

# Exploitation and Evaluation of Geothermal Water Resources in Jiangwu, Liancheng, Fujian Province

Xianqun Zeng, Fuhai Lai

Dadi Mining Corporation, Longyan Fujian  
Email: 2216117119@qq.com

Received: Jul. 4<sup>th</sup>, 2019; accepted: Jul. 24<sup>th</sup>, 2019; published: Jul. 31<sup>st</sup>, 2019

---

## Abstract

Jiangwu geothermal water in Liancheng are hot therapy springs with large amount of water and high temperature. This paper comprehensively evaluates the impact of geothermal resources exploitation on groundwater environment in this area. It is considered that the development of geothermal resources in this area is scientific and reasonable and will bring good benefits on social economic and environmental.

## Keywords

Geothermal Water, Exploitation, Resources Evaluation

---

# 福建连城蒋屋地热开发利用水资源评价

曾献群, 赖富海

龙岩市大地矿业公司, 福建 龙岩  
Email: 2216117119@qq.com

收稿日期: 2019年7月4日; 录用日期: 2019年7月24日; 发布日期: 2019年7月31日

---

## 摘要

连城蒋屋地下热水水量大, 水温高, 是优质的理疗热矿水, 本文就该区地热资源开采后对水环境条件的影响进行综合评价, 认为该区热水资源开发利用科学、合理, 将带来良好的社会、经济和环境效益。

## 关键词

地下热水, 开发利用, 资源评价

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

连城县蒋屋地热分布于文亨镇汤头村南部的汤头溪两岸的阶地上, 以上升泉形式出露, 1996年观测泉水流量 8.0 L/S, 水温 70°C [1], 属低温地热资源的热水类型[2]。连城县天一旅游发展公司利用地热资源建设“温泉度假村”, 科学、合理地开发利用地热资源, 取得了良好的社会、经济和环境效益。

地热是宝贵的可再生清洁能源, 目前国内在地热资源开发利用中往往存在“重开发、轻保护”的现象, 本文运用循环经济理论, 就连城蒋屋地热资源开采后对地质、环境和资源综合利用等方面进行综合评价, 提出地热资源保护的具体措施。

## 2. 地热资源概况

### 2.1. 地下热水赋存条件

蒋屋热田处于永梅拗陷带东部次一级龙(岩)漳(平)复式向斜(即大田 - 龙岩)拗陷带南部。地热区西北部为白垩系崇安组(K<sub>2</sub>C)砂砾岩、东部为燕山早期侵入中粗粒黑云母花岗岩( $\gamma_5^{2(3)C}$ )。NNE 向 F<sub>1</sub> 压扭性深大断裂为导热构造, NEE 向 F<sub>2</sub> 张性断裂为导水构造。地热储(赋)水层为中粗粒黑云母花岗岩中的构造破碎带, 呈 NEE 向条带状分布, 盖层为风化 - 半风化的花岗岩, 破碎带走向 NEE 65°~80°, 倾向 NNW, 倾角 80°, 宽 30~50 m, 热异常区面积约 4250 m<sup>2</sup>, 规模较小(见图 1)。据钻孔揭露: 地热含水层埋深 60~75 m, 原水头高度+1.8 m 左右, 为带状构造裂隙承压水。二条断裂交汇处, 岩石破碎, 节理裂隙发育, 为地下热水赋存、富集和运移提供了空间, 地热含水层富水性强、水量丰富, 钻孔单位涌水量 3.85~6.22 L/s·m。

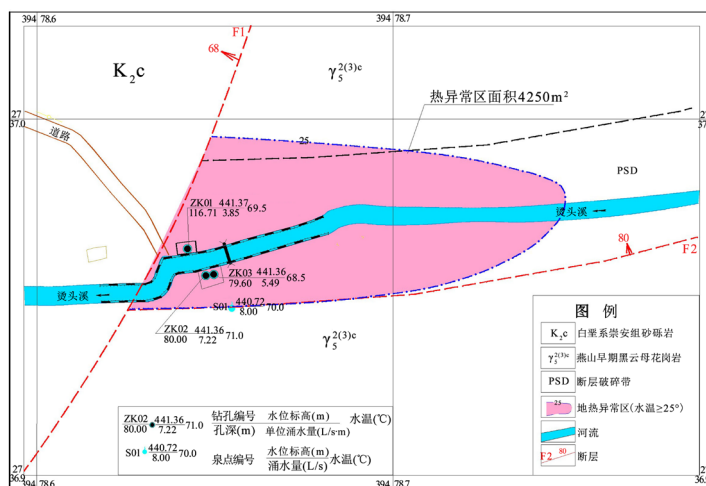


Figure 1. Distribution map of Jiangwu geothermal field in Liancheng (Scale 1 to 10,000)

