

贵州省黄果树郎宫风景区热储结构研究及其意义

陈萍¹, 张宝明², 金波²

(1. 贵州省地矿局, 贵州 贵阳 550004; 2. 贵州省地矿局 112 地质大队 贵州 贵阳 55561000)

[摘要]黄果树郎宫风景区地热水资源较为丰富,但受地质构造影响热储结构极为复杂多样。阐明区内地热地质条件、热储结构特征,对推动区内地热水资源开发具有重要的意义。本文以区内实际的勘探资料为依据,通过对地质构造、地球物理、地球化学和地文场特征的分析,揭示了研究区在亚经济的深度范围内分别存在“带状”和“层状与带状组合”两种类型的热储单元,阐述了各热储单元特殊的结构特征,提出了区内地热水资源勘查和开发的方向。

[关键词]热储单元;热储结构;黄果树景区

[中图分类号]P314.1 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2014)04-0318-05

1 引言

贵州省黄果树是国家五星级风景区,除了具有誉冠全球的黄果树瀑布群景观、喀斯特峡谷地貌外,近代地热地质研究表明,地质构造条件的有利组合尚形成了良好的地热地质条件。然而,由于区内地质构造条件极为复杂,由此控制形成的热储结构、热储类型和埋藏条件也较为复杂,因此,开展区内热储及结构的研究,阐明区内热储的类型、结构、埋藏条件及空间分布,以及不同热储单元中地热水的资源特征、地球化学特征,为地热资源的勘查和开发提供技术依据,对进一步推动和扩大黄果树风景区旅游经济的发展具有重要意义。本文以黄果树郎宫景区为研究区域,以该区实际的地热勘查工作为支撑,在对相关勘查资料综合整理和分析的基础上,开展郎宫片区热储结构的研究,以为黄果树景区地热水资源的勘查、开发和保护提供技术依据。

2 黄果树景区地质条件概况

黄果树景区在大地构造位置上位于扬子准地台南缘台陷望漠北西向构造变形区,处黔南台陷的西部地带,是在泥盆纪的拉张环境逐步扩展到

中三叠世的深水海盆。区内发育直扭型的北西向反排多字型构造及挤压型的東西向和南北向构造,中三叠统沉积岩层大面积分布。褶曲轴总体上呈北西-南东向斜列展布,规模不等、形态复杂多样。褶曲轴局部弯扭、地层陡倾甚至发生倒转(图1)。其中,与研究区有关的构造为郎宫背斜,背斜轴向北西,核部出露地层为三叠系下统安顺组(T_{1a}),翼部出露地层依次为三叠系上统关岭组(T_{2g})、垄头组(T_{2l})。受北西、南东向强烈挤压,在郎宫一带,背斜南西翼地层倒转,岩层产状 $25^\circ \angle 68^\circ$,北东翼岩层产状 $44^\circ \angle 74^\circ$ 。垂直背斜轴发育了红岩电站断层(F_4)、温泉断层(F_5)、水坝断层(F_6)等多条有背斜轴平行的走向北西的断裂,各断裂均倾向南西,倾角 $65^\circ \sim 70^\circ$,并在北端坡贡一带与松桃碧痕营晚近期活动断层相交。沿温泉断裂(F_5),在打邦河河谷东岸出露了温泉,水温 27°C 。反映出区内具有较好的地热储存条件。

