

曹妃甸新区居住及公共设施用地地质环境风险评价*

童军 柴波 周爱国

(中国地质大学环境学院 武汉 430074)

摘要 发展沿海经济新区是我国经济建设的一项重大举措,为了在新区发展过程中降低地质环境问题的风险,合理地规划新区建设,针对曹妃甸新区无承灾实体的特点,提出了适合沿海经济新区地质环境风险评价的方法体系。在曹妃甸新区地质安全评价和地质环境适宜性的基础上,综合考虑基础地质条件、功能用地重要程度和新区总体规划指标因素,采用综合指数评价模型,完成了新区居住及公共设施用地的风险评价。评价结果显示:(1)风险低的区域占研究区总面积的7.269%,区内地质环境问题较少,适合作为居住及公共设施用地。(2)次低风险区占77.178%,该区总体上地质环境适宜性好,局部地区可采取简单工程措施处理。(3)次高风险区占14.487%,区内地质环境问题较严重,建设前需进行专门特殊处理。(4)高风险区占1.066%,该区不适合建设,建议作为生态保留用地。评价结果为曹妃甸新区用地规划建设提供了重要地学参考。

关键词 曹妃甸新区 地质环境风险评价 滨海地区

中图分类号:P642 文献标识码:A

GEOLOGICAL ENVIRONMENT RISK ASSESSMENT FOR RESIDENTIAL LAND AND PUBLIC FACILITIES LAND AT CAOFEIDIAN NEWLY-DEVELOPED AREAS

TONG Jun CHAI Bo ZHOU Aiguo

(School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract Development of new coastal economic zones is a great movement for economical construction in China. In order to reduce the risk of geological environment problems and to construct the newly-developed area rationally, this paper proposes a technological system that can be adapted for risk assessment of geological environment of newly-developed areas along shoreline at Caofeidian district. Based on the geological safety assessment and geological-environmental suitable assessment system, the follow factors are considered: basic geological condition, the level of importance of the function land and general plan of newly-developed area, and finally adopt composite index assessment model to finish the geological environment assessment for residential land and public facilities land. The results indicate that:(1) the lowest risk areas make up 7.269% of all the areas. They are suit for residential land and public facilities and have little geological environmental problems. (2) the lower risk areas make up about 77.178%. In general, the geological environment suitability in these areas is good. Part of them should take some engineering measures before construction. (3) the higher risk areas make up 14.487%. There are serious geological environmental problems in these areas. These areas need special measures to deal with the poor geological condi-

* 收稿日期:2012-10-20;收到修改稿日期:2013-02-28.

基金项目:国土资源大调查项目(1212010814005)资助.

第一作者简介:童军,主要从事环境地质评价及矿山地质环境恢复治理研究. Email:flydream_tongjun@163.com

tions. (4) the highest risk areas make up 1.066%. These areas are not suit for construction and we recommend them to be used as ecological reservation land. The assessment results provide important geosciences evidence for the planning and construction of Caofeidian newly-developed areas.

Key words Caofeidian newly-developed area, Geological environment risk assessment, Coast area.

1 引言

城市地质环境风险评价是近年提出的科学课题,评价结果可作为城市减灾和建设规划的参考依据。目前,评价多围绕城市内的地质灾害和生态风险开展^[1,2],并从基础地质条件、地质灾害和地球化学背景等角度建立了城市地质环境风险评价的技术体系^[3]。还有学者将经济学理论应用于城市地质环境风险评价,用经济价值作为风险高低的表征^[4]。

以往的风险评价都是建立在现实风险承灾体的基础之上^[5],也即是地质环境问题或地质灾害影响范围内存在人类活动或经济实体。对于曹妃甸经济新区,其地质环境条件复杂,地质环境问题十分突出,而且当前新区尚处于规划阶段。采用传统的风险评价理论体系,需要评价现实承灾体的易损性,但对于新区承灾体是规划的一种意象,无法进行此评价。为此,本文在地质安全性、功能用地地质环境适宜性评价的基础上,结合新区已有规划和地质环境问题的经济损失率,对无承灾体的沿海经济新区开展了地质环境风险评价,评价结果可为新区的规划建设提供地质指导。

