

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2018.02.06

引用格式: 杨荣康,罗维,裴永炜,等. 贵州省水热型地热资源分布及流体水化学特征[J]. 中国地质调查,2018,5(2):38-44.

贵州省水热型地热资源分布及流体水化学特征

杨荣康¹, 罗维², 裴永炜², 王乾¹

(1. 贵州省地质环境监测院, 贵阳 550004; 2. 贵州省环境地质研究所, 贵阳 550004)

摘要: 为分析总结贵州省水热型地热资源分布特征和水化学特征,对省内天然温泉和地热井流体进行调查和采样测试,在全面收集已有最新地热勘查资料的基础上,通过地热资源地质勘查、评价相关标准和规范以及流体水化学 Piper 三线图分析等,划分地热资源类型,分析资源分布、资源富集和热储特征,研究不同构造区、不同热储中流体水文地球化学、微量元素等特征。结果表明:贵州省水热型地热资源主要分布于黔中及黔北地区,属低温地热资源,类型以隆起(褶皱)断裂型为主,以层状兼带状热储分布最广;地热流体富集和出露受构造控制明显,在石阡、遵义、贵阳、息烽等地形成以震旦系、寒武系白云岩热储为主的4大地热资源富集区,动态较稳定;相同构造区和热储中流体水化学特征基本相似,水化学类型总体以重碳酸盐型为主,具有矿化度低、富含锶、偏硅酸、氟、氡等对人体有益的微量元素和放射性成分等特征。

关键词: 地热资源; 水化学特征; 贵州省

中图分类号: P314

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2018)02-0038-07

0 引言

地热资源是指能够经济地被人类所利用的地球内部的地热能、地热流体及其有用组分^[1]。我国地热资源可划分为浅层地温能、水热型地热资源和干热岩3大类,其中水热型地热资源包括天然露头和通过人工钻井直接利用的地热流体^[2],由于其具有良好的经济、环境和生态效益,地热资源勘查、评价及开发利用已成为近年来国内研究热点^[3-4]。

贵州省地热资源类型以水热型和浅层地温能为主^[5],水热型地热资源研究始于20世纪80年代,贵州省地矿局第二水文地质工程地质大队开展了全省的矿泉水调查工作,率先对全省天然出露温泉进行了系统调查^[6]。“十二五”期间,贵州省完成了全省地热资源现状调查评价与区划工作,并完成贵阳、遵义、铜仁、毕节、安顺等地区地热资源整装勘查项目,2017年9月贵州省国土资源厅启动了锦屏、晴隆、惠水、威宁等10个地区地热资源勘查

项目,同时随着市场勘查经费的大量投入,勘查施工地热井数量巨增。据不完全统计,贵州省现已完成施工可开发利用地热井达250余口,这些工作大幅度提高了贵州省地热资源勘查程度,并积累了大量的地热资源勘探、流体水质和动态监测资料,特别是贵州省东部变质岩地区地热资源勘查的新突破,在地热资源勘查技术和理论认识上取得了诸多研究新成果,但多数仅限于点上和勘查区内的成果总结,对全省区域上的地热资源分布及水化学特征研究和规律方面的总结稍显欠缺。

基于以上贵州省地热资源勘查背景和目前存在问题,本文对全省100处温泉及地热井进行了调查和流体水质采集测试,主要测试项目为全分析、微量元素分析和放射性成分分析(氡、镭);对全省地热井勘探报告(93口)、温泉调查(91处)、流体水质测试、动态监测以及近年来省内地热相关研究专著和成果等资料进行了收集和整理;通过地热资源地质勘查、评价相关标准和规范以及流体水化学 Piper 三线图分析的方法,划分地热资源类型,分

收稿日期: 2017-12-25; 修订日期: 2018-03-11。

基金项目: 中国地质调查局“贵州省地热资源现状调查评价与区划(水[2013]]01-029-006)”项目资助。

第一作者: 杨荣康(1986—),男,工程师,从事水工环地质调查研究。Email: 306545310@qq.com。

析资源分布、资源富集和热储特征,以及不同构造区、不同热储中流体水文地球化学、微量元素等特征;总结完善贵州省水热型地热资源分布和水化学特征的新认识,提出贵州省地热资源勘查和研究存在的问题以及今后勘查研究的重点等相关建议,为贵州省水热型地热资源勘查、区域地热资源开发利用提供参考。

