

doi:10.11720/wtyht.2015.2.16

王斌,李百祥,李福城.物探成果在探讨青海鄂拉山活动断裂带控热控震的分段差异性中的应用[J].物探与化探,2015,39(2):311-317.http://

doi.org/10.11720/wtyht.2015.2.16

Wang B, Li B X, Li F C. The application of geophysical exploration results to the investigation of segmented differences of the role of the Ngola Mountain active faulted zone in Qinghai Province in the control of geothermal and seismic activities[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(2): 311-317. http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.2.16

物探成果在探讨青海鄂拉山活动断裂带 控热控震的分段差异性中的应用

王斌¹, 李百祥², 李福城¹

(1. 青海省水文地质工程地质环境地质调查院, 青海省水文地质及地热地质重点实验室, 青海 西宁 810008; 2. 甘肃省地矿局第二地质矿产勘查院, 甘肃 兰州 730020)

摘要:通过对鄂拉山断裂带上不同地段的两次地热物探勘查成果差异的对比,在区域重力场和地质构造分析的基础上,从研究现代构造应力场和构造变形入手,探讨了鄂拉山右行走滑活动断裂带控热、控震的分段差异性。在断裂南段呈 NNW 向,与青藏高原 NE 向应力呈锐角相交,剪切分力作用下以走滑为主,断裂带中不连续右行走滑羽列的右阶拉张区控制着温泉群呈串珠状分布,而无中强震发生。在断裂北段走向转为 NW 向,与应力方向趋近正交,在挤压应力作用下逆冲断裂易形成发震构造,却无温泉分布和地热形成条件,探讨其形成机制,着重论述温泉镇温泉具备良好地热地质条件,同时,也阐明了乌兰地段不具地热形成的地质背景。

关键词:鄂拉山活动断裂;控热控震构造特征;物探勘查成果;地热;重力场

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2015)02-0311-07

鄂拉山断裂带是青海省中部一条 NW—NNW 向右行走滑活动断裂带,也是分隔柴达木盆地、乌兰盆地与茶卡—共和盆地的边界断裂。重力梯带级带明显,遥感影像线性特征清晰、新构造活动强烈、温泉群呈串珠状分布,地热地质条件优越。为开发断裂对流型地热资源,选在交通方便、适宜开发的鄂拉山断裂南、北两端,即兴海县温泉镇温泉和乌兰盆地北缘沿阿移哈南—呼德生断裂分布地段,分别于 2012 年、2013 年进行了地热物探勘查,在取得不同勘查效果的基础上,为得到合理的物探解释,基于以往物探工作稀少,仅有区域重力,在充分收集和研究区域地质资料的基础上结合勘查结果,从研究现代区域构造应力场和构造变形入手,探讨了鄂拉山右行走滑活动断裂带控热、控震的分段差异性,着重论述温泉镇温泉具备的地热地质条件和提出了开发布孔依据,并认为乌兰县铜普镇地热勘查地段不具备地热资源的地质构造条件。

1 鄂拉山活动断裂构造带重力场特征

为探讨区域控热地质构造背景和活动断裂构造与

温泉、地震的对应关系,引用了区域重力场资料,并套合全国 1:50 万地质图所绘断裂,以便对比分析(图 1)。

区内布格重力异常从北($-380 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$)向南($-485 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$)呈递减变化趋势,反映地壳厚度受均衡调整作用由北向南加厚。其上叠加条带状或团块状重力高与重力低相间分布,中间被重力梯级带分隔。重力梯级带空间展布存在二种方向,南北两侧为北西西向,中间为北西—北北西向,反映了区域构造与断裂走向。

北部北西西向重力梯级带沿青海南山两侧分布,中间为山地对应的条带状重力高,北侧梯级带反映秦祁分界断裂,其南侧重力低以梯级带相隔对应茶卡—共和盆地,南部北西西向重力高、重力低带对应东昆仑和阿尼玛卿造山带。

中间北西—北西西向重力梯级带贯穿鄂拉山南北。梯级带西侧又大致以都兰—哇洪山一线为界,北段团块状相对重力高($(-430 \sim -410) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$),对应下元古界达肯大坂群和奥陶系滩尖山群组成的山地,并有中酸性和超基性岩穿插,其中在柯柯

