

优选抽水实验井位的多层次多目标系统模糊决策方法

林洪孝 谭海鸥

(山东水利专科学校, 山东 泰安 271000)

摘要 应用系统模糊决策理论, 建立优选抽水试验井位的多层次多目标系统模糊决策模型, 使通常只作定性对比或分别考虑单因素决策的代表性井位选择问题, 能做到考虑多因素多层次进行综合决策优选, 提高了决策的合理性和解决问题的可操作性, 经分析应用方法取得了较好的效果。

关键词 抽水试验 地质构造 水文地质条件 含水层 层次 目标 模糊决策 井位

Fuzzy Decision Method of Multilayer and Multi-Objective System of Optimizing Pump Well Place

Lin Hongxiao Tan Haiou

(Shandong Hydraulic Engineering Institute, Taian Shandong 271000)

Abstract Using systematic theory of fuzzy decision, the present paper establishes a fuzzy decision pattern of multilayer and multi-objective system for pumping well place optimization, makes the representative decision well place problem, which usually be compared qualitatively or considered as single element decision problem, have the ability to do comprehensive decision optimization with multi-element and multi-objective. The decision rationality and the solution operationality are improved. Analysis and application show that the method is effective.

Keywords pumping experiment; geological structure; hydrography condition; water-bearing stratum; stratum; purpose; fuzzy decision; well place

1 前言

抽水试验是了解含水层特性和测定水文地质参数的主要方法。在自然界, 含水层的空间分布、几何形态、岩性等差别较大, 就是在较小的范围内, 往往也是由多种岩性组成的含水层体系, 并影响和控制着地下水的储存、运动等特性。因此, 在抽水试验中除必须准确把握其技术和计算水文地质参数的方法外, 合理选择在地质构造和水文地质条件方面, 具有区域典型代表性的位置作为抽水试验井点也是非常重要的。尤其是在评价地下水资源时, 所测定的水文地质参数的空间代表性影响和控制着评价成果的精度。

本文针对在冲洪积平原水文区, 含水层的空间分布和岩性变化具有非均质各向异性特征时, 建立多层次多目标模糊优选决策模型, 优选出在地质构造和水文地质条件上具有较好代表性的位置, 作为抽水试验井点, 以提高抽水实验所测定水文地质参数的空间代表性和成果应用的可靠合理性。

2 选择最佳井位的多层次多目标系统模糊优选决策模型

在一个区域内有 n 个可供选择的井位, 设评价含水层代表性的目标(指标)特征值为 m 个, 如含水层埋深(及参数)、厚度、岩性等, 组成第一层 m 个并列的单元系统, 每一个单元系统内均有 n 个决策变量, 对每一

个单元系统用模糊优选模型(1)进行决策相对优属度的计算,得到 u_{ij} , 为层次一单元系统的输出, $i= 1, 2, \dots, m; j= 1, 2, \dots, n_0$

$$u_{ij} = \frac{1}{1 + \left\{ \frac{\sum_{k=1}^K [W_k (g_k - r_{kj})]^p}{\sum_{k=1}^K [W_k (r_{kj} - b_k)]^p} \right\}^{2/p}} \tag{1}$$

式中 u_{ij} 为第 i 单元系统第 j 决策变量的优属度; w_k 为第 i 单元系统第 j 决策变量中第 k 指标量的权重,

$$\sum_{k=1}^K W_k = 1 \quad k = 1, 2, \dots, K$$

r_{kj} 为决策 j 指标量 k 的相对优属度; g_k 为优等决策的相对优属度,

$$g = (g_1, g_2, \dots, g_K)^T = (r_{11} \quad r_{12} \quad \dots \quad r_{1n}, r_{21} \quad r_{22} \quad \dots \quad r_{2n}, \dots, r_{k1} \quad r_{k2} \quad \dots \quad r_{kn})^T$$

b_k 为劣等决策的相对优属度,

$$b = (b_1, b_2, \dots, b_K)^T = (r_{11} \quad r_{12} \quad \dots \quad r_{1n}, r_{21} \quad r_{22} \quad \dots \quad r_{2n}, \dots, r_{k1} \quad r_{k2} \quad \dots \quad r_{kn})^T$$

p 为距离参数, 本文取欧氏距离 $p= 2$ 。

同时, u_{ij} 组成层次二单元系统的输入。并令:

$$(u_{ij}) = (r_{ij}) \tag{2}$$

设层次二中 m 个单元系统的权重以 w_i 表示, 且 $\sum w_i = 1$, 则模糊优选模型(1)可用于层次二中单元系统的计算, 以此类推, 可做更高一层单元系统的模糊相对优属度计算。选出相对优属度最大者作为区域内能代表其地质构造和水文地质条件特征的井位, 即作出选择抽水试验井最佳井位的决策。