1 区域地质概况

贵州省位于我国西部云贵高原,面积为 17.61 万 km²,属亚热带湿润季风气候,恒温层温度为 14~16℃,地处扬子准台地与华南褶皱带复合部位(图 1),自雪峰运动以后,基本处于比较稳定的陆块构造环境。华南褶皱带以早泥盆世褶皱为

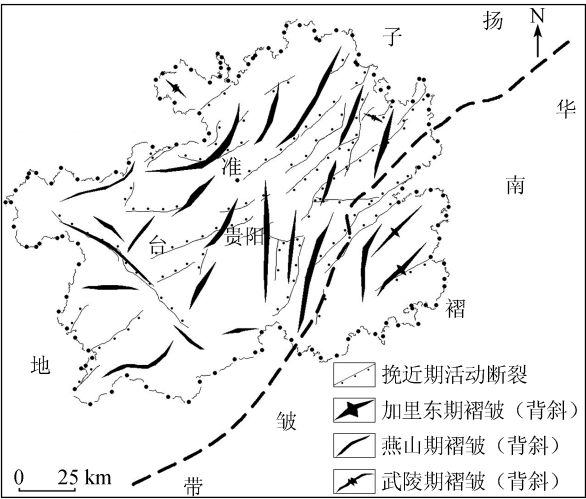


图 1 贵州省区域构造纲要

Fig. 1 Geological structure sketch in Guizhou Province

基底的晚志留世准地台,其形成陆壳时间较扬子准地台晚,以加里东期 NE 向褶皱变形为主,扬子准地台以下震旦统为基底的准地台,以 NE 向、NNE 向及 NW 向构造为主,如思南—白马洞断裂、松桃—碧痕营断裂、松桃—榕江断裂及燕山期褶皱变形等。全省地层发育齐全,从中元古界至第四系均有出露,厚度 3 万余 m,中、新元古界以海相碎屑地层和火山地层为主,古生代至中生代早期以海相碳酸盐地层占优势,晚三叠世晚期以后则全为陆相碎屑地层^[7]。扬子准台地板块区内碳酸盐岩广泛出露,岩溶地下水资源丰富,以寒武系、奥陶系、二叠

