

川南地下热水资源研究及其开发利用

肖汉全

(四川省地质矿产勘查开发局 202 地质队, 四川 宜宾 644002)

摘要: 从川南地区温泉出露特征及地热开发现状入手, 分析研究了该区地下热水资源赋存条件及分布规律, 对该区地热资源远景进行了预测, 为进一步开发地热资源提出了建议和意见。

关键词: 地下热水; 热储; 深循环; 川南

中图分类号: P641.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-0995 (2009) 02-0180-04

川南属四川盆地向云贵高原的过度地带, 地下热水资源丰富, 由于出露区多为经济和交通不发达地区, 其开发利用和综合研究程度均较低。随着我省旅游业的迅猛发展, 川南已基本形成以长宁蜀南竹海、兴文石海世界地质公园、珙县楚人悬棺、水富大峡谷温泉等为主要景点的旅游环线。大峡谷温泉开发的巨大成功, 使川南地热资源开发再次升温。如何在中心城市附近、旅游环线及交通干线附近寻找有效的地热开发途径是许多投资者十分关心的问题。

1 地质背景概述

该区位于四川盆地南缘, 北部为丘陵, 南部为山地, 所处大地构造位置为扬子准地台上扬子台坳与四川台坳的过渡地带。区内褶皱、断裂构造较发育, 地层出露较齐全, 从中三叠系至寒武系, 各类可溶性岩层厚达 2 000m 以上。二叠系茅口组、栖霞组及三叠系雷口坡组、嘉陵江组地层中石灰岩质纯, 厚度大, 颁布广, 岩溶发育, 岩溶水十分丰富。因此在特定的构造环境条件下, 经地热增温, 形成地下热水。该区出露的地下热水绝大多数属于此类。

2 地下热水的水文地质特征

2.1 温泉分布

该区域出露温泉(井)有十余处, 主要出露于区内南部, 其空间展布特征受构造和地形条件的控制, 与东西向和北东向构造形迹的关系比较密切。多数产于横切背斜轴的河床上, 仅个别出露于溶蚀槽谷中。温泉(井)分布见附图 1。主要温泉(井)点统计见附表。

2.2 热储构造类型

根据区内温泉及人工(钻孔)

