

# 甘肃省主要城市地热资源特征及开发保护建议

周 斌

(甘肃省地质环境监测院, 甘肃 兰州 730050)

**[摘 要]** 甘肃省地处祖国西部内陆, 地处三大高原交汇地带, 构造运动复杂。区内水资源短缺。制约着社会经济的发展。本文对区内地下水地热资源进行了分析与探讨, 对在省内寻找及开发地热资源提供依据与参考, 亦是促进甘肃省经济健康发展的重要途径。而地热资源的开发对于改善环境质量及提高人民生活质量有着十分重要的意义。

**[关键词]** 甘肃省; 地热资源; 特征; 开发利用; 分析

**[中图分类号]** P641.8 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1004-1184(2011)01-0054-04

## 0 前言

甘肃省简称甘或陇, 因境内的古甘州(今张掖市)和肃州(今酒泉市)而得名, 总面积  $45 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地理坐标: 北纬  $32^\circ 31' \sim 42^\circ 47'$ 、东经  $92^\circ 10' \sim 108^\circ 46'$ 。省境由东南向西北斜长绵亘, 东西长 1 665 km, 南北最宽 530 km, 最窄处仅 25 km, 从西北到东南呈狭长的哑铃状。

甘肃省地处黄土高原、内蒙古高原和青藏高原的交汇地带, 地势自西南向东北倾斜。全省境内历经多期造山运动, 地质构造、地形地貌、地质地理、气候条件十分复杂。

省内分属长江、黄河、内陆河三大流域, 地跨我国东亚季风区、西北干旱区、青藏高原区三大自然区。大部分地区气候干燥, 气候的纬度和垂直差异性较为明显。降水量为 100 ~ 800 mm, 从东南向西北递减, 年降雨量多集中在 6、7、8、9 月份, 占全年的 50% ~ 70%。

甘肃地处西北内陆腹地, 黄河上游, 以干旱缺水为基本特征, 水资源短缺是制约社会经济发展的主要因素之一。因此, 加快地下水资源勘查开发, 有效合理并最大限度的开发利用好宝贵的地下水资源和地热资源, 是促进甘肃省经济健康发展的重要途径。

## 1 城市地热水资源

目前, 甘肃省城市地下热水已经开发的有兰州市、天水市, 具有地热异常显示的城市有敦煌市、嘉峪关市, 而白银、平凉、定西等城市具有热储构造, 有一定的勘探前景。

### 1.1 兰州市

兰州断陷盆地是地温地热资源形成的有利地段, 地热显示较为明显。区域研究资料表明, 兰州市地下 1 000 m 处地温为  $40^\circ\text{C}$ , 地下 2 000 m 处的地温达  $60^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ , 地温梯度  $3.5^\circ\text{C} \sim 4.2^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ , 大地热流值  $78 \text{ W}/\text{m}^2$ 。

兰州地热属沉降盆地型的沉积断陷亚型。其地下热水的特征受盆地结构和地下水的补径排条件的影响和控制。

控制性断裂构成新生代断陷盆地边界, 基底断裂构造发育, 盖层为巨厚的古近系中上部泥岩、粉砂质泥岩、热储层为白垩系和第三系下部的砂岩、砾岩及元古界的皋兰群上部

的风化和构造破碎带, 无近代火山作用和岩浆岩侵入。

中新世碎屑岩裂隙含水层构成完整的承压 ~ 自流盆地, 在南部山区接受现代大气降水的入渗补给, 在盆地内缓慢水平径流为主, 水交替速度缓慢。水源以大气降水入渗补给为主, 有部分古沉积水混入; 热源与正常地温传导, 热水由地下水经深循环吸收热量而形成。

地下热水的水化学类型为氯化物 - 硫酸盐型, 矿化度  $3 \sim 5 \text{ g/L}$ , 特殊组分有  $\text{SO}_4$ 、F 等。

根据已有资料分析, 兰州地热主要由相对隔水的古近系上部泥岩、砂质泥岩夹砂岩、砂砾岩组成盖层。兰州凹陷热储层埋深在 1 230 ~ 1 360 m 以下, 由中生界热储层和元古界热储层组成。其中, 中新世热储层位于 1 230 ~ 1 726 m, 到 1 730 ~ 1 770 m, 包括第三系中下部的中细砂岩和白垩系的砂砾岩, 含水层厚度 314 m, 热储层温度  $52^\circ\text{C} \sim 57^\circ\text{C}$ ; 元古界热储层位于 1 730 ~ 1 770 m 以下, 由皋兰群的深变质岩、片麻岩中的破碎带组成, 至 2 003 m 揭露的含水层厚度 101 m, 渗透性和富水性相对较好, 岩层的孔隙率 6% ~ 8%, 渗透率 200 毫平方微米, 热储层温度  $57^\circ\text{C} \sim 62^\circ\text{C}$ 。由元古界的片岩和片麻岩构成基底。

