

# 专家聚类法在青岛市城市地质环境脆弱性评价中的应用

张永伟<sup>1</sup>, 刘怀念<sup>2</sup>, 刘元本<sup>3</sup>, 王元波<sup>1</sup>

(1. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014; 2. 苍山县国土资源局, 山东 苍山 277700; 3. 蒙阴县国土资源局, 山东 蒙阴 276200)

**摘要:**地质环境是人类生活与活动的客观物质环境,影响城市地质环境的因素包括自然地质环境要素和人类工程经济活动2个方面,采用专家聚类法可以对城市进行地质环境脆弱性评价,用以表征城市地质环境特征和质量,在此基础上可进行城市建设发展适宜性分析,为采取有效的地质环境保护措施提供依据。

**关键词:**专家聚类法;地质环境脆弱性评价;山东青岛

中图分类号:X321

文献标识码:A

## 0 引言

根据《山东半岛城市群发展战略研究》及《山东省“十五”及到2010年城市化发展规划》,青岛市将以全面推进国际化战略,发展外向型经济为目标,到2010年,建设成为环渤海南岸的大都市区,长江以北最大的港口城市,国际十大旅游城市之一,全省经济发展和对外开放的龙头,区域性的金融中心、贸易中心、信息中心和高新技术产业中心。该文结合青岛市城市规划与布局,进行青岛市城市地质环境脆弱性评价,并进行城市发展适宜性分析,为半岛城市群、青岛中心城市的建设和发展提供基础资料<sup>①</sup>。

城市地质环境脆弱性评价是一项新的工作,目前尚没有成熟的评价方法,在此采用专家聚类法(亦称总分法),同时参照借鉴工程地质环境评价方法<sup>[1]</sup>,对青岛市进行地质环境脆弱性评价。影响城市地质环境的因素包括2个大的方面:一是固有的自然地质环境要素,如地形地貌、场地岩土工程地质特征、水文地质、地质灾害与环境工程地质问题发育程度、城市地质资源等;二是人类工程—经济活动情况(如工程建设和运营的情况)。可以利用城市地

质环境脆弱性指标体系来表征具体地质环境特性和质量,通过对城市地质环境进行脆弱性评价,将城市地质环境脆弱性分为Ⅰ级区(脆弱性极高)、Ⅱ级区(脆弱性高)、Ⅲ级区(脆弱性中等)和Ⅳ级区(脆弱性低)。

## 1 专家聚类法

为达到城市地质环境脆弱性评价的结果清晰简洁,合理反映出城市地质环境脆弱性等级的目的,采用专家聚类法(亦称总分法)进行评价。评价过程:首先拟定评价因子,给定各评价因子量化、分级标准,其次采用傅勒三角形法确定各评价因子的权重,然后根据调查资料和已有资料分别对各评价单元的单项因子进行量化、分级,最后根据单项因子量化结果、权重,计算评价单元的总分值,并根据计算出的总分值进行地质环境脆弱性分区。

### 1.1 评价因子的选取原则

城市地质环境脆弱性评价要综合考虑自然地质环境条件和人类工程—经济活动情况,尽可能多地考虑各种因素,必须把那些最直接、最重要的因素包括在内。

\* 收稿日期:2007-12-17;修订日期:2008-04-20;编辑:陶卫卫

作者简介:张永伟(1972-),男,山东泗水人,高级工程师,主要从事水文地质工程地质及环境地质工作。

①山东省地质环境监测总站张永伟,姚春梅,姚英强等,山东省半岛城市群建设发展地质环境效应调查与评价报告书,2004年12月。

### 1.2 评价因子权重的确定

确定各个评价因子权重采用傅勒三角形法<sup>①</sup>,字母代表各个评价因子,每两行为一组,如第一行和第二行为一组,将评价因子 A(地貌单元)与其他因子分别进行比较,在认为对地质环境脆弱性影响较重要的因子上画一圆圈,同样把其他组依次进行比较,圈定较重要因子,然后进行统计,计算因子的权重。

### 1.3 评价单元总分值的计算

由各个因子的实测值或计算值根据分级标准和评分标准,得出各因子的分值,然后采用公式计算出各评价单元的总分值。

$$\text{总分值} = \sum_{i=1}^n \text{单个因子的分值} \times \text{因子权重}$$

式中:n—评价因子个数

## 2 青岛市城市地质环境脆弱性评价

### 2.1 评价因子及分级

根据青岛市地质环境条件及环境地质问题分布的特点,共选取 18 个评价因子(表 1),主要包括地形地貌、岩土体特征、水文地质条件、地质灾害与环境工程地质问题、地质资源与人类工程经济活动等<sup>[2]</sup>。

