

成果与方法

山东环渤海地区地质环境质量评价方法探讨

徐建国¹, 马震², 卫政润¹, 张涛¹, 朱恒华¹

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘要:在进行地质环境质量评价工作中,采用二级模糊指数评价方法所求取的评价结果具有连续性,定量化程度和可信度较高,更有利于进行地质环境质量的分析和计算机成图,便于在环境地质评价领域广泛应用。本文以山东省环渤海地区为例,选用此方法,将全区划分为 3 个环境地质区、36 个亚区、679 个网格单元,计算了各网格单元的模糊质量指数值,绘制了模糊质量指数等值线,在此基础上对全区地质环境质量进行了评价,并对该评价方法的合理性进行了评述。

关键词:地质环境;质量评价;模糊质量指数;隶属度;渤海沿岸;山东

中图分类号:X141

文献标识码:A

1 二级模糊指数法的原理与方法

1.1 基本原理

影响地质环境质量的因子具有层次性特征。一般说,地质环境背景条件、区域环境地质问题和人类工程活动是第一层次的因子,它们又包含有几个第二层次的因子,如地质环境背景条件包含地形坡度、区域地壳稳定性、植被覆盖率、地下水资源量等;而第二层次因子中又可能包含几个第三层次甚至更低层次因子。为避免参评因子过多,致使各因子的权重分配过小,主要因子作用不突出,进而造成评价结果失真,一般进行 2 个层次评价(二级评价)即可。

二级评价是对 2 个层次进行综合评价,即先对第二层次因子进行综合评价,在此基础上再对第一层次因子进行评价,它克服了以往一级模糊质量评价中评价因子单一,主次不分的缺点,使评价结果更合理^[1]。

1.2 方法步骤

1.2.1 评价单元的划分

由于地质环境系统存在层次性,且不同系统、子系统的环境质量影响因子不同,所以应首先对评价

单元进行层次性划分,一般划分为地质环境区、地质环境亚区和评价网格单元 3 个级别^[2]。

环境地质区一般以地形地貌、区域地质环境特征作为主要划分依据,亚区则以环境地质问题发育规律为主要依据划分。以环渤海山东地区为例:划分为胶东低山丘陵地质环境区()、鲁中南山前冲洪积平原地质环境区()和鲁北冲积海积平原地质环境区() 3 个区。以环境地质问题与地质灾害分布为主要依据划分为 36 个亚区。其中崩滑流、地面塌陷、地裂缝为主的地质环境亚区 6 个;区域地下水位降落漏斗、土地盐渍化为主地质环境亚区 1 个;海(咸)水入侵、地下水污染、区域地下水位下降漏斗为主地质环境亚区 25 个;土地盐渍化为主地质环境亚区 1 个;地质灾害微弱或不发育亚区 3 个。分区情况见图 1。

1.2.2 评价因子的选取

环渤海山东地区一级评价因子,选取地质环境背景条件、环境地质问题与地质灾害、人类工程活动 3 个。由于影响地质环境质量的因素较多,为突出主要因子的作用,避免参评因子过多造成评价结果失真,每个一级评价因子下以选取 3~4 个二级评价因子为宜。环渤海山东地区环境地质问题种类较

