

邢台市地下热水资源合理开发利用的研究

乔光建¹, 刘东国²

(1. 邢台市水文水资源勘测局 河北 邢台 054000; 2. 邢台市水利工程处 河北 邢台 054000)

摘要 叙述邢台市地下热水资源状况, 如地下热水埋藏条件、盖层、热储层、热源、水源等, 分析了地下热水资源的形成原因。根据调查资料和计算成果, 评价邢台市地下热水资源量及开发利用现状, 提出了地下热水开发利用过程中应注意的问题, 如地面沉降、地下热水利用后尾水排放引起的热污染, 以及对农业生产造成的危害。

关键词 地热资源; 水资源评价; 地下水资源开发利用; 邢台市

中图分类号: TV213.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2005)06-0041-04

Study on reasonable exploitation and utilization of geothermal resources in Xingtai City

QIAO Guang-jian¹, LIU Dong-guo²

(1. Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Xingtai 054000, China; 2. Xingtai Hydraulic Engineering Department, Xingtai 054000, China)

Abstract Based on the situation of geothermal water resources in Xingtai City, including the burying condition, cover layer, geothermal resources storage layer, geothermal source and the headwaters of groundwater, the causes of its formation were analyzed. According to the investigation data and computation result, the present situation of geothermal water resource and its development and utilization were assessed. The main existing problems during the development and utilization were pointed out, including land subsidence, thermal pollution caused by the wastewater discharged after the utilization of geothermal water, and the harms to agriculture.

Key words geothermal resource; evaluation of water resources; development and utilization of groundwater resources; Xingtai City

邢台市地下蕴藏的地热资源主要是以地下水为载体、水热型地热田能源系统, 它多以中低温地下水或泉的形式分布于山区和平原。随着经济的发展, 地热将成为推动生产和生活水平提高的重要新能源。

1 邢台市地下热水成因分析

河北省的地热田是以地下水为载体, 将地壳深部的热能传导到浅层, 并赋存于最佳储存空间而形成的, 它以热储量多、分布广、产出中低温热水为特征。

河北平原从太古代到古生代以褶皱运动为主, 中生代发生了燕山期岩浆构造活动, 使得相对稳定

的、呈东西向分布的构造基底, 演变成以深大断裂为界的、北东走向为主的隆起与拗陷相间的构造体系。新生代的喜马拉雅造山运动, 加剧了原有断裂的活动性, 使地下水通过深循环, 将深部岩层尤其是花岗岩类岩石中的热能携带到地壳浅部。隆起区的碳酸盐岩和中新代砂、砾岩层, 则为热水提供了最佳储存空间, 在具备一定厚度隔热保温的条件下, 便形成了可供利用的地热能资源的水热型地热田。河北平原地热田概念模型可由 4 部分构成。

1.1 盖层

整个河北平原的地热系统, 尤其是上第三系统

作者简介: 乔光建(1956—), 男, 河北沙河人, 高级工程师, 从事水环境评价和水资源保护等方面工作。E-mail: jhbxqtgj@163.com

热储的盖层,由第四系构成。这个地区的第四系,是河、湖相成因的一套粘土、亚粘土与各类砂层交互叠置的松散沉积物,厚度约 350~550 m,由于其空隙度大、导热性差,所以成为良好的保温盖层。

河北平原的新生界厚度一般为 1 500~4 000 m,间夹厚度比约 40%~60% 的粘性土和泥岩是下伏基岩热储的盖层。新生界盖层的地热场特征与厚度、基底构造有关。一般说来,盖层的地热梯度随其厚度变薄而增加。依据基底构造、盖层厚度及其地热梯度的差异性,将河北平原地区的盖层地热场划分为 4 种类型。

a. 高凸起型。盖层一般比较薄,厚度只有 100~300 m。由于冷水补给及盖层热散失大,不利于地热能的储存,盖层地热梯度多小于 2.5℃/100 m,深度 1 000 m 的地温以小于 40℃ 为主。

b. 凸起型。新生界盖层厚度一般为 800~1 500 m,最薄处 600~700 m,最厚处 1 600~2 000 m,保温较好。凸起上方地热梯度每百米为 4~5℃,局部为 5~6℃。此种类型勘探深度为 1 000~1 500 m 时,可获得 70~80℃ 的地下热水,最具有开采价值。

c. 低凸起型。盖层主要为新生界,部分还有中生界,厚度 2 500~4 000 m。低凸起上方盖层地热梯度每百米为 3.4~3.8℃,局部达到 3.6~4.2℃。在目前开采技术条件下,对低凸起型地热的开发利用尚有一定难度。

d. 深凹陷型。中-新生界盖层厚度一般 3 000~6 000 m,最厚达 8 000~15 000 m。盖层地热梯度普遍较低,每百米仅有 2~3℃,局部达 2.8~3.3℃,此种类型地热开发利用难度较大。