上述最佳井位的优选程序可用如下层次分解图表示, 如图 1 多目标二层次结构示意图。

3 实例

3.1 实例概况

本文选择位于山东省北部渤海平原, 黄河下游南岸的博兴城区为例进行分析计算。该城区建城面积 5.8km^2 属山前冲积、洪积平原水文区。区内新生代地层沉积厚度较大, 其中第四纪地层沉积厚度达数百米。地下水主要赋存并运动于第四纪及新第三纪松散沉积物孔隙中。本区各含水层(组)的形成与分布, 受控于地质构造、古地理及古气候等因素, 区内不同地质时代、不同成因类型、不同物质来源的地层在空间分布上迭置交错, 各含水层(组)的分布显得十分复杂, 见水文地质剖面图(图 2)。

表 1 博兴城区部分水井含水层特征统计表

西隅村			机械厂			火车站			粮食酒厂			师院		
埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)	埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)	埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)	埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)	埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)
104	9	Q 38	115	5	Q 13	115	10	Q 19	156	7	Q 13	127	11	Q 12
138	11	Q 50	122	7	Q 25	141	13	Q 13	176	12	Q 19	144	6	Q 13
206	2	Q 13	144	5	Q 50	166	6	Q 12	212	3	Q 25	164	4	Q 13
212	4	Q 25	153	10	Q 13	204	4	Q 13	226	5	Q 13	185	5	Q 12
224	4	Q 13	201	6	Q 19	241	4	Q 13	250	8	Q 19	210	4	Q 13
245	5	Q 19	209	4	Q 25	253	7	Q 19	270	3	Q 13	244	12	Q 12
252	6	Q 38	254	9	Q 19	265	7	Q 13	295	4	Q 19	305	4	Q 12
307	3	Q 25	312	4	Q 25	300	5	Q 12	350	4	Q 38	332	7	Q 13
344	3	Q 13	345	7	Q 19	312	12	Q 12	358	6	Q 13	361	6	Q 12

续表 1 博兴城区部分水井含水层特征统计表

中医院			公安局			法院			造纸厂			水厂		
埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)	埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)	埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)	埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)	埋深 (m)	砂厚 (m)	岩性 (mm)
125	23	0.19	122	18	0.12	130	5	0.19	116	22	0.13	118	17	0.25
152	20	0.12	150	5	0.12	155	26	0.12	158	13	0.12	142	5	0.19
152	20	0.19	162	24	0.12	212	5	0.25	181	7	0.12	202	9	0.13
205	4	0.12	200	9	0.13	223	6	0.13	203	5	0.12	226	6	0.13
224	5	0.13	217	13	0.12	255	9	0.25	213	5	0.19	254	7	0.25
248	7	0.12	256	18	0.13	307	8	0.12	228	9	0.13	267	6	0.25
270	3	0.13	292	5	0.13	334	6	0.13	258	6	0.19	295	3	0.13
290	4	0.13	307	6	0.13	352	8	0.13	316	6	0.13	318	4	0.13
308	5	0.12	328	6	0.13	373	6	0.13	352	8	0.13	369	4	0.13

备注: 本地区地下 71~ 120m 以上为咸水体含水层, 不列入本文分析范围; 统计地层深度 400m。

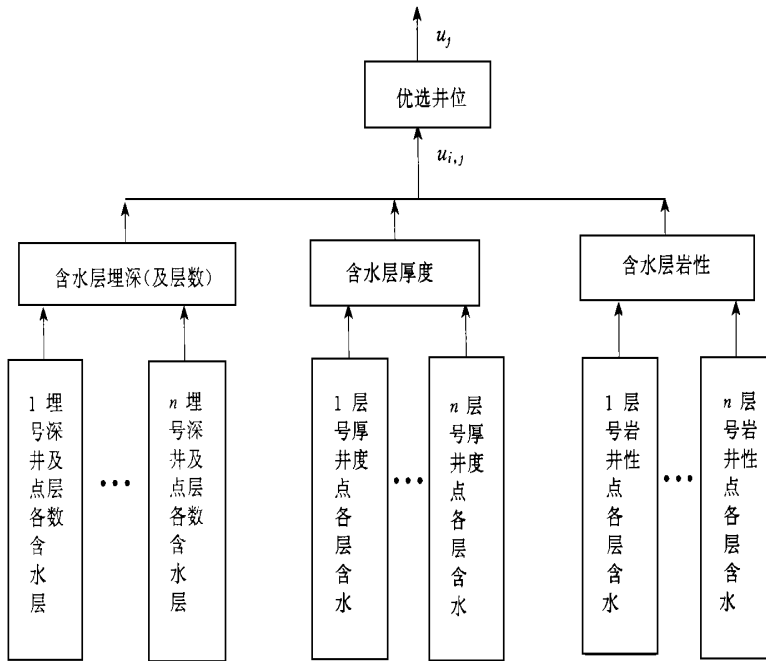
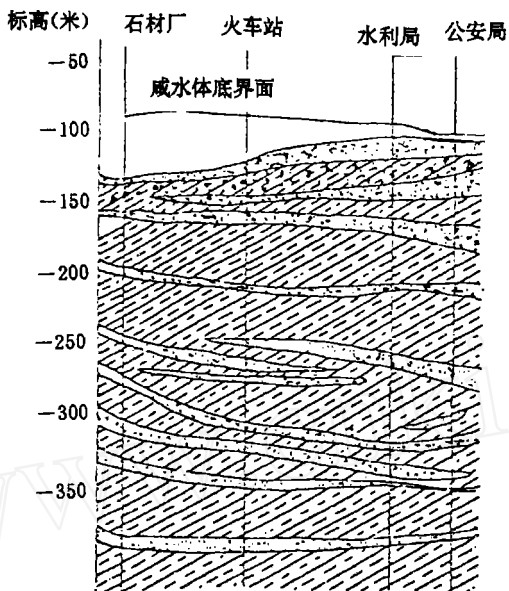


