

沾益区德泽地热成因分析及地热资源评价

王艳 答余

云南省有色地质局三一七队

DOI:10.32629/gmsm.v9i2.2445

[摘要] 为研究沾益区德泽温泉地热场特征、热储类型、地热水化学特征和成因模式,通过对地热流体温度、物理性质和化学组分进行测量和分析,建立地热系统概念模型,总结了研究区地热水的形成机制,并对地热水进行资源及用途评价,旨在为地热矿产资源的管理和合理、高效开发利用,提供参考。

[关键词] 地热资源; 成因模式; 评价方法; 云南沾益

中图分类号: P314.3 文献标识码: A

Geothermal genesis analysis and geothermal resource evaluation in Deze, Zhanyi District

Yan Wang Yu Zan

March 17th Team of Yunnan Nonferrous Geological Bureau

[Abstract] In order to study the characteristics, storage types, geochemical features, and genesis models of the Deze Hot Spring geothermal field in Zhanyi District, a conceptual model of the geothermal system was established by measuring and analyzing the temperature, physical properties, and chemical components of geothermal fluids. The formation mechanism of geothermal water in the study area was summarized, and the resources and uses of geothermal water were evaluated, providing reference for the management, rational, and efficient development and utilization of geothermal mineral resources.

[Key words] geothermal resources; Causal mode; Evaluation method; Zhanyi, Yunnan

引言

温泉从利用天然温泉沐浴、取磺、灌溉到休闲度假、游泳、浴疗康体、观赏旅游、热矿泉水的开发、养殖等,云南地热资源开发利用领域越来越宽广,开发深度越来越大。但是滇东地区除昆明地热田研究和开发都有一定深度外,其它热田的研究相对较少。本次通过对沾益地区地热资源的赋存特征及形成机制、地热资源量以及开发方向进行分析研究,以期为研究区内后续地热资源的开发利用提供参考。

1 区域地质背景

研究区位于扬子陆块区(IV)上扬子古陆块(IV-2)滇东被动陆缘(VI-2-4)曲靖陆表海(VI-2-4-3)中部,地质构造属于扬子准地台南缘的滇东台褶带。地层普遍发生了不同程度的褶皱和断裂变形,尤其是断裂比较发育,多由北东向压性、压扭性断裂、东西向、北西向的小断层组成。区域性断裂控制了该区的地层沉积演化及岩浆、热流体活动及局部原始沉积环境(沉积、剥蚀),同时提供了广泛的热源活动和矿液运移通道,控制了岩浆岩的侵位空间。

2 研究区地热地质条件

2.1 地层

研究区出露的地层的由新到老主要有:第四系全新统(Q)、

石炭系(C)、泥盆系上统宰格组(D₃zg)、泥盆系中统海口组(D₃h)、寒武系下统筇竹寺组(Є₁q)、渔户村组(Є₁y)、震旦系上统灯影组(Zz₂dn)。

2.2 地质构造

研究区位于北东向务德断裂(F₁)构造带,为小江断裂带的北延分支。断裂面倾向北西,倾角50°-85°,断裂破碎带发育。且在此处还存在一背斜构造,断层和背斜核部裂隙带一并导通深部热源,传送到灯影组(Zz₂dn)地层里蕴藏起来,有条件形成一个很好的地下热库。为沾益区德泽地热主要控热、导热构造。

3 研究区地温场特征

3.1 区域大地热流

滇东北地区构造复杂,岩浆岩大面积分布,地震频发,超壳断裂为地幔高热物质进入地壳提供了通道。因本区地热勘探程度较低,根据收集资料可知,这一带大地热流值较高,沾益地区达65~75mW/m²。

3.2 热储特征及其埋藏条件

沾益区德泽地热资源类型属隆起山地型地热资源,属中低温对流型深循环地热田,泉点出露于北东向主干断裂务德断裂(F₁)构造带内,地热水主要沿断裂破碎带呈带状分布,为沿断裂

带展布的裂隙型带状热储层。结合区域地层分布情况、地层岩性、厚度、富水性及地热水循环深度等综合分析考虑：

3.2.1 热源

区域内水热活动没有特殊的附加热源(岩浆热),而是在正常或偏高的大地热流供热,地下水经深循环加热而成为地热水。

3.2.2 通道

务德断裂结构面性质先压后张,继承活动强烈,断裂破碎带中构造角砾岩发育,为深部热流向浅部运移创造了条件。该断裂为沾益区热水地热控热、导热构造。

3.2.3 热储层

热储层为震旦系上统灯影组(Zz2dn),岩性为一套浅灰色块状、厚层状白云岩,岩溶率为21.0~36.2%,富水性强,为地热水聚集提供了赋存条件。

3.2.4 盖层

热储盖层为热储层上覆寒武系下统渔户村组(Є1y)地层。地层岩性为灰黑色粉砂岩、页岩、泥岩、白云岩互层,含硅质岩及磷块岩。地层岩性具有相对隔水、热导率低、隔热保温等特点,对深部热储层的形成起到很大保温隔水效果,是区内良好的保温盖层。

