

云南省龙陵县地下热水特征及控制因素研究

黄爽兵¹, 李 晓¹, 刘昌蓉²

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院; 2. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059)

摘 要:结合区域构造和地热背景,对热水水热分布及水化学特征进行分析,揭示南北向断裂系统、北东向断裂系统与地热活动的宏观分布及水热活动类型的分布关系密切;温泉的出露分布为近东西向的小断裂所控制;断裂因自身性质和特征不同,表现出的作用也不同。最后在综合以上分析结果的基础上推断地下热水成因。

关键词:热水;异常;特征;构造;断裂;控制因素

中图分类号: P332

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0147-03

Study on Characteristics and Control Factors of Underground Hot Water in Area of Longling, Yunnan

HUANG Shuang-bing¹, LI Xiao¹, LIU Chang-rong²

(1. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology;

2. College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The distributing and chemical characteristics of hot water in the research area are analyzed based on the tectonic and geothermal background. The results indicate: a close relationship exist between the fault systems of SN and NE direction and the distribution of the activity and heat type of the hot water; the small faults in EW direction control the distribution of the hot springs; because of the different property and the characteristic of fault, each also makes a difference. Finally, the formation of underground hot water is illustrated.

Key words: hot water; abnormality; characteristics; tectonics; faults; control factor

1 区域构造及地热背景

研究区地处云南高原西部边缘,属高黎贡山脉南延段,为侵蚀构造深切割高中山峡谷地貌。地势东北高,南西低,山脉大体为南北走向。地表沟谷纵横,地形起伏大,山脉、河流东西相间。

测区碎屑岩、变质岩广泛分布,糜棱岩化强烈。地层的缺失、重复、产状的突变现象较多,断层崖和断层三角面偶有出露。断裂构造发育迹象明显。主要的断裂多数呈近 SN、NE 或者 NNW 走向。以怒江断裂西支为代表的近 SN 向断裂系统向南延伸的过程朝南西侧移,达龙陵附近与以龙陵-瑞丽断裂为代表的 NE 向断裂系统相截交。怒江断裂东支及其接替次级断裂继续沿南东转南延伸,构成主体呈 NNW 向的断裂系统(图 2 描绘了部分断裂的形迹)。根据区域构造特征,结合有关的最新研究成果^[1],将研究区划分为 3 个构造区(图 1)。

1.1 腾冲地块

腾冲地块总体呈一弧形构造。区内断裂极为发育,南北向断裂包括陇川断裂、瑞滇-腾冲断裂和古永断裂等,具左旋逆走滑性质,北东向断裂包括龙陵-瑞丽断裂、大盈江断裂等,呈左旋错动,北西向断裂主要呈右旋错动。

现今广泛分布着酸性侵入岩。主要有华力西-印支期花岗岩和燕山期、喜山期花岗岩。另外在腾冲一带堆积了巨

厚的熔岩和火山碎屑岩。这些迹象表明中新世至第四纪腾冲一带发生的岩浆喷发活动十分强烈。

该区靠近现代板块边界,新生代以来印度板块与欧亚板块的碰撞事件,对该区的动力学过程起着深刻的影响。大地电磁测深和深部地震测深结果表明,该区上地幔高导层(软流圈)隆起,地壳薄(38 km),岩石圈厚度小(60~64 km)。地震层析地质解释(赵永贵等,1992)也得到类似的结果。腾冲深 10 km 处有 5 km 厚的壳内低阻层,因其伴有高热流、正磁及负重力异常,并考虑到近代火山活动及现代冲击型震源特点,认为是壳内岩浆囊(阚荣举,1991)。该区特有的构造动力学背景及深部构造,决定了该区的高热状况,并区别于云南其它地区。

1.2 宝山地块

宝山地块夹持于怒江东支断裂和北澜沧江-昌宁双江超壳断裂之间,发育南北向、北东向和北西向断裂。水热活动主要展布于柯街断裂带和北澜沧江断裂带。与腾冲地块相比,本区水热活动大为逊色,除断裂构造外,很可能还决定于二者构造动力学背景及深部构造等方面的差异:本区离现代板块边界稍远;地壳厚 39~40 km;大地电磁测深结果表明上地幔高导层(软流圈)顶面埋深加大至 90.7 km(孙洁等,1989),地震层析地质解释(赵永贵等,1992)也得到类似的结果,软流圈顶面与腾冲地块相比存在约 30 km 的深度差,本区没有类似于腾冲地块的近代火山活动,壳内岩浆囊

* 收稿日期:2006-09-11

基金项目:铁道部第二勘察设计院地质勘察分院委托项目“云南新建铁路大理至瑞丽线高黎贡山越岭隧道高地温论证”

