

# 重庆市江北地震与地热活动

谭开鸥

(四川省地矿局南江水文地质工程地质队)

**【摘要】** 1989年11月20日重庆市江北县境内,连续发生了5.2和5.4级两次地震,灾区包括八个区450个村,伤亡150余人,直接经济损失1.5亿元。笔者通过现场调查,以较多的实测资料,论述了江北地震与重庆近区地热活动的关系,并对本地区如何加强地下热水动态的监测工作,提出了具体建议与对策。

1989年11月20日11时18分和21分,重庆市江北县先后发生两次地震,震级为Ms 5.2级和5.4级。震中位于江北县统景场,地理坐标东经106.7度,北纬30度。受灾区包

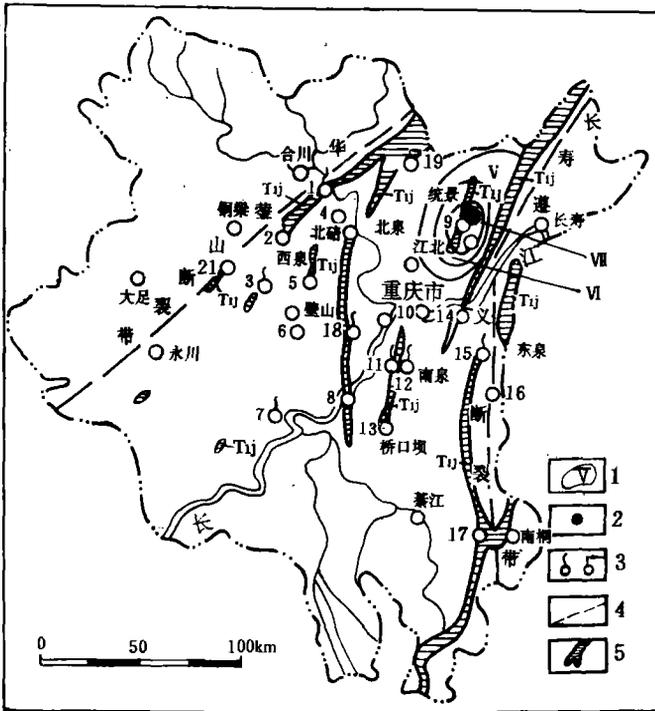


图1 重庆市江北地震烈度与地下热水分布图

1. 地震烈度及界线 2. 震中 3. 温泉与热水钻井 4. 大断裂带 5. 三叠系嘉陵江组储热层分布范围

括八个区 38 个乡 450 个村,受灾区有统景、石船、木耳、兴隆 4 个区。死 3 人,重伤 26 人,轻伤 126 人,砸死猪 168 头,牛 5 头,房屋全垮塌 160 户 307 间,严重危房 16800 间,一般危房 54894 间。造成直接经济损失 1.5 亿元。据四川省地震局资料,以统景场为中心,地震烈度 VII 度区为  $5 \times 3 \text{ km}^2$ ; VI 度区  $15 \times 12 \text{ km}^2$ ; V 度区  $40 \times 20 \text{ km}^2$ (图 1)。据初步推断,因为统景场位于长寿—遵义南北向深部断裂带与北东向断裂带之交汇处,本次地震系基底玄武岩活动引起,震源深度约 5000 m。

地震发生后,我队派人奔赴现场进行了地质调查,笔者有幸参加了地震灾区及周围地下热水变化情况的调查,认为这次江北地震引起的地热活动较明显。统景场附近的统景温泉新涌出了 16 处地下热水点,水温增高  $2 \sim 10^\circ\text{C}$ ,流量增大约 1 倍。重庆附近的北温泉、小泉、西温泉等水温也上升  $1 \sim 2^\circ\text{C}$ ,水量有所增大。江北统景地震与地热活动关系密切。给统景风景旅游区增添了新的地震温泉、地裂缝、滑坡、岩崩等旅游地质景观。

### 一、地震对重庆地区地下热水的影响

据本次调查,江北统景地震发生后,除震中附近出现大量的地下热水露头外,重庆地区的其它原有地下热水点,如西泉、北泉、小泉等温泉的水温、水量、水位等均有不同程度的变化。