1.2 储热层

河北平原区普遍分布有第三系储热层,它直接覆盖在第三系或各个不同时代的基岩之上。其底部常见有泥岩隔水层,与下第三系或基岩无直接水力联系,但在构造断裂部位有一定沟通。上第三系储热层是河北平原地热田的主要开采层位。下第三系多分布于凹陷区,为主要生油层,对地热而言无开采价值。

河北平原的基岩储热层主要是奥陶系、寒武系、青白口系和蓟县的碳酸盐岩裂隙岩溶层。从各个时代基岩储热层的水温及化学组分差异可知,它们之间无明显的水力联系,属于层间水性质,但在开启性构造断裂发育地段,有可能沟通层间热水。

1.3 热源

河北平原地热田的热源主要来自上地幔和花岗岩壳的放射性元素衰变产热。热能经过热传导比较均一地供给基岩储热,在构造凸起部位产生局部热

流集中,而且在岩溶裂隙发育地段有部分热对流。在热传导和热对流的共同作用下,使凸起区上部一定范围内产生较高的地热异常或形成地热田,其盖层的地热梯度每百米大多在 3.5~4℃ 以上。

1.4 水源

根据氢、氧同位素测试及水化学分析资料表明,河北平原区的地下热水来源于大气降水补给。西部太行山的大面积裸露基岩,接受大气降水和地表水的补给,沿构造断裂经深循环向平原区运移,侧向补给平原储热层。

2 邢台市地下热水分布情况

邢台市的地热按地貌、地质构造和出露条件,可划分为褶皱山区地热区和平原沉降带地热区。

2.1 太行山山地中低温地热区

太行山山地属于山西断隆,因受燕山运动影响,发育了北西向和北北东向两组断裂,后期又经伟晶岩脉的穿插,沟通了深循环的地下热水。热水多露在古老的片麻岩与中、上元古界白云质灰岩和岩浆岩的接触带上,水温一般为 30~60℃。如西部山区原杨庄有一温泉,温泉水温为 50~60℃,后因热水露头在朱庄水库库区内,水库建成后被淹没,于 1978 年 10 月打一钻孔将热水引出库区,该孔深度 34 m,水温 58℃。

2.2 平原沉降带地热区

根据基岩构造、水温、地热梯度及热储埋藏等特征,邢台市平原区已探明的地热区有宁晋断凸—南和断凸地热区、新河断凸地热区、百尺口断裂带地热区和广宗断凸地热区 4 个地热区。

a. 宁晋断凸—南和断凸地热区。宁晋断凸与南和断凸呈北东向展布,形成一斜坡。基底由奥陶系、寒武系、中上元古界及太古界组成。地热区深度 1 000 m 之内为第三明化镇组储热层,地热梯度每百米为 2.6~4.2℃,水温 41~56℃,单井涌水量 700~1 400 m³/d,深部基岩储热层为奥陶系及蓟县系雾迷山组、高于庄组。埋深 1 300~2 000 m,单井自流量为 1 000~1 500 m³/d,最大可达 3 800 m³/d,井口水温 50~83℃,地热梯度每百米 3~4℃,最高达 4.95℃,该斜坡向西南延伸进入南和断凸个柏乡基岩浅埋带。从小李岗经柏乡县城到宁晋县城东为一长约 90 km 的北北东向大断裂,断裂以东为凸起区,预计 1 000 m 之内可获得 50~77℃ 热水。

b. 新河断凸地热区。新河断凸地热区包括衡水—新河一带。区内上第三系底界面埋深 1 300~1 400 m,局部达 1 500 m,其下界为奥陶系,深部有岩浆岩分布。深度 1 000 m 之内地热梯度每百米为 3.2

~3.8℃ ,局部达到4~4.7℃ ,预计水温达42~54℃。

c. 百尺口断裂带地热区。百尺口断裂带地热区位于南和断凸东南 ,处于百尺口—牛家桥断裂和隆尧南断裂的交汇部位。百尺口—牛家桥断裂长约70 km ,其西为南和断凸 ,东为巨鹿断凸 ,是地壳垂直形变显著的沉降区。浅部地热梯度每百米为2.6~3.0℃ ,局部达4~4.9℃ ,深度1000 m之内可获42~45℃热水。

d. 广宗断凸地热区。广宗断凸上第三系底界面埋深1500 m左右 ,下第三系底界面埋深1800~2100 m ,以下为百堽系、侏罗系、二叠系、石灰系、奥陶系。浅部地热梯度每百米为2.6~3.3℃ ,局部达3.5~6.3℃ ,深度1000 m之内可获40~50℃热水。