系、三叠系岩溶含水层分布最为广泛,并与上部覆盖的碎屑岩隔热层形成良好的地热资源储存环境。

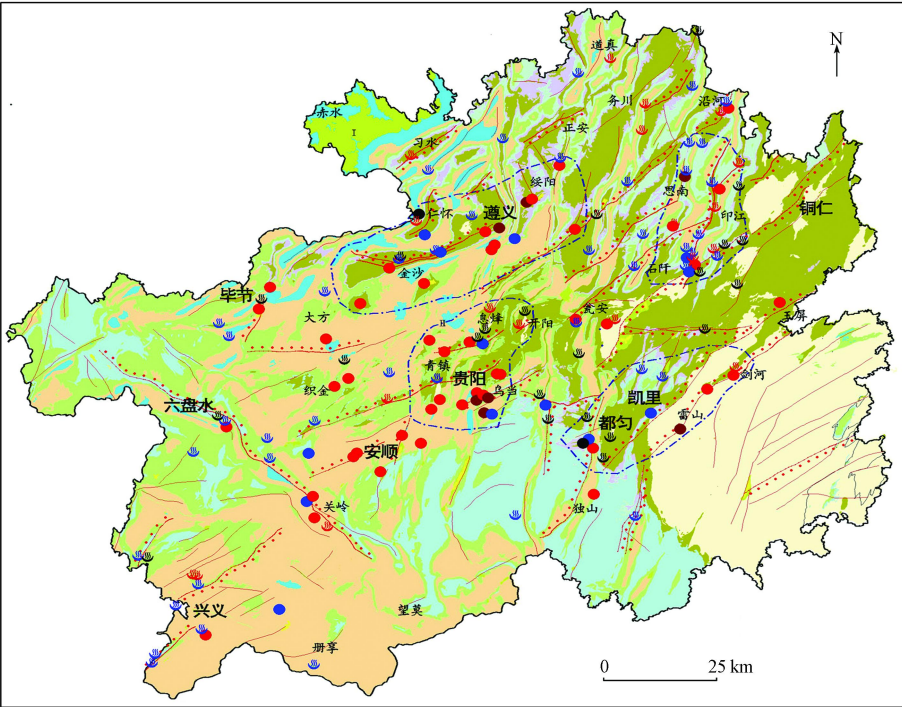
2 地热资源分布及特征

贵州省内缺乏放射性热源的物质基础,地热流体的水化学类型与第四纪岩浆侵入活动和火山作用有明显的差别^[8],地热流体是由于大气降水补给形成,属于大气成因,它是大气降水渗入经长时间的深循环并受 NE 向及 NNE 向活动断裂控制沿地温梯度增温的结果^[9-10]。根据最新施工地热勘查井勘探和测井结果与历史资料对比分析,结合区域地质构造特征,对贵州省地温梯度等值线图进行了修正,对全省地热资源及热储类型划分进行了补充,绘制了贵州省水热型地热资源地质分布特征图(图 2)和贵州省地热资源类型及地温等值线分布图(图 3)。

水热型地热资源集中分布于黔中及黔北,构造上属于黔北台隆—遵义断拱二级构造单元,范围为西部六盘水—七星关以东,南部关岭—都匀—剑河以北,在石阡—思南,遵义—金沙、贵阳乌当—水田、息烽—开阳等 4 大区域形成地热资源富集区(图 2),在黔西南兴义和云南交界区也较为富集。地热资源具有总体受 NNE 向深部构造控制,沿构造带分布于上扬子准台地岩溶地层的特征^[11-14]。其中,寒武系—奥陶系地层白云岩地层分布最为集中,其中以遵义、贵阳、息烽、石阡地区最为典型,其次为三叠系岩溶地层,以安顺、黄果树、兴义等地区为代表。总体上,贵州省地热资源类型与板块内部的次级构造单元有关,地热资源的形成和富集多受 NE 向及 NNE 向新构造运动和晚近期活动构造控制,在水城至关岭一线受 NW 向构造控制明显。

2.1 地热资源及热储类型

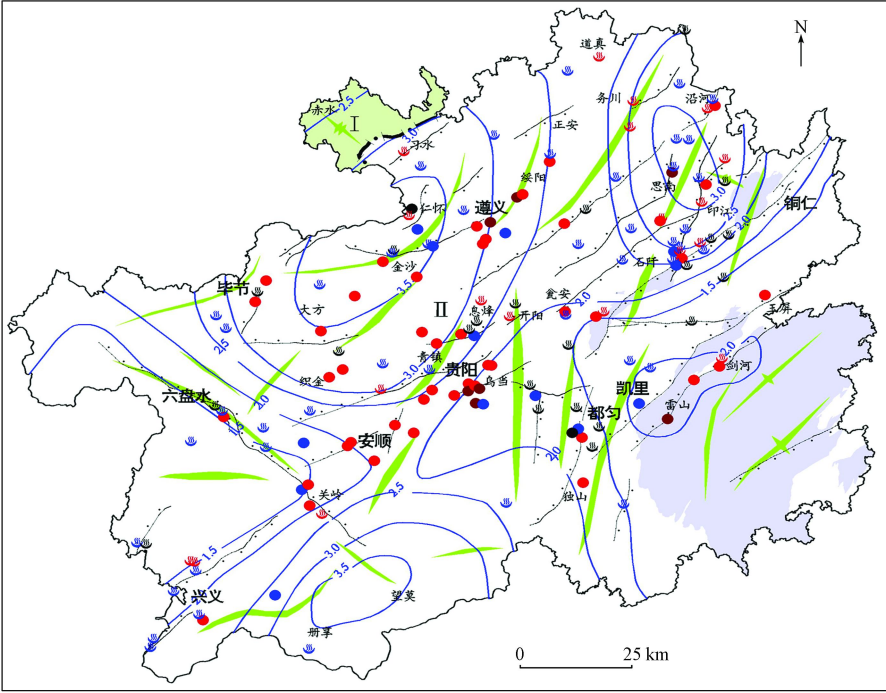
按构造成因和地下热水形成的基本要素,贵州省水热型地热资源分为隆起(褶皱)断裂型和沉积盆地 2 种类型。沉积盆地型主要分布在四川盆地边缘,在贵州省仅限于北隅的赤水 and 习水;隆起(褶皱)断裂型则分布在四川盆地南东的前陆褶皱冲断带,占贵州省境绝大部分(图 3)。按流体温度分级均属于低温地热资源(温度≤90℃)。



