 6.541\ 7$	—
	$b = 0.121\ 3$		$b = 0.034\ 6$	
泡温	$F_3 = 9.075\ 1$	—	—	—
	$b = 0.378\ 6$			
水温	—	—	—	$F_1 = 5.004\ 2$
				$b = -0.371\ 1$
常数项 a_0	-225.784 3	80.688 9	31.298 5	-19.758 4
剩余标准差	2.150 9	0.587 6	1.140 9	2.397 6
相关系数	0.685 4	0.281 3	0.292 3	0.182 8
复相关系数	0.469 8	0.079 1	0.085 5	0.033 4
F 检验值	20.080 8	6.16	6.541 7	4.928 4

青6井的异常起始时间、峰值(转折)时间、结束时间、距发震的天数及异常持续时间见表

2.

在外界观测环境稳定的情况下,消除干扰的另一种有效方法是相关距平分析(图5),仍采用五日均值进行计算,相关检验值 $R_{0.05}^{72} \approx 0.232$.取1990年5月1日至1995年4月30日的五日均值资料,相关距平结果显示:1993年5月至1994年4月和1994年5月至1995年4月两个时段相关性最好, $r = 0.590\ 4$;1990年5月至1991年4月的资料与正常年动态之间的 r 值为0.250 3,刚刚超过相关检验临界值0.232;而1991年5月至1992年4月的资料与正常年动态不相关,明显打破常规年变,这正是1992年1月12日肃南 $M_s5.4$ 地震前的趋势异常表现形式.此外水氡的临震突变不明显,一阶差分图上临震前无特异性显示(图6),推测原因是观测点离震中区较远.

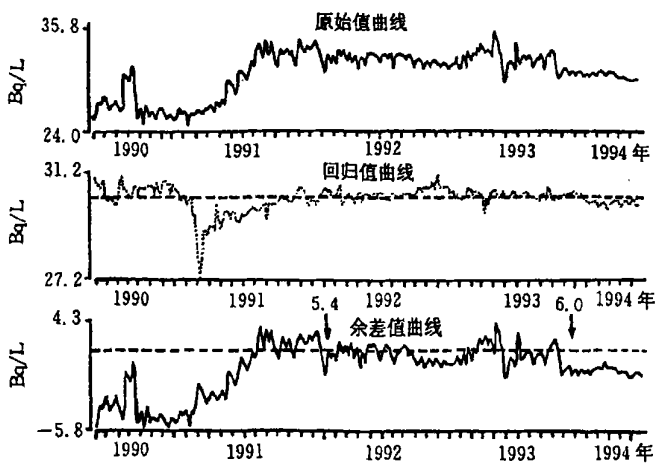


图 4 玉门青 6 井水氡多元逐步回归五日均值图

Fig. 4 The multiple regression analysis of the radon consistence in Qing 6 well Yumen city.

表 2 两深水井震前异常时间特征

	异常序号	起始时间	距发震/d	峰值时间	距发震/d	结束时间	距发震/d	持续时间/d	发震时间	震级 M_s
玉门青 6 井	1	1991-07-10	186	1991-12-20	23	1991-12-31	12	174	1992-01-12	5.4
	2	1992-02-15	—	—	—	1992-08-31	—	—	—	无震
	3	1993-01-10	289	1993-04-10	199	1993-09-15	41	248	1993-10-26	6.0
泾川		1987-01-01	298	1987-02-01	267	1987-07-01	117	181	1987-10-25	5.1

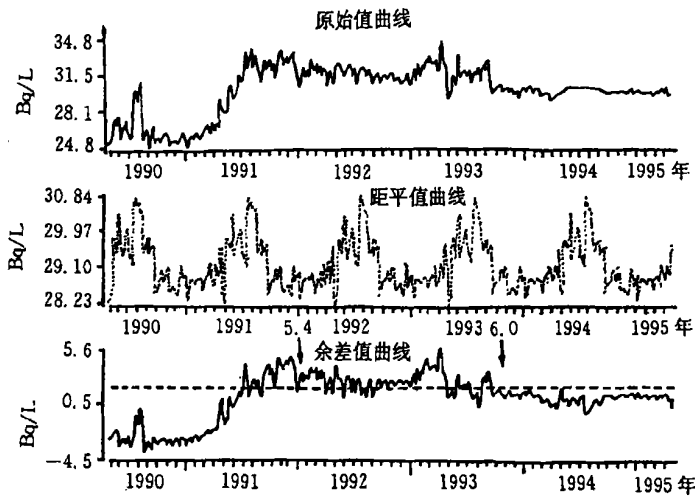


图 5 玉门青 6 井水氡相关距平五日均值图

Fig. 5 The correlation analysis of the radon consistence in Qing 6 well Yumen city.