收稿日期:2004-06-07;修订日期:2005-04-01;编辑:张天祯

作者简介:徐建国(1965-),男,山东微山人,高级工程师,主要从事水文地质环境地质调查研究工作。

基金项目:国土资源大调查项目,环渤海地区地下水资源与环境地质调查评价(200112400005)。

多,且不同的环境地质区、亚区影响地质环境质量的主要环境地质问题类型不同,所以不同的环境地质亚区应选取对该区地质环境质量影响较大的前 3 个

主要环境地质问题作为二级评价因子,共选取 10 个二级评价因子(表 1)。

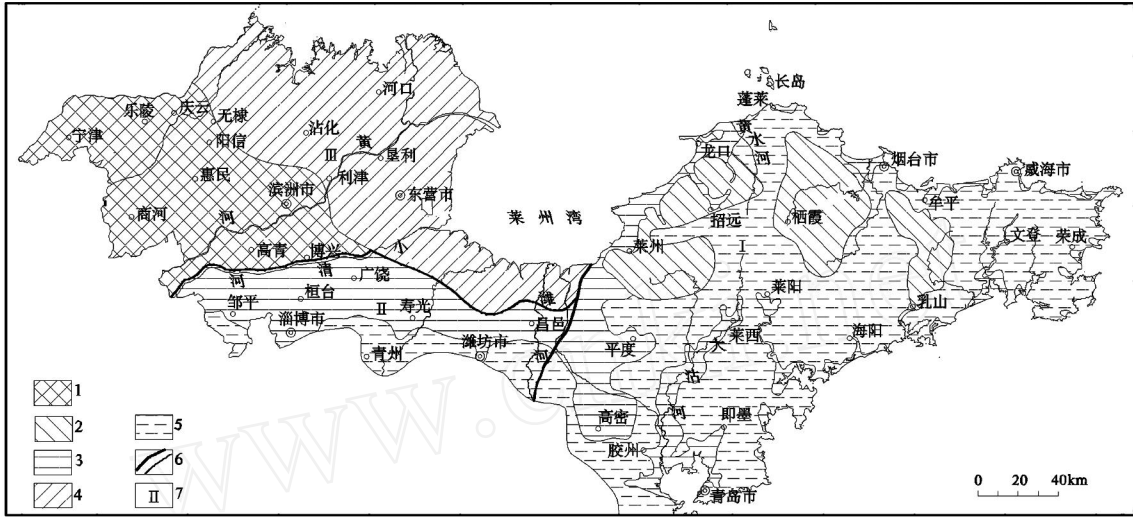


图 1 山东省渤海地区环境分区图

1—区域地下水位下降漏斗、土地盐渍化为主地质环境亚区;2—崩滑流、地面塌陷、地裂缝为主地质环境亚区;3—海水入侵、地下水污染、地下水降落漏斗为主地质环境区;4—土地盐渍化为主地质环境亚区;5—地质灾害微弱或不发育区;6—地质环境区、亚区界线;7—地质环境区代号

表 1 评价因子体系组成与参评因子选取

| 一级因子 | 二级因子 | 环境地质区 |
|-------------|--------------|-------|
| | | |
| 地质环境背景条件 | 地形坡度 | |
| | 地下水天然资源量 | |
| | 区域地壳稳定性 | |
| | 植被覆盖率 | |
| 环境地质问题与地质灾害 | 崩滑流、地面塌陷、地裂缝 | |
| | 海岸侵蚀 | |
| | 浅层地下水质量 | |
| | 海水入侵 | |
| | 土壤盐碱化 | |
| | 深层地下水降落漏斗 | |
| 人类工程活动 | 人口密度 | |
| | 单位面积国民生产总值 | |
| | 重大工程建设 | |

注:1.不同的环境地质亚区内,按环境地质问题对亚区环境质量影响程度的大小取前 3 个作为参评因子,赋予相应的权重,其他因子权重视为 0;2. 表示该指标为必选, 表示该指标为可选。

评价网格单元一般按公里网划分,环渤海山东地区单元规格取 10 km ×10 km。由于不同的环境

地质区、亚区要分开评价,所以剖分网格有完整网格和非完整网格两类,非完整网格是指为地质环境区、亚区分界线所切割,面积小于 10 km ×10 km 的网格单元。全区共划分为 679 个网格单元,其中完整网格 552 个,非完整网格 127 个。

1.2.3 评价指标的量化分级

相应于各评价因子的指标量化分级一般采用五值逻辑分类法,通过对地质环境质量影响因子数据的统计分析,确定因子最优和最差 2 个极限值,划定指标的级差范围,在两个极限值之间,按一定的级差,以阈值递减或递增规律取值来实现量化分级(表 2)。在评价单元因子指标量化时应以统一大小的网格作为基本评价单元,其他规格剖分单元和非完整剖分单元在指标量化时,部分指标要根据面积比进行相应的换算。如对于海水入侵评价因子,其评价指标应换算成标准单元海水入侵面积,非完整剖分单元指标量化采取以下公式:

$$X = S_{海侵} \cdot S / S_{非}$$

式中: X—海水入侵因子评价指标; S_{海侵}—非完整网格海水入侵面积; S—完整网格面积; S_非—非完整网格面积。

1.2.4 评价因子权值的确定

地质环境质量评价因子的贡献大小不同,对各个因子具有权衡轻重作用程度的数值称权值,因此求

权值的过程就是对不同因子间“重要性”程度的分析过程^[3]。

表 2 参评指标选取与指标量化分级值

| 二级因子 | 指标量化方法 | 指标单位 | 指标量化分级值 | | | | |
|--------------|--------|---|---------|------|------|------|------|
| | | | | | | | |
| 地形坡度 | 坡度值 | 无 | 0.09 | 0.14 | 0.27 | 0.47 | 0.70 |
| 地下水天然资源量 | 资源模数倒数 | $(10^4 \text{m}^3/\text{a} \cdot \text{km}^2)^{-1}$ | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.10 | 0.20 |
| 区域地壳稳定性 | 稳定性分级值 | 无 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.80 | 0.95 |
| 植被覆盖率 | 植被覆盖率 | 无 | 0.10 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 0.90 |
| 崩滑流、地面塌陷、地裂缝 | 分布密度 | 个/100km ² | 0 | 1 | 3 | 5 | 7 |
| 海岸侵蚀 | 侵蚀速率 | m/a | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 |
| 地下水质量 | 质量分级 | 无 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 海水入侵 | 入侵面积 | km ² /100km ² | 0 | 2 | 5 | 10 | 20 |
| 土壤盐碱化 | 盐碱化程度 | 无 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 区域地下水漏斗 | 最大水位埋深 | m | 30 | 40 | 50 | 70 | 100 |
| 人口密度 | 人口密度 | 无 | 200 | 200 | 500 | 800 | 1000 |
| 国民经济指标 | 国民生产总值 | 亿元/100km ² | 10 | 30 | 50 | 80 | 100 |
| 重大工程建设 | 重大工程数量 | 个/100km ² | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |

权值的确定有多种方法,如专家直接经验法、调查统计法、层次分析法等,其中层次分析法是较为理想的分析方法,它通过组织经验丰富的专家,集中群体智慧,对各评价因子的相对重要性进行评估打分,然后通过层次分析运算得出各评价因子权重。山东环渤海地区评价因子权值采用层次分析法确定,各参评因子权重见表 3、表 4。

表 3 一级评价因子权重取值

| 评价因子 | 地质环境背景条件 | 环境地质问题与地质灾害 | 人类工程活动 |
|------|----------|-------------|--------|
| 权重 | 0.17 | 0.66 | 0.17 |

1.2.5 模糊数学模型的构建

(1) 给出评价因子集

根据对评价区地质环境质量影响因子的系统分析,给出评价因子集:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_{10}\}$$

式中: u_1, u_2, \dots, u_{10} 代表评价因子。

(2) 给出地质环境质量等级集

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$$

式中: v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 代表不同的地质环境质量等级:优等、良好、中等、较差、差。

(3) 评价因子隶属度的确定

由于影响地质环境质量因素的相互作用、影响及地质环境本身的复杂性和模糊性特点,目前在环境质量评价研究中,一般对离散型因素按照专家经

验给出隶属度;对于连续性变化的定量指标采用线性隶属函数、正态分布函数等。本文采用线性隶属函数法,即针对地质环境质量影响因素特征,构造半梯形分布隶属函数^[4]。

表 4 二级评价因子权重取值

| 环境地质亚区 | 评价因子 | 权重 |
|---------------------------------|--------------|------|
| 亚区:以崩滑流、地面塌陷、地裂缝地质环境问题为主 | 崩滑流、地面塌陷、地裂缝 | 0.90 |
| | 浅层地下水质量 | 0.09 |
| | 海岸侵蚀 | 0.01 |
| 亚区:以海水入侵、地下水污染、地下水位降落漏斗地质环境问题为主 | 海水入侵 | 0.40 |
| | 浅层地下水质量 | 0.40 |
| | 海岸侵蚀 | 0.20 |
| 亚区:以区域地下水位降落漏斗、土地盐渍化地质环境问题为主 | 区域地下水位降落漏斗 | 0.45 |
| | 浅层地下水质量 | 0.35 |
| | 土地盐渍化 | 0.20 |
| 亚区:以土壤盐渍化地质环境问题为主 | 土地盐渍化 | 0.49 |
| | 浅层地下水质量 | 0.50 |
| | 海岸侵蚀 | 0.01 |

注:1. 地形坡度、地下水天然资源量、区域地壳稳定性、植被覆盖率因子权重依次为 0.125, 0.50, 0.25, 0.125。2. 人口密度、国民经济指标、重大工程建设因子权重依次为 0.25, 0.25, 0.50。