作者简介:黄爽兵(1982-),男,硕士研究生,研究方向:环境科学,水资源与水环境方向。

小或不存在。

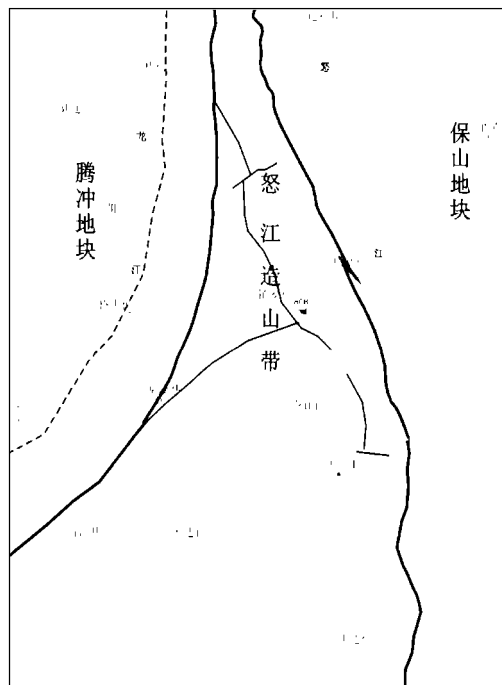


图 1 研究区构造分区示意图

1.3 怒江造山带

系指怒江断裂南段与龙陵 - 瑞丽断裂所夹持的地区。全区主要为一个被断裂切错位移的复式背斜,轴向南北向转北东向,向北倾伏。复背斜核部成为后期岩浆活动的良好侵入部位。背斜两翼近南北向的紧密褶皱及断裂特别发育。南北向压扭性断裂为导热断裂系统,与其配套的近东西向张扭性断裂及岩体接触带为充水构造。温泉大部分出露在不同时期花岗岩接触界面及南北向断裂影响带和交汇带。本区水热活动界于腾冲地块与保山地块之间,在南部的花岗岩发育区,水热活动较强烈,这可能与此地发育不同时期的岩浆活动有关,除花岗岩中含有较高的放射性元素可能产生热外,不排除其下部存在尚未完全冷却的岩浆囊。

2 水文地质特征

区内以高黎贡山脉为分水岭,以东为怒江水系,以西为伊洛瓦底江水系。主要地表水为怒江、龙江江水、山间沟水及山间盆地河水。地下水为第四系土层孔隙潜水及基岩裂隙水。

2.1 含水层特征

孔隙潜水主要赋存于山间低洼地带及山间盆地第四系土层当中。山间低洼地带排泄及下渗条件较好,一般含水量不大。在山间盆地,水系多为树枝状及放射状,主干河流外的支流均由四周山岭向盆地中心汇集,构成幅合状水系,故山间盆地为近地表主要赋水地层,水量较大。在断裂破碎带、影响带及构造交汇部位,由于裂隙连通性好,基岩裂隙水较丰富。

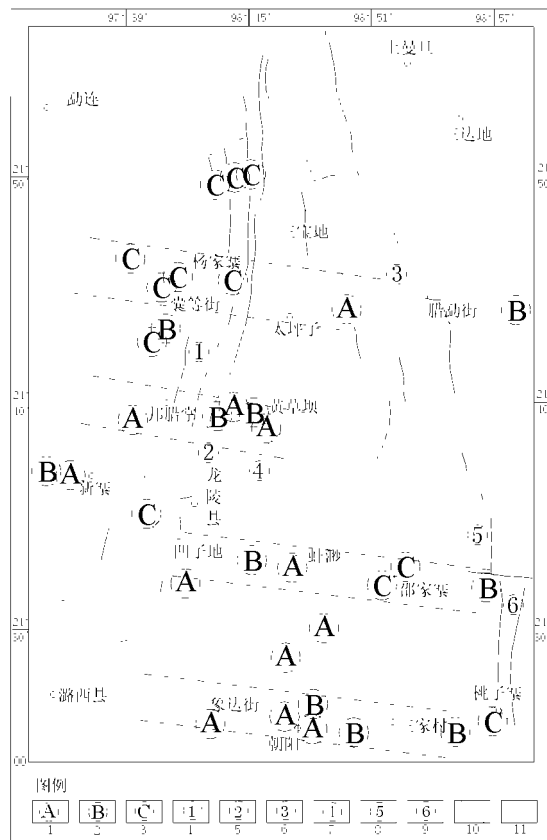
2.2 地下水补径排条件

测区含水构造多被断裂破坏,由于沟谷深切,构造裂隙、风化裂隙、断层裂隙发育,有利于降水入渗,所以区内地下水主要接受大气降水补给,局部地段也接受地表水补给。地下水亦在深切沟谷地表及河谷地段向地表水系排泄。