1. 第四系; 2. 古近系; 3. 白垩系; 4. 侏罗系; 5. 三叠系; 6. 二叠系; 7. 石炭系—泥盆系; 8. 志留系; 9. 奥陶系; 10. 寒武系; 11. 青白口系; 12. 重要晚近期活动断层; 13. 导热断层; 14. 地热井($60\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 90\text{ }^{\circ}\text{C}$); 15. 地热井($40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 60\text{ }^{\circ}\text{C}$); 16. 地热井($25\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$); 17. 地热井($20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$); 18. 温泉($40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 60\text{ }^{\circ}\text{C}$); 19. 温泉($25\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$); 20. 温泉($20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$); 21. 地热资源丰富区

图2 贵州省水热型地热资源分布特征

Fig. 2 Distribution characteristics of hydrothermal geothermal resources in Guizhou Province



1. 沉积盆地型; 2. 隆起(褶皱)断裂型; 3. 带状热储; 4. 层状热储; 5. 层状兼带状热储; 6. 地热井 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 90\text{ }^{\circ}\text{C}$; 7. 地热井($40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 60\text{ }^{\circ}\text{C}$); 8. 地热井($25\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$); 9. 地热井($20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$); 10. 温泉($40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 60\text{ }^{\circ}\text{C}$); 11. 温泉($25\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$); 12. 温泉($20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$); 13. 地温梯度等值线; 14. 地热资源类型界线; 15. 主要褶皱(背斜); 16. 重要晚近期活动断层

图3 贵州省地热资源类型及地温梯度分布

Fig. 3 Distribution of geothermal resource types and geothermal gradients in Guizhou Province

贵州省地热资源热储分为层状热储、带状热储及层状兼带状热储3类,绝大多数区域为层状兼带状热储,以往研究认为带状热储主要分布在江南褶皱断裂带的黔东南和右江造山带的变质岩地层中及黔西南州南部地层中,而在岩溶地层中,以层状热储为主,断裂构造主要为水量补给和运移的通道。随着地热资源勘查程度的提高,近年来对石阡温泉、息烽温泉等相关研究^[15-17]表明,岩溶区断裂带状热储是地热水资源形成和富集的主要控制因素^[18]。这些带状热储中的地热资源量是不可忽略的,如石阡温泉群、黄平浪洞温泉及玉屏地热井等。沉积盆地型地热资源以层状热储为主,仅分布于北隅的赤水 and 习水下三叠统中部至古近纪地层,大部分来自古沉积水。带状热储分布于江南褶皱断裂带的黔东南、梵净山穹窿背斜变质岩地层以及受松桃—碧痕营区域性活动断裂带控制的松桃—石阡—瓮安—一线岩溶地层。除此外的其他隆起山型地热资源均为层状兼带状热储,该类热储中的层状热储又按水文地质特征及其与上下岩层的叠置关系和组合特征划分为5大热储层,其中重要并广泛分布的有:①震旦系上统灯影组至寒武系下统金顶山组,主要位于大方、金沙、习水、仁怀、清镇、息烽、开阳、瓮安、福泉以及黔东北、黔东南地区;②下寒武统清虚洞组至下奥陶统大湾组下部,碳酸盐岩出露广泛,北部和东部分布最广,多见于背斜的轴部及其两翼,主要为清虚洞组上部中上寒武统娄山关群和下奥陶统桐梓组白云岩,以及红花园组古杯灰岩和大湾组中下部瘤状灰岩。除此外的其他3个热储层为:泥盆纪下统上部舒家坪组至下石炭统上司组;下石炭统旧司组至中二叠统梁山组;中二叠统栖霞组、茅口组至下三叠统夜郎组、飞仙关组下部。它们主要分布于贵州西部毕节、六盘水、兴义、关岭、安顺等地。

2.2 地温场及流体温度分布特征

根据最新修正的贵州省地温梯度等值线图,贵州省地温梯度南北高、东西低,大地热流值在25~120 mW/m²之间,地温梯度在1.0~4.0℃/100 m之间,平均值2.4℃/100 m,较高区主要分布在黔北仁怀、遵义、金沙、黔南望谟、册亨,铜仁市石阡、思南等地,总体上受深大活动断裂和褶皱(背斜)构造控制,局部受活动断裂构造影响,地温异常区地温增温率高达7.0℃/100 m^[19],如思南、册亨等地。全省地热流体(含地热井)温度为20~60℃的