2.2 泾川县泾 3 井

泾 3 井的气温、水温、流量和水氡如图 7 所示.三个辅助项目气温、水温、流量与水氡的多元逐步回归结果见图 8.回归所用数据为 1987 年 1 月至 1992 年 12 月的五日均值共 360 个,置信度为 0.05 的 F 检验值是 2.8.结果表明只有水温与水氡相关,回归系数为 2.88, F 值等于

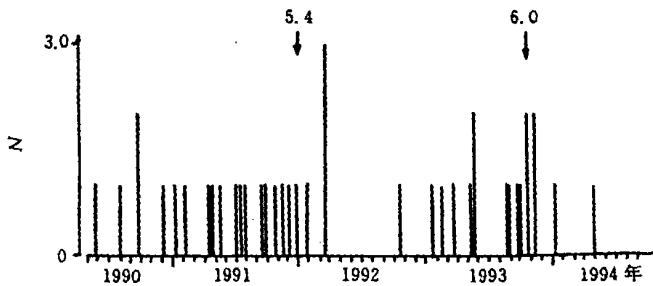


图 6 玉门青 6 井水氡一阶差分异常自频次值
Fig. 6 The univalent difference result of the radon consistence
in Qing 6 well Yumen city.

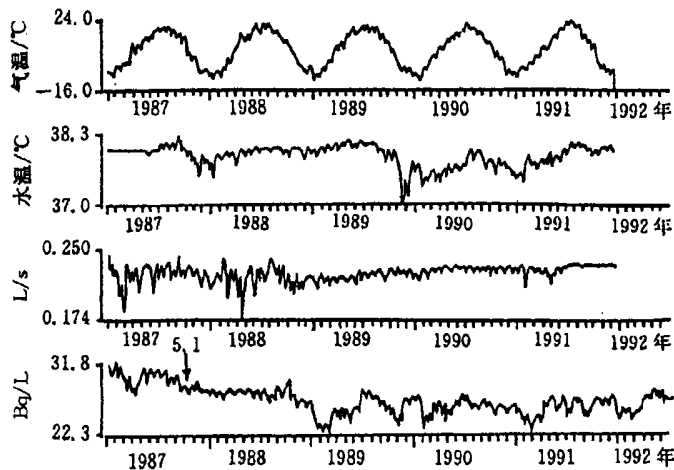


图 7 平凉泾 3 井气温、水温、流量和水氡五日均值
Fig. 7 The outflow, temperature, radon in groundwater and air temperature
of the observational laboratory of Jing 3 well, Jingchuan county.

39.06, 回归后水氡的标准差降低 4.9%。

用 1987 年 1 月至 1992 年 12 月的五日均值做相关距平(图 9), 以便去除正常年变. 72 个数据的相关检验临界值 $R = 0.232$. 相关距平分析结果显示: 1989 年和 1990 年的相关系数最高, 为 0.445 5; 其次是 1991 年, 为 0.346 2; 1987 年与正常年动态不相关. 如前所述, 破年变是一种趋势异常. 事实上在 1987 年 1 月至 1992 年 12 月之间, 台站控制范围内仅发生一次显著地震事件, 即 1987 年 10 月 25 日甘肃省礼县 M_s 5.1 地震, 井震距为 260 km, 异常持续时间与震级对应关系和玉门青 6 井的情况相似(表 2). 由于水井不在震中区, 所以与青 6 井一样, 一阶差分图上无明显的临震异常。

3 结语

- (1) 玉门青 6 井和平凉泾 3 井自然条件好, 是开展地震地球化学观测的优秀井点.
- (2) 两井对测点控制范围内的中强地震反映良好, 震前出现了明显的趋势异常. 但有些趋势异常之后没有发生相应地震.
- (3) 大部分中强地震之前观测不到临震突变.

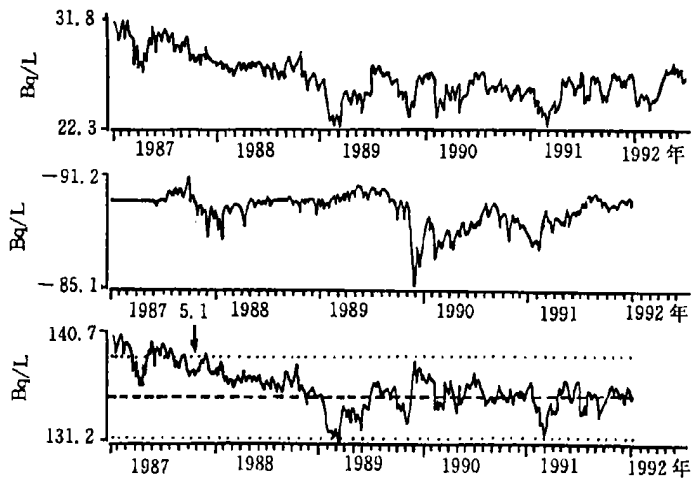


图 8 平凉泾 3 井多元逐步回归五日均值曲线
Fig. 8 The multiple regression analysis of the radon consistence in the Jing 3 well, Jingchuan county.