表 1 地质环境脆弱性分级与对应评价指标取值

地质环境脆弱性分级	地形地貌		岩土体特征				水文地质条件		地质灾害与环境工程地质问题					地质资源			人类工程经济活动	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
I	低山	>30	坚硬	<0.069	<0.1	>0.6	6±	优良 良好	<VI	<0.25	无	无	无	贫乏	贫乏	重要	<400	无
II	丘陵	10~30	中硬	0.069~0.1	0.1~0.3	0.3~0.6	>4	一般水	VI~VII	0.25~1	轻度	少量发生	有第四纪活断裂	一般	一般	较重要	400~600	小
III	河谷山前平原	5~10	中软	0.1~0.125	0.3~0.6	0.15~0.3	>2	较差水	VI~VII	1~2.3	一定程度	一定数量发生	同上	较丰富	较丰富	一般	600~800	中
IV	冲积平原或海积平原	<5	软弱	>0.125	>0.6	<0.15	<1.5	极差水	>VII	>2.3	严重程度	大量发生	全新世活断裂	丰富	丰富	无	>800	大

注:A—地貌单元;B—地形坡度(°);C—场地土类型;D—地面峰值加速度(g);E—场地卓越周期(s);F—岩土体承载力(MPa);G—地下水埋深(m);H—地下水质量;I—地震烈度;J—海水入侵(g/L);K—崩、滑、流等;L—砂土液化;M—活断层;N—地下水资源;O—地热资源;P—地质旅游资源保护区;Q—人口密度(人/km<sup>2</sup>);R—工程活动强度

### 2.2 评价因子的基本分值及权重

每个评价因子分级均按 4 级处理, I ~ IV 级的评价因子根据其对地质环境脆弱性影响轻重确定其地质环境脆弱性级别(表 2)。经过傅勒三角形对各评价因子的重要性进行评判,确定各因子的权重(表 3)。

表 2 地质环境脆弱性评价单项因子基本分值

级别	I	II	III	IV
基本分值	100	70	40	10

表 3 地质环境脆弱性评价单项因子权重

代号	权重	代号	权重	代号	权重
A	0.0392	G	0.0392	M	0.0850
B	0.0065	H	0.0784	N	0.0850
C	0.0523	I	0.0327	O	0.0719
D	0.0261	J	0.0523	P	0.0980
E	0.0131	K	0.0784	Q	0.0588
F	0.0327	L	0.0588	R	0.0915

### 2.3 地质环境脆弱性评价及分区标准

将青岛市行政区划图进行网格剖分。运用栅格数据处理方法对该区进行剖分,每个单元面积 2 km × 2 km,全区共划分为 306 个单元,经过因子量化,给定单项因子的基本分值,依据前面的计算方法计算出每个单元地质环境脆弱性评价综合分值,按照地质环境质量综合分级标准(表 4),对区内的地质环境脆弱性进行分级,并绘制“青岛市地质环境脆弱性评价综合分区图”(图 1)。