揭露地下热水的赋存状态及水温、水质的动态变化特征, 区内地下热水的形成条件比较复杂。按其热储

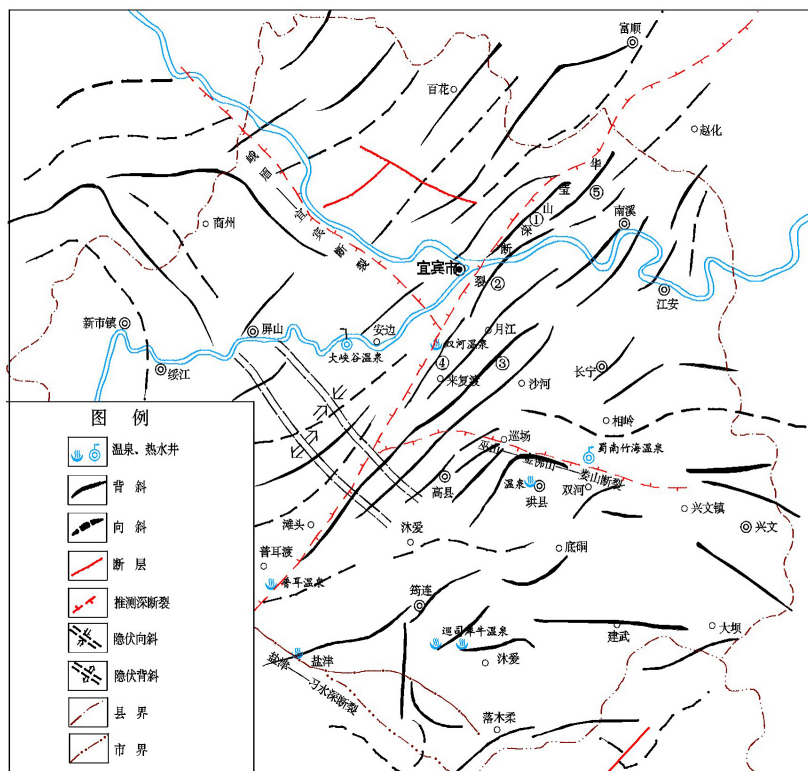


图1 川南地区温泉分布及构造纲要图

①宜宾背斜 ②南广背斜 ③贾村背斜 ④高县双河背斜 ⑤青山岭背斜 ⑥筠连鼻状背斜

收稿日期: 2008-08-22

作者简介: 肖汉全 (1964-), 男, 重庆渝北人, 高级工程师, 长期从事水工环地质工作

构造的空间形态大致可分为南部开放背斜型、北部封闭背斜型和中部半封闭（过渡）型三大类：

1) 南部开放背斜型：主要指南部山地高隆起核部及两翼的二迭系下统栖霞组茅口组地下热水。由于背斜核部受强烈构造剥蚀，形成负地形，或在栖霞、茅口组灰岩出露的两翼形成溶蚀槽谷，使背核部或翼部的岩溶含水层呈开放型，因此区内地下水热水多在这一部位出露，形成温泉，水温较低，其水质类型一般为重碳酸型，部分受深层卤水补给而变成氯化物型。

2) 北部封闭背斜型：分布于区内北部丘陵的北东向、东西向背斜轴部。地表出露地层一般为侏罗系下统至三迭系上统，主要热储层的三叠系下统嘉陵江组及二叠系下统栖霞组和茅口组呈封闭状态。如大峡谷温泉，在构造上位于东西向楼东背斜轴部偏南，开孔于三迭系下统须家河组底部，当钻进至二迭系下统茅口组石灰岩层，并深 1 598m，即发生较大涌水，涌水量 2 520m³/d，水温升至 75 °C，水质类型为 HCO₃ · CL - Na · Ca 型；宜宾观斗山温泉亦是在宜宾背斜核部须家河组开孔，于井深 1 800m 见高温高压热水。

川南地区主要地下热水出露点一览表

井（泉）名称	所处构造部位	热储层位及埋深 (m)	水量 (m ³ /d)	水温 (°C)	水质类型	出露形式	开发利用状况
西部大峡谷温泉(楼一井)	楼东短轴背斜核部偏南	P ₁ m+q, 1598	2520 (自流)	75	HCO ₃ Cl - NaCa	钻孔揭露	沐浴为主，已具极佳商业规模
长宁蜀南竹海温泉	珙长背斜核部偏北翼中段	P ₁ m+q, 65	3223	42	HCO ₃ Cl - NaCa	钻孔揭露	沐浴为主，具备较佳商业开发规模
长宁龙头温泉	珙长背斜核部偏北翼中段	P ₁ m+q, 地表	120 (自流)	37	HCO ₃ Cl - NaCa	天然出露	封闭未利用
筠连县巡司犀牛温泉	筠连鼻状背斜核部	P ₁ m+q, 地表	3456 (自流)	56	Cl ⁻ —Na ⁺	天然出露	当地居民沐沐及热带养殖为主
筠连县巡司望月泉	筠连鼻状背斜核部	P ₁ m+q, 25	261	41		钻孔出露	未开发，当地居民沐浴及生活用
高县双河温泉	高县双河背斜核部	T ₁ j, 地表	257 (自流)	26	SO ₄ ²⁻ —Ca ²⁺	天然出露	未开发利用
珙县珙泉镇温泉	珙县大背斜南翼	P ₁ m+q, 地表	173 (自流)	46	HCO ₃ —Ca	天然出露	沐浴为主，开发规模小
云南盐津普洱温泉		地表	150 (自流)	50		天然出露	新修电站淹没
宜宾观斗山温泉（戎州温泉）	宜宾背斜核部	P ₁ m+q, 1800	4130	71	Cl—Na	钻孔揭露	沐浴为主，已具较佳商业开发规模
长宁三江温泉	珙长背斜北翼中段	P ₁ m+q, 约 2000	<100	80±		钻孔揭露	水量太小，开发价值不大
屏山县龙桥井坝温泉	龙桥背斜近轴部	P ₁ m+q, 地表	53 (自流)	32	HCO ₃ —Na	天然出露	未利用

此类地下热水，由于埋藏深，处于封闭状态，经人工凿井揭露常常可获得较理想的效果。但此类构造的 T₁j 岩溶含水层中，常常出现油、气、水共生的现象，尤其是油水共生，油水分离困难，影响了地下热水的开发利用价值。

