

文章编号: 1000 - 582X(2006)03 - 0131 - 03

# 重庆南温泉背斜地下热水系统的探讨\*

罗云菊,刘东燕,刘新荣

(重庆大学 土木工程学院,重庆 400030)

**摘 要:**为了科学开发和保护地下热水资源环境的可持续发展,对南温泉背斜及邻近地区地下热水的水化学和水动力特征进行系统研究,结果表明:南温泉地下热水起源于大气降水,补给区在与南温泉背斜为一个统一的地下热水系统的褶皱构造的铜锣峡背斜北端大巴山地区,地下热水由北往南流,南温泉背斜两翼、南北端的地下热水均有水力联系,整个南温泉背斜地下热水为一个统一的地下热水系统。背斜各地下热水开发点,应统一规划热水的开采量,避免由于各自为政过量开采地下热水,从而导致地下热水资源生态环境遭到不可逆转的破坏。此研究为科学开发和保护地下热水资源环境可持续发展提供理论依据。

**关键词:**南温泉背斜;地下热水;系统;水化学;同位素;水动力场

**中图分类号:** P641

**文献标识码:** A

重庆南温泉背斜是文明遐迩的重庆南温泉、小泉热水旅游区所在的褶皱构造,是地下热水储水带,有多个地下热水出露点。目前,重庆地区大举开发地下热水发展旅游业,除已有的小泉、南温泉外,在南温泉背斜北端慈母山及南山脚下海棠晓月,南端的桥口坝、界石,各处均大力开采地下热水,利用地下热水得天独厚的条件发展旅游业和建温泉度假村,但因缺乏地下热水资源的系统性研究,各个开发点呈现各自为政混乱开发状态。南温泉背斜地下热水应该是统一的地下热水系统,各个开发点各自为政,势必造成地下热水过量开采最终导致地下热水资源被破坏,地下热水是不可再生的矿产资源,一旦破坏将难以恢复。由于缺乏地下热水系统研究而滥于开发,天然南温泉、小泉,20世纪90年代初已不存在,目前小泉、南温泉均是通过钻孔抽取地下热水。为了科学开发和保护地下热水资源环境的可持续发展,笔者从水文地质学的角度研究南温泉背斜地下热水之间的系统性,为地下热水可持续开发提供理论依据。

是 NNE,与构造方向一致,地势北高南低。该区从背斜轴部到两翼,依次出露飞仙关组 ( $T_{1f}$ )泥岩、泥质灰岩,嘉陵江组 ( $T_{1j}$ )白云岩、盐溶角砾岩、石膏、灰岩互层,雷口坡组 ( $T_{21}$ )白云质灰岩,须家河组 ( $T_{3xj}$ )砂岩地层,侏罗纪下统 ( $J_{1-2}$ )砂岩,侏罗纪中上统 ( $J_{2+3}$ )泥岩、砂岩,见图 1。



图 1 南温泉背斜区域水文地质略图

## 1 南温泉背斜地下热水水文地质特征

南温泉背斜所分布区域,属“平行岭谷”地貌中的“岭中有谷”(即三峰夹两谷)背斜山地,山脉走向总体

南温泉背斜北端起源于长江南岸鸡冠石与铜锣峡背斜呈斜鞍相接,往南经南温泉、桥口坝,延伸到江津大石坡,南北延伸长 45 km,东西宽 2 km,背斜轴线大

\* 收稿日期: 2005 - 11 - 15

基金项目:重庆市应用基础研究资助项目(8020)

作者简介:罗云菊(1973 -),女,布依族,贵州贵定人,重庆大学讲师,博士研究生,主要从事岩土工程与地质工程科研和教学工作。

致呈 NNE 方向, 见图 1. 南温泉背斜有多个地下水出露点, 北端有慈母山温泉钻孔, 中部小泉、南温泉, 南端桥口坝温泉群、南二井热水钻孔.

## 2 研究区地下热水化学特征

南温泉背斜地区地下热水属  $SO_4 - Ca$  型微咸水, 矿化度  $2.60 \sim 2.97 \text{ g/L}$ , pH 值为  $7.0 \sim 7.8$ , 氢氧同位素  $D\%$  为  $-62.5\% \sim -57.3\%$ ,  $^{18}O\%$  为  $-9.41\% \sim -8.89\%$ , 水温  $40 \sim 46$ .

南温泉背斜东侧相邻的沙坪向斜沙坪坝热水钻孔地下热水为  $Na - Cl$  型水, 背斜西侧石油沟背斜轴部的石油沟钻孔地下热水为  $Na - Cl$  型水, 矿化度  $32.90 \text{ g/L}$ , 且两钻孔的热水温度均低于  $35$  [1]. 由此说明南温泉地下热水不接受两侧地下热卤水补给.

