

利用层次分析法评价东营市浅层地热能适宜性

胡松涛^{1,2}, 孙云川¹, 胡思敬¹

(1. 山东省地矿工程集团有限公司, 山东 济南 250014; 2. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要:利用定性、半定量相结合的层次分析法(AHP),建立地理管换热系统适宜性递阶层次结构模型,在野外试验、室内测试等基础数据的基础上,选取地下水埋藏深度、砂层厚度、成孔难易程度、地面沉降、热扩散率、比热容、综合热导率等7个评价指标,将东营市浅层地热能开发利用划分为适宜区、较适宜区。这是东营地区第一次利用实测数据开展浅层地热能适宜性评价,为今后的合理开发利用提供了科学依据。

关键词:层次分析法;浅层地热能;适宜性评价;东营市

中图分类号:P314

文献标识码:B

0 引言

东营市浅层地热能勘查开发始于1999年,现已施工地源热泵项目146处,建成投入使用面积达308.34万m²,开发利用规模走在了全省前列。但以往未进行专门的浅层地热能勘查评价工作,该文采集了大量实测资料进行分析,研究成果对于合理引导今后浅层地热能的开发利用具有重要意义。

层次分析法(Analytic Hierarchy Process,简称AHP)是美国运筹学家A. L. Saaty等人于20世纪70年代提出的一种能有效地对较为复杂、模糊的问题作出决策的方法,是一种定性与定量相结合、系统化、层次化的分析方法^[1]。这种方法将决策者的经验判断给予量化,较适用难于完全定量分析的问题。特别是在目标因素结构复杂且缺乏必要数据的情况下使用更为方便,因其简便、灵活而又实用,在实践中得到广泛应用。应用层次分析法评价东营市浅层地热能适宜性,具有较高的可行性和有效性。

鉴于东营市地下水资源不丰富,以往开发利用工程以地理管换热系统为主,占总工程数量的97.1%,在此只针对地理管换热方式进行适宜性评价。

1 东营市浅层地热能背景条件

东营市位于黄河冲击平原,总面积7 923 km²,地形平坦无起伏,气候冬冷夏热。经济发达、社会发展程度较高,具备大力开发浅层地热能的社会经济条件。市域范围内被厚达168~420 m的第四系覆盖,岩性以粉土、粉质粘土和砂层互层为主。属鲁西北平原松散岩类水文地质区,北部海积冲积平原地下水以咸水为主,在南部冲积洪积平原淡水水文区地下水超采严重,存在降落漏斗,除降落漏斗外水位埋深普遍小于4 m。主要地质环境问题为地下水降落漏斗和地面沉降^[2]。在黄河河道两侧及三角洲冲击平原同一深度的地下温度普遍低于其他地区。综合热导率在1.61~1.97 W/m·℃之间,平均为1.78 W/m·℃;平均孔深换热量在50.50~57.10 W/m之间。

2 适宜性评价指标及体系

2.1 适宜性评价指标选取

根据《浅层地热能勘查评价规范 DZ/T0225 - 2009》分区要求,结合工作区实际情况,东营市地理管换热方式适宜性分区考虑地理管换热条件、工程

收稿日期:2014-03-09;修订日期:2014-05-05;编辑:陶卫卫

基金项目:山东省地勘项目“山东省东营市浅层地热能调查”(鲁勘字[2010]07号)

作者简介:胡松涛(1981—),男,四川遂宁人,工程师,主要从事水工环地质工作,E-mail:hstdkjt@qq.com。

地质环境地质条件和水文地质条件等因素^[3]。

(1) 地埋管换热条件。不同岩土体的物理、热物理性质影响工程总体换热功率的大小, 决定单孔换热量。岩土体热导率则反映了能量传递与交换的快慢, 直接决定了地埋管换热器换热能力的高低。因此, 将地埋管综合热导率作为主要评价指标。

(2) 工程地质环境地质条件。包括成孔难易程度、地面沉降, 不仅影响着换热孔施工难度和工程初投资, 还影响着换热孔有效深度。在此将地面沉降作为主要因子。

(3) 水文地质条件。主要包括地下水位埋藏深度和砂层厚度。水位埋深影响着地埋管换热器换热功率, 水位埋藏浅, 流动速度大, 换热器释放的冷热负荷被地下水迅速带走, 与地下水及岩土体间的能量交换快。根据浅层地热能调查规范, 含水层厚度越厚地埋管换热条件越好, 在此, 以砂层厚度代表含水层厚度, 砂层厚度为浅层地热能的赋存提供了条件, 厚度越大换热条件越好。

