

陈鑫, 郑克勋, 韩啸, 等. 丽江黑龙潭地下水系统温度场特征研究[J]. 中国岩溶, 2023, 42(6): 1193-1201.
DOI: 10.11932/karst20230605

丽江黑龙潭地下水系统温度场特征研究

陈鑫¹, 郑克勋², 韩啸², 田茂¹

(1. 贵州省水利水电勘测设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550081)

摘要: 研究旨在通过地下水温度场的特征来推导岩溶泉域的地下水活动, 并验证岩溶地下水系统划分的合理性, 文章以黑龙潭岩溶泉域为例, 采用对比分析等手段, 对泉域地下水温度的时空变化特征进行研究, 并探讨各变化特征的指示意义。结果表明: 在空间分布上, 泉域内地下水温度与高程呈反比关系; 在时间分布上, 降雨作为引起地下水温度变化的主导因子, 汛期补给区入渗增加后引起地下水温度升高, 同时大量的补给加快了地下水径流速度, 致使排泄区地下水温度降低。此外, 还根据不同岩溶系统地下水温度场的差异性特征及其指示意义, 验证了黑龙潭泉域系统划分具有合理性。

关键词: 地下水温度场; 高原山区; 岩溶大泉; 地下水系统

中图分类号: P641.2 **文献标识码:** A

文章编号: 1001-4810 (2023) 06-1193-09

开放科学(资源服务)标识码 (OSID):



0 引言

地球内部会产生热量, 通过热传递的方式, 使不同部位的地下水温度不同^[1-2]。受到地下水运动、地形地貌、地质构造以及一些外部因素的影响, 地下水温度场会呈现一定的时空变化特征, 这些变化特征可以反映地下水活动情况、含水层内部信息以及人类活动强度, 同时还可以有效识别地下水与地表水的交互过程、判别含水层补给来源等^[3-9]。目前, 我国地下水温度场方面的研究, 主要体现在查找岩溶管道和坝堤渗漏通道、开发利用地热水等方面^[10-16], 利用地下水温度场信息验证地下水系统划分合理性的研究较少。地下水的温度也是地下水动态变化的一项重要指标, 对地下水温度进行全面监测, 掌握地下水温度的时空分布特征, 研究地下水温度的变化

规律, 不仅可以反映地下水系统的水文地质特征, 还可以为识别和划分地下水系统提供依据。

云南省丽江市黑龙潭地下水系统分布区高程3 500 m~2 400 m, 属典型的高山与盆地地貌, 可溶岩广泛分布, 岩溶强烈发育, 断裂与褶皱组合发育, 水文地质环境复杂, 泉域的界定和地下水系统划分成为一大难题。本文利用研究区2018年6—11月夏秋季节获得的大量地下水温度监测数据, 分析研究区地下水温度场特征, 结合其他勘察和试验成果, 查明黑龙潭地下水系统的地下水活动特征, 验证黑龙潭泉域的界定和地下水系统划分的合理性。研究区域位于高原山区, 其岩溶地下水温度场也反应了高原地区高山峡谷不同高程的地下水温度变化规律, 对其他类似地区的地下水研究也具有较好的参考意义。

资助项目: 中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司重大专项“岩溶洼地建库开发利用关键技术研究”(YJZD2020-02)

第一作者简介: 陈鑫(1992—), 男, 硕士研究生, 工程师, 研究方向为水文地质工程地质。E-mail: 1428927171@qq.com。

通信作者: 郑克勋(1982—), 男, 正高级工程师, 研究方向为水文地质工程地质。E-mail: 848545331@qq.com。

收稿日期: 2022-10-25

1 水文地质概况

研究区位于丽江市主城区和玉龙纳西族自治县辖区内(图 1),面积约为 574 km²。总体地貌为高原山区和盆地地貌,以中部的巴忙牛山为最高,山脊一

般高程 3 000~3 500 m,北部黑白水河深切,河谷高程 1 600~1 800 m,南部丽江盆地高程 2 400 m 左右。山体间局部分布较多岩溶盆地和洼地,主要有南面的九子海、腊日光、黄土坡、清溪北洼地和北面的古都塘、红水塘、吊水井等洼地。

