

# 四川西部温泉水温变化与地震前兆的研究

李介成 陶建华

(四川省地震局)

## 摘 要

本文以四川西部的毛垭、玉科、龙普沟, 热乌温泉和拖坝气泉为代表。以多年水温观测资料为基础, 讨论了对应或预报较好的几次四川大地震, 通过现场调查和资料分析, 认为温泉的水温变化是地震的前兆信息。同时, 对温泉的水温变化机理进行初步讨论。

## 一、观测点的分布状况及水文地质简述

地下热水在川西地区极为丰富, 地表出露的温泉甚多, 其分布的地理位置如图1。从图1中可以看出, 川西地区发育着一系列大致平行展布的北西和北西西走向的断层。它们之间围限着大大小小的构造块体。这些块体控制着该区的构造发展。主要的断层有鲜水河断裂, 甘孜—理塘断裂, 玉科断裂, 巴塘断裂等。这些温泉也密集成群分布于上述断裂带上及其附近。温度差别很大, 有20—40度的温热水, 40—60度的中温热水, 60—100度的高温热水, 100度以上超高温热水并有气泉出露。有的泉口及其附近有金黄色的硫华, 也有雪白的石灰华。

本文选择理塘县毛垭温泉, 乡城县热乌温泉, 甘孜县拖坝气泉, 道孚县龙普沟温泉和玉科温泉的水文地质, 观测条件和方法列表于后(见表I)。

## 二、七次地震前的水温异常

毛垭、龙普沟, 玉科等温泉的水温月均值动态都有正常年变, 每年都是有规律的变化(如图2—a、b、c)。其中龙普沟温泉和玉科温泉每年都有一峰一谷的变化, 峰值一般在八月, 谷底多数在二月出现。但在1976年8月16日和23日两次松平7.2级, 1976年11月9日盐源6.9级, 1981年1月24日道孚6.9级, 1982年6月16日甘孜6.0级等大地震前, 温泉的水温动态都不同程度的打破了正常的年变。根据异常出现的时间分中短期和短临异常阶段。

### (一) 中短期异常

1. 毛垭温泉的水温月均值动态如图2—a。从1975年到1983年底有九年的资料, 比较完整。1976年4月以前水温一直在55—60度之间变化, 5月以后出现大幅度下降, 在45—50

