



山东省鲁北地区浅层地热能资源评价

刘刚¹, 杨亚宾¹, 马淑杰²

(1. 山东省鲁北地质工程勘察院, 山东 德州 253015; 2. 新疆地矿局第二区调大队, 新疆 昌吉 831100)

摘要:鲁北地区于2001年已陆续开始应用热泵技术开发浅层地热能,但区内的浅层地热能资源评价工作却严重滞后,制约了区内浅层地热能资源的开发和合理利用。为促进鲁北地区浅层地热能资源的开发利用,省政府拿出专项资金,开展了鲁北地区浅层地热能资源评价工作,前期在调查区域内开发利用现状和摸清地质条件的基础上,采用层次分析法,分别对地下水换热方式和埋管换热方式进行了开发利用适宜性分区,采用热储体积法对该区的浅层地热容量进行了计算,得出鲁北地区浅层地热容量为 $29.386 \times 10^{15} \text{ kJ}/\text{℃}$;并根据适宜性分区结果,分别对地下水式和埋管式地源热泵适宜区、较适宜区可利用换热量也进行了计算,得出地下水式地源热泵200 m以浅可利用换热量为 $0.8489 \times 10^{10} \text{ kW} \cdot \text{h}$,埋管式地源热泵200 m以浅可利用换热量为 $6.5261 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

关键词:浅层地热能;热泵;资源评价;鲁北地区

中图分类号:P641.8

文献标识码:B

0 引言

在能源短缺和环境污染的双层压力下,浅层地热能这一清洁可再生的新能源,日益受到国家和地方政府的重视,浅层地热能的分布具有普遍性,不同的纬度都可以利用,但要从其开发角度来考虑的话,涉及当地的经济条件、人口分布情况,还需要考虑当地地质条件^[1]。通过开展山东省鲁北地区浅层地热能资源评价工作,了解开发利用现状,查明区域内地热能的分布规律,进行适宜性分区和资源评价,为下一步浅层地热能开发利用规划提供科学依据,使其更好地服务于当地社会经济的发展。

鲁北地区地处山东省北部,黄河下游,地形南高北低,南部为山区,北部为山前平原逐步过渡到黄泛平原。属于暖温带半湿润季风气候区,四季分明,水系发育,全区面积 6.76 万 km^2 ,包括聊城市、德州市、滨州市、东营市、济南市、淄博市和潍坊市。

1 研究区浅层地热能开发利用现状

浅层地热能开发利用技术目前主要采用的是

地源热泵技术^[2-3]。研究区内于2001年陆续开始应用地源热泵技术开发利用浅层地热能,如济南市长清区新华书店办公楼、德州建委办公楼等用水源热泵技术供暖与制冷,济南奥体中心、淄博艾伦普利花园、长清园博园等使用埋管地源热泵技术供暖与制冷等,都取得了成功。

1.1 项目类别数量服务面积

目前,山东省鲁北7地市浅层地热能的利用方式主要为地下水式和埋管式2种。截至2011年7月,不完全统计开发利用项目达到141个,服务面积已达 7209331 m^2 ,其中利用地下水式地源热泵项目45个,服务面积 1732835 m^2 ,占总服务面积的24%;利用埋管式地源热泵项目95个,服务面积 6430496 m^2 ,占总服务面积的76%(表1)。

1.2 项目分布及建筑类型

浅层地热能开发利用项目在鲁北7地市均有分布(图1),主要集中在城区内。从图1中可以看出,项目主要分布在潍坊、淄博和济南3地市,占服务面积总数的57.3%,其他4地市起步较晚,项目相对较少。

收稿日期:2013-03-30;修订日期:2014-03-11;编辑:陶卫卫

基金项目:山东省浅层地热能调查评价(鲁北)(鲁国土资发[2010]1130号)

作者简介:刘刚(1981—),男,山东德州人,工程师,主要从事水工环地质勘查工作;E-mail:lg_sfz@163.com。

表1 浅层地热能开发利用现状统计

年份	项目数量/个		服务面积/m ²	
	地下水式	地埋管式	地下水式	地埋管式
2001—2005年	7	8	220996	210700
2006年	3	9	233000	65108
2007年	3	16	130500	255840
2008年	3	10	121472	738100
2009年	8	19	242920	899038
2010年	14	14	421702	571530
至2011年7月	8	19	362245	2736180
分项合计	46	95	1732835	5476496
总计	141		7209331	