3 研究方法及数据采集

研究工作以黄果树郎宫片区地热勘查工作为支撑,基础数据采集在勘探阶段实地完成,在对资料综合研究和实地调研的基础上完成研究。

[收稿日期]2014-09-01

[基金项目]贵州省国土资源厅“贵州省岩溶地下水赋存规律与找水关键技术研究”资助。

[作者简介]陈萍(1966-),重庆市人,高级工程师,长期从事水文地质工作。

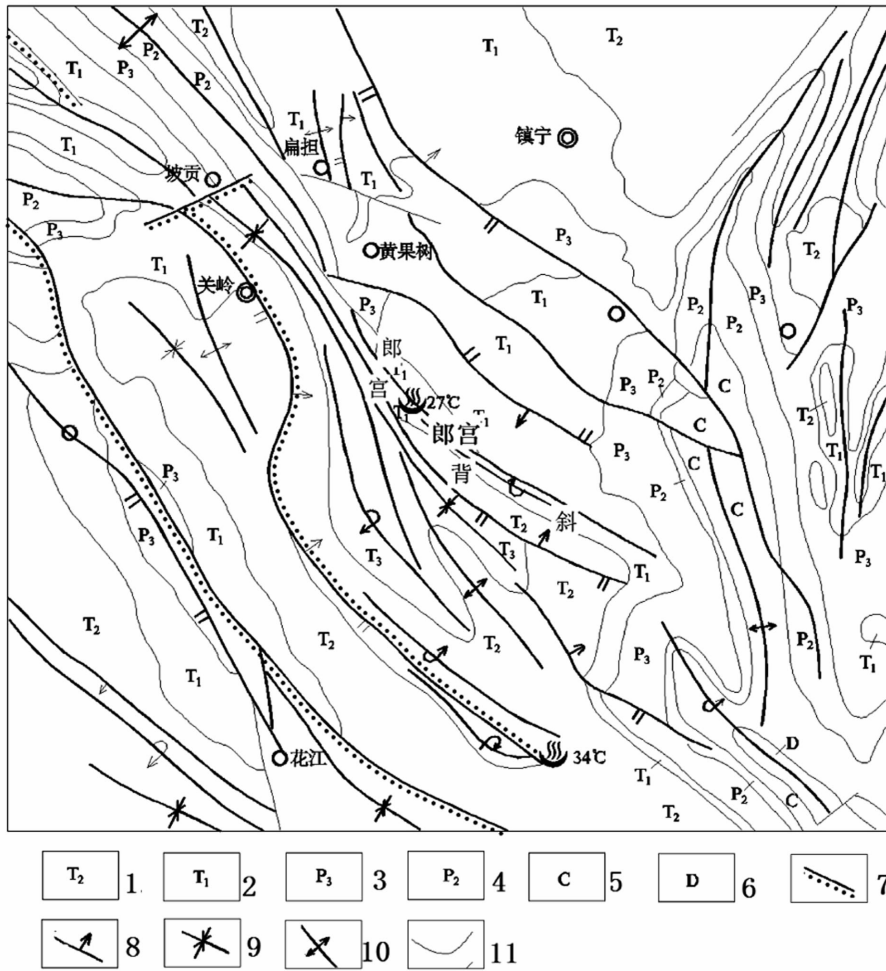


图1 黄果树郎宫片区其与地质略图

Fig.1 Geological sketch of Huangguoshu and Langgong area

1—三叠系中统;2—三叠系下统;3—二叠系上统;4—二叠系中统;5—石炭系;6—泥盆系;7—晚近期活动断层;
8—断层;9—向斜轴;10—背斜轴;11—地层界线

3.1 地面地质调查

地面地质调查采用 1:10000 地面测绘,重点针对区内地质构造、地层岩性以及地热异常进行调查,查明断裂带及地热异常的空间分布。

3.2 地球物理数据采集

地质体的地球物理数据分别在地面和井下采集。为有效控制勘探深度范围内的隐伏地质构造,在地面采用可控源音频大地电磁测量(CSMAT)采集研究区地下深部隐伏地质体的物性数据,勘探线垂直构造线布置,勘探线长度大于3千米,勘探点距50m;在勘探井各开井径施工结束、下入护壁管之前利用地球物理测井方法采集地下不同深度岩层的自然电位、自然放射性、双侧向视电阻率,以及井温等参数,用以查明井筒揭露

的地层结构、储热层温度及地温增温率等;

3.3 热储结构分析数据采集

在对地面地质调查和地球物理勘探成果资料综合研究的基础上进行勘探井位布置。分别在温泉断层(F5)上盘分别实施了一个深度600m用以探明浅部地质构造和热储结构的勘探井,和一个深度2300m用以查明深部地质构造和热储结构的探采结合井。在钻探施工过程中通过岩屑编录、简易水文观测取得深井揭露的地层岩性和结构资料、泥浆漏失以及井口泥浆温度变化的数据。