3.3 地热流体动态特征

研究区范围内出露1个温泉点。根据监测结果及统计分析:地热泉点流量5.95~6.51L/s、水温42.5~45.0℃,变化幅度较小,地热水动态特征总体较稳定,流量变化、泉水温度与当地降水、气温关系不明显,动态流量稳定。

3.4 地热流体水化学特征

热水的水化学类型由主要的阴离子(Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻)和阳离子(K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺)决定,根据实验结果综合判定研究区地热水的水化学类型为HCO₃-Na型。见表3-1。

表3-1 地热水检测统计表

| 样品编号 | 检测项目 | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ²⁻ | K ⁺ | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ |
|------|------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|
| | | 单位 | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| S1 | 数值 | 17.7 | 276 | 791 | ND | 24.8 | 217 | 109 | 45.7 |
| S2 | | 17.6 | 280 | 776 | ND | 24.5 | 213 | 107 | 45 |
| S3 | | 18.2 | 273 | 767 | ND | 24.6 | 214 | 107 | 45.1 |

4 地热田成因分析

4.1 地热水的来源

为了研究地热水的氢氧同位素组成,分别对沾益区温泉开采的地热水、上游溪沟地表水及大气降雨取样进行氢氧同位素分析。分析结果见表4-1。

表4-1 氢氧同位素含量分析统计表

| 样品号 | 高程(m) | 温度 | δD | δ ¹⁸ O | T _H | 备注 |
|-----|----------|------|-------|-------------------|----------------|-----|
| | | (℃) | (‰) | (‰) | (TU) | |
| S5 | 1659.421 | 44.6 | -95.1 | -12.9 | 2.15 | 地热水 |
| S6 | 1659.421 | 44.6 | -42.6 | -4.14 | 9.86 | 雨水 |
| S7 | 1659.421 | 44.6 | -68.5 | -9.76 | 6.03 | 地表水 |

研究区地热水样的 δ¹⁸O 值为-12.90‰, δD 值为-95.10‰。从图4-1中可以看出,研究区地热水样 δD 非常接近全球大气降水线(GMWL; δD=8 δ¹⁸O+10),这表明热水温泉地热水的补给来源主要为大气降水(Craig, 1963)。地热水样 δD 值比全球大气降水的 δD 值略低,这可能是地热水在深循环过程中氧同位素漂移引起的。

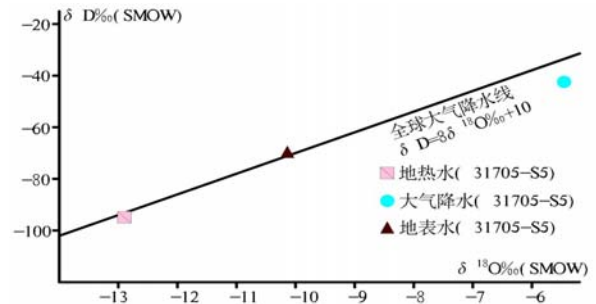


图4-1 地热水 δD、δ18O 关系图

4.2 地热水补给源

根据表4-1, δD 的高程效应计算各水热区的补给高程。补给高程计算公式:

$$Z = Z_0 + (D - D_0) / \text{grad}D$$

式中: Z—地下热水的补给高程(m); Z₀—取样点高程1659.421(m); D—地热水的 δD‰(SMOW)为-95.1‰; D₀—地表水的 δD‰(SMOW)为-68.5‰; gradD—δD 随高程递减梯度(我国西南地区 δD 的梯度为-2.5‰/100m)。

$$Z = 1659.42 + (-95.1 - (-68.5)) / (-2.5 / 100) = 2723.42\text{m}$$

经计算:勘查区地热水补给高程为2723.42m及以上,说明这些地热水是由地理位置相对较高的山区降水补给。

4.3 地热田成因分析

对沾益区德泽地热成因主要从水源、热源和热水通道及地质环境构造、水文地质条件等进行综合分析,并建立热储模型(图4-2),其成因如下:

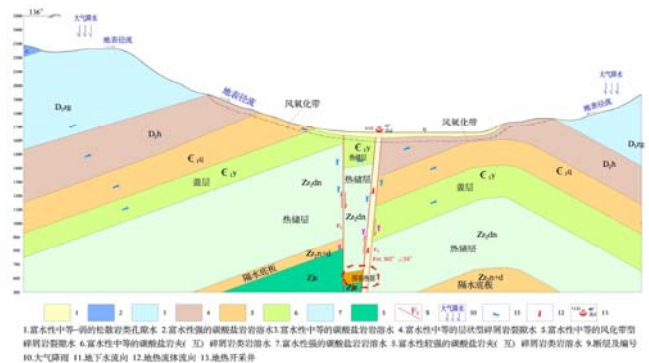


图4-2 研究区热储模型示意图

大气降水在地理位置相对较高的山区一带对地下水进行补给,地下水在地形高差和水头压力作用下沿断裂破碎带向下渗透,随着运移深度增大,运移过程中地下水不断从岩石中获取热量逐步加热,务德断裂构造沟通了深部热源,产生对流循环。由