(4) 建立因子评价矩阵

利用隶属函数对诸因子进行评价,其结果为评价集 V 的模糊子集,对于第 i 个因子,其评价集为:

$$R_i = \{R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}, R_{i4}, R_{i5}\}$$

式中： i 分别代表评价指标序号。

因 U 和 V 之间存在模糊关系 R ，故单因子评价矩阵为：

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{101} & r_{102} & \dots & r_{105} \end{bmatrix} \quad (r_{ij})_{10 \times 5}$$

(5) 建立评价因子权值 A

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_{10})$$

式中： a_1, a_2, \dots, a_{10} 代表 10 个评价因子的权值，各指标权值应满足下列关系：

$$\sum_{i=1}^m a_i = 1, a_i \geq 0, i = 1, 2, 3, \dots, 10$$

1.2.6 模糊矩阵复合运算

模糊矩阵复合运算的方法很多，常用的有以下 3 种：“主因素突出型”，即 $M(\cdot, \cdot)$ 模型；“半主因素突出型”即 $M(\cdot, +)$ 模型；“加权平均型”，即 $M(\cdot, +)$ 模型。

根据不同级别评价因子对地质环境质量影响程度和特点不同，应采用不同的复合运算方法。

二级评价采用 $M(\cdot, \cdot)$ 模型，一级评价采用 $M(\cdot, +)$ 模型，最终形成模糊质量指数 (Fuzzy Quality Index)。

二级评价通过建立单因子评价矩阵 R 及权值分配矩阵 A ，经模糊运算可得评价结果分别为：

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 = (b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{15})$$

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 = (b_{21}, b_{22}, b_{23}, b_{24}, b_{25})$$

$$B_3 = A_3 \cdot R_3 = (b_{31}, b_{32}, b_{33}, b_{34}, b_{35})$$

以上 3 组评价结果可组合成一级评价矩阵为：

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{15} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{25} \\ b_{31} & b_{32} & \dots & b_{35} \end{bmatrix}$$

一级评价因子权重向量为：

$$A = (a_1, a_2, a_3)$$

采用“加权平均型”，即 $M(\cdot, +)$ 运算方法，可求得评价结果 E

$$E = A \cdot B = (e_1, e_2, e_3, e_4, e_5)$$

最后采用下式求得模糊质量指数 (FQI)^[5]，该指数全面应用等级模糊向量 E 的信息，且在数值上具有连续性：

$$FQI = \left(\sum_{j=1}^5 e_j^k \cdot j \right) / \left(\sum_{j=1}^5 b_j^k \right)$$

式中： j 为等级数， k 为参数， $k = 2, 3, 4, \dots$

这样模糊质量指数实际上反映了评价单元地质环境质量的好坏，FQI 值越大，地质环境质量越差。

根据 FQI 值对评价区地质环境质量进行分区，分区标准为：地质环境质量优等区： $FQI = 1$ ；地质环境质量良好区： $1 < FQI \leq 2$ ；地质环境质量中等区： $2 < FQI \leq 3$ ；地质环境质量较差区： $3 < FQI \leq 4$ ；地质环境质量差区： $4 < FQI \leq 5$ 。

2 评价结果

评价中对区内逐个评价单元进行统计计算，确定评价指标值和权重，采用微机编程进行模糊运算，并用 Map GIS 软件自动生成 FQI 等值线图，然后根据环境地质评价单元实际情况对等值线进行必要的修正，使评价结果更符合研究区实际情况；最后根据 FQI 等值线图对评价区地质环境质量进行分区(图 2)。

从评价成果图看出，地质环境质量差区主要分布在黄河三角洲和莱州湾沿岸；地质环境质量较差区分布于黄河三角洲和莱州湾南岸；地质环境质量中等区、良好区分布于质量较差区外围、黄泛平原区和部分河谷和河流入海口滨海平原；地质环境质量优等区和良好区分布于胶东半岛低山丘陵区、鲁中南山前冲洪积平原南部和黄泛平原的乐陵—惠民一带、商河县西部。

评价结果与工作区地质环境现状基本一致，质量差区地质环境背景条件较差，地质灾害较发育，地质环境破坏较强烈，如黄河三角洲沿岸地区为无淡水区水环境差，且海岸侵蚀速率为全区之冠，评价结果与现状相符。优等区地质环境背景条件良好，水环境优良，无较大污染源，地质灾害稀少，评价结果与现状相吻合。评价结果表明，本次地质环境质量评价所采用的评价指标、指标量化方法和评价模型的建立是比较合理的。

