第9卷 第2期 西北地震学报 Vol.9,No.2
1987年6月 NORTHWESTERN SEISMOLOGICAL JOURNAL June,1987

甘肃省水氡台网监测地震能力的评述

张 文 冕
（国家地震局兰州地震研究所）

摘 要

本文对甘肃省26个水氡专群观测泉井的构造类型、出露环境、观测技术、仪器设备、资料质量和反映地震能力等进行了较全面的评价，尤其是通过5次中强震例的总结与分析讨论，论证了水氡地震信息的客观存在以及甘肃省水氡台网监测预报地震能力，最后分析了目前预报地震效能不高的主要原因。

概 况

自1970年开展水氡观测以来，甘肃省现已有专业水氡观测泉井12个，群防观测泉井14个（不包括1986年新上的泉井），初步形成了监测台网。但因水点条件、仪器设备、干扰因素和人员技术等各不相同，使之所测资料的质量差别较大。为了更好地发挥水氡在地震前兆观测中的作用，有必要对省内各水氡观测点监测地震的能力进行评价。

自1971年以来本省及邻区在有台网范围内（指震中距150Km的观测泉井）共发生M_S=5.0级以上地震5次，这给评价省内一些泉井监测能力提供了依据，而对某些未发生中强震的区段内的泉井，也应作全面的综合评价。

监测能力是一项综合性指标，本文从观测泉井的地质构造、水文地质条件、观测技术、设备条件、资料可信度、氡值异常及震例分析等方面对本省水氡观测台网监测地震的能力进行了全面评价。並对以下几个方面给予总结：

（1）水氡的地震信息是客观存在的[1]；（2）甘肃省水氡泉井的监测预报能力；（3）水氡在预报发震时间、发震地点方面的经验；（4）进一步研究目前水氡预报效能不高的原因。

监测能力的综合评述

衡量水氡台网监测能力的主要标准是：对给定区域内所发生的中强震，特别是破坏性大震是否能敏感的反映；对于多年来无中强震区域内的观测泉井，以观测点所处的构造部位、

*本文部分资料由林思诚、王长岭、王振亚、张增、刘耀炜等同志提供

水文地质条件和出露环境的优劣，干扰因素是否清晰，正常动态是否有规律等综合因素作为评价标准。另外，在衡量监测能力方面还要考虑到干扰影响的程度、人员技术水平、仪器设备和观测精度等。本文拟从几个方面作综合评述。省内水氡观测泉井分布情况见图1。

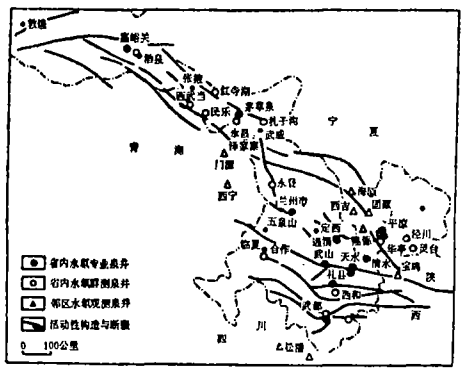

图1 甘肃省活动构造与水氡观测泉井分布图

Fig. 1 Distributions of Gansu active tectonics and monitoring wells of variation in Radon contentration

1.观测泉井的环境条件

从水文地质条件和地质构造特征方面考虑，水氡观测泉井可分为两类：一类泉井的水源来自深层，如温泉、承压上升泉、自流井，其动态稳定，受气象因素影响小。有的处于活动构造或断裂上，如武山温泉、通渭温泉、清水温泉、兰州连城暖泉、武威扎子沟自流井、礼县石桥自流井、平凉附件厂井武都殿沟里泉、山丹红寺湖泉、永昌茅草泉、灵台深井、泾川深井、张掖西武当泉等。