2.3 热水储层

据 1:20 万水文地质资料,未发现温泉沿任何层位延伸的现象,即无稳定的储热层^[2,3]。从温泉出露地质条件分析,温泉不是储层于一稳定地层,而主要储层于断裂破碎带之

中。



1 - 高温热水;2 - 中温热水;3 - 低温热水;4 - 象塘断裂;5 - 龙陵 - 瑞丽断裂;6 - 怒江断裂(东支);7 - 黄草坝断裂;8 - 遮放断裂;9 - 邦腊掌;10 - 异常带;11 - 断裂形迹

图 2 研究区热水分布及断裂形迹略图

3 地下热水特征

本次所用温泉水化学资料来源于铁道部第二勘察设计院地质勘察分院实际调查取样、区域 1:20 万资料,共有 35 件温泉水样。热水特征从水热分布及水化学特征进行分析。

3.1 地下水热分布特征

根据水温分析,研究区地下热水主要为中温 - 中高温热水。其中高温热水(60 ~ 100 °C)约占 31%,中温热水(40 ~ 60 °C)约占 38%,低温热水(20 ~ 40 °C)所占百分比与高温热水相当。温泉强烈的水热活动主要集中在龙陵以北的龙陵 - 瑞丽断裂附近和龙陵以南及南东向地段。龙陵以北附近的龙陵 - 瑞丽断裂两侧(邦腊掌 - 黄草坝一带附近)水温最高,自此向北水温逐渐降低。(图 2)

区内温泉出露在 NWW 向具有明显的线性排列规律。通过分析温度线性分布特征,圈画出四个温度异常带。异常带有如下特征:4 个异常带均呈近东西向平行展布,几乎都横跨高黎贡山;邦腊掌 - 黄草坝地热异常带温泉平均水温达 68.1 °C,属高温热水。凹子地 - 绍家寨地热异常带、象达街 - 三家村地热异常带两个异常带平均水温达 49.3 ~ 58.2 °C,属中温热水。囊等街 - 太平子地热异常带平均水温 30.1 °C,属低温热水。

本区以龙陵 - 瑞丽大断裂为主体的几条北东向压扭性一级断裂几乎无直接的温泉出露,而水热活动表现最为强烈的地方恰恰是南北向断裂系统与北东向断裂系统的复合部位。这可能因该一级压扭性断裂透水性及联通性均较差,而南北向与北东向两组断裂系统切割较深,与热源及地下水的联通较好。参考 1.1 的分析,可见温泉水热活动类型分布宏

观上与区域地热特征一致,但是局部的表现也不尽如此。区域地热以腾冲单元最为强烈,然而我们由图 2 知,除去龙陵以北附近的龙陵 - 瑞丽断裂两侧多出露高温热水外,腾冲地块内沿近 SN 向断裂系统分布其余的温泉水温以低温热水为主,温度明显低于怒江造山带内的温泉水温。这应该是局部地段断裂充水而使储层富水进而导致水温降低的结果。如龙陵 - 瑞丽断裂以西的象陵塘断裂便是一条主体近 SN 向而后转 NE 向的充水构造,沿该断裂出露的多为低温温泉。

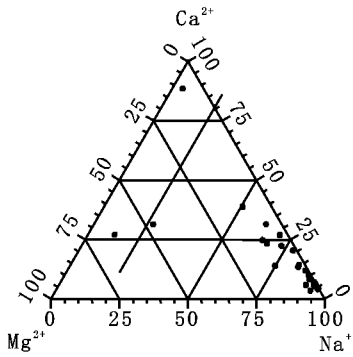


图 3 地下热水阳离子三线图

本区热水水化学类型复杂,有 $\text{HCO}_3^- - \text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3^- - \text{Na} - \text{Ca}$ 、 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca} - \text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3^- - \text{Mg} - \text{Ca}$ 5 种,其中以 $\text{HCO}_3^- - \text{Na}$ 型水最多(图 3、4),占 50%,矿化度 0.2~1 g/L。地下水阴离子以 HCO_3^- 水为主,阳离子以 Na^+ 占绝对优势,这是由于这些地区的地下热水大都与火成岩有关^[5]。 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca} - \text{Na}$ 型水的出现是由于本区陆源碎屑物和灰岩中的 Ca 通过溶滤作用进入地下水中的缘故,而 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 的出现则可能是地下水通过膏盐层时水岩相互作用的结果。本区温泉主要发育于结晶岩地区,大气降水渗透至地壳深部,由于花岗岩及其它结晶岩很难分解,溶滤作用较弱,热水的矿化度较低,一般小于 1 g/L,属微矿化热水。