于震旦系上统灯影组(Zz2dn)白云岩溶孔、溶洞、岩溶裂隙发育,富水性强,为地热流体提供了储集空间(热储层),而上覆寒武系下统渔户村组($\in 1y$)地层富水性弱,为热储盖层,由于盖层的存在,能有效阻隔或减缓热储与空气之间的热交换,阻隔了上覆新生代温度较低的潜水和承压水下渗,对下伏热储层起到了保温屏障作用。地下水在地下深部循环加热后,由于务德断裂破碎带导水性好,成为了地下水运移的良好通道,最终地热流体沿破碎带上升以上升泉的形式出露于地表,形成热水温泉。

5 地热资源评价

5.1 地热流体热功率

依据地热流体可开采量采出的热量,按下式计算地热田的热能: $W_t=4.1868Q(t-t_0)$

式中: W_t —热功率(kW); 4.1868—单位换算系数; Q —地热流体可开采量(4.33L/s); t —开采出热水温度(43.7℃); t_0 —当地年平均气温(16.83℃);

沾益区德泽地热田的热功率为487.12kW。

5.2 地热流体可利用的热能

地热区(田)按可开采量开采1年可利用的热量,按下列公式计算: $\Sigma W_t=86.4DW_t$

式中: ΣW_t —开采1年可利用热量(MJ); W_t —热功率(487.12kW)

D —开采日数(1年365天计算); 86.4—单位换算系数;

$\Sigma W_t=86.4DW_t=86.4 \times 365 \times 487.12=1.54 \times 10^7$ MJ

根据以上计算结果,沾益区德泽地热按可开采量开采1年可利用的热量为 1.54×10^7 MJ,则开采100年累计可利用的热量为 1.54×10^9 MJ。

5.3 地热资源评价

沾益区德泽地热田规模划分为小型地热田、属低温地热资源热水。地热田范围内热储中储存的热水量为 228.39×10^6 m³,热储中储存的总热量为 12.70×10^{16} J; 地热流体可开采量为13.66万m³/a(4.33L/s、374.11m³/d); 允许开采量10.93万m³/a(3.46L/s、299.29m³/d); 地热田热功率为487.12kW。

5.4 地热资源开采潜力评价

为进一步分析地热资源的开发利用潜力,需综合考虑资源量、市场需求、技术可行性及环境影响等多方面因素。沾益区德泽地热资源以其稳定的自流泉特性和适宜的水温,在开发利用上具有显著优势。

根据估算的热水地热田地热范围最大开采量,采用地热流体热量开采系数指标衡量地热资源开发利用潜力,其公式为:

$$C_e=E_k+E_y \times 100\%$$

式中: C_e —地热流体热量开采系数,数值用“%”表示; E_k —地热流体开采100年可开采热量(J); E_y —热储中存储的总热量(J)。

$$C_e=E_k+E_y \times 100\%=2.11 \times 10^9 \text{ MJ} \div 12.70 \times 10^{16} \text{ J} \times 100\%=1.66\%$$

对比地热流体热量开采系数分区表可知,沾益区德泽地热在地热流体热量开采系数分区(<40%)中属于极具开采潜力区,地热资源开发具有较好的前景。

6 结语

沾益区德泽地热田规模划分为小型地热田、属低温地热资源热水。地热田范围内热储中储存的热水量为 228.39×10^6 m³,地热资源以其稳定的自流泉特性和适宜的水温,在开发利用上具有显著优势,极具开采潜力。

[参考文献]

- [1]林惠峰.地热型地下水资源可持续利用及生态影响评估[J].水利技术监督,2025,12(39):161-164.
- [2]曾金金.韶关地区地热资源赋存特征及开发利用探讨[J].中国非金属矿工业导刊,2025,(5):13-19.
- [3]宋长生,温明星.吉泰盆地地热资源特征分析—以樟山地热为例[J].能源管理,2025,(11):124-126.
- [4]胡乐乐,夏岩,王楠,等.兰州盆地地热资源赋存特征及开发潜力评价[J].中国地质,2025,12(03):1-17.
- [5]樊亚红.曲靖马龙地区地热形成机制分析及地热资源评价[R].昆明理工大学,2016.

作者简介:

王艳(1980—),女,汉族,云南元谋县人,本科,中级,研究方向:水工环。