(20~24℃,占16%;25~40℃,占52%;40~60℃,占31%)主要分布在金沙、息烽、黔北的遵义、仁怀、正安、务川、道真,以及瓮安、石阡、剑河、安顺和黔西南兴义等区域;流体温度为60~90℃,主要为地热井,仅占3%,分布在贵阳乌当、遵义风华、思南鹦鹉溪、黔东南雷山等地(图3)。

2.3 地热流体出露条件及动态特征

隆起(褶皱)断裂型地热资源天然出露多受NE向、NNE向构造控制,水城盆地—关岭一带主要受NW向构造控制,多沿背斜、背斜轴断裂或断裂带出现,形成呈带状分布的温泉密集带(区),出露条件受区域构造条件控制,以受松桃—碧痕营区域性断裂带控制的石阡温泉群—瓮安—贵阳—安顺一带最为典型,地热流体沿断裂带上涌至地表或浅部,以温泉形式出露在山间盆地或山间低洼地区,多见于喀斯特负地形,常出露在河谷底部或河床阶地上。据息烽温泉(55℃)、遵义浩鑫温泉地热井^[20](自流,49℃)(图4),以及贵阳、遵义地热资源整装勘查动态监测资料和2015年乌当振华集团地热井动态监测显示,地热流体无论水质、水量、水温均较稳定,几乎不受大气降水和季节变化的影响。

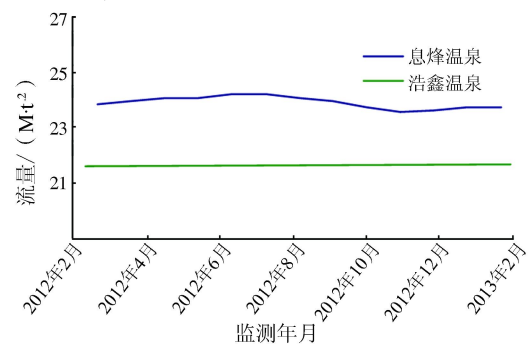


图4 典型温泉、地热井流量动态监测曲线
Fig.4 Dynamic monitoring curves of flow rate in typical hot springs and geothermal wells

3 地热流体水化学特征

统计显示,贵州省绝大多数地热流体pH值在7~8之间,占统计总数的87%,其中pH>8仅占7%。除赤水、习水的卤水钻孔为矿化度>50 g/L的热卤水外,其他地区矿化度一般都很低,绝大多数矿化度<1 g/L,占74.4%,属于淡水,矿化度为1~3 g/L,占17.8%,属于咸水。

3.1 流体水化学类型

流体水化学分为3个基本类型:重碳酸盐型,

占 66.98%；硫酸盐型,占 26.42%；氯化物型,占 6.60%。不同构造区及热储层流体水化学表现出不同的特征:从构造区来看,凤岗 NNE 向构造区 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 毫克当量百分比总体较毕节 NNE 向构造区和贵阳复杂变形区要高,贵阳复杂变形区 SO_4^{2-} 、 Cl^- 毫克当量百分比总体高于六盘水断陷区,黔南台隆构造区流体与六盘水断陷区类型分布相当,而在东部华南褶皱带区内 Na^+ 、 K^+ 毫克当量百分比比较高;从热储层分布来看,以震旦系、寒武系白云岩地层为主的热储中流体 SO_4^{2-} 、 Cl^- 毫克当量百分比平均要高于其他热储,而剑河、黄平等变质岩带状热储存区流体中 Na^+ 、 K^+ 毫克当量百分比高,全省二叠系及石炭系岩溶热储中流体水化学特征则表现出一定的相似性(图 5)。

总体上,地热流体中主要阳离子为 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ ,其中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 赋存于隆起(褶皱)断裂型碳酸盐热储中, Na^+ 、 K^+ 则主要赋存于沉积盆地型碳酸盐热储及东部变质岩区带状热储内;主要阴离子为 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- ,其中 HCO_3^- 是贵州省地下热水中最重要的阴离子,赋存于隆起(褶皱)断裂型地热资源的碳酸盐岩热储中, SO_4^{2-} 赋