2.2 评价体系及因子权重

地埋管换热系统评价体系层次结构模型由3层构成, 从顶层至底层分别为目标层、属性层和要素指标层3级。评价目标是地埋管换热方式适宜性分区; 属性指标由水文地质条件、工程地质环境地质条件和地埋管换热条件3项构成; 要素指标由地下水位埋藏深度、砂层厚度、成孔难易程度、地面沉降、热扩散率、比热容、综合热导率7个指标构成(图1)。

表1 属性层各个指标重要性对比及权重

属性指标	水文地质条件	工程地质环境地质条件	地埋管换热条件	Wi
水文地质条件	1	1	0.50	0.25
工程地质环境地质条件	1	1	0.50	0.25
岩土体热物性参数	2	2	1	0.50

表2 要素层各个指标重要性对比及在属性层中权重

要素指标	水位埋深	砂层厚度	成孔难度	地面沉降	热扩散率	比热容	热导率	Wi
水位埋深	1	1						0.50
砂层厚度	1	1						0.50
成孔难度			1	0.20				0.17
地面沉降				5	1			0.83
热扩散率					1	2	0.20	0.18
比热容					0.50	1	0.20	0.11
热导率					5	5	1	0.71

最终确定各个要素指标因子在目标层中所占的权重(表3)。

表3 要素层中各要素在目标层的权重

备选方案	权重	备选方案	权重
地下水位埋藏深度	0.13	热扩散率	0.09
砂层厚度	0.13	比热容	0.05
成孔难易程度	0.04	综合热导率	0.35
地面沉降	0.21		

3 适宜性评价结果

3.1 网格剖分方式

以1:10万地理底图为基础进行评价网格剖分, 网格大小4 000 m × 4 000 m。

3.2 要素赋值

借助GIS制图软件中, 制作各要素指标的图件, 包括: 地下水位埋藏深度分区图、综合热导率分区图、砂层厚度分区图、地面沉降分区图等^[5]。再以是否适宜建设地埋管换热系统为比较标准, 结合岩土样品分析、热响应试验等得到的大量实测数据, 对各个要素的范围值在1~9之间打分, 越有利于地埋管换热系统应用则所获分值越高, 从而将所有数据转化为介于1~9之间可以互相比较运算的无量纲数值(表4)。

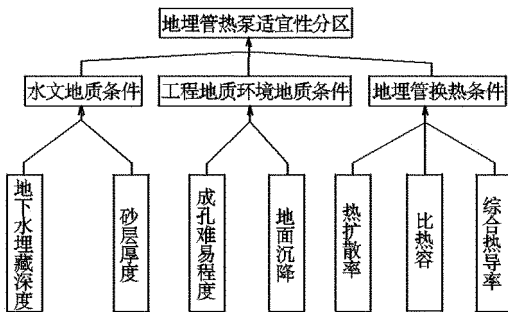


图1 适宜性分区评价体系结构图

采用赋权法确定因子权重^[4]。按照层次分析法(AHP)的要求, 在评价体系层次隶属关系的基础上, 通过统计和研究分析, 首先比较属性层和要素层中各因素的重要性, 计算指标权重(表1, 表2), 然后确定各要素因子最终权重。

表4 适宜性评价各要素指标赋值

项目	分级	赋值	项目	分级	赋值
地下水埋深/m	≤4	9	热扩散率 m ² /d	≥1.0	9
	4~15	8		0.9~1.0	6
	15~30	6		≤0.9	3
砂层厚度/m	≥30	3	比热容 MJ/(m ³ ·℃)	≥2.1	9
	≤20	4		2.0~2.1	6
	20~30	6		≤2.0	3
地面沉降/mm	30~40	7	热导率 (w/m·℃)	≤1.7	4
	≥40	8		1.7~1.8	6
	≥-50	9		1.8~1.9	7
	-50~-150	8	成孔难度	≥1.9	8
	-150~-300	6		难	3
	≤-300	3		一般	6
			易	9	

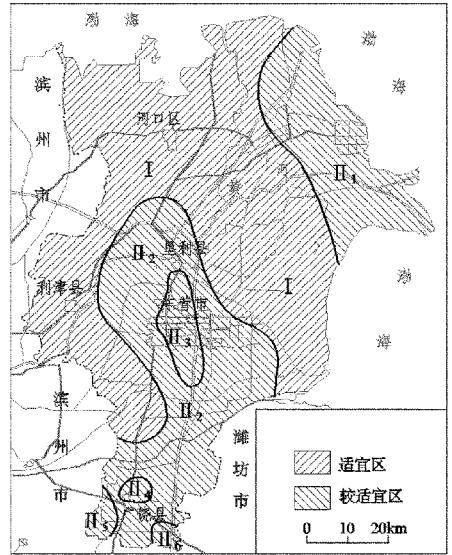


图2 东营市地理管换热方式适宜性分区图

然后将网格剖分图与已经赋值完毕的图件进行叠加,把各要素图件中的赋值对应到了相应的网格上。采用综合指数法公式计算,将每个网格点上的属性赋值与其相对应的权重值相乘,通过求和得出每个点上的初步分值。综合评价指数法计算公式如下:

$$R_k = \sum_{i=1}^n a_i X_i$$

式中: R_k —综合评价指数; a_i —要素的目标层权重; X_i —要素赋值; n —要素指标个数。

3.3 适宜性评价

结合东营市浅层地热能地质条件,将分值大于6.0的区域设定为地理管换热方式适宜区(I区),分值小于等于6.0的区域设定为较适宜区(II区)(图2)。

适宜区(I区):包括河口区、利津县大部,东营区的东部,面积4704.595 km²,约占全市总面积的57.10%。区内岩性主要为第四纪粉质粘土、粉土和粉砂层,砂层厚度变化自20~40 m不等,地下水位埋深一般小于1 m,地面沉降量在-150~-50 mm之间,综合热导率一般大于1.8 W/m·℃。

较适宜区(II区):面积3538.405 km²,占全市总面积的42.90%,包括II₁~II₆六个亚区。

II₁亚区位于黄河三角洲,包括东营港、仙河镇、孤东油田、黄河入海口等地区。砂层厚度普遍小于30 m,地下水位埋小于5 m,综合热导率在1.76~1.78 W/m·℃左右。

II₂亚区位于垦利—东营区—广饶地区,包括垦利县城、东营区东西城区、六户镇、胜坨镇、丁庄镇

及广饶县全境。砂层厚度普遍小于30 m,在六户—丁庄—广饶一带小于20 m。在广饶县有地面沉降,沉降量小于350 mm。综合热导率普遍小于1.7 W/m·℃。

II₃亚区位于东营市西城区—六户一带,砂层厚度小于30 m,在西城区附近有小规模地面沉降发生,综合热导率1.61 W/m·℃左右。

II₄, II₅, II₆亚区分别位于广饶县城、李鹊镇、大王镇,砂层厚度普遍小于20 m,综合热导率1.82左右。均有地下水降落漏斗存在,地下水位埋深最大可达35.93 m。

4 结语

在大量利用实测资料的基础上,通过层次分析法对东营市浅层地热能地理管换热方式进行适宜性评价,地下水埋藏深度、砂层厚度、成孔难易程度、地面沉降、热扩散率、比热容、综合热导率等7个指标的选取,是符合当地实际和评价要求的。

通过评价分区,东营市地理管换热方式适宜性划分为适宜、较适宜2个区。结果显示,在河口区、利津县大部、东营区东部浅层地热能条件优越,适宜大力开发浅层地热能,其余地区在合理勘查设计的条件下较适宜建设地理管换热系统。总体来看东营市浅层地热能适宜性好、开发潜力巨大。

参考文献:

- [1] 赵艳娜,马小全. 层次分析法在浅层地热能适宜性评价中的应用[J]. 地下水,2012,(6):61-63.
- [2] 王小刚,邹祖光,王秀芹,等. 东营市城区地面沉降影响因素[J]. 山东国土资源,2006,22(5):50-53.
- [3] 卫万顺,郑桂森,冉伟彦,等. 北京浅层地温能资源[M]. 北京: 中国大地出版社,2008.
- [4] 朱茵,孟志达,阚权愚. 用层次分析法计算权重[J]. 北方交通大学学报,1999,23(5):119-122.
- [5] 韩再生,冉伟彦,佟红兵,刘志明. 浅层地热能勘查评价[J]. 中国地质,2007,(6):1115-1121.

Suitability Assessment of Shallow Geothermal Energy in Dongying City Based on Analytic Hierarchy Process

HU Songtao^{1,2}, SUN Yunchuan¹, HU Sijing¹

(1. Shandong Geo - engineering Exploration Limited Corporation, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: By using analytical hierarchy process method (AHP method) which combines qualitative analysis and semi - quantitative analysis together, the hierarchical structure model of the suitability of ground heat exchange system has been established. Based on datas acquired from field and indoor tests, choosing seven evaluation indicators, such as depth of groundwater, depth of sand, difficulty degree of drilling holes, ground subsidence, thermal diffusivity, specific heat capacity and heat conductivity, suitability of shallow geothermal energy in Dongying city can be divided into well suitable region and suitable region. This is the first time to analyze the suitability of shallow geothermal energy by using experimental data in Dongying city. It will provide a scientific basis for reasonable application of shallow geothermal energy in the future.

Key words: AHP; shallow geothermal energy; suitability assessment; Dongying city