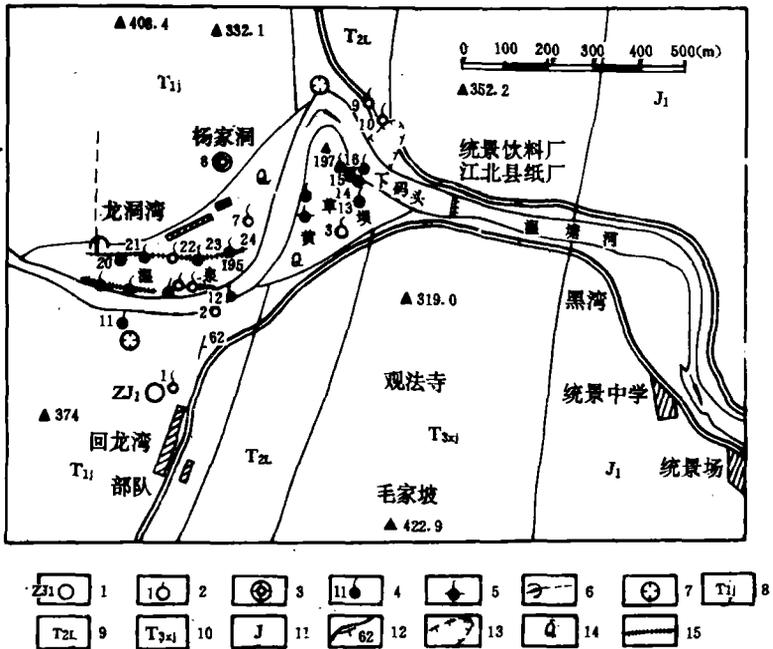


图 2 统景地震前、后地下热水点分布图

1. 热水钻井及编号
2. 地震前的温泉点及编号
3. 地震前热水洞
4. 1989 年 11 月 20 日地震后涌出的热水点及编号
5. 地震后涌出的冷水泉点
6. 震后流量、水温增大的暗河口
7. 干溶洞
8. 三叠系嘉陵江组
9. 三叠系雷口坡组
10. 三叠系须家河组
11. 侏罗系地层
12. 地质界线及岩层产状
13. 地震产生的滑坡
14. 第四系粘砂土
15. 地震产生的地裂缝

## (一) 震中附近(统景)的地下热水活动

### 1. 原有地下热水点的变化

本次地震前统景附近有地下热水点 11 处,其中上升泉 9 处,热水溶洞 1 处,钻井 1 眼(图 2)。出露在温泉坝一带的温塘河一级阶地和漫滩上,出露标高 194~250 m,水温 30~46℃,水质属  $\text{SO}_4\sim\text{Ca}$  型,矿化度 2.2 g/l,总流量 51.2 l/s,每日出水量达 4421  $\text{m}^3$ 。震后水温一般增高 2~3℃,最大增高 10℃,6 号温泉水温由 37℃增至 47℃(表 1),水量增大约 1 倍,水位上升 10 m 以上。我队 1982 年勘探成井的 ZJ<sub>1</sub> 号热水井,水温由 46℃增至 48℃,原水位埋深 8.05 m,震后第二天即自流涌水,水从井口喷出,并有一定压力,推测水位上升 10 m 以上,矿化度由 2.2 g/l 增至 2.4 g/l,水质类型仍属  $\text{SO}_4\sim\text{Ca}$  型。水量原为 1191  $\text{m}^3/\text{d}$ ,据观测也有增大。

表 1 统景温泉地震前后水温变化

编号	水点类型	位 置	出露地层	含水层	标高 (m)	水 温 (°C)			流 量 (l/s)
						震 前	震 后	增 高	
ZJ <sub>1</sub>	钻 井	温塘河南岸回龙湾	T <sub>1j</sub>	T <sub>1j</sub>	219.5	46	48	2	17.5
1	上升泉	温塘河南岸回龙湾	T <sub>1j</sub>	T <sub>1j</sub>	205	46	48	2	1.0
2	上升泉	温塘河南岸回龙湾	T <sub>1j</sub>	T <sub>1j</sub>	194	44	45	2	2.5
3	上升泉	南岸黄草坝公路下	Q	T <sub>2j</sub>	203	23			0.5
4	上升泉	北岸温泉坝男浴池	Q	T <sub>1j</sub>	196.7	45	48	3	2.0
5	上升泉	北岸温泉坝女浴池	Q	T <sub>1j</sub>	198.1	46	48	2	20
6	上升泉	北岸温泉坝后缘	Q	T <sub>1j</sub>	200	37	47	10	2
7	上升泉	北岸温泉坝水管北	Q	T <sub>1j</sub>	199	32			0.1
8	热水洞	杨 家 洞	T <sub>1j</sub>	T <sub>1j</sub>	250	30			0.5
9	上升泉	北岸普陀洞东公路旁	T <sub>2L</sub>	T <sub>1j</sub>	225	32			2
10	上升泉	北岸饮料厂滑坡	T <sub>2L</sub>	T <sub>1j</sub>	225	30			2
2B	上升泉	下感应洞外	T <sub>1j</sub>	T <sub>1j</sub>	210	31			1

