

高青县南部地区地热资源评价

周亚红^{1,2,3}, 郝凌霄⁴, 陈康^{2,3}

(1. 长安大学 环境科学与工程学院, 西安 710064; 2. 石家庄经济学院 水资源与环境学院, 石家庄 050031;
3. 河北省水资源可持续利用与开发重点实验室, 石家庄 050031; 4. 河北水务集团, 石家庄 050011)

摘要: 高青县南部地区的热储层主要为新近系馆陶组 and 古近系东营组。通过野外勘察和室内分析结果, 选取合理的计算参数, 建立了热储概念模型。在此基础上, 分别利用热储法、回收率法对研究区内的地热资源量和可利用地热资源量进行计算评价, 同时利用体积法、最大降深法对地下热水的储存量和允许开采量进行了计算评价。结果显示, 研究区地热资源量总量为 2.516×10^{18} J, 折合标准煤 8.587×10^7 t; 回收率采用 25%, 计算得可利用地热资源量为 6.290×10^{17} J, 折合标准煤 2.147×10^7 t; 地下热水储存量为 6.542×10^9 m³, 其中允许开采量为 3.833×10^6 m³/a (开采年限为 100 a)。

关键词: 热储层; 地热资源; 热储法; 回收率法; 最大降深法; 体积法

中图分类号: P314.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2014)03-0024-05

Evaluation of Geothermal Resources in Southern Area of Gaoqing County

ZHOU Ya hong^{1,2,3}, HAO Ling xiao⁴, CHEN Kang^{2,3}

(1. School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2. School of Water Resources and Environment, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China;

3. Key Lab of Sustainable Utilization and Exploitation of Water Recourses of Hebei Province,

Shijiazhuang 050031, China; 4. Hebei Water Group, Shijiazhuang 050011, China)

Abstract: The geothermal reservoir in the southern area of Gaoqing County consists mainly of two formations: Neogene Guantao Formation and Palaeogene Dongying Formation. According to the field observation and laboratory analyses, reasonable parameters were selected to develop the geothermal reservoir concept model. On the basis, the heat reservoir method and recovery rate method were used to calculate and evaluate the total and available geothermal resources in the study area, respectively, and the volume method and maximum drawdown method were used to evaluate the storage capacity and allowable withdrawal of underground hot water resources. The results showed that the total geothermal resources quantity is 2.516×10^{18} J, equal to 8.587×10^7 t of standard coal, and the available geothermal resources is 6.290×10^{17} J, equal to 2.147×10^7 t of standard coal (recovery rate is 25%). Also, the underground hot water storage capacity is 6.542×10^9 m³, and the allowable withdrawal is 3.833×10^6 m³/a based on a production life of 100 years.

Key words: geothermal reservoir; geothermal resources; heat reservoir method; recovery method; maximum drawdown method; volume method

地热能作为一种清洁的可再生能源^[1,2], 已经在全球 60 多个国家得到直接利用^[3,4], 并显现出较高的经济效益和环境效益, 所以开发利用地热能可以作为实现可持续发展的一个重要途径^[5,7]。不过, 地热资源的合理开发必须建立在对资源量和分布规律的科学评价基础之上^[8,11]。山东省高青县南部地区地热资源丰富, 但对其研究程度较低。本文拟

对该地区地热资源进行合理评价, 以期地为地热资源的合理开发利用提供依据。

1 研究区区域地质概况

高青县位于山东省淄博市北部, 地处鲁北平原。研究区位于高青县城以南约 6 km, 西起宋家, 东到夏庄东, 北自双

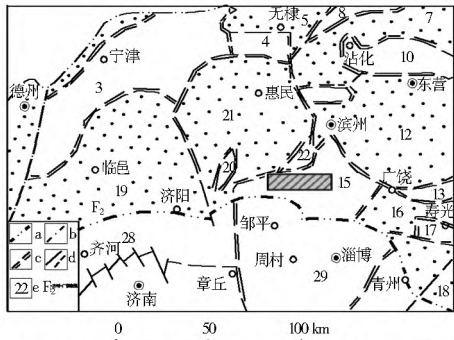
收稿日期: 2013-08-19 修回日期: 2013-11-04 网络出版时间: 2014-05-07

