

鲁西地区浅层地温能地热地质条件与开发利用适宜性评价

周亚醒

(山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100)

摘要:在查明区域地热地质条件的基础上,采用层次分析法,对鲁西地区埋管地源热泵和地下水地源热泵两种方式的开发利用进行了适宜性评价,并按不同类别,将鲁西地区浅层地温能开发划分为适宜区、较适宜区和不适宜区等3个区。该项目对制定长远能源区划,指导浅层地热资源开发利用工作,促进鲁西地区新兴接替能源开发利用具有非常重要的意义。

关键词:浅层地温能;埋管换热方式;地下水换热方式;层次分析法;适宜性评价;鲁西地区

中图分类号:P314

文献标识码:B

引文格式:周亚醒.鲁西地区浅层地温能地热地质条件与开发利用适宜性评价[J].山东国土资源,2015,31(8):45-49.ZHOU Yaxing. Geological Conditions of Geothermal and Suitability Evaluation on Development and Utilization of Shallow Geothermal Energy in Luxi Area[J].Shandong Land and Resources, 2015,31(8):45-49.

人类生产和生活离不开能源的开发和利用,随着社会的不断发展,能源供需、经济发展与环境保护矛盾日益突出,大力开发新能源是解决能源短缺、改善生态环境的必由之路。浅层地热能是一种新型可再生的清洁能源,资源储量大、分布广,大力开发浅层地热能对节约能源和控制环境污染具有很大价值^[1],对其进行适宜性评价可为下一步的开发利用规划提供科学依据,可更好的服务于当地社会经济的发展^[2]。

1 地热地质条件

鲁西地区位于山东省中南部和西南部,包括菏泽市、济宁市、枣庄市、临沂市、泰安市和莱芜市,总面积 5.39 万 km²;地形东高西低,东部为低山丘陵区,向西依次过渡为山前平原、黄泛平原;气候类型属暖温带半湿润季风型大陆气候。

地质构造、地层岩性及地形地貌的组合决定了地热地质条件的差异。因此,将研究区划分为鲁西平原、鲁中南中低山丘陵和鲁东低山丘陵三部分分

别予以论述(图1)^[3-5]。

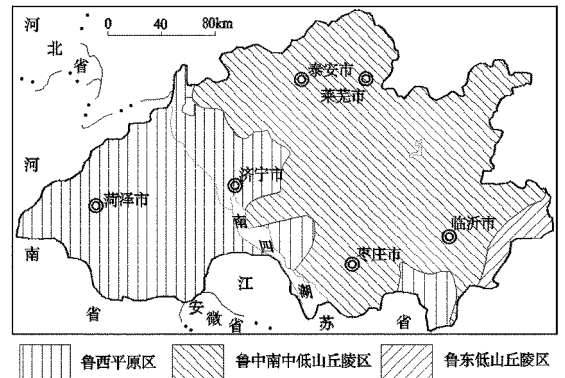


图1 研究区地热地质条件分区图

1.1 鲁西平原区

该区含水岩组类型为松散岩类孔隙地下水,由黄河冲积平原和山前冲洪积平原2部分组成。

1.1.1 黄河冲积平原区

该区松散层厚度大于 200 m,总体上可分为浅层、中层和深层3个层位,在水质上具有淡、咸、淡的垂直分布规律。浅层孔隙含水层埋深在 60 m 或 80 m 以内,砂层厚度 10~30 m,富水性受古河道带展

收稿日期:2015-03-14;修订日期:2015-04-03;编辑:王敏

作者简介:周亚醒(1981—),女,河北安平人,工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:xingxing400732@126.com

布影响明显,古河道主流带砂层颗粒相对较粗,富水性较好,单井涌水量一般 $1\ 000\sim 3\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$;边缘地带砂层颗粒变细,富水性减弱,单井涌水量 $500\sim 1\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$;古河道间带富水性弱,单井涌水量一般小于 $500\ \text{m}^3/\text{d}$ 。该区地下水位埋深大部分地区在 $1\sim 6\ \text{m}$ 之间。

1.1.2 山前冲洪积平原

该区松散层厚度多在 $50\sim 200\ \text{m}$ 之间,含水岩性以中粗砂或含砾中粗砂为主,颗粒粗、透水性好,富水性强,单井涌水量一般 $1\ 000\sim 5\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$,部分地区大于 $5\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ 。地下水位埋深由山前往平原地区逐步变浅,一般地区埋深 $4\sim 10\ \text{m}$ 。