存在层状型膏盐岩和白云岩热储中, Cl^- 主要分布于封存型沉积盆地的热卤水中(表 1)。

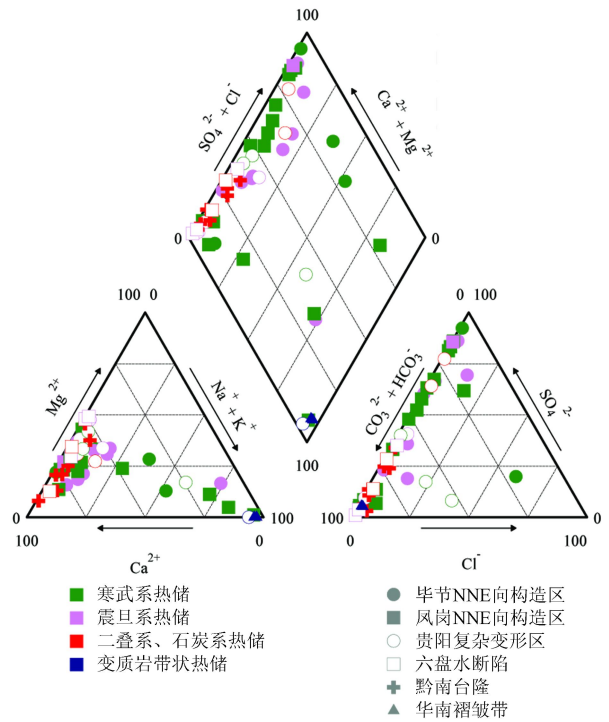


图 5 典型构造区及热储层地热流体 Piper 三线图(%)
Fig. 5 Piper Graph of fluids in typical tectonic zones and geothermal reservoirs

表 1 贵州省地热流体主量元素分布统计表				
Tab. 1 Statistics of main elements in geothermal fluids in Guizhou Province				
离子类型	种类	浓度/(mg L ⁻¹)	地热资源类型	主要分布区域
阳离子	Ca ²⁺	33.21 ~ 498.20	隆起(褶皱)断裂型	全省
	Mg ²⁺	3.66 ~ 94.10		
	Na ⁺	0.50 ~ 278.00	沉积盆地型为主	赤水、习水、剑河
	K ⁺	0.40 ~ 38.00		
阴离子	HCO ₃ ⁻	99.42 ~ 298.26	隆起(褶皱)断裂型	全省
	SO ₄ ²⁻	10.00 ~ 1 440.00	隆起(褶皱)断裂型	石阡、息烽、遵义、乌当
	Cl ⁻	14.10 ~ 42.56	沉积盆地型	赤水、习水

3.2 微量元素分布特征

贵州省地热流体中的特征性微量元素组分主要为水溶二氧化硅(SiO_2)、锶离子(Sr^{2+})、氟离子(F^-)、硼(B)、溴和碘(Br 、 I)。二氧化硅(SiO_2)含量一般不高,在 10.0 ~ 50.0 mg/L,多数为 10.0 ~ 30.0 mg/L,占总数的 87%(图 6(a));锶离子(Sr^{2+})为 1.0 ~ 30 mg/L,其中以 0.5 ~ 5 mg/L 为主,占总数的 68%(图 6(b));氟离子(F^-)浓度多在 1.0 mg/L 以下(图 6(c));地热流体中硼(B)含量高低与 Cl^- 浓度的高低密切相关, HBO_2 含量均在 1.0 mg/L 以下,多数在 0 ~ 0.3 mg/L;赤水热卤

水中的 Cl^- 浓度高达 31 156.72 mg/L,溴(Br)、碘(I)的含量及其分布与硼(B)相似,均产于赤水沉积盆地型热卤水中,含量 78.33 ~ 432.23 mg/L,赤水热卤水钻孔中碘(I)浓度可达 20.0 ~ 30.0 mg/L。全省微量元素达到饮用矿泉水标准点共 20 处,主要分布在黔北和黔西南的遵义、石阡、兴义、贵阳、毕节等地,地热资源类型均为隆起(断裂)型,流体产出于下奥陶统至上寒武统以及二叠系岩溶热储层,主要达标组分为锶、偏硅酸,氟离子及锶离子达到医疗矿水命名浓度,主要分布在扬子准台地—遵义断拱二级构造单元中遵义、铜仁及毕节局部等区

