

# 湖北省咸宁市温泉地热田地热 资源评价与开发利用

陈金国

(湖北省地质环境总站)

**摘 要:**本文介绍了湖北省咸宁市温泉地热田地热地质条件、成因类型,并对地热资源进行了评价,展示了近年来开发利用的成果、基本经验,提出了开发过程中存在的问题,并针对问题提出了合理可行的建议。

咸宁市位于湖北省东南部,长江中游南岸,湘鄂赣三省交界处,是南下北上的主要通道,素有“湖北南大门”之称。全市辖四县一市一区和一个经济技术开发区,即嘉鱼县、通山县、崇阳县、通城县、赤壁市、咸安区和温泉经济技术开发区。

咸宁市地热资源丰富,分布广泛,所辖的一区、四县、一市中均有温泉出露。随着地热资源作为绿色能源被广泛利用以及日益受到重视,21世纪初期陆续开展了湖北省咸宁市温泉地热田地热资源详查、湖北省赤壁市五洪山温泉资源评价、湖北省赤壁市五洪山地热田地热资源储量普查、湖北省崇阳县浪口地热田地热资源详查以及嘉鱼县蛇屋山地热资源勘探等工作。其中,咸宁市温泉地热田地热资源的详查工作在初勘的基础上,更深入地研究了潜山一带构造形迹的性质、规模及其与地热流体的分布、径流及排泄的关系,计算后得到其可开采量为 $13320.1\text{ m}^3/\text{d}$ ,最高水温达 $55^\circ\text{C}$ ,其勘查结果无论是在地热田的分布范围、可采资源量以及最高水温上均较以前有所突破。

## 1 区域地热地质条件

### 1.1 地质构造简介

咸宁地质构造位置处于扬子准地台梁子湖坳陷与咸宁台褶束的交接部位,从属于大幕山复式背斜北翼的次级构造——高桥向斜、孙鉴铺倒转背斜、贾家山倒转向斜的西延部分,由一系列的紧密褶皱组成区内的基本构造骨架。新华夏晚期构造体系在潜山一带表现强烈,其中大义山式断裂有明显的反映。这些不同的构造体系互相干扰、复合,不仅控制了区内的岩性组合、地貌、岩溶发育,而且也严格控制了地下水的分布及其补给、运移和排泄。潜山背斜是地热田的主要构造骨架,其特点是呈梳状,且向南东倒转,区内温泉断裂规模最大,且是经过多次构造变动的复合性断裂,先期为纵张断裂且以垂直运动为主,后期表现为逆向复合,并受逆时针的应力作用而显压扭性特征,是深切割断裂,也是控制区内地热流体分布的主要断裂。

## 1.2 水文地质条件

温泉出露地段为北西西断层与北东向断层交汇切割热储层所致,交汇处岩石强烈破碎,发育有碎裂岩、角砾岩,裂隙发育,断裂构造带内的构造岩的孔隙率比原岩大,特别是在断层交汇部位,这就为地热流体的储存和运移提供了有利的空间。本区断裂经历了多期活动,因其构造的方式、强弱不同,岩石的破碎程度和胶结状况各异,加之与其他断裂交切作用,导致了断裂富水程度、导热性能的不均一性,在岩石破碎、胶结较差,裂隙发育地段,地热流体相对富集,水量较大;在岩石虽破碎,裂隙连通性较差地段,由于储水空间狭小,通道不畅,故水温偏低,水量较小。

根据对地热田地热流体取样分析,咸宁市温泉地热田地热流体中气体成分主要以  $N_2$ 、 $O_2$ 、 $CO_2$  为主,其中  $N_2$  占逸出气体的 94.60% ~ 95.70%, 占溶解气体的 66.30% ~ 68.80%, 高丰度的  $N_2$  主要存在于大气中,地热流体中  $N_2$  的来源,是由大气降水带入地下所致,地热流体以大气降水入渗补给为主。

大气降水的  $\delta D$  和  $\delta^{18}O$  具有高程效应,根据本次地热流体、大气降水取样测试同位素结果,推算咸宁市温泉地热田的补给高程应该在 470 m 左右。根据区域地形地貌分析,在地热田东南方大磨山一带为 300 ~ 500 m 的低—中山区,其裸露地表的碳酸盐岩,接受大气降水的补给,通过岩溶通道远源补给咸宁市温泉地热田。

另外根据地热流体中氡的含量分析可知:地热流体应为 1954 年以前入渗的大气降水经过长时间径流循环至此的地热流体,即:本区地热流体从补给至排泄经历了 50 年或更长时间的径流,这一时间代表了地热区地热流体的径流时间。在表层盖层较薄和裂隙发育地段,有近期地表水和裂隙水的混入。