1.2 鲁中南山中低山丘陵区

该区含水岩组类型包括松散岩类孔隙地下水和碳酸盐岩类裂隙岩溶水等 2 种类型。松散岩类孔隙含水岩组,松散层厚度一般小于 $20\ \text{m}$,含水岩性多为粉质粘土夹卵砾石或碎石,含水层厚度一般 $3\sim 10\ \text{m}$,单井涌水量一般 $1\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ 左右。碳酸盐岩类裂隙岩溶含水岩组发育深度小于 $400\ \text{m}$,含水层一般富水性较弱,单井涌水量多小于 $500\ \text{m}^3/\text{d}$;山前隐伏地区,灰岩裂隙岩溶发育程度较高,含水层富水性强,单井涌水量一般 $1\ 000\sim 5\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$;地下水位埋深自山区到隐伏区逐渐变浅,山区一般埋深 $20\sim 50\ \text{m}$,最大埋深大于 $100\ \text{m}$,隐伏区水位埋深一般为 $5\sim 10\ \text{m}$ 。

1.3 鲁东低山丘陵区

该区含水岩组类型包括松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水和岩浆岩类裂隙水等 3 种类型。孔隙水主要分布于山间谷地和河谷平原地区,含水砂层厚度一般 $3\sim 10\ \text{m}$,地下水位埋深 $1\sim 5\ \text{m}$,单井涌水量多小于 $500\ \text{m}^3/\text{d}$ 。岩浆岩类裂隙含水层总体发育状况差,富水性弱,单井涌水量多小于 $100\ \text{m}^3/\text{d}$,水位埋深一般小于 $10\ \text{m}$ 。碎屑岩类孔隙裂隙含水层裂隙、孔隙发育差,富水性弱,单井涌水量一般小于 $100\ \text{m}^3/\text{d}$,局部地段大于 $500\ \text{m}^3/\text{d}$,水位埋深多在 $10\ \text{m}$ 以浅。

2 开发利用适宜性评价

根据浅层地热能开发利用方式可分为地埋管地源热泵和地下水地源热泵 2 种类型,其适宜性评价应依据研究区地质条件、换热方式及建设成本等

综合评定^[6]。

2.1 评价方法

采用由美国运筹学家 T.L.Saaty 提出的层次分析法进行评价。其原理是使复杂系统的决策思维层次化,将决策过程中定性和定量的因素有机的结合起来,将人的主观性以数量的形式表达出来;其优点是使决策条理化、科学化,提高决策的有效性^[7]。

首先,采用 yaahp(version6.0)层次分析法软件,把需要评价的问题进行分解组合,建立递阶层析结构,并生成判断矩阵,一致性比小于 0.1 时,判断矩阵检验通过,软件将自动生成各层各要素的权重系数;其次,利用 MapGIS 软件将野外调查、取样分析和以往研究成果的数据编制评价要素分区图,根据对上层指标的影响大小对各评价要素进行赋值;最后,运用栅格数据处理方法对研究区进行网络剖分,将每一栅格的各评价要素乘以相对应的权重系数,然后累加求和,根据求和值大小进行综合适宜性分区。

2.2 评价体系的构建

评价体系由目标层、属性层和要素指标层 3 层构成,目标层为适宜区划分^[8]。地埋管地源热泵属性层由地质、水文地质条件,施工条件和岩土体热物性参数构成,要素层由第四系厚度、含水层厚度、分层水质状况、地下水水位埋深、钻探施工难度、施工成本条件、城市覆盖率及地形坡度施工条件、平均热导率、平均比热容等 8 个要素构建(图 2)。

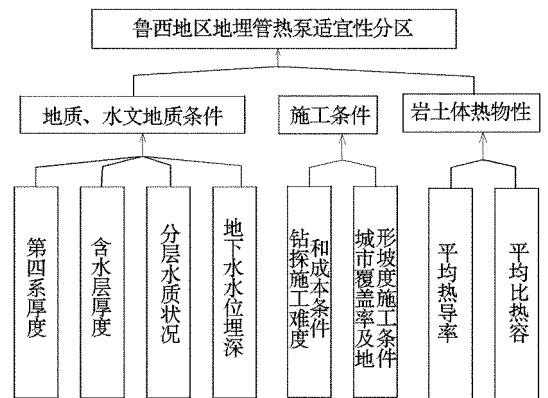


图 2 地埋管地源热泵适宜性层次分析法评价体系图

地下水地源热泵属性层由地质、水文地质条件,地下水动力场条件,水温场条件,水化学条件和地质环境条件等 5 个指标构成;要素层由含水层单位涌水量、结构、厚度、回灌能力,地下水水位埋深、含水