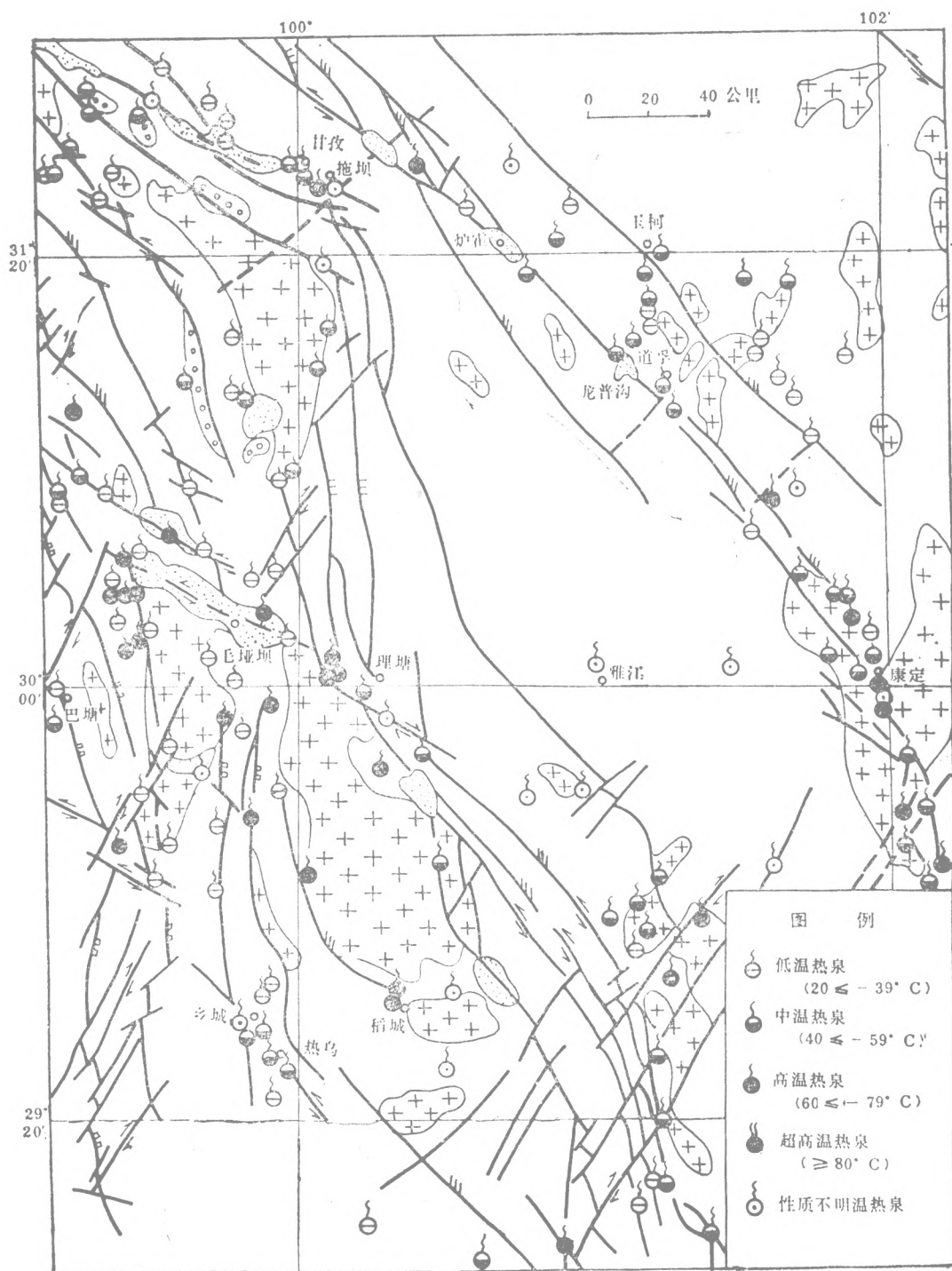


图1 甘孜部分地区温泉与构造的关系图

表 1

| 名称    | 位置         | 排泄点地层时代与岩性       | 地层时代                                          | 地貌特征与水文地质条件                             | 构造部位                  | 泉的性质  | 流量升/秒 | 测量仪器与方法                   | 水温(℃) | 备注               |
|-------|------------|------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|-------|-------|---------------------------|-------|------------------|
| 毛坪温泉  | 理塘县毛坪区     | 二叠纪三叠纪灰白云岩       | P—T                                           | 理塘盆地西北角的石祖山, 山脊上约半平方公里内, 分布着大大小小的泉眼数百个。 | 理塘—得巫断裂带地震裂带中涌出       | 断层上升泉 | 约30.0 | 半导体温度计, 酒精温度计, 每日定时定点测量三次 | 40—50 | 含硫化氢和其它气体, 泉华很发育 |
| 玉科温泉  | 道孚县玉科区     | 上三叠纪、砂岩、千枚岩、板岩   | T <sub>3</sub> Zh                             | 玉科盆地西侧, 七美柯(河)西岸, 一条阶地上。                | 玉科大断层带南端泉水, 从断层破碎带中涌出 | 同上    | 2.513 | 体温计和酒精温度计, 每日定时定点测量一次     | 38—41 | 含硫化氢和有气体冒出       |
| 龙普沟温泉 | 道孚县龙普公社生产队 | 上三叠纪变质砂岩         | T <sub>3</sub> Zh                             | 道孚盆地东南端纽日河的支流, 龙普沟两岸泉群出露                | 鲜水河断层上盘               | 上升泉   | 3.216 | 半导体温度计, 酒精温度计, 每日定时定点测量二次 | 37—40 | 含硫化氢和氧化铁         |
| 热乌温泉  | 乡城县跃进公社    | 上三叠纪、变质砂岩和燕山期花岗岩 | T <sub>3</sub> Zh/r <sub>5</sub> <sup>2</sup> | 乡城硕曲河的支流热乌沟旁                            | 乡城大断层的东盘              | 同上    | 约0.1  | 液压温度计和酒精温度计, 每日定时定点测量二次   | 30—40 | 含硫化氢, 泉华发育       |
| 拖坝气泉  | 甘孜县拖坝区     | 第四纪砂层            | Q                                             | 拖坝盆地中的雅龚江边的河漫滩上, 气泉成群出现                 | 雅龚江断裂带上               | 断层上升泉 | /     | 液压温度计和酒精温度计, 每日定时定点测量一次   | 36—96 | 含硫化氢             |