### 2. 地震后增加的地下热水点

1989 年 9 月和 11 月 20 日先后两次地震后,统景场附近的温泉坝、黄草坝一带及下感应洞中新增加的地下热水点共有 16 处,其中,3 处是 9 月 9 日 4.1 级地震后涌出的,但流量小,水温低。11 月 20 日 5.2~5.4 级地震后的第三天,即 22 日在温泉坝、黄草坝一带及下感应洞中又涌出了 14 处地下热水点,均呈上升泉形式涌出地表,流量以黄草坝苗圃坝中的珍珠泉最大,每日 1382  $\text{m}^3$ ,水温 38℃,有硫化氢臭味和大量气泡,仅温泉坝就发现 9 处,在温泉坝的前缘和后缘沿两条东西向的地裂缝呈线状分布(图 2),在下感应洞中,距洞口 80 m、190 m 新涌出温泉 3 处,水温为 35℃、31℃,流量 1~2 l/s,流入地下河中(图 3)。温泉出露层位在三叠系嘉陵江组中 12 处,雷口坡组中 4 处。出露标高 190~215 m,水温 38~48℃,最低 27℃,流量一般 2~5 l/s,最大为珍珠泉和灯龙洞悬挂泉,流量 15 l/s。

地震后新增 16 处温泉总出水量达 6756 m<sup>3</sup>/d,比震前 11 处温泉的总出水量增加 1.5 倍(表 2)。经采样检测其水质属硫酸钙型,矿化度 2.1 g/l,与震前 11 处温泉水质相同。

表 2 统景地震新涌出温泉

编号	水点类型	位置	层位	标高 (m)	水温 (°C)	流量 (l/s)	调查日期	说明
							年.月.日	
11	上升泉	南岸抽水房	T <sub>1j</sub>	196	40	>15	1989.11.26	震后第二天涌出水流
12	上升泉	男池南河心	T <sub>1j</sub>	190	>40	>15	1989.11.26	河心冒气泡,有水蒸气
13	上升泉	黄草坝中	T <sub>2L</sub>	198	38	5	1989.11.26	震后第三天涌出,水浑浊
14	上升泉	黄草坝河边	T <sub>2L</sub>	194	38	2	1989.11.26	震后第三天涌出,水浑浊
15	上升泉	黄草坝河边	T <sub>2L</sub>	194	38	1	1989.11.26	震后第三天涌出,水浑浊
16	上升泉	下码头河中	T <sub>2L</sub>	190	>38	>10	1989.11.26	震后第三天河水变浑,冒气泡
17	上升泉	温泉坝河道	T <sub>1j</sub>	196	40	2	1989.11.26	热水将泥砂冲至河边形成沙滩
18	上升泉	温泉坝河道	T <sub>1j</sub>	196	44.0	3	1989.11.26	
19	上升泉	女池西侧	T <sub>1j</sub>	198	50	3	1989.11.26	
20	上升泉	龙洞湾东	T <sub>1j</sub>	202	27	0.2	1989.11.26	附近发现地裂缝,沿东西向地裂缝涌出
21	上升泉	温泉坝晒坝	T <sub>1j</sub>	202	39	0.5	1989.11.26	
22	上升泉	女池北	T <sub>1j</sub>	198	48	3	1989.11.26	田中冒蒸气
23	上升泉	女池北东	T <sub>1j</sub>	198	48	3	1989.11.26	田中冒蒸气
24	上升泉	桂花屋基房后	T <sub>1j</sub>	210	36.5	1	1989.11.26	震后当日下午 5 时涌出
25	上升泉	下感应洞 80 m	T <sub>1j</sub>	210	35	2	1990.2.15	震后涌出
26	上升泉	下感应洞 190 m	T <sub>1j</sub>	215	31	1	1990.2.15	震后涌出