2 地质环境背景

曹妃甸滨海新区位于河北唐山南部沿海,陆域范围东至乐亭县,西至滨海镇盐化工厂农场,南至南堡镇,北至柏各庄镇,评价区总面积约 2058.79km²。新区属于暖温带半湿润滨海季风气候,多年平均气温 11℃,多年平均降水量 607mm,滦河是区内入海的主要河流。全区地势平缓,地貌以冲海积平原区和海积滩涂区为主。

随着曹妃甸深水海港的建成,新区也正在规划建设滨海生态新城。目前,曹妃甸新区已成为环渤海经济带的重点发展区。伴随着大规模的开发建设,新区的地质环境将发生较大变化,且由于新区地处陆海相过渡带的滩海区,也是各种地质灾害的高发地区。据天津地质环境调查中心调查资料^[6],区

内主要的地质环境问题^[7,8]有活断层、地震、工程地基稳定性、地面沉降、海岸侵蚀和风暴潮等(图1)。

2.1 活断层与地震

曹妃甸新区处于区域活动断裂带内,空间上对应于 NNE 向河北平原地震带和 NW 向北京—渤海强震带。其中宁河—昌黎断裂在中生代、新生代仍有活动的地质现象;柏各庄断裂为隐伏的晚第三纪活动断裂带;西南庄断裂近年未见活动迹象,属潜在隐伏断裂。新区历史上发生过多次强震,据有关研究,区内地震活动时期还未结束,未来 50a 内,估计可能发生 7 级左右的地震。

2.2 工程地基稳定性问题

研究区地处滦河冲洪积扇的前缘,广泛分布液化砂土和淤泥质软土等软弱土层,据《京唐港地区地质综合评价报告》,区内软土主要分布在大清河以西和沿海一带,埋深 2.4 ~ 5.2m,厚度 2.5 ~ 7.9m,由北向南厚度逐渐增大,且东薄西厚。区内砂类土广布,埋深 0.3 ~ 14m,厚 0.8 ~ 14.4m 不等,有不同程度的砂土液化现象。区内 3m 埋深地基承载力特征值大部分为 80 ~ 110kPa, 6m 埋深地基承载力特征值大部分为 60 ~ 90kPa, 15m 埋深地基承载力特征值大多为 100 ~ 140kPa。

2.3 地面沉降

曹妃甸新区地面沉降严重区域集中在黑沿子镇、南堡地区,最大累计沉降量为 0.846m。此外,在唐海县城存在小范围的地面沉降漏斗,最大累计沉降量为 0.560m。唐海以北地区大部分区域沉降速率在 5mm·a⁻¹ 以下,唐海县城附近沉降速率在 10mm·a⁻¹ 以下。

2.4 海岸侵蚀

根据 1970 ~ 2000 年海岸线变化速率及岸线类型遥感解译图,全区的海岸带变化以大清河河口为界,可分为侵蚀海岸和淤积海岸。河口以东为侵蚀海岸,岸线以砂质海岸为主,在平直的海岸段侵蚀速率约 2 ~ 2.5m·a⁻¹,滦河口三角洲地带最大侵蚀速