3) 中部半封闭（过渡）型：区内中部丘陵与山地过渡区，背斜核部一般嘉陵江组呈开放型，而栖霞组、茅口组呈封闭状态。典型构造有双河背斜、贾村背斜等。如出露于双河背斜东翼嘉陵江组的高县双河温泉，温度 26 °C，自流量 257 m³/d，水质类型为硫酸盐型。热储构造分类模型见图 2。

2.3 地下热水的补给、径流、排泄条件

根据相同岩组中出露温泉在水质上具共性的

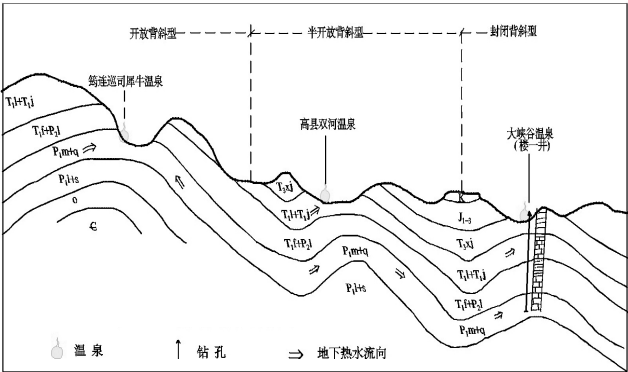


图 2 热储构造模型

特点,可以认为地下热水主要由大气降水通过同层补给,即各温泉的补给只与本构造同层地下水有关。其补给方式比较复杂,既有横向补给,也有纵向补给。横向补给主要是指相邻背斜构造中的同层岩溶地下水,经向斜轴部以深循环的方式补给。如筠连巡司犀牛温泉及其东侧的地下热水富集带,就可能是威信大背斜北翼的栖霞组和茅口组中的岩溶水沿沐爱向斜轴部向北运移,经过向斜轴部深达 1 500m 余的深循环,形成地下热水于向斜另一翼排泄。封闭型的地下热水主要表现为横向补给。纵向补给主要表现在南部开放型背斜构造中,循环深度较浅,温度较低,如高县双河温泉属此类。

除同层补给外,越层补给的现象也存在。如长宁龙头温泉产于茅口组底部, $\text{Cl}^- \cdot \text{Na}^+$ 含量明显高于同背斜构造另一翼同一层位的珙县温泉,推测可能是双河断裂导通了深部老地层中的盐卤形成越层补给所致,其水质类型变成了复杂的 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Na}^+ \cdot \text{Ca}^{2+}$ 型。

2.4 地下热水与构造的关系

地下热水的形成严格受构造条件的控制,大部分温泉都出露在强烈褶皱的轴部,并与不同力学性质的断裂有关,断裂常常是地下热水出露地表的主要通道。

另据区域地质资料:华蓥山深大断裂,北起万源,经达县南至宜宾,向南再进入云南,切穿志留系、石炭系、三叠系等地层,该断裂与四烈~屏山西北向隐伏褶皱相交;巫山—金佛山—娄山深断裂和南部边缘盐津—习水深断裂分别在珙县和盐津一带呈东西展布。而区内温泉多数分布在这些断裂带上。可见地下热水的形成与深部构造尤其是东西向构造和北东向构造有着密切的关系。

3 地下热水富集远景预测

根据上述地下热水的赋存条件和分布规律,区内可能富集地段预测如下:

1) 在天然温泉分布区周围,即开放型或半开放型的背斜核部倾没端或两翼地区,是地下热水的排泄区,附近一定范围内常常是浅埋的低温热水富集带。热储层主要是二叠系下统栖霞组、茅口组。而地下热水的水温、水质、水量又严格受含水层埋藏条件及构造条件的控制。蜀南竹海温泉就是采用钻孔在天然温泉附近沿岩层倾斜方向上揭穿通道而成,水温则原温泉的 37°C 增至 42°C ,水量由 120 t/d 增至 $3\ 223\text{ t/d}$,水质基本不变。表明温泉分布区附近,特定的地层、构造位置是地下热水的富集带。

