

62-66

P315.7

西北地区地震地下流体观测网综合评价

曹玲玲, 刘耀炜

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 对西北地区地下流体观测网建设、调整与发展的各个阶段台网布局进行了评价。表明西北地区地下流体观测网已趋于成熟, 在地震监测预报中发挥了一定的作用, 但由于各种条件的限制, 仍具有一定的局限性。对其地震监测效能进行了综合评价, 结果表明, 远场测点主要出现中短期异常而近场测点出现短临异常。

关键词: 西北地区; 地下流体观测网; 灵敏点; 综合评价

中图分类号: P315.7; P641.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(1999)01-0062-05

地震预报

0 引言

西北地区地震地下流体观测网建立至今, 在防震减灾工作中起到了一定的作用, 但是由于部分观测点受所处的地理环境、构造条件、仪器设备及观测技术的限制, 所观测的资料不能满足地震监测预报和科研工作的需要, 这就需要对地下流体观测网不断地进行调整和完善, 以保证该网布局的有效性和科学性。为此本文对该观测网的布局及监测效能进行了综合评价, 为对该网的调整和改善提供依据。

1 西北地区地震地下流体观测网概况与发展

西北地区地震地下流体观测网始建于1970年, 共包括3种类型, 即地下水化学网(以下简称水化网)、地下水动态网和断层气观测网。水化网是地震监测预报的主导观测系统, 包括国家级台网、区域台网和地方台网3类; 地下水动态观测网包括国家级观测井与地方观测井2类; 断层气观测网是近几年才发展起来的地震监测新方法, 由于观测条件的限制, 发展规模受到一定影响, 一直未纳入国家级观测网之中。

该观测网建立至今经历了4个阶段, 即大范围选点与布网阶段、广泛调整与实践阶段、科学评价与综合研究阶段和强化技术、提高效能阶段。

1.1 大范围选点与布网阶段

水化观测网从1970~1986年, 水位观测台网从1976~1985年, 气体观测台网从1986~1989年进行了一定规模的建网工作。1970年4月, 天水五里铺台利用马跑泉和官泉的水氡观测资料, 较好地预报了1970年12月3日宁夏西吉5.5级地震。这次地震的预报成功推进了甘肃省水化台网的建设工作, 如1971年在兰州五泉山、通渭温泉和河西堡茅草泉, 1975年在平

收稿日期: 1998-05-07

* 中国地震局“九五”科技攻关9504010107子专题部分内容; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC1999007。

第一作者简介: 曹玲玲, 女, 1972年7月生, 研究实习员, 在读硕士生, 从事地震地下流体分析预报研究工作。

凉柳湖泉等相继开展了水氡观测工作.1986年在原来观测水质、水溶气组分的基础上,先后在阿克塞、嘉峪关、山丹、红寺湖、古浪和固原等地建立了断层气观测点.

至此西北地区正式登记入册的台点共108个,其中水化观测点69个,水位观测点31个,气体观测点8个.以后经过调整,到1992年12月,保留的各类观测点共78个,其分布如图1所示.

1.2 广泛实践与调整阶段

这个阶段从1983年开始到1990年结束.此阶段,在观测台网监测能力范围内的多次地震均有一定数量的测点出现异常,如1990年4月26日青海共和7.0级地震,它发生在甘、宁、青地下流体观测网监测区内.该区的主要观测点有40个,地震前共有22个测点出现异常,其中水氡异常点14个,流量异常点5个,水位异常点3个.在以上出现异常的测点中,甘肃西武当、青海乐都和青海西宁3个观测点的异常资料是当时预报共和7.0级地震的主要依据.根据多次

地震的检验,也有部分井点观测项目年动态不明显,干扰大,异常信息量弱.另外,网点的布设也不尽合理.经过对资料的分析 and 专家的论证,对该网进行了进一步的调整和完善.对不理想的泉点的调整采取了2种方案,一种是对那些由于观测条件及环境发生变化而不能进行有效观测的点进行了停测,如陇西水氡观测点、河西堡水氡观测点、宁夏盐池、同心和中卫等井都因达不到地震监测预报的要求而先后停测;另一种是将有一定干扰,但仍有一定地震异常信息的泉点移交给地方继续进行观测,以保证区域的地震监测效能,如清水温泉.对于那些属于重点监测区,但网点布设不足的地区新建了一些观测点.如在宁夏西海固地区和银川平原之间的吴忠和同心一带增加了一些地方观测井.在此阶段,台网内观测点的总体调整范围为10%~25%.