铜锣峡背斜与南温泉背斜呈斜鞍相接, 属一个背斜系统. 铜锣峡背斜地下热水属  $SO_4 - Ca$  型微咸水, 矿化度  $2.32 \sim 2.85 \text{ g/L}$ , pH 值为  $6.9 \sim 7.1$  [2], 其化学成分与南温泉地下热水相似, 水温  $36 \sim 47$ . 氢氧同位素也与南温泉背斜接近,  $D\%$  为  $-71.7\% \sim -57.7\%$ ,  $^{18}O\%$  为  $-9.59\% \sim -8.51\%$ , 见表 1. 从铜锣峡背斜和南温泉背斜  $D$ 、 $^{18}O$  与西南地区降水线  $D - ^{18}O$  关系图上 (图 2), 可以看出, 铜锣峡背斜、南温泉背斜地下热水的  $D$ 、 $^{18}O$  组成相近, 研究区所有水点的同位素组成基本落在降水线上, 反映了铜锣峡背斜、南温泉背斜地下热水均为大气降水补给, 大气降水是该区地下水主要补给来源这一事实 [3-4].

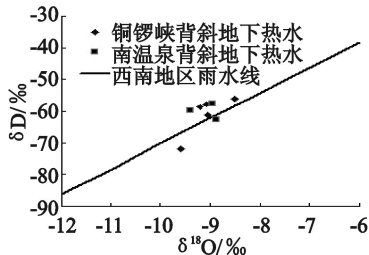


图 2 地下水  $D - ^{18}O$  关系图

表 2 南温泉背斜地下热水动态表

时间	小泉		南温泉		南二井	
	流量 / $L s^{-1}$	水温 /	流量 / $L s^{-1}$	水温 /	流量 / $L s^{-1}$	水温 /
1962 - 12 <sup>1)</sup>	无流量记录	35	8.33	42	266.2	42
1963 - 03 <sup>1)</sup>	无流量记录	35	5.56	42	12.5	42
1977 <sup>2)</sup>	2.45	35	1.24	42	12.5	42
1978 <sup>2)</sup>	无记录	无记录	流量渐小	42	12.5	42
1980 <sup>2)</sup>	流量很小	低于 25	流量继续渐小	42	12.5	42
1984 <sup>3)</sup>	流量减小几乎断流	无法测水温	0.32	42	12.5	42
1986 <sup>3)</sup>	流量更小几乎断流	无法测水温	流量很小	水温很低	12.5	42
1992 <sup>3)</sup>	天然温泉枯竭		天然温泉枯竭		15.2	42

说明: 1) 1962 年 12 月中旬到 1963 年 3 月桥口坝自流量达  $226.204 \text{ L/s}$ ; 2) 1976 ~ 1978 年南温泉热水勘探, 之后通过 2 个钻孔取水; 3) 1984 ~ 1986 年小泉宾馆热水勘探, 之后通过钻孔取水. 资料引自重庆南江水文队, 南温泉、小泉风景区地下热水管理室.

由  $^{18}O$  值计算补给高程在  $1200 \sim 1400 \text{ m}$ , 南温泉背斜不具备这个条件, 铜锣峡背斜北端大巴山岩溶露头区海拔高程在  $1200 \text{ m}$  以上, 满足此条件, 因而补给区只能在铜锣峡背斜北端大巴山岩溶露头区.

表 1 南温泉背斜与铜锣峡背斜  $D$  和  $^{18}O$  测试结果

采样地点	构造部位	样品类型	$O^{18}/\%$	$D/\%$
铜锣峡	铜锣峡背斜	$T_{1j}$ 钻孔热水	-9.21	-58.5
统景钻孔 1 热水	铜锣峡背斜	$T_{1j}$ 钻孔热水	-9.05	-61.1
统景铜 5 井钻孔	铜锣峡背斜	$T_{1j}$ 钻孔热水	-8.51	-55.9
铜锣峡温泉	铜锣峡背斜	$T_{1j}$ 上升泉	-9.59	-77.1
铜锣峡钻孔	铜锣峡背斜	$T_{1j}$ 钻孔热水	-9.08	-57.7
南温泉 ZI2	南温泉背斜	$T_{1j}$ 钻孔热水	-8.89	-62.5
小泉宾馆 ZK4	南温泉背斜	$T_{1j}$ 钻孔热水	-8.95	-57.3
桥口坝南二井	南温泉背斜	$T_{1j}$ 钻孔热水	-9.41	-59.8

$^{14}C$  同位素年龄测定地下热水形成年代的上限, 统景约  $10070 \pm 960 \text{ a}$ , 小泉处  $11150 \pm 165 \text{ a}$ , 桥口坝南二井为  $12901 \pm 237 \text{ a}$  [5]. 从统景到桥口坝 (由北往南), 形成的年代依次增大, 说明地下热水的循环时间由北往南依次增长, 地下热水由北往南流.