在兰州断陷盆地内实施了地热井勘探工作, 完成钻探工作量 2003.1 m。经过勘探证实, 七里河地热田(兰州断陷盆地)在 2 003 m 以内分布有可开发利用的低温地热资源, 深部仍有进一步勘探前景。成井深度 1 957 m, 单井出水量达  $504 \text{ m}^3/\text{d}$  孔口水温达  $60^\circ\text{C}$ 。经水质分析, 矿化度为  $4.176 \text{ g/L}$ , 富含偏硅酸、氟、铁等多种微量元素, 为优质医疗热矿水, 具有较高的医疗、洗浴、热能利用价值。此次大深度的勘探在兰州地区尚属首次, 取得了宝贵的地质、水文地质等方面的资料, 填补了地下热矿水资源勘探的空白。同时也为兰州市进一步的地热勘察开发工作奠定了良好的基础。

### 1.2 天水市

#### 1.2.1 街子温泉

位于天水市麦积区街子镇东部温家峡, 距离麦积城区 20 km 处, 同时也地处国家重点风景名胜 ~ 麦积山风景名胜区内。在 1988 年施工两眼勘探孔, 孔深分别为 350 m 和 500 m, 相应的孔口水温为  $38.5^\circ\text{C}$  和  $39.5^\circ\text{C}$ , 自流量均达到

**[收稿日期]** 2010-09-28

**[作者简介]** 周斌(1975-), 男, 甘肃山丹人, 工程师, 主要从事水工环方面的地质调查与研究工作。

3 600 m<sup>3</sup>/d 水中氢的射气含量为 36 3 埃曼, 氢达到医疗矿泉水标准。该地段地热水特征为:

(1) 500 m 深度内地下热水的水温、自流量均随深度增加呈阶梯状增加。水化学规律明显, 100 m 以上为重碳酸钠钙型水, 大于 100 m 深度则为重碳酸钠型水; pH 值及氟、二氧化硅的含量也随深度、温度增加而增大; 水中氢的射气含量递减。测定地下热水中含微量元素达 19 种, 采用化学温标法估算地热田的基础温度为 90℃ 左右。通过物探和钻孔揭露, 水温在 44℃ 的热储层位在 200~400 m 之间, 推测在其深部还存在热储温度较高的热储体。

(2) 区内地下热水的分布及形成受断裂构造的严格控制, 特别是低序次的构造成份关系密切, 属裂隙型或裂隙脉状型承压地下水, 热源可能主要为放射性元素的蜕变热能和来自地下水深部的热传导所构成。初步确认, 区内地下水由于受断裂构造的控制, 其分布面积较小。有明显地热显示地段仅位于温家峡西段约 1 000 m 范围内。

(3) O<sup>18</sup>、D 和放射性氢的同位素氡的测定结果, 区内地下热水的补给来源为大气降水。经水质化验分析, 地下热水中的矿化度小于 0.5 g/L; pH 值 7.9~9.1; 特殊化学元素含量较高的有: 氟 13.7 mg/L, 可溶性 SiO<sub>2</sub> 32.6~42.4 mg/L, 氨 2.1~36.3 埃曼/L; 属 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>~Na<sup>+</sup> 型水, 为含氟、可溶性 SiO<sub>2</sub> 热的淡水类型的地下水。

(4) 该地热资源于九十年代初由天水市麦积山风景名胜区管理局进行开发利用, 主要用于地热洗浴, 温度和资源量稳定, 自始至终发挥着很好的社会效益和经济效益。

1.2.2 中滩地热水资源

中滩地热位于天水市麦积区中滩乡张家沟~汪李坪一带, 距离天水市秦州区 18 km, 地理坐标: 东经 105°36'30"~105°40'15"; 北纬 34°41'30"~34°44'30", 交通便利, 开发条件优越。2004 年完成 1 眼 687.4 m 深勘探眼。取得了如下成果:

(1) 中滩地热田是受断裂构造控制的裂隙性 II—3 型地热田, 兼有层状和带状热储特征。初步确定地热田南北分别以 F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> 断裂为界, 西至霍家坪, 东至 F<sub>1</sub> 断裂, 东西长 1 300 m, 南北宽 1 200~1 250 m, 面积约 1.6 km<sup>2</sup>。

地势田热储为下元古界牛头河群碎裂状硅化大理岩(图 1), 分上、下两层, 第一层温水(28℃~35℃)热储沿 F<sub>2</sub> 断裂以北分布, 面积 0.4 625 km<sup>2</sup>; 第二层温、热水(40℃~90℃)大致沿 F<sub>3</sub> 断裂以南分布, 面积 0.7 875 km<sup>2</sup>。两热储之间以所夹 200~250 m 绢云母片岩和构造糜棱岩为隔层。热田盖层均为第三系和第四系地层。热储体富水性, 试验第一层热储单井涌水量 2 600~2 800 m<sup>3</sup>/d, 热储厚度分别为 138 m、556 m, 计算岩和水的平均热容量分别为 2 225×10<sup>-3</sup> kcal/m<sup>3</sup>·℃、3 552×10<sup>-3</sup> kcal/m<sup>3</sup>·℃。

(2) 温泉点和勘探井流量随季节变化不明显, 动态稳定。地下水补给来源于大气降水和地表水的入渗, 沿 F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> 断裂破碎带由西向东深循环径流加热而成, 受 F<sub>1</sub> 断裂阻挡溢出地表, 循环年龄大于 40 年, 火山岩中放射性元素的蜕变是其主要热源。

(3) 地热田地下水化学类型为 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>~HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>~Cl~Na<sup>+</sup>~Ca<sup>2+</sup>~Mg<sup>2+</sup> 型, pH 值 7.5~7.9 溶解性总固体燃料 1 200~1 500 mg/L, 水中除常规化学组分外, 还含有偏硅酸、锶、碘、硒、氟、氢等数十种微量元素。经初步评价, 偏硅酸含量达到医疗热

矿水浓度, 氟达到有医疗价值浓度, 满足医疗矿泉水标准; 水质符合生活饮用、农业灌溉和渔业用水要求。所提供热水的温度可用于医疗、洗浴、采暖以及土壤保温和热水养殖, 对供水管道的腐蚀性很小, 对普通混凝土侵蚀性较弱。

(4) 利用热储法和水文地质计算法, 计算热资源量为 28 0 356 MW, 可利用储量年限为 100 年。开采第一层温水热储, 可获得平均温度 30~65℃ 的温水资源量 4 800 m<sup>3</sup>/d, 开采第二层温水热储, 可获得平均温度 65℃ 的温水资源量 12 100 m<sup>3</sup>/d。

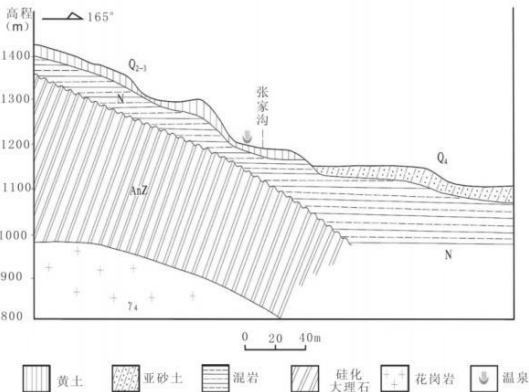


图 1 中滩地质剖面图

1.3 嘉峪关、酒泉市

依据相关资料分析, 酒泉~嘉峪关地区存在地热田, 依据地层结构、构造特征, 初步确定了地热田范围: 东延伸至黄泥堡, 南至祁连山前大断裂, 西至酒泉西盆地, 北至北山山前大断裂。

初步确定的进一步勘探与开发区位于嘉峪关市西侧的嘉峪关大断裂的断裂带附近, 属于文殊山隆起区, 为正向构造, 根据地热理论, 正向构造带易形成较高的地温和地热流(图 1), 依据如下:

- (1) 该处属于文殊山隆起和榆树沟山隆起的结合部位, 构造运动比较活跃, 是形成地热流的有利部位;
- (2) 该处处于嘉峪关大断裂的上盘, 第四系厚度很薄, 盖层(第三系和白垩系)厚度约数百米, 热储埋藏较浅。
- (3) 嘉峪关大断裂是很好的热通道, 并有明显的氢等异常显示。

