

doi:10.3969/j.issn.1674-3636.2010.02.209

中国温泉与地热(水)异常的普查标志和方向

徐雪球, 刘志平, 季克其, 周宜吉

(江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018)

摘要:地热资源, 目前主要利用的是地下热水, 是集“热、矿、水”三位一体的综合资源, 是既清洁又可再生的能源。在能源日益紧缺的情况下, 地热资源开发利用前景更加广阔和重要。通过对我国著名温泉形成与控制条件的分析, 探讨深部地下热水异常的形成机制, 介绍了地下热水异常的普查标志和普查方向, 为提高地热(水)资源勘查的准确性提供信息和依据。

关键词:地热; 水; 温泉; 断裂; 火山; 岩浆

中图分类号: P314.1; TK521⁺.32 文献标识码: A 文章编号: 1674-3636(2010)02-0209-05

0 引 言

地热资源是集“热、矿、水”于一体的既清洁又可再生的综合资源, 其的开发利用在产生良好的经济效益的同时, 社会效益和环境效益也十分显著。地球热(能)源是驱动地球内部一切热过程的动力源。地热资源是最重要的能源矿产的组成部分, 地球每年通过地表传输的总热量虽然很大, 因在绝大部分地域热能分散, 而不能在目前的技术经济条件下为人类所利用, 故不能成为资源。但由于岩浆活动和年轻的造山运动能够使地球内热在有限地区内富集, 并被人类所开发利用而成为地热资源。能够经济地为人类所利用的地球内部热资源, 目前判明的有五类, 即以蒸气为主的地热资源; 以液态水为主的地热资源; 地压型地热资源; 干热岩体型地热资源和岩浆型地热资源。笔者探讨的主要内容是以液态水为主的地热资源。

地下水的天然露头叫泉。一般分布在山区和丘陵区的沟谷和山坡脚下, 平原区则多见于洪积扇前缘或河谷阶地前缘陡坡下。当泉水含有特殊的化学成分或高于常温时, 分为矿泉、温泉或热泉。一般将温度超过 25℃ 的泉水称作温泉, 大于或等于 60℃ 的

温泉列为中、高温泉。由钻井开采的地热水实际上也是一种广义的温泉资源, 其成因与泉相同, 只是被埋藏在地下没有出露而已。

1 温泉的类型

按泉水承受的压力, 分为上升泉和下降泉。上升泉是地下水受静水压力作用, 上升并溢出地表所形成的泉; 下降泉是地下水受重力作用自由流出地表而形成的泉, 是非承压水的天然露头。

根据泉出露地点的地层、构造和地貌条件可分为 5 种类型。

① 接触泉: 分布在含水层与隔水层交界处的泉。地下水在流动过程中, 在其接触面流动受阻, 在重力作用下而溢出地面成泉。

② 裂隙泉: 地下水沿岩石裂隙流出地表成泉。

③ 断层泉: 地下水沿断裂带流出地表成泉。

④ 岩溶泉: 在石灰岩分布区, 地下水在裂隙和溶洞中流出地表成泉。

⑤ 侵蚀泉: 在风、流水、冰川等外力的侵蚀作用下, 地形遭受侵蚀使潜水面出露地表成泉, 多分布于沟谷或山坡脚下, 一般为下降泉。

2 中国著名温泉成因类型

中国著名的温泉有 100 多处,几乎遍及各省、市、自治区。由于温泉中有多种对人身有益的微量元素和矿物质,许多温泉成为疗养胜地、旅游热点。温泉很少是单一因素形成的,多为复合型。通过资料分析,笔者将形成温泉的地层、构造和岩浆条件及成因类型归纳如下。

2.1 火山余热型

火山余热型系近期熄灭的火山深部尚未固结的岩浆热,使周围的地下水温度升高而形成的温泉。吉林长白山、台湾和云南腾冲等温泉均属此类。

吉林长白山温泉群:包括长白温泉、梯云温泉、抚松温泉及安图药水泉等。长白山温泉在天池瀑布下 1km 左右。在 3 300m² 的范围内,有几十处地下水从岩石裂隙中涌出地表。长白山温泉热源直接来自于 1702 年才停止喷发的白头山火山,地下热水沿裂隙上升至地表,水温最高可达 82℃,低的也有 60℃~70℃。