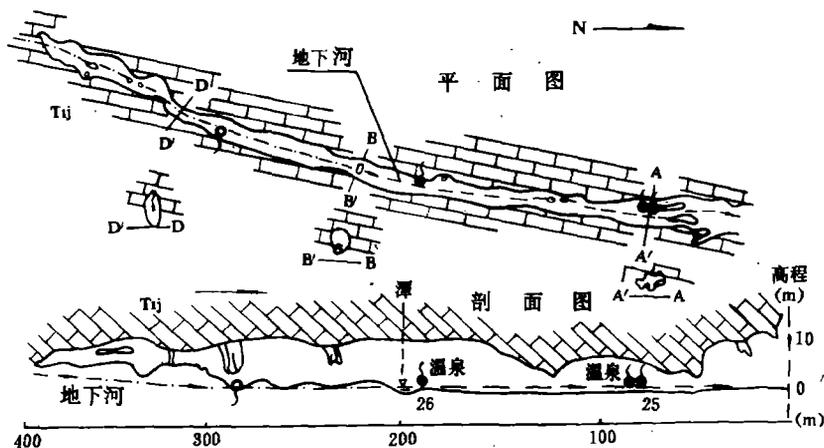


图 3 下感应洞地下暗河中地震后涌出温泉点位置图

### (二) 地震对重庆地区其它温泉的影响

#### 1. 北温泉

北泉出露地下热水点7处,水温一般35°~37℃。据我队监测资料,北泉三角池于1988年9月10日、12月20日发现两次流量突然增大,水变浑,呈黄色,流量由31 l/s(2678.4 m<sup>3</sup>/d)增至34.6 l/s(2989.4 m<sup>3</sup>/d),增大3.6 l/s(311 m<sup>3</sup>/d)。水温也有几次波动,于5月1日至6月10日由37℃增至38℃,8月10日~20日由37℃增至38℃(图4)。1989年11月20日江北统景地震后,于11月26日观测水温为38℃,增高1℃。北泉温室泉点,1988年5~10月发现水温增高5°~7℃(由30℃增至37℃)。流量在5月10日、7月20日、9月10日、11月15日先后出现4次增大峰值,水量增大约1倍,由1.24 l/s增至2.25 l/s(图5)。推测与1988年重庆地区深部地震活动有关,1988年度重庆地区小震频繁,其中3月26日发生2.4级、7月13日发生3级地震,其余均在2级以下。

#### 2. 西温泉

西温泉水温一般32°~35℃,以34℃为常见水温。丰水期因降水量增大,上部浅层冷水渗混,水温略有降低,最低32℃。1988年8月10日~20日水温增至35℃,比常温增高1℃。流量由7.58 l/s(654.9 m<sup>3</sup>/d)增大到13.14 l/s(1135.3 m<sup>3</sup>/d)。该孔从9月10日起开始自流,水位从埋深4.32 m上升至井口自流涌出,推测上升高度在5 m以上(图6)。1989年5月25日水温由34℃增至35.5℃,同时水位上升自流涌出井口,流量由375.8 m<sup>3</sup>/d,逐渐增大至1607 l/d。9月5日水温由35.5℃增至36℃。我们认为西温泉水温、水量、水位的上升与深部地震活动关系密切。