另一类泉井的水源来自浅层，如局部承压的孔隙潜水、沟谷孔隙潜水，易受气象因素与水文条件所制约，有的出露条件与动态不稳定，如兰州五泉山、平凉柳湖泉、嘉峪关泉、西和泉、酒泉泉、永昌北海子泉、武都桥头泉、庄浪泉、民乐八卦泉、天水官泉与马泉等。

2.观测技术与设备条件

从观测技术与设备条件方面考虑可将水氡观测台站分为三类：

第一类是操作技术、仪器设备、辅助项目、防尘恒温等均符合规范[2.3]要求；观测误差在5％以下；每次仪器标定后的日测值曲线能较好地衔接，不致于出现台阶式的升降；平时出现异常变化能及时而有效地判断，为分析预报提供正确的信息。属于这一类台站有平凉、武山、兰州、天水、嘉峪关、山丹145队等。

第二类是观测技术与设备条件基本上符合规范要求，如武都、河西堡、清水、礼县、西和、泾川、灵台、武威等。

第三类是由于人员不稳定或设备条件不完善，使之不少方面不符合规范要求，如连城、永昌、迭部、酒泉、庄浪等。只要在技术上、条件上加以改善，预计1987年底可达到二类水平。

3.观测资料的可靠程度

一类是水点条件稳定，作平行样观测，观测数据具有正常年变形态，误差在5％以下如柳湖、附件厂、五泉山、武山、礼县、红寺湖、嘉峪关、通渭等泉井。

第二类是水点条件基本稳定，观测资料具有正常年变形态，平行样观测，观测误差有时大于5％，如武都、官泉、河西堡、泾川、清水、西和等。

第三类是水点条件基本稳定，但因设备条件所限使平行样观测或仪器标定的误差往往超过5％，有的点至今只有一台FD—105或FD—125测氡仪，如八卦、西武当、灵台、酒泉、连城、永昌等。

4.各泉井氡含量变化情况及其对应震例

（1）异常的判断方法

根据各泉井无震期的三年以上连续可靠资料确定其氡值的年动态曲线。对年动态呈直线形态的以观测值的多年平均值为基值；对年动态呈明显季节性变化的泉井选用各时间段的均值为基值。在排除季节性干扰后用年动态曲线讨论水氡趋势性变化，在排除系统干扰与偶然因素后，用日测值、五日均值、一级差分等曲线分析水氡短临变化。

在排除系统干扰与偶然因素干扰的基础上，确定各泉井氡测值的误差波动范围，超过正常误差范围可视为异常。

如果排除了系统因素干扰，则偶然误差可以用标准误差（又叫均方误差）σ来表示，一般氡测值允许误差±2σ，最大允许误差±3σ，当误差超过±3σ时则不属于偶然误差，或当作异常对待或作为错误结果而舍弃[4]。

表1

泉井名称	通渭温泉	兰州五泉	清水温泉	武山温泉	马跑泉	官泉	武都桥头泉	礼县自流井	平凉柳湖	平凉附件	河西堡芳草泉
异常次数	6	6	13	8	5	7	15	1	4	4	15
反映地震次数	8	8	6	2	2	8	6	1	2	2	7
反映率（%）	50	50	46	67	40	43	40	100	50	50	47

甘肃省泉井水氡对1971—1985年本省及邻区5.0级以上地震反映情况　　表2

地震	测点	突变异常				短临异常		泉井异常比率	
时间、地点、震级	台站或泉井名称	震中距(Km)	异常幅度(%)	距发震天数	突变形态	异常月数	临震形态	有异常泉井数	无异常泉井数
1985.6.24 宕昌 5.0Ms	礼县井	80	13	49	5日/5月↑	近2个月↑	突升	8	5
	清水泉	180	13	9	15/6—23/6↑		突升		
1979.7.25 礼县 5.0	武山泉	60	25	33	22/6↓	1个月↓	突降回升	3	5
	平凉泉	200				1个月↓	下降回升		
1984.1.6 武威 5.3	茅草泉（河西堡）	70	13		27/12↓5/1↑	近2个月↓	下降回升	1	2
1976.8.16 松潘 7.2	清水泉	300	22	11	5/8↑	趋势↑	高值↑震后效应高		
	通渭泉	300							
	武都泉	120				趋势↑	高值发震		
1982.4.14 海原 5.5	平凉泉	180	6	2	12/4↓	1个月↑↓	上升下降	8	6
				33	12/3↑		回升		
1970.12.8 西吉 5.5	马跑泉	155	13～15	17	不明显		上升回升		
	官泉	135	13～15	17	不明显		上升回升		