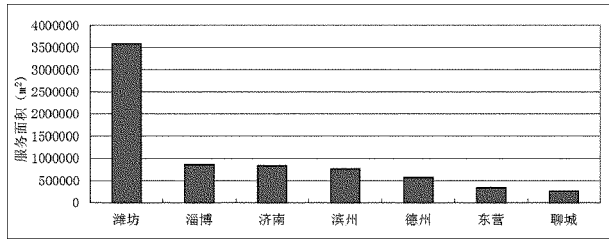


图1 鲁北7地市开发利用项目服务面积分布图

浅层地热能开发利用工程适用范围较广,建筑类型包括住宅、办公楼、学校、医院、宾馆、车站等普通建筑物。其中:住宅(64%)、办公楼(14%)、场馆(6%)、商场(5%)、宾馆(3%)、医院(3%)等为浅层地热能开发利用工程的主要使用方。

2 地质条件

区域地质发展造成地形地貌、地层岩性、地质构造和水文地质条件的不同,因此,将研究区分为鲁西北平原区、鲁中南中低山丘陵区和鲁东低山丘陵区三部分分别予以论述(图2)^[4-6]。

2.1 鲁西北平原区

根据水文地质条件及其成因,该区可分为山前冲洪积倾斜平原、黄河冲积平原、黄河三角洲及滨海海积平原。山前冲洪积平原含水层岩性以中粗砂为主,水质和富水性较好,单井出水量普遍大于1000 m³/d,并在冲积扇上分布多个水源地。黄河冲积平原区一般分为浅、中、深3个含水层组,在水质上具有淡、咸、淡的垂直分带规律。富水性主要受古河道带的影响,古河道带上,含水层岩性以中细砂为主,单井出水量一般在500~1000 m³/d,古河道间带,富水性弱,单井出水量一般小于500 m³/d。黄河三角洲及滨海海积平原1000 m以内未发现淡水。

不同成因类型的土体地质性质变化比较大,由山前平原到滨海平原,土体结构一般以上层粘性土多层结构为主,其次为上层粘性土双层结构和单层结构,以及上层砂性土多层结构。区内存在有震害、淤泥类土、盐渍土、粉砂液化等工程地质问题。

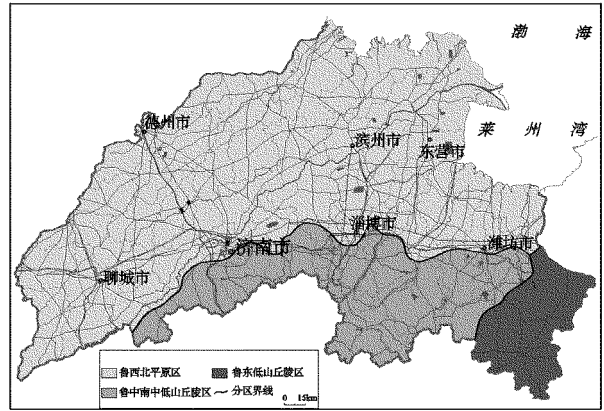


图2 研究区地质条件分区图

2.2 鲁中南中低山丘陵区

该区的主要特点就是分布大面积的碳酸盐岩类裂隙岩溶水,具有大面积降水直接或间接补给,小面积富集和集中排泄的特点。一般在山前及山间盆地、谷地中隐伏灰岩分布区,形成岩溶水的富集带,单井出水量一般3000 m³/d,局部达到5000~10000 m³/d,为鲁中南地区的主要供水水源,如济南、淄博、明水等地。

该区属构造侵蚀为主的中低山丘陵,山势陡峻,主要分布泰山岩群变质岩类和寒武-奥陶纪碳酸盐岩类,局部出露侵入岩。在沉陷盆地多被较薄第四系覆盖。岩体结构以块状及层状为主。存在有震害、湿陷性黄土、膨胀土、砂土液化等工程地质问题。