3 结语

(1) 本方法充分考虑了地质环境系统和评价因子的层次性，从 2 个层次上进行生态地质环境质量综合评价，使评价结果更合理。

(2) 本方法所求取的评价结果具有连续分布的特点，更有利于进行地质环境质量的分析和计算机成图，便于在环境地质评价领域广泛应用。



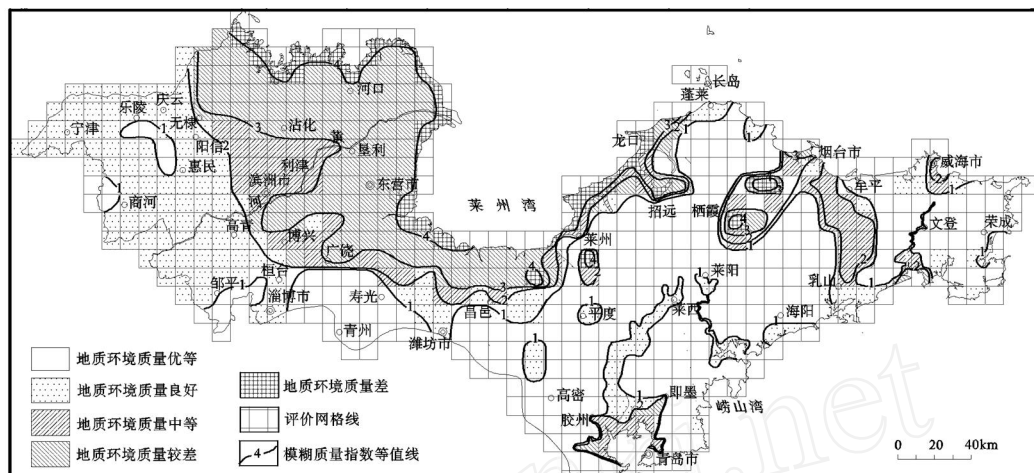


图 2 山东环渤海地区地质环境质量评价图

(3) 结合实例分析,证明采用该方法进行地质环境质量分析,评价结果与研究区实际情况是相符的,本文所提出的评价方法、评价指标确定和量化方法是合理的,这对于其他地区的环境地质评价具有借鉴意义。

(4) 在采用本方法进行地质环境质量评价时需根据评价区实际,采用合理的评价因子权重和隶属度确定方法,有必要加强这方面的理论研究,以使该评价方法更趋完善。

参考文献:

[1] 李顺,王红旗,陈家军. 环境影响二级模糊综合评价法的研究[J]. 水文地质工程地质, 2002, (2): 38 - 40.
 [2] 闫满存,李华梅,王光谦. 广东沿海陆地地质环境质量定量评价研究[J]. 工程地质学报, 2000, 08(04): 416 - 424.
 [3] 冯德益,楼世博,林命周. 模糊数学方法与应用[M]. 北京:地震出版社, 1983, 75 - 83.
 [4] 毛同夏,石宏仁,张丽君. 区域地质环境的定量评价和预测[J]. 地质前缘, 1996, 3(1 - 2): 144 - 146.
 [5] 吴敦放,袁法松. 模糊综合评价在地下水水质综合评价中的应用[J]. 勘察科学技术, 1991, (6): 14 - 18.

Study on Evaluation Method of Geological Environment Quality around Bohai Area in Shandong Province

XU Jian - guo¹, MA Zhen², WEI Zheng - run¹, ZHANG Tao¹, ZHU Heng - hua¹

(1. Shandong Geological Survey Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China)

Abstract :By using "two - distinction fuzzy Index" method, geological environment quality can be evaluated. Results gained by this evaluation method has the characteristics as continuity, high quantification and high reliability, which is easy to show the drawings on computer. Thus, it can be widely used in the whole geological environment evaluation field. Taking the area around Bohai Sea for example, by using this evaluation method, this area can be divided into 3 geological environment areas, 36 secondary regions and 379 grid cells, fuzzy quality index of each grid cell is measured and fuzzy quality index isolines are made. Finally, on these basis, geological environment quality of the whole area is evaluated.

Key words :Geological environment; quality assesment; fuzzy quality index; grade of membership; around Bohai sea; Shandong province