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.03.005.html>

基金项目: 国家重点基础研究计划项目(973 项目)(2010CB428805); 国家自然科学基金项目(41172212)

作者简介: 周亚红(1981-), 女, 河北石家庄人, 讲师, 博士研究生, 主要从事地下水污染、治理及综合利用等方面的研究。E-mail: zhyh327@163.com

柳树,南至唐口南,地理坐标为:东经 $117^{\circ}40'30'' - 118^{\circ}00'45''$,北纬 $37^{\circ}04'00'' - 37^{\circ}07'00''$,总面积 172.6 km^2 。研究区地处华北平原凹陷区(Ⅰ级构造)、济阳拗陷区(Ⅰ级构造)的南部(图1),属于东营凹陷之博兴凹陷西部,为一大型沉积盆地的一部分,其西部是青城凸起,南部是鲁西隆起,东部是博兴凹陷主体。基底地层由太古界、古生界、中生界组成;盖层为巨厚的新生界,自下而上为:古近系孔店组、沙河街组、东营组,新近系馆陶组、明化镇组,第四系平原组,新生界沉积厚度最大达 3000 m 以上。区内主要地质构造有高青断裂、寨子断裂以及大王家断裂,而褶皱构造不明显。



a-Ⅱ级构造单元边界;b-Ⅲ级构造单元边界;c-V级构造单元边界;d-实、推测断裂;e-V级构造单元的凸起及凹陷编号;□-研究区范围。1-长官凹陷;3-宁津凸起;4-无棣凸起;5-车镇凹陷;7-沾化凹陷;8-义和庄凸起;10-青城凸起;11-滨州凸起;12-东营凹陷;13-广饶凸起;15-博兴凹陷;16-牛头凹陷;17-寿光凸起;18-昌乐凹陷;19-临邑凹陷;20-王判凸起;21-惠民凹陷;22-高青凸起;23-阳谷-齐河凸起;29-邹平-周村凹陷

图1 区域构造及研究区位置

Fig. 1 Regional structure and location of study area

2 主要热储层

新近系馆陶组和古近系东营组是区内的两个主要热储层,岩性主要为棕黄、褐黄、棕红色泥岩、砂质泥岩与浅黄色砂岩组合。

馆陶组热储层:顶界埋深为 $700 \sim 800 \text{ m}$,底界埋深为 $900 \sim 1100 \text{ m}$,地层厚度 $200 \sim 400 \text{ m}$ (见图2),但在高青断裂附近地层厚度变化明显。其中热储含水层累计厚度约为 $60 \sim 100 \text{ m}$,单层厚 $1.0 \sim 30.0 \text{ m}$ 。含水层岩性以细砂岩为主,粗砂岩和中细砂岩次之,平均孔隙度在 26.24% 左右。地热水温度为 $40 \sim 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

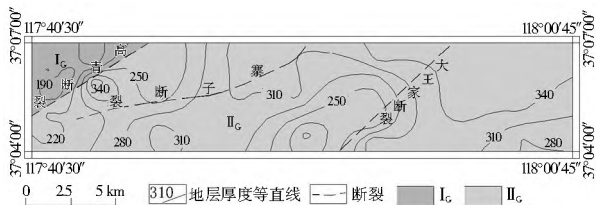


图2 馆陶组热储层等厚度及计算分区

Fig. 2 Isopach maps and calculation zones in the geothermal reservoir of Guantao Formation

东营组热储层:顶界埋深为 $900 \sim 1100 \text{ m}$,底界埋深为 $1200 \sim 1400 \text{ m}$,地层厚度 $250 \sim 350$ 之间(见图3)。该区石油井通14揭穿该热储含水层,揭露深度为 1320 m 左右,揭露热储含水层厚度在 $55 \sim 90 \text{ m}$ 左右,单层厚 $1.10 \sim 8.60 \text{ m}$ 。含水层岩性以中细砂岩为主,细砂岩次之,平均孔隙度在 31.41% 左右。地热水温度为 $50 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