利用 SiO<sub>2</sub> 温标计算热储温度普遍在 62℃~80℃ 之间, 用地温梯度推算, 热储深度在 1 500~3 000 m, 由此推断文殊山隆起带的热储在 1 500~2 500 m 之间, 热储温度大约在 80℃~100℃ 之间。据此将区内的文殊山隆起带的热储深度划分为经济型深度, 有开发利用前景(图 2)

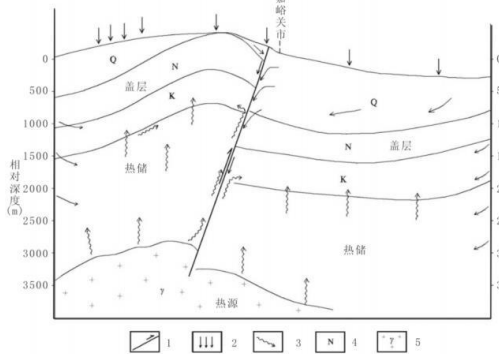


图 2 地热田概念模型示意图

1- 断层; 2- 冷水运动方向; 3- 热水运动方向; 4- 地层时代; 5- 花岗岩

1.4 平凉市

据相关调查资料, 平凉市城区以西五里墩南的南坡村, 发现一眼水温异常的民井 ( 141 号井 ), 测水温 20 ℃。该井位于村中, 当时仅对井附近的全部水点进行了调查。发现在 141 号井东约 100 m 处还有一口井水温异常为 17 ℃, 二者的水温均高于区域上潜水的正常温度 ( 8~ 12 ℃之间 ), 二口井呈 NW 297°方向展布。

对全村 5 口民井中的 4 口井水取水样进行简分析, 并分析了  $SD_N$ 、 $F^-$  和  $\Gamma$  含量, 有关资料见表 1。

表 1 141 号、补 2 补 3 补 4 号井水质分析一览表

井号 组份	141	补 3	补 2	补 4
井温 ( ℃ )	20	17	10. 5	12
$HCO_3^-$ ( mg/L )	363. 66	347. 8	279. 5	289. 2
$SO_4^{2+}$ ( mg/L )	251. 68	232. 0	63. 4	64. 4
$Cl^-$ ( mg/L )	102. 81	96. 1	17. 7	16. 7
$Ca^{2+}$ ( mg/L )	65. 73	64. 9	54. 1	60. 09
$Mg^{2+}$ ( mg/L )	44. 73	46. 5	31. 1	31. 6
$K^+ + Na^+$ ( mg/L )	164. 22	153. 4	26. 2	20. 9
$\Gamma$ ( mg/L )	24	20	1. 7	5. 7
$F^-$ ( mg/L )	1. 34	1. 04	0. 216	0. 264
$SiO_2$ ( mg/L )	16. 48	13. 8	11. 28	11. 6
矿化度 ( mg/L )	810	943	472	484
总硬度 ( $H^\circ$ )	19. 52	18. 42	14. 75	15. 8
pH 值	1. 4	7. 3	7. 6	7. 6

从分析资料上可以看出, 热水井的水质资料和常温水井的水质有较大的差异。常温水井水化学类型为  $HCO_3^- \sim SO_4^{2-} \sim Na^+ \sim Mg^{2+}$  型, 矿化度为常温水井的两倍。水中  $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^-$ 、 $Na^+$  的含量为常温井的 4~ 6 倍,  $F^-$  含量是常温井的 4~ 5 倍,  $\Gamma$  含量是常温井的 4~ 10 倍, 总硬度也比常温井高。热水井位于泾河二级阶地后缘, 三级阶地前缘陡坎下。此处第四系覆盖近 30 m, 地面上无构造形迹显示。推测热水井的成因可能与通过平凉市城南侧向西延伸的大庙沟断裂在晚近时期的活动有关。通过分析得出:

( 1 ) 平凉市区及其外围, 为条带状分布的低温热田, 面积可达 150 km<sup>2</sup>。低温热田内地下水水温在 20 ℃ ~ 25 ℃, 局部有利地段可能高于此温度。储温层为下白垩系六盘山群李洼峡组、和尚铺组中下部和三桥组上部; 盖层在平凉市区为新第三系砂质泥岩, 在泾源县一带为李洼峡组 and 老第三系。