综合分析, 南温泉背斜地下热水主要来源于铜锣峡背斜北端岩溶露头区大气降水补给, 之后沿铜锣峡背斜程波浪式起伏的  $T_{1j} + T_{2j}$  地层向南流, 由  $SO_2$  温标推算在  $T_{1j} + T_{2j}$  埋深约  $2000 \text{ m}$  处加热, 形成地下水 [5]; 之后, 顺  $T_{1j} + T_{2j}$  地层继续由北往南流, 于南温泉背斜北端 (铜锣峡背斜和南温泉背斜呈斜鞍相接处) 流入南温泉背斜, 往南流经背斜中部南温泉和小泉地区.

## 3 南温泉背斜地下热水的水动力特征

### 3.1 地下热水的水文要素历史上的变化

从历史上来看南温泉、小泉、桥口坝南二井、水流量、水位、水温是不断下降的, 见表 2 由表可以看出南温泉、小泉、桥口坝之间的水流量、水位、水温变化有一定的联系性.

1963年背斜南端桥口坝(南温泉以南 16 km),川东石油局钻探石油井南二井,在孔深为 99~144 m 时,热水以约 266.204 L/s 自流,2 个月导致南温泉水量由 8.33 L/s 下降到 5.56 L/s;水温不变。之后南二井封堵,南温泉水流量未见上升(因封堵不彻底目前仍有约 12.5 L/s 的热水自流)。在桥口坝南二井做放水试验,南二井水流量增大,南温泉的水流量相应减小,见图 3<sup>[6]</sup>。

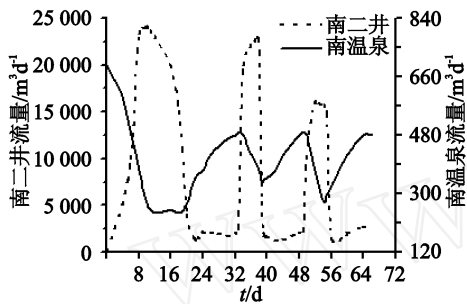


图 3 南二井南温泉流量变化关系图

(1962-12-12—1963-02-16)<sup>[6]</sup>

为了增加南温泉的水量,于 1976~1978 年南温泉通过 2 个钻孔取水,小泉的流量、水温渐渐降低。到 1980 年时几乎无热水外流,水温低于 25℃,比南温泉没有钻孔前低 10℃ 以上。

1984 年小泉通过钻探进行地下热水勘探,通过钻孔取水。1984 年后天然南温泉、小泉流量渐渐减小,水温降低,到 20 世纪 90 年代初温泉完全枯竭。

### 3.2 南温泉背斜地下热水水动力场

纵向上,从南温泉、小泉、桥口坝南二井水量、水位、水温变化状况分析,南温泉背斜有纵向水力联系。南二井自流 2 个月导致南温泉水量降低,但封堵之后南温泉水量并未回升。由此分析,桥口坝南二井揭露地下热水导致南温泉流量下降不只是降压的关系,如果是因为南二井卸压,则在封堵之后,南温泉水位应回升,水流量增大,但无此现象。由此说明,桥口坝南二井的地下热水与南温泉地下热水,水量之间存在相关性,南温泉背斜地下热水有纵向的水力联系。

横向上(背斜两翼),1977 年小泉期流量 2.45 L/s,水温 35℃;1978 年南温泉开始通过钻孔取水增加开采量;1980 年,小泉几乎无热水外流,水温低于 25℃,短短 3 a 时间水温降低 10℃,流量由 2.45 L/s 到几乎无热水外流。由此可知南温泉增加地下热水开采量之后,对背斜西翼小泉的水量水温均有降低的影响。

1984 年小泉进行地下热水勘探开始通过钻孔取水。1984 年后天然的小泉、南温泉渐渐干枯。在 1984 年小泉宾馆没有正式通过钻孔取水前,南温泉水流量 0.032 L/s,水温 42℃(与 1984 年以前的水温相同),1984 年通过钻孔取水后天然南温泉流量、水温均减小,由此说明天然南温泉的水量水温除受周边南温泉

地区热水钻孔抽水影响之外,还受背斜东翼小泉地区小泉宾馆钻孔抽水的影响。

由南温泉钻孔抽水导致小泉水量水位变化,和南温泉水量水位变化受小泉宾馆钻孔抽水影响,两者分析,背斜东西两翼南温泉、小泉之间存在横向的水力联系。小泉与南温泉之间出露  $T_{1f}$  的泥岩、泥质灰岩互层,泥岩有一定的阻水作用,但出露面积小,且与泥质灰岩互层;而温泉背斜两翼  $T_{1f}$  所贮存的地下热水有较强的承压性,当两翼小泉与南温泉抽取地下热水时,夹在两翼  $T_{1f}$  之间的  $T_{1f}$ (泥岩、泥质灰岩)成为弱透水层,产生弹性释水,使得背斜两翼形成一个整体,成为一个统一的地下热水系统,为同一个地下热水动力场。