受高青断裂和大王家断裂影响,馆陶组、东营组两个热

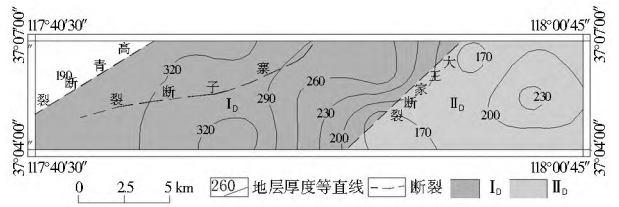


图3 东营组热储层等厚度及计算分区

Fig. 3 Isopach maps and calculation zones in the geothermal reservoir of Dongying Formation

储层埋藏深度由南向北方向逐渐增大,热储层厚度亦有自南向北逐渐变厚的规律。

3 地热概念模型的建立

根据《地热资源地质勘察规范》(GB 11615-89)中地热资源温度分级规定,本区地热资源属于低温地热资源,热储含水层属温热水型含水层。

3.1 地温场特征

地温场是经长期地质发展历史的演变而形成的,受控于区域地质构造形态、基底岩石的起伏、盖层岩性与厚度、断裂及地下水活动等诸多地质因素。区域构造(凸起、凹陷、断裂等)是控制地温场分布的主要因素,其它因素主要影响局部地温场的变化。第四系浅井测温资料显示,在埋深 30 m 处,地温比较稳定,多在 $15.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,比多年平均气温高 $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,故确定恒温层埋深为 30 m ,恒温层温度确定为 $15.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$,而整个东营凹陷内平均地温梯度值均在 $3 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ 以上。根据区内深井测温测量可以得出第四系和新近系明化镇组的地温梯度值,据此绘出工作区地温梯度等值线,同时综合钻井资料分析圈定地热异常区。本次评价将工作区内东营凹陷区平均地温梯度确定为 $3.2 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$,见图4。

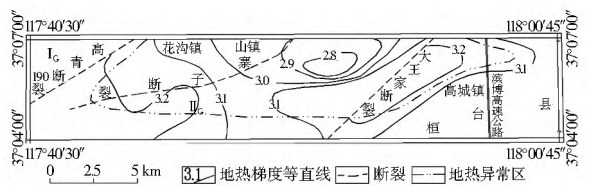


图4 地温梯度等值线

Fig. 4 Isogram of geothermal gradient

3.2 热储层概念模型

区内新近系馆陶组热储层和古近系东营组热储层均为层控型热储,呈层状分布,岩性厚度比较稳定。其热储概念模型可描述如下。

(1) 热源及通道。本区热源为地壳深部热流,以正常地温传导为主。地热田位于高青断裂东南。高青断裂形成于中生代末期,规模较大,为凸起与凹陷之交界。长期活动的断裂构造沟通了热储层与热源的联系,成为热源及水的较好通道。

(2) 热储层。新近系馆陶组和古近系东营组。

(3) 盖层。馆陶组和东营组热储层的盖层为上覆的第四系和新近系明化镇组,总厚度 $700 \sim 800 \text{ m}$ 。盖层岩性由多层黏性土、砂性土、砂层、泥岩及砂岩组成,为良好的隔热保温层(图5)。

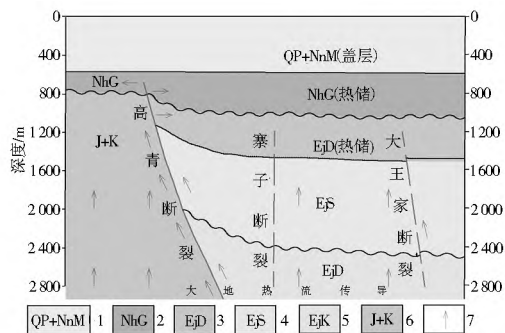


图 5 研究区热储概念模型

Fig. 5 Conceptual model of geothermal reservoir in the study area

(4) 补给水源。本区地热水的来源为大气降水。降水入渗后,一部分沿断裂带或岩层孔隙向深部运移,经过缓慢的循环交替径流运动后被围岩加热,形成地热水。

根据《地热资源评价方法》(DZ40-85),可利用热储应具备两个条件: 1 1 000 m 以浅温度 > 40 ℃; ° 单井出水量 > 20 m³/h 或热储层导水系数大于 1 达西米 (1 达西 = 0.9874 m²)。经计算,馆陶组和东营组热储导水系数均大于 1 达西米,是区内主要可开发利用的两个层状热储。虽然其中地下水径流速度较缓慢,补给条件较差,但热储分布范围广,厚度较大,供水能力较强,因此是本评价的主要目的层。