1.3 科学评价与综合研究阶段

1991~1995年是对地下流体台网进行全面综合研究的阶段.在此阶段,对观测资料的评比广泛采用了内在质量定量评比方法.对水化资料的处理采用了五日相对均方差和相关距平年动态方法^[1],对水位资料的处理采用固体潮汐频谱分析的方法(郭大庆,田少柏,1986;唐九安等,1990).对观测项目前兆异常的物理机制也做了大量的研究.另外在对水氡、气氡、水汞和气汞等资料的分析中采用了最优潮汐波谱分析法^[2,3],并对地下流体前兆出现机理进行了研究,认为固体潮引起的应力-应变可能是这些前兆产生的原因.这些工作不仅在理论和技术上取得了长足进步,在实际应用中也卓有成效,在这个时期内发生的中强地震均得到了不同程度的预报.经过这个阶段的深入研究,西北地区地下流体观测网进入了相对成熟的阶段.

1.4 强化技术、提高效能阶段

进入这个阶段,即“九五”计划开始,对地下流体前兆台网的改造从过去的以改造观测环境

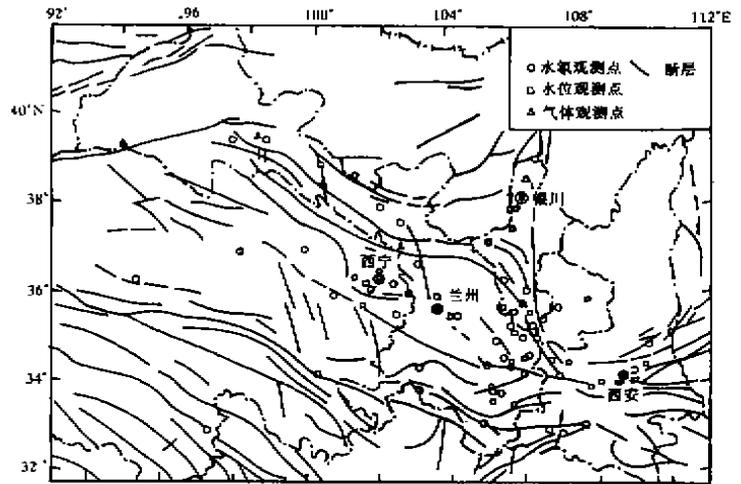


图1 西北地区地震地下流体观测台网测点分布

Fig.1 Distribution of sites observing ground fluid in northwestern China.

为主转向以强化观测技术为主,建立数字化观测台网.如玉门青草湾井、张掖西武当泉以及武威扎子沟井已作为地下流体综合数字化观测的试点,以便减少人为因素的干扰,获得有关地震孕育过程及地壳活动连续可靠的信息.

“九五”期间西北地区地下流体观测网中计划进行技术改造的测点共 53 个,其中综合观测点甘肃 5 个,宁夏 2 个,陕西 1 个,区域台 45 个,其分布如图 2 所示.

2 台网布局环境的评价

2.1 构造环境

甘肃地区地下流体观测网沿阿尔金断裂带及海原-景泰-古浪等断裂带布设,对发生在该地区的中强地震有较好的映震能力.

青海地区地下流体观测点主要分布在达板山构造带和拉脊山构造带控制的凹陷带内.

宁夏地区地下流体观测点主要沿南北走向的贺兰山-云雾山和六盘山断裂分布.观测点的布设控制了区内几个主要的活动断层和深大断裂.

陕西地区地下流体观测点大多位于渭河新生代断陷盆地内.该区新构造运动活跃,地震活动强度大,频度高,将台网重点布设在该盆地内是合理的.

2.2 测点的水文地质条件

根据水文地质及水文地球化学条件,可将西北地区地下流体观测点分为 3 类.

2.2.1 孔隙水观测点

该类观测点占全部观测点的 25%.其含水层岩石一般为第四纪卵石层、砾石层或砂土层,隔水层一般为亚粘土或粘土,井孔揭露多层地下水,水质类型主要为碳酸及碳酸-硫酸型,其来源为大气降水或地表水渗入,如平凉柳湖泉和兰州大滩井.

2.2.2 岩溶水观测点

该类观测点仅占 10%.其含水层为可溶性碳酸盐类,在含水层内地下水循环迅速,循环深度较浅,水温一般为 15~25°C,如陕西韩城药树井和陇 05 华亭井.

2.2.3 裂隙水观测点

该类观测点占 60% 以上.其含水层岩性复杂,水质类型依含水层岩性而定.其中的裂隙主要是构造裂隙和原生裂隙.典型的有武山温泉、通渭温泉和临潼温泉等.