表 4 地质环境脆弱性评价分级标准

综合评分值	>70	>60~70	>50~60	≤50
地质环境脆弱性分级	极高	高	中等	低

① 青岛地质工程勘察院尹明泉,袁西龙,王桂玲等,青岛地区生态环境地质调查报告,2003 年。

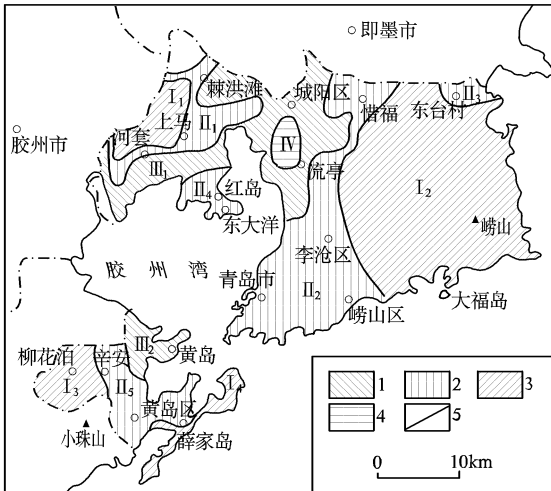


图1 青岛市地质环境脆弱性评价综合分区图

1—脆弱性极高区;2—脆弱性高区;3—脆弱性中等区;4—脆弱性低区;5—脆弱性分区界线

## 2.4 青岛市地质环境脆弱性分区特征

经评价,青岛市市域范围共划分为4个区:地质环境脆弱性极高区(I)、地质环境脆弱性高区(II)、地质环境脆弱性中等区(III)、地质环境脆弱性低区(IV)。

### 2.4.1 地质环境脆弱性极高区(I)

地质环境脆弱性极高区主要分布在青岛市西北部棘洪滩—上马剥蚀—海蚀平原区(I<sub>1</sub>)、东部崂山中低山丘陵区(I<sub>2</sub>)、黄岛西部柳花泊剥蚀丘陵区(I<sub>3</sub>)和黄岛东部薛家岛镇东、南地段(I<sub>4</sub>),总面积600.9 km<sup>2</sup>,占全市面积的48.96%。

#### (1) 棘洪滩—上马剥蚀—海蚀平原区(I<sub>1</sub>)

该区地貌类型为剥蚀—海蚀平原区,主要地层为白垩纪王氏群,岩性上部以砖红色、暗红色砂岩、黏土岩互层,下部以紫红、灰绿色厚层状砂砾岩为主,地下水富水性较差,水质一般,工程地质条件较好,人类工程活动强度低,地质环境脆弱性极高。

#### (2) 崂山中低山丘陵区(I<sub>2</sub>)

该区分布于东部中低山丘陵区,为崂山自然保护区、国家级风景名胜区和青岛海滨风景区,地质旅游资源丰富,植被较好,为崂山复式岩体,呈岩基产出,以东侵入胶南群,北部、西部侵入白垩纪地层中,为一套偏碱性花岗岩类,地基承载力高,为地下水优良区,一些地段存在崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害点,地下水存在于风化壳中,崂山中低山丘陵区人口密度低,市区部分人类工程—经济活动强烈,地质环

境脆弱性极高。

#### (3) 黄岛西部柳花泊剥蚀丘陵区(I<sub>3</sub>)

该区位于小珠山国家森林公园北面,为剥蚀丘陵,岩性为花岗岩复式岩体,工程地质条件较好,地下水富水性相对较差,但属地下水优良区,人类工程活动较强烈,地质环境脆弱性极高。

#### (4) 黄岛东部薛家岛镇东、南地段(I<sub>4</sub>)

该区位于薛家岛东、南段近海区,岩性为侵入岩和白垩纪青山群地层,工程地质条件较好,地下水质量一般,人类工程—经济活动一般,地质环境脆弱性极高。

### 2.4.2 地质环境脆弱性高区(II)

地质环境高区分布在城阳上马—河套剥蚀—海蚀平原区(II<sub>1</sub>)、惜福—下庄剥蚀—海蚀平原区(II<sub>2</sub>)、东台村海积平原区(II<sub>3</sub>)、红岛剥蚀—海蚀平原区(II<sub>4</sub>)和辛安—黄岛区地段(II<sub>5</sub>),总面积388.54 km<sup>2</sup>,占全市面积的31.65%。

#### (1) 城阳上马—河套剥蚀—海蚀平原区(II<sub>1</sub>)

分布第四纪潍北组松散岩类,工程地质条件较差,地下水较丰富,水质较差,人类工程—经济活动较强烈,地质环境脆弱性高。

#### (2) 惜福—下庄剥蚀—海蚀平原区(II<sub>2</sub>)

位于崂山中低山丘陵区西北,分布第四纪大站组松散岩类,工程地质条件较差,地下水资源较丰富,水质较差,人类工程活动强烈,地质环境脆弱性高。

#### (3) 东台村海积平原区(II<sub>3</sub>)

位于崂山中低山丘陵区东北,地层主要出露为第四纪山前组和旭口组,地下水富水性较好,水质优良,人类工程—经济活动强烈,地质环境脆弱性高。

#### (4) 红岛剥蚀—海蚀平原区(II<sub>4</sub>)

地处红岛—东大洋一带,主要出露白垩纪青山群地层,岩性为砖青、浅灰绿色安山质、英安质凝灰角砾岩、集块岩,夹紫红色砂岩薄层,工程地质条件较好,地下水富水性差,水质较差,人类工程经济活动较强烈,地质环境脆弱性高。

