

# 基于模糊数学法的青岛市农村城市化地质环境适宜性研究

侯新文<sup>1,2</sup>, 尹志轩<sup>3</sup>, 张建伟<sup>2\*</sup>, 袁西龙<sup>2</sup>, 尹明泉<sup>2</sup>, 李清平<sup>2</sup>, 董杰<sup>2</sup>

(1. 中国矿业大学, 北京 100080; 2. 青岛地质工程勘察院, 山东青岛 266071; 3. 重庆大学城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

**摘要** 采用模糊数学综合评判法进行青岛市农村城市化地质环境适宜性评价。选取环境地质条件、工程地质条件、地质灾害和环境地质问题、地质资源及人类工程活动为 5 个一级评价因子, 下分地形地貌、土地类型与植被、自然保护区、区域地壳稳定性、地面沉降、水土流失、地下水资源、地表水资源、重大工程建设项目等 27 个二级评价因子。根据评价结果, 将全区划分为地质环境适宜区、较适宜区、中等适宜区和较不适宜区, 并介绍各分区的特征。提出了青岛市城市建设发展方向建议: 崂山区石老人以西区域开发高层建筑, 红石崖以西区域进行垃圾填埋场选址, 胶州湾、大沽河下游、棘洪滩水库作为重点地质环境保护区和水源地保护区; 红岛北城严格控制城市建设向棘洪滩水库扩展; 即墨城区及以北区域、胶州城区及以东区域作为青岛市未来较好的城市建设发展区。

**关键词** 农村城市化; 青岛; 模糊数学法; 地质环境; 适宜性

**中图分类号** X14 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2010)21-11397-03

## Study on Geological Environmental Adaptability of Qingdao Rural Urbanization Based on Fuzzy Mathematical Method

HO U Xin-wen et al (China University of Mining and Technology, Beijing 100080)

**Abstract** With the rapid development of exploitation in Qingdao, the rural urbanization speeds up, the conflict between city structure and geo-environment is increasingly sticking out. The study on geological environmental adaptability of Qingdao rural urbanization is imminent. In this study, fuzzy mathematical method of comprehensive assessing is used to appraise the geological environmental adaptability of Qingdao rural urbanization. The city area as a whole is divided into several sections, such as: adapted area for city structure in geo-environment, relatively adapted area, middling adapted area and relatively not adapted area. Based on this study, we make suggestions as follows: tower blocks should be built at the west section of Shilaoren in Laoshan Town; the waste-filling-in area should be at the west of Hongshiya; the Jiaochow bay, the lower reaches of Dagu River and the Jihongtan Reservoir should be designed as main geo-environment and water provenance reserves; strictly control the city structure expansion to the Jihongtan Reservoir; the Jimo city and its northern area, Jiaozhou city and its eastern area will be the better area for Qingdao city structure in the future.

**Key words** Rural urbanization; Qingdao; Fuzzy mathematical method; Geological environment; Adaptability

青岛市作为山东半岛城市群建设的龙头城市, 是我国东部沿海重要的经济中心和港口城市、国家历史文化名城和风景旅游胜地, 经济发展迅速。青岛市辖 7 区 5 市。改革开放以来, 城市化水平不断提高, 青岛市提出了建设全国重点中心城市、世界知名特色城市和“三点布局、一线展开、组团发展”的现代化“大青岛”国际城市战略。随着农村城市化进程的明显加快, 城市建设与地质环境的矛盾也日益凸显, 地质环境制约着城市的选址、布局和发展, 同时城市的发展又进一步引发环境地质问题<sup>[1-3]</sup>。因此, 对青岛进行地质环境适宜性进行研究显得尤为重要。

### 1 青岛市地质环境条件

青岛市地形地貌以低山丘陵和平原为主, 有中低山、丘陵、剥蚀平原、冲洪积平原、冲海积平原 5 大地貌类型, 主要山峰有崂山、大泽山、小珠山、大珠山等, 其中崂顶主峰海拔 1 133 m。

依据岩土体物理力学性质, 全区可分为坚硬块状侵入岩类、坚硬块状—似层状喷出岩类、坚硬变质岩类、坚硬—较坚硬变质岩夹大理岩—灰岩类、较坚硬碎屑岩—喷出岩类、坚硬—较坚硬灰岩类、松散土体、松软土体 8 个工程地质区。

在土地资源中农业耕地面积居第 1 位, 其中 2/3 农田分布于山前平原、山间盆地和谷地, 目前城市化进程的加快使农业耕地面积持续减少。区内未利用土地主要包括荒草地、盐碱地、沼泽地、沙地、裸土地、裸岩地等。