硅酸、氟、氧等可作为微矿化热水的标性元素。本区硅酸在地下热水含量较高,主要以偏硅酸(H_2SiO_3)和硅酸(H_2SiO_4)的形式出现。它们在水中的含量取决于地下热水溶滤岩层中硅酸盐的富集程度以及地下热水的水温和 pH 值。

地下水中碳酸含量与温度的对应关系,在结晶岩地区有相当清晰的反映。在高温高压条件下结晶岩中的硅铝酸盐与含有碳酸气体的地下热水作用时,使钠离子和硅酸大量进入水中。这也是地下热水中阳离子以 Na^+ 占绝对优势和硅酸含量较高的原因。

4 地下热水控制因素

断裂构造是本区热水异常的主要因素。首先,沿深大断裂所决定的区域构造格架成为地热外延及泉水出露的内在前提。无论是热水的出露还是水热类型都受区域构造格架不同程度的控制作用。再者,具体的断裂构造也对热水起着不同的影响作用:a 南北向断裂系统、北东向断裂系与水热

温泉的出露呈线性分布,通常揭示其可能受断裂带或破碎带控制^[4]。据 1:20 万区域地质调查资料,研究区尚存有近东西向的四组隐伏断裂构造。其中以 24°10' 左右以畹町断裂为主体的东西向构造带,形迹较清楚。另外,根据遥感解译成果,在工作区存在 NWW 向线性影象,推测可能在该方向上的活动断裂约 10 处。这些构造特征都与温泉的近东西向的线性出露特征互相印证。

3.2 地下热水化学特征

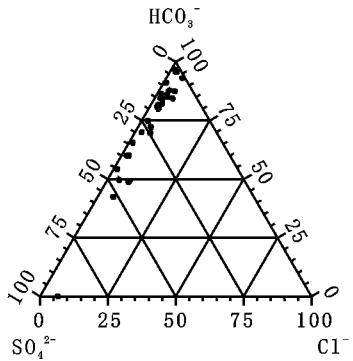


图 4 地下热水阴离子三线图

活动的宏观分布及水热活动活动类型的分布关系密切;b 温泉的出露分布为近东西向的隐伏断裂或小型活动断裂所控制。另外,断裂因自身的性质及特征不同所表现出的对热水的作用也不同:区域性的深大断裂,当深度达到地幔时,致使岩浆对流热能沿断裂上升,成为导热的主要通道^[6];张性断裂或者相互错切与交汇作用剧烈的断裂则由于联通性与导水性好而常伴随有热水的出露;而压扭性断裂则可能导热而不甚透水;此外,充水断裂构造使热水储层富水,影响水温。

5 热水成因

结合以上地质、构造、水文、热水特征及控制因素等分析结果,可将热水形成过程初步推断如下:

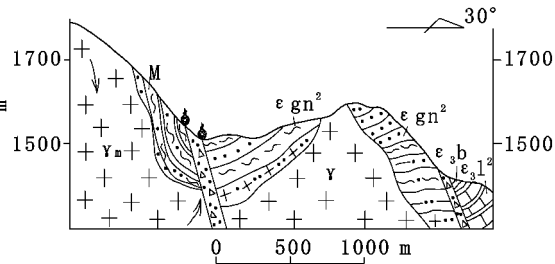


图 5 温泉形成模式图

由于测区断裂发育,晚近期构造活动强烈,新生代岩浆岩侵入频繁,岩石变质作用多种多样,使得热水活动强烈。温泉在位置较高处接受大气降水补给,沿岩石裂隙或断层破碎带渗入地下,进行深循环(利用地温梯度计算,测区温泉循环深度在 125~2 025 m 范围内),在导热断裂带加热增温,又沿断裂破碎带或岩石接触带上升,在断裂影响带、断裂端点、断裂交汇处等地貌有利部位以上升温泉、热泉出露。(图 5)

参考文献:

[1] 云南省地质矿产局,云南省区域地质志[M].北京:地质出版社,1990.
[2] 中国人民解放军 00933 部队,1:20 万腾冲幅区域水文地质普查报告[R].1980.
[3] 中国人民解放军 00933 部队,1:20 万潞西幅区域水文地质普查报告[R].1980.
[4] 徐开礼,朱志澄.构造地质学,第二版[M].北京:地质出版社,1989.
[5] 张春山,等.南北地震带南段水文地球化学特征及其与地震的关系[J].地质力学学报,2003,9(1):22-28.
[6] 赵西蓉.渭河断陷盆地地热资源赋存特征与热储分析[J].煤田地质与勘探,2006,34(2):51-54.