2) 北部、中部丘陵的封闭或半封闭的低隆起背斜构造轴部及倾伏端是深循环地下热水可能富集部位。主要有三叠系下统嘉陵江组和二叠系下统栖霞组、茅口组岩溶水在封闭状态以横向顺层运移,经 2 000m 以上的深循环形成地下热水,因此地下热水一般具有高温、高压、高矿化的特点。如大峡谷温泉(楼一井)揭穿主要热储层时,水温最高达 85°C ,压力最大达 6Mpa;宜宾观斗山温泉也是在封闭背斜轴部区通过深井钻探获得高温高压热水流的。

区内地下热水可能富集的构造带有宜宾、南广、双河、青杠坪、青杠岭背斜等轴部及倾伏端附近,但赋存于三叠系下统嘉陵江组石灰岩中的地下热水可能因含油气而使水质变得复杂。因此二叠系下统栖霞、茅口组仍然是最有价值开发和研究的层位。

4 结语

川南属正常地温区,地下热水主要由大气降水通过同层纵、横向顺层径流补给或通过断裂通道越层补给经深循环获得地热增温而成。其分布、出露特点可分为南部开放背斜型、北部中部封闭背斜型或半封闭(过渡)型。南部开放型主要赋存于二叠系下统栖霞组、茅口组,富集于开放型背斜核部及两翼的温泉出露区附近,具有埋藏浅,水温较低的特点;北部中部封闭半封闭型地下热水赋存于三叠系下统嘉陵江组和二叠系下统栖霞、茅口组石灰岩中,具有埋藏深、水温高的特点,属深埋藏型地下热水,适于深井开发。

该地区南部山区温泉出露点多面广。以筠连巡司犀牛温泉、珙县温泉等为代表,但开发利用程度低,规模小,一般仅限于当地居民沐浴,远远没有发挥其资源潜力,有待向多功能纵深开发。

北部丘陵区尤其是上述的构造有利部位多属经济或交通较发达的地区,少有地表温泉出露,但深埋

型地下热水资源具有良好的深井开发前景。

建议严格按科学的程序进行资源远景论证, 只有在对区内大量物探、遥感及深井资料等的综合研究的基础上, 特别是通过深部地层构造的研究和深部含水层特征研究, 才能正确认识区内地下热水的分布规律, 为地热资源的科学开发提供依据。

参考文献:

- [1] 四川省地质局二〇八地质队. 1/20 万筠连幅、叙永幅《区域水文地质普查报告》[R]. 1980, 12. .
- [2] 四川省地质局水文队. 1/20 万宜宾幅《区域水文地质普查报告》[R]. 1977 年 12 月.
- [3] 四川省地质矿产局.《四川省区域地质志》[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1991, 4.
- [4] 四川省宜宾地质工程勘察院.《四川省宜宾市长宁蜀南竹海医疗热矿水源地评价报告》[R] 1998, 12 月.

On Utilization of Geothermal Resources in South Sichuan

XIAO Han-quan

Abstract: This paper deals with occurrence, distribution and prospective of geothermal resources in south Sichuan and offers some suggestions on utilization of the geothermal resources.

Key words: geothermal resources; thermal reservoir; deep circulation; south Sichuan

(上接第 170 页)

3 结论

综合上述施工效果和直观效果, 得出如下结论:

- 1) 偏心跟管钻进方式成孔在砂卵石帷幕施工中快捷可行。
- 2) 帷幕分序施工, 孔间距 1.5m, 施工方案合理。
- 3) 砂卵石帷幕灌浆, I 序孔不起压时, 多灌浓浆, 加大水玻璃用量, 促使其在轴线周围尽早凝结, 减少地下水通道, II 序孔则根据实际情况处理方法可行。
- 4) 全孔一次成孔, 自下而上分段纯压式灌浆方法合理可行。

The Application of Curtain Wall Method to the Dam Construction of the Chengdong Hydroelectric Station in Hongya County

HU Xiao-xiang L ŭ Jian-xiang KE Hai-jun RUAN Qian-jun
(Sichuan Research Institute of Engineering Geological Exploration, Chengdu 610072)

Abstract: This paper deals with drilling technology, grouting technology and result evaluation of the application of curtain wall method to the dam construction in sand-pebble bed of the Chengdong Hydroelectric Station.

Key words: sand-pebble bed; curtain wall; grouting; leaking stoppage; Hongya, Sichuan