层渗透系数、补给模数,平均热导率、50 m 深度处的地温,水质分区、硬度分区,地下水水源地保护区、地下水水位年降幅等 13 个指标构成(图 3)。

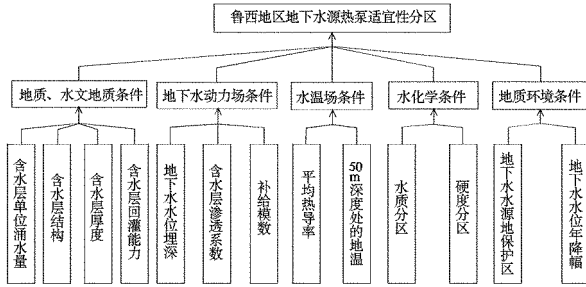


图 3 地下水地源热泵适宜性层次分析法评价体系图

2.3 评价要素的赋值

对采集的数据进行标准化处理,并以是否适宜

建设埋管地源热泵系统为比较标准,对各要素按 1~9 之间的范围值进行打分,越有利于埋管地源热泵系统应用的所获分值越高,从而将所有数据转化为介于 1~9 之间可发相互比较运算的无量纲数值。各个要素具体赋值见表 1、表 2。

2.4 权重的确定

采用 yaahp(version6.0)层次分析法软件构造比较矩阵,经检验比较矩阵的一致性后,确定第四系厚度、含水层厚度和钻进条件等 3 个因素对埋管地源热泵适宜性分区影响较大,含水层单位涌水量、回灌能力和渗透系数对地下水地源热泵系统适宜性分区影响比较大,各要素层在目标层中所占的权重计算结果分别见表 3。

表 1 埋管地源热泵系统各要素赋值

项目	分级	赋值	项目	分级	赋值	项目	分级	赋值	项目	分级	赋值
第四系厚度 (m)	>100	9	钻进条件	第四系松散层	9	水质	上下相同(优良)	9	平均比热容 (MJ/m ³ ·°C)	2.0~3.0	7
	<30 或 50~100	5		砂、页及石灰岩	7		上下相同(极差)	5		1.0~2.0	5
	30~50	3		花岗岩	3		上下不同	3		<1.0	3
含水层总厚度 (m)	>30	9	城市覆盖率及地面施工条件	城市覆盖率低地面施工条件好	7	地下水水位埋深 (m)	<8	7	平均热导率 (w/m·°C)	>2.5	9
	10~30	5		城市覆盖率中等地面施工条件较好	5		8~12	5		2.0~2.5	7
	<10	3		城市覆盖率高地面施工条件差	3		12~20	3		1.5~2.0	5
						>20	1		<1.5	3	

表 2 地下水地源热泵系统各要素赋值

项目	分级	赋值	项目	分级	赋值	项目	分级	赋值	项目	分级	赋值	
单位涌水量 (m ³ /d·m)	>500	9	平均热导率 (w/m·°C)	>2.5	9	含水层总厚度 (m)	>30	9	含水层回灌性能	>80%	9	
	300~500	7		2.0~2.5	7		10~30	7		50%~80%	7	
	<300	3		1.5~2.0	5		<10	3		<50%	3	
含水层结构	多层中砂、粗砂或卵石层	9	50m 深度处的温度 (°C)	<1.5	3	地下水水位埋深 (m)	<8	7	水质分区	优良~良好	9	
	岩溶裂隙含水层	5		>17	7		8~12	5		一般水	7	
	多层粉细砂、中细砂	3		15~17	5		12~20	3		较差水	3	
	岩浆岩裂隙含水层	1		<15	3		>20	1		极差水	1	
地层渗透系数 (m/d)	>50	9	硬度分区 (mg/L)	<150	9	补给模数	10~15	3	水源地保护区	水源地保护区	1	
	20~50	7		150~300	7		<10	1		非水源地保护区	7	
	5~20	5		300~450	3		>20	9		地下水水位年降幅	<0.8	7
	<5	1		>450	1		15~20	7			0.8~1.5	5
								>1.5	3			