图 1 最佳井位优选层次结构图

根据区内 60 余眼工业、生活用水井的钻井地质、水文地质综合柱状图, 选择含水层空间分布特征较有代表性的 10 眼深井作为分析选择抽水试验井的材料, 基本情况见表 1。

3.2 第一层目标特征值的确定与优选

根据本区地质构造及水文地质条件, 选择第一层目标特征值为: 含水层埋深(及层数)、厚度、岩性(本区为松散沉积物孔隙贮水, 岩性用粒径表示), 并从表 1 中列出各目标的评价指标特征值, 构成如下指标特征值矩阵:



图例 细中粗砂 粘土 粘土、姜石

图 2 博兴城区中深层含水层剖面图

埋深(及层数)=	104	115	115	156	127	125	122	139	116	118
	138	122	141	176	144	152	150	155	158	142
	206	144	166	212	164	205	162	212	181	202
	212	153	204	226	185	224	200	223	203	226
	224	201	241	250	210	248	217	255	213	254
	245	209	253	270	244	270	256	307	228	267
	252	254	265	295	305	290	292	334	258	295
	307	312	300	350	332	308	307	352	316	318
	344	345	312	358	361	328	328	373	352	369
	厚度=	9	5	10	7	11	23	18	5	22
11		7	13	12	6	20	5	26	13	5
2		5	6	3	4	4	24	5	7	9
4		10	4	5	5	5	9	6	5	6
4		6	4	8	4	7	13	9	5	7
5		4	7	3	12	3	18	8	9	6
6		9	7	4	4	4	5	6	6	3
3		4	5	4	7	5	6	8	6	4
3		7	12	6	6	16	6	6	8	4

岩性=

0.38	0.13	0.19	0.13	0.12	0.19	0.12	0.19	0.13	0.25
0.50	0.25	0.13	0.19	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.19
0.13	0.50	0.12	0.25	0.13	0.19	0.12	0.25	0.12	0.13
0.25	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.12	0.13
0.13	0.19	0.13	0.19	0.13	0.13	0.12	0.25	0.19	0.25
0.19	0.25	0.19	0.13	0.12	0.12	0.13	0.12	0.13	0.25
0.38	0.19	0.13	0.19	0.12	0.13	0.13	0.13	0.19	0.13
0.25	0.25	0.12	0.38	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
0.13	0.19	0.12	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13

采用系统模糊决策方法优选时,目标特征值含水层的埋深(及层数)属越小越优型目标,含水层厚度及岩性属越大越优型目标,采用优属度计算用式(2)、(3)将上述指标特征值矩阵转换成指标相对优属度矩阵,并用公式(1)中 g_k, b_k 关系式建立优等及劣等决策相对优属度关系。

越小越优型指标: $r_{kj} = (x_{kmax} - x_{kj}) / (x_{kmax} - x_{kmin})$ (2)

越大越优型指标: $r_{kj} = (x_{kj} - x_{kmin}) / (x_{kmax} - x_{kmin})$ (3)

各目标内评价指标特征值权重的确定:对含水层埋深(及层数)考虑本区垂向水文地质条件,经划分不同深度、不同权重方案对比论证分析,取值为104~140m, $w_1 = 0.2$; 141~200m, $w_2 = 0.5$; 201~400m, $w_3 = 0.3$ 。对砂层厚度按越厚越优考虑,各井点的权重取为单层含水层厚度占总含水层厚度的比值,岩性按砂越粗越优考虑,各井点的权重取单层砂粒径占总砂粒径之和的比值。