3 邢台市地下热水资源评价及开发利用现状

3.1 地下热水资源计算成果^[1]

邢台市地热资源较丰富 ,在20世纪80年代对河北省地热资源进行评价时 ,查明全省平原区有16个地热分区 ,邢台市平原区有4个地热分区。按照平均布井法 ,井距一般采用3~4 km ,单井出水以实际水量为基础 ,考虑经验出水率 ,估算每个地热区单井出水量和总开采量。邢台市平原区地下热水可开采能力计算成果见表1。

表1 邢台市平原区地下热水开采能力计算成果

地热区	面积/ km ²	温度/℃	单井出水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	可开采量/ (m ³ ·d ⁻¹)
宁晋断凸—南和断凸	1439.75	50	1400	2390
新河断凸	1390.00	42~45	504~720	188496
百尺口断裂带	353.75	50	1440	56160
广宗断凸	655.00	45	1440	105120
合 计	3838.50			588816

已查明邢台市的地热区面积3838.5 km² ,按平均布井法进行测算 ,地下热水总开采量为588816 m³/d。由于目前对地热勘查研究与开发利用程度比较低 ,现已查明地热资源仅占已发现地热异常的1/3 ,而已得到开发利用的地热资源还未达到已查明资源的1%。今后 ,邢台市地热资源开发潜力很大。

对于热水、热能利用按温度分类 ,其主要用途见表2。

表2 热能利用及主要用途

水温	温度/℃	主要用途
低温	20~40	农用灌溉、浴疗、洗涤
中温	40~60	生活、取暖、锅炉用水、调节灌溉水源
高温	60~100	取暖、工业热供水、锅炉用水、发电

3.2 地下热水水质评价

地下热水分布受断裂构造控制 ,水化学类型较

复杂 ,一般矿化度较大。根据邢台市平原区临西境内的热水井化验资料 ,矿化度为5970 mg/L ,是当地地下水矿化度的10~12倍。按照矿化度大小分类 ,矿化度在1000~2000 mg/L为微咸水 ,矿化度在3000~10000 mg/L为咸水。该地下热水属咸水 ,在利用热量的同时 ,其尾水将对附近环境和农业等产生影响。该热水井井深1795 m ,热水温度60~70℃ ,自流出水量为300 m³/d。

地下热水的地球化学特征明显地受地下水补给、径流、排泄及地质构造的控制。对邢台市地下热水的水化学变化特征分析 ,在西部山区 ,矿化度在1000 mg/L以下 ,而黑龙港平原地下热水矿化度可达5000~6000 mg/L ,水化学类型为氯化物-钠型水。邢台市不同区域地下热水井各离子质量浓度见表3。

表3 地下热水中各主要离子质量浓度 mg/L

热水井位置	钾	钠	钙	镁	氯	硫酸根	碳酸根	重碳酸根
临西县城关	16.20	1590	280.0	55.60	2810	738	0	164.0
沙河市杨庄	8.59	143	12.4	5.78	150	128	14.5	73.8

3.3 邢台市地热资源开发利用现状

邢台市地热资源开发利用最早只有一处 ,即西部山区杨庄天然温泉。在朱庄水库建成后 ,利用温泉建设了温泉疗养院。平原区地下热水利用从2000年开始 ,地下热水井深一般在1500~2000 m。邢台市地下热水开发利用情况调查见表4。

表4 邢台市热水井开发利用

开挖年份	热水井位置	井深/m	水温/℃	年开采量/万 m ³	主要用途
2001	临西县城关	1795	60~70	4.5	生活取暖
2000	清河县城关	1500	65~70	4.0	生活取暖
2000	清河县城关	1400	65~70	3.0	生活取暖
1998	宁晋县苏家庄乡毕家寨	2100	60~65	1.0	洗 浴
1998	邢台县宴家屯	1800	70~75	3.5	生活取暖
1976	内丘县东庞	200	50~60	2.0	疗养、洗浴
2000	沙河市朱庄	45	50~60	3.6	疗养、洗浴

目前 ,邢台市开发利用地热资源的有6个县市 ,7眼热水井 ,用于生活取暖的有4处。由于受资金、技术等方面的限制 ,一年中用于生活取暖的时间较短 ,没有充分发挥地热资源的作用。朱庄水库疗养院是影响较大的温泉疗养院 ,对消除各种疾病 ,恢复患者健康起到积极作用。