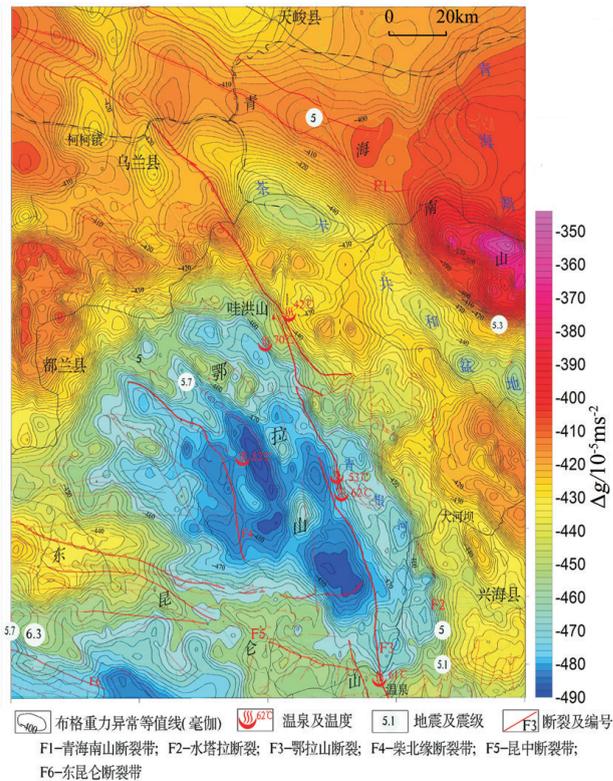


图1 鄂拉山布格重力异常与温泉地震分布

镇和乌兰县两个规模和幅值不大的重力低,分别对应深度较浅的乌兰盆地中次级凹陷。南段大片块状相对重力低($(-440 \sim -480) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$),对应三叠系和大片印支期中酸性岩体,以及叠加其上的三条相互平行走向北西转北北西向窄长条带状次级重力低与重力高相间分布,反映山间盆地和山地堑垒构造格局,盆地内充填低密度新近系、第四系,还有少量侏罗系。而大片相对重力低与密度偏低中酸性岩体构成大岩基有关。

鄂拉山重力梯级带东侧,又以水塔拉、野狐峡—塘格木重力梯级带分隔出茶卡—共和盆地、河卡南山、兴海盆地、青根河山地等一系列北北西向重力高与重力低相间分布的盆地隆拗格局。

由上述北侧北西西向重力梯级带反映的青海南山断裂带(F1),对应两个5级地震,南侧北西向重力梯级带对应的昆中断裂(F5)与北北西向水塔拉断裂(F2)交接部位出现两个5级地震,沿昆南断裂(F6)对应5级、6级地震各一个。其中断裂(F2)明显的重力梯级带反映该断裂较鄂拉山断裂(F3)除有右行走滑还兼有向东侧盆地逆冲的特征。而在北西—北北西向重力梯级带反映的鄂拉山断裂(F3),在北北西向哇洪山温泉段出现三处温泉群,北西向乌兰段无温泉出现,却发现与逆断裂有关的地震遗迹。类似的组合关系在柴达木北缘断裂(F4)向鄂拉山延伸部位,北西向段分布两个5级地震,北北西

向段对应热水乡温泉温度达 85°C 。另一处都兰夏日哈乡五龙驼温泉温度 70°C ,同样处在重力梯级带反映的鄂拉山断裂带旁侧北北西向次级断裂上。

由此可见,温泉分布在北北西向右行走滑断裂不连续羽列重叠阶区形成的拉分盆地,温泉的温度还与时代较新印支晚期中酸性岩基向下延伸较大有关,并有从岩基中心向边缘温泉温度降低的趋势,而地震出现在北西向挤压逆冲断裂部位。