## 1.3 地温度场特征

根据勘查资料综合分析表明:咸宁市温泉地热田常温层的埋深一般为 25 m 左右,区内钻孔温度多呈平缓增温趋势,即随着孔深的增加,温度随之有所增高。根据孔内温度变化特征分析,在区内,钻孔增温较为迟缓,孔内温度变幅在 0.045 ~ 0.231℃/m 之间,并且由于导热、储热构造的埋深的差异或部分钻孔揭露的深度不同,造成了温度变幅存在差异,在导热、热储构造埋深不同断层带以上地段,温度增加明显,在断层破碎带内几乎不增温,破碎带以下温度增加不明显,显示了在破碎带以上和破碎带中主要以对流传热为主,在破碎带以下以传导传热为主。地热田地热梯度值的大小与地热田的地质环境条件(位置、岩性、地质构造、地下水等)有直接的关系,各地热区的岩石的地热梯度值具有一定的差异,其值多在 1.15 ~ 26.74℃/100 m。根据跟钻测温资料,在区内地温梯度的平均值为 6.57℃/100 m,热异常明显。

平面测温等值线长轴方向呈北西 290°展布,与地表出露温泉的方向大体一致,表明在该地段,地热流体的分布与出露主要是受北西向构造的控制。

## 1.4 地热流体水化学特征

根据勘查区内人工揭露地热流体井取样分析,地热流体的水化学类型为硫酸—钙型水,另外根据硫酸根离子含量与温度关系表明:地热流体中硫酸根离子的检出浓度与水温在一定范围内呈直线关系,当水温在 20 ~ 50℃ 时,硫酸根离子浓度变化范围为 17.50 ~ 1331.0 mg/L,当水温在 48℃ 以上时,硫酸根离子的浓度变化不大,可以认为 48℃ 为硫酸根离子

在地热流体中趋于饱和的临界值。地表水和常温地下水的水化学类型为重碳酸钙型，与地热流体有着很大的区别，从以上数据可以看出，在勘查区内地热流体中的特征离子为钾离子、钙离子、镁离子、硫酸根离子和氟离子，它们是地热田重要的水化学标志，是主要的标性元素。

## 2 温泉地热田地热资源评价

### 2.1 热储模型的建立

#### 2.1.1 热储盖层

在潜山背斜东侧至大磨山背斜北西翼之间的地层为志留系，岩性为泥质粉砂岩、页岩、粉细砂岩等岩石组成，总厚度 1762 ~ 2856 m，平均厚度为 2264 m，由于岩石中泥质成分含量较高，透水和蓄水性能差，在局部地段发育的断裂和裂隙均被泥质充填，因此岩石的热传递性能较差，在大磨山与潜山之间形成“U”形箱状构造，上部形成天然的盖层，阻止了热量的散失，对下伏热流场的热源起到了保温作用，是地热区的热储盖层。

#### 2.1.2 控热、导热构造

在区内，温泉断裂是具有代表性的主干断裂，它的切割深度和规模也是最大的，在潜山南东一带，它控制了志留系地层与奥陶系地层的接触边界，在碳酸盐岩中径流的地热流体，至温泉断裂附近时径流受阻，为区内的控热断裂。另外在月亮湾一带，北西西向发育的张性断裂为导热导水断裂。

#### 2.1.3 热储

根据钻探所获得的资料分析，地热流体的补给、运移和储存都是在碳酸盐岩地层中进行的，并且在岩溶发育的碳酸盐岩层中都获得了较丰富的地热流体。因此，在硅化岩石和志留系地层之下的角砾状灰岩、结晶灰岩、龟裂纹灰岩、生物碎屑灰岩、白云质灰岩，岩石裂隙、岩溶发育，局部地段是地热流体的主要储存场所，是热储岩层。

#### 2.1.4 地热田的形成

根据前面同位素资料分析，本区内地热流体的主要来源为大气降水，且为高山降水补给，温泉地热田的补给高程效应在 500 m 左右，并且经历了 50 年以上的径流时间后才进入地热区。

在大磨山背斜的北西翼出露的震旦、寒武、奥陶系地层，主要由灰岩、白云质灰岩或灰质白云岩、白云岩等碳酸盐岩组成，岩石裸露，地表岩溶发育，利于地表降水的入渗补给，并且受构造的控制，与地热区的岩溶系统具有水力联系，也为地下水的深部运移提供了通道，在北西翼岩石出露的高程为 500 m 左右，是地热区热泉水出露高程的 20 倍左右，这样天然的水头差为地下水的深部循环创造了条件。

当大气降水在重力的作用下顺碳酸盐岩径流系统向深部进行循环，加之地形高度的差异，为地下水的补给、运移、储存提供了良好的地质条件。在奥陶系上部为志留系泥质成分含量较高的粉砂岩，在潜山和大磨山之间形成了地热的天然盖层，根据区域资料，盖层的平均厚度可达 2264 m，这样既保护了地球深部热量的散失，又为深循环的地下水吸收热量储备了能源。

当地热流体径流至潜山附近,由于温泉断裂和一组北西西向断裂的切割作用,地热流体沿破碎带出露,形成温泉和地热田。

## 2.2 地热资源储量计算

根据咸宁市地热田的地热地质条件(包括盖层、热储、控热导热构造等)特征,结合《地热资源评价方法(DZ40-85)》及有关地热资源评价方法的研究资料,拟采用热储法对地热资源进行评价。