大沽河水源是青岛市重要供水水源地, 现处于采补平衡状态。全市地下水可开采资源量 6.34 亿 m<sup>3</sup>/a, 污水排放量近 3 亿 m<sup>3</sup>/a, 水质污染严重, 大部分河道已成为排污沟<sup>[4]</sup>。

区内海(咸)水入侵、海岸侵蚀与淤积、崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷及地裂缝地质灾害均有分布, 存在淤泥类土、饱和液化砂土、膨胀土、水土流失、土壤盐碱化、土壤沙化、土壤污染等多种环境地质问题, 给城市化发展带来不利影响。

### 2 城市化建设的地质环境适宜性评价方法

地质环境是农村城市化发展的基础条件<sup>[5]</sup>。城市化建设地质环境适宜性评价是城市建设功能区划和城市规划的基本依据之一。

**2.1 评价方法和评价因子选取** 城市建设地质环境适宜性评价是涉及多层次、多因素的空间综合决策问题, 该研究充分考虑影响城市建设的各项地质环境条件<sup>[6]</sup>。根据对青岛市环境地质条件、工程地质条件、地质灾害和环境地质问题的发育程度、地质资源情况及人类工程活动等诸要素的综合分析, 从地质环境与城市建设协调发展的角度出发, 确定地质环境适宜性评价的 5 个一级评价因子、27 个二级评价因子, 采用模糊数学综合评判法进行城市建设地质环境适宜性评价。

#### 2.2 评价因子量化和权重确定

**2.2.1 评价因子量化。**根据城市建设的特点, 将城市建设地质环境适宜性评价的各个二级评价因子分为 5 级进行量化, 即适宜、较适宜、中等适宜、较不适宜、不适宜, 见表 1。

**2.2.2 评价因子权重确定。**组织城市建设与环境工程、环境地质、工程地质专业的专家确定评价因子的权重。各评价因子的权重计算结果见表 2。

**作者简介** 侯新文 (1971 - ), 男, 河北临西人, 在读博士, 教授级高级工程师, 从事地质勘查经济管理工作。\* 通讯作者, 博士, 工程师, 从事环境地质研究工作, E-mail: dragonzjw@yahoo.com.cn

**收稿日期** 2010-02-06

表 1 二级评价因子分级标准

Table 1 Classification criteria for second grade evaluation factor

分级 Grade					
分值 Score	90	70	50	30	10
评价分级 Evaluation grade	适宜	较适宜	中等适宜	较不适宜	不适宜

表 2 二级评价因子权重取值

Table 2 Two grades estimate factor weight

一级评价因子及权重 First grade estimate factor weight	二级评价因子 Second grade estimate factor weight	权重 Weight
环境地质条件 0.253 9 Environmental geological conditions	地形地貌	0.478 8
	土地类型与植被	0.089 0
	自然保护区	0.171 6
	水源保护区	0.171 6
	地下水质量分区	0.089 0
工程地质条件 0.253 9 Engineering geological conditions	区域地壳稳定性	0.250 0
	岩土体工程地质类型 (含不良土体)	0.750 0
地质灾害与环境地质问题 0.320 5 Geological disasters and environmental geological problems	地面沉降	0.145 5
	崩滑流	0.181 8
	地面塌陷与地裂缝	0.163 6
	污废水、垃圾排放 (含地表水污染)	0.090 9
	海 (咸) 水入侵	0.127 3
	海岸侵蚀、淤积	0.018 2
	地方病	0.054 5
	水土流失	0.054 5
	土壤污染	0.036 4
	土壤盐碱化、沙化	0.090 9
	地下水超采漏斗	0.036 4
	地下水资源	0.235 2
	地表水资源	0.131 1
	地热资源	0.077 4
	油气资源	0.045 1
地质资源 0.062 3 Geology resource	固体矿产资源	0.045 1
	地质旅游资源	0.466 1
人类工程活动 0.109 4 Human project activities	重大工程建设项目	0.257 4
	主要交通干线、港口	0.371 3
	矿山开采	0.371 3

由表 2 可知,一级评价因子中地质灾害和环境地质问题是最主要的评价因子,其权重最大;其次是环境地质条件和工程地质条件;而人类重大工程活动及地质资源权重最小,这与青岛地区的实际情况是吻合的。

环境地质条件中最主要的因子是地形地貌;工程地质条件中最主要的因子是岩土体工程地质类型;地质灾害与环境地质问题中崩滑流、地面塌陷与地裂缝、地面沉降权重最大;而地质旅游资源、矿山开采和主要交通干线、港口分别是地质资源、人类工程活动的主要因子。以上这些因子权重的取值在青岛地区城市建设地质环境适宜性评价中符合青岛地区实际情况,是合理的。