度之间, 8月16日和23日, 距震中400公里的松潘, 平武发生两次7.2级地震, 在同年11月9日, 距震中270公里的盐源发生6.9级地震。在1976年的几次大地震后四川就没有发生 MS<sub>≥</sub>6.0级的地震, 所以该泉的水温动态一直保持在44—48度之间, 但在1980年4月出现水温逐渐上升, 到12月份已经由原来的46度上升到51度。在下降恢复的过程中发生1981年1月24日的道孚6.9级地震, 这次地震的震中距只有140公里, 震后水温继续下降恢复。但未恢复到基值又出现新的异常, 水温又转为上升, 1982年3月达最高值为64度。以后又转下降, 在下降

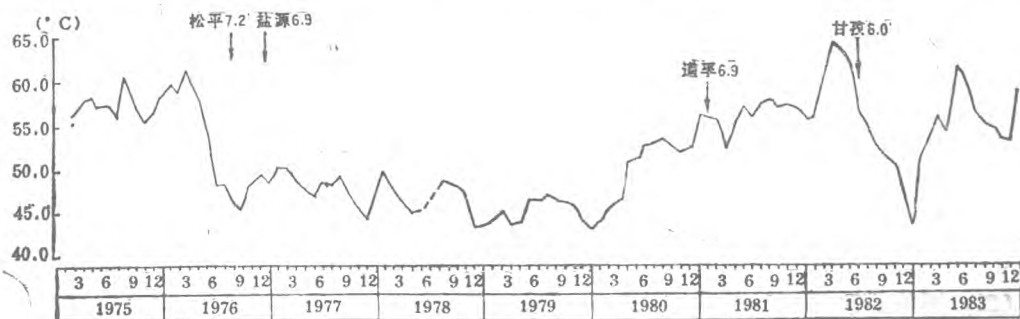


图 2-a 理塘毛坪温泉水温月均值图

的过程中发生6月16日的甘孜6.0级地震,震中距180公里,震后逐渐下降恢复。

2. 玉科温泉的水温月均值动态如图2—b。从图中可以看出1977—1979年10月以前年变化明显。但在1979年11月到1981年1月改变正常年动态规律,特别是1980年6月到1981年1月曲线基本稳定在39.9度左右,近乎直线形。在1981年1月24日距震中33公里的道孚发生6.9级地震,震后恢复正常。

1982年1月水温又突然上升到41度,后又降到40.4度,6月16日在距震中120公里的甘孜发生6.0级地震。

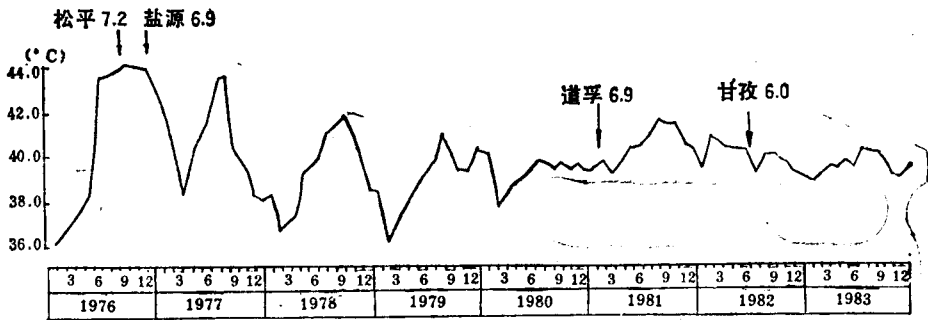


图2—b 道孚玉科温泉水温月均值图

3. 龙普沟温泉的水温月均值动态如图2—c。1980年的年动态变化与正常的1979年有明显不同,如11、12月份的变化与往年相反,1981年1月24日,距震中7公里的道孚发生6.9级地震,震后曲线逐渐恢复正常。1981年曲线恢复正常年动态后,1982年又出现异常,从2月到7月水温平稳,近乎直线,6月16日距震中150公里的甘孜发生6.0级地震,震后水温逐渐恢复正常。