#### (5) 辛安—黄岛区地段(II<sub>5</sub>)

位于辛安—黄岛区驻地一带,地层主要分布侵入岩,工程地质条件较好,地下水富水性差,水质一般,人类工程活动强烈,地质环境脆弱性高。

### 2.4.3 地质环境脆弱性中等区(III)

地质环境脆弱性中等区分布在大北—流亭海积

平原区(Ⅲ<sub>1</sub>)和黄岛镇海积平原区(Ⅲ<sub>2</sub>),总面积221.56 km<sup>2</sup>,占全市面积的18.05%。

#### (1)大北一流亭海积平原区(Ⅲ<sub>1</sub>)

主要沿胶州湾北岸分布,出露第四纪潍北组松散岩类地层,工程地质条件较差,地下水较丰富,水质较差,人类工程活动较强烈,为地质环境脆弱性中等区。

#### (2)黄岛镇海积平原区(Ⅲ<sub>2</sub>)

分布第四纪旭口组,工程地质条件较差,地下水较丰富,水质较差,人类工程活动强烈,为地质环境脆弱性中等区。

#### 2.4.4 地质环境脆弱性低区(Ⅳ)

分布于流亭镇西北海积平原区,面积16.55 km<sup>2</sup>,占全市面积的1.35%。主要出露第四纪临沂组地层,由粉质黏土、粉土及砂性土组成,工程地质条件一般,地下水资源丰富,开采量较大,已形成地下水降落漏斗,并已产生海(咸)水入侵,地下水质量极差,人类工程活动强烈,是地质环境脆弱性低区。

### 3 青岛市城市发展适宜性分析

根据以上青岛市地质环境脆弱性评价,对青岛市城市发展适宜性分析如下:

(1)青岛市脆弱性极高区主要分布在地质、工程地质条件较好、生态环境好的中低山丘陵区 and 剥蚀平原区,也是地质环境敏感区,脆弱性极高,是进行地质环境保护的重要区域。该区宜发展旅游业,利用良好的自然环境条件,建立各类保护区,加大保

护力度。其中,崂山中低山丘陵区地质环境脆弱性极高区内,城市开发建设应适度控制向西北方向延伸。

(2)地质环境脆弱性中等区,地质环境条件较好,可在合理规划的前提下,适宜进行开发建设,为开发建设基本适宜区。

(3)地质环境脆弱性高区、低区为有条件要求的适宜区,开发建设应根据现有开发建设状况和针对具体地质环境状况采取相应的措施,方能进行开发建设。

### 4 结论

地质环境是人类生活与活动的客观物质环境,影响城市地质环境的因素包括自然地质环境要素和人类工程—经济活动2个方面,该次所采用的专家聚类法定量化评价了青岛市城市地质环境的脆弱性,评价结果符合青岛市城市地质环境实际情况,较好地表征了青岛市城市地质环境特征和质量,在此基础上进行了城市发展适宜性分析,如能采取有效的地质环境保护措施,可以提高城市地质环境保护的科技含量。

### 参考文献:

- [1] 贾永刚,李相然,韩德亮,等.环境工程地质学[M].青岛:中国海洋大学出版社,2003,380-381.
- [2] 贾永刚,谭长伟,刘永军,等.青岛城市工程地质[M].青岛:青岛海洋大学出版社,1995,116-122.

## Application of Expert Cluster Method in Vulnerability Evaluation of Geological Environment in Qingdao City

ZHANG Yong-wei<sup>1</sup>, LIU Huai-nian<sup>2</sup>, LIU Yuan-ben<sup>3</sup>, WANG Yuan-bo<sup>1</sup>

(1. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China; 2. Cangshan Bureau of Land and Resources, Shandong Cangshan 277700, China; 3. Mengyin Bureau of Land and Resources, Shandong Mengyin 276200, China)

**Abstract:** Geological environment is the objective substance environment of human life and activities. Geological environment in cities are effected by natural geological environment and human engineering and economic activities. By using expert cluster method, vulnerability of geological environment in cities is evaluated which can show the characteristics and quality of geological environment in cities. On these basis, suitable feature of city building and development are analyzed which will provide basis for protecting geological environment effectively.

**Key words:** Expert cluster method; vulnerability evaluation of geological environment; Qingdao in Shandong province