( 2 ) 平凉市区及其外围地下低温热水白垩系和尚铺组中上部、三桥组上部含放射性铀矿, 铀矿在其脱变过程中产生热能, 通过对围岩加热后, 在地下水逐流过程中受地层热传导而形成, 因热能较低, 盖层较薄, 通道不佳, 故水温一般在 20 ℃ 左右。

( 3 ) 平凉市区附近, 在勘探深度 500 m 之内没有大于 40 ℃ 的热水, 其原因是没有具备形成大于 40 ℃ 热水的地质条件。

( 4 ) 低温热水形成过程较复杂, 由多种因素所决定。低

温热水符合生活饮用水标准, 可作为生活饮用水水源, 也可作为农灌、养鱼、育苗之水源。

详细情况还有待于进一步做工作。截至目前, 还没有勘查出有利用价值的地热资源。

1.5 庆阳市地热异常

该两处地热异常孔位于董志塬上, 地形平坦, 微向南倾。塬区黄土层厚度约 200 m; 其下伏白垩系砂岩。构造上属于天环向斜 ( 宁夏天池 ~ 甘肃环县 ) 东翼, 地层倾向西, 倾角平缓。据石油勘探资料, 地热异常区位于马岭油田蔡庙构造的东南部。

两孔含水层主要为白垩系志丹群下部洛河组、华池组层状砂岩、砂砾岩, 属深层承压含水岩组, 其上为泥岩, 砂质泥岩, 是较好的热储盖层。

经钻探, 孔内水温为 22 ℃ ~ 22. 5 ℃, 涌水量 5. 16 ~ 2. 35 L/s 地下水矿化度 2~ 3 g/L, pH 值 7~ 8 水化学类型为  $SO_4 \cdot Cl \sim Na$  型水, 属中性微咸水。地下水源于降水、河水及黄土潜水渗入, 自北面南运移, 在马莲河及黑河河谷段汇流排泄。

1.6 敦煌市新店台地热异常孔

新店台地热异常孔位于敦煌县五墩乡新店台, 安西 ~ 敦煌公路旁, 距敦煌县城 15 km, 交通便利。

新店台地热异常孔位于北戴山山前断裂以北, 党河洪积扇与疏勒河冲洪积扇的交汇部位, 孔深 106. 23 m, 0~ 56. 39 m 为粘性土与含砾中粗砂互层, 56. 39~ 106. 23 m 为中细砂与亚砂土互层。

新店台地热异常孔热储含水层为中上更新统细砂层, 该孔依据 34. 91~ 56. 39 m 所夹的亚粘土层可将含水层划分为上下二个部分, 下部含水层含承压水, 水头高于地表 7. 33 m, 单位涌水量 1. 9 升 / 秒 · 米, 水温 18 ℃, 矿化度 0. 72 克 / 升, 水化学类型属  $HCO_3 \cdot SO_4 \sim Na$  型淡水。微量元素含量  $SD_2$  13 毫克 / 升,  $BQ$  8 毫克 / 升,  $F_4$  8 毫克 / 升。另外据距该孔不远的煤田钻孔资料, 孔深 444. 91 m, 213. 92 m 揭穿第四系, 下伏地层为第三系泥质砂岩及泥质粉砂岩。混合抽水时水温 20 ℃, 矿化度 1 克 / 升, 水化学类型属  $Cl \cdot SO_4 \sim Na$  型。

1.7 白银、定西市

白银市、定西市位于中生代盆地, 基底均为前寒武系或震旦系结晶片岩或灰岩, 具有与兰州市相似的热储构造与热储层, 推测可能有地下热水存在。

白银市、定西市限于目前的勘探程度, 最深钻孔 238 m, 目前尚不能得出明确结论, 有待进一步工作。

2 地热资源类型与特征分析

甘肃地热资源特征: 具有热储类型多, 严格受断裂构造控制, 与岩浆岩、地震活动关系密切, 水温低, 流量大和分布面广点多等特点。

2.1 热储类型多

按热储岩性结构, 可分为砂、砾石孔隙热储, 变质岩和岩浆岩裂隙热储, 石灰岩岩溶热储, 以及断裂带热储等四种类型。按热储地层年代, 有新生代第四纪、第三纪、中生代白垩纪以及震旦纪, 前震旦纪。

