

# 江西省地热温泉开发利用与保护

高 柏 孙占学 刘金辉

(东华理工学院土木与环境工程系,江西 抚州 344000)

**摘要** 在分析江西省温泉形成、分布及化学成分特征基础上,讨论地热温泉开发利用的可持续发展策略,并就开发利用中产生的环境问题提出了具体防治措施。结果表明,属中低温水热系统的江西省地热温泉资源,水源来自大气降水,经深部循环于适宜条件下出露地表,旅游、温泉医疗、蔬菜、花卉种植、地热发电等是江西地热开发利用的发展方向,分级利用和地热废水回灌是温泉资源化和可持续发展的策略。

**关键词** 地热资源;温泉;水利资源开发;水利资源保护

中图分类号:TK521+.32;TV213.4 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2006)02-0092-03

## Exploitation and protection of geothermal hot springs in Jiangxi Province

GAO Bai, SUN Zhan-xue, LIU Jin-hui

(Department of Civil and Environmental Engineering, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China)

**Abstract** Based on the analyses of formation conditions, distribution and chemical component of hot springs in Jiangxi Province, strategies for sustainable development of hot springs were discussed. Measures were proposed to solve the environmental problems during the exploitation of the springs. It is concluded that the source of geothermal hot spring resources is precipitation, which goes to the surface under feasible conditions after circulation in the deep area. The development direction of geothermal utilization includes tourism, healthcare, vegetation and flower planting, power generation, etc.. Strategies such as utilization according to different levels and recharges of the waste geothermal water could be adopted for the sustainable development of hot springs.

**Key words** geothermal resource; hot spring; exploitation and protection

我国有丰富的地热储量,目前地热利用主要是发电、采暖、温室种植、花卉栽培、地热水育秧<sup>[1,2]</sup>。江西省是我国温泉较为丰富的地区,对温泉的形成条件、水化学成分、来源等已进行了较为深入的研究<sup>[3-5]</sup>,但科学利用温泉的研究还比较薄弱。随着江西省经济的发展和人民生活水平的提高,对温泉的需求日益加大,地热水的供需矛盾日益突出,盲目开发及由此而引起的水污染等问题也随之产生。

### 1 自然地理、地质背景

江西位于长江中游南岸的赣江流域,地势周高中低,向北倾斜,由边至里向鄱阳湖倾斜。全省大致可分为边缘山地、中南部丘陵和鄱阳湖平原三个地形区域。山地主要分布在省境周围,丘陵地带主要分布在中南部,平原主要分布在鄱阳湖畔及赣抚平原。

江西省地层以九岭山南麓和浙赣铁路为界线,分为赣北和赣中南两大区。北区以前震旦系构成褶皱基底,早古生界以新为盖层。南区早古生界以新构造褶皱基底,晚古生界以新为盖层。境内断裂发育,依据展布方向大致可分为 4 组:近 EW 组、NE—NEE 组、NNE—NS 组、NW 组。各组在不同地区发育程度不等,近 EW 组主要发育于赣北扬子台地区,NE—NEE 组主要发育于赣中、赣南地区,NNE—NS 组主要发育于赣中地区,NW 组主要发育于赣中南、赣东北地区,深大断裂约为 10 条,大断裂 18 条<sup>[6]</sup>如图 1。

### 2 地热温泉分布

江西省地热资源的分布与地质构造密切相关,老构造的复活和发展,新构造发育,中生代较老喷出岩及新的酸性侵入岩广泛分布,决定了其地热资源

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40242018,40472147)

作者简介:高柏(1964—),男,江西九江人,副教授,硕士,主要从事水资源及水环境教学和科研工作。E-mail: bgao@ecit.edu.cn

分布规律 此外,还与花岗岩体、火山岩盆地和红盆的分布相一致。江西温泉起源于大气降水补给,大气降水在适当的地质条件下,沿断裂构造深循环<sup>[4]</sup>,在被阻水断层、岩脉、或被后期断裂切割处以及地形低洼处出露地表形成温泉,主要温泉分布见图1。

江西省地热温泉总共有温泉98处。因个别温泉区成群出现,若按个数计,总数约有300个左右。主要地热温泉基本特征见表1。按地理分布可分为赣北、赣中、赣南三大温泉区。赣北温泉区约有温泉14处,主要分布在赣西北的修水、武宁、铜鼓及赣东北的德兴、乐平等县。赣中有温泉24处,由西向东主要分布在宜春、宜黄、崇仁、南城、余江、横峰等县。大部分温泉都分布在赣南地区,主要在瑞金、寻乌、龙南、遂川等县与邻省交界线附近。