3.4 地热流体数据采集

在勘探深井施工结束后,通过深井降压试验采集热储层中地热流体的水头压力、静液面标高、富水性,并取得相关水文地质参数。

3.5 地热流体化学特征数据采集

Y 在深井降压试验期间采集地热流体进行水化学分析,为查明热储层地热流体的地球化学特征、各类化学元素及成分含量提供依据。

4 结果与分析

4.1 热储结构的地球物理特征

根据可控源音频大地电磁测量数据,解译反演研究区勘探剖面上的地质结构(图2)。

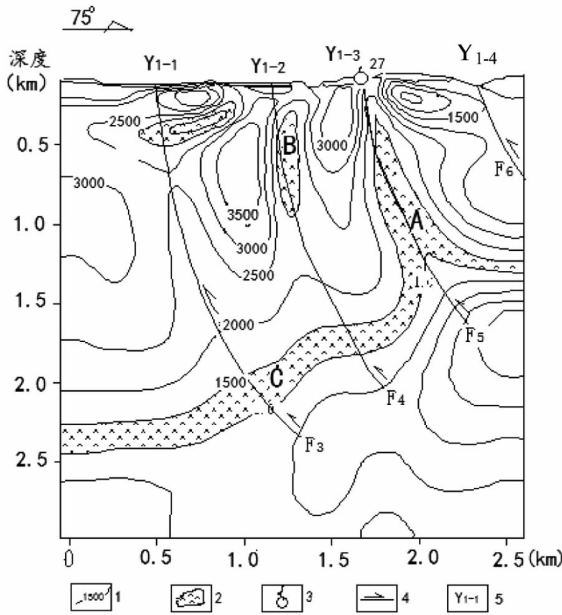


图2 黄果树郎官 CSMAT 勘探剖面图

Fig.2 CSMAT prospecting section in Huangguoshu and Langgong

- 1—视电阻率等值线(数字为视电阻率值,ΩM);
- 2—低阻区;
- 3—温泉(数字为温度℃);
- 4—推测断裂带

图中反映出了如下信息:

①在测点 Y_{1-1} 、 Y_{1-2} 、 Y_{1-3} 、 Y_{1-4} 处分别反映出向地下深部呈带状延伸低阻带,视电阻率一般小于 $1\ 500\ \Omega M$,推测分别为 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 , F_5 断裂带上地表出露了水温 $27^\circ C$ 的温泉,推测 F_5 断裂带为地表温泉集中运移的通道;②区内地表以下约至 $1\ 400\ m$ 深度范围内,视电阻率大于 $3\ 000\ \Omega M$ 以上,为高阻带,结合区内地质构造,推测为碳酸盐岩地层;③深度 $1\ 400\sim 2\ 000\ m$ 视电阻率 $1\ 500\sim 2\ 500\ \Omega M$,为中等阻值带,推测为泥质碳酸盐岩及硅酸盐岩石;④在地表以下大约 $1\ 800\sim 2\ 200\ m$,存在一个缓倾的似层状低阻区,视电阻

率值也在 $1\ 500\ \Omega M$ 以内,分析为一个层状的地热储集层。

4.2 热储地质结构

ZK1 及 ZK2 勘探井均布置在 F_5 断裂带的上盘,钻孔揭露的地质结构见图3、图4。

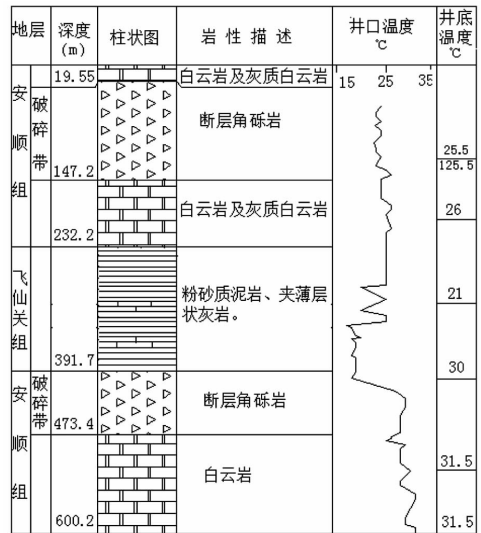


图3 ZK1 勘探孔地层、构造及实测热储温度柱状图

Fig.3 Histogram of tested heat-reservoir temperature, structure and stratum of prospecting pore ZK1