表 3 各要素层权重赋值

地理管地源热泵要素层权重		地下水地源热泵要素层的权重			
要素	权重	要素	权重	要素	权重
第四系厚度	0.3208	地下水水源地保护区	0.0086	含水层结构	0.0350
含水层厚度	0.2050	地下水水位年降幅	0.0344	含水层厚度	0.0783
分层水质状况	0.0613	水质分区	0.0538	含水层回灌能力	0.2027
地下水水位埋深	0.0438	硬度分区	0.0269	50m 深处地温	0.0299
钻进条件	0.1634	地下水水位埋深	0.0594	平均热导率	0.0896
城市覆盖率及地面施工条件	0.0545	补给模数	0.0374	含水层结构	0.0350
平均热导率	0.1135	含水层渗透系数	0.1414		
平均比热容	0.0378	含水层单位涌水量	0.2027		

2.5 评价结果

(1)鲁西地区地理管地源热泵适宜性可划分为 3 个(图 4)。

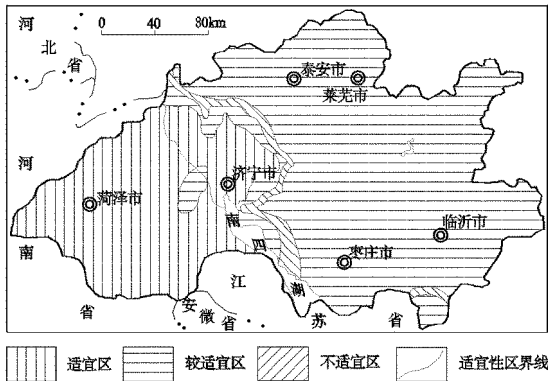


图 4 地理管换热方式地源热泵适宜性分区图

适宜区:主要分布于黄河冲积平原和山前冲积平原等松散层厚度大于 100 m 的地区,面积 1.78 万 km²,主要包括整个菏泽,济宁的任城区、兖州区、梁山、鱼台、金乡、嘉祥的北部以及汶上的南部。该区地层岩性以中砂、中粗砂、粘土和粉质粘土为主,水资源丰富,地下水径流条件较好,有利于地理管钻孔的施工,适宜地理管地源热泵的建设。

较适宜区:主要分布于鲁东南低山丘陵区 and 鲁中南低山丘陵区,总面积 3.44 万 km²,主要包括泰安、临沂和枣庄的大部,莱芜的全部,济宁曲阜的大部、嘉祥的南部和汶上北部。该区地层包括 2 种类型:其一,第四系厚度小于 30 m,含水层厚度小于 10 m。无卵石层,大部分为基岩山区;该区含水岩组厚度小,下伏基岩厚度大,一般较适宜地理管地源热泵的建设。其二,第四系厚度 50~150 m,含水层厚度一般在 10~20 m;该区含水岩组厚一般较大,较适宜地理管地源热泵工程建设。

不适宜区:主要分布于山前冲积平原前沿地带,面积 0.17 万 km²,成条带状分布于东平银山—宁阳

伏山—汶上—军屯—曲阜息乡—邹城郭里—滕州张汪—微山傅村一带,郯城重坊—马头一带。该区第四系厚度在 30~50 m,地层结构中卵石层厚度较大,含水层总厚度小于 10 m,十分不利于地理管的施工和下管,不适宜地理管地源热泵的建设。

(2)鲁西地区地下水地源热泵适宜性可划分为 3 个区(图 5)。

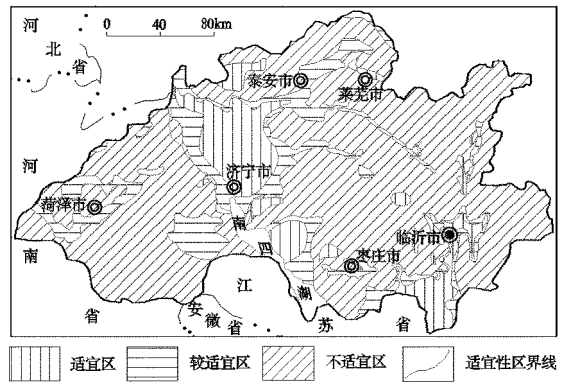


图 5 地下水换热方式地源热泵适宜性分区图

适宜区:主要分布在山前冲积平原、河流河谷和鲁中南山区的富水地段,面积 0.63 万 km²,主要包括济宁市的汶上—兖州—嘉祥北部—曲阜东南部—邹城石墙、马坡和微山留庄—次城一带;临沂市的沂水龙家圈—姚店子,费县城区北部—城北,河东区相公、册山镇—苍山长城—郯城杨集,兰山区朱保—马厂湖—苍山矿坑—仲村和苍山神山镇东北部一带;泰安市的肥城王瓜店—王庄和东平州城、接山—宁阳酒店一带;莱芜市的莱城区大王庄西南,莱城区方下—钢城区颜庄一带。该区单井涌水量和井孔回灌能力强,适宜建设地下水地源热泵系统。