### 3 地热温泉的特性

江西温泉水温23~84℃,属中低温水热系统。50℃以上的26处,37~50℃的25处,低于37℃的约47处。pH值在5.3~8.7之间,为中性偏弱碱型。

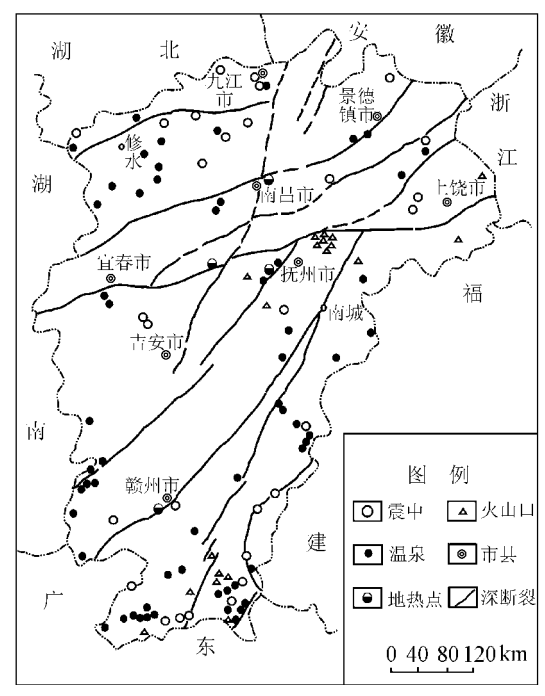


图1 江西省深大断裂与地热、温泉关系示意图  
涌水量多为1~3L/s,矿化度一般在0.3~0.5g/L之间。

表1 江西省主要地热温泉基本特征

地 名	流量/ (L·s <sup>-1</sup> )	温度 /℃	pH 值	ρ <sub>A</sub> (mg· L <sup>-1</sup> )	水化学类型	地 名	流量/ (L·s <sup>-1</sup> )	温度 /℃	pH 值	ρ <sub>A</sub> (mg· L <sup>-1</sup> )	水化学类型
庐山	4.0	72.0	8.4	0.35	HCO <sub>3</sub> -Na	赣县韩坊乡	30.0	23.2	8.1	0.28	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg
武宁县船滩	3.6	45.0	8.5	0.27	HCO <sub>3</sub> -Na	安远县田心乡	0.2	23.0	5.3	0.03	HCO <sub>3</sub> -Cl-Ca
修水县白岭乡	1.7	61.0	8.3	0.26	HCO <sub>3</sub> -Na	信丰县新田乡	0.3	25.5	6.8	0.22	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg
武宁县罗溪乡	1.8	72.0	8.7	0.44	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na	龙南县临江乡	10.0	72.0	6.5	0.89	HCO <sub>3</sub> -Na
德兴县李宅乡	3.4	23.0	6.8	0.15	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	龙南县夹湖乡	3.0	64.5	6.6	1.02	HCO <sub>3</sub> -Na-Ca
奉新九仙汤	1.1	50.0	8.2	0.20	HCO <sub>3</sub> -CO <sub>3</sub> -Na	崇义县上堡乡	6.0	43.0	7.4	0.36	HCO <sub>3</sub> -Na
铜鼓县古桥乡	0.1	62.0	6.7	0.20	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Na	大余县河洞乡	1.0	45.0	6.7	0.47	HCO <sub>3</sub> -Na-Ca
铜鼓县红旗乡	0.1	52.0	8.4	0.32	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na	于都县黄龙乡	5.8	40.0	7.5	1.13	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Na
永修县拓林乡	1.2	45.0	7.0	0.33	HCO <sub>3</sub> -Na	瑞金县沙州坝	70.1	24.0	7.1	0.33	HCO <sub>3</sub> -Ca
乐平县塔前乡	5.6	29.0	7.7	0.35	HCO <sub>3</sub> -Ca	黎川县殖坊乡	0.5	50.0	6.9	0.39	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Na
上高县田心乡	2.0	31.0	7.2	0.40	HCO <sub>3</sub> -Ca	遂川县汤湖乡	80.0	82.0	8.1	0.38	HCO <sub>3</sub> -Na
丰城县圳头乡	7.9	27.0	7.4	0.30	HCO <sub>3</sub> -Ca	上犹县五指峰	3.0	41.5	7.1	0.20	HCO <sub>3</sub> -Na
吉安县富田乡	12.6	28.5	7.9	0.31	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	宁都县湛田乡	8.0	52.0	7.8	0.43	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na
临川县展平乡	5.8	42.0	7.0	0.25	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca	石城县丰山乡	6.0	41.0	6.3	0.35	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na
南丰县付坊乡	0.6	62.0	7.4	1.64	SO <sub>4</sub> -Na	石城县城关乡	7.0	57.0	6.5	0.55	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na-Ca
横峰县司铺乡	10.7	33.2	7.7	0.21	HCO <sub>3</sub> -Ca	崇义县金坑乡	0.2	36.0	7.4	0.27	HCO <sub>3</sub> -Na
崇仁县马鞍乡	2.0	43.0	6.4	1.20	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na	宁都县湛田乡	0.7	57.0	6.5	0.31	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na
资溪县嵩市乡	39.0	43.5	6.3	0.12	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	赣州市湖边乡	0.1	23.0	6.9	2.45	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na
万载县马步乡	13.2	26.0	7.3	0.33	HCO <sub>3</sub> -Ca	全南县南迳乡	10.0	65.0	6.2	1.10	HCO <sub>3</sub> -Na
余江县石港乡	11.6	25.5	6.5	0.26	HCO <sub>3</sub> -Ca	信丰县安息乡	1.5	51.5	7.3	0.32	HCO <sub>3</sub> -Na
余江县黄庄乡	2.5	23.0	6.5	0.26	HCO <sub>3</sub> -Ca	瑞金县谢坊乡	0.4	36.5	6.8	1.06	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Na-Ca
宜黄县兰水乡	0.6	39.0	0.60	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Na	于都县垦殖场	1.2	24.0	7.3	0.41	HCO <sub>3</sub> -Ca	
宜黄县东港乡	1.1	37.0	7.6	0.58	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Na	安远县新田乡	25.0	74.0	7.9	0.39	HCO <sub>3</sub> -Na
宜春县温塘乡	10.0	62.0	7.8	0.25	HCO <sub>3</sub> -Na	安远县孔田乡	1.0	44.0	7.4	1.09	HCO <sub>3</sub> -Na-Ca
宜春县洪江乡	1.5	40.0	7.6	0.20	HCO <sub>3</sub> -Na	寻乌县中和乡	8.5	73.0	7.8	0.33	HCO <sub>3</sub> -Na
南城县上塘乡	9.0	24.0	7.8	0.28	HCO <sub>3</sub> -Ca	安远县双圆乡	6.0	23.5	6.5	0.27	HCO <sub>3</sub> -Ca
						安远县天心向	0.7	23.0	6.5	0.10	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na
						会昌县筠门岭	0.2	26.0	7.3	1.44	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na
						寻乌县南桥乡	4.1	46.5	6.4	3.31	HCO <sub>3</sub> -Na
						寻乌县南桥乡	3.9	36.0	6.8	0.56	HCO <sub>3</sub> -Na-Ca
						寻乌县南桥乡	3.0	47.0	6.6	2.90	HCO <sub>3</sub> -Na
						寻乌县莒蒲乡	11.6	46.0	7.3	0.30	HCO <sub>3</sub> -Na-Ca
						寻乌县留车乡	0.5	48.0	7.0	1.14	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na
						全南县茅山	4.0	52.0	5.9	0.56	HCO <sub>3</sub> -Ca-Na
						上犹县平富乡	2.8	40.0	7.4	0.26	HCO <sub>3</sub> -Na
						宁都县肖田乡	4.5	42.0	7.0	0.36	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Na

