

环境地质

山东半岛蓝色经济区地热资源与开发利用区划

王秀芹,张平平,杨亚宾

(山东省鲁北地质工程勘察院,山东德州 253015)

摘要:为了适应山东半岛蓝色经济区多产业快速发展的需求,通过区内地热资源开发利用现状调查、抽水试验、地热地质钻探等资料及以往地热地质研究成果,对山东半岛蓝色经济区地热地质条件进行了分析总结,将其分为层状、带状热储类型进行了地热资源量计算,从地热资源勘察、开发、利用条件和地热资源开发前景方面入手,结合区内交通、经济发展等社会环境,对半岛蓝色经济区地热资源进行开发利用区划,提出了地热资源开发利用方案及保护措施。

关键词:地热;资源评价;资源区划;山东半岛蓝色经济区

中图分类号:P618.31

文献标识码:B

引文格式:王秀芹,张平平,杨亚宾.山东半岛蓝色经济区地热资源与开发利用区划[J].山东国土资源,2015,31(7):40-44.WANG Xiuqin, ZHANG Pingping, YANG Yabin.Geothermal Resources and Development and Utilization of Regionalization of Shandong Peninsula Blue Economic Zone [J].Shandong Land and Resources,2015,31(7):40-44.

地热作为一种新型矿产资源有着巨大的经济开发潜力,我国地热资源丰富,分布广泛,尤其在一些中生代沉积盆地中蕴藏着储量相当可观的中低温地下水热水资源^[1-2]。随着山东半岛多个产业进入快速发展的新阶段,山东半岛蓝色经济区的建设在传统能源、矿产资源和土地资源需求的基础上,对水资源、可再生能源的需求将急剧增加。地热资源的研究和开发利用为合理利用该区地热资源提供依据,为山东半岛蓝色经济区的建设提供资源保障具有重要意义。

1 研究区地热资源开发利用现状

1.1 地热开发利用情况

山东省地热资源开发历史悠久,特别是蓝色半岛经济区,滨州市和东营市及潍坊北部为该区的层状热储区,热水资源丰富,是开发潜力最大的地区,带状热储区位于潍坊南部及沂沭断裂带以东地区,以山东半岛为主体。目前,区内共建有地热井250余眼,主要分布在各市(县)的城区,温泉分布区等。层状热储区地热开发单位多为房地产商,服务于开

发的居住小区,现以供暖、洗浴为主,个别开发单位设有地热游泳池;温泉出露地区多以供暖、洗浴、疗养、度假、养殖为主,偶有灌溉、缫丝等其他利用方式,地热水开采量 $2\,336.49 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,其中供暖为 $1\,892.05 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 、洗浴疗养为 $273.57 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,养殖为 $154.81 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,其他利用方式为 $16.06 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ (表1)。

表1 半岛蓝色经济区地热资源开发利用现状

行政区	井数	供暖	洗浴	养殖	其他	总开采量
滨州	73	808.72	19.86	—	—	828.57
东营	79	1045.33	53.43	150.61	—	1249.37
青岛	31	—	17.86	—	—	17.86
威海	36	—	104.20	4.20	14.60	123.00
潍坊	8	38.00	10.72	—	1.46	50.18
烟台	24	—	67.50	—	—	67.50
日照	1	—	—	—	—	—
合计	252	1892.05	273.57	154.81	16.06	2336.49

1.2 存在问题

近年来,地热资源的开发给人们带来更多经济效益的同时,也造成了严重的资源浪费、热污染等情况,随着地热资源开采量的增大,局部地区出现地热

收稿日期:2014-10-10;修订日期:2014-11-25;编辑:陶卫卫

作者简介:王秀芹(1974—),女,山东齐河人,工程师,主要从事水工环及地热地质工作;E-mail:wxqyx6688@163.com

水水位持续下降,甚至引起了地面沉降,另外,由于开采井结构的不合理或遭到破坏,致使常温地下水含水层进入热储层,使部分地热田局部水温出现下降的情况。由于地热水资源冬季供暖期的大量开采,直接排放,还造成了热污染和一定的水土污染,使原本补给缓慢的地热资源在城区范围出现水位漏斗,照此长期开采,必将导致资源的枯竭和环境的污染。