2.3 评价方法简介 模糊数学综合评判法的基本原理,是应用模糊变换原理和最大隶属度原则,该研究选用如下模型来进行模糊评判:

$$f(z_1, z_2, \dots, z_n) = \sum_{j=1}^n c_j z_j \quad c_j \geq 0 \quad (1)$$

式中,  $z_j$  为某评价因子的基本分值;  $c_j$  为某评价因子的权重。

首先建立影响指标集和评价集:

$$U = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\} \quad (2)$$

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \quad (3)$$

式中,各元素  $\mu_j (j=1, 2, \dots, n)$  代表各种可能的评判结果;  $U$  为评价因子集合;  $\mu$  为某评价因子;  $V$  为评价结果集合;  $v_j$  为某评价因子的评价结果。

评价结果集合选择 5 级:  $V = \{\text{适宜, 较适宜, 中等适宜, 较不适宜, 不适宜}\}$ , 评价标准为: 评分  $> 75$  为适宜; 评分  $70 \sim 75$  为较适宜; 评分  $65 \sim 70$  为中等适宜; 评分  $60 \sim 65$  为较不适宜; 评分  $< 60$  为不适宜。

隶属各分级标准值的隶属度。利用隶属度函数对单因素评判,建立评判集  $V$  上的一个模糊子集  $R_i$ ,可简单地表示为:

$$R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}, r_{i5}\} \quad (4)$$

式中,  $R_i$  为某评价因子的评判矩阵;  $r_{ij}$  为因素  $U$  中第  $i$  个指标对应评价集  $V$  中第  $j$  项的评价值;  $i=1, 2, \dots, 27; j=1, 2, 3, 4, 5$  为影响根据评价因子数据分布特征,确定各评价因子指标集中的影响因子。然后建立单因素评价矩阵,它是评价集

表 3 青岛市城市建设地质环境适宜性分区

Table 3 Section-dividing schedule for city structure adaptation in geo-environment

分区名称	分区面积 km <sup>2</sup>	分布范围	分区特征
Division name	Division area	Distribution range	Division characters
地质环境适宜区 ( ) Suitable area	3 042.83 (占 28.56%)	主要分布在平度、即墨、胶州、黄岛等地	该区地势比较平坦,主要为残坡积-剥蚀平原或冲洪积平原地貌,工程地质条件较好,区域稳定性较好,无严重的地质灾害和环境地质问题,区内无大型矿山开采,无自然保护区和水源地保护区,天然建材资源较丰富,交通较发达,具备城市建设最适宜地质环境条件
地质环境较适宜区 ( ) More suitable area	5 731.36 (占 53.80%)	分布在青岛市大部分地区	该区地貌类型以丘陵和冲洪积平原为主,工程地质条件相对较好,区域稳定性较好,仅在局部地带带有地质灾害发育,环境地质问题相对较少,区内矿山开采较少,天然建材资源较丰富,交通较发达,较适宜进行城市建设
地质环境中等适宜区 ( ) Moderate suitable area	1 448.84 (占 13.60%)	主要分布在胶南南部、平度北部、崂山外围等地	该区地形有一定起伏,包含滨海平原、冲洪积平原和丘陵 3 种地貌类型,区域稳定性一般,部分区域工程地质条件较差,有地质灾害或环境地质问题发育,区内包含多个自然保护区和地下水源地,部分地段矿山开采相对集中,进行城市建设的地质环境适宜程度为中等
地质环境较不适宜区 ( ) Not more suitable area	430.98 (占 4.05%)	主要分布在崂山、环胶州湾、平度新河等地	该区地貌主要为中低山、丘陵及滨海平原,区域稳定性较差,中低山地区崩滑流地质灾害发育,矿山开采区地面塌陷及崩滑流地质灾害发育,区内包括了崂山等多个国家级自然保护区,区内矿山开采较为强烈,矿山密度较高,城市建设地质环境适宜性相对较差

V 上的模糊子集。

建立指标权重集:

$A = \{ \quad , \quad , \dots , \quad \}$  (5)

式中,各权数  $\quad (i=1, 2, \dots, m)$  应满足归一性和非负性条件,即  $\sum_{i=1}^m \quad = 1, \quad \geq 0 (i=1, 2, \dots, m)$ , 最后进行模糊综合评判。模糊综合评判可以表示为:

$B = A \times R$  (6)

式中,  $A$  为因子权重集;  $\quad$  为某因子权重;  $R$  为单因素评判矩阵;  $B$  为模糊综合评判集。由此可确定被评判因素的评判结果。

3 适宜性评价结果

将青岛市域划分为 10 km ×10 km 的单元网格共计 117 个,对于条件较复杂地区采用四分法进行再分,对每个单元格进行统计打分,利用计算机编程进行运算,利用 MAPGIS 生成等值线图,然后根据实际调查情况进行必要的修正。