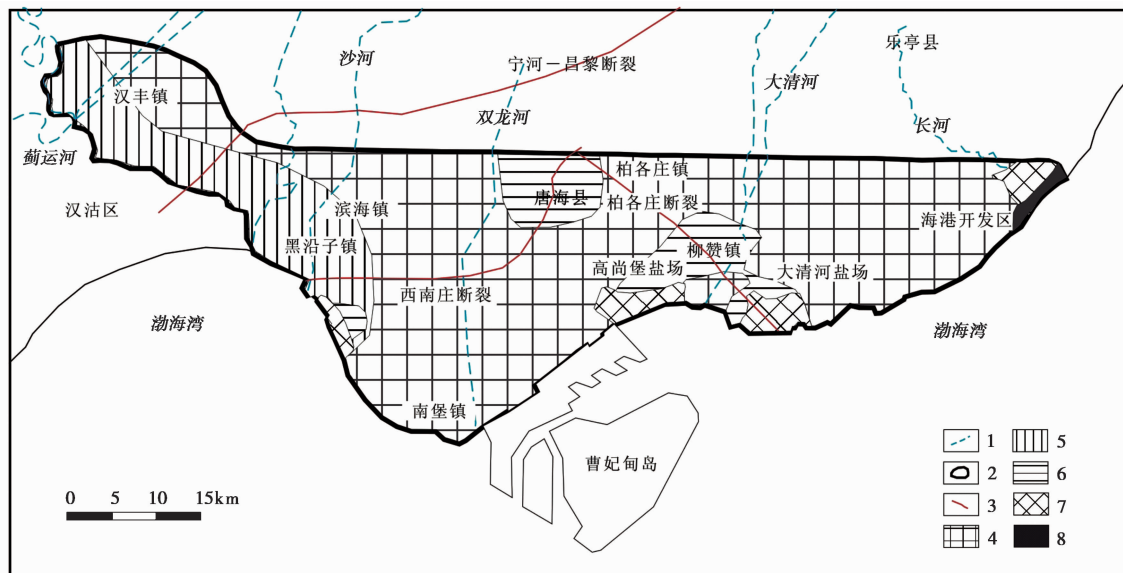


图1 曹妃甸新区地质环境问题分区图(据天津地调中心资料绘制)

Fig. 1 Zoning map of geo-environment problems of Caofeidian (according to the datum of Tianjin Geological Survey Center)

1. 河流; 2. 断层; 3. 新区陆域评价范围; 4. 地质环境问题不发育区; 5. 地面沉降影响区; 6. 液化砂土区; 7. 风暴潮影响区; 8. 海岸侵蚀区

率约 $10\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$, 滦河口附近的侵蚀速率与上游河口输沙量有关, 输沙量的减少使得海岸侵蚀速率增大。

2.5 风暴潮

唐山近岸海域及海岸是风暴潮严重地区。据不完全统计, 解放前的 400a 间曾发生风暴潮 30 余次, 其中涧河村、丰南、北堡村、南堡村等区域曾受潮灾影响严重。在海平面上升、地面沉降持续发展的大背景下, 风暴潮将会对曹妃甸工业园区和港口建设、运行造成潜在的重大影响。根据多年的统计资料, 渤海特大风暴潮发生的几率大约是每 10a 一次。

3 新区地质环境风险评价的特点及方法

曹妃甸新区目前处于规划阶段, 无地质环境问题所影响的现实承灾体是其最大的特点。新区大部分区域有明确的规划图, 也就是说存在意向中的承灾体。如何针对此特点进行地质环境风险评价是本文研究的重点。

风险评价思路^[9]如下: 从规划的功能用地类型出发, 根据地质环境自身的差异性, 分析功能用地可能遭受主要地质环境问题的影响程度, 计算功能用地造成损失的程度和期望危害, 以及工程治理花费, 通过工程治理花费和损失之间的关系评价其风险性。

居住和公共设施用地是曹妃甸新区的主要功能用地类型, 以此类用地为例说明新区地质环境风险评价的流程和方法。

3.1 新区地质环境风险评价的基本流程

目前地质灾害危险性评价(地质安全评价)和城市地质环境适宜性评价的成果较多^[10, 11], 这里不再赘述。风险评价以上述评价为基础, 根据安全性分区和适宜性分区的组合, 可将风险评价区分为 3 类区域, 即安全且适宜区(低风险区), 不安全且不宜区(高风险区)以及除此之外的第 3 类区域(重点评价区)。