4 地热资源评价

4.1 评价方法及原则

研究区地热资源评价的对象为馆陶组和东营组等具有一定开发利用价值的层状热储,对成熟条件差的地段不予评价,且评价不考虑动态补给。评价内容包括:地热资源量和可利用地热资源量、热水储存资源量和热水允许可采资源量,评价开采年限为 100 a,评价深度下限为 2 000 m。评价方法为:采用用热储法^[12-14] 计算地热资源量,采用回收率法^[15] 计算可利用地热资源量,采用体积法^[15] 地下热水储存量,采用最大降深法^[16] 计算地下热水的允许开采资源量。

4.2 主要参数选择

热储层的面积:根据热储层空间分布特征,以高青断裂为界,将馆陶组热储层划分为 I_c、II_c 两个计算分区,平面分布见图 2;以大王家断裂为界,将东营组热储层划分为 I_d、II_d 两个计算分区,各分区平面分布见图 3。各区计算面积见表 1。

热储层的厚度:根据物探电测井、钻探岩芯录井地质资料,把粉砂岩、细砂岩及中砂岩岩层中孔隙度大于 20% 的岩层均看作热储含水层,分别确定了馆陶组和东营组各计算分

区的热储含水层厚度,该热储含水层厚度值为各计算分区的热储含水层厚度平均值(见表 1)。

热储层的温度:首先根据邻区井资料及地质资料得出一个温度值,其次再根据平均地温梯度 3.2 ℃/m 计算求得一个温度值,第三步取前面两个温度值的平均值作为本次计算的热储层温度(见表 2)。

对于岩石和水的物理参数以及热储层内地下水动力参数,则根据区内前人勘探资料及本次勘察成果直接确定,具体数值见表 1。

表 1 主要参数值

Table 1 The values of main parameters

参数类别	主要参数	馆陶组		东营组	
		\bar{N}_C	\bar{O}_C	\bar{N}_D	\bar{O}_D
热储层参数	勘查区面积 A / km^2	28.1	144.5	86.7	57.8
	热储含水层平均厚度 H / m	60	80	90	55
	热储平均埋深 / m	700	750	1 000	1 000
	恒温层	恒温层埋深为 30 m, 温度为 15.1 ℃			
岩石和水的物理参数	平均孔隙度 $\Phi (\%)$	26.24		31.41	
	热储层温度 $t_r (\text{℃})$	48.0		57.9	
	岩石(砂岩)密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	2.6×10^3		2.6×10^3	
	岩石(砂岩)比热容 / ($\text{kcal} \cdot (\text{kg} \cdot \text{℃})^{-1}$)	0.21		0.21	
	水的密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	$0.988 92 \times 10^3$		$0.984 47 \times 10^3$	
	水的比热容 / ($\text{kcal} \cdot (\text{kg} \cdot \text{℃})^{-1}$)	1		1	
	热储回收率 (%)	25			
热储层的动力参数	渗透系数 $K / (\text{m} \cdot \text{d})$	0.86		0.91	
	导水系数 $T / (\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$	68.8		63.7	
	热储层平均给水度 μ	0.10			

表 2 各热储层温度

Table 2 Temperature of the two geothermal reservoirs

层位	℃		
	由资料算得温度	由地温梯度算得温度	平均温度
馆陶组	48.8	47.1	48.0
东营组	59.1	56.7	57.9

4.3 热储层地热评价计算结果讨论

4.3.1 地热资源量计算结果

经计算,馆陶组热储的资源量为 $1.202 8 \times 10^{18}$ J, 折合标准煤 4.142×10^7 t; 东营组热储的资源量为 $1.313 3 \times 10^{18}$ J, 折合标准煤 4.445×10^7 t; 区内总的地热资源量为 $2.516 1 \times 10^{18}$ J, 折合标准煤 8.587×10^8 t。详见表 3。