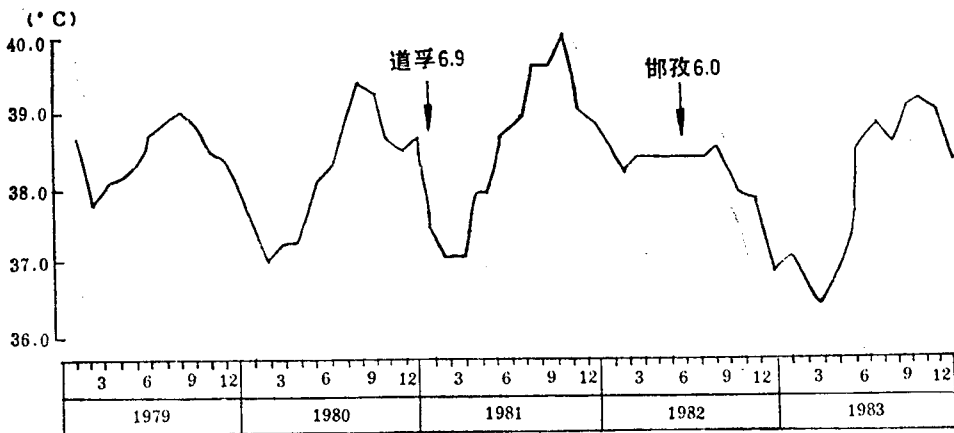


图2—c 道孚龙普沟温泉水温月均值图

## (二) 短临异常

1. 甘孜拖坝气泉温度日均值动态如图3。从图3中可以看出1982年甘孜6.0级地震前

5月30日出现温度突降，由原来的39.4度下降到34度，后又突然上升，6月3日达最高值42度。6月16日甘孜发生6.0级地震，震中距10公里。

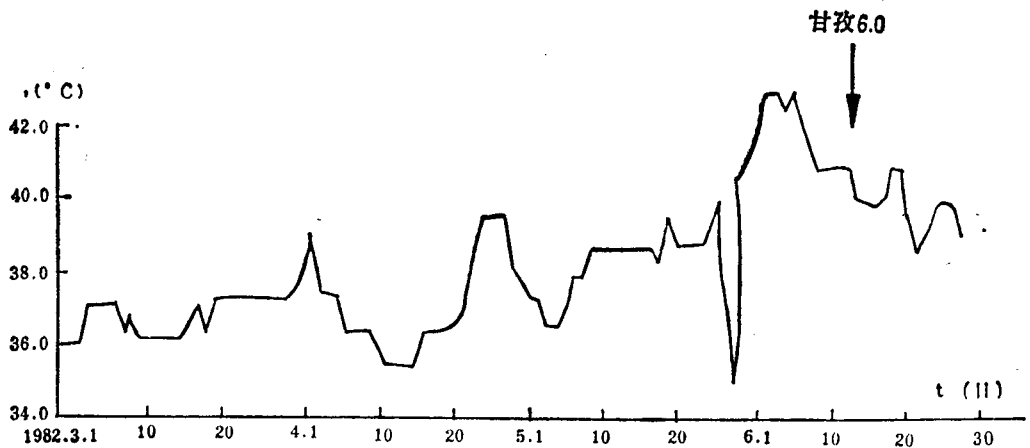


图3 甘孜拖坝气泉气温日均值图

2. 毛坪温泉的水温日均值动态在1981年道孚6.9级地震前47天，水温由50.6度突升到58度，最高值达60度(图4—a)。在这47天中，水温变化很大，震后逐渐恢复。1982年6月16日甘孜6.0级地震前水温日均值动态如图4—a。由图可见2月19日水温由54.7度突升到66度。