（2）各泉井历年来氡值异常分析统计

根据上述的异常判断方法，经验性地确定水氡地震异常变化的特征，並给出部分泉井水氡异常与中强地震的对应情况，其结果列于表1。

（3）震例分析

自1971以来在甘肃及邻区有水氡观测井范围内，共发生5.0级（M_S）以上地震5次，有关地震参数与观测点异常反映情况列于表2。

本文以这5次中强地震为例，对水氡前兆信息及其可信度加以论证。

1982年4月14日宁夏海原5.5级地震前，邻近的3个泉井（△=200Km）中平凉柳湖泉水氡呈现明显异常，3月上旬水氡有升高的趋势，还有2次突变高值（后一次距发震17天），4月12日又出现突降，4月14日发生地震，符合上升—下降—回升（恢复）后发震的异常形态（图2a）。

由文献[2]在对平凉水氡值进行逐步回归分析认为：1980—1983年其主要影响因素为室温、气压，在排除室温、气压的干扰后，海原5.5级地震前水氡异常仍然存在（2b）。

1976年8月16日松潘7,2级地震前，距震中300km范围内的6个观测井泉中武都和通渭两泉的水氡呈现明显异常。通渭泉自1975年观测以来至1983年仅出现两次显著异常，1976年7月至1977年1月，为松潘7.2级地震引起的异常。1978年8月至1979年8月，为甘肃礼县5.0级地震引起的异常。

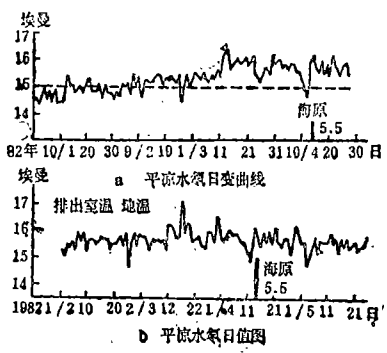

图2 平凉水氡化变曲线

Fig. 2 Circumstance of variations of Radon contentration in Ping Liang wells

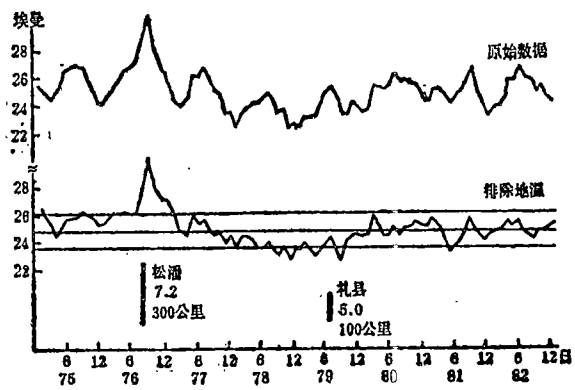

图3 通渭水氡校正前后月均值图

Fig. 3 The monthly average of variation of Radon contentration in Tong Wei well

1976年6月至10月水氡日测值经排除气压干扰后异常格外明显，从7月20日异常开始，到10月结束，异常最大值出现在震后，震后效应突出（图4）。

由图3、图4可见，通渭水氡2次显著异常是地震信息。

武都水氡在排除了地温干扰后，1975年8月至1976年7月异常显著，並有明显的震后效应。（图5）。

（2）王长岭、张文晃等，南北地震带水氡预报地震效能的评价，1984.