通过研究 1:5 万水文地质勘察成果资料^[17]可

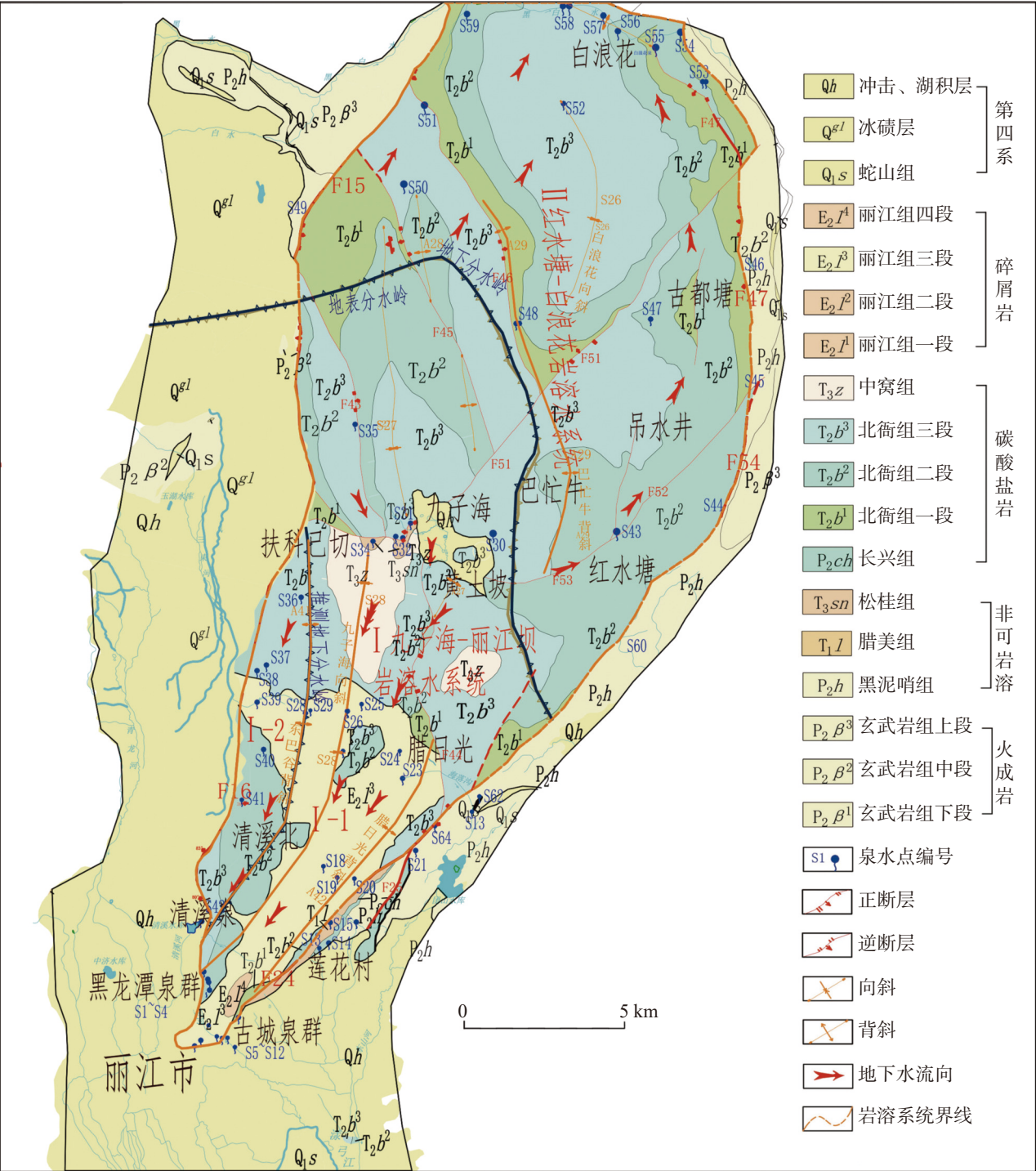


图 1 研究区水文地质简图

Fig. 1 Geology of the study area

知,研究区西侧以F15~F16阻水断裂为隔水边界;东侧以隔水岩组(P_2h 砂泥岩、 $P_2\beta$ 玄武岩)以及阻水断裂F47、F24为双重隔水边界;北侧边界为黑白水河隔水岩组(P_2h 砂泥岩、 $P_2\beta$ 玄武岩),隔水岩层与阻水断裂联合形成区域上的隔水周围边界;同时依据岩溶区地下水系统的结构面类型及特征,对于层状结构的含水层系统,通常以地面以下浅循环的潜水含水层或潜水—承压含水层之下的隔水层顶面为底界划分水资源及环境评价单元底界^[18],而研究区内北衙组下段下部(T_2b^{1-1})的砂泥岩与灰岩互层相对隔水层顶面可作为隔水周围边界和底部边界,将地下水控制在锥形碳酸盐岩强含水岩组中(北衙组 T_2b^{2+3} 白云质灰岩、灰岩以及丽江组第三段 E_2f^3 白云质钙质角砾岩),区域地下水主要在南侧丽江盆地北部边缘和北侧黑白水河谷排出地表。根据巴牯牛山地表分水岭各垭口的钻孔观测,该山脊一线地下分水岭与地表分水岭基本一致,考虑巴牯牛山的背斜构造,北衙组下段下部(T_2b^{1-1})的砂泥岩与灰岩互层相对隔水层扬起,将整个研究区划分为两个独立的地下水系统:红水塘—白浪花岩溶水系统(Ⅱ)和九子海—丽江坝岩溶水系统(Ⅰ)。

在九子海—丽江坝岩溶水系统(Ⅰ)内,东巴谷一带的背斜构造,核部北衙组下段下部(T_2b^{1-1})的砂泥岩与灰岩互层扬起,基本阻断了背斜核部两侧地下水水力联系,即沿东巴谷背斜核部一线存在地下分水岭,将清溪泉域(Ⅰ-2)与黑龙潭泉域(Ⅰ-1)分为两个相对独立的次级岩溶水流动系统,两者泉水出口区域直线距离约1 km。近年来,降水偏少,黑龙潭泉群(高程约2 408 m)断流期间,清溪泉(高程2 432 m)稳定出流。