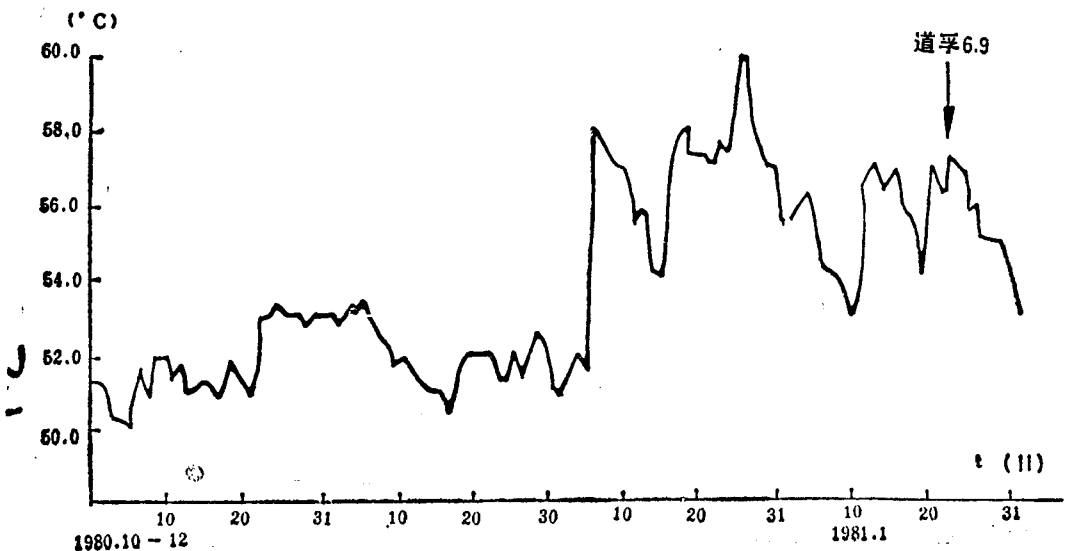


图4—a 理矿毛坪温泉日均值图

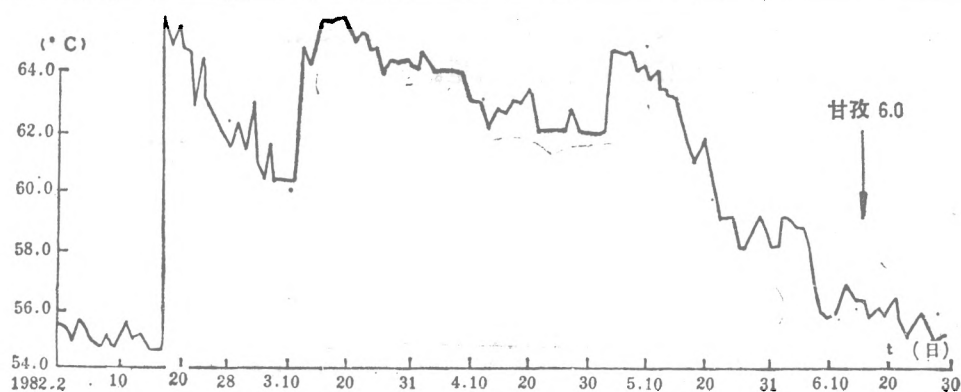


图4-b 理扩毛垭温泉水温日均值图

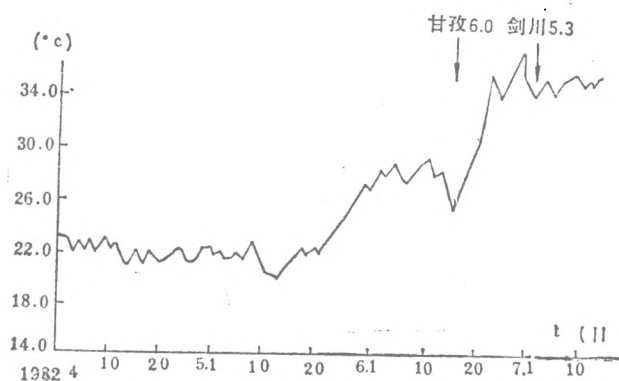


图5 乡城热乌温泉水温日均值图

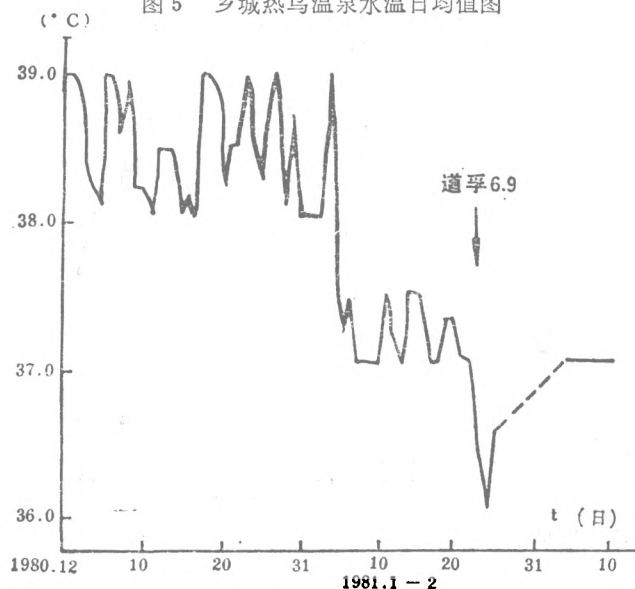


图6 道孚龙普沟温泉水温日均值图

该泉水温突发性变化对应地震较好,如1976年松潘,平武7.2级地震,盐源6.9级地震,1948年5月25日理扩7 $\frac{1}{4}$ 级地震和1968年3月3日理扩5.7级地震前都有类似的变化。

3. 热乌温泉的水温平时在20—23度之间变化,比较平稳。1982年5月2日出现上升,6月12日上升到29.5度,6月16日发生甘孜6.0级地震(如图5)。震中距320公里。震后水温稍有恢复,后又继续上升,6月29日水温达到37.5度,7月3日云南剑川发生5.3级地震,震中距250公里。

4. 龙普沟温泉水温日均值动态如图6。该泉的水温正常值在38~39度之间。1981年1月5日突然下降了1.8度。以后平稳在新的基础上。元月24日又下降到36度,最大幅度达3度,在最低值时发生道孚6.9级地震。同时地震前一天还出现喷砂,冒泡,水变色等一系列宏观异常,观测员依上述温度下降和宏观记录作过预报。