南温泉背斜地下热水纵向上有水力联系,两翼为同一个地下热水动力场。整个南温泉背斜地下热水为一个统一的地下热水系统,一个水动力场。

## 4 结 论

南温泉背斜地下热水是大气降水,在铜锣峡背斜的大巴山地区通过灰岩露头补给,经深部循环加温,形成地下热水;地下热水沿铜锣峡背斜  $T_{21} + T_{1f}$  地层作由北往南的纵向运动,之后在长江南岸,南温泉背斜的北倾没端流入南温泉背斜。

从水化学特征以及水动力特征分析两翼地下热水之间存在水力联系,整个南温泉背斜由北到南、东翼到西翼为统一的地下热水系统。

南温泉背斜地下热水为一个地下热水系统,各地下热水开发点开发前应进行系统规划,避免各开发点盲目开采,致使总开采量大于允许开采量,地下热水资源环境可持续发展遭到不可逆转的破坏,重蹈文明遐迩的天然南温泉、小泉消失的覆辙。

## 参考文献:

- [1] 罗祥康,曾云松.论重庆地热——“热水库”[A].第三次全国学术会议论文选集[C].北京:北京科学技术出版社,1991.
- [2] 谭开鸥,马映清.重庆市统景地震后的地质环境变化与对策[J].地质灾害与环境,1990,1(2):16-21.
- [3] ARESB L, MARQUES J M, GRACA R C. Elemental and Isotopic Geochemistry in the Hydrothermal Area of Chaves[J]. Environmental Geology, 1995, 25(4): 31-36.
- [4] CHIKITA K, NISIM, FUKUYAMA R, et al. Hydrological and Chemical Budgets in a Volcanic Caldera's Lake: Lake Kussharo, Hokkaido, Japan[J]. Journal of Hydrology, 2004, 29(1-2): 91-114.
- [5] 李鸿举.重庆小泉宾馆地下热水的水文地质特征及利用条件[J].四川地质学报,1987,7(1):21-27.
- [6] 罗祥康.重庆市地下热水开发利用条件的初步研究[J].四川地质学报,1987,7(1):28-35.

(下转第 158 页)

## Concrete Evidence Reseach to the Aaccepting Insurance Ability of China 's Non-life Insurance Companies

J N G L i r y i n g

(Heibngjiang Education Bureau, Harbin 150001, China)

**Abstract:** Owing to the ability of accepting insurance enough, it is the foundation for insurance companies to operate in a long-term and steady way, a method to develop sustainably, a reflection of an insurance company 's comprehensive competition ability and also a premise for an insurance company to realize developing strategy. Accepting insurance ability is very important in the development and strategic planning for an insurance company. The quantitative analysis is used to analyze the ability of accepting insurance of our country 's insurance companies, in another word, the factor analysis, which belongs to the analysis of diverse statistic, is used. Using the method to give a concrete evidence analysis to the ability of accepting insurance of our country 's non-life insurance companies, so that the insurance companies can understand very well to the advantages and disadvantages of the ability of accepting insurance to each other, and as well as supplying a strategic reference for the insurance companies themselves to make decisive planning.

**Key words:** non-life insurance company; the ability of accepting insurance; the analysis of diverse statistics; the factor analysis

(编辑 姚 飞)

---

(上接第 133页)

## System of the Geothermal Water in the Nanwenquan Anticline

LUO Yun-ju, LU Dong-yan, LU Xin-rong

(College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** In order to exploit and protect the geothermal water scientifically, the chemistry and isotope of geothermal water are studied in Nanwenquan anticline. It is show that the geothermal water comes from atmosphere precipitation in the north of Tongluoxia anticline, in which the Tongluoxia anticline and Nanwenquan anticline are whole geothermal water system. The geothermal water flows from north to south. The geothermal water has hydraulic contact from north to south, from the western limb to eastern limb. The geothermal waters in Nanwenquan anticline are whole geothermal water system. Every exploration of the geothermal water in Nanwenquan anticline should layout. So it can avoid that the yield is higher than pondage, and the geothermal water source environment is destroyed. The study provides theoretical gist for exploiting and utilizing rationally and protecting geothermal water resource effectively.

**Key words:** nanwenquan anticline; geothermal water; system; water chemistry; isotope; hydraulic

(编辑 姚 飞)