经过计算,整个地热田的资源量为 $12.1145 \times 10^{13}$  kcal,或 $507.2 \times 10^{15}$  J,相当于标准煤 $17.3 \times 10^6$  t。地热流体静储量为 $3875.5 \times 10^4$  m<sup>3</sup>,按照回收率0.15计算,可利用地热资源量为 $2074.40 \times 10^4$  kcal/h,折合发电量 $2.44 \times 10^4$  kW,相当于标准煤 $10.7 \times 10^4$  t/a,即咸宁市温泉地热田规模为中型地热田。

## 3 地热资源的开发利用

### 3.1 概况

咸宁市开发地热资源历史悠久。明朝天顺五年(1461年)《咸宁县志》记述温泉“水有硫磺气”、“疮疡浴之辄愈”。1938年底,温泉被日本侵略军占据划为禁区,修建“军人病院”。抗战胜利后,国民党军队在温泉设立训练营地。1949年9月,中国人民解放军南下进驻温泉,在温泉旧址设立解放军一九五医院,从此,咸宁温泉地热开始造福人民。人工开采利用温泉始于20世纪60年代,到80年代得到更大发展,90年代以来逐步向法制化、科学化的方向发展。

由于温泉开发利用日益受到社会各界的关注,咸宁市温泉经济技术开发区先后有中国人民解放军一九五医院、泉山宾馆、郑州铁路局疗养院、汉商集团股份有限公司咸宁温泉山庄、武汉长印集团温泉酒店等20家企业单位开发利用地热资源。地热资源开发利用主要集中在温泉经济技术开发区一带,原有28口地热井,现在还有13个单位共15口井仍在开采。地热流体以离心泵、真空泵、潜水泵等设备进行抽水,取水能力一般在30~100 m<sup>3</sup>/h。2005年日均开采地热流体总量4470 m<sup>3</sup>,高峰期可以达到5020 m<sup>3</sup>/d,最小为3320 m<sup>3</sup>/d。

目前地热流体的应用主要在服务、医疗、水产养殖、居民生活、科研等领域,并且取得了良好的经济、社会和环境效益。

### 3.2 存在的主要问题

随着地热流体的广泛应用,地热流体的开采量也相应增加,在开发利用地热资源的过程中,也产生了一些环境地质问题。

目前在地热区内,产生的主要问题为井泉、井孔之间的互相干扰、地热流体温度降低、地热流体水质变异及区域地下水位降低等。

### 3.3 建议

为使咸宁市温泉地热田地热资源更好地可持续开发,梯度综合利用,避免浪费和引起环境地质问题。建议:

(1) 对地热资源开发利用进行严格的管理,实行科学规划,统一集中开采,统一供热,并进行取配水全时空调控管理。加强集中供热工程建设,修建大容量的保温调节池,



采用先进技术,提高资源利用率,提高利用水平,改进工艺技术,优化系统参数,合理使用新材料,优材优用,物尽其用。加强管理,杜绝跑、冒、滴、漏、浪费现象。做好综合利用和后延开发工作。

(2) 制定与颁布《咸宁市地热资源管理办法》,加速地热管理立法。

(3) 严格地热资源开采审批制度,对总量、强度、利用条件实行控制。

(4) 遵循地热资源勘探和开采程序,严格控制地热资源的局部开采量和开采强度。

(5) 提高地热资源利用率,调整产业结构,控制能耗高的利用方式,有步骤地淘汰落后的能耗高的设备,使设备和系统向节约型方向发展。

(6) 建立地热资源保护区。

(7) 加强地热资源开采过程中其动态变化特征的监测,建立系统监测网,观测地热流体在开采条件下的水质、温度、水量、水位的变化情况,同时注意环境地质问题的调查研究。

(8) 对地热开采区每年进行一次地质环境评估工作。

(9) 争取国家资金,建立起国家级的地热流体监测点。

(10) 建立动态监测网。动态数据库是管理与开发中对资源最直接、最直观的趋势反应,因此,在温泉区应建立健全动态监测网,加强开采动态监测,为资源可靠性评价与资源管理制定相关的政策提供依据。

(11) 建设地热资源利用示范工程。地热资源的开发利用涉及众多领域,每一领域和利用方式必须实现资源、环境、经济效益的统一。由于许多技术和指标尚处于摸索阶段,在发展中非常需要以示范工程的作用带动发展,选择不同的利用领域类型,培养建立起集约化利用方式的地热示范工程,并在管理过程中以示范工程为样板,推广应用示范工程技术,起到以点带面、全面提高的作用。

## 4 结束语

地热资源是咸宁市的优势矿种,作为地热本身是无法以商品形式在市场上流通的直接矿产品,它的价值是通过热能功效的开发利用,地热资源产业化发展而获得的良好经济效益、社会效益、环境效益综合体现出来的。因此,统一规划,科学开发,合理利用,有效保护地热资源是咸宁市经济、社会、环境协调发展的有力保障。

地热开发利用应以市场为导向,以资源为基础,以产业为依托,充分发挥地热资源优势,充分利用地理交通优势,结合当地自然景观、人文历史背景等旅游资源,开拓风格鲜明、个性突出的设施建设,构成地热资源开发利用新格局,为咸宁市的经济建设和社会进步作出更大贡献。