第 1 类区域中地质灾害和地质环境问题很少, 对新区建设后的生命财产和建筑物危害小, 不需要投入大量工程处理地质环境问题, 可以认为这类区域属于地质环境低风险区。

第 2 类区域中地质灾害和地质环境问题十分严重, 存在重大地质安全问题, 对于人类的生命构成极大的威胁, 当问题发生时, 建筑物和财产直接被损毁, 这类区域属于地质环境高风险区。

第 3 类区域是地质环境风险评价的重点, 区内存在地质环境问题, 且具有一定的危害性, 但可以通过工程处置技术降低其危害。对这类区域需要明确其处理成本和未处理可能遭受损失之间的关系。当第 3 类区域内存在地质环境问题处理费用远高于建设后收益费用, 也认为是高风险区域。

新区评价流程见图2。

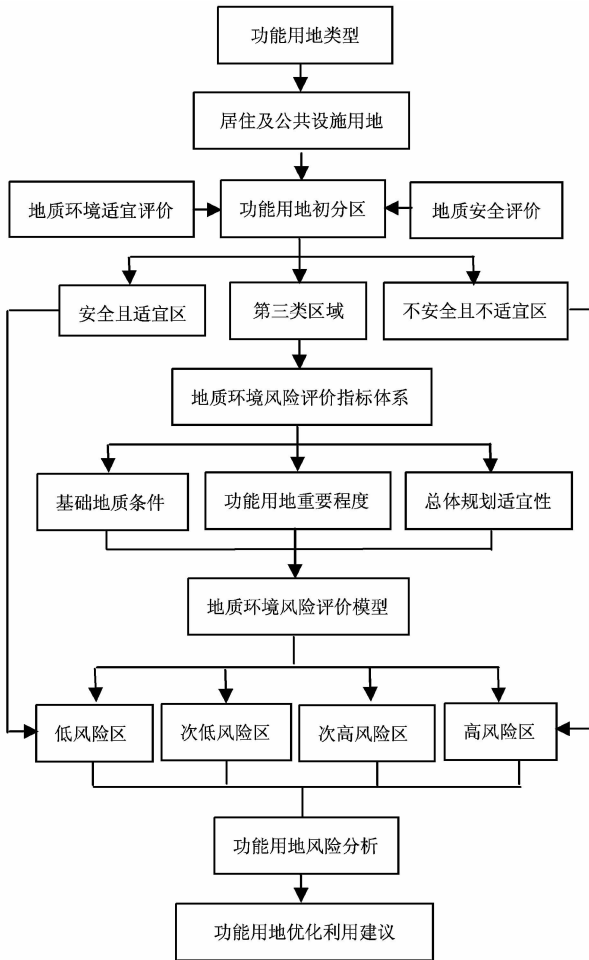


图2 曹妃甸新区地质环境风险评价流程图

Fig. 2 Flow diagram of geo-environment risk assessment

3.2 评价指标体系建立

评价指标体系包括基础地质条件指标(地质安全、地质环境适宜性、地质环境的经济损失值)、功能用地的重要程度和新区总体规划适宜性3项。

地质安全性评价指标综合考虑了活断层、区域地壳稳定性、砂土液化、风暴潮和海岸侵蚀5个要素,然后采用敏感性、积分原则确定安全等级,得出地质安全区划图,将安全评价结果作为风险评价的基础。

地质环境适宜性评价指标主要考虑了工程地质条件(包括不同深度的地基承载力特征值)、水文地质条件(主要侧重地下水埋深)、地质环境问题和资源条件(包含土地类型、浅层地热能)4个要素,采用敏感因子-模糊综合评价模型,得到评价结果。