较适宜区:主要分布在黄河古河道、冲洪积扇的前缘和鲁中南山区的富水地段的外围,面积 0.94 万 km²,主要包括菏泽市的鄆城旧城—李进土堂,郯城武安—郭屯,东明武胜桥—鄆城什集—牡丹区皇镇、

大黄集—东明沙窝乡和巨野大谢集—成武大田集一带;济宁市的梁山馆驿—嘉祥大张楼—任城区唐口,梁山黑虎庙镇西南部地段,泗水金庄—曲阜陵城—任城区石桥和泗水苗馆—泉林一带;枣庄市的滕州大坞—西岗,东郭—东沙河,羊庄—西集,滨湖—龙阳镇—张汪,柴胡店—薛城城区西北部,薛城区陶庄—市中区永安、税郭及孟庄和台儿庄区泥沟—邳庄一带;临沂市的沂水许家湖—沂南大庄,蒙阴县城西南—桃墟、垛庄,平邑仲村西北地区,平邑县城附近地区和苍山磨山—罗庄区高都—河东区太平—郯城县城区一带;泰安市的泰山区范镇—岱岳区大汶口—东平老湖口及新泰果都—宁阳乡饮乡,泰安市城区东南部,东平高老庄—新湖,岱岳区大汶口—宁阳汶阳南部,宁阳磁窑—新泰楼德和新泰小协—汶南镇南部一带;莱芜市的莱城区口镇—杨庄、牛泉和莱城区茶叶口—和庄一带。这些地区单井涌水量和井孔回灌能力较强,较适宜建设地下水地源热泵系统。

不适宜区:主要分布在在地下水富水性较差或基岩山区,面积 3.82 万 km²,主要包括菏泽市的郓城—巨野—定陶—曹县和东明县—菏泽市城区北部一带;济宁市的梁山赵堆—嘉祥马村—鱼台唐马,泗水中册—邹城田黄、石墙南部和微山韩庄北部一带;枣庄市的山亭店子—北庄—峰城区峨山—台儿庄区张山子一带;临沂市的沂水马站—平邑流峪—苍山车辋—临沭玉山一带;泰安市的岱岳区下港—东平梯门和新泰岳家庄—宁阳葛石一带;莱芜市的莱城

区雪野—辛庄一带;该地区井孔单位涌水量较小,含水层回灌能力差,不适宜建设地下水地源热泵系统。

3 结论

(1)对比埋管地源热泵和地下水地源热泵两种换热方式,鲁西地区更适宜埋管地源热泵建设。

(2)结合埋管地源热泵和地下水地源热泵两种换热方式,从水文地质单元来看,鲁西平原区普遍适宜浅层地温能的开发利用,而鲁中南低山丘陵区 and 鲁东低山丘陵区则较适宜浅层地温能的开发利用。

参考文献:

- [1] 周爽.浅谈浅层地温能[J].吉林农业,2011,262(12):248.
- [2] 刘刚,杨亚宾.山东省鲁北地区浅层地热能资源评价[J].山东国土资源,2014,30(6):45-48.
- [3] 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.
- [4] 方宝明.山东省地热资源综合信息远景预测[D].吉林大学,2006.
- [5] 谢宇平.第四纪地质学及地貌学[M].北京:地质出版社,2000:82-90.
- [6] 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.
- [7] 马立平.层次分析法[J].北京统计,2000,125(7):38-39.
- [8] 卫万顺,郑桂林,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.

Geological Conditions of Geothermal and Suitability Evaluation on Development and Utilization of Shallow Geothermal Energy in Luxi Area

ZHOU Yaxing

(Lunan Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China)

Abstract: On the basis of identifying geological conditions of regional geothermal energy, by using analytic hierarchy process (AHP) method, suitability evaluation of two modes of development and utilization of ground heat in Luxi area has been carried out, such as buried pipe pump and ground source heat pump. According to different categories, development of shallow geothermal energy in Luxi area can be divided into suitable area, relative suitable area and not suitable area. This project will formulate a long - term energy planning, guide the development and utilization of shallow geothermal resources, and promote replacing energy development and utilization in Luxi area.

Key words: Shallow geothermal energy; heat transfer by buried pipe; underground heat transfer mode; AHP; suitability evaluation; Luxi area