3 地震监测预报效能评价

西北地区地下流体观测网自 1970 年建立以来,对其监测区及其邻区发生的 23 次 5 级以上地震均有不同程度的异常反应.下面从灵敏组分、灵敏测点等方面对该观测网地震监测能力进行评价.

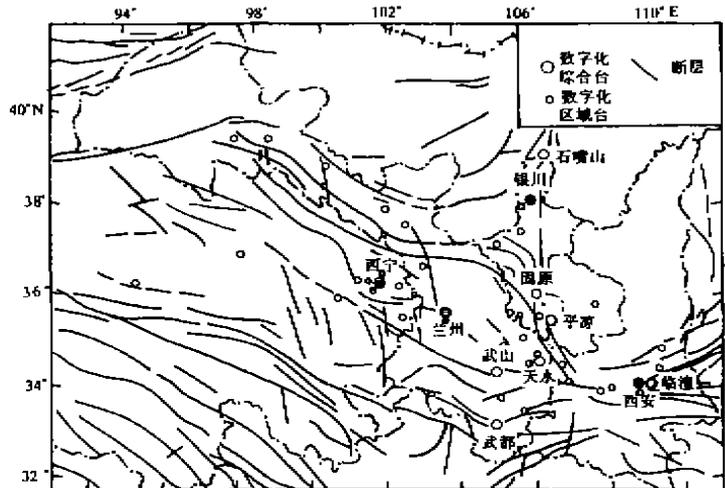


图 2 西北地区技术改造后的地下流体台网分布

Fig. 2 Distribution of sites observing ground fluid after technical reform in northwestern China.

3.1 灵敏组分

在西北地区地震地下流体观测网中,用于地震监测预报的观测项目很多,其中应用最广泛的有水位和流量;观测的化学组分主要有 Rn 气,其次有 Hg, He 和 H₂;水化学离子中的灵敏组分有 SO₄²⁻, Cl⁻ 和 NO₃⁻ 等. 这些组分在历次中强震发生前均有显著的异常信息,如 1979 年 5 月 25 日礼县 5.0 级地震前武山温泉、通渭温泉和平凉柳湖泉 3 个测点出现异常,其中武山温泉出现 Rn, O₂, He, H₂ 和气体总量的多组分同步异常;1995 年 7 月 22 日永登 M_S5.8 地震发生之前,五泉山测点水中的 SO₄²⁻, Cl⁻ 和 NO₃⁻ 等离子出现了短期异常.

3.2 灵敏点

在地震监测预报中对灵敏点的评价原则是以相同的构造单元和水文地球化学环境为基本条件,侧重剖析地震中短临前兆异常的特点. 因此灵敏点又分为远场的中短期异常点和近场的短临异常灵敏点.

(1) 远场观测点一般距震中 300 km 以上. 这类观测点地质出露条件好,人为干扰少,一般在强震前 1~2 年出现比较明显的中短期异常,比较典型的有西武当水氡观测点、陕西西影水位观测点、通渭温泉水氡观测点和湟源流量等. 陕西西影井水位在其可监测范围内从 1982 年到 1990 年发生的 12 次 5.0 级以上地震中,有 6 次出现异常.

(2) 在西北地区地下流体观测网中,近场测点在地震前一般出现短临异常. 这类灵敏点有兰州五泉山水氡、水质,平凉柳湖水氡,武山温泉水质,武威扎子沟水氡和古浪气氡等. 它们的共同特点是:

在大地上构造上,灵敏点一般位于区域构造交汇处和地下流体径流交替处,有利于深部流体通向地表,因而对震源附近的应力-应变变化反映较为灵敏.

各测点短临异常表现为群体突跳异常的累积频次呈加速上升特征.

测值的短临突跳往往与该区小震活动频次呈同步变化. 由共和和景泰地震前近源区周围地下流体观测点的前兆突跳频次与该范围内小震活动频次的对比图(图 3)可以看出这一现象.

4 典型单井测点——西武当水氡观测点的监测效能评价

西武当泉位于民乐盆地西南祁连山北缘断裂带上. 泉点出露于奥陶纪灰岩与第三纪泥岩之间,是典型的断层溢流泉,水质类型为硫酸-氯化物-重碳酸-钙镁钠型,水温 7.0°C,流量大于 0.5 L/s. 该泉于 1984 年 10 月投入使用,其资料连续可靠,氡含量年动态变化呈现为夏高冬低的“正弓”形. 该泉氡值在 1985~1987 年年变化幅度为 18~20 Bq/L,从 1988 年 6 月起氡值加