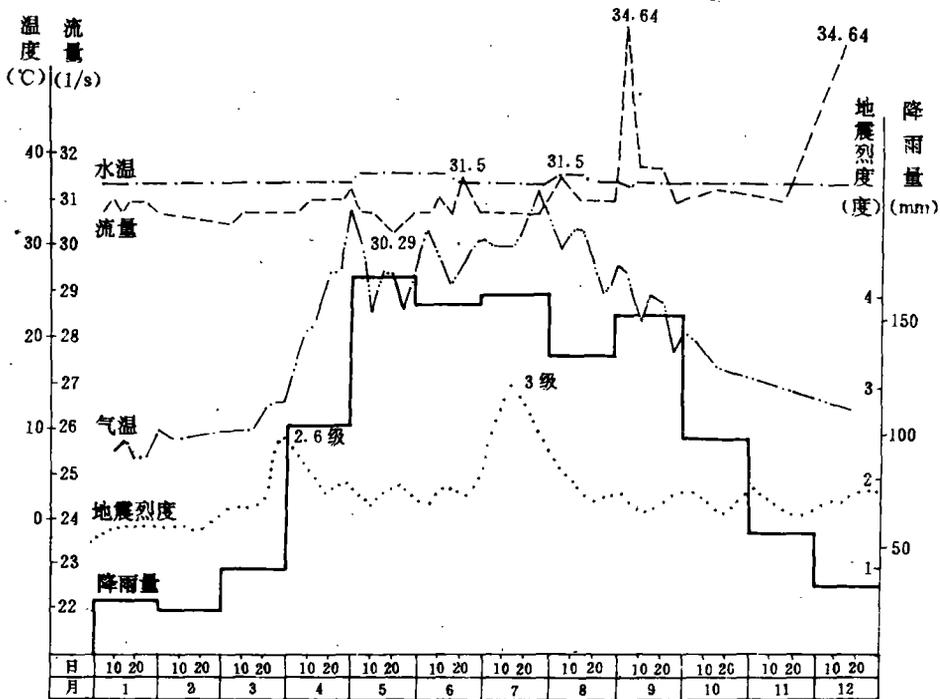


图4 北温泉三角池水温、流量动态变化曲线图(1988年)

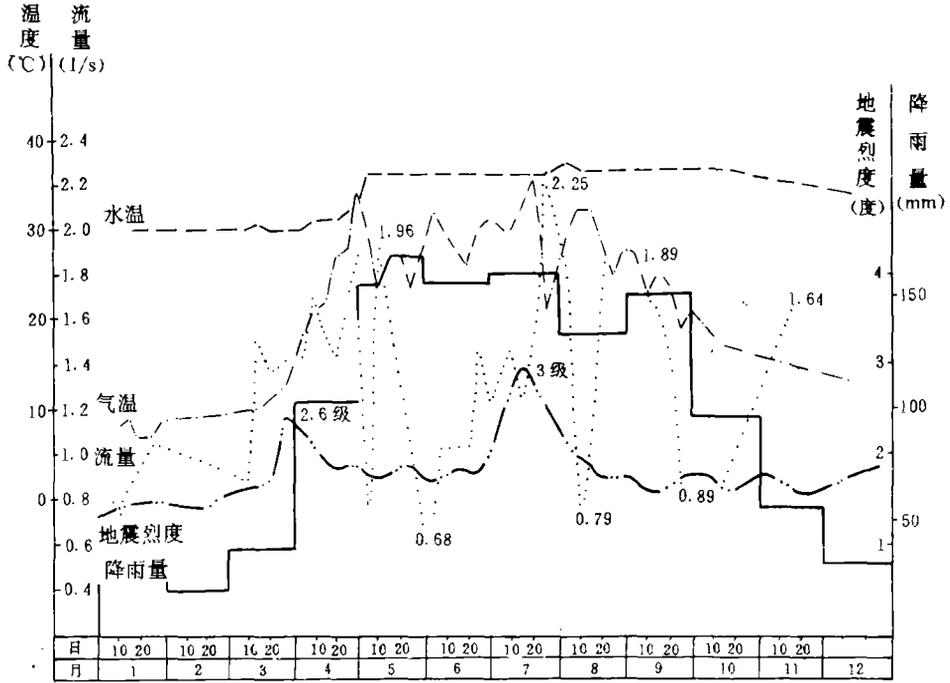


图5 北温泉温室水温、流量动态变化曲线图(1988年)