表 3 地热资源量计算结果

Table 3 Evaluation results of the geothermal resources

热储层	热储含水层平均厚度 / m	热储面积 / m ²	热储孔隙度 (%)	温度 (℃)		热储平均热容量 / ($\text{kcal} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{℃})^{-1}$)	地热资源量	
				热储	恒温层		热量 / J	折合标准煤 / t
馆陶组	60	28.1×10^{16}	26.24	48.0	15.1	662 19	$1.449 5 \times 10^{17}$	4.947×10^6
	80						$1.057 8 \times 10^{18}$	3.647×10^7
馆陶组地热资源量合计							$1.202 8 \times 10^{18}$	4.142×10^7
东营组	90	86.7×10^{16}	31.41	57.9	15.1	665.27	$9.331 5 \times 10^{17}$	3.185×10^7
	55						$3.801 7 \times 10^{17}$	1.297×10^7
东营组地热资源量合计							$1.313 3 \times 10^{18}$	4.445×10^7
全区合计							$2.516 1 \times 10^{18}$	8.587×10^7

热储层地热资源量不可能全部被开采利用,只能开采一部分,二者比值称为回收率。此次评价中,回收率采用 25%,经计算该区可利用地热资源量为 6.290×10^{17} J,折合标准煤 2.147×10^7 t,见表 4。

表 4 工作区可利用地热资源量计算成果

Table 4 Evaluation results of the available geothermal resources

热储层	地热资源量/J	回收率 (%)	可利用地热资源量	
			热量/J	折合标准煤/t
馆陶组	1.2028×10^{18}	25	3.007×10^{17}	1.036×10^7
东营组	1.3133×10^{18}	25	3.283×10^{17}	1.111×10^7
合计	2.5161×10^{18}		6.290×10^{17}	2.147×10^7

表 5 热水储存量估算成果

Table 5 Estimation results of underground hot water storage

热储层	热储含水层平均厚度/m	热储面积/ 10^6 m^2	给水度	容积储存量/ m^3	平均水头高度/m	弹性释水系数	弹性储存量/ m^3	储存量/ m^3
馆陶组	60	28.1	0.262 4	4.424×10^8	700	2×10^{-4}	3.934×10^7	4.817×10^8
	80	144.5		3.033×10^9	750		2.168×10^7	3.054×10^9
东营组	90	86.7	0.314 1	2.123×10^9	1000		1.734×10^7	2.130×10^9
	55	57.8		8.650×10^8			1.156×10^7	8.765×10^8
合计				6.463×10^8			8.992×10^7	6.542×10^9

本文采用最大允许降深法^[19]进行允许可采热水资源量估算。该方法要求按照规定的开采期限、最大允许降深和恒定的单井流量制定开采计划,求出区域内能布置的井数和开采期达到最大允许水位降深时,井群能够获得的总流量。因区内没有开采新近系、古近系地热井,故根据对所掌握资料

4.3.2 地下热水资源量计算结果

区内新近系、古近系地热水径流速度十分缓慢,补给条件也较差,补给量相对于热水静储量来说,是较少的,故本文只进行热水储存量的估算。

新近系热储层的热热水具承压性,储存量由两部分组成,一部分为热储层的容积储存量,另一部分为弹性储存量。馆陶组孔隙度为 0.262 4,东营组孔隙度为 0.314 1,各热储层平均给水度(μ)近似用各热储层的平均孔隙度代替,即:馆陶组 $\mu=0.262 4$,东营组 $\mu=0.314 1$ 。再根据邻区资料,本区新近系、古近系热储层弹性释水系数均选为 $\mu_e = 2 \times 10^{-4}$ 。估算得新近系馆陶组地下热水储存量为 $3.536 \times 10^9 \text{ m}^3$,古近系东营组地下热水储存量为 $3.007 \times 10^9 \text{ m}^3$,估算结果见表 5。

的分析,确定区内地热井单井涌水量。新近系馆陶组底板埋深在 900~ 1 100 m,地热井单井 20 m 降深平均涌水量确定为 $500 \text{ m}^3/\text{d}$;古近系东营组底板埋深在 1 300~ 1 400 m 之间,地热井单井 20 m 降深平均涌水量确定为 $900 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右。开采期限均确定为 100 a,计算结果见表 6。