云南腾冲温泉群:共有温泉 80 余处,其中 11 个温泉群的水温高达 90℃。腾冲地区火山岩及熔岩流分布极为广泛,共有火山 70 余座,多属中心式喷发或多中心式喷发,高温地热田均分布于近期熄灭的火山边缘。素有“火山地热之乡”称谓的腾冲地热区的高温中心,其天然热流量相当于每年烧 21 万 t 标准煤。

台湾温泉:宝岛台湾地处欧亚与太平洋两大板块结合部位,属最年轻的喜山运动产物,至今深部仍有未冷却的火山岩浆,致使温泉遍及全省,多达百余处。温泉温度有 38℃~70℃ 和 84℃~99℃ 两个区间。在众多的温泉中,阳明山、北投、关子岭和四重溪并称四大名泉。

2.2 板块边缘型

如雅鲁藏布江、怒江、澜沧江和金沙江 4 条深大断裂,即板块边缘区域的与火山活动无直接关联的温泉和地热田。西藏温泉和地热田是这一类型的典型代表。

西藏高温温泉众多,虽然没有近期火山活动,由于印度板块向北俯冲插入欧亚板块,年轻的喜马拉雅造山运动及强烈的岩浆活动,而出现强地热异常带。热水湖、热水沼泽、热泉、沸泉、气泉和各种泉华

等地热显示类型应有尽有,还有世界罕见,我国仅有的水热爆炸和间歇温泉。

在喜马拉雅山地带,共发现 11 处热水爆炸区,地表留下许多爆炸坑。

间歇温泉主要分布在板块碰撞带(怒江深大断裂)的西藏那曲县塔加地区,水温高达 85℃。沸泉有近百个,其中有 4 处间歇期不同、喷发形式各异的间歇喷泉。昂仁县查布和谢通门县谷露两处间歇温泉分布在雅鲁藏布江深大断裂带,以塔加规模最大。

羊八井地热田是我国开发的第一个温蒸气田,汽水温高达 200 多度。在其东北方有一面积 7 350km²、水深 16m、水温 45℃~57℃ 的热水湖。

热水河和热水溪在西藏相当普遍,如察雅县曲真热水河和那曲县索布察热水河。

2.3 断裂型

断裂,特别是断裂交叉部位,温泉出现的数量最多,名泉也最多。如北京小汤山、南京汤山、南京江浦汤泉、连云港东海汤庙、河北平山、河北承德热河、内蒙古阿尔山、安徽岳西汤池、福建福州市、河南临汝、湖北咸宁、广东丛化和中山、陕西临潼等温泉属于此类。江苏无锡阳山地下水、溧阳李家园地下水、宿迁晓店地下水等也属于由钻探揭露的断裂型地热温泉类型。

南京汤山温泉地处优美的南京东郊风景名胜区。汤山不仅是全国四大温泉疗养中心之一,还有天下第一碑——明代开掘的阳山碑材和与北京猿人年代相当的距今约 60 万年的南京猿人洞。被孙中山誉为“美善之地”的汤山还保存着民国时期要人蒋介石、于佑任等人的别墅,因此汤山是集自然与人文景观,形成独具特色的古猿人文化、明文化、民国文化和温泉文化于一体的旅游热点。汤山是南京重点建设的“三城九镇”之一,为温泉兴镇的典型。

汤山温泉分布于由下古生界的寒武系和奥陶系灰岩组成核部地层的汤山短轴背斜山体的东部及东南坡,并在北东向和近东西向两组断裂交叉处形成温泉。水温常年保持在 50℃~60℃,冬夏温差变化不大。温泉水中含有 S、Ca、Mg、K、Na、Sr、Fe 及少量放射性元素 Th、Ra、Rn 等 30 多种对人体有益的微量元素,对关节炎、风湿症、高血压、神经痛和皮肤病等多种顽疾均有疗效。