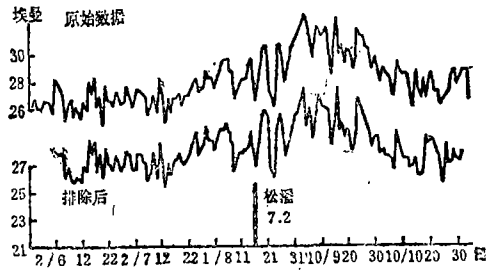

图4　通渭水氡日值排除气压干扰后曲线

Fig. 4　The daily average of variation of Radon contentration in Tongwei well after interferingence be excluded

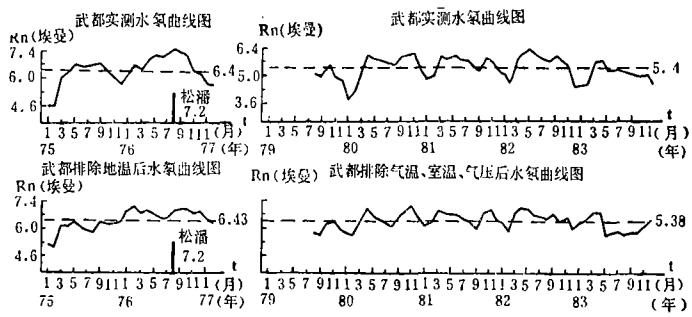

图5　武都水氡月均值图

Fig. 5　The monthly average of variation of Radon contentration in WuDu well

1977年2月以后该点停测，1978年8月重测至1983年底，其氡测值未出现异常，附近亦未发生5.0级以上地震。

1985年6月24日甘肃宕昌5.0级地震前距震中200km内的8个水氡观测点，清水温泉现场测点、礼县自流井等水氡的测值有明显短临异常变化。

清水温泉水氡日测值于6月15日突降后6月23日又突升，变幅大于13%，是全年中最大的一次变化，突升后第二天恢复正常值时发生地震（图6（2））。

礼县自流井水氡显示2个月的短期异常又在趋势异常背景上有突变异常。此异常经过反复审核，排除了仪器标定和换仪器等人为干扰，肯定了4月初至6月初趋势升高异常和5月5日的突升异常，其幅度大于10%（图6(1)）。

其它3次地震即1970年12月3日宁夏西吉5.5级、1979年7月25日礼县5.0级和1984年1月6日武威5.3级地震的异常反映情况见表2。

5.各泉井监测能力综合评述

本文从多方面比较，提出初步的评价分类意见（表3）。

综上所述，甘肃省部分泉井属于Ⅰ与Ⅱ类，所观测的氡值物理量是清晰的，观测误差比较小，数据重现性好，干扰因素可以排除，基本上能满足地震预报的需要。

通过1979年7月25日礼县5.0级与1982年6月8日武威4.1级地震的试报和宕昌5.0级、

表3

	构造类型	环境条件	观测技术	设备条件	资料质量	动态规律	震例分析
武山	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅲ
通渭	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ
*清水	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ与Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ
*连城	Ⅰ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅲ
礼县	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅰ与Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ
平凉井	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ
茅草泉	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ
*红寺湖	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ与Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ
*殿沟里	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	
*西和	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ与Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
五泉山	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ
官泉	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ与Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
马跑泉	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ
平凉	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ
嘉峪关	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ与Ⅲ	Ⅱ
武都	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ

*指群测点。资料使用不长的泉井暂未列入表中。

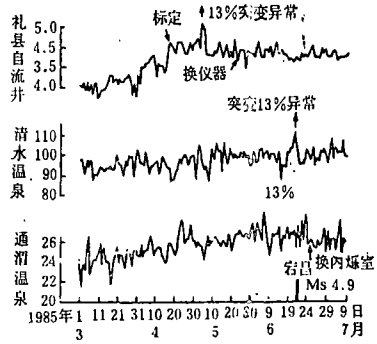

图6 岩昌5.0级地震前水氡日变曲线

Fig. 6 The daily average of variation in Radon contentration before TanChan earthquake of 5.0 magnitude