地质环境经济损失率是指主要地质环境问题的损失程度,在地质安全和适宜性相同的情况下,区内

存在的主要地质环境问题可能不同,可通过功能用地类型和地质环境问题工程处理的难易程度进行区分。由于新区没有风险承灾体,主要采用工程地质类比法确定不同类型地质环境问题对规划功能用地的经济损失性的影响。参考已有风险承灾体易损性评价的参数,总结各类地质环境问题对功能用地的风险损失值及工程治理花费的关系。借鉴张梁等建立的关于地质灾害受灾体损毁程度(易损性)与受灾体价值损失率之间的曲线模型关系^[12],按(工程治理花费-损失)/损失计算区内常见地质环境问题对居住及公共设施用地的潜在经济损失率(表1)。

表1 曹妃甸新区地质环境经济损失率表

Table 1 Rate of geo-environment economic loss

功能用地类型	地质环境问题	单要素评价状态(1~4代表危险性由强到弱)			
		1	2	3	4
居住及公共 设施	活动断裂	1.2	0.6	0.1	-0.1
	区域地壳稳定性	0.75	0.1	-0.25	-0.5
	砂土液化	0.3	-0.2	-0.5	-0.75
	地面沉降	0.4	-0.1	-0.5	-0.75
	地基稳定性	0.75	0.25	-0.25	-0.75
	风暴潮	0.4	0	-0.5	-0.75

功能用地的重要程度,表征区内大型、重要的规划用地所存在的地质环境风险,重要程度高的规划用地,一旦发生地质环境问题,所造成的风险相对较高。该项指标通过功能用地的效益和重要性决定,参考规划部门和经济管理部门的意见,其重要性排序见表2。

表2 曹妃甸新区功能用地重要性建议表

Table 2 Suggestion table for function land importance

功能用地类型	居住用地	公共建筑用地	教育科研设计用地	高科技产业园区
重要性排序	1	2	3	4
功能用地类型	大型市政设施用地	工业用地	仓储用地	城市公共绿地
重要性排序	5	6	7	8

总体规划适宜性主要考虑研究区的主体功能用地规划布局和功能用地适宜性之间的差异性,即规划布局中的主体功能区若处在地质环境适宜性差或者地质安全性差的区域,其地质环境风险性较高。

曹妃甸新区地质环境风险评价的指标体系^[13]详见表3。

表 3 曹妃甸新区地质环境风险评价指标体系

Table 3 Index system of geo-environment risk assessment of Caofeidian

评价指标	依据	高风险	次高风险	次低风险	低风险	
基础地质条件指标	地质安全性	地质安全评价结果	不安全区	次不安全区	次安全区-安全区	安全区
	地质环境适宜性	不同功能用地适宜性评价结果	不适宜	较不适宜性	较适宜-适宜	适宜
	地质环境的经济损失率	类似区域和功能用地地质灾害等治理和损失对比	>1	0~1	-0.5~0	-0.5~-1
功能用地的重要程度	功能用地的效益性,功能重要性	学校、重要基础设施在不安全区或不适宜区	学校、重要基础设施在次不安全区或较不适宜区	学校、重要基础设施在次安全区和较适宜区	学校、重要基础设施在安全区和适宜区	
总体规划适宜性	规划部门和决策部门的规划建议	规划区功能用地适宜性与总体规划严重不相符,严重影响总体规划的用地布局	规划区功能用地适宜性与总体规划较不相符,影响总体规划的功能用地布局	规划区功能用地适宜性与总体规划较一致,基本适合总体规划的功能用地布局	规划区功能用地适宜性与总体规划一致,可以满足总体规划的功能用地布局的要求	

3.3 指标权重和评价模型

利用层次分析法确定权重,按九标度对基础地质条件、功能用地重要程度、和总体规划适宜性进行判定,判定其评价指标间的相对关系,表 4 为居住及仓储用地层次分析表。

表 4 评价指标的层次分析判定

Table 4 The AHP judgement of assessment index

标度评定	基础地质条件指标	功能用地的重要程度	总体规划适宜性
基础地质条件指标	1	3	5
功能用地的重要程度	1/3	1	2
总体规划适宜性	1/5	1/2	1