2.4 深部熔岩烘烤型

辽宁兴城为此类代表。辽宁兴城温泉是我国目前最大的温泉疗养院之一。水温 70°C ,可饮可浴。泉水内含K、Ca、Na、Mg、S等多种矿物质及微量放射性元素,对风湿性关节炎、大骨节病、神经衰弱、高血压、慢性妇科病及皮肤病均有不同程度的疗效。温泉的形成是由于地下水的深部循环受深部熔岩的烘烤而增温,在一定的压力下,沿断层带运移流动到新生代盆地边缘而涌出。

2.5 花岗岩裂隙及接触带型

辽宁鞍山汤岗子、安徽黄山及江西庐山温泉属此型,江苏东海汤庙温泉以及由人工揭露的苏州通安地热水(温泉)也属此类。

辽宁鞍山汤岗子温泉建有我国目前最大的温泉疗养院,也是我国四大康复中心之一。泉区热矿泥蕴藏量丰富,为国内独家,共有温泉18穴,泉水从地下花岗岩缝中涌出,水温在 $57^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$,最高可达 70°C 左右,含Rn、F、 SiO_2 、Na、 SO_4^{2-} 和 N_2 等。泉水和矿泥中还含W、Mo等20多种微量元素,对40多种慢性病有显著疗效,泉水清澈,透明无味,饮之健胃。

2.6 碳酸盐岩岩溶裂隙型

重庆、贵州息烽、云南安宁属此类。另外由人工揭露的张家港西张地热水(温泉)、宝应地热水(温泉)、沙家浜地热水(温泉)、泰州地热水(温泉)等也属此类。

云南安宁温泉紧邻昆明市西南,发现于东汉,扬名于明代。温泉源于石灰岩壁,较大出口有9处,每昼夜涌量1 000余t,水温 $42^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 之间。泉水中含硫酸盐、Mg、Na和微量放射性元素,属碳酸盐类泉,能治多种慢性病。温泉四周景色秀丽,是昆明旅游区中的游览与休闲胜地。

3 地热(水)异常的普查标志

地下热(水)异常在地表是有显示的,这是地热水在地表漏泄的结果,因而成为地下水热异常的直接或间接找矿标志。这些标志可归纳为下述11种类型。

① 由于地下热能较高,地面出现微温或放热现象。在有水汽放出时,地面上空易形成特殊的晨雾。放热地面是地温明显高于年平均气温和邻

近地区地温的地域。放热地面如无水汽显示,因浅层地热梯度比较高,植被生态存在明显变化或有古泉华存在。

② 温泉和热泉,包括各种各样的泉塘和热水湖。

③ 沸泉,又称过热泉。其特征是泉口不断沸腾,水温达到或超过当地沸点。如西藏查孜沸泉海拔5 500m,是我国已知最高的沸泉,水温 86°C ,高于当地沸点 6°C 以上。

④ 喷气孔。除火山口以外,凡能喷出气体和蒸汽的孔洞均可叫喷气孔。喷气孔是火山活动后期或衰落阶段的特征现象,它是高温地热田存在的重要标志之一。

⑤ 喷泉和间歇喷泉。喷泉是从地下连续不断地将热水或沸水喷射到地表的水泉,间歇泉是地下水或蒸汽间断性喷射出地表的水泉。间歇泉多属于高温的水热活动,其形成必须具备3个条件:储水室、供水通道和热源。储水室应能聚集起足够一次喷发的水量。只有巨大的通过通道源源不断的热量才能驱动整个过程发生对流循环。间歇喷泉是特定大地构造环境中形成的,因而也是十分罕见的自然现象。在世界上已知的成千上万处温泉中,间歇喷泉不超过400处。

⑥ 泉华。泉华是溶有矿物质和矿物盐的地下热水和蒸汽在岩石裂隙和地表面上的化学沉淀物。自然界最常见的泉华有硫华、硅华、钙华、盐华和金属矿物五大类。其中盐华又称盐霜,是热泉区地表、浅土层以及泉华体和岩体表面上出现的白色可溶性矿物盐,它是热泉水蒸发或土层对泉水的毛细管作用的产物,某些水热区的盐华可构成矿物资源。