表 6 单个地热井开采利用热储层单位面积内可采热储存量计算

Table 6 Calculation results of the allowable withdrawal quantity of geothermal resources of a unit area of geothermal reservoir by a single geothermal well

热储层	热储含水层厚度/m	热储温度(°C)	恒温层温度(°C)	热储平均热容量/ $(\text{kcal} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{°C})^{-1})$	回收率 (%)	单个地热井单位面积内可开采热储存量 $Q_i / (\text{J} \cdot \text{m}^{-2})$	单个地热井开采 100 a 排放的总热量 Q_w / J	保持均衡所需热田面积 $A_i / 10^6 \text{ m}^2$	可布设井数 N	允许可采地下热水资源量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1})$
馆陶组	60	48.0	15.1	662.19	25	1.373×10^9	2.486×10^{15}	18.2	12	2.190×10^6
	80					1.830×10^9		13.6		
东营组	90	57.9	15.1	665.27	25	2.691×10^9	5.795×10^{15}	21.3	5	1.643×10^6
	55					1.644×10^9		35.0		
合计							8.281×10^{16}			3.833×10^6

5 结语

(1) 本区 2 000 m 以浅地热资源虽属于低温地热资源,但本区热储具有分布面积广、岩性厚度比较稳定、有两个较好的可开发利用的热储层,即新近系馆陶组热储和古近系东营组热储。

(2) 经计算,地热资源总量为 2.5161×10^{18} J,折合标准煤 8.587×10^7 t,其中馆陶组热储的资源量为 1.2028×10^{18} J,折合标准煤 4.142×10^7 t,东营组热储的资源量为 1.3133×10^{18} J,折合标准煤 4.445×10^7 t,区内地热资源蕴藏丰富且资源潜力大。

(3) 按照回收率 25% 计算,可利用地热资源总量 6.290×10^{17} J,折合标准煤 2.147×10^7 t。其中新近系馆陶组可利用地

热资源量 3.007×10^{17} J,折合标准煤 1.036×10^7 t;古近系东营组可利用地热资源量 3.283×10^{17} J,折合标准煤 1.111×10^7 t。

(4) 地下热水储存量是由热储层的容积储存量和弹性储存量组成,本区地下水储存量为 $6.542 \times 10^9 \text{ m}^3$,其中,新近系馆陶组为 $3.535 \times 10^9 \text{ m}^3$,古近系东营组为 $3.007 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。

(5) 利用最大降深法计算地下水的允许开采量。开采年限为 100 a,本区地下热水的允许开采量为 $3.833 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

参考文献(References):

- [1] 马立新,田金.我国地热能开发利用现状与发展[J].中国国土资源经济,2006,(9):18 21. (MA Li xin, TIAN Jin. The Present Situation and Development of Geothermal Energy in China[J]. Resource Industrial Economy, 2006, (9): 18 21. (in Chinese))