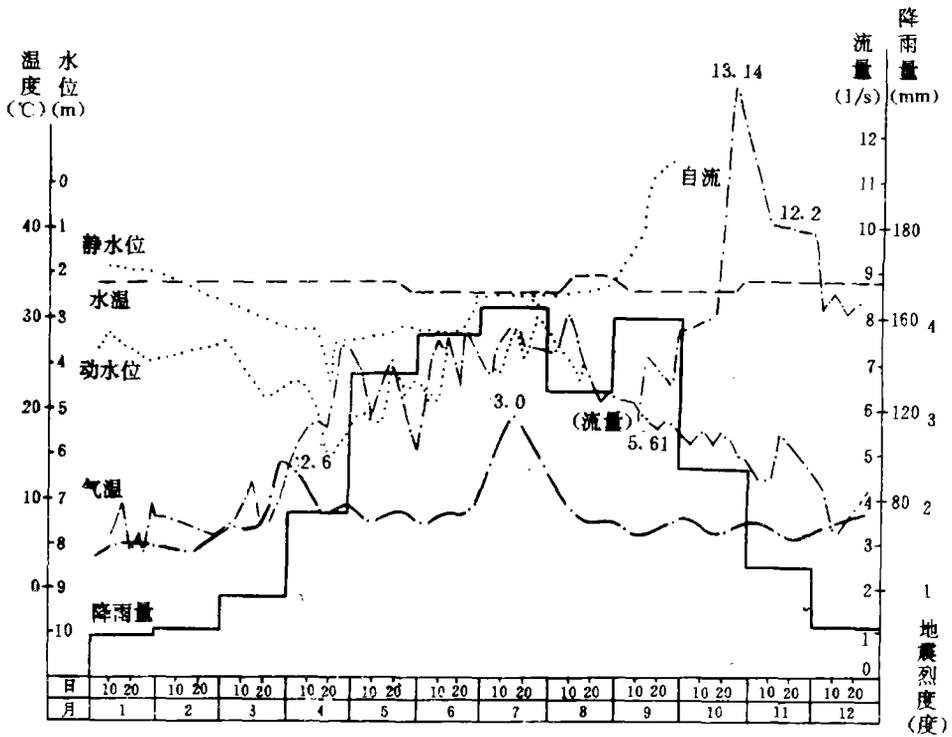


图6 西温泉热水钻井水温、流量、水位动态变化曲线图(1988年)

### 3. 铁山坪热水井

1988年南江水文地质队为江北区铁山坪森林公园在铜锣峡勘探成井热水钻井1眼,深510m,水温41℃,自涌涌水量1500m<sup>3</sup>/d,热水自喷高出井口50余米。1989年11月20日统景地震后,孔壁垮塌堵塞裂隙,造成该孔水量减小,至1990年2月6日断流。铁山坪热水井距统景震中约70km。

## 二、地下热水动态与地震活动关系

重庆地区深部赋存有丰富的地下热水资源,是四川盆地东部川东褶皱带地下热水的集中排泄区,有天然温泉16处,人工揭露的地下热水点20余处,总流量约8.8万m<sup>3</sup>/d,水温一般34~46℃,最高62℃(江北统景铜五井),最低25℃。主要分布在南温泉、北温泉、西泉、东泉、陈家湾、玉峡、猫儿峡、铜锣峡、明月峡、统景、青木关、桥口坝、小泉、蒲河等地。地下热水储热层及含水层均为三叠系嘉陵江组碳酸盐岩,该含水层浅部在各背斜构造轴部裸露接受大气降水补给后,沿纵向径流至深部构造层(深度约1000~2000m)加温,再沿断裂带上升至地表呈上升泉群涌出(见图1)。因此,重庆地区的温泉出露与深部断裂构造关系密切,这是无疑的。

重庆地区近几年来地震活动有增强显示,小震频繁,据统景地震台资料,1988年3月26日震级2.4级;7月13日震级3级;1989年度更频繁,2.6~5.4级的共发生9次;11月20日江北县统景地震M<sub>s</sub>达5.2~5.4级,是近1000余年来重庆地区最大的一次地震。基底地震活动促使川东褶皱表层断裂构造活动加剧,或形成了新的断裂,或使原有断裂重新活动。这些断裂带都是深部地下热水的通道,为地下热水沿断裂带或裂隙溢出提供了条件。无疑分布在各褶皱构造断裂带上的原有温泉也会受到影响,或流量增大,或水温增高。这次统景地震后在统景温泉新涌出的13处地下热水点,均呈上升泉沿地震后新产生的两条地裂缝涌出地表,便是一个佐证。笔者认为,重庆地区地热活动与地震关系极为密切,推测原有温泉点的出露与过去地震活动可能有关。

## 三、建议与对策

鉴于重庆地下热水动态与地震活动关系密切,为更好预报、预测地震活动时间、地点、周期、强度等,很有必要加强重庆地区地下热水动态的监测工作。该项工作四川地矿局南江水文地质工程地质队已从1982年开始进行,其监测目的是研究地下热水资源及其动态。若为研究地下热水与地震关系,则建议采取以下对策:

1. 对已建站监测的温泉,应加密监测时间。包括南泉、小泉、桥口坝、北泉、西泉、玉峡、蒲河等7处。将原10日一次改为一日一次为宜。监测内容包括水温、水量、水位(钻井)、水质、丰水期采样;

2. 建议增加新的温泉监测点,包括统景、铜锣峡、明月峡、猫儿峡、中梁山、东泉、青木关等7处;

3. 加强重庆地区地热活动与地震关系的区域性研究,建议列入重庆市“八·五”科技项目。