2 地下水温度场变化特征

九子海—丽江坝岩溶水系统(Ⅰ),从北部九子海、腊日光、黄土坡、清溪北洼地等多见二叠系中统北衙组 T_2b^{2+3} 白云质灰岩、灰岩以及丽江组第三段 E_2f^3 白云质钙质角砾岩裸露地表的区域,延伸至南侧松散土层堆积的丽江断陷盆地,系统内地下水多从山边大泉水(黑龙潭泉群)排出地表,符合裸露—覆盖型岩溶水系统的基本特征^[19]。裸露—覆盖型岩溶水系统可划分为差异很大的裸露和覆盖型岩溶区。前者是岩溶水的补给、径流区,岩溶储水空间为不均

匀的洞隙系统,地下径流主要为快速的管道流;后者往往处于断裂的下降盘,岩溶发育相对均匀、连通性好,其水文地质特征等效于多孔介质,地下径流主要为慢速的扩散流^[19]。

笔者从2018年6—11月,利用地下水温度测量仪器(测量精度0.01℃)陆续对研究区19个监测点地下水温进行监测(图2),并对部分钻孔和监测井(以下统称为监测井)水温进行了垂向分段监测。通过统计监测数据并结合该区水文地质特性,分析九子海补给区与黑龙潭泉群、古城泉群之间地下水温的变化特征,以及清溪泉与黑龙潭泉群温度的差异性,推测岩溶泉域的地下水活动规律,验证黑龙潭泉域系统划分的合理性。

2.1 空间分布特征

由图3发现,研究区内地势起伏大,高程差约1 000 m,各监测点6—11月高温季节地下水平均温度与高程呈反比,从补给区到排泄区水温呈逐渐上升趋势。据表1可知,各区域地下水温为:九子海<白浪花泉<清溪泉<黑龙潭泉群<古城泉群,九子海区域地下水温度低于12℃,白浪花泉平均水温为13.0℃;南侧排泄区域,清溪泉温度较低,为13.5℃,黑龙潭泉群平均温度14.8℃,黑龙潭区域监测井水温平均14.2℃;古城区域,白龙潭潭和三眼井温度接近黑龙潭区域,为14.5℃,其余泉点温度都相对较高,在15.5~16.7℃之间。

排泄区,清溪泉与白浪花泉水温相对较低。清溪泉泉水的低温是泉水除接受清溪北洼地补给外,还接受深层玉龙雪山融水补给,属于“多源同汇”^[20];而相对独立的白浪花泉的补给区(古都塘洼地等)虽相隔较远,但因岩溶管道通畅,落差大,流量大,可以认为地下水径流强,赋存时间短,导致泉水温度未受深部岩体加热,维持低温。古城区域的三眼井和白龙潭潭水温接近黑龙潭泉水,说明古城与黑龙潭之间水力联系较好,而其余泉点温度都较高,结合泉水流动性较差等情况分析,可认为这些泉水所赋存的含水层通透性较差,受地温加热时间较长,导致泉水温度相对较高。