- [2] ZHANG Wei min. Origin Analysis of Geothermal Water and Evaluation of Geothermal Reservoir Temperature in the Henjing Area, South Jiangxi Province[J]. Geotectonica et Metallogenia, 1999, 2(23): 155-165.
- [3] Lund J. Worldwide Utilization of Geothermal Energy and its Application to Olympic Games in Beijing, China[C], Proceedings of 2002 Beijing International Geothermal Symposium, Beijing, China, OCT, 29-31, 2002: 3-12.
- [4] 郑敏. 全球地热资源分布与开发利用[J]. 国土资源, 2007, (67): 56-57. (ZHENG Ming. The Distribution and Development and Utilization of Geothermal Resources in the World[J]. Land & Resource, 2007, (67): 56-57. (in Chinese))
- [5] 贺娇. 浅层地热能开发前景广阔[J]. 资源导刊, 2009, (11): 16-17. (HE jiao. Shallow Geothermal Energy Development Prospect[J]. Resources Guide Network, 2009, (11): 16-17. (in Chinese))
- [6] 王贵玲, 张发旺, 刘志明. 国内外地热能开发利用现状及前景分析[J]. 地球学报, 2002, 21(2): 134-135. (WANG Gui ling, ZHANG Fa wang, LIU Zhi ming. An Analysis of Present Situation and Prospects of Geothermal Energy Development and Utilization in the World[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2002, 21(2): 134-135. (in Chinese))
- [7] 王继华, 王荣彦, 黄景春. 通许县地热资源及开发利用研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(21): 296-300. (WANG Ji hua, WANG Rong yan, HUANG Jing chun. Research on the Development of Geothermal Resource of Tongxu County[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(21): 296-300. (in Chinese))
- [8] 尤孝才, 姚书振, 颜世强, 等. 我国地热资源勘查开发利用及保护对策[J]. 中国矿业, 2007, 16(6): 1-3. (YOU Xiao cai, YAO Shu zhen, YAN Shi qiang, et al. Utilization State and Protection Project in China Geothermal Area[J]. China Mining Magazine, 2007, 16(6): 1-3. (in Chinese))
- [9] 袁银梅. 地热资源及其利用[J]. 中国西部科技, 2006, (34): 33 (YUAN Yin mei. Geothermal Resources and Their Utilization [J]. Science and Technology of West China, 2006, (34): 33. (in Chinese))
- [10] 刘时彬. 地热资源及其开发利用和保护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005. (LIU Shi bin. The Utilization and Protection of the Geothermal Resources [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005. (in Chinese))
- [11] 张保健, 高继雷, 鹿波, 等. 高青县城区地热资源及开发利用[J]. 山东国土资源, 2008, 24(11): 30-33. (ZHANG Bao jian, GAO Ji lei, LU Bo, et al. Exploitation and Utilization of Geothermal Resource in Gaoqing County[J]. Shandong Province Land and Resources, 2008, 24(11): 30-33. (in Chinese))
- [12] 王继华. 河南沉降盆地地热资源评价[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2010, 7(2): 178-180. (WANG Ji hua. Henan Sedimentation Basin Geothermal Resource Evaluation [J]. Journal of Yangtze University (Nat Sci Edit), 7(2): 178-180. (in Chinese))
- [13] 刘向阳, 龚汉宏. 邯郸市地热资源评价[J]. 中国煤田地质, 2007, 19(6): 45-48. (LIU Xiang yang, GONG Han hong. An Evaluation of Geothermal Resources in Handan City [J]. Coal Geology of China, 2007, 19(6): 45-48. (in Chinese))
- [14] 陈金国, 周衍龙, 桂承新. 湖北省咸宁市温泉地热田地热资源评价与开发利用[J]. 资源环境与工程, 2007, (S1): 24-26. (CHEN Jin guo, ZHOU Yan long, GUI Cheng xin. Investigation and Development of Geothermal Resource in Xianning Hot Spring of Hubei [J]. Resources Environment & Engineering, 2007, (S1): 24-26. (in Chinese))
- [15] 赵季初. 山东省德州市城区馆陶组热储地热资源评价[D]. 北京: 中国地质大学, 2007. (ZHAO Ji chu. The Geothermal Resource Evaluation for Guantao Geothermal Reservoir in Dezhou City [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2007. (in Chinese))
- [16] 刘志明, 王贵玲, 蔺文静. 河北深州地热田开采地热资源评价[J]. 地下水, 2011, 33(3): 28-29. (LIU Zhi ming, WANG Gui ling, LIN Wen jing. An Evaluation of Geothermal Field Exploitation of Geothermal Resources in Shenzhou, Hebei Province [J]. Groundwater, 2011, 33(3): 28-29. (in Chinese))

版权转让声明

本刊已加入万方数据数字化期刊群(www.wanfangdata.com.cn)、中国知网(www.cnki.net)、维普资讯网(dx1.cqvip.com)和龙源期刊网(www.qikan.com)等网站,并被中国核心期刊(遴选)数据库、中国期刊全文数据库、美国《化学文摘》(CA)等数据库收录。凡本刊录用的稿件将通过因特网进行网络出版或提供信息服务,稿件一经录用,将一次性支付作者著作权使用报酬(即包括印刷版、光盘版和网络版各种使用方式的报酬),作者将该论文的复制权、发行权、信息网络传播权、汇编权等在全世界范围内转让给本刊。若有异议,请在投稿时作文字说明,编辑部将酌情处理。

特此声明!

《南水北调与水利科技》编辑部