域,且流体温度越高,偏硅酸含量越高。

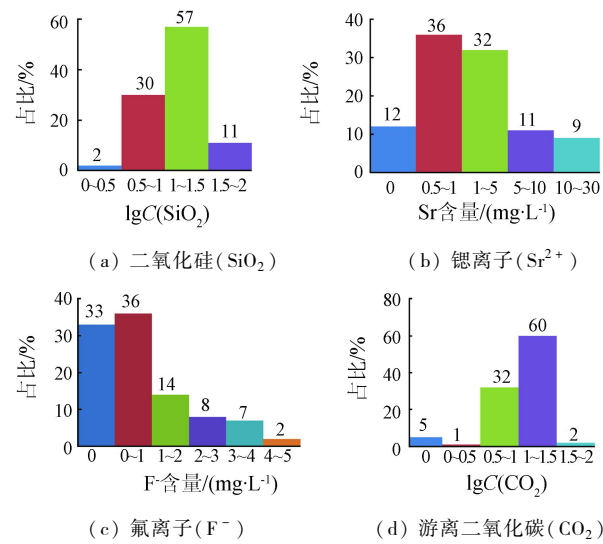


图 6 地热流体微量元素及气体成分分布频率图
Fig. 6 Distribution frequency of trace elements and gas components in geothermal fluids

3.3 气体及放射性成分

除赤水热卤水中游离二氧化碳 (CO₂) 的含量较高外,其他地区游离二氧化碳 (CO₂) 含量均在 10 ~ 40 mg/L 之间,绝大多数在 4.11 ~ 36.9 mg/L 之间,占总数的 92% (图 6(d))。大多数天然温泉都有间歇或连续的气体冒出,不少地热流体具有不同程度的 H₂S 气味,绝大多数地热钻孔中尤其是赤水地区热卤水钻孔具有强烈的 H₂S 气味,水温越高,H₂S 气味越强。流体中的放射性成分主要包括氡 (Rn)、镭 (Ra)、铀 (U)、钍 (Th),其中以氡最为重要,镭次之,镭的含量多数在 0.01 ~ 0.1 Bq/L 之间,氡以息烽温泉含量最高 (40.7 Bq/L),具有较高的医疗价值。

4 结论与建议

(1)贵州省水热型地热资源分为隆起(褶皱)断裂型和沉积盆地型 2 种类型,属于低温地热资源;热储类型划分为层状热储、带状热储、层状兼带状热储 3 大类型;断裂构造对地热资源的形成和富集、流体补给和循环起主控作用;地热资源集中于扬子陆层的黔中及黔北的遵义断拱二级构造单元内,在石阡、遵义、贵阳、息烽等地形成以震旦系和寒武系白云岩热储为主的 4 大地热资源富集区;流体水量、水质和温度动态变化均较为稳

定。

(2)流体水文地质化学特征与所在构造区、热储层、循环深度等因素有关。一般相同构造区和相同热储中流体水化学特征基本相似,水化学类型总体以重碳酸盐型为主,矿化度低,富含锶、偏硅酸、氟及氡等对人体有益的微量元素和放射性成分,具有较高的医疗价值。通常流体温度越高,偏硅酸、氟含量越高。

(3)近年来,贵州省地热资源勘查程度和开发利用程度不断提高,同时存在区域上过于集中、缺乏常规性的流体动态监测和统一开发利用管理等问题,地热回灌技术研究和实践方面尚属空白,对黔东南地区以变质岩带状热储地热资源的勘查及成矿机理认识有待深入和完善,对以往勘探资料显示地温梯度较高的黔西南册亨、望莫等区域尚未开展实质性的地热资源勘查工作。建议今后重点投入资金开展黔东南及黔西南地区勘查和成矿机理研究工作。组建全省范围内地热流体动态监测网络,开展地热资源动态监测研究和开发利用回灌技术研究及实践,为地热资源合理、科学、可持续开发利用提供强有力的技术支撑和保障。

参考文献:

[1] 王贵玲,张薇,梁继运,等. 中国地热资源潜力评价[J]. 地球学报,2017,38(4):449-459.
[2] 郑志忠. 水热型地热资源特征研究[J]. 能源与环境,2017(1):54-55.
[3] 周阳,李锋,闫文中,等. 关中盆地主要城市浅层地热能资源量赋存规律研究[J]. 中国地质调查,2016,3(4):12-18.
[4] 冯超臣,黄文峰. 山东省菏泽市聊城—兰考断裂带西部地区地热资源评价[J]. 中国地质调查,2015,2(8):55-59.
[5] 贵州省地质环境监测院. 贵州省地热资源调查评价与区划报告[R]. 贵州:贵州省地质环境监测院,2015.
[6] 袁富贵,裴永伟. 贵州省矿泉水调查评价报告[R]. 贵州:贵州省地矿局第二工程勘察院,1988:23-28.
[7] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1987.
[8] 杨荣康,杨丽君,王乾,等. 贵州石阡地热田地热资源量计算[J]. 贵州地质,2014,31(2):154-157,146.
[9] 田小林. 石阡断裂地热水赋存特征及开发利用[J]. 四川地质学报,2016,36(4):623-626.
[10] 汪磊,张海. 贵州西部威水背斜地热赋存规律及靶区预测研究[J]. 中国地质调查,2016,3(6):26-31.
[11] 何建华,张应文. 遵义北郊新构造对地热资源的控制作用[J]. 西部探矿工程,2015,27(8):118-120,124.
[12] 卢定彪,戴传固,谯文浪,等. 贵州省活动构造特征及地壳稳定性评价[M]. 北京:地质出版社,2011.

[13] 韩至钧,金占省. 贵州省水文地质志[M]. 北京:地震出版社, 1996.

[14] 杨胜元,张建江,赵国宣,等. 贵州环境地质[M]. 贵阳:贵州科技出版社,2008.

[15] 孟凡涛,杨元丽. 贵州省剑河温泉水化学特征及形成机制浅析[J]. 中国矿业,2015,24(7):58-62,77.

[16] 宋小庆,段启杉,孟凡涛,等. 贵州息烽温泉地质成因分析[J]. 地质科技情报,2014,33(5):216-220.

[17] 杨元丽,孟凡涛,杨荣康. 贵州省开阳县马岔河温泉水化学特征及成因[J]. 贵州地质,2014,31(3):229-233,228.

[18] 陈进,陈登齐. 贵州省石阡县地热资源分布现状及成因分析[J]. 地下水,2014,36(3):7-8,33.

[19] 赵璐,邬立,罗湘赣. 贵阳市乌当区地热田成因及水质特征分析[J]. 中国地质,2011,38(3):724-730.

[20] 何建华,魏泽权. 遵义市汇川区董公寺地热资源浅析[J]. 地质灾害与环境保护,2010,21(3):93-96.

Distribution and fluids hydrochemistry characteristics of hydrothermal geothermal resources in Guizhou Province

YANG Rongkang¹, LUO Wei², PEI Yongwei², WANG Qian¹

(1. Guizhou Institute of Geo-Environmental Monitoring, Guiyang 550004, China;
2. Guizhou Institute of Environmental Geology, Guiyang 550004, China)

Abstract: In order to analyze the distribution and fluids hydrochemistry characteristics of hydrothermal geothermal resources in Guizhou Province, the authors investigated and sampled fluids from hot springs and geothermal wells within the province. Based on the previous and newest geothermal resources exploration data, through geothermal resources exploration and evaluation standard and Piper Graph of fluids hydrochemistry, the authors divided geothermal resource types, and analyzed resource distribution, resource enrichment and geothermal reservoir characters. The characteristics of fluids hydrochemistry and trace elements in different tectonic zones and different geothermal reservoirs were also studied in this paper. The results show that the hydrothermal geothermal resources in Guizhou Province are mainly distributed in Central and Northern Guizhou, which belong to low temperature geothermal resources. And the main resource type is uplift (fold) fracture type and the most widely distributed geothermal reservoirs are layered reservoir and banding reservoir. The enrichment and outcrop of geothermal fluids are obviously controlled by the structure. The biggest four geothermal resource areas, mainly Sinian and Cambrian dolomite geothermal reservoirs in a stable dynamic state, are Shiqian, Zunyi, Guiyang and Xifeng. The hydrochemistry characteristics of the fluids in same tectonic zones and geothermal reservoirs are basically same. The fluids belong to bicarbonate type in hydrochemistry and they have low mineralization, and high content of trace elements and radioactive elements, such as strontium, metasilicate, fluorine and radon.

Key words: geothermal resources; hydrochemistry characteristics; Guizhou Province

(责任编辑: 刘永权)