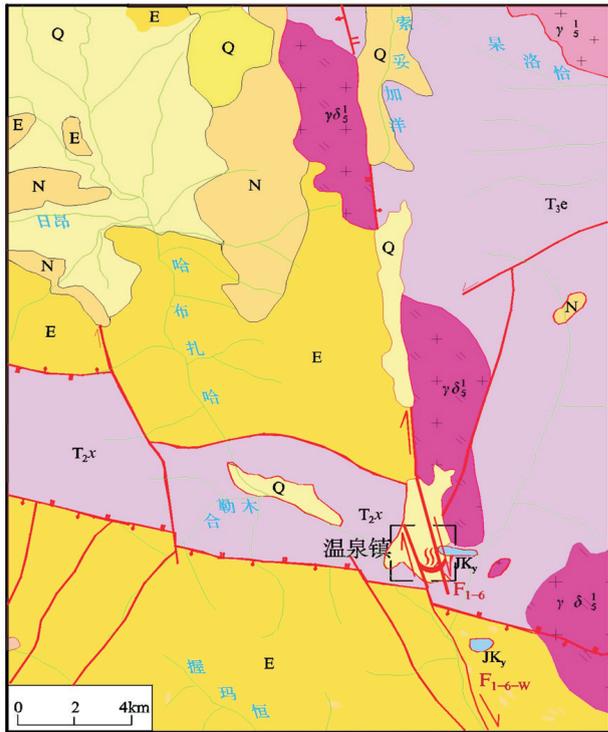
2 鄂拉山活动断裂带对断裂对流型地热资源分布的控制

鄂拉山断裂带位于东昆仑、西秦岭接合部鄂拉山岩浆构造隆起带东侧,北端与青海南山断裂带斜接,向南沿哇洪山、鄂拉山中央谷地通过,南端在兴海温泉附近切错昆中断裂带。整个断裂带走向大致在茶卡盐湖西分为两大段多个次级段。北段总体走向 $\text{NW}45^\circ$ 倾向北东,构成北侧阿移哈中高山地与乌兰盆地边缘低山丘之间以断层谷地明显地貌分界,沿断裂带除发现山脊和冲沟右行断错之外,还形成了断层陡坎、陡崖等构造现象。南段断裂带在地貌上主要表现为右行断错冲沟、山脊、阶地和洪积扇等压扭性特征,总体走向 $\text{NW}30^\circ$,倾向南西。沿断裂带在两条右行右阶走滑主边界断裂羽列重叠阶区形成拉分盆地,控制着一系列温泉群分布。

断裂带在哇洪山段与南段的鄂拉山断裂段则通过哇若格亥盆地和龙格尔盆地两个右阶拉分盆地,中间被一条次级断裂分隔,控制乌兰巴硬格里温泉分布。

断裂带在青根河段,由两条平行次级断裂组成,从青根河大拐弯处起,向南经索绥加洋谷地到虎达谷地,长约42 km,走向 $\text{NW}30^\circ \sim 10^\circ$,东侧断裂北端与鄂拉山断裂段呈左阶羽列,形成挤压隆起导致青根河拐弯南流,向南与温泉断裂段间呈右行右阶,在阶区形成那里根贡玛拉分盆地,控制兴海桑持(青根河)温泉分布。

断裂带在兴海温泉段,从虎达谷地起,向南到温泉止,走向 $\text{NW}10^\circ$,为一脆性右行斜冲断裂。南端于温泉一带将昆中断裂错断后向南自然延伸与近东西向横推走滑断裂融合交汇^[3]。沿断裂带挤压片理、构造透镜体、局部长英质糜棱岩发育,虎达一带三叠纪黑云母花岗闪长岩体发生明显的右行错断(图2)。断裂在地貌上表现为低的断层陡坎及高大的断层陡崖,断层控制的温泉镇温泉呈线状展布。各温泉特征概述如下。



61℃ 温泉及温度 F_{1-6} 走滑断层及编号 \square 物探测区范围
 Q—第四系; N—新近系; E—古近系; JK_y—侏罗系羊曲组; T_{3e}—三叠系火山岩; T_{2x}—三叠系含砾砂岩、灰岩; $\gamma\delta_3^1$ —三叠纪花岗岩闪长岩

图2 温泉镇温泉地质构造(据1:20区调图改编)

2.1 乌兰巴硬格里温泉

在哇洪山断裂段,沿巴硬格里沟出露,温泉的两个泉眼在石炭系砂板岩和花岗岩接触带附近的砂板岩中流出。该泉水温44.5℃,流量4.458L/s。矿化度0.5467 g/L,属于淡水。pH值8.9,属弱碱性水。水化学类型:SO₄-Cl-Na。按医疗热矿水标准,偏硅酸(0.075 g/L)超过矿水命名含量下限(0.05 g/L),命名“硅水”。氟含量(0.000 860)接近矿水下限(0.001 g/L)。

2.2 兴海桑持(青根河)温泉

位于青根河大拐弯部桑持附近,出露于北西西向虎达断裂构成的小山间沟谷中,表层为风化较强烈的薄层碎石层,其下部为中生代粗粒黑云母花岗岩,地貌属小的缓坡谷,矿泉沿谷底断续溢出。共有温泉点十四处,最大流量1.35 L/s,总泄出量2.769 L/s,水温介于37℃~62℃之间,矿化度1 g/L,属Cl-SO₄-Na型水,含有微量Zn、NO₃、Fe等成分。在矿泉周围有锈红色或褐色的泉华沉积,在泉口处为砂砾石构成的盆状堆积,并见有泉水上涌翻起成花,矿泉口有硫化氢气味,在附近有厚达4 m钙华胶结砂砾石层。