2 区域地质条件

2.1 构造

区内基底构造复杂,以一系列褶皱为主,遭受了强烈的区域变质作用和混合岩化作用,断裂构造极为发育。盖层构造形式较简单,以单斜为主。工作区在构造单元上隶属华北陆块(I级)和苏鲁造山带(I级)部分地区,包括华北拗陷区 I(II级)的济阳拗陷区 I_a(III级)、鲁中隆起 II(II级)的鲁中隆起区 II_a(III级)和沂沭断裂带 II_c(III级)、鲁东隆起 III(II级)的胶北隆起区 III_a(III级)及胶莱拗陷区 III_b(III级)西部、胶南-威海隆起 IV(II级)的胶莱拗陷区 IV_b(III级)东部、威海隆起区 IV_a(III级)、胶南隆起区 IV_c(III级)

2.2 地层

地层的发育与分布受地质构造条件的控制。区内地层发育较齐全,除缺失奥陶系上统、志留系、泥盆系等地层外,其他均有出露。总的特点是,济阳拗陷区新生界普遍发育,上覆巨厚第四系,区内鲁东低山丘陵地区以胶东岩群、粉子山群、蓬莱群为结晶基底,缺失古生界为特点。

鲁西北拗陷区:工作区为华北拗陷区的一部分,主要为济阳拗陷区,地表皆为第四系覆盖,新近系普遍发育,古近系在基底凸起区缺失,在基底凹陷区发育较齐全。其中新生代新近系在区内广泛发育,自下而上分为馆陶组、明化镇组,总厚度 800~2 000 m。东营组和馆陶组是层状热储的主要分布地层,地热资源丰富。

鲁中隆起及沂沭断裂带:该区是山东省地层发育相对最为齐全的,中太古代麻粒岩相的沂水(岩)群和新太古代低角闪岩相的泰山(岩)群呈岛状分布于鲁中隆起区。新元古代青白口纪—震旦纪主要分布于昌乐、莒县等地,厚度 300~1 000 m 不等。寒

武系—奥陶系凹陷区多以埋藏状态广泛分布,厚度较大,一般 500~1 500 m 不等;凸起区多以低山丘陵状或出露状态广泛分布,厚度变化较大。该区石炭—二叠系呈隐伏状态分布于区内凹陷及部分凸起区两侧,总厚度约 800~1 000 m。侏罗系—白垩系为断陷盆地沉积,分布零星厚度变化较大,一般 100~3 000 m 不等。古近纪为官庄群与五图群,五图群主要分布在昌乐县五图、小楼、北岩、北郝部和临朐县牛山、罗家树以及安丘市李家埠一带,总体为一套含煤、油页岩的碎屑沉积。新近纪为临朐群、巴漏河组和白彦组。第四系岩性以粉质粘土、粘土为主,厚度 0~450 m 不等,自西向东逐渐变薄。

鲁东隆起区:鲁东隆起区地层特点是前寒武纪地层及中生代—新生代地层发育,目前尚未发现古生代地层,仅在中生代莱阳群中发现大量中生代灰岩砾石。

2.3 地热地质条件

鲁西北拗陷地热区(I):该区主要热储有:新近纪馆陶组热储、古近纪东营组热储、古近纪沙河街组热储、寒武—奥陶纪碳酸盐岩岩溶—裂隙热储。其中馆陶组和东营组为该区主要开采热储层。新近纪馆陶组热储,分布广泛,底板埋深一般为 1 000~1 700 m,最深可达 2 300 m。取水段在 1 000~1 500 m 深度内,单井出水量为 900~2 880 m³/d,井口水温为 45~65℃,水化学类型以 Cl-Na 型为主,矿化度 4~20 g/L;古近纪东营组热储,分布在东营、惠民、沾化、车镇等下降沉降中心内,底板埋深为 1 200~2 000 m,单井出水量为 30~100 m³/h,井口水温为 50~70℃,地热水化学类型主要为 Cl-Ca, Cl-Na 型,矿化度为 20 g/L 左右;古近纪沙河街组热储,分布在沾化、东营及利津等凹陷区,中部底板埋深一般为 1 200~2 900 m,单井出水量小于 30 m³/h,井口水温为 65~90℃;奥陶—寒武纪热储,零散分布于宁津凸起、义和庄凸起、青坨凸起、广饶凸起等地区,取水段在 1 000~2 000 m 的深度内,单井出水量为 50~1 000 m³/d,最高可达 3 000 m³/d 以上,井口水温为 60~100℃,地热水化学类型主要为 Cl-Na 型,矿化度 8.09~15.29 g/L 之间。地热水动态不受气象因素影响,人工开采是主要影响因素。