2.2 时间变化特征

根据各排泄(补给)区监测点不同时间的平均水温以及测温期间日降雨数据,做出不同时间降雨与

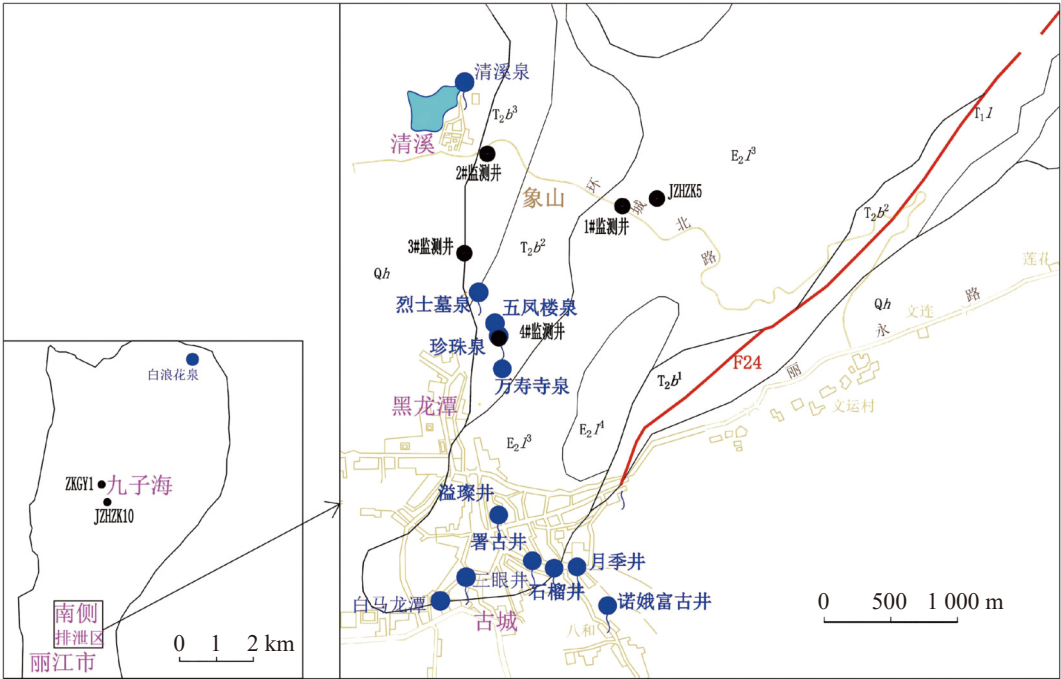


图 2 地下水温度监测位置图

Fig. 2 Location of the observation for groundwater temperature

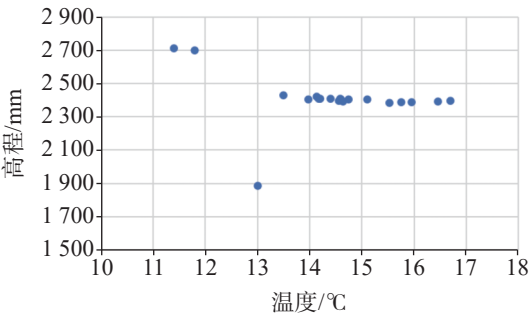


图 3 地下水温度-高程关系图

Fig. 3 Relationship between temperature and elevation of groundwater

地下水温度关系图(图 4)。2018 年汛期, 补给区地表沟水温度为 18 ℃ 左右, 雨水的温度为 16 ℃。九子海补给区地下水温度与降雨存在较明显的对应关系, 水温变化滞后降雨约 2 个月, 这是由于地下水的补给分为洼地补给和外排斜坡入渗。洼地补给分两部分, 一是集中管道流入, 在暴雨开始时, 水温应该和雨水接近; 在暴雨过后, 集中流入的水就是温度较高温水, 还有就是洼地雨水的分散入渗。九子海的钻孔地下水温度高温季节持续上升, 因为它主要是降水的入渗的水位有所升高所致。

表 1 地下水温度与高程统计表

Table 1 Statistics of groundwater temperature and elevation

监测点	监测高程/m	温度/℃	监测点	监测高程/m	温度/℃
JZH-ZK10	2 712.00	11.40	五凤楼泉	2 407.02	14.60
清溪泉	2 432.43	13.50	溢臻井	2 395.38	16.70
JZH-ZK5	2 420.00	14.13	三眼井	2 395.08	14.56
3号监测井	2 406.96	13.97	白马龙潭	2 393.30	14.64
1号监测井	2 410.00	14.40	署古井	2 390.89	16.45
2号监测井	2 409.00	14.17	石榴井	2 388.64	15.75
烈士墓泉	2 408.88	14.58	月季井	2 387.78	15.95
4号监测井	2 408.84	14.20	诺娥富古井	2 385.43	15.53
万寿寺泉	2 407.23	15.10	白浪花泉	1 885.00	13.00
珍珠泉	2 407.09	14.74			

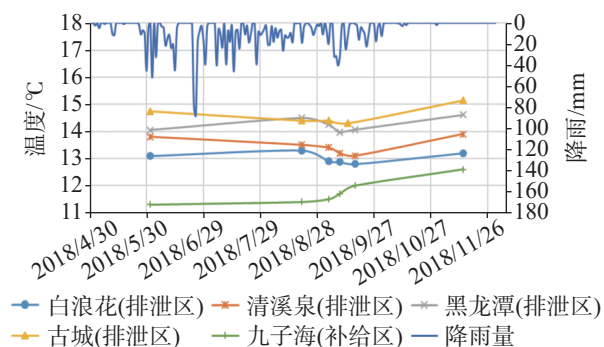


图 4 降雨与地下水温度关系图

Fig. 4 Relationship between precipitation and groundwater temperature

从排泄区地下水温度与降雨的时间变化关系来看,各区域地下水温度变化有所区别。清溪泉与古城区域地下水温度变化过程较为相似,先降后升。结合两者补给来源分析,清溪泉主要接受其北侧清溪洼地的集中入渗补给,古城泉群出露于第三系砾岩含水层,接受北侧腊日光洼地的集中入渗补给,两者地下水补给、径流、排泄过程的距离较短,可以推测汛期降雨量增加,地下水水流更通畅,在地下赋存的时间短,更接近于高海拔补给源区的水温;后期降雨减少,地下水流通畅性减弱,温度呈现不同程度的回升。

白浪花与黑龙潭区域地下水温度变化过程较为相似,先升后降再升高,这是由于白浪花泉和黑龙潭泉群出露于北衙组灰岩含水层,黑龙潭泉群补给区主要为九子海、黄土坡等洼地,白浪花泉补给区主要为红水塘、吊水井等洼地,补给源均较远,响应时间较长,因此出现汛前期水温仍处于增长状态^[9]。