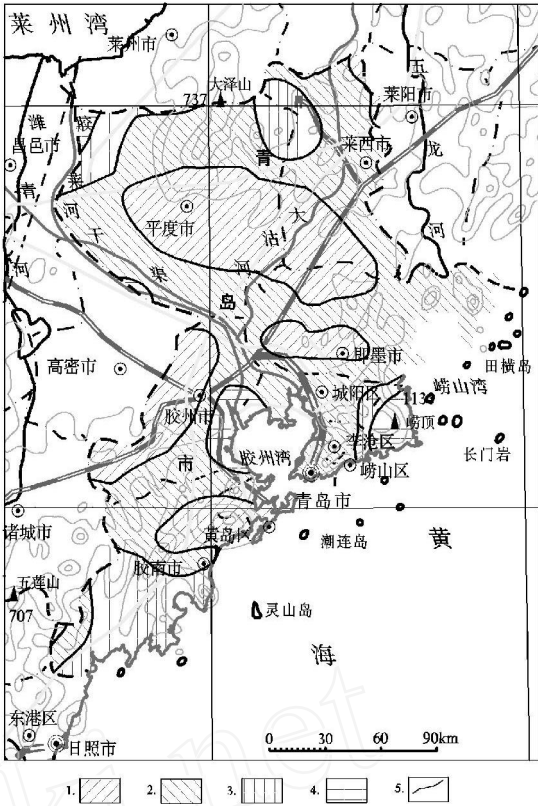
根据青岛市城市建设地质环境适宜性评价结果,全区共分为 4 个大区:城市建设地质环境适宜区、较适宜区、中等适宜区和较不适宜区,各区的分布规律及特征见表 3、图 1。

4 城市建设发展方向建议

(1)根据青岛市农村城市化地质环境适宜性评价分区结果,青岛主城区的城市建设基础较好,适宜建设各类建筑,规划中将其作为城市行政、文化、商务办公、旅游、居住综合片区是可行的;崂山区石老人以西区域工程地质条件较好,适宜用作高层建筑,规划中将其作为高新工业区是可行的,但如果将其开发成高层住宅或写字楼,可有效缓解城市用地紧张的局面;黄岛作为商务中心及综合物流区是可行的;青岛海湾大桥建成后,青岛主城区到红石崖的时间将大大缩短,可考虑在红石崖以西区域进行垃圾填埋场选址论证。

(2)红岛南城为胶州湾湾口,生态地质环境脆弱,城市建设过程中须加强对胶州湾海岸带地质环境的保护,防止生态环境恶化。建议把胶州湾、大沽河下游、棘洪滩水库作为重点地质环境保护区和水源地保护区,红岛北城严格控制城市建设向棘洪滩水库方向扩展。

(3)从长远来看,即墨城区及其以北区域、胶州城区及以东区域地势平坦,工程地质条件较好,地质灾害与环境地质问题较少,地下水资源较丰富,公路、铁路等基础设施建设较好,适宜建设各类建筑,是青岛市未来较好的城市建设发展区。



注: 1. 适宜区; 2. 较适宜区; 3. 中等适宜区; 4. 较不适宜区; 5. 地质环境适宜性分区界线。

Note: 1. Suitable area; 2 More suitable area; 3 Moderate suitable area; 4 Notmore suitable area; 5. Geo-environment suitability division boundary

图 1 城市建设地质环境适宜性评价分区

Fig 1 Section-dividing picture for city structure adaptation in geo-environment

参考文献

[1] 李双应, 刘因. 中小城市建设中环境地质问题及相关对策研究 [J]. 合肥工业大学学报: 社会科学版, 2001 (1): 37 - 40

[2] 陈锦富. 城市规划概论 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006: 26 - 27.

[3] 孙培善. 城市地质工作概论 [M]. 北京: 地质出版社, 2004: 42 - 64

[4] 张建伟, 徐会珂. 大沽河水源地农业面源污染及其对策 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (16): 7632 - 7633

[5] 朱小立, 欧立春. 赣州市土地利用与生态环境建设协调研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (6): 3019 - 3020

[6] 唐素然. 基于生态足迹法的白银市可持续发展状况分析研究 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (31): 10045 - 10046

(上接第 11262 页)

参考文献

[1] 曹钢锋, 张善君, 朱官忠, 等. 山东天气分析与预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1988: 144 - 150

[2] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理与方法 [M]. 3 版. 北京: 气象出版社, 2000: 637 - 638

[3] 陈渭民. 卫星气象学 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 275 - 276

[4] 余小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 新一代天气雷达原理与应用讲义 [D]. 北京: 中国气象局培训中心科学技术培训部, 2000: 47 - 51.