2.3 鲁东低山丘陵区

该区分布变质岩类、岩浆岩类、碎屑岩类和松散岩类含水层组,以赋存裂隙水和孔隙水为主。裂隙水富水性很弱,一般单井出水量小于100 m³/d,且连续性差,很难形成富水地段。孔隙水主要分布在山间平原和谷地的砂层中,富水性和水质较好,单井出水量一般1000 m³/d左右。

该区属构造侵蚀为主的低山丘陵,广泛分布老变质岩系及中生代岩浆岩。准平原区大面积出露粉子山群、蓬莱群片岩、板岩、大理岩,早白垩世喷出岩,以及侏罗-白垩纪碎屑岩等。山间平原和谷地分布第四纪松散堆积物,土体结构以上层为粘性土

多层、单层结构为主。

3 浅层地热能开发利用适宜性分区

浅层地热能的生产、形成和开发利用受到地层结构、岩性、岩土体的热物性、岩土体的温度、含水层富水性、地下水类型、地下水水力坡度、水温等因素的影响,因此开发利用浅层地热能资源必须要进行地质条件研究并划分不同的区域^[7-9]。

3.1 分区类型及方法

分区类型分为地下水换热方式地源热泵适宜性分区和地理管换热方式地源热泵适宜性分区2类。地下水式热泵适宜性分为适宜区、较适宜区和不适宜区;地理管式热泵适宜性分为适宜区、较适宜区和较不适宜区。

分区方法采用层次分析法(AHP),是一种定性和定量相结合、系统化、层次化的分析方法。共分4个基本步骤:①建立层次结构模型;②构造成对比较矩阵;③计算权向量并做一致性检验;④计算组合权向量并做组合一致性检验。

3.2 分区指标

地下水换热方式分区指标包括含水层岩性、含水层厚度、出水能力、回灌能力、水位埋深、补给模数、渗透系数、地下水的水质和100 m以浅的混合水水温。

地理管换热方式分区指标包括岩土层的岩性、结构、分层水质、施工的难度、投资成本、岩土层导热性能和换热效率。

3.3 分区结果

(1)鲁北地区地下水换热方式地源热泵适宜性可划分为3个区(图3)。

适宜区:主要分布于山前地带,这些地区水资源丰富,具体位置为平阴—长清—济南—章丘一带,邹平东长山镇和博兴曹王一带,周村—张店—临淄—青州以北地带和潍坊城区—昌邑一带,另外还有聊城的东古城、冠县—梁堂一带,面积5382.7 km²。

较适宜区:主要分布于适宜区的外围和岩溶发育区,具体位置为莘县西以南地区,聊城—茌平西北地区,东阿—齐河南祝阿—焦庙—济阳沿黄一带和章丘北部地区,高青沿黄一带,桓台城区附近,寿光—昌邑一带,临邑城区东部,商河韩庙北部,平阴—张夏—仲宫—文祖一带,张店南—博山,沂源南