水化学类型多为  $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 、 $\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}$  型,少量  $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 、 $\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}$  型。 $\text{HCO}_3\text{-Na}$  型温泉主要分布在花岗岩、酸性火山岩或花岗岩与变质岩接触地带,并受区域性深大断裂的控制。由于这些地区地形切割强烈,降水量大,径流条件好,大气降水沿风化裂隙和构造进入断裂构造带,在向下循环的过程中,溶解氧逐渐消耗于氧化有机物质或其他还原剂,并生成部分生物成因的  $\text{CO}_2$ ,含  $\text{CO}_2$  的水在不断下渗加温的同时,与晶质岩石相互作用而形成  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  型水。 $\text{SO}_4\text{-Na}$  型温泉分布在变质岩或沉积岩地区,由于  $\text{CO}_3\text{-Na}$  和  $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 、 $\text{SO}_4\text{-Ca}$ 、 $\text{SO}_4\text{-Mg}$  作用,会产生  $\text{SO}_4\text{-Na}$ 、 $\text{CO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Na}$ ,如南丰县付坊乡温泉( $\text{SO}_4\text{-Na}$ ),铜鼓县古桥乡温泉( $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Na}$ )均出露在变质岩与花岗岩接触带的构造断裂上,泉口石膏和黄铁矿发育<sup>[3-5]</sup>。