2.3 兴海温泉镇温泉

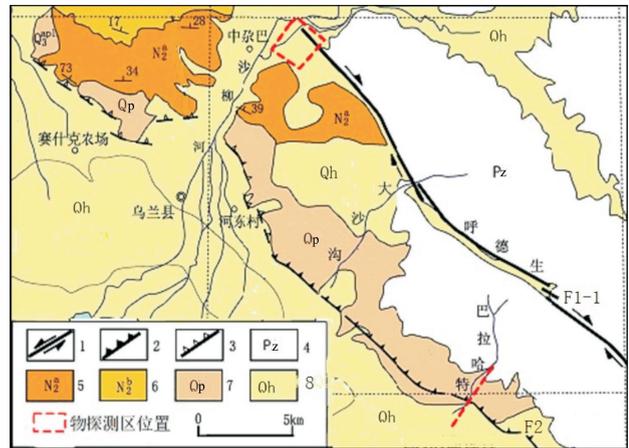
温泉出露在温泉镇南部现代河床阶地后缘上更新统冰水堆积陡坎之下,共出露温泉点十九处,大致呈近南北方向展布。观测总泄出量9.236~22.579 L/s。在温泉周围是三叠系中、上统分布(图2),西部为硬砂岩、

粉砂岩、板岩、结晶灰岩等;东部为流纹岩、流纹质凝灰岩夹板岩及安山岩;北部则为三叠纪带状灰—灰白色中粒、中细粒花岗闪长岩侵入体。在北北西向断层面上见有糜棱岩化、绿泥石化等蚀变现象,在破碎带中见有灰白色、灰黑色断层泥,角砾岩等压扭性断裂特征。三叠纪花岗闪长岩($\gamma\delta_3^1$)大面积分布,可为地下热水提供热源。北北西向虎达断裂(F_{1-6})右行走滑与西侧右行走滑断裂(F_{1-6-w})错断北西西向昆中断裂并向南延伸,在右阶拉分区形成热水富集带温泉成群分布。

温泉镇温泉水温在40℃~58℃,最高61℃,水化学类型大致属SO₄-Cl-Na型水矿化度0.98~2.1 g/L,其中含有微量稀有元素As、Pb、Fe及放射性元素U、Ra、Th等。

3 乌兰盆地东缘断裂发现的启示和鄂拉山断裂带控热、控震的分段性

阿移哈南—呼德生断裂段(F_{1-1})属鄂拉山右行走滑断裂带西北段,位于乌兰盆地北部边缘(图3)。地震系统^[7]在其南侧乌兰盆地北东缘山前冲洪积扇上发现一条长约22 km的逆冲断裂带(F_2),是北西向鄂拉山右行走滑断裂带北段南西侧的次级挤压构造。其新活动受北侧主断裂带的制约和影响,从而造成盆地周缘晚新生代以来的地层发生了强烈的挤压变形和断裂活动,形成规模不等的活动褶皱和逆冲断层(图3、图4),可以初步确定乌兰盆地东缘断裂带晚更新世晚期以来有4次地震事件发生。



1—F1-1 鄂拉山右行走滑断裂;2—F2 乌兰盆地东逆断裂;3—断层崖;4—前中生界;5、6—新近系下、上岩组;7—晚更新统;8—全新统

图3 乌兰盆地构造(据袁道阳改编)

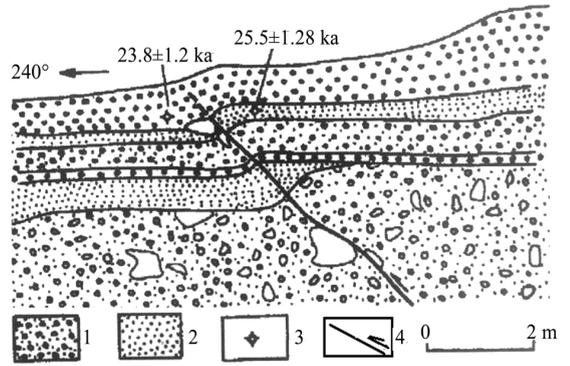
上述事实揭示了F2断裂活动的控震性,且与F1-1断裂在走向上平行、性质相似,相对整个鄂拉山右行走滑断裂其方向由南段NNW向转为NW向,在青藏高原NE向42°区域构造应力作用下^[5],随着断裂构造带方向和受力作用夹角改变,鄂拉山

右行走滑断裂带断裂活动性由南段走滑为主转换为北段挤压逆冲为主,致使该段具备地震孕育发生的构造条件,却未见温泉出现。

鄂拉山右行走滑活动断裂带在南段哇洪山—温泉地段,断裂呈 NNW 向,与青藏高原 NE 向应力场呈锐角相交,以剪切分力走滑活动为主,断裂构造线平面呈直线,剖面呈陡倾,尤其是沿断裂带在两条右行右阶走滑边界断裂羽列重叠阶区形成拉分盆地,控制着上述温泉群分布。北段阿移哈南—呼德生断层走向转为 NW 向,与构造应力方向接近正交,在挤压应力作用下以逆冲断裂构造活动为主,易形成发震构造,而不宜温泉水上涌。究其机制是剪切走滑断裂能量很不易积累,如同大洋中的转换断层很少发生地震^[1]。