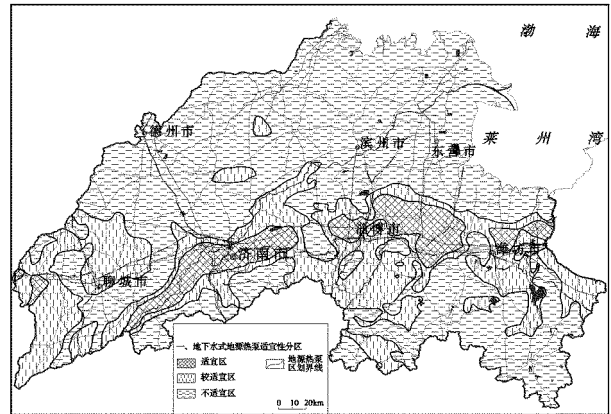


图3 鲁北地区地下水换热方式地源热泵适宜性分区图
部一带,青州南部,坊子区—安丘一带和高密北部等地,面积为17 117.5 km²。

不适宜区:除适宜区和较适宜区以外的广大地区,面积为45 099.8 km²。

(2)鲁北地区地理管换热方式地源热泵适宜性可划分为3个区(图4)。

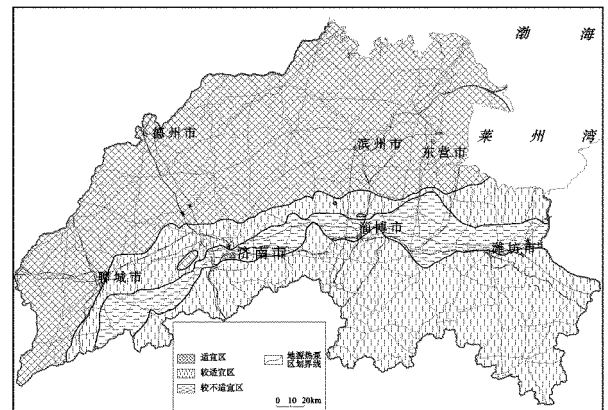


图4 鲁北地区地理管换热方式地源热泵适宜性分区图

适宜区:主要分布于阳谷—聊城—茌平—禹城—伦镇—济阳高官寨—高青高城—广饶李鹊—大码头—寿光的羊口一线以北的广大地区,面积为34 423.9 km²。

较适宜区:适宜区和较不适宜区之间的地区和南部基岩山区,面积为25 930.7 km²。

较不适宜区:主要分布于阳谷—济南城区—章丘—邹平—张店—临淄—青州—寿光—潍坊城区—昌邑一线,成条带状分布,面积为7 245.4 km²。

4 浅层地热能资源评价

浅层地热能计算是在适宜性分区的基础上进行的,浅层地热能计算内容包括浅层地热容量和可利

用量^[7]。

4.1 研究区浅层地热容量

浅层地热容量采用热储量体积法计算,计算公式为:

$$Q_R = Q_S + Q_W + Q_A$$

式中: Q_R 为浅层地热容量; Q_S 为岩土体中的热容量; Q_W 为岩土体所含水中的热容量; Q_A 为岩土体中所含空气中的热容量。

经计算,鲁北地区浅层地热容量为 $29.386 \times 10^{15} \text{kJ}/\text{C}$ 。

4.2 地下水式地源热泵可利用换热量

地下水式地源热泵适宜区、较适宜区可利用换热量的计算采用水量折算法,其计算公式为:

$$Q_q = Q_h \cdot n \cdot \iota \cdot t$$

式中: Q_q 为评价区可利用的换热量($\text{kW} \cdot \text{h}$); Q_h 为单井换热功率(kW); n 为可钻抽水井数; ι 为土地利用系数; t 为时间(h)。

经计算,在地下水式地源热泵适宜区、较适宜区内 200 m 以浅的范围内可利用换热量为 $0.849 \times 10^{10} \text{kW} \cdot \text{h}$ 。其中冬季换热量 $0.463 \times 10^{10} \text{kW} \cdot \text{h}$,可供暖 0.402 亿 m^2 的建筑面积;夏季换热量 $0.386 \times 10^{10} \text{kW} \cdot \text{h}$,可制冷 0.268 亿 m^2 的建筑面积。

4.3 埋管式地源热泵可利用换热量

埋管式地源热泵适宜区、较适宜区可利用换热量的计算采用热传导法,其计算公式:

$$Q_h = D \cdot n \cdot \iota \cdot t \cdot 10^{-3}$$

式中: Q_h 为评价区可利用的换热量($\text{kW} \cdot \text{h}$); D 为单孔换热功率(kW); n 为计算面积内换热孔数; ι 为土地利用系数; t 为时间(h)。

经计算,在埋管式地源热泵适宜区、较适宜区内 200 m 以浅的范围内可利用换热量为 $6.526 \times 10^{12} \text{kW} \cdot \text{h}$,其中冬季换热量 $3.559 \times 10^{12} \text{kW} \cdot \text{h}$,可供暖 309.03 亿 m^2 的建筑面积;夏季换热量 $2.966 \times 10^{12} \text{kWh}$,可制冷 205.97 亿 m^2 的建筑面积。