2.3 钻孔水温变化特征

据各泉域排泄区监测井水温监测数据表明水温与埋深相关。黑龙潭公园一带水位埋深浅的监测井受大量降雨入渗的影响,在垂向上,上层水温高于下层,到一定深度后水温恢复稳定,如 3#监测井(图 5);而象山北侧埋深较深的监测井,在垂向上水温相对稳定,局部水温有轻微变化,以地下水径流为主,地表水入渗影响程度较小,如 1#监测井、JZH-ZK5 钻孔、2#监测井(图 5)。

3 地下水温度场特征指示意义

地下水温度与地下水活动密切相关,可作为一种良好的天然示踪因子,其时空变化特征对地下水活动具有较好的指示作用。

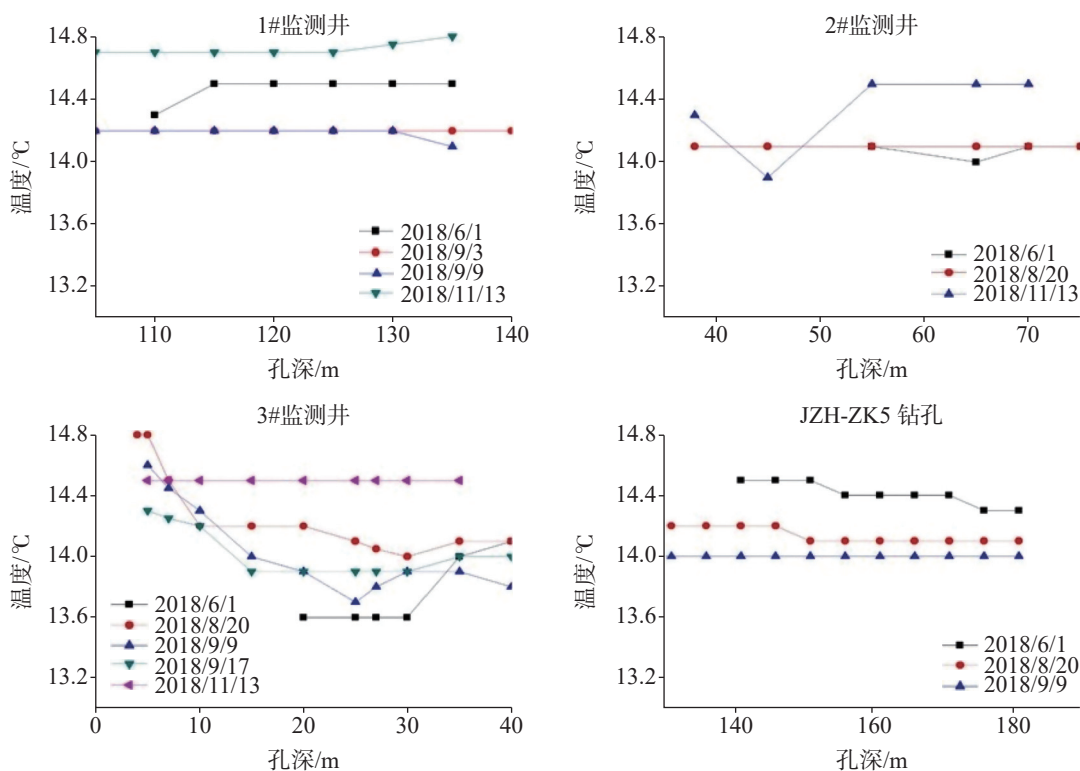


图 5 监测井地下水温度统计图

Fig. 5 Statistics of groundwater temperature of monitoring well

3.1 空间分布特征指示意义

分析地下水温度空间变化特征可知,地下水水位高程与温度有较好的对应关系,高海拔补给区地下水温度低;从补给区到排泄区呈逐渐上升趋势。白浪花泉位于研究区北侧排泄区,泉水温度最低,而其排泄高程较低,为 1 885 m,而白浪花泉域内补给区到排泄区距离相对较远,说明泉域地下水径流较为通畅,可能存在集中汇流的岩溶管道,降雨入渗到地下水体后,赋存时间短。清溪泉和黑龙潭泉群均位于研究区南侧排泄区,距离较近,约 1 km,而两个区域地下水温度的差异相对较大,大于 0.5 ℃,一定程度表明两者补径排条件存在差异;古城区域内,部分流动通畅的泉水温度接近黑龙潭泉水温度,说明两者存在一定水力联系,对于部分温度明显偏高的泉水,可以认为是受到人类活动以及含水层特性的影响。韩啸等^[17]试验表明,九子海洼地补给区地下水与黑龙潭泉群和古城泉群具有显著的连通关系,与清溪泉群和白浪花泉群不存在连通关系,九子海至黑龙潭和古城的地下水渗流速度分别为 405.86~1 077.84 m·d⁻¹、349.96~629.09 m·d⁻¹,试验结果印证了地下水温度的指示意义。