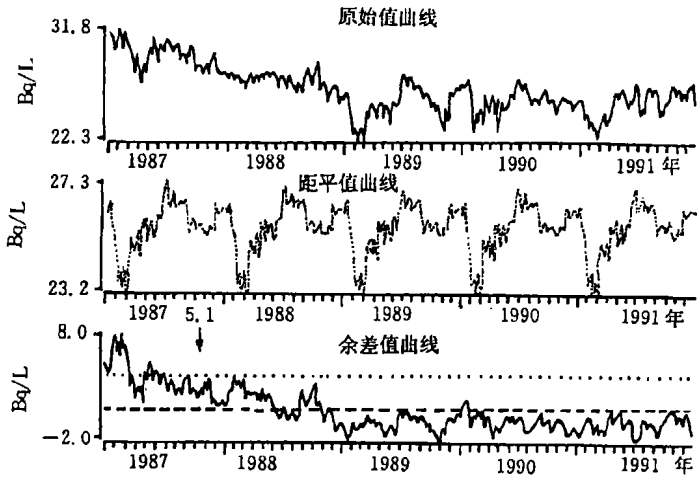


图 9 平凉泾 3 井五日均值相关距平
Fig. 9 The correlation analysis of radon consistence in the Jing 3 well Jingchuan county.

(4) 中强地震发生之前水氡含量与辅助测项之间的相关性明显增强, 在地震预报中有实用价值, 值得深入研究.

参加本项工作的还有: 甘肃省天水市地震局汤晓昌, 甘肃省平凉地区地震局孙世清, 甘肃省定西地区地震局朱春生、王珍、陈婉平.

[参考文献]

(下转 261 页)

THE CHARACTERISTICS OF ANOMALOUS VARIATIONS ON BAROMETRIC PRESSURE EFFICIENCY AND INTERRELATION COEFFICIENT OF GROUNDWATER LEVEL IN DEEP WELLS BEFORE MODERATE AND STONG EARTHQUAKES

GENG Jie¹, ZHOU Bin², ZHANG Zhao-dong¹

(1. *Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014, China;*

2. *Seismological Bureau of Dongying City, Dongying 257000, China*)

Abstract: The barometric pressure efficiency and interrelation coefficient of groundwater level in five deep wells are calculated by using high-order difference method and the best interrelation result between them is optimized. The anomalous variations on two curves are obtained before the Heze 5.9 earthquake in 1983 and Lulong 5.3 earthquake in 1982. The result indicats that anomalous information obtained from the method is feasible, and can be used as short-impending anomaly before moderate and strong earthquakes.

Key words: High-order difference; Barometric pressure efficiency; Interrelation coefficient; Short-impending anomaly

(上接 256 页)

- [1] 刘耀炜. 水氡非随机干扰的定量排除[J]. 地震学报, 1989 11(4): 411—423.
- [2] 车用太, 鱼金子, 刘五洲. 华北北部地区 3 次强震前地下流体异常及其形成与演化机理[J]. 中国地震, 1999, 15(2): 139—151.
- [3] 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. 175—191.
- [4] 国家地震局分析预报中心三室. 地下流体预报地震论文集[C]. 北京: 地震出版社, 1987.
- [5] 林纪曾. 观测数据的数学处理[M]. 北京: 地震出版社, 1981.

ANALYSIS ON THE INTERFERENCE FACTOR AND REFLECTING EARTHQUAKE ABILITY OF RADON IN DEEP WELL GROUNDWATER

WANG Zhi-gao

(*Seismological Bureau of Dingxi Prefecture, Dingxi 743000, China*)

Abstract: The data of radon and other items of deep well groundwater in Qing 6 well, Yumen city and Jing 3 well, Jingchuan county, Gansu province, are processed by multiple regression, correlation and univatent difference analysis to remove interference factor. The results show that there are obvious anomalies in data of both wells before Sunan $M_{S5.4}$, Tuolai $M_{S6.0}$ and Lixian $M_{S5.1}$ earthquakes. The reflecting and predicting earthquake ability are evaluated.

Key words: Deep well; Radon in groundwater; Interference factor; Earthquake prediction