2.2 地热资源的分布与活动断裂具有十分密切的关系

由于甘肃主要城市分布着一系列活动断裂及深大断裂,

便于地球深部热源上升运移。已知广泛分布的温泉均与断裂构造息息相关。典型的如嘉峪关断裂、渭河北缘深大断裂等,均成为控热构造。

### 2.3 岩浆岩的存在是地热存在充分条件

甘肃地壳运动频繁、复杂而强烈,岩浆岩侵入期次多,规模大,分布广。尤以中生代燕山期和古生代华力西期花岗岩与地下热水的成生和分布有着密切关系。几处温度较高的温泉,均出露于花岗岩体边缘相接触断裂带或岩体中断裂带。如天水街子温泉。

### 2.4 地下热矿水以中、低温为主要类型

甘肃地热资源,按国家地热分级标准,在 55 处地热点中,只有 21 处水温达到低温地热资源温水、温热水的要求,水温  $25^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。水温相对较高的,有兰州、天水等地下热矿水。水温低的原因,主要是地下水成因属非火山型所致。其次有的地热田距冷水水源补给地较近,地下水与径流补给的冷水互相混合;有的是热储上部没有较好的隔热保温盖层,或热储层与上部含冷水层隔离不严;盆地传导型地下水含水层的地热梯度低等等。

### 2.5 地下温热水多为承压水、流量大

甘肃省已知地热资源温热水的流量较大(与陕西、北京、天津等地低温地热资源温热水流量  $200 \sim 2\,800\text{ m}^3/\text{d}$  相比)。同时,大多数温热水钻孔为承压水,水头高出地面,开采利用工艺流程较简单。如平凉五里墩地热异常孔水头高出地面 30 m,自流量达  $9\,573\text{ m}^3/\text{d}$  天水温泉峡温热水孔,水头高出地面 40 m,自流量为  $3\,600 \sim 4\,000\text{ m}^3/\text{d}$  河西走廊的武威、酒泉、敦煌盆地中的地热异常孔,多数为承压水,水头高出地面。酒泉漫水滩地热异常孔水头高出地面 10.6 m,出水量  $342\text{ m}^3/\text{d}$  敦煌孟家井地热异常孔水头高出地面 1.22 m,自流量  $268\text{ m}^3/\text{d}$ 。总之,已知多数地热资源点水量较大,多为承压自流水,开采利用工艺较简单,应为甘肃地热资源特征之一。

### 2.6 地热田类型较多

根据地质构造特征、热储特征、水文地质特征,结合地热资源地质勘查类型,甘肃地热田可分为带状断裂构造花岗岩型、带状兼层状混合型、盆地层状型和岩溶型四类地热田。

(1)带状断裂构造花岗岩型地热田,热储呈带状分布,严格受断裂构造控制,地质构造复杂,面积小,地表地热显示明显有温泉。

(2)带状兼层状混合型地热田,热储呈带状分布,受断裂和岩层控制,彼此存在成生关系,地质构造比较复杂,面积较小,地表地热显示明显有温泉。

(3)盆地层状地热田(含地热异常),热储呈层状,分布面积广,岩性和厚度稳定或有规律的变化,地质构造简单,地表地热显示。

(4)岩溶型地热田,热储呈层状,受石灰岩、角砾状灰岩碳酸盐岩控制,岩性和厚度较稳定,岩溶裂隙发育,形成地下通道,地质构造较复杂,地表地热显示明显有温泉。

## 3 地热资源开发前景

为了有依据地开展专门性地热资源地质勘查,开发利用地热资源,现按照地质断裂构造、温泉成因、热储结构特征、地热远景储量、水文地质特征(水温、流量、水质)、开发利用

现状和自然地理经济条件等因素,将甘肃城市地下热水大致划分三级远景区,以便有关城市考虑研究进行地热资源地质勘查和开发利用。

### 3.1 I 级地热远景区:

天水、兰州、敦煌等地热田(温泉)。该级区断裂构造发育复杂、规模大、影响深,有利于地球深部热源上升运移、深循环加热和储存,即有导热和储水构造体系;热储结构条件较好,埋藏浅( $0 \sim 500\text{ m}$ );地下温热水水源丰富,流量大,水温相对较高,水质较好,含微量元素或弱放射性氡;靠近城镇或旅游区、经济开发区,交通较方便;开采技术经济条件较好,多数已开采利用。