### (三) 异常空间分布

1. 1981年1月24日道孚6.9级地震前, 地下水中温度变化, 及喷砂, 冒泡, 变色, 变味等异常分布范围大约在300公里以内, 即东到石棉、西至甘孜、北到小金、南至理塘(如图7)。

图7中看出这些异常基本呈条带分布, 沿道孚、八美、泸定为一北西向条带; 沿甘孜、新龙、理塘为一北北西向条带。北西带是受本次地震的孕震和发震构造—鲜水河断裂直接控制的。而北北西带是受鲜水河构造同一体系的甘孜——理塘断裂带所制约的。上述条带中以北西带异常多, 范围大, 是主异常带, 震中就落在这个带内。

2. 1982年6月16日甘孜6.0级地震前, 地下水温度异常分布如图8。

从图8中看出这些异常主要分布在甘孜, 理塘, 乡城近南北向区域内, 玉科和龙普沟也有分布。甘孜——乡城带是受本次地震的孕震和发震构造所控制的, 玉科—道孚带则与鲜水河构造有关。

以上两次震例表明, 大地震前的地下水异常带可能是未来发生地震的震中所在地。为预报地点提供了一定的依据。

## 三、问题讨论

### (一) 水温年变化的原因

温泉水补给区较远, 循环较深, 水温比较稳定。实际观测表明, 水温仍有较明显的年动态变化。一般是夏季高, 冬季低, 原因在于深部热水与上部浅层冷水混合。当热水与冷水连通时, 热水向外扩散进入冷水区, 依次出现热水区、温水区和冷水区。温水区的范围随潜水的调节水位而变化。潜水位埋深大时, 也就是潜水层厚度变薄时, 由于潜水侧向压力减少, 导致热水的扩散速度加快, 扩散范围扩大; 热扩散降低