图 1. 连城蒋屋地热地温场分布图(1/10,000)

地热区为低山丘陵地貌区, 地下热水主要接受大气降水补给, 汤头溪东部山区为补给区, 大气降水沿 F2 断裂下渗补给, 运移至 F1 断层交汇处时, 接受深部热源加温、形成热水后沿断裂破碎带上升至地表低洼处, 以上升泉形式出露地表, 故汤头溪两侧为排泄区。地下热水受构造断裂带控制, 具承压水性, 补给区较远, 补给源丰富, 其水位、流量和水质动态较稳定, 一般不受本地降雨影响。

## 2.2. 允许开采热量

考虑带状裂隙含水层富水极不均一的特殊性, 2016 年资源量核实时, 采用群孔抽水试验法(ZK01 和 ZK02 孔同时抽水, 孔距 12 m, 可视为一大井), 确定本区允许开采热量为  $3610 \text{ m}^3/\text{d}$ , 平均水温  $66.5^\circ\text{C}$ , 主孔水位降深 8.58 m, 求得年开采地热流体可利用的热能量:  $W_t = 8134 \text{ KW}$ , 属小型地热区。

## 2.3. 地热流体质量评价

本区地下热水补给迳流远, 交替、循环作用强烈, 水文地球化学作用以溶滤形式为主, 化学成分主要来源于循环途径中岩石的矿物成分。水质监测结果表明: 本区地下热水无色、透明、无嗅、略具硫磺味, 水质类型为  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  型, PH 值 8.20~8.51, 呈弱碱性; 矿化度  $198.8 \text{ mg/L}$ ; 氟离子  $10.86 \text{ mg/L}$ ; 偏硅酸  $96.4 \text{ g/L}$ ; 硫化氢  $1.15 \text{ mg/L}$ , 命名为“硅水、氟水”, 是优质的理疗热矿水[3]。

热水中氟等含量超过饮用水卫生标准, 不能饮用; 流体腐蚀性系数  $K_k = -2.72$ ; 且  $K_k + 0.0503\text{Ca}^{2+} = -2.25$ , 腐蚀性系数均  $< 0$ , 为非腐蚀性水; 地热流体锅垢总量  $H_o = 132.5 \text{ mg/L}$ , 属锅垢少的地热流体, 在水温下降的情况下, 在管道中会产生一定沉淀结垢现象。

## 3. 地热资源开发利用现状

### 3.1. 建设规模及用水需求

天一旅游发展公司依托地热资源, 在地热区西北部兴建了集休闲度假、温泉浴疗、旅游健身、会议会所等功能于一体的“天一温泉度假村”, 总投资 8.0 亿元, 年接待住宿 4.38 万人次、洗浴 76.65 万人次(2100 人次/天)建成为国内一流的温泉主题旅游区。目前, 地热区内“天一”公司冬季热水用量  $1500 \text{ m}^3/\text{d}$ , 夏季  $900 \text{ m}^3/\text{d}$ , 平均  $1300 \text{ m}^3/\text{d}$ , 年取水量为 54.38 万  $\text{m}^3$ ; 驻军冬季热水用量  $300 \text{ m}^3/\text{d}$ , 夏季  $500 \text{ m}^3/\text{d}$ , 平均  $400 \text{ m}^3/\text{d}$ , 全区合计用水量平均  $1700 \text{ m}^3/\text{d}$ , 年取水总量为 62.05 万  $\text{m}^3$ 。