构建权重判别矩阵,计算权重的特征值:0.9281, 0.3288, 0.1747 即为求得特征向量,再将特征向量归一化,即得到每个指标的权重,归一化后求得各个指标的权重(表 5)。

表 5 评价指标权重

Table 5 Weight of assessment index

评价指标	指标权重	
基础地质条件指标 X_1	地质安全性 X_{11}	0.25
	地质环境适宜性 X_{12}	0.65
	地质环境的经济损失率 X_{13}	0.18
功能用地的重要程度 X_2	0.23	0.23
总体规划适宜性 X_3	0.12	0.12

采用综合指数法: $W = X_{11} \times a_{11} + X_{12} \times a_{12} + X_{13} \times a_{13} + X_2 \times a_2 + X_3 \times a_3$ 进行地质环境风险评价计算,等级划分时根据各数值分布的拐点情况进行划分。最终采用评价因子风险赋值及风险评价等级划定见表 6。

表 6 评价因子风险赋值及评价风险评价等级划定

Table 6 Assessment factors risk evaluation and risk assessment classification

风险等级	高风险	次高风险	次低风险	低风险
基础地质条件指标 X_1	1	2	3	4
功能用地的重要程度 X_2	1	2	3	4
总体规划适宜性 X_3	1	2	3	4
评价风险(W)	$W \leq 1.5$	$1.5 < W \leq 2$	$2 < W \leq 2.5$	> 2.5

4 评价结果及新区规划建议

曹妃甸新区居住及公共设施用地地质环境风险评价结果图(图 3)。

由评价分区图,结合研究区的地质环境,可以得出以下结果。

(1)居住及公共设施用地是人群聚集之地,对地质环境适宜性和安全性的要求高,在区域规划建设时应尽量选择风险相对较低的区域作为居住及公共设施用地。评价结果将研究区分为以下 4 个风险等级。

(2)研究区风险低的区域分布在海港开发区、

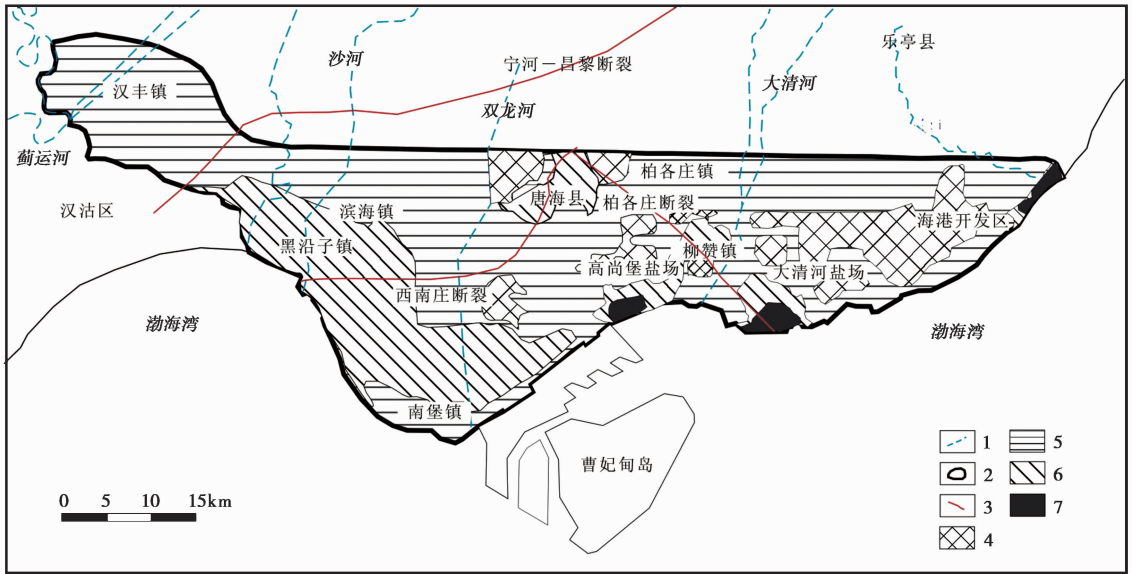


图3 曹妃甸新区居住及公共设施用地地质环境风险评价分区图

Fig. 3 Risk assessment zones of residential land and public facilities land of Caofeidian