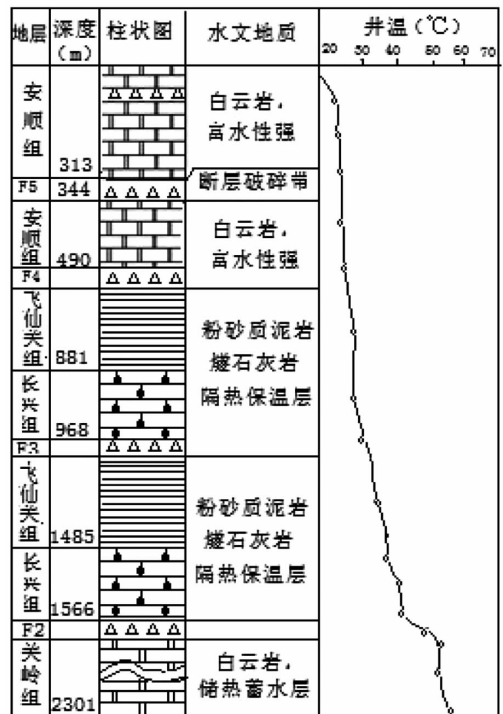


图4 ZK2 勘探孔地层、构造及实测热储温度柱状图

Fig.4 Histogram of tested heat-reservoir temperature, structure and stratum of prospecting pore ZK2

ZK1 勘探井井深 600.2 m,全孔揭露三叠系下统飞仙关组及安顺组石灰岩及 F₅ 及 F₄ 断层带,石灰岩地层上覆无碎屑岩覆盖层,为裸露岩溶区。钻孔在 19.55 ~ 147.2 m 揭露 F₅ 断层碎带时井口出现自溢涌水,水温 23℃,嗣后井口自溢水量和水温基本处于稳定状态,至井深 391.7 ~ 473.4 m 揭露 F₄ 断裂带时,井口自溢水量增大,水温骤增至 28°,井底温度达到 30℃。揭示了勘探深度内无层状热储单元存在,断裂带为地热水集中储集和运移的构造。

ZK2 号探采结合深井位于 ZK1 井东侧 20 m,井深 2 301 m。勘探井从地表向深部依次揭露 F₅、F₄、F₃、F₂ 四条逆冲推覆断裂带,二叠系上统至三叠系地层多次重复叠置。地表以下 0 ~ 600 m 内与 ZK1 井相同,分别在裸露的三叠系下统安顺组白云岩地层中穿过 F₅、F₄ 断裂带,并在断层带中揭露了地下热水,而后分别在井深 968 m、1 566 m 揭露 F₃、F₂ 断裂,其中 F₃ 断裂带造成二叠系上统长兴组至三叠系下统飞仙关组在垂向上发生重复,F₂ 断层则造成长兴组与飞仙关组超覆于三叠系中统关岭组之上。

F₂ 断层上盘长兴组至飞仙关组地层厚度加大、长兴组不纯碳酸盐岩溶极不发育,飞仙关组碎屑岩碎屑岩特有的透水性差导热性弱的特点,成为区内良好的隔水保温层。在横向上与 F₂ 断层下盘三叠系上统垄头组碎屑岩、F₅ 及 F₆ 断层上盘二叠系上统龙潭组至飞仙关组碎屑岩相连,构成了 F₂ 断层下盘三叠系中统关岭组的隔水保温盖层,而关岭组岩溶含水层在上覆隔水保温盖层及 F₂ 断裂的组合下,成为一个良好的储热含水层,在研究区内形成了一个独立的、特殊的“地层倒置型”的“层状与带状组合”的热储单元(图 5)。

4.3 热储单元的地球化学特征

对 ZK1 孔揭露的 F5 及 F4 断裂带、ZK2 孔揭露的关岭组热储层地热流体采样检测结果见表 1。表中反映出,ZK1 揭露赋存于 F5 及 F4 断裂带中的地热流体水化学类型为 HCO₃-Ca·Mg 型,而 ZK2 揭露的关岭组中的地热流体属化学类型则为 SO₄·HCO₃-Ca·Mg 型,关岭组地热流体中偏硅酸(H₂SiO₃)、锶(Sr)的含量远高于 F5 及 F4 断裂带中的地热流体中的含量。