3.2 时间变化特征指示意义

在监测期间,九子海补给区地下水温度明显上升,但仍保持在 12.6 ℃ 以下的低温,结合此期间补给区地表水高温现状,说明补给区地下水以降雨入渗为主,地下水明显受到了渗入地表水的混合加热作用影响。汛期内,地下水接受大量降雨补给,地下水水流通畅性增强,赋存时间短,导致排泄区地下水温度更接近补给区水温,水温整体呈下降趋势;汛期结束,降雨减少,地下水流通畅性减弱,排泄区地下水温度发生不同程度的回升,水温的快速响应说明研究区地下水运动活跃,交换条件好,但清溪泉与黑龙潭泉水温度响应过程区别较大,且两者整体上存在明显温差,更加说明了两者在补径排条件上存在较大区别,从而证实了东巴谷背斜次级地下分水岭的存在,将清溪泉与黑龙潭泉群分属于不同次级岩溶地下水系统,同时,黑龙潭泉水与古城泉水温度的高低关系对两者在黑龙潭岩溶水系统内的上下游关系不矛盾,且较为合理。

3.3 钻孔水温变化特征指示意义

理论情况下,地下水会受地温梯度的影响,即

受到地球内部热量的加热作用,而呈现随深度增加温度逐渐上升的现象,上升幅度取决于导热条件,导热条件越好,地温梯度值越大,导热条件主要由地下水温度、含水层岩性、渗透性等决定^[16]。受太阳辐射、地下水活动等因素影响,地下水温度并不完全符合随深度增加温度逐渐上升的理论规律,也会出现地下水温度随深度增加保持不变或逐渐下降的情况,因此,地下水温度异常,往往能分析出相应的地下水活动。笔者查阅相关文献,总结出地下水温度出现随深度增加而温度值保持不变或呈下降趋势的原因^[5,9,11-12,16],主要有四点:

(1)降雨下渗。降水形成的地表水温度高于地下水温度,入渗补给时会加热地下水,该现象一般发生在水位埋深较浅的地带,如 3#监测井,降雨入渗产生的影响表现得较为明显。

(2)岩溶管道发育。当某一深度岩溶管道发育时,地下水将深部传来的热量“冲刷”带走,就会出现地下水温度随深度增加而递减的现象,如 2#、3#监测井以及 JZH-ZK5 号钻孔,其下部可能存在较发育的岩溶管道。