这种温泉分布和构造的对应关系,在东侧的热水—日月山北北西向右行走滑断裂带上依然存在^[6],在热水、甘子河、海晏西、日月山与拉鸡山交接部位,由四条不连续次级断裂呈右行右阶形成拉分盆地,控制热水、甘子河、药水泉^[10,16]等温泉群分布,仍无中、震发生的记载。类似现象在研究程度较高的河北省后郝家窑地热田仍有出现^[11],经构造物理实

研究,在地下热水作用下,沿断裂面岩石产生泥化、水化和溶蚀作用,岩石的抗压强度降低,断层摩擦力降低,断层不断发生滑移,断面上将很难积累应力而诱发地震。



1—中粗砾石层;2—中砾石层;3—测年采样点及年代;4—断层
图4 乌兰盆地巴拉哈特沟断层剖面(据袁道阳)

4 地热资源物探勘查

4.1 兴海温泉物探勘查

2012 年完成兴海温泉地热勘查,从可控源音频大地电磁测深(CSAMT)近东西向(I、II)2条断面(图5)分析,两地电断面基本相似,以60点附近为

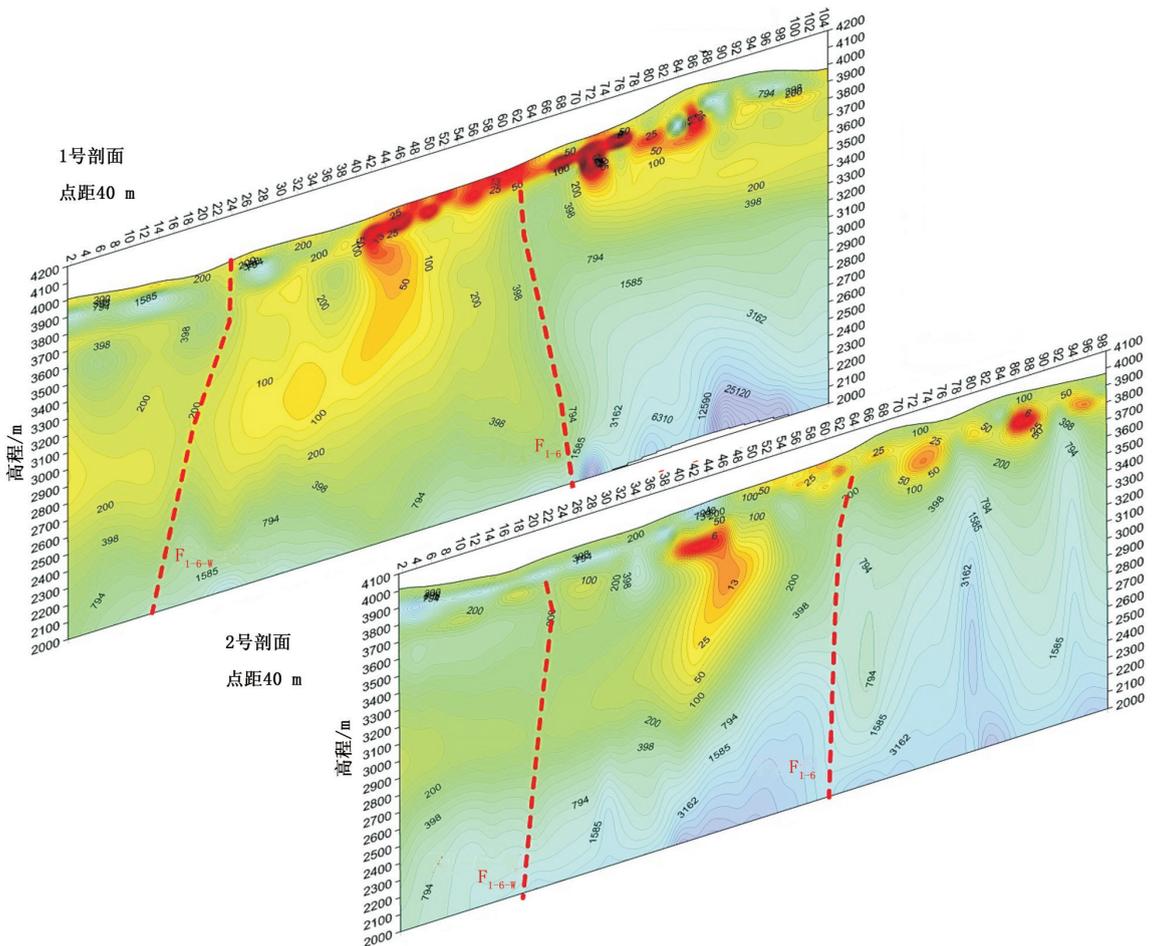


图5 CSAMT 勘查东西向电阻率断面组合

界两侧电性层明显不同,在西侧,地电断面总特征是电性层上下两层高,中间相对偏低;在东侧地电断面总特征是由上向下逐渐增高;其间陡立电阻率梯级带,在 1 剖面为陡倾,2 剖面为西倾,据此推测陡立电阻率梯级带为断裂构造的反映,分别对应 F_{1-6-w} 和 F_{1-6} 断裂。