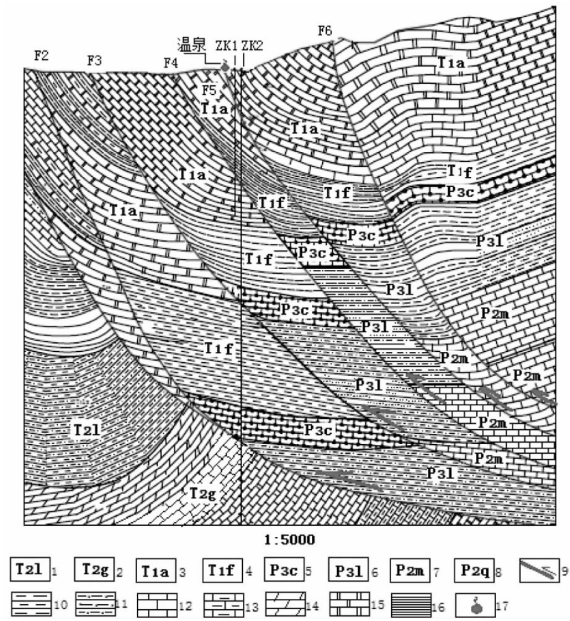


图 5 郎宫地热勘探剖面图
 Fig. 5 Profile of geothermal exploration in Langgong
 1—三叠系中统垄头组;2—三叠系中统关岭组;3—三叠系下统安顺组;4—三叠系下统飞仙关组;5—二叠系上统长兴组;6—二叠系上统龙潭组;7—二叠系中统茅口组;8—二叠系中统栖霞组;9—逆断层;10—泥岩;11—粉砂质泥岩;12—石灰岩;13—泥质灰岩;14—泥灰岩;15—白云岩;16—页岩;17—温泉

表 1 ZK1 断裂带与 ZK2 关岭组热储层地热流体水质特征表

Table 1 Characteristics of geothermal water quality of fracture zone ZK1 and Guanling formation ZK2

项目	单位	ZK1	ZK2	
阴离子	HCO ₃ ⁻	mg/L	339.25	236.31
	Cl ⁻	mg/L	0.64	11.2
	SO ₄ ²⁻	mg/L	7.60	147.58
	F ⁻	mg/L	0.11	1.04
	NO ₃ ⁻	mg/L	3.77	0.86
阳离子	K ⁺	mg/L	0.82	2.43
	Na ⁺	mg/L	0.49	12.60
	Ca ²⁺	mg/L	63.24	90.95
	Mg ²⁺	mg/L	32.01	25.72
有益元素	锶	mg/L	0.12	3.67
	偏硅酸	mg/L	18.86	40.42

4.4 热储单元的温度场特征

对两个勘探孔的地温测井资料表明(参见图 3、图 4),F4 断裂带热储温度井 31℃,而关岭组热储温度达到 62.3℃。

5 结论与讨论

5.1 结论

研究结果得出如下结论:

1. 黄果树郎宫景区地质构造极为复杂,受其控制形成的热储单元复杂多样,景区内经济深度和亚经济深度的范围内地下隐伏着“带状”和“层状与带状组合”两类热储单元,两类热储分属于独立、基本上无直接联系的热储系统。

2. 经济范围内的热储单元为受走向北西断裂带控制的“带状热储”,沿断裂带形成地热水资源集中赋存和运移的地带,地热流体具有富水性好、埋藏较浅、易于开发的优势,但热储温度相对较低;亚经济范围内的热储单元为二叠系上统龙潭组至三叠系下统飞仙关组碎屑岩为主的隔水保温盖层与三叠系中统关岭组白云岩储热含水层和F2断裂带的组合形成“层状与带状组合”的热储单元,地热流体主要集中赋存在关岭组白云岩岩溶层中,热储层在区内埋藏深度达到2 000 m左右,虽然开发成本相对较高,但热储温度相对较高、地热水水头压力较大、富水性较好。

3. 经济的“带状热储”中水化学类型为 $\text{HCO}_3-\text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型,亚经济的“层状与带状组合热储”地热流体水化学类型为 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3-\text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型;两类热储中地热流体矿化度均小于600 mg/L,地热流体均属淡水;pH值7.2~7.5,均为中性水。

4. 两类热储中地热流体中均含有丰富的对人体有益的微量元素锶(Sr)和偏硅酸(H_2SiO_3)。

5.2 讨论

1. 传统意义上“带状热储”通常指热导率低的火成岩、变质岩以及碎屑岩分布区受断裂和裂隙带控制的热储构造,而黄果树郎宫景区的“带状热储”则形成于热导率较高、不利温度保存的

裸露的碳酸盐岩溶地层中的断裂带内,该区条件提示了应该重新审视岩溶山区带状热储构造的特征以及地热勘探类型的划分。

2. 贵州省内传统观念上的“层状热储单元”通常指的都是正常沉积层序的碳酸盐岩和碎屑岩地层相互组合,但本研究区内的“层状热储”则为叠瓦式推覆断裂造成的老的碎屑岩地层覆盖于新的碳酸盐岩地层上形成的一种特殊的层状结构的热储,这在地质构造复杂的黄果树景区乃至其它地区开展地热资源勘查、赋存条件研究以及地热资源开发利用提供了新的方向。