1. 河流; 2. 断裂带; 3. 新区范围; 4. 低风险区; 5. 次低风险区; 6. 次高风险区; 7. 高风险区

柏各庄镇等地区,占研究区面积的7.269%。

这些区域地质环境问题少,是研究区进行居住及公共设施用地建设的推荐区域。

(3)风险次低的区域主要分布在研究区的西北、中部和东部等大面积地区,占研究区面积的77.178%。该地区地质环境适宜性好,地质安全性较好,局部地区存在一些地质环境问题,可采取简单的工程措施进行处理,适合作为居住及公共设施用地的规划建设区。

(4)研究区风险次高地区大部分集中在陆域西南侧的黑沿子镇—南堡镇一带,占总面积的14.487%。该区地质环境问题较严重,黑沿子镇、南堡镇一带地区软土厚度大、工程地基稳定性差,受风暴潮、海岸侵蚀影响;唐海县南和柏各庄镇之间区域地壳稳定性差、砂土液化严重、工程地基稳定性差;规划建设之前应该进行专门的调查评价,采取相应的措施,提高该场地的地质安全,使其达到建设用地的安全要求。

(5)研究区风险高的地区分布潜在活动断层影响区以及高尚堡盐场等南部滨海区域,占研究区面积的1.066%。区内存在活动断裂,也是地面沉降、砂土液化、风暴潮和海岸侵蚀等问题较严重的区域,不适宜人群居住和集中活动,建议作为生态用地,或保持现有的盐田、湿地等用地功能。

5 结 论

(1)曹妃甸新区各种地质环境问题突出,且不存在地质环境问题所影响的承灾实体,针对此特点提出了适合沿海经济新区地质环境风险评价的方法体系。

(2)在曹妃甸新区地质安全评价和地质环境适宜性的基础上,地质环境风险评价指标包括基础地质条件、功能用地重要程度和新区总体规划适宜性3项指标。

(3)曹妃甸新区居住及公共设施用地地质环境风险低的区域占研究区总面积的7.269%,次低风险区占77.178%,次高风险区占14.487%,高风险区占1.066%。评价结果为曹妃甸新区的开发建设和优化布局建设提供了指导意义。

最后要特别感谢天津地质调查中心,提供了大量的基础地质资料,同时也要感谢曹妃甸新区地质环境综合评价与功能区划课题组为本文提供的技术指导与帮助。

参 考 文 献

[1] 向喜琼, 黄润秋. 地质灾害风险评价与风险管理[J]. 地质灾害与环境保护, 2003, 11(1): 38~41.