4 地下热水开发利用应注意的问题

随着地下热水资源利用规模及其开发强度的增加 ,会出现地面沉降、环境污染和土地污染等一系列

问题,在开发过程中应建立保护措施,减少开发过程中出现的负面影响。

4.1 地面沉降

根据邢台市地下热水勘测资料分析,热水井深度一般在 1 000 m 以上,其热水水头高于热储层顶板,有的热水井处于自流状态,在这种情况下,不会引起地面沉降。但若长期大量开采,很可能导致深部岩层压力下降,随着承压水头的不断下降,原来承压水头的顶托作用减弱,水对上部地层的浮托力减小,使地层压缩,造成地面沉降。邢台市黑龙港平原区由于过量开采第四系松散地层中的地下水引起地面沉降,其沉降速率大于 20 mm/a。目前邢台市地下热水的开采刚刚起步,没有引起地面沉降,但若继续大量、长期开采地下热水将会对地面沉降产生叠加影响,有关部门应于高度重视。

4.2 热污染^[2]

地下热水热量被利用后,尾水直接排入管网进入河道,会引起热污染。地下热水利用后尾水温度一般在 40~50℃,高于 40℃的热水进入河道,会造成细菌等各种微生物大量繁殖。

水体热污染可使水生生物群落、种群结构发生剧烈变化,有的消失,有的扩展。如在 20℃的河流中,硅藻为优势种;当 30℃时绿藻就转变成成为优势种,35~40℃时蓝藻开始大量繁殖。如果水温在短时间升高 5℃左右,鱼类生活受到威胁,甚至死亡。水温升高,水中化学反应和生化反应速率也随之提高,许多有毒、有害物质毒性增强,如氰化物、重金属离子。

4.3 对农业生产造成危害

根据对平原区地下热水水质化验,地下热水中的矿化度、钠离子、氯离子含量很高,超过饮用水、灌溉用水水质标准十几倍,对农业生产的主要危害是盐害。盐害对作物的影响主要表现在以下方面:①影响作物对水分的吸收。土壤中的过量可溶性盐使土壤溶液浓度增高,作物吸水困难。当其超过植物体内细胞的浓度时,会使植物体内水分反渗透出来,造成植物因生理干旱而死亡。②土壤盐分过多也影响植物对养分和元素的吸收,使作物因营养不良,生长失去平衡,发育不正常而减产。③过量盐存在,还会影响微生物活动,使土壤养分不能有效转化,降低作物产量。④当土壤中 NaCl 或 Na₂SO₄ 含量达到

0.1%时,其氨化作用就会大大降低。⑤硝化细菌的活动受盐害危害更大。

地热尾水直接排入地表水体,不仅污染地表水,甚至会渗入地下水体,间接污染地下水。根据邢台市平原区地下热水水质分析,地热尾水不能直接用于农业和渔业生产。在开发地热资源的同时,一些地热尾水就近排放下渗,影响附近居民饮用的浅水井的水质,如果处理不妥,对地下水和农田有潜在威胁,应引起有关部门的高度重视。

4.4 加强对地热水资源的统一管理

目前,邢台市地下热水开发利用刚刚起步,由于管理和技术方面的问题,致使地热资源利用率低,浪费严重。主要表现:一是有些热水井未封堵或封堵不严,热水自喷溢流,造成浪费;二是对地热尾水缺乏统一规划和管理。政府有关部门应制定相应的管理措施,使地热资源得到充分利用,在发展生产、提高人们生活方面发挥更大的作用。

参考文献:

[1] 陈望和.河北地下水[M].北京:地震出版社,1999.324~357.
[2] 方子云.水资源保护工作手册[M].南京:河海大学出版社,1988.138~148.

(收稿日期 2004-04-06 编辑 舒建)

声 明

《水资源保护》期刊现已加入台湾中文电子期刊服务思博网(CEPS)。CEPS 是目前台湾地区最大的期刊全文数据库,其访问地址为:www.ceps.com.tw。读者可以通过这一网址检索《水资源保护》自 2004 年起各期的全文,在一段时期后,还可以回溯检索 2004 年前历年的全文。此外,由于《水资源保护》被 CEPS 收录,故凡向本刊投稿者,均视为其文稿刊登后可供 CEPS 收录、转载并上网发行;本刊作者文章著作权使用费与稿酬一次付清,本刊不再另付其他报酬。

请各位继续支持本刊,谢谢!

《水资源保护》编辑部