松潘7.2级、海原5.5级、武威5.3级地震后的总结，认为水氡的地震信息是客观存在的，甘肃省水氡观测泉井有一定监测预报地震的能力。

另外，在多年监测预报的实践中还发现一个值得注意的现象：一些泉井对某个方位的地震反映特别敏感，如河西堡茅草泉灵敏地反映武威一九条岭地区中强震；武都、通渭、清水与礼县等泉井能反映西礼盆地和甘川交界地区的地震；平凉泉井能反映西海固地区地震；武山与五泉山泉井对邻近地区小震均能有较好的反映[5]。

值得指出的是：在有监测能力的网点区既出现短期趋势异常又有临震突变异常，则可能是发生中强震的一个前兆指标[5]。

前文论述了中、强地震前虽然甘肃省水氡观测泉井有一定监测地震的能力，但是目前预报能力是很低的。震前有过预报意见的仅仅2次；震前没有预报，在震后总结发现确有异常的有5次，震前没有任何察觉，震后总结也没有发现明显异常的1次（即1984年12月7日天祝4.6级地震）。上述统计结果表明：在有台网监视区内发生的9次4.1级以上地震，其中7次有异常反应，占78%；震前有过试报意见的仅有2次，占22%。震后总结有异常而震前没有作出预报的原因在于：（1）省内专群观测点经过近年来技术管理[6、7]与条件改善，逐步提高了观测质量，但仍存在不少问题，有些观测点因标定仪器及观测水样的技术水平不高，带来人为异常，干扰了对地震异常的判断，往往在落实异常过程中地震即发生，贻误了震前预报。岩昌地震前未能预报的原因就是如此；（2）中、强震发生的次数较少，一些经验规律和方法理论没有得到反复实践与验证，而且这些经验不能适用于任何地区的每次地震，一旦遇到异常总要多方面分析原因，不能果断地预报；（3）实践表明，有震有异常、有震无异常、无震有异常是经常出现的，使得异常不是唯一性的；（4）反映地震较好的灵敏泉井还是少数，这是目前预报地震效能不高的重要原因；（5）目前预报方法仍处于经验式的图象认别法，没有明确的定量指标，使异常判断模棱两可。

综上所述，甘肃省水氡观测泉井虽然对一些中强震有不同程度的异常反映，但到目前为

止尚未找到定量的必震信息。

今后应调整、充实水氡观测泉井，，加强水氡观测的技术管理和辅助项目的速报，开展多项目的综合观测，改进现行的预报方法，实现有明确指标的统计性预报。

参 考 文 献

〔1〕张炜等，水文地球化学方法预报地震的可能性与有效性，中国地震，Vol.1，No.4，1985.
〔2〕国家地震局，地震台站观测规范（试行），地震出版社，1978.
〔3〕国家地震局　地震水文地球化学观测技术规范，地震出版社，1985.
〔4〕华中师范学院等，分析化学，人民教育出版社，1981.
〔5〕张文冕等，中强地震前水氡短临异常的研究，西北地震学报，Vol.5，No.3，1983.
〔6〕张文冕、王振亚，水氡仪器标定技术的实验研究，西北地震学报，Vol.6，No.4，1984.
〔7〕张文冕、姚庆春等，液体镭源的配制试验，地震科学研究，No.5，1984.

A COMMENT ON THE CAPACITY OF PREDICTION BY MEANS OF RADON IN GANSU PROVINCE

Zhang wenmian
(*Lanzhou Seismological Institute, State Seismological Bureau*)

Abstract

This paper evaluates 26 radon wells in Gansu province including their type of construction, the environment of their outcrop, the tecnique for observation, the instruments and equipments, the quality of data and the capacity of reflecting earthquakes, especially after the analysis of five moderate and strong earthquakes, proving the existence of radon message for earthquakes and the capacity of monitoring earthquakes by radon observation net. And then this paper also analyses the major reason why earthquakes can not be predicted effectively at present.