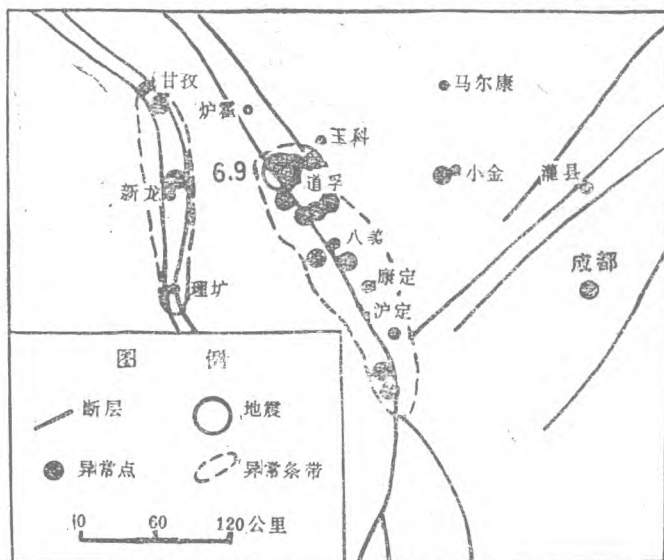


图7 四川道孚地震前地下水异常分布图

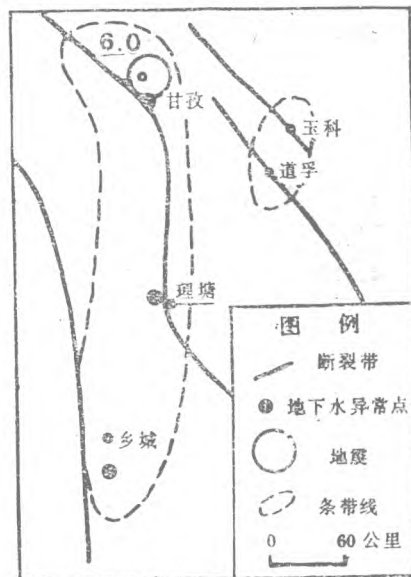


图8 甘孜地震前地下水异常分布图

时水温增高,热扩散加强时水温下降。因此道孚玉科温泉、尤普沟温泉,理矿毛垭温泉的水温与上部浅层水水温的变化相关。它不反映深部热水本身的温度变化,只反映混合水的水温变化。如果鲜水河断裂、理矿——甘孜断裂活动加强,使地下热水的通道发生改变,热水的扩散也随之改变、打破正常的年动态变化,即呈现异常。

## (二) 水温异常的时空特征:

岩石中的裂隙和孔隙是地下流体活动的通道,因此,当岩体不断受力时,岩体裂隙的发育与串通断层的解锁、蠕动和错动;将把岩体的应力应变、地下流体的活动、地裂的发生有机的联系在一起。

在地壳内,力的分布是不均匀的,有的地区受到的力要大,有的地区要小。就是同样的作用力,由于岩体结构和物性条件的差异产生的裂隙也是不均匀的。沿某一构造带的裂隙比较发育,而构造性质不同,裂隙发育程度也有差异,所以我们在不同的构造部位记录到地震前的地下水温度变化也是不一致的。总的来看地下水变化与裂隙发育的分布有关系,裂隙发育与构造有关,构造是带状的,所以,地震前的地下水温度变化也是沿构造成条带状出现。

## (三) 水温异常机理的初步认识

地球表层受到各种力的作用,引起岩层中裂隙发生变化。尽管有些力很微小,例如潮汐引力最大只有 $127.6\text{克}/(\text{厘米})^2$ ,最大体应变为 $3.39 \times 10^{-8}$ ,都能引起水位几十厘米的潮差变化,气压只有十几毫巴的变化,地下水位有较好的反应。岩体破裂爆发地震,其极限应变为 $10^{-4}$ 量级,远比上述弹性应变大几个数量级,因此在孕震过程中引起地下水物理化学性状的变化是完全可以理解的。

地层受力可以加速地下水的流动速度,使水循环加快,并导致水温升高,地层受力,可以使裂隙扩展,孔隙水压力下降,引起地下水流动速度减弱,导致水温下降。所以水温的变化主要是与地下水运动速度的变化有关。

本文得到贾化周等同志指正,在此一并致谢。

(1984年7月3日收到初稿)

## 参考文献

1. 李介成,地下水动态与道孚6.9级地震的关系,地震研究, 6, 3, 1983.
2. 汪成民,道孚地震前兆简况,地震, 3, 1981.
3. 覃玉玺等,云南省温泉区划与地震空间关系,地震研究, 5, 2, 1982.
4. 贾化周等,浅层地下水对多种地震前兆观测的干扰,地下水预报地震选辑(2), 1983.



# ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE TEMPERATURE CHANGES OF HOT SPRINGS AND THE EARTHQUAKE PRECURSORS

Li Jiecheng    Tao Jianhua

*(The Seismological Bureau of Sichuan Province)*

## Abstract

In this paper, based upon the observations of temperatures of hot springs of Maoya, Yuke Longpugou, Rewu and hot air spring in Tuoba in western Sichuan, the relationship between the temperature changes and several large earthquakes which had been predicted well has been discussed. The authors believe that the temperature changes of the hot springs would be the information of earthquake precursors. Finally, a discussion about the mechanism of the temperature changes of the hot springs has been made.