Xiang Xiqiong, Huang Runqiu. Risk assessment and risk

- management for slope geohazards. *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, 2003, **11**(1): 38 ~ 41.
- [2] 马寅生, 张业成, 张春山, 等. 地质灾害风险评价的理论与方法[J]. *地质力学学报*, 2004, **10**(1): 7 ~ 16.
Ma Yinsheng, Zhang Yecheng, Zhang Chunshan, et al. Theory and approaches to the risk evaluation of geological hazards. *Journal of Geomechanics*, 2004, **10**(1): 7 ~ 16.
- [3] 倪师军, 魏伦武, 张成江, 等. 城市地质环境风险性分区评价体系[J]. *地质通报*, 2006, **25**(11): 1279 ~ 1286.
Ni Shijun, Wei Lunwu, Zhang Chengjiang, et al. Risk evaluation system for urban geoenvironment. *Geological Bulletin of China*, 2006, **25**(11): 1279 ~ 1286.
- [4] 刘长礼. 城市地质环境风险经济学评价[M]. 北京: 地质出版社, 2010, 69 ~ 86.
Liu Changli. *Assessment of Urban Geological Environmental Risk in Economics*. Beijing: Geological Publishing House, 2010, 69 ~ 86.
- [5] 丁俊, 等. 西南地区城市地质环境风险性评价方法[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2006, 74 ~ 84.
Ding Jun, et al. *Risk Assessment Methods for Urban Geoenvironment in Southwest of China*. Chengdu: Sichun Science Technology Publisher, 2006, 74 ~ 84.
- [6] 肖桂珍, 魏凤华, 孙晓明, 等. 曹妃甸区域开发地质环境保障调查评价报告[R]. 天津: 中国地质调查局天津地质调查中心, 2010, 44 ~ 75.
Xiao Guizhen, Wei Fenghua, Sun Xiaoming, et al. *Geological Environment Guarantee Evaluation Report of Caofeidian Area*. Tianjin: Tianjin Geological Survey Center, China Geological Survey Bureau, 2010, 44 ~ 75.
- [7] 孙晓明, 吴登定, 肖国强, 等. 环渤海地区地下水资源与环境地质若干问题探讨[J]. *地质调查与研究*, 2006, **29**(1): 47 ~ 55.
Sun Xiaoming, Wu Dengding, Xiao Guoqiang, et al. Discussions on groundwater research and geoenvironment research in Circum-Bohai - Sea region of China. *Geological Survey and Research*, 2006, **29**(1): 47 ~ 55.
- [8] 陈梦熊. 海岸带城市地质环境特征与主要地质环境问题[A]. 海岸带地质环境与城市发展论文集[C]. 北京: 中国大地出版社, 2005, 256 ~ 259.
Chen Mengxiong. Urban geological environment characteristics and problems of coastal zone. In: *Geological and Urban Development of Coastal Zone Coastal Papers*. Beijing: China Land Press, 2005, 256 ~ 259.
- [9] 梁和成, 周爱国, 唐朝晖, 等. 城市建设用地地质环境评价与区划[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2010, 167 ~ 174.
Liang Hecheng, Zhou Aiguo, Tang Zhaohui, et al. *Evaluation and Regionalization Study on Geological Environment of Urban Construction Land*. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2010, 167 ~ 174.
- [10] 蔡鹤生, 唐朝晖, 周爱国. 地质环境质量综合评价中的敏感因子模型[J]. *地质科技情报*, 1998, **17**(2): 124 ~ 127.
Cai Hesheng, Tang Zhaohui, Zhou Aiguo. Sensitive factor model of the synthetical evaluation on the quality of geoenvironment. *Geological Science and Technology Information*, 1998, **17**(2): 124 ~ 127.
- [11] 陈雯, 柴波, 童军, 等. 曹妃甸滨海新区建设用地地质环境适宜性评价[J]. *安全与环境工程*, 2012, **19**(3): 45 ~ 49.
Chen Wen, Chai Bo, Tong Jun, et al. Evaluation study on the geological environment suitability of urban construction in Caofeidian newly - developed area. *Safety and Environmental Engineering*, 2012, **19**(3): 45 ~ 49.
- [12] 张梁, 张业成, 罗元华, 等. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 1998, 91 ~ 97.
Zhang Liang, Zhang Yecheng, Luo Yuanhua, et al. *Assessment Theory and Practice of Geological Hazards*. Beijing: Geological Publishing House, 1998, 91 ~ 97.
- [13] 柴波, 唐朝晖, 周爱国. 曹妃甸新区地质环境综合评价[A]. 第九届全国工程地质大会论文集[C]. 2012, 49 ~ 56.
Chai Bo, Tang Zhaohui, Zhou Aiguo. Assessment of geological environment of Caofeidian newly-developed area. *The Proceedings of the 9th National Congress of Engineering Geology*. 2012, 49 ~ 56.