### 3.2. 取用水方式

区内共有供水孔三口: ZK01 为驻军用、ZK02 和 ZK03 孔为天一公司用, 各自采用集中供水的开采模式, 即: 地热管井→深井水泵→输水管道→保温池→供水管网→用水终端的(见图 2), 最大井距 12 m, ZK01 孔开采  $300\sim 500 \text{ m}^3/\text{d}$ 、ZK02 孔开采  $900\sim 1500 \text{ m}^3/\text{d}$ , ZK03 作观测孔。项目区分别建有高位保温池, 容量  $200\sim 500 \text{ m}^3$ , 池底和池壁进行了防渗和保温处理, 池顶加保温盖。泵房至保温池埋设聚氨酯保温管道, 总长 3.5 km, 采用预制直埋式, 埋入地下  $30\sim 50 \text{ cm}$ , 热水从保温池自流分送至客房、游乐园区等用水终端。

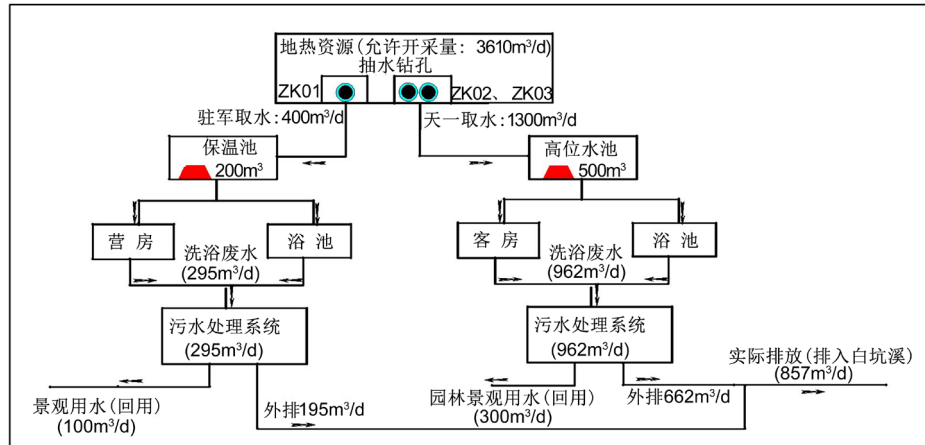
### 3.3. 开采后水资源动态变化

目前年水位埋深  $2.31\sim 5.11 \text{ m}$ , 变幅 2.80 m; 年水温  $66.94^\circ\text{C}\sim 65.96^\circ\text{C}$ , 变幅  $0.98^\circ\text{C}$ , 水位、水温年变幅均不大, 季节性变化明显; 但受区域水文地质条件影响, 开采使用二十多年来, 水位、水温均有所下降: 平均水位下降了 4.6 m、水温下降了  $3.5^\circ\text{C}$ 。

### 3.4. 退水方案

场址内排水体系采用雨、污分流制, 退水主要有生活污水和沐浴污水。热水以直接利用为主(如洗浴、

理疗、休闲保健等), 热水水质多项污染物指标远低于生活饮用水标准, 废水中除原有的成分外, 增加了少量的洗涤剂, 主要污染物为浮油、毛发、洗涤剂、悬浮物、氟、铁等, 水温小于  $35^{\circ}\text{C}$ , 不存在有害气体。



**Figure 2.** Balance diagram of geothermal supply and drainage system in Jiangwu, Liancheng city  
**图 2.** 连城蒋屋地热供给和排水系统平衡图

天一温泉度假村年平均产生热废水  $962\text{ m}^3/\text{d}$ , 排放方式为随机分散、无组织间断排放, 通过地下暗管网接入园区北部的污水处理站, 污水采用聚合氯化铝进行处理, 处理过程包括冷凝、过滤、臭氧氧化、活性炭吸附和灭菌等各单元, 处理能力  $3500\text{ m}^3/\text{d}$ , 达到排放标准后约  $300\text{ m}^3/\text{d}$  作景观用水、外排  $662\text{ m}^3/\text{d}$ ; 驻军产生热废水  $295\text{ m}^3/\text{d}$ ,  $100\text{ m}^3/\text{d}$  作景观用水、外排  $195\text{ m}^3/\text{d}$ 。全区热废水产生量  $1257\text{ m}^3/\text{d}$ , 回用  $400\text{ m}^3/\text{d}$ , 其余  $857\text{ m}^3/\text{d}$  外排, 全部排入白坑溪。