非金属泉华的矿物有自然硫、蛋白石、方解石、文石和其他可溶性碳酸盐矿物、硫酸盐矿物、硝酸盐矿物和硼酸盐放物等。金属泉华矿物多见辰砂、黄铁矿和辉锑矿。泉华是地热流体与深部宿主岩体和通道围岩相互作用的产物在向地表上行的过程中,因温度、压力等条件发生变化的化学沉积物,因而不仅能反映泉水化学成分,而且能带出水热系统深部和上行通道的重要信息。

⑦ 水热爆炸。饱和状态或过热状态下的地下热水,因围压变化产生的突发性汽化,体积急剧膨胀并爆破上覆松散地层的一种现象。爆炸后地面

遗留深度不等的坑穴,坑内及周边多见喷气孔、冒汽地面、沸泉及硫华等。水热爆炸和属于火山活动的潜水汽喷发在成因上一致,都是由于地下水迅速扩容为蒸汽而形成的。潜水汽喷发仅发生在火山活动区。水热爆炸则和火山活动或岩浆活动无直接关系,能量直接来自于浅层过热水或超压水汽。高温水热区的地震、大气压突变以及热补给量突增均可触发水热爆炸。在板块边缘水热活动的演化过程中,水热爆炸可能属于比较年轻的活动阶段。

⑧ 火山喷发。正在喷发的火山、休眠火山和熄灭不久的死火山,不言而喻,都能为地下水提供热源。因此,世界上火山活动带也是温泉,特别是高温温泉的最主要分布区。

⑨ 水热蚀变。高温热水(汽)沿构造通道上升与围岩中的矿物或元素产生置换,导致热水和围岩的化学成分或矿物成分发生相应的变化,称之为水热蚀变。如热水失去一些钾,增加了一些钙;围岩则发生方解石化、白云石化、绢云母化、高岭石化、沸石化等。

⑩ 水热矿化。地下热水(汽)沿构造通道上升至地表,除形成泉华和水热蚀变带外,同时还有一些金属矿物或非金属矿物沉淀出来,这就是出现于高温地热区的水热矿化现象。如羊八井地热田和腾冲火山温泉区都发现有可供开采的硫磺矿。有些火山岩区,热泉中所含金属元素沉淀后可达到工业品位。此外还发现有明矾石、萤石、重晶石和石膏矿床。因此在开发利用水热资源的同时,也考虑有益的元素和矿产的综合开发利用,将产生更好的经济效益。

⑪ 地球化学地热温标。同地下热储温度相关的化学组分浓度或浓度比,称之为地热温标。其中能够据以计算地下温度者称定量地热温标,只能得出相对温度者称为定性温标,每种温标都有其具体的计算公式,在此从略。

4 地热(水)异常普查方向

地热(水)异常指的是比正常地热增温率要高的地下热水地区,因此发现和勘查异常的地热(水),其开发利用价值更高,更能节约能源,经济效益更好。从中国温泉的成因、分布规律与特征看,地热(水)异常的普查重点包括以下5个方面。

① 火山活动区:包括活火山、休眠火山和新生代熄灭的死火山地区。世界上高温温泉绝大多数分布在这些地区。

② 中生代造山区:地球的平均大地热流量大约为1.5热流量单位,而新生代造山区达到1.9热流量单位,仅次于红海和亚丁湾及陆缘海,故而是大陆壳普查地热(水)异常背景最好的地区。在我国大陆,喜山运动波及的西藏及青海、西藏、四川和云南组成的“三江”地区都是地热(水)异常最易出现的重点地区。在我国东部因燕山运动,特别是其晚期,强烈的造山运动引发剧烈的褶皱、断裂和火山、岩浆活动,这些活动区都是应重视的普查区。

③ 断裂与裂隙构造发育的花岗岩和碳酸盐岩是温泉最主要的储水层,医疗价值最高,是温泉普查最重要的岩性靶区。

④ 区域性深大断裂或次级断裂交叉处,是最好的深部导热和导水构造,故是温泉普查最重要的构造靶区。如南京汤山温泉、洪泽老子山温泉、东海汤庙温泉等主要分布于北西向与北东向断裂交回处,水温高、水量大。郯庐断裂带、淮阴—响水断裂带以及一些中生代断陷盆地边缘的深断裂是重要的地热温泉资源赋存的区域。