鲁中隆起及沂沭断裂带地热区(II, III):热储埋深 150~400 m,厚度在 150~250 m 之间,岩性以早寒武纪变质花岗岩、寒武纪大理岩及结晶灰岩、中生

代火成岩、砂页岩为主,地热水水温 48~74℃,单井涌水量 500~1 000 m³/d,热水水化学类型为复杂,主要为 Cl-Na 型、HCO₃·Cl-Na·Ca 型,矿化度 1.66~5.58 g/L,pH 值 7.5~8.15 之间;地热水动态受大气降水及人工开采控制。

鲁东隆起地热区(IV):以温泉形式出露于 2 组断裂交汇处或不同岩体接触带。热储厚度 50~380 m,岩性主要为中生代花岗质岩石及早寒武纪变质石英质类岩石,主要靠裂隙和破碎带导水。水温 47~89℃,单井涌水量 240~1 440 m³/d;矿化度 0.76~16.68 g/L,pH 值 7.0~7.5;地热水动态受大气降水及人工开采控制。

3 地热资源评价

3.1 地热资源量评价方法

该次地热资源的丰富程度从地热资源量与可采地热资源量 2 个方面进行评价^[3]。

3.1.1 地热资源量

采用热储法计算,公式形式为:

$$Q = Q_r + Q_w$$

$$Q_r = Ad\rho_r c_r (1 - \varphi)(t_r - t_0)$$

$$Q_L = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = A\varphi d$$

$$Q_2 = ASH$$

$$Q_w = Q_L C_w \rho_w (t_r - t_0)$$

式中:Q—热储中存储的热量(J);Q_r—岩石中存储的热量(J);Q_L—热储中存储的水量(m³);Q₁—截至计算时刻,热储孔隙中热水的静储量(m³);Q₂—水位降低到目前取水能力极限深度时热储所释放的水量(m³);Q_w—水中热储的热量(J);A—计算区面积(m²);d—热储厚度(m);ρ_r,ρ_w—分别为岩石和水的密度(kg/m³);C_r,C_w—分别为岩石和水的比热容(kJ/kg·℃);t_r—热储平均温度(℃);t₀—基准温度(其值取当地多年平均气温)(℃);C—岩石和水的平均体积比热容(kJ/m³·℃);φ—岩石的平均孔隙度(%);S—弹性释水系数,无量纲;H—计算起始点以上高度(m)

3.1.2 可利用地热资源量

可利用地热资源量采用回收率法进行计算,计算公式如下:

$$Q_{wh} = R_E \cdot Q$$

式中:Q_{wh}—可利用地热资源量(kJ);R_E—回收率。

回收率根据工作区的实际情况,参考《地热资源评价方法》DZ40-85 关于回收率的有关的规定确定。

3.2 地热水资源量

3.2.1 地热水储量

层状热储区计算公式为:

$$Q_L = A \cdot (d_{砂} \cdot \mu_{砂} + d_{粘} \cdot \mu_{粘})$$

式中:d_砂,d_粘—热储砂岩段厚度、弱透土层段厚度(m);μ_砂,μ_粘—热储砂岩段给水度、弱透土层段给水度。

带状热储区计算公式:

$$Q_L = V \cdot \varphi$$

式中:V—热储层体积(m³);φ—岩石的孔隙度,无量纲,根据经验值取 0.25。

3.2.2 地热水可采资源量

层状热储可采资源量计算公式为:

$$Q_{可采} = A \cdot P \cdot (S_{砂} + S_{粘})$$

式中:Q_{可采}—地热水可采资源量(m³);P—限定的水位降(m)。

带状热储可采资源量计算公式为:

$$Q_{允} = 2.73 \frac{Kms_w}{\lg R - \lg r_w}$$

式中:Q_允—允许开采量,m³/d;K—渗透系数,m/d;m—热储厚度,m;s_w—水位降深,m;R—抽水井影响半径,m;r—抽水井半径,m。

3.3 评价结果

地热资源的计算以地热资源分区为基础,根据构造特征对各地热区进行分区计算。其中层状热储区即鲁西北拗陷地热区,对明化镇组下段热储、馆陶组热储、东营组热储及寒武—奥陶系热储分别根据其地地质条件进一步进行次一级计算单元的划分;鲁中隆起及沂沭断裂带地热区根据寒武—奥陶纪热储分布特征及厚度进行计算亚区划分,带状热储区即鲁东隆起地热区则以温泉出露区小型地热田分别计算。