(3)地下水垂向运动剧烈,上下扰动性大,温度交换条件好,则会在这一活跃带出现较稳定温度值,排泄区内各监测点均有此类现象,尤其在地下水流通畅的时段表现较为明显。

(4)受太阳辐射能的影响,地表温度呈现昼夜变化和季节变化,昼夜变化影响地表以下 1~2 m,季节变化最深影响到地表以下 30 m。

4 结 论

(1)研究区地下水温度从补给区到排泄区呈上升趋势。受降雨入渗的影响,会出现补给区地下水温度升高,而排泄区地下水温度降低的现象,此现象的响应时间不超过两个月。

(2)根据研究区地下水温度相似性和差异性,揭示了地下水温度对地下水系统划分具有较好的指示作用,也验证了研究区已有系统划分成果的合理性。

(3)根据黑龙潭排泄区监测井水温随深度增加不变或逐渐降低的异常现象,揭示了岩溶泉域地下水径流系统发达的水文地质特性。

地下水温度作为天然示踪剂,一定程度反映地下水的活动规律,但由于地下水温度的研究起步较

晚,且地下水温度变化规律较为复杂,不同地区的地下水温具有不同的变化特征。因此,在水文地质条件复杂的岩溶地区,应尽量做到具体问题具体分析。

参考文献

- [1] 靳念柱, 杨建宁. 地下水温度场基本理论研究[J]. 河南科技, 2013(12): 212.
- [2] 庞忠和. 地下水运动对地温场的影响: 研究进展综述[J]. 水文地质工程地质, 1987(3): 30-34.
- [3] 葛孟琰, 马瑞, 孙自永, 龙翔, 邢文乐, 王烁, 尹茂生. 高寒山区河水与地下水相互作用的温度示踪: 以黑河上游葫芦沟流域为例[J]. 地球科学, 2018, 43(11): 4246-4255.
GE Mengyan, MA Rui, SUN Ziyong, LONG Xiang, XING Wenle, WANG Shuo, YIN Maosheng. Using heat tracer to estimate river water and groundwater interactions in Alpine and cold regions: A case study of Hulongou watershed in upper reach of Heihe river[J]. Earth Science, 2018, 43(11): 4246-4255.
- [4] 喻希乐, 王毅. 潘北矿灰岩地下水温度变化特征及影响因素分析[J]. 地下水, 2013, 35(5): 26-28, 35.
YU Xile, WANG Yi. Analysis on temperature variation characteristics and influencing factors of limestone groundwater in Panbei[J]. Ground Water, 2013, 35(5): 26-28, 35.
- [5] 陈植华, 孙璐, 龚星. 马坑铁矿疏干条件下地下水温度场特征及其指示意义[J]. 地质科技情报, 2012, 31(5): 136-142.
CHEN Zhihua, SUN Lu, GONG Xing. Characteristics of groundwater temperature field and its indicative significance under drainage condition of Makeng Iron Mine[J]. Geological Science and Technology Information, 2012, 31(5): 136-142.
- [6] 张佳, 霍艾迪, 赛佳美, 陈嘉莉, 冯逸伟, 李英豪. 基于温度示踪的渭河西咸新区段潜流交换研究[J]. 人民黄河, 2017, 39(10): 66-69.
ZHANG Jia, HUO Aidi, SAI Jiamei, CHEN Jiali, FENG Yiwei, LI Yinghao. Hyporheic study of Weihe river in Xi-Xian New Zone based on temperature tracer[J]. Yellow River, 2017, 39(10): 66-69.
- [7] 马瑞, 董启明, 孙自永, 郑春苗. 地表水与地下水相互作用的温度示踪与模拟研究进展[J]. 地质科技情报, 2013, 32(2): 131-137.
MA Rui, DONG Qiming, SUN Ziyong, ZHENG Chunmiao. Using heat to trace and model the surface water-groundwater interactions: A review[J]. Geological Science and Technology Information, 2013, 32(2): 131-137.
- [8] 董林垚, 陈建耀, Jun Shimada, 尹政兴. 地温示踪技术在地下水科学中的应用研究进展[J]. 长江科学院院报, 2018, 35(12): 39-45.
DONG Linyao, CHEN Jianyao, Jun Shimada, YIN Zhengxing. Research progress of heat as a tracer to interpret scientific problems in hydrogeology[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2018, 35(12): 39-45.
- [9] 高明刚. 云南南洞岩溶地下河水温场时空变化规律研究[J]. 中国岩溶, 1995, 14(1): 19-30.
GAO Minggang. Time-space variation of water temperature field in the Nandong subterranean river system, Yunnan[J]. Carsologica Sinica, 1995, 14(1): 19-30.
- [10] 沈春勇. 水利水电工程岩溶勘察与处理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2015: 143-146.
- [11] 董海洲, 陈建生. 利用温度示踪方法探测基坑渗漏[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(12): 2085-2090.
DONG Haizhou, CHEN Jiansheng. Study on groundwater leakage of foundation pit with temperature tracer method[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(12): 2085-2090.
- [12] 周志芳, 王锦国. 河流峡谷区地下水温度异常特征分析[J]. 水科学进展, 2003, 14(1): 62-66.
ZHOU Zhifang, WANG Jinguo. Abnormal characteristics analysis of groundwater temperature field in canyon areas[J]. Advances in Water Science, 2003, 14(1): 62-66.
- [13] 周训, 陈明佑, 李慈君. 深层地下热水运移的三维数值模拟[M]. 北京: 地质出版社, 2001.
- [14] 陈建生, 余波, 陈亮. 利用地下水温度场研究江都高水河船厂段堤防的渗漏[J]. 岩土工程界, 2002(12): 37-39.
- [15] 刘松富. 温度和pH值检测法在观音岩水电站坝基渗漏分析中的应用[J]. 水利建设与管理, 2018, 38(10): 1-6.
LIU Songfu. Application of temperature and pH value detection method in analysis of dam foundation leakage in Guanyinyan hydropower station[J]. Water Conservancy Construction and Management, 2018, 38(10): 1-6.
- [16] 熊亮萍, 汪集旻. 钻孔地温分布与地下水活动[J]. 地质科学, 1992(Suppl.1): 313-324.
XIONG Liangping, WANG Jiyang. Geotemperature distribution in borehole and groundwater activity[J]. Scientia Geologica Sinica, 1992(Suppl.1): 313-321.
- [17] 韩啸, 陈鑫, 郑克勋, 刘胜. 示踪试验在岩溶大泉修复中的应用: 以丽江黑龙潭为例[J]. 中国岩溶, 2019, 38(4): 524-531.
HAN Xiao, CHEN Xin, ZHENG Kexun, LIU Sheng. Application of the tracer test in karst hydrogeological prospecting: An example of Heilongtan, Lijiang, Yunnan[J]. Carsologica Sinica, 2019, 38(4): 524-531.
- [18] 王宇. 岩溶区地表水与地下水资源及环境统一评价的流域边界划分研究[J]. 中国岩溶, 2019, 38(6): 823-830.
WANG Yu. Study on watershed boundary division for unified evaluation of surface water and groundwater resources and environment in karst areas[J]. Carsologica Sinica, 2019, 38(6): 823-830.
- [19] 王宇. 西南岩溶地区岩溶水系统分类、特征及勘查评价要点[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 114-119.
WANG Yu. Classification, features of karst water system and key point for the evaluation to karst water exploration in Southwest China karst area[J]. Carsologica Sinica, 2002, 21(2): 114-119.
- [20] 高伟. 云南省丽江市黑龙潭泉域地下水系统分析[D]. 成都: 成

都理工大学, 2016.

GAO wei. The systematic analysis of Heilongtan spring area

karst-water system in Lijiang City of Yunnan Province[D].

Chengdu: Chengdu University of Technology, 2016.