⑤ 已知温泉外围就矿找矿效果好。例如,北京小汤山温泉开发久负盛名,已有700余年历史,在明清时期已开始成为帝王沐浴和避暑胜地。20世纪70年代后期,泉水逐渐消失,转入钻井开采利用。现已由温泉发展成地热田。小汤山地热田处于北西向的南口—孙河断裂与北东向的黄庄—高丽营断裂交会以北至山前的三角地带。此地块是北京平原地区唯一有天然温泉出露的地区,天然温泉出水温度 52°C 。热田内主要热储蓟县系铁岭组和雾迷山组碳酸盐岩,在全区均有分布,但在小汤山一带埋藏较浅,直接隐覆于第四系松散层之下;其次是寒武系灰岩、泥质灰岩地层,受断裂控制。小汤山地热田核心区,即2000m深度内,最高出水温度 70°C 。地热水温度大于 40°C 的面积为 86.51km^2 。南京汤山东南部、江浦汤泉北部深部隐伏岩溶分布区具有较大的潜力。

参考文献:

[1] 徐泉清,孙志宏.中国旅游地质[M].北京:地质出版

社,1997.

[2] 周念沪. 地热资源开发利用实务全书(第一册)[M]. 北京:中国地质科学出版社,2005.

[3] 冯天骊. 中国地质旅游资源[M]. 北京:地质出版社,1998.

[4] 马丽芳. 中国地质图集[M]. 北京:地质出版社,2002.

[5] 北京小汤山人民政府. 北京小汤山地热资源勘查开发利用规划[J]. 地热能,2006(4):11-12.

[6] 赵剑畏. 关于江苏地热勘查工作的思考[J]. 江苏地质,2004,28(2):76-81.

Survey marks and orientation of thermal spring and geohat (water) anomalies in China

XU Xue-qi, LIU Zhi-ping, JI Ke-qi, ZHOU Yi-ji

(Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China)

Abstract: Geothermal resource is a kind of integrated, clean and renewable resource. At present, underground hot water, one form of the geothermal resource is under exploitation. Through analyses of the genesis and controlling conditions of the well-known thermal springs in China, the authors discussed the genetic mechanism of the hot water anomaly in deep underground, depicted the survey marks and orientation of the hot water anomaly underground, and provided information and backgrounds to improve the accuracy of geohat investigation.

Keywords: Geoheat; Water; Thermal spring; Fractures; Volcano; Magma

叶天竺教授专题报告会在南京举行

应江苏省国土资源厅邀请,国土资源部高咨委资深专家、原中国地质调查局局长叶天竺教授于 2010 年 5 月中旬在南京作专题报告会。会议由江苏省国土资源厅副厅长刘聪主持,在宁各地勘单位、科研院所的领导、专家及技术人员逾 150 人出席了会议。

专题报告会在简要介绍全国危机矿山专项成果的基础上,分深部找矿预测方法研究、成矿构造研究、成矿流体作用研究 3 个部分,全面阐述了新形势下加强矿产勘查,实现找矿突破的可行性和可能性。叶天竺教授重点强调了 3 方面的内容。

一是成矿作用是地质作用的产物,成矿地质作用的实物载体是成矿地质体。成矿机制分突变成矿与界面成矿两种,即各种成矿控制因素和成矿参数的突变而成矿,成矿物质一般都在岩体边缘、地层界面、地下水界面、物理化学转换面及其他临界面成矿。

二是成矿流体是成矿物质运移、富集的载体。成矿物质通过岩浆、火山、沉积、变质、大型变形构造 5 种地质作用,持续反复多次的物理、化学作用,经过反复萃取和高度浓集,以流体为载体经过迁移和沉淀而形成矿床。

三是要充分依靠科技与理论进步,运用新理论、新技术、新方法,在深入研究成矿地质作用、成矿构造、成矿流体的基础上,采用“三位一体”找矿预测方法来指导大比例尺找矿预测。

(黄建平)