在西侧地电断面呈三层结构明显,上层电阻率为中低阻变化较大是浅层第四系和古近系含热水层的反映,中间相对低阻电性层为三叠系破碎含热水通道部位,下部高阻为完整三叠系。东段上层低阻电性层为第四系和侏罗系分布的反映,中间电性层为三叠系火山岩,下部高阻电性层为石英闪长岩,图 5 中电阻率等值线单位为 $\Omega \cdot m$ 。

温泉断裂 (F_{1-6}) 在勘查地段处于隐伏,据物探推断,由 1、2 地电断面看出产状较陡近于直立,并有东西摆动特征,对温泉分布具有阻水和控制作用,致使温泉群沿断裂呈近南北向分布。与西南侧右行走滑断层 (F_{1-6-w}) 在温泉分布区形成右行右阶拉分区,沿近南北向哈布扎哈河谷分布,在两条断裂间,由于岩体破碎,热流体富集并成为良好的上涌通道。

温泉分布地段为地下水排泄处,浅部第四系、古近系和破碎带为低电阻率 ($n \sim 20 \Omega \cdot m$) 特征,与中部低电阻率带呈连通之势,据此地电特征分析,推测低阻电性带为温泉水在断层裂隙破碎带通道流动所致,由于温泉热水具有一定温度,溶解度、矿化度增高 (1.2 g/L),致使电阻率降低,远低于三叠系灰岩和砂板岩等围岩的电阻率,这也是利用电磁法探测推断热水通道的地球物理基础。由此低阻电性带空间分布特征,推断为热水通道,在水头压力差作用下地下水沿破碎带通道向上运移,具有从西向东、从北向南分布的特征,由此可见,低电阻率带反映热水上涌流动通道。该温泉接受大气降水补给,并向

下渗透深循环过程中主要靠正常地温梯度增温加热形成地下水,加之温泉附近印支期中酸性岩体发育,铀、钾、钍生热率高,还叠加地壳局部热源作用。

4.2 乌兰阿移哈南断裂型地热物探勘查

2013 年在乌兰地热勘查,于盆地北缘铜普镇(中尕巴)东侧,垂直阿移哈南—呼德生断裂 (F_{1-1}) 布设北东 45° 方向音频大地电磁测深 EH4 剖面两条,评价控热条件。据推断区内可能存在两处地热资源:一是受区域性阿移哈南大断裂影响形成的对流型地热资源,二是由乌兰盆地控制的沉积盆地型地热资源。初选在县城附近布置音频大地电磁测深 (EH4) 剖面进行盆地型地热勘查,后来改为铜普乡勘查评价断裂对流型地热资源。

阿移哈南—呼德生断裂 (F_{1-1}) 通过 EH4 音频大地电磁测深剖面勘查,由图 6 可见,地电断面可分三层,浅部为低阻、次低阻横向相间变化电性层,电阻率 ($20 \sim 50 \Omega \cdot m$),厚度由北向南 ($5 \sim 150 \text{ m}$) 加厚,是第四系盖层岩性不均的反映。中间为电性变化过渡层,由上部 $20 \sim 50 \Omega \cdot m$ 递增至下部 $80 \sim 100 \Omega \cdot m$,反映盆地内新近系其厚度仍是由北 (120 m) 向南 (450 m) 加厚。断面底部为高阻 ($200 \sim 350 \Omega \cdot m$) 电性层,北东段为基岩出露区,西南段进入盆地地区,在中部低阻电性层与底部高阻电性层间为电性陡变带,推断为断裂,其南侧低阻率电性层是乌兰断陷盆地内新近系和浅层第四系的反映,推断盆地高阻电性层为元古界基底由北向南加深,埋深在 $400 \sim 600 \text{ m}$ 左右,具有北侧基岩山体元古界变质岩、花岗闪长岩推覆逆冲到盆地内第三系之上,断层北倾上陡下缓呈叠瓦状分布特征,这与地震系统在剖面南侧揭露出在第四系内的断层产状协调一致,显示出该断裂带的长期活动性,也与剖面西侧断层实测的产状一致。