#### 4 地热温泉开发利用及保护

a. 大力发展养殖业和花卉业。江西温泉水温低于  $37^\circ\text{C}$  的有 47 处,约占总数的 47.8%,遍及江西省全部。该温度适合于养殖池水增温、种植业土壤增温。因此,对比较偏远的山区温泉,应鼓励、资助当地农民开发利用温泉,发展水产养殖业,如赣中马鞍坪乡利用温泉养殖甲鱼取得较好经济效益。对距城市不远的温泉地区,应发展暖房种植业,利用地热温泉增温,进行大棚蔬菜种植和花卉种植。

b. 有序发展旅游业。温泉给旅游业蓬勃发展带来生机,温泉宾馆、度假村应运而生,并带动了地方经济发展,如江西庐山温泉宾馆、抚州临川温泉宾馆、赣州大余温泉宾馆等。但要注意克服不考虑经济、交通、资源等实际情况盲目建设,许多县级温泉宾馆亏损严重,制约了经济发展。

c. 建立地热发电站。赣州市遂川县汤湖乡汤湖温泉群,最高温度为  $84^\circ\text{C}$ ,总流量为  $50\sim 80\text{L/s}$ ,温泉地处断裂复合部位,来源于深部构造裂隙,有稳定的热源和水源。目前仅有温泉宾馆,利用率不高。若能引进外资,建立地热电站,将带来巨大的机遇。

d. 地热温泉保护。许多温泉宾馆、度假村仅将地热水作取暖用,特别是冬季,由于用水量大,抽水力度加大,同时又把温度较高的水一次性排掉,不仅造成浪费,而且可能造成环境污染。为此,地方政府应制定相应法律、法规,把地热资源管理纳入法制轨道,作为矿产资源进行管理。采用分级利用技术,可以提高地热水的利用效率(图 2),波兰在地热水的分级处理方面取得明显成效<sup>[7]</sup>。中、低温( $65\sim 78^\circ\text{C}$ )地热水,经城镇供暖后,温度降低为  $45\sim 65^\circ\text{C}$ ,回收用于木材烘干、养殖场空间加热,之后,温度降低为  $20\sim 45^\circ\text{C}$ ,供农作物大棚提高地温,再回收后用

于养殖业、花卉业,再由地热站进行热交换,地热站将递减为  $20\sim 50^\circ\text{C}$  的地热水注入地下。这样,地热水经过多次循环利用后,既避免了地热水的浪费,又提高了地热水的综合利用,增加了热水产量,还减少了地热水造成的污染。江西  $50^\circ\text{C}$  以上温泉有 26 处,约占总量的四分之一。积极推广分级利用技术既有利于充分利用地热资源,又能产生良好的经济效益。

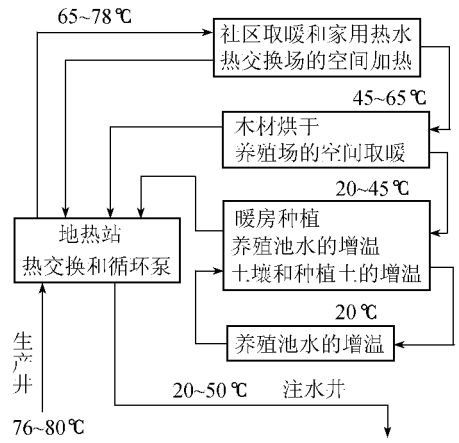


图 2 地热水分级使用简图

e. 地热废水处理。地热温泉不合理开发利用、管理机制不健全对环境造成的不利影响主要有:地热废水作灌溉水源,高盐度的水会引起土壤盐渍化和土壤板结;在进行灌溉和养殖时,地热水中多种重金属元素和其他危害元素,也可能对人体造成影响;地热温泉长期超量开采,容易引起地下水水位下降。地热废水回灌是各个国家普遍认为经济有效的处理方法,地热废水回灌地下,既可以避免地热弃水造成的环境污染问题,又可以将热储固体的热再汲出,延长热田寿命<sup>[8]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 龚士良. 台湾地热温泉的开发利用与保护[J]. 水资源保护, 2004, 20(5): 58-61.
- [2] 栾光忠, 刘激. 胶东温泉的地热属性与可持续开发对策[J]. 长安大学学报: 地球科学版, 2003, 25(3): 71-75.
- [3] 李学礼, 杨忠耀. 江西温泉形成的地质构造条件分析[J]. 华东地质学院学报, 1992, 15(3): 221-228.
- [4] 孙占学, 李学礼, 史维浚. 江西省中低温地热水的同位素水文地球化学[J]. 华东地质学院学报, 1992, 15(3): 243-248.
- [5] 李学礼. 江西温泉成因与铀矿化关系研究[J]. 华东地质学院学报, 1992, 15(3): 201-220.
- [6] 黄烈勳. 江西省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [7] KEPINSKA B. Geothermal energy in Poland: The state-of-the-art in 1998 and future prospect[C]//GEORGSSON LS. Geothermal Training in Iceland 20th Anniversary Workshop, 1998: 53-64.
- [8] 申建梅, 张宏达, 陈宗宇. 地热资源管理与可持续发展[J]. 地球学报, 2000, 21(2): 140-141.

(收稿日期 2005-02-05 编辑 徐娟)