## 4. 地热资源用水合规性分析

### 4.1. 产业政策与规划相符性

地热是天公赏赐、地母惠泽的天然资源, 连城县已被原国土资源部评为福建首个“中国温泉之城”, 制定了“因地制宜、综合利用、规模适度、布局合理”的地热资源开发原则, 提出了低碳发展、打造温泉主题城市、培育温泉文化、发展温泉产业的总体规划[4]。因此, 蒋屋地热资源的开发利用符合各级政府的对产业发展的政策要求; 选取的地下水为深部的裂隙承压水, 水位、水质动态稳定, 资源储量有保障; 周边  $3.0\text{ km}$  范围内无其他热水取水户, 不存在争夺水源的问题; 洗浴污水经处理达标后排放, 不会对地表水造成污染, 因此, 地热资源开发利用符合水资源配置规划。

### 4.2. 工艺技术的合理性

多年运行实践证明: 采用集中供水模式开采地热资源, 布局合理、工艺简单; 采用聚氨酯泡沫保温管其导热系数和吸水率均低, 减少了供热管道的整体热损耗。实测用水终端水温较孔口降低约  $3.0^{\circ}\text{C}$ , 热网热损失率小于  $5\%$ , 小于国际  $10\%$  的标准要求, 总体保温效果好、故障率低, 经济效益和环境效益显著。

### 4.3. 节水与回用

鉴于目前国内暂无温泉沐浴业行业用水标准, 参照(DB35/T772-2013)《福建省行业用水定额标准》用水指标: 旅游饭店(五星)标准为  $1900\sim 2000\text{ L}/\text{人}\cdot\text{d}$ , 用水标准大大偏高, 按  $400\text{ L}/\text{人}\cdot\text{d}$  计; 温泉泡池国

内也无用水标准, 按实际使用量 300 L/人·d 计较为合理, 因此, 本项目热水使用总量为 1300 m<sup>3</sup>/d, 计算是合理的。

废水经处理达到排放标准后小部分作景观用水、大部分排入白坑溪。

## 5. 取水水资源论证

### 5.1. 地热地质环境

本区地热分布白汤头坑溪两岸, 主抽水孔位于地热核心区内, 孔口标高 441.4 m, 平时水位 439.4 m, 白坑溪两岸建有高度约 2.0 m 防洪堤, 当地最高洪水位 441.0 m, 孔口高于地下热水及最高洪水位标高, 抽水孔建有水泵房加以保护, 开采多年从未淹井; 地下热水与浅层地下水、地表水无互补关系, 不存在热能扩散问题。

地下热水赋存于基岩裂隙中, 由深部水热交换形成, 含水层呈脉状或条带状, 其顶、底板为致密坚硬的花岗岩, 地下热水开采不会导致大面积地面沉降等环境地质问题。

### 5.2. 地热资源储量

本区允许开采热水量为 3610 m<sup>3</sup>/d, 平均水温 66.5℃, 主孔水位降深 8.58 m, 系于冬季采用群孔抽水试验法求得, 试验时长达 240 h, 期间水位、水温变幅稳定, 证明本区地下热水与第四系孔隙水及地表水尚未发生互补关系, 尚未形成降落漏斗, 含水层补给充足而稳定, 连通性较好, 试验方法科学、可靠, 代表性强。

“天一公司”取水量 1300 m<sup>3</sup>/d, 驻军取水量 400 m<sup>3</sup>/d, 全区合计取水量 1700 m<sup>3</sup>/d, 年取水总量为 62.05 万 m<sup>3</sup>, 日最大采水量 2100 m<sup>3</sup>/d, 仅为允许开采热水量的 58.2%, 资源储量有保障, 开采规模恰当、资源保护有效时, 本区地热资源可实现持续开发利用。

### 5.3. 对其他用水户的影响

地热区内共有“天一公司”(ZK02、ZK03 孔)和当地驻军(ZK01 孔)二个热水用户, 三个供水孔最大间距 12 m, 由于资源储量大, 双方同时开采, 最大降深仍在含水层顶板之上, 不会引起当地区域地下水位的持续下降而影响双方正常开采。

区内浅层地下水和地表水主要作为农业灌溉用, 无其它用水大户, 本区地下热水属基岩裂隙承压水, 顶板为致密坚硬、透水性极差的花岗岩, 可视为隔水层, 开采多年证明, 钻孔上部止水效果良好, 不会对其它开采用户产生影响。