经计算区内地热资源量为 1.43×10²¹J,折合标准煤 487.928 亿 t;可利用地热资源量为 1.33×10²⁰J,折合标准煤 45.38 亿 t;地热水静储量为 2.13×10¹²m³,蕴含热量为 3.13×10¹⁷J;地热水可采资源量为 1.703×10⁹m³/a(表 2)。

4 地热资源开发利用区划

4.1 区划原则

为了防止盲目无序随意开采造成的资源枯竭和环境地质问题的发生,按以下原则对地热资源进行保护:①合理开发与有效保护原则;②地热资源开发与城市发展相适应的原则;③环境保护与效益优先的原则;④统一规划与科学利用的原则。

表 2 山东蓝色半岛经济区地热资源

地热资源	鲁西北拗陷地热区	鲁中隆起及沂沭断裂带地热区	鲁东隆起地热区	合计
热储地热资源量(J)	1.39×10^{21}	3.98×10^{19}	2.73×10^{17}	1.43×10^{21}
可利用地热资源量(J)	1.27×10^{20}	5.97×10^{18}	2.185×10^{16}	1.33×10^{20}
地热水静储量(m^3)	2.1×10^{12}	2.50×10^{10}	1.8×10^9	2.13×10^{12}
地热水可采资源量(m^3)	1.696×10^9	2.22×10^6	6.76×10^6	1.703×10^9

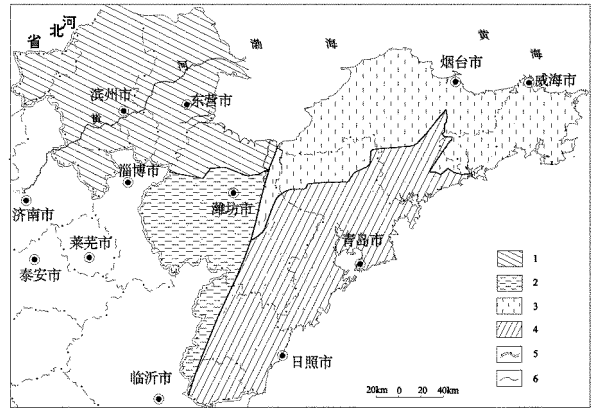
4.2 区划类型

在已知地热资源储量、开发利用现状的基础上,从地热资源勘察、开发、利用条件和地热资源开发前景方面入手,结合区内交通、经济发展等社会环境,对半岛蓝色经济区地热资源进行开发利用区划,将其分为:①分层、分散开采——供暖-洗浴、疗养-度假、种植-养殖开发模式区;②分散开采——供暖-洗浴、疗养、养殖-种植开发模式区;③集中开采——洗浴、疗养-度假、养殖-种植开发模式区;④回灌开采——洗浴、度假-疗养、养殖-种植模式区(图 1)。

4.3 分区结果

(1)分层、分散开采:供暖-洗浴、疗养-度假、种植-养殖开发模式区。该模式适用于工作区的鲁西北平原区。区内馆陶组热储广泛分布,且水量丰富,为目前主要开采层。在 3 000 m 深度范围内除馆陶组热储外,在东营、惠民、沾化、车镇、德州、临清等下降沉降中心内,东营组热储分布也较广;在埕宁隆起、济阳拗陷的义和庄凸起、陈家庄凸起、埕东凸起、青坨子凸起、滨县凸起、广饶凸起、寿光凸起及临清拗陷的故城-武城凸起、馆陶凸起、高唐-堂邑凸起区等区域还分布有奥陶-寒武纪碳酸盐岩溶-裂隙热储。

(2)分散开采:供暖-洗浴、疗养、养殖-种植开发



1—分层分散开采(供暖-洗浴、疗养-度假、种植-养殖)开发模式区;2—分散开采(供暖-洗浴、疗养、种植-养殖)开发模式区;3—集中开采(洗浴、疗养-度假、养殖-种植)开发模式区;4—回灌开采(洗浴、疗养-度假、养殖-种植)开发模式区;5—工作区边界;6—开发利用区划界限

图 1 地热资源开发利用区划图

模式区。主要适用于工作区潍坊西部地区,在 3 000 m 深度范围内,热储主要为奥陶-寒武纪灰岩,为层状兼带状热储,水量较丰富。但由于热储层较深,目前技术条件下,有一定勘查开发风险。目前区内仅在昌乐城区、临朐城区、潍坊的坊子区及安丘辉渠镇存在地热井,开发利用程度低。