Characteristics of temperature field of the Heilongtan groundwater system in Lijiang

CHEN Xin¹, ZHENG Kexun², HAN Xiao², TIAN Mao¹

(1. Guizhou Water & Power Survey-Design Institute Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550002, China; 2. PowerChina
Guiyang Engineering Corporation Limited, Guiyang, Guizhou 550081, China)

Abstract The groundwater temperature is an important indicator of groundwater dynamic change. Therefore, comprehensively monitoring groundwater temperature, understanding its temporal and spatial distribution characteristics, and studying its change rule can not only reflect the hydrogeological characteristics of groundwater system, but also provide a basis for its identification and division. With an elevation of 3,500 m–2,400 m, the Heilongtan groundwater system of Lijiang, Yunnan Province is a typical mountain and basin landform with wide distribution of soluble rocks, strong development of karst, and combination of faults and folds. Its hydrogeological environment is complex, challenging the delimitation of spring area and groundwater system. Because the study area is located in the plateau mountainous area, and the temperature field of karst groundwater can also reflect the variation of groundwater temperature at different elevations in the mountain and canyon areas on the plateau, this study has a great referential significance for the research of groundwater in other similar areas. Based on previous research results as well as a large number of monitoring data on groundwater temperature obtained in the study area from June to November, 2018, the spatial-temporal variation characteristics of groundwater temperature in the spring area and the variation characteristics of borehole water temperature were compared and analyzed, and the indicative significance of these two types of variation characteristics were discussed. Meanwhile, the feasibility of system division of the Heilongtan spring area was verified.

The results show that there is a good spatial correlation between the elevation of groundwater level and temperature, and the groundwater temperature in the recharge area at high altitude is low. From the recharge area to the discharge area, the water temperature experiences a gradual upward trend. The water temperature in the discharge area can also indicate the circulation of groundwater runoff. The lower the water temperature in the discharge area is, the smoother groundwater becomes. In terms of time, as groundwater receives a large amount of rainfall recharge during the flood season, the circulation of groundwater flow increases, which may result in a short storage time of water and the phenomenon that the groundwater temperature in the discharge area is closer to that in the recharge area and that the overall water temperature decreases. At the end of the flood season, as rainfall decreases, the circulation of groundwater flow weakens, and the underground water temperature in the discharge area rises in different degrees. In a certain depth below the surface, the groundwater temperature does not completely conform to the theoretical law that the temperature rises gradually with the increase of depth, On the contrary, the groundwater temperature will remain unchanged or decrease gradually with the increase of depth, the reasons of which can be summarized as follows. (1) The temperature of surface water formed by precipitation is higher than that of groundwater, and the groundwater will be heated during infiltration and recharge. (2) When a deep karst pipeline is developed, the groundwater will "wash" away the heat from the deep, and the groundwater temperature will decrease with the increase of depth. (3) If the vertical movement of groundwater is intense, with large up-and-down disturbances and good temperature exchange conditions, the temperature value will become relatively stable in this active zone. This phenomenon is found in all monitoring points in the discharge area, especially in the period of smooth groundwater flow. (4) Under the influence of solar radiation energy, the surface temperature shows diurnal and seasonal variations. The diurnal variation affects

1–2 m below the surface, and the seasonal variation affects 30 m below the surface. This study shows that there are similarities and differences in the groundwater temperature in the study area, and the groundwater temperature is a good indication for the delimitation of groundwater system. This study also verifies the rationality of the existing delimitation system in the study area.

Key words groundwater temperature field, plateau mountainous area, karst spring, groundwater system

(编辑 张玲)

桂东北泥盆纪—石炭纪“台盆相间” 沉积体系研究获新进展

桂东北是全国乃至全球泥盆系和石炭系研究的经典地区,发育了极富特色的“台盆相间”沉积体系。近日,中国地质调查局岩溶地质研究所对桂东北泥盆系-石炭系界线研究中获得新进展。

研究团队对桂东北保存完好的南边村全球辅助层型剖面 (ASSP)、额头村组层型剖面、鹿寨组层型剖面等 20 条 D/C 界线剖面进行详细的沉积学研究,通过梳理岩相、重建古地理、识别海平面变化和厘定同沉积构造运动的影响等方式,获得以下结论:(1)桂东北泥盆纪和石炭纪主要发育桂林、柳州两大台地及其它小型台地,台地间被深水盆地分割,受海平面长周期“慢进快退”影响,相变在 D/C 界线附近大幅增强。(2)桂东北台盆相间格局的发展历程具有明显的阶段性。早泥盆世中期—晚期,在广西运动不整合面之上发育底砾岩和大套碎屑岩,为台盆

相间格局的孕育期;早泥盆世晚期—中泥盆世晚期,海平面变化逐渐上升,断陷发育,沉积开始分异,具有“台先盆后”特征,为台盆相间格局的发展期;晚泥盆世—早石炭世,相变达到最强,为台盆相间格局的鼎盛期;早石炭世之后,台盆相间逐渐减弱,为台盆相间格局的衰退期。(3)海平面变化和柳江运动是桂东北“台盆相间”格局形成的主要因素。对桂东北和广西的层序格架、断陷作用和不整合类型判别与分析,认为在裂谷盆地背景下,同沉积构造运动(柳江运动)对台盆相间发育是温和的、非破坏性的,构造作用相当于促进了台盆相间的形成,而海平面升降对台盆相间的发展规模、关键沉积物分布具有决定性影响。

(供稿 吴亮君)