3. 黄果树郎宫景区带状与层状热储单元为相互独立的地热系统,地热流体资源均较丰富,水质良好,但温度和有益元素含量差别较大,可结合景区建设合理规划、分质开发利用,达到提高黄果树景区旅游经济的目的。

致谢: 该文章利用了贵州省地质矿产勘查开发局112地质大队“贵州省黄果树景区郎宫河地热资源(南区块)普查”的相关资料,并得到王明章研究员的指导,在此一并表示感谢。

[参考文献]

- [1] 贵州省地矿局112地质大队. 贵州省黄果树景区郎宫河地热资源(南区块)普查报告[M].
- [2] 贵州省地质矿产局. 贵州矿藏[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2014.
- [3] 张世从,陈履安. 贵州热矿水[M]. 贵州科技出版社,1998.
- [4] 贵州省地质矿产局. 贵州省水文地质志[M]. 北京:地震出版社,1996.
- [5] 张林,陈刚,李强,吉勒克补. 贵州省遵义市中部地热水形成条件及找矿远景[J]. 贵州地质,2014,31(1):60-65.
- [6] 张磊,李强. 开阳县永温片区磷矿扩采对温泉影响与否分析[J]. 贵州地质,2013,30(4):297-301.
- [7] 贵州省地矿局111地质大队. 贵州省变质岩区域地下水找矿方法研究结题报告[M]. 2001.

(下转第290页)

有甲路组一段(图1),在甲路组一段及其与河村组接触分布地段具有电气石化、黑云母化蚀变部位是寻找白钨矿的找矿靶区。

(2)矿区内0勘探线以东走向和倾向上矿体未圈边,在东段地表已发现矿化,投入工作具有扩大矿区规模的可能。

致谢:本文承蒙郭振春研究员悉心指导并审阅,在此表示诚挚的谢意。

[参考文献]

[1] 贵州省地质调查院. 1:5万高武幅(G49E015004)区域地质

调查说明书[R]. 2003.

[2] 李献华. 广西北部新元古代花岗岩锆石 U-Pb 年代学及其构造意义[J]. 地球化学, 1999, 28(1): 1-9.

[3] 葛文春, 李献华, 李正祥, 等. 桂北新元古代两类过铝花岗岩的地球化学研究[J]. 地球化学, 2001. 30(1). 25.

[4] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域矿产志[M]. 北京:地质出版社, 1988.

[5] 贵州省地质矿产勘查开发局一〇五地质大队. 贵州省从江县污牙多金属矿区污牙钨矿普查地质报告[R]. 2007.

[6] 刘建明, 周渝峰, 郑明华, 等. 杂多酸络合物及其与热液成矿元素组合的关系[J]. 矿物岩石, 1994. 14(4). 82.

Basic Geological Characteristics and Its Genesis of Wuya Scheelite Deposit in Congjiang

PAN Guang-song, HU Gui-min

(105 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[Abstract] Scheelite deposit in Congjiang distributes in north periclinal anticline in Jiyang, occurs in the tourmaline-alteration quartz-phyllite of lower Jialu formation of outer contact zone of granite in Motianling. The output of Scheelite always has some connection with special structural environment and alteration, and be controlled strictly. In this paper, by discuss the basic geologic characteristics of Wuya scheelite deposit, it try to explore the genesis of the deposit and find out the prospecting direction in the future.

[Key words] Wuya; Scheelite deposit; Geological characteristic; Genesis; Prospecting direction

(上接第 322 页)

Heat-reservoir Structure Study and Its Significance of Langgong Scenic Spot in Huangguoshu, Guizhou

CHEN Ping¹, ZHANG Bao-ming², JIN Bo²

(1. Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Guiyang 550004, Guizhou, China; 2. 112 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Anshun 556100, Guizhou, China)

[Abstract] The regional geothermal water is abundant in Langgong of Huangguoshu, the heat-reservoir structure is complex by the influence of geologic structure. The hydro-geological condition and the heat-reservoir characteristics in this area are introduced, it has important significance for the development of hydrothermal water. In this paper, according to the actual data, by analysis the geological structure, geophysics, geochemistry and geotemperature field characteristics, it found there are 2 kinds heat-reservoir units of sub-economic depth: banded and combination of banded and stratiform, the special structural characteristics of each heat-reservoir unit are narrate, the direction of hydrothermal water exploration and development in this area are pointed out.

[Key words] Heat-reservoir unit; Heat-reservoir structure; Huangguoshu