### 5.4. 退水影响

年平均废水排放量 1257 m<sup>3</sup>/d (45.88 万 m<sup>3</sup>/a), 达到排放标准后约 400 m<sup>3</sup>/d 作景观用水(回用)、其它约 857 m<sup>3</sup>/d 排入白坑溪。项目区内已建成污水处理站, 处理能力能满足要求; 排污水口水质检测结果表明: PH 值为 6.8~7.0、悬浮物(SS) 16 mg/m<sup>3</sup>、COD: 26 mg/m<sup>3</sup>、BOD5: 4.1 mg/m<sup>3</sup>、氨氮: 7.11 mg/m<sup>3</sup>、氟化物 0.408 mg/m<sup>3</sup>、动植物油: 0.194 mg/m<sup>3</sup>、粪大肠菌群: 790 个/L、阴离子表面活性剂: 0.17 mg/m<sup>3</sup>, 符合《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中一级标准限值, 同时满足《地表水环境质量标准》(GB3828-2002) III 类水标准。

白坑溪汤头段平均流量为 12,900 m<sup>3</sup>/d, 纳污能力强, 划定为农业灌溉和一般渔业水环境功能区[5], 符合该河段水质目标管理要求; 排污口下游 3 km 范围内无饮用水源、生态湿地等生态脆弱保护区, 周边无其它环境敏感目标, 尾水对居民生活、地表植被和浅层地下水的基本无污染问题, 因此, 退水对区域下游水体功能的影响很小。

## 6. 结论及建议

### 6.1. 主要结论

1) 本区地热含水层埋深一般 60~70 m, 成井深度 100 m 左右即可, 参照地热资源开采经济性评价标准, 属最经济类型。

2) 本地热区开采水温 65.5℃~68℃, 属低温地热区的温热水类型; 地热井单位产量大于 200 m<sup>3</sup>/d·m, 属适宜开采区; 允许开采量 3610 m<sup>3</sup>/d, 允许开采热量  $W_t = 8134 \text{ KW}$ , 属小型地热区; 地热流体化学组分中氟、偏硅酸达到了理疗用热矿水的命名浓度, 是优质的理疗热矿水, 可作理疗洗浴用。

3) 设定开采规模为 1700 m<sup>3</sup>/d, 日最大采水量 2100 m<sup>3</sup>, 仅为允许开采热水量的 58.2%, 资源储量有保障; 盖层厚度大、致密坚硬、透水性弱、稳固性好, 合理开采地热资源, 不会产生地表水和浅层地下水的越流补给、不会诱发地面塌陷等环境地质问题。

4) 废水排放量为 1257 m<sup>3</sup>/d, 经处理后水质符合目标管理要求, 400 m<sup>3</sup>/d 作景观用水, 857 m<sup>3</sup>/d 排入白坑溪, 退水对区域下游水体功能的影响很小。

### 6.2. 建议

1) 地热资源开发利用中, 必须对水温、水位、水量、水质及地面沉降变化等因子进行长期的动态监测, 严格控制地下热水取水量, 严禁超采。开展允许开采量生产验证, 发现问题应及时调整开采方案, 避免对地热资源及其周边环境产生不良影响。

2) 建立地热资源保护规划, 划定保护范围, 防止人为因素破坏地热资源, 实现生态环境良性循环, 确保稀缺资源的可持续开发利用。

3) 尽快修订或完善温泉沐浴业国家或地方行业用水标准, 便于合理确定热水用户的用水规模, 科学制定节水措施, 实现地热资源的宏观调控。

## 参考文献

- [1] 福建省地质环境监测中心. 1/10 万连城县水资源调查报告[R]. 1996.
- [2] GB/T11615-2010 地热资源地质勘查规范[S]. 2010.
- [3] 福建省连城县蒋屋地下热水资源 2017 年储量地质报告(闽国土资储评字[2018]11 号)[R]. 2018.
- [4] 龙岩市城市总体规划(2011-2030)[Z]. 2010.
- [5] 龙岩市 2018 年水资源公报[Z]. 2018.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;  
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-8010, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/> 顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [wpt@hanspub.org](mailto:wpt@hanspub.org)