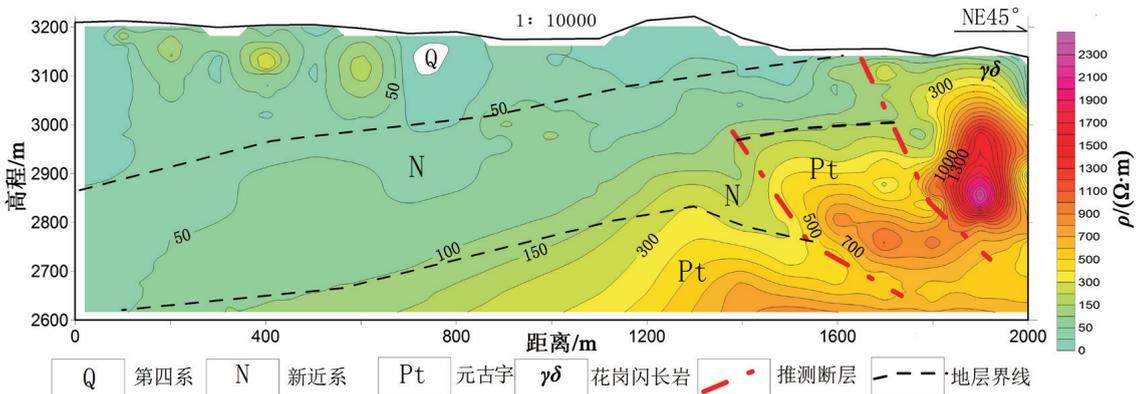


图 6 音频大地电磁测深 (EH4) 断面

上述勘查成果结合以往区域资料分析,阿移哈南—呼德生断裂(F1-1)属鄂拉山活动断裂带走向转为NW向与构造应力场接近正交,在挤压作用下以逆冲活动为主,不宜形成断裂对流型地热资源,地表也无温泉出露和地热显示,不符合勘查断裂对流型地热“就热找热”的基本条件。

乌兰盆地是青海缺少基底深度资料的小盆地,乌兰县城西侧不远的小圆山基底出露隆起成山,另据音频大地电磁测深勘查结果和重力资料也反映盆地基底较浅,这就足以说明在乌兰县城至铜普镇原计划的地热勘查区也不具备形成盆地传导型地热地质条件。

5 结语

(1)鄂拉山右行走滑活动断裂带在其南段,断裂呈NNW走向、SW陡倾,与青藏高原NE向应力场呈锐角相交,在区域NE向构造应力作用下,剪切分力作用导致NNW向的先存断裂发生继承性活动产生右行走滑,断裂带中不连续右行走滑断裂的右阶拉张区,控制着温泉群呈串珠状分布,而无中、强震发生。在北段,断裂走向转为NW向,与构造应力场接近正交,在挤压应力作用下断层产生枢纽运动或剖面旋转作用,形成NE倾的挤压逆冲断裂,易孕育诱发地震,却无温泉分布。同时,剪切应力还向断层两端传递转移,在断层的两端与其它方向断裂的交切部位应力转换,孕育地震的可能性大大增加,北段乌兰东地震遗迹的发现,南段与北西西昆中断裂交错处的中强地震,就是明显的例证,由此可见,该活动断裂带既有控热、控震的孪生性,又有分段差异性。

(2)温泉镇温泉通过可控源音频电磁测深勘查,经电性层划分与岩性层对比,推断了温泉所在地的地质结构和断裂空间分布特征,初步查清了温泉赋存的地质背景和形成条件。可控源音频电磁测深低电阻率带推断为温泉深部热水流体上升通道,深度在800~1 000 m左右。对断裂对流型温泉热水开发,由于温泉群出露在第四系砂砾石中,地表水混入可使水温降低,要想提高水温增加水量便于控制,宜布置在热水上涌流动通道上,在拉分盆地内温泉出露点西偏北侧,采用钻井开发,拟建井深1 000 m。

(3)乌兰县阿移哈南—呼德生断裂(F1-1),经音频大地电磁测深(EH4)剖面勘查,属挤压逆冲型断裂,在该断裂段也无温泉分布,因此不具备形成断裂对流型地热资源条件。同时,乌兰县至铜普镇原划

定的地热勘查区,因基底不深也不具备形成盆地传导型地热条件。

参考文献:

- [1] 傅承义.大陆漂移海底扩张和板块构造[M].北京:科学出版社,1974.
- [2] 李玉龙,候珍清,康哲民.中国西北陕甘宁青地震区划[M].兰州:甘肃人民出版社,1986.
- [3] 邓起东.断层的性状、盆地类型及其形成机制[J].地震科学,1988(2).
- [4] 张森琦,王瑾,王秉璋.昆秦结合部鄂拉山陆内斜冲断裂—岩浆造山带造山机制研究[G]//“九五”全国地质科技重要成果论文集.2000.
- [5] 董志平,姚震生,雷芳.青海东部活断层与现代构造应力场[J].地壳形变与地震,1992(4).
- [6] 袁道阳,刘小龙,刘百箴.青海热水—日月山断裂带新活动特征[J].地震地质,2003(1).
- [7] 袁道阳,张培震,刘百箴.青海乌兰盆地东缘断裂带的新活动特征[J].地震研究,2003(3).
- [8] 袁道阳,张培震,刘小龙.青海鄂拉山断裂带晚第四纪构造活动及其所反映的青藏高原东北缘的变形机制[J].地质学报,2004(4):393-402.
- [9] 向宏发,李祥根,等.红河断裂带南北两段地震地质差异对比研究,现代地壳运动研究(5),地震出版社,1991.
- [10] 罗银飞,李西宁,赵振.湟源县日月乡药水泉一带地热水特征初探[J].青海环境,2006(2).
- [11] 宋贯一,易立新,宋晓冰.地下热水对断裂活动与地震活动的影响研究[J].地震学报,2000(6):632-635.
- [12] 周保,彭建斌,张骏.青海省活动断裂分布发育特征研究[J].工程地质学报,2009(5):612-618.
- [13] 王斌,何世豪,李百祥.青海共和盆地地热资源分布特征兼述CSAMT在地热勘查中的作用[J].矿产与矿质,2010,24(3):280-285.
- [14] 王斌,何世豪,李百祥.从地球物理场信息分析西宁盆地地热地质条件[J].西北地震学报,2011(2).
- [15] 薛建球,甘斌,李百祥.青海共和—贵得盆地增强型地热系统(干热岩)地质—地球物理特征[J].物探与化探,2013,37(1):35-41.
- [16] 郭守鋈,李百祥,周小波,等.电法在甘子河断裂对流型地热资源勘查中的应用和效果[J].物探与化探,2013,37(2):229-232.
- [17] 许德树,冯创业.综合物探技术在石家庄凹陷地热勘查中的应用[J].物探与化探,2007,31(5):440-443.
- [18] 马晓东,刘洪波,白锦林.综合物探在莘县地区地热勘查中的应用[J].物探与化探,2014,38(3):461-464.
- [19] 张作宏,王军成,戴康明.CSAMT在沿海围垦区地热勘查中的应用[J].物探与化探,2014,38(4):680-683.
- [20] 张勇,孙祥民.综合物探方法在王家庄地热田勘查中的应用[J].物探与化探,2010,34(6):810-813.
- [21] 胡宁,张良红,高海发.综合物探方法在嘉兴地热勘查中的应用[J].物探与化探,2011,35(3):319-324.

The application of geophysical exploration results to the investigation of segmented differences of the role of the Ngola Mountain active faulted zone in Qinghai Province in the control of geothermal and seismic activities

WANG Bin¹, LI Bai-Xiang², LI Fu-Cheng¹

(1. Hydrogeological and Geothermal Geological Key Laboratory of Qinghai Province, Qinghai Institute of Environmental Geological Survey of Hydrogeology and Engineering Geology, Xining 810008, China; 2. No. 2 Institute of Geological Exploration, Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Province, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Through a comparison of the differences between the results obtained by two times of geothermal geophysical exploration conducted in different segments of the Ngola Mountain active faulted zone and on the basis of an analysis of regional gravity field and geological structure, the authors, starting with the study of modern tectonic stress field and tectonic deformation, investigated the segmented differences of the role of the Ngola Mountain active faulted zone in Qinghai Province in the control of geothermal and seismic activities. The southern segment of the faulted zone strikes in NNW direction and intersects the NE-trending stress of the Tibetan Plateau at an acute angle and mainly assumes strike-slip nature under the stress component force; the right-lateral pull-apart area controls the cluster distribution of the warm spring groups and has no intermediate and strong seismic activities. In the northern segment of the faulted zone, The strike turns in NW direction and is nearly perpendicular to the direction of the stress; under the action of compressive stress, the thrust fault is likely to become causative fault, but possesses no conditions for the formation of warm springs and geothermal fields. This paper investigates the formation mechanism of the warm springs and geothermal fields, emphatically describes the good geothermal and geological conditions of the warm springs in Wenquan Town, and also points out that there exists no geological setting for the formation of geothermal fields in the Wulan segment.

Key words: Ngola Mountain active faulted zone; structure characteristics controlling geotherm and seismic activity; geophysical exploration results; geothermal activity; gravity field

作者简介: 王斌(1975-),男(汉族),物探高级工程师,主要从事水文物探工作。