由此,按公式(1)算得各目标各决策井位的相对优属度见表2。

表2 第一层目标特征值模糊决策计算成果

优属度 目标	井位									
	西隅村	机械厂	火车站	粮食酒厂	师院	中医院	公安局	法院	造纸厂	水厂
埋深	0.60	0.910	0.669	0.119	0.552	0.417	0.60	0.097	0.569	0.354
厚度	0.083	0.422	0.302	0.105	0.262	0.724	0.850	0.645	0.524	0.257
岩性	0.790	0.670	0.068	0.375	0.001	0.020	0.004	0.249	0.071	0.430

在计算得表2的过程中,各目标评价指标特征值的权重均做过多方案比较论证分析,虽然权重的变化对目标优属度的计算结果有一定影响,但变化较小,且不影响各自最优相对优属度的排位,所以,表2计算成果可转入上一层次决策计算。

3.3 最佳代表井位的确定

抽水试验井位应选择在本区含水层埋深(及层数)、厚度、岩性方面均具代表性的井点。表2即为本层次决策的相对优属的矩阵,考虑到它们对最后决策(优选最佳抽水试验井位)的影响不同,应取不同的权重来反映。经取不同权重的多方案按公式(1)计算得出所选10眼井对作为最佳抽水试验井的相对优属度,见表3(表中列出较具代表性的方案)。

表3 最佳抽水试验井模糊决策计算成果

优属度		井位											
		西隅村	机械厂	火车站	粮食酒厂	师院	中医院	公安局	法院	造纸厂	水厂		
权重	埋深	厚度	岩性	0.547	0.851	0.289	0.095	0.171	0.388	0.549	0.292	0.363	0.260
	1/3	1/3	1/3	0.532	0.821	0.221	0.111	0.128	0.397	0.534	0.353	0.329	0.272
	0.40	0.25	0.25	0.526	0.809	0.195	0.118	0.111	0.400	0.528	0.379	0.316	0.276

3.4 结果与分析

由第一层目标决策计算结果知(表2),抽水试验代表性井位的确定,单独考虑本区含水层埋深(及层数)应选择机械厂水井(次等方案为火车站水井);单独考虑含水层厚度应选择公安局水井(次等方案为中医院水井);单独考虑含水层岩性应选择西隅村水井(次等方案为机械厂水井)。从上各单目标模糊决策分析结果看出,在本区内选择能做抽水试验的代表性井位,仅从含水层某一方面考虑较难做出选择,因为西隅村位于城区接受冲洪积物的上游边界,砂粒虽粗,但不能代表全区情况;公安局水井附近砂层虽厚,但以粉细砂为主;从各井位含水层埋深看较难判断何者较好。并从图2、表1知,本区含水层特征即使是在较小范围也是有一定变化的,因而,必须分析各目标特征值的综合作用才能做出最后选择。

综合考虑含水层埋深(及层数)、厚度、岩性在全区内的代表性,由最佳抽水试验井模糊决策计算成果知(表3),最优选择方案为机械厂水井(次等方案为公安局水井)。从机械厂水井点的含水层埋深(及层数)、厚度、岩性看,它在本区内具有较好的代表性,能反映出本区含水层的基本特征,并从所做抽水试验测定水文地质参数及在地下水资源多方法评价成果知^[2],参数在本水文区内有较好的代表性,多方法评价成果比较一致(相差小于5.0%)。所以,认为选择机械厂水井为本区含水层代表性井位做抽水试验是恰当的。

4 结语

应用系统模糊决策理论,建立选择最佳抽水试验井的多层次多目标系统模糊决策模型,在区域含水层特征变化相对较大的情况下,能合理地综合考虑各种因素对决策的影响,做出最佳井位的选择,并对其代表性给予定量(及排队)刻划,有助于决策判定。使通常对含水层特征代表性位置的选择分析,由定性描述转向定量评价。从而提高决策的可操作性和客观合理性。

本文实例针对所选区域地形地貌、地质构造及水文地质条件,建立了多目标二层次系统模糊决策模型,并获得较佳的分析决策结果。其它区域可视情况建立更多层次的多目标系统模糊决策模型。同时,本文实例采用大量已建抽水井的地质、水文地质综合资料进行分析计算,这在许多地方(尤其是广大城镇)具有较好的借鉴意义。

参考文献

- 1 陈守煜. 系统模糊决策理论与应用. 大连: 大连理工大学出版社, 1994
- 2 林洪孝等. 博兴城区中深层淡水资源及优化开采管理研究. 课题报告