### 3.2 II 级地热远景区

有平凉、酒泉、嘉峪关低温地热资源温水孔,为承压高水头,自流量大。水头高出地面 30~80 m,开采工艺流程较简单,地下温热水水源丰富,水质较好,热储面积大,地质构造较简单,位于城区及旅游区,交通方便,已开采利用,但水温低。还有河西走廊武威、酒泉、敦煌盆地地热异常区,热储面积大,埋藏较浅,地下温水水源丰富,流量较大,多为承压水,水质较好,距城镇或游区较近,交通较方便,但水温低。

### 3.3 III 级地热远景区

庆阳董志塬鄂尔多斯盆地地热异常区,具有一定的有利于地下温热水生成的地质条件,热储面积大,地下温热水水源较丰富,水量较大,但水温低,埋藏深。白银、定西、临夏等中生代盆地地热异常区,可进行勘查工作。

## 4 城市地下热水合理利用与保护建议

(1)根据地热资源特征、分布规律和远景区划,有关城市应积极研究进行专门性地热资源地质勘查和开发利用。

(2)在地热资源地质勘查时,应遵照国家技术监督局发布的《地热资源地质勘查规范》GB11615—89 规定进行。充分采用新技术、新方法。必须严格遵循地热勘探、开发的原则。钻探工程布置和孔数、孔距,应按地热田勘查类型和规模,以满足相应地质勘查阶段的要求。同时,应当先疏后密,统筹兼顾,探采结合,注意地方开采生产工艺的需要,如钻孔结构、孔斜、水温、水量、水质、地下温热水层与冷水层之间的封闭隔离等问题。

(3)应采取勘探与研究相结合的思路,应着重研究断裂构造特征、热储构造配套组合关系的分布规律,对地热田(含温泉及地热异常)的地层、构造、岩浆岩与地热的关系,对热储、盖层、导水和控热构造及地热田或地热异常的范围,对地热流体的化学成分,热储概念模型,以及地热储量(D+E级)等进行调查研究。

(4)要注意地热田(温泉)的环境保护。防止泉水和地下温热水污染、水质恶化是保护地热资源的一个重要方面。如农药、化肥、污水农田灌溉等,通过地表水渗透地下,造成地下温热水污染。同时,还应研究地热流体中含一些高浓度有害组分对环境和大气的可能产生的污染,评估地热开发的环境地质效应。

(5)地热开发应严防产生次生环境地质问题,严格做到资源开发与环境保护相结合。避免地热开发引发新的环境地质问题,产生负面效应。

(6)地下热矿水资源开发应做到统一规划,(下转第 126 页)

理特征。本文以查询前者为例,见图 2。

(3)统计分析。系统可对有关数据进行统计计算,如求某年最大、最小降雨量等,还可绘制出各种统计图件,如降雨量柱状图,并能对一些信息进行空间分析,如绘制某年同时期的浅层地下水水位线等。

(4)制作专题地图。用户可以根据需要,选择图层组合输出。

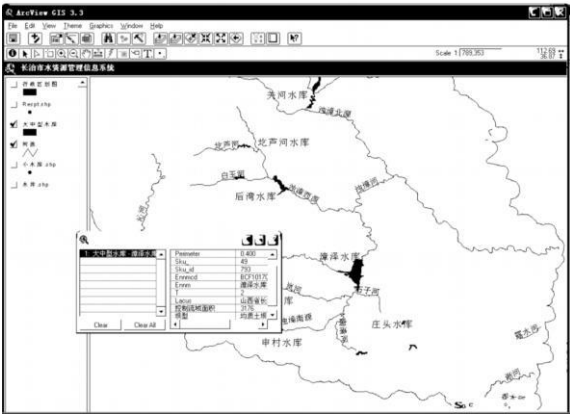


图 2 信息查询界面

2.2.2 专业应用子系统

长治市的水资源资料主要涉及地质库、地表水库、地下水库、气象水文、水质监测、资源计算等,因此系统设计把水源地信息资料的管理划分为 8 大模块,功能结构如图 3 所示。