(3)集中开采:洗浴、疗养-度假、养殖-种植开发模式。适用于鲁东地热区的胶莱拗陷、胶南隆起。区内地热田分布范围小,地热水开采量较小,但地热资源有一定再生能力,热储埋藏较浅,开采成本较低。目前主要存在滥开滥采、缺乏统一管理、超量开采、资源浪费等问题。

(4)回灌开采:洗浴、度假-疗养、养殖-种植模式区。主要适用于鲁东地热区的胶北隆起,是山东省较早开发利用地热资源的地区。地热田规模较小,热水允许开采量较少。目前个别地热田处于超量开采状态,地热田内部分地热井的大量开采而出现了水量减少、水位下降、水温降低、水质变化现象,长期超量开采将导致地热资源枯竭,地热水位下降过大、过快,在沿海地段还容易产生咸水入侵等环境地质问题。

5 开发利用保护方案及建议

(1)为合理利用地热资源,获得更好的经济效益和社会效益,需合理有序开发,提高地热资源的利用率^[4]。

(2) 综合地热开采量受地热水补、径、排条件、地质环境承载能力,严格实行保护性限量开采,要合理井距,控制最佳开采量。

(3) 地热资源梯级利用,积极推进地热节能、节约地热水的管理,降低地热资源量的实际消耗。

(4) 成立专门地热开发企业(集团)组织,对地热资源进行统一开发和管理,铺设地热尾水专用排放管道,以地热尾水为水源组织生产性地热回灌,消除热污染、水土环境污染,减弱地面沉降^[5]。

6 结语

(1) 地热资源集热能与水资源为一体,由于其温度适宜且富含多种对人体有益的矿物质,在采暖、洗浴、工业、医疗、养殖等领域有广泛的应用价值^[6]。

(2) 区内主要为层状热储和带状热储,层状热储主要开采层位于3 000 m深度范围内新近纪馆陶组热储、古近纪东营组热储,开发潜力较大;带状热储是地热温泉出露较密集的地区,主要靠裂隙和破碎带导水。

(3) 半岛蓝色经济区地热资源丰富,为全省温泉最多的地区^[7],区内地热水中富含有机硅酸、偏硼酸

等多种对人体健康有益的微量元素,具有较高的理疗保健价值。

(4) 将该区分为:①分层、分散开采——供暖-洗浴、疗养-度假、种植-养殖开发模式区;②分散开采——供暖-洗浴、疗养、养殖-种植开发模式区;③集中开采——洗浴、疗养-度假、养殖-种植开发模式区;④回灌开采——洗浴、度假-疗养、养殖-种植模式区。

参考文献:

- [1] 汤杰,王彦俊,郝宝国,等.滨州市城区地热地质条件与开发利用前景[J].山东国土资源,2007,23(6-7):29-32.
- [2] 黄钧,黄尚瑶,黄歌山,汪集旸.华北中、新生代沉积盆地的地温分布及地热资源[J].地质学报,1983(3):304-316.
- [3] 陈墨香.华北地热[M].北京:科学出版社,1988.
- [4] 朱昶,费若强,宋帅良,等.山东省曹县城区地热资源评价[J].山东国土资源,2013,29(7):42-47.
- [5] 胡彩萍,潘拥军.东营市地热资源开发保护与行政保障措施探讨[J].山东国土资源,2012,28(9):81-83.
- [6] 王浩,张震宇,杨建华.禹城市城区东营组热储地热资源赋存特征研究[J].山东国土资源,2014,30(1):33-36.
- [7] 傅美兰.胶东半岛变质岩区基岩裂隙水形成机理及其开发利用[J].山东地质,1985,1(2):61-69.

Geothermal Resources and Development and Utilization of Regionalization of Shandong Peninsula Blue Economic Zone

WANG Xiuqin, ZHANG Pingting, YANG Yabin

(Lubei Geo-engineering Exploration institute, Shandong Dezhou 253015, China)

Abstract: In order to meet the the needs of rapid development of industry in Shandong peninsula blue economic zone. Through present condition of development and utilization, pumping test, geothermal and geological drilling data and previous research of geothermal resources, geothermal and geological conditions in Shandong peninsula blue economic zone have been analyzed and summarized. It can be divided into layered, banded thermal storage type geothermal resources calculation. From the conditions of exploration, development and utilization of geothermal resources and geothermal resources development prospects, combining with local traffic, economic development and social environment, geothermal exploitation and utilization of geothermal resources in the peninsula blue economic zone have been divided, and geothermal resources development and utilization plan and protection measures have been put forward.

Key words: Geothermal; resource evaluation; resources division; Shandong peninsula blue economic zone