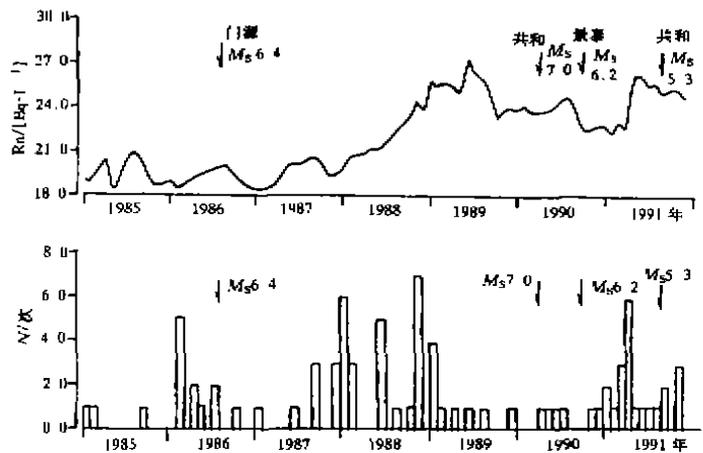


图 3 共和和景泰地震前后 36°~37°N, 99°~100°E 范围内小震频次与水氡测值变化

Fig. 3 Frequency of small earthquakes and change of radon content in groundwater at a range of 36°~37°N and 99°~100°E before and after the Gonghe and Jingtai earthquakes.

速上升,6月中旬达到最高值,为27 Bq/L,然后下降,1989年11月转平,1990年4月26日在距该泉300 km的青海共和发生 $M_S7.0$ 地震.位于距该泉72 km处的民乐盆地南缘断裂带上的跨断层水准测量资料的变化与该泉氡含量变化同步(图4).

5 结语

西北地区地下流体观测网经过建网、调整、优化等不同阶段,所筛选出的并孔分布趋于合理,含水层条件好,有较高的地震监测能力,无论是远场还是近场都有典型的灵敏点与之对应,并表现出不同的异常特征.但由于个别观测点所处地理环境较差,观测人员观测技术水平相对较低,观测设备落后等原因,使观测资料人为干扰难以排除,信度较低.因此,西北地区地震地下流体观测网还需要不断地改进和完善.

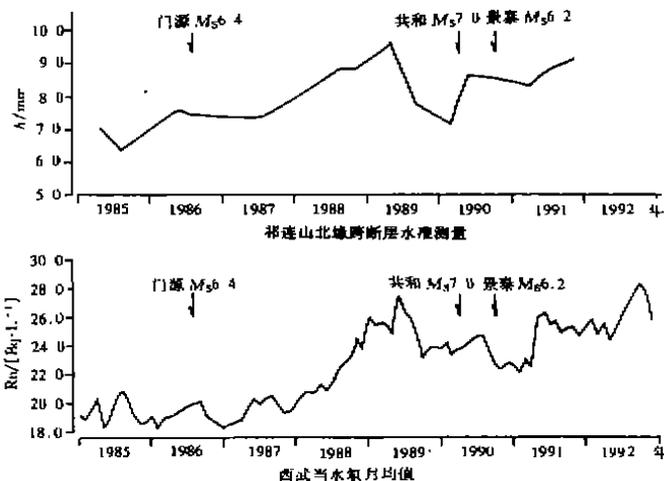


图4 西武当水氡月均值与祁连山北缘跨断层水准测量曲线

Fig.4 Monthly values of radon content in groundwater of Xiwudang spring and leveling curve crossing a fault at north edge of Qilian Mountains.

参考文献

- [1] 王长岭,刘耀炜,陶淑芬.水氡资料内在质量的评比方法[J].西北地震学报,1990,12(1):39~44.
- [2] 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.
- [3] 王长岭,刘耀炜,陶淑芬.水氡时值序列和日值序列中的潮汐波分量[J].西北地震学报,1991,13(1):41~49.

A SYNTHETIC EVALUATION OF OBSERVATION NETWORK OF GROUND FLUID FOR MONITORING EARTHQUAKE IN NORTHWESTERN CHINA

CAO Ling-ling, LIU Yao-wei

(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou Gansu 730000)

Abstract

Observation network of ground fluid in northwestern China is comprehensively evaluated as three stages, that is, establishment, adjustment and development. The observation network of ground fluid has already tended to ripe and makes a certain effect in seismologic surveillance and earthquake prediction. But because it is restricted by some conditions, the network action is still limited. Efficacy of seismologic surveillance of the network is synthetically evaluated. The result shows that medium-short term anomalies are observed at sensitive sites in distant field and short-impending anomalies are observed at sensitive sites in close field.

Key words: Northwest China; Observation network of ground fluid; Sensitive point; Synthetic evaluation