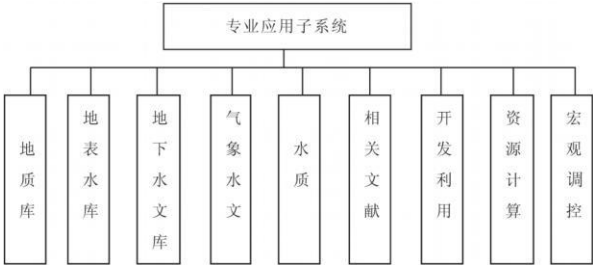


图 3 专业应用子系统功能结构

- (1)地质库。包括地层、构造类型、钻孔基本情况分布图、钻孔孔径、钻遇地层、钻孔水文地质实验、区域水文地质专题图、数据添加、数据编辑等。
- (2)地表水库包括河川径流和水库资料两部分
- (3)地下水库。包括长观井基本情况、变动情况、观

- 测类型、井的查询、数据添加、数据编辑、水位动态曲线生成、水位统计、水位埋深动态曲线生成等。
- (4)气象及水文信息管理。包括水文气象资料、水文站情况、资料的查询、数据编辑及降雨量统计、蒸发量统计、资料柱状图生成、水位和流量统计,水位动态曲线和流量动态曲线的生成等。
- (5)水质。包括水样情况、水样物理及常规化学项目,水样特殊项目,水质分析结果。
- (6)相关文献。包括管理所需要的文字报告、规范标准、法律法规、规定等。
- (7)开发利用。包括地表、地下水的开采、调蓄、管理等。
- (8)资源计算。包括各种水资源计算。
- (9)资源评价。能够对开采现状及可持续发展潜力作出综合评价,为长治市水资源的合理开发和可持续利用提供技术支持。

2.3 系统特点

- (1)能有效地管理及维护各种图形和数据。GIS把各种数据集成在一个系统中并保持特定的相互关系,有利于数据的维护和综合管理,也是资料标准化的过程,便于今后统一规范资料。
- (2)可视化。各种数据信息和分析模拟结果都以直观形象的图形给出。
- (3)界面友好,易操作。系统界面和过程全部用 A review 的内嵌语言 Avenue用户化。
- (4)实用性。如报表和图件的自动生成,管理人员能够直观、快速地了解区内的水资源状况,包括地下水的补给、开采状况。

3 结论

结合 GIS和专业模型,开发水资源管理信息系统。可实现图形和属性数据的双向查询,对水资源、水环境数据进行科学管理。在此基础上做出评价,并针对不同地区的不同水资源状况,提出一些相应的管理方案。运用该软件大大降低了管理者简单的机械似劳动,并有效的整合了当地的水资源资料,减少了在收集、整理、查找过程中由于人为因素对资料造成的损坏和错误,提高了管理者的工作效率、提高了查询的精度,提高了分析、决策等工作的技术水平。从而使得水资源管理更加科学化,直观化和系统化。

(上接第 57 页)

开源节流,综合利用。防止滥采导致地热资源的破坏或枯竭。

(7)开发利用地热资源与当地经济开发、旅游资源开发相结合。部分地热资源处于旅游区或值得研究开发利用的旅游区。如平凉地热资源应结合“道家第一名山”~崆峒山旅游圣地,统一规划,开发利用。天水温家峡温泉,处于麦积山著名的风景旅游区,应统一规划,加强开发利用该地热资源。敦煌有近二千年历史的莫高窟,不仅是我国西北旅游观光圣地也是世界现存最大的佛教艺术宝库之一,故而应积极研究在敦煌开发地热资源地质勘查,寻找地下温热水,为发展敦煌旅游事业和经济建设服务。

(8)地热资源地质勘查和开发利用、设计、施工等,应聘请有资质的单位进行,规避开发的经济风险。

参考文献

[1]甘肃省地质环境监测院. 甘肃省主要城市环境地质问题调查与评价研究报告(内部资料). 2007. 12

[2]甘肃省地质矿产局第一地质矿产勘查院. 甘肃省天水市中滩地下热水勘查报告(内部资料). 2004

[3]甘肃省地矿局第一水文地质工程地质队. 甘肃省天水市温家峡地下热水普查报告(内部资料). 1988年

[4]甘肃省地矿局第二地质矿产勘查院. 兰州市城区浅层地热能资源调查评价报告.(内部资料). 2009. 4

[5]甘肃地质工程勘察院. 甘肃省白银市平川区红沙浪地下热矿水资源综合评价报告(内部资料). 2004. 2

[6]中国地质矿产经济学会环境经济专业委员会. 地质环境经济论文集(第三辑). 中国大地出版社. 北京. 2007. 8