5 结论

(1)浅层地热能这一清洁可再生的新能源,日

益受到重视,鲁北地区主要城市一般都处于平原区,第四纪堆积层普遍较大,开发利用前景较大。

(2)2006年以后,鲁北地区浅层地热能开发利用发展迅速,建成的利用面积超过了 $700 \text{万} \text{m}^2$,利用量最大为潍坊,其次是淄博和济南,然后是德州、滨州、东营和聊城。利用方式主要为地下水式和埋管式。

(3)将研究区分为地下水式地源热泵适宜区、较适宜区和不适宜区,埋管式地源热泵适宜区、较适宜区和较不适宜区。

(4)鼓励新建或改建的公共建筑、居民楼、农村集中建设的住宅采用浅层地热能,政府投资的公益性项目应优先利用浅层地热能^[10]。

(5)浅层地热能的利用注重环境与效益双赢,开发与保护并重,注重热泵、自动控制、变频调速等新技术在工程中的应用,并扩大浅层地热能的利用范围^[11]。

参考文献:

- [1] 国土资源部. 浅层地热能—全国地热(浅层地热能)开发利用现场经验交流论文集[M]. 北京:地质出版社,2007.
- [2] 高新宇,范伯元,张宏光. 浅层地温能开发利用对地质环境影响程度的探索性研究[J]. 现代地质,2009,23(6):3-10.
- [3] 中国建筑科学研究院. 地源热泵系统工程技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [4] 徐军祥,赵书泉,康凤新,等. 山东省地质环境问题研究[M]. 北京:地质出版社,2010:19-24
- [5] 方宝明. 山东省地热资源综合信息远景预测[D]. 吉林大学,2006.
- [6] 谢宇平. 第四纪地质学及地貌学[J]. 北京:地质出版社,2000:82-90.
- [7] 国土资源部. 浅层地热能勘查评价规范[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [8] 卫万顺,郑桂森,冉伟彦,等. 浅层地温能资源评价[M]. 北京:中国大地出版社,2010:3-180.
- [9] 马学利,姜再新,侯芳,等. 基岩地区地源热泵系统浅层地热地质条件评估工作方法[J]. 城市地质,2008,3(4):7-12.
- [10] 姜宝成,王永鏢,李炳熙. 地源热泵的技术经济性评价[J]. 哈尔滨工业大学学报,2003,35(2):1-4.
- [11] 王泽锋,刘长宪,肖建红. 浅谈湖北省浅层地热能开发管理与环境保护[J]. 资源环境与工程,2009,23(4):1-4.

Evaluation of Shallow Geothermal Resources in Lubei Area of Shandong Province

LIU Gang¹, YANG Yabin¹, MA Shujie²

(1. Lubei Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Dezhou 253015, China; 2. No. 2 Regional Surveying Brigade of Xinjiang Exploration Bureau of Geology and Mineral Resources, Xinjiang Changji 831100, China)

Abstract: Heat pump technology has been applied in developing shallow geothermal energy in Lubei region since 2001, but shallow geothermal energy resources assessment work in this region is seriously lagging behind, which has restricted development and reasonable utilization of shallow geothermal energy resources in this area. In order to promote the development and utilization of shallow geothermal energy in Lubei region, the provincial government come up with special funds to carry out shallow geothermal resource evaluation. In the early period, on the basis of surveying present condition of development and utilization and geological conditions, by using AHP method, groundwater heat exchanger and heat exchanger by the development and utilization of appropriate zoning have been carried out. Shallow geothermal capacity in the area and available heat have been calculated as well. By using volume method, thermal storage capacity of the shallow geothermal areas have been calculated, shallow geothermal capacity in Lubei area is $29.386 \times 10^{15} \text{kJ}/^\circ\text{C}$. According to the result of appropriate zoning, respectively, available heat transfer of suitable areas and more suitable areas of groundwater type and underground pipe type source heat pump have been calculated respectively. The ground source heat pump can be used to change a heat of $0.8489 \times 10^{10} \text{kW} \cdot \text{h}$ below 200m, while underground pipe type source heat pump can exchanger a heat of $6.5261 \times 10^{12} \text{kW} \cdot \text{h}$ below 200m.

Key words: Shallow geothermal resources; heat pump; resources evaluation; Lubei region